



Kaya Mekaniği Bülteni
Bulletin of Rock Mechanics
Eylül / September 1994

10





Kaya Mekaniği Bülteni

Bulletin of Rock Mechanics
Eylül/September 1994

10

TÜRK ULUSAL KAYA MEKANİĞİ DERNEĞİ
Turkish National Society for Rock Mechanics

Yönetim Kurulu / Executive Committee

Prof.Dr. A.Günhan Paşamehmetoğlu
Prof.Dr. Abdurrahim Özgenoğlu
Prof.Dr. Seyfi Kulaksız
Hasan Şişman
Bülent Erdem

Yayın Kurulu / Editorial Board

Doç.Dr. Hasan Gerçek
Y.Doç.Dr. Bahtiyar Ünver
Dr. Reşat Ulusay
Mehmet Altıntaş
Mehmet Ali Hindistan

Yazışma Adresleri / Addresses

Prof.Dr. Abdurrahim Özgenoğlu
Genel Sekreter / *Secretary General*
Maden Mühendisliği Bölümü, ODTÜ
06531 ANKARA
Tel : (312) 2101000 / 2655
Fax : (312) 2101265

Türk Ulusal Kaya Mekaniği Derneği
P.K.311
06423 Kızılay - ANKARA

Baskı : Mine Ofset, Ankara, 1994

İçindekiler
Contents

Dünyanın Çeşitli Yörelerinde Ölçülmüş Yerinde
Gerilmeler ve Yatay Gerilme Katsayısı
*In-situ measurements and lateral stress coefficients
in various parts of the earth*

**Ömer AYDAN &
A.Günhan PAŞAMEHMETOĞLU**

Kaya Sınıflamasında Kullanılan Parametreler
Parameters used in rock mass classification
M.Kemal GÖKAY

Uluslararası 3.Madencilik Planlaması ve
Ekipman Seçimi Sempozyumu
*Third international symposium on Mine Planning and
Equipment Selection*

Yazım İlkeleri

"Kaya Mekaniği Bülteninde yayımlanması için gönderilecek olan yazılar teorik ve uygulamalı kaya mekaniği dalında özgün (orjinal) araştırmalar, derleme, eleştiri ve tanıtma amaçlı çalışmaları veya çevirileri kapsayabilir.

Yazılar, şekiller, fotoğraflar ve çizelgeler 2 nüsha olarak gönderilmeli, metin 2 satır aralıkla daktilo ile yazılmış olmalıdır.

Başlıklar kısa, konuyu en iyi belirtebilir ve olabilirse 10 sözcüğü geçmeyecek şekilde seçilmelidir.

Şekiller teknik çizim normlarına uygun olarak çini mürekkep ile aydinger kağıdına veya beyaz kuşe kağıt üzerine çizilmelidir.

Fotoğraf parlak kartlara siyah-beyaz ve kontrastlı basılmalıdır. Şekil, fotoğraf ve çizelge altları ayrı bir kağıt üzerine sırasıyla yazılmış olmalıdır.

Yararlanılan kaynaklar alfabetik sıralamayla düzenlenmelidir.

Gönderilen çalışmanın bültende yayımlanabilmesi yayın kurulu'nun olumlu kararına bağlıdır.

Okurlarımıza,

Dernek çalışmalarının daha düzenli ve kapsamlı yürütülebilmesi amacıyla Yönetim Kurulu'muzca oluşturulan Yayın Kurulu göreve atanmış ve çalışmalarına başlamıştır. Bundan böyle, bülten başta olmak üzere derneğimizce yapılacak olan yayın faaliyetleri kurulumuz tarafından yürütülecektir. Elbette ki, bugüne kadar olduğu gibi bundan sonra da, bu faaliyetlerin, ancak siz üye ve okurlarımızın sürdürüleceğine inandığımız katkı ve destekleri ile gerçekleşeceğini inanıyor ve bekliyoruz.

Bu sayımızda yer alan iki makaleden ilki sayın Doç.Dr. Ömer AYDAN ve sayın Prof.Dr. A.Günhan PAŞAMEHMETOĞLU tarafından kaleme alınan "**Dünyanın çeşitli yörelerinde ölçülmüş yerinde gerilmeler ve yatay gerilme katsayısı**" başlığını taşımaktadır. Bu yazının ilk bölümünde gerilme ölçüm teknikleri hakkında bilgi verilmekte, diğer kısmında ise dünyanın değişik yörelerinde gerçekleştirilmiş ölçüm sonuçları ile beraber bu sonuçlar üzerinde, özellikle yatay ve dikey gerilme değerleri üzerinde yapılan değerlendirme yer almaktadır.

"**Kaya sınıflamasında kullanılan parametreler**" başlıklı ikinci yazı sayın M.Kemal GÖKAY tarafından kaleme alınmış. Sayın Gökay bu çalışmada 1946 yılından beri geliştirilen ve kullanılmakta olan sınıflandırma tekniklerini kronolojik sıra içinde incelemiş, bunları kaya mekaniği bilim dalındaki gelişmeleri ve tecrübeleri dikkate alarak değerlendirmiştir.

Derneğimiz başta olmak üzere çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından desteklenerek organize edilen **Uluslararası 3.Madencilik Planlaması ve Ekipman Seçimi** konulu sempozyum 18-20 Ekim 1994 tarihlerinde İstanbul Hotel the Marmara salonlarında gerçekleştirilecektir. Bu konudaki geniş bilgiyi ve sempozyumda sunulup tartışılacak olan makalelerin bir listesini bültenimizin sonunda bulacaksınız.

Gelecek sayılarda buluşmak üzere tüm üyelerimize ve okurlarımıza saygılarımızı sunarız.

Yayın Kurulu

**DÜNYANIN ÇEŞİTLİ YÖRELERİNDE ÖLÇÜLMÜŞ YERİNDE GERİLMELER
VE YATAY GERİLME KATSAYISI**

*In-Situ Stress Measurements and Lateral Stress Coefficients in
Various Parts of the Earth*

Ömer AYDAN

Tokai Üniversitesi

Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi

Deniz İnşaat Mühendisliği Bölümü, Shimizu, Japonya

Günhan PAŞAMEHMETOĞLU

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara

ABSTRACT

In association with the excavations in mining and civil engineering fields and earthquake prediction projects, stress measurements in the earth crust have been undertaken over last 30 years. Most of the measurements are restricted to a depth below 5000 m. In this article, a brief summary of the measurement techniques is first given and then actual stress measurements in various countries around the world are outlined. The discussion is mainly concentrated upon the characteristics of horizontal and vertical stresses in this particular paper. The results show that the horizontal stress are very high near the ground surface. The magnitude of the difference between the horizontal stresses and vertical stress decreases as the depth increases. The lateral stress coefficient is bounded by Eqs. (5) and (6).

ÖZET

30 yıldan fazla bir süredir, madencilik ve sivil amaçlı kazılar ile deprem tahmini çalışmaları için yerkabuğunda gerilme ölçümleri yapılmaktadır. Bu ölçümlerin çoğu 5000 m'den az derinliklerde gerçekleştirilmiştir. Bu makalede, gerilme ölçüm teknikleri kısa olarak tanımlanmış ve daha sonra dünyanın çeşitli bölgelerinde gerçekleştirilen gerilme ölçümlerinin sonuçları verilmiştir. Tartışma, özellikle yatay ve düşey gerilme değerlerinin karakteristikleri üzerine yoğunlaştırılmıştır. Sonuçlar, yatay gerilme değerlerinin yeryüzüne yakın yerlerde çok fazla olduğunu göstermektedir. Yatay gerilme ve düşey gerilme değerleri arasındaki fark derinlikle azalmaktadır. Yatay gerilme katsayısı eşitlik 5 ve 6 ile sınırlanmaktadır.

1. GİRİŞ

Kaya mekaniği ve jeofizik alanında yerinde (in-situ) gerilmelerin büyüklüğü ve dağılımı oldukça önemli bir husus olup, kaya mekaniği alanında kaya yapılarının duraylılığının analizinde, jeofizik alanında ise, depremlerin oluşma zamanının ve yerinin tahmini için gereklidir.

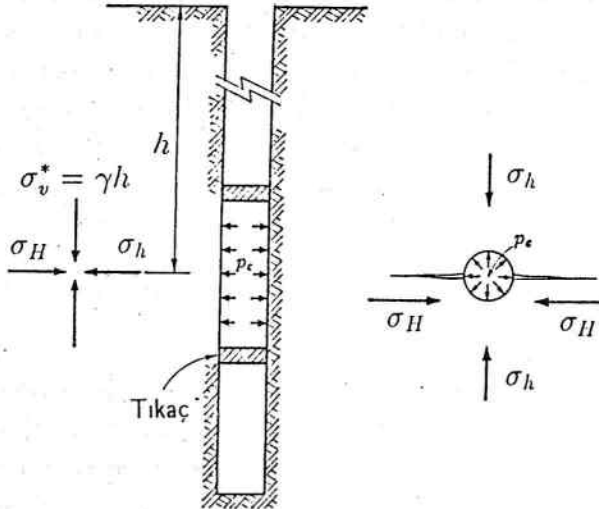
Jeofizikçiler arasında yerküresi ve yer kabuğundaki gerilmelerin hidrostatik olduğu görüşü oldukça yaygındır. (Jeffrys ve Bullen, 1940; Anderson ve Hart, 1976). Fakat son 30 yıl içerisinde yapılan dünyanın çeşitli yörelerindeki ölçümler özellikle yer kabuğundaki gerilmelerin hidrostatik olmadığını göstermektedir. (Hast, 1973; Brown ve Hoek, 1978). Bunun yanısıra yatay gerilmelerin düşey gerilmelerden daha büyük olduğunda sık sık gözlenmektedir (Herget, 1986, Shephansson ve diğerleri, 1986).

Bu tebliğde, yazarlar, önce gerilme ölçme yöntemlerini kısaca anlattıktan sonra dünyanın çeşitli yörelerinde ölçülen yerinde gerilmeleri ve yatay gerilme katsayılarını sunup tartışacaklardır. Ayrıca Türkiye'de şu ana kadar yapılmış yerinde gerilme ölçümlerinin artırılması gerektiği hususu vurgulanıp önemi tartışılacaktır.

2 GERİLME ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Yerinde gerilme ölçümleri aşağıda verilen 5 yöntemden biri kullanılarak yapılmaktadır:

- 1) Hidrolik çatlatma yöntemi,
- 2) Gerilme boşaltma yöntemi,
- 3) Gerilme dengeleme yöntemi,
- 4) Ses dinleme yöntemi, ve
- 5) Delik çevresindeki kırık bölge yöntemi.



Şekil 1 Hidrolik çatlatma yöntemi.

Yukarıda sözü edilen yöntemlerin kısaca ana ilkeleri şu şekildedir:

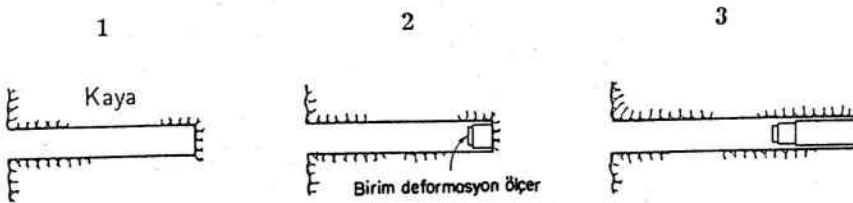
2.1 Hidrolik çatlatma yöntemi (Hydraulic fracturing method)

Bu yöntem silindirik bir deliğin belirli bir kısmında su basıncının uygulanmasıyla çekme çatlağının oluşturulmasına ilkesine dayanan bir yöntemdir (Şekil 1). Bu yöntemle gerilme tansörünün bütün bileşenlerini saptamak mümkün olmamakla beraber, yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.

2.2 Gerilme boşaltma yöntemi (Stress relief method - Overcoring method)

Bu yöntem genellikle iki tiptir. Birinci tipte silindirik delik içine yerleştirilen bir deformasyon ölçerle ya delik çapının deformasyonu (USBM delik çapı deformasyon ölçer) ya da delik yüzeyinin deformasyonu (CSIRO delik yüzeyi deformasyon ölçeri) ölçülür. İkinci tipte ise, bir deliğin dibinde birim deformasyon ölçerlerle (strain gauges) donatılmış kayada gerilme boşaltılması ilkesine dayanır. Her iki tip gerilme ölçülmesinde, boşaltma delik çapından daha büyük bir çapa sahip bir delği ile küçük çaplı bir deliğin çevresindeki kayanın delinmesi ile sağlanır. İkinci tip gerilme boşaltma yönteminin de üç değişik uygulaması vardır (Şekil 2):

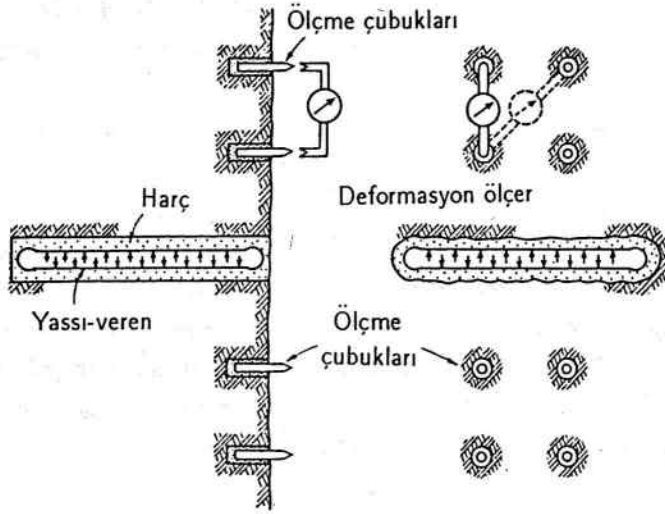
- a) Leeman'ın yöntemi (doorstopper method-Leeman, 1969): Delik dibi düz bir yüzeydir.
- b) Sugawara-Obara'nın yöntemi (Sugawara ve Obara, 1986): Delik dibi yarı küre şeklindedir.
- c) Kobayashi yöntemi (Kobayashi ve diğerleri, 1991): Deliğin dibi yarı konik bir şekildedir.



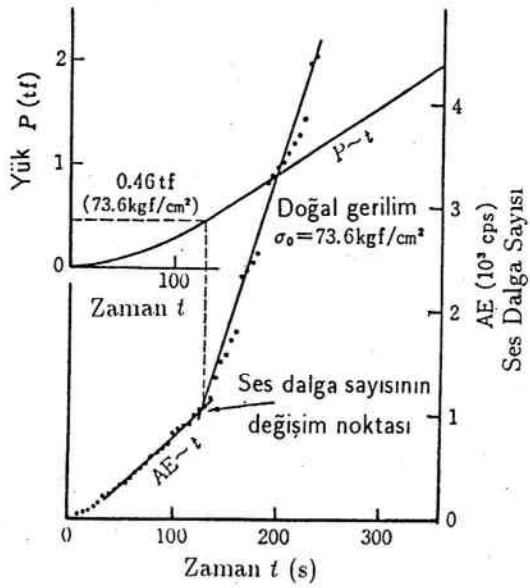
Şekil 2 Gerilme dengeleme yöntemi.

2.3 Gerilme dengeleme yöntemi (Flat-jack method)

Bu yöntem eliptik bir deliğin çevresindeki kaya gerilmesinin önce boşaltılması sonrada ilk durumuna yeniden geri getirilmesi ilkesine dayanır. Gerilme boşaltma deliğin oluşturulması ile elde edilir. Daha sonrada deliğin içerisine bir yassı-verenin (flat-jack) yerleştirilip yüklenmesi ile delik çevresindeki kaya deformasyon öncesi ilk durumuna geri getirilir (Şekil 3).



Şekil 3 Akustik yayılma.



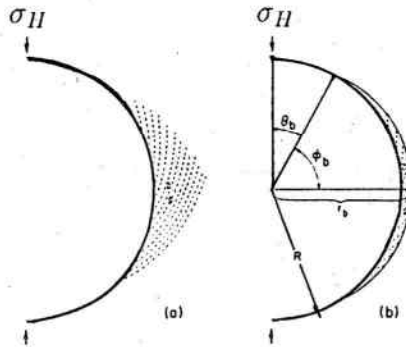
Şekil 4 Gerilme boşaltma yöntemi (delik dibi deformasyon ölçeri).

2.4 Akustik yayılma (Acoustic emission (AE) method)

Bu yöntem kayanın deformasyonu esnasında çıkardığı ses dalgalarında Kaiser etkisi olarak bilinen bir olgunun kullanılması ilkesine dayanır (Şekil 4). Kaya doğal durumda maruz kaldığı ilke gerilme değerine kadar pek ses dalgası çıkarmaz. Laboratuarda tekrar yüklendiğinde uygulanan gerilmenin değeri doğal durumda maruz kaldığı gerilme değerini aşarsa oluşan ses dalga sayısı birdenbire artmaya başlar. Bu fiziksel olgu Kaiser etkisi olarak bilinmekte ve gerilme ölçümlerinde kullanılmaktadır. Ancak, diğer gerilme ölçüm yöntemlerine göre pek yaygın olarak kullanılmamaktadır.

2.5 Delik çevresindeki kırık bölge yöntemi (Borehole break-out technique)

Bu yöntem delik çevresinde deliğin açılması sırasında oluşan kayanın kırılma şeklinin ve kırık bölgenin büyüklüğünün ölçülmesi ilkesine dayanır (Şekil 5). Zoback, Kirsch'in geliştirdiği delik çevresindeki gerilmeler ile ilgili kuramsal modele Mohr-Coulomb'un yenilme kistasını uygulayarak oluşabilecek mümkün kırık zonun büyüklüğünü ve şeklini tesbit eden bir yöntem önermekte ve bunu yerinde gerilmelerin elde edilmesinde kullanmaktadır (Zoback ve diğerleri, 1985). Özellikle bu yöntem jeofizik alanında Zoback'ın yöntemi olarak bilinmekle birlikte, yöntemin ana ilkesi kaya mekaniği alanında tüneller için Kastner tarafından yıllar önce önerilmiştir (Kastner, 1962). Yazarlar, bu nedenle bu yöntemi Kastner-Zoback yöntemi olarak adlandırmanın doğru olacağı kanısındadırlar.



Şekil 5 Delik çevresindeki kırık bölge yöntemi.

3 YERİNDE GERİLME ÖLÇÜMLERİ

Yerinde gerilme ölçümleri son 30 yıl içerisinde kaya mekaniği alanında özellikle maden ve inşaat mühendisliği projelerinde yapıların duraylılık analizi ve jeofizik alanında depremlerin önceden tahmini için yaygın bir şekilde yapılmaya başlanmıştır. Şu ana kadar yapılan en derin ölçme hidrolik çatlatma yöntemi ile olup yer yüzünden 5000 metreye kadar inmektedir (Haimson, 1977). Bu bölümde dünyanın çeşitli yörelerinde yapılan ölçümler özetlenmekte ve ölçüm sonuçları tartışılmaktadır. Sunulan şekillerdeki parametrelerin tanımı şu şekildedir:

En küçük yatay gerilme katsayısı:

$$\lambda_{\min} = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \quad (1)$$

Burada σ_h : en küçük yatay gerilme, σ_v düşey gerilme.

En büyük yatay gerilme katsayısı:

$$\lambda_{\max} = \frac{\sigma_H}{\sigma_v} \quad (2)$$

Burada σ_H : en büyük yatay gerilme.

Ortalama yatay gerilme katsayısı:

$$\lambda_{mean} = \frac{\sigma_H + \sigma_h}{2\sigma_v} \quad (3)$$

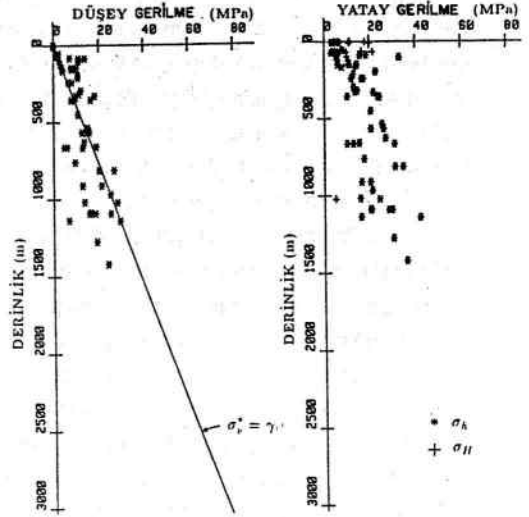
Kuramsal düşey gerilme

$$\sigma_v^* = \gamma h \quad (4)$$

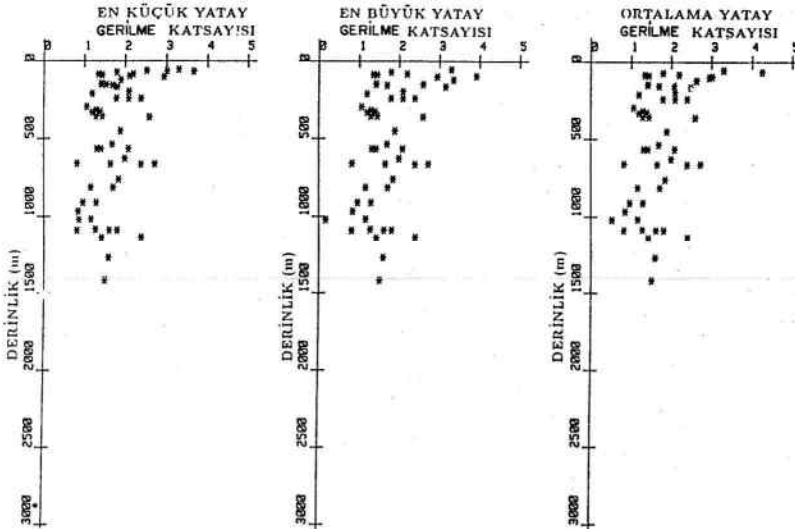
Burada γ : kayanın birim hacim ağırlığı; h : derinlik.

3.1 Avustralya Kıt'ası'nda Yerde Gerilme Ölçümleri

Avustralya Kıt'ası'nda yapılan yerde gerilme ölçümlerinin büyük bir kısmı madencilik projelerinde elde edilmiştir (Brown ve Hoek, 1978; Enever ve Chopra, 1986). Şekil 6 düşey ve yatay gerilmeleri derinliğine göre değişimini göstermektedir. Düşey gerilme birim hacim ağırlığı 26 kN/m^3 varsayarak hesaplanan düşey gerilmeden farklı bir değişim göstermektedir. Sığ derinliklerde, düşey gerilme kuramsal düşey gerilmeden daha büyük değerlere sahip iken, derinlik arttıkça tersine kuramsal gerilmeden daha küçük bir değer almaktadır. Yatay gerilmelerin değeri düşey gerilmelere göre sürekli olarak daha yüksek olmaktadır. Şekil 7 yatay gerilme katsayısının 1'den büyük olduğunu göstermektedir. Katsayı özellikle sığ derinliklerde 1'den çok büyük değerlere ulaşmakta ve derinlik arttıkça azalmaktadır.



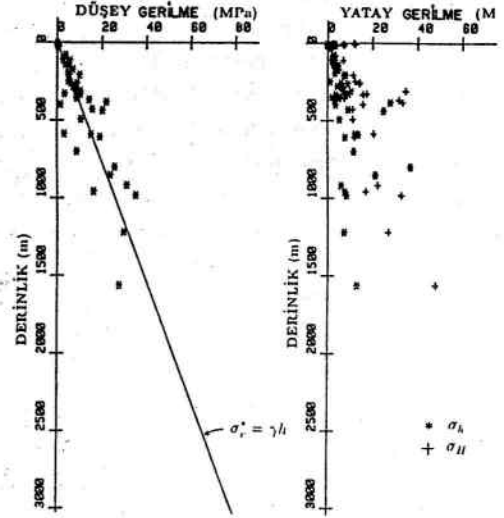
Şekil 6 Avustralya'da ölçülen yerde düşey ve yatay gerilmelerin derinlikle değişimi.



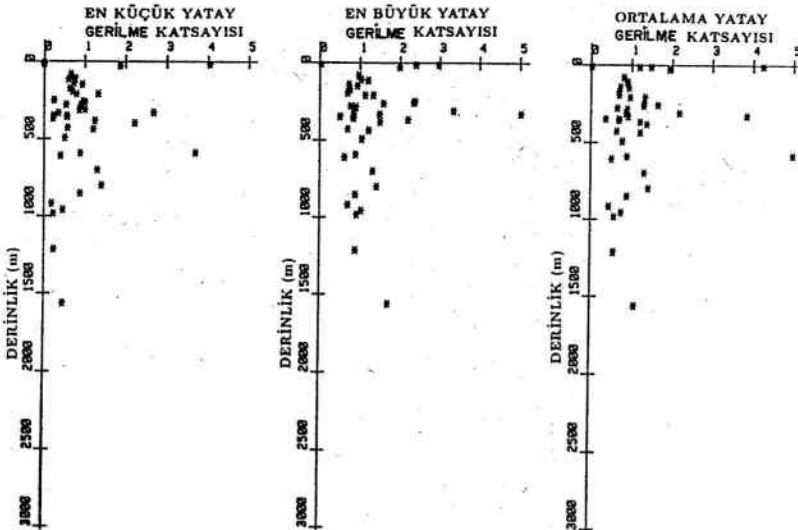
Şekil 7 Avustralya'da ölçülen yatay gerilme katsayısının derinlikle değişimi.

3.2 Uzak Doğu Asya'da Yerinde Gerilme Ölçümleri

Burada sunulan verilerin büyük bir kısmı Japonya ve Kore'de ölçülmüş olup, Çin'de yapılan gerilme ölçümlerinin güvenilirliği az olması nedeniyle sunulan şekillerden çıkartılmıştır (Lim ve Lee, 1986; Tanaka, 1986). Şekil 8 düşey ve yatay gerilmelerin derinliğine göre değişimini göstermektedir. Düşey gerilmelerin büyük bir kısmı birim hacim ağırlığı 26 kN/m^3 varsayarak hesaplanan düşey gerilmelerle hemen hemen aynı bir değişim göstermektedir. Bu durum büyük bir olasılıkla gerilme ölçümlerinin değerlendirilmesinde gerilme tansörünün düşey bileşeninin kuramsal değerle çakışacak şekilde tespit edilmesinden kaynaklanabilir. Yatay gerilmelerin değeri genellikle değişik olmaktadır. Düşey gerilmelerin değeri ya en küçük yatay gerilme değeri ile aynı ya da her iki yatay gerilme değerleri arasında bir değere sahip olmaktadır. Başka bir deyişle düşey gerilme ortanca gerilme (intermediate stress) durumundadır. Şekil 9 ortalama yatay gerilme katsayısının genellikle 1'den büyük olduğunu göstermektedir. Bu durum özellikle sıf derinliklerde 4 ile 5 arasında bir değere ulaşmakta ve derinlik arttıkça azalmaktadır.



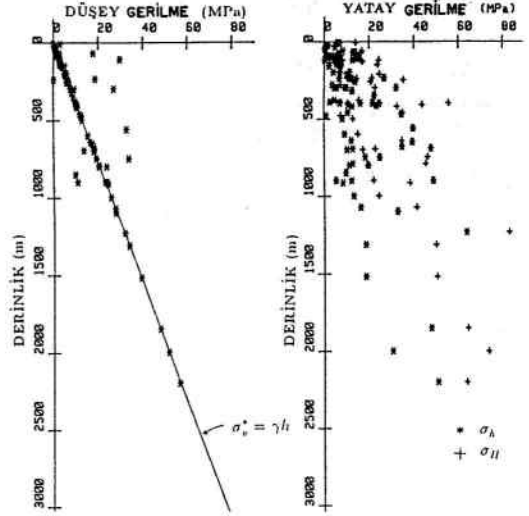
Şekil 8 Uzak Doğu Asya'da ölçülen yerinde düşey ve yatay gerilmelerin derinlikle değişimi.



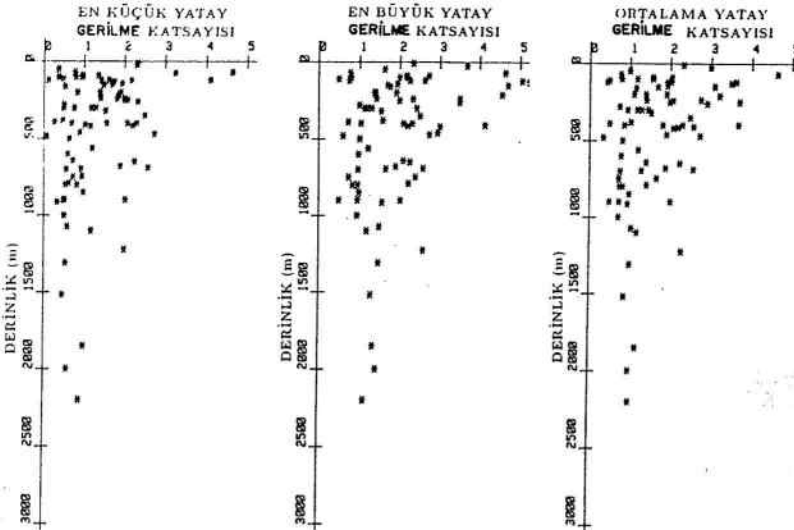
Şekil 9 Uzak Doğu Asya'da ölçülen yatay gerilme katsayısının derinlikle değişimi.

3.4 Avrupa'da Yerinde Gerilme Ölçümleri

Şekil 12 ve 13'de sunulan verilerin büyük bir kısmı İtalya, İsveç, Norveç, Fransa, İspanya, Avusturya, İngiltere ve Almanya'da yapılan ölçümleri kapsamaktadır (Stephansson ve diğerleri, 1986; Müller ve diğerleri, 1992; de Vallejo ve diğerleri, 1988; Martinetti ve Ribacchi, 1980; Kohlbeck ve diğerleri, 1980; Cooling ve Hudson, 1986). Ölçülmüş düşey gerilmeler genellikle kuramsal olarak hesaplanan gerilmelerle hemen hemen aynı değere sahip olmaktadır. Yatay gerilmelerin değeri birbirlerine eşit değildir. Düşey gerilmenin değeri ya en küçük yatay gerilmenin değeri ile aynı ya da her iki yatay gerilmenin değerleri arasında bir değere sahip olmaktadır. Şekil 13 ortalama yatay gerilme katsayısının genellikle 1'den büyük olduğunu göstermektedir. Bu durum özellikle sığ derinliklerde 4 ile 5 arasında bir değere ulaşmakta ve derinlik arttıkça azalmaktadır. Derinlik 1 km'den fazla olduğunda 1'e yakın bir değere yaklaşmaktadır. En küçük yatay gerilme değeri 0.5 ile 1.0 arasında değişmektedir. Diğer yandan en büyük yatay gerilme katsayısının değeri 0.5 ile 5 arasında değiştiği ve genellikle 1'den büyük olduğu şekilden görülmektedir.



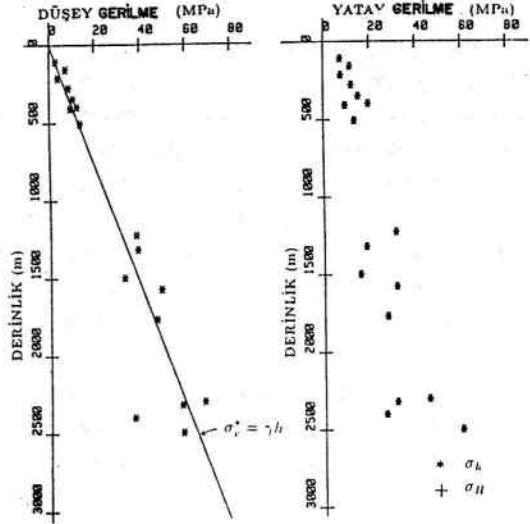
Şekil 12 Avrupa'da ölçülen yerinde düşey ve yatay gerilmelerin derinlikle değişimi.



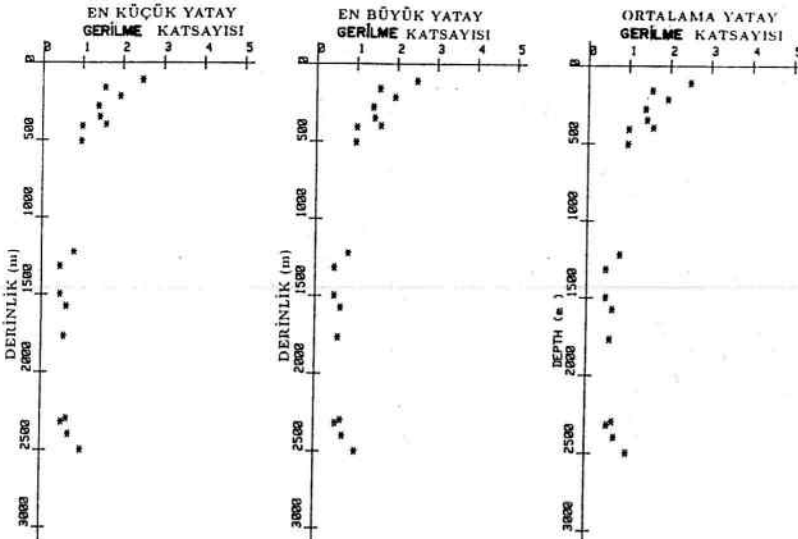
Şekil 13 Avrupa'da ölçülen yatay gerilme katsayısının derinlikle değişimi.

3.5 Güney Afrika'da Yerde Gerilme Ölçümleri

Şekil 14 ve 15'de sunulan verilerin büyük bir kısmı Güney Afrika, Rodezya ve Zambiya'da yapılan ölçümleri kapsamaktadır. Güney Afrika'daki ölçümlerin büyük bir kısmın 1960 ve 1970 yılları arasında gerçekleştirilmiş olup son yıllarda bu yörede pek yeni veriler yoktur (Gay, 1975; McGarr ve Gay, 1978, Brown ve Hoek, 1978). Düşey gerilmeler birim hacim ağırlığı 26 kN/m^3 varsayarak hesaplanan düşey gerilmelerden farklı bir değişim göstermektedir. Yeryüzüne yakın derinliklerde düşey gerilme kuramsal gerilmekten daha büyük değerlere sahip olurken, derinlik arttıkça tersine kuramsal gerilmekten daha küçük değerler almaktadır. Şekil 15 ortalama yatay gerilme katsayısının 1'den büyük olduğunu göstermektedir. Bu durum özellikle sığ derinliklerde 2 ile 3 arasında bir değere ulaşmakta ve derinlik arttıkça azalmaktadır. Derinlik 1 km'den fazla olduğunda katsayı 0.5 ile 1.0 arasında bir değer almaktadır.



Şekil 14 Güney Afrika'da ölçülen yerinde düşey ve yatay gerilmelerin derinlikle değişimi.

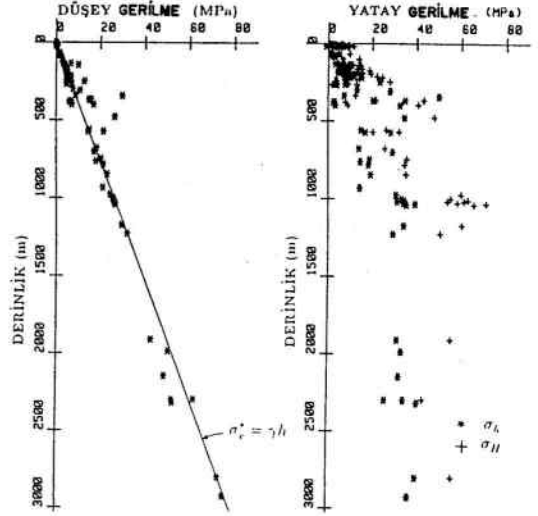


Şekil 15 Güney Afrika'da ölçülen yatay gerilme katsayısının derinlikle değişimi.

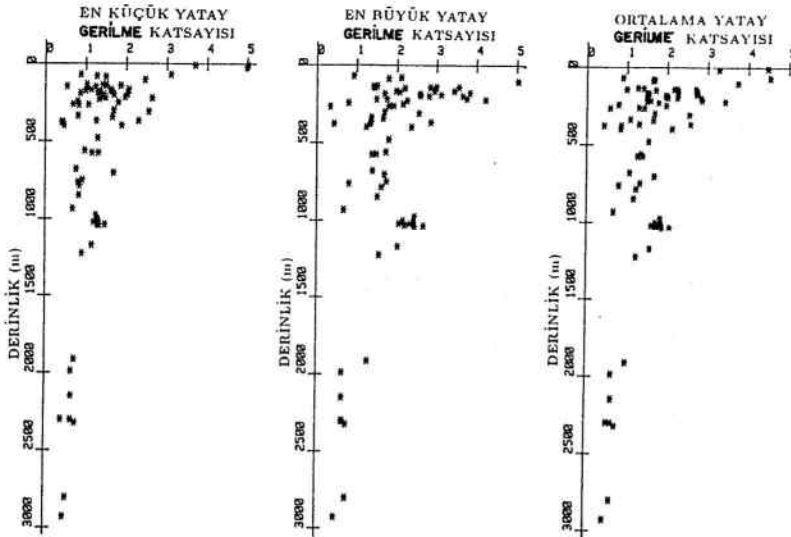
3.6 Kuzey Amerika'da Yerde Gerilme Ölçümleri

Şekil 16 ve 17'de sunulan verilerin büyük bir kısmı ABD ve Kanada'da yapılan ölçümleri kapsamaktadır (Haimson, 1977; Brown ve Hoek, 1978; Zoback ve Zoback, 1980; Herget, 1986; Lo, 1978). Amerika'da yapılan ölçümlerin yer kabuğundaki gerilme ortamının anlaşılmasında en fazla katkısı olduğunu vurgulamak isteriz. Ölçmeler başlangıçta madencilik projeleri ile ilgili olmasına karşın son yıllarda depremlerin oluşumu ile ilgili projeler de yaygın olarak yapılmaktadır.

Ölçülmüş düşey gerilmeler genellikle kuramsal olarak hesaplanan gerilme hemen hemen aynı değere sahip olmaktadır. Yatay gerilmelerin değeri birbirlerine eşit değildir. Düşey gerilmenin değeri ya en küçük yatay gerilmenin değeri ile aynı ya da her iki yatay gerilmenin değerleri arasında bir değere sahip olmaktadır. Şekil 17 ortalama yatay gerilme katsayısının 1'den çok büyük olup genellikle 4 ile 5 arasında bir değere sahip olmakla birlikte bazen 40 ile 50 arasındaki değerlere ulaşmaktadır. Derinlik arttıkça azalmaktadır. Derinlik 1 km'den fazla olduğunda katsayı 0.5 ile 1.0 arasında bir değer almaktadır.



Şekil 16 Kuzey Amerika'da ölçülen yerde düşey ve yatay gerilmelerin derinlikle değişimi.



Şekil 17 Kuzey Amerika'da ölçülen yatay gerilme katsayısının derinlikle değişimi.

3.7 Dünyanın Çeşitli Yörelerindeki Yerde Gerilme Ölçümleri

Şekil 18 ve 19'da sunulan veriler önceki bölümlerde sunulan bütün ölçümleri kapsamaktadır. Ölçülmüş düşey gerilmeler genellikle kuramsal olarak hesaplanan gerilme ile hemen hemen aynı değere sahip olmaktadır. Bu durum daha önce de belirtildiği üzere büyük bir olasılıkla gerilme ölçümlerinin değerlendirilmesinde gerilme tansörünün düşey bileşeninin kuramsal değerle çakışacak şekilde tespit edilmesinden kaynaklanabilir. Yatay gerilmelerin değeri genellikle değişik olmaktadır. Düşey gerilmenin değeri ya en küçük yatay gerilmenin değeri ile aynı ya da her iki yatay gerilmenin değerleri arasında bir değere sahip olmaktadır. Başka bir deyişle düşey gerilme ortanca gerilme (intermediate stress) durumundadır. Şekil 19 ortalama yatay gerilme katsayısının genellikle 1'den büyük olduğunu göstermektedir. Bu durum özellikle sığ derinliklere 1'den çok büyük olup 3 ile 5 arasında bir değere ulaşmaktadır. Bu değer Amerika Kıta'sında Kanada Kalkanı, Avrupa'da İskandinavya Kalkanı, Asya'da Turan Kalkanı'nda çok büyük değerlere, örneğin 40 ile 50'ye ulaşmaktadır. Derinlik 1 km'den fazla olduğunda katsayı 0.5 ile 1.0 arasında bir değer almaktadır. Dünyanın çeşitli yörelerinde ölçülen yatay gerilme katsayısının en küçük ve en büyük değerleri aşağıda verilen iki denklemle sınırlanmaktadır.

Alt sınır denklemi (Terzaghi'nin formülü
Terzaghi ve Richart, 1952):

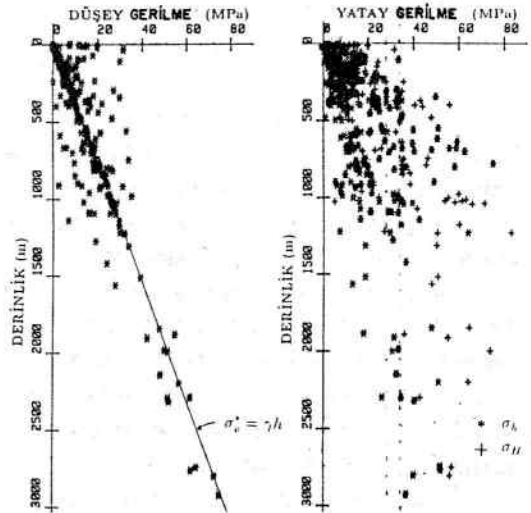
$$\lambda = \frac{\nu}{1 - \nu}; \quad (5)$$

burada ν : Possion oranı
Üst sınır denklemi

$$\lambda = 1.0 + \frac{2}{h}; \quad (6)$$

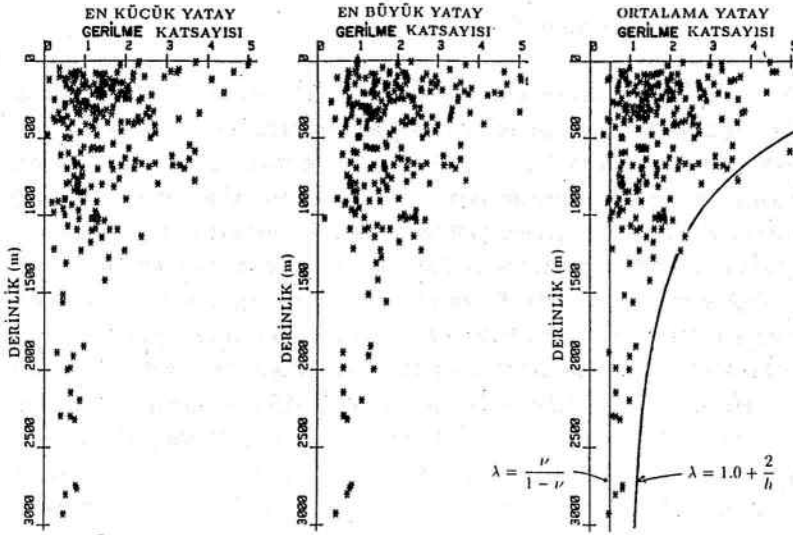
burada h : derinlik (km).

Mühendislik projelerinin genellikle 1000 metreden daha az derinliklerde gerçekleştirildiği göz önüne alınırsa, yukarıdaki denklemlerden elde edilebilecek yatay gerilme katsayısının değişim aralığının oldukça geniş olduğu görülecektir. Dolayısıyla her bir yeni proje için yerde gerilme ölçümlerin yapılması **sağlık verir**.



Şekil 18

Dünyanın çeşitli yörelerinde ölçülen yerde düşey ve yatay gerilmelerin derinlikle değişimi.

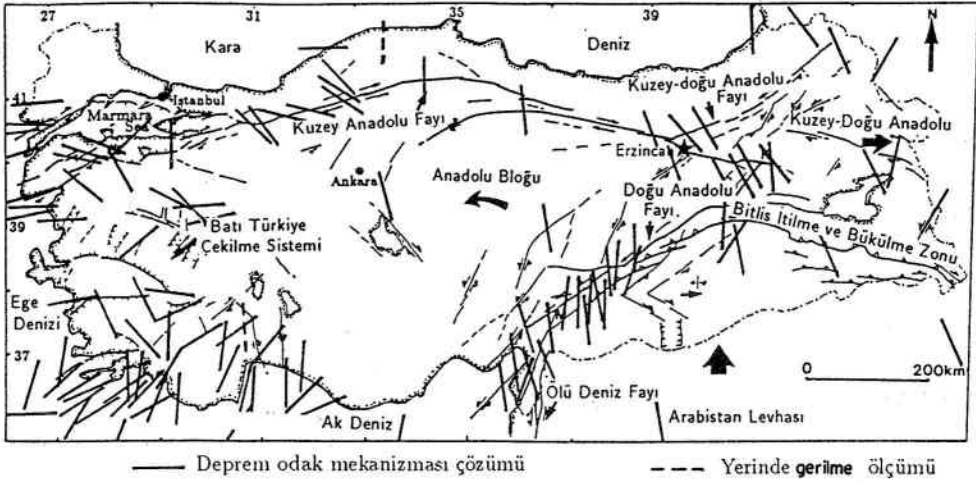


Şekil 19 Dünyanın çeşitli yörelerinde ölçülen yatay gerilme katsayısının derinlikle değişimi.

3.8 Türkiye'de Yerinde Gerilme Ölçümleri

Türkiye'de yapılan yerinde gerilme ölçmeleri ile ilgili olarak yayın bulmak oldukça zordur. Türkiye'de bunca büyük maden ve inşaat projelerinin gerçekleştirilmiş veya gerçekleştirilmekte olmasına karşın çok az veri olması oldukça şaşırtıcıdır.

Türkiye'nin üzerinde bulunduğu Anadolu Bloğu, güneyden kuzeye doğru hareket eden ve saat yönüne ters yönde dönmeye çalışan Afrika ve Arabistan Levhaları ile kuzeyde Avrasya Levhası arasında sıkışmış durumdadır (Şekil 20). Bu blok kuzey-güney yönde büzülmemekte ve bu bloğun altına dalan Afrika, Arabistan ve Avrasya levhaları tarafından yukarıya doğru yükseltilmektedir. Arabistan Levhası'nın Afrika Levhası'na göre daha hızlı kuzeye doğru hareket etmesi ve saat yönüne ters yönde dönmeye çalışması nedeniyle Anadolu Bloğu ayrıca batıya doğru itilmektedir. Bu nedenle Türkiye'nin doğudan batıya büyük bir kısmı depremlerin odak mekanizma çözümlerinden elde edilen verilere dayanan en büyük yatay basınç gerilmesinin yönünü göstermektedir (Canitez, 1973; Büyükbashiçoğlu, 1980; Müller ve diğerleri, 1992). Bu tür yaklaşımlar gerilmelerin yönlerinin saptanmasında yararlı olmakla beraber, gerilmelerin değerinin elde edilmesinde pek faydalı olabileceği söylenemez. En kısa zaman içerisinde Türkiye'de bu alanda ayrıntılı bir çalışmanın başlatılması, hem Türkiye'deki depremlerin oluşumunun tahmin edilmesi hem de büyük maden ve inşaat projelerinde kaya yapılarının duraylılığının analizi için oldukça yararlı olacaktır.



Şekil 20 Türkiye'nin ana fay sistemi ve en büyük yatay basınç gerilmesinin yönleri.

4 SONUÇLAR

Bu çalışmada, dünyanın çeşitli yörelerinde ölçülen yerinde gerilmeler ve yatay gerilme katsayısı sunulmuş ve tartışılmıştır. Elde edilen sonuçlar kısaca şu şekilde özetlenebilir.

- 1) Ölçülen düşey gerilmeler kuramsal düşey gerilmelerden farklı olabilmektedir.
- 2) Yatay gerilmelerin değerleri genellikle birbirine eşit olmayıp yöreden yöreye ve derinliğe bağlı olarak değişmektedir. Yatay gerilmeler sıg derinliklerde düşey gerilmelerden oldukça yüksek değerler almakta ve derinlik arttıkça bu fark azalmaktadır.
- 3) Düşey gerilme genellikle en küçük ve en büyük yatay gerilmelerin arasında bir değere sahip olup, orta bir gerilme olarak nitelenebilir.
- 4) Yatay gerilme katsayısı derinliğe bağlı olarak değişmektedir. Ortalama yatay gerilme katsayısının en küçük ve en büyük değerleri denklem (5) ve (6) ile sınırlanmaktadır. Mühendislik projeleri genellikle 1000 metreden daha az derinliklerde gerçekleştirildiği göz önüne alınırsa, denklem (5) ve (6)'dan elde edilebilecek yatay gerilme katsayısının değişim aralığının oldukça geniş olduğu görülecektir. Dolayısıyla her bir yeni proje için yerinde gerilme ölçümlerinin yapılması sağlık verir.
- 5) En kısa zaman içerisinde Türkiye'de yerinde gerilmelerin ölçülmesi için ayrıntılı bir çalışmanın başlatılması, hem Türkiye'deki depremlerin oluşumunun tahmin edilmesi hem de büyük maden ve inşaat projelerinde kaya yapılarının duraylılığının analizi için oldukça yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Anderson, L.D. ve R.S. Hart: An earth model based on free oscillations and body waves. *J. Geophysical Res.*, 81(8), 1461-1475, 1976.
- Aytmatov, I.T.: On virgin stress state of a rock mass in mobile folded areas, *Proc. Int. Symp. Rock Stress Measurements*, Stockholm, Sept., 55-59, 1986.
- Brown, E.T. ve E. Hoek: Trends in relationships between measured in-situ stress and depth. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 15(4), 211-215, 1978.
- Büyükbaşkoğlu, S.: Sismolojik verilere göre Doğu Akdeniz'in kuzeyinde ve güney-doğu Anadolu'da Avrasya-Afrika Levha sınırının özellikleri. *Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni*, 29, 58-74, 1980.
- Canitez, N.: Yeni kabuk hareketlerine ilişkin çalışmalar ve Kuzey Anadolu Fay problemi. *Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Sempozyumu*, MTA Enstitüsü Yayınları, 35-38, Ankara, 1973.
- Cooling, C.M. ve J.A. Hudson: The importance of in-situ rock stress in repository design. *Proc. of Int. Symp. on Rock Stress Measurements*, Stockholm, 647-656, 1986.
- Enever, J.R. ve P.N. Chapra: Experience with hydraulic fracture stress measurements in granite. *Proc. of Int. Symp. on Rock Stress Measurements*, Stockholm, 411-420, 1986.
- Gay, N.C.: In-situ stress measurements in Southern Africa, *Tectonophysics*, 29, 447-449, 1975.
- Haimson, B.C.: Crustal stress in the continental United States as derived from hydrofracturing tests. *The Earth's Crust, Geophys. Monogr. Ser. Vol. 20*, 576-592, 1977.
- Hast, N.: Global measurements of absolute stress. *Phil. Trans. R. Soc.*, 274, 409-4119, 1973.
- Herget, G.: Changes of ground stresses with depth in the Canadian Shield. *Proc. Int. Symp. on Rock Stress and Rock Stress Measurements*, Stockholm, 61-68, 1986.
- Jeffreys, H. ve K.E. Bullen: *Seismological Tables*. British Association for the Advancement of Science, London, 1940.
- Kastner, J.: *Statik des Tunnel and Stollenbaus*, Springer, Wien, 1962.
- Kobayashi, S., T. Yoshikawa, T. Harada, Y. Uchita: In-situ stress measurement using a conical-shaped borehole strain-gauge plug. *Proc. of the 7th Int. Congress on Rock Mechanics, ISRM*, Vol. 1, 545-548, 1991.

- Kohlbeck, F., H. Roch ve A.E. Scheidegger: In-situ measurements in Austria. *Rock Mechanics and Rock Engng.*, Suppl. 9, 21-29, 1980.
- Leeman, E.R.: Doorstopper and triaxial rock stress measuring instruments. *J. South Afr. Inst. Min. Metall.*, 69, 305-219, 1969.
- Lim, H.U. ve C.I. Lee: In-situ stress measurements of rock by stress relief method at some locations in Korea. *Proc. of Int. Symp. on Rock Stress Measurements*, Stockholm, 561-568, 1986.
- Lo, K.Y.: Regional distribution of in-situ horizontal stresses in rocks of Southern Ontario. *Can. Geotech. J.*, 15, 371-381, 1978.
- Martinetti, S. ve R. Ribacchi: In-situ stress measurements in Italy. *Rock Mechanics and Rock Engng.*, Suppl. 9, 31-47, 1980.
- McGarr, A. ve N.C. Gay: State of stress in the earth crust. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 6: 405-436, 1978.
- Müller, B., M.L. Zoback, K. Fuchs, L. Masting, S. Gregersen, N. Pavoni, O. Stephansson ve C. Ljunggren: Regional patterns of tectonic stress in Europe. *J. Geophysical Res.*, 97(B8), 11783-11803, 1992.
- Sugawara, K. ve Y. Obara: Measurement of in-situ rock stress by hemispherical-ended technique. *Int. J. Min. Sci. Technology*, 1986.
- Stephanson, O., P. Sarkka, . Wyrvang: State of stress in Fennoscandia. *Proc. Int. Symp. on Rock Stress and Rock Stress Measurements*, Stockholm, 21-32, 1986.
- Terzaghi, K. ve F.E. Richart: Stress in rock about cavities. *Geotechnique*, 3, 57-90, 1952.
- Tanaka, Y.: State of crustal stress inferred from in-situ stress measurements, *J. Phys. Earth*, 34, 557-570, 1986.
- de Vallejo, L.I.G., A.A. Serrano, R. Capote, G. de Vicente: The state of stress in Spain and its assessment by emprical methods. *Int. Symp. on Rock Mechanics and Power Plants*, Madrid, 165-172, 1988.
- Zoback, M.L. ve M. Zoback: State of stress in the Conterminous United States. *J. Geophysical Res.*, Vol. 85, 6113-6156, 1980.
- Zoback, M.D., D. Moos ve L. Mastin: Wellbore breakouts and in-situ stress. *J. Gepysical Res.*, 90, 5523-5530, 1985.

KAYA SINIFLAMASINDA KULLANILAN PARAMETRELER
Parameters used in rock mass classification

M.K. Gökay

(Selçuk Üniversitesi, Maden Müh. Blm., Kampüs, 42079, Konya)

Abstract: Rock mass classification studies have been carried out since 1946. The main point is the definition of rock mass according to its properties for a specific purposes, such as tunnelling, cavern constructions and mining activities. Parameters to describe rock mass are checked throughout the development stages of rock mass classification systems. These parameters were examined according to the developments in rock engineering and experiences.

Özet: Kaya kütlesi sınıflama çalışmaları 1946 yılından bu yana devam etmektedir. Bu çalışmaların ana hareket noktası kaya kütlesini belirli bir proje için kaya özelliklerine göre sınıflamaktır. Bu özel projeler tünel inşaatı, yeraltında özel amaçlı boşluk açma çalışmaları ve madencilikte kullanılan galeriler olabilir. Kaya kütlesini tariflemek için kullanılan parametreler kaya kütlesi sınıflama yöntemlerinin tarihi gelişimi izlenerek belirlenmiştir. Bu parametreler, kaya mekaniği bilim dalının gelişmesine ve bu konuda edinilen uzmanlığa göre değerlendirilmişlerdir.

1. Giriş

Kaya kütlesini sınıflama isteği ilk olarak 1946 yılında Terzaghi tarafından ortaya atılmıştır. Terzaghi açılan tünellerdeki tahkimatlar üzerine gelen yüklerin hesaplanması için ampirik bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntemde Terzaghi önerdiği değişik formülasyonların kullanımını kaya kütlesi çeşidine göre tariflemiştir. Bu basit uygulamada kaya kütlesi dokuz ayrı bölüme ayrılmıştır. Bu bölümlerde Terzaghi kaya kütlesini; sağlam, tabakalı, orta derece eklemlili, bloklanmış veya damarlımsı yapılı, kırılmış, sıkışan veya genişleyen kayalar olarak isimlendirmiştir.

Bu ilk denemeden sonra John (1962) düşük gerilmelerin etkisindeki bölgelerde, kaya dayanımını ve eklemler arasındaki mesafeyi sınıflandırma amacıyla kullanmış ve önerdiği yönteme bu iki parametreyi almıştır. Sonuçta kaya kütesini; sağlam kaya, orta dereceli sağlam kaya, düşük dereceli bozulmuş kaya ve tamamen bozulmuş kaya olarak bölümlere ayırmıştır. Eklemler aralıklarını tariflemek isteyen John göreceli bir ölçme sistemi kullanmış ve eklemleri; geniş, kapalı, sıkı sıkıya kapalı ve kırılmış olarak tariflemiştir. Sonraki yıllarda bu sistemlerden edinilen bilgilerden yararlanılarak daha detaylı kaya kütesi sınıflaması yapılmak istenmiştir. Coates (1964) kaya kütesini ayırmak için yukardaki parametrelere ek olarak kayanın kırılma özelliklerini ve çatlama durumunu incelemeye almıştır. Bütün bu çalışmalara rağmen geliştirilen değişik sınıflandırma yöntemleri 1970 yılına kadar araştırma laboratuvarlarında kullanılmış daha başka bir uygulama alanı bulamamıştır.

Mühendislik çalışmalarında kullanılmak için hazırlanan kaya kütesi sınıflama yöntemleri ilk olarak 1970 yılında Onedera tarafından önerilen yöntemlerle başlamış ve Japonya'daki küçük ve orta dereceli kaya mekaniği uygulamalarında kullanılmıştır. Bu yöntemlerde; kaya anizotropisi, eklemler arasındaki mesafe ve eklemler dolgusu karşılaştırma değişkenleri olarak belirlenmiştir. İki yıl sonra Franklin ve arkadaşları (1972) eklemler arası mesafeyle kaya dayanımı arasında grafiksel bir ilişki tanımlamışlardır. Fakat aynı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarla kaya kütesini tariflemek ve sınıflandırmak için grafiksel anlatımın yeterli olmadığını belirlemişlerdir. Bunun yanında kendilerinin kullandığı iki kaya parametresinin geçerli faktörlerin en önemlileri olduğu gerçeğini de vurgulamışlardır.

Wickham ve arkadaşları (1972) yaptıkları araştırmayla modern anlamda günümüzde de kullanılan kaya sınıflama sistemlerini açıklamışlardır. Kaya kütesi yapı sınıflaması (RSR) olarak isimlendirdikleri bu yöntemi üç ana faktörün bulunmasına göre ayarlamışlardır. Bu faktörlerin bulunması için bilinmesi gereken kaya özelliklerini de kayanın oluşum şartları, kaya sertliği, eklemler arası uzaklık, eklemlerin uzanım doğrultuları, yeraltı su geliri, eklemlerin bozulma derecesi ve proje çalışmasının doğrultusu şeklinde sıralamışlardır. Bu özelliklerin değişik şartlarda birleştirilip farklı ağırlık katsayıları ile değerlendirilmesi sonucu RSR sistemi oluşturulmuştur.

Daha sonra Pacher ve arkadaşları (1974) tarafından yeni Avusturya tünelcilik yöntemi (NATM) geliştirilmiştir. Bu yaklaşımı verirken araştırmacılar Stini'nin (1950) çalışmalarından yararlanmışlar ve bu çalışmaları temel almışlardır. Bu çalışmada amaç pratik ve teorik çalışmaları birleştirerek ortaya çıkan problemlere mantıksal çözümler önermektir. Kullanılan belli özelliklere ek olarak bu çalışmada açılacak tünelin şekli ve kazı yönteminin önemi de vurgulanmıştır. Bütün bunların yanında araştırmacılar proje çalışmalarında işveren ve taşeron firmatemsilcilerinin katılımıyla kayanın tanımlanması yapacak uzman bir kurul oluşturulması fikrini belirterek, bu konuda çıkabilecek anlaşmazlıkların azaltılmasına çalışmışlardır. Bieniawski'nin

de (1989) belirttiği gibi NATM yönteminin en önemli özelliklerinden birisi esnek tahkimatlardan örnek vermesi ve bunların kullanılması ile ilgili tavsiyelerde bulunmasıdır.

Kaya sınıflaması konusunda ortaya çıkan fikir ve uygulamalar doğrultusunda Bieniawski (1973) günümüzde de kullanılan kaya kütlesi sınıflama (RMR) sistemini önermiştir. Yapılan uzun araştırmalar ve incelenen yüzlerce metre (yaklaşık 50000 metre) karot numunesi sonunda kaya kütlesinin sınıflandırılması için Bieniawski aşağıdaki parametrelerin kullanılmasını önermiştir. Bu parametreler; tek eksenli basma dayanımı, kaya kütlesi kalite indeksi (RQD), eklemler arası mesafe, eklemlerdeki bozuşma durumu, yeraltı su geliri ve kaya kütlesi içinde açılacak olan proje çalışmasının (tünel, galeri vs.) doğrultusudur. Daha sonraki çalışmalarda eklem bozuşma durumunu biraz daha detaylı olarak açıklayan Bieniawski (1989) bu parametreyi tarif ederken dikkat edilecek alt parametreleri de: eklemler arası mesafe, eklem pürüzlülüğü, eklemlerin devamlılığı, eklemlerdeki dolgu cinsi ve eklemlerin bozuşma derecesi olarak açıklamıştır. Bu çalışmalara ek olarak, kaya kütlesinin durumuna göre, yeraltında açılan boşluklar etrafında kaya kütlesi yenilmelerini hesaplamak isteyen Hoek ve Brown ampirik kaya kütlesi tanımlama değerleri olan m ve s değerlerini tariflenmişlerdir (Hoek ve Brown, 1980). Daha sonra aynı araştırmacılar m ve s değerlerini RMR kaya kütlesi sınıflama parametreleriyle özleştirerek gerekli ampirik çevrim formüllerini önermişlerdir (Hoek ve Brown, 1988).

Norveç Jeoteknik Enstitüsü (NGI) RMR'ın açıklandığı yıllarda kendi çalışmalarını yayınlamış, Barton ve arkadaşları tarafından geliştirilen Q sistemini duyurmuştur (Barton ve ark., 1974). Bu sistemde de yine bilinen kaya özellikleri kullanılırken, bu özellikler için kullanılan ağırlık katsayıları farklı seçilmiş, farklı şekilde değerlendirilmişlerdir. Q sisteminde kullanılan kaya kütlesi özellikleri; RQD, kayanın içsel gerilme şartları, yeraltı su geliri, toplam eklem takımı sayısı, eklemlerin pürüzlülüğü, eklemlerdeki bozuşma derecesi, eklemlerdeki dolgu cinsi, dolgu miktarı, eklem duvarlarındaki bozuşma olarak sıralanırken üzerinde çalışılan projenin doğrultusu da değerlendirmeye alınmıştır. Q sisteminde bu parametrelere ek olarak proje çalışmasının amacı da özel olarak derecelendirilmiştir. Bundan sonraki yıllarda çeşitli amaçlar için ortaya çıkan sınıflandırmaları genellemek amacıyla çalışmalar yapılmış ve 1981 yılında Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (ISRM) böylesi bir kaya kütlesi sınıflama sistemi önermiştir. Bu sistemde kullanılan kaya kütlesi parametreleri: kayanın ismi, tabaka kalınlığı, eklemler arası mesafe, tek eksenli basma dayanımı ve kayanın iç sürtünme açısı olmuştur. Laubscher (1977, 1984) yapılan çalışmaları inceleyerek RMR sistemini madencilik dalında uygulanması için özel olarak değiştirmiştir. Ortaya çıkan bu yeni sınıflama sisteminde (MRMR) Laubscher madencilik uygulamaları sırasında ortaya çıkan yeni eklemleri çıkış nedenlerine göre sınıflayıp değerlendirmiştir. Bu çalışmalar sırasında tasarımlarda kullanılmak üzere kaya kütlesi dayanımı konusunda da ampirik yaklaşımlarda bulunulmuştur. Bu değerlendirmelerde kaya kütlesi özellikleri eklemlerin doğrultusuna, eklemlerin bozuşma derecesine, proje kazı tekniğine

ve kayanın bozuşma derecesine göre tekrar gözden geçirilmiş ve derecelendirilmişlerdir. Bu olumsuz etkilerin fazlalığı kaya kütlesi dayanımının azalması yönünde yorumlanmıştır. Genel amaçlı sınıflandırma sistemi bulma çalışmalarına 1985 yılında Brook ve Dharmaratne de katılmış, yaptıkları çalışmada Q, RMR ve MRMR sistemlerini inceleyerek basitleştirilmiş kaya kütlesi sınıflandırmasını önermişlerdir (SRMR). Bu sınıflandırmalarda kullanılan kaya kütlesi parametreleri sırayla; tek eksenli basma dayanımı, eklemler arası mesafe, eklem tipi, eklem pürüzlülüğü, eklemlerin devamlılığı, eklemlerin açıklığı, eklem dolgusu özellikleri, yeraltı suyunun varlığı olmuştur. Bu araştırmacılar önerdikleri göreceli değerlendirmeleri kaya kütlesi bozuşma derecesine, proje çalışma doğrultusuna, yerinde (in-situ) ve sonradan oluşan gerilme durumlarına, patlatma tekniklerine göre özel derecelendirmelerle ayarlamışlardır.

Değişik kaya kütlesi sınıflandırma sistemleri değişik amaçlar için kaya kütlesini sınıflandırıp ona göre davranış beklentisinde olmak amacıyla başlatılmış ve uygulamada buna göre zemin bulmuşlardır. Yukarıda görüldüğü gibi araştırmacılar dünyanın değişik bölgelerinde hemen hemen aynı parametreleri kullanarak, değişik ağırlık katsayılarıyla aynı sonuca ulaşmaya çalışmışlardır. Bu çalışmalarla uzmanlığın uygulamaya aktarılmasında önemli bir aşama sayılan uzmanlık aktarımı çalışmaları kaya mekaniği uygulamalarında kademe kademe devam etmektedir.

2. Kaya kütlesi tanıma parametreleri

Değişik zamanlarda ortaya çıkan sınıflandırma yöntemleri aslında aynı kaya türü için aynı sonucu vermek durumundadır. Sağlam ve iyi durumda olan bir kaya kütlesi hangi sınıflandırma sistemi kullanılırsa kullanılsın aynı şekilde yorumlanmasa da sağlam kaya olarak değerlendirmeden çıkmalıdır. Sınıflandırmalar arasındaki farklılık uzmanların değişik çalışmalarıyla hedefe ulaşma isteği doğrultusunda yorumlanmalı, izlenilen yöntemlerde ve ağırlık derecelerindeki farklılıklar normal karşılanmalıdır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda özel uygulama alanlarına göre kaya kütlesinin özelliklerini sınıflama eğilimi görülmektedir. Bunun nedeni de belirli bir konuda kaya kütlesinin sınıflandırılmasına ihtiyaç hissedilmesidir. Bu konular kayacın aşındırma özelliği olabileceği gibi (mermer kesen tel testerelerin kullanımında etkili olabilecek bir özelliktir) diğer konularda da uzmanlar tarafından uzmanlık aktarımı amacıyla önerilebilir.

Genel olarak kaya kütlesini tanımak ve sınıflandırmak için kullanılan parametrelerin hepsinin ele alınması konunun açıklığa kavuşmasına yardımcı olacaktır. Bu amaçla kaya sınıflamaları üzerine yazılmış yüz civarındaki sınıflama sistemi değişik kaynaklardan izlenerek taranmıştır (Bieniawski, 1989; Richards, 1973). Bu tarama çalışmasında araştırmacıların kaya kütlesini sınıflamak için kullandıkları parametreler belirlenmiştir. Bu parametrelerin incelenmesiyle ortaya çıkan sonuçlar zaman içinde (1942'den günümüze kadar) bir çok uzmanın görüşünü

yansıtacağından sınıflandırma ve kaya kütlesi tanıma çalışmalarında araştırmacılara ışık tutacaktır. Bugüne kadar sınıflandırma sistemlerinde kullanılan kaya kütlesi parametrelerini sıralarsak aşağıda verilen liste elde edilecektir.

I. Grup parametreler (kaya malzemesi özellikleri)

1. Kayanın ismi ve birleşimi,
2. Kayanın rengi,
3. Kaya dokusu,
4. Kayanın yapısı,
5. Kayanın homojenliği,
6. Kayanın sertliği,
7. Kayanın tek eksenli basma dayanımı,
8. Kayanın deformasyon özelliği,
9. Kayanın kırılma özelliği,
10. Kayanın elastik modülü,
11. Kayanın yoğunluğu,
12. Kayanın bozuşma derecesi,

II. Grup parametreler (genel kaya kütlesi özellikleri)

13. Kaya kütlesi oluşumu,
14. Kaya kütlesi oluşum yeri,
15. Kaya kütlesi litolojisi,
16. Kaya kütlesi jeolojik yapısı,
17. Kaya kütlesi bozuşma derecesi,
18. Kaya kütlesi su içeriği,
19. Kaya kütlesi içindeki gerilme durumları,

III. Grup parametreler (eklem özellikleri)

20. Eklem oluşum nedenleri,
21. Eklem tipi ve cinsi,
22. Eklem takımı sayısı,
23. Eklemler arası mesafe,
24. Eklem devamlılığı,
25. Eklem açıklığı,
26. Eklem uzanım yönü,
27. Eklem düzensizliği,
28. Eklem pürüzlülüğü,
29. Eklem yüzeyi dalgalanması,
30. Kaya kütlesi kalite endeksi (RQD),
31. Eklem dolgu cinsi,

32. Eklem dolgu kalınlığı,
33. Eklem dolgusu bozuşma derecesi,
34. Eklem duvarı bozuşma derecesi,
35. Eklem içsel sürtünme açısı,

IV. Grup parametreler (proje özellikleri)

36. Kazı kategorisi (amacı),
37. Kazı boyutu,
38. Kazı yöntemi,
39. Kazı türünün kaya üzerindeki etkisi (patlatma, makina kazısı etkileri v.s.),
40. Proje çalışmasının doğrultusu,
41. Kazı etrafında kazı nedeniyle oluşan gerilmeler,

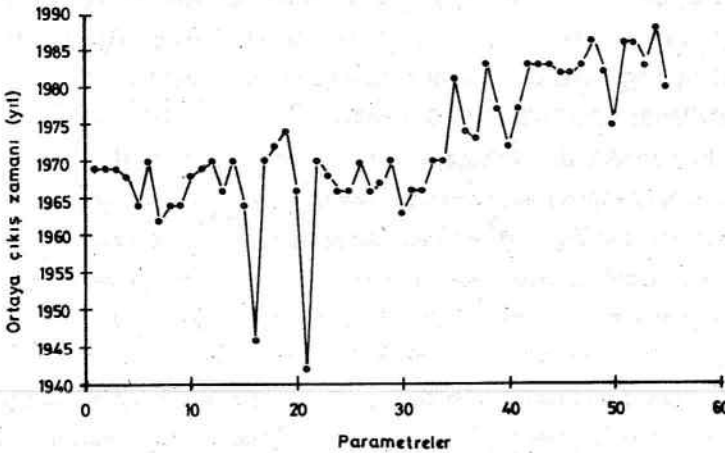
V. Grup parametreler (özel mühendislik faktörleri)

42. Kaya kütlelerinin tektonik yapısı ve tarihçesi,
43. Kaya kütlesi içindeki neotektonik oluşumlar,
44. Proje kazısı yakınındaki önceden açılmış galeri ve boşlukların uzaklığı,
45. Proje kazısının çökük, göçük ve bunun gibi bölgelere uzaklığı,
46. Proje kazısı bir madencilik uygulamasıysa, kazı panosunun uzunluğu,
47. Proje kazısının derinliği,
48. Kömür madenciliğinde, tavan tabakası kalınlığı,
49. Madencilikte, genel kazı oranı,
50. Kaya kütlelerinin sismik hız özellikleri,
51. Kaya kütlelerinin aşındırma özellikleri,
52. Kaya kütlelerinin aşınma özellikleri,
53. Kaya kütlelerinin kohezyon özelliği,
54. Kaya kütlelerinin çökme özelliği,
55. Kaya kütlelerinin su geçirgenliği.

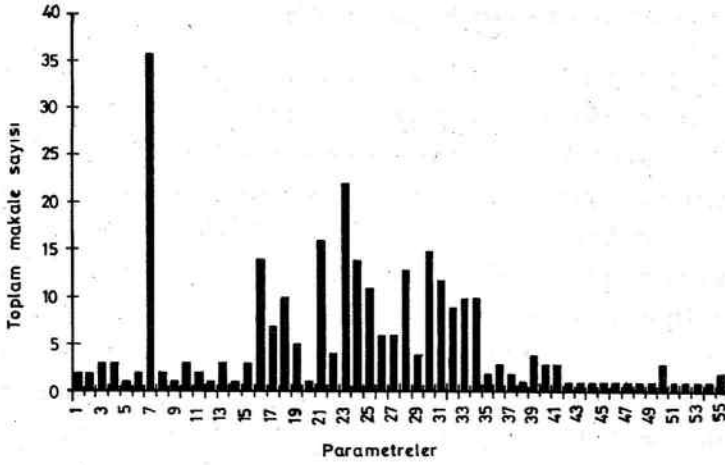
Kaya ve kaya kütlesi özelliklerinin tamamını sıralama çalışmaları daha önce de yapılmıştır. Bu amaçla Arnold'ın (1990) yaptığı çalışmada 130 adet genel amaçlı kaya ve kaya kütlesi tanımlama parametresi belirlenmiştir. Bu parametrelere örnek olarak ısı iletkenliği, elektrik yalıtkanlığı, radyoaktiflik, kaya yapısı, eklem özellikleri verilebilir. Bu çalışmadan farklı olarak, kaya kütlesi sınıflandırma sistemlerinde kullanılan parametrelerin değerlendirmeye alındığı bu çalışmada, bu parametreler özellikle kaya mekaniği uygulamaları için sıralanmışlardır.

3. Kaya kütlesi tanımlama parametrelerinin incelenmesi

Yukarıda listelenen bu parametreler sıra numaralarına göre isimlendirilir ve grafikler de bu numaralara göre analiz edilirse değişik amaçlı grafikler elde edilebilir. Aşağıda verilen şekil de (Şekil 1) bu parametrelerin ilk kullanılmaya başlandığı yılların belirlenmesi yapılmıştır. Daha sonra hangi parametrenin kaç araştırmacı tarafından kaya sınıflandırması amacıyla kullanıldığı gösterilmiştir (Şekil 2). Şekillerden de anlaşılacağı gibi kaya mekaniği çalışmalarının ihtiyaç hissedildiği ilk yıllarda kullanılan parametreler genel parametreler olurken, yıllar içinde kaya mekaniğindeki uzmanlaşmaya paralel olarak çeşitlenmiştir. Son yıllarda daha özel konularda kaya kütlesi parametre arayışının artması kayayı daha ayrıntılı olarak tanımlamaya yöneliktir. Bunun yanında bazı parametreler hemen hemen birçok uzmanın ortak görüşüyle kaya kütlesi sınıflama parametresi olarak kullanılmışlardır. Bu parametreler Şekil 2'den de kolayca anlaşılmaktadır. Tek eksenli basma dayanımı, kaya kütlesi yapısı, kaya kütlesi içindeki eklemlerarası uzaklık, eklemlerin cinsi, eklemlerin devamlılığı, eklemlerin pürüzlülüğü, RQD, eklem dolgu cinsi, eklem dolgusu bozuşma derecesi ve kaya kütlesi içindeki su geliri gibi parametreler diğerlerine göre göreceli olarak daha fazla kullanılmışlardır. Bu sonuç, bu parametreler üzerinde daha dikkatle durulması gerektiğini gösterirken, diğerlerinin niçin daha az sayıda kullanıldığı araştırılmalıdır.



Şekil 1. Kaya sınıflama parametreleri ve bunların ilk kullanıldığı yıllar.



Şekil 2. Kaya kütlesi tanımlama parametreleri ve bu parametrelerin sınıflandırma sistemlerinde kullanılma sayısı.

4. Sonuç

Yukarıda verilen parametrelerin bir kısmının veya hepsinin değişik bir formülasyonla (kazanılmış ve ölçülmüş tecrübelerin ışığı altında) başka bir isim altında tekrar yeni bir sınıflandırma sistemi için tanımlanması belki yeni bir çözüm olabilir. Fakat değişik eğitim çalışmalarına katılmış, değişik konularda uzmanlaşmış, değişik yörelerden gelen uzmanlar kaya kütlesini kendi bilgilerine göre farklı şekilde gruplandırabilecekler ve bu gruplara göre değişik ağırlıklardaderecelendireceklerdir. Böylece, sonuçta birden fazla sınıflandırma yöntemi ortaya çıkacaktır. Bugüne kadar yapılan araştırmaların gösterdiği de böylesi bir gelişmedir. Bunun yanında uzmanların anladığı düzeyde göreceli olarak kayaları inceleyebilecek ve kayaların değişik özelliklerine uzmanların istediği doğrultuda dereceler verecek mühendislerin azlığı da dikkate alınmalıdır. Öyleyse kaya ve kaya kütlesini tanımaya çalışan uygulamacı mühendis ve araştırmacıların yukarıda sıralanan kaya kütlesi sınıflama parametrelerini ve onların genel kaya kütlesi üzerindeki etkilerini bilmeleri gereklidir. Bu bilgilerin ve açıklamaların yanında uzmanlarca verilen sınıflandırma sistemlerini kullanan mühendisler sınıflandırma sisteminden çıkan sonuçları pratik uygulamalarda ihtiyatla kullanmaları gerektiğini unutmamalıdır. Göreceli tanımlarla yapılan değerlendirmelerde yukarıdaki parametreleri kullananların yorumlarını ve değerlendirmelerini proje çalışması doğrultusunda yapmaları ve kullandıkları

sınıflama sisteminin bu anlamda kullanılabilir olması gerektiği unutulmamalıdır. Bütün bu parametreleri ve bu konuda uzmanların yaptığı değerlendirmeleri içine alan bir bilgi-bankası hazırlanması veya bu bilgilerin özel değerlendirmelere açık olacak şekilde (knowledge-base) bilgi-temelli uzman sistemlerin mühendislere sunulması ortaya çıkan sorunların azaltılması yönünde büyük bir adım olabilecektir. Bu konunun gelecekte tartışılması konunun araştırılması açısından önemlidir.

Kaynaklar

- Arnold, P.N. (1990) REMIT: Rock engineering mechanisms information technology. *MPhil. tezi*, Imperial College, Londra Üniversitesi, Londra.
- Barton, N.R., Lien, R., Lande, J. (1974) Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics*, N6, 189-239.
- Bieniawski, Z.T. (1973) Engineering classification of jointed rock masses. *Trans. S. Afr. Inst. Civ. Eng.*, V15, 335-344.
- Bieniawski, Z.T. (1989) *Engineering Rock Mass Classifications*. John Wiley, NewYork.
- Brook, N. ve Dharmaratne, P.G.R. (1985) Simplified rock mass rating system for mine tunnel support. *Trans. Inst. Min. Metall.* V94, A148-A154.
- Coates, D.F. (1964) Classification of rocks for rock mechanics. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, V2, 421-429.
- Franklin, J.A. ve ark. (1972) Discussion on logging the mechanical character of rock. *Trans. Inst. Min. Metall. Sect.*, V81, N782, 43-51.
- Hoek, E. ve Brown, E.T. (1980) *Underground Excavations in Rock*. The Inst. of Min. and Metall., Londra.
- Hoek, E. ve Brown, E.T. (1988) The Hoek-Brown failure criterion.-a 1988 update. *Proc. 15. Canadian Rock Mech. Symp.*, 31-38.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), (1981) Basic geotechnical description of rock masses. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, V18, 85-110.
- John, K.W. (1962) An approach to rock mechanics. *Proc. American Soc. Civil Engng.*, V88, No:SM4, 1-30.
- Laubscher, D.H. (1977) Geomechanical classification of jointed rock masses-mining applications. *Trans. Inst. Min. Metall.*, V86, A1-A7.
- Laubscher, D.H. (1984) Design aspects and effectiveness of support systems in different mining conditions. *Trans. Inst. Min. Metall.*, V93, A70-A81.
- Ouedera, T.F. (1970) Activities on rock mechanics in the Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering. *Rock Mechanics in Japan*, V1, 3.

- Pacher, F., Rabcewicz, L. ve Golser, J. (1974) Zum der seitigen Stand der Gebirgsklassifizierung in Stollen-und Tunnelbau. *Proc. 12. Geomech. Colloq.* Salzburg. 51-58.
- Richards, L.R. (1973) Classification and weathering of near-surface jointed rock. *MSc tezi*, Imperial College, Londra Üniversitesi, Londra.
- Stini, I. (1950) *Tunnelbaugeologie* Springer-Verlag, Vienna.
- Terzaghi, K. (1946) *Rock Defects and Loads on Tunnel Support*. in Rock Tunnelling with Steel Supports. Proctor, R.V. and White, T., Commercial Shearing Co., Ohio.
- Wickham, G.E., Tiedemann, H.R. ve Skinner, E.H. (1972) Support determination based on geologic predictions. *Proc. First Rapid Excav. Tunnelling Conf.* AIME, New York, 43-64.

ULUSLARARASI ÜÇÜNCÜ MADENCİLİK PLANLAMASI VE EKİPMAN SEÇİMİ SEMPOZYUMU
GERÇEKLEŞTİRİLİYOR

Türk Ulusal Kaya Mekaniği Derneği başta olmak üzere Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, Anadolu Üniversitesi, Karafelmas Üniversitesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, Etibank, Türkiye Taşkömürleri Kurumu, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, The International Journal of Surface Mining Reclamation and Environment ve Worl Mining Equipment'in destekleri ile organize edilen "*Uluslararası Üçüncü Madencilik Planlaması ve Ekipman Seçimi*" konulu Sempozyum 18-20 Ekim 1994 tarihleri arasında İstanbul'da Hotel the Marmara salonlarında gerçekleştirilecektir.

Sempozyumda sunulmak için 28 ülkeden 200'e yakın makale gönderilmiş ve bunlardan aşağıda listesi verilen 150'nin üzerinde makale kabul edilmiştir. Bu makalelerin tamamı sempozyum kitabında yer alacak, büyük bir kısmı sempozyumda sunulup tartışılacaktır.

Sempozyum kitabında yer alacak olan makalelerin konu başlıkları ve makale adları şöyledir:

A. MINE DESIGN AND PLANNING

- Teaching mine design in a technological modern environment
G.V.R. Landman, University of the Witwatersrand, South Africa
- Technological schemes of development with ore transport by blast and mud stream
E.I. Rogov, S.M. Bekbayev, A.Zh. Kushtayev, A.P. Volkov, V.L. Dyukov & A.I. Borshchagovsky, National Academy of Sciences, Kazakhstan.
- Decision support system in planning and design of multiple open-pit mine
F. Sheng & Q.M.Zhou, Ministry of Chemical Industry, P.R. China, **Q.X.Yun**, Xian Institute of Metallurgy and Construction Engineering, P.R. China
- An application of geostatistical modeling and 3-D optimization of the final pit limits for a lignite deposit
J. Mastoris, E. Topuz & M. Karmis, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA, **P. Schilizzi**, Department of Lignite Exploration, Public Power Corporation, Greece, **K. Modis**, Research Committee National Technical University of Athens, Greece

- Applications of multistage mining in surface mining
Q.X. Yun & G.Q. Huang, Xian Institute of Metallurgy and Construction Engineering, P.R. China, *H.L. Guan*, Beijing General Research Institute of Mining and Metallurgy, P.R. China
- Conception of the sound man-made landscape creature in open cast mining
V.V. Gailish, V.I. Suprun & J.G. Agaphonov, Moscow State Mining University, Russia

B. MINE PLANNING AND GENERATION

- A preparation of the databases for the computer planning of the surface mine
B.R. Rakishev & M.B. Sadykov, Kazak National Technic University, Kazakhstan, *A.B. Begalinov & S.M. Kikkarin*, "Altynalmas" National Joint-Stock Company, Kazakhstan
- The development of the mining plan CAD system for surface coal mines
W. Tie, W. Chunqi & W. Zhihong, Fuxin Mining Institute, P.R. China
- Development of a workstation based CAD system for the planning of underground and opencast hard rock mines
F.L. Wilke, L. Szabo & M. Rapp, Technische Universitat Berlin, Deutschland
- Integrated system for geological reserves and deposits evaluation, production programming and surveying with 3-D automatic drawing of graphical outputs
D.D. Stanescu, A. Dadu, I. Macoviciuc & L. Diaconu-Muresan, Computing Center for Mining Industries, Romania
- 3-D surface modelling with application in the representation of mineral deposits
I. Macoviciuc & L. Diaconu-Muresan, Computer Center for Mining Industries, Romania

C. MINE PRODUCTION PLANNING

- The state of long term production planning in open pit mines
H. Sevim & D.D. Lei, Southern Illinois University, USA
- The multi-object network decision method for determining the mining plan
M. Yundong, S. Baozheng, G. Hongwei & S. Hualing, Fuxin Mining Institute, P.R. China

- Computer-aided planning of underground mine exploitations
J.L. Vieira, F. Muge, N. Santos & Q. Rogado, Instituto Superior Technico, Portugal, *G. Sini*, Mining Italiana, Italy
- Optimal production scheduling using operations research techniques in a large opencast iron ore mine
S. Maitra, P.V. Rao, D. Sengupta & V.S. Rao, The Tata Iron and Steel Company Limited, India
- Simulation of mining dynamics for middle- and short-term open pit production planning
S.S. Reznichenko & A.M. Valuev, Moscow State Mining University, Russia

D. MINE PRODUCTION SYSTEMS

- Three high output and high efficiency models by longwall top coal caving technology
Y. Haiyong, W. Jian, L. Chongxun & L. Huaishu, China University of Mining and Technology, P.R. China
- Application of integrational theory of mine production process modelling to optimization of selected parameters of coal panels
R. Magda, University of Mining and Metallurgy, Poland
- Energy requirements in modern stone quarries
R. Ciccu & P.P. Manca, Dept. of Mining and Minerals Eng., Italy
- Transportation economics of open-pit mining by 18 m bench
Z.Li, Mining Research Institute, Beijing University of Science & Technology, P.R. China
- Effective cut-and-fill technologies for thick ore bodies
V.A. Aldamergenov, M.G. Mekteshev, V.S. Muzgina & T.D. Sherbakova, National Academy of Sciences, Kazakhstan
- Electric power supply systems for mine machines
A.B. Ivanov, State Mining University of Ukraine, Ukraine
- Choice of rational technology to determine boundary between surface and underground mining
N.S. Buktukov, National Academy of Science, Kazakhstan

E. MINE DESIGN AND PLANNING APPLICATIONS

- Surface modelling at Serra do Madeira mine in Pitinga-Amazon
E. De Silvio, Paranapanema Group, Brazil
- Geostatistical tin grade modelling at Serra do Madeira mine in Pitinga-Amazon
E. De Silvio, Paranapanema Group, Brazil
- Technological parameter modelling at Serra do Madeira mine in Pitinga - Amazon
E. De Silvio, Paranapanema Group, Brazil
- Optimization method of surface mining depth for inclined and steep multiseam phosphorite deposits in Tunisia
W. Koziol, University of Mining and Metallurgy, Poland, *L. Bouellegui*, ENIG, Tunisia
- The selection and design of new No.2 backfill system in the Longshou nickel mine
C. Sijing, University of Science and Technology, P.R. China, *L. Tongyou*, *R. Hanzhang & Z. Yuxin*, Jinchuan Non-Ferrous metals Corporation, P.R. China
- Evaluation of rock mass monitoring during mining of hard coal seam in very difficult mine and geological conditions
V. Petros, Mining and Metallurgical University, Czech Republic, *F. Blaha*, Research Mining Institute, Czech Republic
- High productivity longwall mining system in Velenje coal mine
M. Kolenc, *M. Medved & M. Hudej*, Velenje Coal Mine, Slovenia
- The selection of semi-variogram and distribution models for the estimation of recoverable reserve-grade
A. Konuk, Osmangazi University, Turkiye, *G. Yersel*, Anadolu University, Turkiye, *E. Çelebi*, Etibank Gümüşköy Silver Mine Company, Turkiye

F. INNOVATIVE MINING SYSTEMS

- Gains in Canadian surface mines productivity through innovative schemes
R.K. Singhal, *J.L. Collins & K. Fytas*, Universite Laval, Canada
- Development of an innovative mining system for hard rock mines using continuous breaking techniques
F.L. Wilke & F. Spachtholz, Technical University of Berlin, Germany

- A drilling approach for the 21st century
B.L. Hodgins, Harnischfeger Corporation, USA
- Several strategic problems relating to development of hydraulic coal mining in China
L. Haizhou & Y. Peng, Tangshan Branch of the Central Coal Mining Research Institute, P.R. China
- Mining of a thick inclined bauxite deposit by a modified sublevel caving method under marginal conditions of the surrounding rocks' characteristics
J.N. Economopoulos, N.J. Koronakis & P.T. Kontothanassis, National Technical University of Athens, Greece, **J.K. Michalelis & D.H. Kotinis**, Greek Helicon Bauxites-G.L. Barlos Ind. Min.Co S.A., Greece
- An innovative planning methodology for technological feasibility of underground coal mines
P.K. Banik, Indian Institute of Technology, India

G. MINE EVALUATION, MANAGEMENT AND MINE AND EQUIPMENT INFORMATION SYSTEMS

- Profitability and the application of activity based working cost analysis in underground gold mining operations
G.L. Smith, CSIR Mining Technology, South Africa
- A method for a feasibility study of a mining firm
V. Badino & G.L. Michellone, Dipartimento di Georisorse e Territorio, Politecnico di Torino, Italy
- Simulation of exploitation alternatives in marble quarries based upon a recovery index
J. Ribeiro & H.G. Pereira, CVRM/IST - Mining Dept., Portugal
- A mine plan and budgeting system for Turkish Coal Enterprises
N. Çelebi & A.G. Paşamehmetoğlu, Middle East Technical University, Türkiye, **T. Hızal**, Turkish Coal Enterprises, Türkiye
- The change in management methods and organizational structures for mining branches of Russian industry
M.A. Revazov & S.S. Reznichenko, Moscow State Mining University, Russia

- Competitive mine management and economics on polymetallic sulphides
A.T. Lopes, R.A. Pereiral & A.M. Rebelo, Somincor, Portugal
- Setting of planning objectives for mine management in sulphides mines
F. Real & A.T. Lopes, Somincor, Portugal
- The development rules of mining management information system (MMIS)
Z. Liqun, D. Liyan & L. Shihui, Northeastern University, P.R. China
- The design and implement of coal mine equipment management information system (MIS)
Z. Baoyan & Z. Peijian, China Coal Economy Institute, P.R. China

H. SIMULATION, TRUCK DISPATCHING AND TRUCK-LOADER MATCHING

- A simulation model for testing a proposed mining operation: phase 1
J.R. Sturgul, University of Idaho, USA, *W.L. Jacobsen*, Kennecott Corp., USA
- A three-phase simulation model for mine transport analysis
W. Mutagwaba & S. Durucan, Royal School of Mines, Imperial College of Science, U.K.
- Analysis of shovel-truck operations using STRAPAC
G.N. Panagiotou & T.N. Michalakopoulos, National Technical University of Athens, Greece
- Equipment selection by simulation modelling of mining machine interactions
O.V. Tailakov & V.L. Konyukh, Russian Academy of Sciences, Russia
- System simulation of optimal truck dispatching criteria in open cut mining
Z. Youdi, S. Jing, L. Shuguang & Z. Daxian, China University of Mining and Technology, P.R. China
- Optimizing truck-loader matching
B. Morgan, Caterpillar Inc., USA

I. EQUIPMENT SELECTION

- Cost effective equipment applications zones
B. Morgan, Caterpillar Inc., USA

- Purchasing heavy earth moving equipment: a few considerations
S.C. Agarwal, Associated Stone Industries (Kotah) Ltd., India
- Equipment selection based on labor cost saving
V.L. Konyukh, Russian Academy of Sciences, Russia
- Training: Development methods
R. North, National Training Board, Australia
- Modelling of lignite-waste material mixing during selective mining with BWE
R. Mevorach & P. Findikakis, Public Power Corp., Greece, *G.N. Panagiotou*, National Technical University of Athens, Greece
- Optimising the number of load-haul-dump machines in a Swedish mine by using queuing theory - A case study
Y. Huang & U. Kumar, Lulea University of Technology, Sweden
- Using Petri nets to select equipment and schedule complex work operations in underground mining
V.L. Konyukh & O.V. Tailakov, Russian Academy of Sciences, Russia, *H.H. Becker*, Raspadskaya Mine, Russia
- Choice of transport systems for highly efficient longwalls in Polish underground coal mines
J. Antoniak, Silesian Technical University, Poland
- The selection and the employment of transport system equipment with the inductive energy transmission for the coal mines
G.G. Pivnyak, Mining Institute, Ukraine
- Equipment selection for mechanized longwall panels in thick seam coal mining in Turkey
T. Ahiska & T. Ünver, Turkish Coal Enterprises, Türkiye
- Optimisation of the underground mining power feed equipment fleet
T.M. Urumov & Y.M. Kulayev, Holding Company "Kazakhmys", Kazakhstan
- Procedure for selection of longwall shearers and conveyors
L. Jarno & T. Mazurkiewicz, Mining Mechanization Centre KOMAG, Poland
- Selection procedure of coal cutting machine
T.N. Singh, Central Mining Research Station, India

- Practical considerations in selecting boom type tunnelling machines
O.Z. Hekimoğlu, Hacettepe University, Turkiye
- Rippability, cuttibility and machine selection by using geophysical technics in Darıca rock quarry, Turkiye
A. Ercan, Istanbul Technical University, Turkiye
- Methods of planing superproductive excavator and railway systems of open-pit mines
D.G. Bukeikhanov, S.Zh. Galiev, M.A. Murtazaev, M.I. Zharkenov & A.Kh. Dzhapsibaev, Inst. of Mining Eng. National Academy of Sciences, Kazakhstan
- A computer program for the selection of open pit mining equipment and economical evaluation of open pit mining methods
Y. Çebi, H. Köse & E. Yalçın, Dokuz Eylül University, Turkiye

K. EQUIPMENT PERFORMANCE MEASUREMENT, MONITORING AND MAINTENANCE

- Damage to conveyor belts by the application of impact bars to loading points
M. Hardygora & G. Paszkowska, Technical University of Wrocław, Poland
- Methods of calculation of belt conveyors
L. Gladysiewicz, W. Kawalec & M. Hardygora, Technical University of Wrocław, Poland
- Benchmarking the performance of Western Australian mines
T.S. Golosinski & J.W. Abernethy, Western Australian School of Mines, Australia
- Design of a predictive maintenance module for mining equipment
D. Kumar, U. Kumar & P.A. Lindqvist, Lulea University of Technology, Sweden
- Tribology: Today's technology for mine maintenance
R.L. Kincaid, Spectron International Inc., USA
- The research on the reliability of mining production systems and optimal maintenance policy
M. Yundong, S. Hualing & S. Baozheng, Fuxin Mining Institute, P.R. China
- The theory of diamond tool wear mechanism and hard rock sawing optimisation
C. Dong & S. Durucan, Royal School of Mines, Imperial College of Science, U.K.

Simulation of the operation of a rock chain cutter on statistical models of inhomogeneous rocks

R. Mancini, M. Cardu, M. Fornaro & M. Bobbio, Dipartimento Georisorse e Territorio del Politecnico, Italy, **M. Linares**, Mining Italiana S.p.A., Italy

Wear performance of drag-bit

A.K. Jain & D.P. Singh, Banaras Hindu University, India

Abrasivity of Indian coalmeasure rocks and wear of drill bits

K.Pathak, Royal School of Mines, Imperial College of Science, U.K.,
A.K. Ghose, Indian School of Mines, India

Prediction of drilling performance for electro-hydraulic percussive drills

N.A. Akçın & Y.V. Müftüoğlu, Karaelmas University, Türkiye, **N. Baş**, Turkish Hardcoal Enterprises, Türkiye

Specific digging energy as a measure of diggability

A. Ceylanoğlu, Cumhuriyet University, Türkiye, **C. Karpuz & A.G. Paşamehmetoğlu**, Middle East Technical University, Türkiye

Determination of quarternary strata diggability with bucket wheel excavators

S. Ural, Afşin-Elbistan Lignite Establishment, Türkiye, **A.H. Onur**, Çukurova University, Türkiye

Simulation technique for the performance appraisal of the open-pit mine machinery

B.K. Pal, Regional Engineering College, India

Prediction of machine performance in mine tunnel drivage

H. Shimada & K. Matsui, The University of Kyushu, Japan

Problems associated with roadway and tunnel drivages in Turkey and some key points for the efficient solution

Ş. Eşikaya, N. Bilgin & S. Yazıcı, Istanbul Technical University, Türkiye, **L. Özdemir**, Colorado School of Mines, USA

Computer aided control of roadheader boom for mining application

F. Deak & G. Ladany, University of Miskolc, Hungary

- The performance analysis of roadheaders and TBM in Istanbul tunnels with respect to the equipment selection
T. Seyrek, İSKİ, Türkiye, *M. Akgül*, STFA Co., Türkiye, *K. Kurumuş*, UBM, Türkiye, *N. Bilgin*, Istanbul Technical University, Türkiye

- Detroit diesel electronic controls... DDEC III
J. Withrow, Detroit Diesel Corporation, USA

L. DECISION SUPPORT SYSTEMS

- Fuzzy experiential design method for the support of rockbolt and shotcrete
H. Hongwei & D. Shouji, Tongji University, P.R. China
- A model of fuzzy calculation of the construction cost
S. Liangshan & F. Hua, Fuxin Mining Institute, P.R.China
- Modelling environmental impact using neural networks techniques
E. Clarici, S. Durucan & D. Owen, Royal School of Mines, Imperial College of Science, U.K.
- The application of linear octree encoded property modelling to the Çayeli deposit
R. Prissang, Freie Universitat Berlin, Germany
- Rule-based cognitive force control for automation of excavators
M. Bodur, H. Zontul, A. Ersak & A.G. Paşamehmetoğlu, Middle East Technical University, Türkiye
- An intelligent modelling assistant for preliminary analysis of mining design
Y. Jianguo, Central Coal Mining Research Institute, P.R. China
- An expert system to diagnose a layout plan on coal mines under consideration of rock mechanics
P. Antweiler, M. Gutmann, P.N. Martens & A. Groten, Aachen University of Technology, Germany
- Interaction matrix concept application in equipment selection
M.K. Gökay, Selçuk University, Türkiye
- Application of quantitative risk assessment techniques to dragline productivity optimisation
R.J. Thompson, University of Pretoria, South Africa

- Development of an expert system for dragline and stripping method selection
B. Erdem, N. Çelebi & A.G. Paşamehmetoğlu, Middle East Technical University, Türkiye
- An expert system for the fault diagnosis of the hydraulic systems of underground vehicles
X. Wei, B. Denby & D. Schofield, University of Nottingham, U.K.
- Expert system for rotational type, structure and working resistance selection of hydraulic powered support
Z. Hangshan, Y. Jianyguo, S. Yuanwei & C. Huiming, Beijing Research Institute of Coal Mining, P.R. China
- A knowledge-based decision support system development for geomechanical applications
M.K. Gökay, Selçuk University, Türkiye
- A prototype expert system for blasting design
E. Nasuf & S. Yazıcı, Istanbul Technical University, Türkiye
- ŞEVDUR: An expert system for slope stability analysis
A. Özgenoğlu & A. Öcal, Middle East Technical University, Türkiye
- Expert computing systems for the solution of collieries prospect development problems
V.A. Kharchenko, Moscow State Mining University, Russia, *V.M. Ereemeev*, Centrogiproshaht, Russia

M. DRILLING AND BLASTING

- Selecting explosives systems and monitoring their performance in surface mines
T.N. Hagan, Golder Associates Pty. Ltd., Australia, *A.R. Cameron*, Golder Associates Ltd., Canada
- Drilling and blasting technology-past and present trends
C.B. Navalkar, Soil Engineers and Mining Consultants, India
- Design and optimization of tunneling blasting operations
L.C. Rusilo, Instituto de Pesquisas Technologicas de Sao Paulo, Brazil, *E.C. Sansone, W.T. Hennies & L.A.A. Silva*, Polytechnic School of Sao Paulo University, Brazil

- A new practical method to analyze the blastability of rock
F. Fujimura, L. Soares & W.T. Hennies, Polytechnic School of University of Sao Paulo, Brazil, *M.A.R. Silva*, Comercial e Pavimentadora Riuma Ltda, Brazil
- Effect of dominant discontinuity orientation on blasting: A case study
H.A. Bilgin & A.G. Paşamehmetoğlu, Middle East Technical University, Turkiye, *H.T. Özkahraman*, Demirel University, Turkiye
- Analysis of drilling patterns in underground blasting using different hole diameters
L.C. Rusilo, Instituto de Pesquisas Tecnologicas de Sao Paulo, Brazil, *E.C. Sansone & L.A.A. Silva*, Polytechnic School of Sao Paulo University, Brazil
- Planning of charge location parameters at the bench
B.R. Rakishev, K.I. Esenberlin & M.B. Sadykov, Kazakh National Technical University, Kazakhstan
- A face shock-absorber for extracting core-collecting pipes - potentialities and industrial results
N. Nenkov, University of Mining and Geology, Bulgaria, *S. Bednarz*, University of Mining and Metallurgy, Poland, *P. Nedyalkov*, Geologoprouchvatelno Predpriatie, Bulgaria
- Cautious blasting with large diameter holes in Aitik open pit mine, in Sweden
M.Z. Sunu, Blacksea Technical University, Turkiye
- Pre-splitting technique of blasting - an aid to productivity
M.S. Sandhu, IBP Co. Limited, India, *K.K.Khadia*, Northern Coalfield Limited, India
- Blast-induced ground vibrations as a decision tool in open-pit mine design
D. Mamurekli, University of Hacettepe, Turkiye
- The numerical prediction, analysis and modelling of ground vibration induced by blasting
G.J. Johnston & S. Durucan, Royal School of Mines, Imperial College of Science, U.K.
- Evaluation of dynamic effect of industrial explosions on the roof of extraction chamber
T.M. Ermekov, K.K. Tulebaev & T.K. Keneev, National Academy of Sciences, Kazakhstan, *S.M. Bekbaev*, Achisai Polymetallic Plant, Kazakhstan

- Blast rock movement and its impact on ore grade control at the Rain Mine, Newmont Gold Company
L.J. Gilbride, S. Zhang, P.M. Jones & J.J.K. Daemen, Mackay School of Mines, University of Nevada, USA
- The application of LM series raise boring machines to coal mine and hydroelectric engineering
L. Zhiqiang, L. Rihui, L. Weiyuan & C. Xiuying, Beijing Research Institute of Mine Construction, P.R. China
- The reliability analysis of the NONEL detonating system in open-pit
Z. Liqun, L. Shihui & C. Wenlin, Northeastern University, P.R. China
- Use of elementary explosives in underground mines
M.I. Djarkenov, High-Tech Company "Zhezkazgantsvetment", Kazakhstan,
A.M. Biesebaev & D.I. Lipich, Kazakh National Technical University, Kazakhstan

N. ROCK MECHANICS

- Generalised empirical method for predicting surface subsidence
M. Zhang & A.K. Bhattacharyya, University of New South Wales, Australia
- Assessment of surface and subsurface ground disturbance due to underground mining
A. W. Khair, West Virginia University, USA
- The use of physical modelling for undersea mining design
N. Biçer, Turkish Hard Coal Enterprises, Turkiye
- A model study on the caving mechanism of longwalls in jointed media
Ö. Aydan, Tokai University, Japan
- Rock engineering considerations in planning the protection of vertical shafts in deep mines
S. Budavari & M.U. Özbay, University of the Witwatersrand, South Africa
- Static and rheological analysis for underground salt mines using a finite element method
A. Dadu & I. Macoviciuc, Computing Center for Mining Industries, Romania

- Stability of drifts in inclined coal seams: a numerical study
M.H. Foroughi & J.O. Watson, University of New South Wales, Australia
- Selection of rigid steel arches for gallery support
H. Gerçek, Karaelmas University, Turkiye, **S. Elibol**, Turkish Hard Coal Enterprises, Turkiye
- Mining in high stress environment
B.K.P.Sinha & P.K. Rajmeny, Hindustan Zinc Limited, India
- Characteristic properties of manifestation of rock pressure at chrome ore mining
V.N. Shashkin, Donskoi Mining-and-Processing Integrated Works, Kazakhstan, **T.M. Ermekov & M.G. Abuov**, Mining Institute of the National Academy of Sciences, Kazakhstan, **A.M. Freidin**, Mining Institute, Russia
- A dynamic model for the determination of the powered support resistance under strong roof conditions
Gao Cunbao & M. Qian, China University of Mining & Technology, P.R. China, **Y. Zhou & W. Wang**, Datun Coal & Electricity Corporation, P.R. China
- The ways of hydraulic powered supports for controlling the top-coal in longwall top-coal caving faces
W. Jian & T. Chuhua, China University of Mining and Technology, P.R. China, **W. Zhiqin & Y. Qingwei**, Zhenzhou Coal Mining Administration, P.R. China
- Innovative mining systems in burstprone deposits
I.T. Aitmatov & K.Ch. Kojogulov, Kyrgyzstan Republic Academy, Kyrgyzstan
- Underground monitoring micro seismicity for rock bursts prediction
V.A. Mansurov, Academy of Sciences, Kyrgyzstan
- Geomechanic monitoring system for coal mines - A means of providing efficiency and safety of mining
B.V. Vlasenko, V.I. Kozlov & V.N. Risover, Russian Academy of Sciences, Russia, **V.V. Nekrasov & V.J. Magdytch**, Concern of Kuznetskugol, Russia
- Appraisal of underground constructions reliability
E.Y. Rogov, Institute Gornogo Kazakhstan, **M.J. Bitimbaev**, Ministry of Industry, Kazakhstan

- Probabilistic wedge stability analysis by advanced first order second moment (FOSM) method
H.Ş.B. Düzgün, T. Bozdağ & A.G. Paşamehmetoğlu, Middle East Technical University, Türkiye
- The study on spatial shape of sliding mass in Haizhou surface coal mine of China
W. Jiachen, Beijing University of Science and Technology, P.R. China,
L. Zhongzhou, China University of Mining and Technology, P.R. China,
Z. Guangsheng, Haizhou Surface Coal Mine, P.R. China
- The influence of inclined inter-slice forces in the stability assessment of slope
H. Kumsar & B. Denby, University of Nottingham, U.K.
- The dynamic and static stability of shallow underground openings in jointed rock masses
Ö. Aydan, Tokai University, Japan, *Y. Shimizu*, Meijo University, Japan,
M. Karaca, University of California, USA
- Study on slope engineering in China open pit coal mine
M. Xinming, H. Qiuyan & R. Yongqing, Central Coal Mining Research Institute, P.R. China
- Geotechnical considerations for designing a waste dump - a case study
S.S. Rathore & S.C. Jain, CTAE, India
- Slope stability assessment of an andesite quarry in İzmir, Western Turkey
N. Türk & M.Y. Koca, Dokuz Eylül University, Türkiye
- Geotechnical aspects and slope stability - a case study
G. S. Bhardwaj, S.C. Jain & S.S. Rathore, CTAE, India
- Stress-strain state and stability of open pits edges in structurally heterogeneous rock massifs in mountainous folded regions
K.Ch. Kojogulov & O.V. Nikolskaya, Academy of Sciences, Kyrgyzstan

O. MINE VENTILATION AND SAFETY

- Methane drainage control in collieries
L.A. Puchkov, S.A. Jarunin & N.N. Krasyuk, Moscow State Mining University, Russia

- Fire prevention system in Velenje coal mine
E. Dervaric, C. Kemperle & M. Hace, Velenje Coal Mine, Slovenia
- Automatic fire protection system for mobile and stationary opencast and underground mining machinery
P.D. Chaudhari, Indira Niwas, India, **P.R. Doshi**, Asian Marketing Services, India
- A main fan-free of cost
S.N. Mukherjee, Indian School of Mines, India
- Optimum fan selection in ventilation planning
G.V. Kumar & V.R. Sastry, Karnataka Regional Engineering College, India, **G.V.K. Rao**, Kothagudem School of Mines, India
- Design of deep mines air refrigeration systems with taken into account of initial data uncertainty
Y.A. Tseitlin, Ukrainian Academy of Sciences, Ukraine
- Mine ventilation network calculation by hierarchy level
A.E. Rogov, Institute Gornogo Dela, Kazakhstan, **G.G. Torshin**, Kazakh National Technical University, Kazakhstan
- Solution for optimal management of ventilation plants of excavations and mines
A.E. Rogov, Institute Gornogo Dela, Kazakhstan, **G.G. Torshin**, Kazakh National Technical University, Kazakhstan
- Planning for insulation of mine roadways for reduction of strata heat flow into air stream
K.S. Rao, Dept. of Mining Engng., K.R.E.C., India, **B.S. Sastry & B. Misra**, Indian Institute of Technology, India

Dünyanın Çeşitli Yörelerinde Ölçülmüş Yerinde Gerilmeler ve Yatay Gerilme Katsayısı
In-situ measurements and lateral stress coefficients in various parts of the earth

**Ö. AYDAN
A.G.PAŞAMEHMETOĞLU**

Kaya Sınıflamasında Kullanılan Parametreler
Parameters used in rock mass classification

M.K. GÖKAY

Uluslararası 3.Madencilik Planlaması ve Ekipman Seçimi Sempozyumu
Third international symposium on Mine Planning and Equipment Selection