



JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını

Mayıs 1995 Sayı 46

ISSN 1016-9172



- ▶ Petroloji
- ▶ Mühendislik Jeolojisi
- ▶ Maden Yatakları
- ▶ Çevre Jeolojisi
- ▶ Jeokimya
- ▶ Felsefe
- ▶ Paleontoloji

TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

YÖNETİM KURULU

Hikmet TÜMER	Başkan
M.Yüksel BARKURT	İkinci Başkan
Tahir ÇEBİ	Yazman
Erçin TÜRKEL	Sayman
Dr. Zeynel DEMİREL	Mesleki Uygulamalar Üyesi
Erdem ÇÖREKÇİOĞLU	Yayın Üyesi
Yakup ÖZÇELİK	Sosyal İlişkiler Üyesi

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ YAYIN KURULU

Editörler

Dr. Kemal TÜRELİ - Taner İRKEÇ
Saim KALE

Teknik Yönetmen

Semih GÜRSU

MAKALELERİ İNCELEYENLER (Sayı 46)

Yar. Doç. Dr. Orhan CERİT (C.Ü)	Ferda ÖNER (MTA)
Prof. Dr. Faruk ÇALAPKULU (D.E.Ü)	Doç. Dr. Sefer ÖRÇEN (MTA)
Murat ERENDİL (MTA)	İlker ŞENGÜLER (MTA)
Doç. Dr. Süleyman KOCAEFE (H.Ü)	Tuğrul TOKGÖZ (MTA)
Nedim KUTLUAY (MTA)	Doç. Dr. Engin ÜNAY (MTA)

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 Kapak (Renkli).....	10.000.000 TL.
Arka Dış Kapak (S/B).....	7.000.000 TL.
Arka İç Kapak (Renkli).....	8.000.000 TL.
Arka İç Kapak (S/B).....	5.000.000 TL.
İç Sayfa (S/B).....	4.000.000 TL.
1/2 Sayfa (S/B).....	2.000.000 TL.
1/4 Sayfa (S/B).....	1.000.000 TL.
Özel Renk.....	1.000.000 TL.
Renk Süzümü.....	1.000.000 TL.

Tescilli bürolara ve sürekli reklam yayımlanması isteminde % 10 indirim yapılır. Bu sayı 4200 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. Yayımlanan yazılardaki fikir ve teknik sorumluluk yazarlara ait olup, Jeoloji Mühendisleri Odası ve Dergi sorumlu değildir.



JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını

Mayıs 1995 Sayı 46

ISSN 1016-9172

İÇİNDEKİLER

- 1 **Metamorfizma basınç ve sıcaklık koşullarının belirlenmesi (Jeotermobarometre): Yıldızeli (Sivas batısı) yöresinde bir uygulama**
MusaALPASLAN, DurmuşBOZTUĞ
- 28 **Sismik tehlike analizi: Teori ve Uygulama**
Kamil KAYABALI
- 44 **Sınır tenör kararlarında üretim kapasite kısıtlarının etkileri**
Adnan KONUK, Gürkan YERSEL
- 52 **Katı atık (Çöp) depo yerlerinin seçimi ve inşaaındaki bazı ana hususlar**
Sücaattin BARAN
- 55 **Niggli-Magmatik kayaçların Niggli parametrelerini hesaplayan ve değerlendiren interaktif Quickbasic programı**
Fuat YAVUZ, Yılmaz BÜRKÜT, Murat BUDAKOĞLU
- 64 **Yerbilimlerinin Felsefi yönleri**
Arthur F. HAGNER
Çev.: Ayhan SOL, Dursun BAYRAK
- 70 **Yarı fosilleşmiş Dinazor yumurtaları**
Ali Haydar GÜLTEKİN
- 72 **Jeoloji Takvimi**
Konferans, Sempozyum.

kapak fotoğrafı
Mut resifal kireçtaşlarından bir görünüm (Kemal Gürbüz)
teknik hazırlık
nitelik reklam 419 35 46

Ülkemizde son aylarda ard arda doğal yıkımlar olmaktadır. Senirkent sel baskını, İstanbul - İkitelli seli, Dinar depremi, İzmir seli başlıca örneklerdir. Türkiye'de jeolojik hareketler, depremler, heyelanlar, çığ düşmeleri, su baskınları, çöp yığını patlamaları yani kısacası doğal yıkımlar önceden olasılıkları belirli olmayan olaylar, sürprizler, bilinmeyen oldu bittirler değildir. Hele hele depremler asla beklenmeyen, önceden nerelerde olabilecekleri saptanmamış doğal afetler kategorisine girmiyorlar.

Kuşkusuz, henüz insanlık ve bilim, doğal yıkımları önleyecek ya da olacağı saati ve de yerini saptayacak aşamada bulunmuyor. Ama, doğal yıkımların etkilerini en aza indirecek, hatta sıfırlayacak bilgiler yol ve yöntemler biliniyor. Bugün eksik olan, bilinenlerden yönetimlerin yararlanmayı becerememeleri, Devletin yıllar yılı süren olaylara, can ve mal kayıplarına karşın, doğal afetlerle ilgili ana ilkelerini içine alan bir politikası, örgütlenmesi, programı bulunmaması ya da varolanların yeterince kullanılmaması halidir. Bizi yönetenlerin, bürokrasimizin umursamazlığı, unutkanlığı, duyarsızlığı ve sağırlaşması ıslah edilerek kesin, yasal önlemlerin alınmaması halinde, Türkiye daha çok acılı günler yaşacaktır.

Jeoloji Mühendisleri Odası kurulduğu 1974 yılından beri "Doğal Afetler" konusuna özel bir önem vermiş olup 20 yıl boyunca çeşitli etkinlikler, paneller, söyleşiler, sempozyumlar yapmış, konuyu kamuoyu önüne sergilemiş ve çözüm önerilerinde bulunmuştur. Ama ne yazık ki sağırklar korusu bu önerileri dikkate almamış, sadece havai nutuklar atılmış, Devlet büyüklerine yaranalım mantığı ile hareket edilmiştir.

Odamız sadece Doğal Afetler konusunda değil, Büyük Mühendislik Projelerinde de duyarlı davranmış ve bu projelerde Jeoloji Mühendisliği disiplininin önemini vurgulamıştır. Bugün bu konularda yeterli olmamakla birlikte önemli mesafeler alınmıştır.

Odamızın duyarlı olduğu diğer bir konuda ÇEVRE'dir. Çevre konusunda odamız komisyonu önemli çalışmalar yapmış olup, sonuçlarını ilgililere iletmiştir. Ayrıca 1 - 5 Eylül 1997 de İstanbul'da Uluslararası ÇEVRE VE JEOLJİSİ adlı sempozyumun çalışmaları yoğun bir şekilde sürmektedir.

Jeoloji Mühendisleri Odası olarak Doğal Afetlerde, ÇEVRE'de ve Büyük Mühendislik projelerinde Jeoloji Mühendisliğinin uygulanmasının önemini ve alınması gereken önlemleri ortaya koymaya devam edeceğiz.

Bunu meslektaşlarımıza, toplumumuza ve ülkemize karşı duyduğumuz en önemli sorumluluklarımızdan biri olarak ele alıyoruz.

Yukarıdaki konularla ilgili tüm kurum ve kuruluşları daha duyarlı ve sorumlu davranmaya bir kez daha davet ediyoruz.

Saygılarımızla,

YÖNETİM KURULU

Metamorfizma Basınç Ve Sıcaklık Koşullarının Belirlenmesi (Jeotermobarometre): Yıldızeli (Sivas Batısı) Yöresinde Bir Uygulama

Musa ALPASLAN
Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas
Durmuş BOZTUĞ
Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas

GİRİŞ

Metamorfik kayaçların çalışılmasında günümüze kadar kullanılan klasik petrografik incelemeler sonucu elde edilen izograd haritaları yardımıyla, çalışılan bölgedeki metamorfizmanın basınç ve sıcaklık koşullarına bir yaklaşımda bulunulabilmektedir. Buna karşın, jeokimyasal analiz tekniklerinin gelişmesiyle birlikte bir kayaç içerisindeki tek bir mineralin ve çevresinde yer alan diğer minerallerin kimyasal birleşimlerinin belirlenmesi olanaklı olmuştur. Dolayısıyla, bir kayaç içerisindeki minerallerin kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi ve bunlar arasındaki reaksiyon dokularının çalışılması, metamorfik petrografinin ileri ve temel unsurları arasında yerini almıştır. Bu analizlerin gerçekleştirilmesi için ise Elektron Prob Mikro Analiz (EPMA veya EMA) yöntemi olarak isimlendirilen nokta analiz yöntemleri kullanılmaktadır.

Metamorfizmada etkin olan basıncın belirlenmesi jeobarometre olarak isimlendirilmekte ve met dönüşüm reaksiyonlarından gidilerek hesaplanmaktadır. Metamorfizmanın sıcaklık koşullarının her ikisinin birden belirlenmesi yöntemi kısaca **Jeotermobarometre** olarak isimlendirilmektedir.

Termobarometre hesaplamaları kesin ve görelî termobarometre olarak iki türde yapılabilmektedir. Kesin termobarometre hesaplamaları, kayaç içerisindeki mineraller arasındaki reaksiyonlardan gidilerek katyon değişim oranlarının belirlenmesinden itibaren hesaplanmaktadır. Görelî termobarometre yöntemi ise daha yaygın olarak zonlanma gösteren granat gibi minerallerin kimyasal bileşimlerinin belirlenerek kristalleşme koşullarının ve dolayısı ile P-T evrim yolunun belirlenmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu derleme çalışmasında,

jeotermobarometre hesaplamaları ile ilişkili yöntemler kısaca anlatılmaya çalışılacak ve Yıldızeli yöresinde yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar örnek olarak verilecektir. Metamorfik kayaçlarda, metamorfizma basınç ve sıcaklık koşullarının belirlenmesi için kullanılan mineral parajenezlerinden bazıları şunlardır;

Jeobarometreler:

Granat - rutil - ilmenit - alüminyum silikat - kuvars (Böhlen ve diğ. 1983a),

Granat - plajiyoklaz - ortopiroksen - kuvars (Newton ve Parkins 1982; Böhlen ve diğ. 1983c),

Granat - plajiyoklaz - kuvars - klinopiroksen (Perkins ve Newton 1981),

Granat - sillimanit/disten - kuvars - plajiyoklaz (Newton ve Haselton 1981; Anovitz ve Essene 1987; Koziol ve Newton 1988),

Ortopiroksen - granat (Harley ve Green 1982; Harley 1984a),

Granat - kordiyerit - sillimanit - kuvars (Hensen ve Green 1973; Aranovich ve Podlesskii 1983),

Biyotit - muskovit - klorit - kuvars (Powell ve Evans 1983; Nurminen 1987),

Plajiyoklaz - hornblend (Plyusnina 1982),

Fenjit (Masonne ve Schreyer 1987),

Jeotermometrede kullanılan parajenezler:

Granat - klinopiroksen (Ellis ve Green 1979),

Granat - ortopiroksen (Harley 1984b; Lee ve Ganguly 1988),

Granat - biyotit (Ferry ve Spear 1978),

Granat - kordiyerit (Thompson 1976; Perchuk ve Lavrent'eva 1983),

Granat - amfibol (Graham ve Powell 1984),

Ortopiroksen - klinopiroksen (Lindsley 1983)

JEOTERMOBAROMETRE

ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN

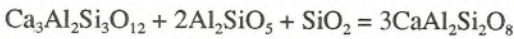
REAKSİYONLAR

Bu bölümde jeotermobarometre çalışmalarında kullanılan ve deneysel olarak hangi koşullarda gerçekleştiği belirlenmiş olan reaksiyonlar topluca verilecektir. Ayrıntılı bilgi için verilen referanslara bakılabilir.

Tek Değişkenli Reaksiyonlar

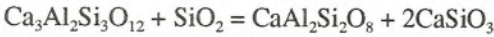
Çeşitli metamorfik fasiyeslerin jeotermobarometre koşullarının belirlenmesinde kullanılan mineral reaksiyonları şunlardır:

(1) Grossular + disten + kuvars = anortit



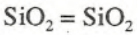
[GASP, Goldsmith, 1980; Gasparik, 1984; Chatterjee ve diğ., 1984; Koziol ve Newton, 1988],

(2) Grossular + kuvars = anortit + vollastonit



[WAGS, Newton, 1966; Gasparik, 1984; Chatterjee ve diğ. 1984],

(3) Kuvars = koesit



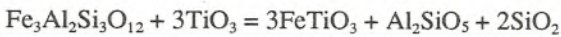
[Mirwald ve Masonne, 1980; Bohlen ve Boettcher, 1982],

(4) Yadeyit + kuvars = albit



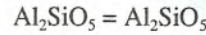
[Johannes ve diğ., 1971; Holland, 1980],

(5) Almandin + rutil = ilmenit + disten / sillimanit + kuvars



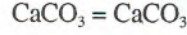
[GRAIL, Bohlen ve diğ., 1983a],

(6) disten = sillimanit = andaluzit



[Holdaway, 1971; Robie ve Hemingway, 1984; Salje, 1986]

(7) Aragonit = kalsit



[Crawford ve Fyfe, 1965; Johannes ve Puhan, 1971].

Yukarıda verilen 7 reaksiyon, özellikle diğer termobarometrelerle birlikte kullanıldığında, yeterli termobarometrik bilgiyi oluşturabilir. Termobarometre için kullanışlı olan diğer basit reaksiyonlar ise dehidratasyon ve/veya dekarbonizasyon reaksiyonlarıdır. Bu reaksiyonlarda; dehidratasyon reaksiyonları için $P_{\text{H}_2\text{O}}/P_s$, dekarbonizasyon reaksiyonları için P_{CO_2}/P_s ve akışkan türlerinin her ikisini de içeren reaksiyonlar için ise $P_{\text{H}_2\text{O}}/P_{\text{CO}_2}/P_s$ hakkında yeterli bilgilerin bulunması gerekmektedir. (Greenwood, 1962; Kerrick ve diğ., 1974; Flowers ve Hengleson, 1983). Örneğin; en düşük derecelerde, akışkanların düşey yöndeki hareketinin bir sonucu olarak P_f , P_s den önemli ölçüde düşüktür ve P_f in önemli bir kısmını P_{CH_4} oluşturmaktadır. Üst amfibolit ve granulit fasiyesi koşullarında ise $P_{\text{H}_2\text{O}}/P_s$ den önemli ölçüde daha az olmaktadır (Essene, 1989).

Basit Kimyasal Sistem Reaksiyonları

Basit kimyasal sistem olarak oluşan bazı reaksiyonlar, termobarometre için kullanışlı olabilmektedir. Bu reaksiyonların başlıcaları şunlardır:

MgO - SiO₂ - H₂O

(8) Antigorit - brusit = forsterit + su buharı

$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 + \text{Mg}(\text{OH})_2 = 2\text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ (Chernosky ve diğ., 1985; Day ve diğ., 1985; Berman ve diğ., 1986),

(9) antigorit = forsterit + talk + su buharı

$5\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 = 6\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + 9\text{H}_2\text{O}$ (Chernosky ve diğ., 1985; Day ve diğ., 1985; Berman ve diğ., 1986),

Al₂O₃ - SiO₂ - H₂O

(10) kaolinit = pirofillit + su buharı

$\text{Al}_2\text{Si}_2(\text{OH})_4 + 2\text{SiO}_2 = \text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$ [Thompson 1970a; Haas ve Holdaway 1973; Hemley ve diğ., 1980],

(11) pirofillit = alüminosilikat + kuvars + su buharı

$Al_2Si_4O_{10}(OH)_2 = Al_2SiO_5 - 3SiO_2 + H_2O$ [Haas ve Hold away 1973; Hemley ve diğ., 1980],

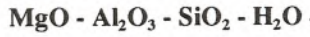


(12) kalsit + kuvars = vollastonit + karbondioksit

$CaCO_3 + SiO_2 = CaSiO_3 + CO_2$ [Greenwood 1967; Tanner ve diğ., 1985],

(13) vollastonit + kalsit = tilleyit + karbondioksit

$2CaSiO_3 + 3CaCO_3 = Ca_5Si_2O_7(CO_3)_2$ (Treiman ve Essene 1983),



(14) klinoklor = forterit + enstatit + spinel + su buharı

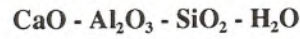
$Mg_5Al_2Si_3O_{10}(OH)_8 = Mg_2SiO_4 + 2MgSiO_3 + MgAl_2O_4 + CO_2$

[Fawcett ve Yoder 1966; Staudigel ve Schreyer 1977],

(15) Mg - kloritoyid + kuvars = talk + disten + su buharı

$3MgAl_2SiO_5(OH)_4 + 4SiO_2 = Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2 + 3Al_2SiO_5 + 5H_2O$

[Schreyer ve Seifert, 1969; Seifert, 1974; Chopin ve Schreyer, 1983],



(16) margarit + kuvars = anortit + alüminosilikat + su buharı

$CaAl_4Si_2O_{10}(OH)_2 + SiO_2 = CaAl_2Si_2O_8 + Al_2SiO_5 + H_2O$

[Chatterjee 1976],

(17) margarit + kuvars = zoyisit + disten + su buharı

$4CaAl_4SiO_{10}(OH)_2 + 3SiO_2 = 2CaAlSi_3O_{12}(OH) + 5Al_2SiO_5 + 3H_2O$

[Perkins ve diğ., 180; Nitsch ve diğ., 1981; Jenkins 1984],

(18) prehnit = grossular + zoyisit + kuvars + su buharı

$5Ca_2Al_2Si_3O_{10}(OH)_2 = 2Ca_3Al_2Si_3O_{12}$

$+ 2Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH) + 3SiO_2 + 4H_2O$

[Liou 1971a; Perkins ve diğ., 1980],

(19) prehnit = grossular + lavsonit + kuvars

$2Ca_2Al_2Si_3O_{10}(OH)_2 = Ca_3Al_2Si_3O_{12} + CaAl_2Si_2O_7(OH)_2 \cdot 7H_2O + SiO_2$

[Perkins ve diğ., 1980],

(20) zoyisit + disten + kuvars = anortit + su buharı

$2Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH) + Al_2SiO_5 + SiO_2 = 4CaAl_2Si_2O_8 + H_2O$

[Jenkins ve diğ., 1983,1985],

(21) klinozoyisit + disten + kuvars = anortit + su buharı

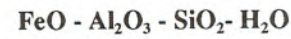
$2Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH) + Al_2SiO_5 + SiO_2 = 4CaAl_2Si_2O_8 + H_2O$

[Jenkins ve diğ., 1983,1985],

(22) lavsonit + kuvars + su buharı = lömontit

$CaAl_2Si_2O_7(OH)_2 \cdot 7H_2O + 2SiO_2 + 2H_2O = CaAl_2Si_4O_{12} \cdot 4H_2O$

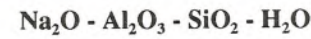
[Thompson 1970b, Liou 1971b],



(23) almadin + sillimanit + kuvars + su buharı = Fe - kordiyerit

$2Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 4Al_2SiO_5 + 5SiO_2 + nH_2O = 3Fe_2Al_4Si_5O_{18} \cdot nH_2O$

[Richardson 1968, Weisbrod 1973],



(24) paragonit + kuvars = albit + alüminosilikat + su buharı

$NaAl_3Si_3O_{10}(OH)_2 + SiO_2 = Al_2SiO_5 + NaAlSi_3O_8 + H_2O$

[Chatterjee 1972],

(25) yadeyit + disten + kuvars + su buharı = paragonit

$NaAlSi_2O_6 + Al_2SiO_5 + SiO_2 + H_2O = NaAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$

[Holland 1979],

(26) analsim + kuvars = albit + su buharı

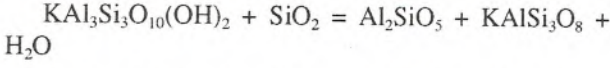
$NaAlSi_2O_6 \cdot H_2O + SiO_2 = NaAlSi_3O_8 + H_2O$ [Liou 1971c, Thompson 1971],

(27) yadeyit + su buharı = analsim

$\text{NaAlSi}_2\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ [Newton ve Kennedy 1968, Manghnani 1970],

K₂O - Al₂O₃ - SiO₂ - H₂O

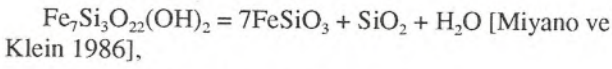
(28) muskovit + kuvars = alüminosilikat + sanidin + su buharı



[Storre ve Karotke 1971, Kerrick 1972, Day 1973, Schramke ve diğ., 1987],

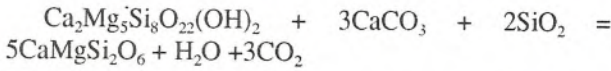
FeO - Fe₂O₃ - SiO₂ - H₂O

(29) Grunerit = ferrosilit + kuvars + su buharı



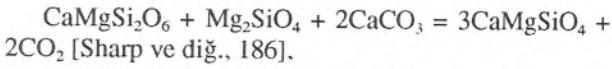
CaO - MgO - SiO₂ - H₂O - CO₂

(30) tremolit + kalsit + kuvars = diyopsit + akışkan



[Slaughter ve diğ., 1975; Eggert ve Kerrick 1981],

(31) diyopsit + forsterit + kalsit = montisellit + karbondioksit



BELİRLİ METAMORFİK FASİYESLERİN JEOTERMOBAROMETRİK DEĞERLERİNİN TANIMLANMASINDA KULLANILAN MİNERAL REAKSİYONLARI

Metamorfizma basınç ve sıcaklık koşullarının belirlenmesi amacıyla kullanılan termobarometreler fasiyesten fasiyese değişiklik göstermektedir. Örneğin; düşük sıcaklık metamorfizminde, kabul edilebilir termodinamik ve deneysel verilerin bulunduğu düşük simetrik sulu silikatlar bol miktarda görülmektedir. Orta sıcaklıktaki metamorfik kayalarda ise, çoğunlukla granat, epidot ve hornblend gibi refrakter minerallerdeki karmaşık zonlanma ile dahada karmaşılaştırılmış kompleks bir P-T geçmişi korunabilmektedir. Büyük ölçüde basit - susuz silikatlardan ve hornblend/biyotit gibi kompleks sulu silikatlardan oluşan yüksek sıcaklıktaki metamorfizma ise progressif metamorfik geçmişi pek koruyamamaktadırlar. Çünkü bu metamorfizma sırasında etkin olan en yüksek P-T koşullarını maskeleyen retrograd dönüşümlere uğramışlardır.

Zeolit Fasiyesi

Zeolit fasiyesinin basınç ve sıcaklık koşullarını belirlemek amacıyla bazı araştırmacılar vitrinit refleksiyon yöntemi, sıvı kapanım ve silikat mineralojisine yönelik çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Bu fasiyesin koşullarının belirlenmesi açısından zeolitlerin ve prehnitin duraylılıkları üzerine geliştirilen çalışmaların kullanışlı olabileceği ileri sürülmektedir (Liou 1971a-b). Ancak, burada doğal ve sentetik fazların düzeni/düzensizliği ve kimyası hakkında belirsizlikler bulunmaktadır (Essene, 1989). Dahası, bu dehidratasyon dengesinin lokasyonları, açık kırık sistemlerine, yüksek derecede tuzlu akışkanların varlığına ve düşük derecede metamorfize olmuş karbonlu litolojilerindeki yüksek CH₄ e bağlı olarak P_{H₂O}<Ps tarafından şiddetli bir şekilde etkilenmektedirler. Araştırmacılar, diyajenez, hidrotermal sistemler ve düşük dereceli metamorfizmalarda yaptıkları çalışmalarda termometre olarak illit kristalinitesi (Kubler 1967; Kisch 1980a-b, 1981, 1987; Frey ve diğ., 1980; Thompson ve Frey 1984), vitrinit yansıması (Kisch 1980a-b, 1981, 1987; Frey ve diğ., 1980; Teichmüller 1987) ve konodont renk indisini (Rejebian ve diğ., 1987) kullanmışlardır. Ancak bu termometrelerin, metamorfizma koşullarının belirlenmesi açısından bazı güçlükleri olduğu bilinmektedir. Örneğin, izokimyasal olmayan illitin oluşması ve ayrışması reaksiyonları, feldispatları veya alkali metal iyonlarını ve smektiti, illit ve detritik yüksek sıcaklık feldispatlarının içerildiği reaksiyonları kapsayabilir (Ahn ve Peacor 1986). Diğer taraftan vitrinit yansımasına gelince; grafitleşme derecesi düşük sıcaklıklarda deformasyonla artmaktadır. Kontakt hanelerde bölgesel metamorfizmalarda göre grafitleşme daha geç olmaktadır ve modal karbon, metan uçuculuğu ve geçirgenlikle korele edilebilmektedir (Itaya 1981; Wintch ve diğ., 1981; Okuyama - Kusunose ve Itaya 1987). Benzer problemler konodont renk indisi için de geçerlidir (Rejebian ve diğ., 1987).

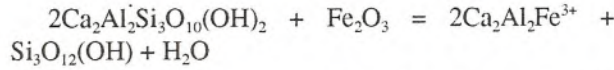
Yukarıda sayılan bu yöntemlerin yanısıra, düşük dereceli metamorfik kayalarda termobarometre çalışması, bu kayalardaki mineraller arasındaki duraylı izotop fraksiyonlanmasından da elde edilebilmektedir (Friedman ve O'neil 1977; Bottinga ve Javoy 1987).

Analim + kuvarsın duraylılığı zeolit fasiyesinin termal sınırlarını oluşturabilir (reaksiyon 26). Bu reaksiyonun termal sınırı 180°C dir (Liou 1971c). Buna karşın, birçok zeolit pümpelliye fasiyesi sınırları içinde de duraylı olabilir.

Pümpelliyyit Fasiyesi

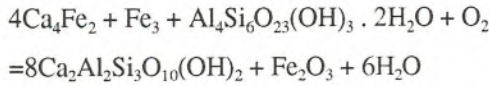
Kalsit - dolomit ve duraylı izotop termometresi yararlı termometrik bilgi oluşturabilmekle birlikte pümpelliyyit fasiyesi için birkaç sistem kullanışlı termometre oluşturabilir. Reaksiyon 18 ve 19, prehnitin üst duraylılık sınırını oluşturmaktadır (Essene 1989). Düşük sıcaklık metamorfik sistemlerine uygulanabilen epidot - prehnit dengesi hakkındaki veri, termometre olarak kullanılabilir. Bu denge hakkındaki deneysel veri Liou ve diğ., (1983) tarafından elde edilmiştir:

(32) prehnit + hematit = epidot + su buharı

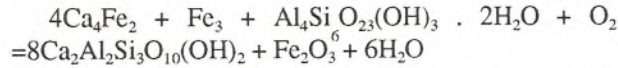


Yukarıda verilen bu denge, basitliğinden ve pümpelliyyit fasiyesinde hematitin yaygın bir şekilde oluşmasından dolayı termometre olarak kullanılabilir. Demir - pümpelliyyitin duraylılığı şu reaksiyonlarla verilmektedir:

(33) demir-pümpelliyyit+oksijen=epidot+su buharı



(34) demir - pümpelliyyit + oksijen = prehnit + hematit + su buharı



Reaksiyon (33)'ün sıcaklık aralığı 250 - 300°C arasındadır (Liou 1979). Pümpelliyyit fasiyesinin P-T sınırları 5 kb'dan düşük basınçlarda 200 - 300°C arasındadır (Essene 1989).

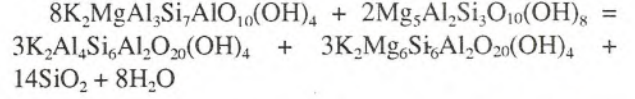
Yeşilşist Fasiyesi

Yeşilşist fasiyesindeki termobarometrik çalışmalar daha yüksek dereceli metamorfik kayalardan daha azdır. Granat - biyotit (Ferry ve Spear 1978; Ferry 1980, 1984; Hodges ve Spear 1982) veya kalsit - dolomit (Ferry 1979; Nesbitt ve Essene 1982; Di Pisa ve diğ., 1985; Anovitz ve Essene 1987a) termometrelerin dışında bu fasiyeste kullanılması için birkaç termobarometre daha düzenlenmiştir. Diğer taraftan, bu fasiyesin sıcaklık limitlerini daha iyi tanımlamak için duraylı izotop jeokimyası çalışmaları da gereklidir. Basit dehidratasyon reaksiyonları yeşilşist fasiyesi kayalarına nadiren uygulanabilmektedir (Essene 1989).

Powel ve Evans (1983) aşağıdaki reaksiyona göre

bir barometre önermiştir:

(35) fenjit + klorit = muskovit + filogopit + kuvars + su buharı



Yeşilşist fasiyesinin termobarometresi 300 - 550°C lik bir sıcaklığı ileri sürmektedir.

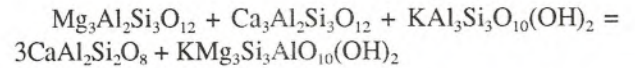
Yeşilşist - amfibolit fasiyesi sınırı 450 - 550°C arasında değişebilir (Essene 1989).

Amfibolit Fasiyesi

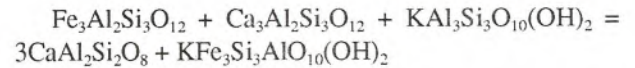
Amfibolit fasiyesinde termobarometre kullanılarak yapılan modern petrolojik çalışmalar çok yaygındır. Bu fasiye için Ferry ve Spear (1978) in granat - biyotit termometresi, doğal ve sentetik fazların benzer olmasından dolayı çok kullanışlıdır. Ancak, burada biyotitteki $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ ve O/OH in rolüne dikkat edilmelidir. Kalsit - dolomit termometresinin ise pik metamorfik sıcaklıkları verebileceği ileri sürülmektedir (Essene 1983).

Ghent ve Stout (1981) granat - muskovit - plajikyoklaz - biyotit topluluğunu baz alarak amfibolit fasiyesi için alternatif barometre geliştirmiştir:

(36) pirop + granat + muskovit = anortit + filogopit

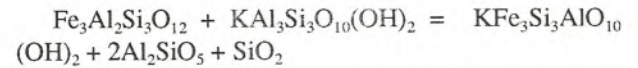


(37) almadin + grossular + muskovit = anortit + annit



Değişik araştırmacılar, muskovit - almandin - annit - sillimanit (MABS) barometresini kullanmışlardır (Spear ve Selverstone 1983; Robinson 1983; Holdaway 1988):

(38) almandin + muskovit = annit + sillimanit + kuvars



Amfibolit fasiyesindeki kayaların termobarometrik incelemeleri, bunların sıcaklık aralığının 500 - 700°C ve basınç aralığının ise 3 - 12 kbar basınç aralığında oluştuklarını göstermektedir.

Granulit Fasiyesi

Kantitatif termobarometre, granulit fasiyesinde, diğer fasiyelerdekinden daha başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Granat, piroksen, feldispat ve olivin gibi susuz minerallerin granulit fasiyesinde yaygınlığı ve bu fazlar için belirli minerallerdeki izomorf karışım verilerinin kullanılabilirliği, katı çözeltiye sahip minerallerdeki uç üye bileşenlerinin aktiviteleri için düzeltmelerin yapılmasına da olanak tanımaktadır. Granulit fasiyesinde, başarılı bir şekilde kullanılan termometreler; manyetit - ilmenit termometresi (Buddington ve Lindsley 1964; Anderson ve Lindsley 1988), granat - klinopiroksen termometresi (Pattison ve Newton 1988), granat - ortopiroksen termometresi (Harley 1964b; Sen ve Bhattacharya 1984; Lee ve Ganguly 1988), iki feldispat termometresi (Sen ve Bhattacharya 1984; Harley 1984c, 1985; Anovitz ve Essene 1989; Haselton et al. 1983; Brown ve Parsons 1985) tir.

Barometre olarak (1), (2), (3) nolu reaksiyonlar ve aşağıdaki reaksiyonlar kullanılabilirler:

(39) ferrosilit = fayalit + kuvars

$Fe_2Si_2O_6 = FeSiO_4 + SiO_2$ (Bohlen ve Boettcher 1981),

(40) almandin + sillimanit = hersinit + kuvars

$Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 5Al_2SiO_5 = 3FeAl_2O_4 + 5SiO_2$ (Bohlen ve diğ., 1986),

(41) almandin + korund = hersinit + sillimanit + kuvars

$Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 5Al_2O_3 = 3FeAl_2O_4 + 3Al_2SiO_5$ (Bohlen ve diğ., 1986a),

(42) grossular + almandin = anortit + fayalit

$Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 2Fe_3Al_2Si_3O_{12} = 3CaAl_2Si_2O_8 + 3Fe_2SiO_4$

(Bohlen ve diğ., 1986b-c),

(43) grossular + almandin + kuvars = anortit + ferrosilit

$Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 2Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 3SiO_2 = 3CaAl_2Si_2O_8 + 3Fe_2Si_2O_6$ (GASF, Bohlen ve diğ., 1986b-c),

(44) grossular + pirop + kuvars = anortit + enstatit

$Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 2Mg_3Al_2Si_3O_{12} + 3SiO_2 = 3CaAl_2Si_2O_8 + 3Mg_2Si_2O_6$ (GAES, Newton ve Perkins

1982; Perkins ve Chipera 1985),

(45) grossular + pirop + kuvars = anortit + diyopsit

$2Ca_3Al_2Si_3O_{12} + Mg_3Al_2Si_3O_{12} + 3SiO_2 = 3CaAl_2Si_2O_8 + 3CaMgSi_2O_6$ (GADS, Newton ve Perkins 1982; Moecher ve diğ., 1988),

(46) grossular + almandin + kuvars = anortit + hedenberjit

$2Ca_3Al_2Si_3O_{12} + Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 3SiO_2 = 3CaAl_2Si_2O_8 + 3CaFeSi_2O_6$ (GAHS, Moecher ve diğ., 1988),

(47) grossular + almandin + rutil = anortit + ilmenit + kuvars

$Ca_3Al_2Si_3O_{12} + 2Fe_3Al_2Si_3O_{12} + 6TiO_2 = 3CaAl_2Si_2O_8 + 6FeTiO_3 + 3SiO_2$ (GRIPS, Bohlen ve Liotta 1986),

(48) pirop + diyopsit + kuvars = enstatit + anortit

$Mg_3Al_2Si_3O_{12} + CaMgSi_2O_6 + SiO_2 = 2Mg_2Si_2O_6 + CaAl_2Si_2O_8$ (Paria ve diğ., 1988),

(49) almandin + hedenberjit + kuvars = ferrosilit + anortit

$Fe_3Al_2Si_3O_{12} + CaMgSi_2O_6 + SiO_2 = 2Fe_2Si_2O_6 + CaAl_2Si_2O_8$ (Paria ve diğ., 1988).

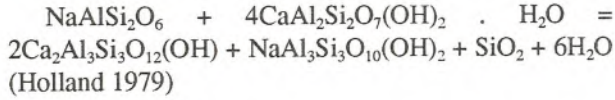
Birçok granulit fasiyesi bölgelerinde 700 veya 850°C sıcaklıklar için 6 - 8 kbar arasında basınçlar kaydedilirken (Perkins ve Newton 1981; Newton 1983; Bohlen ve diğ., 1983a-b-c; Bohlen 1987; Moecher ve diğ., 1988) bazen 10 - 12 kbar gibi yüksek basınçlara (O'Hara ve Yarwood 1978; Sanders ve diğ., 1987; Anovitz ve Essene 1989) veya bazen de 4 - 6 kbar gibi düşük basınçlara (Phillips, 1980; Schreurs ve Westra 1986; Anovitz ve Essene 1989) ve 900 - 1000°C lik sıcaklıklara (O'Hara ve Yarwood 1978; Ellis, 1980; Harley, 1987) ulaşılmıştır.

Eklojit Fasiyesi

Birçok araştırmacı tarafından eklojitlerin P-T koşulları konusunda araştırmalar yapılmıştır. Granulit, granat - granulit ve eklojit arasındaki geçişler değişik bazaltik bileşimler için yüksek sıcaklıklarda (1100 - 1200°C) meydana gelmektedir (Ringwood ve Green, 1964; Green ve Ringwood 1967, 1972; Ito ve Kennedy 1971). Amfibolitten granat amfibolite - eklojite kadar geçişler doğada nadir olarak görülmektedir, ancak, deneysel ola-

rak, $P_{H_2O} = P_s$ için 675 - 700°C ve 15 - 25 kbar P' nin tam altında yer almaktadır (Essene ve diğ., 1970). Bazaltik bileşimdeki kayalar için eklojit mineralojisine geçiş büyük ölçüde P_{H_2O} ya bağlıdır. Disten, zoisit ve kuvars kabuksal eklojitlerde yaygın olmakla birlikte, çoğu eklojit toplulukları granat, klinopiroksen ve rutilde başka birkaç minerale daha sahiptirler. Manto nödüllerindeki (Sobolev ve diğ., 1976; Smyth ve Hatton 1977) ve kabuksal oluşumlardaki (Chopin 1984; Smith 1984) eklojitlerde nadir olarak koesit (SiO_2 ' nin yüksek basınç modifikasyonu) görülmüştür. Amfiboller (glokofan, barroyisit, hornblend) ve mikalar (fenjit, paragonit, filogopit) eklojit örneklerinde görülmekle birlikte, bunların eklojitik topluluğun bir bölümü olup olmadığı veya sonraki retrograd olaylarla oluşup oluşmadığı belirsizdir. Granat - klinopiroksen termometresi, eklojitler için uygulanabilir (Krogh 1988; Pattison ve Newton 1988; Essene 1982; Koons 1984). Ayrıca termometre için duraylı izotop çalışmaları da kullanılabilir (Matthews ve diğ., 1983; Robert ve diğ., 1985; Agrinier ve diğ., 1985). Barometrelerin çoğu, yüksek değişkenli toplulukları olduklarından dolayı eklojitlere uygulanamaz. Buna karşın (1), (3), (5), (40-49) nolu reaksiyonlar ve aşağıdaki reaksiyon kullanılabilir (Essene 1989):

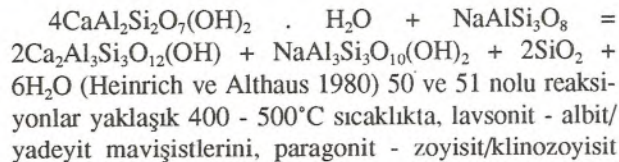
(50) yadeyit + lavsonit = zoyisit + paragonit + kuvars + su buharı



Mavişist Fasiyesi

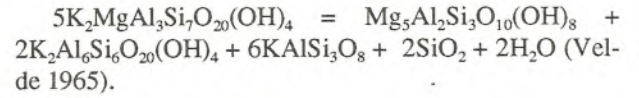
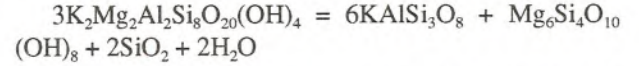
Birçok araştırmacı tarafından mavişist fasiyesi kayalarında jeotermobarometre çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Mavişist fasiyesi, ilksel olarak yadeyit, glokofan ve/veya lavsonit gibi yüksek basınç minerallerinin varlığı temelinde yeşilist fasiyesinin yüksek basınç eşdeğeri olarak ayırtılabilir. Önemli mavişist fasiyesi denge reaksiyonları (19), (22), (23), (28) ve (50) nolu reaksiyonlarla aşağıdaki reaksiyonu kapsar:

(51) lavsonit + albit = zoyisit + paragonit + kuvars + su buharı

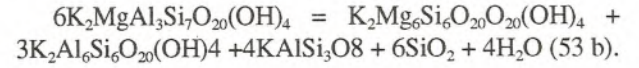
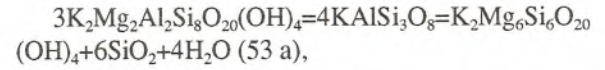


mavişistlerinden ayırır ve mavişist fasiyesi kayaları için kullanışlı termometreler oluşturur. Mavişistler için klorit - fenjit termometresi ve duraylı izotop jeokimyası verileri (Brown ve diğ., 1982) termometre olarak kullanılmaktadır (Essene 1989). Mavişistlere uygulanan termometreler fenjit içeren reaksiyonlardır:

(52) fenjit = K - feldspat + klorit + kuvars + su buharı

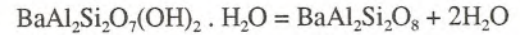


(53) fenjit = K - feldspat



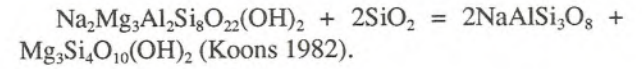
Diğer bir termometre de Sassi (1972) ve Sassi ve Scolari (1974)' ün, artan basınçların deneysel indeksi olarak fenjitin b_0 hücre boyutunun belirlenmesi ilkesine dayanır. Nitsch (1980)'in deneyleri, smirit mineralinin (sulu Ba - Al silikat) mavişist fasiyesleri için gerçek bir mineral olduğunu ileri sürmekte ve smirit/selsian reaksiyonlarını kalibrasyon koşulları olarak ileri sürmektedir:

(54) smirit = selsian + H_2O

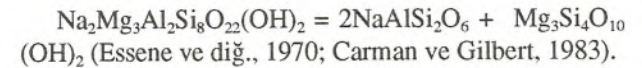


Glokofan dengesindeki uygulamalar aşağıdaki reaksiyonları kapsamaktadır. Ancak bunları termobarometre olarak kullanmak zordur (Essene 1989):

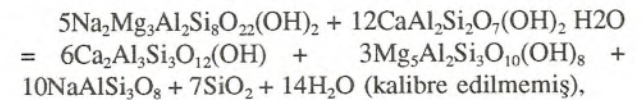
(55) glokofan + kuvars = albit + talk



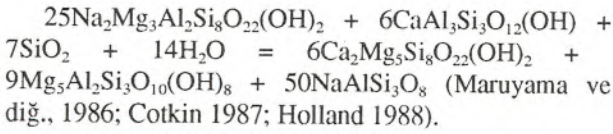
(56) glokofan = yadeyit + talk



(57) glokofan + lavsonit = klinozoyisit + klorit + albit + kuvars + su buharı



(58) glokofan + klinoziyisit + kuvars + su buharı = tremolit + klorit + albit



Yapılan termobarometre çalışmalarının çoğu, mavişistlerin 250 - 450°C lik sıcaklık aralığında dengelendiğini göstermektedir. Basınçlar ise 5 - 12 kbar arasında değişir, hatta, bazen eklojit fasiyesine geçiş kayaçlarında 12 - 16 kbara kadar yükselir (Koons 1986). Bu sonuçlar, mavişist - eklojit fasiyesi sınırının 15 kbar yakınında olduğunu göstermektedir (Essene 1989).

Kontakt Metamorfik Fasiyesleri

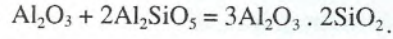
Birçok araştırmacı tarafından bu fasiyeslerde termobarometre çalışmaları yapılmıştır. Bu fasiyesler için kullanışlı jeotermometrelerin birçoğu termal olarak bölgesel metamorfik fasiyeslerdekiyle aynıdır (albit - epidot hornfels = yeşilşist; hornblend - hornfels = amfibolit; piroksen - hornfels veya sanidinit = granulit). Düşük sıcaklığa sahip kontakt metamorfiteerde kullanışlı termometreler kalsit - dolomit ve oksijen izotop sistemleridir. Dolomitte dengelenmiş kalsitteki MgCO_3 içeriği 300 - 600°C arasında düzenlenir ve çoğunlukla orta sıcaklıklı kontakt metamorfik ortamlarda korunur (Essene 1983; Wada ve Suzuki 1983; Morikiyo 1984; Anovitz ve Essene 1987a).

Düşük dereceli kontakt metamorfiteer için kullanışlı olan kantitatif termobarometreler bulmak zordur. Ancak, bu tür kayaçlarda, dehidratasyon ve/veya dekarbonizasyon reaksiyonları termometre olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Essene 1989).

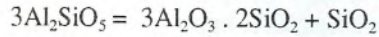
Diğer taraftan, yüksek sıcaklıklı kontakt metamorfiteer için ise kullanışlı olan termobarometreler bulunmaktadır. Ca - silikatlar ve Ca - Mg silikatları içeren sistemler, yüksek sıcaklıklı termal halelere uygun birçok termal duyarlı faz dengesi içerirler. (Winkler 1965; Turner 1968). $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ (Treiman ve Essene 1983) ve $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{SiO} - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ (Skippen 1974; Slaughter ve diğ., 1975; Egger ve Kerrick 1981; Sharp ve diğ., 1986) sistemlerindeki reaksiyonlar, karbonatlı kayaçlar için termometreler ve CO_2 barometreleri oluşturur (Essene 1989). Granat - kuvars - plajiyoklaz - vollastonit mineral topluluğu piroksen - hornfels fasiyesinde yaygındır ve termobarometre olarak mükemmel

bir şekilde kullanılırlar. Sanidinit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış pelitik kayaçlar, termobarometrik potansiyele sahip tek değişkenli iki reaksiyon içerirler.

(59) korund + sillimanit = mullit



(60) sillimanit = mullit + tridimit



Kontakt metamorfik kayaçlar 200 - 1000°C arasında değişen geniş bir sıcaklık aralığında oluşurlar. Çoğu kontakt haleler $P < 2$ kbar da oluşur; $P > 4 - 5$ kbar da ise bölgesel metamorfiteerden ayırtlanamazlar.

BAZI ÖNEMLİ JEOTERMOBAROMETRE HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

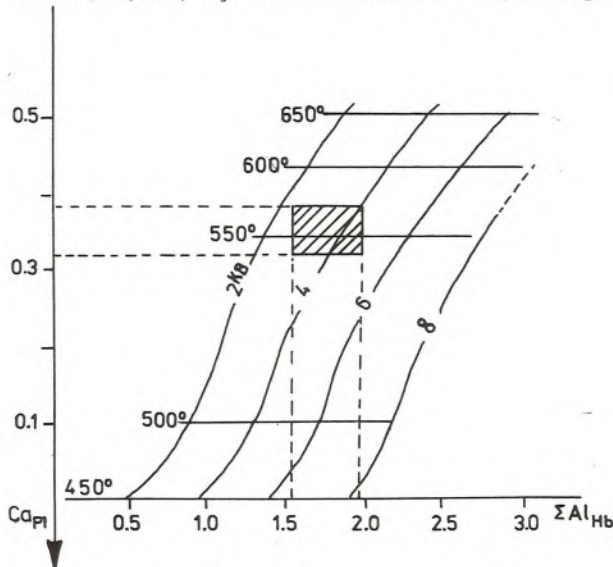
Metamorfik kayaçlardaki çalışmanın ana amacı; orojenik kuşakları oluşturan karmaşık jeodinamik süreçleri açığa çıkartmaktır. Bu sonucu elde etmede önemli bir adım olan metamorfik kayaçların kantitatif termobarometresini hesaplamak için iki ana yaklaşım bulunmaktadır. Birinci yaklaşım, kayacın jeolojik geçmişte bir noktada dengelenmiş olduğu basınç ve sıcaklık koşullarının belirlenmesini amaçlayan konvansiyonel yöntemdir. Bu yöntem, kesin termobarometre olarak bilinir ve kayaçta etkin olan fiziksel koşulların kesin değerlerinin mümkün olduğunca doğru bir şekilde belirlenmesi ilkesine dayanır. İkinci yaklaşım ise, kayaçta hakim olmuş olan fiziksel koşullardaki değişimlerin belirlenmesi ilkesine dayanır. Bu yöntemde; referans olarak alınan basınç ve sıcaklık değerlerine göre hesaplanan P ve T değerleri kayaçtaki P-T evrim yolunu veya basınç - sıcaklık geçmişini açıklamaya çalışır. Bu yaklaşım, görelî termobarometre olarak bilinir ve bu yöntemde P ve T değerleri kesin değerlerin üzerinde olabilir.

Görelî ve kesin termobarometre arasındaki en önemli fark; herbirinden elde edilen bilginin tipidir. Kesin termobarometrenin uygulanmasından elde edilen sonuçlar; bir kayaç veya kayaç grubunun kristalleşme tarihçesindeki bir noktada dengelenmiş olduğu basınç ve sıcaklık koşullarıdır. Bu sonuçlar, dengelenme sırasındaki kabuğun termal yapısı ve derinliğini ortaya çıkarmada kullanılabilir. Görelî termobarometre, T ve P veya bir P-T evrim yolunun hesaplanmasını kapsar. Burada, kabuğun zaman içerisindeki evrimi hakkında bilgiler elde edilebilir. Jeotermobarometrenin her iki tipi de, analitik hatalar, kalibrasyon hataları ve termodina-

mik veri ve çözüm modellerindeki hatalarla etkilenen belirsizliklere sahiptir. Birçok termobarometre, hesaplanan sıcaklıklarda $\pm 25 - 50^{\circ}\text{C}$ ve basınçlarda ise $\pm 0.5 - 2$ kbar'lık hatalara veya $\pm 5\% - 10\%$ luk hatalara sahiptir.

Plajiyoklaz - Hornblend Jeotermobarometresi

Amfiboller, metamorfik koşulların geniş aralıkları içerisinde, sıcaklık ve basıncın iyi bir indikatörü olarak bilinmektedir. Perchuk (1970), jeotermometre olarak birlikte oluşan plajiyoklaz ve amfibollerdeki Ca:Na oranının kullanılabileceğini ileri sürmüştür. Bilindiği gibi, metamorfizma derecesinin artmasıyla Ca - amfibollerdeki Al içeriği de artmaktadır (Leake, 1962; Kostyuk, 1970; Hietanen, 1974; Graham, 1974). Plyusnina (1982) tarafından geliştirilen plajiyoklaz - hornblend jeotermobarometresinde, sıcaklığa bağlı olarak plajiyoklazlardaki Ca/Ca+Na oranındaki değişim ve basınç - sıcaklık değişimi ile de Ca - amfibollerdeki Al_2O_3 içeriğinin değişimi deneysel olarak belirlenerek jeotermobarometre olarak kullanılmaktadır. Plajiyoklazlardaki An içeriği düşey eksene, Ca - amfibollerdeki Al içeriği yatay eksene yerleştirilir (Şekil 1). İzobarlar, P ve T'nin her ikisine bağlı olarak Ca - amfibollerdeki Al içeriğine göre, izotermeler ise plajiyoklazlardaki An içeriğine göre işaretlenmiştir. Sonuçta birlikte oluşan Ca - amfiboller ve plajiyoklaz bileşimlerinin işaretlenmesi, onların denge P-T koşullarını belirtir. Bu jeotermobarometre metodunda, P (kbar) ölçümünde ± 1 kbarlık ve T ($^{\circ}\text{C}$ hesapla-

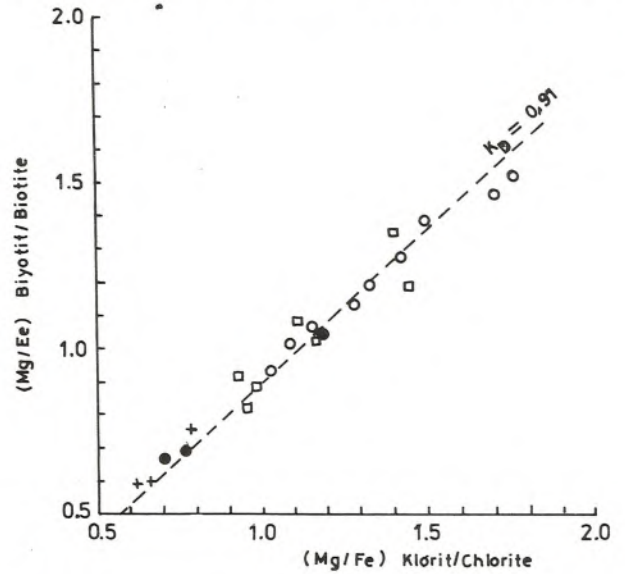


Şekil 1. Plajiyoklazlardaki ΣCa ve hornblendlerdeki ΣAl içeriği ile basınç-sıcaklık arasındaki ilişkiyi gösteren diyagram [Plyusnina, (1982) den alınmıştır].

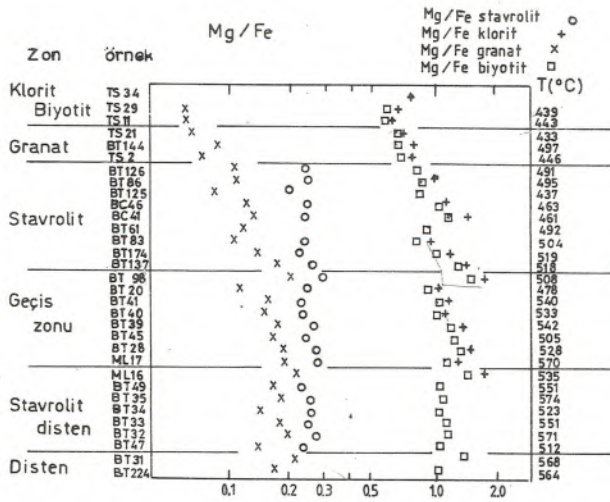
masında ise $\pm 10 - 15^{\circ}\text{C}$ lik bir standart sapma söz konusudur.

Metapelitlerde Jeotermobarometre ve Sıcaklık - Bileşim T-X (Fe-Mg) İlişkileri

Birlikte oluşan fazlar arasındaki elementlerin sistematik paylaşılması ve distrübüsyon (dağılım) katsayılarındaki sistematik değişimlerin incelenmesi, ulaşılan metamorfizma derecesi hakkında genel bir fikir verebilir. Şekil 2'de gösterilen klorit ve biyotit arasındaki Fe ve Mg paylaşımına bakıldığında, dağılım katsayısının ($\text{KD} = (\text{Mg/Fe})_{\text{Bi}} / (\text{Mg/Fe})_{\text{Chl}} = 0.91$, olduğu ve örneklenen aralıkta metamorfizma derecesine bağımlı olmadığı görülmektedir. Diğer yandan, granat kenar zonu ile biyotit ve granat kenar zonu ile stavrolit arasındaki Fe-Mg paylaşımı, metamorfizma derecesine sistematik bağımlılık göstermektedir. Şekil 3, analiz edilen örneklerdeki ferromagnezyan mineraller arasındaki Fe ve Mg un dağılımını özetlemektedir. Bütün fazlar, metamorfizma derecesinin artmasıyla daha magnezyumlu bileşime sahip olmaktadır. Buna karşın, metamorfik akışkanın bileşimindeki yersel değişikliklere bağlı olarak metamorfik derecenin ileri evrelerinde bazen demirce zengin bileşimler de gözlemlenmektedir (Lang ve Rice, 1985). Uygun reaksiyonlar için deneysel düzenlemeler ve termokimyasal veri kullanıldığında, analiz edilen mi-



Şekil 2. Birlikte oluşan klorit ve biyotitteki Fe/Mg oranlarını karşılaştıran diyagram. Semboller, farklı zonalardaki mineral çiftleri için kullanılmıştır: klorit-biyotit zonu (+); granat zonu (siyah daire); stavrolit zonu (içi boş kare); geçiş zonu (içi boş daire) (Lang and Rice, 1985).



Şekil 3. Artan metamorfizma derecesine göre, örneklerdeki Mg/Fe oranının logaritmik ölçekte işaretlenmesi (Lang and Rice, 1985 ten alınmıştır).

neral topluluklarının denge koşullarını tahmin etmek olasıdır. Aşağıdaki hesaplamalarda, gazların standart hali ilgili sıcaklıkta ve 1 bar basınçtaki ideal gazdır; katı fazlar için, ilgili sıcaklık ve basınçta saf uç üye mineral bileşendir. İlgili fazlar için termodinamik veriler Çizelge 1'de toplu olarak verilmiştir. $\ln K = A/T + B + C(P-1)T$ şeklinde ifade edilen denge sabitleri Çizelge 2'de görülmektedir. Çizelge 3 ise katı çözeltiler için aktivite modellerini tanımlamaktadır. Doğal mineral bileşimlerinden itibaren sıcaklığın hesaplanmasında deneysel kalibrasyonun kullanılması için Çizelge 4'te verilen aktivite - bileşim ilişkileri kullanılmaktadır.

Fe - Mg granat ve biyotit katı çözeltileri arasındaki Fe - Mg değişimi ilişkisi Ferry ve Spear (1978) tarafından incelenmiştir. Bu ilişkiler termometre hesaplamalarının temelini oluşturmaktadır (Çizelge 3). Pelitik bileşimli kayalarda, alüminyum silikat içeren ve içermeyen kayalardaki termobarometre hesaplamalarının yapılabilmesi için literatürde ayrıntıları verilen bazı deneysel kalibrasyonların yapılması gerekmektedir.

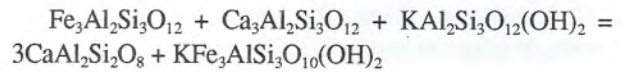
Örnek olarak, alüminyum silikatlardan yalnızca distenin bulunduğu topluluklarda jeobarometre hesaplamalarına bakıldığında distenin katıldığı aşağıdaki reaksiyonlar ve bunlarla ilişkili deneysel kalibrasyonlar kullanılmaktadır. Distenin varlığı durumunda, var olan metamorfik koşulların disten - andaluzit ve disten - sillimanit sınırının üzerinde olduğu bilinmektedir. Böylesi bir durumda üst basınç limiti granat, ilmenit, disten ve

kuvars topluluğunun yardımıyla belirlenebilmektedir. Granatın bileşimine bağlı olan bu limit almandin + 3rutil = 3ilmenit + disten + kuvars dengesinde gidilerek hesaplanmaktadır. Deneysel verilerden elde edilen $\ln K$, Çizelge 2'de verilen (3b) için, (2) nolu dengeyle ilişkilidir. (3b) dengesi, analiz edilen granatlardaki almandinin indirgen aktivitesiyle düşük basınca doğru yer değiştirir.

Granat, plajiyoklaz, disten ve kuvars topluluğu içeren kayalar için toplam basıncın doğrudan hesaplanması

3 anortit = grossular + 2 disten + kuvars dengesine göre yapılabilir. Bu jeobarometre Ghent (1976) tarafından önerilmiş ve Newton ve Haselton (1981) tarafından yeniden düzenlenmiştir. Newton ve Haselton (1981) tarafından ileri sürülen formülleme ve aktivite modellerinde Mn - bağımlı bazı parametreler kullanılmaktadır (Hodges ve Spear, 1982). Anortit parçalanma reaksiyonlarının deneysel çalışmalarından (Hays, 1966; Hariya ve Kennedy, 1968; Goldsmith, 1980) uç üye dengesi için bir P-T eşitliği türetilmiştir: $P = 711.9 + 22.77 T$ (bar, K)

Plajiyoklaz - granat - muskovit - biyotit topluluğu ise aşağıdaki denge reaksiyonuyla ilişkilidir:



Bu denge, basınca duyarlı ve f_{H_2O} ya bağımlı değildir (Lang ve Rice, 1985). Alüminyum silikatlardan yoksun olan topluluklara uygulanan bu dengeyi, bir jeobarometre olarak kullanmak için bazı deneysel düzenlemeler yapılmaktadır (Ghent ve Stout, 1981; Hodges ve Crowley, 1985).

Granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz - Al - silikat termobarometresi

Granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz minerallerinin bileşimlerinin belirlenmesiyle aşağıda verilen değerlerin hesaplanması ve formüllerde yerine konulmasıyla, metamorfizma basınç ve sıcaklık koşulları belirlenebilmektedir. Bu yöntemde, değişik jeotermometre ve jeobarometre hesaplamaları olmasına karşın, burada jeotermometre hesaplamaları Ferry ve Spear (1978), Ghent ve Stout (1981) ve Newton ve Haselton (1981) tarafından önerilen eşitliklerle yapılmaktadır. Ferry ve Spear (1978):

Jeotermobarometre

Çizelge 1. Seçilen fazlar için termodinamik veri (Lang ve Rice, 1985' ten)

Faz	Cp			Vs	ΔG_f^0	ΔH_f^0	S ^o _{298K}	T
	a	bX10 ³	cX10 ⁻⁵					
	J mol ⁻¹	J mol ⁻¹ K ⁻²	J mol ⁻¹ K ⁻¹	J bar ⁻¹	J mol ⁻¹	Jmol ⁻¹	J mol ⁻¹ K ⁻¹	K
α -kuvars	46.94a	34.309a	-11.297a	2.2688a (2.324)	-856239a	-910648a	41.338a	848
β -kuvars	60.29a	8.117a	0a	2.372				
rutil	62.861c	11.358c	-9.9886c	1.8820d	-889446d	-944750d	50.29d	
ilmenit	138.49c	3.8835c	-64.1485c	3.1690d	-1159170d	-1236622d	105.86d	
silliman.	167.46a	30.922a	-48.884a	4.990a	-2427101a	-2573574a	96.776a	
disten	173.189a	28.520a	-53.899a	4.409a	-2430720a	-2581097a	83.68a	
almandin								
<848	408.15a	140.75a	-78.37a	11.528a	-4941125e	-5277200e	298.7b	
>848	448.06a	62.17a	-44.48a					
grossular	435.207a	71.182a	-114.299a	12.53a			254.7a	
pirop				11.370d				
Fe-stav.	1733.8f	335.2f	-469.4f	44.88a	-22240858f	-	885.0i	
						23748945f		
							998.94f	
Mg-stav.				44.307h				
Anortit	264.893a	61.898a	-64.601a	10.079a			205.4a	
albit(low)	258.2a	58.16a	-62.80a	10.007a	-3708313a	-3931621a	207.2a	623
(high)	258.2a	58.16a	62.80a	10.043a	-3700786a	-3920617a	218.8a	
Fe-biyotit	445.30a	124.6a	-80.79a	15.432a	-4799701a	-5155504a	398.3a	
Mg-biyot.	420.95a	120.4a	-89.96a	14.966a	-5841646a	-6226072a	318.4a	
Mg-klorit	671.53j	176.2a	-156.8a	20.711a	-8207765a	-8857377a	465.3a	
				21.1g	-8283000a	-8958489a	380.0a	
Fe-klorit	712.12j	183.1a	-145.5a	21.342a			595.7a	
Muskovit	408.19a	110.37a	-106.44a	14.071a	-5591083a	-5972275a	287.9a	
paragonit	407.6a	102.5a	-110.6a	13.253a	-5548034a	-5928573a	277.8a	
kalsit	104.52a	21.92a	-25.97a	3.6934a			92.68a	
zoisit	444.00a	105.50a	-113.57a	13.59a			295.98a	
grafit	16.86a	4.77a	-8.57a	0.52982a	0	0	5.7405a	
H2O	30.54a	10.29a	0	-	-228589a	-241818a	188.72a	
O2(g)	29.96a	4.18a	-1.67a	-	0	0	205.029a	
CO2(g)	44.22a	8.79a	8.62a	-	-394392a	-393522a	213.685a	
H2(g)	27.28a	3.26a	0.50a	-	0	0	130.54a	
CH4	23.64a	47.86a	-1.92a	-	-50739a	-74810a	186.155a	

$$C_p = a + bT + cT^{-2}$$

a- Hegleson ve diğ., 1978

b- Hegleson ve diğ., 1978' den hesaplanan

c- Robie ve diğ., 1978

d- Robie ve diğ., 1978

e- Lang ve Rice, 1985

f- toplamdan hesaplanan

g- Lang ve Rice, 1985

h- Griffin ve Robie, 1973

i- Lang ve Rice, 1985

j- Toplamdan hesaplanan Cp

Çizelge 2. Metaperlitlerde gözlenen reaksiyonlar için denge sabitleri (Lang ve Rice, 1985)

Denge no	Denge	A	B	C	Kaynak
(1)	1/3Alm+1/3Mg-Biyo=1/3pirop+1/3Fe-biyo	-2089.04	0.782	-0.00956	a
(2)	Disten=sillimanit	-742.33	1.3034	-0.07045	b
(3a)	Almandin+3Rutil=3ilmenit+sillimanit+2kuvars	488.14	2.2381	-0.2346	c
(3b)	almandin+3rutil=3ilmenit+disten+2kuvars	1230.47	0.9347	-0.1672	c
(4)	3anortit=grossular+2disten+a-kuvars	5663.57	-18.1318	0.79624	c
(5)	almandin+grossular+muskovit=3anortit+Fe-biyo.	-8747.0	19.98	2.414-Vgr/R	d
(6)	paragonit+a-kuvars=albit+disten+H2O	-9383	18.01	0.1348	b
(7*)	1/2Fe-stav.+12.5kuvars=2/3alman.+23/6dist.+H2O	-13456.8	20.379	0.32414	c
(7**)		-7668.0	14.915	0.32414	c
(8)	C(grafit)+O2=CO2	47456	0.1193	0.06372	b
(9)	CO+1/2O2=CO2	34052	10.472		b,e
(10)	H2+1/2O2=H2O	29627	6.4238		b
(11)	CH4+2O2=CO2+2H2O	96175	0.1401		b
(12)	almandin+muskovit=Fe-biyo+2dist+kuvars	-2339.01	2.1317	-0.1173	b,c
(13)	3anort.+kalsit+H2O=2zoisit+CO2	8132.5	-14.14	0.8119	c
(14*)	3Fe-klor.+5musk.=5Fe-biyo.+8dist.+kuv.+12H2O	-128687	224.37	2.5011	b
(14**)		-92370	193.62	2.5011	b,c
(15)	Mg-klor.=forsterit+enstatit+spinel+H2O				
(16)	Mg-klor.+dolomit=spinel+forst.+kalsit+H2O+CO2				
(17)	Mg-klor.+musk.=Mg-biyo.+disten+kuvars+H2O				
(18)	1/5Mg-klor.+1/3Fe-biyo.=1/5Fe-klor.+1/3Mg-biyo.	-20.88	-0.0953	0.00348	f
(19)	1/5Mg-gran+1/4Fe-stav.=1/3Fe-gran.+1/4Mg-stav.	1787.8	-1.8627	0.00917	f

$$\ln K_n = (A_n/T) + B_n(C_n(P-1)/T) \text{ (bar, K)}$$

a: Ferry ve Spear, 1978

b: Hegleson ve diğ., 1978

c: Lang ve Rice, 1985

d: Hodges ve Crowley, 1985

e: Robie ve diğ., 1978

f: Lang ve Rice, 1985

$$3RT \ln K_1 = 12.454 - 4.662T(^{\circ}K) + 0.057P(\text{bar}) + \frac{3RT \ln K}{[Mg/Fe(\text{gr})]/[Mg/Fe(\text{bi})]}$$

$$K_1 = \frac{(X_{\text{pyr}})^3 (X_{\text{ann}})^3}{(X_{\text{phl}})^3 (X_{\text{alm}})^3}$$

$$X_{\text{phl}} = Mg / (Al_{\text{VI}} + Ti + Fe + Mn + Mg) \quad X_{\text{ann}} = Fe / (Fe + Mg)$$

$$X_{\text{pyr}} = Mg / (Fe + Mg + Mn + Ca) \quad X_{\text{alm}} = Fe / (Fe + Mg + Mn + Ca)$$

$$T(^{\circ}K) = \frac{2089 + 0.00956 P(\text{bar})}{0.780 - \ln K^*}$$

Newton ve Haselton (1981):

$$T(^{\circ}K) = \frac{[1661 - 0.755T(K)] X_{\text{gr}}(\text{Ca}) + 2089 + 0.00956P(\text{bar})}{0.7820 - \ln K^*}$$

$$\text{Ganguly ve Saxena (1984) } T(^{\circ}K) =$$

$$\frac{W^* FeMg[(X_{\text{Fe}} - X_{\text{Mg}}) - 0.8/R + 1510 X_{\text{Ca}} \text{gr} + 2089 + 0.00956P(\text{bar})]}{0.7820 - \ln K^*}$$

$$\ln K^* = \frac{X_{\text{Mg}}}{X_{\text{Fe}}} \frac{Gr^* X_{\text{Fe}}^{Bi}}{Gr^* X_{\text{Mg}}^{Bi}} = \ln \frac{(Mg/Fe)_{\text{Gr}}}{(Mg/Fe)_{\text{Bi}}}$$

Jeobarometre hesaplaması (Newton ve Haselton, 1981);

$$P = \frac{P_0 - RT \ln K}{V \Delta(\text{dis})}$$

$$P_0 = -1.17 + 0.0238 T(^{\circ}C)$$

Jeobarometre hesaplaması (Ghent ve Stout, 1981):

$$-1.802 P = 4124.4 - 22.061 T + RT \ln K_4$$

Çizelge 3. Katı çözeltiler için aktivite / bileşim modelleri

Bileşen	aktivite modeli	kaynak
Almandin	$a_{alm} = (\gamma_{alm} X_{Fe}^{gra})^3; X_{Fe}^{gra} = Fe/(Fe+Mg+Mn+Ca)$ $\gamma_{alm} = \exp\{(1/RT) * (-W_{CaMg} X_{Mg} X_{Ca})\}$ $W_{CaMg} = 13807 - 6.3T$ (joule, K) (bütün diğer W değerleri yaklaşık 0 dir)	Newton ve Haselton (1981)
Pirop/Almandin	$a_{pir}/a_{alm} = (X_{Mg}^{gra} \gamma_{pir})^3 / (X_{Fe}^{gra} \gamma_{alm})^3$ (1) $\gamma_{pir} = \gamma_{alm} = 1.0$ (2) $(\gamma_{pir}/\gamma_{alm}) = \exp\{(1/RT) * (W_{FeMg}(X_{Fe}-X_{Mg}) + W_{Ca}X_{Ca} + W_{Mn}X_{Mn})\}$ $W_{Ca} = W_{CaMg} - W_{CaFe} = 12.55 \text{ kJ}$ $W_{Mn} = W_{MgMn} - W_{FeMn} = 12.55 \text{ kJ}$ $W_{FeMg} = 8.375 \text{ Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}) + 10.46 \text{ Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) \text{ kJ}$ (3) $\gamma_{pir}/\gamma_{alm} = \exp(1/RT) * (W_{CaMg} X_{Ca}^{gra})$ $W_{CaMg} = 13807 - 6.3T$ (joule)	ideal Ganguly ve Saxena (1984)
Fe-biyotit Mg-biyo Grossular	$a_{Fe-biyo} = (X_{Fe}^{biyo})^3; X_{Fe} = Fe/(Fe+Mg+Mn)$ $a_{Mg-biyo} = X_{Mg}^{biyo}$ $a_{gro} = \gamma_{gro} X_{Ca}^{gra}$ $\gamma_{gro} = \exp\{[W_{CaMg} * (X_{Mg}^2 + X_{Mg} X_{Fe})]/RT\}$ $W_{CaMg} = 13807 - 6.3T$ (joule)	ideal Newton ve Haselton (1981) Hodges ve Spear (1982)
Anortit	$a_{an} = \{[X_{Ca}^{Pl} (1 + X_{Ca}^{Pl})^2]/4\} \exp\{[(1 - X_{Ca})^2]/T * (1032 + 4726 X_{Ca})\}$ $X_{Ca}^{Pl} = Ca/(Ca+Na+K)$	Newton ve Haselton (1981)
Albit Paragonit	$a_{alb} = X_{Na}^{Pl}; \tau_{alb} = 1.0$ $a_{pa} = \gamma_{pa} X_{Na}^{mus} (X_{Alvi}^{mus})^2 X_{OH}^2$ (1) $\gamma_{pa} = \exp\{(1/RT) * [X_{mus}^2 (W_{pa} + 2(W_{mus} - W_{pa}) X_{pa})]\}$ $X_{pa} = X_{Na}^{mus} Na/(Na+K); X_{mus} = 1 - X_{pa}$ (2) $\gamma_{pa} = \exp\{(1/RT) [X_{mus}^2 W_{pa} (1 - 2X_{pa}) + 2W_{mus} X_{pa} X_{mus} (1 - X_{pa}) - 2X_{Na}^{Kcel} X_{Kcel} (W_{mus} X_{Na}^{Kcel} + W_{pa} X_{Kcel})]\}$ $X_{pa} = X_{Na}^{mus} Na (1 - X_{mus} FeMg); X_{mus} MgFe = Fe+Mg/Top(Alvi)$ (1982) $X_{mus} = (1 - X_{Na}^{mus} Na) (1 - X_{mus} MgFe)$ $X_{Na}^{Kcel} = X_{Na}^{mus} Na (X_{mus} MgFe)$ $X_{Kcel}^{mus} = (1 - X_{Na}^{mus} Na) (X_{mus} FeMg)$ $W_{pa} = 12957 + 0.3138P + 0.710T$ (joule, bar, K) $W_{mus} = 18016 + 0.2389P + 1.6543T$ (joule, bar, K)	Orville (1972) Pigage ve Greenwood (1982) Pigage ve Greenwood (1982)
Fe-stavrolit	$a_{sta} = X_{Fe}^{sta} = [Fe/(Fe+Mg+Mn+Zn)]^4$	ideal
Zoisit	$a_{zo} = X_{zo}$ $X_{zo} = (Al^{VI} - 2) / [(Al^{VI} - 2) + Fe^{3+} + Mn + Mg]$	ideal

Çizelge 4. Amfibolit örneğindeki hornblend ve plajiyoklazlar dan elde edilen EMA analiz sonuçları ve katyon değerler (Örnek no: MA-472)

Hornblendler/Hornblendes		1	2	4	6	7	9	12	13	
Oksit	Oxide									
K ₂ O		0.77	1.09	0.95	0.80	1.23	0.82	1.32	1.06	
NiO		0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.08	0.04	0.00	
Na ₂ O		1.50	1.80	1.67	1.50	1.85	1.56	1.72	1.77	
CaO		11.53	11.87	11.79	11.83	11.62	11.51	11.59	11.71	
FeO		14.50	16.42	15.05	16.29	16.28	15.69	16.39	16.32	
MgO		12.45	11.18	12.02	12.55	11.00	11.89	11.19	11.18	
TiO ₂		0.65	1.10	0.68	0.64	0.94	0.58	0.66	0.72	
MnO		0.39	0.42	0.35	0.29	0.28	0.20	0.29	0.18	
Al ₂ O ₃		9.08	10.82	9.73	9.35	11.20	9.84	10.18	11.05	
Cr ₂ O ₃		0.02	0.08	0.01	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	
SiO ₂		43.97	42.21	43.05	44.15	42.02	43.53	41.91	42.49	
H ₂ O		1.96	1.97	1.95	1.99	1.96	1.97	1.93	1.97	
Toplam		96.82	98.95	97.39	99.38	99.38	97.77	97.22	98.56	
Katyonlar/Cations										
K		0.15	0.21	0.18	0.15	0.24	0.16	0.26	0.20	
Ni		0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	
Na		0.44	0.52	0.49	0.43	0.54	0.45	0.51	0.52	
Ca		1.89	1.93	1.93	1.90	1.90	1.87	1.92	1.90	
Fe		1.85	2.08	1.92	2.04	2.07	1.99	2.12	2.07	
Mg		2.83	2.53	2.74	2.81	2.50	2.70	2.58	2.53	
Ti		0.07	0.12	0.07	0.07	0.10	0.06	0.07	0.08	
Mn		0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	
Al		1.63	1.94	1.75	1.65	2.01	1.76	1.85	1.99	
Si		6.72	6.42	6.59	6.63	6.42	6.63	6.49	6.46	
OH		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Top.		16.67	16.84	16.78	16.75	16.85	16.71	16.88	16.81	
Plajiyoklazlar/Plagioclases										
Oksit/oxide		3	5	10	11	Kasyon				
						Cation	3	5	10	11
K ₂ O		0.31	0.29	0.33	0.39	K	0.018	0.017	0.019	0.022
Na ₂ O		6.91	6.64	7.11	7.22	Na	0.61	0.58	0.62	0.64
CaO		7.39	7.77	7.46	6.81	Ca	0.36	0.38	0.36	0.33
FeO		0.27	0.08	0.10	0.18	Fe	0.010	0.003	0.003	0.006
Al ₂ O ₃		25.26	26.01	25.37	24.41	Al	1.36	1.39	1.36	1.32
SiO ₂		57.08	57.02	57.67	57.92	Si	2.62	2.60	2.62	2.66
Cr ₂ O ₃		0.05	0.08	0.10	0.11	Cr	0.001	0.003	0.003	0.003
Top.		97.36	98.08	98.18	97.16	Top.	5.00	4.99	5.01	5.00

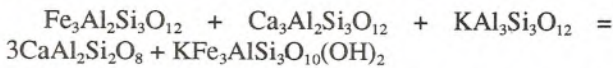
$$\ln K_4 = \frac{(X_{an})^3 (X_{ann})^3}{(X_{ms}) (X_{gr})^3 (X_{alm})^3}$$

$$X_{ms} = \text{Al}^{VI} / (\text{Al}^{VI} + \text{Ti} + \text{Fe} + \text{Mn} + \text{Mg}), X_{gr} = \text{Ca} / (\text{Fe} + \text{Mg} + \text{Mn} + \text{Ca}),$$

$$X_{an} = \text{Ca} / (\text{Ca} + \text{Na} + \text{K})$$

Granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz jeotermobarometresi yöntemi

Birlikte oluşan granat - muskovit - plajiyoklaz - biyotit topluluğu aşağıdaki dengeyle ilişkilidir:



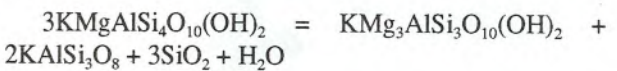
Bu denge basınca duyarlı ve fH₂O dan bağımsızdır (Lang ve Rice, 1985). Bu denge, aynı zamanda, alüminyum silikat polimorflarından yoksun topluluklara uygulanır (Ghent ve Stout, 1981; Hodges ve Crowley, 1985). Bu durumda, yukarıda belirtilen topluluktaki minerallerin kimyasal bileşimlerinden gidilerek basınç ve sıcaklık hesaplamaları yapılabilir.

Bu yöntemde jeotermobarometre hesaplamaları için Ferry ve Spear (1978) hesaplama yöntemi ve jeobarometre hesaplamaları için ise Ghent ve Stout (1981) hesaplama yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde, toplulukta alüminyum silikat polimorfu bulunmadığı için Newton ve Haselton (1981) yöntemi kullanılmamaktadır.

Biyotit - muskovit - klorit - kuvars

jeotermobarometresi

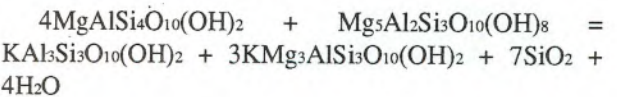
Bilindiği gibi fillosilikatlarda oktaedrik ve tetraedrik boşluklar belli katyonlar tarafından doldurulmaktadır. Bu boşlukları Al elementinin doldurması ise metamorfizma açısından bazı önemli ipuçları verebilmektedir. Oktaedrik boşluklarında alüminyum içeren mineraller, tetraedrik boşluklarında alüminyum içeren minerallerden daha yüksek basınçlarda duraylı olmaya eğilimlidirler. Muskovitin uç üyesi olan Mg-Al seladonit (KMgAlSi₄O₁₀(OH)₂) hiçbir tetraedrik alüminyum içermemektedir. Dolayısıyla seladonit uç üyesi, yüksek basınçlarda, muskovitte daha önemli miktarlarda bulunacaktır. Bu karşılaştırma, seladonitin jeobarometre olarak kullanılabilmesini mümkün kılmaktadır. Seladonit hakkındaki termodinamik verilerle (Velde, 1965) kuvars, alkali feldispat (ortoklaz), muskovit (muskovit ve seladonit uç üyeleri), biyotit (filopit uç üyesi) ve klorit (klinoklor uç üyesi) minerallerini içeren reaksiyonlardan gidilerek jeobarometrik hesaplamalar yapılabilir. Bu reaksiyonlardan jeobarometre hesaplamalarında kullanılan en önemli iki reaksiyon şunlardır:

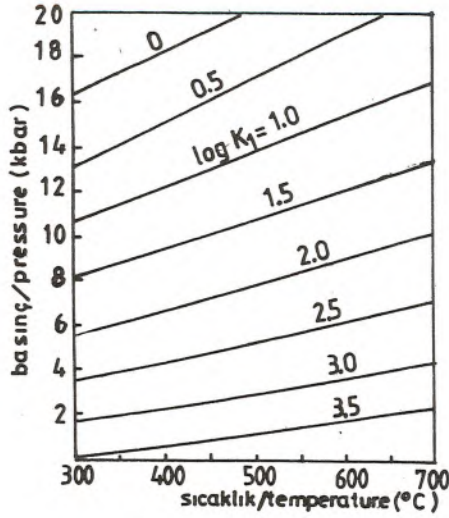


Bu reaksiyonun K1 denge sabiti minerallerin aktivitelerinden gidilerek aşağıdaki biçimde hesaplanmaktadır. İdeal durumlarda a (aktivite) değerleri X (bileşim) değerlerine eşittir.

$$\log K1 = \log a_{\text{cel}} + \log a_{\text{phl}} + 2 \log a_{\text{kfs}} + 2 \log a_{\text{H}_2\text{O}} + 3 \log a_{\text{qtz}}$$

Burada hesaplanan değerler Şekil 4'e aktarıldığında metamorfizma basınç ve sıcaklık değerleri bulunabilmektedir (Nurmien, 1987).





Şekil 4. Klorit ve muskovitin bulunmadığı denge 1 için denge sabiti konturları (Nurminen, 1987).

Bu reaksiyonun denge sabiti ise

$$\ln K = \frac{X_{\text{mus}} \cdot X_{\text{phl}} \cdot T^3}{X_{\text{cel}}^4 \cdot X_{\text{clin}}}$$

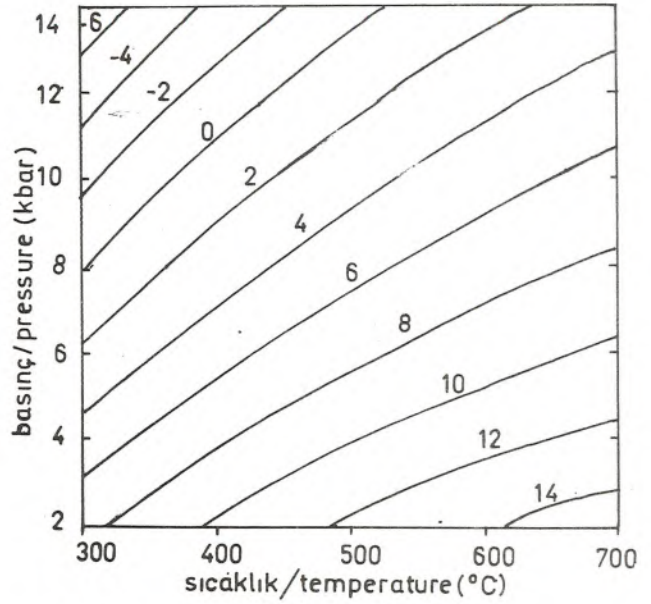
Kayaçta belirlenen biyotit, muskovit ve klorit minerallerinin kimyasal bileşimlerinden gidilerek elde edilen lnK değerleri Şekil 5' deki diyagrama aktarılarak bu reaksiyonun gerçekleştiği basınç ve sıcaklık koşulları hakkında bilgi edinilmektedir (Powell ve Evans, 1983). Aynı reaksiyon için Nurminen (1987) tarafından hesaplanan logK_(kfs) değerleri için P-T diyagramı Şekil 6' da görülmektedir.

$$\log K(kfs) = -\log a_{\text{chl}} - 4\log a_{\text{cel}} + 7\log a_{\text{qtz}} + \log a_{\text{mus}} + 3\log a_{\text{phl}} + 4\log a_{\text{H}_2\text{O}}$$

Fenjit jeotermobarometresi

Fenjit, bilindiği gibi muskovit - seladonit katı çözelti serisingin orta üyesidir ve kimyasal bileşimi;

$(\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 - \text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2)$ şeklindedir. Bu mineralin P-T duraylılıkları hakkındaki deneysel gözlemler Velde (1965) tarafından yapılmıştır. Crowley ve Roy (1964), yaptıkları deneysel çalışmalarda K₂O - MgO - A₂O₃ - SiO₂ - H₂O (KMASH) sisteminde ideal muskovitten fenjite kadar bir karışabilirlik aralığı tanımlamışlardır. Yaklaşık

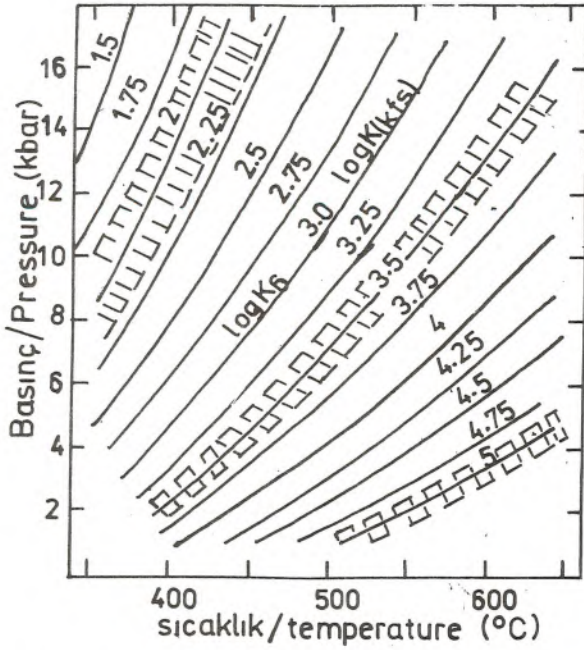


Şekil 5. (2) nolu dengenin lnK değeri için konturlanmış basınç-sıcaklık diyagramı.

400°C ye kadar değişen sıcaklık ve 4 kbar gibi uygulanan deneysel koşullarda birim formülde fenjitteki Si = 3.5 tir. Velde (1965, 1967), muskovitten Al - seladonite kadar artan basınç ve artan sıcaklıkla karışabilirliği ve bu değerln jeotermobarometre olarak kullanılabilceğini belirlemiştir. Ayrıca, değişen P-T koşullarıyla duraysız olan fenjitlerin K -feldispat, filogopit, kuvars, su ve Si' ce daha fakir fenjite ayrıştığı belirlenmiştir (Velde 1965, 1967). Velde (1965)' nin elde ettiği sonuçlar, esas olarak düşük sıcaklıklarda, metamorfik kayaçlarda bulunan doğal fenjitlerin oluşumuyla uyum içerisindedir. Muskovitler ise görel olarak orta - yüksek sıcaklıklarda oluşan kayaçlar için tipiktir (Ernst, 1963). Yaklaşık %70 kadar yüksek bir seladonit içeriğine sahip fenjitler ise, mavişist fasiyesi kayaçlarındaki gibi, yüksek basınç metamorfik kayaçlarında görülür.

Fenjit jeotermobarometresi Velde (1967) tarafından önerilmiş ve P-T diyagramında beyaz mikalardaki maksimum Si içeriği eğrileriyle gösterilmiştir. Ancak, maksimum Si içeriğine sahip fenjit, yalnızca K - feldispat, kuvars ve trioktaedrik mika ile beraber oluştuğunda gözlenmektedir (Masonne ve Schreyer, 1987).

Sonuç olarak, fenjitlerin kimyasal bileşiminden elde edilen Si değerleri P-T diyagramına aktarılarak (Şekil 7) metamorfizma koşulları belirlenmektedir.

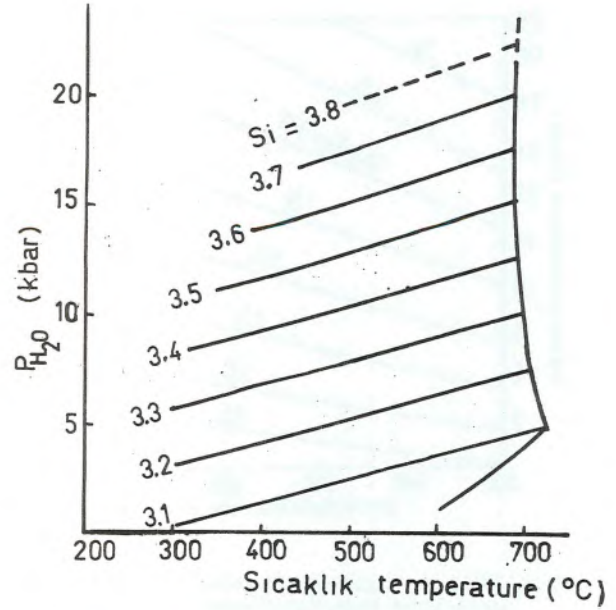


Şekil 6. K-Feldispatın bulunmadığı denge için denge sabiti konturları (Taranmış kısımlar, Log K= 2.0, 3.5 ve 5.0 için hata bantlarıdır, Nurminen, 1987).

YILDIZELİ METASEDİMANTER GRUBUNDA YAPILAN JEOTERMOBAROMETRE ÇALIŞMALARI

Yıldızeli yöresinde yüzeyleyen metamorfitlelerdeki metamorfizma koşullarını belirlemek amacıyla derlenen kayaç örnekleri üzerinde mineralojik bileşim ve minerallerin birbirleriyle olan dokanak ilişkileri gözönüne alınarak jeotermobarometrik çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Alpaslan, 1993). Bu örneklerde yapılan çalışmalar sonucunda MA - 472 nolu örnekte plajiyoklaz - hornblend, MA - 299 nolu örnekte granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz, MA - 413 nolu örnekte granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz - disten ve MA - 141 nolu örnekte ise muskovit - biyotit - klorit ve granat - muskovit - biyotit - klorit jeotermobarometresi çalışmaları yapılmıştır.

Sıcaklık belirlemeleri: Birlikte oluşan granat ve biyotit mineralleri arasındaki dengelenme sıcaklığı Ferry ve Spear (1978) ve Newton ve Haselton (1981) jeotermometre hesaplamalarına göre Fe - Mg değişimi kullanılarak hesaplanmıştır. Beraber oluşan biyotit ve klorit arasındaki Fe - Mg değişimi de diğer bir termometre olarak (Grambling, 1990) kullanılmıştır. Amfibolitler-



Şekil 7. K-feldispat-kuvars-filogopit içeren toplulukta, fenjitin birim formülündeki Si içeriğini gösteren basınç-sıcaklık diyagramı (Masonne ve Schreyer, 1987' den sadeleştirilerek alınmıştır).

de ise amfibollerdeki Al içeriği ve plajiyoklazlardaki Ca/Na oranı jeotermobarometre (Plyusnina, 1982) olarak kullanılmıştır.

Basınç belirlemeleri: Metapelitik kayalarda yapılan çalışmalarda (Alpaslan, 1993) jeobarometre için üç metodun kullanılabilceği belirlenmiştir:

- Granat-Al-silikat-plajiyoklaz (GASP) jeobarometresi (Newton ve Haselton, 1981),

- Al-silikat minerallerinin bulunmadığı topluluklarda granat-muskovit-biyotit-plajiyoklaz jeobarometresi (Ghent ve Stout, 1981)

- Fenjit-klorit-biyotit jeobarometresi (Powell ve Evans, 1983)

Plajiyoklaz - Hornblend Jeotermobarometresi

MA - 472 nolu örnekte yapılan EMA analiz sonuçlarından (Çizelge 4) gidilerek hesaplanan plajiyoklazlardaki Ca/Na oranları ve hornblendlerdeki Al içeriği hesaplanarak ilişkili diyagrama aktarılmış (Şekil 8) ve amfibolitlerde etkin olan basınç sıcaklık koşulları belirlenmiştir. Şekil 8' de MA - 472 nolu örneği etkileyen metamorfizma koşullarının 545 - 560°C ve 3.64 - 4.72 kbar arasında değiştiği görülmektedir.

Granat - muskovit - plajiyoklaz - disten jeotermobarometresi

MA - 413 nolu örnekte bulunan granat, muskovit, biyotit ve disten minerallerinin EMA analiz sonuçlarından (Çizelge 5) elde edilen parametreler, metin içerisinde verilen hesaplama yöntemi ile ilgili formüllerde yerine konularak, bu kayaç örneğinin aşağıdaki basınç - sıcaklık koşullarında metamorfizmaya uğradığı belirlenmiştir:

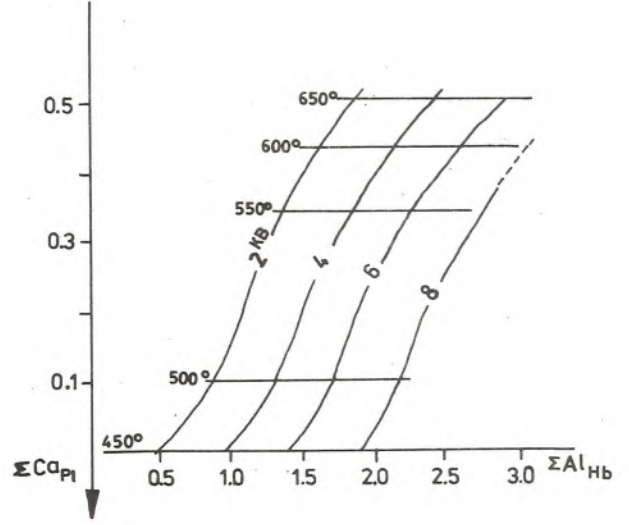
sıcaklık (°C)	basınç (bar)
551 - 489	5365 - 6770
(Ferry ve Spear, 1978)	(Ghent ve Sout, 1981)
572 - 500	5560 - 7496
(Newton ve Haselton, 1981)	
555 - 489	5240 - 7040
(Ferry ve Spear, 1978)	(Newton ve Haselton, 1981)

Granat - muskovit - biyotit - plajiyoklaz jeotermobarometresi

MA - 299 nolu kayaç örneğinde gözlenen granat, muskovit, biyotit ve plajiyoklaz minerallerinde yapılan EMA analiz sonuçları (Çizelge 6) yardımıyla hesaplanan parametreler ilgili formüllerde yerine konularak bu örnekte etkin olan basınç ve sıcaklık koşulları belirlenmiştir. Bu örnekte, sıcaklık belirlemeleri Ferry ve Spear (1978)' e göre, basınç belirlemeleri ise Ghent ve Stout (1981)' e göre saptanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda örneğin 667-612°C sıcaklık ve 7505-8673 bar basınç koşullarında metamorfizmaya uğradığı belirlenmiştir.

Muskovit - biyotit - klorit jeotermobarometresi

MA - 141 nolu örnekte gerçekleştirilen çalışmalarda, bu kayaç örneğinde klorit - muskovit - biyotit jeotermobarometresi yönteminin uygulanabileceği belirlenmiştir. Bu amaçla, örnek içerisinde gözlenen klorit - biyotit - muskovit minerallerinin kimyasal bileşimi EMA yöntemiyle belirlenmiştir (Çizelge 7). Analiz sonuçlarından gidilerek hesaplanan $\ln K$ değeri 11.4529-11.4338 arasında bulunmuştur. Bu değer, Şekil 9' da verilen diyagrama aktarıldığında; örneğin etkileyen basıncın 5.0 kbar vğe sıcaklığın ise 450°C olduğu belirlenmiştir.



Şekil 8. MA-472 nolu örnekteki plajiyoklaz ve hornblend minerallerinin kimyasal bileşimlerinden belirlenen değerlerin P-T diyagramındaki gösterimi (taralı alan).

Yıldızeli Yöresinin Metamorfik Evrimi

Yıldızeli yöresinde yapılan jeotermobarometre çalışmaları sonucu elde edilen basınç-sıcaklık değerleri tek bir diyagram üzerine aktarılarak (Şekil 10) yöre için metamorfik basınç-sıcaklık yolu belirlenmiştir. Buna göre; ilk metamorfik evre oldukça yüksek bir basınç aralığı ile belirlenmektedir. Daha sonra ise metamorfizma koşullarında bir düşme görülmektedir. Bu düşüşün ise, metamorfitlerin sıg kabuksal düzeylere yükselimi sırasında oluşan dekompresyondan kaynaklanabileceği söylenebilmektedir.

KAYNAKLAR

- Agrinier P, Javoy M, Smith DC, Pineau F, 1985, Carbon and oxygen isotopes in eclogites, amphibolites, veins and marbles from the Gneiss region, Norway, Chemical Geol 52; 145-162
- Ahn, J.H. and Peacor, D.R., 1986, Transmission and analytical electron microscopy of the smectite-illite transition. Clays and Clays Minerals, 34, 145-162
- Alpaslan, M., 1993, Yıldızeli yöresi (Sivas batısı) Metamorfitlerinin Petrolojik İncelenmesi, C.Ü. Fen-Bilimleri Enst., Doktora tezi, 359 s. (yayımlanmamış).

Çizelge 5. MA-413 nolu örnekten elde edilen analiz sonuçları

Oksit/oxide	Biyotit Biotite		Muskovit Muscovite		Granat Garnet		Plajiyoklaz Plagioclase	
	19	17	2	11	9	14	4	5
SiO ₂	35.33	32.78	45.49	43.93	38.15	37.41	62.67	61.44
TiO ₂	1.71	1.46	0.64	0.58	0.00	0.00	0.11	0.00
Al ₂ O ₃	19.28	18.78	36.25	35.24	21.81	21.80	23.14	23.41
FeO	16.44	18.05	1.06	1.67	36.19	29.52	0.00	0.00
MnO	0.00	0.17	0.00	0.00	0.61	4.12	0.00	0.00
MgO	9.61	8.75	0.58	0.62	3.36	1.81	0.00	0.00
CaO	0.26	0.22	0.00	0.00	1.95	5.75	4.34	3.95
Na ₂ O	0.21	0.12	0.96	0.96	0.00	0.00	9.02	8.77
K ₂ O	8.94	8.85	10.63	10.35	0.00	0.00	0.10	0.13
Top.	91.78	89.18	95.61	93.95	102.07	100.41	99.38	97.70
tox	4.655	4.887	3.993	4.108	9	10	2.672	2.714
Katyon Cation								
Si	5.505	5.328	6.046	6.002	5.992	5.968	2.785	2.775
Ti	0.199	0.178	0.064	0.059	0.001	0.002	0.003	0.000
Al	3.520	3.598	5.678	5.675	4.038	4.098	1.212	1.246
Fe	2.129	2.453	0.118	0.191	4.754	3.938	0.000	0.000
MnO	0.002	0.024	0.000	0.000	0.080	0.556	0.003	0.000
Mg	2.220	2.120	0.115	0.116	0.786	0.430	0.000	0.000
Ca	0.042	0.038	0.000	0.000	0.328	0.983	0.206	0.191
Na	0.062	0.038	0.246	0.267	0.004	0.000	0.777	0.768
K	1.767	1.835	1.801	1.804	0.000	0.000	0.005	0.007
Top.	17.44	17.62	16.07	16.12	15.98	15.97	4.991	4.987

$$\begin{aligned} \text{Mg/Fe}_{(gr)} &= 0.166 - 0.109 & \text{Mg/Fe}_{(bi)} &= 1.041 - 0.855 \\ \text{LnKd}_{(gr/bi)} &= -1.8359 - 2.0597 & P_{(bar)} &= 7.000 - 8.000 \\ X_{Ca}_{(gr)} &= 0.055 - 0.167 & X_{Alm} &= 0.799 - 0.666 \\ X_{(gro)} &= 0.055 - 0.167 & X_{An}_{(plj)} &= 0.209 - 0.198 \\ \text{LnK}_4 &= 2.68 - 0.321 \end{aligned}$$

Termometre hesaplaması

Ferry ve Spear (1978)

$$0 = 12.454 - 4.662T(^{\circ}\text{K}) + 0.057P_{(bar)} + \{(3RT\text{Ln}K_1)/[(\text{Mg/Fe}_{(gr)})/(\text{Mg/Fe}_{(bi)})]\}$$

Newton ve Haselton (1981)

$$T(^{\circ}\text{K}) = [1661 - 0.755T(^{\circ}\text{K}) * X_{gr}(Ca) + 2089 + 0.00956P_{(bar)}] / (0.7820 - \text{Ln}K^*)$$

Jeobarometre hesaplaması

Newton ve Haselton (1981)

$$P = (P_0 - RT\text{Ln}K) / VA_{(dis)} \quad P_0 = -1.17 + 0.0238 T (^{\circ}\text{C})$$

Ghent ve Stout (1981)

$$-1.802P = 4124.4 - 22.061 T + RT\text{Ln}K_4$$

Anderson DJ, Lindsley DL 1988, Internally consistent solution models for Fe-Mg-Mn-Ti oxides: Fe-Ti oxides, Am Mineral 73; 714-726

Anovitz LM, Essene EJ 1987a, Phase equilibria in the system CaCO₃-MgCO₃-FeCO₃, J Petrol 28, 389-414

Anovitz LM, Essene EJ 1987b, Compatibility of geobarometers in the system CaO-FeO-Al₂O₃-SiO₂-TiO₂ (CFAST): implications for garnet mixing models. J Geol. 95: 633-645

Anovitz LM, Essene EJ 1989, Thermobarometry and pressure-temperature paths in the Greenville Province of Ontario. J Petrol

Aranovich LY, Podlesskii KK (1983) The cordierite-garnet-sillimanite equilibrium experiments and applications. In: Saxena SK (ed): Kinetics and

Çizelge 6. MA-299 nolu örnekten elde edilen EMA analiz sonuçları

Oksit Oxide	Biyotit Biotite		Muskovit Muscovite		Granat Garnet		Plajiyoklaz Plagioclase	
	29	26	5	23	32	28	1	11
SiO ₂	35.37	36.97	65.95	65.46	44.19	45.43	35.90	38.48
TiO ₂	1.14	1.67	0.00	0.00	0.55	0.54	0.00	0.04
Al ₂ O ₃	18.11	20.22	19.61	19.25	33.60	34.08	20.63	22.45
Cr ₂ O ₃	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00
FeO	13.13	11.94	0.25	0.00	2.49	2.70	15.13	15.98
MnO	0.68	0.65	0.09	0.11	0.13	0.14	21.65	21.33
MgO	13.33	13.97	0.00	0.00	0.77	0.81	3.22	3.35
CaO	0.11	0.00	0.63	0.50	0.00	0.00	0.73	1.16
Na ₂ O	0.15	0.00	10.79	10.72	0.52	0.50	0.00	0.00
K ₂ O	10.02	9.64	0.18	0.18	10.89	10.70	0.00	0.00
Top.								
Total	92.04	95.21	97.50	96.22	92.62	94.61	97.26	102.79
tOX	4.637	4.410	2.699	2.729	4.146	4.076	10	9
Katyon Cation								
Si	2.729	2.713	2.962	2.974	3.049	3.055	5.948	5.982
Al ^{IV}	1.271	1.287	0.00	0.00	0.951	0.945	0.00	0.00
Al ^{VI}	0.376	0.462	1.038	1.031	1.782	1.780	4.029	4.114
Cr	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000
Fe ²⁺	0.847	0.733	0.009	0.000	0.144	0.153	2.097	2.078
Mn	0.044	0.040	0.003	0.004	0.008	0.008	3.036	2.806
Mg	1.533	1.528	0.000	0.000	0.079	0.082	0.795	0.776
Ca	0.009	0.000	0.030	0.024	0.000	0.000	0.130	0.194
Na	0.022	0.000	0.940	0.944	0.070	0.066	0.000	0.000
K	0.986	0.903	0.010	0.010	0.959	0.926	0.000	0.000
Ti	0.066	0.092	0.000	0.000	0.029	0.028	0.000	0.005
Top.								
Total	7.883	7.767	4.992	4.987	7.070	7.049	16.035	15.955

$$\begin{aligned} \text{Mg/Fe}_{(gr)} &= 0.379 - 0.374 & X_{Alm} &= 0.346 - 0.355 \\ \text{Mg/Fe}_{(bi)} &= 1.717 - 1.976 & X_{gr} &= 0.021 - 0.033 \\ \text{LnKd}_{(gr/bi)} &= -1.5822 - 1.6645 & X_{An}_{(plj)} &= 0.031 - 0.025 \\ P_{(bar)} &= 7.000 - 8.000 & a_{bi} &= 0.043 - 0.032 \\ X_{Ca} &= 0.031 - 0.025 & a_{mus} &= 0.602 - 0.324 \\ X_{pir} &= 0.131 - 0.133 & \text{LnK}_4 &= 1.654 - 0.130 \end{aligned}$$

Termometre hesaplaması: Ferry ve Spear (1978) ve Newton ve Haselton (1981)
Jeobarometre hesaplaması: Newton ve Haselton (1981) ve Ghent ve Stout (1981)

equilibrium in mineral reactions. Springer, Berlin Heidelberg New York pp. 173-198

Berman RG, Engi M, Greenwood HJ, Brown TH 1986, Derivation of internally consistent thermodynamic data by the technique of mathematical programming: a review with application to the system MgO-SiO₂-H₂O. J Petrol 27, 1331-1364

Bohlen SR, Boettcher AI 1981, Experimental investigations and geological applications of orthopyroxene geobarometry. Am Mineral 66, 951-964

Bohlen SR, Boettcher AI 1982, The quartz-coesite transformation: a precise determination and the effects of other components. J Geophys Res 87, 7073-7078

Bohlen SR (1987) Pressure-temperature-time paths and a tectonic model for the evolution of granulites.

Çizelge 7.S MA-141nolu örnekten elde edilen EMA analiz sonuçları

Oksit/oxide	Biyotit/biotite			Klorit/chlorite			Muskov./musc.	
	23	18	19	6	10	7	9	19
SiO2	36.52	40.66	30.29	32.59	38.03	38.68	46.50	45.27
TiO2	0.97	0.28	0.13	0.00	0.05	0.06	0.11	0.36
Al2O3	17.42	29.47	18.48	27.64	31.17	33.08	33.57	31.86
Cr2O3	0.97	0.28	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
FeO	10.14	5.05	13.48	4.06	5.72	2.15	1.99	2.43
MnO	0.34	0.28	0.35	0.31	0.23	0.06	0.33	0.07
MgO	15.54	7.00	19.40	8.27	10.86	4.00	1.25	1.10
CaO	0.00	0.10	0.50	0.31	0.41	0.18	0.00	0.02
Na2O	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19	1.12
K2O	9.40	5.83	1.50	0.01	0.01	0.02	7.30	9.63
Top./total	90.63	88.67	84.33	92.19	86.48	88.23	92.24	91.93
tOX	4.60	4.33	4.88	6.45	5.50	5.84	4.07	4.17
Katyon/Cation								
Si	2.79	2.93	2.46	3.50	3.48	3.76	3.15	3.14
Al ^{iv}	1.20	1.06	1.54	0.50	0.51	0.23	0.84	0.85
Al ^{vi}	0.37	1.43	0.22	2.99	2.84	3.55	1.84	1.74
Fe ²⁺	0.65	0.30	0.91	0.36	0.43	0.17	0.17	0.14
Mn	0.022	0.017	0.024	0.028	0.018	0.005	0.019	0.004
Mg	1.77	0.75	2.34	1.32	1.48	0.58	0.12	0.11
Ca	0.00	0.008	0.044	0.036	0.04	0.019	0.00	0.001
Na	0.045	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.157	0.151
K	0.919	0.536	0.155	0.001	0.001	0.002	0.632	0.853
Ti	0.056	0.015	0.008	-	-	-	-	-
Cr	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004
Top./Total	7.84	7.07	7.72	8.75	8.83	8.33	6.89	7.03

$\ln K = 11.4529 - 11.4338$

$\ln K = (X_{\text{mus}} * X_{\text{phl}}^3) / (X_{\text{cel}}^4 * X_{\text{clin}})$

$X_{\text{cel}} = 4 X_{K,A} * X_{Mg,Ml} * X_{Al,Ml} * X_{\square,M2} * X_{Si,T}^4 * X_{OH,V}^2$

$X_{\text{mus}} = 9.38 X_{K,A} * X_{Al,Ml}^2 * X_{\square,M2} * X_{Al,T} * X_{Si,T}^3 * X_{OH,V}^2$

$X_{\text{phl}} = 9.38 X_{K,A} * X_{Mg,Ml}^2 * X_{Mg,M2} * X_{Al,T} * X_{Si,T}^3 * X_{OH,V}^2$

$X_{\text{clin}} = 64 X_{Mg,M2}^3 * X_{Mg,Ml}^2 * X_{Al,Ml} * X_{Al,T} * X_{Si,T}^3 * X_{OH,V}^8$

J Géol. 24, 617-632

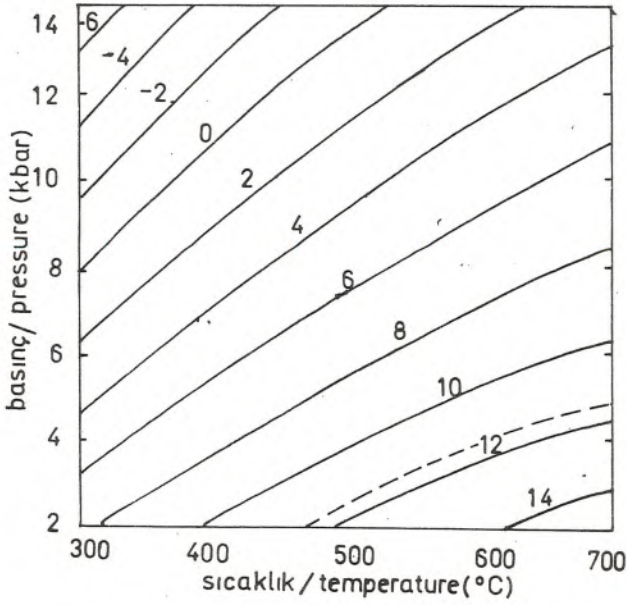
Bohlen SR, Wall VJ, Boettcher AL 1983a, Experimental investigations and geologic applications of equilibria in the system FeO-TiO₂-Al₂O₃-SiO₂-H₂O. Am Mineral 68, 1049-1058

-----, -----, ----- 1983b, Experimental investigations and application of garnet granulite equilibria. Contr Mineral Petrol 83, 52-61

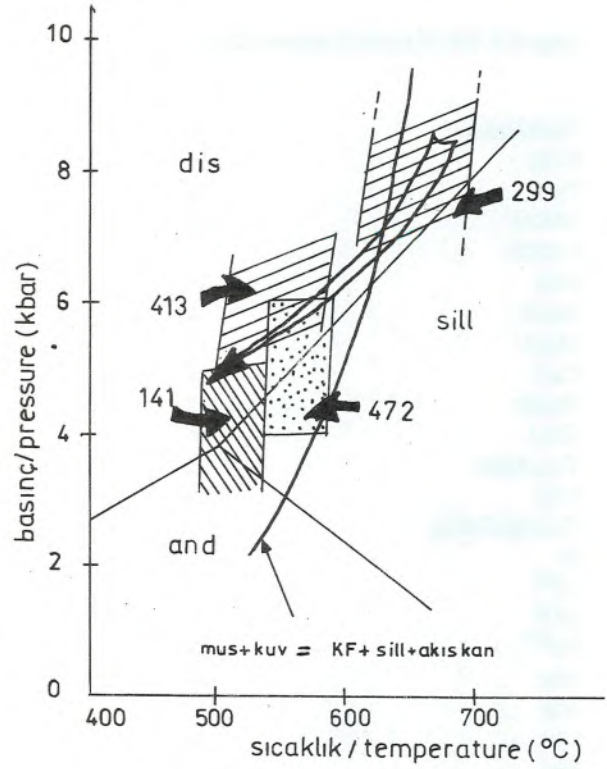
-----, -----, ----- 1983c, Geobarometry in granulites. In: Saxena, SK (ed) Kinetics and equilibrium in mineral reactions, advances in Physical Geochemistry, 3, pp. 141-172. Springer-Verlag, New York

-----, Dietz JM, Zec CP, Governale RC 1986a, Thermobarometer for corundum-bearing pelites. Geol Soc America Abstracts with programmes, 18, 545

-----, Liotta JJ 1986, A barometer for garnet amphi-



Şekil 9. MA-141 nolu örnekte muskovit, biyotit ve klorit minerallerinin kimyasal analizlerinden hesaplanan $\ln K$ değerinin Muskovit (sela) + klorit = muskovit + biyotit + kuvars + su reaksiyonu için hazırlanan P-T diyagramındaki konumu.



Şekil 10. Analiz edilen örneklerden elde edilen basınç ve sıcaklık değerlerini gösteren basınç-sıcaklık diyagramı. Alüminyum silikat üçlü noktası Holdaway (1971)'den alınmıştır. İçi boş ok, olası P-T yolunu gösterir.

bolites and garnet granulites. J Petrol 27, 1025-1056

Bottinga Y, Javoy M 1987, Comments of stable isotope geothermometry: system quartz-water. Earth and Planetary Sci Lett 84, 406-414

Brown WL, Parsons I., 1985, Calorimetric diagram approaches to two feldspar geothermometry: acritic. Am Mineral 70, 356-361

Buddington AF, Lindsley DH 1964, Iron-titanium oxide minerals and their synthetic equivalents. J Petrol 5, 310-357

Carman JH, Gilbert MC 1983, Experimental studies on glaucophane stability. Am J Sci 283-A, 141-437

Chatterjee ND 1972, The upper stability limit of the assemblage paragonite-quartz and its natural occurrences. Contr Mineral Petrol 34, 288-303

Chatterjee ND 1976, Margarite stability and compatibility relations in the system $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ as a pressure-temperature indicator. Am Mineral 61, 699-709

Chatterjee ND, Johannes W, Leistner H 1984, The system $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$: new phase equi-

libria, some calculated phase relations and their petrological applications. Contr Mineral Petrol 88, 1-13

Chernosky JV, Day HW, Caruso LJ 1985, Equilibria in the system $\text{MgO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$: experimental determination of the stability of Mg-anthophyllite. Am Mineral 70, 223-236

Chopin C 1984, Coesite and pure pyrope in high grade blueschists of the western Alps: a first record and some consequences. Contr Mineral Petrol 58, 255-262

Chopin C, Schreyer W 1983, Magnesiochloritoid and magnesiochloritoid: two index minerals of pelitic blueschists and their preliminary phase relations in the model system $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$. Am J Sci 283-A, 72-96

Cotkin SJ 1987, Conditions of metamorphism in an

- early Paleozoic blueschist. Schist of Skookum Gulch, northern California. *Contr Mineral Petrol* 96, 192-200
- Crawford WA, Fyfe WS 1965, Calcite-aragonite equilibria at 100°C. *Science* 144, 1549-1570
- Day HW 1973, The high temperature stability of muscovite plus quartz. *Am Mineral* 58, 255-262
- Day HW, Chernosky JV, Kumin HJ 1985, Equilibria in the system MgO-SiO₂-H₂O: a thermodynamic analysis. *Am Mineral* 70, 237-248
- Di Pisa A, Francheschelli M, Leoni L, Meccheri M, 1985. Regional variation of the metamorphic tanssect across the Tuscanid I Unit and its implications on the alpine metamorphism (Apuan Alps, North Tuscany). *Neues Jahrbuch fur mineralogie, Abhandlungen* 151, 197-211
- Egger RG, Kerrick DM 1981, Metamorphic equilibria in the siliceous dolomite system: 6 kbar experimental data and geologic implications. *Geochim Cosmochim Acta* 45, 1039-1049
- Ellis DJ 1980, Ossumilite-sapphirine-quartz granulites from Enderby Land, Antarctica: P-T conditions of metamorphism, implications for garnet-cordierite equilibria and the evolution of the deep crust. *Contr Mineral Petrol* 74, 201-210
- Ellis DJ, Green DH (1979) An experimental study of effect of Ca upon garnet-clinopyroxene Fe-Mg exchange equilibria. *Contrib Mineral Petrol* 71, 13-22
- Ernst WG (1963) Significance of phengitic micas from low grade schists. *Am Mineral* 58, 255-262
- Essene EJ 1982, Geologic thermometry and barometry. In: Ferry JM (ed): Characterization of Metamorphism Through Mineral Equilibria, *Reviews in Mineralogy*, 10, pp 153-206, Mineral. Soc. of America.
- Essene EJ 1983, Solid solutions and solvi among metamorphic carbonates with applications to geologic thermometry. In: Reeder, RJ (ed) *Carbonates: Mineralogy and chemistry, Reviews in Mineralogy*, 11, pp 77-96, Mineral Soc America
- Essene EJ 1989, The current status of thermobarometry in metamorphic rocks. In: Daly JS, Cliff RA, Yardley BWD (eds) *Evolution of metamorphic belts, Geol Soc Special Publication* 43, pp. 1-45
- Essene EJ, Hensen BJ, Green DH 1970, Experimental study of amphibolite and eclogite stability. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 3, 378-384
- Fawcett JJ, Yoder HS 1966, Phase relationships of chlorite in the system MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O. *Am Mineral* 51, 353-380
- Ferry JM, Spear FS (1978) Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet. *Contrib Mineral Petrol* 66: 113-117
- Ferry JM (1979) A map of chemical potential differences within an outcrop. *Am Mineral* 64 pp. 966-985
- Ferry JM 1980, A comparative study of geothermometers and geobarometers in pelitic schists from southern-central Maine. *Am Mineral* 65, 720-732
- Ferry JM (1984, A biotite isograd in south-central Maine, USA: mineral reactions, fluid transfer. *J Petrol* 25, 871-893
- Flowers GC, Hegleson HC 1983, Equilibrium and mass transfer during progressive metamorphism of siliceous dolomites. *Am J Sci* 283, 230-286
- Frey M, Teichmuller M, Teichmuller R, Mullis J, Kunze B, Breitschmid A, Gruner U, Schwizer B 1980, Very low grade metamorphism in external parts of the Central Alps: Illite crystallinity, coal rank and fluid inclusion data. *Eclogae Geologicae Helvetiae* 73, 173-203
- Friedman I, O'Neil JR 1977, Compilation of stable isotope fractionation factors of geochemical interest. *Data of Geochemistry*, 6 th edn, US Geol Survey Prof Paper 440 KK, 61 pp.
- Ganguly J, Saxena SK (1984) Mixing properties of aluminosilicate garnets: constraints from natural and experimental data, and applications to geothermobarometry. *Am Mineral* 69, 88-97
- Gasparik T 1984, Experimental study of subsolidus phase relations and mixing properties of pyroxene in the system CaO-Al₂O₃-SiO₂. *Geochim Cosmochim Acta* 48, 2537-2546

- Ghent ED, Stout MZ (1981) Geobarometry and geothermometry of plagioclase-biotite-garnet-muscovite assemblages. *Contrib Mineral Petrol* 76, 113-117
- Goldsmith JR (1911) The melting and breakdown reactions of anorthite at high pressures and temperatures. *Am Mineral* 65, 272-284
- Graham CM (1974) Metabasic amphiboles of the Scottish Dalradian. *Contrib Mineral Petrol* 47, 163-185
- Graham CM, Powell RA (1984) Garnet-hornblende geothermometer: calibration testing and application to the Pelona schist, Southern California. *J Metam Geol*. 184: 13-31
- Grambling, J.A., 1990, Internally-consistent geothermometry and H₂O barometry in metamorphic rocks: the example garnet-chlorite-quartz. *Contrib. Mineral Petrol.*, 105, p. 617-628
- Green DH, Ringwood AE 1967, An experimental investigation of the gabbro to eclogite transformation and its petrological applications. *Geochim Cosmochim Acta* 31, 767-833
- Green DH, Ringwood AE 1972, A comparison of recent experimental data on the gabbro-garnet-granulite-eclogite transition. *J Geol* 80, 277-288
- Greenwood HJ 1962, Metamorphic reactions involving two mineral components. *Cornegie Institute of Washington Yearbook* 61, 82-85
- Greenwood HJ 1967, Wollastonite: stability in H₂O-CO₂ mixtures and occurrence in a contact metamorphic aureole, near Salmo, British Columbia. *Am Mineral* 52, 1669-1680
- Griffen, D.T. and Ribbe P.H., 1973, The crystal chemistry of staurolite. *Am. J. Sci.*, 273-A, 479-495
- Haas H, Holdaway MJ 1973, Equilibria in the system Al₂O₃-SiO₂-H₂O involving the stability limits of pyrophyllite and the thermodynamic data of pyrophyllite. *Am J Sci* 273, 449-464
- Hariya Y, Kennedy GC (1968) Equilibrium study of anorthite under high pressure and high temperature. *Am J Sci* 226, 193-203
- Harley SL, Green DH (1982) Garnet-orthopyroxene barometry for granulites and peridotites. *Nature*, 300, 697-701
- Harley SL (1984a) The solubility of alumina in orthopyroxene coexisting garnet in FeO-MgO-Al₂O₃-SiO₂ and CaO-FeO-MgO-Al₂O₃-SiO₂. *J Petrol* 25: 665-696
- Harley SL (1984b) An experimental study of the partitioning of Fe and Mg between garnet and orthopyroxene. *Contrib Mineral Petrol* 86: 359-373
- Harley SL 1984c, Comparison of the garnet-orthopyroxene geobarometer with recent experimental studies and applications to natural assemblage. *J Petrol* 25, 697-712
- Harley SL 1985, Garnet-orthopyroxene bearing granulites from Enderby Land, Antarctica: metamorphic pressure-temperature-time evolution of the Archaean Napier Complex. *J Petrol* 26, 819-856
- Harley SL 1987, A pyroxene-bearing meta-ironstone and other pyroxene-granulites from Enderby Land, Antarctica: further evidence for very high temperature (>980°C) Archaean regional metamorphism in the Napier Complex. *J Meta Petrol* 5, 341-356
- Hays JF (1966) Lime-alumina-silica Yb Carnegie Instn Wash 65, 234-239
- Haselton HT, Hovis GL, Hemingway BS, Robie RA 1983, Calorimetric investigation of the excess entropy of mixing in analbite-sanidine solid solutions: lack of evidence for Na, K short range order and implications for two feldspar thermometry. *Am Mineral* 68, 398-413
- Hegleson, H.C., Delaney, J.M., Nesbitt, H.W. and Bird, D.K., 1978, Summary and critique of the thermobarometric properties of rock forming minerals, *Am. J. Sci.*, 278-A
- Heinrich W, Athaus E 1980, Die obere Stabilitätsgrenze von Lawsonit plus Albit bzw. Jadeit. *Fortschritte der Mineralogie* 58, 49-50
- Hemley JJ, Montoya JW, Marenko JW, Luce JW 1980, Equilibrium in the system Al₂O₃-SiO₂-H₂O and some general implications for alteration mineralization processes. *Economic Geol* 75, 210-228
- Hensen BJ, Green DH (1973) P-T grids for silica-undersaturated granulites in the system (MAS

- (n+4) and FMA (n+3)- tools for the derivation of P-T paths for metamorphism. *Contrib Mineral Petrol* 5: 255-271
- Hietanen A (1974) Amphiboles pairs, epidote minerals, chlorite and plagioclase in metamorphic rocks. Northern Sierra Nevada, California. *Am Mineral* 59, 22-40
- Hodges KV, Spear FS (1982) Geothermometry, geobarometry and the Al_2SiO_5 triple point at Mt Moosilauke, New Hampshire. *Am Mineral* 67, 1118-1134
- Hodges KV, Crowley PD (1985) Error estimation and empirical geothermobarometry for pelitic systems. *Am Mineral* 70, 702-709
- Holdaway, M.J., 1971, Stability of andalusite and the aluminium silicate phase diagram. *Am. J. Sci.*, 271, 97-131
- Holdaway MJ, Dutrow BI, Hinton RW 1988, Devonian and Carboniferous metamorphism in west-central Maine: the muscovite-almandine geobarometer and the staurolite problem revisited. *Am Mineral* 73, 20-47
- Holland TJB 1979, Experimental determination of the reaction $paragonite=jadeite+kyanite+H_2O$ and thermodynamic data for part of system $Na_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$, with application to eclogites and blueschists. *Contr Mineral Petrol* 68, 293-301
- Holland TJB 1980, The reaction $albite=jadeite+quartz$ determined experimentally in the range 600-1200°C. *Am Mineral* 65, 129-134
- Holland TJB 1988, Preliminary phase relations involving glaucophane and applications to high pressure petrology: new heat capacity and thermodynamic data. *Contr Mineral Petrol* 99, 134-142
- Itaya T 1981, Carbonaceous material in pelitic schists of the Sanbagawa metamorphic belt in Central Shikoku, Japan. *Lithos* 14, 215-224
- Ito K, Kennedy GC 1971, An experimental study of the basalt-garnet granulite-eclogite transition. In: Hecock JG (ed) *The structure and Physical Properties of the Earth's Crust*, *Am Geophys Un Monograph*, Series 14, 303-314
- Jenkins DM 1984, Upper-pressure stability of synthetic margarite plus quartz. *Contr Mineral Petrol* 88, 332-339
- Jenkins DM, Newton RC, Goldsmith JR 1983, Fe-free zoisite stability relative to clinozoisite. *Nature*, 304, 622-623
- Jenkins DM, Newton RC, Goldsmith JR 1985, Relative stability of Fe-free zoisite and clinozoisite. *J Geol* 93, 663-672
- Johannes W, Puhon D 1971, The calcite-aragonite equilibrium reinvestigated. *Contr Mineral Petrol* 31, 28-38
- Johannes W, Bell PM, Mao MK, Boettcher AL, Chipman DW, Hays JF, Newton RC, Seifert F 1971, An interlaboratory comparison of piston-cylinder pressure calibration using albite breakdown reaction. *Contr Mineral Petrol* 32, 24-38
- Kerrick DM 1972, Experimental determination of muscovite+quartz stability with $P_{H_2O} < P_{Tot}$. *Am J Sci* 272, 946-958
- Kerrick DM, Crawford KE, Randazzo AF 1974, Review of metamorphic mixed volatile (H_2O-CO_2) equilibria. *Am Mineral* 59 729-762
- Kisch HJ 1980a, Incipient metamorphism of Cambro-Silurian clastic rock from the Jamthland Supergroup, central Scandinavian Caledonides, western Sweden: illite crystallinity and vitrinite reflectance. *J Geol Soc London* 137, 271-288
- Kisch HJ 1980b, Illite crystallinity and coal rank associated with lower grade metamorphism of the Tavayanne greywacke, Hevetic zone, Swiss Alps. *Ecolgae Geologisches Hevetica* 75, 753-777
- Kisch HJ 1981, Coal rank and illite crystallinity associated with the zeolite facies of Southland and the pumpellyite-earnihg facies of Okago, southern New Zealand. *New Zealand J Geol & Geophys* 24, 349-360
- Kisch HJ 1987, Correlation between indicators of very low grade metamorphism. In: Ferry M (ed) *Low temperature metamorphism*. pp 227-300, Blackie, Glasgow
- Koons PO 1982, Experimental investigations of the behaviour of amphibole in the system $Na_2O-Al_2O_3-$

- SiO₂-H₂O at high pressures. *Contr Mineral Petrol* 79, 258-267
- Koons PO 1984, Ymplications to garnet-clinopyroxene geothermometry of non-ideal solid solution in jadeitic pyroxenes. *Contr Mineral Petrol* 88, 340-347
- Koons PO 1986, Relative geobarometry from high-pressure rocks of quartzofeldspathic composition from the Sessia Zone, Western Alps, Italy. *Contr Mineral Petrol* 93, 322-334
- Kostyuk EA (1970) Statistical analyses and paragenetic type of the metamorphic amphiboles. Nauka, Moskow (in Russian)
- Koziol AM, Newton RC (1988) Redetermination of the anortite breakdown reaction and improvement of the plagioclase-garnet-Al₂SiO₅-quartz geobarometer. *Am Mineral* 73: 216-223
- Krogh EJ 1988, The garnet-clinopyroxene Fe-Mg geothermometer-a reinterpretation of existing experimental data. *Contr Mineral Petrol* 99, 44-48
- Kubler B 1967, La cristallinité de l'illite et les zones to ut a fait supérieures du métamorphisme: Etages tectoniques, A la Baconnière. Neuchatel, 105-121
- Lang HM, Rice JM (1985) Geothermometry, geobarometry and T-X (Fe-Mg) relations in metapelites, Snow Peak, Northern Idaho, *J Petrol* 26, 889-924
- Leake BE (1962) On the non-existence of a vacant area in the Hallimond calciferous amphibole diagram. *Japan J Geol Geophys* 33, 1-13
- Lee HY, Ganguly J (1988) Equilibrium compositions of co-existing garnet and orthopyroxene: experimental determinations in the system FeO-MgO-Al₂O₃-SiO₂ and applications. *J Petrol* 29: 93-113
- Lindsley DH (1983) Pyroxene thermometry *Am Mineral* 68: 477-493
- Liou JG 1971a, Synthesis and stability relations of prehnite, Ca₂Al₂Si₃O₁₀(OH)₂. *Am Mineral* 56, 507-531
- 1971b, P-T stability of lömontite, wairakite, lawsonite and related minerals in the system Ca₂Al₂Si₂O₈-SiO₂-H₂O. *J Petrol* 12, 379-411
- 1971c, Analcime equilibria. *Lithos* 4, 389-402
- 1979, Zeolite facies metamorphism of basaltic rocks from the east Taiwan ophiolite. *Am Mineral* 64, 1-14
- , Kim HS, Maruyama S 1983, Prehnite-epidote equilibria and their petrologic applications. *J Petrol* 24, 321-342
- Manghnani MH 1970, Analcite-jadeite phase boundary. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 3, 456-461
- Maruyama S, Cho M, Liou JG 1986, Experimental investigations of blueschist-greenschist transition equilibrium: pressure dependence of Al₂O₃ contents in sodic amphiboles-a new geobarometer. *Geol Soc Am Spec Paper* 164, 1-16
- Masonne HJ, Schreyer W (1987) Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, phlogopite and quartz. *Contrib Mineral Petrol* 96, 212-224
- Matthews A, Goldsmith JR, Clayton RN 1983, Oxygen isotope fractionation involving pyroxenes: the calibration of mineral pair geothermometers. *Geochim Cosmochim Acta* 47, 631-644
- Mirwald PW, Masonne HJ 1980, Quartz=coesite transition and the comparative frictional measurement in piston-cylinder apparatus using talc-alsimag-glass (TAG) and NaCl high-pressure cells: a discussion. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte* 1980, 469-477
- Miyano T, Klein C 1986, Fluid behaviour and phase relations in the system Fe-Mg-Si-C-O-H and applications to high grade metamorphism of iron formations. *Am J Sci* 286, 540-575
- Moecher DP, Anovitz LM, Essene EJ 1988, Calculation of clinopyroxene-garnet-plagioclase-quartz geobarometers and applications to high-grade metamorphic rocks. *Contr Mineral Petrol* 100, 92-106
- Morikiyo T 1984, Carbon isotopic study on existing calcite and graphite in the Ryoke metamorphic rocks, northern Kiso district, central Japan. *Contr Mineral Petrol* 87, 251-259
- Nesbitt BE, Essene EJ 1982, Metamorphic thermometry and barometry of a portion of the Southern Blue

- Ridge Province. *Am J Sci* 282, 701-729
- Newton MS, Kennedy GC 1968, Jadeite, analcite, nepheline and albite at high temperatures and pressures. *Am J Sci* 266, 728-735
- Newton RC 1966, Some calc-silicate equilibria. *Am J Sci* 264, 204-222
- Newton RC 1983, Geobarometry of high-grade metamorphic rocks. *Am J Sci* 283-A, 1-28
- Newton RC, Haselton HT (1981) Thermodynamics of the garnet-plagioclase- Al_2SiO_5 -quartz geobarometers. In: Newton RC, Navrotsky A, Woods BJ (eds) Thermodynamics of minerals and melts. Springer, Berlin, Heidelberg New York, pp: 131-147
- Newton RC and Perkins D (1982) Thermodynamic calibration of geobarometers based on the assemblages garnet-plagioclase-orthopyroxene-(clinopyroxene)-quartz. *Am Mineral* 67: 203-222
- Nitsch KH 1980, Reaktion von Bariumfeldspat (celsian) mit H_2O zu Cymriite unter metamorphen Bedingungen. *Fortschritte der Mineralogie* 58, 98-99
- Nitsch KH, Storre B, Topfer U 1981, experimentelle Bestimmung der Gleichgewichtsdaten der Reaktion $1 \text{ Margarit} + 1 \text{ quartz} = 1 \text{ anortit} + \text{andalusit} / \text{disthen} + 1 \text{ H}_2\text{O}$. *Fortschritte der Mineralogie* 59, 139-140
- Nurminen KB (1987) A recalibration of the chlorite-biotite-muscovite geobarometer *Contrib Mineral Petrol* 96, 519-522
- O'Hara MJ, Yarwood G 1978, High pressure-temperature point on an Archaean geotherm, magma genesis by crustal anatexis and consequences for garnet-pyroxene thermobarometry. *Phil Trans Roy Soc London Series A* 228, 441-456
- Okuyama-Kusunose Y, Itaya T 1987, Metamorphism of carbonaceous material in the Tono contact aureole, Kitakami Mountains, Japan, *J Metam Geol* 5, 121-139
- Órville, P.M., 1972, Plagioclase cation exchange equilibria with aqueous chloride solution: results at 700 C and 2000 bars in the presence of quartz, *Am. J. Sci.*, 272, 234-272
- Paria P, Bhattacharya A, Sen A 1988, The reaction garnet+clinopyroxene=2 orthopyroxene+anorthite: a potential geobarometer for granulites. *Contr Mineral Petrol* 99, 126-133
- Pattison DRM, Newton RC 1988, Reversed experimental calibration of the garnet-clinopyroxene KD (Fe-Mg) exchange thermometer. *Contr Mineral Petrol*
- Perchuk LL (1970) Equilibria of rock forming minerals. Nauka, Moscow (in Russian)
- Perchuk LL, Lavrent'eva IIV (1983) Experimental investigation of exchange equilibria in the system cordierite-garnet-biotite. Kinematics and equilibrium in mineral reactions. Springer. Berlin Heidelberg New York. pp. 199-239
- Perkins D, Newton RC (1981) Charnocite geobarometers based on coexisting garnet - pyroxene-plagioclase - quartz. *Nature* 292, 144-146
- Perkins D, Chipera SJ 1985, Garnet - orthopyroxene - plagioclase - quartz barometry refinement and application to the English River subprovince and the Minnesota River Valley. *Contr Mineral Petrol* 89, 69-80
- Perkins D, Westrum EF, Essene EJ 1980, The thermodynamic properties and phase relations of some minerals on the system $CaO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$. *Geochim Cosmochim Acta* 44, 61-84
- Phillips GN 1980, Water activity changes across an amphibolite-granulite facies transition, Broken Hill, Australia. *Contr Mineral Petrol* 75,377-386
- Pigage, L.C. and Greenwood, W.R., 1968, Internally consistent estimates of pressure and temperature: the staurolite problem. *Ibid*, 282, 943-969
- Plyusnina LP (1982) Geothermometry and geobarometry of plagioclase-hornblende bearing assemblages *Contrib Mineral Petrol* 80, 140-146
- Powell R, Evans Ja (1983) A new geobarometer for the assemblage biotite-muscovite-chlorite-quartz. *J Metam Geol.* 1, 331-336
- Rejebian VA, Harris AG, Huebner S 1987, Cnodont color and textural alteration: an index to regional metamorphism, contact metamorphism and hydrothermal alteration. *Geol Soc Am Bull* 99, 471-479

- Richardson SW 1968, Staurolite stability in a part of the system Fe-Al-Si-O-H. *J Petrol* 9, 467-488
- Ringwood AE, Green DH 1964, Experimental investigations bearing on the nature of the Mohorovic discontinuity. *Nature* 201, 566-567
- Robert C, Javoy M, Kienast JR 1985, Coefficients de distribution et mesures isotopiques $^{18}O/^{16}O$: comparaisons thermometriques et barometriques sur quelques et micaschistes de la zone Sessia-Lanzo (Alpes italiennes). *Bull Mineral* 108, 699-711
- Robie RA, Hemingway BS 1984, Entropies of kyanite, andalusite and sillimanite: additional constraints on the pressure and temperature of the Al_2SiO_5 triple point. *Am Mineral* 69, 298-306
- Robie RA, Hemingway BS and Fischer, J.R., 1978, Thermodynamic properties of minerals and related substances at 298.15 K and 1 bar pressure and high temperatures. *Bull. U.S. Geol. Surv.*, 1452
- Robinson GR 1983, Calibration of the muscovite-biotite-quartz-aluminosilicate geobarometer. *Eos (Trans Am Geophys Un)* 64, 351
- Salje E 1986, Heat capacities and entropies of andalusite and sillimanite: the influence of fibrolitization on the phase diagram of the Al_2SiO_5 polymorphs. *Am Mineral* 71, 1366-1371
- Sanders IS, Daly JS, Davies GR 1987, Late Proterozoic high pressure granulite facies metamorphism in the north-east Ox inlier, north-west Ireland. *J Metam Geol* 5, 69-85
- Sassi FP 1972, The petrologic and geologic significance of b_0 value of potassium white micas in low-grade metamorphic rocks. An applications to the eastern Alps. *Tschermaks Mineralogie Petrographie Mitteilungen* 18, 105-113
- Sassi FP, Scolari A 1974, The b_0 value of potassium white micas as a barometer in low grade metamorphism of pelitic schists. *Contr Mineral Petrol*
- Schramke JA, Kerrick DM, Lasagga AC 1987, The reaction muscovite + quartz = andalusite - K-feldspar + water. Part 1. Kinetics and mechanisms. *Am J Sci* 287, 517-559
- Schreyer W, Seifert F 1969, Compatibility relations of the high pressure phases in the system $MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$. *Am J Sci* 267, 371-385
- Schreurs J, Westra L 1986, The thermometric evolution of a Proterozoic, low-pressure, granulite dome, SW Finland. *Contr Mineral Petrol* 93, 236-250
- Seifert F 1974, Stability of sapphirine: a study of the aluminous part of $MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$. *J Geol* 82, 173-204
- Sen S, Bhattacharya A 1984, An orthopyroxene-garnet thermometer and its application to the Madras charnockites. *Contr Mineral Petrol* 88, 64-71
- Sharp ZD, Essene EJ, Anovitz LM, Metz GW, Westrum EF, Hemingway BS, Valley JW 1986, The heat capacity of monticellite and phase equilibria in the system $CaO-MgO-SiO_2-CO_2$. *Geochim Cosmochim Acta* 50, 1475-1484
- Skippen GB 1974, An experimental model for low-pressure meta morphism of siliceous dolomitic marble. *Am J Sci* 274, 487-509 .
- Slaughter J, Kerrick DM, Wall VJ 1975, Experimental and thermodynamic study of equilibrium in the system $CaO-MgO-SiO_2-H_2O-CO_2$. *Am J Sci* 275, 143-162
- Smith DC 1984, Coesite in the Caledonides and its implications for geodynamics. *Nature* 310, 641-644
- Smyth JR, Hatton CJ 1977, Coesite-sanidine grosspydite from the Roberts Victor kimberlite. *Earth Planet Sci Lett* 34, 284-290
- Sobolev NV, Yefimova ES, Koptil VI, Lav rent'yev YuG, Sobolev VS 1976, Coesite, garnet and omphacite inclusions in Yakutia diamonds-first finding of coesite parageneses. *Doklady Akademii Nauk SSSR* 230, 1442-1444
- Spear FS, Selverstone J (1983) Quantitative P-T paths from zoned minerals: theory and tectonic applications. *Contrib Mineral Petrol* 83. pp: 348-357
- Staudigel H, Schreyer W 1977, The upper thermal stability of clinocllore, $Mg_5Al [AlSi_3O_{10}] (OH)_8$ at 10-35 kb P_{H_2O} . *Contr Mineral Petrol* 61, 187-198
- Storre B, Karotke E 1971, An experimental determinati

- on of the upper stability limit of muscovite+quartz in the range 7-20 kb water pressure. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte 1971, 237-240
- Tanner SB, Kerrick DM, Lassaga AC 1985, Experimental kinetic study of the reaction calcite+quartz=wollastonite+carbon dioxide from 1 to 3 kbar and 500-850°C. Am J Sci 285, 577-590
- Teichmüller M 1987, Organic material and very low grade metamorphism. In: Frey M (ed) Low temperature metamorphism pp 114-161, Blackie, Glasgow
- Thompson AB 1970a, A note on the kaolinite-pyrophyllite equilibrium. Am J Sci 268, 454-458
- Thompson AB 1970b, Laumontite-albite equilibria at low temperatures. Am J Sci 269, 267-275
- Thompson AB 1971, Analcite-albite equilibria at low temperatures. Am J Sci 271, 79-92
- Thompson AB (1976) Mineral reactions in pelitic rocks. Calculation of some P-T-X (Mg-Fe) phase relations. Am J Sci 276: 425-454
- Thompson AB, Frey M 1984, Illite crystallinity in the Western River Formation and its significance regarding the regional metamorphism of the early Proterozoic Goulburn Group, District of Mackenzie. In: Current Research, Part A, Geol Sur Can Paper 84-1A, 409-414
- Treiman AH, Essene EJ 1983, Phase equilibria in the system CaO-SiO₂-CO₂. Am J Sci 283-A, 97-120
- Turner FJ 1968, Metamorphic Petrology, 1st edn. McGraw Hill, New York
- Velde B (1965) Phengitic micas: Synthesis, stability and natural occurrence. Am J Sci 263, 886-913
- Velde B (1967) Si⁴⁺ content of natural phengites. Contrib Mineral Petrol 14, 250-258
- Wada GF, Suzuki K 1983, Carbon isotope thermometry calibrated by dolomite-calcite solvus temperatures. Geochim Cosmochim Acta 47, 697-706
- Weisbrod A 1973, Refinements of the equilibrium conditions the reaction Fe - cordierite = garnet + sillimanite + quartz (+H₂O). Carnegie Institute of Washington Geophysical Lab Yearbook 72, 515-522
- Winkler HGF 1965, Petrogenesis of metamorphic rocks, 1st edn, Springer Verlag, Berlin, 237 pp
- Wintsch RP, O'Connell AF, Ranson BL, Wiechmann MJ 1981, Evidence for the influence of f_{CH₄} on the crystallinity of disseminated carbon in greenschist facies rocks, Rhode Island, USA. Contrib Mineral Petrol 77, 50-73

Sismik Tehlike Analizi: Teori ve Uygulama

Seismic Hazard Analysis: Theory and Application

Kamil KAYABALI
Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ANKARA

ÖZ

Bu çalışmada deterministik ve probabilistik olarak ikiye ayrılan sismik tehlike analizinin esasları verilmiştir. Probabilistik yaklaşım kullanılarak bir bilgisayar programı yazılmıştır.

Programda maksimum yer ivmesine karşılık gelen dönüş periyodları ile belirli bir zaman dilimi içerisinde maksimum yer ivmesi değerlerinin aşılma ihtimali hesaplanmaktadır. Programın kolay anlaşılmasını sağlamak amacıyla bir de örnek problem sunulmuştur.

ABSTRACT

In this study, the main principles of deterministic and probabilistic seismic hazard analyses are given. A computer program was written using the principles of probabilistic approach. The program is aimed at computing return periods for peak horizontal ground acceleration (PGA) and the probability of exceedance of PGA for certain time periods. An example problem is presented to help the user better understand the program.

GİRİŞ

Büyük ölçekli mühendislik yapılarını projelendirmede önemli bir yer tutan deprem risk analizinin birinci aşamasını sismik tehlike analizi oluşturur. Belirli büyüklükteki bir depremin tekerrür aralığının hesaplanması, maksimum yer ivmesi dönüş periyodu ile yer ivmesinin aşılma ihtimalinin belirlenmesi sismik tehlike analizinin konusunu oluşturur.

Yerküre üzerinde önemli bir deprem kuşağında yer alan Türkiye'de depremler sonucu ortaya çıkabilecek can ve mal kaybının asgariye indirilebilmesi için yer seçiminde deprem tehlike (sıvılaşma, zemin amplifikasyonu gibi) analizinin titizlikle yapılması gerekmektedir. Bunun için de, zeminin maruz kalacağı deprem yükünü önceden belirlemek gerekmektedir.

Sismik tehlike analizi yapmak amacıyla bugünü kadar muhtelif yazılım paketleri geliştirilmiştir. Bu prog-

ramlardan bazıları Türkiye'nin sismik tehlike analizini belirlemek amacıyla kullanılmıştır (örnek: Gürkan vd., 1993). sismik tehlike analizinin gerekli olduğu hallerde bu tür yazılım paketlerine erişmek her halde mümkün olmayabilir. Bu tür programlar çoğu zaman ticari amaçla yazılmaktadır. Ancak, bazılarının kaynak kodlarına yayınlanmış çalışmalarda rastlamak mümkündür. Sözgelimi SEIRISK III adlı sismik tehlike analiz programının kaynak kodu Bender ve Perkins (1987) tarafından verilmiştir.

Bu tür programların kaynak kodla genellikle çok uzun ve karmaşık olmaktadır. Program kullanıcısının kullandığı program üzerinde kendi amacına yönelik bazı değişimleri yapabilmesi her durumda mümkün olmaktadır. Bu hususları göz önünde bulundurarak SİSTEHAN (Sismik Tehlike Analizi) adlı bir program geliştirilmiştir. Programın yazılmasında mümkün oldu-

ğunca kısa ve kolayca anlaşılabilir olması amaçlanmıştır.

SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ

Sismik tehlike analizinin amacı zeminin ve mühendislik yapısının gelecekte maruz kalacağı depremsel yüklemeye şartlarının hesaplanmasında gerekli olan depremsel yer hareketi ile ilgili parametrelerin (ivme, hız, deplasman) hesaplanmasıdır. Sismik tehlike analizi genellikle iki farklı başlık altında mütalaa edilmektedir: Deterministik ve probabilistik sismik tehlike analizi.

DETERMINİSTİK SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ

Bu yaklaşımda önce proje sahasını etkileyebilecek deprem kaynaklarından daha önceden meydana gelmiş en büyük depremleri ortaya koymak gereklidir. Eğer deprem kayıt tarihçesi yeterince eski değil veya deprem kayıtlarında bazı eksiklikler söz konusu ise en büyük deprem değeri, yerine göre 0,5-1 birim arasında arttırılabilir. İkinci aşamada ise, proje sahasının bulunduğu bölgenin karakteristiklerine en uygun azalım ilişkisi seçilir. Proje sahasına belirli bir uzaklıkta bulunan deprem kuşağındaki maksimum büyüklükteki depremin proje sahasında anakayada oluşturacağı maksimum yer ivmesi, azalım ilişkisi yoluyla hesaplanır (Şekil 1). Bu yaklaşımın oldukça pratik olması yanında en büyük dezavantajı proje sahasını etkileyecek maksimum yer ivmesi değerinin ortaya konulmasında rol oynayan belirsizliklerin yeterince hesaba katılamamasıdır.

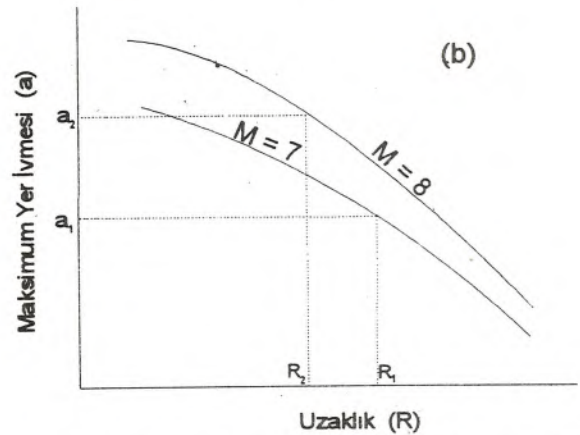
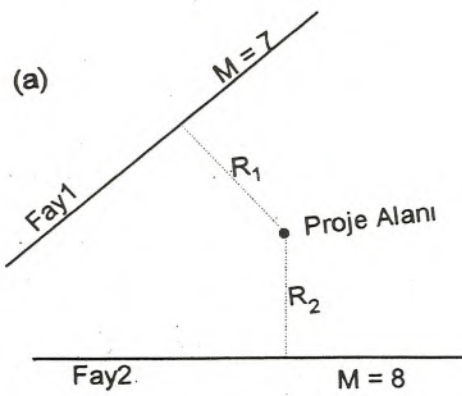
PROBABİLİSTİK SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ

Probabilistik yaklaşım sismik tehlike analizindeki belirsizlikleri kantitatif olarak hesaba katmasından dolayı deterministik yaklaşımdan daha çok tercih edilmek-

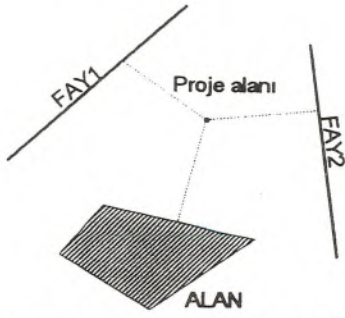
tedir. Deterministik yaklaşıma kıyasla çok daha fazla çaba gerektiren probabilistik yaklaşımın avantajları şöyle sıralanabilir:

- sismik tehlikeyi dönüş periyodu şeklinde kantitatif olarak hesaplar,
 - tarihsel deprem kayıtlarını hesaba katar,
 - analistin deneyim ve yargısını kullanmasına izin verir,
 - fay lokasyonu ile ilgili eksik verileri dikkate alır,
 - sismik tehlikeyi spektral ivme, hız, deplasman ve şiddet cinsinden verme esnekliğine sahiptir (TERA Corp., 1980).
- Probabilistik sismik tehlike analizi aşağıda sıralanan aşamalardan oluşur:
- deprem kaynaklarının geometrisinin ortaya konulması,
 - herbir deprem kaynağının magnitüd-frekans ilişkisinin belirlenmesi,
 - analizde kullanılacak azalım ilişkisinin seçimi ve
 - yer hareketinin aşılma ihtimalinin hesaplanması (Şekil 2).

Probabilistik yaklaşım aynı zamanda depremlerin zamana bağlı olarak meydana gelişini temsil eden bir stokastik metoddan da faydalanır. Yayınlanmış stokastik metodlar arasında en basit olanı ve sıkça kullanılanı Poisson modelidir. Bu modele göre deprem oluşumu zaman ve mekandan bağımsız olup, iki sismik olayın aynı yer ve zamandan oluşma ihtimali sıfıra yaklaşır. Poisson modeli ile verilen probabilitate dağılımı aşağıda-



Şekil 1. Deterministik yaklaşımın aşamaları: a) deprem oluşturan kaynağın proje alanına uzaklığının belirlenmesi, b) azalım ilişkileri kullanarak proje alanında oluşacak maksimum yer ivmesinin bulunması.



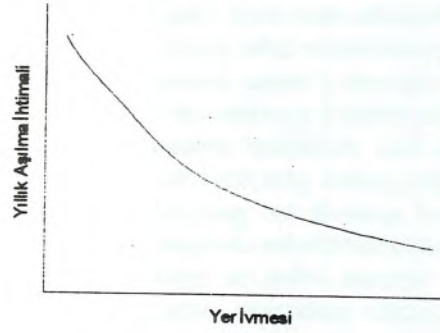
Aşama 1. Deprem kaynaklarının belirlenmesi
Stage 1. Determination of earthquake sources.



Aşama 3. Azalım ilişkisinin belirlenmesi.
Stage 3. Determination of attenuation relationship.



Aşama 2. Deprem büyüklüğü tekrürünün belirlenmesi.
Stage 2. Determination of magnitude recurrence.



Aşama 4. Tehlike eğrisinin değerlendirilmesi.
Stage 4. Evaluation of the hazard curve.

Şekil 2. Probabilistik sismik tehlike analizinin aşamaları (Araya ve Der Kiureghian, 1988'den).

ki bağıntı ile ifade edilir:

$$P(N_t = n) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^n}{n!}$$

$$n = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Burada N_t belirli bir zaman aralığındaki (0,t) oluşum sayısı ve λ ise ortalama oluşum oranı ya da birim zaman içindeki oluşum sayısıdır. T_1 ilk olayın (veya depremin) oluşum zamanı olsun. $T_1 > t$ halinde t zamanı içinde hiçbir olayın meydana gelmediği gözlenir. Böylece

$$P(T_1 > t) = P(N_t = 0) = e^{-\lambda t} \quad (2)$$

bağıntısı elde edilir.

Probabilistik sismik tehlike analizinde yer ivmesi azalım ilişkilerindeki belirsizliğin de göz önünde bulundurulması bakımından Poisson dağılımı ve Normal dağılımın birlikte kullanılması söz konusudur. Yer iv-

mesi azalım ilişkilerindeki belirsizlik genellikle lognormal (logaritmik normal) dağılım ile ele alınmaktadır. Normal dağılım eğrisi ve ilgili parametreler Şekil 3'de verilmiştir.

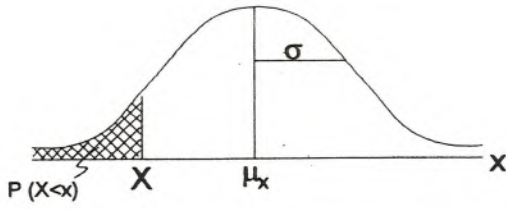
Normal dağılımdaki parametreler sırasıyla X = normal dağılımdaki rastgele değişkeni, μ_x = aritmetik ortalama, σ_x = standart sapmadır.

Normal dağılımdaki dönüşüm rastgele değişkeni ($\sigma_x^2 = 1$ ve $\mu_x = 0$ iken)

$$u = \frac{(X - \mu_x)}{\sigma_x}$$

olarak ifade edilir.

Lognormal dağılımda normal rastgele değişken $X = \ln A$ şekline dönüşür. Lognormal dağılımın standart sapması $\sigma_{\ln A}$ olup aritmetik ortalaması da



Şekil 3. Normal dağılım eğrisi ve ilgili parametreleri.

$$\mu_x = 1n\mu_a - \frac{1}{2} \sigma^2_{1n a}$$

bağıntısı ile ifade edilir. (4) no'lu bağıntıdaki μ_a a'nın (bu durumda yer ivmesi) aritmetik ortalamasıdır. Normal rastgele değişken u ise lognormal dağılımda

$$u = \frac{1n A - \mu_x}{\sigma_{1n a}} = \frac{1n A - 1n\mu_a + 0.5\sigma^2_{1n a}}{\sigma_{1n a}}$$

şekline dönüşür (Şekil 4).

(0,t) zaman aralığında proje sahasını etkileyecek a değerini aşan hiçbir depremin olmama ihtimali Poisson dağılımında

$$P_t(A \geq a) = e^{-\lambda_a t} \quad (6)$$

bağıntısı ile ifade edilir. Bu bağıntıda

$$\lambda_a = \sum_i \sum_j \sum_k \lambda_{ijk} q_{ij} \quad (7)$$

olarak verilir ve proje alanı için a değerini aşmayan bütün depremlerin ortalama sayısı olarak ifade edilir. Alt yazmaları sırasıyla mesafe, magnitüd ve deprem kaynağını temsil ederler. q_{ij} ise belirli bir mesafe ve magnitüd değeri için yer ivmesinin aşılma ihtimalidir. (0, t) zaman aralığında proje sahasını etkileyecek a değerini aşan en az bir depremin olma ihtimali de

$$P_t(A \geq a) = 1 - e^{-\lambda_a t} \quad (8)$$

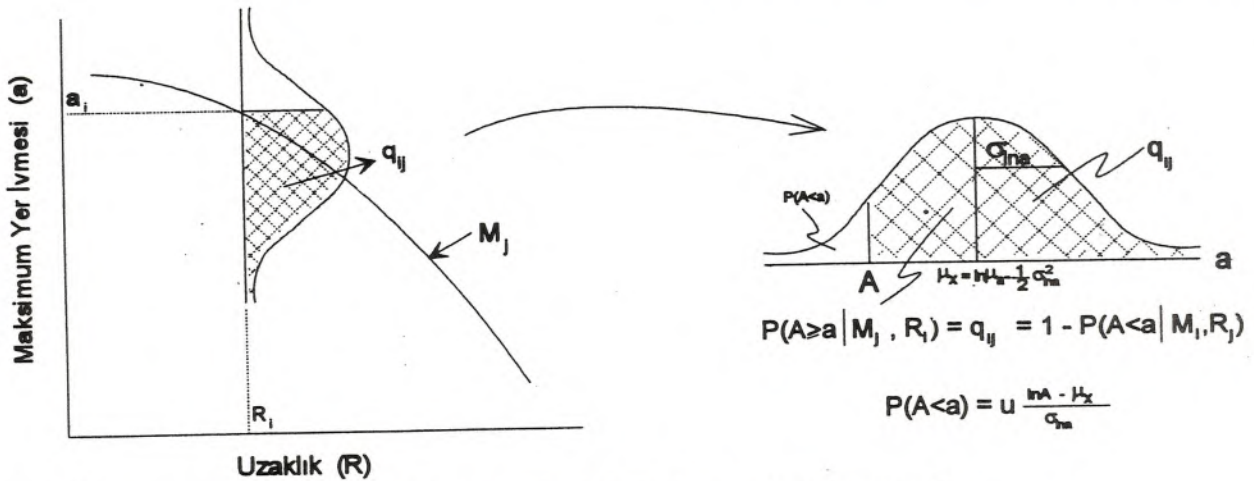
bağıntısı ile ifade edilir. λ_a ile dönüş periyodu (DP) arasında ilişki

$$DP = 1/\lambda_a$$

şeklindedir.

Sismik tehlike analizindeki önemli adımlardan biri, proje sahasına etkiyecek olan sismik zonlar ile aktif fayların sağlıklı bir şekilde belirlenmesidir. Deprem kaynak zonları geometri itibariyle nokta, çizgi ve alan şeklinde olabilir. Deprem oluşturabilen aktif volkanların bulunduğu yerler nokta tipi deprem kaynağına örnek gösterilebilir. Çizgisel kaynak daha çok faylar üzerinde dar ve uzunca alana yayılmış deprem kaynaklarını karakterize eder. Alan tipi kaynaklar ise genellikle irili ufaklı fayların bulunduğu bir alanda belirli bir patern oluşturmayan deprem episantırlarını çevreleyen deprem kaynağıdır.

Deprem kaynaklarının sismik ve tektonofizik davranışı bu kaynakların frekans-magnitüd ilişkileri ile tanımlanmaktadır. Bu tür bir ilişki, deprem tekerrür aralığını ve tehlikesini belirlemede temel unsuru oluşturduğu için sismoloji ve mühendislik dallarında sürekli bir araştırma konusu olagelmıştır (Araya ve Der



Şekil 4. Yer ivmesinin aşılma ihtimalinin hesaplanmasında kullanılan aşamaları gösteren grafik.

Kiureghian), 1988). Deprem oluşum frekansının deprem magnitudü ile ilişkisi genellikle Gutenberg-Richter bağıntısı olarak bilinen aşağıdaki formülle ifade edilmektedir:

$$\log N(M) = a - bM \quad (10)$$

Burada, $\log N(M)$ = belirli bir alanda ve zaman aralığındaki (çoğu zaman 1 yıl) M' e eşit veya daha büyük deprem sayısı, 10^a = sıfırdan büyük magnitudlü depremlerin toplam sayısı, b = frekans-magnitud eğrisinin eğimidir.

Deterministik yaklaşımda olduğu gibi probabilistik yaklaşımda da bir deprem kaynağında oluşabilecek maksimum deprem büyüklüğünü belirleme zorunluluğu vardır. Deprem katalog verilerinin ihtiyaca cevap vermediği durumlarda Polo ve Slemmons (1990)'ın teklif ettiği maksimum deprem büyüklüğünü belirleme metodlarına başvurulabilir.

Bir deprem kaynağında herhangi bir noktada meydana gelen depremden kaynaklanacak yer hareketinin (çoğu zaman ivme) proje sahasındaki amplitüdü çoğu zaman bir azalım (atenasyon) ilişkisi ile belirlenir. Azalım ilişkileri genel olarak aşağıdaki bağıntıda verilen formatta verilir:

$$\log Y = a + bM + d \log \{R + c(M)\} + d'R + \epsilon \quad (11)$$

Burada Y = yer hareketi parametresi, M = deprem büyüklüğü, ϵ ise rastgele hata parametresidir. a , b , c , ve d' katsayıları çoğu zaman empirik verilerden elde edilir, (EERI Committee on Seismic Risk, 1989). Azalım ilişkileri konusunda bugüne kadar yapılan çalışmaların özetini Campbell (1985) ve Joyner ve Boore (1988)'de bulmak mümkündür.

Probabilistik sismik tehlike analizinde hangi azalım ilişkisinin kullanılacağı önemli bir araştırma konusudur. Gözönünde bulundurulması gereken önemli bir husus, proje sahasına uygulanacak en uygun azalım ilişkisinin seçilmesidir. Eğer proje sahasını kuşatan alan için bir azalım ilişkisi geliştirilmemişse sismotektonik açıdan proje sahasının özelliklerine benzer bölgeler için geliştirilmiş azalım ilişkileri kullanılmalıdır.

Sismik tehlike analizi yapmak üzere geliştirilmiş birçok program vardır. Bunlardan birkaçının özellikleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

EQRISK Anderson (1978) tarafından geliştirilmiş ve kuvvetli yer hareketinin tekdüze tehlike spektrumunu

hesaplama kullanılmaktadır.

STASHA Chiang vd. (1984) tarafından geliştirilmiş ve üç temel kısımdan meydana gelir: a) data analizi, b) sismik kaynak modellemesi, c) sismik tehlike hesabı. Program deterministik ve probabilistik analizlerin her ikisini de yapabilmektedir.

SEIRISK III Bender ve Perkins (1987) tarafından geliştirilmiş ve sismik tehlike haritalaması yapmak amacıyla hazırlanmıştır. Bu programın önceki sürümlerine göre (SEIRISK I ve II) deprem lokasyonu belirsizliğini de hesaba katması bakımından farklılık gösterir.

SEISPACK adlı program beş ayrı yazılım paketinden meydana gelmiş olup Gülkan vd. (1993) tarafından Türkiye'nin deprem bölgelerini haritalamada kullanılmıştır.

Bir proje alanı için elde edilen sismik tehlike analiz sonuçları genellikle iki şekilde değerlendirilir. Birincisinde sonuçlar bir dönüş periyodu-maksimum yer ivmesi grafiği şeklinde sunulur (Şekil 5). Probabilistik sismik tehlike analizinde bütün belirsizliklerin hesaba katılmasıyla "en iyi tahmin" eğrisi elde edilmeye çalışılır. Sonuçların ikinci sunum şekli ise belirli t zamanlarına karşılık gelen aşılma ihtimali-maksimum yer ivmesi grafiğidir (Şekil 6).

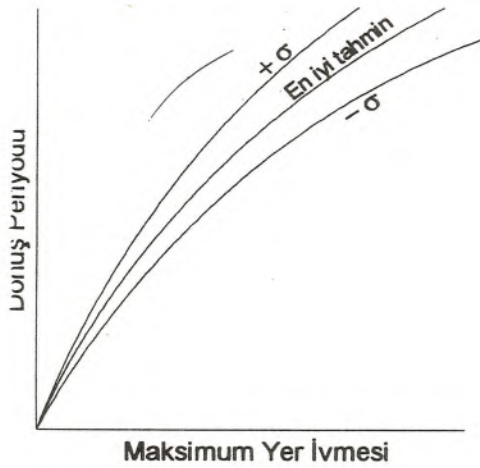
Eğer sismik tehlike analizi belirli bir grid oluşturan pekçok sayıda nokta için hesaplanırsa belirli dönüş periyodları ya da aşılma ihtimaline göre beklenen kuvvetli yer hareketi bir harita üzerinde konturlama ile gösterilebilir (Örnek: Gürkan vd., 1993; Algermissen vd., 1982).

SİSMİK TEHLİKE ANALİZ PROGRAMI: SİSTEHAN

SİSTEHAN, bir nokta için probabilistik sismik tehlike analizi yapmak amacıyla yazılmış bir programdır. Program yazımında FORTRAN 77 programlama dili kullanılmıştır. Program başlıca aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır:

- ana program
- program parçası (SOBRoutine) OKUYUCU
- " " MSFMAT
- " " MAGMAT
- " " IVMAT
- " " (FUNCTION) FI

Programın kolayca anlaşılabilmesini sağlamak ama-



Şekil 5. Probabilistik yaklaşımla elde edilen sonuçların dönüş periyodu-maksimum yer ivmesi şeklinde sunulması.

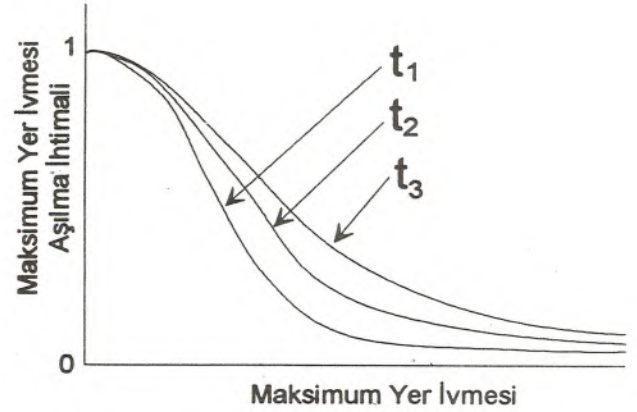
ciyla bir örnek problem hazırlanmıştır (Şekil 7). Programda kullanılan koordinat sistemi pozitif dikdörtgen koordinat sistemi olup yerin küreselliğinden kaynaklanan etkiler hesaba katılmamıştır. Koordinatların belirlenmesinde proje alanı ve sismik kaynakların konfigürasyonunu belirledikten sonra oluşacak bir dikdörtgenin sol alt köşesini referans noktası olarak almak oldukça kolaylık sağlayacaktır.

Program SISTEHAN; içerisinde değişiklik yapmak isteyen kullanıcıya kolaylık sağlamak amacıyla içeriğinin hemen her aşamasında açıklamalar verilmiştir.

Ana programın birinci temel fonksiyonu subroutine'leri çalıştırmaktan ibarettir. Subroutine'ler yoluyla gerekli matrisler oluşturulduktan sonra muhtelif maksimum yer ivmesi değerlerinin dönüş periyodları ile aşılma ihtimalleri hesaplanır ve sonuçlar ilgili dosyalara yazılır.

Subroutine OKUYUCU; proje alanının koordinatlarını, deprem kaynak sayısını, her bir deprem kaynağının köşe sayısı ve bu köşelerin koordinatlarını, deprem kaynaklarının yaklaşık orta nokta koordinatlarını, her bir deprem kaynağının a ve b katsayıları ile analize tabi tutulacak minimum ve maksimum deprem büyüklüklerini, analizde kullanılacak hücre boyutunu, magnitüd artış miktarını, analizde göz önünde bulundurulacak minimum ve maksimum yer ivmesi ile ivme artış değerini, pik yatay yer ivmesinin standart sapmasını ve aşılma ihtimali hesabı için zaman periyodunu DATA-GIR isimli veri dosyasından okur.

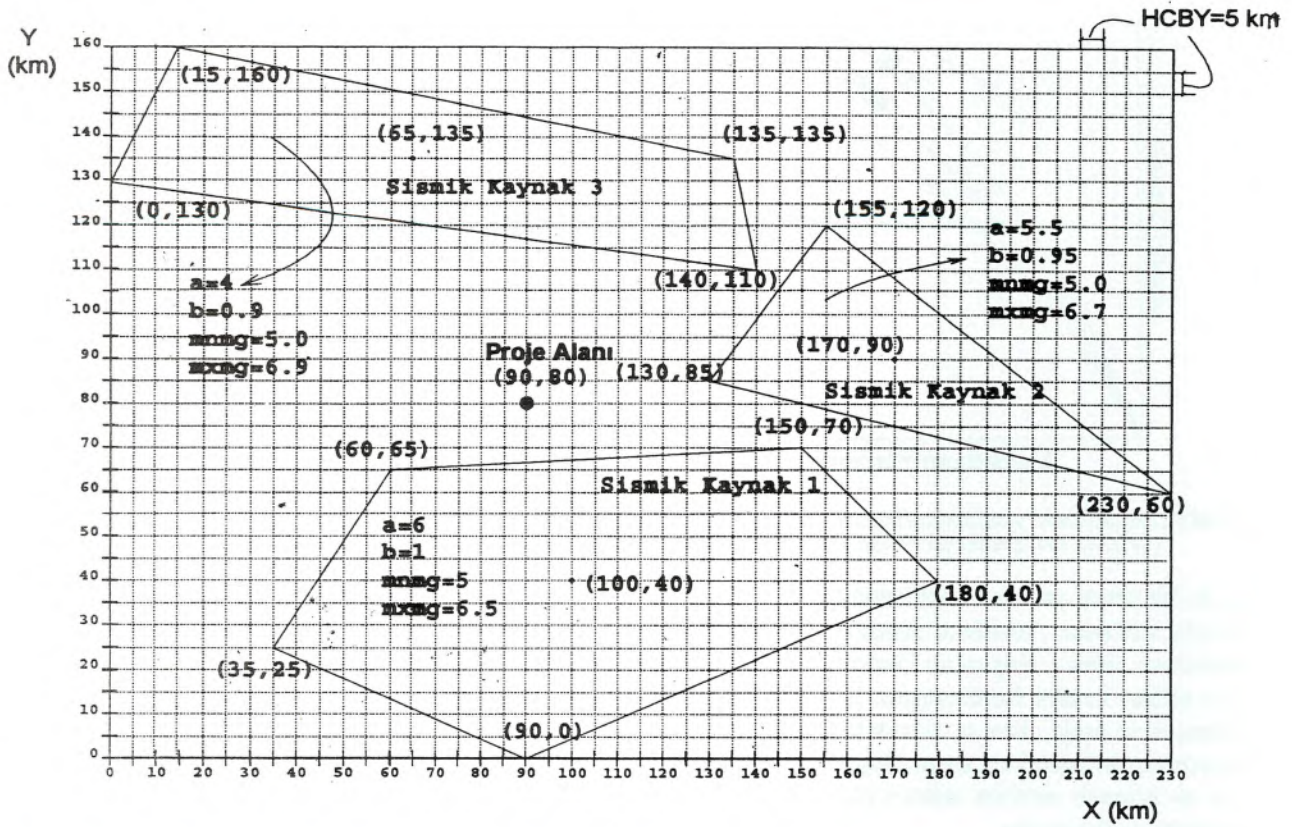
Subroutine MSFMAT; programın en uzun bölümünü oluşturur. Bu program parçasında yapılmak istenen, her bir deprem kaynağını karelere bölmek suretiyle



Şekil 6. Probabilistik yaklaşımla elde edilen sonuçların aşılma ihtimali-maksimum yer ivmesi grafiği şeklinde sunulması.

oluşturulan hücrelerin orta noktalarının proje alanına uzaklığını hesaplayarak bir matris içerisinde toplamaktan ibarettir. Bu program parçasında yapılan işlemlerin sırası aşağıdaki gibidir:

- kaynak alanın kenar uzunluklarının hesaplanması,
- kaynak alanın köşeleri arasında en küçük ve en büyük x ve y koordinatlarının hesaplanması,
- kaynak alanın bütün köşelerini içine alan en küçük dikdörtgenin oluşturulması (Şekil 8),
- oluşturulan dikdörtgenin daha önceden belirlenmiş olan hücre boyutuna göre karelere bölünmesi (Şekil 8) (hücre boyu genellikle 5 km ya da 1-10 km arasında seçilirse amaca uygun olacaktır),
- oluşan karelerin orta noktalarının koordinatlarının belirlenmesi,
- kaynak alanın kenarları üzerinde belirli aralıklarla noktalar oluşturulması (Şekil 8) (hücreboyunun yarısı kadar nokta aralığı amaca uygundur),
- kenar üzerinde oluşturulan bu noktaların koordinatlarının belirlenmesi,
- hücrelerin (karelerin) orta noktalarının kaynak alan yaklaşık orta noktasına olan uzaklıklarının (a olsun) kenar çizgisi üzerinde oluşturulan noktaların kaynak yaklaşık merkezine olan uzaklığıyla (b olsun) karşılaştırılması (a < b ise hücre kaynak alan içinde, değilse dışarıda bırakılır) (Şekil 8, 9 ve 10).
- kaynak alan içinde kalan hücrelerin koordinatlarının belirlenmesi ve
- kaynak alan içinde kalan hücrelerin orta noktaları-



Şekil 7. Örnek olarak sunulan probleme ait verilerin koordinat sisteminde gösterilmesi.

nın proje alanına olan uzaklığının hesaplanarak bir matris içinde toplanması.

Subroutine MAGMAT adlı program parçası ile her bir deprem kaynağı için belirlenmiş olan minimum magnitüd-maksimum magnitüd aralığı dm kadar parçalara bölünür. Her bir dm aralığının alt ve üst magnitüd sınırlarına karşılık gelen deprem sayısı bulunur. Alt ve üst sınırlarda oluşan deprem sayılarının farkı, dm aralığı için yıllık deprem sayısını (lamda) verecektir (Şekil 11). Bu işlem her bir kaynak alan için tekrar edilir ve elde edilen değerler bir matris içinde toplanır.

Subroutine IVMAT program parçasıyla daha önceden mesafe ve magnitüd matrislerinde kaydedilen değerler Joyner ve Boore (1988) azalım ilişkisine uygulanarak bir maksimum yer ivmesi matrisi oluştururlar. Joyner ve Boore azalım ilişkisi sadece örnek olarak göstermek amacıyla seçilmiş olup aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\log y = a + b(M-6) + c(M-6)^2 + d \log r + kr + s \quad (12)$$

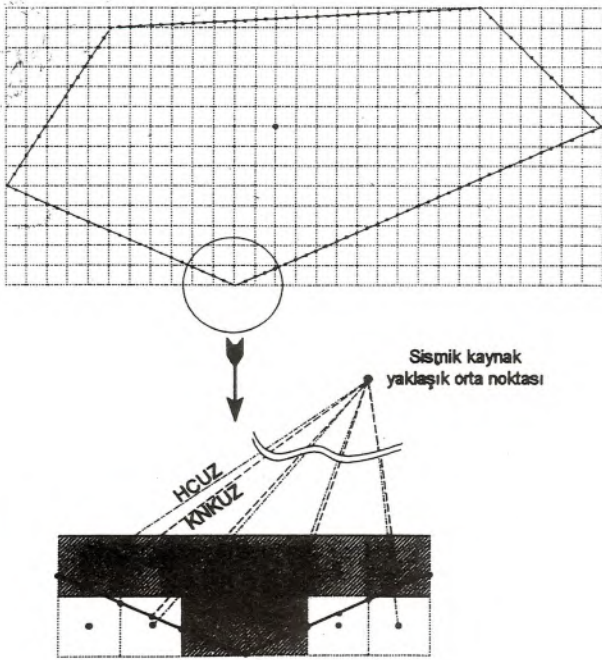
Burada, y = maksimum yatay yer ivmesi (g cinsinden), M = deprem büyüklüğü, a = 0.43, b=0.23, c=0.0, d = -1.0, k= -0.0027, s: zemin etkisini hesaba katan parametre (anakaya için s=0) ve

$$r = (r_0^2 + h^2)^{1/2}$$

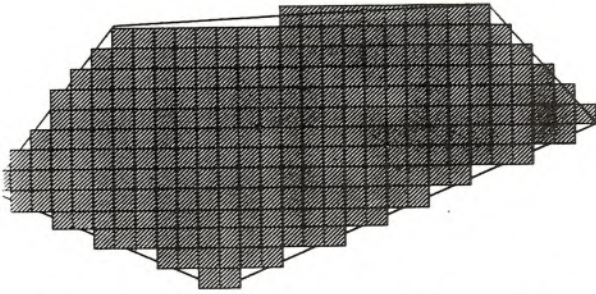
Bu bağıntıda r_0 = proje alanı ile episantır arasındaki en kısa mesafe (km) ve $h=8.0$ 'dir.

Joyner ve Boore (1988)'un teklif ettiği (12) no'lu bağıntı $5 \leq M \leq 7.7$ deprem büyüklükleri için geçerlidir. Joyner ve Boore bağıntısı için maksimum yer ivmesi standard sapması $\sigma_{\log y} = 0.28$ (ya da $\sigma_{1ny} = 0.645$) olarak verilmiştir.

Başka bir azalım ilişkisi kullanmak gerektiğinde Subroutine IVMAT'ı seçilen azalım ilişkisine göre değiştirmek kaçınılmaz olacaktır. Ayrıca, seçilecek başka azalım ilişkisine ait standart sapmayı da uygun şekilde veri dosyasına (datagir) koymak gereklidir. Birden



Şekil 8. Sismik kaynağın içinde kalan hücreleri belirlemede kullanılan mantığın şematik gösterimi.

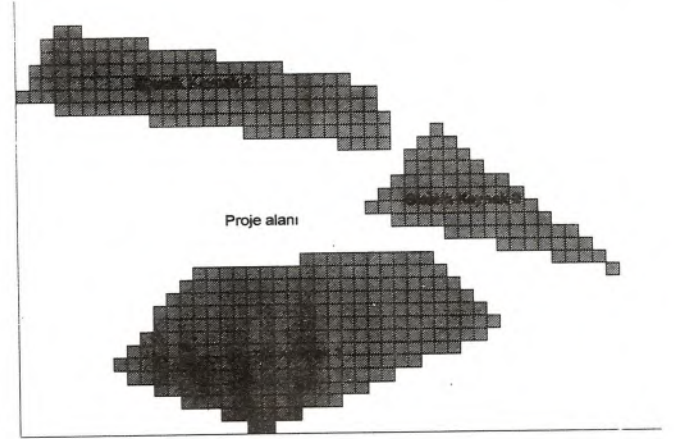


Şekil 9. Poligon (üçgen, beşgen, vs) şeklinde tanımlanan sismik kaynağın orjinal sınırları ile sismik kaynak içinde tutulmuş olan hücrelerin karşılaştırmalı olarak gösterimi.

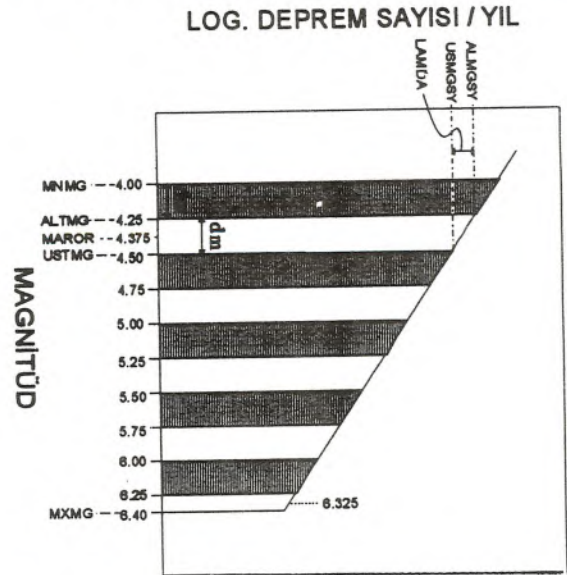
fazla azalım ilişkisi kullanmak suretiyle sonuçları karşılaştırmalı olarak elde etmek mümkündür. Bunun için yine programda değişiklik yapılması gereklidir.

Function FI program parçasıyla ana program içinde hesaplanan U'ya karşılık gelen probabilitte değeri hesaplanmaktadır.

Program SISTEHAN'ın kaynak kodu EK-1'de sunulmuştur. Program kişisel bilgisayarda (PC) kullanılmak üzere yazılmıştır. Mainframe sistemlerinde kullanılabilmesi program içerisinde küçük bir değişiklik yapılmasını gerektirebilir. PC ile kullanılmak istendiğinde



Şekil 10. Bütün sismik kaynakların hücrelere bölünmüş olarak temsil edilmesi.



Şekil 11. Magnitüd matrisi oluşturulmasında kullanılan deşiklenlerin şematik gösterimi.

kaynak kodunun bir derleyici ile koşturulabilir (.exe) şekle getirilmesi gereklidir. 486/66 türündeki bir PC'de programın çalışma süresi 15 saniyenin altındadır.

EK-1'de verilen kaynak kodu koşturulabilir hale getirildikten sonra programdan elde edilen sonuçlar dönüş periyodu-maksimum yer ivmesi şeklinde birinci çıktı dosyasında (sonuç 1) saklanır. Belirli bir zaman dilimi için hesaplanan aşılma ihtimalleri de ikinci çıktı dosyasına (sonuç 2) yazılır.

Hazırlanan örnek probleme ait verilerin muhafaza edildiği dosyanın örneği EK-2'de; Dönüş periyodu-

ivme hesabı için elde edilen sonuçların listesi EK-3'te ve aşılma ihtimali-yer ivmesi için elde edilen sonuçların listesi EK-4' te sunulmuştur.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Sismik tehlike analizini probabilistik yaklaşımla hesaplamak amacıyla çekirdek sayılabilecek kısa ve kolay anlaşılabilir bir program hazırlanmıştır. Programda, belirli büyüklükteki yer ivmesi değerlerine (cm/sn^2) karşılık gelen dönüş periyodları ile belirli bir zaman periyodu içerisinde maksimum yer ivmesinin aşılma ihtimalinin hesaplanması amaçlanmıştır.

Sismik tehlike analizindeki input parametreleri oluşturan kaynak alan sınırları, kaynak alan için minimum ve maksimum magnitüd değerleri ve a ve b katsayıları ile azalım ilişkilerinin sonuçlar üzerindeki etkisi büyüktür. Başlıca 3 ana grupta toplanan belirsizlikleri hesaba katmakla elde edilecek sonuçların daha güvenilir olacağı aşikardır.

Proje alanı ile sismik kaynakların koordinatları pozitif dikdörtgen koordinat sistemine göre hazırlanmıştır. Bölgesel ölçekteki problemlerde kullanıcının yerin küreselliğini de hesaba katması gerekebilir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Algermissen, S.T., Perkins, D.M., Thenhaus, P.C., Hanson, S.L., and Bender, B.L., 1982, Probabilistic estimates of maximum acceleration and velocity in rock in the contiguous United States: U.S. Geological Survey Open-File Report, 82-1033.
- Anderson, J.G., 1978, Program EQRISK: A computer program for finding uniform risk spectra of strong earthquake ground motion: Report, U. of Southern California, Dept. of Civil Engineering.
- Araya, R. and Der Kiureghian, A., 1988, Seismic hazard analysis; improved models, uncertainties and sensitivities. Earthquake Engineering Research

Center, Report No. UCB/EERC-90/11, University of California, Berkeley, CA, 155 p.

Bender, B. and Perkins, D.M., 1987, SEIRISK III: A computer program for seismic hazard estimation: U.S. Geol. Surv. Bull. No.1772.

Campbell, K.W., 1985, Strong motion attenuation relations a ten-year perspective: Earthquake Spectra, 1(4), 759-804.

Chiang, W-L., Guidi, G.A., Mortgart, C.P., Schoof, C.C. and Shah, H.C., 1984, Computer programs for seismic hazard analysis: A User Manual, Report No.62, The J. A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University, California.

EERI Committee on Seismic Risk, 1989, The basics of seismic risk analysis: Earthquake Spectra, 5(4), 675-702.

Gülkan, P., Koçyiğit, A., Yüçemen, M.S., Doyuran, V. ve Başöz, N., 1993, en son verilere göre hazırlanan Türkiye deprem bölgeleri haritası: ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Rapor No. 93-01.

Joyner, W.B. and Boore, D.M., 1988, Measurement, characterization and prediction of strong ground motion: Earthquake Engineering and Soil Dynamics, 2, Recent Advances in Ground Motion Evaluation, 43-102.

Polo, C.M. and Slemmons, D.B., 1990, Estimation of earthquake size for seismic hazards, in Kri-nitzsky, E.L. and Slemmons, D.B., editors, Neotectonics in Earthquake Evaluation: Reviews in Engineering Geology, 8, 1-28.

TERA Corporation, 1980, Seismic hazard analysis for the Savannah River Plant, South Carolina: Report by TERA Corporation, 2150 Shattuck Ave. Berkeley, California.

Sismik Tehlike Analizi

EK-1 Program SİSTEHAN'ın kaynak kodu

```
*****
*
*           PROGRAM SİSTEHAN
*
*****
*
*   Ana programda kullanılan değişken ve matrislerin tanımı:
*
* IVSAY : Analize tabi tutulan minimum ve maksimum ivme değerleri
*         arasında IVAR ile belirlenen ivme sayısı
* A : Dönüş periyodu veya ihtimal hesabında kullanılan ivme (cm/sn2)
* MNIV : Deprem tehlike analizinde hesaba katılan minimum ivme (cm/sn2)
* IVAR :           ivme artışı (cm/sn2)
* KYSYS : Sismik kaynakların toplam sayısı
* SAYHC : Sismik kaynak için hücre sayıcısı
* SAYMAR :           magnitud aralık sayıcısı
* U : Normal dağılım dönüşüm rastgele değişkeni
* YERIVM : Azalım ilişkisi ile hesaplanan maksimum yer ivmesi (cm/sn2)
* SIGLNA : Azalım ilişkisi standart sapması
* QIJ : Belirli bir ivme değerinin azalım ilişkisi ile belirlenen ivme
*        değerinden küçük olma ihtimali
* KUMLAM : Lamda değerlerini kümülatif olarak toplar
* G : İvme değerlerini yerçekim ivmesi yüzdesine dönüştürür
* DP : Yerçekim ivmesinin dönüş periyodu
*
*****
  program SİSTEHAN
  real r(10,1000),mgn,maror(10,20),ktsa(10),ktsb(10),mnmng(10),
  + mxmng(10),lksx,lksy,hcby,kynkx(10,8),kynky(10,8),mrx(10),
  + mry(10),yerivm(10,1000,20),lamda(10,1000,20),dm,mniv,mxiv,
  + ivar,siglna,a(50),qij,kumlam(50),dp(50),probiv(50),g,u,zaman
  integer ksys,sayhc(10),saymar(10),kksys(8),ivsay
  common /cmn1/ksys,sayhc,r,saymar,mgn,maror
  common /cmn2/dm,ktsa,ktsb,mnmng,mxmng
  common /cmn3/lksx,lksy,hcby,kksys,kynkx,kynky,mrx,mry
  common /cmn4/mniv,mxiv,ivar,siglna,ivsay,zaman
  common /cmn5/yervm,lamda
  open(10,file='sonuc1')
  open(11,file='sonuc2')
  call dataoku
  call msfmat
  call magmat
  call ivmat
  write (10,*) (a) a(g) Dönüş Periyodu'
  write (11,*) (a) a(g) Aşılma İhtimali'
  do 50 n = 1,ivsay
    a(n) = mniv+(n-1)*ivar
  do 30 i = 1,ksys
    do 20 j = 1,sayhc(i)
      do 10 K = 1,saymar(i)
*
* Normal dağılım dönüşüm rastgele değişkeninin (u) hesaplanması
*
  u = (log(a(n))-(log(yervm(i,j,k))-5*siglna**2))/siglna
*
* P (A >= a) = qij ya da P (A < a) = 1-qij ihtimalinin hesaplanması
*
  qij = 1-fi(u)
*
* Lamdanın kümülatif olarak hesaplanması
*
  kumlam(n) = kumlam(n)+lamda(i,j,k)*qij
  10 continue
  20 continue
```

```
30 continue
   g = a(n)/980.665
*
*
* Dönüş periyodunun hesaplanması
*
   dp(n) = 1./kumlam(n)
   write (10,40) a(n),g,dp(n)
*
* Aşılma ihtimalinin hesaplanması
*
   probiv(n) = exp(-kumlam(n)*zaman)
   probiv(n) = 1-probiv(n)
   write(11,45) a(n),g,probiv(n)
40 format (1x,f7.2,5x,f6.4,5x,f10.3)
45 format (1x,f7.2,5x,f6.4,5x,f10.3)
50 continue
   end
*****
*
*           SUBROUTINE DATAOKU
*
*****
* Program parçasında kullanılan değişken ve matrislerin tanımı
*
* LKSX : Proje sahası x koordinatı
* LKSY : " " " " y " "
* HCBY : Hücre boyutu (km)
* DM : Magnitüd artış miktarı
* KKSYS : Sismik kaynak köşe sayısı
* KYNKX : " " " " köşesi x koordinatı
* KYNKY : " " " " y " "
* MRX : Sismik kaynak yaklaşık orta noktası x koordinatı
* MRY : " " " " y " "
* K TSA : " " " " a katsayısı
* K TSB : " " " " b " "
* MNMG : " " " " için deprem tehlike analizinde hesaba katılacak
*           minimum deprem büyüklüğü
* MXMG : Sismik kaynak için deprem tehlike analizinde hesaba katılacak
*           maksimum deprem büyüklüğü
* MXIV : Deprem tehlike analizinde hesaba katılan maksimum ivme (cm/sn2)
*
*****
subroutine dataoku
real r(10,1000),mgn,maror(10,20),dm,ktsa(10),ktsb(10),mnmng(10),
+ mxmg(10),lksx,lksy,hcby,kynkx(10,8),kynky(10,8),mrx(10),
+ mry(10),mniv,mxiv,ivar,siglna,zaman
integer ksys,sayhc(10),saymar(10),kksys(8),ivsay
common /cmn1/ksys,sayhc,r,saymar,mgn,maror
common /cmn2/dm,ktsa,ktsb,mnmng,mxmg
common /cmn3/lksx,lksy,hcby,kksys,kynkx,kynky,mrx,mry
common /cmn4/mniv,mxiv,ivar,siglna,ivsay,zaman
open (20,file='datagir')
read (20,*) ksys,lksx,lksy,hcby,dm
do 110 i = 1,ksys
   read(20,*) kksys(i),(kynkx(i,j),kynky(i,j),j=1,kksys(i)),
+ mrx(i),mry(i)
110 continue
do 120 j = 1,ksys
   read (20,*) ktsa(j),ktsb(j),mnmng(j),mxmg(j)
120 continue
read (20,*) mniv,mxiv,ivar,siglna
ivsay = (mxiv-mniv+ivar)/ivar,zaman
return
end
```

Sismik Tehlike Analizi

```
*****
*
*           SUBROUTINE  MSFMAT
*
*****
* Program parçasında kullanılan değişken ve matrislerin tanımı
*
* KNUZ : Sismik kaynak kenar uzunluğu
* MINX :      köşeleri arasında en küçük x koordinatı
* MINY :      y
* MKSX :      büyük x
* MKSY :      y
* HCSYX : Dikdörtgen içine alınmış kaynağın x kenarı boyunca hücre sayısı
* HCSYY :      y
* HCX : Dikdörtgen çerçeve içine alınmış hücrelerin x koordinatı
* HCY :      y
* KNSAYX : Sismik kaynağın kenarı üzerindeki nokta sayısı (x eksenine göre)
* KNSAYY :      (y " ")
* KNKX :      noktanın x koordinatı
* KNKY :      y
* HCUZK : Dikdörtgen içindeki hücrelerin sismik kaynak yaklaşık merkezine
*         uzaklığı (km)
* KNKUZ : Sismik kaynak kenarı üzerindeki noktanın sismik kaynak yaklaşık
*         merkezine uzaklığı (km)
* ENYKN : Hücre merkezine en yakın kenar noktasının sismik kaynak yaklaşık
*         merkezine uzaklığı (km)
* KNAR : Hücre merkezine en yakın kenar noktasını arayıcı
* HCTUTX : Sismik kaynak içinde kalan hücrenin x koordinatı
* HCTUTY :      y
* R : Hücrenin proje alanına uzaklığı (km)
*
*****
subroutine msfmat
real r(10,1000),mgn,maror(10,20),lksx,lksy,hcby,kynkx(10,8),
+ kynky(10,8),mrx(10),mry(10),knar,knuz(8),hcx(1000),hcy(1000),
+ hcuzk(1000),knkx(500),knky(500),hctutx(10,1000),enykn,
+ hctuty(10,1000),minx,mksx,miny,mksy,knkuz(500)
integer ksys,kksys(8),hcsyx,hcsyy,say1,say2,sayhc(10),knsayx,
+ knsayy,tut,saymar(10)
common /cmn1/ksys,sayhc,r,saymar,mgn,maror
common /cmn3/lksx,lksy,hcby,kksys,kynkx,kynky,mrx,mry
do 265 nn=1,ksys
do 205 i=1,kksys(nn)
if (i.eq.kksys(nn)) then
kynkx(nn,i+1) = kynkx(nn,i)
kynky(nn,i+1) = kynky(nn,i)
endif
*
* Kaynak alanın kenar uzunluğunun hesaplanması
*
knuz(i) = sqrt((kynkx(nn,i)-kynkx(nn,i+1))**2+(kynky(nn,i)-
+ kynky(nn,i+1))**2)
205 continue
*
* Kaynak alanın köşeleri arasında minimum x ve minimum y değerine
* sahip nokta(lar)nın belirlenmesi
*
minx = kynkx(nn,1)
miny = kynky(nn,1)
do 210 j=1,kksys(nn)
if (kynkx(nn,j).lt.minx) minx = kynkx(nn,j)
if (kynky(nn,j).lt.miny) miny = kynky(nn,j)
210 continue
*
* Kaynak alanın köşeleri arasında maximum x ve maximum y değerine
```

```
* sahip nokta(lar)nın belirlenmesi
*
  mksx = kynkx(nn,1)
  mksy = kynky(nn,1)
  do 215 k=1,kksys(nn)
    if (kynkx(nn,k).gt.mksx) mksx = kynkx(nn,k)
    if (kynky(nn,k).gt.mksy) mksy = kynky(nn,k)
  215 continue
*
* Kaynak alanı içine alacak en küçük dikdörtgenin oluşturulması
*
  hcsyx = (mksx-minx)/hcby
  hcsyy = (mksy-miny)/hcby
  say1 = 0
  do 225 L=1,hcsyx
    do 220 m=1,hcsyy
      say1 = say1+1
    *
  * Dikdörtgen içindeki hücrelerin (karelerin) orta noktalarının x ve y
  * koordinatlarının belirlenmesi
  *
    hcx(say1) = (minx-hcby/2)+m*hcby
    hcy(say1) = (miny-hcby/2)+L*hcby
  220 continue
  225 continue
  say2 = 0
  *
* Kaynak alan kenarlarını hücre boyutunun yarısı kadar aralıklara
* bölerek noktalar oluşturulması
*
  do 240 n=1,kksys(nn)
    if (n.eq.kksys(nn)) then
      kynkx(nn,n+1) = kynkx(nn,1)
      kynky(nn,n+1) = kynky(nn,1)
    endif
    knsayx = abs((kynkx(nn,n)-kynkx(nn,n+1))/(hcby/2))
    knsayy = abs((kynky(nn,n)-kynky(nn,n+1))/(hcby/2))
  *
* Kaynak alanın kenarının eğimi 45 dereceden az ise bölümlendime
* x ekseninde yapılır
*
  if (knsayx.ge.knsayy) then
    do 230 i=1,knsayx
      say2 = say2+1
      knkx(say2) = kynkx(nn,n)-((kynkx(nn,n)-kynkx(nn,n+1))/knsayx)*i
      knky(say2) = kynky(nn,n)-((kynky(nn,n)-kynky(nn,n+1))/knsayx)*i
    230 continue
  else
  *
* Kaynak alanın kenarının eğimi 45 dereceden büyük ise bölümlendime
* y ekseninde yapılır
*
    do 235 j=1,knsayy
      say2=say2+1
      knkx(say2) = kynkx(nn,n)-((kynkx(nn,n)-kynkx(nn,n+1))/knsayy)*j
      knky(say2) = kynky(nn,n)-((kynky(nn,n)-kynky(nn,n+1))/knsayy)*j
    235 continue
  endif
  240 continue
  *
* Dikdörtgen içindeki hücrenin orta noktasının kaynak alan yaklaşık
* orta noktasına uzaklığının hesaplanması
*
  do 245 i=1,say1
    hcuzk(i)=sqrt((mrx(nn)-hcx(i))**2+(mry(nn)-hcy(i))**2)
  245 continue
```

Sismik Tehlike Analizi

```
*
* Kaynak alan kenarları üzerinde belirlenen noktaların kaynak alan
* yaklaşık orta noktasına uzaklığının hesaplanması
*
  do 250 j=1,say2
    knkuz(j)=sqrt((mrx(nn)-knkx(j))**2+(mry(nn)-knky(j))**2)
  250 continue
  sayhc(nn) = 0
*
* Dikdörtgen içindeki hücrelerin merkezlerine en yakın kenar noktasının
* aranması
*
  do 260 k=1,say1
    enykn=sqrt((hcx(k)-knkx(1))**2+(hcy(k)-knky(1))**2)
    do 255 L=1,say2
      knar=sqrt((hcx(k)-knkx(L))**2+(hcy(k)-knky(L))**2)
      if (knar.le.enykn) then
        enykn = knar
        tut = L
      endif
    255 continue
*
* Hücrenin orta noktasının kaynak alan yaklaşık orta noktasına uzaklığını,
* hücreye en yakın kenar noktasının kaynak alan yaklaşık orta noktasına
* uzaklığı ile karşılaştırılarak dikdörtgenin içinde ancak kaynak alanın
* dışındaki hücrelerin atılması
*
  if (hcuzk(k).le.knkuz(tut)) then
    sayhc(nn) = sayhc(nn)+1
    hctutx(nn,sayhc(nn)) = hcx(k)
    hctuty(nn,sayhc(nn)) = hcy(k)
  endif
  260 continue
  265 continue
*
* Kaynak alan içinde kalan hücrelerin proje alanına uzaklığının hesaplanması
*
  do 275 i=1,kysys
    do 270 j=1,sayhc(i)
      r(i,j) = sqrt((hctutx(i,j)-lksx)**2+(hctuty(i,j)-lksy)**2)
    270 continue
  275 continue
  return
end
*****
*
* SUBROUTINE MAGMAT
*
*****
* Program parçasında kullanılan değişken ve matrislerin tanımı
*
* MGARSYS : Sismik kaynak için minimum ve maksimum deprem büyüklükleri
*           arasında dm'ye göre hesaplanmış magnitüd aralık sayısı
* ALTMG : Magnitüd aralığı alt değeri
* USTMG :      üst
* MAROR :      orta
* ALMGSY :      alt değerine karşılık gelen yıllık deprem sayısı
* USMGSY :      üst
* LAMDA :      alt ve üst sınırlarına karşılık gelen yıllık
*             deprem sayısı farkı (dolayısıyla, sözkonusu sismik kaynağa ait
*             hücrenin verilen magnitüd aralığı için yıllık deprem sayısı)
*
*****
  subroutine magmat
  real r(10,1000),mgn,maror(10,20),yerivm(10,1000,20).
```

```
+ lamda(10,1000,20),almtg,ustmg,almgsy,usmgsy,
+ ktsa(10),ktsb(10),dm,mnmg(10),mxmg(10)
integer ksys,sayhc(10),saymar(10),mgarsy
common /cmn1/ksys,sayhc,r,saymar,mgn,maror
common /cmn2/dm,ktsa,ktsb,mnmg,mxmg
common /cmn5/yerivm,lamda
do 540 i = 1,ksys
*
* Kaynak alan için verilen minimum ve maksimum deprem büyüklüğü arasındaki
* aralık sayısının dm'ye göre belirlenmesi
*
mgarsy = (mxmg(i)-mnmg(i))/dm
if ((mxmg(i)-mnmg(i)).ne.(mgarsy*dm)) mgarsy=mgarsy+1
do 530 j = 1,sayhc(i)
k = 1
510 almtg = mnmg(i)+(k-1)*dm
if(k.eq.mgarsy) then
ustmg = mxmg(i)
else
ustmg = mnmg(i)+k*dm
endif
maror(i,k) = (almtg+ustmg)/2
almgsy = 10**(ktsa(i)-ktsb(i)*almtg)
usmgsy = 10**(ktsa(i)-ktsb(i)*ustmg)
lamda(i,j,k) = (almgsy-usmgsy)/sayhc(i)
if (k.eq.mgarsy) go to 530
k = k+1
go to 510
530 continue
saymar(i) = k
540 continue
return
end
*****
*
* SUBROUTINE IVMAT
*
*****
* Program parçasında kullanılan değişken ve matrislerin tanımı
*
* MGN : Deprem büyüklüğü
*
*****
subroutine ivmat
real r(10,1000),mgn,maror(10,20),yerivm(10,1000,20),
+ lamda(10,1000,20)
integer ksys,sayhc(10),saymar(10)
common /cmn1/ksys,sayhc,r,saymar,mgn,maror
common /cmn5/yerivm,lamda
do 330 i = 1,ksys
do 320 j = 1,sayhc(i)
do 310 k = 1,saymar(i)
r(i,j) = (r(i,j)**2+64)**0.5
if (r(i,j).le.10) r(i,j)=10
mgn = maror(i,k)
yerivm(i,j,k)=(10**(0.43+0.23*(mgn-6)-alog10(r(i,j))-0.0027*
+ r(i,j)))*980.665
310 continue
320 continue
330 continue
return
end
```


Sismik Tehlike Analizi

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

EK-2: Program SISTEHAN için input dosyası

```
3 90 80 5 0.25
5 90 0 180 40 150 70 60 65 35 25 100 40
3 130 85 230 60 155 120 170 90
4 0 130 140 110 135 135 15 160 65 135
6 1 5.0 6.5
5.5 0.95 5.0 6.7
4 0.9 5.0 6.9
25 500 25 0.645 100
```

EK-3: Dönüş periyodu olarak hesaplanan çıktı listesi.

(a)	a(g)	Dönüş Periyodu
25.00	.0255	.209
50.00	.0510	.682
75.00	.0765	1.739
100.00	.1020	3.818
125.00	.1275	7.594
150.00	.1530	14.058
175.00	.1785	24.633
200.00	.2039	41.307
225.00	.2294	66.808
250.00	.2549	104.813
275.00	.2804	160.201
300.00	.3059	239.367
325.00	.3314	350.593
350.00	.3569	504.488
375.00	.3824	714.524
400.00	.4079	997.599
425.00	.4334	1374.882
450.00	.4589	1872.580
475.00	.4844	2522.890
500.00	.5099	3365.077

EK-4: Aşılma ihtimali olarak elde edilen çıktı listesi
(örnek problemde 100 yıl için hesaplandı)

(a)	a(g)	Aşılma İhtimali
25.00	.0255	1.000
50.00	.0510	1.000
75.00	.0765	1.000
100.00	.1020	1.000
125.00	.1275	1.000
150.00	.1530	.999
175.00	.1785	.983
200.00	.2039	.911
225.00	.2294	.776
250.00	.2549	.615
275.00	.2804	.464
300.00	.3059	.341
325.00	.3314	.248
350.00	.3569	.180
375.00	.3824	.131
400.00	.4079	.095
425.00	.4334	.070
450.00	.4589	.052
475.00	.4844	.039
500.00	.5099	.029

Sınır Tenör Kararlarında Üretim Kapasite Kısıtlarının Etkileri

The Effects of Production Capacity Limits in The Cut off Grade Decisions

Adnan KONUK

O.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, ESKİŞEHİR

Gürkan YERSEL

A.Ü. Bozüyük Meslek Yüksek Okulu, BİLECİK

ÖZ

Bu çalışmada, sınır tenör kararlarında üretim kapasite kısıtlarının etkileri araştırılmaktadır. Bu amaçla öncelikle, rezerv-tenör dağılımlarının normal veya lognormal olması durumları için sınır tenör, tonaj oranı ve ortalama tenör ilişkileri ele alınmaktadır. Daha sonra, tesis besleme, tesis çıkış ve maden tükenme kapasitesi kısıtlarının sınır tenör kararlarına etkileri analiz edilmektedir. Bu araştırmanın uygulama çalışması ise Etibank Kütahya Gümüşköy Gümüş Madeni İşletmesi üretim tesisleri ve sondaj verileri kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

ABSTRACT

In this study, the effects of production capacity limits are investigated in the cut off grade decisions. Firstly, the relationships among the cut off grade, average grade and tonnage are analyzed in case of both normal and lognormal distributions for reserve-grades distribution. Second, the effects to the cut off grade decisions that are limited in feeding to plant, output from plant and mine depletion capacities are analyzed. Finally, applications of this research are done by using the data of production plants and drill-holes of Etibank-Gümüşköy Silver Mine Company.

GİRİŞ

Sınır tenör, madencilikte yatırım ve işletme dönemi kârlılıkları üzerinde etkili olan en önemli değişkenlerden birisidir. Yatırım projelerinin hazırlanması aşamasında yapılacak bir sınır tenör optimizasyonu ile en iyi yatırım kararı alınabilir. İşletme aşamasında alınacak sınır tenör kararları ile ise maden işletmesi, günün değişen ekonomik ve teknik koşullarına uyumlu bir üretim yapabilir.

Maden işletmelerinde, çeşitli üretim kademelerinde kapasiteler, teknik ve ekonomik zorluklar nedeniyle temel olarak aşağıdaki gibi üç farklı şekilde kısıtlanmış olabilir:

a) Konsantre ve/veya rafineri tesisleri konsantre cevher veya metal çıkış kapasitesinin sabit olması (Tesis Çıkış Kapasitesi Kısıtı),

b) Konsantratör ve/veya rafineri tesisleri konsantre cevher veya metal çıkış kapasitesinin sabit olması (Tesis Çıkış Kapasitesi Kısıtı),

c) Maden yatağında cevher üretim ve/veya dekapaj kapasitesinin değiştirilememesi (Maden Tükenme Kapasitesi Kısıtı).

Ekonomik ve teknik koşullara uygun sınır tenör kararlarının uygulanması sırasında ise, bu işletme kısıtlarının etkisiyle konsantratör-rafineri tesisleri besleme kapasitesi, konsantre cevher veya metal çıkış kapasitesi, maden yatağı tükenme kapasitesi ve maden yatağı tükenme ömrü artar veya azalır. Kurulu bir işletmede tesis ve tükenme kapasitelerinde meydana gelebilecek artışlar ek yatırımları, azalmalar ise kullanılmayan atıl kapasiteleri gündeme getirecektir. Bu durumda ise, ek yatırımlar için ise işgücünde azaltmaya gidilmesi ve

mümkünse atıl kalan makine ve ekipmanların elden çıkarılması gibi hususlar sözkonusu olacaktır.

Tesislerin konsantre cevher veya metal üretim kapasitelerinin artması sözkonusu olduğunda ise, ürünlerin pazarlanabilme olanaklarının araştırılması gerekir. Pazarlama olanaklarının kısıtlı olması halinde, konsantre cevher veya metal üretim kapasitelerinin artırılması, gereksiz stoklama giderlerine neden olabilir.

Sınır tenör kararlarıyla birlikte üretim kapasitelerindeki değişimlere bağlı olarak, maden yatağı tükenme ömrünün artması veya azalması, özellikle yapılan yatırımların amortismanlarının ve yıllık nakit akımlarının bugünkü değerlerinin artması veya azalmasında önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Maden işletmesine kurulacak tesislerin ve satın alınacak makina-ekipmanların ömürleri ile madenin tükenme ömrünün uyumlu olması gerektiği düşünüldüğünde de, sınır tenör kararlarıyla birlikte maden ömründeki değişimin önemi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, maden ömrü arttıkça yıllık nakit akımları değişken ve parametrelerinin tahminindeki belirsizliklerin boyutunda artacağı gözönünde bulundurulmalıdır (Ross-Watt ve Mackenzie, 1979).

Sınır tenör kararları konusunda yapılmış olan çalışmaların çoğunda, fizibilite aşamasında sınır tenör optimizasyonu ile ilgilenildiğinden, üretim kapasite kısıtları ihmal edilmektedir. Bununla birlikte, Lane (1964, 1988), çeşitli sınır tenör seçenekleri için maden, konsantratör, rafineri ve pazarlama kısıtlarının dikkate aldığı çalışmalarında, herbir koşul için sınır tenör seçenekleri için net bugünkü değerleri hesapladıktan sonra, çizimle optimum sınır tenörleri belirlemektedir. Blackwel (1970), Lane'nin yöntemine benzer olan çalışmasında açık ocak, konsantratör ve pazar kısıtlarından bahsetmektedir. Taylor (1972) da, sınır tenörle ortalama tenör ve tonaj oranı arasındaki istatistiksel ilişkilere de değindiği çalışmasında, maden yatağından cevher elde edilebilirliği, cevher hazırlama ve zenginleştirme, ürün eldesi ve pazarlama kısıtları altında optimum sınır tenörün hesaplanmasını çalışmada, İsveç'teki bir yeraltı bakır madeni işletmesinde, maden üretiminin ve ömrünün sabit olması koşulları için yapılan sınır tenör optimizasyonun sonuçlarını tartışmaktadırlar.

Bu çalışmada, sınır tenör kararlarında üretim kapasite kısıtlarının etkilerinin araştırılması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda öncelikle, rezerv-tenör dağılımının normal veya lognormal olması durumları için sınır te-

nörün üzerindeki rezerv tonaj oranı ve ortalama tenörlerinin hesaplanması ele alınmaktadır. Daha sonra, tesis besleme, tesis çıkış ve maden tükenme kapasitesi kısıtları altında sınır tenör kararlarından etkilenen değişken değerlerinin hesaplanması yöntemleri geliştirilmektedir. Son olarak ise, Etibank-Kütahya 100. Yıl Gümüş Madeni İşletmesi rezerv-tenör verileri kullanılarak uygulama çalışması gerçekleştirilmektedir.

SINIR TENÖR, TONAJ ORANI VE ORTALAMA TENÖRİLİŞKİSİ

Maden yataklarından alınan örneklerin ortalama tenörleri rassal dağıldığında, örnek tenörleri belirli aralıklarla sınıflandırılarak, her tenör aralığına düşen frekansları (cevher tonajı veya hacmi) saptanabilir. Bu frekanslara göre yapılacak istatistiksel hesaplamalarla rezerv-tenör dağılımı belirlenebilir (Nasuf, 1983). Dağılımın istatistiksel parametreleri yardımıyla da, belirli bir sınır tenörün üzerindeki cevher kütlelerinin tonajı (rezervi) ve ortalama tenörü hesaplanabilir (Parker, 1979; David, 1977).

Rezerv-tenör dağılımları genellikle normal veya lognormal dağılımın özelliklerini göstermekte olup, bu dağılımlar için sınır tenör ile ilişkili parametrelerin hesaplanması aşağıda açıklanmaktadır.

Normal Dağılım

Rezerv-tenör dağılımının normal olması durumunda, sınır tenöre bağlı olarak tonaj oranı ve ortalama tenör aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir (Parker, 1979; David, 1977).

Tonaj Oranı

Standart normal dağılımın özelliklerinden yararlanılarak tonaj oranı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$Z_c = (X_c - \mu) / \sigma$$

$$T_c = 1 - F(Z_c)$$

Burada, Z_c = sınır tenörün standart normal değeri, X_c = sınır tenör, μ = dağılımın aritmetik ortalaması, σ = dağılımın standart sapması, T_c = sınır tenörün üzerindeki cevher rezervi tonajının toplam cevher rezervi tonajına oranı, $F(Z_c)$ = sınır tenörün standart normal değeri için kümülatif olasılık fonksiyonunun değeridir.

Z_c standart normal değerine bağlı olarak $F(Z_c)$ kümülatif olasılık yoğunluk fonksiyonu değeri istatistik kitaplarında verilen Standart Normal Yoğunluk Fonksiyonu çizelgelerinden elde edilebileceği gibi, aşağıdaki

eşitlikle de yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir (David, 1977).

$Z_c < 0$ için;

$$F(Z_c) = 0,5 + 0,5 \cdot \sqrt{1 - e^{-(2/\pi) \cdot (Z_c)^2}}$$

$Z_c \geq 0$ için;

$$F(Z_c) = 0,5 - 0,5 \cdot \sqrt{1 - e^{-(2/\pi) \cdot (Z_c)^2}}$$

Hesaplanan tonaj oranıyla toplam cevher rezervinin çarpımından, sınır tenörün üzerindeki cevher rezervi hesaplanabilir:

$$R_c = R_e \cdot T_c$$

Burada, R_c = sınır tenörün üzerindeki cevher rezervi, R_e = toplam cevher rezervidir.

Ortalama Tenör

Belirli bir sınır tenörün üzerindeki cevher kütesinin ortalama tenörü;

$$X_c = \mu + [(\sigma / T_c) \cdot f(Z_c)]$$

eşitliği ile hesaplanabilir. Burada, X_c = sınır tenörün üzerindeki cevher kütesinin ortalama tenörü, $f(Z_c)$ = Z_c standart normal değeri için normal olasılık yoğunluk eğrisinin yüksekliği olup,

$$f(Z_c) = (1/\sqrt{2\pi}) \cdot \exp(-0,5 \cdot Z_c^2)$$

eşitliğinden hesaplanabilir.

Lognormal Dağılım

Lognormal dağılım için sınır tenöre bağlı olarak tonaj oranı ve ortalama tenör aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

Tonaj Oranı

Cevher tenörlerinin logaritmik değerlerinin normal dağıldığı lognormal dağılımında da tonaj oranı, logaritmik sınır tenör için hesaplanan standart normal değerden elde edilebilir.

$$Z_c = (\ln X_c - \infty) / \beta$$

$$T_c = 1 - F(Z_c)$$

Burada, ∞ = logaritmik aritmetik ortalama,

β = logaritmik standart sapmadır.

Ortalama Tenör

Rezerv- tenör dağılımı lognormal olan bir maden yatağında sınır tenörün üzerindeki cevher kütlelerinin ortalama tenörü aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilmektedir.

$$X_c = (\mu / T_c) \cdot [1 - F(Z_c - \beta)]$$

Burada, $F(Z_c - \beta)$ standart normal değerinin kümülatif olasılık fonksiyonu değeridir.

SINIR TENÖR KARARLARINDA ÜRETİM KAPASİTE KISITLARININ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Tesis besleme, tesis çıkış ve maden tükenme kapasitelerinden herhangi birinin kısıtlı olması durumunda, alınacak bir sınır tenör kararının diğer kapasite değişkenleri ve maden tükenme ömrü üzerindeki etkilerini araştıran yöntemler aşağıdaki bölümlerden ele alınmaktadır.

Tesis Besleme Kapasitesi Kısıtlı

Tesis Besleme kapasitesi (BK) kısıtlı (sabit) olduğunda, i. sınır tenör seçeneği için yıllık konsantr cevher veya metal çıkış kapasitesi (ÇK_i);

$$\text{ÇK}_i = \text{BK} \cdot X_{ci}$$

eşitliği hesaplanabilir.

Maden yatağı tükenme ömrü ise (M_i) ise;

$$M_i = (R_e \cdot T_{ci}) / \text{BK}$$

olup, burada R_e = maden yatağının toplam rezervi (ton)dir. Maden yatağı tükenme kapasitesi (TK_i) ise, maden yatağı toplam rezervi ve tükenme ömrüne bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\text{TK}_i = R_e / M_i$$

Tesis Çıkış Kapasitesi Kısıtlı

Belirli bir i. sınır tenör seçeneği için maden yatağının içerdiği toplam metal miktarı (QM_i);

$$\text{QM}_i = R_e \cdot T_{ci} \cdot X_{ci}$$

eşitliğinde ifade edildiği gibi, cevher rezervine, tonaj oranına ve ortalama tenöre bağlı olarak hesaplanır.

Tesis çıkış kapasitesiniñ (ÇK) sabit olduğu bu durumda i. sınır tenör seçeneği için maden yatağının tükenme ömrü (M_i);

$$M_i = \text{QM}_i / \text{ÇK}$$

olup, buna bağlı olarak tesis besleme kapasitesi (BK_i),

$$\text{BK}_i = (R_e \cdot T_{ci}) / M_i$$

Sınır Tenör Kararları

olur. Maden yatağının tükenme ömrüne bağlı olarak tükenme kapasitesi de (TK_i);

$$TK_i = Re / Mi$$

eşitliği ile hesaplanabilir.

Maden Yatağı Tükenme Kapasitesi Kısıtlı

Maden yatağı tükenme kapasitesinin (TK) kısıtlı (sabit) olduğu durumda, tükenme ömrüde (M) tüm sınır tenör seçenekleri için sabit olur. Bu nedenle, i. sınır tenör seçeneği için tesis besleme kapasitesi (BK_i);

$$BK_i = (Re \cdot Tc_i) / M$$

eşitliği ile hesaplanır. Tesis besleme kapasitesine bağlı olarak tesis çıkış kapasitesi (ÇK_i);

$$CK_i = BK_i \cdot Xc_i$$

eşitliğinde olduğu gibi hesaplanır.

UYGULAMA ÇALIŞMASI

Sınır tenör kararlarında üretim kapasite kısıtlarının etkilerini araştırmak amacıyla yapılan uygulama çalışmasında, Etibank Kütahya-Gümüşköy Gümüş Madeni İşletmesi Aktepe maden yatağı arama sondajlarından elde edilen rezerv-tenör verileri kullanılmıştır (Demirok, 1984). Maden yatağının rezerv-tenör dağılımının lognormal olduğu saptanmış olup, dağılımın hesaplanan istatistik parametreleri aşağıdaki gibidir.

Dağılım Parametreleri	Değeri
Logarit. Ortalama - ∞ - (Ln gr/ton Ag)	4.8223
Log. Stand. Sapma - β - (Ln gr/ton Ag)	0.7911
Aritmet. Ortalama - μ - (gr/ton Ag)	169.901
Standart Sapma - σ - (gr/ton Ag)	158.454
Çarpıklık Katsayısı - ∞_3	2.981
Basıklık Katsayısı - ∞_4	15.037

Rezerv-tenör dağılımı istatistik parametreleri ele alınarak, sınır tenör seçeneklerinin 50, 100, 150, 200 ve 250 gr/ton olması koşullarında sınır tenörlerin üzerinde kalan rezervlerin tonaj oranları ve ortalama tenörleri hesaplanmış olup sonuçlar Çizelge-1 ve Şekil-1'de verilmiştir.

Maden yatağının sıfırdan büyük tenörleri içeren toplam rezervi 24 772 740 ton olup, rezerv-tenör dağılımını araştırırken değerlendirmeye alınmayan sıfır tenörlü 720 294 ton'luk dekapaj malzemesi de sahada mevcuttur.

Gümüşköy Gümüş Madeni İşletmesi konsantratör-

rafineri tesisi 50 gr/ton Ag sınır tenör ile yılda 122 ton metal Ag üretecek şekilde taraslandırılmış olup (Koçak, 1987), bu durumda;

-Tesis besleme kapasitesi (BK) =	955 738 ton/yıl
-Tesis çıkış (metal) kapasitesi (ÇK) =	122 ton/yıl
- Maden tükenme kapasitesi (TK) =	1.092 272 ton/yıl
- Maden tükenme ömrü (M) =	22.68 yıl

olmaktadır.

Yukarıdaki veriler temelinde, tesis besleme, tesis çıkış ve maden tükenme kapasitesinin sabit olduğu üretim kapasite kısıtları altında, sınır tenör kararlarından etkilenen değişkenlerin değerlerinin hesaplanan sonuçları Çizelge-2 ve Şekil 2'de verildiği gibidir.

Şekil-2'den de izlendiği gibi, Gümüşköy Gümüş Madeni İşletmesinde;

- * Tesis besleme kapasitesinin kısıtlı olması halinde;
- Maden tükenme kapasitesi ve tesis çıkış (metal) kapasitesi hızla artmakta,
- Maden tükenme ömrü azalmaktadır.
- * Tesis çıkış kapasitesinin kısıtlı olması halinde;
- Maden tükenme kapasitesi artmakta,
- Tesis besleme kapasitesi ve maden tükenme ömrü azalmaktadır.
- * Maden tükenme kapasitesinin kısıtlı olması halinde;
- Maden tükenme ömrü sabit kalmakta,
- Tesis besleme ve çıkış kapasiteleri hızla azalmaktadır.

SONUÇ

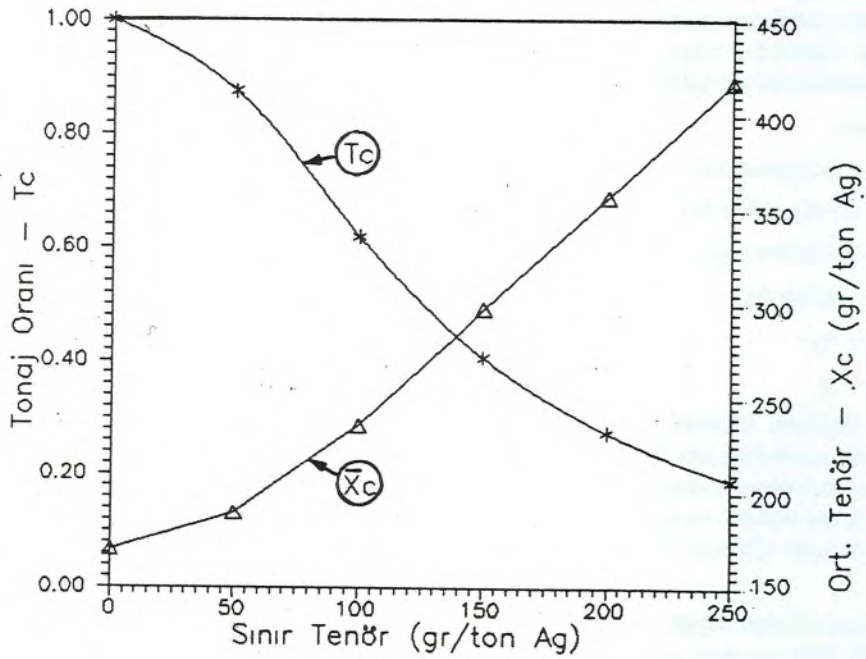
Tesisleri kurulmuş, yatırımları tamamlanmış ve üretime geçmiş olan maden işletmelerinde, ekonomik ve teknolojik gelişmelere uygun sınır tenör kararlarının alınması aşamasında üretim kapasitelerinden herhangi birinin kısıtlı olması halinde, diğer kapasite değişkenleri ve maden tükenme ömrü bu kısıttan önemli oranda etkilenmektedir.

İşletmelerde uyulanmakta olan sınır tenörün artırılması veya azaltılması durumlarında tesis veya maden tükenme kapasitelerinde meydana gelebilecek değişimler, yeni ek yatırımlar ile üretim artış ve azalışlarını gündeme getirebilecektir. Bu nedenlerle, işletme kısıtları altında sınır tenör kararlarının alınması, mutlaka ekonomik analizleri içerecek optimizasyon çalışmaları

Sınır Tenör Kararları

Çizelge 1. Gümüşköy Gümüş Madeni Yatağında sınır tenör seçenekleri için cevher tonaj oranı ve ortalama tenörleri.

Sınır Tenör X_{c1} (gr/ton Ag)	Tonaj Oranı T_{c1}	Ortalama Tenör X_{c1} (gr/ton Ag)
0	1.0000	169.90
50	0.8750	189.10
100	0.6182	235.45
150	0.4058	297.18
200	0.2737	357.00
250	0.1884	417.63

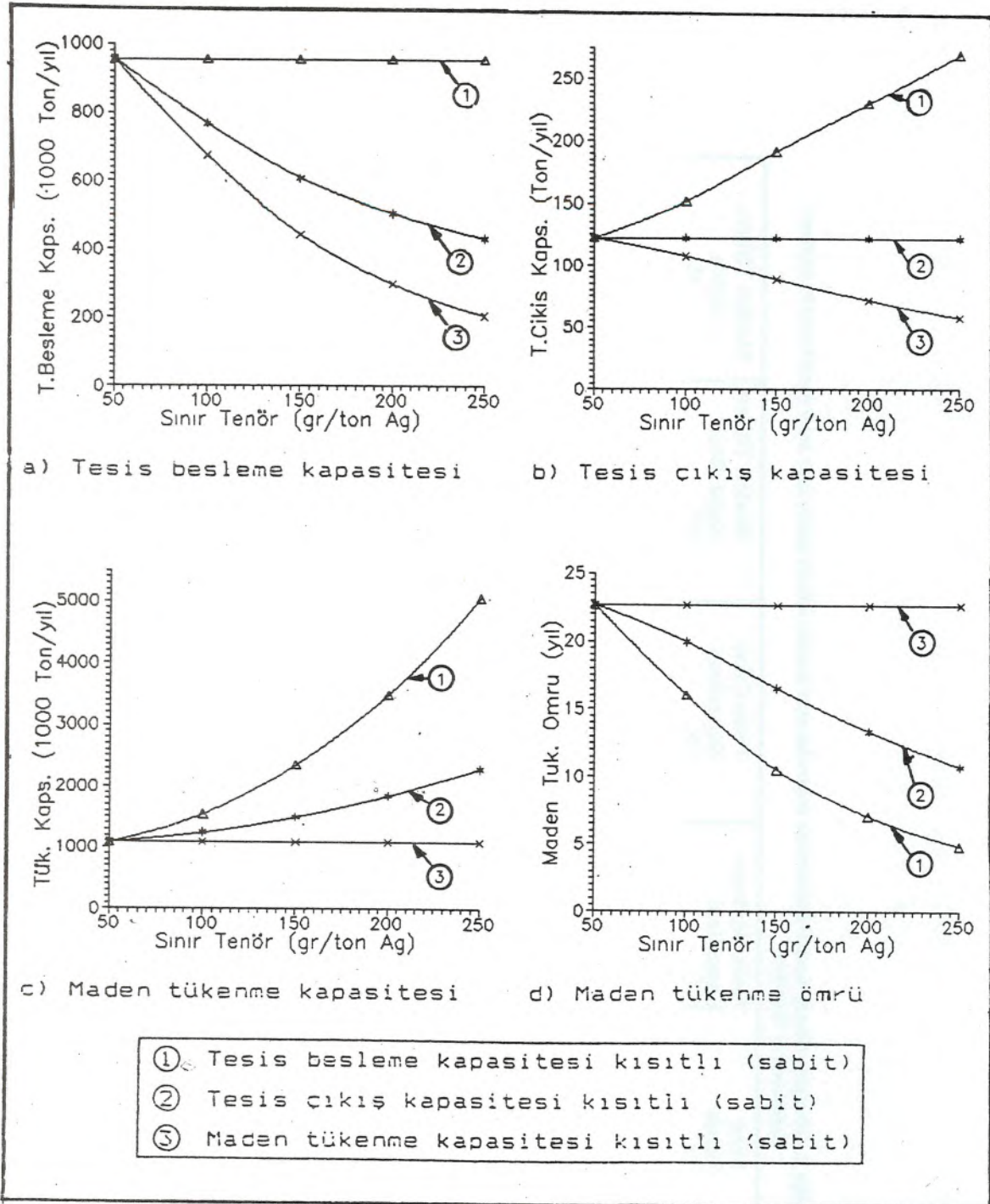


Şekil 1. Gümüşköy Gümüş Madeni Yatağında sınır tenörle cevher tonaj oranı ve ortalama tenör ilişkisi.

Çizelge 2. Gümüşköy Gümrük madeni İşletmesinde üretim kapasite kısıtları altında alınan sınır tenör kararlarından etkilenen değişkenlerin değerleri.

Sınır Tenör X_{c_1} (gr/ton)	Tesis Besleme Kapasitesi BK_1 (ton/yıl)	Tesis Çıkış Kapasitesi $ÇK_1$ (ton/yıl)	Maden Tüken. Kapasitesi TK_1 (ton/yıl)	Maden Tüken. Ömrü M_1 (yıl)
Tesis Besleme Kapasitesi Sabit				
50	955 738	122.000	1 092 272	22.68
100	955 738	151.894	1 546 363	16.02
150	955 738	191.718	2 354 823	10.52
200	955 738	230.309	3 494 039	7.09
250	955 738	269.423	5 076 381	4.88
Tesis Çıkış Kapasitesi Sabit				
50	955 738	122.000	1 092 272	22.68
100	767 645	122.000	1 241 741	19.95
150	608 154	122.000	1 498 653	16.53
200	506 370	122.000	1 850 093	13.39
250	432 948	122.000	2 298 028	10.78
Maden Tükenme Kapasitesi Sabit				
50	955 738	122.000	1 092 272	22.68
100	675 243	107.315	1 092 272	22.68
150	443 244	88.913	1 092 272	22.68
200	298 955	72.040	1 092 272	22.68
250	205 784	58.011	1 092 272	22.68

Sınır Tenör Kararları



Şekil 2. Gümüşköy Gümüş Madeni İşletmesinde üretim kapasite kısıtları altında alınan sınır tenör kararlarından etkilenen değişkenlerin değerleri.

sonrasında gerçekleştirilmelidir.

Tesis besleme ve metal çıkış kapasitesi kısıtlarının söz konusu olduğu Etibank Gümüş Madeni İşletmesinde, azalan gümüş satış fiyatları karşısında kârlılık marjını korumak amacıyla yapılacak sınır tenör artışlarında, özellikle maden yatağının planlanan ekonomik ömürden önce tükeneceği gözönünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, sınır tenör artışlarıyla birlikte ortaya çıkan kapasite kısıtlarını aşmanın getireceği ek yatırım maliyetinin, projenin karlılığına etkileri de analiz edilmelidir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Blackwell, M.R.L., 1970, "Some Aspects of the Evaluation and Planning of the Bougainville Copper Project", Decision-making in the Mineral Industry, C.I.M., pp. 261-269.
- David, M., 1977, Geostatistical Ore Reserve Estimation, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, p. 364.
- Demirok, H., Apul, H.R., Özyurt, A. ve İnanç, Ö., 1984, Etibank 100. Yıl Gümüş Madeni İşletmeleri Müessesesi Müdürlüğü Gümüş Madeni Açık İşleme Projesi (I. Revizyon), Kütahya, 132 s.
- Koçak, Y., 1987, Etibank Kütahya Gümüşköy 100. Yıl Konsantrasyon ve İzabe tesisi Projesi Fizibilite Etüdü (VI. Revizyon), Ankara, 91 s.
- Lane, K.F., 1964, "Choosing the Optimum Cut-Off Grade", Quaterley of the Colorado School of Mines, No.59, pp. 811-829.
- Lane, K.F., 1988, The Economic Definition of Ore (Cut-Off Grades in Theory and Practice), Mining Journal Books Ltd., London, p. 149.
- Nasuf, E., 1983, "Rezerv Hesaplamalarında İstatistiksel Yöntemler ve Bilgisayar Uygulamaları", Türkiye Mad. Bil. ve Tek. 8. Kong. Bildiriler Kitabı, Ankara, s. 201-212.
- Nilsson, D. and Aaro, B., (1985), "Cut-Off Grade Optimization", International Mining, July 1985, pp. 28-33.
- Parker, H., 1979, "The Volume-Variance Relationship: A Useful Tool for Mine Planning", Engineering and Mining Journal, October 1979, pp. 106-123.
- Ross-Watt, D. and Mackenzie, B., 1979, "A Mining Project Evaluation Technique Incorporating the Response of Mine Management to the Resolution of Uncertainty", Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry, AIME, New York, pp. 115-127.
- Taylor, H.K., 1972, "General Background Theory of Cut off Grades", I.M.M. Transactions, July 1972, pp. A160-179.

Katı Atık (Çöp) Depo Yerlerinin Seçimi ve İnşasındaki Bazı Ana Hususlar

Sücaattin BARAN
Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, ANKARA

ÖZ

Katı atıkların ortadan kaldırılmasında en etkili yöntemlerden birisi uygun yer koşullarında depolamadır. Ancak tekniğe uygun yapılmamış bir katı atık deposu özellikle yeraltı su kirliliği açısından önemli tehlikeler arz eder. Bu nedenle depo yerleri öncelikle jeolojik durum ve diğer veriler dikkate alınarak seçilmeli bu veriler doğrultusunda depo inşa edilmelidir.

ABSTRACT

One of the most suitable ways for disposing the solid-wastes is to store them under suitable conditions. However; a storage which is not prepared according to the suitable technical qualities causes important dangers for underground waters. Owing to this, the storage places must be selected according to the geological conditions and built on these data.

GİRİŞ

Katı atıklar nitelikleri itibariyle iki ana grup altında toplanmaktadırlar;

1- Zehirli madde ve ürünlerden oluşan tıbbi ve kimyevi atıklar.

2- Evsel nitelikli katı atıklar (Çöp).

Zehirli kimyasal madde ve ürünlerden oluşan katı atıkların bertarafı çok özel bilimsel çalışma ve yasal düzenlemeleri gerektirmektedir. Bunların depolanarak izole edilmesi yeni sorunlar doğurabileceğinden yakma ve kimyasal işlemlerle zararsız hale getirme en rasyonel yaklaşım olarak görülmektedir.

Evsel nitelikli katı atıklar; meskun bölgelerde evlerden atılan evsel atıklar, park, bahçe ve yeşil alanlardan atılan bitki atıkları, evsel atıksu arıtma tesislerinden elde edilen arıtma çamurları, hafriyat toprağı ve inşaat molozlarından oluşmaktadır.

14.3.1991 tarih 20814 sayılı "Katıkların Kontrolü Yönetmeliği" uyarınca evsel nitelikli katı atıkların bertarafı için ön görülen başlıca yöntemler:

-Depozito ve kota uygulaması.

- İşleme tesisleri (maddesel geri kazanma tesisleri, Yakma tesisleri, Kompostlaştırma tesisleri).

- Uygun yer koşullarında depolamadır.

Burada üzerinde durulacak konu; ilgili yönetmelik hükümlerine göre evsel katı atık depolama yerlerinin seçiminde, inşasında ve işletmesinde yapılması gerekli çalışmalardır.

DEPO YERİ SEÇİMİ ÇALIŞMALARI

Depo yerlerinin belirlenmesinde üzerinde çalışılması gerekli ana konular:

1) Ulaşım ve meskun mahal durumu

2) Meteorolojik durum

3) Jeomorfolojik durum

4) Jeolojik-Hidrojeolojik durum

5) Jeoteknik inceleme olarak sayılabilir.

Bunları sıra ile ele alacak olursak:

Ulaşım ve meskun mahal durumu:

Deponi sahasına ulaştırılacak katı atıkları; optimal uzaklıklara çevreyi etkilemeyecek şekilde uygun yol ve güzergahlardan özel araçlarla taşınmalıdır. Bunun ulaşım ekonomisi açısından önemi vardır. Deponi alanlarının meskun mahallelere olan uzaklığı bir kilometreden daha az olmamalı, deponi yerleri kötü manzara etkisi yaratmayacak noktalarda bulunmalı ve görüntü kirliliğine yol açılmamalıdır. Örneğin Mamak (Ankara) eski çöp depolama alanına 1960-1979 yılları arasında çöp dökülmüş olup bugün üzerinde yoğun bir gecekondulaşma mevcuttur (Şengüler, 1994). Çevresel olumsuzlukların yaşanmaması için çöp depolama alanı seçimlerinde şehircilik açısından da çok iyi planlama gerekmektedir.

Meteorolojik Durum:

Katı atık deponi tesisinin tasarımında sıcaklık, yıllık yağış miktarı, buharlaşma değerleri ve rüzgar yönlerinin bilinmesi gereklidir. Rüzgar yönleri koku etkisi bakımından önemlidir, bu nedenle hakim rüzgar yönleri ile meskun mahallelerin aynı doğrultuda bulunduğu alanlarda depo yeri seçilmemelidir.

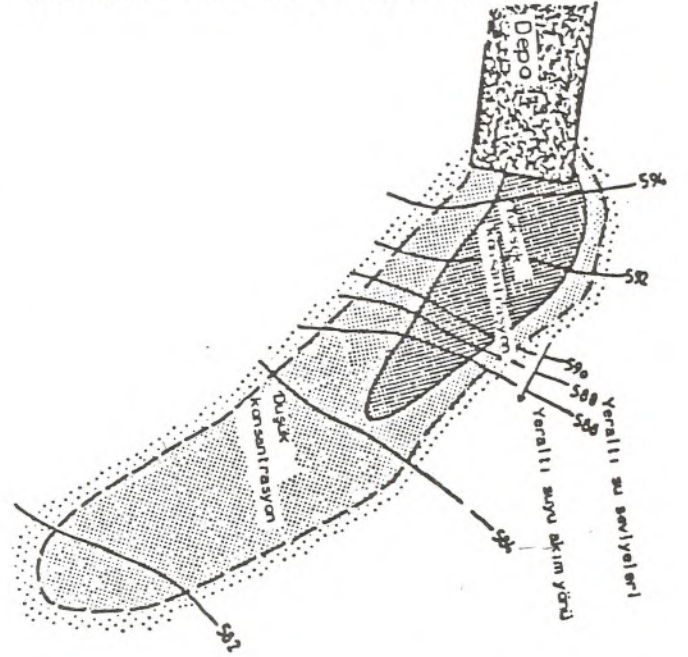
Jeomorfolojik Durum:

Depo inşaa edilecek saha; mümkün olduğunca su toplama havzaları dışında tutulmalı, sürekli ve süreksiz yüzeyel akıslardan etkilenmeyecek yerlerde seçilmeli özellikle dere yataklarından kaçınılmalıdır. Heyelan, sel ve çığ tehlikesi açısından yüzey eğim ve duraylılığı çok önemlidir. Bu nedenle katı atık deponi yerleri için çöp depo alanları drenaj ağının kurulabileceği en az eğime sahip alanlar elverişlidir.

Jeolojik-Hidrojeolojik durum:

Yukardaki durumların optimal yaklaşımlarla ele alınıp sentezlenmesiyle belirlenecek alternatif alanların 1/5000 ölçekli jeolojik ve hidrojeolojik detay etüderi yapılmalıdır. Zira depo yeri seçiminde temel husus yeraltı ve yerüstü su kirliliğine yol açılmamasıdır. Bunun için yörede mevcut kayaçların litolojik, stratigrafik, tektonik özellikleri belirlenmeli fay, çatlak sistemleri gibi kırıklı yapılar değerlendirilerek riskli yerlerden kaçınılmalıdır. Kırıklı ve karstik yapı arzetmeleri nedeniyle kireçtaşları, sık çatlaklı mağmatik kayaçlar, kumtaşı-konglomera, gevşek kum ve çakıllar gibi porozite ve permeabilite yüksek, akifer niteliği taşıyabilecek kayaçlar, deponi alanının düşey ve yatay yakın zonların-

da yer almamalıdır. Kiltası, marn, silttaşı ve bunların ardışımından oluşan fliş karakterindeki seriler, fazla ayrışmamış ofiyolitik kayaçlar deponi sahaları için uygun zemin oluşturabilirler. Akifer niteliği taşıyan formasyonlar üzerinde kurulan katı atık depolarından oluşabilecek muhtemel kaçaklar yeraltısularına karışmakta ve yeraltısu akım yönlerince kirlilik yayılmaktadır (Barkowski, 1985) (Şekil 1).



Şekil 1. Katı atık deponilerinin yeraltısularını etkilemesi. Kirlenme akım yönünde daha fazla olmaktadır. (Barkowski-1985).

Jeoteknik İnceleme:

Yeri kesinleştirilen katı atık deponi yerinde depo hacmi ve kapasitesi dikkate alınarak yeterli zemin sondajı yapılmalıdır. Kayaçların mekanik ve diğer mühendislik özellikleri sayısal olarak ortaya konulmalı zemin taşıma kapasitesi belirlenip deprensellik dikkate alınarak depo tasarım ve inşası gerçekleştirilmelidir. Bütün bu çalışmalara ek olarak depo yeri ve çevresinin su kimyası belirlenmelidir. Bunun sonradan meydana gelebilecek değişiklikleri anlamada büyük önemi vardır.

DEPO İNŞASI VE İŞLETMESİ ESNASINDAKİ ÖNLEMLER

Deponi sahasının işletmesi esnasında depo üzerine düşen yağışlardan ve/veya katı atığın kendi bünyesinde

den oluşabilecek kirli suyun yeraltı ve yüzey sularını kirlenmesine engel olmak için özellikle sızıntı suyun miktarını azaltmak, bu suyun zemine sızmasını önleyerek drene etmek ve toplanan suları arıtmak gerekmektedir. Ayrıca uygun zemin koşulları oluşturulan depo tabanı özel bir izolasyon tasarımıyla inşaa edilmektedir (T.C. Çevre Bakanlığı Yönergesi, 1993) (Şekil 2).

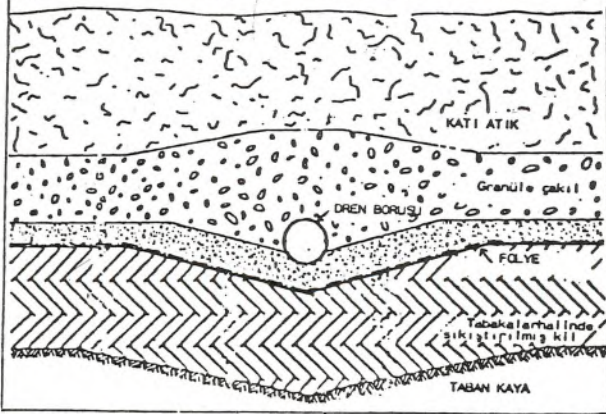
Katı atık deponilerinin gerek işletmesi esnasında, gerekse depo tamamlanıp kapatıldıktan sonra yeraltı sularının kirlenip kirlenmediği hidrolik önlemler çerçevesinde denetlenmelidir.

Bu nedenle depo sahası yakın çevresine açılacak monitör kuyular vasıtasıyla yeraltı su durumu kontrol edilmeli, periyodik numuneler alınıp kimyasal analiz tabii tutulmalıdır. Yine depo yakınında açılması gerekli kuyulardan yüksek debili pompaj yapılarak yeraltı su seviyesi düşürülmeli ve kirliliğin yayılmasının önüne geçilmelidir (Aktaş, 1993) (Şekil 3 a-b).

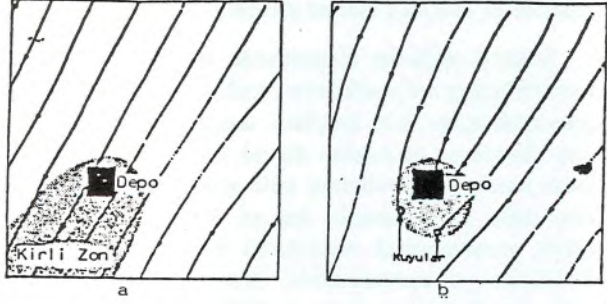
Depo kapasitesi tamamlanıp, işletmeye son verildiğinde tavan izolasyonu gerçekleştirilmekte ve depodaki katı atık kökenli gaz: depo inşaaı devamınca kurulacak filtrelili boru sistemi vasıtasıyla drene edilerek dışarıya alınmakta ve toplanan gazdan enerji üretiminde yararlanılabilmektedir. Böylece hem ekonomiye katma değer sağlanmakta hem de deponiden kaynaklanan kötü koku, yangın ve patlama tehlikelerinin önüne geçilebilmektedir.

SONUÇ

Çevre; toprağı, suyu, havası ve canlı yaşamıyla bir bütünlük arzeder bu bütünün parçalarından birinin doğal yapısının bozulması diğer çevresel değerleri doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle katı atık deponi alanları toprak ve su kirliliğı açısından büyük tehlike arz eder.



Şekil 2. Katı atık depo tabanı kesiti. (T.C. Çevre Bakanlığı Katı atık Depo Alanları Yönetimi ile ilgili Yönerge 1993).



Şekil 3. a- Depo çevresinde yeraltı suyu akım yönleri ve kirliliğin yayılması.

b- Depo çevresinde pompaj yapılarak kirliliğin kontrolü. (Aktaş-1993).

Not: Çizgiler yeraltı suyu akım yönlerini göstermektedir.

Dolayısıyla katı atık deponilerinin toprak ve su kirliliğine yol açmaması ancak deponi alanı ve yakın çevresinin ayrıntılı jeolojisinin bilinmesi, yapının bu veriler dikkate alınarak inşaa edilmesiyle mümkündür.

Bu nedenle:

1- Depo inşaa edilecek yer ve çevresinin yeraltı ve yerüstü su potansiyeli belirlenmeli, yeraltı sularının hidrolik parametreleri ortaya konulmalıdır. Ayrıca depo inşaa edilecek yerin, zeminin niteliğine göre jeoteknik inceleme yapılmalıdır.

2- İnşaa edilmiş depolama alanı çevresinde açılacak monitör kuyulardan sürekli gözlemler yapıp yeraltı su seviyesi ve su kimyası periyodik olarak kontrol edilmelidir.

3- İnşaa edilecek katı atık depolama tesisi yerlerinin seçiminin Jeoloji Mühendislerince yapılması gerek maliyet gerekse çevresel değerlerin korunması bakımından bir zorunluluktur.

DEĞİNİLEN BELGELER

Aktaş, A., 1993, Das bericht von institut für umweltgeologie Schmitz, Köln.

Barkowski, D., 1990, Altlasten. Handbuch zur Ermittlung und Abwehr von Gefahren durch kontaminierte Standorte-Verlag C.F. Müller GmbH, Karlsruhe.

Şengüler, İ., 1994, Mamak (Ankara) Eski Çöp Depolama Alanı ve Çevresel Etkileri. Enerji ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 373, Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mersin.

....., 1993, T.C. Çevre Bakanlığı Katı atık Depo Alanları Yönetimi ile ilgili Yönerge, Ankara.

Niggli - Magmatik Kayaçların Niggli Parametrelerini Hesaplayan ve Değerlendiren İnteraktif Quickbasic Programı

Niggli-An Interactive Quickbasic Program For Calculating And Evaluating the Niggli Parameters of Magmatic Rocks

Fuat YAVUZ

*I.T.Ü. Maden Fakültesi Maden Yatakları
Jeokimya Anabilim Dalı Maslak-İSTANBUL*

Yılmaz BÜRKÜT

*I.T.Ü. Maden Fakültesi Maden Yatakları
Jeokimya Anabilim Dalı Maslak-İSTANBUL*

Murat BUDAKOĞLU

*I.T.Ü. Maden Fakültesi Maden Yatakları
Jeokimya Anabilim Dalı Maslak-İSTANBUL*

ÖZ

Mağmatik kayaçların asli element kimyasal analiz sonuçları, bir takım basit hesaplama teknikleri ile petrolojik değerlendirmeler açısından doyurucu bilgiler sunan formlara dönüştürülebilir. Niggli değerleri olarak tanımlanan parametreler, asli element kimyasal analizi yapılan kayaçların diferansiyasyon seyirlerini, ait oldukları mağmatik provensleri, alkali özelliklerini ve söz konusu kayaçların ne tür bir magmadan türemiş olduğu konusunda somut veriler ortaya koyar. QUICKBASIC programlama dilinde yazılan NIGGLI programı, mağmatik kayaçların asli element kimyasal analiz sonuçlarından Niggli parametrelerini hesaplar, petrokimyasal açıdan değerlendirir ve değişimlerini grafiksel olarak sunar. Derlenmiş şekli yaklaşık 356 kilobayttır. Program, VGA grafik karta sahip IBM uyumlu kişisel bilgisayarlarda işlevini sürdürür.

ABSTRACT

Using some simple calculation techniques, the major chemical analyses results of magmatic rocks can be transformed into the parameters which present useful informations about petrological determinations. The parameters which were also named as Niggli values achieve the differentiation trends of magmatic rocks, their magmatic provinces and alkali characters of chemically analysed rocks. They also give important informations about the then type of magmas which rocks are derived. NIGGLI which was written in QUICKBASIC calculates the Niggli parameters of major chemical analyses, evaluates the results in terms of petrochemistry and presents their variations as graphics. The compiled form of program is approximately 356 kbyt. This program operates under the IBM compatible personal computers have a VGA graphics card.

GİRİŞ

Mağmatik kayaçların asli element analiz jeokimyasal analizlerini dikkate alarak geliştirilen çok sayıda petrokimyasal hesaplama teknikleri mevcuttur. Katyonik hesaplamalara dayalı bu tür uygulamalar, yerbilimlerinin farklı disiplinlerine 19. yüzyıldan itibaren kullanım alanı teşkil etmiştir. Cross ve diğerlerinin (1902)

geliştirdiği CIPW normu, normatif mineraller bazında bir kayacın kimyasal analiz sonucunun yüzde oranı olarak da anılır. CIPW normatif değerleri kayaç adlamasında, onların kristalizasyon-diferansiyasyon seyirlerinin belirlenmesinde ve özellikle granitoid mağmalarının kristalizasyon basınçları ile ilişkili verilerin elde edilmesinde petrografik determinasyonlar ile birlikte fayda-

lı bilgiler sunar. Pearce (1968) tarafından geliştirilen ve Stanley and Russel (1989) tarafından kompüterize edilen Pearce element oran diyagramları (PER), bir sahada yayılım gösteren kayaların eş kökenli olup olmadığını ortaya koyar. Mevcut kayaların diferansiyasyon süreçlerinde hangi minerallerinin etken rol oynadığı ve bunların dağılımlarının söz konusu diferansiyasyon işlemini ne oranda etkilediği, Pearce element katsayıları ile anlam kazanır. En basit şekliyle PER diyagramları, A/w'ye karşılık oluşturulan B/w eksen takımlarından oluşur. Burada A ve B % oksit cinsinden kayacın kimyasal andizini, element veya molar fraksiyonları veya CIPW normatif değerlerini gösterir. w'nin seçiminde genelde P, K, Ti gibi uyumsuz elementler göz önünde bulundurulur.

Bu tür diyagramlar teşkil edilirken dikkat edilecek en önemli hususlardan birisi, değişkenler arasında oluşturulan lineer regresyon doğrusuna ait korelasyonun 1 veya 1'e yakın değerler almasıdır. Niggli parametreleri, mağmatik kayalara vücut veren ana mağmaların bileşimi konusunda araştırmacıya somut veriler sağlar. Niggli tarafından geliştirilen bir takım basit hesaplamalar ile kayacın oksit değerlerinin parametrelere dönüştürüldüğü işlemler dizini için literatürde çok sayıda bilgi birikimi mevcuttur (Niggli, 1923; Burri, 1959; De-naeyer, 1967).

Bu makalede sunulan NİGGLİ programı, mağmatik kayalara ait asli element analiz sonuçlarından Niggli parametrelerini hesaplar ve bazı petrokimyasal değer-

lendirmeler ile bunların değişimlerini grafiksel olarak gösterir. IBM uyumlu kişisel bilgisayarlarda DOS işletim sistemi ve VGA grafik kartı ortamında çalışan interaktif program, aynı zamanda analizi yapılan örneklerin ne tür bir mağma serisinin (kalk alkali, sodik veya potasik) hangi alt bölümünden türemiş olduğunu belirler.

NİGGLİ PROGRAMI

NİGGLİ programı, birbirleri ile ilişkili üç programdan oluşmaktadır. Niggli. Exe olarak adlandırılan program, değerlendirmelere tabi tutulan verilerin girilmesi amacıyla hazırlanmış bir editördür. Burada kimyasal demir analizleri Fe_2O_3 ve FeO olmak üzere ayrı ayrı girilmektedir. 16 farklı sembol ve 13 değişik renk tonu ile farklı sahalara ait verilerin bir arada görsel sunumu mümkündür. Nigdeg. Exe programı, oluşturulmuş herhangi bir veri dosyasının okutulması ile hesaplamaların ekran üzerine getirildiği ana programdır. Bu aşamada tüm değerlendirmeler F2 tuşu yardımıyla printer'den alınabilir (Ek 1). Sınıflamaya temel teşkil eden si, al, fm, c, alk, k, mg, ve c/fm parametrelerinin kalk alkali, sodik ve potasik serilere ait alt mağma tiplerindeki (Çizelge 1) sınır değerlerinin bir arada değerlendirilmesi ile işleme tabi tutulan örneklerin ne tür bir mağmadan türemiş olduğu belirlenir. Hesaplama sonuçlarına göre sınır değerler sınıflama aralıkları içinde yer almıyorsa o zaman program, "Magma tipi Niggli parametreleri dışında" uyarısında bulunur. Niggli tarafından sunulan parametre aralıkları içinde bir örneğin alt mağma tipini

Çizelge 1. NİGGLİ program kapsamında değerlendirilen kalk alkali, sodik ve potasik serilerin alt mağma türleri.

KALK ALKALİ SERİ	SODİK SERİ	POTASİK SERİ
Lökogranitik mağma	Alkali granitik mağma	Lökosiyenit-granitik mağma
Granitik mağma	Evisitik mağma	Juvitik mağma
Granodioritik mağma	Foyaitik mağma	Arkitik mağma
Trodjemitik mağma	Lujauiritik mağma	Siyenit-granitik mağma
Kuvars dioritik mağma	Subplajyofoyaitik mağma	Siyenitik mağma
Dioritik mağma	Esseksitik mağma	Monzonitik mağma
Gabro dioritik mağma	Sodik siyenitik mağma	Sommaitik mağma
Gabroidal mağma	ljolitik mağma	Potasik dioritik mağma
Lökogabroidal mağma	Teralitik mağma	Lamproitik mağma
Hornblenditik mağma	Sodik gabroidal mağma	Şonkinitik mağma
Pirosenitik mağma	Teralit gabroidal mağma	Melaşonkinitik mağma
Ortoojitik mağma	Melasodik gabroidal mağma	Missouritik mağma
	Alkalipirobolik mağma	

Niggli Programı

Çizelge 2. Granitoidlere ait çeşitli asli element kimyasal analiz sonuçları.

ÖRNEK	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O
Sdf1	62.20	0.70	16.60	1.40	4.50	0.06	2.70	5.70	3.40	1.60	0.09	0.65
Sdf2	66.92	0.47	15.19	1.45	2.52	0.08	1.74	3.79	3.16	3.82	0.18	0.68
Sdf3	75.40	0.10	13.30	0.30	0.74	0.08	0.12	0.48	4.10	4.50	0.01	0.87
Sdf4	62.60	0.78	15.65	1.92	3.08	0.10	2.02	4.17	3.73	4.06	0.25	1.64
Sdf5	57.48	0.95	16.67	2.50	4.92	0.12	3.71	6.58	3.54	1.76	0.29	1.48
Sdf6	61.52	0.73	16.48	1.83	3.82	0.08	2.80	5.42	3.63	2.07	0.25	1.37
Sdf7	71.70	0.31	14.32	1.21	1.64	0.05	0.71	1.84	3.68	4.07	0.12	0.75
Sdf8	72.59	0.25	14.57	0.64	1.33	0.06	0.55	0.93	3.17	4.44	0.21	0.86
Kozak	66.99	0.33	15.86	1.03	2.71	0.00	1.63	3.66	3.43	3.99	0.00	0.36
Çav-ka	65.99	0.40	15.96	1.64	2.43	0.00	1.66	4.27	3.55	3.85	0.00	0.25
Ulugün	64.90	0.22	17.43	1.31	2.84	0.00	1.43	5.12	4.37	2.06	0.000	0.32
Sdf9	73.85	0.14	13.93	0.32	0.93	0.03	0.17	0.48	3.08	5.87	0.19	0.74
Sdf10	73.98	0.26	13.51	0.33	1.43	0.05	0.36	1.45	3.05	4.71	0.15	0.52
Sdf11	72.20	0.35	13.74	0.80	1.15	0.02	0.64	1.50	3.38	4.80	0.14	0.76
Göy7	68.56	0.27	15.18	3.40	0.66	0.03	1.08	4.38	3.47	1.78	0.13	1.06
Göy16	68.72	0.30	15.07	2.69	1.20	0.11	1.21	4.86	3.31	1.77	0.13	0.63
Göy18	60.03	0.45	17.05	4.80	1.74	0.20	3.04	6.33	3.56	1.44	0.13	1.23
Sdf12	69.94	0.19	15.41	0.44	1.15	0.04	0.45	1.48	2.61	7.12	0.06	0.63

saptamak her zaman mümkün olamamaktadır. Çok sayıda veri üzerinde yaptığımız değerlendirmelere göre denebilirki, şayet bir saha içindeki örneklemeler aynı litolojiden gerçekleştirilmişse ve diyelimki on adet örnekten en az birinde alt mağma tipi saptanabilmişse inceleme alanındaki kayaçların alt mağma adlanması yapılabilir ölçütler içindedir denebilir.

Niggli. Dat kütüğünün Nigplot. Exe tarafından kullanılması ile, anlam bütünlüğü taşıyan bazı Niggli parametreleri ikili diyağramlarda (k-mg, al-alk, al-fm, si-al, si-fm, şı,alk, si-c, qz-S, Si^o-Az^o si-ti, si-al+alk, si-c+fm, al+alk-c+fm, si-ti+p+w) grafiksel olarak sunulur. Niggli. Dat, programın her çalıştırılmasında eskisi silinerek yeniden yaratılan bir yardımcı dosya özelliği taşımaktadır. Tüm programlar uygun adımlarda kullanıcıya kapsamış olduğu yardım menüleri ve hata kodları ile yardımcı olur. Menü seçimli ve kullanımı kolay program kapsamında yer alan çeşitli değerlendirme sonuçları ve ikili Niggli parametrelerine ait grafikler, Çi-

zelge 2'de yer alan kimyasal analiz sonuçlarının (Bürküt, 1966; Örgün, 1992; Yavuz ve Gültekin, 1994) kullanılması ile Çizelge 3, 4, 5 ve Şekil 1, 2, 3'de gösterilmiştir. Grafiklerin tümü ekran çıktılıdır. Graphics. Com'un yüklenmesi ile ekran görüntüleri PrintScreen ile yazıcıdan alınabilir. Bu makalede yer alan şekiller PCXDUMP programından faydalanılarak önce uzantıları PCX olan dosyalar yaratılmış daha sonrada Windows ortamında Microsoft Word'den yazıcıya aktarılmıştır. NİGGLİ programının derlenmiş bir kopyası formatsız iki adet 3.5 disket gönderilmesi karşılığında ilk yazardan temin edilebilir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Burri, C., 1964, Petrochemical Calculations Based on Equivalents, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 304 p.
- Bürküt, Y., 1966, Kuzeybatı Anadolu'da yer alan Plü-

Çizelge 3. Örneklerin program kapsamında hesaplanan Niggli parametreleri.

ÖRNEK	al	fm	alk	c	si	k	mg	ti	p	w	si'	qz	Si'	Az'	c/fm	S	100/S
Sdf1	33.62	30.56	14.83	20.99	213.78	0.24	0.46	1.81	0.13	0.22	159.34	54.44	1.34	0.68	0.69	484.28	0.21
Sdf2	36.73	24.04	22.57	16.66	274.60	0.44	0.45	1.45	0.31	0.34	190.27	84.33	1.44	0.73	0.69	405.62	0.25
Sdf3	48.12	6.70	42.02	3.16	462.95	0.42	0.17	0.46	0.03	0.27	268.10	194.86	1.73	0.82	0.47	271.08	0.37
Sdf4	34.14	26.34	22.97	16.54	231.77	0.42	0.43	2.17	0.39	0.36	191.89	39.87	1.21	0.70	0.63	449.57	0.22
Sdf5	29.72	35.18	13.78	21.33	173.91	0.25	0.48	2.16	0.37	0.31	155.11	18.79	1.12	0.63	0.61	550.14	0.18
Sdf6	33.29	30.21	16.59	19.91	210.91	0.27	0.48	1.88	0.36	0.30	166.36	44.55	1.27	0.68	0.66	485.50	0.21
Sdf7	42.29	16.95	30.88	9.88	359.31	0.42	0.32	1.17	0.25	0.40	223.54	135.77	1.61	0.78	0.58	332.14	0.30
Sdf8	47.83	16.73	32.89	5.55	404.39	0.48	0.34	1.05	0.50	0.30	231.57	172.81	1.75	0.80	0.40	298.78	0.33
Kozak	37.98	22.23	23.85	15.93	272.24	0.43	0.44	1.01	0.00	0.25	195.42	76.83	1.39	0.73	0.72	409.57	0.24
Çav-ka	36.71	22.41	23.02	17.86	257.61	0.42	0.43	1.17	0.00	0.38	192.08	65.54	1.34	0.72	0.80	426.36	0.23
Ulughtn	38.33	20.49	20.71	20.47	242.19	0.24	0.39	0.62	0.00	0.29	182.84	59.34	1.32	0.71	1.00	446.03	0.22
Sdf9	49.01	7.75	40.18	3.07	440.92	0.56	0.20	0.63	0.48	0.24	260.71	180.21	1.69	0.82	0.40	278.78	0.36
Sdf10	45.50	11.56	34.06	8.88	422.80	0.50	0.27	1.12	0.36	0.17	236.26	186.54	1.79	0.81	0.77	291.24	0.34
Sdf11	43.59	13.64	34.12	8.65	388.68	0.48	0.38	1.42	0.32	0.38	236.48	152.21	1.64	0.80	0.63	309.18	0.32
Göy7	39.09	20.74	19.66	20.51	299.63	0.25	0.34	0.89	0.24	0.82	178.65	120.98	1.68	0.75	0.99	380.85	0.26
Göy16	38.03	21.09	18.58	22.30	294.33	0.26	0.37	0.97	0.24	0.67	174.31	120.02	1.69	0.75	1.06	388.62	0.26
Göy18	32.45	31.54	14.11	21.90	193.87	0.21	0.47	1.09	0.18	0.71	156.44	37.42	1.24	0.66	0.69	515.39	0.19
Sdf12	46.01	10.12	35.83	8.03	354.41	0.64	0.34	0.72	0.13	0.26	243.33	111.08	1.46	0.78	0.79	328.47	0.30

Çizelge 4. Örneklerin program kapsamında hesaplanan katyonik içerikleri.

ÖRNEK	si+4	al+3	fe+3	fe+2	mg+2	ca+2	na+	k+	ti+4	p+5
Sdf1	58.68	18.46	0.99	3.55	3.80	5.76	6.22	1.93	0.50	0.07
Sdf2	62.99	16.85	1.03	1.98	2.44	3.82	5.77	4.59	0.33	0.14
Sdf3	70.83	14.72	0.21	0.58	0.17	0.48	7.47	5.39	0.07	0.01
Sdf4	59.15	17.43	1.37	2.43	2.84	4.22	6.83	4.89	0.55	0.20
Sdf5	54.29	18.56	1.78	3.89	5.22	6.66	6.48	2.12	0.67	0.23
Sdf6	58.04	18.32	1.30	3.01	3.94	5.48	6.64	2.49	0.52	0.20
Sdf7	67.27	15.83	0.85	1.29	0.99	1.85	6.69	4.87	0.22	0.10
Sdf8	68.87	16.29	0.46	1.06	0.78	0.95	5.83	5.37	0.18	0.17
Kozak	62.57	17.46	0.72	2.12	2.27	3.66	6.21	4.75	0.23	0.00
Çav-ka	61.55	17.54	1.15	1.90	2.31	4.27	6.42	4.58	0.28	0.00
Ulugün	60.27	19.08	0.92	2.21	1.98	5.09	7.87	2.44	0.15	0.00
Sdf9	69.80	15.52	0.23	0.74	0.24	0.49	5.64	7.08	0.10	0.15
Sdf10	69.98	15.06	0.23	1.13	0.51	1.47	5.59	5.68	0.18	0.12
Sdf11	68.38	15.34	0.57	0.91	0.90	1.52	6.21	5.80	0.25	0.11
Göy7	65.17	17.01	2.43	0.52	1.53	4.46	6.39	2.16	0.19	0.10
Göy16	65.06	16.81	1.92	0.95	1.71	4.93	6.08	2.14	0.21	0.10
Göy18	56.71	18.98	3.41	1.37	4.23	6.41	6.52	1.74	0.32	0.10
Sdf12	65.97	17.13	0.31	0.91	0.63	1.50	4.77	8.57	0.13	0.05

Çizelge 5. Örneklerin NIGGLI tarafından saptanan ana ve alt mağma tipleri.

ÖRNEK	MAGMA TIPLERİ
Sdf1	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Sdf2	KALKALKALİ-Granitik Mağma
Sdf3	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Sdf4	KALK ALKALİ-Granitik Mağma
Sdf5	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Sdf6	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Sdf7	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Sdf8	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Kozak	KALK ALKALİ- Granitik Mağma
Çav-ka	KALK ALKALİ- Granitik Mağma
Ulugün	KALK ALKALİ-Granodioritik Mağma
Sdf9	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Sdf10	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Sdf11	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında
Göy7	KALK ALKALİ- Granodioritik Mağma
Göy16	KALK ALKALİ- Granodioritik Mağma
Göy18	KALK ALKALİ-Kuvars Dioritik Mağma
Sdf12	Mağma tipi Niggli parametreleri dışında

tonların Mukayeseli Jenetik Etüdü, Doktora Tezi. İ.T.Ü. Matbaası.

Cross, C.W., Iddings, I.P., Pirsson, L.V., Washington, H.S., 1902, A Quantitative Chemico-mineralogical Classification and Nomenclature of Igneous Rocks, J. Geology, v.10, p. 555-690.

Denaeyer, M.E., 1967, Tableaux de Petrographie (Deuxieme edit.), Editions Lamarere-Poina, Paris, 108p.

Niggli, P., 1923, Gesteins-und Mineralprovinzen I., Berlin, Bontrager.

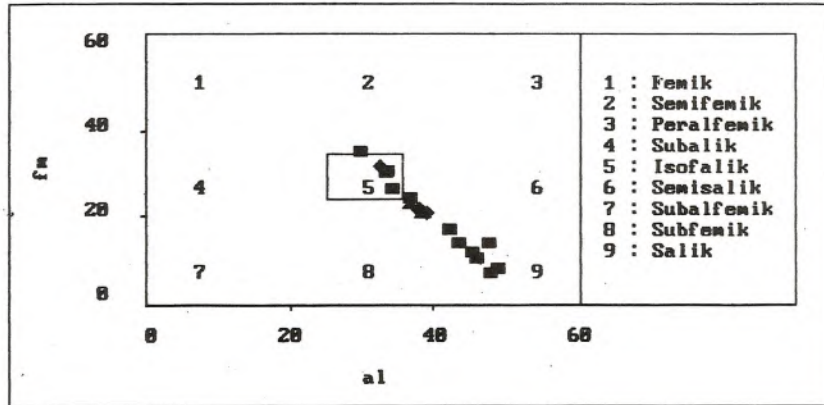
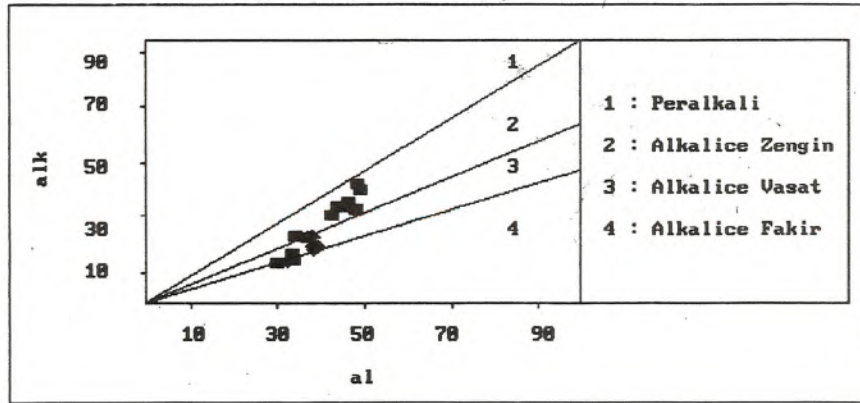
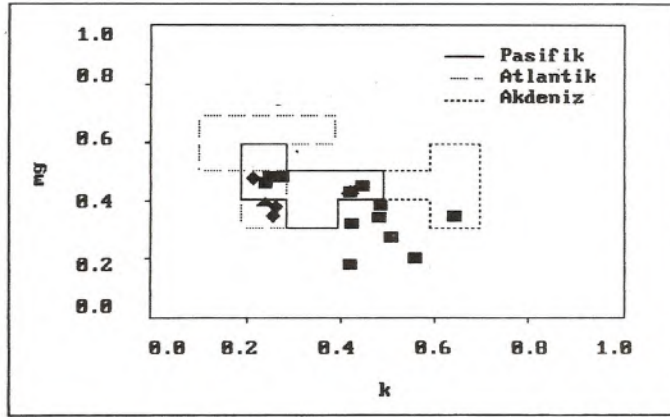
Örgün, Y., 1992, Topuk-Göynükbelen (Orhaneli-Bursa) Yöresi Nikel Oluşumlarının Kökensel İncelenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,

sü, 216 s.

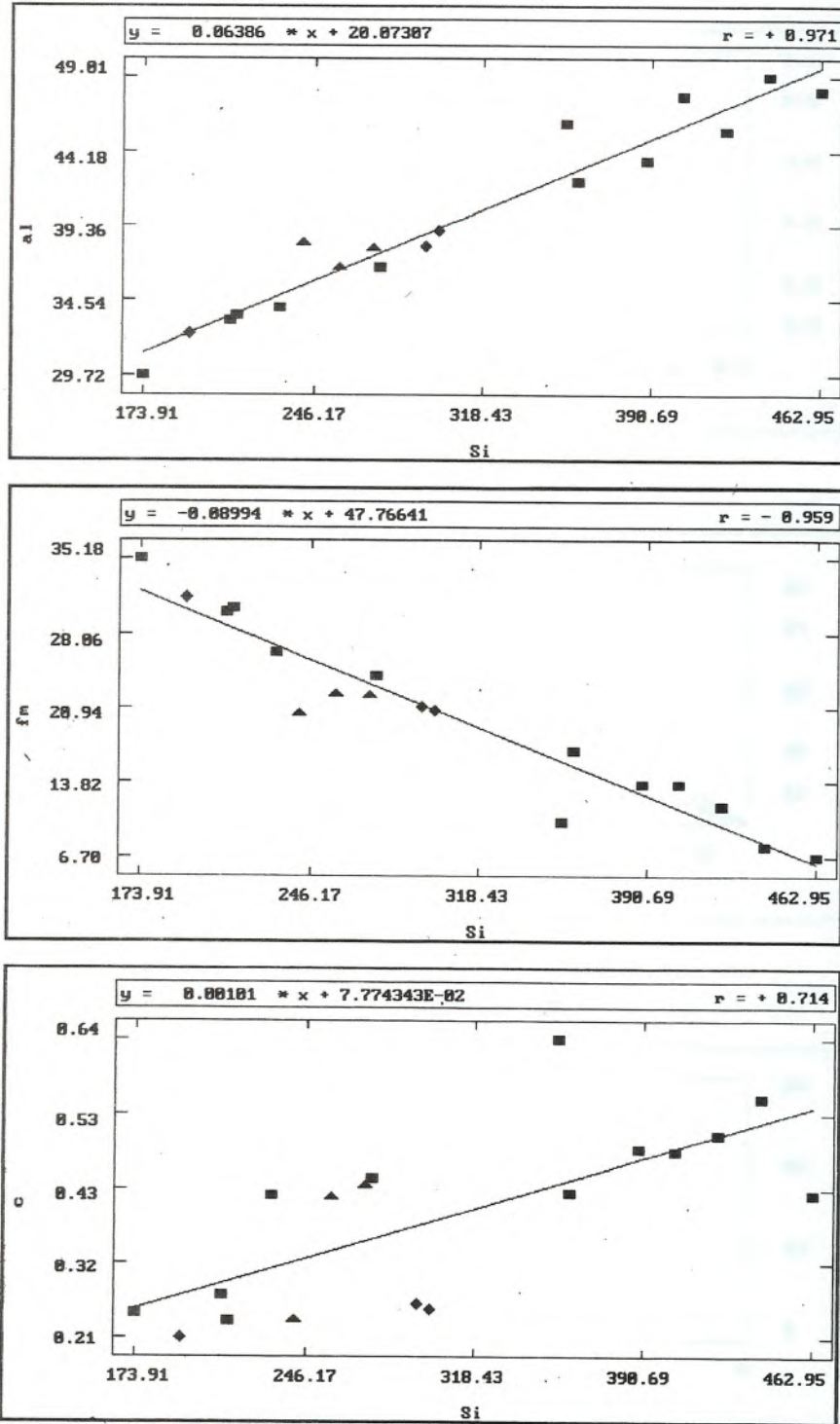
Pearce, T.H., 1968, A Contribution to the Theory of Variation Diagrams, Contrib. Mineral. Petrol., 19, p. 142-157.

Stanley, C.R., Russell, J.K., 1989, Pearce Plot: A Turbo-Pascal Program for the Analysis of Rock Compositions with Pearce Element Ratio Diagrams, Computers & Geosciences, vol.5, no.6, p. 905-926.

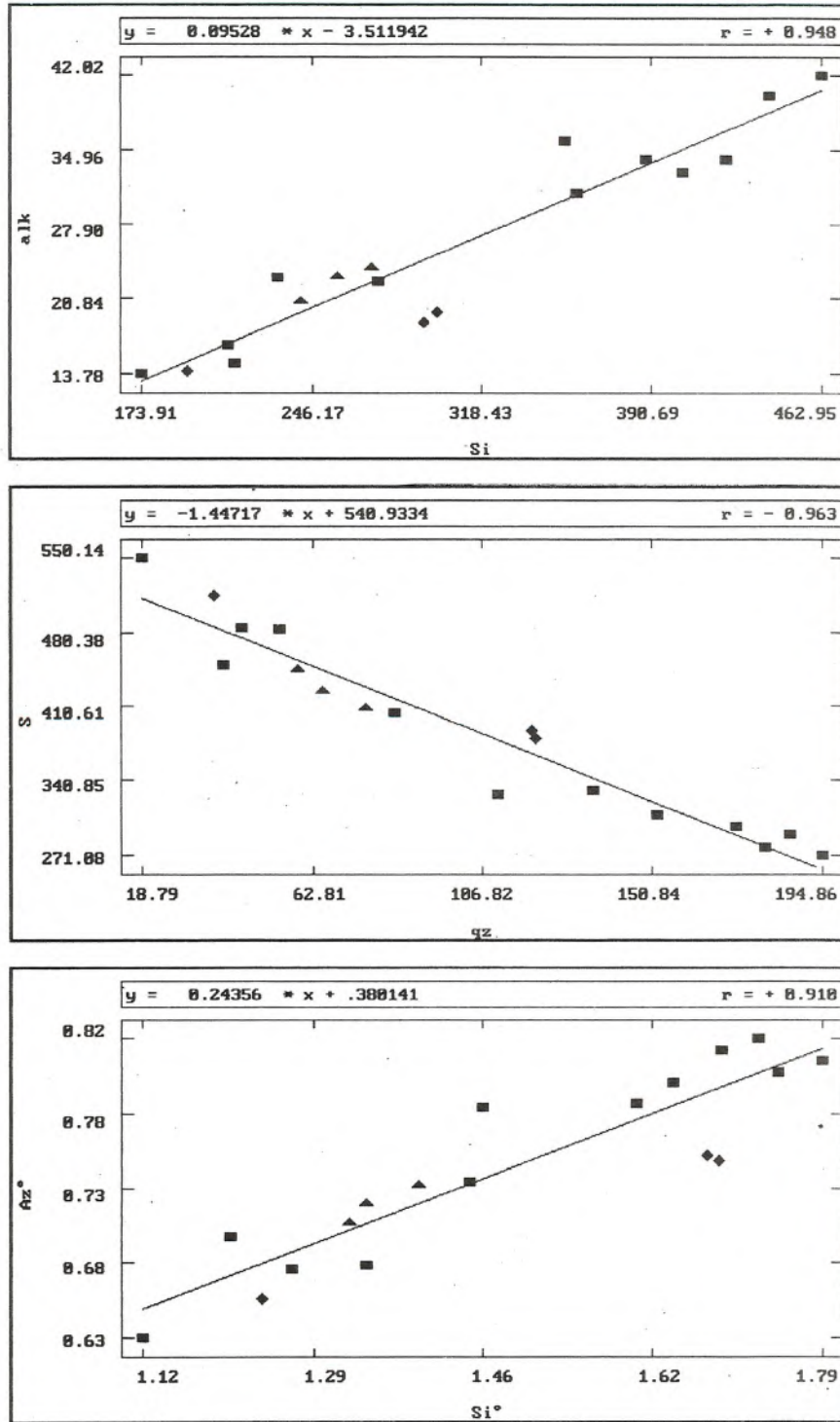
Yavuz, F., Gültekin, A.H., 1994, Grpet: Granitoidlerde Grafiksel Ağırlıklı Bilgisayar Uygulamaları, Geosound, sayı 24, 67-82 s.



Şekil 1. Çizelge 1'de yer alan kimyasal analiz sonuçlarının a) k-mg, b) al-alk, c) al-fm parametre diağramlarında dağılımları.



Şekil 2. Örneklerin a) si-al, b) si-fm, c) si-c parametre diagramlarında yayılımları. (■ Yavuz ve Gültekin, 1994; ▲ Bürküt, 1966; ♦ Örgün, 1992).



Şekil 3. Örneklerin a) si-alk, b) qz-S, c) Si⁰-Az⁰ parametre diagramlarında değişimleri.

Yerbilimlerinin Felsefi Yönleri*

Arthur F. HAGNER

Çevirenler

Ayhan SOL

MTA Genel Müdürlüğü, ANKARA

Dursun BAYRAK

MTA Genel Müdürlüğü, ANKARA

Doğaya yerbilimleri açısından bakış, ilginç düşünsel sorunlar üretmesinin yanında diğer bilim dallarının düşünüş ve gelişimine de katkıda bulunacak bir bakış açısı getirmiştir. Henüz göreceli olarak keşfedilmemiş bir bilgi alanı, analiz ve değerlendirmelere açık bir şekilde beklemektedir.

JEOLJİNİN ENTELLEKTÜEL KATKILARI

18. ve 19. yüzyıllarda jeologların ortaya attığı kavramlar evrensel bir egemenlik kurmuşlardır. Tanrısal gücün eylemi ile ansızın biçimlenmiş ve birkaç bin yıldan yaşlı olmayan bir yeryuvarı inancı felsefi ve bilimsel düşünceyi uzun bir süre baskı altında tutmuştur. Hutton'dan önce bu kısa geçmişin günümüzde oluşmayan ölçüde yaygın ve yoğun değişimler ile belirlendiğine inanılmıştır. Yeryuvarı yüzey karakteristikleri Tufan ile açıklanmıştır. Aşınma, günümüzde iklimin ılıman olduğu alanlarda buzul çökellerinin gözlenmesi, dağlık alanlarda fosillerin varlığı Nuh Tufanı'na bağlanmıştır. Jeolojik bulgular, ve bilim ile din arasındaki karşıtlıklar bu inançların terkedilmesine yol açmıştır.

James Hutton'un "Yeryuvarı Kuramı'nın 1788 yılında yayımlanması öncesinde doğal felsefe gözlemden çok kurguya (spekülasyon) dayandırılmıştır. Hutton'un getirdiği üniformitarianizm ilkesi yeryüzü oluşumlarının doğaüstü güçlerin veya katastrofik olayların ürünü olduğu düşüncesine karşı çıkarak bunların uzun süreli ancak olağan süreçlerin ürünü olduklarını açıklamasını olanaklı kılmıştır. Kurgular ağır bir gelişim sonucunda yerlerini gözlemler, denestirmeler, yorumlamalara bi-

rakmıştır. Ancak Lyell'in "Jeolojinin İlkeleri" adlı kitabı 1830-33 yılları arasında yayımlanmaya kadar bilimsel düşünüşteki devrim yaygın ve etkin olmamıştır. 19. yüzyılın ortalarına değin bilimsel düşünüşteki devrim yaygın ve etkin olmamıştır. 19. yüzyıl ortalarına değin dönemin elverdiği ölçüde pekişmiş gözleme dayalı olarak cansızlar dünyasına ilişkin bir yerbilimleri felsefesi edinilmiş ve kurulmuştur. Canlılar dünyası yönünde ise patlama henüz sağlanamamıştır (Gordon, 1951).

Fizik bilimlerine uygulandığı gibi, zaman içindeki aşamalı değişim ve gelişim düşüncesi çağdaş yerbilimlerinin büyümesine koşut olarak olgunlaşmıştır. Önceki tarihçiler gelişim düşüncesini tartışmış ancak gereken önemi vermemişlerdir. Hutton bir başlangıç ya da bir bitişin izinin gözlenemediğini vurguladığında, çoğu yerbilim olgusunun ortaya çıkması için bilimcilerin ve felsefecilerin düşündüğünden daha uzun bir zaman sürecine gerek olduğunun farkına varmıştır.

Jeolojik zaman anlayışı Darwin'e geliştirdiği evrim kuramını bilimsel bir temele oturtmasında kolaylık sağlamıştır. "Üniformitarianizm ilkesinin net bir şekilde yerleşmiş olması gerekir yoksa geçmiş canlıların ya-

*Arthur F. Hagner, 1964, 'Philosophical aspects of the geological sciences', *The Fabric of Geology*, Claude C. Albritton, Jr. (Editör) adlı eserde yayımlanmıştır.

şam tarihçesi bugünkünden tümü ile değişik fiziksel koşulları varsayan değişik yorumlara yol açacaktır." (Garrels, 1951)

Darwin için ortamı hazırlayan ve Darwin'in düşüncelerini büyük ölçüde etkileyen Lyell'in "İlkeler"i olmuştur. "Yeryüzü ölçüsünde yinelenen katastroflar ile süreksiz kılınmayan yeryüzündeki uzun yaşam tarihçesi artık tüm canlı türlerinin yeniden ve yeniden yaratılmasını gerektirmez... yeryüzündeki aşamalı yaşam gelişimi olasılığı artık reddedilemez". (Thomas, 1947) "Jeolojinin düşünceye olasılıkla en büyük katkısı olan jeolojik zaman anlayışı önem açısından gökbilimcilerin uzayın sonsuzluğunun farkına varmaları ve fizikçilerin madde ile enerji arasındaki ilişkiyi keşfetmeleri ile karşılaştırılabilir" (Stokes, 1960)..

Bu açıdan yerbilimleri gerek bilim gerekse felsefeye tarih anlayışını ekleyerek büyük bir katkıda bulunmuştur. 19. yüzyıl öncesinde bilim büyük ölçüde güncel ile ilintili olmuştur. Yerbilimcilerin yeryuvarının bir tarihçesi olduğunu göstermelerine kadar uzak geçmişe dair düzenli bir şekilde bilgi edinilmesi olanaksızdı. Yerbilimleri geçmişin bilimsel yöntemler ile çalışılmasının olanaklılığını ve "fizik ve kimyadan bağımsız olarak tarihin bir geçerliliğe sahip olduğunu" göstermiştir. "Evrim kuramı bir doğa yasası değil, tarihsel bir düşüncedir. Geçerliliği ise mekanik olanlar dışındaki ölçütlerce sınanmıştır." (Schneer, 1960).

YERBİLİMLERİNDE YÖNTEMBİLİM VE USLAMLAMANIN ÖZELLİKLERİ

Yerbilimlerinin doğasını tartışması esnasında Chamberlin (1904) şöyle demiştir. "En küçük şey dahi yetersiz verilerden oluşmuş genellemelerden, belirsiz mantık zincirlerine dayandırılmış çıkarsamalardan, kuşku duyulmayan yorumlamalardan, tümü ile kanıtlanmamış varsayımlardan ve gerçekle ilgisi olmayan kurgulardan meydana gelemez. Bütünün bir bölümü gerçek bilim, bir bölümü ise felsefedir...Bir bölümü kurgu, bir bölümü düzenli kılınmamış malzemedir." Her ne kadar bilim genelde daha nicel ve genellemeleri ve yorumlamaları sağlam temellere dayanıyorsa da bu nokta günümüzde de geçerliliğini korumaktadır. Yine de çoğu yerbilim kuramı Chamberlin'in (1904) "çalışma testi" (working test) ve Geike'nin (1905) "olasılıklar

dengesi'ne (a balance of probabilities) dayanmaktadır. Çoğu kez yerbilimcinin açıklaması en işlevsel hipotezi seçmesine ve bunu bir veri yığılması türünde değerlendirmesine bağlıdır. Sonuçta Bemmelen (1961) tarafından vurgulandığı gibi bu noktada yerbilimcinin kişisel yeterliliği öncelikle araç kullanımına dayanan ve sorunlarına tarihsel bakışı gereksinmeyen bilim dallarındaki ne göre daha önemlidir. Yerbilim deney ve hesaplama- dan çok gözlem, betimleme ve sınıflama ile ilerlemek zorunda kalmıştır.

Yerbilimci öteki fizik-yerbilimcilerin çoğunun alışkın olmadıkları bir entellektüel ortam içinde çalışmak zorundadır. Yerbilim sorunlarının ve kavramlarının doğasını anlamak için bir yerbilimci kapalı sistemler, ayrı kılınmış değişkenler, gerçekleştirilebilir deneyler, sayısal olarak çok olan gözlenebilir oluşumların istatistiksel değerlendirilmesi gibi belirlenebilir koşullardan bir dereceye kadar vazgeçip belirsizlik durumlarına alışmak zorundadır. Öteki fizik-bilimcilere göre yerbilimci çok sayıda karmaşık değişkenin etkileşiminden türemiş olan "son-ürün" ile çalışmak zorunda kalan kişidir. Çoğu kez değişkenleri gerçekçi bir deney için ayrı tutmak (izole etmek) güçtür. Yaygınlıkla değişkenlerin sayısı bir çözüm için gereksinilen parametrelerin sayısını aşkındır ve bunlar büyük niceliklere erişirler.

Yerbilimleri öteki bilim dallarından zamanın ilgi alanına girmesi ile ayrılırlar. Çok ağır gelişim ile biçimlenen süreç ve tepkimeler milyonlarca yıllık işleyiş söz konusu olduğunda büyük önem taşıyabilir. Yerbilimci çoğunlukla bir olgunun kısa bir zaman dilimi boyunca etkili olmuş yoğun bir süreç sonucu mu yoksa uzun bir zaman dilimi boyunca işlemiş düşük yoğunluklu bir sürecin sonucu mu oluştuğunu belirlemek zorundadır. Kısa zaman dilimli laboratuvar deneylerinin sınırsız zaman dilimi gereksinilen doğal olguları temsil etmesi beklenebilir mi? Deneyi hızlandırmak için zamanı kısaltmaya hakkı var mıdır? Yerbilimci salt deneylerin sağlamlığı noktasında değil, bunu ötesinde de deneyde elde edilemeyen bir olgunun yeterince uzun zaman verilirse doğada oluşabileceği inancına da dayanmak zorundadır. Sorunları kendi özgün zamansal perspektifi içinde görmek için daima pozitif bir uslamlama gereklidir. Yerbilimci ile öteki bilimciler arasındaki

önemli bir ayırım da yerbilimcinin "geçmiş öngörme" zorunda olmasıdır. Bubnoff (1959) yerbilimleri ile öteki fizik-bilimler arasındaki asıl ayırımın "yerbilim salt güncel durumu güncel olgu ile açıklamak zorunda olması kadar direk olarak gözlemlenemeyen zaman içindeki süreçleri de gözlemek ve kökenlerini göstermek zorunda kalmasında" olduğunu düşünmektedir. Umbgrove (1947) yerbilimciyi varolan verileri ve bu veriler eksikse bazı köprüler kurgulayarak bu eksiklikleri gidermeye çalışan tarihçi ile karşılaştırmaktadır. "Çoğu jeolojik olgunun deneysel olarak doğrulanamayacak olması ve soruna yerbilimcinin doğrudan erişememesi dolaylı analiz yöntemlerini kullanmayı zorunlu kılmaktadır... Bu usulama ve açıklama yöntemleri gereklidir. Çünkü yerbilimci insan deneyimini aşan zaman ve ölçeklerdeki etkenler ile uğraşmak zorundadır" (Hagner, 1961)

Fizik ve kimyacılar ileri ölçüde nesnelere izleme ve yönlendirme ile ilgilidirler. Bu durum yerbilimcilerin bir bölümü için de gerçek olmakla birlikte yerbilimciler maddenin göreceli boyutu ve hareketinin izleyiciden çok büyük ölçekte olduğu koşulları da düşünmek zorundadırlar. Yerbilimlerinde ölçek mikroskobik boyuttan gezegen boyutuna, kristal yapısından yeryuvarının yapısına kadar değişmektedir. Yerbilimlerinde nicelikleri ölçme ve değerlendirme yönünde hızla büyüyen bir eğilim sözkonusudur; fakat yine de yerbilimleri öteki bilim dallarına göre niceliksel verilerin çok daha az olması ile ayrılır. Bu bağlamda çoğu bilimci nitel verilerin öznel, nicel verilerin ise nesnel olduğuna inanmaktadır. Ancak Birch'un (1951) belirttiği gibi "Hiçkimse şimdiye kadar ne niceliğin dışında bir nitelik ne de nitelikten bağımsız bir nicelik bulgulamıştır. Bu durumda neden niceliğin nesnel ve gerçek niteliğin ise salt özel olduğu yönündeki garip hipotezlere inanma eğilimindeyiz? Yerbilimcilerin bu konu ile yakından ilgili olmalarının nedeni "tüm yerbilim çalışmalarının kökenini oluşturan niteliksel gözlemin özüdür". (Krumbein, 1960)

Daha önce belirtildiği gibi, fizikçiler ve kimyacılar büyük ölçüde, güncel sorunlarla ve gözlemcininki ile çok aykından ilgili bir zaman ölçeği ile uğraşmaktadırlar. Bu bilimlerin başarılı olmasının nedeni zaman ölçeğini bilerek sınırlayarak deney dışına taşılabilecek so-

runlardan kendilerini uzak tuttukları söylenmektedir. Buna karşın yerbilimci böylesi sorunlardan kaçamaz ve jeolojik olguların karmaşıklığına, yeryuvarı tarihesinin kayıtlarının yetersiz olmasına karşın nitel yöntemler ile zaman sürecinin sınanmasına direnebilmiş ve deneysel olarak da kanıtlanabilmiş kavramlar geliştirebilmiştir.

Yerbilimlerinin gelişiminde olasılıkla en büyük etken jeolojik düşüncenin geliştirilmesi olmuştur. Bu da çok uzun zaman sürelerinin, maddenin ve çok kompleks değişkenlerin sürekli gözönünde tutulması sonucu zorunlu olarak elde edilmiştir. Doğayı laboratuvarda yeniden üretebilmenin olanaksızlığı nedeniyle doğal olgular birimler halinde çalışılmıştır. Olanaklı olduğu koşullarda etkenler analiz edilmiş fakat dağı laboratuvara getirmek olanaksız olduğundan deney fizik ve kimyaya göre daha az etkili olmuştur. Doğanın bir bütün olarak çalışılması "akıl yoluyla eksikleri tamamlamayı" (March, 1903) zorunlu kılsa da bütün değişkenlerin bir arada mümkün olduğunu hesaba katan bir akıl yürütme yöntemini gerektirir. Akıl yoluyla, gözlenen ile gözlenemeyen arasındaki ilişkiyi kurma olgusu petrol ve madenlerin yerlerini bulmada yeterince başarılı sonuçlar vermiştir. Dağların, havzaların ve yeryuvarı kabuğunun evrimine ilişkin yorumlamalar fizik yasalarına dayanmasına karşın, bunlar ve yeryuvarının öteki karakteristikleri ile ilgili olan ve bir formül için sıkıştırılmayıp ancak betimlenebilecek bir çok şey vardır. (Bertalanfly, 1952) Bemmelen'in (1961) sözleriyle:

"... madde maddeyi etkileyerek sonsuz sayıda değişik kombinasyonlar oluşmuş ve sonuçta yeni olasılıklar ve etkenler ortaya çıkmıştır. Bu olgular temel bilimlerin doğa yasaları ile açıklanamaz. Doğa bilimleri daha basit olgular için geçerli kural ve yasaların daha kompleks olanlar için de geçerli olduğu (ama tersinin geçerli olmadığı) türde bir hiyerarşiye sahiptirler".

Yeryuvarı bir taş gibi davranmadığı için temel fiziksel yasalar ihlal edilmediği sürece yerbilimciler jeolojik kanıtların doğru olarak kabul edilmesi şeklinde bir anlayışa dayanmışlardır. "Örneğin 19. yüzyıldaki yeryuvarının yaşına ve kabuğun kalınlık ve katılığına ilişkin tartışmalarda olduğu gibi çoğu durumlarda tarih yerbilimcilerinin öteki fizik-bilimcilere göre haklı olduğunu göstermiştir" (Hagner, 1961).

Yerbilimsel kavramlar, kuramlar dayandıkları gözlem ve verilerin niceliği, tamlığı ve sonuçta tümü ile geçerliliği ve genel olarak kabul görmesi açısından diğer bilimlerden ayrılırlar. Sözelimi, kristal birikmesi (crystal settling) ve kristal ayrışması (crystal fractionation) ile oluşan magmatik ayrışma kuramı hem arazi gözlemi hem de deneysel kanıtlarla çok iyi bir şekilde gösterilmiştir. Fakat herhangi bir dağ-oluşumu kuramı üzerinde kesin bir anlaşma sağlanamamıştır. Çünkü bu konudaki veriler bölük-pürçüktür. Sonuç olarak büyük ölçekli jeolojik olaylara uygulanabilen ancak birkaç kesin yasa vardır.

Fizik ve kimya büyük ölçüde süreçler ve bunların etkini sonuçlarının öngörüsü ile ilgilidirler. Sözelimi, termodinamiğin temel varsayımlarından birisi şudur; bir sistemde sonucu tahmin edebilmek için bir sistemin ilk durumunu ve koşullarını bilmek yeterlidir, bu sonucu tahmin etmek için aradaki sürecin bilinmesine gerek yoktur. Yerbilimleri ise çok sayıda dinamik ikincil süreçlerden oluşmuş makro-süreçler ile ilgilidir. Gözlenebilir son-ürün özgün bir akış içinde işleyen mikro-süreçler dizisinin bir toplamıdır. Bilimde tarih çalışması bu akışların tanısıdır. Çoğu yerbilimsel kanıt iki değişik akışın eş-türde sonuca ulaşabileceğini gösterir. Örneğin granit oluşumu değişik süreçlerin son-ürünüdür. Bu tür bir olasılık öteki bilim dallarının bir bölümünde sezgisel olarak varsayılan "özgün bir son-ürün salt bir biçimde oluşabilir" şeklindeki inanca karşılık oluşturur.

Fizik-bilimcilerin 20. yüzyılda kendi usamlamalarının ve çalışma konularının çok sınırlı olduğu sonucuna ulaşmaları ilginçtir. Örneğin zamanın sonsuzluğu anlayışı dikkati görecelilik kuramında yoğunlaştırmıştır. Günümüzde kuramsal fizikçi, gözlenemez olanı çıkarsama ile yükümlüdür. Bu araştırmacı gerçek duyum sınırları içine aktarılamayan ve dolaysızca sınınamayan olgular ile artan bir ölçüde ilgilenmektedir. Bu araştırmacı da yerbilimciyi andırır yönde parçalar halinde verilmiş bütünü düşüncede birleştirmek zorundadır. Fizik ve kimyadaki asıl gelişmeler en tikel parçalardan bütüne ilişkin yoğunlaştığında sözkonusu olabilir. Bu tür akıl yürütme fizikçi ve kimyacının alışık olduğu düşünce yönteminden çok felsefeci, tarihçi, yerbilimci ve biyoloğun düşünce şekline yakındır.

YERBİLİMLERİNİN GÜNÜMÜZDEKİ DURUMU

20. yüzyılda gerek fizik gerekse biyolojide uygulamalara ilişkin bir dizi yeni kavram doğmuştur. Bu yeni düşünceler veya ilkeler salt özgün bir araştırma alanına değil bilim dalının tümüne özgüdür. Yerbilimleri de bu yüzyıl içinde büyük ölçüde gelişmiş olmasına karşın bu kadar önemli olabilecek ölçüde çok az şey üretmiş ya da üretememiştir. Bu şaşırtıcıdır çünkü yeni düşüncelerin çoğu uzun süredir jeolojik araştırmaların bazı alanlarında ve birçok jeolojik düşüncelerin çoğu uzun süredir jeolojik araştırmaların bazı alanlarında ve birçok jeolojik akıl yürütme çizgilerinde kapalı bir şekilde bulunmaktaydı. Analitik bakış açısına karşıt olarak son yıllarda biyologların bir bölümünce Whitehead'ın organik evren anlayışına benzer şekilde doğaya bütün olarak veya bir organizma gibi gören bir bakış açısına ağırlık verilmektedir (Bertalanffy, 1952). Bu düşünüş bir organizmanın veya sistemin birimleri arasındaki ilişkilerin önemini vurgulamaktadır ve organizmanın tam bir tanımının bu bütünün parçalarının betimleyen yasaları olduğu ölçüde bu parçalar arasındaki ilişkileri betimleyen yasaları da içermesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu düşünce ile birlikte yapı ve biçim değişik hızlarda işleyen süreçlerin etkileşiminin geçici bir şekilde ortaya çıkmasıdır. Asılolan süreçtir ve bu açıdan doğa statik değil dinamik olarak kabul edilir. Açık sistemler kavramı da bu genel yapıya uydurulmuştur. (Bu genel yapı, yani organizma, enerjinin sürekli dağılımı ile minimal entropinin değişmez kılınması sonucu akışını sürdüren etkileşimli süreçlerin bir alanı olarak görülmüştür). Düzendeki hiyerarşi üzerine fikirler her seviyenin kendi yasalarına sahip olduğu ve bu yasaların daha alttaki yasaları aşarak geliştiği şeklinde formüle edilmiştir.

Bu kavramlar maddenin fizikte irdelenenlerden de karmaşık örgütlenmelerine ilişkindir, ancak mikrofizik alanındaki doğa yasalarının temelde istatistik olan doğasını da birincil olguların süresiz olan doğasını da dışlamazlar. Fiziğe ilişkin kavramlar, gerekli biyolojik etkenler de gözönüne alınarak modern biyolojiye katılmışlardır. Bohr'un tümleyicilik ilkesinde bile doğanın çoğu kez tek kavramla tanımlanamıyacağı ancak karşıt ve birbirini bütünüleyici kavramlar ile tanımlanabileceği düşüncesi biyolojide uygulama alanı bulmuştur. Fizik-

te maddenin gerek dalga gerekse parçacık tanımlarının eş ölçüde geçerli ve gerekli olduğu türden biyolojide de organizmik ve fiziko-kimyasal bakış açıları kavrayış için gereklidir.

Yer bilimciler bu kavramlarla nitel düzlemde ve değişen açıklık düzeylerinde ilgilenmişlerdir; ancak bu öteki dallardaki bilimcilerce de yer bilimcilerce de tümü ile değerlendirilmemiştir. Yer bilimleri de özellikle değişik hız ve yoğunluklardaki süreçlerin etkileşimi ile ilgilidir ve bir alanda işleyen salt bir sürecin tanımının bu sürecin öteki süreçler ile ilintisi kavranılmış olduğunda yetersiz ve yanıltıcı olacağı anlaşılmıştır. Bir diğer deyişle "bütün" kavramı yeniden tanımlanmıştır. Yer bilimciler arasında üniformitarianizm ve katastrofizmin göreceli önceliğine ilişkin süregiden bir tartışma söz konusu olmuştur. Bu, tektonik, paleontoloji, stratigrafik türü alanlarda belirgindir, hatta yer bilimsel zaman dilimleri ile uğraşıldığında bu gözönüne alınmak zorundadır. Muhtemelen bilim dallarının hiçbirinde biçim ve yapının geçişli niteliği yer bilimlerinde olduğu ölçüde kavranılamamıştır. Çoğu yer bilim sistemleri açık sistemlerdir; öyle ki, hernekadar geçici veya yerel bir dengeye ulaşmak için sabit bir yaklaşık varsa da madde ve enerjinin her ikisi de bu açık sisteme serbestçe girip çıkabilirler. Yerel dengeye bu bakış açısı yer bilimlerindeki birleştirici bir kavramdır.

Günümüzde "Yer bilimleri öncelsiz buluşlar dilimindedir ve dünyanın kabuğunu oluşturmuş ve hala oluşturan fiziksel ve kimyasal süreçlere ilişkin geleneksel bakış açılarına şimdi meydan okunmaktadır... Şu anda jeolojide hayranlıkla karışık bir merak atmosferi vardır ve bu durum her zaman bir bilimin en yüksek noktalara çıktığı anlarda meydana gelmektedir." (Bucher, 1950) Gerçekte yer bilimlerinde önemli gelişmeler beklenebilir. Araştırma yöntem ve teknikleri geçmiştekine göre daha hassastır; sonuçta fiziksel ve kimyasal süreçler ve olguları, bunların yetersiz nitel verilerden türetilmiş kurgular veya akılyürütmelerle elde edilen sonuçlarına göre, daha doğru bir şekilde analiz etmek olanaklı hale gelmiştir. Kıtasal büyüme ve devinimlerine yeryuvarının iç bölümleri ve yer kabuğunda gereç taşınımı ve dağılımı konularındaki bilgiye büyük katkılar beklenmelidir. Günümüzde kalıtım ilkesi, tektonizma, magmatik faaliyetler, hidrotermal etkinlikler ve birbirini izleyen

mineral evrelerinde karakteristiklerin aktarılması türünden olgular dahil birçok alana uygulanmaya başlamıştır. Pospelov (1961) çok-evreli karmaşıkların bölgesel olduğu kadar küresel ölçekte de geçerli olduğunu belirtmektedir. Parajenez kavramı yoğunlaştırılmış; formasyonlar ve metalojenik karmaşıklar kuramının temelini oluşturmuştur. Magmatik etkinlik ile mineralleşme; metamorfizma ile tektonizma arasındaki ilintilere ilişkin tüm sorunu kapsamaktadır. Pospelov "yer bilimleri yeryuvarının aktif kendiliğinden gelişimi türünden hareket biçimlerinin gelişkin türlerini kavrama ile yüzüze kalmıştır" ifadesini de eklemektedir.

20. yüzyılda jeoloji, belirgin gelişmelere karşın, tüm bilim dalları arasındaki göreceli düzeyini yitirmiştir. Bu gelişim bir ölçüde kuantum fiziği ve moleküler biyoloji örneği alanlardaki olağandışı gelişmelerin ürünüdür. Öteki etmenler de bu düzey yitimine katkıda bulunmuştur ve bunların bazıları jeologların ilgisizliği ve ihmaldir. Jeoloji olasılıkla öteki bilim dallarından da yoğun ölçüde, çok sayıda yarı-bağımsız disipline bölünmüştür ve bu yönü ile özünde jeolojiyi bir bilimler grubu olarak görmek gerekmektedir. Bu bölümlenme ile yer bilimleri ile öteki bilim kolları arasındaki sınırlar yok olmuş ve disiplinler arası alanlara yeni adlar verilmiştir. Jeofizik, jeokimya, mikrokristallografi gibi melez alanların ilgi alanları matematiksel, fiziko-kimyasal ve istatistiksel yöntemlerle çalışabilecek şekilde jeolojinin daha somut yanlarının içerecek şekilde tanımlanmıştır. Jeoloji adı altında bırakılan ise kesinliği az belirsizliği çok bir bilim görünüşünü yansıtır.

NEDEN JEOLJİ TARİHİ VE FELSEFESİ?

Jeologlar çok miktarda veri biriktirmişlerdir ve analiz ile sentezi gereksinen düzenlenmemiş malzeme ile yüzüzedirler. Öteki alanlarda bilimciler salt kendi alanlarında bir sentezi oluşturabilme olanağı ile ilgilenmekten öte tüm bilim dallarının birleştirilmesi ile de ilgilidirler. Yer bilimlerinin bir ölçüde fizik, kimya ve biyolojiye dayanması ve bunun ötesinde kendi düzleminde bir bilim kolu olması açısından bir yer bilimci bilim dallarını birleştirmek ve öteki bilim dalarına katkıda bulunmak için elverişli konumdadır. Ancak yer bilimciler bu konuda yayın üretmemişlerdir. O halde bu bilgi alanı öteki bilimciler ve düşünürlerce yer bilimcileri dışlayacak şekilde kapılmış mıdır?

Yerbilimleri bakış açısının eşsizliğini açıklamak, diğer bilim dallarına yaptığı katkının yol ve yöntemlerini göstermek ve bu fikirleri ilke veya kavramlar olarak formüle etmek veya isimlendirmek zorundadır. Bizler doğa ile genel anlamda ilgilendiğimizi göstermek zorundayız. Öteki bilim dallarındaki bilimciler gibi kendi akıl yürütme süreçlerimizde daha analitik olmalıyız. Yerbilimlerinde son dönemlerde örnekleme, ölçek, zaman süreci, ölçüm konularına ilişkin bazı çalışmalar yapılmıştır ancak yerbilim alanındaki kavramların, yöntemlerin, akıl yürütmenin, kanıtın ve yorumlamanın doğasını çözümlene araştırmaları çok gecikmiştir. Diğer bir deyişle yerbilimlerinin niteliğinin, çalışma konusunun, yönelimleri belirlenmesi gerekmektedir. Jeolojinin temellerini düşünmek açık bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Chamber'in (1904) şöyle söylemiştir; "özgün bir felsefe atmosferi... bilim dalımızın sağlıklı bir entellektüel yaşama sahip olması için gereklidir. " Bilim tarihi ve felsefesinin çalışılması" yöntemleri olduğu ölçüde gerçeklikler dizisinin perspektifine katkıda bulunacak ve bilimsel düşüncüyü birarada tutan bağı ortaya çıkaracaktır (Margenau, 1960). Tarih çalışması ile gelişimin ve değişik disiplinler arasındaki düşüncelerin etkileşiminin izlenmesi kastedilmektedir. Bir ölçüde tarihsel ve felsefi olan yerbilimlerinin niteliği ve çalışma yöntemleri yerbilimciyi kendi düşüncelerinin evrimini ve özünü incelemesi için teşvik etmelidir.

DEĞİNİLEN BELGELER

Bemmelen, R.W. Van, 1961, The scientific character of geology: J.Geol., vol.69, pp. 453-461.

Bertalanffy, L. Von, 1952, Problems of life, an evaluation of modern biological thought: London, Watts, 216 pp.

Birch, L.C., 1951, Concept of nature: Am. Scientist, vol.39, pp. 294-302.

Bubnoff, S. Von, 1959, Grundprobleme der Geologie: Berlin, Akademie-Verlag, 234 pp.

Bucher, W.H., 1950, The crust of the earth: Sci. American, vol.182, no. 5, pp. 32-41.

Chamberlin, T.C., 1904, The methods of the earth-sciences: Popular Sci. Monthly, vol.66, pp. 66-75.

Garrels, R.M., 1951, A textbook of geology: New York, Harper, 511 pp.

Geike, Sir Archibald, 1905, The founders of geology: London, Macmillan, 486 pp.

Gordon, W.T., 1951, Geology, in, H. Dingle, ed., A century of science: London, Hutchinson's Scientific and Technical Publ., pp. 98-113.

Hagner, A.F., 1961, Geologic education and its influence on approaches to geologic problems: J.Geol. Educ., vol.9, pp. 89-97.

Krumbein, W.C., 1960, The "geological population" as a framework for analyzing numerical data in geology: Liverpool and Manchester Geol. J., vol.2, pp. 341-368.

Mach, E., 1903, quoted in Schrödinger, Erwin, What is life. and other scientific essays: New York, Doubleday, 1956, 263 pp.

Margenau, H., 1960, Foreward to, The search for order by C.J. Schneer: New York, Harper, XII pp.

Pospelov, G.L., 1961, Geology as a science and its place in natural history: Izvestiya Acad. Sci., USSR, Geol. Ser., 1960, (trans. Nov., 1961), pp. 1-11.

Schneer, C.J., 1960, The search for order: New York, Harper, 398 pp.

Stokes, W.L., 1960, An introduction to historical geology: New Jersey, Prentice-Hall, 502 pp.

Thomas, H.H., 1947, The rise of geology and its influence on contemporary thought: Ann. Sci., vol. 5, pp. 325-341.

Umbgrove, J.H.F., 1947, The pulse of the earth: The Hague, Nijhoff, 358 pp.

Yarı Fosilleşmiş Dinazor Yumurtaları

Ali Haydar GÜLTEKİN

Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İZMİR

Dinazor kelimesi yaklaşık yüzyıl önce ilk defa Sir Richard Owen tarafından kullanılmıştır. Yunanca "korkunç" anlamına gelen "denius" ve "kertenkele" anlamına gelen "sauros" sözcüklerinden türetilmiştir. Ancak zamanla daha da genelleştirilerek bütün iri yapılı sürüngen fosillerine atfedilmiştir. Bugün ise dinazor kelimesi soyu tükenmiş olan bazı tür sürüngenler için kullanılmaktadır.

Dinozorlar ilk olarak 230 milyon yıl önce Orta Trias'ta görüldüler. İlk ortaya çıkan türleri sürüngendinozorlar grubuna aittir. Ancak zamanla genişliyerek farklı yönlerde evrimleştiler. Karada ve suda yaşayan türleri yanısıra hem karada hem suda yaşayan ve uçabilen türleri vardı. Devasa büyüklükte olanların yanında tavuk büyüklüğünde olanları da saptanmıştır. En iri dinazor olan *Diplodocus*, 26 metreyi bulan uzunluğu ile dev boyutlu bir hayvandı. Bazıları iki ayak, bazıları ise dört ayak üzerinde hareket eden bu hayvanlar etçil, otçul veya rasladıkları herşeyi yemeye yatkın canlılardı. Dinozorların soyunun tükenme nedeni bugün tam olarak anlaşılmış değildir (Oygür, 1993).

Tüm dinazorlar yumurtlayıcıydı. Bu nedenle "dinazor yumurtası" denilince bu yaratıklar tarafından yumurtlanmış olan yumurtalar anlaşılır. Fosilleşme sözcüğü ise organik maddelerin inorganik maddelere dönüşümünü, diğer bir anlatımla toprağa gömülü bitki veya hayvansal organik bileşiklerin inorganik mineralizasyonunu tanımlar. Genel bir özellik olarak, yumurta kabuğu kolaylıkla kırılabilen bir yapıda, içeriği ise akıcı olduğundan gömülü olmayanların fosilleşme şansı yoktur. Buna rağmen, dünyanın pek çok yerinde fosilleşmiş bir çok dinazor yumurtası bulunmuştur. Ancak

bugüne kadar en bol görüldükleri ülkeler Çin, Moğolistan, Kuzey Amerika ülkeleri ve Güneş Afrika olarak sayılabilir. Çin'in Henan Eyaleti'nin güneybatısında yer alan Xixia havzasında, yakın zamanlarda fosilleşmiş yeni dinazor yumurtalarının bulunması pek çok kişi ve kuruluşun ilgisini bu ülke üzerine çekmiştir. Tüm havzada bulunan fosilleşmiş yumurta sayısı yedi bin dolayındadır. Bugüne kadar bulunmuş olan dinazor yumurtalarının sayısı sadece 500 kadar olduğu düşünüldüğünde Xixia havzasının önemi çok daha iyi anlaşılır. Bazı yumurta türlerine ilk defa rastlanılıyor olması ve son derece iyi korunmuş olmaları paleontolojik ve jeolojik açıdan önemli sonuçlar doğurmuştur.

Dinozor fosillerinin yoğun şekilde bulunduğu yerlerde fosilleşmiş yumurtalara rastlanılmaması veya az sayıda olması oldukça ilginçtir. Diğer yandan çok sayıda yumurtanın bulunduğu yerlerde sadece bir kaç fosilleşmiş dinazor kemiğine rastlanılmıştır. Bu garip durumun nedeni bugün tam olarak anlaşılamamıştır. Paleontologlar buna bir yanıt bulabilmek için araştırmalarını sürdürmektedir.

Xixia'nın fosilleşmiş dinazor yumurtaları ilk olarak 1974 yılında keşfedilmiştir. İlk verilerden, bölgenin bu açıdan oldukça zengin olduğu anlaşılınca kazılara devam edilmiştir. 14 farklı yerleşim biriminde sürdürülen çalışmalar sonucunda çok sayıda yeni fosilleşmiş yumurta bulunmuştur. Saçılmış oldukları sahalarda tamamına yakını yüzeylenmiş olan yumurtaların yaşı 120 milyon yıl (Erken Kretase) olarak saptanmıştır. Çalışmalar, aralıklarla 1993 yılına kadar sürdürülmüştür. Ancak 1993 yılı baharında Xixia ve yakın sahalarında kazı çalışmaları, Çin hükümetinin gözetim ve denetimi

altında yoğunlaştırılmış, bunun sonucunda da yedi bin dolayında fosilleşmiş dinazor yumurtası ortaya çıkarılmıştır.

Fosiller geniş bir sahaya dağılmıştır. Yalnızca 40 kilometre karelik bir sahada 5 binden fazla fosil yumurtası bulunmuştur. Bu durum, bu tür kalıntıların keşfedildiği sahalarda içinde tek örnektir. Yumurta türü açısından büyük bir çeşitliliğin bulunduğu bölgede ölçülmüş olan en büyük yumurta uzunluğu 50 cm, en küçük uzunluk ise 10 cm boyutundadır. Şekilleri yuvarlak veya eliptikten, yuvarlak uçlu silindirik şekillere değişim gösterir. Yumurtaların diziliş şekilleri buldukları diğer alanlardan farklılıklar gösterir. Büyük çoğunlukla arı kovanına benzer bir düzenleme ve yuva başına 22 kadar yumurta saptanmıştır.

Kazı çalışmaları sırasında bir talihsizlik sonucunda iki yumurtanın kırılmış olması, en ilginç bulguların elde edilmesine yol açmıştır. Kırılan yumurtalardan birinin merkezi bölümü hala yumuşaktı. Diğer ise çift kabukluydu. Oysa diğer yumurtalar tamamen fosilleşmişti. Yarı fosilleşmiş olan yumurta 10 cm uzunluğunda, 8 cm genişliğinde, 6 cm kalınlığında ve oval bir şekil göstermekteydi. Yumurta kabuğu pürüzsüz gri bir yüzeye dönüşmüştü. Ancak en ilginç olan konu, gri-mor renkli olan 2 cm çapındaki bir merkezi bölümün pamuk şekilli yapı göstermesiydi. Yumurtanın sarısı olarak görünen kısım kabuktan ince bir kalsit tabakası ile ayrılmıştı. detaylı incelemelere karşın, merkezi materyalin niteliği tam olarak anlaşılamamıştır.

Çift kabuklu olan diğer yumurtanın çapı 10 cm kadardı. Kabuğun kırılmış olması nedeniyle bu yumurta, iç materyali yönüyle dikkatlice incelenmiştir. Gözlemler, yumurtanın düzensiz beyaz çizgiler içeren siyah renkli bir maddeden oluştuğunu ortaya koymuştur. Oluştuğu ilginç olan bu maddenin yumurtanın beyazı olabileceği veya yarı gelişmiş bir dinazor embriyosu olabileceği öne sürülmüştür. (Jinghua and Xiaosi 1994).

Gezegimizin yaşı 4.7 milyar yıl olarak kabul edilmektedir. Ancak ilk omurgalı canlıların ortaya çıkması sadece 500-600 milyon yıl geriye gidebilmektedir. Böylesine uzun bir tarih öncesi çağı bütünü ile anlamak ve ortaya çıkarmak oldukça zor gözükmektedir. Yeryuva-

rının geçmesini anlamak, evrimleşme evrelerini ortaya koyabilmek fosiller dikkate alındığında olanaklı olabilmektedir. Dinazor yumurtalarının bulunduğu sahalarda jeolojik geçmişini, paleocoğrafyasını ve iklimini saptamak, fosillerle ortaya çıkarmak olanaklıdır. Bugün bir anlamda fosilleşmiş dinazor yumurtası krallığı olarak adlandırabileceğimiz Xixia, Kretase'de (110 milyon yıl önce) dağlarla çevrili bir havza içinde yer alıyordu. Nemli iklimi, bitki örtüsü sürüngenler için son derece elverişliydi. Bu nedenle bu havzada bütün dinazor türlerine rastlamak sözkonusuydu.

Fosilleşmiş hayvan ve bitki kalıntılarına dayanarak Xixia hakkında bilinmeyenler ortaya çıkarılmaya çalışılmaktadır. Doğal olarak dinazorların evrimleşmesini ve özelliklerini saptamada bu canlıların fosil kayıtları bir temel oluşturmaktadır. Fosillerin incelenmesiyle bu tür canlıların büyümelerini, hastalıklarını, ölümlerini ve neden ortadan kaybolduklarını anlamak mümkün olabilir. Fosilleşmiş dinazor yumurtaları da bu bulguları ortaya koymada bize değerli ipuçları verebilmektedir. Ancak hala pek çok sorun bulunmaktadır. Örneğin yumurtaların yoğun şekilde bulunduğu sahalarda niçin dinazor kalıntılarında rastlanılmamaktadır? Dinazorlar yumurtlamak için göç ederler miydi? Yumurtaların içinde, bilim adamlarına eşsiz bulgular sunacak genetik materyale rastlama şansı nedir?

Tüm sorulara tam olarak yanıt bulunmasa da, Xixia'daki bu binlerce fosilleşmiş yumurtaların incelenmesi şüphesiz ki bize hem bu canlıları tanımada hem de belirli jeolojik dönemleri incelemeye yeni veriler sunacaktır. Kısacası, "Homo Sapiens" ya da "İnsan" a kadar olan gezegenimizin geçmişini ortaya koymak, daha uzun yıllar bilim adamlarının başlıca uğraşı olarak kalacak gibi görünmektedir.

DEĞİNİLEN BELGELER

Oygür, V., 1993, Jurassic Park, Bilimin Halk Düzeyine İndirilmesinin Yolu, Jeoloji Mühendisliği, s. 42, 118-127.

Jinghua, and Xiaosi, F., 1994, Xixia, the Kingdom of Dinosaur Egg Fossils, China and World Cultural Exchange, No. 4, pp. 20-21 Beijing.

JEOLUJİ TAKVİMİ

(Episod, Eylül 1994)

1995

January

January (originally planned for February 1994)
GEOLGY OF THE NILE BASIN

COUNTRIES (1st International Conference), Assiut, Egypt. (Professor Hassan A Soliman, Assiut University, Geology Department, Assiut, Egypt. Telefax: 20 2 88 32 25 64)

3-7 January 1995

THE EVOLUTION OF THE EAST ASIAN ENVIRONMENT (4th International

Conference), Hong Kong. (Centre of Asian Studies, The University of Hong Kong, Pokfulam Road, Hong Kong. Telefax: (852) 559 5884; e-mail: caslib@hkucc.bitnet)

5-7 January 1995

LATE GLACIAL PALAEOCEANOGRAPHY OF THE NORTH ATLANTIC MARGINS, Edinburgh, UK. (W E N Austin, Department of Geology and Geophysics, Grant Institute, West Mains Road, Edinburgh EH9 3JW, UK. Phone: 44 31 650 5943; telefax: 44 31 668 3184)

16-18 January 1995

NEW DIRECTIONS FOR GEOSCIENCES (GSC Current Activities Forum), Ottawa, Canada. (Mike Kiel, Geological Survey of Canada, 601 Booth Street, Ottawa, Ontario K1A 0E8, Canada. Phone: 613 992 5265; telefax: 613 996 8748; e-mail: mkiel@gsc.emr.ca)

19-24 January 1995

2ND SOUTH ASIA GEOLOGICAL CONGRESS (GEOSAS II), Colombo, Sri Lanka. (Dr N P Wijayananda, GEOSAS II, Geological Survey and Mines Bureau, 4 Galle Road, Dehiwela, Sri Lanka. Phone: 94 1 72574; telefax: 941 725752)

February

6-11 February 1995

SOUTH ASIA GEOLOGICAL CONGRESS (GEOSAS-II: 95), Colombo, Sri Lanka. (Congress Secretariat, NARA, Crow Island Mattakuliya, Colombo 15, Sri Lanka. Phone: 941 522008; telefax: 941 522932, 941 522881)

7-8 February 1995

■ **PETROLEUM GEOLOGY IN THE IRISH SEA AND ADJACENT AREAS**, London, UK. (H Gould, Geological Society, Burlington House, Piccadilly, W1V 0JU)

9-11 February 1995

■ **INTERDISCIPLINARY COOPERATION IN EARTHQUAKE HAZARD MITIGATION** (47th Annual Meeting of the Earthquake Engineering Research Institute), San Francisco, USA. (ELERI 499 14th St., Suite 320, Oakland California 94612-1934. Phone: 510 451 0905; telefax: 510 451 5411)

13-14 February 1995

■ **OIL AND GAS ASIA '95**, Manila, Philippines. (Conference Committee, HQ Link Philippines Inc, Unit B, 8th Floor, 101 Aguirre St., Legaspi Village, Makati., Metro Manila, Philippines. Phone: 632 810369; telefax: 632 8153152.

14-16 February 1995

THE GEOENVIRONMENT, New Orleans, Louisiana, USA. (Dr Yalcin B Acar, Civil Engineering Department, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803 USA. Phone: 504 388 8638; telefax: 504 388 5990)

15-18 February 1995

GEOSEA '95—GEOLOGY, MINERALS AND ENERGY RESOURCES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (8th Regional Conference on Geology, Minerals and Energy Resources of Southeast Asia), Manila, Philippines. (The Secretariat, GEOSEA '95 Organizing Committee, Geological Society of the Philippines, North Avenue, Diliman Quezon City, Philippines. Phone 99 85 44; telefax: (632) 99 85 44, (632) 95 16 35, (632) 711 30 77, (632) 712 46 56)

March

4 March 1995

■ **TECTONICS OF THE BRITISH ISLES: ONSHORE AND OFFSHORE GEOLOGY**, Durham, UK. (B Holdsworth, Department of Geological Sciences, University of Durham, Durham DH1 3LE, UK.)

○ 5-8 March 1995

AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS (Annual Meeting), Houston, Texas, USA. (AAPG Convention Department, PO Box 979, Tulsa, OK 74101, USA. Phone: (918) 584-2555)

6-9 March 1995

SOCIETY FOR MINING METALLURGY AND EXPLORATION (Annual Meeting), Denver, Colorado, USA. (Meetings Department, SME Inc, PO Box 625002, Littleton, CO 80162-5002, USA. Phone: (303) 973-9550; telefax: (303) 979-3461)

12-16 March 1995

WATER RESOURCES MANAGEMENT (International Conference), Muscat, Oman. (Saif bin Rashid al Shaqsi, WRM, Ministry of Water Resources, P O Box 2575, Ruwi 112, Sultanate of Oman. Telefax: 968 799 563)

12-16 March 1995

■ **DEVELOPMENT AND UTILISATION OF EARTH AND HUMAN RESOURCES** (31st Conference of Nigerian Mining and Geosciences Society), Calabar, Nigeria. (Dr B N Ekwueme, Department of Geology, PO Box 3651, Calabar, Nigeria)

13-17 March 1995

LUNAR AND PLANETARY SCIENCE (26th Annual Conference), Houston, Texas, USA. (LeBecca Simmons, LPI Publications and Programme Services Department, 3600 Bay Area Boulevard, Houston TX 77058 1113, USA. Phone 713 486 2158)

27-29 March 1995

■ **STRUCTURAL GEOLOGY IN RESERVOIR CHARACTERISATION AND FIELD DEVELOPMENT**, London, UK. (M Coward, Department of Geology, Imperial College, Prince Consort Road, London SW7 2BP)

27-29 March 1995

■ **SUB-SAHARAN OIL AND MINERALS**, Johannesburg, South Africa. (Europe Energy Environment Ltd, 3 Hayne St, London EC1, 9HH, UK. Phone: 171 600 6660; telefax: 17 600 4044)

28 March-7 April 1995

MOZAMBIQUE AND RELATED METAMORPHIC BELTS (Field Workshop and 3rd Annual Meeting of IGCP 348 — part of Geocongress '95), Natal and Johannesburg, South Africa. (Bob Thomas, Council for Geoscience, P O Box 900, Pietermaritzburg, South Africa. Phone: 033 456265; telefax: 0331 949342)

April

2-7 April 1995

GEOTECHNICAL EARTHQUAKE ENGINEERING AND SOIL DYNAMICS (3rd International Conference), St Louis, Missouri, USA. (Dr Shamsheer Prakesh, University of Missouri-Rolla, Continuing Education, 103 ME Annex, Rolla, MO 65401-0249, USA. Phone: (314) 341 4200; telefax: (314) 341 4992; e-mail: prakash@novell.civil.umar.edu)

3-5 April 1995

■ **UK MINERALS INDUSTRY**, Leeds, UK. (The Conference Office, IMM, 44 Portland Place, London W1N 4BR, UK. Phone: 171 580 3802; telefax: 171 436 5388)

3-7 April 1995

SOUTH AFRICA CENTENNIAL GEOCONGRESS, Johannesburg, South Africa. (Secretariat, Centennial Geocongress PO Box 36815, Menlo Park, 0102 South Africa. Phone/telefax: 27 12 47 3398)

4-8 April 1995

THE HIMALAYA, KARAKORAM AND TIBET (10th Workshop), Monte Verità, Ascona, Ticino, Switzerland. (Dr David A Spencer, Geologisches Institut, ETH-Zentrum, CH-8092 Zurich, Switzerland. Phone 41 1 632 3698; telefax: 41 1 632 1080 e-mail: daspencer@erdw.ethz.ch)

4-8 April 1995

■ **MIOGE '95** (3rd Moscow International Oil and Gas Exhibition and Conference), Moscow, Russia. (Oil and Gas Division, Byron House, 112a Stinland Rd, London W9 2EQ, UK)

5-7 April 1995

FRACTALS AND DYNAMIC SYSTEMS IN GEOSCIENCE (2nd International Symposium), Frankfurt, Germany. (Jörn H. Krühl, Geol.-Paläont. Institut, J.W. Goethe-Universität, Senckenberganlage 32, D-50054 Frankfurt/M., Germany. Phone: 49 69 7982695; telefax: 49 69 7982958; telex: 413 932 UNIF D)

10-13 April 1995

GEOLOGY AND ORE DEPOSITS OF THE AMERICAN CORDILLERA, Reno, Nevada, USA. (Bob Hatch, Geological Society of Nevada, Box 12021, Reno, Nevada 89510. Phone: 702 323 4569; telefax: 702 323 3599)

10-14 April 1995

MECHANICS OF FAULTED ROCK (2nd International Conference), Vienna, Austria. (Doz. Dr. H.P. Rossmanith, Institute of Mechanics, Technical University Vienna, Wiedner Hauptstr. 8-10/325, A-1040 Vienna, Austria. Phone: 0043 1 58 801 5514; telefax: 0043 1 587 58 63; e-mail: rossmanith@emch80.una.ac.at)

May

2-5 May 1995

GEOTECHNICA (International Trade Fair and Congress for Geosciences and Geotechnology), Cologne, Germany. (AWS-Geschäftsstelle, Wissenschaftszentrum, Ahrstrasse 45, D-53175, Bonn, Germany)

5-13 May 1995

CONSERVATION OF GEOLOGICAL HERITAGE IN SOUTH-EAST EUROPE (1st Subregional Meeting), Sofia, Bulgaria. (Dr. Radoslav Nakov, Geological Institute, Acad. G. Bontchev St. block 24, 1113 Sofia, Bulgaria. Telefax: (00359 2) 724638)

14-18 May 1995

CANADIAN INSTITUTE OF MINING, METALLURGY AND PETROLEUM (97th annual general meeting), Halifax, Nova Scotia, Canada. (John Gaydos, Meetings Manager, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1 Place Alexis Nihon, 1210-3400 de Maisonneuve Boulevard West, Montreal, Quebec H3Z 3B8, Canada. Phone: (514) 939-2710; telefax: (514) 939-2714)

14-18 May 1995

WATER RESOURCES AT RISK, Denver, USA. (Helen Klose, American Institute of Hydrology, 3416 University Avenue, Minneapolis Mn 55414, USA)

15-18 May 1995

GROUNDWATER QUALITY, REMEDIATION AND PROTECTION, Prague, Czech Republic. (GQ '95, c/o Gaurant, Opletalova 15, 11000 Prague 1, Czech Republic)

15-19 May 1995

EXPLORING THE TROPICS (17th International Geochemical Exploration Symposium), Townsville, Queensland, Australia. (Dr. Russell Myers, 17 IGES, National Key Centre in Economic Geology, James Cook University, Townsville, Q 4814, Australia. Phone: 077-814486; telefax: 61-77-815522)

17 May 1995

LOW-COST GEOLOGICAL REMOTE SENSING (Meeting of the Geological Society's Remote Sensing Group), London, UK. (Dr. Richard Teeuw, Applied Geology Unit, University of Hertfordshire, College Lane, Hatfield, Hertfordshire AL10 9AB. Phone: 01 707 284598; telefax: 01 707 284514)

17-19 May 1995

GEOLOGICAL ASSOCIATION OF CANADA AND MINERALOGICAL ASSOCIATION OF CANADA (Joint Annual Meeting), British Columbia, Canada. (Dr. Chris R. Barnes, General Chair, SEOS, University of Victoria, PO Box 1700, Victoria, BC V8W 2Y2, Canada. Phone: (604) 721-6120; telefax: (604) 721-6200)

29 May-1 June 1995

MINING AND THE ENVIRONMENT—AN INTEGRATED APPROACH TO PLANNING AND REHABILITATION FOR THE 21ST CENTURY (Sudbury '95 Conference), Sudbury, Canada. (A. J. Oliver, Mineral Sciences Laboratory, CANMET, 555 Booth St, Ontario K1A 0G1, Canada. Telefax: 613 996 9041)

29 May-2 June 1995

EUROPEAN ASSOCIATION OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS (57th Annual Meeting and Technical Exhibition), Glasgow, UK. (Evert van der Gaag, Business Manager EAEG, PO Box 298, 3700 AG Zeeist, The Netherlands. Phone: +31 (0)3404 56997; telefax: +31 (0)3404 62640)

June

4-10 June 1995

MANAGING THE EFFECTS OF MAN'S ACTIVITIES ON GROUNDWATER (26th Congress of IAH), Edmonton, Canada. (Solutions 95, 10769-99 Street, Edmonton, Alberta, Canada T5H 4H6. Phone: +403 4245281; telefax: +403 4245306)

5-12 June 1995

POPULATION, RESOURCES AND ENVIRONMENT: PROSPECTS AND INITIATIVES (18th Pacific Science Congress), Beijing, China. (Professor Fu Congbin, Chinese Academy of Science, PO Box 2718, Beijing 100080, China. Phone: 86 1 2575034; telefax: 86 1 2562458; e-mail: fucb%bepec2@scs.slac.stanford.edu)

7-9 June 1995

AFRICAN MINING '95, Windhoek, Namibia. (The Conference Office, The Institution of Mining and Metallurgy, 44 Portland Place, London W1N 4BR. Phone: +44 (0)71-580 3802; telefax: +44 (0)71-436 5388)

12-16 June 1995

THE ORDOVICIAN SYSTEM (7th International Symposium), Las Vegas, Nevada, USA. (Dr. Margaret N. Rees, Department of Geoscience, University of Nevada at Las Vegas, Las Vegas, NV 89154-4010, USA. Phone: (702) 739-3262; telefax: (702) 597-4064)

18-23 June 1995

GEOMORPHOLOGY (Conference, International Association of Geomorphologists, SE Asia), Singapore. (Dr. Goh Kim Chuan, Geography/NIE Division, Nanyang Technical University, 469 Bukit Timah Road, Singapore 1025. Telefax: 65 469 8433)

25-28 June 1995

WATER RESOURCES AND ENVIRONMENTAL HAZARDS (Annual Symposium AWRA), Honolulu, Hawaii, USA. (A. Ivan Johnson, Inc, 7474 Upham Ct, Arvada, CO 80003, USA. Phone: 303 425 5610)

26 June-1 July 1995

EUROPEAN COAL CONFERENCE '95, Prague, Czech Republic. (ECC '95, Faculty of Science, Charles University, Albertov 6, 128 43 Prague 2, Czech Republic. Phone: 2 24915472; telefax: 2 296084)

July

2-9 July 1995

PACIFIC NEOGENE STRATIGRAPHY AND IGCP 355 (6th RCPNS International Congress), Serpong, Indonesia. (Dr. E. P. Utomo, Organising Committee, LIPI, Jalan Cisititu 21/154D, Bandung 40135, Indonesia. Telefax: 62 22 250 4593)

2-14 July 1995 (modified entry)

INTERNATIONAL UNION OF GEODESY AND GEOPHYSICS (21st General Assembly), Boulder, Colorado, USA. (IUGG General Assembly, American Geophysical Union, 2000 Florida Avenue, NW, Washington, DC, 20009, USA. Phone: 202 462 6900; telefax: 202 328 0566; e-mail: iugg_xxiga@kosmos.agu.org)

10-14 July 1995

REEFS AND CARBONATE PLATFORMS IN THE PACIFIC AND INDIAN OCEANS, Sydney, Australia. (D. D. Bergersen, Department of Geology and Geophysics, University of Sydney, NSW, Australia. Phone: 61 2 692 4050; telefax: 61 2 692 0184)

17-21 July 1995

PELAGIC BIOGEOGRAPHY (2nd International Conference), Amsterdam, The Netherlands. (S. Vander Spoel, Institute of Taxonomic Zoology, PO Box 94766, 1090 GT Amsterdam, The Netherlands. Phone: 31 20 525 5402)

18-20 July 1995

COASTAL AND OCEAN ZONE MANAGEMENT (9th International Symposium), Tampa, Florida, USA. (Dr. Billy Edge, Ocean Engineering Program, Civil Engineering Department, Texas A&M University, College Station, Texas 77843 3136, USA)

August

3-10 August 1995

INTERNATIONAL UNION FOR QUATERNARY RESEARCH (INQUA) (14th International Congress), Berlin, Germany. (Professor Dr. Margot Böse, Institut für Geographische Wissenschaften, Freie Universität Berlin, Grunewaldstr. 35, D-12165 Berlin, Germany. Telefax: 30 838 6532)

7-12 August 1995

6TH INTERNATIONAL KIMBERLITE CONFERENCE, Novosibirsk, Russia. (Dr N Pokhilenko, United Institute of Geology Geophysics and Mineralogy, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, 630090 Novosibirsk-90, Russia. Telex: 133123 KORA SU; telefax: 007 3832 3526 92; e-mail: chief@diamond.msk.su)

9-10 August 1995

TERRESTRIAL CARBON CYCLE CHANGES DURING THE LAST 150 Ky (International Symposium, part of INQUA XIV), Berlin, Germany. (H Faure, Luminy Case 907, F 13288 Marseille Cédex, 09, France. Telefax 33 91 26 66 38)

○ 13-16 August 1995 (modified entry)

LINKED EARTH SYSTEMS (1st SEPM Congress on Sedimentary Geology), St Pete Beach, Florida, USA. (SEPM, PO Box 4756, Tulsa, OK, 74159-0756, USA)

13-28 August 1995

WATER-ROCK INTERACTION (8th International Symposium), Vladivostok, Russia. (Oleg ChudaeV, Far East Geological Institute, 690022 Vladivostok, Russia. Phone: 7 4232 3172567; telefax: 7 5098 512430; telex: 213212 FEBAS SU; e-mail: fegi@visenet.iasnet.com)

21-25 August 1995

RESEARCH METHODS IN ANCIENT AND MODERN LACUSTRINE BASINS (1st International Limno-geological Congress), Copenhagen, Denmark. (Dr Nanna Noe-Nygaard, Geological Institute, University of Copenhagen, Øster Volgade 10, Copenhagen 1350 K, Denmark. Phone: 45 35322491; telefax: 45 35322499)

24 August-5 September 1995

OROGENIC LHERZOLITES AND MANTLE PROCESSES (2nd International Workshop), Granada, Spain. (H G Barszczus, Géofluides GBE/STEEM, C P 057, Université de Montpellier 2, 34095 Montpellier Cedex 5, France. Phone: 33 6714 3933; telefax: 33 6714 4774; e-mail: barszczus@dstu.univ-montp2.fr)

27 August-1 September 1995

GEOLOGY OF THE EASTERN MEDITERRANEAN REGION (2nd International Symposium), Jerusalem, Israel. (PO Box 50006, Tel-Aviv 61500, Israel. Phone: 972 3 5140014; telefax: 972 3 5175674)

28-31 August 1995

MINERAL DEPOSITS: FROM THEIR GENESIS TO THEIR ENVIRONMENTAL IMPACTS (3rd Biennial SGA Meeting), Prague, Czech Republic. (Dr Jan Pasava, Secretary General, Czech Geological Survey, Klarov 131/3, 118 20 Praha 1, Czech Republic. Phone: (42) 2 537011; telefax: (42) 2 7980965)

28 August-1 September 1995

TECTONICS AND METALLOGENY OF EARLY/MID PRECAMBRIAN OROGENIC BELTS, Montreal, Canada. (J A Percival, Geological Survey of Canada, 601 Booth Street, Ottawa, Ontario K1A 0E8, Canada. Phone: (613) 995 4723; telefax: (613) 995 9272; e-mail: ipercival@6091C.gsc.emr.ca)

○ 28 August-2 September 1995

CARBONIFEROUS-PERMIAN (13th International Congress), Kraków, Poland. (XIII ICC-P Secretary General, Prof. dr.hab. Sonia Dybowa-Jachowicz, Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Górnośląski, 1 Królówlej Jadwigi, 41-200 Sosnowiec, Poland. Phone: 48 32 66 20 36; telefax: 48 32 66 55 22)

28 August-2 September 1995

THE ORIGIN OF GRANITES (3rd Hutton Symposium), College Park, Maryland, USA. (Dr Michael Brown, Department of Geology, University of Maryland at College Park, College Park, MD 20742, USA. Phone: (301) 405-4082; telefax: (301) 314-9661)

○ 31 August 1995

INQUA, Berlin, Germany. (E Derbyshire, Royal Holloway and Bedford New College, London University, Egham, Surrey TW20 0EX, UK. Telefax: +44(0)273-748919)

September

1 September 1995

BRACHIOPODES ACTUELS ET FOSSILES (International congress), Sunbury, Ontario, Canada. (M Gayet and B Courtinat, Université Claude-Bernard Lyon 1, Centre des Sciences de la Terre, 27-43, boulevard du 11-nov., F-69622 Villeurbanne Cedex, France. Phone: 72 44 83 98 and 72 44 85 72; telefax: 72 44 84 36)

4-8 September 1995

DYKES (3rd International Conference), Jerusalem, Israel. (Dr Gideon Baer, Geological Survey of Israel, 30 Malkhe Israel Street, Jerusalem 95501, Israel. Telefax: 972 2 3806688)

4-9 September 1995

ASSOCIATION OF EUROPEAN GEOLOGICAL SOCIETIES (9th Meeting), St Petersburg, Russia. (Dr A Kotov, Institute of Precambrian Geology and Geochronology, Marakova Emb. 2, St Petersburg, Russia. Phone: (812) 218 47 01; telefax: (812) 218 48 01; e-mail: spire@sovamsu.sovusa.com)

4-9 September 1995

DEVONIAN MICROVERTEBRATE BIOCHRONOLOGY (Final Meeting of IGCP 328, followed by field meeting in N France/Belgium, 9-25 September), Paris, France. (Dr Alan Blieck, telefax: 33 2043 6900)

10-20 September 1995

KARST WATER AND ENVIRONMENTAL IMPACTS (5th International Symposium), Antalya, Turkey. (G Günay, Karst '95, PO Box 357, Kizilay, 06420 Ankara, Turkey. Phone: 90 41342 235 2543; telefax: 90 41312 235 2862)

17-20 September 1995

CARPATHO-BALKAN GEOLOGICAL ASSOCIATION (15th Symposium), Athens, Greece. (G Migros, Inst. Mineralogy-Geology, Iera Odos 75, 11855 Athens, Greece. Phone: 30 1347 3143; telefax: 30 1346 0885)

18-23 September 1995

FROM RIFTING TO DRIFTING IN PRESENT-DAY AND FOSSIL OCEAN BASINS (International Ophiolite Symposium), Pavia, Italy. (Dr R Tribuzio, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pavia, via Abbiategrasso, 209, I-27100 Pavia, Italy. Phone: 382 505874; telefax: 382 505890)

29 September-2 October 1995

PALEOBIOLOGY AND EVOLUTION OF THE BIVALVIA. (5th Canadian Paleontology Conference and International Symposium — Joint Meeting), Drumheller, Alberta, Canada. (Paul A Johnston, CPC-V, Royal Tyrrell Museum of Paleontology, PO Box 7500, Drumheller, Alberta T0J 9Y0. Phone: 403 823 7707; telefax: 403 823 7131)

October

9-13th October 1995

GEOLOGY FOR DEVELOPMENT WITHIN A SUSTAINABLE ENVIRONMENT (10th Conference of the Geological Society of Africa), Nairobi, Kenya. (Secretary GSA, 95 Organising Committee, PO Box 60199, Nairobi.)

9-14 October 1995

INTERNATIONAL EARTH SCIENCE COLLOQUIUM ON THE AEGEAN REGION, Izmir-Gulluk, Turkey. (Professor Dr Ozkan Piskin, General Secretary IESCA 1995, DE University, Department of Geology, PK 74 (EU-PTT) 35100 Bornova, Izmir, Turkey. Phone: 232 388 2919; telefax: 232 388 7864; e-mail: dmujeo01@trearn.bitnet)

10-14 October 1995

AMERICAN ASSOCIATION OF STRATIGRAPHIC PALYNOLOGISTS (28th Annual Meeting), Ottawa, Canada. (Ms Susan A Jarzen, Canadian Museum of Nature, PO Box 3443, Station D, Ottawa, Ontario, Canada K1P 6P4. Telefax: 613 954 4724)

10-14 October 1995

PALEOCEANOGRAPHY (International Meeting), Halifax, Nova Scotia, Canada. (Larry Mayer, Ocean Mapping Group, Department of Surveying and Engineering, Box 4400, Fredericton, New Brunswick E3B 5A3, Canada)

16-20 October 1995

LAND SUBSIDENCE - FISOL '95 (5th International Symposium), The Hague, The Netherlands. (F H Schröder, Netherlands Geodetic Commission, PO Box 5030, NL-2600 GA Delft, The Netherlands. Telefax: 15 782745)

17-19 October 1995

SEISMIC ZONATION (5th International Conference), Nice, France. (5th ICZS, AFPS Domaine de Saint-Paul, BP 1, 78470 Saint Remy Les Chevreuse, France. Telefax: (33-1) 30 52 75 75)

○ 22-25 October 1995

AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS (International Conference and Exhibition), Cairo, Egypt. (AAPG Convention Department, PO Box 979, Tulsa, OK 74101, USA. Phone: (918) 584-2555)

COMPUTER APPLICATIONS IN THE MINERAL INDUSTRY (3rd Conference), Montreal, Canada. (Hani Mitri, Chairman CAMI '95, Department of Mining and Metallurgical Engineering, McGill University, 2020 University St., 21st floor, P O Box 102 Montreal, Quebec, Canada H3A 2A5. Phone: 514 398 4383; telefax: 514 398 8379)

○ 24-27 October 1995

GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA (Annual Meeting), Seattle, Washington, USA. (Jean Kinney, GSA Headquarters, PO Box 9140, 3300 Penrose Place, Boulder, CO 80301, USA. Phone: (303) 447-2020)

November

5-9 November 1995

SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS (Annual Conference), Denver, Colorado, USA. (Society of Exploration Geophysicists, Convention Assistant, PO Box 702740, Tulsa, OK 74170, USA)

○ 6-9 November 1995

GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA (Annual Meeting), New Orleans, Louisiana, USA. (Jean Kinney, GSA Headquarters, Box 9140, 3300 Penrose Place, Boulder, CO 80301, USA. Phone: (303) 447 2020)

6-10 November 1995

CURVED OROGENIC BELTS: THEIR NATURE AND SIGNIFICANCE, Buenos Aires, Argentina. (Dr Jose Selles-Martinez, COB '95, Dpto. de Ciencias Geologicas, Pabellon 2 Ciudad Universitaria, 1428 Buenos Aires, Argentina. Phone: 54 1 781 8213; telefax: 54 1 788 3439; e-mail: postmast@lpgfcg.uba.ar)

7-11 November 1995

RIVER SEDIMENTATION (6th International Symposium), New Delhi, India, (Shri C V J Varma, Central Board of Irrigation and Power, Malch Marg, Chanakyapuri, New Delhi 110021, India. Phone: 91 11301 5984; telefax: 91 11301 6347; telex: 31 66415 CBIP IN)

8-10 November 1995

■ **TOWARDS RELATIVELY SUSTAINABLE ENERGY AND MINERAL RESOURCE** (International Conference), Hat Yai, Thailand. (Asst Professor Rotchanatch Darnsawasdi, PO Box 2, Hat Yai 90112, Thailand. Phone: 074 211030 49; telefax: 66 074 212802)

19-22 November 1995

PACRIM (Congress), Auckland, New Zealand. (Mrs Charmayne Perera, Congress Secretariat, Australasian Institute of Mining and Metallurgy, PO Box 122, Parkville, Vic 3052, Australia. Phone: (03) 347-3166; telefax: (03) 347-8525; e-mail: j.mauk@auckland.ac.nz)

December

9-11 December 1995

QUATERNARY DESERTS AND CLIMATIC CHANGE (IGCP 349 Meeting), Al Ain, United Arab Emirates. (A S Alsharhan, Desert and Marine Resource Center, UAE University, PO Box 17777, Al Ain, United Arab Emirates. Telephone: 971 3 638 150. telefax: 971 3 620486)

1996

CANADIAN INSTITUTE OF MINING, METALLURGY AND PETROLEUM (98th Annual General Meeting), Quebec City, Quebec, Canada. (John Gaydos, Meetings Manager, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1 Place Alexis Nihon, 1210-3400 de Maisonneuve Boulevard West, Montreal, Quebec H3S 3B8, Canada. Phone: (514) 939-2710; telefax: (514) 939-2714)

GEOSTATISTICS (5th International Congress). Wollongong, New South Wales, Australia. (Géostatistique de l'École des Mines de Paris, 35 rue Saint Honoré, 77305 Fontainebleau, France. Phone: (1) 64 69 47 04; telefax: (1) 64 69 47 05)

February

19-23 February 1996

GEOSCIENCE IN THE COMMUNITY (13th Australian Geological Convention and Celebration of the Jubilee of BMR/AGSO) Canberra, Australia. (ACTS, GPO Box 220, Canberra ACT, 2601 Australia)

March

8-15 March 1966

GEOLOGICAL SURVEYS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT (Conference to mark the Centennial of the Geological Survey of Egypt), Cairo, Egypt. (M El Hinnawi, Geological Survey of Egypt, 3 Salah Salem Road, Abbassiya, Cairo, Egypt. Telefax: 002 02 820 128)

April

24-27 April 1996

NATURAL HAZARDS, LAND-USE PLANNING AND THE ENVIRONMENT (6th Spanish Congress and International Conference), Granada, Spain. (Clemente Iligaray Fernández, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Campus Fuentenueva, 18071 Granada, Spain. Phone/telefax: 34 58 243 367; e-mail: jchacon@ugr.es)

May

○ 19-22 May 1996

AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS (Annual Conference), San Diego, California, USA. (AAPG Convention Department, PO Box 979, Tulsa, OK 74101, USA. Phone: (918) 584-2555)

27-29 May 1996

GEOLOGICAL ASSOCIATION OF CANADA and MINERALOGICAL ASSOCIATION OF CANADA (Joint Annual Meeting), Winnipeg, Manitoba, Canada. (G S Clark, Department of Geological Sciences, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba, Canada R3T 2N2. Phone: (204) 474-8857; (204) 261-7581)

June

3-7 June 1996

EUROPEAN ASSOCIATION OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS and EUROPEAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS (EAEG 58th Annual Assembly and EAPG 8th Annual Congress), Amsterdam, Netherlands. (EAPG, Attention of Mr E van der Gaag, PO Box 298, NL-3700 AG, Zeist, Netherlands)

9-12 June 1996

NORTH AMERICAN PALEONTOLOGICAL CONVENTION (6th), Washington, DC, USA. (NAPC-VI, % Department of Paleobiology, Mail Stop 121, National Museum of Natural History, Washington, DC, 20560, USA)

17-21 June 1996

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LANDSLIDES (7th), Trondheim, Norway. (Norwegian Geotechnical Society, PO Box 40, Taasen N-0801, Oslo, Norway)

22-29 June 1996

INTERNATIONAL PALYNOLOGICAL CONGRESS (9th), Houston, Texas. (Dr Vaughn M Bryant, Department of Anthropology, Texas A & M University, College Station, TX 77843, USA. Phone: 409 845 5242; telefax: 409 845 4070; e-mail: glwrenn@lsuvm.sncc.lsu.edu)

August

4-14 August 1996

INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS (30th), Beijing, China. (30th IGC, PO Box 823, Beijing 100037, China. Phone: 86 1 8327772; telefax: 86 1 8328928)

October

○ 28-31 October 1996

GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA (Annual Meeting), Denver, Colorado, USA. (Jean Kinney, GSA Headquarters, Box 9140, 3300 Penrose Place, Boulder, CO 80301, USA. Phone: (303) 447-2020)

1997

○ **ASSOCIATION OF EUROPEAN GEOLOGICAL SOCIETIES** (10th Meeting), Karlovy Vary, Czechoslovakia. (Geological Society, Burlington House, Piccadilly, London W1V 0JU, UK. Phone: +44 (0)71-434 9944)

CANADIAN INSTITUTE OF MINING, METALLURGY AND PETROLEUM (99th annual general meeting), Vancouver, British Columbia, Canada. (John Gaydos, Meetings Manager, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1 Place Alexis Nihon, 1210-3400 de Maisonneuve Boulevard West, Montreal, Quebec H3Z 3B8, Canada. Phone: (514) 939-2710; telefax: (514) 939-2714)

January 1997

■ **DROUGHT, GROUNDWATER POLLUTION AND MANAGEMENT** (International Workshop), Dindigul, India. (Managing Director, Tamilnadu Water Supply and Drainage Board, TWAD House, Chepauk, Madras 600 005, India)

September

21-27 September 1997

■ **GROUNDWATER IN THE URBAN ENVIRONMENT** (27th IAH Congress) (Professor J D Mather, Geology Dept., Royal Holloway and Bedford New College, Egham, Surrey TW20 0EX, UK. Telefax: 784 471780)

CANADIAN INSTITUTE OF MINING, METALLURGY AND PETROLEUM (100th annual general meeting), Quebec, Canada.

(John Gaydos, Meetings Manager, Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1 Place Alexis Nihon, 1210-3400 de Maisonneuve Boulevard West, Montreal, Quebec H3S 3B8, Canada. Phone: (514) 939-2710; telefax: (514) 939-2714)

10TH IAGOD SYMPOSIUM, Australia.

(Professor I R Plimer, University of Melbourne, Parkville, VIC 3052, Australia. Phone: 613 3446520; telefax: 613 3447761)

9-15 August 1998

INTERNATIONAL MINERALOGICAL ASSOCIATION: IMA '98 (17th General Meeting) Toronto, Canada. (Professor A J Naldrett, Department of Geology, University of Toronto, Canada M5S 3B1. Phone: (461) 978 3030; telefax: (416) 978 3938; e-mail: ima98@quartz.geology.utoronto.ca)

October/November 1998

■ **PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL ASPECTS OF AQUIFER—STREAM SEDIMENT INTERRELATIONS** (28th IAH Congress) (Dr J Rosenschein, USGS MS 414, National Center, Reston Va 22092, USA. Telefax: 703 648 5722)

KONFERANS - SEMPOZYUM

* **JEOKİMYA**: 28 Ağustos-2 Eylül 1994 tarihleri arasında Avrupa Jeokimyacılar Derneği ve Edinburg Üniversitesi Jeoloji Jeofizik Bölümü'nün birlikte gerçekleştirdikleri "VW Goldschmidt Konferansı" İskoçya'nın Edinburg kentinde yapıldı. Toplantıda 550 dolayında katılımcı yer almıştır.

Bildiri Özleri, Mineraloji Kurumu (Londra) tarafından yayınlanan "Mineralogical Magazine" dergisinin özel volumünde (vol. 58) yayınlanmıştır.

Toplantıda sunulan bildirimlerle 15 sempozyum kapsamı içinde jeokimya yöntemleriyle yerin araştırılması konusunda çeşitli görüşler ortaya konulmuş ve tartışılmıştır.

Konferansı oluşturan 15 sempozyum; 1. Teorik jeokimya, 2. Deneysel jeokimya, 3. Jeokimya teknikleri, 4. Alterasyon ve erozyon, çökel ve diyajenez, 5. Toprak suyu kimyası ve paleohidroloji, 6. Kirleticiler ve atıkların depolanması, 7. Kuvaterner'deki değişimler ve okyanusların paleokimyası, 9. Güncel denizaltı hidrotermal prosesler, 10. Manto ve kabuk kayaları arasında kimyasal ve izotopik ilişki mekanizmaları, 11. Bölünme katsayıları, 12. Kabuk içindeki akışkanların dağılımı ve prosesler, 14. Uzun ve zaman içinde manto, 15. Jeokronometri.

Sunulan bildirimlerin 150'sini dünyamızla ilgili hidrotermal prosesler, okyanusal sirkülasyon ve karaların erozyonu; 25'ini çevre jeolojisi konuları oluşturmıştır.

Gelecek Goldschmidt Konferansı, 1999'da A.B.D.'de yapılacak ve Pensilvanya Üniversitesi tarafından gerçekleştirilecektir.

* **GEO 94 "The Middle East Geosciences"**: "Orta Doğu Yerbilimleri Konferansı" 25-27 Nisan 1994 tarihleri arasında AAPG ve Dahrán (Suudi Arabistan) Jeoloji Kurumu organizasyonu ile Bahreyn'de gerçekleştirildi. Toplantının amacını, dünya rezervlerinin %65'ini oluşturan Orta Doğu petrollerinin (günümüzde sadece %25 dolayında bir üretime sahiptir) gelecekteki gereksinimler temelinde bölgedeki sahaların iyileştirilmesi ve araştırmaların geliştirilmesi oluşturmaktadır. Konferansta 215 bildiri sunulmuştur.

ARAMCO'lu 26 katılımcı, Riyad bölgesindeki bulgularıyla ilgili açıklamalarda bulunmuşlardır. 60 kadar bildiri, rezervuarların jeolojisi ve jeofiziği ile ilgilidir. De Ruiter (SHELL) "Suriye Euphrate havzasının petrol sistemi"; Boserio (SHELL) "Umman Kambro-Ordovisiyen"; Bishop (EXXON) "Arap platformu ölçeğinde Silüriyen olgunluğu"; Grabowski (EXXON) "Arap Platformunun yapısal ve tektonik tarihi" adlı senteze dayalı çalışmalar sunmuşlardır.

Fransız katılımcılardan BRGM: "Permiyen Neotetisi'nin güney kenarı" (Le Metour), "Umman'ın Alpin tektoniği" (Bechenec), "Umman Tersiyer'inin sekans stratigrafisi" (Janjoli); CBG: "3D sismik hızının modelizasyonu" (Jones) adlı çalışmalarla toplantıya katılmışlardır.

ELF; "Katar Jura'sının diyajenezi ve sedimentolojisi" (Bourroulec) ve iki jeofizik çalışması ile toplantıya katılmıştır.

IFP'nin altı bildirisinin konularını; 3D sismik impedansı, dönmüş zonların ön-ülke deformasyonu, jeokimyasal modelizasyon, rezervuarların FRALASS modelizasyonu, deltaik rezervuarların yapısı ve verilerin yorumu oluşturmıştır.

TOTAL ise "Abu Dhabi'nin bir bölgesine ait entegre bir inceleme, 3D sismiğinin yorumu ve işlemi" (Cartier) adlı çalışma ile toplantıya katılmıştır.

Ayrıca Provence Üniversitesi, SHELL ve BRGM'nin katkısıyla Umman Hugfaldakıranını çevreleyen Kampaniyen platformu üzerine ilginç bir çalışmayla konferansa katılmıştır. Konferans özleri kitabı toplantıda sunulmuştur, bildirimlerin tümüne alt makaleler Gulf Petrolink tarafından bir volüm olarak yayınlanacaktır.

* **VOLKANOLOJİ**: 4 yılda bir gerçekleştirilen, 1986'da Yeni Zelanda, 1990'da Almanya'da yapıldıktan sonra 1994'te ülkemizde ODTÜ Kampüsünde 12-16 Eylül tarihleri arasında yapılan Uluslararası Volkanoloji Kongresi'nde; P.S. Wyllie "Manto, kabuk ve magma ilişkisi", I.A. Nicholls "Magmatik yayların çeşitliliği", J.A. Pearce "Çarpışma magmatizmasının özellikleri" adlı konferansları sundular. Ayrıca volkanizma konusunda başlıcaları; farklı jeodinamik kavramlar, çökel tipleri, volkanik tehlikeler, Tetis'in yaşlı ofiyolitleri ve metalojenik oluşumları vb. gibi 13 tema üzerinde sözlü bildiri ve çok sayıda poster sunumu gerçekleştirildi. Kongre öncesi ve sonrasında, Kapadokya ve çevresinin Kuvaterner ve Neojen lokaliteleri, jeotermal sahalar, metalojenik yataklar, volkano-tektonik özellikler, Kızıladağ ofiyolitleri'ni kapsayan geziler düzenlenmiştir. Kongrede kabul edilen 600 bildiri özü bir abstract kitabı halinde kongre üyelerine dağıtılmıştır.

* **FAUNA, FLORA ve SEKANS STRATİGRAFI**: Fransız Paleotologlar Derneği ve Fransız Jeoloji Kurumu tarafından 14-15 Aralık 1995 tarihlerinde Paris'te gerçekleştirilecek olan toplantıda; biyostratigrafi ve sekans stratigrafi ilişkileri temelinde çalışmalar sergilenecektir. Toplantı konuları içinde; okyanusal sirkülasyon, iklimsel koşullar, biyolojik gelişim ve deniz seviyesinin göreceli değişimleri önemli yer tutmaktadırlar.



**MADEN TETKİK VE ARAMA
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

TÜRK MADENCİLİĞİNE DESTEK VERİYOR ...

**GELİN GÖRÜŞELİM TALEP VE
SORUNLARINIZA ÇÖZÜM BULALIM**

- **ALTYAPI ÇALIŞMALARINIZDA KÂR AMACI
GÜTMESİZİN MADENCİNİN YANINDA HİZMETE
HAZIRIZ.**
- **EN MODERN CİHAZLARLA GÜVENİLİR LABORATUVAR
HİZMETLERİ VERİYORUZ.**
- **TEKNİK VE BİLİMSEL STANDARTLARA UYGUN BİRİM
MALİYETİNDE SONDAJ YAPIYORUZ.**
- **58 YILLIK BİLGİ BİRİKİMİMİZİN ÜRÜNÜ OLAN
ARAŞTIRMA RAPORLARINI HİZMETİNİZE AÇIYORUZ.**

GELİN GÖRÜŞELİM.

GEOENV '97



**INTERNATIONAL SYMPOSIUM
ON
GEOLOGY AND ENVIRONMENT**

**Istanbul, TURKEY
September 2-6, 1997**



TMMOB

THE CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS