

GÜLEDAR BARAJI DERİVASYON TÜNEL GÜZERGAHINDAKİ (ÇUBUK-ANKARA) KAYA BİRİMLERİNİN MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ İNCELEMESİ

Engineering geological investigation of the rock units along the derivation tunnel alignment of the Güledar Dam (Çubuk, Ankara)

AYDIN ÖZS AN Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, - Ankara

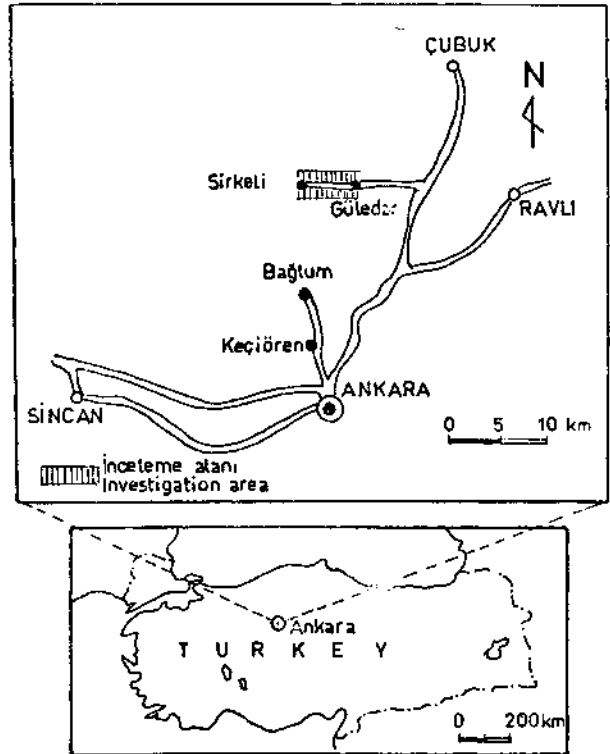
ÖZ: Bu çalışma ile, Güledar Barajının yapımına başlamadan önce açılacak derivasyon tünel güzergahındaki kaya birimlerinin jeolojik ve jeoteknik özellikleri saptanmıştır. Tünel güzergahı ve dolayında başlıca iki formasyon yüzlek verir. Triyas yaşlı Güledar Formasyonu, volkanik ve metamorfik kayaların içindeki Permian-Karbonifer yaşlı kireçtaşı bloklarından oluşur. Bu formasyon üzerine açılmal uyumsuzlukla gelen Sirkeli Formasyonu az tutturulmuş ve tutturulmamış çakıltaşı, kumtaşı, miltaşı ve kil seviyelerini içerir. Q ve Jeomekanik - RMR sistemlerine ait kaya sınıflamaları, tünel güzergahındaki kaya birimlerinden bulunan jeoteknik parametrelerden çıkarılmıştır. Güledar Barajı derivasyon tünelineki kaya birimleri için farklı destek kategorileri önerilmiştir.

ABSTRACT: In this study, the geological and geotechnical properties of the rock units along the derivation tunnel alignment were evaluated before construction of the Güledar dam. The main two formations crop out on the tunnel alignment and its vicinity. Güledar formation in Triassic aged consist of volcanic and metamorphic rocks with the Permian-Carboniferous limestone blocks. Sirkeli Formation which overlay Güledar Formation unconformably, consist of weakly consolidated and unconsolidated conglomerate, sandstone and siltstone with clay interclations. Q and Geomechanical RMR rock classifications were made by using the geotechnical parameters evaluated from the rock units of the tunnel alignment. The different support categories have been proposed for the rock units of the derivation tunnel of the Güledar dam.

GİRİŞ

Bu incelemede, Azman Çayı üzerinde Güledar barajına ait derivasyon tünel güzergahı boyunca kesilecek kaya birimlerinin jeolojik ve jeoteknik özellikleri saptanmıştır. Derivasyon tünel güzergahındaki kaya kalitesinin bulunması ve uygulanacak destek önlemlerinin saptanmasında Jeomekanik-RMR (Bieniawski, 1973 ve 1974) ile Q-Sistemi (Barton ve Diğ., 1974) sınıflamaları kullanılmıştır. Güledar barajı derivasyon tünel güzergahının içinde bulunduğu bölge Ankara'nın yaklaşık 30 km kuzeyinde olup, Çubuk ilçesinin güneybatısında Güledar Köyünün hemen yanındadır, (şekil-1)

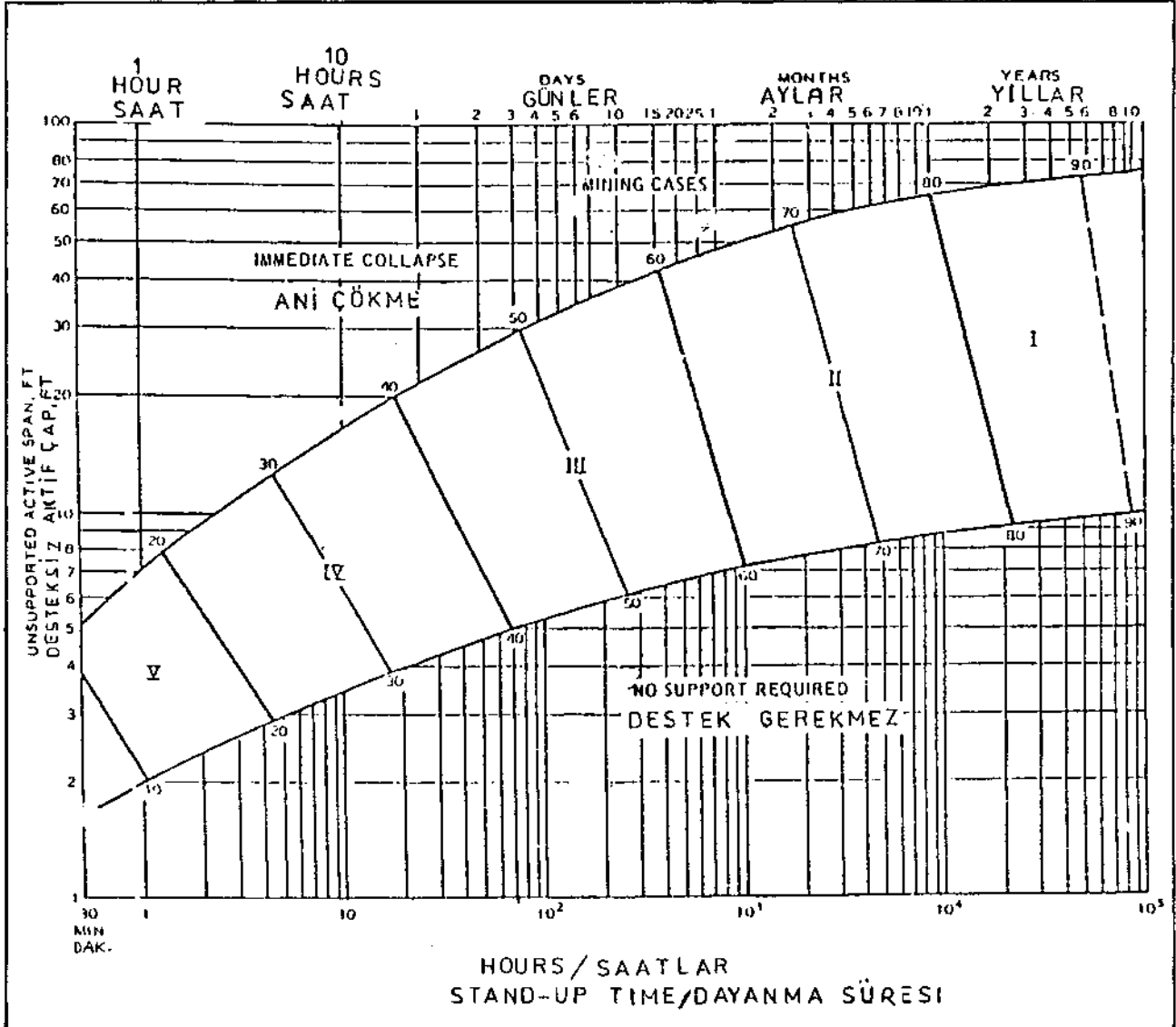
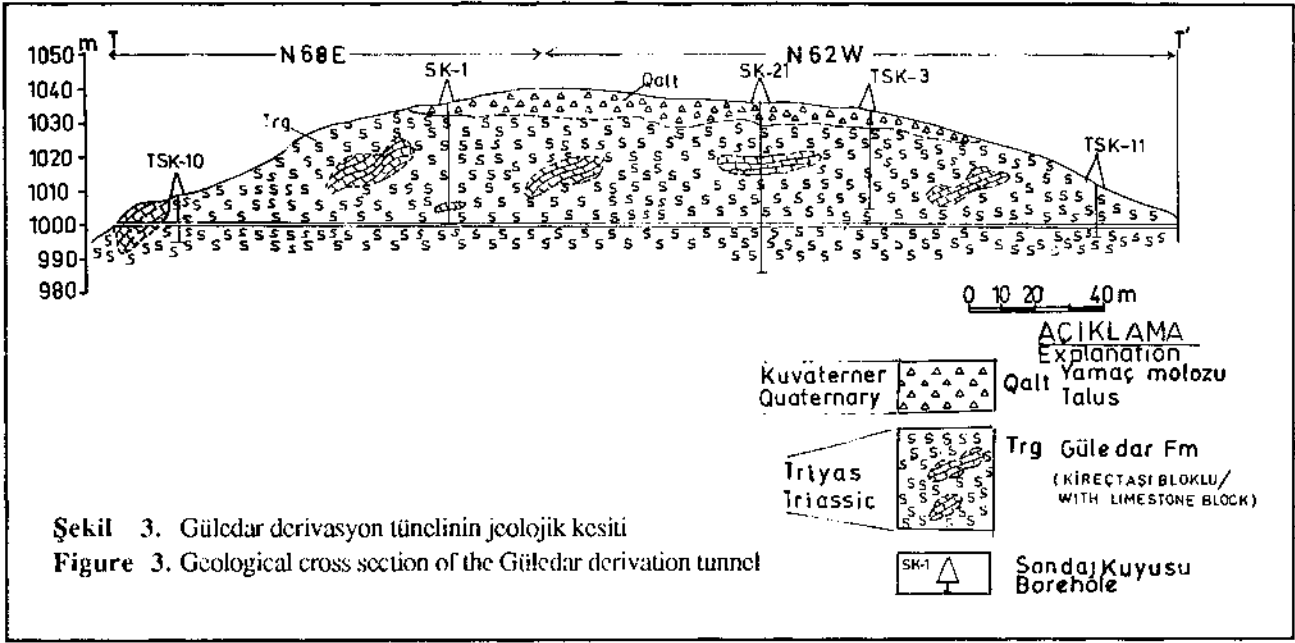
İnceleme alanı ve dolayını içine alan bölgenin stratigrafisi ve jeolojisine yönelik çalışma Akyürek ve diğ., (1984) tarafından gerçekleştirilmiştir. Karaaslan ve Taner (1987) bölgede jeoteknik araştırmalarda bulunmuşlardır. Güledar barajı yerinde mühendislik jeolojisine yönelik ilk ayrıntılı çalışma Özsan (1992) tarafından gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Yer buldum haritası

Figure 1. Location map

GÜLEDAR BARAJI



ve dağılgandır. Matriksin içinde çeşitli boylarda bloklar halinde görülen kireçtaşı birimi tünel güzergahının sağ ve sol tarafında yüzlek vermektedir. Bu kireçtaşı blokları masif, sert, dayanımlıdır. RQD yüzdeleri oldukça yüksek olan bu kireçtaşı bloklarında eklem aralıkları sık ve çok sıktır (1 cm ile 10 cm arasında). Genellikle sarı, boz ve krem renklerde dirler.

Sirkeli Formasyonu

Bu Formasyon kırmızı, boz ve gri renklerde dir. Az tutturulmuş, tutturulmamış çakıltası, kumtaşı, miltaşı ve kil ara seviyelerinden ibarettir. Bu formasyon genelde tabakasız olup, kısmen yatay tabakalı olduğu yerler gözlenmiştir. Tünel güzergahı boyunca herhangi bir yüzlek vermeyen Sirkeli Formasyonu derivasyon tünel çıkış yerinde yüzlek vermektedir.

Tünel güzergahı boyunca Güledar Formasyonunu oluşturan kaya birimleri (matriks, kireçtaşı blokları) yüzlek vermektedir (Şekil-3). Güledar barajı derivasyon tünelinin çapı 3 metre olup 310 metre uzunluğundadır. Tünel güzergahının doğrultusu; 0.00 m- 125 m arası N 68E, 125 m- 310 m arası N62 W yönünde olup 0.00 m- 14.00 m. arası kireçtaşı birimi, 14.00 m-310.00 m arası matriks birimi kesilecektir.

Derivasyon tünelinin açımı esnasında çıkabilecek sorunlara yaklaşım sağlamak amacıyla yapılan jeoteknik çalışmalar sonucu bulunan veriler jeomekanik -RMR ve Q-sistemi sınıflamalarında kullanılmıştır.

DERİVASYON TÜNEL GÜZERGAHINDAKİ KAYA BİRİMLERİNİN JEOMEKANİK - RMR SINIFLAMASI

Jeomekanik sınıflama veya Kaya kütlesi oranı (RMR) sistemi Bicniawski (1973) tarafından geliştirilmiş olup altı parametreye dayanmaktadır (Tablo 1).

- Kayanın tek eksenli basınç dayanımı (Kg/cm²)
- Kaya kalitesi belirlemesi (RQD)
- Eklemlerin sıklığı (Ara uzaklığı)
- Eklemlerin yönelimi.
- Eklemlerin durumu
- Yeraltı suyu şartları

KİREÇTAŞI BİRİMİNDE YAPILAN JEOMEKANİK-RMR SINIFLAMASI

Güledar Barajı derivasyon tünelinin çapı 3 metredir. Jeomekanik RMR sınıflaması genişliği 5-12 metre arasında olan tüneller için geçerli olduğundan burada RMR değeri ile bulunan kaya kalitesi için alınacak destek önlemleri Q değeri ile bulunan destek önlemlerinden farklı olacaktır.

Tünel güzergahındaki kireçtaşı birimine ait tek eksenli basınç dayanımı ortalama 600 kg/cm² dir, bulunan bu değer RMR sınıflamasındaki derecelendirmesi 7'dir.(Tablo-1),RQD değeri 85 olup derecelendirmesi 17'dir

(Tablo-1). Kireçtaşında görülen eklem ara uzaklığı 50-300 mm arasındadır, derecelendirmesi 10 dur. (Tablo-1) Tünel, eklemlerin yönlemine göre çok uygundur. (Tablo-2), ve derecelendirmesi 0'dır. Tünel güzergahındaki kireçtaşındaki eklemlerin durumu; sürtünme izli yüzler veya fay kili< 5mm veya 1-5 mm açık eklemler şaklındedir, ve derecelendirmesi 6'dır (Tablo-1). Tünelde çoğu yerde 25-125 litre/dak. veya orta basınçta su beklenmektedir. (Derecelendirmesi 4) (Tablo-1)

a. Kayanın tek eksenli basınç dayanımı.....	7
b. RQD.....	17
c. Eklem sıklığı.....	10
d. Eklemlerin yönelimi.....	0
e. Eklemlerin durumu.....	6
f. Yeraltı suyu şartları.....	4
RMR.....	44

Kaya Kütle Sınıfı: 111-Orta Kaya

RMR= 44 için desteksiz tünel genişliği 5-12 metre arasında olan derivasyon tünelinin ayakta kalma süresi 19 saattir (Şekil-4).

Önerilen tünel desteği kemerde 1,5-2 m. aralıklı 3-4 metre uzunlukta sistematik bulonlar, tavan kemerinde 50-100 mm, yan duvarlarda 30 mm. kalınlıkta püskürtme betonu (Tablo-3) gerekmektedir.

MATRİKS BİRİMİNDE YAPILAN JEOMEKANİK-RMR SINIFLAMASI

Güledar Formasyonunun matriksini oluşturan metadetritik kayalar ve metavolkanitler, genelde dayanımsız, bozmuş ve kırılğan olduklarından çok zayıf kaya özelliğindedirler.

RMR<20 kaya kütle sınıfı: V çok zayıf kaya
Sonuç: RMR< 20 için önerilen tünel desteği; tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1,5 m. aralıklı 5 m. uzunluklu sistematik bulonlar gereklidir. Tavan kemerinde 150-200 mm., yan duvarlarda 150 mm, aynada 50 mm patlatmadan hemen sonra püskürtme betonu uygulanmalıdır. Ayrıca çelik iksalı 0,75 m. aralıklı ağır traversler gereklidir. (Tablo-3)

DERİVASYON TÜNEL GÜZERGAHINDAKİ KAYA BİRİMLERİNİN Q - SİSTEMİ SINIFLAMASI

Kaya kütle sınıflamasına ait Q-Sistemi, Barton ve Diğ., (1974) tarafından geliştirilmiş olup, altı parametreye dayanmaktadır.

- 1) RQD = Kaya kalitesi belirlenmesi
- 2) J_n = Eklem takımı sayısı
- 3) J_r = Eklem pürüzlülük sayısı
- 4) J_a = Eklem alterasyon sayısı
- 5) J_w = Eklem su indirgeme sayısı
- 6) SRF = Gerilme İndirgeme sayısı

$$Q = \text{Kaya kütle kalitesi} = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \times \frac{1}{k} \times \frac{1}{J_r}$$

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DERECELERİ

1	Sağlam kayanın mukavemeti	Uç-yük mukavemeti endeksi	> 8 MPa	4-8 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Yaşlınen tek eksenli basınç deneyini kulunan		
		Yük eksenli basınç mukavemeti	> 200MPa	100-200MPa	50-100 MPa	25-50MPa		0-25 MPa	3-10 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		> 3m	1-3 m	0,3-1 m	50-300mm	< 50mm		
	Derecelendirme		30	25	20	10	5		
4	Eklemlerin durumu		Çok kaba yüzler Sürekli değil Ayrılma yok Eklemler sert duvar kayası	Az kaba yüzler Ayrılma < 1mm Eklemler sert duvar kayası	Az kaba yüzler Ayrılma < 1mm Eklemler yumuşak duvar kayası	Sürtünme izli yüzler veya fay kili < 5mm veya 1-5mm açık eklemler sürekli eklemler	Yumuşak fay kili > 5mm kalınlık veya açık eklemler > 5mm sürekli eklemler		
	Derecelendirme		25	20	12	6	0		
5	Yardıllı suyu	Tünelin 10 m. lik kısmından geçen su	Yak		< 25 litre/dak.	25-125 litre / dak.	> 125 litre/dak.		
		Eklemlerdeki su Lasansı Oran Ana usul gurülme	0		0,0-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Genel Koşullar	Tamamen kuru		veya Yalnızca nemli (karlılarındaki su)	veya Orta basınç altında su	veya Önemli su problemleri		
	Derecelendirme		10		7	4	0		

B. EKLEM YÖNLENİMİNE GÖRE DÜZELTME

Eklemlerin doğrultu ve eğim yönlenimi		Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil
Derecelendirme	Tüneller	0	- 2	- 5	- 10	- 12
	Yamaçlar	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	İyi 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	4 m. açıklıkta 6 ay	2m açıklıkta 1 hafta	1,5m. açıklıkta 5 saat	0,5m. açıklıkta 10 dakika
Kaya kütleinin kohezyonu	> 300 kPa	200-300 kPa	150- kPa	100- 150 kPa	< 100 kPa
Kaya kütleinin sürtünme açısı	> 45°	40°-45°	35°-40°	30°-35°	< 30°
Cevherin kazılabilirliği	Çok zayıf	Kalaylıkla büyük parçalar çıkar	Orta	Kalaylıkla küçük iyi parçalanma	Çok iyi

Tablo 1 Eklemlerli kaya kütlelerinin Jeomekanik sınıflaması (Bieniawski, 1979)

Table 1 Geomechanics classification of jointed rock masses (After Bieniawski, 1979)

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°	Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	
Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil	Orta	Uygun değil

Tablo 2 Eklemler doğrultu ve eğim yönlerinin tünele etkisi (Bieniawski, 1979)

Table 2 Effect of joint strike and dip orientations in tunneling (After Bieniawski, 1979)

Yapının tipine göre kazı destek oranı, Güledar barajı derivasyon tüneli için 1.6 dır. Tünel genişliği (B), tünel yüksekliği (H) aynı tutulduğu için B/ESR veya H/ESR değerleri ordinat ekseninde, Q değerleri absis ekseninde olmak üzere destekleme göstermeyen değerleri ile bunun yanında 38 çeşit destek kategorisi Şekil-5 de gösterilmiştir.

KİREÇTAŞI BİRİMDE YAPILAN Q-SİSTEMİ SINIFLAMASI

Kireçtaşlarındaki ortalama RQD yüzdesi 85 tir. Tünel güzergahı girişindeki kireçtaşında iki eklem takımı ve gelişigüzel eklemeler bulunmaktadır (Jn=6). Eklem pürüzlülüğü sürtünme izli ve dalgalıdır (Jr=1,5). Eklem yüzeyleri altere olmamış sadece yüzeysel paslanma vardır. (Ja=1). Eklemeler dolgusuz olup dayanımlı olan kireçtaşlarında çok miktarda su gelişi ve yüksek basıncı beklenmektedir. (Jw=0.5). Dayanımlı olan kireçtaşında tek bir makaslama zonu vardır (Kazı derinliği ≤50 m) SRF=2.5).

$$Q = \frac{85}{6} \times \frac{15}{1} \times \frac{1}{2.5} = 425 \text{ (Orta kaya)}$$

$$B = 3m. ESR=1,6$$

$$B/ESR = 1.875$$

Q = 4,25 için: Destek kategorisi = Destekleme gerekmez (şekil-5).

MATEİKS BİRİMİNDE YAPILAN Q-SİSTEMİ SINIFLAMASI

Güledar Formasyonunu matrisini oluşturan meta-detritikler ve metavolkanitler çok bozuşmuş ve dayanımsız olduklarından olağanüstü zayıf kaya özelliği gösterirler (Q < 0.01)

$$Q < 0.01 \text{ (olağanüstü zayıf kaya)}$$

$$B/ESR = 1.875$$

$$Q / 0,01 \text{ için: Destek kategorisi} = 37$$

Devamlı destek: Çelik kafes takviyeli 20-60 cm. aralıklı püskürtme betonu ile 0,5-1 m aralıklı gerdirmeli sistematik bulonlar gerekir.

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	Kemerin 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 traversler (ribs)
V	Tavan ve taban müşterek 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. Aynada 50 mm. Patlamadan hemen sonra şakrit uygulanmalı.	Çelik iksalı 0,75 m. aralıklı ağır traversler.

Tablo 3 Kaya tünellerindeki destek ve kazıların jeomekanik sınıflama rehberi (Bieniawski, 1979)

Table 3 Geomechanics classification guide for excavation and support of rock tunnels (After Bieniawski, 1979)

GÜLEDAR BARAJI

SONUÇLAR

Güledar barajının yapımı sırasında açılacak derivasyon tünelinin çapı 3 metredir. Tünel güzergahındaki kaya birimlerinde alınacak destek önlemlerinin saptanmasında Jeomekanik-RMR ve Q- Sistemi sınıflamaları uygulanmıştır. Jeomekanik-RMR sınıflaması 5-12 metre çapındaki tüneller için olduğundan ve Güledar barajı derivasyon tüneli bu genişlikte açılmış olduğu düşünüldüğünde RMR değeri ile bulunan kaya kalitesi ve gerekli destek sınıfı önerilmiştir.

3 metre genişlikte olan derivasyon tüneli için yapılan Q-sistemi sınıflaması daha ayrıntılı ve geçerlidir. Güledar barajı derivasyon tüneli açılırken her kaya birimi için gerekli destekleme önlemlerinin alınması koşulu ile Güledar barajı derivasyon tünel güzergahı, tünel yapımı için uygundur.

DEĞİNİLEN BELGELER

Akyürek, B., Bilginer, E., B., Hepsen N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağ, Z., Çatal, E., Sözen, B., Yıldırım, H., Hakyemez, Y., 1984, Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının temel jeoloji özellikleri: Jeoloji Mühendisliği, 20,3146.

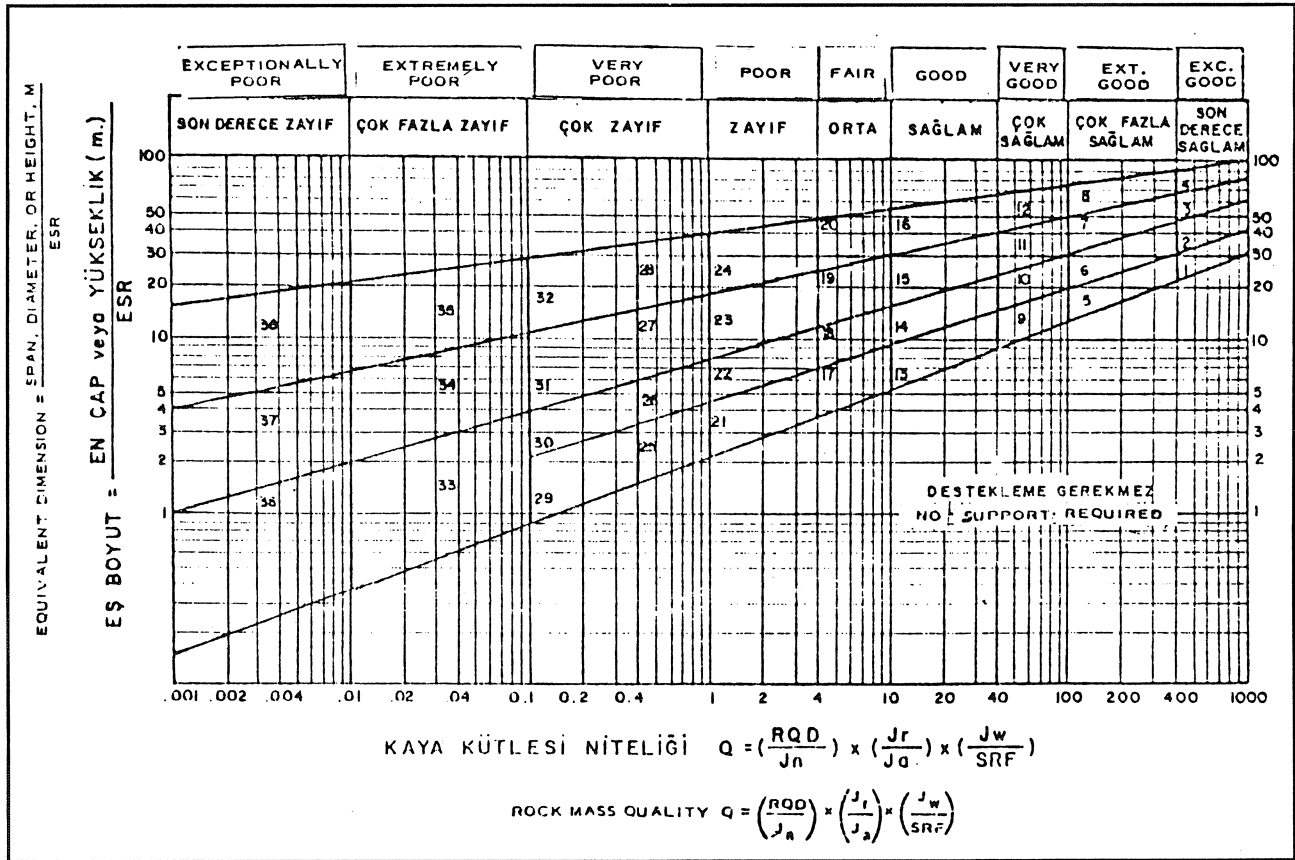
Barton, N., 1976, Recent Experiences with the Q-System for tunnel support. Proceedings, Symposium Exploration for Rock Engineering, ed. Z. T. Bieniawski, A.A. Balkema Press, Rotterdam, 1976, Vol 1, pp 107-114.

Barton, N., Lien, R., and Lunde, J., 1974, Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support: Rock Mechanics, Vol 6, No. 4, pp 183-236.

Bieniawski, Z. T., 1973, Engineering Classification of Rock Masses: Transactions of South African institution of Civil Engineers Vol 15, No. 12, pp 335-344

Bieniawski, Z.T., 1974, Geomechanic Classification of Rock Masses and its Application in Tunneling: Proceedings, Third International Congress Rock Mechanics, International Society For Rock Mechanics, Denver, Colo., Vol 1 A pp 27-32.

Bieniawski, Z.T., 1979, Tunnel design by rock mass Classifications: Technical report, 61-79-19, Office Chief of Engineers, U.S. Army Washington, D.C.20314.



Şekil 5. Q Sistemi-Eşboyut ile kaya kütle kalitesi arasındaki ilişki (Barton, 1976)

Figure 5. Q-System-equivalent dimension versus rock mass quality (After Barton, 1976).

Karaaslan, N., Taner, O., 1987, Çubuk projesi mühendislik Jeolojisi ön inceleme raporu: DSİ V. Bölge (Yayımlanmamış).

Özsan, A., 1992, Güledar barajı ve göl alanının (Çubuk, Ankara) mühendislik jeolojisi: Geosound (Baskıda), Adana