

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

X
KEÇİBORLU KÜKÜRT İŞLETME GALERİSİNDE
KAYA SINIFLAMASI VE DESTEKLEME ÖNLEMLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Jeo.Müh.İkbal YAVRU

T143/1-1

Ana Bilim Dalı : Jeoloji
Programı : Uygulamalı Jeoloji

Akdeniz Üniversitesi
Rektörlük Kütüphanesi
Demirbaş No: 4947

MAYIS 1989

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KEÇİBORLU KÜKÜRT İŞLETME GALERİSİNDE
KAYA SINIFLAMASI VE DESTEKLEME ÖNLEMLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Jeo.Müh.İkbal YAVRU

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:
Tezin Savunulduğu Tarih :

Tez Danışmanı
Diğer Jüri Üyeleri

: Prof.Dr.Aziz ERTUNÇ
: Prof.Dr.Ali ŞAHİNCİ
Y.Doç.Dr.Ergün TÜRKER

MAYIS 1989

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

ÖZ	
ABSTRACT	
1-GİRİŞ	1
1.1-Araştırmanın Amacı	1
1.2-Çalışma Yöntemi ve Süresi	2
2-TEŞEKKÜR	3
3-COĞRAFYA	4
3.1-Morfoloji	4
3.2-İklim	4
3.3-Hidrografi	4
3.4-Bitki Örtüsü	5
3.5-Yerleşim Biçimi	5
3.6-Ekonomik Durum	5
3.7-Ulaşım	5
4-GENEL JEOLJİ	6
4.1-Önceki Çalışmalar	6
4.2-Stratigrafi	7
4.2.1-Söbüdağ Kireçtaşı (Kr_s)	8
4.2.2-Koçtepe Formasyonu (T_k)	9
4.2.3-Isparta Formasyonu (T_1)	11
4.2.3.1-Dinar Üyesi (TI_d)	12
4.2.4-İncesu Konglomerası (Ti)	13
4.2.5-Gökçebağ Karmaşığı ($Tr-Krg$)	14
4.2.5.1-Keçiborlu Kumtaşı Üyesi ($Tr-Krg_k$)	15
4.2.5.2-Akdağ Kireçtaşı Olistoliti ($Tr-Krg_a$)	16
4.2.6-Burdur Formasyonu (T_b)	16
4.2.6.1-Milas Tüf Üyesi (Tbm)	17
4.2.6.2-Gölcük Üyesi (T_{bg})	17
4.2.7-Alüvyon (Qal)	17
4.3-Yapısal Jeoloji	18
4.3.1-Kıvrımlar	18
4.3.2-Eklemler	19
4.3.3-Faylar	20

5-KEÇİBORLU KÜKÜRT YATAKLARININ OLUŞUMU VE YORUMU ...	21
5.1-Mineral Oluşumunun Sıcaklığı	24
6-MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ	25
6.1-Yöredeki Kayaçların Jeoteknik Özellikleri	26
6.1.1-Değirmendere Maden Ocağı	26
6.1.2-Kumludere Maden Ocağı	29
6.2-Kayaçların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Deneylerle Tesbiti	33
6.2.1-Kayaçların Direnç Özellikleri	33
6.2.1.1-Tek Eksenli Basınç Direnci	34
6.2.1.2-Kayaçların Tek Eksenli Basınç Deneylerinde Gösterdikleri Gerilme-Deformasyon Özellikleri	36
6.2.1.3-Endirekt Çekme Deneyi	41
6.2.2-Nokta Yük Dayanımı	42
6.2.3-Kayaçların Darbe Dayanımı	43
6.2.4-Kayaçların Sismik Hızları	45
6.3-Jeoteknik ve Mekanik Özellikleri Açısından Kayaçların Sınıflandırılması	47
6.3.1-Jeomekanik RMR Sistemi (Bieniawski Kaya Sınıflaması)	47
6.3.2-Q Sistemi (Barton Kaya Sınıflaması)	49
6.3.3-RSR Kavramı	56
6.3.4-Bieniawski-Barton Sınıflamaları ve RSR Kavramının Uygulanması	58
6.3.4.1-Bieniawski Kaya Sınıflamasının Uygulanması ...	58
6.3.4.2-Barton Kaya Sınıflaması	59
6.3.4.3-RSR Parametreleri İle Yapılan Kaya Sınıflama- ları	60
6.4-Uzun Süreli Uygulamalar İçin Gerekli Destekleme Önlemlerinin Belirtilmesi	62
6.4.1-Pradontyakonov Yaklaşımı	62
6.4.2-Arloğlu, Birön-Arloğlu Yük Yaklaşımı	64
6.4.3-Barton Yaklaşımı	67
6.4.4-Arloğlu, Birön-Arloğlu Yaklaşımı ile Barton Yaklaşımının Karşılaştırılması	68
SONUÇLAR	71
KAYNAKLAR	74

METİN İÇİ ŞEKİLLER VE TABLOLAR

- Şekil 1: Bulduru Haritası.
- Şekil 2: Keçiborlu Yöresinin Genelleştirilmiş Stratigrafik Sütun Kesiti.
- Şekil 3: Keçiborlu-Kumludere ocağına ait eklem düzlemleri doğrultu gül diyagramı.
- Şekil 4: Keçiborlu-Kumludere ocağına ait eklem düzlemleri eğim yönü gül diyagramı.
- Şekil 5: Keçiborlu-Kumludere ocağına ait eklem düzlemleri eğim miktarı gül diyagramı.
- Şekil 6: 100°C de S=0.1 molde, Ps ve hakim sıvı türlerinin dağılım diyagramı.
- Şekil 7: 25°C de, 1 Atmosferlik basınç altında ve 0.1 aktivite şartlarında demiroksit bileşikleri ile sülfidler arasındaki ilişki diyagramı.
- Şekil 8: Tek eksenli basınç deneyi sonucuna ait mohr daireleri.
- Şekil 9: Değirmerdere ocağına ait Gerilme-Deformasyon eğrisi.
- Şekil 10: Kumludere ocağına ait Gerilme-Deformasyon eğrisi.
- Şekil 11: Brazilian Deneyi sonucuna ait mohr daireleri.
- Şekil 12: Pradontyakanov Yaklaşım Teorisi.
- Şekil 13: Arıoğlu, Birön-Arıoğlu Teorisi.
- Tablo 1: Kaya kalitesi sınıflamaları (Bieniawski-1974).
- Tablo 2: Atnalı şekilli tünellerde ilk iksanın seçiminde gösterilen klavuz.
- Tablo 3: Q sistemi için "Kaya Kütlesi Niteliği".
- Tablo 4: RSR A Parametreleri.
- Tablo 5: RSR B Parametreleri.
- Tablo 6: RSR C Parametreleri.
- Tablo 7: İyi, Orta ve Kötü Yükleme Koşullarına Karşı Gelen Kayaç Kalite Katsayısı Değerleri.

EKLER

- Ek 1- Keçiborlu ve dolayının Jeoloji Haritası (1/25 000 ölçekli)
- Ek 2- Değirmendere Maden Ocağına Ait Yeraltı Jeoloji Haritası
(1/500 ölçekli).
- Ek 3- Kumludere Maden Ocağına ait Yeraltı Jeoloji Haritası
(1/500 ölçekli).
- Ek 4- Kumludere Maden Ocağı 1024 Katı Yeraltı Jeoloji Haritası
(1/500 ölçekli).
- Ek 5- Kumludere Maden Ocağı 1024 Katı Galeri Kesiti (1/500 ölçekli).
- Ek 6- Sondaj Logları.

ÖZ

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada Isparta Keçiborlu Kükürt İşletme Galerileri'nin jeolojik ve jeoteknik koşulları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Galerilerdeki kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerini tesbit etmek amacıyla bir grup deneyler yapılmış ve kaya sınıflamalarına gidilmiştir. Kaya sınıflamalarında Bieniawski, Barton sınıflamaları ve RSR parametreleri esas alınmıştır. Jeomekanik RMR yöntemi esas alınarak yapılan kaya sınıflamalarında Kumludere Maden Ocağındaki kayaç kalitesi "Orta" olarak tesbit edilmiştir. Q sistemine göre yapılan sınıflama da ise "Zayıf Kaya" sonucu ortaya çıkmıştır.

Maden ocaklarında tahkimat ünitelerinin tasarımı için ise Pradontyakanov Yaklaşımı, Arıoğlu, Birön-Arıoğlu Yaklaşımı esas olarak alınmıştır. Bu yaklaşımlardan hareketle Değirmendere ve Kumludere Maden Ocaklarındaki tahkimat üniteleri karşılaştırılmış ve yeni tasarıma gidilmesi gerekliliği ortaya konulmuştur.

Çalışma alanında en eski kaya birimi Kampaniyen-Meastricht-tiyen yaşlı Söbüdağı Kireçtaşı olup, bu oluşuğu uyumlu olarak Koçtepe Formasyonu izlemektedir. Koçtepe Formasyonu üzerinde, kumtaşı, kireçtaşı içeren Eosen yaşlı Isparta Formasyonu bulunur. Oligosen yaşlı İncesu Konglomeraları ise Isparta Formasyonu üzerine bindirmiş durumdadır. Alloktan bir birlik olarak değerlendirilmiş olan Gökçebağ Karmaşığını ise Pliyosen yaşlı Burdur Formasyonu üstlemektedir. Kuvaterner alüvyon ve taraçalarla temsil edilmiştir.

ABSTRACT

This study has been prepared for the Master degree of Scientific Institute of Akdeniz University. In the study the geological and geotechnical conditions of the Sulphuric Operational Galleries at Keçiborlu near Isparta have been tried to point out.

In order to find out the physical and mechanical characteristics of the rocks in the galleries, a group of tests have been made and the rocks have been classified. In classification of the rocks Bieniawski's, Barton's and RSR parameters have been considered. By considering the geomechanical RMR method the rocks in Kumludere gallery have been classified and the "medium" quality of the rocks have been observed. The rocks have been classified according to the Q system. The weak rocks have been found out.

In the galleries the description of the supporting units. Pradontyakanov's, Arlioğlu's, Birön-Arlioğlu's views have been taken in to account. Bearing the views in mind the supporting units at Değirmendere and Kumludere galleries have been compared and the necessity for a new method has been pointed out.

In the study area, the oldest rock units is Campanian-Maastrichtian aged Söbüdağ Limestone. Koçtepe formation follows this formation. Above Koçtepe formation lies Eocene aged Isparta formation which comprises sandstone and limestone. Oligocene aged Incesu conglomerates overthrust Isparta formation. Gökçebağ formation has been considered as overthrust formation. Above this formation Pliocene aged Burdur formation lies. Quaterners have been represented as alliviums and terraces.

1-GİRİŞ

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmada Keçirborlu (Isparta) dolayında kükürt çıkartılan galerilerdeki kayaların sınıflanması ve jeoteknik özelliklerinin saptanması amaçlanmıştır. Bölgenin jeolojik durumu değişik zamanlarda, değişik kişi ve kurumlar tarafından haritalanmış olup, jeolojik özellikleri ortaya konulmuştur.

Bu çalışmada bölgede mostra veren oluşukların birbirleri ile olan ilişkileri ve tektonik gelişimlerine göre yapılan adlamaları daha önceki çalışmacıların kullandıkları şekliyle benimsenmiştir.

Jeolojik çalışmaların oluşturduğu temel üzerine geliştirilen mühendislik çalışmalarında ise, yörede mevcut olan kükürt ocaklarının ikisinden derlenen kayaç örneklerinin mühendislik özellikleri değişik yöntemler kullanılarak ortaya konulmaya çalışılmıştır.

1.1-Araştırmanın Amacı

Arazide ve büroda yürütülen bu araştırmanın amacı Keçirborlu Kükürt İşletme Müessesesinde mevcut, halen işletilen iki galerideki kayaların jeolojik ve jeoteknik yönden özelliklerinin saptanmasıdır.

Bunun için galerilerin 1/500 ölçekli "Yeraltı Jeoloji Haritaları" hazırlanmıştır. Ocaklardaki kayalardan alınan numunelerin üzerinde yapılan mekanik deneylerle sınıflama yoluna gidilmiştir.

Galerilerde karşılaşılan mevcut sorunların çözümüne gidecek destekleme önlemleri önerilmiştir.

1.2-Çalışma Yöntemi ve Süresi

Öncelikle çalışma alanınının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasından yararlanarak işletme galerilerininin 1/500 ölçekli Yeraltı Jeoloji Haritaları hazırlanmıştır. Bu haritalardan galerilerdeki kayaçların birbirleriyle olan ilişkileri araştırılmış, galeri güzergahlarında ise kaya kalitesini tanımlamak için Bieniawski Barton ve RSR kavramlarından yararlanılmıştır.

Çalışma arazi ve büro çalışması olarak yürütülmüştür. Çalışma 1988 sonlarında başlamış ve 1989 da sona ermiştir. Arazi çalışması güzergah boyunca yerinde inceleme yapılarak sürdürülmüştür. Büro çalışmaları ise eldeki mevcut kaynakların gözlem notlarıyla karşılaştırılması şeklinde olup, deney sonuçlarıyla pekiştirilmiştir.

2-TEŞEKKÜR

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yönetmeliği gereğince yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

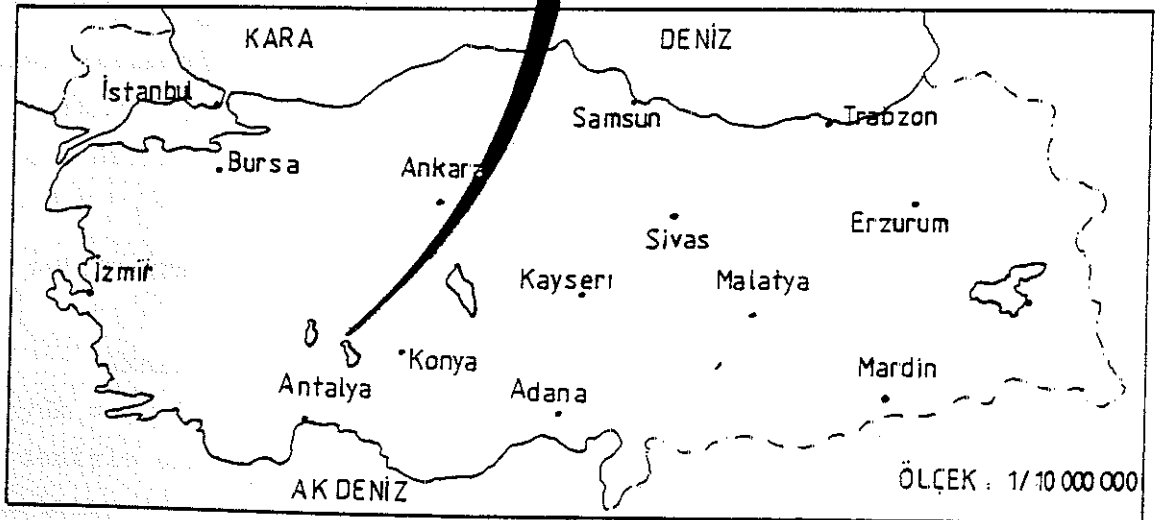
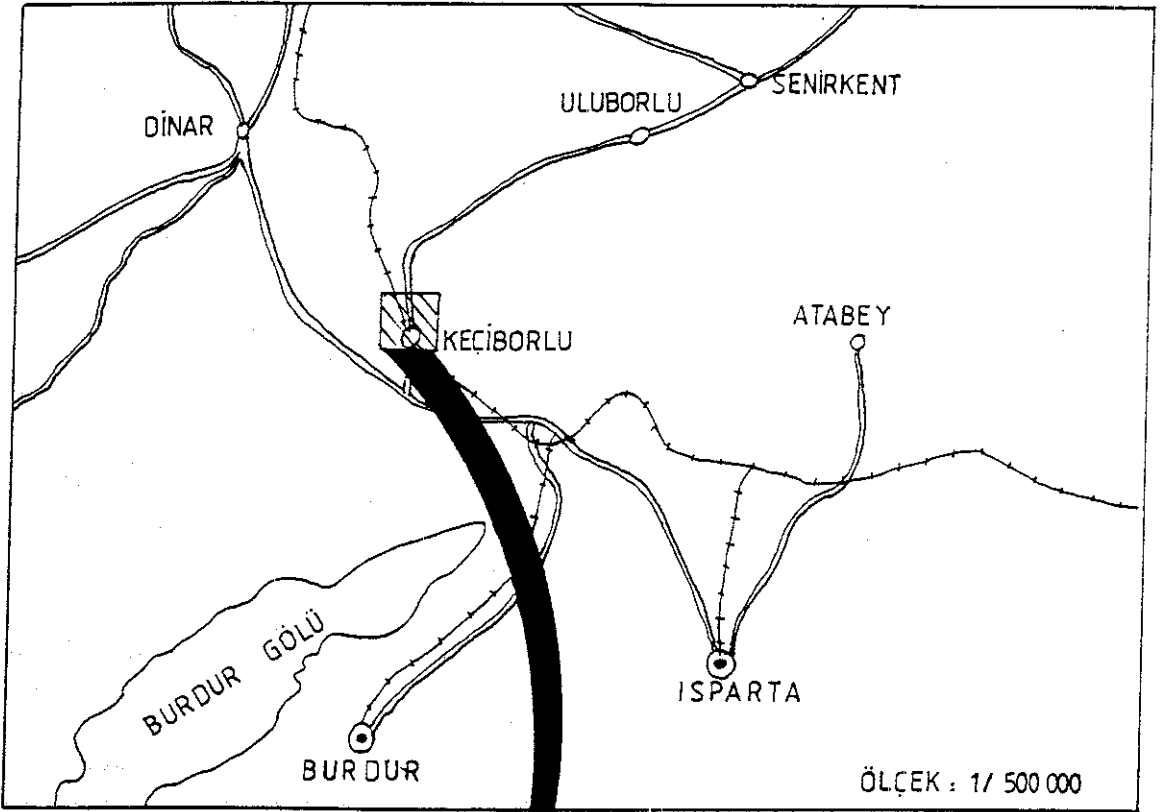
Gerek saha ve gerekse büro çalışmalarında yardımlarını gördüğüm sayın hocam Prof.Dr.Aziz ERTUNÇ'a, saha büro çalışmalarını esnasında yaptığı açıklamalarla, gösterdiği inceleme ve sorunların çözümünde yararlandığım, beni yönlendiren sayın hocam Yrd.Doç.Dr.Ergün TÜRKER'e teşekkür borçluyum.

Saha çalışmalarının yürütülmesinde ve numunelerin alınmasında her türlü desteği gördüğüm Keçiborlu Kükürt İşletme Müessesesi elemanlarından Jeo.Müh.Yakup CANITEZ ve Jeo.Müh.İbrahim UZUNER'e içtenlikle teşekkür ederim. Çalışmalarında bana her türlü yardımcı yapan Keçiborlu Kükürt İşletmesi Müdürlüğüne, Maden Yük.Müh.Mete TEMİZKALP'in kişiliğinde teşekkür ederim.

Ayrıca metnin daktilo edilmesini üstlenen Lütfiye SOLAK'a teşekkür borçluyum.

Şekil: 1

BULDURU HARİTASI



3-COĞRAFYA

Çalışma alanı Akdeniz Bölgesinin iç kesiminde yer almaktadır. İnceleme alanının tümü Isparta iline bağlıdır.

3.1-Morfoloji

Bölgenin kuzey ve doğu kesimi ile güneydoğusunda olmak üzere üç ayrı alanda yükseltiler izlenir. Kuzeyde Akdağ (1895 m.) ile bunun uzantısındaki Kürtlü Tepe (1495 m.), Kömürlük Tepesi (1351 m.) ve Üçsivri Tepe (1262 m.), doğu kesiminde ise Gök Tepe (1596 m.), Demirli Tepe (1565 m.) ve Karakaya Tepesi (1470 m.) sayılabilecek önemli yükseltilerdir. Güneydoğu da ise Kaleykığı Tepe (1614 m.) yer almaktadır.

Yukarıda belirtilen yükseltiler arasında oldukça geniş görülen düzlüklerin kotu 1150 m.nin altında olup, bölgenin başlıca tarım ve önemli yerleşim alanlarıdır.

3.2-İklim

Yöre genel olarak Akdeniz iklimi, ile karasal iklimin etkisi altındadır. Kış ayları soğuk ve yağışlı, yazları sıcak ve kuraktır. Yıllık yağış ortalaması 694.6 mm. civarında olup, nemlilik oranı %57'dir.

3.3-Hidrografi

Akarsular düzensiz olup, debileri mevsimlere bağlı olarak büyük değişiklik gösterir. Kurak ve çok sıcak geçen yaz ayları nedeniyle birçoğu kurumaktadır. Sonbahar yağışlarıyla tekrar canlanan akarsuların debileri ilkbaharda karların erimesiyle en yüksek değerine ulaşır. İnceleme alanının en önemli akarsuları

Keçiborlu yakınlarında Değirmendere, Gökçebağ yakınlarında Sarıdere ve Sor deresi ile Güneykent yakınlarında Ulu deredir. Bunların tümü Burdur Gölüne dökülmektedirler.

3.4-Bitki Örtüsü

Yöre genel görünümüyle Akdeniz bitki örtüsünün özelliğini taşımaktadır. Yüksek kesimlerde çam ormanları ve meşelikler bulunmaktadır. Yerleşim bölgeleri ve çevresinde ise meyve türü ağaçlar ile gül ve yağ bitkileri yetiştirilmektedir.

3.5-Yerleşim Biçimi

Çalışma alanı Isparta il sınırları içinde bulunmaktadır. Yerleşim merkezlerinin çoğu yamaçlar ve yükseltiler üzerine kurulmuşlardır. En büyük yerleşim yeri Keçiborlu olup, 15.000 nüfuslu bir ilçe merkezidir.

3.6-Ekonomik Durum

Bölgenin ekonomisi tarıma dayanmaktadır. Başta hububat olmak üzere gül, tütün, hayvancılık, meyvecilik önemli oranda geçim kaynaklarını oluşturmaktadır. Diğer taraftan küçük el sanatları, halıcılık gibi uğraşılarda halkın geçim kaynağını oluşturmaktadır.

3.7-Ulaşım

Çalışma alanını batıdan-doğuya kesen Dinar-Isparta ve kuzeyden-güneye kesen Afyon-Antalya karayolları ulaşım için büyük önem taşımaktadırlar. Küçük yerleşim yerlerinde yapılmış stabilize yollarla dışında, Orman İşletmesi için açılan geçici yollar, yaz aylarında ulaşım için önemli katkıda bulunmaktadır. Çalışma bölgesinden geçen demiryolu da bugün için taşımacılığa yeterli olmaktadır. Afyon'dan, Keçiborlu'ya inen bir hat Karakuyu da ikiye ayrılmakta biri Dinar üzerinden Denizli'ye, diğeri ise Keçiborlu Isparta üzerinden Burdur'a uzanmaktadır.

4-GENEL JEOLOJİ

4.1-Önceki Çalışmalar

UMBERTO (1968), "Keçiborlu Kükürtlü Yeni Ruhsat Sahasının Jeolojik Etüdü" adlı raporunda çalışma alanında başlıca, kireçtaşı, marn, konglomera, serpantinit ve erüptüf kayaların bulunduğu nu belirterek, tektonik yönden 4 değişim safhasına ayırmıştır:

-Birinci safhada serpantinitin enjeksiyonu ile kireçtaşların da çatlakların meydana gelişi söz konusudur. Çatlakları muhtelemen Jura veya Kretase yaşlıdır.

-Marn ve kumtaşlarının sedimantasyonu. Bu safhada kireçtaşı ve serpantin kütleleri tamamen parçalanmıştır.

-Üçüncü safhada konglomeraların birikmesi ve taşlaşması söz konusudur, bu da Neojende olmuştur.

-Son safhada ise yani son volkanizma döneminde Kükürt ve demirli sülfürün mineralizasyonu ve alterasyonu söz konusudur.

BOĞAZ ve diğerleri (1975), "Keçiborlu Kükürt İşletmesi Sahaları Jeoloji ve Maden Etüd Raporu"nda bölgedeki başlıca kaya birimlerini Fliş, Kumtaşı, Konglomera, Serpantinit, Tüf, Kireçtaşı olarak belirlemişlerdir, Fliş adı altındaki kayalar, genellikle kumtaşı, kumlu-killi şist gibi kıvrımlı ve tabakalı serilerden ibarettir. Kumtaşları genellikle birkaç mm. ebadındaki kuvars tanelerinin killi ve kireçli çimento ile birleşmesinden oluşmuştur. Konglomeralar bir ve birkaç cm. ebadındaki çakılların karbonatlı bir çimento ile birleşmesinin sonucudur. Serpantinitler ise tabanı teşkil etmektedirler. Ultrabazik kayaların alterasyonu ile meydana gelmişlerdir. Tüfler; kuvars, feldispat, siyah renkli minerallerden oluşmuşlardır. Genellikle beyaz veya sarımtırak renkli bazende gri-siyah renklidirler. Kireçtaşları diğer kayaların üzerinde yer almaktadır. Genellikle kireçtaşı adı altında belirtilmekle birlikte bazen radyolaritlerle münavebeli olarak da görülürler. Bazı hallerde de içinde silis taneleri ihtiva eden kireç çimentolu kumtaşı özelliğindedir.

ÖZGÜNER (1980), "Keçiborlu ve Burdur gölü civarı Yeni Kü-
kürt Zuhurları Prospeksiyon ve Etüdüleri" adlı raporunda bölgede-
ki birimlerin stratigrafik olarak sıralanışı şöyledir:
Tabanda Triyas Jura yaşlı beyaz-kristalen kireçtaşları, üste doğ-
ru, Üst Kretase yaşlı beyaz-plaketli kireçtaşları, menekşe renkli
Paleosen marnları ve alacalı bordo ve zeytineşili renkli ve Alt
Eosen yaşlı turbiditler, Alt-Orta Eosen yaşlı serpantin olistolit-
leri veya denizaltı erüpsiyonları, Orta Eosen yaşlı kirli açık
yeşil ve gri renkli türbiditler, Üst Eosen yaşlı sarı renkli kal-
karenitik türbiditler, Miyosen yaşlı konglomeralar, Pliyosen yaş-
lı beyaz marnlar, Üst Pliyosen yaşlı bej renkli traki-andezitik
tüfler. Çalışma sahası genel özellikleri açısından iki tektonik
doğrultuya ayrılmıştır.

- NW-SE yönlü tektonik doğrultular.
- NE-SW yönlü tektonik doğrultular.

SARILIZ (1982), "Keçiborlu Kükürt Yataklarının Oluşumu ve
Yörenin Jeolojisi" adlı doktora tezinde çalışma sahasında mevcut
birimlerin birbiri ile olan ilişkileri ve tektonik gelişimlerine
göre yörenin tümü için geçerli olabilecek formasyon ve üye adla-
maları yaparak bunların yaşlarını saptamıştır. Çalışmacı, yöre-
deki birimleri alttan üste doğru, Söbüdağ Kireçtaşı, Koçtepe for-
masyonu, Isparta formasyonu, İncesu konglomeraları, Gökçebağ kar-
maşığı ve Burdur formasyonu olarak sıralamıştır.

4.2-Stratigrafi

- Çalışma alanında mostra veren birimler alttan üste doğru;
- Söbüdağ Kireçtaşı
 - Koçtepe Formasyonu
 - Isparta Formasyonu
 - İncesu Konglomerası
 - Gökçebağ Karmaşığı
 - Burdur Formasyonu şeklinde sıralanmaktadır.

Bu litolojik birimler altta Söbüdağ Kireçtaşı ile başlamak-
tadır. Kampaniyen-Meastrichtiyen yaşlı bu birim pelmikrit ve
Globo truncana'lı biyomikrit ile temsil olunmaktadır. Bu oluşuğu

ise Koçtepe Formasyonu uyumlu olarak izlemektedir.

Paleosen yaşlı Koçtepe Formasyonu pembe renkli biyomikrit ile başlamakta ve üste doğru yeşil renkli marn, kiltası, mikrobreş ile devam etmektedir. Bu formasyon kumtaşı, kumlu bilyasparit, kalın tabakalı kireçtaşları içeren Eosen yaşlı Isparta Formasyonu ile uyumlu olarak örtülmektedir.

Isparta Formasyonu en altta Dinar Üyesi ile temsil olunmaktadır. Bu birimin üzerine uyumsuz olarak, radyolarit, kireçtaşı ve serpantinit çakıllarından oluşan Oligosen yaşlı İncesu Konglomeraları gelmektedir. İncesu Konglomeraları, Isparta Formasyonu üzerine bindirmiş durumdadır.

Allokton bir birlik olarak değerlendirilmiş olan Gökçebağ Karmaşığı dünit, serpantinit, gabro, diyabaz ile kumtaşı ve kireçtaşı olistolitlerinden oluşmaktadır. Birim içindeki kumtaşı ve kireçtaşı olistolitleri ayrı üyeler şeklinde tanımlanmışlardır.

Gökçebağ Karmaşığı üstten Pliyosen yaşlı Burdur Formasyonu ile uyumsuz olarak örtülmektedir. Kırmızımsı poliijenik konglomeralarla başlayan bu formasyon üste doğru kumlu intramikrit, intrasparit ve marn aralanmasıyla devam ederek Keçiborlu-Burdur ovasının alüvyonları ile örtülmektedir. Ayrıca bu formasyon içinde farklı litolojik özellikler gösteren iki üye ayırtlanmış olup, bunlar; Milas Tüf Üyesi ve Gölcük Üyesidir.

Bölgedeki en genç oluşuklar ise alüvyon ve taraçalar olup, her ikisi de Kuvaterner yaşlıdır.

(Bu tezin Stratigrafi bölümü SARIİZ, 1982'den alınmıştır).

4.2.1-Söbüdağ Kireçtaşı (Kr_s)

Harita alanının dışında olan fakat çalışma alanında en yaşlı birimi oluşturan Söbüdağ Kireçtaşı, Isparta yolu üzerinde ve bölgenin doğusunda mostra vermektedir.

Kendisinden yaşlı olan birimlerle ilişkisi gözlenmemekle beraber, üst sınırı Koçtepe Formasyonu ile uyumludur. Kalınlığı yaklaşık olarak 600 m. civarında tespit edilmiş olan kireçtaşları genellikle masif yapıları olup, yer yer aralarında kil seviyeleri bulunan tabakalar şeklinde de görülebilmektedirler. Genellikle açık gri, bej, beyaz renkli, konkoidal kırılma yüzeyli, bol çatlaklı ve çatlakları yer yer kalsit dolguludur.

Söbüdağının çeşitli kesimlerinden alınan numunelerin ince-kesitlerinden elde edilen fosil bulguları;

Globotruncana cf suarti (LAPPARENT),
Globotruncana orco (CUSHUAN),
Globotruncana bulloides (VUGLER),
Globotruncana fornicata (PUMMER),
Globotruncana cf tricorneta (QUEREAU),
Globotruncana cf contusa (CUSHMAN),
Marssonella oxycana (REUSS),
Rugoglobigerina sp.,
Heterolelix sp.,
Guembellina sp.,

şeklinde olup, yaşlı Kampaniyen-Meastrichtiyen'dir (TUNÇ, 1980).

Birimin düzenli mikrofasiyeler sunması oluşum ortamında tabanının duraylı olduğunu göstermektedir.

4.2.2-Koçtepe Formasyonu (T_k)

Bu formasyon çalışma alanının doğusunda Yassıdağ Tepe ile Uzunkıran Tepe arasında yüzeylenmekte olup, birim pembe renkli biyomiknit ile başlamakta, üste doğru yeşil renkli marn, kumtaşı, kireçtaşı, mikrobreş aralanması şeklinde devam etmektedir. Altındaki ve üstündeki birimlerle uyumlu olan birim, daha önceki çalışmacılar tarafından tip kesitinin izlendiği Koçtepe köyüne atfen "Koçtepe Formasyonu" olarak adlandırıldığından tarafımızdan da aynı isimle adlandırılmıştır.

Koçtepe Formasyonunun alt sınırı Söbüdağ Kireçtaşı, üst sınırı ise Isparta Formasyonu ile uyumlu bir durumdadır.

Çalışma alanının doğusunda mostra veren birimin kalınlığının 100 m. civarında olduğu önceki çalışmaları tarafından belirtilmiştir.

Koçtepe Formasyonunun içerisinde gözlenen değişik litolojilerden alınan numunelerin ince kesitlerinden tayin edilen fosiller;

Globoratalia sp.,
Globigarina sp.,
Hontkenina sp., dir.

Buna göre formasyonun yaşı Paleosen olarak tespit edilmiştir, (TUNÇ, 1980).

Ayrıca GUTNIC (1972), aynı formasyonun;

Flosculina,
Orbitoididae,
Asterodisküs,
Discocyelina,
Nummulites,

içerdiğini belirterek yaşını Paleosene bağlamıştır.

Pembe renkli biyomikrit ile başlayan Koçtepe Formasyonu üste doğru aralarında ince mikritler bulunduran bej ve açık yeşil renkli marn, kireçtaşı, kumtaşı, mikrobreş ardalanması ile devam etmektedir. Kumtaşı ve mikrobreşlerde bağlayıcı malzeme kil olup, çakıllarını radyolarit serpantin ve kuvars parçaları oluşturmaktadır.

Formasyonun kumtaşı, marn, kireçtaşı ardalanması göstermesi oluşum ortamının değişik enerjili olduğunu göstermektedir.

4.2.3-Isparta Formasyonu (T₁)

Çalışma alanının doğu ve batısında çeşitli kesimlerde mostra veren; kumtaşı, marn, kumlu biyosparit ve biyomikrit ardalanması ile kireçtaşından oluşan birime en iyi Isparta çevresinde gözlemlendiği için "Isparta Formasyonu" adı verilmiştir. Isparta Formasyonu, Koçtepe Formasyonunu uyumlu olarak izlemektedir.

Güneykent çevresinde geniş alanlarda izlenen Isparta Formasyonu genellikle orta eğimli tabakalar halinde olup, fay ve saryaj zonlarında ise kıvrımlı bir yapı göstermektedir. Birimin kalınlığı yaklaşık olarak 1000 m. civarında saptanmıştır.

Formasyon alt seviyelerinde, genellikle gri renkli ince tabakalı, kumtaşı, marn, kumlu biyosparit, biyomikrit ardalanması ile üstte kalın tabakalı, Nummulites ve Discoeylina fosili içeren kireçtaşı ve marnlar ile temsil olunmaktadır.

Isparta Formasyonunun, Güneykent dolayındaki gelişimi kaba ve ince taneli kumtaşları ile konglomeralar şeklindedir. Bunlara ait kumtaşlarının yapılan mikroskopik incelemelerinde SARIİZ (1982), kilce zengin karbonat çimentosu içinde çört, kuvars, serpan tinit ve Discoeylina fosillerinin varlığını tesbit etmiştir.

Birimin Kaleykığı Tepe dolayında kireçtaşı ve marn ardalanması ile temsil olunmaktadır. Marnlar genellikle açık gri, killi sarımsı gri renkli ve ince tabakalıdır. Kumlu kireçtaşları ise kirli renkte, çeşitli kalınlıkta ve kıvrımlıdır.

TUNÇ (1980), Kaleykığı Tepeden alınan gri renkli kireçtaşlarında;

Lamellibranch kavkı parçaları,

Alg,

Heterostegina,

Halkyardia,

Nummulites,

Rotalia,

Ampholocylus,

Akdeniz Üniversitesi
Rektörlüğü
Demirbaş No. 4947

Globigerina,
Actinocyлина,
Operculina,
Discocyлина,
Caskinolina,
Orbitoides,

fosillerini tayin ederek formasyonun yaşını Eosen olarak saptanmıştır.

4.2.3.1-Dinar Üyesi (TI_d)

Isparta Formasyonunun alt kesiminde farklı litolojik özellikler gösteren bir üye ayırtlanmış olup, Dinar dolaylarında geniş alanlarda yayılım gösterdiği için "Dinar Üyesi" olarak adlanan birim tarafımızdan da aynı isimle anılmaktadır.

Üye, Isparta Formasyonunun alt düzeylerinde düşey ve yanall geçişler göstermektedir. SARIİZ (1982) bu üyeyi, formasyondan litoloji farklılığı ile değil, renk farkıyla ayırmıştır.

Dinar üyesi içinde ince tabakalı, kırmızımsı sarı renkli kumtaşları ve marn ardalanması egemen litolojiyi oluşturmaktadır.

Üye, Keçiborlu-Değirmendere dolaylarında yeşil-sarı renkli marn, kumtaşı, kiltası, siltaşı istifli şekilde gözlenmektedir. SARIİZ (1982), kumtaşlarının mikroskopik incelemesinde, kilden oluşan matriks içinde 0.1-0.2 mm. arasında değişen kuvars taneleri ile organizma parçaları (Globigerina, Discocyлина) olduğu sonucuna varmıştır.

Üyenin çeşitli yerlerinden alınan kireçtaşı ve marnların ince kesitlerinde oldukça bol mikrofauna bulunmuştur. TUNÇ (1980), kireçtaşı ince kesitlerinde;

Miliolidae,
Rotalidae,
Globorotalia,

Globigerina,
Melobosia,

kumtaşı ince kesitlerinde ise;

Miliolidae,
Rotalidae,

fosillerini tayin ederek üyenin yaşını Eosen olarak belirlemiştir.

Isparta Formasyonunun çok değişik mikrofasiyesler sunması oluşum ortamının daha alttaki birimlerde olduğu gibi değişik enerjili olduğunu göstermektedir.

4.2.4-İncesu Konglomeraları (Ti)

İncesu Konglomeraları çalışma alanının doğusunda Saraycık ve Pınırcık Tepe, kuzeyde Gök Tepe, güneybatıda ise Alasaki Tepe civarında en iyi şekilde gözlenmektedir.

Isparta Formasyonu üzerinde açılı uyumsuz olarak bulunan konglomeralara GUTNIC en iyi mostra verdiği İncesu köyüne göre "İncesu Konglomeraları" adını verdiğiinden bu çalışmada da onun adlanması kullanılmıştır.

Konglomeralar puding olup yuvarlanmış çakıllar veya oval şekillidirler. Çakılların 10 cm. kadar uzunlukları vardır. Ki-reçtaşı, radyolarit, çört ve serpantinit çakıllarından meydana gelen konglomeraların kalınlıkları 50 cm. - 2 m. arasında değişmektedir. Birimin en kalın görüldüğü Gök Tepe kesiminde kalınlığının 400-450 m. arasında değiştiği gözlenmiştir

GUZZI (1986), bu konglomeraları karasal Neojen'e bağlarken, GUTNIC (1972), bunların;

Lepidocyline (isolepinina) Mavretonica,
Lepidocyline sp.,
Heterostegina sp.,

Amphistezina,
Nummulites Intermedius

Fosillerini içerdiğini belirterek Alt Oligosen yaşında olduğunu belirtmiştir.

Bu kayaçların mikroskopik incelemesinde karbonatlı bir matriks içinde değişik şekil ve boyda kuvars taneleri, radyolarit, serpantin, çört, oolitli kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve kumtaşı parçalarının varlığı saptanmıştır.

Birimin litolojik özelliği, oluşum ortamının bir kıyı olduğunu göstermektedir.

4.2.5-Gökçebağ Karmaşığı (Tr-Krg)

Çalışma alanında dünit, serpantin, gabro, diyorit, diyabaz ile radyolarit, kumtaşı ve kireçtaşı olistolitlerinden oluşan karmaşık birime "Gökçebağ Karmaşığı" adı verilmiştir. Birim en yaygın olarak Gökçebağ köyü çevresinde izlendiği için bu isim verilmiştir. Karmaşık Keçiborlu, Baladız ve Gökçebağ dolayında mostra vermektedir.

Birim, Eosen yaşlı Isparta Formasyonu ve Oligosen yaşlı İncesu Konglomeraları üzerinde tektonik dokanaklıdır. Üstten ise Pliyosen yaşlı Burdur Formasyonu ile uyumsuz olarak örtülmektedir.

Gökçebağ Karmaşığı özellikle Değirmendere civarında Isparta Formasyonu üzerine bindirmiş olarak bulunduğu için allokton bir birlik olarak değerlendirilmiştir.

Karmaşık içindeki kumtaşları ve kireçtaşı olistolitleri ayrı üyeler şeklinde haritalanmıştır.

Dünitler, genellikle çatlaklar boyunca serpantinleşmiş olarak gözlenmektedirler. Açık yeşil renkli olan kayaç ince kristalli, bol çatlaklı, düzensiz kırılma yüzeylidir.

Karmaşık içindeki serpantinitler, çalışma alanında açık ve koyu yeşil rengi, kayma düzlemleri olan şisti yapıları ile tanınmaktadır. Dünit gibi kayaçların kırıklı deformasyonları sonucu oluşmuşlardır.

Serpantinitler çalışma alanında Kumludere-Kükürtdere kesimlerinde, Kükürt Fabrikası çevresinde yaygın olarak yüzeylenmektedirler. Kuzeybatı kesiminde ise serpantinitler içinde, bunlara çok sıkı bağlanmış durumda kireçtaşı blokları görülmektedir. Kireçtaşları ile serpantinitlerin dokanağında kıvrılma gibi yapılar görülmektedir. Kireçtaşları serpantinitler içerisinde bloklar şeklinde bulunmaktadır.

4.2.5.1-Keçiborlu Kumtaşı Üyesi (Tr-Krg_k)

Çalışma alanında Yörükyatağı Tepe ile Kükürt Fabrikası arasındaki kesimde en iyi olarak yüzeylendiği için GUZZİ (1972) tarafından "Keçiborlu Kumtaşı Üyesi" olarak adlandırıldığı için bizcede aynı isimle tanımlanmıştır.

Kumtaşı üyesi serpantinitler üzerinde bulunmakta olup, tabanda konglomeralarla başlamakta, üste doğru ince taneli kumtaşları ile devam etmektedir. Gökçebağ Karmaşığını oluşturan fasiyesten, farklı bir fasiyeste olduğu için ayrı bir üye olarak ayırtlanma gereği hissedilmiştir.

Alt seviyelerinde çoğunlukla serpantinit çakıllarının olduğu konglomeralarla başlamaktadır. Çakılların çok olduğu kesimlerde kolayca ufalanmaktadır. Üste doğru ise yeşil renkli, ince taneli kumtaşlarına geçiş göstermektedir. Karmaşık içindeki diğer kayaçlarla, Akdağ Olistoliti arasında birleştirici durumda olan kumtaşları üste doğru kırmızı renkli radyolaritlere geçiş göstermektedir.

Konglomera, kumtaşı radyolaritlerin içinde birimin yaşını belirleyecek organizma bulunmadığı için yaşı karmaşıkla ilişkili olduğundan aynı yaşlı olduğu söylenebilmektedir.

4.2.5.2-Akdağ Kireçtaşı Olistoliti (Tr-Krg_a)

Çalışma alanında Kemer Tepede, Yörükyatağı Tepede ve Akdağ civarında geniş alanda yüzeylenen, masif yapılı, mikrokristalli, açık gri renkli kireçtaşlarına "Akdağ Kireçtaşı" adı verilmiştir. Bu olistolitler serpantin kütlesi içinde değişen kireçtaşı tepcikleri halindedir.

Kıvrımlı, kırıklı, kristalize kireçtaşı olistolitleri çalışma alanının batısına doğru uzanan masif yapılı Akdağ silsilesini oluşturmaktadır. Akdağ kireçtaşının kesin kalınlığını söylemek mümkün olmamakla beraber morfolojik gözlemlere göre 700 m. den fazla kalınlığa sahiptir. İnce taneli olan bu kireçtaşları yer yer kalsit damarları da ihtiva etmektedir.

Silisli pembe kireçtaşlarından alınan numunelerde tespit edilen *Involitina* sp. ve Alg formları ile yaşı Triyas olarak belirlenmiştir. (GUTNIC, 1972).

4.2.6-Burdur Formasyonu (T_b)

Formasyon harita sahasında Keçiborlu'nun Değirmendere ve harita sahası dışında Baladız ve Gökçebağ da mostra vermektedir. Çalışma alanında polijenik konglomeralarla başlayan formasyon üste doğru kireçtaşı ve marn ardalanmasıyla devam etmektedir.

Gölsele Pliyosen çökellerinden meydana gelen formasyon Gökçebağ Karmaşığı ile Isparta Formasyonu ve İncesu Konglomeralarının oluşturduğu topoğrafya üzerine açısız uyumsuzlukla gelmektedir. Üstten ise Keçiborlu ovasının alüvyonları ile örtülmektedir.

Formasyonun kalınlığı değişiklik göstermekle beraber 100 m. civarındadır. Kireçtaşları boşluklu olup, gevşek yapı sunmaktadırlar. Marn ise kilce zengin karbonattan oluşmaktadır.

Birimin yaşını saptayacak hiçbir mikro organizma bulunmakla beraber diğer birimlerle olan ilişkileri nedeniyle Pliyosen olabileceği sanılmaktadır.

Ayrıca bu formasyon içinde farklı litolojik özellik gösteren iki üye daha ayırtlanmıştır.

4.2.6.1-Milas Tüf Üyesi (Tbm)

Çalışma alanının güneydoğusunda gözlenen bu birim bej renkli, ince tabakalı, marn seviyeleriyle ardalanmalı, üste doğru az çimentolu kumlu, killi, konglomeratik seviyelerle yataklanmış olan tüflerden müteşekkildir. Tüfler en iyi gözlendiği yere isafeten "Milas Tüf Üyesi" olarak adlandırılmıştır.

Bu üyenin egemen litolojisini oluşturan tüfler açık gri-beyaz renkli, boşluklu olup, kireçtaşı ve volkanik kayaç taneleri içermektedirler. Değirmendere kesiminde yüzeylenen tüfler ise genellikle elle parçalanabilir duruma gelmişlerdir. Sarımsı gri renkli, bol çatlaklı ve çatlakları limonitle dolmuş, masif ve kalın tabakalıdır.

4.2.6.2-Gölcük Üyesi (Tbg)

Çalışma alanının güneydoğusunda mostra vermektedir. Litoloji olarak andezit ve trakit türü volkanik kayaçlardan oluşmaktadır. Keçiborlu yöresinde İrepdere ve Kumludere doğrultusu boyunca tüflerle birlikte izlenmekte olup, uzun bir alanda yer almaları tektonik olaylar sonucu oluşan çatlaklar boyunca yerleştikleri sonucunu göstermektedir.

4.2.7-Alüvyon (Qal)

Çalışma alanının en genç birimini alüvyon ve taraçalar oluşturmaktadır. Tutturulmamış kil, silt, kum, çakıl ve bloklardan oluşmuş olan alüvyonlar Kuvaterner depolanmalarını oluşturmaktadır.

Ayrıca Burdur Gölünün eski seviyelerine bağlı oluşmuş taraça depoları eski ve yeni birikinti konileri yine en genç oluşuklar içine girmektedir.

4.3-Yapısal Jeoloji

Çeşitli araştırmacıların çalışma konusunu teşkil eden inceleme alanı tektonik yönden birçok özelliğin bir arada bulunduğu bir görünüm arz etmektedir.

Çalışma alanındaki tüm otokton birimlerin genellikle sığ fliş fasiyesinde olduğu ve daha az volkanizma gösterdiği için Toros tektonik kuşağında Miojeosenklinal zona girmesi muhtemeldir. ÖZGÜNER (1980), çalışma alanındaki birimlerin genel özellikleri bakımından iki tektonik doğrultulu zona ayırmıştır.

1- NW-SE yönlü tektonik doğrultulara sahip Atıkan, Prenien, Austrian ve muhtemelen daha eski tektonik fazların etkisinde kalan zon.

2- NE-SW yönlü tektonik doğrultulara sahip, yine aynı fazların tektonik etkenleri yanında Epirojenik yerleşme hareketlerinin daha ziyade hakim olduğu tektonik zon.

Bölgenin yapısal unsurlarının ortaya çıkarılması için bu bölüm;

-Kıvrımlar,

-Eklemler,

-Faylar

alt başlıklarıyla ele alınmıştır.

4.3.1-Kıvrımlar

Çalışma alanında gözlenen birimlerden serpantinitle hariç diğer formasyonların hemen birçoğu tabakalanma göstermektedir. Her formasyon kendi litolojik özelliği içinde ve kaldığı değişik kuvvetlerin etkisinde kıvrımlanma göstermektedir. Kıvrım eksenleri genellikle NE-SE doğrultulu olup, birbirine yakın bir paralellik sunmaktadır (ÖZGÜNER, 1980).

Kretase yaşlı Söbüdağ kireçtaşı ile Paleosen-Eosen yaşlı Koçtepe ve Isparta Formasyonu birlikte kıvrımlanmışlardır. Birimlerdeki plastisite farkından dolayı kıvrımlar aynı özelliği

taşıyamamış, fliş fasiyesindeki birimler dishormonik kıvrımlanmaya uğramışlardır.

Oligosen yaşlı İncesu Konglomeralarında ise tabaka eğimleri çok düzensiz olduğundan muhtemelen kıvrımları asimetriktir. Pliyosen tabakalarında ise eğim görülmekle beraber kıvrımlara rastlanamamıştır.

4.3.2-Eklemler

Çalışma sahasında mostra veren birimler litolojik ve fiziksel özelliklerine göre az veya çok eklem sunmaktadırlar. Bölgede görülen marn, kil, serpantinit gibi plastik kayalara nisbetle kireçtaşı gibi plastik özelliği olmayan kayalar daha çok eklem göstermektedirler.

Gözlenebilen eklemler iki özellik göstermektedir. Bazı eklem sistemleri düzgün, pürüzsüz ve eklem daha devamlıdır. Buna karşılık bazı eklem sistemleri çok pürüzlü, eklem boyları daha küçük ve daha az devamlıdır.

Serpantinitlerde gelişmiş en iyi çatlak sistemi;

1- N45E - N45W - N75W

2- N10E - N25W olup bunlar basınç sonucunda oluşmuşlardır.

Akdağ kireçtaşında ise en iyi gelişmiş çatlak sistemi;

1- N55E - N30W

2- N85W - N30E olup bunlarda serpantinitler gibi N-S yönlü

basınç kuvvetleri neticesinde oluşmuşlardır (SARIZ, 1982).

Tarafımızdan Kumludere maden ocağından 30 eklemden alınan doğrultu ve eğimlere ait gül diyagramları Şekil-3,4,5'de görülmektedir.

Eklemlerin doğrultu değerlerinden yapılan Gül diyagramında hakim doğrultu yönünün N30°-70°W olduğu, hakim eğim yönünün 200-220°SW'ya ve eğim miktarınının 30°-40° arasında olduğu görülmektedir.

taşıyamamış, fliš fasiyesindeki birimler disharmonik kıvrımlanmaya uğramışlardır.

Oligosen yaşlı İncesu Konglomeralarında ise tabaka eğimleri çok düzensiz olduğundan muhtemelen kıvrımları asimetriktir. Pliyosen tabakalarında ise eğim görülmekle beraber kıvrımlara rastlanamamıştır.

4.3.2-Eklemler

Çalışma sahasında mostra veren birimler litolojik ve fiziksel özelliklerine göre az veya çok eklem sunmaktadırlar. Bölgede görülen marn, kil, serpantinit gibi plastik kayalara nisbetle kireçtaşı gibi plastik özelliği olmayan kayalar daha çok eklem göstermektedirler.

Gözlenebilen eklemler iki özellik göstermektedir. Bazı eklem sistemleri düzgün, pürüzsüz ve eklem daha devamlıdır. Buna karşılık bazı eklem sistemleri çok pürüzlü, eklem boyları daha küçük ve daha az devamlıdır.

Serpantinitlerde gelişmiş en iyi çatlak sistemi;

1- N45E - N45W - N75W

2- N10E - N25W olup bunlar basınç sonucunda oluşmuşlardır.

Akdağ kireçtaşında ise en iyi gelişmiş çatlak sistemi;

1- N55E - N30W

2- N85W - N30E olup bunlarda serpantinitler gibi N-S yönlü basınç kuvvetleri neticesinde oluşmuşlardır (SARİİZ, 1982).

Tarafımızdan Kumludere maden ocağından 30 eklemden alınan doğrultu ve eğimlere ait gül diyagramları Şekil-3,4,5'de görülmektedir.

Eklemlerin doğrultu değerlerinden yapılan Gül diyagramında hakim doğrultu yönünün $N30^{\circ}-70^{\circ}W$ olduğu, hakim eğim yönünün $200-220^{\circ}SW$ 'ya ve eğim miktarının $30^{\circ}-40^{\circ}$ arasında olduğu görülmektedir.

taşıyamamış, fliş fasiyesindeki birimler dishormonik kıvrımlanmaya uğramışlardır.

Oligosen yaşlı İncesu Konglomeralarında ise tabaka eğimleri çok düzensiz olduğundan muhtemelen kıvrımları asimetrikdir. Pliyosen tabakalarında ise eğim görülmekle beraber kıvrımlara rastlanamamıştır.

4.3.2-Eklemler

Çalışma sahasında mostra veren birimler litolojik ve fiziksel özelliklerine göre az veya çok eklem sunmaktadırlar. Bölgede görülen marn, kil, serpantinit gibi plastik kayalara nisbetle kireçtaşı gibi plastik özelliği olmayan kayalar daha çok eklem göstermektedirler.

Gözlenebilen eklemler iki özellik göstermektedir. Bazı eklem sistemleri düzgün, pürüzsüz ve eklem daha devamlıdır. Buna karşılık bazı eklem sistemleri çok pürüzlü, eklem boyları daha küçük ve daha az devamlıdır.

Serpantinitlerde gelişmiş en iyi çatlak sistemi;

1- N45E - N45W - N75W

2- N10E - N25W olup bunlar basınç sonucunda oluşmuşlardır.

Akdağ kireçtaşında ise en iyi gelişmiş çatlak sistemi;

1- N55E - N30W

2- N85W - N30E olup bunlarda serpantinitler gibi N-S yönlü basınç kuvvetleri neticesinde oluşmuşlardır (SARİİZ, 1982).

Tarafımızdan Kumludere maden ocağından 30 eklemden alınan doğrultu ve eğimlere ait gül diyagramları Şekil-3,4,5'de görülmektedir.

Eklemlerin doğrultu değerlerinden yapılan Gül diyagramında hakim doğrultu yönünün $N30^{\circ}-70^{\circ}W$ olduğu, hakim eğim yönünün $200-220^{\circ}SW$ 'ya ve eğim miktarının $30^{\circ}-40^{\circ}$ arasında olduğu görülmektedir.

4.3.3-Faylar

Çalışma alanında farklı özellik gösteren birçok fay saptanmıştır. Faylar yörede jeolojik ve morfolojik belirtilerden ortaya çıkarılmıştır. Bu fayların birçoğu bölgenin bugünkü yapısını kazanmada önemli olduğu gibi bazıları da tali faylardır.

Faylar genellikle N-S, NW-SE, NE-SW doğrultuludurlar.

Faylar;

-Eğim ve doğrultu atımlı faylar,

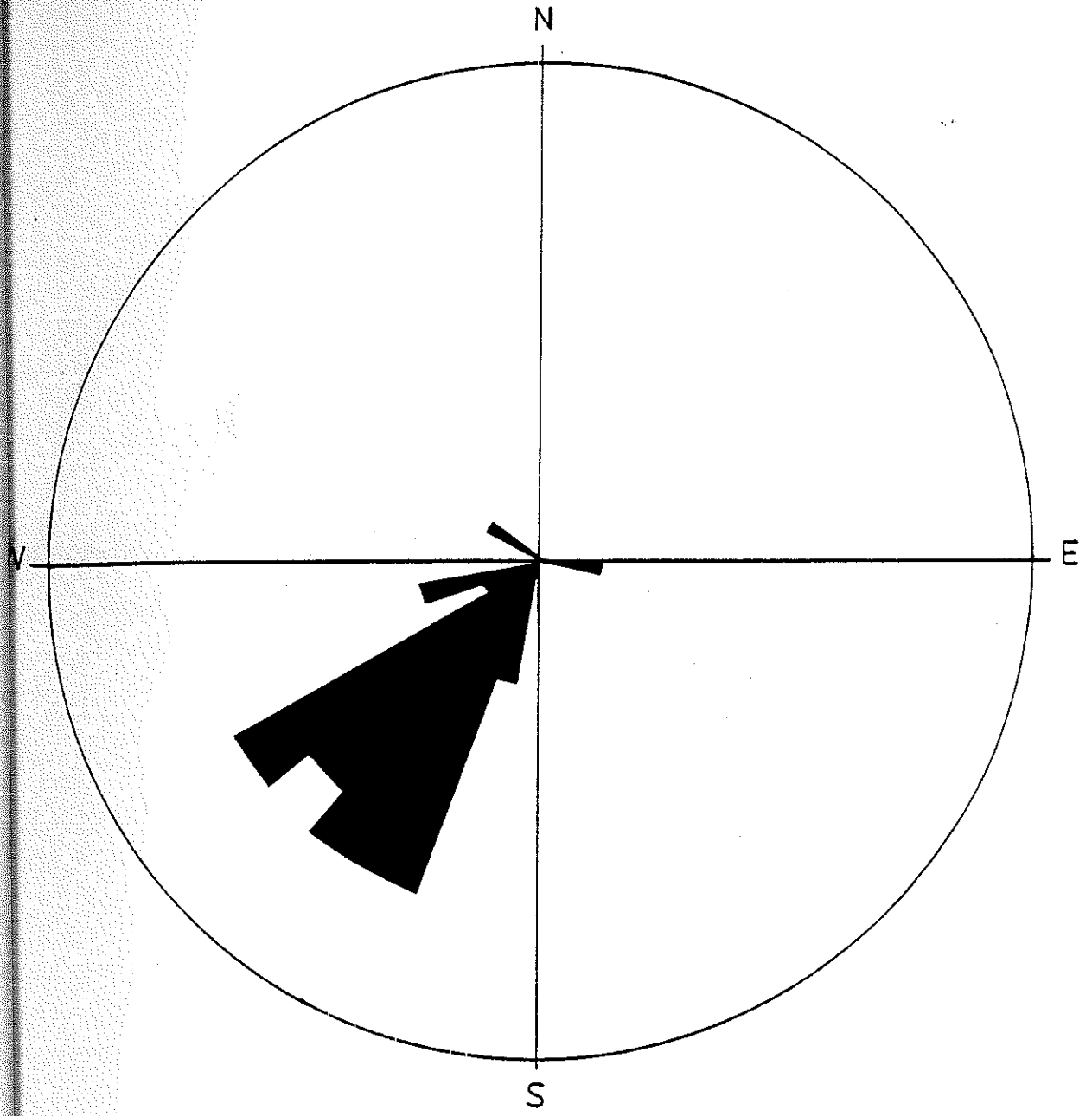
-Nap ve şaryajlar

olarak ikiye ayırmak mümkündür.

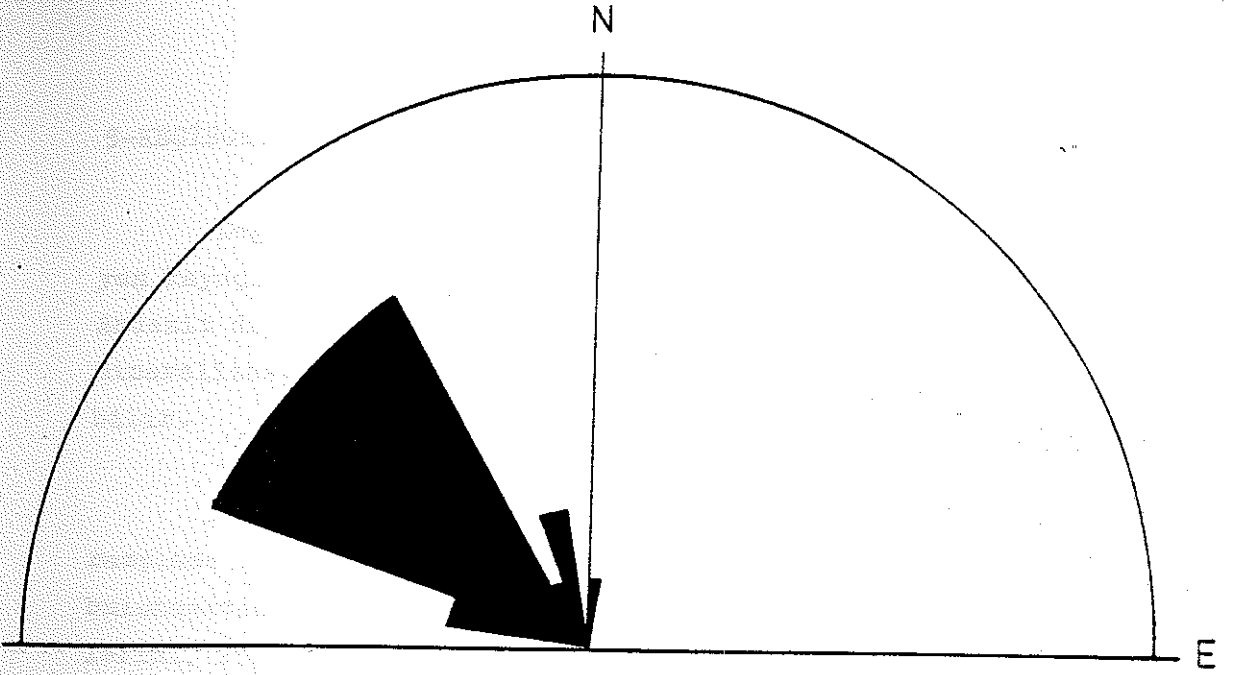
Eğim atımlı faylar, bölgenin yapısını boyuna kesen, birbirine paralel kademeli bir biçimde uzanan faylardır. Bu fayların 15-20 km. boyunca uzandığı ve 200-250 m.lik atıma sahip olduğu daha önceki çalışmacılar tarafından saptanmıştır.

Doğrultu atımlı faylar ise Isparta Formasyonu içinde gelişmiş olup, en iyi olarak Yelliyatak Tepe civarında gözlenmektedir.

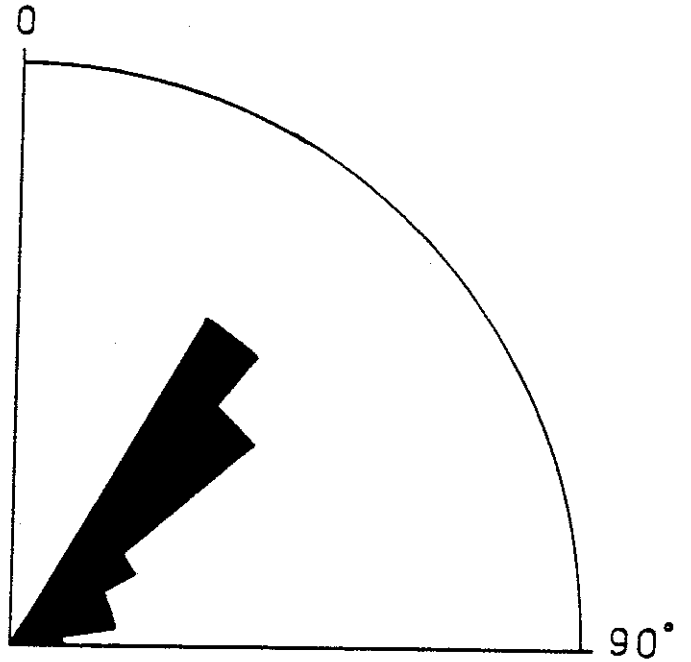
Çalışma alanında işletilmekte olan kükürt cevherinin oluşumuna neden olan NW-SE istikametindeki şaryaj büyük bir öneme sahiptir. Triyas-Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları daha genç olan Eosen ve Oligosen yaşlı birimler üzerine bindirmişlerdir. ÖZGÜNER (1980), hareketin SW'dan NE'ya doğru olduğunu, doğuda hareketin daha fazla olduğunu, şaryajın yataya yaklaştığını; kuzeye doğru ise şaryajın eğiminin daha da arttığını belirtmiştir. Kükürt cevheri eğimin arttığı kısımlarda bulunmaktadır. Bu şaryaj Kumludere kükürt ocağının Miyosen yaşlı konglomeraları kestiği için Miyosenden daha genç, bunun yanında Plio-Kuvaterner yamaç molozlarıyla örtüldüğü için onlardan daha yaşlıdır.



Keçiborlu-Kumludere ocağına ait eklem
düzlemleri doğrultu gül diyagramı.



Keçiborlu-Kumludere ocağına ait eklem düzlemleri eğim yönü gül diyagramı.



Keçiborlu-Kumludere ocağına ait eklem düzlemleri eğim miktarı gül diyagramı.

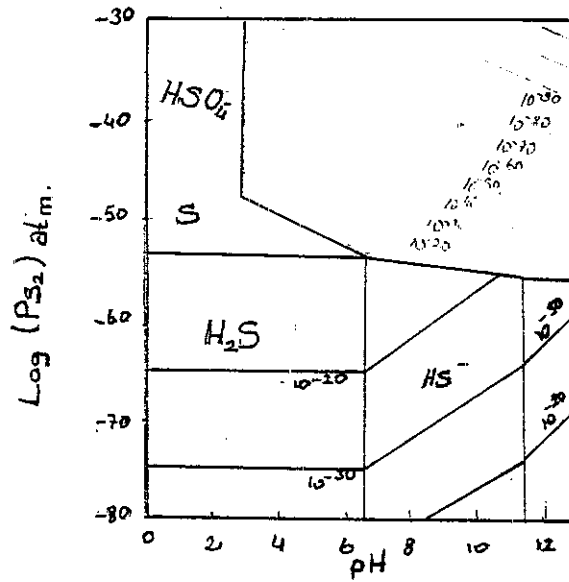
5-KEÇİBORLU KÜKÜRT YATAKLARININ OLUŞUMU VE YORUMU

Değirmendere ve Kumludere ocaklarında mineral çökellerinin yan kayaçları serpantin, kireçtaşı, tuf ve piroksen andezittir. Andezit daykının Pliyosen esnasındaki yerleşimi sonucu, cevher mineralizasyonunun muhtemelen Pliyosen sonunda geliştiği söylenebilir.

Mineral çökelleri, yan kayacda dissemine veya yan kayacı remplace etmiş durumda olup, bazı hallerde tabakalanma şeklinde bulunmaktadır. Aşağıdan yukarıya doğru FeS_2 içeren kükürt çökellerini, FeS_2 çökelleri, Limonit çökelleri takip eder. Bu zonlar tamamıyla birbirinden ayrılmış değildir. Fakat böyle bir sıra izlenebilmektedir.

Yukarıda bahsedilen neticelere dayanılarak dissemineremplasman tipi kükürt'ün mineralizasyon, alterasyon ve FeS_2 cevheri çökelleri arasındaki jenetik ilişkilere aşağıda değinilecektir.

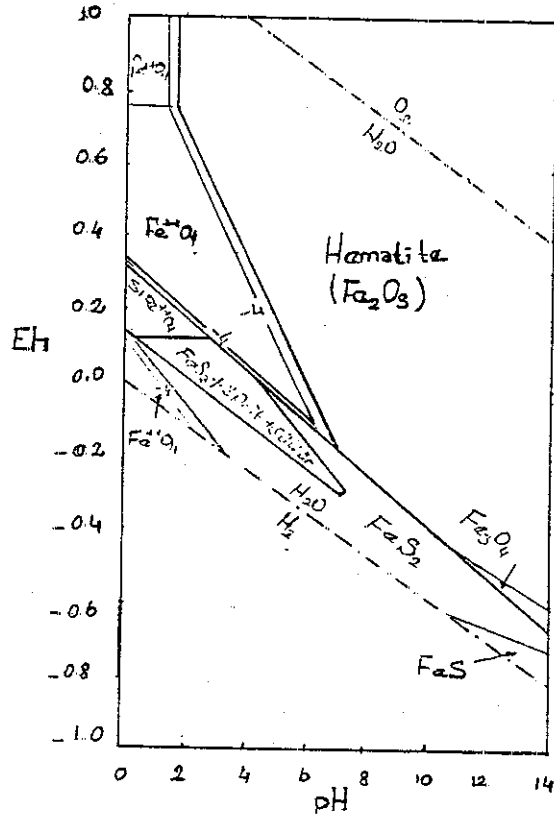
Konsantrik yapıllı kükürtün varlığı jel halinde kolloidal bir ortamda ritmik çökelmeyi yansıttıkları gibi, aynı zamanda düşük ışığı belirtirler. Kolloidal bir ortamın sağlanmasında yeraltısu tablasının ve kayaçların fiziksel öneminin büyük olduğu düşünülebilir. İyon halinin aksiolasyon halinin, uçucu gazların ve sıvı faaliyetlerinin çok bileşenli solüsyonları içinde birbirleriyle olan ilişkilerini açıklamak için bu değerlerin diyagramları üzerinde incelenmesi faydalı olabilir. Laboratuvarlarda tanımlanabilen 30'dan fazla kükürt içeren türlerin sadece 5 tanesinin sıvı solüsyonlarda denge durumları hakimdir. BARNES, 3, H-S-O dizgesinde $100^{\circ}C$ ve 0.1 mol toplam kükürt koşullarında nabit kükürtün oluşum alanını gösteren diyagram geliştirmiştir. Bu diyagrama göre, nabit kükürt, kısmi oksijen basıncı 10^{-45} - 10^{-55} arasında asidik özellikte (pH: 0 - 6.25) ve kısmi kükürt basıncı ($10^{-9.4}$) olan ortamda çökelmektedir.



Şekil-6: 100°C de S=0.1 molde, Ps ve hakim sıvı türlerinin dağılım diyagramı (BARNES, H.L.3).

GARRELS (4) ise, Fe-S-O dizgesinde 25°C de kükürtün 0.1 aktivitesinde ve 1 atmosferlik basınç altında demiroksit ve sülfidleri arasındaki stabilite ilişkilerini incelemiştir. FeS₂ içeren kükürt, asidik özellikte (pH: 0 - 6.5) ve Eh'ı 1+0.3 ile 0.2 arasında değişen ortamda çökelmektedir.

BARNES ve GARRELS'in geliştirmiş olduğu diyagramlara dayanarak Değirmendere ve Kumludere ocaklarındaki ve FeS₂ cevherlerinin oluşumuyla ilgili işlemlerin şu şekilde geliştiği söylenebilir. H₂S, SO₂, HS, HS_x ve benzerlerini içererek yükselen gazlı solüsyonlar ile primer Fe bileşikleri yeraltısuyu ile kontamine olmuşlardır. Asidik özellikte, kükürt basıncı yüksek olan ve düşük sıcaklıktaki (100-150°C) de çözeltiler zamanla esas cevherleşmeyi sağlamıştır. Bilahare, zayıf bazik reaksiyonda (pH 8-9) ve düşük kükürt basıncı özelliklerini taşıyan çözelti içerisinde değişik alterasyonlar sonunda montmorillonit, illit ve klorit mineralleri oluşmuştur. Bu evreden sonra az kükürtlü ve çoğunlukla CO₂ içeren sıcak solüsyonlar İrepdere civarında geniş alana yayılarak serpantinitleşmesinin magnezitleşmesine ve silisleşmesine neden olmuştur.



Şekil-7: 25°C, 1 atmosferlik basınç altında ve 0.1 aktivite şartına demiroksit bileşikleri ile sülfidler arasındaki ilişki diyagramı (GARRELS, RM 4).

Limonitin oluşumu ise kükürt ve FeS₂ cevherinin mineralleşmesinden bir zaman aralığı sonrasındadır. Asit solüsyonda bulunan Fe⁺⁺⁺ FeS₂ cevheri altere zonunda amorf, hidrolize demiroksit şeklinde yerini almıştır. Zaman geçtikçe amorf hidrolize demir oksit, kristal şeklini kuvvetlendirerek götit esas mineral almak üzere ramplasman tipte limonit yataklarını oluşturmuştur. Daha sonra demir taşıyan sülfirik asit solüsyonları yeryüzünde limonitleşmeyi sağlamıştır. (Kemertepe) Hidrohemotit ise ramplasman tipi limonit yataklarında hakim olarak mevcuttur.

Cevher solüsyonu: Sulfatörlerde yükselen bileşimleri asit mineral kaynakları ve kükürt çökeltileri ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Japonya'daki Abuta ve Matsua kükürt yataklarında araştırmalarda bulunan TAKEUCHI (5) cevher solüsyonları ile

yeraltısı tablosundaki jenetik ilişkilere şöyle açıklamaktadır.

Gazlı maddeler CO_2 , H_2S , SO_2 , SO_3 , N_2 'den başka H_2O ve H_2SO_4 'de bulundurur. Bu maddelere ilaveten sülfatlar ile metalik ve metalik olmayan elementlerde içerirler. Dissemine remplasman tipi S ve FeS_2 cevherlerini oluşturan orijinal solüsyonlarının H_2O , H_2SO_4 , H_2S ve H_2SO_3 'ü ana eleman, CO_2 ve bazı sülfatlar yan eleman olarak bulunur. Bu yükselen gazlı solüsyonlar yeraltısuyu ile karıştığı zaman oksitlenir ve konsantre sülfirik asit solüsyonuna dönüşür.

5.1-Mineral Oluşumunun Sıcaklığı

Ana cevher teşekkül sıcaklıkları şöyle belirtilir. Kükür-tün oluşum sıcaklığı 109° - $120^{\circ}C$ arasında olduğu kabul edilmektedir. (TAKEUCHI, 5). Pirit ve markasite $50-300^{\circ}C$ oluşum sıcaklığı verilmiştir. Götitin oluşum sıcaklığı $130-170^{\circ}C$ arasındadır. (TAKEUCHI, 5). Kil mineralleri üzerindeki oluşum sıcaklıkları geniş aralıkları kapsadığı için kesin bir ifade kullanmayı güçleştirmektedir.

6-MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Bu çalışmanın amacı, Keçiborlu ve yöresinde hakim olan kayaların jeoteknik özelliklerinin saptanması ve Keçiborlu dolayındaki Kumludere ve Değirmendere ocaklarında mevcut kayaların sınıflaması, yapılan sınıflama sonucunda da gerekli destekleme önlemlerinin tesbitidir.

Çalışma Keçiborlu dolayındaki iki ocakta sürdürülmüş olup, bu bölümde:

- Kayaların jeoteknik özelliklerinin incelenmesi,
- Kayaların mekanik özelliklerinin deneylerle tespiti,
- Jeoteknik ve mekanik özellikleri açısından kayaların sınıflaması,
- Uzun süreli uygulamaları için gerekli destekleme önlemlerinin belirtilmesi,

başlıklarıyla sunulmuştur.

Kumludere ve Değirmendere maden ocaklarında yapılan jeolojik çalışmalar sonucu kayalardaki süreksizlik düzlemleri, bunların doğrultu ve eğimleri, bu süreksizlik düzlemlerinin durumu ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Galerilerden alınan karot ve el numuneleri üzerinde kayacın mühendislik özelliklerini tanımlamak amacıyla, "Tek Eksenli Basınç Deneyi, Endirek Çekme Deneyi" yapılarak kayaların basınç deformasyon özellikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Schmidt Çekici ile yapılan deneyde yine galerilerden alınan örneklerin darbe dayanımları ortaya konulmuştur. Mevcut kayaların Sonometre ile sismik hızları ölçülerek ayrı bir sınıflamaya tabi tutulmuştur.

Numunelerin tespit edilen mekanik özelliklerinden hareketle Değirmendere ve Kumludere maden ocaklarındaki kayalar "Bieniawski, Barton ve RSR Parametrelerine göre sınıflandırılarak, ocakları için gerekli destekleme önlemleri tespit edilmiştir.

6.1-Yöredeki Kayaçların Jeoteknik Özellikleri

Çalışma alanında mostra veren kayaçların jeoteknik özellikleri, farklı iki ocakta yapılan çalışmalar sonucu ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu ocaklar;

- Değirmendere Maden Ocağı
- Kumluere Maden Ocağıdır.

6.1.1-Değirmendere Maden Ocağı

Değirmendere ocağı, Keçiborlu ilçesinin 2-2.5 km. NE.sundaki Değirmendere mevkiinde yer almaktadır. Ocak ilçeye stabilize yollarla bağlıdır.

Değirmendere ocağı NW-SE yönlü 200 m. uzunluğunda ve 100 m. genişliğindeki bir alan içerisinde yer almaktadır. Çeşitli yönlerde sapmalar gösteren değişik derinliklerde açılmış olan galeriler 2.5 m. yüksekliğinde ve 2 m. genişliğindedir. Burada cevher düzensiz yataklanmalar sunmaktadır. Ocakta cevher kütlesi, ocaklara ait Yeraltı Jeolojisi Haritalarında (Ek-2,3) görüldüğü gibi 20 m. mesafeli, yatay katlara ayrılmış, aralarında abataj katları şeklinde aşağıdan yukarıya doğru alınmaktadır. Alınan cevher kütlesinin yerine dolgu malzemesi doldurularak bir üst kat için taban oluşturulmaktadır. Ocaktaki kazı işleri; kazma, motopikör, bazende dinamitle yapılmaktadır. Personelin ocağa indirilip çıkartılması ve cevherin ihracı asansörle olmaktadır.

Değirmendere ocağı Ek-2'deki Yeraltı Jeoloji Haritasında görüldüğü gibi başlıca üç litolojik birim içinde açılmıştır.

Bunlar;

- Serpantin
- Kil
- Kireçtaşıdır.

Ocak içinde seçilen iki farklı güzergah boyunca bu üç birimin, birbirleriyle daima bir giriklik gösterdikleri tesbit edilmiştir. Ocak içinde çeşitli seviyelerden olan yeraltısuyu gelişimi bu birimlerin ayrılmasını ve incelenmesini daha da zorlaştırmaktadır.

Serpantinitler: Yüzeyle cevherleşme alanının doğusunda bulunan bu birim, cevher sahasının tabanını oluşturmaktadır. Siyah renkli, konkoidal kırılma şekilli ve volkanik cam görüntüsüne sahiptirler. Serpantinitler bazen masif olup, bazende tektonik dokanakları izleyerek şisti görünüm kazanmışlardır.

Çeşitli sebeplerle değişikliğe uğrayan serpantinitlerde doku değişikliği görülmekle birlikte düzensiz çatlakları boyunca ikincil kükürt gelişimleri de söz konusu olmaktadır.

Killer: Bazı kesimlerde alterasyona maruz kalan serpantinitlerin kil minerallerini oluşturduğu gözlenmektedir. İkincil kükürt gelişiminin söz konusu olduğu bu çatlakların bazende piritle doldurulmuş olduğu görülmektedir.

Ocak içinde varlığı serpantinitlerin alterasyonu ile açıklanabilen killer su alıp şişerek yer yer göçüklere neden oldukları halde, hava ile temasta bünyelerindeki bu suyu kaybettikleri ve daha sağlam göründükleri de söz konusudur. Yapılan mikroskopik çalışmalar sonucu SARIIZ (1982), bu kil minerallerinin Klorit, Montmorillonit, Illit olduğunu tesbit etmiştir.

Sözü edilen kil minerallerinden Montmorillonit ve Klorit bilindiği gibi molekülleri arasındaki bağın zayıf olması nedeniyle, su kafes yapılarına kolayca girerek şişmeye yol açmaktadır. Ocak içerisinde de aynı durum söz konusu olduğundan, ağaç tahkimatlara zarar vermiş ve çalışmalarını aksatmıştır.

Değirmendere maden ocağındaki kil minerallerini makroskobik olarak yeşil ve siyah kil olarak tanımlamak mümkündür.

Yeşil kil olarak tanımlanan litoloji dış görünüm itibariyle serpantinite çok benzemektedir. Zaten serpantinitin alterasyonu sonucu oluşan bu kil ocak içerisinde hakim durumdadır. Siyah ve boz renkli olan kil ise diğer kayalarda karışmış ve ezilmiş durumdadır. Çoğu kez bu iki kil türü birbirinden ayrılamamaktadır.

Kireçtaşları: Değirmendere maden ocağında izlenen kireçtaşları ince taneli, gri renkli, masif yapıdadırlar. Bunların en

ARDENİZ ÜNİVERSİTESİ İZMİR İZMİR

ARDENİZ ÜNİVERSİTESİ İZMİR İZMİR

ARDENİZ ÜNİVERSİTESİ İZMİR İZMİR

Önemli özelliği serpantinitler içinde bloklar veya merccekler halinde yer almalarıdır. Kireçtaşları yeraltısuyunun gelişimine ve cevher gelişimine bağlı olarak fazlaca parçalanmış ve ufalanmışlardır. Özellikle kil ve serpantinitlerde olan dokanaklarında oldukça yumuşak ve elle ufalanabilir bir nitelik kazanmışlardır. Kireçtaşlarında cevherin oluşumuna bağlı olarak çeşitli değişimler meydana geldiği buhün sonucunda da dolomitleşme, silisleşme ve limonitleşme gösterdikleri görülmüştür.

Ek-2'deki Yeraltı Jeoloji Haritasında görüldüğü gibi Değirmendere maden ocağındaki kayaçların tanımlanması için farklı iki güzergah seçilmiştir. Bunlardan biri 875 katında Dünder Kuyusundan başlayan güzergah olup, 875 Ana yolundan başladığı takdirde ilk 30 m.lik kısmı siyah kilde açılmıştır. Bu birim yukarıda bahsedildiği gibi ocak içinde siyah ve boz rengeyle kolayca tanınmaktadır. Suyla temasta olduğu için fazlaca yumuşamış olup, insan elinde cürufumsu bir tanı vermektedir. İleri derecede alterasyona maruz kaldığı ve su ile temasta şişme gösterdiği için yapılan ağaç tahkimatlarda hasara neden olmaktadır. İkinci 30 m.lik kısımda ise beton kaplama izlenmektedir. Daima çalışma yeri olan, çıkartılan kükürtün ihracı, tali bacaların geçişi bu yerden yapıldığı için bu kısım diğer yerlerden farklı olarak beton kaplama ile geçilmiştir. Beton kaplamanın hemen akabindeki yaklaşık 50 m.lik kısım ise yani 890 Kelebesine kadar olan bölüm yine siyah kilde geçilmiş olup, bu birim arasında yer yer kireçtaşı blokları saptanmıştır. Bu blokların büyüklükleri içe doğru dalmaları görülemediğinden tesbit edilememektedir. Kireçtaşları kille olan dokanaklarında ezilmiş bir görünüm sunmaktadırlar. Zaten kükürt cevherinin NW-SE yönlü bir şaryaj zonunu takip etmesi ve bu zonu oluşturan fayların iki birim arasında dokanağı oluşturması kireçtaşının doğal olarak zayıflığını göstermektedir.

Değirmendere maden ocağındaki ikinci güzergahımız ise Yeni Nefeslik kuyusundan başlamaktadır. 890 katında başlayan bu güzergah siyah kil üzerinde başlamış olup, aynı özellikleri göstermektedir. 890 Kelebesinden itibaren yaklaşık 32.5 m.lik kısım siyah kil içerisinde devam etmektedir. Siyah kilin bitiminde yaklaşık 15-20 m.lik kısım henüz bir baca açılmamış olmasına rağmen muhtemelen cevher sınırını göstermektedir. Geçilen cevher sınırından

sonra ise 15 m.lik kısımda ise cevhere esas olarak taban görevi yapan yeşil kil izlenmektedir. Serpantinitin alterasyonu ile oluşan bu birim tipik olarak serpantinitle aynı özelliği sunmaktadır. Yeşil rengi sabunumsu görünümü ve kayganlığı ile bu birim içindeki kireçtaşı bloklarına ev sahipliği yapmaktadır.

Sert, kristalize, açık gri rengi ile bu birim ocak içerisindeki tek sağlam olan birimdir. Çok fazla çatlaklı olmayan bu birimde karstlaşma görülmektedir. Buna karşılık yukarıda sözü edilen kireçtaşlarının sağlamlılığının az olması, bünyelerine su almaları, orta derecede karstlaşmaya sahip olduklarını göstermektedir. Bu kireçtaşı içinde yaklaşık 20 m. kadar ilerleyen güzergahımız 12.5 m. kadar daha yeşil kilde devam edip, daha sonra esas cevhere ve kapatılan bacalara doğru ilerlemektedir.

6.1.2-Kumludere Maden Ocağı

Kumludere maden ocağı Keçiborlu ilçesinin 2 km. kuzeyinde, Kumludere mevkiinde yer almaktadır. Ocak ilçeye ve işletme tesislerine asfalt ve stabilize yollarla bağlıdır.

Ocak önceleri 200x500 m. genişliğinde açık işletme halinde iken daha sonra yeraltı işletmesi halini almıştır. Cevher düzensiz yataklanma da, yığınlar şeklindedir. Burada da cevher kütlesi Ek-3'deki Jeoloji Haritasında görüleceği üzere Değirmendere ocağındakine benzer olarak 20 m. mesafeli katlara ayrılmış, aralarında abataj kâtları şeklinde aşağıdan yukarıya doğru üretim yapılmaktadır. Alınan cevher yerine de dolgu malzemesi doldurularak, diğer kat için taban oluşturulmaktadır. Ocaktaki kazı işleri yine Değirmenderedekinin aynı olup, kazma, motorpikör, dinamitle gerçekleştirilmektedir. Ulaşım işlemi ve cevherin ihracı ise asansörle sağlanmaktadır.

Kumludere maden ocağı Ek-4'deki Yeraltı Jeoloji Haritasında görüldüğü kadarıyla başlıca;

Siyah kil,

Yeşil kil (serpantin),

Tuf,

Kireçtaşı içinde açılmıştır.

ANDREWS UNIVERSITY HİTİTÖRİJÜ KUTUPHANESİ

Killer: Kumludere maden ocağındaki killeri iki ayrı renkte görmekteyiz. Cevhersiz kesimde yeşil ve siyah renkleriyle hemen tanınmaktadırlar. Esas itibariyle Değirmendere ocağındakilerle aynı özellikleri göstermektedirler. Burada da killerin varlığı serpantinitle alterasyonu ile açıklanabilmektedir. Serpantinitle düzensiz çatlaklara sahip oldukları ve bu çatlakları boyunca kükürt gelişiminin söz konusu olduğu görülmektedir. Ayrıca yine bu özellikleriyle de alacalı bir görünüme sahip olmaktadırlar. Serpantinitle ayrışmasıyla oluşan bu kil minerallerinin; Klorit, Montmorillonit, İllit olduğunu SARIIZ (1982) ortaya koymuştur. Değirmendere ocağına nazaran daha az su gelişimi söz konusu olduğundan kil mineralleri de o ocağına nazaran daha az zararlı olmaktadırlar.

Tüf: Bu litoloji ocakta siyah rengeyle hemen göze çarpmaktadır. Tüfler içinde nadiren kuvars taneleri ve kayaca siyah renge veren kömürsü malzeme ile pirit minerallerini de görmek mümkündür. Tüflerin boşluk ve gözeneklerinde tamamen kükürt bulunmaktadır. Ayrıca ileri derecede alterasyona maruz kaldıkları durumlarda kil minerallerine dönüştüğü de tesbit edilmiştir.

Kireçtaşı: Değirmendere ocağındaki gibi bu ocakta da kireçtaşları serpantinitle içerisinde irili-ufaklı bloklar halinde olup, biraz daha fazla varlığa sahiptirler. Ocak içerisinde bazı katlarda biraz değişiklik sunmakla beraber bazı kesimlerde serpantinitle kireçtaşı dokanağında kil bir zon görülmektedir. Ancak bütün bunlara rağmen kireçtaşlarının merkezine doğru yapısında ve dokusunda değişiklik gözlenmektedir.

Griden, açık kahve aralığına kadar değişen renkleriyle genellikle masif bir yapı sunmaktadırlar. Faylar tarafından kesilmiş ve parçalanmış olduklarından kireçtaşları üzerinde süreksizlik düzlemlerini izlemek mümkündür. Kireçtaşları ile serpantinitle dokanağı tektonik olduğundan çok sayıda kompleks kayaç türünün oluşumuna neden olmuştur. Bazen kireçtaşlarının yüzeysel alterasyonlar sonucu demiroksit ihtiva ettikleri de gözlenmektedir. Bazende kireçtaşlarında kükürtleşme olmadığı gibi ortamdaki asitten dolayı yer yer erime ve çözünme boşluklarında bulunmaktadır. Fakat bu süreksizliklerin varlığı galeri içinde duraylılığın sağlanmasında

doğrudan etkili olmamaktadır.

Kumludere maden ocağında yapılan çalışmalar sonucu Ek-4'de görülen Yeraltı Jeoloji Haritası çıkarılarak etkili olan süreksizliklerin varlığı saptanmaya çalışılmıştır. Bu çalışma da izelenen güzergah boyunca tesbit edilen özellikler aşağıda sunulmuştur.

1024 kotlu Ana Yol Galerisi, serpantin ve kristalize kireçtaşı içinde açılmış olup, 300 m. uzunluğunda ve NE-SW istikametindedir. Girişten 55 m.lik mesafe, koyu yeşilden-koyu kahveye kadar renk gösteren sağlam yapılı, fakat çok sayıda çatlak sistemine sahip olan yer yer bu çatlakların kalsit dolgulu olduğu serpantin içindedir. Çatlak konumları $N40^{\circ}-60^{\circ}W - 30^{\circ}-40^{\circ}SW$ şeklindedir. Beton tahkimat olmasına rağmen bu bölümde tahkimatsız olarak da çalışmak mümkündür. Çatlak sistemlerinin iyi gelişmesine rağmen bu birim içinde faylar etkin değildir.

55-75 m.ler arası derecede ayrılmış ve kayaç üzerinde yapraklanma belirginleşmiştir. Burada yapraklanma faylarının konumları ile uyum gösterdiği için faylanma sonucu oluştukları söylenebilir. Bu kesimlerinde de özellikle faylı kesimler ve yakınlarında killeşme görülmektedir. Fayların milonit zonları 0.5-1 m. arasında değişmektedir. Serpantinleşmiş bu kesim sürekli bozuşmalardan, ayrışmalardan oluşan sıvı haldeki akıntılarla belirgindir.

75-157 m.ler arası koyu yeşil renkli serpantinitten ibarettir. Sağlam ve sert olmasına rağmen, çatlak sistemleride iyi gelişmiştir. Çatlaklar arası mesafeler 50-70 cm. arasında değişmekte olup, yer yer kalsit dolguludur. Çatlak yüzeyleri genellikle pürüzlü bir görünüm sunmaktadırlar. Bu bölümde çatlak konumları fayların doğrultu ve eğimleriyle uyumluluk göstermektedir. Konumları harita üzerindedeki görüldüğü gibi çalışma zorlukları nedeniyle ancak birkaç tanesi için tesbit edilebilmiştir.

157-190 m.ler arası kristalize kireçtaşı içinde geçilmiştir. Bu birimin büyük bölümü fazla tektonizma sonucu kırıklı ve çatlaklı bir yapı kazanmıştır. Bu özelliği en iyi olarak serpantinitle olan dokanağındaki zayıflık zonunda izlenebilmektedir. Yer yer ise sağlam yapılı, kahverengimsi beyaz renkli blokları

görmekte mümkündür. NW-SE, 38° SW dalımlı etkin bir fayla serpantinle dokanak oluşturmaktadır.

190-215 m.ler arası yeşil serpantin olup, belirgin yapraklanmaya sahiptir. Bu kesimde süreksizlikler aynı yönde gelişmiştir. Sağlam olmayıp, bir takım çatlak sistemlerine sahiptir. Az da olsa yeraltısuyu gelişiminden etkilendiği için kile dönüşüm izlenebilirse de tam ayırımı yapılamamaktadır.

215-260 m.ler arası serpantin içinde geçilmiştir, fakat tali bacalara geçiş yeni olduğu için beton tahkimatla geçilmiştir.

260-300 m.ler arasında kireçtaşı görülmektedir. Bunun serpantinle olan dokanağı ise 40° eğimli bir faydır. Bu fayda kendinden daha genç olan ve 85° eğime sahip bir fayla kesilmiştir. Genç fayın öbür yüzünde ise serpantinit gözlenmektedir. Burada görülen kireçtaşı koyu kahve, sütlü kahve ve beyaz renkli olup, orta derecede sağlam yapılıdır. Burdan sonra ise yine içinde piritli bir zonun varlığının tesbit edildiği serpantin ve kil karışımı bir birim geçilmektedir.

Sonuç olarak, mühendislik açısından bakıldığı zaman Kumludere maden ocağı fayları ve çatlakları dik olarak kesmektedir. Bilindiği gibi bu eklemlerin, galeri genişliği, patlayıcı faktörü, aşırı sökme, kazılan duvar ve tavanın şekli ve kaya bloklarının aralıkları üzerine bazı etkileri vardır. Bir eklem takımının hakim olması ve özellikle eklem yüzeylerinin ayrışmış ve zayıflamış olması halinde doğrultu önem kazanmaktadır. Eğer galeri düşey ya da düşeye yakın bir zayıflık düzlemine paralel ya da verev gitmesi halinde yan duvarlarda dökülme ve aşırı sökme görülecektir. Fazla eğimli iki eksenin kesişmesi sonucunda ise tavanda büyük kamalanmalar gelişecektir. Bu kamalar zayıflayarak aniden düşebilir ya da iksanın bozulmasına neden olabilir. Kumludere maden ocağında böyle zayıflık zonları dik olarak kesildiği için daha az bir etkisi görülecektir.

6.2-Kayaçların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Deneylerle Tesbiti

Çeşitli mühendislik işlerinde ve kazılarda, baraj, tünel, yeraltı santralleri, köprü ayakları gibi büyük yapıların projelendirilmesinde ve stabilite hesaplarının yapılmasında temelin ve kullanılacak malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin saptanması, çeşitli kuvvetler karşısında doğacak deformasyonların bilinmesi zorunludur.

Kayaçlar üzerinde laboratuvarlarda yapılacak deneylerden elde edilecek değerler her zaman için güvenilir olmamaktadır. Bu nedenle son yıllarda yapılan büyük mühendislik yapıları için kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin zaman ve ortam gözönünde tutularak 4 boyutlu olarak araştırılması zorunluluğunu ortaya koymuştur.

İşte bu çalışmada da Keçiborlu Kükürt İşletme galerilerindeki kayaçların mühendislik özelliklerinin ortaya konulabilmesi için bir takım laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler, kayaçların direnç özelliklerinin tespiti için yapılan tek eksenli basınç direnci ve endirekt çekme direnci, darbe dayanımlarının belirlenmesi için Schmith Çekici ile dayanım testi ve Sonometre ile sismik hızlarının ortaya konulmasından ibarettir.

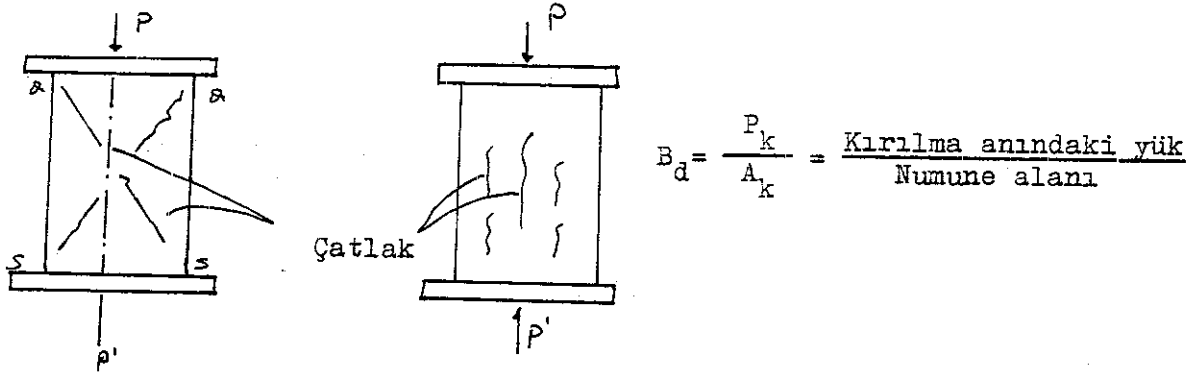
6.2.1-Kayaçların Direnç Özellikleri

Kayaçların çeşitli kuvvetlerin etkisi altında şekil ve hacim değiştirmeleri genelde dört tür gerilme etkisiyle oluşmaktadır. Bunlar; Basınç Gerilmesi, Çekme Gerilmesi, Kesme-Kayma Gerilmesi ve Burulma Gerilmesidir.

Burada Değirmendere ve Kuşludere maden ocaklarından alınan kayaç örneklerinin Tek eksenli basınç mukavemetleri ve Endirekt çekme mukavemetleri tesbit edilmiştir.

6.21.1-Tek Eksenli Basınç Direnci

Tek eksenli basınç; numunenin yalnız tek yönlü basınç kuvveti altında kırılmadan önce karşı koyabileceği gerilmedir. Pratikte ise kayacın zayıfladığı gerilme değeri Tek eksenli basınç dayanımı olarak kabul edilmektedir. Kayaçların tek eksenli basınç mukavemeti silindirik veya prizmatik numunenin basınç makinasında kırılıncaya kadar yüklenmesiyle elde edilir. Gevrek malzelerde bu olay numune alanında değişme olmadan meydana geldiği halde, gevrek olmayan malzemede şekil değişikliği göstermektedir. Kırılma yükü altında kayma çatlakları meydana geldiği anda deney altındaki numunenin kesit alanı büyür. Bu nedenle bu tür kayaçlarda tek eksenli basınç direnci kırılma yükünün, kırılma anındaki alana oranı olarak tanımlanır.



Aşırı basınç gerilmesinde kayma yüzeyinden kırılan kayanın mukavemetinin temel elemanları; Kohezyon ve İçsel sürtünme açısıdır. Kohezyon (c): Kayanın, kayma yüzeyinde normal gerilme olmadığı zaman kayma gerilmesine karşı olan direncidir. Kohezyon kuvveti, mineral tanelerinin moleküller arasındaki çekimden meydana gelir. İçsel sürtünme ise; tanenin tane yüzeyindeki sürtünme direncidir. Taneler kenetlenince direnç artar.

Laboratuvar deneyleri için en uygun numune araştırma sondajlarından veya kaya bloklarından kesilerek elde edilen silindirik veya prizmatik numunelerdir. Basınç deneyi için hazırlanan numunede uzunluğun, çapa oranı (L/D) iki olmalıdır. Numune kesilirken mümkün olduğu kadar yükleme düzlemlerinin paralel olmasına dikkat edilir. Numunenin alt ve üst yüzeyleri ile bunların temas halinde oldukları platformlar arasındaki sürtünme dayanımları kayma numunesinin serbestçe kırılmasını önler. Bu nedenle bu yüzey-

lerin parlatılmasında yarar vardır. Alt ve üst yüzeylerin paralel olmayışı ise aksenal yükleme ile deformasyona neden olur. Sonuçta numune kırılır.

Tek eksenli basınç deneyi yurdumuzda 7x7x7 cm. boyutlu küp numunelerde uygulanmakta olup en iyi sonuç ise NX(2 1/8 inc) boyutundaki silindirik numunelerde alınmaktadır. Basınç direnci ise kg/cm^2 veya N/cm^2 olarak ifade edilir.

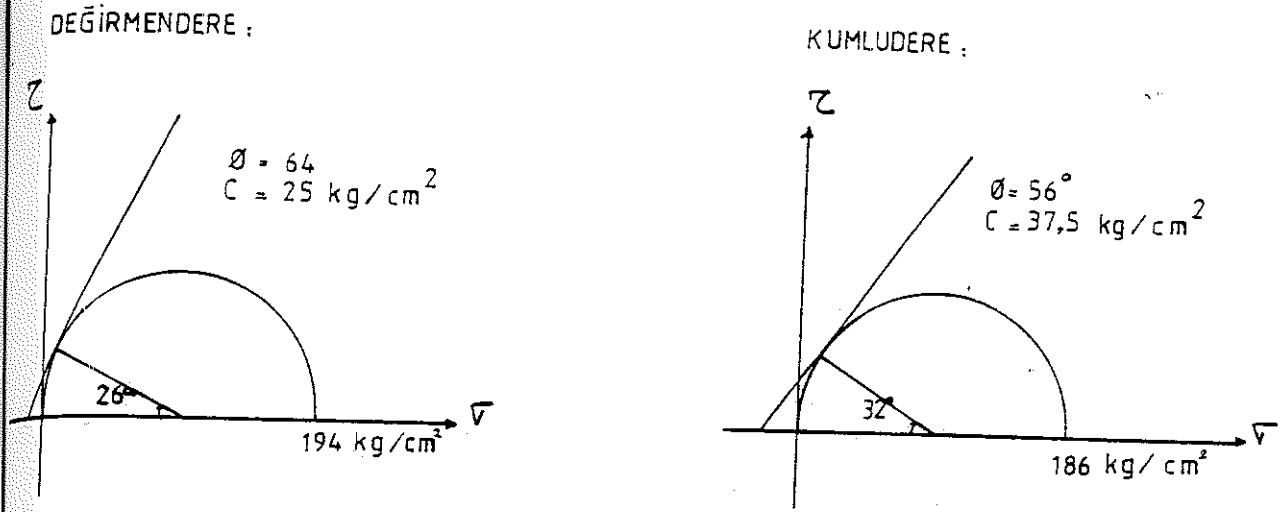
Yukarıdaki bilgilerin ışığı altında Değirmendere ve Kumludere maden ocaklarından alınan kaya numuneleri üzerinde uygulanan Tek Eksenli Basınç Deneyi sonuçları aşağıdaki gibidir.

DEĞİRMENDERE: Numune No:6

Numune ağırlığı : 88 gr.
Hacmi : 35 cm^3 .
Yoğunluk : 2.51 gr/cm^3 .
Prizmatik numune : 4.2 x 4.6 cm = 19.32 cm^2 .
Numune boyu : 6.5 cm.
Kırılma değeri : 3750 kg.
Kırılma açısı Q : 13°
 $\bar{\sigma} = P/A = 3750/19.32 = 184.09 \text{ kg/cm}^2$.

KUMLUDERE: 1024 Arayol

Numune ağırlığı : 222 gr.
Hacmi : 80 cm^3 .
Yoğunluğu : 2.77 gr/cm^3 .
Prizmatik Numune : 2.5 x 3 = 7.5 cm^2 .
Numune boyu : 6 cm.
Kırılma değeri : 1400 kg.
Kırılma açısı : 16°
 $\bar{\sigma} = P/A = 1400/7.5 = 186.6 \text{ kg/cm}^2$.

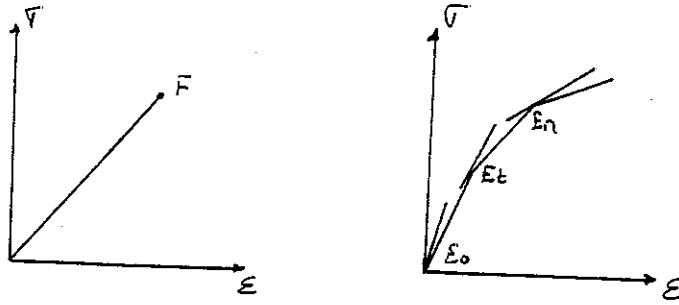


Şekil-8: Tek eksenli basınç deneyi sonucu oluşan mohr daireleri.

6.2.1.2-Kayaçların Tek Eksenli Basınç Deneyinde Gösterdikleri Gerilme - Deformasyon Özellikleri

Kayaçların mekanik özelliklerinin incelenmesinde en çok kullanılan yöntem bir silindirin aksenal olarak sıkıştırılmasıdır. Silindire herhangi bir gerilme uygulanır, aksenal ve yanıl deformasyonlar ya silindirin çevresine tutturulmuş deformasyon ölçerlerle (Straingage) veya yer değiştirme ölçerleriyle elde edilir. Gerilme değerlerine karşılık gelen deformasyon değerleri çizilirse, gerilme-deformasyon eğrisi elde edilir. Hemen bütün kayalar için Gerilme-Deformasyon eğrisi Şekil-9'da görüldüğü gibidir. Yaklaşık Lineerdir ve F noktasında aniden kırılırlar. Gerilme ile deformasyon arasındaki ilişki $\sigma = E \cdot \epsilon$ şeklinde tanımlanır. E sabitine Young Modülü veya Elastisite Modülü denir.

Test yapılan numuneye yavaş yavaş artırılarak uygulanan gerilmeye yükleme, gerilmenin azaltılmasına da boşaltma denir. Bir malzeme önce yüklenir sonra boşaltılırsa tam elastisite eşitlikle verilir.



Kumludere ve Değirmendere maden ocaklarına ait numuneler üzerinde yapılan Tek Eksenli Basınç Deneyi sonucundaki Gerilme-Deformasyon ilişkileri şöyledir.

DEĞİRMENDERE:

Numune boyu : 77 mm.
Numune çapı : 5.3 cm.
Başlangıç değeri : 16
(Kompratör % 1 lik)
Alan : 22.05 cm².

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{P}{\pi R^2 / 4}$$

<u>P(kg)</u>	<u>σ (kg/cm²)</u>	<u>ΔL(mm.)</u>
500	22.67	435
1000	45.35	440-435 = 0.05 = ΔL ₁
1500	68.02	490-435 = 0.55 = ΔL ₂
2000	90.70	570-435 = 1.35 = ΔL ₃
2500	113.37	630-435 = 1.95 = ΔL ₄
3000	136.0	640-435 = 2.05 = ΔL ₅
3500	158.73	660-435 = 2.25 = ΔL ₆
4000	181.40	700-435 = 2.65 = ΔL ₇
4500	204.28	740-435 = 3.05 = ΔL ₈
5000	226.75	800-435 = 3.65 = ΔL ₉
5500	249.43	830-435 = 3.95 = ΔL ₁₀
6000	272.10	850-435 = 4.15 = ΔL ₁₁
6500	294.78	910-435 = 4.75 = ΔL ₁₂

Kırılma değeri : 6800 kg.

Kırılma açısı : 13°

$$\epsilon = \Delta L/L$$

- $\epsilon_1 = 0.649 \times 10^{-3}$
- $\epsilon_2 = 7.14 \times 10^{-3}$
- $\epsilon_3 = 10 \times 10^{-3}$
- $\epsilon_4 = 20 \times 10^{-3}$
- $\epsilon_5 = 26 \times 10^{-3}$
- $\epsilon_6 = 29 \times 10^{-3}$
- $\epsilon_7 = 30 \times 10^{-3}$
- $\epsilon_8 = 39 \times 10^{-3}$
- $\epsilon_9 = 40 \times 10^{-3}$
- $\epsilon_{10} = 50 \times 10^{-3}$
- $\epsilon_{11} = 53 \times 10^{-3}$
- $\epsilon_{12} = 60 \times 10^{-3}$

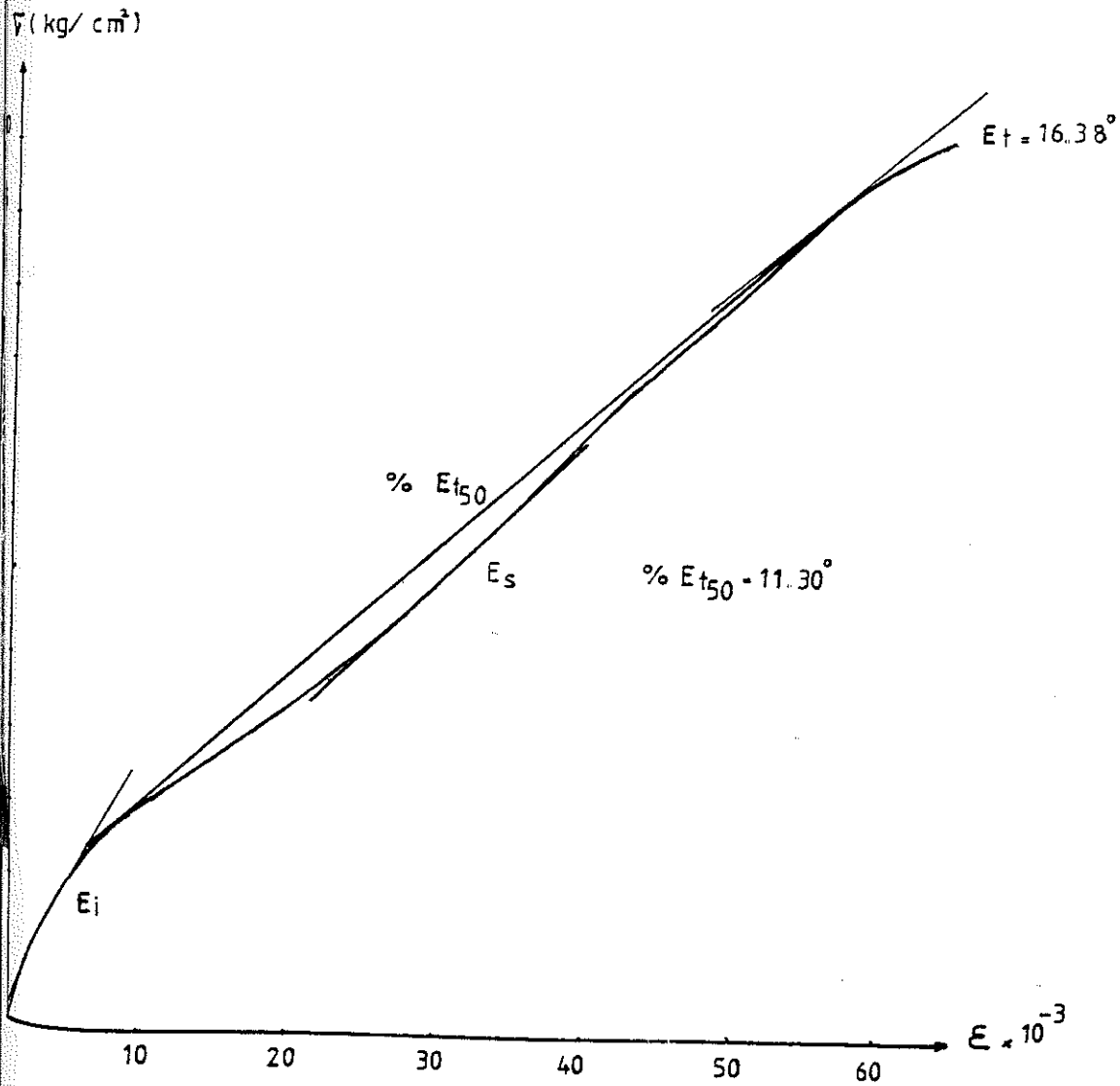


Fig. 9: Determinarea ocașina ait Gerilme-Deformare...

ARDELE UNIVERSITATII MERITUM IUDU
ARDELE UNIVERSITATII MERITUM IUDU
ARDELE UNIVERSITATII MERITUM IUDU
ARDELE UNIVERSITATII MERITUM IUDU

KUMLUDERE İÇİN:

Numune boyu : 10.3 cm.

Numune çapı : 7.6 cm.

Başlangıç değeri: 0

$$\bar{\sigma} = P/A = P/\pi R^2/4$$

<u>P(kg)</u>	<u>$\bar{\sigma}$ (kg/cm²)</u>	<u>Δl (mm)</u>		<u>$\epsilon = \Delta l/l$</u>
0	0	0	-	-
500	11.02	0.5	-	-
1000	22.04	0.5-0.5=0	-	-
1500	33.06	2 -0.5=1.5=0.015=	L ₁	0.184x10 ⁻³
2000	44.09	5 -0.5=4.5=0.045=	L ₂	0.584x10 ⁻³
2500	55.11	8.5-0.5=8 =0.08=	L ₃	1.03 x10 ⁻³
3000	66.13	11 -0.5=10.5=0.10=	L ₄	1.29
3500	77.16	13 -0.5=12.5=0.12=	L ₅	1.55
4000	88.18	18 -0.5=17.5=0.17=	L ₆	2.20
4500	90.20	35 -0.5=34.5=0.35=	L ₇	4.40

Kırılma değeri: 4700 kg.

Kırılma açısı : = 30°

Numune boyu= 10.3 cm.

Numune çapı= 7.60cm.

Alan = 45.36 cm².

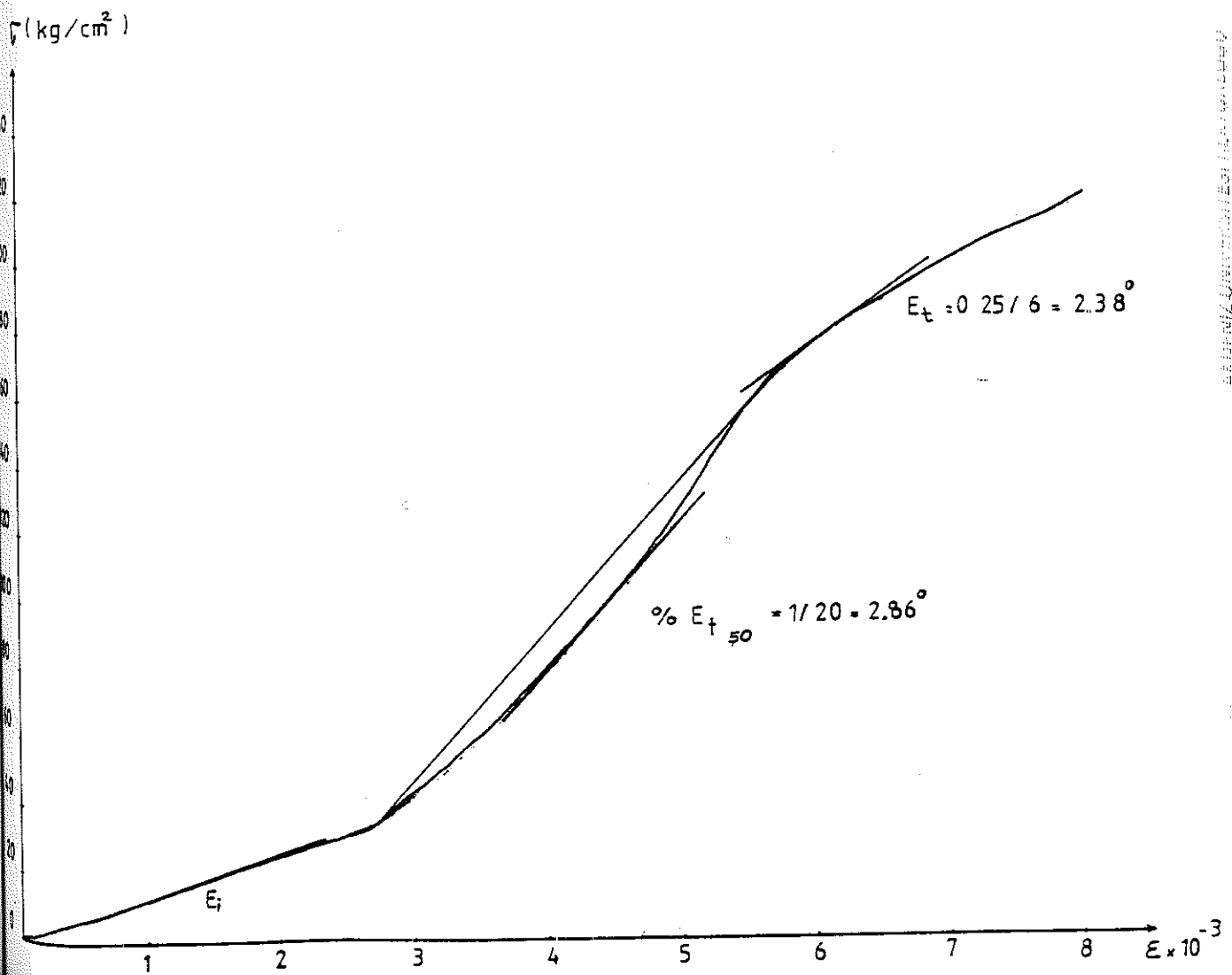
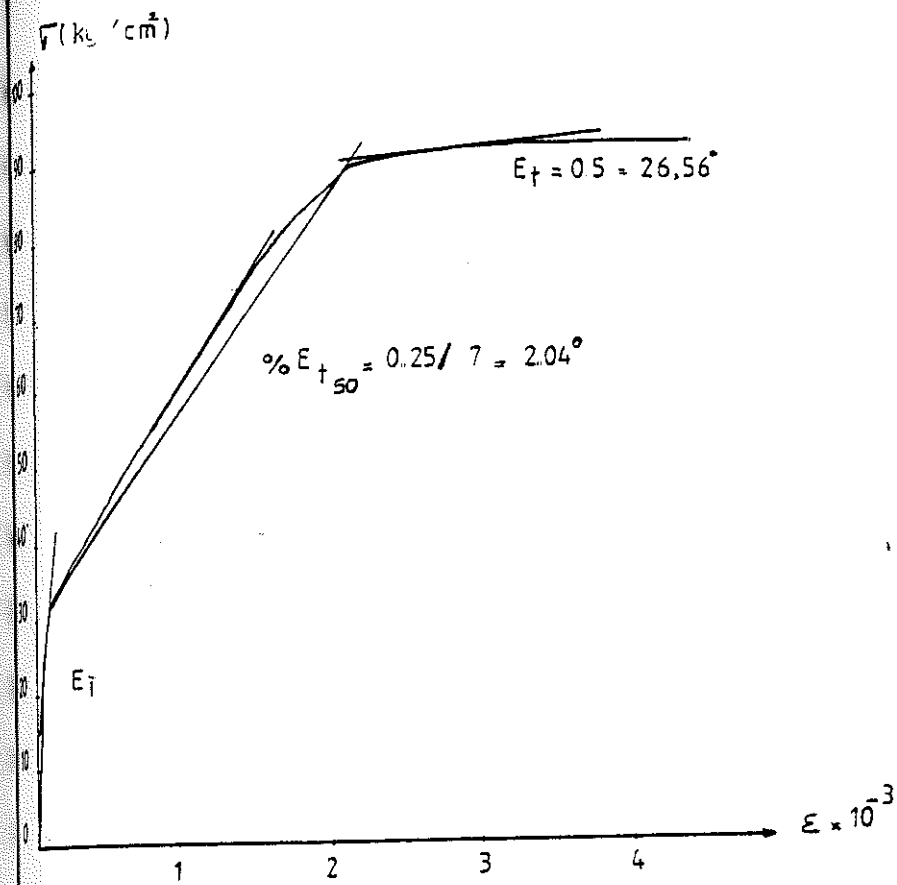
Başlangıç değeri= 0

$$P/A = P / \pi R^2 / 4$$

<u>P(kg)</u>	<u>$\bar{\sigma}$ (kg/cm²)</u>	<u>Δl (mm.)</u>	<u>$\epsilon = \Delta l / l$</u>
500	11.02	2	-
1000	22.04	13-2= 0.11	1.42x10 ⁻³
1500	33.06	24-2= 0.22	2.85
2000	44.09	26-2= 0.24	3.11
2500	55.11	28.5-2= 0.26	3.37
3000	66.13	32-2= 0.30	3.89
3500	77.16	32-2= 0.30	3.89
4000	88.18	34-2= 0.32	4.15
4500	99.20	37-2= 0.35	4.94
5000	110.09	-	-
5500	121.25	39-2= 0.37	4.80
6000	132.27	41-2= 0.39	5.06
6500	143.29	42-2= 0.40	5.32
7000	154.32	43-2= 0.41	5.45
7500	165.34	45-2= 0.43	5.71
8000	176.36	57-2= 0.55	7.14
8500	187.38	58-2= 0.56	7.27
9000	198.41	-	-
9500	209.43	60-2= 0.58	7.75
10000	220.45	62-2= 0.60	7.79
10500	231.48	64-2= 0.62	8.05
11000	242.50	66-2= 0.64	8.31

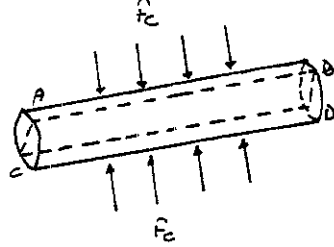
Kırılma değeri: 11000 kg.

Kırılma açısı : 28°.



6.2.1.3-Endirekt Çekme Direnci (BRAZILIAN DENEYİ)

Bu methodla kayaçların çekme mukavemeti silindirik bir numuneye basınç yüklenmesiyle elde edilir. Teorik olarak yükleme noktalarının temas ettiği çap düzlemini kesen üniform çekme gerilmeleri gelişir. Basınç gerilimi çap düzlemine paralel iki doğrultudadır. Yükleme kontağındaki hat boyunca kırılma meydana gelir.



Çekme gerilmesi (σ_t): Numune çapı D, boyu L ve numune boyunca uygulanan çizgisel yük F olmak üzere AB ve CD boyunca oluşan çekme gerilmesi;

$$\sigma_t = 2F / \pi DL \text{ dir.}$$

Brazilian Deneyi; deney şartlarına uygun olarak hazırlanamayan ve bunu izleyen çekme deneylerinin dışında kayanın çekme mukavemeti hakkında yaklaşık değerin elde edilmesinde uygun bir methoddur.

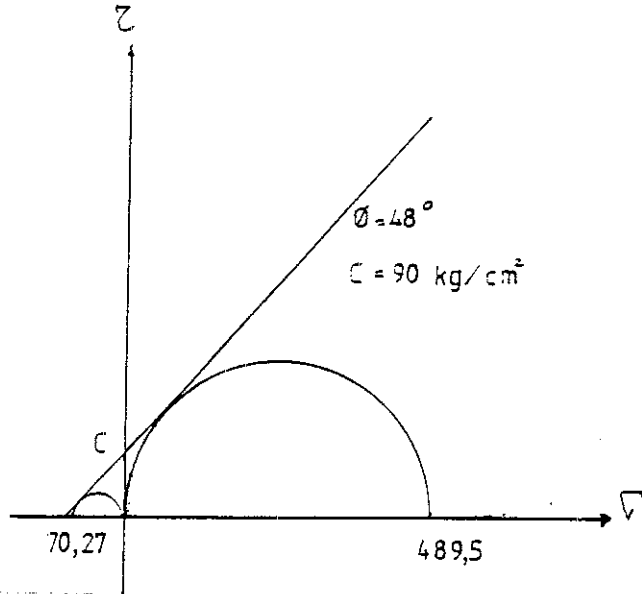
Kumluere maden ocağından alınan numune üzerinde yapılan Brazilian deneyinin sonuçları şöyledir:

KUMLUDERE:

Numune boyu : 9.4 cm.
Numune çapı : 2.7 cm.
Kırılma değeri: 2800 kg.

$$\sigma = P / A = P / \frac{R^4}{4} = 489.5 \text{ kg/cm}^2.$$

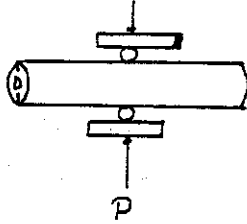
$$= \frac{2P}{\pi DL} = 70.27 \text{ kg/cm}^2$$



Şekil-10: Brazilian deneyi sonucuna ait mohr daireleri.

6.2.2-Nokta Yük Dayanımı

Bu deney silindirik kaya numunelerinin eksen doğrultusuna dik bir düzlem içinde noktasal basınç uygulanarak yapılır.



$$A = \pi R^2 / 4$$

$$P = \text{Okunan değer} \times A$$

$$I_s = P/D^2 \text{ Nokta Yük Dayanımı}$$

Kumludere ocağına ait şekilsiz numunelerin nokta yük dayanımları aşağıdadır.

KUMLUDERE: Numune - 12 Kafes Başı

- | | | |
|--|---------------------|-------------------------|
| 1- Killi Kireçtaşı: Yüksekliği: 4.3 cm. | 7 kg. | = P ₁ |
| | Yüksekliği: 4.5 cm. | 38 kg. = P ₂ |
| 2- 1024 Anayol Kireçtaşı: Yüksekliği: 2 cm. | 47 kg. | = P ₃ |
| | Yüksekliği: 27 cm. | 64 kg. = P ₄ |
| 3- Cevher bantlı kilitaşı: Yüksekliği: 4 cm. | 17 kg. | = P ₅ |
| | Yüksekliği: 3.4cm. | 4 kg. = P ₆ |
| 4- Ana ihraç kuyu başı : Yüksekliği: 3.7cm. | 15 kg. | = P ₇ |
| | Yüksekliği: 3.5cm. | 15 kg. = P ₈ |

$$P_1 = 7 \times 8.86 = 62.02 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_2 = 38 \times 8.86 = 336.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_3 = 47 \times 8.86 = 416.42 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_4 = 64 \times 8.86 = 567.04 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_5 = 17 \times 8.86 = 150.62 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_6 = 4 \times 8.86 = 35.44 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_7 = 15 \times 8.86 = 132.9 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_8 = 15 \times 8.86 = 132.9 \text{ kg/cm}^2$$

$$Is_1 = 3.35 \text{ kg/cm}^2$$

$$Is_2 = 16.62 \text{ kg/cm}^2$$

$$Is_3 = 104.10 \text{ kg/cm}^2$$

$$Is_4 = 77.78 \text{ kg/cm}^2$$

$$Is_5 = 9.41 \text{ kg/cm}^2$$

$$Is_6 = 3.06 \text{ kg/cm}^2$$

$$Is_7 = 9.70 \text{ kg/cm}^2$$

$$Is_8 = 10.84 \text{ kg/cm}^2$$

6.2.3-Kayaçların Darbe Dayanımı

Kayaçların darbe dayanımını tesbit etmek için geliştirilen ölçü aletlerinden biri de Schmith Çekicidir. Schmith çekici, çarpma dayanımı ile mukavemet özelliğinin korelasyonu Rock Well tarafından kayaların dayanımı Schmith Çekici ile ölçülüp, tek eksenli basınç dayanımı ile karşılaştırılmış ve elastisite modülünün kaya tiplerinde geniş bir aralıkta olduğu görülmüştür.

Schmith çekicinde mevcut çelik uç yay vasıtası ile vurulur. Ölçü yapılan yüzeye çarpıp ve geri döner. Zıplama mesafesi sertliği verir. Yeterli okumadan sonra kayacın dayanımı hesaplanır. Kumludere ve Değirmendere maden ocağına ait numunelerin Schmit Çekici ile yapılan ölçüm değerlerinin sonuçları aşağıdaki gibidir.

KUMLUDERE:

Numune No: 1-kireçtaşı:	31.3	32	330	kg/cm ²
	34.6	35	380	kg/cm ²
	34.2	34	360	kg/cm ²
	34.2	34	360	kg/cm ²
Numune No: 2-kireçtaşı:	31.8	32	330	kg/cm ²
	35.0	35	380	kg/cm ²
	31.6	32	330	kg/cm ²
	35.1	35	380	kg/cm ²
	31.5	32	330	kg/cm ²
	31.7	32	330	kg/cm ²
	32.3	32	330	kg/cm ²
	32.0	32	330	kg/cm ²
	35.7	36	400	kg/cm ²
	36.0	36	400	kg/cm ²
	34.2	35	380	kg/cm ²
	33.9	34	360	kg/cm ²

DEĞİRMENDERE :

Numune No:1- Boşluklu Altere Kireçtaşı : 33.0 340 kg/cm² de kırıldı.

Numune No: 2-kireçtaşı:	50.0	50.0	660	kg/cm ²
	51.8	52	690	kg/cm ²
	47.0	47	600	kg/cm ²
	47.8	48	620	kg/cm ²
	49.7	50	660	kg/cm ²
	50.9	51	680	kg/cm ²
	49.5	50	660	kg/cm ²
	52.00	52	690	kg/cm ²
	47.2	48	600	kg/cm ²
	47.5	48	620	kg/cm ²
	51.0	51	680	kg/cm ²

ANKARA ÜNİVERSİTESİ / İNŞAAT FAKÜLTESİ

İNŞAAT MÜHÜRÜ

İNŞAAT MÜHÜRÜ

6.2.4-Kayaçların Sismik Hızları

Sismik dalga hızları kaya kütlesinin kalitesinin göstergesi olarak yirmi yıldan beri kullanılmaktadır. Sismik dalga hızı yüksek değerlere sahip olan kayaçların diğer mühendislik özellikleride iyi bir değere sahiptir. Ezilme zonları ya da mikro çatlaklar içeren kayaçlar düşük hız değerleri vermektedirler. Bir kayaç numunesinde çeşitli yönlerden hız ölçümleri yapılarak anizotropi durumu ve süreksizlikleri belirlenebilmektedir. Mikro çatlaklar bulunduran bir numunenin hız aralığının farklı bölümlerindeki hızlarıda farklı olacaktır. Yüksek hız aralığında mikro çatlaklar oldukça büyük hız değişimlerine neden olmaktadır. Numunelerin sismik hız değerlerinin belirlenmesinde Vp ve Vs hızları kullanılmaktadır. Vp hızlarının yayılım doğrultusu, titreşim doğrultusuna paraleldir. Genel olarak bu hızların kırılan ve yansıyan tipleri kayaç içindeki süreksizliklerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Vs hızları ise titreşim doğrultusuna dik olarak yayılırlar. Bu özelliklerden dolayı da kayaçların ezilmiş ve çatlaklı zonlarının göstergesidirler. Değirmendere ve Kumludere ocaklarına ait numunelerin Sonometre ile ölçülen hız değerleri şöyledir.

$$\text{KUMLUUDERE: } v = \frac{m}{S_n} \cdot \frac{1}{10^6}$$

1- 12 Kafes başı Kireçtaşı	Uzunluğu: 58.3 mm	49.8 mikrosan
	Hızı : 1170.68 m/sn.	
2- 1016 I.sol - Kil	Uzunluğu: 79.6 mm.	47.5 mikrosan
	Hızı : 1675.78 m/sn.	
3- 1024 Anayol - Kireçtaşı	Uzunluğu: 28 mm.	5.7 mikrosan
	Hızı : 4912.2 m/sn.	
4- 1024 Ana ihraç kuyusu Kireçtaşı	Uzunluğu: 47.2 mm.	25.4 mikrosan
	Hızı : 1858.26 m/sn.	
5- Bozmuş Kireçtaşı	a-Uzunluğu: 98.6 mm.	20.8 mikrosan
	b-Hızı : 4740.38 m/sn.	
	b-Uzunluğu: 115.6 mm	17.4 mikrosan
	Hızı : 6643.67 m/sn.	

c-Uzunluğu: 94.8 mm. 16.5

Hızı : 6076.92 m/sn.

d-Uzunluğu: 210 mm. 34.1 mikrosan.

Hızı : 6158.35 m/sn.

DEĞİRMENDERE :

1-Kireçtaşı Uzunluğu: 81.6 131 mikrosan.

Hızı : 6229 m/sn.

2- Bozuşmuş Kireçtaşı Uzunluğu: 110.5 mm. 21.5 mikrosan.

Hızı : 5139 m/sn.

3-Kil Uzunluğu: 51.7 mm. 33.5 mikrosan.

Hızı : 6336.63 m/sn.

4-Kireçtaşı Uzunluğu: 43.6 mm. 14.9 mikrosan.

Hızı : 2285.90 m/sn.

5-Kil Uzunluğu: 51 mm. 33.9 mikrosan.

Hızı : 1543.28 m/sn.

6-Kireçtaşı Uzunluğu: 64 mm. 10.1 mikrosan.

Hızı : 1504.42 m/sn.

Yukarıdaki hız değerlerinin sonuçlarına göre aşağıdaki sınıflama esaslarına göre yoruma gidilir.

Bozuşma Derecesi Vp (m/sn)

Çok az bozuşmuş 4900

Bozuşmuş 3500

Çok bozuşmuş 2500

Sökülebilirlik Vp (m/sn)

Kolay sökülebilir 500-900

Orta derecede sökülebilir 900-1400

Güç sökülebilir 1400-1900

Niteliği Vp (m/sn) Excavatör No

Çok kolay 300-600 1-3

Kolay 600-900 3-4

Orta 900-1500 4-6

Zor 1500-2100 6-8

Çok zor 2100-2400 8-9

Son derece zor 2400-2900 9-10

Bu sınıflama parametrelerine göre sismik hızlarla sadece yeraltının yapısını değil aynı zamanda taban topoğrafyasını çıkarmada, rezerv hesaplarında, söküçülerin türlerinde, kayaçların kolay ve zor sökülebilir türden olup olmadıklarını saptamak mümkündür.

Kumluere maden ocağından alınan kireçtaşlarının hız ortalaması 2646 m/sn. civarında olup, kiltası 1675 m/sn. bozuşmuş olan kireçtaşlarında 5904 m/sn. gibi hız değerleri vermektedir.

Değirmendere maden ocağında ise kireçtaşları 4000 m/sn., killeri ise 2000 m/sn. civarında hız değerleri göstermektedir.

6.3-Jeoteknik ve Mekanik Özellikleri Açısından Kayaçların Sınıflandırılması

Yapılan fiziksel ve mekanik deneyler sonucundaki değerlerin ışığı altında Kumluere maden ocağı ve Değirmendere maden ocağından alınan kayaç örneklerinden hareketle sınıflamaya tabi tutulmuşlardır. Bu sınıflamada;

Jeomekanik RMR Yöntemi (Bieniawski kaya sınıflaması)

Q Yöntemi (Barton Kaya sınıflaması)

RSR Parametreleri esas alınmıştır.

6.3.1-Jeomekanik RMR Sistemi

Bieniawski (1973, 1974 ve 1976) tarafından geliştirilen Jeomekanik RMR sistemi, kaya kütlelerinin mühendislik verilerini saptamaya yarayan bir yöntemdir. Bu yöntem tüneller, büyük yapı temelleri, şev yamaçları ve yeraltı inşaatında uygun kaya destek önlemlerinin seçiminde kullanılmaktadır. Jeomekanik sınıflama yöntemi, altı parametreye dayandırılmaktadır.

- a) Kayanın tek eksenli basınç direnci
- b) Sondaj karotlarından elde edilen RQD değerleri
- c) Yeraltısuyu gözlemleri
- d) Eklem sıklığı
- e) Eklemlerin durumu
- f) Eklemlerin yönelimi

Bu sınıflama, tabloda görülmektedir. Uygulama alanında kullanılan jeomekanik sınıflamada, dikkat edilecek husus, tasarlanan mühendislik projesine bakılmaksızın önce kaya kütlelerinin niteliği hakkında genel bir değerlendirmeye gidilmesidir. Bu da sınıflama parametrelerinin ilk beşini kullanmak suretiyle elde edilir. Daha sonra değerlendirmeler tünel, yamaç ya da temelle ilgili olup olmamasına bağlı olarak, eklemlerin doğrultu ve eğim yönlerine göre düzeltilir.

Jeomekanik sınıflamayı uygulamak için, önce kaya kütlesi, her bölge yalnızca tek tip iksa gerektirecek belirli bitevil özellik ve benzer niteliklere sahip olacak şekilde bölgelere ayrılır. Sahada yapılan ölçümlerle, herbir bölge için sınıflama parametrelerine ilişkin önemli derecelendirmeler seçilir.

Sınıflama parametrelerinin önemli derecelendirmeleri oluşturulunca, beş parametre toplanır. Önce kaya kütlesi için, yerindeki değerler saptanır. Yüksek değerler en iyi kaya koşullarını vermektedir. Bundan sonra, eklem yönlemine göre düzeltmeler yapılırlar. Düzeltmelerde tünel, temel ve yamaçlar için uygulanan değerler farklıdır. Düzeltmelerden sonra elde edilen derecelere göre kayalar sınıflandırılırlar ve her sınıfın yorumu yapılır.

A SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DERECELERİ

1	Sağlam kayanın mukavemeti	Uç-yük mukavemet endeksi	> 8 MPa	4-8 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Yeğlenen tek eksenli basınç deneyini kullan		
		Tek eksenli basınç mukavemeti	> 200 MPa	100-200 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	10-25 MPa	3-10 MPa	1-3 MPa
	Derecelendirme		15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Kalitesi RQD	% 90-%100	% 75-%90	% 50-%75	% 25-%50	< % 25			
	Derecelendirme	20	17	13	8	3			
3	Eklemlerin sıklığı	> 3 m	1-3 m	0,3-1 m	50-300 m	< 50 mm			
	Derecelendirme	30	25	20	10	5			
4	Eklemlerin durumu	Çok kaba yüzler Sürekli değil Ayrılma yok Eklemler sert duvar kayası	Az kaba yüzler Ayrım < 1 mm Eklemler sert duvar kayası	Az kaba yüzler Ayrım < 1 mm Eklemler yumuşak duvar kayası	Sürtünme izli yüzler veya fay kili < 5 mm veya 1-5 mm açık eklemler sürekli eklemler	Yumuşak fay kili > 5 mm kalınlık veya açık eklemler > 5 mm sürekli eklemler			
	Derecelendirme	25	20	12	6	0			
5	Yeraltı suyu	Tünelin 10 m.lik kısmından gelen su	Yok		< 25 litre/dak.	25-125 litre/dak.	> 125 litre/dak.		
		Oran	0		0,0-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
	Genel Koşullar	Tamamen kuru		veya Yalnızca nemli (kırıklardaki su)	veya Orta basınç altında su	veya Önemli su problemleri			
	Derecelendirme	0		7	4	0			

B EKLEM YÖNLENİMİNE GÖRE DÜZELTME

Eklemlerin doğrultu ve eğim yönlenimi		Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil
Derecelendirme	Tünel	0	-2	-3	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Yamaçlar	0	-5	-25	-50	-60

C. KAYA SINIFLAMALARI ve DERECELERİ

Sınıflama No.	I	II	III	IV	V
Tanımlama	Çok iyi kaya	iyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya
Derecelendirme	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20

D. KAYA SINIFLAMA YORUMLARI

Sınıflama No.	I	II	III	IV	V
Ortalama dayanma süresi	5m. açıklıkta 10 yıl	4m. açıklıkta 6 ay	2m. açıklıkta 1 hafta	1,5m. açıklıkta 5 saat	0,5m. açıklıkta 10 dakika
Kaya kütlelerinin kohezyonu	> 300 kPa	200-300 kPa	150- kPa	100-150 kPa	< 100 kPa
Kaya kütlelerinin sürtünme açısı	> 45°	40°-45°	35°-40°	30°-35°	< 30°
Cevherin kazılabilirliği	Çok zayıf	Kolaylıkla büyük parçalar çıkar	Orta	Kolaylıkla kazılır iyi parçalanma	Çok iyi

Tünel eksenine dik doğrultu		Tünel eksenine paralel doğrultu		Doğrultuya bakılmaksızın eğim 0°-20°		
Eğim yönünde açım	Eğime dik açım					
Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°			
Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil	Orta	Uygun değil

KAYA KÜTLESİ SINIFLAMASI	KAZI	BİRİNCİL İKSA		
		Kaya bulonları.* (10 m. genişlikteki) tünel için uzunluk	Şakrit	Çelik takımlar
I	Tam kesit 3 m. ilerleme	Bazı bulonların haricinde genellikle iksa gerektirmez.		
II	Tam kesit 1,0-1,5 m. ilerleme	Kamerin 2-3 m. sinde yer yer bulonlar, tel kafeslerle 2-2,5 m. aralıklı, aynaya 20 m. ye kadar gereklidir	Su geçirmezlik için tavan kemerinde 50 mm.	Yok
III	Tavan kemeri ve tabandan ilerleme Tavandan 1,5-3 m. ilerleme	3-4 m. uzunlukta sistematik bulonlar, kemerde tel kafesli duvarlar ve kemerde 1,5-2 m. aralıklı, aynaya 10 m. ye kadar gerekli.	Tavan kemerinde 50-100 mm yan duvarlarda 30 mm.	Yok
IV	Tavan kemeri ve tabandan ilerleme Tavandan 1,0-1,5 m. ilerleme	Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1,5 m. aralıklı, 4-5 m. uzunluklu sistematik bulonlar Aynaya 10 m. ye kadar gerekli	Tavan kemerinde 100-150 m ve yan duvarlarda 100 mm Kazı ilerledikçe iksa yerleştirilmelidir	Gereken yerde 1,5 m aralıklı yer yer hafif traверsler (rips)
V	Tavan ve taban müsterek ilerleme Tavandan 0,5-1 m. ilerleme	Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1,5 m. aralıklı, 5 m. uzunluklu sistematik bulonlar. Aynaya 5 m. ye kadar gerekli	Tavan kemerinde 150-200 mm. yan duvarlarda 150 mm. Aynaya 50 mm. Patlamadan hemen sonra şakrit uygulanmalı.	Çelik iksatı 0,75 m. aralıklı ağır traверsler.
* 20 mm. çaplı tamamen reçine bağlantılı, uzunluk tünel genişliğinin yarısı				

Tablo 5. Atrnalı şekilli tünellerde ilk iksanın seçiminde gösterilen kılavuz (genişlik 5 ile 12 m ; düşey gerilme 30 MPa ; inşaat delme ve patlama ile)

6.3.2-Q Sistemi

1969 yılında Oslo'da yapılan Yeraltı Kazıları Sempozyumu, dikkatleri yeraltı kazılarında uygun destekleme projeleri yapılmasında ortaya çıkan iki önemli eksiklik üzerinde topladı. Denkhaus (1970) kaya mekaniği verilerinin elde edilmesiyle, varılan kesin kararlar arasında varolan bir eksikliğe işaret etti. Bjerrum (1970) kaya bulunu için projelendirme yapılırken kayaların genişleme özelliğinin gözönüne alınmadığına dikkati çekti. Bjerrum aynı zamanda RQD indisinin (Deere, 1963) bir kayayı tam olarak tanımladığından da kuşku duymaktaydı. Çünkü aynı RQD indisine sahip iki kaya içinde kazı yapıldığında tamamiyle değişik davranışlarda bulunabilirler. Bu kuşku, serbest basınç direnci, kesme direnci, gerilme, eklem sıklığı v.s. için de geçerlidir. Tünel desteği projelerinin kesin kararında bu parametrelerin hepsinin gözönüne alınması gereklidir. RQD indisi, eklem sıklığı ve eğer varsa ayrışma derecesi ve boşluk dolgularının beraberce bir ölçümü olduğundan, diğer parametrelere kıyasla daha önemlidir. Fakat, ayrılmış eklem dolgularının sürtünme açısı ve eklem yüzlerinin pürüzlülüğü gibi, kayaların bazı önemli özellikleri yönünden fazla duyarlı değildir.

Cecil (1970) tarafından tarif edilen daha önceki tünel kazı kayıtları, yöntemin başlangıçtaki gelişimi için geniş bir kaynak oluşturmuştur. Cecil'in çizelgelerinden birinde, desteksiz tünellerde çizilen tünel eni ile RQD grafiği görülmektedir. Yüksek RQD değerleri için daha geniş tünellere eğilim açıkça görülmektedir, fakat bu durum fazla yaygın değildir. İlgili RQD değeri her lokasyonda ölçülen eklem takımlarının sayısı ile bölündüğünde, yöntem geliştirilecektir. Eklem takımlarının sayısı, bir kaya kütlelerinin serbestleme derecesinin önemli bir unsurudur.

Önemli bir anomali yok edildiğinde, düzeltilmiş RQD değeri, tünel desteği gereksinimleri için oldukça duyarlılık sağlamıştır. Örneğin, üç eklem takımı içeren ve RQD değeri 90 olan bir masif granit kütlesi, sadece bir eklem takımı olan ve eklemleri sıkıca bağlı bir fillatla eşit değerinde tünel duraylılığına sahiptir. Fakat fillatın RQD değeri bu durumda sadece 30 dur. Genişleme ve makaslama direncinin önemi RQD'de daha da düzeltmeler yapılmasını

gerektirir. Eklem pürüzlülüğü, kaya kütlesi niteliği için olumlu bir katkı olduğu halde, eklem alterasyonu ve dolgu maddeleri olumsuz katkıda bulunur. Bu nedenle, eklem pürüzlülüğü ve alterasyonunu gösteren iki cetvel geliştirilmiştir. Orijinal RQD değerini daha da düzeltmek için, kaya yükü ve su basıncı katsayısı da gözönüne alınır.

Yeraltı kazısının boyutları (eni, yüksekliği veya çapı) ile amacı (santral binası, su tüneli, deneme tünel aynası v.s.) desteğin tipi ve niceliğini belirlemek için kullanılan ek parametreler olmuştur. Fakat bu parametreler kaya kütlesi niteliğini belirlemek için kullanılmıştır. Eğer geniş anlamda bir sınıflama sistemi kabul edilirse, kaya kütlesi niteliğinin belirlenmesinde yeraltı kazısının tip ve boyutları gözönüne alınmamalıdır.

6.3.2.1-Kaya Kütlesi Niteliğini (Q) Tahmin Etme Yöntemi

Kaya kütlesi niteliğini (Q) tanımlamak için seçilen altı parametre aşağıdaki şekilde birleştirilmiştir:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

RQD = Kaya kalitesi özelliği

J_n = Eklem takımı sayısı

J_r = Eklem pürüzlülük sayısı

J_a = Eklem alterasyon sayısı

J_w = Eklem su indirgeme faktörü

SRF = Gerilme indirgeme faktörü

Bu parametreler çift olup, aşağıdaki şekillerde ifade edilirler:

$$\frac{RQD}{J_n} : \text{Nisbiblok boyutu}$$

$$\frac{J_r}{J_a} \approx \text{tg } \phi : \text{Blok arası kayma direnci}$$

$$\frac{J_w}{SRF} : \text{Aktif gerilme.}$$

Olası Q değerlerinin aralığı (0.001-1000) çok sıkışabilir ortandan, eklemsiz sağlam kayaya kadar olan kaya niteliği tanımlamalarını kapsar. (Aslında kuramsal olarak 300 000 den fazla jeolojik tertip yapılabilir).

Karot alınmadığı zaman, RQD birim hacimdeki eklem sayısı vasıtasıyla belirlenebilir. Bunun için her eklem takımının m^3 teki sayısı toplanır. Kil içermiyen kayalarda bu sayı RQD'ye şöyle çevrilir:

$$RQD = 115 - 3.3 J_v$$

$$J_v : \text{Toplam eklem sayısı (m}^3 \text{ teki)}$$

Eklem takımlarının sayısını belirleyen J_n parametresi genellikle yapraklanma, şistozite ve tabakalanma tarafından etkilenir. Bunların belirgin şekilde ve birbirine paralel olarak gelişenleri bir eklem takımı olarak kabul edilmelidir. Fakat, karotlarda bu özelliklerden dolayı yer yer çatlaklar veya az sayıda eklem varsa, bunlar gelişigüzel eklem olarak değerlendirilmelidir.

Kaya kalitesi özelliği (RQD)

- A. Çok fena 0-25
- B. Fena 25-50
- C. Orta 50-75
- D. İyi 75-90
- E. Pekiyi 90-100

Akdeniz Üniversitesi
Rektörlük Kütüphanesi
Demirbaş No. 4947

RQD \leq 10 ise (0 dahil), Q'yü hesaplarken 10 olarak alınır. RQD'nin 5'lik aralıkları yeterli hassasiyettir.

Eklem takımı sayısı (J_n)

- A. Masif eklem çok az veya hiç yok 0.5-1.0
- B. Bir eklem takımı 2
- C. Bir eklem takımı ve gelişigüzel eklem 3
- D. İki eklem takımı 4
- E. İki eklem takımı ve gelişigüzel eklem 6
- F. Üç eklem takımı 9
- G. Üç eklem takımı ve gelişigüzel eklem 12

H. Dört veya daha fazla eklem takımı, gelişigüzel çok fazla sayıda, küp şeker şeklinde	15
J. Paralanmış kaya, toprak görünümünde	20

Eklem pürüzlülük sayısı (Jr)

A. Süreksiz eklemler	4
B. Pürüzlü ya da düzensiz, dalgalı	3
C. Düz, dalgalı	2
D. Sürtünme izli, dalgalı	1.5
E. Pürüzlü ya da düzensiz, düzlemsel	1.5
F. Düz, düzlemsel	1
G. Sürtünme izli, düzlemsel	0.5

Eklem alterasyon sayısı (Ja)

A. Sıkıca bağlanmış, sert, yumuşamaz geçirimsiz dolgu (Örneğin kuvars, epidot)	0.75	-	Yaklaşık
B. Altere olmamış eklem yüzleri, sadece yüzeysel paslanma	1	(25°-35°)	
C. Hafifçe altere olmuş eklem yüzleri. Yumuşamayan mineral kaplamaları, kum taneleri, kil içermiyen kaya parçaları	2	(25°-30°)	
D. Siltli veya kumlu kil kaplamaları, düşük kil oranı (yumuşamayan)	3	(20°-25°)	
E. Yumuşamayan veya düşük sürtünmeli kil mineral kaplamalı, kaolinit, mika gibi Ayrıca klorit, talk, jips, grafit ve az miktarlarda şişen killer (1-2 mm veya daha az kalınlıkta kesikli kaplamalar)	4	(8°-16°)	
F. Kum taneleri, kil içermiyen kaya parçaları	4	(25°-30°)	
G. Çok fazla konsolide olmuş yumuşamayan kil mineral dolguları (kesiksiz, kalınlığı 5 mm den az)	6	(16°-24°)	
H. Orta veya düşük derecede konsolide olmuş, yumuşamayan kil mineral dolgulu (kesiksiz, kalınlığı 5 mm den az)	8	(12°-16°)	
J. Şişen kil dolgulu, örneğin montmorillonit (kesiksiz, kalınlığı 5 mm den az). Ja'nın değeri, şişen kil boyutundaki tanelerin yüzdesine ve su etkisinde kalıp kalmıyacağına göre değişir	8-12	(6°-12°)	

K. Dağılmış kaya ve kil bölge veya bantları		
L. (Kil şartları tanımlaması için G,H,J		
M. maddelerine bakınız)	6-8	(6°-24°)
		veya
N. Siltli veya kumlu kil bölge veya	8-12	
bantları, düşük kil oranı (yumuşamayan)	5	-
O,P. Kalın, sürekli il bölge veya bantları	10-13	(6°-24°)
		veya
	13-20	

Eklem su indirgeme faktörü (Jw)

		Yaklaşık su basıncı (kg/cm ²)
A. Kuru kazılar ya da < 5 lt/dak gelen kazılar	1	1
B. Orta derecede su gelişi veya basınç, eklem dolgularının yer yer yıkanması	0,66	1-2.5
C. Dolgusuz eklemli dayanımlı kayada çok miktarda su gelişi veya yüksek basınç	0.5	2.5-10
D. Çok miktarda su gelişi veya yüksek basınç ile eklem dolgularının fazlaca yıkanması	0.33	2.5-10
E. Patlatma sırasında çok fazla su gelişi veya su basıncı, fakat zamanla azalması	0.2-0.1	10
F. Zamanla azalmayan çok fazla su gelişi veya su basıncı	0.1-0.5	10

Gerilme indirgeme faktörü (SRF)

a) Kazıyı kesen zayıflık zonları, tünel kazılırken kaya kütlesinin gevşemesine neden olabilirler.		
A. Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya kapsayan birden fazla zayıflık zonu (her- hangibir derinlikte)	10	
B. Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya kapsayan tek bir zayıflık zonu (kazi de- rinliği ≤ 50 m)	5	
C. Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya kapsayan tek bir zayıflık zonu (kazi derin- liği > 50 m.)	2.5	

- D. Kil kapsamıyan dayanımlı kayada birden fazla makaslama zonu, gevşek çevre kayacı (herhangi bir derinlikte) 7.5
- E. Kil kapsamıyan dayanımlı kayada tek bir makaslama zonu (kazı derinliği ≤ 50 m.) 5
- F. Kil kapsamıyan dayanımlı kayada tek bir makaslama zonu (kazı derinliği > 50 m.) 2.5
- G. Gevşek ve açık eklemeler, fazla eklemeli, küp şekeri görünümlü (herhangi bir derinlikte) 5
- b) Dayanımlı kaya, kaya gerilmesi sorunları

	$\sqrt{c}/\bar{\eta}$	$\sqrt{t}/\bar{\eta}$	SRF
H. Düşük gerilme, yüzeye yakın	> 200	> 13	2.5
J. Orta derecede gerilme	200-10	13-0.66	1
K. Yüksek gerilme, çok sıkı yapı (genellikle duraylılık yönünden uygun, fakat duvar duraylılığı yönünden uygun olmayabilir)	10-5	0.66-0.33	0.5-2
L. Az kaya patlaması (masif kaya)	5-2,5	0.33-0.16	5-10
M. Fazla kaya patlaması (masif kaya)	< 2.5	< 0.16	10-20
c) Yüksek kaya basıncının etkisi altında dayanımsız kayanın plastik akması			
N. Az sıkışan kaya basıncı			5-10
O. Fazla sıkışan kaya basıncı			10-20
d) Suyun varlığına bağlı olarak kimyasal şişme			
P. Az şişen kaya basıncı			5-10
R. Fazla şişen kaya basıncı			10-15

Not: 1- İlgili kayma zonları kazayı etkiliyor, fakat kesmiyorsa, SRF değerlerini % 25-50 oranında azaltınız.

2- $5 \leq \sqrt{1}/\sqrt{3} \leq 10$ ise, \sqrt{c} ve \sqrt{t} yi $0.8\sqrt{c}$ ve $0.8\sqrt{t}$ olarak alınız.

$\sqrt{1}/\sqrt{3} > 10$ ise, \sqrt{c} ve \sqrt{t} yi $0.6\sqrt{c}$ ve $0.6\sqrt{t}$ olarak alınız.

\sqrt{c} = Serbest basınç direnci

\sqrt{t} = Çekme direnci

$\sqrt{1}$ = Büyük asal gerilme

$\sqrt{2}$ = Küçük asal gerilme

3- Kazı yüksekliğinin, kazı eninden az olduğu çok örnekler vardır. Bu gibi durumlarda SRF'yi 2,5 yerine 5 alınız.

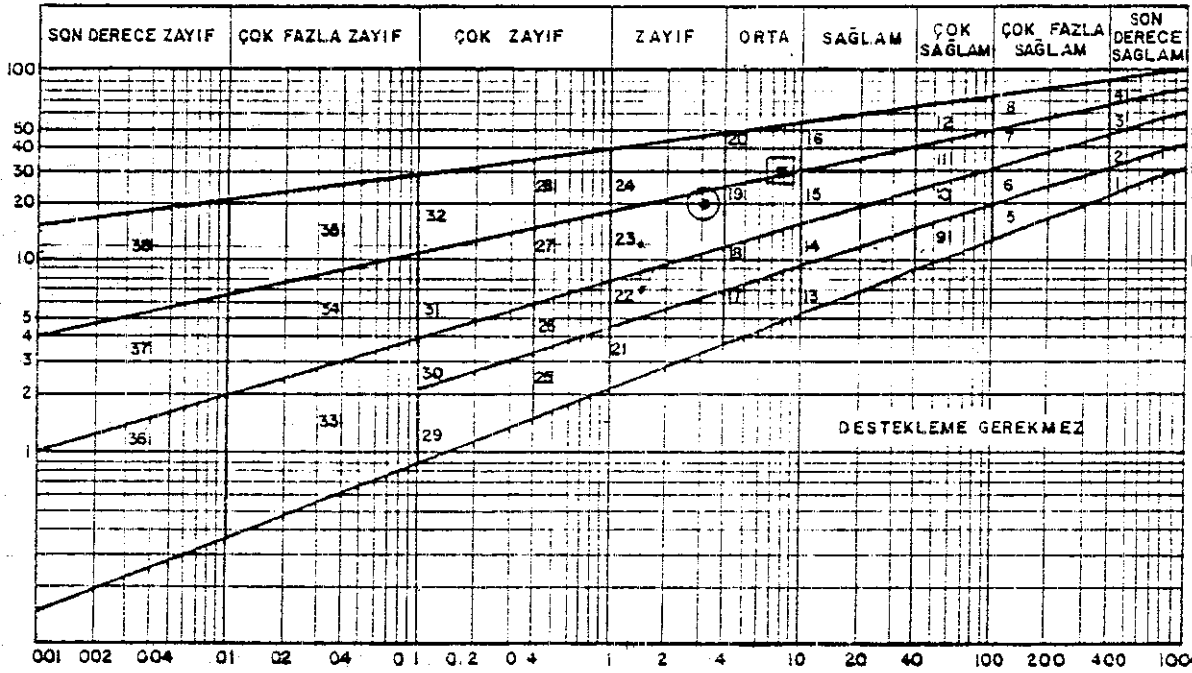
Jr ve Ja parametreleri belirli bir zonda önemli eklem takımlarının en zayıfına veya kil dolgulu süreksizliği temsil etmelidir. Fakat, Jr/Ja değeri minimum olan eklem takımı veya süreksizlik zonu duraylılık yönünden uygun konumdaysa, bu durumda daha az uygun doğrultulu eklem takımı veya süreksizlik zonu daha önemli olabilir. Bu durumda, ikincisinin değeri daha yüksek de olsa, Q'nün hesaplanmasında ikincisi kullanılmalıdır.

Kaya kütlesinin niteliği bir yerden diğerine belirgin olarak değişiyorsa, bu yerlerin haritasının yapılarak ayrı ayrı sınıflandırılması çok yerinde olur. Değişen yerlerde Q değerleri ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Eklem sıklığının, pürüzlülüğünün veya alterasyon derecesinin değişmesi nedeniyle Q değerinin 4 misli azalması veya artması, destek şartlarını da değiştirir. Fakat, değişken zonlar yeraltı kazılarının sadece birkaç metresini kapsıyorsa, formasyonu genel olarak haritalamak ve genel bir Q değeri bularak, genel bir destek projesi hazırlamak daha ekonomik olur. Kısa mesafelerde destek şartlarını sık sık değiştirmek genellikle ekonomik değildir. Fakat, çok dar bile olsa, değişen ve yumuşayan kil zonları ayrı bir destek yöntemi gerektirir. Bazı hallerde uygun olmayan eğimli makaslamalar meydana getirir. Özel yöntem olarak, yeterli boyutlarda gerilmeli ankrajlar çeşitli doğrultulardaki kuvvetleri karşılayacak şekilde konabilir.

$$\text{Açıklık} = 2 \text{ ESR} \cdot Q \cdot 0.4$$

$$Q = \left(\frac{\text{Açıklık}}{2 \cdot \text{ESR}} \right) 2.5$$

EŞ BOYUT = EN ÇAP veya YÜKSEKLİK (m.)
ESR



$$KAYA KÜTLESİ NİTELİĞİ Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_q} \right) \times \left(\frac{J_w}{SRF} \right)$$

Burada ESR, kazı destek oranıdır. Kazı tipine göre kazı destek oranı şöyledir:

Kazı tipi	ESR
A. Geçici maden kazıları	3-5
B. Sürekli maden kazıları, hidrolik enerji amaçlı su tünelleri (yüksek basınçlı cebri borular hariç), büyük kazılar için pilot tüneller, yarmalar ve aynalar v.s.	1,6
C. Depolar, su tasfiye tesisleri, küçük yol ve demiryolu tünelleri, denge bacaları, yaklaşım tünelleri v.s.	1,3
D. Santral binaları, büyük yol ve demiryolu tünelleri, sivil savunma sığınakları	1
E. Yeraltı nükleer santralleri, fabrikalar, spor ve kamu tesisleri	0,8

Bulonlama:

Eğer 20 mm. çaplı bir bulon için 10 tonluk aktif bir yük kabul edilirse, destek basıncı aşağıdaki gibidir:

$$P = \frac{1}{a^2}$$

P= Destek basıncı kapasitesi (kg/cm²)

a= Bulon açıklığı (m)

6.4.3-RSR Kavramı

RSR (Rock Structure Rating) kavramı, Wickham, Tiedemann ve Skinner (1972) tarafından geliştirilen bir kaya destek tahmin modelidir. RSR, Terzaghi'nin (1946) kaya kütlesi sınıflama sisteminden sonraki ilk ayrıntılı kaya kütlesi sınıflama sistemidir. RSR kavramı, tünelcilikte kaya kütlesi davranışını etkileyen faktörlerin iki genel kategorisini gözönüne aldı: Jeolojik parametreler ve yapı parametreleri. Jeolojik parametreler: a)Kaya tipi, b)Eklem örneği (eklemlerin ortalama aralığı), c)Eklemlerin yönlemi (doğrultu ve eğim), d)Süreksizliklerin tipi, e)Büyük faylar, makaslamalar ve kıvrımlar, f) Kaya gereç özellikleri, g)Ayrışma ve

bozuşma, Yapı parametreleri: a)Tünel boyutu, b)Tünelin kazı yönü, c)Kazı metodu.

Yukarıdaki değerler A,B ve C olmak üzere 3 grupta toplandı.
RSR= A+B+C dir.

A. Kaya yapısının genel tanımı şu eseslere göredir:

- (1) Kayanın kökeni (magmatik, metamorfik, tortul)
- (2) Kayanın sertliği (sert, orta, yumuşak, ayrışmış)
- (3) Jeolojik yapı (masif, az faylı ya da kıvrımlı, orta derecede faylı ya da kıvrımlı, çok faylı ya da kıvrımlı).

B. Tünel açımı yönüne göre süreksizlik örneğinin etkisi:

- (1) Eklem aralığı
- (2) Eklem yönelimi (doğrultu, eğim)
- (3) Tünel açma yönü

C. Yeraltısuyu akımı etkisi

- (1) Birleştirilmiş A ve B'ye göre tüm kaya kütlesi niteliği.
- (2) Eklem durumu (iyi, orta, zayıf)
- (3) Su akım miktarı (bir ayak boyundaki tünelde, dakikada galon olarak).

(Tablo: 4,5 ve 6)

Bulunan RSR değeri, iksaya esas olmak üzere kaya kütlesinin niteliğini yansıtır. Delme ve patlatma metoduyla tünel açma sırasında kullanılan iksa miktarına göre, makine ile tünel açarken kullanılan iksa miktarı daha azdır.

RSR değeri 19'dan küçük olan kayalarda kuvvetli iksa gerekir. RSR değeri 80 veya daha fazla olan kayalarda iksa gerekmediği sonucuna varılmıştır. RSR tahmin modeli ilk olarak çelik iksaya göre geliştirildi. Kaya bulonları ve püskürtme betonu kullanılarak yapılan destekleme için veriler yetersizdi.

24.000 libre yük taşıyan 1 inç çaplı kaya bunları için aşağıdaki eşitlik verilmiştir.

$$\text{Bulon aralığı (feet)} = \frac{24}{W}$$

Püskürtme betonu kalınlığı ile ilişkili olarak, aşağıdaki eşitlik ileri sürülmüştür.

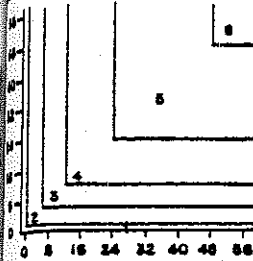
RSR - A PARAMETRESİ

RSR
A Parametresi
Genel jeoloji alanı

Maksimum değer 30

	Ana Kaya Tipi				Jeolojik yapı
	Sert	Orta	Yumuşak	Ayrılmış	
Magmatik	1	2	3	4	
Metamorfik	1	2	3	4	Masif
Tortul	2	3	4	4	Az faylı veya kırıklı
Tip 1					Orta derecede faylı veya kırıklı
Tip 2					Cok faylı veya kırıklı
Tip 3					
Tip 4					

R S R -- B PARAMETRESİ



RSR
B Parametresi
Ekleme oranı
Açma yönü

İnc. cinsinden kalınlık	Eksene dik Açma yönü					Eksene paralel Açma yönü			
	Her ikisi		Eğim yönünde		Eğimin tersi yönünde		Her ikisi		
	Önemli eklemlerin eğimi					Önemli eklemlerin eğimi			
	0°-20°	20°-50°	Düsey (50°-90°)	20°-50°	Düsey (50°-90°)	0°-20°	20°-50°	Düsey (50°-90°)	
Çok sık eklemler	9	11	13	10	12	9	9	7	
Sık eklemler	13	16	19	15	17	14	14	11	
Orta derecede eklemler	23	24	28	19	22	23	23	19	
Orta - Bloklular	30	32	36	25	28	30	28	24	
Bloklular - Masif	36	38	40	33	35	36	34	28	
Masif	40	43	45	37	40	40	38	34	

Max. değer 45

RSR - C Parametresi

Beklenen su akımı Dakikada galon (1000')	RSR						Max. değer 25
	C Parametresi						
	Yeraltısuyu						
	Eklem durumu						
	A ve B Parametreleri toplamı						
	13 - 44			45 - 75			
	Eklem durumu			*			
	iyi	Orta	Fena	iyi	Orta	Fena	
Hiç yok	22	18	12	25	22	18	
Az (< 200 dakikada galon)	19	15	9	23	19	14	
Orta (200-1000 dakikada galon)	15	11	7	21	18	12	
Çok (> 1000 dakikada galon)	10	8	6	18	14	10	

Eklem durumu iyi = sıkı ya da çimentolu ; Orta = az ayrılmış
Fena = çok ayrılmış ya da açık

$$t = 1 + \frac{W}{1,25} \quad \text{veya} \quad t = \frac{D}{150} \quad (65\text{-RSR})$$

t= püskürtme betonu kalınlığı (inç)

W= kaya yükü

D= tünel çapı (feet)

10-20-24 çaplı tüneller için iksa gereksinim tabloları hazırlanmış bulunmaktadır.

6.3.4-Bieniawski-Barton Sınıflamaları ve RSR Kavramının Uygulanması

6.3.4.1-Bieniawski Kaya Sınıflamasının Uygulanması

A-Kumlu dere Maden Ocağı Bieniawski Kaya Sınıflama Parametreleri

Numune Yeri: 12 Kafes Başı

1- Sağlam Kayanın Mukavemeti:

Uç yük mukavemet endeksi : 78-104 kg/cm² arası.

: > 8 MPa

Derecelendirme : 15

2- Sondaj karot kalitesi RQD : % 62-36

: % 50-75

Derecelendirme : 13

3- Eklem sıklığı : 50-70 cm. arası

: 0.3-m m.

Derecelendirme : 20

4- Eklem durumu : Sürtünme izli yüzler veya fay killi
5 mm. veya 1-5 mm. açık eklemeler,
sürekli eklemeler.

Derecelendirme : 6

5- Yeraltısuyu

Tünelin 10 m.lik kısmından gelen su : 25 lit/dak.

Oran $\frac{\text{Eklemdeki su basıncı}}{\text{Ana asal gerilme}}$: 0.0-0.2

Genel Koşullar : Yalnızca nemli kırıklarda su

Derecelendirme : 7

B-Eklem Yönelimine Göre Düzeltme

Tünel eksenine dik doğrultu hakim eğim yönü 20-40° SW'ya
Eğim yönünde açım (20°-45°) Uygun
Derecelendirme (Tüneller için): -2

Derecelendirme: 15+13+20+6+7-2 = 59

C-Kaya Sınıflaması ve Dereceleri

Sınıflama No: III
Tanımlama : Orta Kaya
Derecelendirme : 60-41

D-Kaya Sınıflama Yorumlamaları

Sınıflama No : III
Ortalama Dayanma Süresi : 2 m. açıklıkta bir hafta
Kaya kütlesinin kohezyonu : 150 kPa
Kaya kütlesinin sürtünme açısı : 35°-40°
Cevherin kazılabilirliği : Orta

A-Kaya Sınıflama Parametreleri

- 1- Sağlam kayanın mukavemeti
Tek eksenli basınç mukavemeti : 186 kg/cm² 18.6 MPa
: 10-25 MPa
Derecelendirme : 2
- 2- Sondaj Karot Kalitesi RQD : % 62-36
: % 50-75
Derecelendirme : 13
- 3- Eklem sıklığı : 50-70 cm. arası
: 0.3-1 m.
Derecelendirme : 20
- 4- Eklemlerin Durumu : Sürtünme izli yüzler veya fay
killi < 5 mm. veya 1.5 mm. açık
eklemler, sürekli eklemler.
Derecelendirme : 6
- 5- Yeraltısuyu durumu
Tünelin 10 m.lik kısmından gelen su : < 25 lit/dak.

Oran Eklemdeki su basıncı : 0.0 - 0.2
Ana asal gerilme

Genel Koşullar : Yalnızca nemli kırıklarda su

Derecelendirme : 7

B-Eklem Yönelimine Göre Düzeltme

Tünel eksenine dik doğrultu → hakim eğim yönü 20-40° SW'ya

Eğim yönünde açım (20-45°) Uygun

Derecelendirme (Tünel için) : -2

Derecelendirme: 2+13+20+6+7-2= 46

C-Kaya Sınıflaması ve Dereceleri

Sınıflama No : III

Tanımlama : Orta Kaya

Derecelendirme : 60-41

D-Kaya Sınıflama Yorumları

Sınıflama No : III

Ortalama Dayanma süresi : 2 m. açıklıkta bir hafta.

Kaya kütlelerinin kohezyonu : 150 kPa

Kaya kütlelerinin sürtünme açısı : 35°-45°

Cevherin kazılabilirliği : Orta

6.3.4.2-Barton Kaya Sınıflaması (Q sistemi)

Kumludere Ocağı:

RQD: % 62.36

Jn: Eklem takım sayısı Derecelendirme

Bir eklem takımı, gelişigüzel
eklemler 3

Jr: Eklem pürüzlülük sayısı Derecelendirme
Sürtünme izli düzlemsel 0.5

Ja: Eklem alterasyon sayısı Derecelendirme
Altere olmamış eklem yüzeyleri
sadece yüzeysel paslanma 1

Jw: Eklem su indirgeme faktörü Derecelendirme
Kuru kazılar ya da < 5 lit/dak. 1
gelen kazılar

SRF: Gerilme indirgenme faktörü Derecelendirme
Kil veya kimyasal olarak parçalanmış 10
kaya kapsayan birden fazla zayıflık
zonu.

$$Q = \frac{62.36}{3} \times \frac{0.5}{1} \times \frac{1}{10} = 20.78 \times 0.5 \times 0.1 = 1.039$$

ESR: Kazı destek oranı

Kazı tipi ESR
Sürekli maden kazıları 1.6

$$\text{Eşboyut} = \frac{2.5}{1.6} = 1.5625 \quad \text{EB}$$

Q = 1.039
EB = 1.5625 \Rightarrow Zayıf Kaya

6.3.4.3- RSR Parametreleri İle Yapılan Kaya Sınıflaması

RSR A Parametreleri

Ana Kaya Tipi	Jeolojik Yapı	Derecelendirme
Tortul-Orta	Orta derecede faylı veya kıvrımlı	Tip 2-13

RSR B Parametreleri

Ekleme örneği : Eksene dik
Açma yönü : Eğim yönünde
Önemli ekleme eğimi : 20° - 50°
Sık eklemler : 16

RSR C Parametreleri

Yeraltısuyu Durumu

Ekleme Durumu

Beklenen	<u>A-B Parametrelerinin Toplamı</u>
Su	<u>13-14</u>
Akımı	<u>Ekleme Durumu</u>
Dakikada golon (1000')	<u>İyi</u>
A ₃ (< 200 dakika golon)	19

$$RSR = A+B+C$$

$$RSR = 13+16+19 = 48$$

6.4-Uzun Süreli Uygulamalar İçin Gerekli Destekleme Önlemlerinin Belirtilmesi

Bu bölümde uzun süreli uygulamalar için gerekli olan tahkimat sistemlerinin dizaynı ele alınmıştır. Galerilerdeki yük gözlemlerinin değerlendirilmesi, arazi yüklerinin hesabı ve malzemenin yerinde davranışı ele alınmış olup bunun için 3 yaklaşım kuramından yararlanılmıştır. Bunlar;

- Pradontyakonov Yaklaşımı,
- Arloğlu, Biron-Arloğlu Yaklaşımı,
- Barton Yaklaşımıdır.

6.4.1-Pradontyakonov Yaklaşımı

Bu teoriye göre galeri üzerindeki domun analitik eğrisi parabol olarak ifade edilmekte ve parabolün ordinatı;

$$h = \frac{l}{f} \quad \text{bağıntısı ile verilmiştir. (1.1)}$$

Burada; h: Yük yüksekliği, Parabolün max. ordinatı (m.)

l: Galeri açıklığının yarısı (m.) Yaklaşık olarak tahkimat elemanının yarı uzunluğu alınabilir.

f: Pradontyakonov sertlik katsayısı. Bu büyüklük kayacın tek eksenli basınç değerine bağlı olarak (\sqrt{b}).

$$f = \sqrt{b} \text{ (kg/cm}^2\text{)}/100 \quad \text{ile belirlenmiştir. (1.2)}$$

Bu halde,

$$h = \frac{100l}{\sqrt{b}} \quad \text{ve taban basıncı (\sqrt{t}) ise, (1.3)}$$

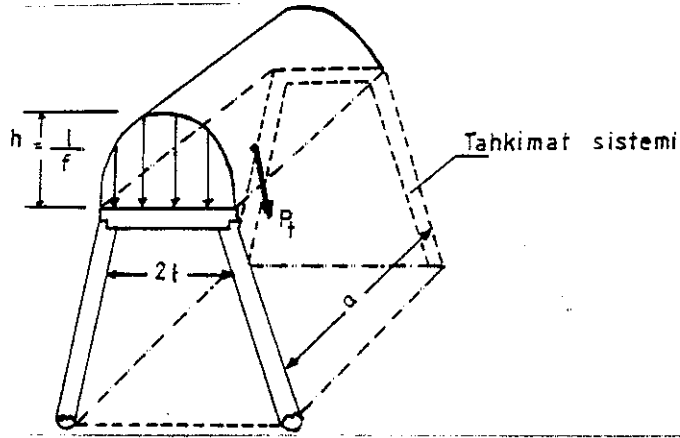
$$\sqrt{t} = \gamma \cdot h = 100 \cdot \frac{\gamma \cdot l}{\sqrt{b}} \quad \text{şeklinde yazılmaktadır. (1.4)}$$

Tahkimatın üst elemanına etkiyen toplam yük ise,

$$P_t \approx \frac{2}{3} \cdot 2l \cdot h \cdot a = \frac{4}{3} \cdot l \cdot h \cdot a \cdot \gamma \quad (1.5)$$

$$P_t \approx 133.3 \cdot \frac{l^2 \cdot a \cdot \gamma}{\sqrt{b}} \quad (1.6)$$

(1.5) formülünden görüleceği gibi kayacın basınç direnci arttıkça tavan yükü azalmaktadır. Pratikte sağlam formasyonlarda açılan galerilerin çok az veya hiçbir tahkimata gereksinme göstermemeleri bu sonucu doğurmaktadır.



Şekil-11: Prodontyakonov Teorisi

Bu yaklaşıma göre galerilerdeki yük yüksekliği ve toplam yük şöyle hesap edilebilir.

Değerlendirme İçin: $\gamma_b = 194.09 \text{ kg/cm}^2$
 $2l = 2.5 \text{ m.}$
 $H = 2 \text{ m.}$
 $\gamma = 2.51 \text{ gr/cm}^3$
 $d = 70 \text{ cm.}$

$h = l/f$ bağıntısından hareketle;

$$f = \frac{\gamma_b}{100} = \frac{194.09}{100} = 1.9409 \text{ mg/cm}^2 \quad \text{Prodontyakonov sertlik katsayısı}$$

$$h = \frac{100l}{\gamma_b} = \frac{100 \times 1.25}{194.09} = 0.6440311 \text{ m.} \quad \text{Yük yüksekliği}$$

$$\gamma_t = \gamma \cdot h = \frac{100 \cdot \gamma \cdot l}{\gamma_b} = 2.51 \times 0.6440311 = 1.6165181 \text{ kg/cm}^2$$

Tavan basıncı

Tahkimatın üzerine gelen toplam yük ise;

$$P_t = \frac{2}{3} \times h \times 2l \times a \times \gamma_t = \frac{4}{3} \times l \times h \times a \times \gamma_t$$

$$P_t = \frac{4}{3} \times 1.25 \times 0.6440311 \times 0.7 \times 2.51 = 1.885937445 \text{ kg/cm}^2$$

Kumludere İçin: $\sqrt{b} = 186.6 \text{ kg/cm}^2$
 $2l = 2.5 \text{ m.}$
 $H = 2 \text{ m.}$
 $\gamma = 2.77 \text{ gr/cm}^3$
 $a = 0.7 \text{ m.}$

$h = \frac{l}{f}$ ifadesinden;

$f = \frac{\sqrt{b}}{100} = \frac{186.6}{100} = 1.866$ Sertlik katsayısı

$h = \frac{100l}{\sqrt{b}} = \frac{100 \times 1.25}{186.6} = 0.6698821 \text{ m.}$ Yük yüksekliği

$\Gamma_t = \gamma \times h = 2.77 \times 0.6698821 = 1.8555734 \text{ kg/cm}^2$ Tavan basıncı

$P_t = \frac{4}{3} \times l \times h \times a \times \gamma = \frac{4}{3} \times 1.25 \times 0.6698821 \times 0.7 \times 2.77$

$= 2.164835653 \text{ kg/cm}^2$ Toplam yük.

6.4.2-Arloğlu, Birön - Arloğlu Yük Yaklaşımı

Bu yaklaşımda yük yüksekliği galeri açıklığının bir fonksiyonu olarak $h = \alpha \cdot L_a$ bağıntısı ile verilmektedir. (1.7)

Buradan hareket ederek;

$\Gamma_t = h \times \gamma = \alpha \times L_a \times \gamma$ Tavan basıncı (1.8)

$q_t = \Gamma_t \times d = \alpha \times L_a \times \gamma \times d$ Birim yayılı yük (1.9)

$P_t = \Gamma_t \times L_a \times a = \alpha \times L_a^2 \times \gamma \times a \times d$ Toplam yük (1.10)

şeklinde tanımlanmaktadır.

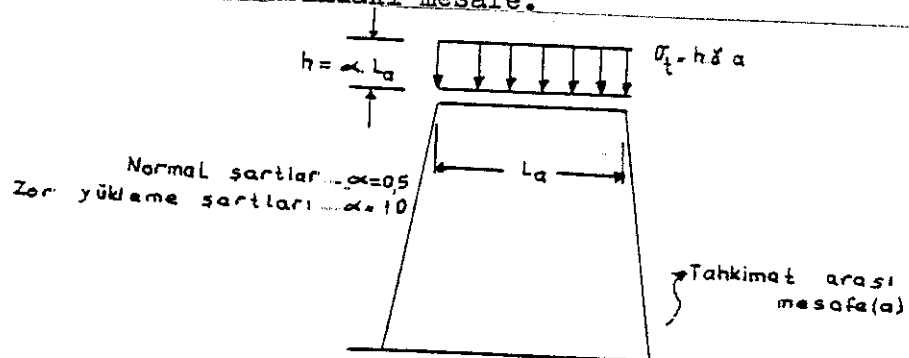
Bu ifadeler;

h: Yük yüksekliği

α : Yükleme faktörü

L_a : Galeri açıklığı

a: Tahkimat üniteleri arasındaki mesafe.



Şekil-12: Arloğlu ve Birön-Arloğlu Teorisi.

Arıoğlu ve Birön yaklaşımından faydalanılarak yapılan yük yüksekliği, tavan basıncı ve toplam yük hesapları aşağıdadır.

Değirmendere İçin:

Yük yüksekliği $h = \alpha \cdot La$

$h = 0.5 \times 2.5 = 1.25$ m. Normal şartlarda

$h = 1 \times 2.5 = 2.5$ m. Zor yükleme şartlarında.

$\sqrt{t} = \gamma x h = 1.25 \times 2.51 = 3.1375$ kg/cm² Normal şartlarda

$\sqrt{t} = \gamma x h = 2.5 \times 2.51 = 6.275$ kg/cm² Zor yükleme şartlarında

$q_t = \sqrt{t} x a = 3.1375 \times 0.7 = 2.19625$ kg. Normal şartlarda

$q_t = \sqrt{t} x a = 6.275 \times 0.7 = 4.3925$ kg. Zor yükleme şartlarında

$P_t = \sqrt{t} x La x a = 3.1375 \times 2.5 \times 0.7 = 5.440625$ kg. Normal şartlarda

$P_t = \sqrt{t} x La x a = 6.275 \times 2.5 \times 0.7 = 10.98125$ kg. Zor yükleme şartlarında

Kumludere İçin:

$h = \alpha \cdot La = 0.5 \times 2.5 = 1.25$ Normal şartlarda

$h = \alpha \cdot La = 1 \times 2.5 = 2.5$ Zor yükleme şartlarında

$\sqrt{t} = h x \gamma = 1.25 \times 2.77 = 3.4625$ kg/cm² Normal şartlarda

$= 2.5 \times 2.77 = 6.925$ kg/cm² Zor yükleme şartlarında

$q_t = \sqrt{t} x a = 3.4625 \times 0.7 = 2.42375$ kg Normal şartlarda

$= 6.925 \times 0.7 = 4.8475$ kg Zor yükleme şartlarında

$P_t = \sqrt{t} x La x a = 3.4625 \times 2.5 \times 0.7 = 6.030625$ kg Normal şartlarda

$= 6.925 \times 2.5 \times 0.7 = 12.11875$ kg Zor yükleme şartlarında.

Buraya kadar yapılan hesapların sonucu, galerilerin kireçtaşı içinde açıldığı durumlarda geçerlidir.

Arıoğlu, Birön-Arıoğlu yaklaşımından hareket ederek;

Kirişteki müsait gerilme, eğilme gerilmesi olup,

$\sqrt{\sigma_{max}} = 1.25 \cdot q \cdot \ell^2/d^3$ formülü ile belirlenmiştir. (1.13)

$\sqrt{\sigma_{max}}$: enbüyük eğilme gerilmesi

q : kirişe etkiyen üniform yayılı yük ((1.9) bağıntısından)

ℓ : kiriş uzunluğu.

d : kirişin çapı.

(1.13) bağıntısından bulunan max değerinden hareket ederek a: Tahkimat üniteleri arasındaki mesafe.

$$\sqrt{V_{\max}} = \frac{1,25 \cdot \alpha \cdot l^3 \cdot \gamma \cdot a}{d^3} \text{ ifadesinden } a = \frac{\sqrt{V_{\max}} d^3}{1,25 \alpha \gamma l^3} \quad (1.14)$$

şeklinde bulunur.

Değirmendere için:

d: 0.18 m.

l: 2 m.

q: 2.19625 ve 4.3925 kg/cm².

γ: 2.51 gr/cm³

α: 0.5 ve 1 değerleri için.

$$\sqrt{V_{\max}} = \frac{1,25 \cdot q \cdot l^2}{d^3} \quad \sqrt{V_{\max}} = \frac{1,25 \cdot 2,19625 \cdot 4}{(0,18)^3} = 1882,93 \text{ kg/cm}^2$$

Normal şartlarda

$$\sqrt{V_{\max}} = 3765,86 \text{ kg/cm}^2 \text{ Zor yükleme şartlarında}$$

$$a = \frac{\sqrt{V_{\max}} d^3}{1,25 \alpha \gamma l^3} \quad a = \frac{1882,93 \cdot 5,832 \cdot 10^{-3}}{1,25 \cdot 0,5 \cdot 2,51 \cdot 8} = \frac{10,98}{12,55} = 0,87 \text{ m.}$$

Normal şartlarda

$$a = \frac{3765,86 \cdot 5,832 \cdot 10^{-3}}{1,25 \cdot 1 \cdot 2,51 \cdot 8} = \frac{10,98}{25,1} = 0,87 \text{ m.}$$

Zor yükleme şartlarında

lif eğriliği ve budak sayısına göre 1000-7000 t/m²
3000-4000 t/m²'ye göre.

Kumludere için:

d= 0.18 m.

l= 2 m.

q= 2.42375 ve 4.8475 kg.

γ= 2.77 gr/cm³

α= 0.5 ve 1 için.

$$\sqrt{V_{\max}} = \frac{1,25 \cdot 2,42375 \cdot 4}{(0,18)^3} = 2077,97 \text{ kg/cm}^2 \text{ Normal şartlarda}$$

$$= \frac{1,25 \cdot 4,8475 \cdot 4}{(0,18)^3} = 4155,94 \text{ kg/cm}^2 \text{ Zor yükleme şartlarında}$$

$$a = \frac{\sqrt[3]{\max d^3}}{1,25 \times \alpha \times \gamma \times l^3} = \frac{2077,97 \times 5,832 \times 10^{-3}}{13,85} = \frac{12,11}{13,85} = 0,87 \text{ m. Normal}$$

$$a = \frac{4155,94 \times 5,832 \times 10^{-3}}{1,25 \times 2,77 \times 8} = \frac{24,23}{27,7} = 0,87 \text{ m. Zor şartlarda.}$$

6.4.3-Barton Yaklaşımı

Barton, galeri ve tünellerde yapılan çok sayıda gözlemin değerlendirilmesi sonunda ortamın jeomekanik parametrelerini (bağıl blok boyutu, bloklar arası direnç) aktif gerilme durumu içeren sınıflandırma sistemi ve buna göre uygulanacak tahkimat türlerini önermiştir. Literatürde Q sınıflandırması olarak bilinen bu sınıflandırma son yıllarda tünel ve madencilik uygulamalarında uygulama alanı bulmuştur. Aynı araştırmacı Q'ya bağlı olarak 3'den fazla çatlak sistemi için;

$$\text{Tavan basıncı} \quad \sqrt[3]{\sigma_t} = \frac{2}{J_r} \times Q^{-1/3} \text{ kg/cm}^2 \quad (1.11)$$

$$Q = \frac{2}{3} J_n^{1/2} \times J_r^{-1} \times Q^{-1/3} \text{ ifadeleri verilmektedir.} \quad (1.12)$$

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

ifadeleri hesaplanabilmektedir.

(1.11) ve (1.12) formüllerinden görüleceği üzere anılan yaklaşım formasyonun yapısal özelliklerini (çatlak sistemlerini), mekanik dirençlerini (özellikle basınç ve kayma direnci) ve gerilme şartlarını içermektedir. Bu nedenle hesaplanan tavan yükü daha gerçekçidir. Bölüm 5.4.4.2'de hesaplanan Q değerine bağlı olarak hesaplanan tavan basınçları şöyledir.

$$\text{Kumludere için:} \quad \sqrt[3]{\sigma_t} = \frac{2}{J_r} Q^{-1/3} \text{ (3'den fazla çatlak için)}$$

$$\sqrt[3]{\sigma_t} = \frac{2}{0,5} \times (1,039)^{-1/3} = 3,5662628 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sqrt[3]{\sigma_t} = \frac{2}{3} J_n^{1/2} \times J_r^{-1} \times Q^{-1/3}$$

$$\sqrt[3]{\sigma_t} = \frac{2}{3} (3)^{1/2} \times \frac{1}{0,5} \times \frac{1}{(1,039)^{1/3}} = 4,1179656 \text{ kg/cm}^2 \text{ (3'den az çatlak sistemi için)}$$

6.4.4-Arioğlu, Birön-Arioğlu Yaklaşımı ile Barton Yaklaşımının Karşılaştırılması

Burada tavan basıncı, " α " yük katsayısı cinsinden şöyle ifade edilmiştir.

$$\begin{aligned} t &= 0,1 \alpha x l x \delta^2 \quad (\text{kg/cm}^2) \\ &= La/2 \quad (\text{m}) \\ &= 10 \cdot \frac{\sqrt{t}}{l \delta} = 10 \cdot \frac{2}{j_r} Q^{-1/3} \cdot \frac{1}{l \delta} \\ &\quad (\text{Üçten az çatlak sistemi için}) \\ &= 10 \cdot \frac{\sqrt{t}}{l x \delta} = 10 x (j_n^{1/2} / j_r) Q^{-1/3} \frac{1}{l x \delta} \\ &\quad \text{şeklinde yazılabilir.} \end{aligned}$$

Bunlara bağlı olarak "Kötü-Normal-İyi" yükleme koşullarında aşağıdaki büyüklüklerde karakterize edilebilir.

Tablo-7: İyi, Orta ve Kötü Yükleme Koşullarına Karşı Gelen Kayaç Kalite Katsayısı Değerleri

Kötü	Orta	İyi
RQD = 25-50	RQD = 50-75	RQD = 75-90
Üç Çatlak Sistemi $j_n = 9$	Üç Çatlak Sistemi $j_n = 9$	İki Çatlak Sistemi $j_n = 4$
Pürüzsüz Düzlemsel çatlak $j_r = 1$	Pürüzsüz Dalgalı çatlak $j_r = 2$	Pürüzsüz Dalgalı çatlak $j_r = 2$
Hafif Yıpranmış yüzeyler $j_a = 2$	Yıpranmamış yüzeyler $j_a = 1$	Yıpranmamış yüzeyler $j_a = 1$
Çatlaklardan Periyodik su Boşaltması $j_w = 0.66$	Çatlaklardan Periyodik su Boşaltması $j_w = 0.66$	Kuru Kazı
Yüksek Gerilme SRF = 1.25	Sağlam Kaya Orta Gerilme SRF = 1	Sağlam Kayaç Orta Gerilme SRF = 1

Q hesabında ortalama değerler dikkate alınmıştır.

Kumludere ve Değirmendere için galerilerin tamamının kil içinde açılması halinde Prodontyakonov Yaklaşımına göre;

$$\sqrt{b} = 4 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Çok katı zemin} \quad 0.6-0.3 \text{ MP} \text{ -Zemin tırnakla çer-}$$

tilebilir.

$$2\ell = 2.5 \text{ m.}$$

$$H = 2 \text{ m.}$$

$$= 2.1 \text{ gr/cm}^2 \quad (\text{kilin yoğunluğu})$$

$$f = \frac{\sqrt{b}}{100} = 0.04 \quad \text{Prodontyakonov sertlik katsayısı}$$

$$h = \frac{100 \cdot f}{\sqrt{b}} = \frac{100 \times 0.04}{4} = 10 \text{ cm.} \quad \text{yük yüksekliği}$$

$$\sqrt{t} = h \times \gamma = 2.1 \times 10 = 21 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Tavan basıncı}$$

$$P_t = \frac{4}{3} \ell \times h \times \gamma \times a = \frac{4}{3} \times 1.25 \times 2.1 \times 0.7 = 76.5625 \text{ kg.}$$

Tahkimatı etkileyen toplam yük.

Arıoğlu-Birön Yaklaşımına Göre ise;

$$h = \alpha \cdot La$$

$$= 0.5 \times 2.5 = 1.25 \text{ cm.}$$

$$= 1 \times 2.5 = 2.5 \text{ cm.}$$

$$\sqrt{t} = h \times \gamma = 1.25 \times 2.1 = 2.625 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Tavan basıncı}$$
$$= 2.5 \times 2.1 = 5.25 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_t = \sqrt{t} \times a = 2.625 \times 0.7 = 1.8375 \text{ kg.}$$

$$= 5.25 \times 0.7 = 3.675 \text{ kg.}$$

$$P_t = \sqrt{t} \times La \times a = 2.625 \times 2.5 \times 0.7 = 4.59375 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 5.25 \times 2.5 \times 0.7 = 9.1875 \text{ kg/cm}^2$$

Yukarıdaki değerlerden hareketle; kullanılacak ağaç için max. eğilme gerilmesi

$$\sqrt{\sigma_{\max}} = \frac{1.25 \text{ q. } \ell^2}{d^3} = \frac{1.25 \times 1.8375 \times 4}{(0.18)^3} = 1575.36 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Normal şartlarda}$$

$$= \frac{1.25 \times 3.675 \times 4}{(0.18)^3} = 3150.72 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Zor yükleme şartlarda.}$$

Pratikte ağaç tahkimatlarının dayanımı lif eğriliği ve bu-
dak sayısına göre 1000-7000 t/m² arasında değişmektedir.

Galerilerdeki tahkimat düzlemleri arasındaki mesafeyi
örebilmek için ağaç tahkimatlarının dayanımı 3000 t/m² ve 4000 t/m²
alınıp, hesaplar bu değerlere göre yapılmıştır.

$$a = \frac{\sqrt{\text{max. } d^3}}{1.25 \times \alpha \times \gamma \times l^3} = \frac{300 \times (0.18)^3}{1.25 \times 0.5 \times 2.1 \times 8} = 0.16 \text{ m Normal şartlarda}$$
$$= \frac{300 \times (0.18)^3}{1.25 \times 1 \times 2.1 \times 8} = 0.03 \text{ m Zor yükleme şart-}$$

larında.

$$a = \frac{400 \times (0.18)^3}{1.25 \times 0.5 \times 2.1 \times 8} = \frac{2.33}{10.5} = 0.22 \text{ m. Normal şartlarda}$$

$$= \frac{400 \times (0.18)^3}{1.25 \times 1 \times 2.1 \times 8} = \frac{2.33}{21} = 0.11 \text{ m. Zor yükleme şartlarında.}$$

SONUÇLAR

- + Çalışma sahasındaki birimler alttan üste doğru;
Söbüdağ Kireçtaşı
Koçtepe Formasyonu
Isparta Formasyonu
İncesu Konglomerası
Gökçebağ Karmaşığı
Burdur Formasyonu şeklindedir.
- + Mühendislik özelliklerini belirlemek için iki ayrı galeride çalışma yapılmış ve kayaçların jeoteknik ve mekanik özellikleri belirtilmiştir.
- + Galerilerden alınan el karot numuneleri üzerinde yapılan mekanik deney sonuçlarına göre Bieniawski-Barton ve RSR Parametrelerine göre kayaçların sınıflandırılması yapılmıştır.
- + Bieniawski sınıflamasına göre Kumludere Maden Ocağındaki kayaçlar "Orta Kaya" sınıfında olup, cevherin kazılabilirliği ise "Orta"dır.
- + Barton sınıflamasına göre yapılan kaya sınıflandırması sonucu Kumludere için "zayıf" olarak çıkmıştır.
- + RSR parametreleri esas alınarak yapılan sınıflamada Kumludere Maden Ocağı için RSR değeri 48 dir. 19'dan küçük olan kayalarda kuvvetli iksa, RSR değeri ≥ 80 olan kayalarda iksa gerekmediği bilinmekle beraber, bu model çelik iksaya göre geliştirildiği için diğer destekleme verilerinde yetersizdir.
- + Barton sınıflaması için bulunan $Q=1.039$ değerine karşılık gelen destekleme önlemi "Kaya patlamaları veya kavaklama halinde genellikle genişletilmiş taşıma plakalı gerilmeli bloklar 1 m. aralıklı bazen 0.8 m. kullanılmalıdır. Nihai destekleme kavaklanma bittikten sonra yapılmalıdır" şeklindedir.

- + Değirmendere maden ocağında zeminin çok ayrıışmış olması ve aşırı derecede yeraltısuyu gelişimi olduğu için kaya sınıflaması yapılmamıştır.
- + Yapılan sınıflamalar için uzun süreli uygulamalara yönelik galerilerdeki "yük yüksekliği - tavan basıncı ve toplam yük"ler Prodontyakonov-Arloğlu, Birön-Arloğlu ve Barton Yaklaşımı ile hesaplanmış ve tahkimat aralıkları belirlenmiştir.
- + Galerilerde şu anda mevcut olan ilerleme şekli ve tahkimat aralıkları, galerinin tamamının kireçtaşı içinde geçmesi durumunda bizim çalışmamızdaki rakamlarla uygundur. Fakat galerinin kil içinde devam etmesi durumunda ise yeniden düzenlemelere gidilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- BİRÖN, C., ARIÖĞLU, F., (1985) Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı, İ.T.Ü.Maden Fakültesi, İstanbul.
- BOĞAZ, R., Diğerleri, 1975, Keçiborlu Kükürt İşletme Sahaları Jeoloji ve Maden Etüd Raporu, Etibank Maden Aramaları Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- GUTNİC, M., (1972), Isparta Batısındaki Kükürt Belirtileri, M24b₂, M24b₃ Paftaları Üzerine Rapor (Yayınlanmamış), Ankara.
- ERGUVANLI, K., 1982, Mühendislik Jeolojisi, İ.T.Ü.Maden Fakültesi Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekaniği Birimi, II.Baskı, İstanbul.
- ERTUNÇ, A., 1985, Mühendislik Jeolojisi Ders Notları, A.Ü.Isparta Mühendislik Fakültesi, Isparta.
- KEÇELİ, A., (1984), Mühendislik Sismolojisi Ders Notları, A.Ü. Isparta Mühendislik Fakültesi, Isparta.
- KÖSEOĞLU, M., 1986, Zemin Mekaniği Ders Notları, A.Ü.Isparta Mühendislik Fakültesi, Isparta.
- SARILIZ, K., 1982, Keçiborlu Kükürt Yataklarının Oluşumu ve Yörenin Jeolojisi, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Eskişehir.
- ÖZGÜNER, M., 1980, Keçiborlu ve Burdur Gölü Civarı Yeni Kükürt Zuhurları Prospeksiyon ve Etüdları Ön Raporu, Ankara.
- Tünelcilik Semineri, 1984, Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Direktörlüğü, Ankara.

TÜRKER, E., 1986, Kaya Mekaniği Ders Notları, A.Ü.Isparta Mühendislik Fakültesi, Isparta.

UMBERTO, G., 1986, Keçiborlu Kükürtlü Yeni Ruhsat Sahasının Jeolojik Etüdü, Çeviren: Halit Gürün, T.C. M.T.A.Enstitüsü (Yayınlanmamış), Ankara.

Akdeniz Üniversitesi
Rektörlüğü Kütüphanesi
Demirbaş No. 4947

F:20.000.-TL