

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEMİRKAPI TÜNELİ (İBRADI-ANTALYA)
MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ İNCELEMESİ**

Muhammet BEYHAN

**Danışman
Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2016**



© 2016 [Muhammet BEYHAN]

TEZ ONAYI

Muhammet BEYHAN tarafından hazırlanan ‘Demirkapı Tüneli (İbradı-Antalya) Mühendislik Jeolojisi İncelemesi’ adlı tez çalışması aşağıdaki Jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Özgür AKTÜRK
Akdeniz Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Ali YALÇIN
Süleyman Demirel Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Yasin TUNCER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Muhammet BEYHAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam	1
1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması	2
1.2.1. Çalışma alanının yeri.....	2
1.2.2. İklim ve bitki örtüsü	2
1.2.3. Morfoloji	4
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	9
3.1. Bölgesel Jeoloji	9
3.2. İnceleme Alanını Jeolojisi.....	10
3.2.1. Kasımlar formasyonu (TRk)	11
3.2.2. Menteşe dolomiti (TRm).....	13
3.2.3. Leylek kireçtaşı (TRl)	14
3.2.4. Üzümdere formasyonu (TRJü).....	15
3.2.5. Dumanlı formasyonu (Kd)	16
3.2.6. Kuvaterner (Qal)	17
3.3. Hidrojeoloji	17
3.4. Mühendislik Jeolojisi	18
3.4.1. Arazi çalışmaları	20
3.4.2. Süreksizlik ölçümleri	22
3.4.3. Kaya kütle sınıflamaları	28
3.4.3.1. Kaya sınıflaması tarihçesi	29
3.4.3.2. RMR sınıflama sistemi.....	31
3.4.3.3. Q sistemi	38
3.4.3.4. RMQR sınıflaması	43
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	48
4.1. Arazi Çalışmaları	48
4.2. Sondaj Çalışmaları	48
4.3. Süreksizlik incelemeleri.....	49
4.3.1. Süreksizlik konumu.....	50
4.3.2. Süreksizlik aralığı.....	53
4.3.3. Süreksizlik devamlılığı.....	54
4.3.4. Süreksizlik açıklığı.....	55
4.3.5. Süreksizlik dolgu durumu	57
4.3.6. Süreksizliklerin su durumu	57
4.3.7. Süreksizlik duvarının durumu	58
4.4. Laboratuvar Çalışmaları.....	58
4.5. Demirkapı Tünelinin Jeoteknik Değerlendirmesi	59
4.5.1. RMR sisteminde deformasyon modülü ve kaya yükü	69

4.5.1.1. Desteksiz açıklık, desteksiz durma süresi ve destek önerileri.....	69
4.5.2. Q sistemine göre destekleme sistemleri	71
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	73
KAYNAKÇA.....	77
ÖZGEÇMİŞ	81



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Demirkapı Tüneli (İbradı-Antalya) Mühendislik Jeolojisi İncelemesi

Muhammet BEYHAN

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK

Akdeniz bölgesinin Antalya ili sınırları içerisinde, Antalya ilini daha kısa bir yol güzergah ile İç Anadolu'ya bağlamak amacı ile Başlar köyü (Antalya-İbradı) yakınlarında Demirkapı Tüneli inşaatı yapılmaktadır. Bu proje kapsamında yapımı devam eden tünelin mühendislik jeolojisi incelemesi ve kaya kütle sınıflamalarına göre sınıflandırması bu tez çalışmasının konusunu oluşturmaktadır.

Demirkapı Tünel güzergahı, Anamas-Akseki Otoktonuna ait birimler olan Triyas yaşlı Kasımlar formasyonu, Mentеше dolomiti, Leylek kireçtaşı ve Triyas-Jura yaşlı Üzümdere formasyonu içinde kalmaktadır. Güzergahta yer alan birimlerde ayrıntılı süreksizlik ölçümleri yapılarak Kaya Kütle Sınıflama Sistemlerinden Rock Mass Rating (RMR), Q-Sistem (Q), Rock Mass Quality Rating (RMQR) güzergaha uygulanmıştır. Tünel güzergahı 9 yapısal bölgeye ayrılarak her yapısal bölge için en iyi, en kötü ve ortalama koşullar için değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre güzergahta RMR kaya sınıfı orta kaya ile zayıf kaya ve desteksiz açıklık 60cm ile 2,6m, desteksiz kendini tutma süresi ani çökme-6 gün arasında değiştiği, Q kaya sınıfı iyi kaya, orta kaya, zayıf kaya, çok zayıf kaya ve desteksiz tavan açıklığı 82cm ile 5,02m, tavan destek basıncı 0,31kg/cm² ile 4,58 kg/cm² arasında değiştiği belirlenmiştir. RMQR kaya sınıfı iyi kaya ve orta kaya olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Demirkapı tüneli, kaya kütle sınıflaması, RMR, Q, RMQR

2016, 81 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Engineering Geology Investigation of Demirkapı Tunnel (İbradı-Antalya)

Muhammet BEYHAN

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Geological Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK

In the province of Antalya within Akdeniz region, close to Baslar village, Demirkapı Tunnel construction is in progress in order to connecting Central Anatolia with a shorter road route to the province of Antalya (Antalya-İbradı). The geological examinations on rock mass classifications of this ongoing tunnel construction fundamentally bear the scope and objective of this dissertation.

Demirkapı tunnel route is in where Anamas-Akseki autochthonous remains within Triyas Kasımlar formation, Mentese dolomite, Leylek limestone and Triyas-Jura Üzümdere formation. The detailed discontinuity rock mass classification test systems Rock Mass Rating (RMR), Q-System (Q) and Rock Mass Quality Rating (RMQR) are applied where sampling units located in itinerary route. The tunnel route is divided into 9 structural zone, then, assessments are concluded accordance to the structural conditions of each region such as the best, the worst, and average. According to the assessment route based on extrapolations RMR rock with weak rock, unsupported span 60cm and 2,6m unsupported stand up time sudden crash-6 day, Q system rock class between good rock, fair rock, weak rock very weak rock and unsupported roof opening 82cm to 5,02m, roof support pressure 0,31kg/cm² to 4,58kg/cm². The RMQR rock class is idefined as a good rock and average in our assesment.

Keywords: Demirkapı tunnel, rock mass classification, RMR, Q, RMQR

2016, 81 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmam sırasında bilgi, öneri ve tecrübelerinden faydalandığım, çalışmalarımın en iyi şekilde devam etmesi için beni yönlendiren ve her türlü desteği veren değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK'e teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında yoğun iş yüküne rağmen, arazi ve büro çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Karayolları Genel Müdürlüğü 13. Bölge Müdürlüğü'nde görevli Jeoloji Mühendisi Sayın Suat SÜMENGEN'e teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarımda beni yalnız bırakmayan ve göstermiş oldukları anlayıştan dolayı Jeoloji Mühendisi Sayın Yavuz AK, Jeoloji Mühendisi Sayın Anıl EROęLU ve Demirkapı tünel çalışanlarına teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında değerli görüşlerinden yararlandığım Jeoloji Mühendisi Sayın Serhat DEMER'e teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında yanımda olan, maddi ve manevi her türlü desteği esirgemeyen ailem ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Muhammet BEYHAN
ISPARTA, 2016

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Demirkapı tüneli yerbulduru haritası	3
Şekil 1.2. Çalışma alanında bulunan Eynif ovası ve Gembos ovasının görünümü. 5	5
Şekil 3.1. Batı Toroslardaki tektonik birimleri gösteren harita.....	9
Şekil 3.2. Çalışma alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası.....	12
Şekil 3.3. Çalışma alanı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti	13
Şekil 3.4. Tünel giriş kısmı Kasımlar formasyonu-Menteşe dolomiti dokanağı	14
Şekil 3.5. Tünel çıkış bölümünde birimlerin KD-GB'dan görünümü	16
Şekil 3.6. Antalya-Beyşehir-Konya yolunun Km: 51+700.0 ve 187+850.0 arasında kalan yeni yolu ve Demirkapı tünelinin konumunu gösteren harita.....	19
Şekil 3.7. Demirkapı tüneli tip kesiti	19
Şekil 3.8. Tünel güzergahı üzerindeki yapısal bölgeler	21
Şekil 3.9. Süreksizlik izleme formu	23
Şekil 3.10. Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizliklerin esas alınan başlıca özellikleri	23
Şekil 3.11. RMR kaya kütleleri sınıflandırma sistemi girdi parametreleri.....	32
Şekil 3.12. RMR sistemine göre önerilen Tek eksenli basınç, süreksizlik aralığı, RQD parametrelerinin bulunmasına ait grafikler	35
Şekil 3.13. RMR kaya kütleleri sınıflarına göre uzun süreli ölçümler ve gözlem esas alınarak desteksiz, desteksiz durma süresi ve desteksiz açıklık arasındaki ilişki	36
Şekil 3.14. Q sınıflama sistemlerine ait destekleme türleri.....	42
Şekil 4.1. Çalışma alanında doğusunda bulunan Dumanlı formasyonuna ait tabakalar	50
Şekil 4.2. Yapısal bölge tabakalarına ait kontur diyagramları	51
Şekil 4.3. Yapısal bölge tabakalarına ait kontur diyagramları	52
Şekil 4.4. Yapısal bölgelerin aralık ölçümlerine ait histogram çözümleri.....	53
Şekil 4.5. Yapısal bölgelerin devamlılık ölçümlerine ait histogram çözümleri..	54
Şekil 4.6. Yapısal bölgelerin devamlılık ölçümlerine ait histogram çözümleri..	55
Şekil 4.7. Yapısal bölgelerin açıklık ölçümlerine ait histogram çözümleri	56
Şekil 4.8. RMR değeri ve kazı genişliğine göre desteksiz durma süresi ve desteksiz tavan açıklığı arasındaki ilişki (Km: 0+000.00-0+250.00, 0+250.00-0+975.00, 0+975.00-1+670.00, 1+670.00-2+220.00).....	69
Şekil 4.9. RMR değeri ve kazı genişliğine göre desteksiz durma süresi ve desteksiz tavan açıklığı arasındaki ilişki (Km:2+220.00-4+250.00 4+250.00-4+640.00, 4+640.00-4+908.00).....	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Yapısal Bölgeler.....	20
Çizelge 3.2. Süreksizlik aralığı tanımlama esasları	24
Çizelge 3.3. Süreksizlik devamlılığı tanımlamasına ait esaslar	25
Çizelge 3.4. Süreksizlik açıklığının tanımlanmasına ilişkin ölçütler	25
Çizelge 3.5. Toprak zeminlerin drenajsız makaslanma dayanımlarının tanımlanmasına ait ölçütler	26
Çizelge 3.6. Süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli sıkışma dayanımları ve arazi tanımlamalarına göre sınıflandırılması	26
Çizelge 3.7. Kaya kütlelerinin bozunma derecesi ile ilgili sınıflaması.....	27
Çizelge 3.8. Dolgunsuz ve dolgulu süreksizlikler için su durumunun sınıflandırılması ve tanımlanması	28
Çizelge 3.9. Kaya kütle sınıflama sistemlerinin günümüze kadar gelişimi	31
Çizelge 3.10. RMR kaya kütlesi sınıflama sistemi parametreleri, değişim aralıkları ve puanları.....	34
Çizelge 3.11. RMR sınıflama sisteminde kullanılan patlatma ve başlıca zayıflık düzlemleriyle ilgili düzeltme katsayıları.....	37
Çizelge 3.12. RMR sistemine göre kullanılan destek önerileri.....	38
Çizelge 3.13. Q sınıflama sistemine ait parametrelerin özellikleri.....	39
Çizelge 3.14. Q kaya sınıflamasına göre kaya kalitesi	41
Çizelge 3.15. Kazı destek tipi- ESR değeri.....	42
Çizelge 3.16. Kaya kütlelerinin bozunma derecesi ile ilgili sınıflaması ve RMQR RDD puanı	44
Çizelge 3.17. Süreksizlik seti sayısı ve RDSN puanı.....	44
Çizelge 3.18. Süreksizlik açıklığı durumu ve RDC puanı	45
Çizelge 3.19. Ortamın su akıntı derecesi ve RGWSC puanı.....	45
Çizelge 3.20. Ortamın su çekme oranı RGWAC puanı	46
Çizelge 3.21. RMQR sınıflama sistemine göre kaya kütle sınıfı	46
Çizelge 3.22. Kaya kütlelerinin parametreleri için a_0 , a_{100} ve β değerleri	47
Çizelge 4.1 Demirkapı tüneli sondaj yeri ve derinlikleri	48
Çizelge 4.2. Yapısal Bölgelere ait RQD değeri	49
Çizelge 4.3. RMR sınıflamasına ait tünelde süreksizliklerin eğim ve doğrultusunun etkisi	52
Çizelge 4.4. Yapısal bölgelere göre süreksizlik aralık değerleri.....	54
Çizelge 4.5. Yapısal bölgelere göre süreksizlik devamlılık değerleri.....	55
Çizelge 4.6. Yapısal bölgelere göre süreksizlik açıklığı değerleri.....	57
Çizelge 4.7. Demirkapı tüneli yapısal bölgelerin nokta yük dayanım verilerine göre koşullar altında değerlendirilmesi.....	58
Çizelge 4.8. Km:0+000.00-0+250.00, Km:0+250.00-0+975.00, Km:0+975.00-1+670.00 ve Km:1+670.00-2+220.00 arasındaki bölgenin kayaç özelliği	60
Çizelge 4.9. Km:2+220.00-4+250.00, Km:4+250.00-4+640.00 ve Km:4+640.00-4+908.00 arasındaki bölgenin kayaç özelliği.....	61
Çizelge 4.10. Km: 0+000.00-0+250.00 bölgenin RMR,Q,RMQR sistemlerine göre kaya kütle sınıfı Isparta ili beş yıllık ortalama sıcaklık ve nem verileri	62
Çizelge 4.11 Km: 0+250.00-0+975.00 bölgenin RMR,Q,RMQR sistemlerine	

göre kaya kütle sınıfı	63
Çizelge 4.12. Km: 0+975.00-1+670.00 bölgenin RMR,Q,RMQR sistemlerine göre kaya kütle sınıfı	64
Çizelge 4.13. Km: 1+670.00-2+220.00 bölgenin RMR,Q,RMQR sistemlerine göre kaya kütle sınıfı	65
Çizelge 4.14. Km: 2+220.00-4+250.00 bölgenin RMR,Q,RMQR sistemlerine göre kaya kütle sınıfı	66
Çizelge 4.15. Km: 4+250.00-4+640.00 bölgenin RMR,Q,RMQR sistemlerine göre kaya kütle sınıfı	67
Çizelge 4.16. Km: 4+640.00-4+908.00 bölgenin RMR,Q,RMQR sistemlerine göre kaya kütle sınıfı	68
Çizelge 4.17. RMR değerine göre yapısal bölgelerde deformasyon modülleri...	69
Çizelge 4.18. RMR puanı ve yapısal bölgelere göre desteksiz durma süresi ve desteksiz açıklık süresi	70
Çizelge 4.19. Yapısal bölgelerede kaya kütlesi sınıfına göre destek önerileri ...	71
Çizelge 4.20. Q sınıflama sistemine kaya kütle özellikleri	71
Çizelge 4.21. Q sınıflama sistemlerinin destekleme tipi.....	72

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A_B	RMR Sınıflamasında Patlatma Hasarı Düzeltme Faktörü
A_w	RMR Sınıflamasında Zayıflık Düzlemleri Düzeltme Faktörü
B	Tünel Genişliği
C	Kohezyon
E_m	Kaya Kütlesinin Elastisite Modülü
$I_s (50)$	Nokta Yük Dayanımı
J _a	Süreksizlik Alterasyon Sayısı
J _n	Süreksizlik Seti
J _r	Süreksizlik Pürüzlülük Sayısı
J _w	Süreksizlik Su Azaltma Sayısı
MPa	Mega Paskal
P	Destek Basıncı
R _{DC}	Süreksizlik Durumu ve oranı
R _{DD}	Kaya Bozunma Derecesi
R _{DS}	Süreksizlik aralığı ve Miktarı Oranı
R _{DSN}	Süreksizlik Seti Sayısı
R _{GWAC}	Yeraltı Su Emme Durumu
R _{GWSC}	Yeraltı Su Akıntı Durumu
S	Gerçek Süreksizlik Aralığı; tünellerde desteksiz açıklık uzunluğu
SK	Sondaj Kuyusu
SRF	Gerilme Azaltma Faktörü
Q	Q Kaya Kütlesi Sınıflama Sisteminde Kaya Kalitesi
γ	Birim Hacim Ağırlık
Φ	İçsel Sürtünme açısı
σ	Normal Gerilme
σ_c	Kayaç Malzemesinin Tek Eksenli Basınç Dayanımı
σ_1	En Büyük Asal Gerilme
σ_t	Kayaç Malzemesinin Çekme Dayanımı
σ_c	Kayaç Malzemesinin Tek Eksenli Basınç Dayanımı

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Tünel, ekonomik ve teknik koşulların yeryüzünden geçirilmesine izin vermediği için, yeraltından geçirilen ulaşım yoludur. Günümüzde yeraltında sadece ulaşım amaçlı yada zorunluluklardan değil depo, santral, metro ve benzeri amaçlı kazılar da yapılmaktadır. Bu nedenle hangi amaçla olursa olsun yeraltında yapılan mühendislik amaçlı bütün kazı işleri yeraltı kazısı olarak adlandırılmaktadır.

Endüstri ve ticaretin artması, teknolojinin gelişmesi, hızlı erişim dolayısı ile yüksek standartlı ulaşımı birlikte getirmektedir. Bu nedenle, şehir içi, şehirlerarası, uluslararası ulaşımında, petrol gaz gibi akışkan taşınmasında, içme, sulama, kullanma suyu iletiminde, yeraltı santralleri ve depolama amaçlı çeşitli mühendislik projelerinde yeraltı kazıları yapılmaktadır.

Yeraltı kazılarında, güzergah seçimi, en kesit ve boy kesit belirlenmesi sırasında yapılan ön inceleme aşamasında mühendislik jeolojisi ve jeoteknik çalışmalar önem kazanmaktadır. Özellikle yeraltı kazılarında, kaya kütleli sınıflamaları ön inceleme, fizibilite çalışmaları ile uygulama projelerine temel oluşturmaktadır. Bu çalışmada da yapım çalışmaları devam eden, Antalya-Konya karayolunun Taşağıl-İbradı(Antalya) arasında kalan bölümünde yer alan Demirkapı Tüneli'nde kaya kütleli sınıflamalarının uygulanması ele alınmıştır.

Kaya kütle sınıflamaları Ritter (1879) ile başlayıp günümüze kadar devam eden, kaya ortamında kazı-destek hesaplarında, gerilme dağılımlarının modellenmesinde, ön proje yapımında kullanımı ve önemi her geçen gün artan bir yöntemdir. Yeraltı kazılarının sayısal olarak artması ve buna bağlı veri sayısındaki artışlar, sınıflama sistemlerinin de artışına olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada günümüzde yaygın bir şekilde kullanılan RMR (Rock Mass Rating), Q (Quality) ve RMQR (Rock Mass Quality Rating) sınıflama sistemleri kullanılmıştır.

Çalışma alanı olarak, Akdeniz bölgesinin turizm, kültürel ve sanayi açısından önemli bir ili olan Antalya'yı İç Anadolu'ya daha kısa bir güzergah ile bağlamayı hedefleyen yol üzerinde inşaatı devam eden Demirkapı Tüneli seçilmiştir. Yapılan çalışma kapsamında, öncelikle tünel güzergahı ve çevresinin genel jeolojisi derlenmiştir. Tünel güzergahı 9 yapısal bölgeye ayrılarak, her bir yapısal bölge için konum, aralık, açıklık devamlılık dolgu ve su durumundan oluşan ayrıntılı süreksizlik gözlemleri yapılmıştır. Proje verileri ile süreksizlik gözlemlerinden yararlanılarak, Demirkapı Tüneli'nde RMR, Q, RMQR kaya kütlesi sınıflama sistemleri uygulanmış ve güzergahın jeoteknik değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışma alanı, yapımı devam eden Konya-Antalya yolunun İbradı-Manavgat ilçeleri arasında yer alan Demirkapı tüneldir. 4908 m uzunluğunda olan tünel güzergahında kazı çalışmaları 2 Mayıs 2016 itibari ile 3505 m'lik kısmı tamamlanmış ve çalışmalar halen devam etmektedir.

1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması

1.2.1. Çalışma Alanının Yeri

İç Anadolu'yu Akdeniz'e bağlayan yollardan bir tanesi Konya- Seydişehir-Akseki-Manavgat-Antalya yoludur. Toplam 304 km olan bu yol, açılacak tünel ve yeni yapılacak yol güzergahı ile Konya- Seydişehir-Başlar-Taşağıl- Antalya güzergahı ile toplam 210 km olacaktır. Antalya ili İbradı ilçesine bağlı Başlar ve Beydiğin köyleri arasında yer alan Demirkapı Tüneli, Taşağıl-İbradı yolu Km:33+832-38+740 arasında yer almaktadır (Şekil 1.1).

1.2.2. İklim ve bitki örtüsü

Antalya ilinin sahil kesimlerinde Akdeniz iklimi egemendir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçen bölgede, kuzeye doğru sahilinden uzaklaştıkça ve yüksekliğin artması ile iklim ve hava sertleşir ve İç Anadolu'nun karasal iklimine geçilir.



Şekil 1.1. Demirkapı tüneli yer bulduru haritası

Yaz aylarında ortalama sıcaklık 28-37 °C arasındadır, öğlen saatlerinde sıcaklığın 40 °C üstüne çıktığı görülür. Kış aylarında ortalama sıcaklık 10-22 °C arasındadır, kar neredeyse hiç yağmaz ve don olayına rastlanmaz. Yağış olmadığı günler hava genellikle açık ve güneşlidir. İlde ortalama bağıl nem % 64'dür, yaz aylarında neredeyse yağmur hiç yağmaz ve yılın ancak 40-50 günü kapalı ve yağışlıdır. Bu yüzden bölge yılın 12 ayı turizm hareketliliklerine açıktır.

Antalya'da ölçülmüş en yüksek yağış miktarı 232,8 kg/m² ile 1997 yılı Haziran ayındadır, bölgede en yüksek kar kalınlığı 32 cm ile 1950 yılı Ocak ayındadır.

Kıyıda 500-600m yüksekliğe kadar aşırı yaz kuraklığına uyum sağlamış olan bölgede kış aylarında da yeşil kalan makiler bulunmaktadır. Yüksek kesimlerde büyük ormanlık alanları olup, bunlar genellikle çam, sedir, ardıç ağaçları ile kaplıdır. Bazı bölgelerde kızılçam ve meşelerin egemen olduğu karışık ve yamaç ormanları bulunmaktadır.

1.2.3. Morfoloji

Akdeniz kıyılarımız denize paralel uzanan Toros Dağları tarafından şekillenmiştir. Toros Dağlarının Antalya körfezi etrafında olan bölümü Batı Toroslar, Antalya sınırlarından yaklaşık Mersin'e kadar olan bölümü Orta Toroslar ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde olan bölümü ise Güneydoğu Toroslar (ya da Doğu Toroslar) olarak adlandırılmıştır. Jeolojik açıdan bakıldığında, Toros Dağları otokton birimleri ve bu birimler üzerine bindirme fayları ile yerleşmiş allokton napları kapsamaktadır. Bu nedenle Toros Dağları büyük tektonik hatlarla sınırlıdır.

Çalışma alanı, Orta Torosların batısında yer almaktadır. Orta Torosların bu bölümü jeolojik açıdan, Anamas-Akseki otoktonu olarak bilinmektedir. Anamas-Akseki otoktonu, Kambriyen-Tersiyer zaman aralığında oluşmuş çoğunluğu kireçtaşlarından oluşan ve yaklaşık 2000 m yüksekliğe sahip dağların bulunduğu bir alandır. Toros Dağlarının bir başka özelliği, karbonatlı kayalar içinde gözlenen karstik çöküntü alanlarıdır. Çalışma alanında da iki önemli çöküntü ovası bulunmaktadır. Eynif ovası, 17 km uzunluğu 3 km genişliği olan kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı bir ovadır.

Gembos ovası ise kuzeybatı-güneydoğu uzanımlıdır ve 16 km uzunluğa, 2 km genişliğe sahiptir (Şekil.1.2).

Çalışma alanı, başta tünelin geçtiği Akdağ olmak üzere birçok yükselime sahiptir. Bölgenin başlıca yükselimleri şöyledir; Gicivikli Dağı (1821 m), Güzelce Dağı (1460 m), Çürük Tepesi(1508 m), Kavanoz Dağı (1662 m), Akdağ(1984 m), Gölcük Tepesi (1586 m), Kuzukulağı Tepesi(1527 m), Kurnalıpelit Tepesi(1541 m), Şahinkaya Tepesi(1298 m), Kurgediği Tepesi(1538 m), Alataş Tepesi(1921 m), Kesmeli Tepe(958 m), Embestaşı Tepesi(748 m), Erikliyelek Tepesi(968 m).



Şekil 1.2. Çalışma alanında bulunan Eynif ovası ve Gembos ovasının görünümü

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Antalya'nın İbradı ilçesinde açılmakta olan Demirkapı karayolu tünel güzergahının içinde kaldığı alanda otokton ve allokton kaya birimleri bulunmaktadır. Bölgede birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalar 1900'lü yıllardan günümüze kadar sürmüştür.

Martin (1969), yaptığı çalışmalarda Torosların Akseki kuzeyindeki bazı stratigrafik ve tektonik gelişimlerini incelemiştir. Paleozoyik'in hiçbir yerde otokton olmadığını, Tersiyer filisi üzerinde yüzer durumda olduğunu ifade etmiştir. Monod (1966) 'un açıkladığı allokton ve otokton veya paraotokton birimler arasındaki ayırımın bölgede de geçerli olduğunu açıklamıştır

Brunn vd. (1971), Batı Toroslarda yaptığı çalışmalarında bölgenin otokton kuşağı ile birlikte üç ana napla temsil edildiğini belirtmiştir. Beydağları dahil Akseki-Seydişehir dolayında kalın Mesozoyik karbonatların otokton kuşağını oluşturduğu araştırmacılar tarafından öne sürülmüştür. Bölgede bulunan temel birimlerin birbiriyle olan ilişkisini yayılımı ve alt üst ilişkisini ortaya çıkarmıştır.

Dumont ve Kerey (1975), Antalya naplarının oluşumunun başlangıcının Isparta kıvrımının oluşumuna bağlı olduğunu öne sürerek, Isparta kıvrımının orta bölümü ile Batı Torosların allokton ve paraotokton bölümleri arasında meydana gelmiş yapısal istiflenmeler arasındaki benzerlikleri belirtmiştir. Bu benzerliklerden yola çıkarak Batı ve Orta Torosların otokton ve allokton birimleri arasında benzerlikleri çalışmış ve yapısal bir model önermiştir.

Özgül (1976), Torosların jeolojik stratigrafik tektonik içeriğini incelemiş ve jeolojik evrimini ortaya koymuştur. Ayrıca Geyik Dağı ve Toros biriminin allokton olduğunu öne sürmüştür. Özgül ve Gedik (1973) Alt-Orta Kambriyen Çataltepe kireçtaşı ve Üst Kambriyen-Alt Ordosvisiyen Seydişehir formasyonu üzerinde de birçok çalışma yapmıştır. Türkiye'nin güneyindeki Bolkar Dağı birimi, Aladağ birimi, Geyik Dağı birimi, Alanya birimi, Bozkır birimi ve Antalya birimlerini farklı tektonik birimlere ayırmıştır. Otokton birimleri batıdan doğuya doğru Beydağı otoktonu, Anamas-Akseki otoktonu ve Güney Anadolu otoktonu diye ayırmıştır. Allokton birimleri ise

Likya napları, Antalya napları, Alanya napı, Beyşehir-Hoyran-Hadim napları, Yahyalı-Munzur napları ve Bitlis-Pütürge napları olarak adlandırmıştır.

Demirtaşlı vd. (1977), Fransız araştırmacıların Murtiçi-Gündoğmuş arasındaki bölgede Antalya naplarına dahil ettikleri birimlerin nap olmadığını belirterek, Sinanhoca Formasyonu olarak adlandırdıkları tartışmalı birimin Triyas yaşında olmayıp Triyas-Üst Kretase zaman aralığında çeşitli türden olistolitleri içeren bir olistostrom olduğunu belirtmiştir. Bunun yanı sıra Alanya Masifi'nin de bu filiş üzerinde güneyden kuzeye doğru itildiğini belirtmişlerdir.

Demirtaşlı, (1979), Batı Toros Kuşağının (Akseki yöresi) petrol olanakları adlı çalışmasında yörede yaygın olan canlı petrol, asfalt ve bitüm bulgularının yanında petrolün oluşumu için gerekli ana, hazne ve örtü kayalarının bulunduğunu saha gözlemlerine dayanarak ortaya koymuştur. Bölgede petrol birikimi için gerekli olan kapanların bulunabileceğini aktarmıştır.

Toker vd. (1993), Orta Toroslar'da Akseki ve onun kuzeyinde yer alan bölgenin stratigrafisini incelemiş ve tortullaşma ortamını tanımlamıştır. Çalışma alanındaki çökel kayalar, Akseki ve Akdağ-Yelekdağ tektonik dilim olarak iki bölüme ayırmıştır. Bu tektonik dilimleri ayrıntılı olarak açıklamıştır. Akseki tektonik dilimindeki çökellerin Dogger'den Orta Eosen'e kadar neritik, Lütésiyen'de ise pelajik-yarı pelajik fasiyesler ile temsil edildiğini tespit etmiştir. Çalışmada bölgede 300 m. kalınlıkta ölçülen Hendos dolomiti ve 175 m. kalınlıkta ölçülen, Geç Jura-Erken Kretase yaşlı Akkuyu formasyonu ile ilgili değerlendirmeler yapmıştır.

Şenel vd. (1996), çalışmasında Anamas-Akseki otoktonu (Orta Toroslar) güney kenarını oluşturan Pirnos bloğunun stratigrafik özellikleri incelenmiş ve elde edilen verilere dayanılarak paleocoğrafik yorumlamasını yapmıştır. Bölgenin sırasıyla Geç Residyen'de regresyona, Erken Liyas sonunda transregresyona, Geç Liyas sonunda regresyona ve tekrar bir transgresyona uğradığını belirtmiştir. Kapmpaniyen öncesi tekrar yükselerek aşınmaya başlayan blok Kampaniyen başlangıcında yeni bir transgresyondan etkilenmiş ve Daniyen sonlarında Antalya napları ile tektonik olarak örtülmüştür. Eosen sonunda ise Beyşehir-Hoyran-Hadim naplarının kuzeyden

Akseki-Anamas otoktonu üzerindeki sürüklenimi ile deformasyona uğradığını ortaya koymuştur.

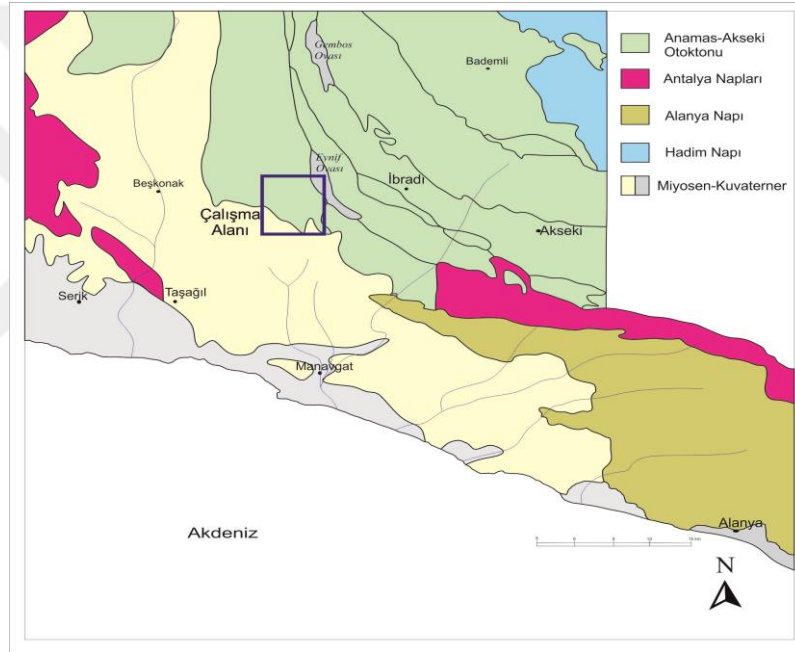
Şenel vd. (1998), Orta Torosların güneybatısında yer alan çalışma alanında otokton ve allokton istiflerin stratigrafik ve yapısal özelliklerini ortaya koymuştur. Yaptığı çalışmada Antalya napları, Hadim napı, Alanya napı, ve Anamas-Akseki otoktonunda yüzeylenen birimleri ele almıştır. Anamas-Akseki otoktonuna ait olan Akseki bloğu, Yelekdağ bloğu, Oğuz bloğu Tepedağ bloğu, ve Pirnos bloğunu incelemiş ve bu beş bloğun birbirinden farklı özellikler sergilediğini öne sürmüştür. Ayrıca bu bloklara ait stratigrafik ve yapısal özellikleri değerlendirmiştir.

Şenel vd. (2010), Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü 2010 yılında ikinci baskı olarak yayınladığı raporda Antalya körfezi kuzeydoğusunda yer alan Isparta-N 26 paftasının jeolojik özellikleri araştırılmıştır. Bu raporda Beydağı otoktonu, Antalya napları ve Beyşehir-Hoyran-Hadim napları ile neotokton konumlu Miyosen-Kuvaterner yaşlı kaya birimleri yer alır. Raporda yer alan otokton ve allokton birimleri incelemiş ve bu birimlere ait sınırlar tespit edilmiştir. Birimlerin tektonik özellikleri, litolojik özellikleri, oluştuğu ortam koşulları araştırılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Bölgesel Jeoloji

Toroslar, Anadolu'nun güneybatısından, doğu ve güneydoğusuna uzanan Kambriyen-Tersiyer arasında çökelmiş kaya birimlerinden oluşur. Toroslar, Batı Toroslar, Orta Toroslar, Güneydoğu Toroslar olmak üzere üç gruba ayrılır. Orta Torosların batısında bulunan çalışma alanı ve çevresi çok farklı ortam koşullarında oluşmuş ve farklı stratigrafik, litolojik ve tektonik özellik gösteren, otokton ve allokton kaya birimlerinden meydana gelmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Batı Toroslardaki tektonik birimleri gösteren harita (Şenel vd. 1998)

Otokton kaya birimi Anamas-Akseki otoktonu allokton kaya birimleri ise Antalya, Alanya ve Hadim naplarıdır. Otokton konumlu kayalar genelde platform tipi çökellerden oluşur ve bu kayalar üzerinde naplar halinde bulunan kütleler ise okyanusal kabuk, yamaç, havza ortamını temsil eder (Şenel vd. 1996). Allokton kaya birimi olan Alanya napı, Antalya napı üzerinde tektonik örtü olarak görülür ve Üst Kretase sonlarında bu allokton kütleler Anamas-Akseki otoktonunun güney kısmına yerleşmiştir. Eosen sonlarında ise Hadim napı Anamas-Akseki otoktonu üzerine

yerleşmiştir. Geç Tersiyer-Kuvaterner yaşlı çökeller otokton ve allohton kaya birimleri üzerinde örtü olarak bulunur.

Genellikle derin denizel çökellerden oluşan Antalya napları, Erken Paleosende bölgeye güneyden yerleşmiştir. Üst Triyas yaşlı platform, Jura-Kretase yaşlı yamaç havza tipi çökellerden oluşan Çataltepe napı ve Permiyen-Alt Triyas yaşlı platform Orta Triyas-Üst Kretase yaşlı bazik volkanizmanın etkin olduğu havza tipi çökellerden oluşan Tahtalıdağ napını kapsar (Brunn vd. 1971).

Alanya napı birimleri, yüksek sıcaklık ve basınç sonucu metamorfizmaya uğrayan kaya birimlerinden oluşmaktadır. Alanya napı, yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş Mahmutlar ve Yumrudağ; mavi şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş Sugözü birimlerinden oluşur. Mahmutlar formasyonu, dolomitik kireçtaşı, grafit şist, metakumtaşları kuvarsit birimlerinden oluşur. Yumrudağ formasyonu dolomit, şist, kalkşist birimlerinden oluşur. Sugözü formasyonu mermer, dolomit, kuvarsit, talkşist birimlerinden oluşur. Alanya napı, Antalya napının üzerinde tektonik örtü olarak bulunur. (Özgül, 1976).

Anamas-Akseki otoktonu Orta Torosların otokton kaya birimlerinden oluşmaktadır. Kuzeyden güneye doğru Akseki bloğu, Yelekdağ bloğu, Oğuz bloğu Tepedağ bloğu, Pirnos bloğu olmak üzere beş otokton bloktan oluşmaktadır. Şenel vd. (1996) tarafından yazılan raporda bu bloklar birbiri üzerine ekatlanmıştır ve yer yer ortak konumunu kazanmış olan Antalya napları ile Alanya napı Anamas-Akseki otoktonu güney kenarına (Pirnos bloğu üzerine) Daniyende kısmen yapısal konumunu koruyarak yerleşmiştir (Şenel vd. 1998).

3.2. İnceleme Alanını Jeolojisi

İnceleme alanı Orta Torosların otokton kaya birimlerini oluşturan Anamas-Akseki otoktonunun güney ucunda bulunur. Bölge birçok denizel ve tektonik hareketlere maruz kalmıştır. Anamas-Akseki otoktonu Antalya naplarına sınır olduğundan dolayı yer yer Antalya naplarına ait izlerde taşımaktadır. Bu bölgede çalışmalar yapan Şenel vd. (1998) Triyas-Orta Eosen arasında çökelmiş platform kayalardan oluşan Anamas-Akseki otoktonunun, Orta Eosen'den sonra meydana gelen tektonik

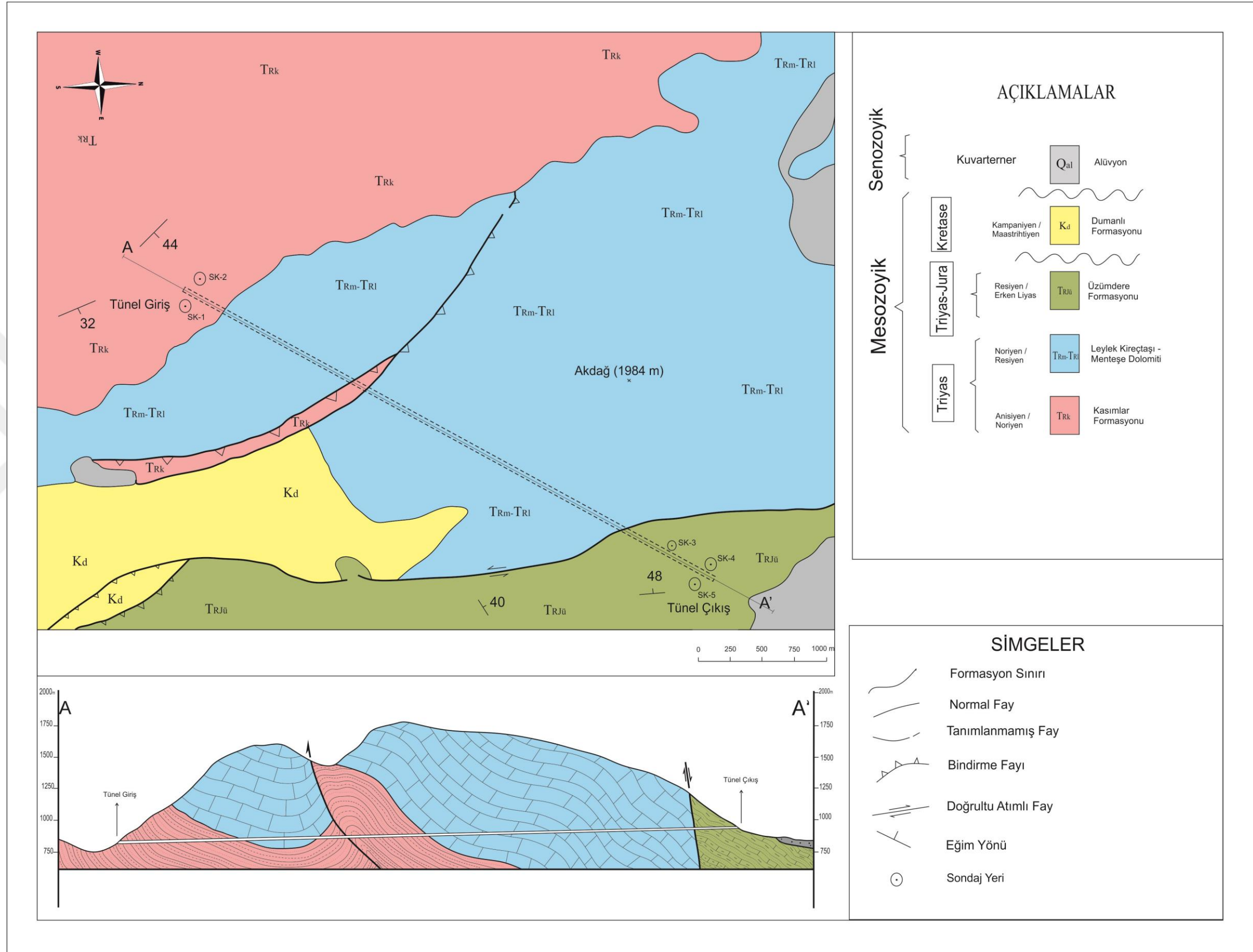
hareketler nedeni ile Pirnos Tepedağ bloğu kendi içinde dilimlenmiş ve Akseki bloğu Akdağ Yelekdağ bloğu üzerine, Akdağ Yelekdağ bloğuda Pirnos Tepedağ bloğu üzerine itilmiş olduğunu belirtmiştir.

Çalışma alanında temelde Kasımlar formasyonu bulunmaktadır. Triyas yaşlı Kasımlar formasyonu ince orta kalın tabakalı kahverengi yeşilimsi, gri kumtaşları, silttaşı ve kilttaşlarından oluşur. Üstte bulunan Orta- Üst Triyas yaşlı dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşan Mentеше dolomiti, dağılgan orta taneli gri, açık gri dolomitlerle başlar ve üste doğru kalın tabakalı gri renkli megalodontlu ve algli kireçtaşı ile dolomitik kireçtaşlarından oluşan Leylek kireçtaşlarına geçer. Leylek kireçtaşı, orta kalın tabakalı gri, sarı, pembe, renkli bol megalodontlu kireçtaşlarından oluşur ve üstte kırmızı kumtaşları, konglomera, kiltası ve killi-kumlu kireçtaşlarından oluşan Üzümdere formasyonu ile geçişlidir. Üzümdere formasyonun üzerinde Dumanlı formasyonu bulunur. Birim kalsitürbidit ve mikritlerden oluşmuştur (Altuğ, 1971) (Şekil 3.2, Şekil 3.3).

3.2.1. Kasımlar Formasyonu (Trk)

Kasımlar formasyonu, Dumont ve Kerey (1975) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında tünel giriş bölümünün de içinde açıldığı, Anamas Akseki otoktonuna ait birim olan Kasımlar formasyonu geniş bir alan kaplamaktadır.

Genelde kumtaşı ve şeyllerle temsil edilen formasyonda, çamurtaşı, silttaşı, marn ve çakıltaşı seviyeleri de bulunmaktadır. Kumtaşı ve şeyller ince, orta, kalın tabakalı açık gri, koyu gri, yeşilimsi gri, siyah sarımsı kahverengi kırmızımsıdır. Kumtaşı ince ve orta tabakalı, çamurtaşları ve şeyller ile ara katmanlı görülür. Kasımlar formasyonu çalışma alanının batı ve güneybatısında yer almakta ve üstte Mentеше dolomiti ile geçişlidir.



Şekil 3.2. Çalışma alanının 1/ 25000 ölçekli jeoloji haritası (MTA haritasından uyarlanmıştır)

Kasımlar formasyonunun kalınlığı 1500 m dir. Genelde az fosil içerikli olan formasyonda Habbia, Ommanida Megalodont ve Heteresetridusim ve Torlessia izleri bulunur. Bu fosil kapsamına göre Geç Anisiyen-Noriyen yaşlı kabul edilir (Şenel vd. 2010). Birim türbidit akıntılarının etkin olduğu şelf, kısmen de yamaç ortamında çökelmiştir (Şenel vd. 1998).

3.2.2. Mentеше Dolomiti (Trm)

Dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşan mentеше dolomiti Dumont ve Kerey (1975) tarafından adlandırılmıştır. Birim Kasımlar-Eğirdir yolu üzerindeki Mentеше köyünden ismini almıştır.

Üst Sistem	Sistem	Seri	Blok	Formasyon	Simge	Kalınlık(m)	Litoloji	Açıklamalar	
MESOZOYİK	Senozoyik	Kuvaterner				Caal	25		Tutulmamış kil kum silttaşı
		Kretase	Kampaniyen - Maastrichtiyen	Yeledağ/ Pirmos/Oğuz	Dumanlı	Kd	350		Killi-kumlu kireçtaşları, Yersel çörtlü miktidler
	Triyas-Jura							Resiyen - Erken Liyas	Yeledağ/ Pirmos/Oğuz
		Triyas	Resiyen	Pirmos/ Melikdağ	Leylek	TRi	250		
	Noriyen - Resiyen							Pirmos/ Melikdağ	Menteşe
		Anisiyen-Noriyen	Melikdağ	Kasımlar	TRk	1500			

Şekil 3.3. Çalışma alanı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (Şenel vd. 1996)

Birim genelde masif-kalın tabakalı gri-açık gri, bazen breşik görünümlü bazı yerlerde dağılgan dolomitlerle temsil edilir. Mentеше dolomiti altta masif yer yer dağılgan genelde orta taneli gri, açık gri, renklerle başlar. Üstte kalın tabakalı gri renkli dolomitler, daha üstte kalın tabakalı kalın tabakalı, gri, bej, açık gri renkli megalodontlu ve algli kireçtaşı ile dolomitik kireçtaşı kapsar (Şenel vd. 2010). Şenel ve diğ. (1996) tarafında yapılan incelemelerde Mentеше dolomitinin belirgin olmazsa da stramotolitli düzeyler ve silik alg, mercan ve megalodont izleri bulunan birimde, yer yer dolomitik kireçtaşı seviyelerinin olağan olduğunu belirtmiştir (Şekil.3.4).

Menteşe dolomiti kalınlığı 300-350m dir. Çalışma alanında üstte Leylek kireçtaşı ile geçişli olan Mentеше dolomiti, altta Kasımlar formasyonu ile geçişlidir. Üstte bulunan Leylek kireçtaşı megalodontlu kireçtaşlarıdır. İki birim birbirine benzemelerinden dolayı bazı yerlerde ayırtlanamamıştır (Şenel vd. 2010).



Şekil 3.4. Tünel giriş kısmı, Kasımlar formasyonu-Menteşe dolomiti dokanağı
(Trk: Kasımlar formasyonu; Trm: Mentеше dolomiti)

3.2.3. Leylek Kireçtaşı (TRl)

Megalodontlu kireçtaşları ile temsil edilen birim Gutnic ve diğ (1979) tarafından adlandırılmıştır. Anamas dağı güney, Aksu kuzeyindeki Leylek tepede tip kesiti

yüzeyleyen Leylek kireçtaşına ait başvuru kesiti, Karadere güneyinde Manavgat çayı gözlenir (Şenel vd. 1996)

Birim orta kalın tabakalı yersel ince tabakalı gri, açık gri, kirli sarı, pembe renkli sert bol megalodontlu kireçtaşlarından oluşur. Tabanında dolomit dolomitik kireçtaşlarında bulunan birimin üst yüzeyinde killi-kumlu kireçtaşları kapsar. Stramtolitli ve oolitli düzeylerde içeren leylek kireçtaşının üst seviyelerinde sıkça alg ve gastropod yığılımları bulunur (Şenel vd. 1996).

Üstte Üzümdere formasyonu ile uyumlu olan birim alttan Menteşe dolomiti ile geçişlidir. Çalışma alanında Menteşe dolomiti ile aynı yayılımı gösterir. Kalınlığı 300- 400 m'dir.

Birim bol miktarda megalodontlardan ve algastropot v.b organizmalar izleri taşıyan Leylek kireçtaşı *Auloconus* cf. *Permodiscoides*, *Aulotortus* sp formlara göre residiyen yaşlıdır.

Sığ karbonat şelf ortamında çökelmiş olan Leylek kireçtaşı, üstte kıyı fasiyesleri kapsar. Birim regresif özelliktedir (Şenel vd. 1996).

3.2.4. Üzümdere formasyonu (TrJü)

Kumtaşı, kıltaşı, killi-kumlu kireçtaşı konglomeralardan oluşan formasyon Ziegler (1938) tarafından adlandırılmıştır. Şenel ve diğ. (1996) tarafından yapılan araştırmalara göre Altuğ (1971) ile Demirtaşlı (1979) birimi Karadere formasyonu Dumont (1975) Çayır detritkleri olarak tanımlamıştır. Çalışma alanının doğusunda bulunan birim Menteşe dolomiti ve Leylek kireçtaşı ile geçişlidir (Şekil 3.5).

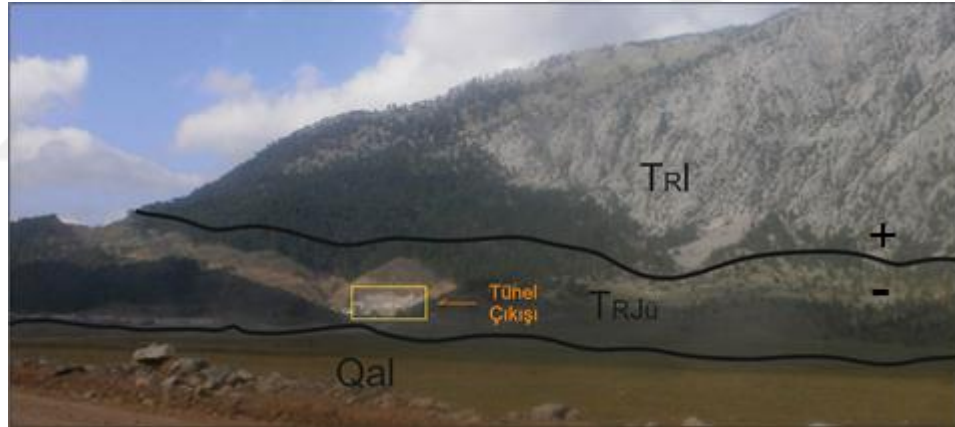
Birim, kumtaşı, kıltaşı, konglomera kireçtaşı, çakıltaşı, marndan oluşur. Kumtaşı, kıltaşı, konglomera, ince orta kalın tabakalı kırmızı, kirli sarı, yeşil gri vb. renktedir. Toker vd. (1993) kumtaşlarının matriksi demir, kil, silis ve az karbonattan oluşan hâkim bileşen monokristalin kuvars olan kuvars arenitlerinden oluştuğunu belirtmiştir.

Kireçtaşıları gri, açık gri, orta kalın tabakalı aşınma yüzeyleri kahverengimsi gri renktedir. Kireçtaşı seviyelerinin petrografik incelemeleri sonucu kuşgözü yapılı çamurtaşı ve bentik foraminiferli pelletli istifleri ayırt edilmiştir (Toker vd. 1993).

Üstte Dumanlı formasyonu ile geçişli olan Üzümdere formasyonu altta ise Leylek kireçtaşı ile geçişlidir. Formasyon kalınlığı Demirtaşlı vd. (1977) 'ye göre 400 m dir.

Üzümdere formasyonu tabanında megalodontlu izli kireçtaşıları yanında Diplora Annulata, Auloconus sp. Aulotortus sp. Formları ve stratigrafik konumuna göre Üst Residiyen- Alt Liyas yaşlı kabul edilmiştir (Şenel vd. 1996).

Birim zaman zaman karasal ve sığ denizel şartların kontrolünde gelişen istif belirtmektedir (Toker vd. 1993).



Şekil 3.5. Tünel çıkışı ve birimlerin görünümü (TRL: Leylek kireçtaşı; TRJü: Üzümdere formasyonu; Qal:Alüvyon)

3.2.5. Dumanlı Formasyonu (Kd)

Kalsitürbidit ve çörtlü mikritlerden oluşan formasyon Altuğ (1971) tarafından adlandırılmıştır. Birim çalışma alanının güney kısmında bulunur. Birim Pinos, Tepedağ ve Oğuz bloğunun ortak formasyonudur.

Birim kalın tabakalı gri, bej renkli kalkerinit, kasirudit ve ince orta tabakalı bej, gri, krem yeşilimsi gri, kırmızı, kirli sarırenklerde yersel çörtlü *Globotruncana*'lı mikritlerden oluşmuştur (Şenel vd., 2010). Formasyondaki kalsitürbidit seviyelerinin kalınlığı oldukça değişken olup yer yer derecelenmeli ve akıntılı yapılıdır. Birimin içinde kireçtaşı, kumtaşı kırıntılı seviyeler görülür.

Birimin üst ilişkisi izlenmez. Alttan Üzümdere formasyonu ile uyumsuz olarak izlenir. Birimin kalınlığı 250-350 m olarak ölçülmüştür. Bol rudist parçalı ve *Globotruncana*'lı olan formasyon *Stomiosphaera*, *Sphaerica* (Kanufmann) vb. formlara göre Kampaniyen-Mesrihtiyen yaşlıdır (Şenel vd. 1998).

Birim resif önü yamaç ortamlarında çökelmiştir.

3.2.6. Kuvaterner (Qal)

Güzergahta alüvyon ve yamaç molozu Kuvaterner'i temsil etmektedir. Çalışma alanında Demirkapı tünelinin çıkış tarafında bulunan alüvyon haritalanabilecek boyuttadır. Yer yer tutturulmuş siltli, kumlu ve çakıllı seviyelerden oluşmakta olup akarsu ve dere yataklarında ve düzlüklerde bulunmaktadır. Bölgede bulunan akarsu ve dere yatakları, alüvyon ve yamaç molozunu Eynif ovasına taşımaktadır. Böylece çevredeki taşınan Kuvaterner birimleri, Eynif ovasında geniş bir yayılım göstermektedir. Bu birimler kendinden önce oluşan birimler ile uyumsuz olup güncel olarak oluşumlarını devam ettirmektedir.

3.3. Hidrojeoloji

Torosların pek çok bölgesinde geniş yayılım gösteren karbonatlı kaya birimlerinin kalınlıklarının oldukça fazla olması nedeni ile yeraltısuyu oldukça derindedir. Bu nedenle yüksek alanlarda akarsu ve kaynak boşalmaları yaygın değildir. Çalışma alanı da yaklaşık 1500 m ile oldukça yüksek bir alandır ve yüzeyde akar dere ve kaynak boşalımı pek gözlenmez. Sadece yağışlı mevsimlerde su bulunduran Darıklı deresi, Işıkkodunu deresi, Kargılık deresi, Düzçam deresi, Kazmi deresi, Musluk deresi, Çoğuk deresi belli başlı derelerdir.

Çalışma alanında yer alan formasyonları geçirimsizlik özelliklerine göre değerlendirdiğimizde; kıltaşı, siltaşı, kumtaşı, şeyl ve kumlu-killi kireçtaşı birimlerinden oluşan Kasımlar formasyonu ile Üzümdere formasyonlarının kil ve kıltaşı seviyeleri geçirimsiz, diğer seviyeleri yarı geçirimlidir. Menteşe dolomiti ve Leylek kireçtaşı kalın tabakalı-masif, eklemli ve karstik yapıları ile geçirimli birimlerdir. Killi-kumlu kireçtaşları ve yer yer çörtlü mikritlerden oluşan Dumanlı formasyonu da geçirimlidir.

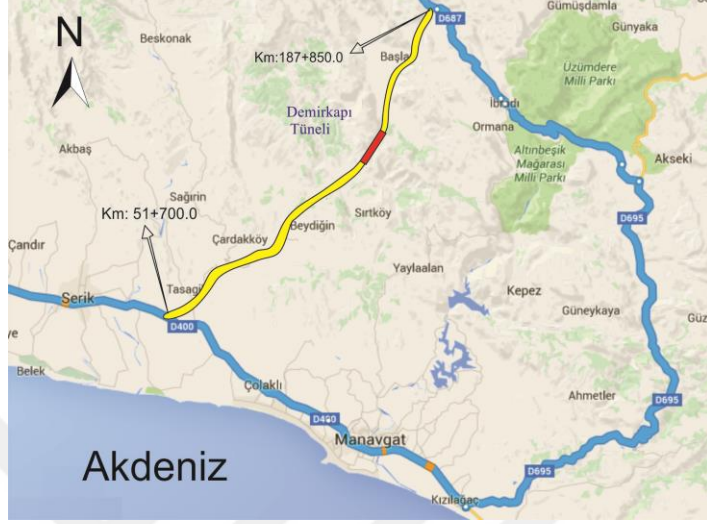
Tünel güzergahının büyük bir bölümü Kasımlar formasyonu ile Leylek kireçtaşı içinde kalmaktadır. Bu güne kadar yapılan kazılarda her iki birimde de herhangi bir su problemi yaşanmamıştır. Kırıklı, çatlaklı ve karstik yapıları ile geçirimli birim olarak tanımlanan Leylek kireçtaşında kuru olması bölgede yeraltısuyunun oldukça derinde olduğunu ve tünel kazısında herhangi bir su problemi olmayacağını göstermektedir.

3.4. Mühendislik Jeolojisi

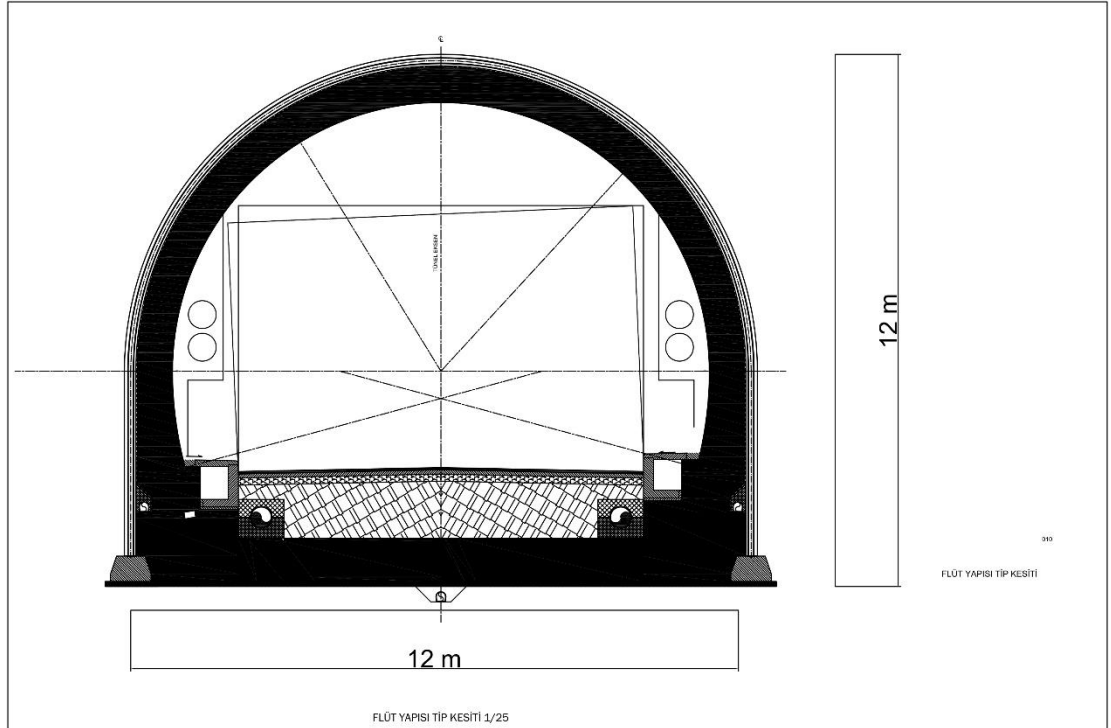
Ülkemizde ve dünyada artan nüfus yoğunluğu, ekonomilerdeki gelişmeler hızlı ulaşımı sağlamak için yeni yollar yapılmasını veya mevcut yolların iyileştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Türkiye'nin önemli turizm merkezlerinden olan Antalya ili ile Konya ili arasındaki mevcut karayolu uzun bir güzergaha sahiptir. Bu sebeple iki il arasında daha kısa bir yol güzergahı için Antalya'nın İbradı ilçesi Başlar köyü ile Manavgat ilçesi Taşağıl köyü arasında yol yapım çalışması düşünülmüştür. Karayolları Genel Müdürlüğü 13. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılmak istenen yol çalışmasının, Başlar köyünün 5 km güneybatısında bulunan bölüm engebeli arazisinden dolayı tünel geçilmesini zorunlu hale getirmiştir.

Tünel ile ilgili proje kapsamında ön inceleme çalışmaları 2012 yılında başlayıp 2013 yılının ilk aylarına kadar sürmüştür. 2013 yılı Mart ayında kazı çalışmaları başlamış ve halen devam etmektedir. Demirkapı tüneli (Manavgat) Taşağıl – İbradı yolunun Km: 33+832,199 - 38+740 arasındaki kesimde yer almaktadır (Şekil 3.6). Tünel 4908 m uzunluğunda 12 m yüksekliği ve 12 m genişliğe sahiptir. İki şeritli tek tüp olan tünel, trafik yükünün artması ihtimaline karşılık aynı özellikte yeni bir tünelin daha açılmasına uygun şekilde planlanmıştır. Tip kesiti Şekil 3.7'de görülen tünel,

kazı çalışmaları hem giriş hem de çıkış tarafından yapılmaktadır. Günde ortalama 8 m açılan tünelde 2 Mayıs 2016 tarihine kadar 3505 m açılmıştır. Tünel ön projelendirmesinde 2 giriş, 3 çıkış bölümünde olmak üzere 5 adet sondaj yapılmıştır.



Şekil 3.6. Antalya-Beyşehir-Konya yolunun Km:51+700.0 ve 187+850.0 arasında kalan yeni yolu ve Demirkapı tünelinin konumunu gösteren harita



Şekil 3.7. Demirkapı tüneli tip kesiti (Proje firmasından alınmıştır)

Bu çalışma kapsamında, tünel güzergahında jeolojik birimlerin özelliklerini belirlemek amacıyla bölgenin jeolojisi ve birimlerin jeolojik özellikleri incelenmiştir. Çalışma alanında proje kapsamında açılan sondaj ve laboratuvar verileri incelenmiştir. ISRM (1978)'ye göre süreksizliklere ait ölçümler yapılmış ve süreksizliklerin konum, aralık, açıklık, devamlılık, dolgu, gibi mühendislik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen bütün verilerin toplu halde değerlendirilmesi ile Demirkapı Tüneli RMR, Q, RMQR kaya kütlesi sınıflama sistemleri kullanılarak sınıflandırılmıştır.

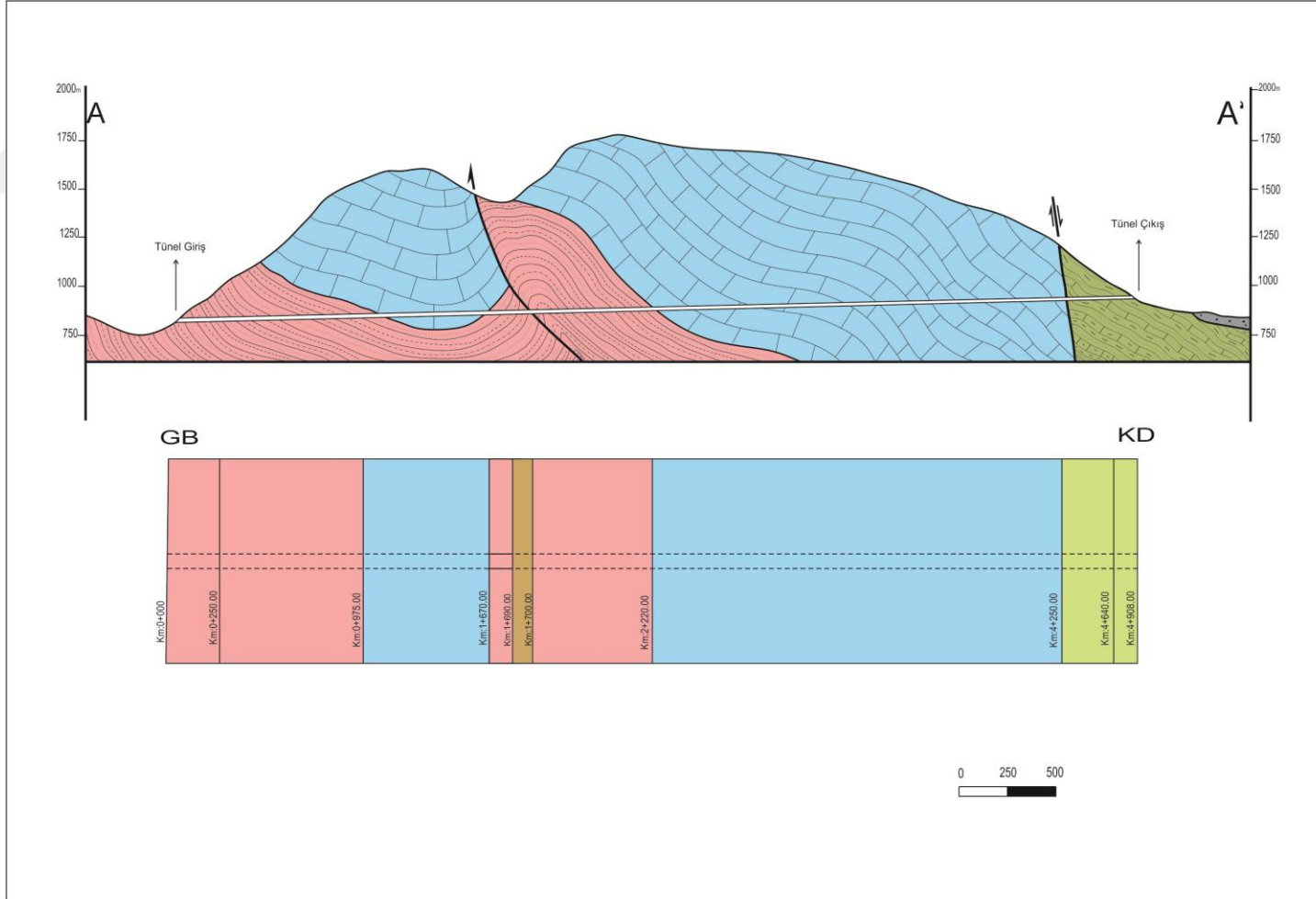
3.4.1. Arazi çalışmaları

Jeoloji ve mühendislik jeolojisi arazi çalışmalarında 1/25000 ölçekli harita kullanılmıştır. Bölgesel jeoloji eski çalışmalardan yararlanarak hazırlanmıştır. Ayrıca tünel kazısı ve tünel güzergahında yapılan gözlemlerle, güzergahın ayrıntılı mühendislik jeolojisi çalışmalarına esas jeolojik boy kesiti oluşturulmuştur. Hazırlanan bu boy kesit ve jeoloji haritası eşliğinde tünel güzergahı, hesaplamalarda birliktelik sağlanması amacı ile yapısal ve litolojik değişimler dikkate alınarak yapısal bölgelere ayrılmıştır. Yapılan ayırım tünelin giriş ve çıkış alanları ayrı birer yapısal bölge olarak değerlendirilmiştir. Yapılan yapısal bölge ayırımı Şekil 3.8'de, ayrıntıları çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Yapısal bölgeler

YAPISAL BÖLGE	Km	LİTOLOJİ
TÜNEL GİRİŞ	0+000-0+250	Kasımlar Formasyonu
	0+250-0+975	Kasımlar Formasyonu
	0+975-1+670	Leylek Kireçtaşı
	1+670-1+690	Kasımlar Formasyonu
	1+690-1+700	Fay Zonu
	1+700-2+220	Kasımlar Formasyonu
	2+220-4+250	Leylek Kireçtaşı
	4+250-4+640	Üzümdere Formasyonu
TÜNEL ÇIKIŞ	4+640-4+908	Üzümdere Formasyonu

Tünel güzergahı toplam 9 yapısal bölgeye ayrılmıştır ve mühendislik jeolojisi ile ilgili süreksizlik gözlemleri ve kaya kütlesi sınıflamaları bu ayırım göre yapılmıştır.



Şekil 3.8. Tünel güzergahı üzerindeki yapısal bölgeler

3.4.2. Süreksizlik Ölçümleri

Kaya kütleleri homojen olmayıp tabaka, eklem gibi çeşitli süreksizlikler tarafından kesilmektedir. Kaya kütlesi oluşturan bu süreksizlikler kaya malzemesini tanımlamasında ve özelliklerinin belirlenmesinde önemli yer alır. Özellikle, jeolojik yapının ortaya konması, kaya kütlesi ile ilgili stabilite, taşıma, oturma sınıflama gibi mühendislik hesaplamaların yapılmasında süreksizlikler önemli veri kaynağıdır. Süreksizlik ölçümleri Uluslararası Kaya Mekanik Derneği (ISRM) tanım ve önerileri doğrultusunda yapılmaktadır. Süreksizlikler sahada hat ölçümleri, pencere ölçümleri ve yüzeysel taramalar şeklinde farklı yöntemlerle incelenmektedir.

Kaya kütlelerinin tanımlanması amacıyla ISRM (1981) tarafından süreksizliklerin aşağıda belirtilen fiziksel parametreleri belirlenir;

- Süreksizliğin türü
- Süreksizliğin eğim yönü ve eğimi
- Süreksizlik aralığı
- Süreksizlik devamlılığı
- Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülüğü
- Süreksizlik yüzeyinin açıklığı
- Dolgu malzemesinin özellikleri
- Süreksizlik yüzeyinin bozunma derecesi
- Süreksizlik yüzeyindeki su durumu

Çalışma alanında her bir yapısal bölge için ayrı ayrı süreksizlik ölçümleri alınmış ve değerlendirilmiştir. Süreksizlik ölçümleri alımı esnasında süreksizlik izleme formu (Şekil 3.9), jeolog pusulası ve GPS ile kullanılmıştır.

Süreksizlik Yönelimi ve Eğimi; süreksizliklerin uzaydaki konumları, eğim ve doğrultularıyla tanımlanır. Süreksizliklerin eğim ve yönelimi jeolog pusulasıyla ölçülür. Süreksizlik konumu verileri gül diyagramları, stereografik iz düşüm, histogram tekniği ile grafiksel olarak değerlendirilir.

Süreksizlik Aralığı; Süreksizlik aralığı veya ara uzaklığı kaya kütlelerinde komşu konumlu iki süreksizlik ve bir birine paralel süreksizliklerden oluşmuş bir süreksizlik takımındaki iki süreksizliğin arasındaki dik uzaklıktır. Bu parametre, kaya kütlelerinin dayanımı ve davranışı üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğu için, yerüstü kazılarının ve açıklıklarının duraylılığında doğrudan etkilemektedir (Ulusay, 2007). Kaya kütleleri için süreksizlik aralığı parametresinin belirlenmesi amacıyla ISRM (1981) tarafından aşağıdaki Çizelge 3.2’de önerilen tanımlanma ölçütü kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Süreksizlik aralığı tanımlama esasları (Ulusay, 2007)

	Aralık (mm)	Tanımlama
1	<20 mm	Çok dar aralıklı
2	20-60 mm	Dar aralıklı
3	60-200 mm	Yakın aralıklı
4	200-600	Orta derecede aralıklı
5	600-2000 mm	Geniş aralıklı
6	2000-6000 mm	Çok geniş aralıklı
7	>6000 mm	İleri derecede geniş aralıklı

Süreksizlik Devamlılığı; Süreksizliklerin devamlılığı süreksizliklerin bir düzlemdeki alansal yayılımının göstergesi olup duraylılığı etkileyen önemli bir parametredir. Devamlılığın artması kazı duraylılığını olumsuz yönde etkilemektedir. Devamlılık arttıkça şev duraylılığı artar. Devamlılığın sınıflandırılması ve tanımlanması amacıyla ISMR (1981) tarafından aşağıdaki Çizelge 3.3’te önerilen ölçütler kullanılmaktadır (Ulusay, 2007).

Çizelge 3.3. Süreksizlik devamlılığının tanımlanmasına ait esaslar (Ulusay 2007)

Süreksizlik devamlılığı		Tanımlama
1	<1 m	Çok Düşük Devamlılık
2	1-3 m	Düşük Devamlılık
3	3-10 m	Orta Devamlılık
4	10- 20	Yüksek Devamlılık
5	>20	Çok Yüksek Devamlılık

Süreksizliğin Pürüzlülüğü/ Dalgallığı; Pürüzlülük ve dalgallık sırasıyla bir süreksizlik yüzeyinin küçük ve büyük ölçekte düzlemsellikten sapmasının bir ölçüsüdür. Dalgallık düzlemsellikten büyük ölçekteki bir sapmayı karakterize ederken küçük ölçekteki sapsmalar ise pürüzlülük olarak tanımlanır. Her iki özelliğe süreksizlik yüzeylerinin makaslama dayanımının önemli bir bileşeni olarak rol oynar (Ulusay, 2007).

Süreksizliğin Açıklığı; Açıklık bir süreksizliğin karşılıklı iki yüzeyi arasındaki dik uzaklık olup, boş olabileceği gibi su veya herhangi bir dolgu malzemesi tarafından doldurulmuş da olabilir. Süreksizlik yüzeyleri arasındaki açıklıklar, genellikle erozyona ve kazıya bağlı gerilme azalmasıyla veya süreksizlik yüzeyindeki dolgu malzemesinin yıkanmasıyla yakından ilgilidir. Açıklık kaya kütesinin gevşemesi ve sıvıları iletme yetisi açısından önemlidir. Süreksizlik açıklığının tanımlanması amacıyla ISRM (1981) tarafından önerilmiş ölçütler aşağıdaki Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Süreksizlik açıklığının tanımlanmasına ilişkin ölçütler (Ulusay, 2007)

Süreksizlik Açıklığı		Tanımlama	
1	<0,1 mm	Çok Sıkı	'Kapalı' yapılar
2	0,1-0,25 mm	Sıkı	
3	0,25-0,5 mm	Kısmen Sıkı	
4	0,5-2,5 mm	Açık	'Boşluklu' yapılar
5	2,5-10 mm	Orta Derecede Geniş	
6	>10 mm	Geniş	
7	1-10 cm	Çok Geniş	'Açık' yapılar
8	10-100 cm	Aşırı Geniş	
9	>100 cm	Boşluklu	

Süreksizlik Dolgu Malzemesi; Dolgu malzemesi, süreksizliğin karşılıklı iki yüzeyinin arasını dolduran ve genellikle ana kaya malzemesinden daha zayıf olan malzemedir. Kum, silt, kil, breş, ve milonit tipik dolgu malzemeleridir. Dolgu malzemesi pürüzlülük etkisini azaltacağından süreksizliklerin makaslama dayanımını azaltır (Çizelge 3.5, Çizelge 3.6).

Çizelge 3.5. Toprak zeminlerin drenajsız makaslanma dayanımlarının tanımlanma durumuna ait ölçütler (Ulusay, 2007).

Dayanım Simgesi	Tanım	Sahada Dayanma Ölçütü	Tek Eksenli Dayanma Ölçütü
S1	Çok yumuşak zemin	El, yumruk haline getirilerek zeminde 2,5 cm civarında bir derinliğe kadar bastırılabilir.	<0,025
S2	Yumuşak zemin	Başparmak zemin içine kadar birkaç inç'lik bir derinliğe kadar bastırabiliriz.	0,025-0,05
S3	Katı zemin	Başparmak, orta derecede bir çabayla zeminde birkaç inç'lik derinliğe kadar bastırılabilir.	0,05-0,10
S4	Sert zemin	Başparmak ile kilde çentik oluşturulabilir, ancak zemine parmakla girilebilmesi için büyük bir çaba gerekir.	0,10-0,25
S5	Çok sert zemin	Zemine elle bastırılarak nüfus edilmez	0,25-0,50
S6	Aşırı derecede sert zemin	Zeminde tırnak ile çentik oluşturulması güçtür.	>0,50

Çizelge 3.6. Süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli sıkışma dayanımları ve arazi tanımlamalarına göre sınıflandırılması (Ulusay, 2007)

Simge	Tanım	Saha Tanımlaması	Tek eksenli Sıkışma Dayanımı (MPa)
R0	Aşırı derecede zayıf kayaç	Kayaçın yüzeyinde tırnak ile çentik oluşturulabilir.	0.25-1.0
R1	Çok zayıf kayaç	Jeolog çekici ile sert bir darbe ile ufalanan kayaç, çakı ile dağılıbilir.	1.0-5.0
R2	Zayıf kayaç	Kayaç çakı ile güçlükle doğranır. Jeolog çekici ile yapılacak sert bir darbe kayaçın yüzeyinde iz bırakır.	5.0-25
R3	Orta derecede sağlam kayaç	Kayaç çakı ile doğranmaz. Kayaç örneği jeolog çekici ile yapılacak tek ve sert bir darbe ile kırılabilir.	25-50
R4	Sağlam kayaç	Kayaç örneğinin kırılabilmesi için jeolog çekici ile birden fazla darbenin uygulanması gerekir.	50-100
R5	Çok sağlam kayaç	Kayaç örneğinin kırılabilmesi için jeolog çekici ile çok sayıda darbe gerekir.	100-250
R6	Aşırı derecede sağlam kayaç	Kayaç örneği, jeolog çekici ile sadece yontulabilir.	>250

Süreksizlik Yüzeyinin Bozunma Derecesi; Kaya kütleleri yüzeye yakın yerde genellikle bozunmuş daha derinlerde ise hidrotermal süreçlere bağlı olarak alterasyona uğrayabilirler (Çizelge 3.7). Süreksizlik yüzeylerindeki bozunma derecesi, süreksizliklerin dayanımını etkileyen faktörlerden biridir ve gerek kaya malzemesi gerekse kaya kütlesi için önerilen bozunma sınıflandırmaları dikkate alarak tanımlanır (Ulusay, 2007).

Çizelge 3.7. Kaya kütlelerinin bozunma derecesi ile ilgili sınıflaması (Ulusay, 2007).

Tanım	Tanımlama ölçütü	Bozunma derecesi
Bozunmamış Taze	Kayanın bozulduğuna ilişkin gözle ayırt edilebilir bir belirti olmamakla birlikte, an süreksizlik yüzeylerinde önemsiz bir renk değişimi gözlemlenebilir	W1
Az Bozunmuş	Kaya malzemesinde ve süreksizlik yüzeylerinde renk değişimi gözlenir. Bozunma nedeniyle tüm kayacın rengi değişmiş ve kaya taze halinden daha zayıf olabilir.	W2
Orta Derecede Bozunmuş	Kayanın yarısından az bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Kaya; taze ya da renk değişimine uğramış olup, sürekli bir kütle veya çekirdek taşı halindedir.	W3
Tamamen Bozunmuş	Kayanın tümü toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Ancak orijinal kaya kütlelerinin yapısı halen korunmaktadır	W4
Artık Zemin	Kayanın tümü toprak zemine dönüşmüştür. Kaya kütlelerinin yapısı ve dokusu kaybolmuştur. Hacim olarak büyük bir değişiklik olmamakla birlikte, zemin taşınmamıştır.	W5

Süreksizliklerin Su Durumu; Kaya kütlelerinde suyun sızması, birbiriyle bağlantılı süreksizlikler boyunca meydana gelen akışlar gerçekleşir. Özellikle süreksizlikler boyunca sürekli bir su akışının varlığı halinde kaya kütlelerinin mekanik özelliklerini taşır. Süreksizlik yüzeyleri arasındaki suyun basıncı normal gerilmeyi dolayısıyla makaslama dayanımını artırır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Dolgusuz ve dolgulu süreksizlikler için su durumunun sınıflandırılması ve tanımlanması (Ulusay, 2007)

Sızıntı Sınıflaması	Tanımlama
Dolgusuz Süreksizlikler	
1	Süreksizlik yüzeyi kapalı ve kuru, su akışı yok.
2	Süreksizlik yüzeyi kuru ve suyun aktığına dair bir belirti yok.
3	Süreksizlik yüzeyi kuru ancak suyun akmış olduğunu gösterir izler var.
4	Süreksizlik yüzeyi nemli, ancak su akışı yok.
5	Süreksizlik yüzeyinde damlalar halinde sızıntı var, ancak sürekli bir akış gözlenmiyor.
6	Süreksizlik yüzeyi boyunca sürekli bir su akışı var.
Dolgulu Süreksizlikler	
1	Dolgu malzemesi aşırı derecede konsolide olmuş malzemeden oluşuyor ve geçirgenliğinin az olması sebebi ile önemli bir akışı gözlenmiyor.
2	Dolgu ıslak, yer yer su damlacıkları gözleniyor.
3	Dolgu malzemesi su damlaları ile ıslanmış
4	Dolgu malzemesinin yıkanmış – ıslanmış olduğuna ilişkin izler ve sürekli su akışı izleniyor.
5	Dolgu malzemesi yerel olarak yıkanmış – taşınmış ve yıkanma kanalları boyunca dikkate değer miktarda su akışı var.
6	Dolgu malzemesi tamamen taşınmış, su basıncı yüksek.

3.4.3. Kaya Kütle Sınıflamaları

Kaya kütlelerinin nitelik yerine sayısal değerler ile ifade edilmesi ve sayısal incelemeler kullanılacak jeoteknik değişkenlerin kolaylıkla elde edilemiyor olması; kaya mekaniği mühendisliğinde karşılaşılan önemli sıkıntılardan biri olmuştur. Temel nedeninin ölçek sorunu olduğu kaya kütlelerinin, laboratuvar ortamında veya yerinde test edilmesi genellikle imkansız veya çok zordur. Kaya kütle sınıflandırma teknikleri ise sıkıntıların aşılması ve kaya kütle özelliklerinin sayısal ifadesinin sağlanabilmesi amacıyla ilk kez 1879 yılında oluşturulmaya başlanmıştır (Erik, 2004).

Kaya sınıflaması Ritter tarafından tünel dizaynı ve özellikle destek gereksinimlerini belirlenmesi için 1879'da geliştirilmiştir. Sınıflama sistemleri olumlu sonuçlar

vermeye başladığında diğer kaya mühendisliği uygulamalarında da kullanılmaya başlanmıştır. Kaya kütle sınıflamalarının birçok yapı inşaatında sık kullanılması ile birçok sınıflama sistemi oluşturulmuş ve sınıflamalar geliştirilerek günümüze kadar gelmiştir.

Kaya kütlesi sınıflama sistemlerinin kullanılmasındaki başlıca amaçlar;

- a) Kaya kütesinin davranışını etkileyen başlıca özellikleri tayin etmek
- b) Kaya kütlelerinin kendi aralarında benzer özellikler gösteren bölgelere ayırarak değişik kaya kütlesi sınıflarını belirlemek
- c) Her kaya kütlesi sınıfının karakteristiklerini anlamak amacıyla ölçütler oluşturmak
- d) Bir sahada kaya kütlesi koşullarıyla ilgili kazanılan deneyimi diğer saha şartlarıyla karşılaştırılıp ilişki kurmak
- e) Mühendislik tasarımı için sayısal veri ve bir kılavuz elde etmek
- f) Mühendislikler arasında ortak bir temele dayalı bilimsel ve teknik iletişimi sağlamak şeklinde sıralanabilir (Ulusay, 2007).

Aşağıda belirtilen üç husus kaya kütlesi sınıflama sistemlerinden sağlanan kazanımları belirtmektedir.

- 1) Sınıflama parametreleri olarak en az sayıda veri sağlayarak saha çalışmalarının saha çalışmalarının kalitesini yükseltmek
- 2) Tasarım amacıyla sayısal verinin yanı sıra,
- 3) Daha sağlıklı bir mühendislik kararına varılmasını ve proje konusunda daha etkin bir iletişimi sağlamak (Ulusay, 2007).

3.4.3.1. Kaya Sınıflaması Tarihçesi

Kaya sınıflamaları Ritter (1879), tarafından yapıлып olumlu sonuçlar verdikten sonra birçok araştırmacı sınıflama üzerine çalışmalar yapmıştır (Çizelge 3.9).

Terzaghi (1946), kaya yükü sınıflaması üzerine çalışmalar yapmıştır. Tünel destek tasarımı için kaya kütle sınıflamasının kullanımını ilk olarak önermiştir. Tünelde

çelik setlerle taşınan kaya yüklerini sınıflandırma yapan bir çalışma hazırlamıştır. Terzaghi'nin yaptığı sınıflama sistemi çelik desteklerin tünel kazılarında yıllarca kullanılmıştır. Ancak püskürtme beton, kaya saplaması, çelik hasır kullanımlarının gelişmesiyle çağdaş tünelcilik sistemleri için uygun bir yöntem olarak görülmemiştir.

Stini (1950), tünelcilik ve kaya mekaniğinde birçok çalışma yapmıştır. Kaya kütlelerinin yapısal kusurlarını belirten bir sınıflama çeşidi geliştirmiştir.

Rabcewicz (1958), kayaların kimyasal yollarla ayrışma durumuna bağlı olarak kayanın kendini tutma süresi ve gerekli sağlamlaştırma (geçici ve kalıcı) türünü inceleyen sınıflamayı yapmıştır.

Lauffer (1958), herhangi bir aktif iksasız kaya genişliği için tünelin desteksiz durma süresini değişik kaya kütleleri sınıfları ile bağlantılı olduğunu öne sürmüştür.

Bieniawski (1973), tarafından önerilen RMR sistemi, kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerini saptamak için kullanılır. Bu yöntem tünel, büyük yapı temelleri, şev yamaçları için uygun destek önlemlerin seçiminde kullanılır. Barton vd. (1974) tarafından önerilen Q sistemi kaya kütlelerinin jeomekanik özelliklerini belirlemektedir. Q sistemi son hali Barton (2002) tarafından verilmiştir. Q sistemi yeraltı kazılarının destek tipi ve gerilme basıncı gibi özelliklerinin saptanması için kullanılır. Aydan,Ö., Ulusay R., Tokashiki, N. (2013) tarafından önerilen RMQR, yeni bir kaya kütle sınıflama sistemi olup kaya kütlelerinin jeomekanik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. RMQR sistemi yer altı kazılarında kullanılmakta ve RMR sistemi ve Q sistemi ile ilişkilendirilmesi grafiksel olarak yapılabilmektedir. Kısaca anlatılan bu kaya kütle sınıflama sistemleri aşağıda detaylı şekilde incelenecektir.

Hoek ve Brown (1980a ve 1980b) tarafından geliştirilen Hoek-Brown görgül yenilme sistemi, süreksizlik içeren kayaların makaslanma dayanımlarının tespit edilmesinde kullanılmaktadır. Daha sonraki yıllarda değişiklik yapılan sistem son halini Hoek vd. (2002) tarafından değiştirilerek alınmıştır.

Çizelge 3.9. Kaya kütle sınıflama sistemlerinin günümüze kadar gelişimi
(Bieniawski,1989, Özkan ve Ünal, 1996)

Sınıflama Sistemi		Sınıflandırmayı Geliştiren	Sınıflama Sisteminin Uygulanma Alanları
1	Kaya yükü	Terzaghi, 1946	Tünelcilik
2	Desteksiz durma süresi	Lauffer, 1958	Tünelcilik
3	NATM	Rabcewich, Müller, Pacher, 1958-1964	Tünelcilik
4	Kaya mekaniği için kaya sınıflama	Paching ve Coates, 1964	Kaya Mekaniği temel veri girişi
5	RQD	Deere ve diğ. 1964	Sondaj logları
6	Boyut dayanım sınıflaması	Franklin, 1975	Madencilik
7	RSR	Wickham ve diğ., 1972	Tünel destek seçimi
8	Kaya kütle sınıflama sistemi (RMR)	Bieniawski, 1973	Tünelcilik, Madencilik
9	Q sistemi	Barton ve diğ., 1974	Tüneller ve Madenler
10	Temel jeoteknik sınıflama	ISRM, 1981	Genel amaçlı kaya sınıflaması
11	MBR	Cumming ve diğ., 1982	Madencilik
12	Birleşmiş sınıflama	Williamson, 1980	Genelleştiröe amaçlı
13	Jeolojik dayanım indeksi (GSI)	Hoek ve Brown, 1994	Yeraltı kazıları destek sistemi dizaynı
14	Kaya kütle indeksi (RMI)	Palmston, 1993	Tünelcilik
15	Kaya kütle kalite sınıflaması (RMQR)	Aydan, Ulusay, Tokashiki, 2013	Yeraltı Kazıları

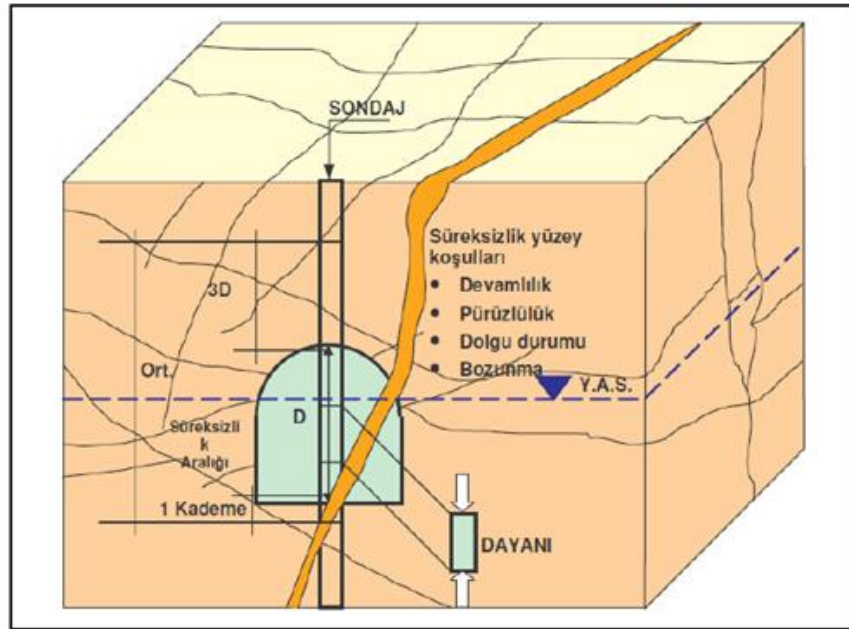
3.4.3.2. RMR Sınıflama Sistemi

Sınıflama sistemi ilk olarak Bieniawski tarafından 1973 yılında geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sınıflama jeomekanik sınıflama veya kaya kütle sınıflaması isimlerini almıştır. Daha sonraki yıllarda sistem üzerinde yapılan birçok çalışma ve deneyler sonucunda, Bieniawski bu sistem üzerinde önemli değişiklikler yapmış ve yeni parametreler eklemiştir. RMR sistemi son halini 1989 yılında yapılan değişiklikler ile almıştır.

RMR sınıflama sistemlerinin tasarımı başlangıçta inşaat yapılarının inşasının ön çalışmalarında uygulamak için hazırlanmıştır. Madencilik çalışmalarında da sınıflama gereksinimlerinden dolayı madencilik uygulamalarına uygun bir RMR modifikasyonu yapılmıştır. MRMR adı verilen bu sınıflama kapsamlı olarak 1989'da Bieniawski tarafından hazırlanmıştır. Daha sonra bazı araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. MRMR temel olarak RMR sınıflama sistemi parametreleri içermekte olup bununla birlikte basınç, basınçtaki değişiklik, patlatma etkisi ve kötü hava koşulları etkisi parametreleri bulunmaktadır.

RMR sınıflama sisteminde kullanılan parametreler aşağıdaki gibidir (Şekil 3.11).

- 1) Kaya malzemesinin dayanımı
- 2) Kaya kalite göstergesi
- 3) Süreksizlik aralığı
- 4) Süreksizlik koşulu
- 5) Y.A.S. durumu
- 6) Süreksizlik yönelimi



Şekil 3.11. RMR kaya kütlesi sınıflandırma sistemi girdi parametreleri (Ulusay, 2007)

RMR sınıflama sistemi 1989'da son halini almasıyla başlıca yapılan değişiklikler aşağıdaki gibidir (Ulusay, 2007).

a) Kaya malzemesinin dayanımına RQD'ye ve süreksizlik aralığı parametrelerine ait puanların sınıflama parametreleri çizelgesinde verilen aralıkların yanı sıra daha duyarlı bir puanlama amacıyla parametre puan grafiklerinden doğrudan belirlenmesi (Şekil 3.12).

b) Süreksizlik koşullarına ait süreksizlik devamlılığı aralığı ve pürüzlülüğü ile dolgu ve bozunma derecesi gibi parametrelerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlara göre gruplandırılıp her gruba ayrı puan verilerek daha duyarlı puanlamanın yapılması.

c) Özellikle yeraltı maden işletmeciliği amacıyla açılan galerilerde patlatma, faylara yakınlık ve gerilme değişimlerinin kaya kütlesi sınıfı puanı (RMR) üzerindeki etkilerinin de dikkate alınması amacıyla bir dizi düzeltme faktörünün önerilmesi.

d) Uzun süreli gözlemler ve ölçümler esas alınarak desteksiz durma süresi grafiğinin yeniden düzenlenmesi şeklinde sıralanabilir (Şekil 3.13).

Bu sınıflama sisteminin kullanılmasında kaya kütlesi yapısal bölgelere ayrılır ve her bölge ayrı sınıflandırılır. Yapısal bölge sınırları genellikle kaya tipindeki değişiklik ve fay gibi önemli yapısal özellikler ile belirlenir. Bazı durumlarda kayadaki süreksizlik karakteristikleri ve boşlukları kaya kütlelerini daha küçük yapısal bölgelere ayrılmasını gerektirebilir. Kaya kütle sınıflama sistemi RMR'de kayanın özgül özelliklerine göre her parametreye karşı gelen sayısal veriler ayrı ayrı tespit edilip toplam bulunmakta ve elde edilen bu sayısal veriler süreksizliğin konumuna göre düzeltilmektedir. Düzeltilmiş toplam sayı RMR puanına göre 5 sınıfa ayrılır. Aynı zamanda bu sınıflamalarda her kaya sınıfı için destek türü tünel kayasına ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı ile ortalama desteksiz durabilme süresi tahmin edilir (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10. RMR kaya kütlesi sınıflama sistemi parametreleri, değişim aralıkları ve puanları (Bieniawski, 1989).

Kaya malzemesinin dayanımı	Nokta yük dayanım indeksi	>10MPa	4-10 Mpa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli dayanım		
	Tek eksenli sıkışma dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
Puan		15	12	7	4	2	1	0
Kaya kalite göstergesi, RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	< 25		
Puan		20	17	13	8	3		
Süreksizlik Koşulu		Çok kaba yüzeyler Sürekli değil Ayrılma yok Sert eklem yüzeyi	Az kaba yüzeyler Ayrılma <1 mm Sert eklem yüzeyi	Az kaba yüzeyler Ayrılma < 1mm Yumuşak yüzey	Sürtünme izli yüzeyler veya fay dolgusu < 5 mm veya 1-5 mm açık eklem, sürekli eklem	Yumuşak fay dolgusu >5 mm kalınlıkta veya açık eklem >5 mm devamlı süreksizlikler		
Puan		30	25	20	10	0		
Yeraltı suyu	Tünelin 10m'lik kısmından gelen su	Yok Veya 0	10 lt/dk Veya 0,0-0,1	<25 lt/dk veya 0,1-0,2	25-125 lt/dk veya 0,2-0,5	>125 lt/dk veya >0,5		
	Eklem su basıncı ORANI en büyük asal Genel koşullar	Veya Tamamı kuru	veya nemli	Veya Islak	Veya Damlama	veya Sulu		
	Puan	15	10	7	4	0		

Tünelde süreksizlik ve doğrultu eğimi

Doğrultu tünel eksenine dik				Doğrultu tünel eksenine paralel		Doğrultuya bakılmaksızın eğim 0°-20° arası
Eğim yönünde ilerleme		Eğime karşı ilerleme		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	Orta

Süreksizlik yönelimine göre düzeltme

Süreksizliklerin doğrultu ve eğimi		Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç Uygun değil
Puan	Tüneller	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	-60

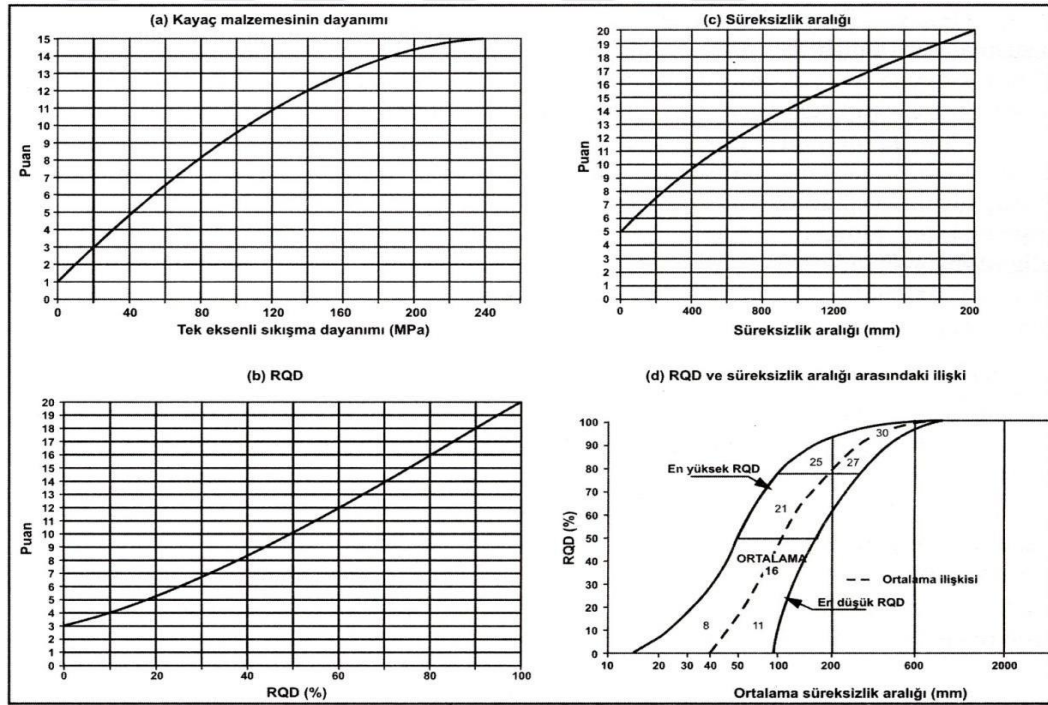
Çizelge 3.10 'un devamı

Kaya sınıfları ve puanları

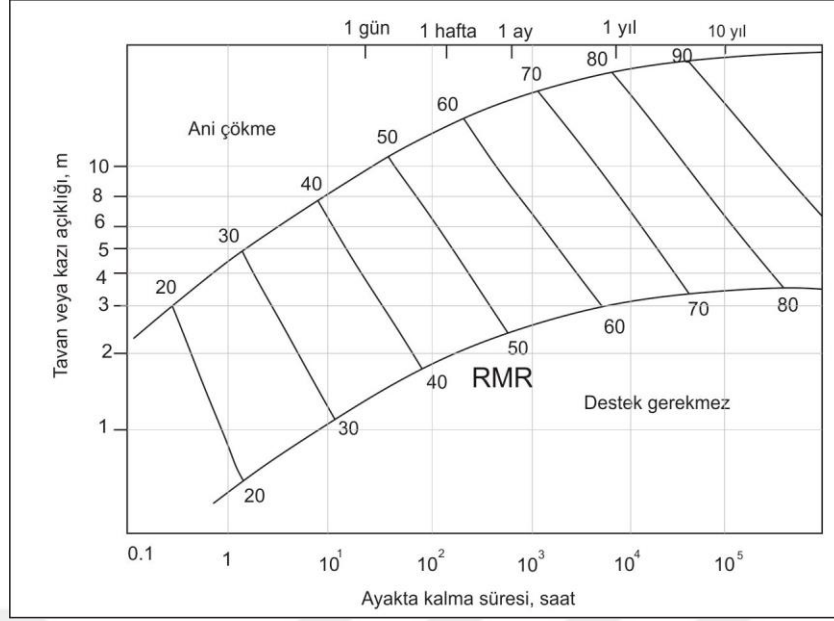
Sınıf No.	I	II	III	IV	V
Tanımlama	Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya
Puan	100 ←81	80 ←61	60 ←41	40 ←21	<20

Kaya sınıflarını bazı özellikleri

Sınıf No	I	II	III	IV	V
Ortalama desteksiz kalma süresi	15m açıklık için 20 yıl	10m açıklık için 1 yıl	5m açıklık için 1 hafta	2.5 m açıklık için 10saat	1m açıklık için 30 dakika
Kaya kütlelerinin kohezyonu (kPa)	> 400	300-400	200-300	100-200	< 100
Kaya kütlelerinin içsel sürtünme açısı (derece)	> 45	35-45	25-35	15-25	< 15

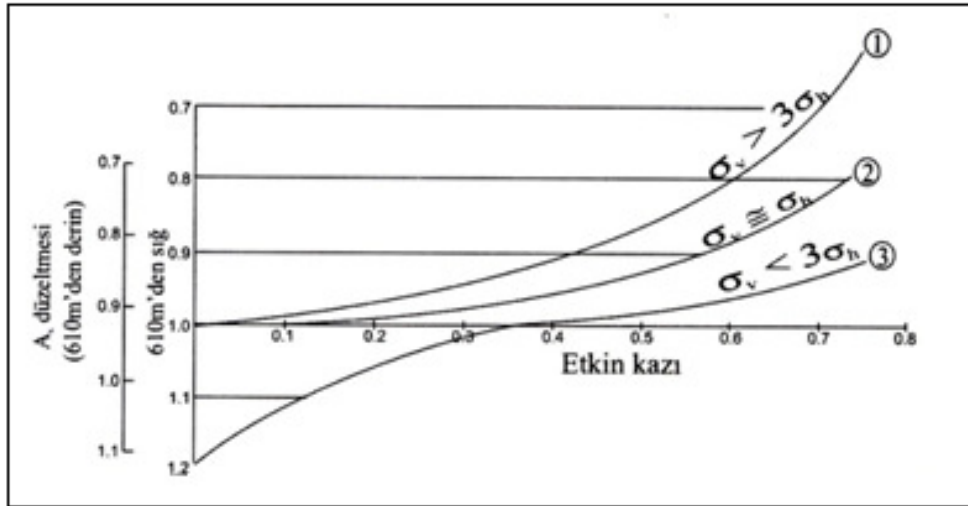


Şekil 3.12. RMR sistemine göre önerilen Tek eksenli basınç, süreksizlik aralığı, RQD parametrelerinin bulunmasına ait grafikler (Bieniawski, 1989).



Şekil 3.13. RMR kaya kütlesi sınıflarına göre uzun süreli ölçümler ve gözlem esas alınarak desteksiz, desteksiz durma süresi ve desteksiz açıklık arasındaki ilişki (Ulusay, 2007)

Yeraltı kazılarında yapılan patlatmalar ve bu patlatmaların etkileri, gerilme durumunda yatay ve düşey gerilmelere ait düzeltmeler, kalıcı destek ile ilgili değerlendirmeler aşağıdaki gibidir (Şekil 3.14, Çizelge 3.11, Çizelge 3.12).



Şekil 3.14. Gerilme düzeltmesine ait parametreler (Bieniawski, 1989)

Çizelge 3.11. RMR sınıflama sisteminde kullanılan patlatma ve başlıca zayıflık düzlemleriyle ilgili düzeltme katsayıları (Bieniawski, 1989)

(A) Patlatma Düzeltmesi AB			
Koşullar/Yöntem		Uygulanabilir terim	Düzeltilme katsayısı, AB
1	Makineyle kazı	Hasarsız	1.0
2	Denetimli patlatma	Çok az hasar	0,94-0,97
	a	Pratik olarak patlatmada tüm deliklerin izleri görülebilir.	
	b	Gevşemiş bloklar veya açılmış süreksizlikler söz konusu değildir.	
	c	Aşırı sökülme: Genellikle 15 cm'den az, ender olarak 30 cm'den azdır.	
	d	Eklemler arasında yeni kırıklar yok veya çok azdır.	
3	İyi klasik patlatma	Orta derecede hasar	0,90-0,94
	a	Bazı patlatma deliklerinin izleri görülebilir	
	b	Az sayıda gevşek bloklar söz konusu olabilir ve bazı eklemler açılabilir	
	c	Aşırı sökülme: yaygın olarak 30 cm, yerel olarak 30 cm'yi aşabilir.	
	d	Sağlam kaya bloklarında ve eklemler arasında kılcal çatlaklar gelişebilir.	
4	Kötü klasik patlatma	Şiddetli hasar	0,90 (en iyi) 0,80 (en kötü)
	a	Patlatma deliklerinden sadece birkaçı gözlenir	
	b	Açıklığın tavanında çok sayıda gevşemiş blok gözlenir. Çok sayıda eklem açılmış ve bloklar düşebilecek hale gelmiştir.	
	c	Aşırı sökülme: Genellikle 30 cm'den büyük, yerel olarak 1 m veya daha fazladır.	
	d	Patlatmayla ilgili herhangi bir bilgi yok	Orta derecede hasar
			0,90 (göreceli)
(B) Başlıca Zayıflık Düzlemleriyle İlgili Düzeltme (Aw)			
Koşul		Düzeltilme, Katsayısı	
1. Zayıflık düzlemi yok		1.0	
2. Sert dayklar		0,90	
3. Yumuşak cevher zonları		0,85	
4. Ana kaya/cevher dokanakzonları veya homojen olmayan tavan kayası		0,80	
5. Kıvrımlar (senklinal ve antiklinaller)		0,75	
6. Münferit fay zonları		0,70	

Çizelge 3.12. RMR sistemine göre kullanılan destek önerileri (Üstüner, 2011)

KALICI DESTEK (TAHKİMAT)				
KAYA KÜTLE SINIFI	Kazı	Kayas saptamaları(10 m genişlikteki tünel için uzunluk	Püskürtme beton	Çelik destek
I	Tam kesit, 3 m ilerleme	Bir miktar kaya saptaması haricinde genellikle destek gerektirmez		
II	Tam kesit, 1.0-1.5 m ilerleme, komple destek. Aynaya 20 m uzaklık	Kemerin her 2-3 m'sinde yer yer saptama, tel kafeslerle 2-2.5 m aralık	Gerektiğinde tavan kemerinde 50 mm	Yok
III	Tavan kemeri ve tabandan ilerleme. Tavandan 1.5-3 m ilerleme. Komple destek. Aynaya 10 m uzaklığa kadar gerekli.	3-4 m uzunlukta sistematik saptamalar. Kemerde tel kafesli duvarlar ve kemerde 1.5-2 m aralıklı	Tavan kemerinde 50-100 mm, yan duvarlarda 30 mm	Yok
IV	Tavan kemeri ve tabandan ilerleme. Tavandan 1.0-1.5 m ilerleme, kazıya uygun şekilde aynaya 10 m uzaklığa kadar destek gerekli	Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1.5 m aralıklı, 4-5 m uzunlukta sistematik saptama	Tavan kemerinde 100- 150 mm ve yan duvarlarda 100 mm	Gereken yerde 1.5 m aralıklı ve yer yer hafif profiller
V	Tavan ve tabanda birlikte ilerleme. Tavandan 0.5-1 m ilerleme, kazıyla birlikte destek yerleştirilmeli. Patlatmadan hemen sonra püskürtme beton uygulanmalı.	Tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1.5 m aralıklı, 5 m uzunlukta sistematik saptama	Tavan kemerinde 150-200 mm, yan duvarlarda 150 mm, aynada 50 mm	Çelik destek, 0.75 m aralıklı ortağır profiller

3.4.3.3. Q Sistemi

Q sınıflama sistemi ilk kez Barton ve diğ. (1974) tarafından ortaya konulmuştur. Bu sistem kaya kütlelerinin jeomekanik özelliklerinin belirlenmesinde ve yeraltı kazılarında destek tipinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Erik, 2004). Q sistemi orijinal parametreleri değişmemiş ancak gerilme azaltma faktörü Grimsad ve Barton (1993) tarafından değiştirilmiştir. Bunun nedeni yüksek basınç ve gerilme altındaki sağlam kayaların eski sınıflamaya ait SRF değeri kullanılarak hesaplanan Q değerine ait destek sistemlerinden daha fazla destek gerektirmesindedir. Q sistemi için kullanılan parametreler şöyledir;

- 1) RQD değeri
- 2) Süreksizlik seti (J_n)
- 3) Süreksizlik pürüzlülük sayısı (J_r)
- 4) Süreksizlik alterasyon sayısı (J_a)
- 5) Süreksizlik su azaltma sayısı (J_w)
- 6) Gerilme azaltma faktörü (SRF)

olarak sıralanmaktadır. Aşağıdaki Çizelge 3.13’de parametrelerin puanlaması verilmiştir.

Bu parametrelerden Q değerinin hesaplanması aşağıdaki formül yoluyla hesaplanır.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF} \quad (3.1)$$

RQD/J_n: Kaya kütlelerinin yapısını temsil eder. Bu oran birimsizdir. Kaya kütlelerindeki blok boyutunu vermeyi amaçlar.

J_r/J_a: Bloklar arası kayma dayanımı; Süreksizliklerin ve içerdeki dolgu malzemesinin pürüzlülük ve sürtünme özelliklerinin ifadesidir. Bu bileşen ağırlıklı olarak ayrılmamış ve pürüzlü süreksizlik yüzeylerini tanımlamaktadır (Hoek, 2004).

J_w/SRF: Etkili gerilmeler, gözlemsel verilere göre iki grup gerilme değerlerinin birbirine oranıdır.

Çizelge 3.13. Q sınıflama sistemine ait parametrelerin özellikleri (Barton, 1974)

1) RQD	Kaya Kalite Tanımı
0-25	Çok zayıf
25-50	Zayıf
50-75	Orta
75-90	İyi
90-100	Çok iyi (mükemmel)
RQD değeri 10’ dan küçük ise Q hesaplanmasında 10 gibi normal bir değer alınır. RQD için 100, 95, 90 gibi 5’er lik aralıkları yeterlidir.	
2) Süreksizlik seti	J _n
Masif eklem, çok az veya hiç yok	0,5-1,0
Bir eklem takımı	2
Bir eklem takımı ve gelişi güzel eklemeler	3
İki eklem takımı	4
İki eklem takımı ve gelişi güzel eklemeler	6
Üç eklem takımı	9
Üç eklem takımı ve gelişi güzel eklemeler	12
Dört veya daha fazla eklem takımı, gelişi güzel çok fazla	15
Parçalanmış kaya, toprak görünümünde	20

Çizelge 3.13'ün devamı

3) Süreksizlik pürüzlülük sayısı		Jr
Süreksiz eklemeler		4
Pürüzlü veya düzensiz, dalgalı		3
Düz, dalgalı		2
Sürtünme izli, dalgalı		1,5
Pürüzlü veya düzensiz, düzlemsel		1,5
Düz şekilde, düzlemsel		1
Kaymaya uğradığında süreksizlik dokanağı yok		
Sürtünme izli, düzlemsel		0.5
Süreksizlik duvarlarının birbirine temasını önleyecek şekilde kil minerali içeren zon		1
Süreksizlik duvarının birbirine temasını önleyecek şekilde kumlu, çakıllı ya da parçalanmış zon		1
İlgili eklem takımının ortalama aralığı 2 m'den daha büyük ise 1.0 ilave edilebilir. Minimum dirence göre yönelmesi koşulu ile lineasyonlara sahip düzlemse sürtünme yüzü eklemeler için Jr = 0.5 alınabilir.		
4-a Çatlak yüzeyinin durumu	Ja	Φ- derece
Sıkıca bağlanmış, sert, yumuşamayan, geçirimsiz dolgu (örneğin kuvars veya epidot)	0,75	—
Altere olmamış eklem yüzeyleri, yalnızca yüzeysel kirlenme	1	25-35
Altere olmuş eklem yüzeyleri, yumuşamayan mineral kaplamaları, kum taneleri, kil içermeyen kaya parçaları vs.	2	25-30
Süreksizlik Dokanağı		
Siltli veya kumlu-kil kaplamaları küçük kil fraksiyonu (yumuşak değil)	3	30-35
Yumuşamayan veya düşük sürtünmeli kil minerali kaplamaları (örneğin; laolen veya mika, ayrıca klorit, talk, jips, grafit vs. ve az miktarda şişen killer	4	8-16
4-b Çatlak yüzeyinin durumu	Ja	Φ- derece
Kum taneleri, kil içermeyen parçalanmış kaya vs.	4	25-30
10cm kayma öncesi		
*Aşırı konsolide olmuş, yumuşamayan kil minerali dolguları (sürekli, ancak 5 mm'den az kalınlıkta)	6	16-20
*Orta veya düşük derecede konsolide olmuş yumuşamayan kil minerali dolguları (sürekli, ancak 5 mm'den az kalınlıkta)	8	12-16
süreksizlik dokanağı		
*Şişen kil dolguları örn; montmorillonit (sürekli, ancak 5 mm'den az kalınlıkta), Ja değeri şişen kil boyutundaki tanelerin yüzdesi ve suyun etkisine bağlıdır	8-10	6-16
5) Çatlak suyu azaltma faktörü	Jw	Yaklaşık su basıncı kg/cm²
Kuru kazılar yada küçük sızma örn; lokal olarak < 5 l/d	1	<1
Orta derecede su gelimi veya basınç, yer yer eklem dolgularının yıkanması	0,66	1-2,5
*Dolgunsuz, eklemli, dayanıklı kayada büyük miktarda su gelişi veya yüksek basınç	0,5	2,5-10
Büyük miktarda su gelimi veya yüksek basınç, eklem dolgularının fazlaca yıkanması	0,33	2,5-10
Patlamada son derece fazla su gelişi veya su basıncı, zamanla azalan	0,2-0,1	10
*Zamanla azalmaksızın devam eden son derece fazla su gelişi veya basıncı	0,1-0,05	>10
(*) işaretli faktörler kaba tahminlerdir. Eğer drenaj ölçümleri yapılırsa Jw değerleri artırılır. Buz oluşumundan kaynaklanan özel problemler dikkate alınmamıştır.		

Çizelge 3.13'ün devamı

6)Gerilim Değişim Faktörü Jw			SRF
a)kazıyı kesen zayıf zonlar, tünel kazılırken kaya kütleinin gevşemesine neden olabilir.			
Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren zayıf zonlar, çok gevşek çevre kayacı (herhangi bir derinlikte)			10
Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m)			5
Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği >50 m)			2.5
Kil içermeyen dayanıklı kayada birden fazla makaslama zonu, gevşek çevre kayacı (herhangi bir derinlikte)			7.5
Kil içermeyen dayanıklı kayada tek bir makaslama zonu (kazı derinliği ≤ 50 m)			5
Kil içermeyen dayanıklı kayada tek bir makaslama zonu, (kazı derinliği > 50 m)			2.5
Gevşek ve açık eklemler, fazla eklemler "küp şekeri" görünümlü (herhangi bir derinlikte)			5
b) Dayanıklı kaya, kaya gerilmeleri sorunları	σ_c / σ_1	σ_c / σ_1	(SRF)
Düşük gerilim yüzeye yakın	>200	>13	2.5
Orta derecede gerilim	200-10	13-0.66	1
Yüksek gerilim çok sıkı yapı (genellikle stabiliteye uygun, duvar stabilitesi için uygun olmayabilir)	10-5	0.66-0.33	0.5-2
Az kaya patlaması (masif kaya)	5-2.5	0.33-0.16	5-10
Aşırı kaya patlaması (masif kaya)	<2.5	>10	10-20
c)Yüksek kaya basıncının etkisi altında dayanımsız kayada plastik akma			(SRF)
Az sıkışan kaya basıncı			5-10
Fazla sıkışan kaya basıncı			10-20
d)Suyun varlığına bağlı olarak kimyasal şişme aktivitesi			(SRF)
Az şişen kaya basıncı			5-10
Fazla şişen kaya basıncı			10-15
σ_c : Tek eksenli sıkışma dayanımı			
σ_t : Çekme dayanımı			
σ_1 : Büyük asal gerilim			
İlgili kayma zonları yalnızca kazıyı etkiliyor, ancak kesmiyorsa SRF'nin bu değerleri %25-50 oranında azaltılmalıdır.			

Bu parametrelere göre aşağıdaki Çizelge 3.14'de kaya kalite değeri verilmiştir.

Çizelge 3.14. Q kaya sınıflamasına göre kaya kalitesi (Barton, 1974)

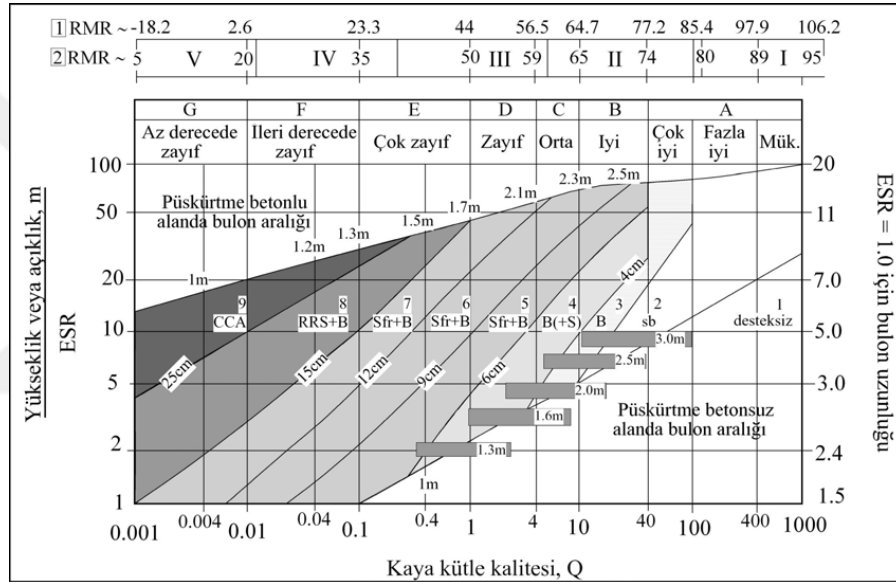
Kaya kalitesi	Q değeri
Olağan üstü iyi kayaç	400-1000
Son derece iyi kayaç	100-400
Çok iyi kayaç	100-40
İyi kayaç	10-40
Orta kayaç	4-10
Zayıf kayaç	1-4
Çok zayıf kayaç	0.1-1
Son derece zayıf kayaç	0.01-0.1
Olağanüstü zayıf kayaç	0.01-0.001

Q sınıflama sisteminde destekleme sistemlerinin belirlenmesi için kazı destek oranı 'ESR' ve tünel çapı veya yüksekliği yardımıyla eşdeğer boyut (De) hesaplanır (Çizelge 3.15, Şekil 3.14).

Çizelge 3.15. Kazı destek tipi- ESR değeri (Barton, 1974)

Kazı Tipi	ESR
Geçici maden kazısı	3-5
Uzun süreli maden kazıları, hidrolik amaçlı su tünelleri, büyük kazılar için pilot tüneller, geniş yeraltı kazıları için yarmalar ve aynalar	1.6
Geniş yeraltı odaları, su tasfiye tesisleri, küçük kara ve demiryolu tünelleri, yaklaşım tünelleri, denge bacaları	1.3
Enerji santralleri, büyük (ana) karayolu ve demiryolu tünelleri, sivil savunma sığınakları, tünel ağzları ve yeraltında birbirini kesen açıklıkların kesişme yerleri	1
Yeraltı nükleer enerji santralleri, demiryolu istasyonları, spor ve kamu tesisleri, fabrikalar	0.8

$$\text{Eşdeğer boyut(De)} = (\text{Kazı eni, çapı veya yüksekliği(m)}) / (\text{Kazı destek oranı (ESR)})$$



Şekil 3.14. Q sınıflama sistemlerine ait destekleme türleri (Barton, 1974)

- 1 Destek gerekmez, 2 Lokal kaya saptaması **sb**, 3 Sistematik kaya saptaması **B**
- 4 Sistematik kaya saptaması ve 4-5 cm kalınlığında takviyesiz püskürtme beton **B(+S)**
- 5 Kaya saptamalı, çelik kafes takviyeli 5-9 cm kalınlığında püskürtme beton **Srf+B**
- 6 Kaya saptamalı, kafes takviyeli, 9-12 cm kalınlığında püskürtme beton **Srf+B**
- 7 Kaya saptamalı, kafes takviyeli 12-15 cm kalınlığında püskürtme beton **Srf+B**
- 8 Kaya saptamalı, çelik iksalı, kafes takviyeli 15-25 cm kalınlığında püskürtme beton **Srf+RRS+B**
- 9 Beton kemerli- **CCA**

3.4.3.4. RMQR Sınıflaması

RMQR sınıflama sistemi Aydan, Ö., Ulusay, R, Tokashiki, N. (2013) tarafından önerilen bir sınıflama sistemidir. RMQR olarak düzenlenen bu kaya sınıflama çalışması yeni bir kaya sınıflamasına dizaynı olarak geliştirilmiştir. Bu sınıflama sistemi kaya kütlelerinin tek eksenli basınç dayanımı, içsel sürtünme açısı, deformasyon modülü, kayaçların çekme dayanımı gibi jeomekanik özelliklerini tayin etmek için kullanılır.

RMQR sınıflaması için gerekli olan parametreler şunlardır;

- 1) Kaya bozunma derecesi (RDD)
- 2) Süreksizlik seti sayısı (RDSN)
- 3) Süreksizlik aralığı ve miktarı oranı (RQD) (RDS)
- 4) Süreksizlik durumu ve oranı (RDC)
- 5) Yeraltı su durumu (RGWSC), (RGWAC)
- 6) RMQR oranının kaya sınıflamaları ile ilişkilendirilmesi, RMR ve Q sistemiyle karşılaştırılması

$$RMQR = RDD + RDSN + RDS + RDC + RGWSC + RGWAC$$

RMQR'nin değeri 0 ile 100 arasındadır. RMQR değeri hesaplandıktan sonra RMR ve Q sistemleriyle korelasyonları yapılır. Bu korelasyonlar yardımıyla kaya kütlelerinin kalitesi ve jeomekanik özelliklerinin değerlendirilmesi amaçlanır.

Kayaçlar atmosferik koşullar, hidrotermal akıntılar ile fiziksel ve kimyasal olarak bozunurlar. RMQR sınıflama sistemine göre bozunma dereceleri Bozunmamış, lekeli, az bozunmuş, orta decede bozunmuş, tamamen bozunmuş, artık zemin olarak altı ayrı katagoriye ayırımıştır (Çizelge 3.16).

Çizelge 3.16. Kaya kütlelerinin bozunma derecesi ile ilgili sınıflaması (ISRM, 1981) ve RMQR RDD puanı (Aydan vd. 2013)

1. Bozunma		
Derecesi (DD)	Tanımlama ölçütü	Puan
Tanım		(RDD)
Bozunmamış Taze	Kayanın bozulduğuna ilişkin gözle ayırt edilebilir bir belirti olmamakla birlikte, an süreksizlik yüzeylerinde önemsiz bir renk değişimi gözlenebilir	15
Lekeli	Bazı mineraller oksitlenmiş ya da kimyasal olarak bozunmaya başlayabilir ve buda yüzeyinde koyu kahverengimsi renk almasına sebep olur	12
Az Bozunmuş	Kaya malzemesinde ve süreksizlik yüzeylerinde renk değişimi gözlenir. Bozunma nedeniyle tüm kayacın rengi değişmiş ve kaya taze halinden daha zayıf olabilir.	9
Orta Derecede Bozunmuş	Kayanın yarısından az bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Kaya; taze ya da renk değişimine uğramış olup, sürekli bir kütle veya çekirdek taşı halindedir.	6
Tamamen Bozunmuş	Kayanın tümü torak zemine dönüşerek ayrılmış ve/veya parçalanmıştır. Ancak orijinal kaya kütlelerinin yapısı halen korunmaktadır	3
Artık Zemin	Kayanın tümü toprak zemine dönüşmüştür. Kaya kütlelerinin yapısı ve dokusu kaybolmuştur. Hacim olarak büyük bir değişiklik olmamakla birlikte, zemin taşınmamıştır.	1

Kaya kütlelerinde süreksizlikler tabaka eklem şistozite foalisyon faylanma şeklinde görülmektedir. Kaya kütlelerindeki bu süreksizlikler takım ve sistemler halinde görülmektedir. RMQR sınıflama sisteminde süreksizlik seti sayısı altı parametreye ayrılmıştır (Çizelge 3.17).

Çizelge 3.17. Süreksizlik seti sayısı ve RDSN puanı (Aydan vd. 2013)

2 Süreksizlik seti sayısı (DSN)	Puan (RDSN)
Masif eklem çok az/ hiç yok	20
Bir eklem takımı	16
İki eklem takımı	12
Üç eklem takımı	8
Dört eklem takımı	4
Ezilmiş/parçalanmış eklem	1

İki süreksizlik arasındaki dik mesafe olan süreksizlik aralığının durumunu belirlemektedir. Kaya kütlelerinin geçirgenliğini ve kayaç kütlelerinin oluşturduğu blokların boyutunu denetleyen bir parametredir. Süreksizlik açıklığı ve durumu altı parametreye ayrılmıştır(Çizelge 3.18).

Çizelge 3.18. Süreksizlik açıklığı durumu ve RDC puanı (Aydan vd. 2013)

Süreksizlik Durumu (DC)	Puan (RDC)
Yok	30
Aralıklı	26
Az pürüzlü	22
Nispeten pürüzlü ve ince	15
Ayrık veya ince malzemeyle dolmuş, inceliği<10mm	7
Ayrık veya ince malzemeyle dolmuş, inceliği>10mm	1-0

Yeraltı suyu kaya kütlelerinin duraylılığında önemli rol oynar. Süreksizlik boyunca su gelimi makaslama dayanımını azaltır. RMR sınıflama sisteminde su durumu kaya ortamındaki su akıntısı Çizelge 3.19'da ve su emme özelliklerine göre Çizelge 3.20'de iki şekilde ele alınmıştır.

Çizelge 3.19. Ortamın su akıntı derecesi ve RGWSC puanı (Aydan vd. 2013)

Su akıntı durumu (GWSC)	Açıklama	Puan (RGWSC)
Kuru (hiç)	Kaya kütlesi sağlam, düşük poroziteli ve kazı malzemesi kurudur	9
Nemli	Kaya kütlesi yüzeyi nemli ancak serbest su yok	7
Islak	Kaya kitle yüzeyi ıslak ancak serbest su yok	5
Damlayan	Kaya kitle yüzeyinden genellikle çatlaklardan ara sıra damlamalar bulunuyor ancak sürekli bir akış yok	3
Akan	Kaya kitle süreksizliklerinden sürekli bir su akışı var ve/veya dolgu malzemeleri suyla akıyor ve yıkanma kanallarından önemli miktarda su akışı var	1
Taşan	Yeraltı suyu kazı alanına çok yüksek miktarda suyla taşarak akıyor ve derzleme yoluyla kolayca idare edilmeyebilir	0

Çizelge 3.20. Ortamın su çekme oranı RGWAC puanı (Aydan vd. 2013)

Su emme durumu GWAC	Açıklama	Puan (RGWAC)
Emici olmayan	Kayanın kendisi yeraltı suyuna meyilli değil ve yeraltı suyu gözenek ve çatlak boşluklarında serbest su olarak bulunuyor	6
Kılcal emici	Serbest su kılcal ya da elektriksel etkilerle kayaya meyilli	5
Düşük derecede emici	Kayadaki bazı çözünmüş killi parçalar suyu emebilir, bu oran toplam hacmin %1'inden fazla olamaz	4
Orta derecede emici	Kayanın kendisi kayanın toplam hacminin %1 ila 5'ini oluşturacak derecede önemli miktarda su emen mineral içerir	3
Yüksek derecede emici	Kaya doymun olduğunda kolayca suyu emer ve ıslanma ve kurumadan sonra hacimsel değişiklikler geçirebilir. Her ne kadar jeomekanik özellikleri yüksek oranda azalabilse de, hacim değişiklikleri kayanın çatlaklanmasına yol açmaz	2
Aşırı derecede emici	Kaya doymunluğa maruz kaldığında hızlı bir şekilde suyu emer ve emme sürecinde bütünlüğü bozulur	1-0

RMQR sınıflama sistemi 6 parametreden oluşmakta olup bu parametrelerin puanlarının toplanması sonucu RMQR puanı çıkmaktadır. Elde edilen RMQR puanı 0-100 arasında değere sahiptir ve kaya kalitesi altı sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 3.21). En çok kullanılan sınıflama sistemleri olan RMR ve Q sistemleri ile korelasyonlar belirlenmiştir.

Çizelge 3.21. RMQR sınıflama sistemine göre kaya kütle sınıfı (Aydan vd. 2013)

Kaya Sınıfı	I	II	III	IV	V	VI
Tanımlama	Mükemmel Kaya	Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya
RMQR	100-95	95-80	80-60	60-40	40-20	20-0

Aydan ve Dalgıç (1998) tarafından kaya malzemesinin dayanıklılığı açısından RMR ve kaya kütlesi arasında gözlemsel bir ilişki sunmuştur. Bu ilişki Aydan vd. (2000) tarafından kaya kütesinin diğer jeomekanik parametrelerin hesaplanmasına kadar genişletilmiştir. Son olarak Aydan vd. (2012) ve Ulusay vd. (2013) tarafından yapılan çalışmalarda sunulan ilişkiyi kullanarak kaya kütlelerinin mekanik özellikleri için 6 farklı ilişki belirtilmiştir. Bu çalışmada RMR, RMQR ile değiştirilmiş ve

sağlam kayalar yönünden kaya kütlelerinin herhangi bir mekanik özelliği için aşağıdaki formül (1.2) verilmiştir (Aydan vd. 2013).

$$a = a_0 - (a_0 - a_{100}) * \frac{(RMQR)}{RMQR + \beta(100 - RMQR)} \quad (3.2)$$

a_0 ve a_{100} özelliği için $RMQR=0$ ve $RMQR=100$ fonksiyonlarının değeri ve β ise verilen fiziksel özellikler için deneysel değerlerin istatistiksel işlemi kullanılarak belirlenmesiyle bulunur (Aydan vd. 2013), (Çizelge 3.22).

Çizelge 3.22. Kaya kütlelerinin parametreleri için a_0 , a_{100} ve β değerleri

Parametreler	a_0	a_{100}	β
Deformasyon modülü	0.0	1.0	6
Poisson oranı	2.5	1.0	1.0
Tek eksenli basınç dayanımı	0.0	1.0	6
Gerilme direnci	0.0	1.0	6
Kohezyon	0.0	1.0	6
Sürtünme açısı	0.3	1.0	1.0

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarında, bölgedeki jeolojik birimlerin konum ve litolojik özellikleri belirlenmiştir. Eski çalışmalardan da yararlanılarak çalışma alanının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Jeoloji harita hazırlama ile birlikte kazı çalışmaları devam eden tünel güzergahı yapısal bölgelere ayrılmıştır. Her yapısal bölge için ayrı ayrı süreksizlik ölçümleri alınmıştır.

Süreksizliklere ait süreksizlik türü, yönelim, açıklık devamlılık aralık, pürüzlülük, su durumu, dolgu malzemesi, duvar durumu gibi özellikler incelenmiş olup çalışmalar ISRM (1981) esaslarına uygun olarak alınmıştır.

4.2. Sondaj Çalışmaları

Çalışma alanında KGM tarafından, daha önceden, proje ön çalışması aşamasında 5 adet karotlu sondajlar açılmıştır. Sondajların derinlikleri ve yerleri aşağıdaki Çizelge 4.1’de verilmiştir. Sondaj verilerinden yararlanılarak çalışma alanındaki yapısal bölgelere ait RQD değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. RQD değerleri her yapısal bölge için en iyi koşul, en kötü koşul ve ortalama koşul olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.1. Demirkapı tüneli sondaj yeri ve derinlikleri (KGM, 2012)

Sondaj Numarası	Sondaj Yeri	Sondaj Derinliği
SK 1	33+860 Tünel giriş (sağ taraf)	30
SK 2	33+860 Tünel giriş (sol taraf)	30
SK 3	38+695	70
SK 4	38+690 Tünel çıkış (sağ taraf)	55
SK 5	38+690 Tünel çıkış (sol taraf)	55

SK 1 ve SK 2 nolu sondajları Kasımlar formasyonunda açılmıştır. Bu sondajlar tünel Giriş ağzı ve giriş bölümünde açılmıştır. Tünelin açılacağı kalkıştler gri-koyu gri renkli, az sert-sert, taze-az ayrıışmış, orta dayanımlıdır. Şistler ise yeşilimsi gri, zayıf şistoziteli, zayıf dayanımlı, az sert ve orta ayrıışmıştır. Meta kumaşları, gri yeşilimsi gri, az-orta derecede ayrıışmış, orta dayanımlıdır. Bölgesel metamorfizmanın etkisinin düşük olması nedeniyle şistozite düşük derecede gelişmiştir (KGM, 2013).

SK 3, SK 4 ve SK 5 nolu sondajları tünel çıkış bölümünde açılmıştır. Bu sondajlar Üzümdere formasyonu kesmiştir. Bu bölgede yer alan jeolojik birim oldukça zayıf derecede başkalaşıma uğramış, yüzeyde alterasyonun etkisi ile kahverengimsi, taze kayada ise grimsi yeşil renkli, az sert, zayıf dayanımlı, az-orta derecede ayrıışmış kumtaşı-kiltaşının basınç altında sıkışması ile oluşan şistten oluşturmaktadır.

Çizelge 4.2. Yapısal bölgelere ait RQD değeri

Yapısal Bölgeler	0+000.00-0+250.00	0+250.00-0+975.00	0+975.00-1+670.00	1+670.00-2+220.00	2+220.00-4+250.00	4+250.00-4+640.00	4+640.00-4+908.00
En iyi koşul	48	50	70	48	73	53	56
RQD En kötü koşul	0	0	0	0	0	12	13
Ortalama koşul	22	23	45	23	50	20	26

4.3. Süreksizlik incelemeleri

Süreksizlik ölçümleri kaya malzemesinin tanımlanmasında ve özelliklerinin belirlenmesinde önemlidir. Süreksizlik ölçümleri yardımıyla kayaçların sınıflama sistemlerine göre kütle özellikleri belirlenir. Arazi ölçümleri ISRM (1981)'de tavsiye edilen yöntem kullanılarak yapılmıştır.

Arazide süreksizliklerin konum, aralık, devamlılık, pürüzlülük, kaya duvarı, açıklık, dolgu durumu, su durumu ve blok boyutu parametreleri araştırılmıştır (Şekil 4.1). Bu veriler süreksizlik izleme formuna aktarılıp, Dips v 6.0 bilgisayar programı yardımıyla her yapısal bölgenin kontur diyagramı ve histogram çözümleri

belirlenmiştir. Bu değerlendirmeler sondaj karotlarıyla da karşılaştırılarak kaya kütle sınıflamalarında kullanılacak olan parametreler belirlenmeye çalışılmıştır.

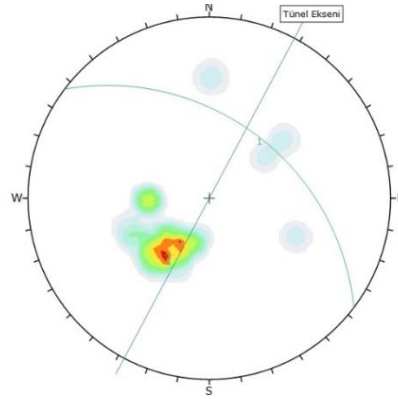


Şekil 4.1. Çalışma alanında doğusunda bulunan Dumanlı formasyonuna ait tabakalar

4.3.1. Süreksizlik Konumu

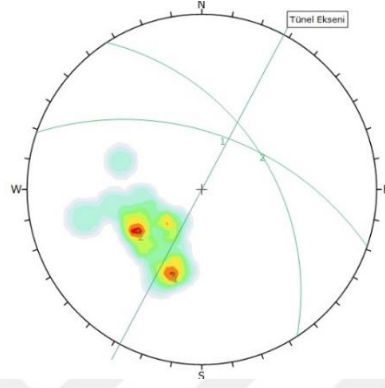
Arazide süreksizlik ölçümlerinden, süreksizliklerin konumu ile süreksizliklerin eğim yönü ve eğim miktarları belirlemek için jeolog pusulası kullanılmıştır. Her yapısal bölgenin eğim yönleri ve eğim miktarlarına ait stereografik izdüşüm diyagramlarına göre, bölgede hakim eğim yönü ve eğim miktarı belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Yapısal bölgeler bazında süreksizlik konumları, tabaka ile eklemler birlikte ele alınmış ve aşağıdaki Şekil 4.2 ve Şekil 4.3' deki gibi değerlendirilmiştir.



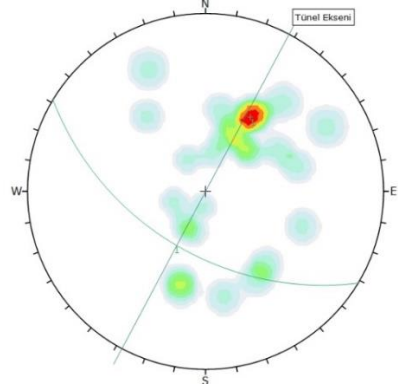
Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.10
	2.10 - 4.20
	4.20 - 6.30
	6.30 - 8.40
	8.40 - 10.50
	10.50 - 12.60
	12.60 - 14.70
	14.70 - 16.80
	16.80 - 18.90
	18.90 - 21.00
Maximum Density 20.28%	
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	21 (21 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

YAPISAL BÖLGE: 0+000.00-0+250.00
HAKIM YÖNELMELER: 217/ 47



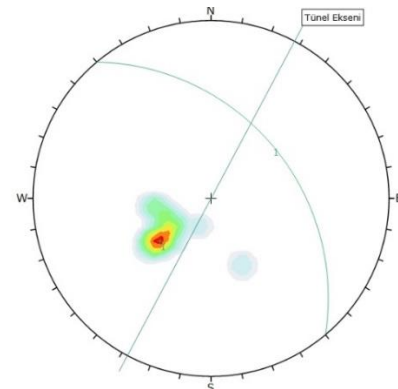
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.80
	1.80 - 3.60
	3.60 - 5.40
	5.40 - 7.20
	7.20 - 9.00
	9.00 - 10.80
	10.80 - 12.60
	12.60 - 14.40
	14.40 - 16.20
	16.20 - 18.00
Maximum Density 17.88%	
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	15 (15 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

YAPISAL BÖLGE: 0+250.00, 0+975.00
HAKIM YÖNELMELER: 237/43, 196/33



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.20
	1.20 - 2.40
	2.40 - 3.60
	3.60 - 4.80
	4.80 - 6.00
	6.00 - 7.20
	7.20 - 8.40
	8.40 - 9.60
	9.60 - 10.80
	10.80 - 12.00
Maximum Density 11.78%	
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	26 (26 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

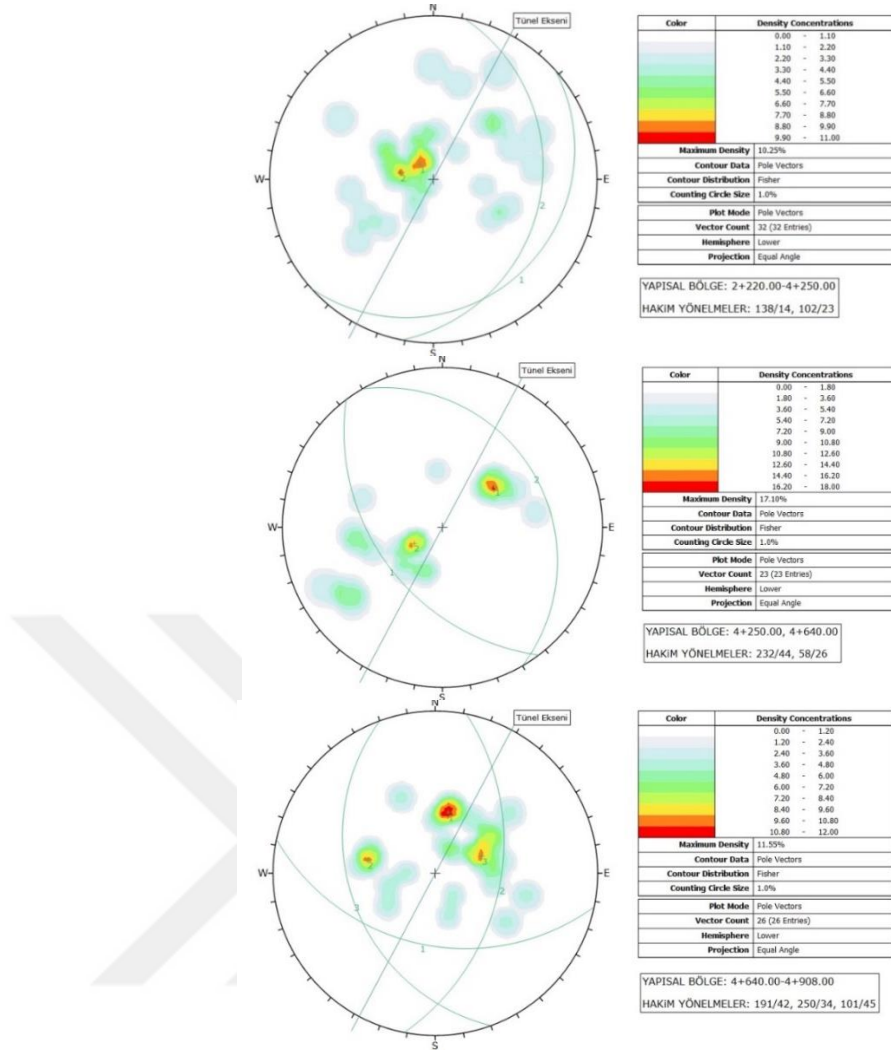
YAPISAL BÖLGE: 0+975.00-1+670.00
HAKIM YÖNELMELER: 38/31



Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.70
	3.70 - 7.40
	7.40 - 11.10
	11.10 - 14.80
	14.80 - 18.50
	18.50 - 22.20
	22.20 - 25.90
	25.90 - 29.60
	29.60 - 33.30
	33.30 - 37.00
Maximum Density 36.15%	
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	11 (11 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

YAPISAL BÖLGE: 1+670.00-2+220.00
HAKIM YÖNELMELER: 42/20

Şekil.4.2. Yapısal bölge tabakalarına ait kontur diyagramları



Şekil.4.3. Yapısal bölge tabakalarına ait kontur diyagramları

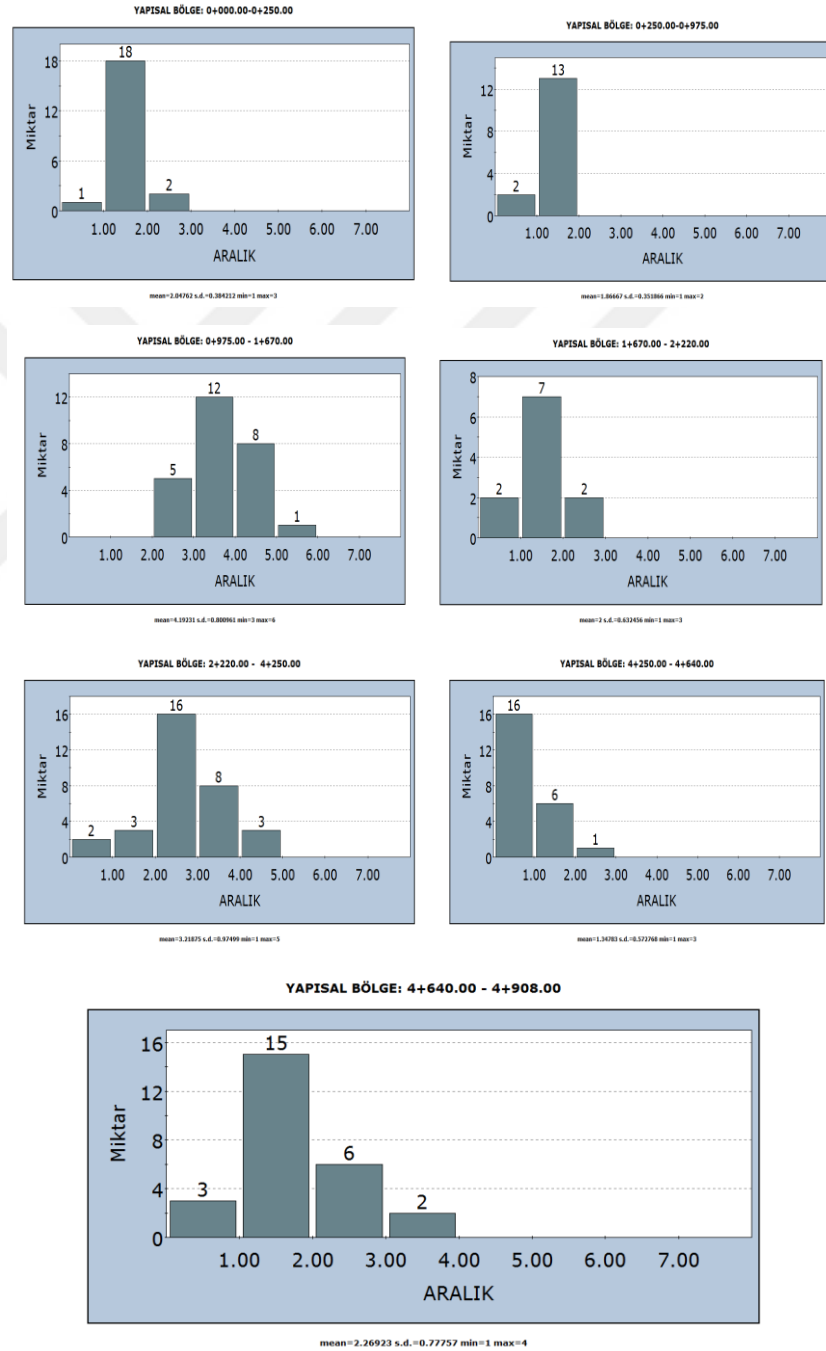
Her bir yapısal bölge için çizilen kontur diyagramları ile elde edilen hakim süreksizlik konumları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge.4.3. RMR sınıflamasına ait tünelde süreksizliklerin eğim ve doğrultusunun etkisi

Yapısal Bölgeler	I. Eklem takımı (eğim/ eğim yönü)	II. Eklem takımı (eğim/ eğim yönü)	III. Eklem takımı (eğim/ eğim yönü)
0+000.00-0+250.00	44/37	32/32	
0+250.00-1+000.00	47/57	55/18	
1+000.00-1+670.00	47/57	55/18	
1+670.00-2+220.00	42/49		
2+220.00-4+250.00	14/138	23/102	
4+250.00-4+640.00	44/232	26/58	
4+640.00-4+908.00	42/191	34/250	45/101

4.3.2. Süreksizlik aralığı

Süreksizlik aralığı komşu iki süreksizliğin arasındaki mesafenin ölçülmesi ile yapılır. ISRM (1981) esaslarına göre süreksizlik aralığı en fazla olan en iyi, en az olan en kötü koşul olup bu değerler arasında kalan ölçümler ortalama koşul olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4, Çizelge 4.4).



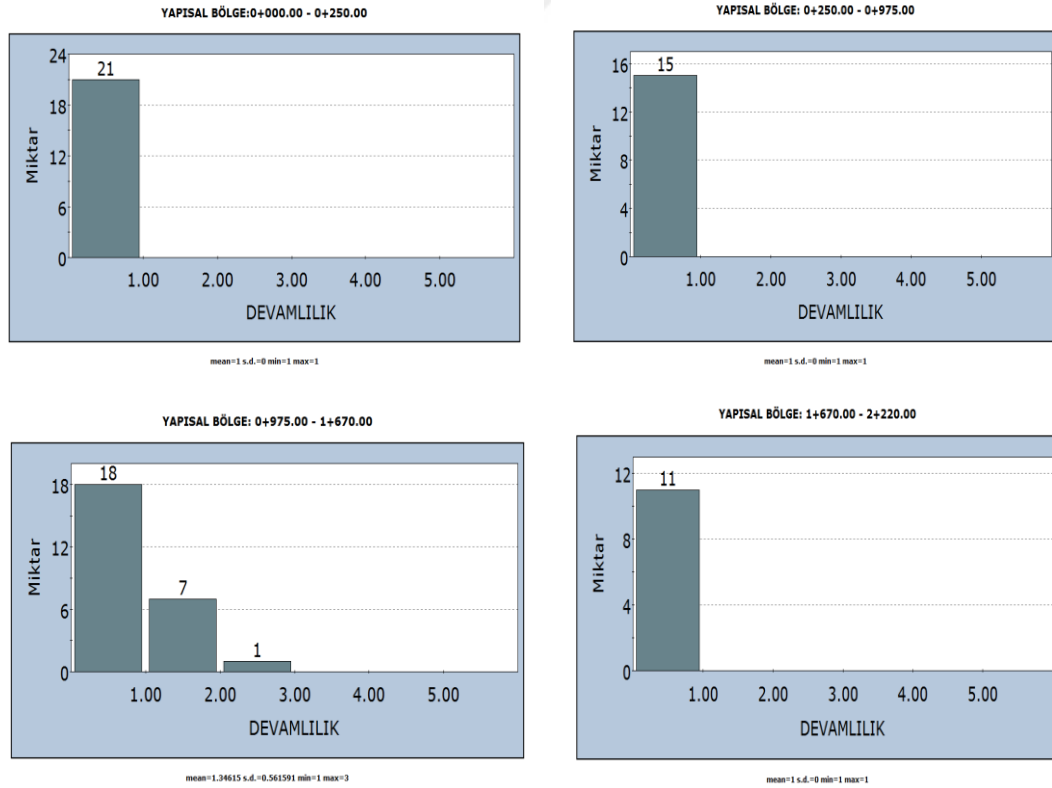
Şekil 4.4. Yapısal bölgelerin aralık ölçümlerine ait histogram çözümleri

Çizelge 4.4. Yapısal bölgelere göre süreksizlik aralık değerleri

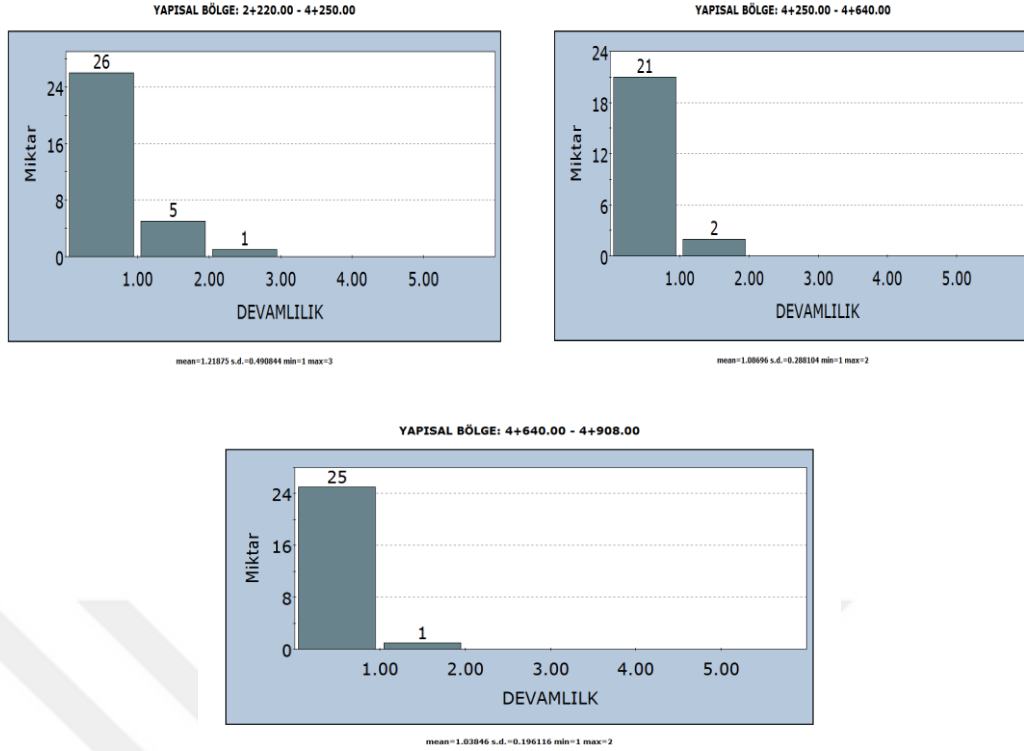
Yapısal Bölgeler	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama
0+000.00-0+250.00	60-200	Yakın Aralıklı	<20	Çok Dar Aralıklı	20-60	Dar Aralıklı
0+250.00-1+000.00	20-60	Dar Aralıklı	<20	Çok Dar Aralıklı	20-60	Dar Aralıklı
1+000.00-1+670.00	>6000	İleri Derecede Geniş Aralıklı	60-200	Yakın Aralıklı	200-600	Orta derecede Aralıklı
1+670.00-2+220.00	60-200	Yakın Aralıklı	<20	Çok Dar Aralıklı	20-60	Dar Aralıklı
2+220.00-4+250.00	600-2000	Geniş Aralıklı	<20	Çok Dar Aralıklı	60-200	Yakın Aralıklı
4+250.00-4+640.00	60-200	Yakın Aralıklı	<20	Çok Dar Aralıklı	20-60	Dar Aralıklı
4+640.00-4+908.00	200-600	Orta Derece Aralıklı	<20	Çok Dar Aralıklı	20-60	Dar Aralıklı

4.3.3. Süreksizlik Devamlılığı

Saha çalışmaları esnasında süreksizliklerin alandaki yayılımlarını belirlemek için düzenli olarak devamlılık ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.5, Şekil 4.6). Devamlılık değerleri ISRM (1981)'e göre devamlılığı en az olan süreksizlikler en iyi, en fazla olan en kötü koşul olup bu değerler arasındaki ölçümler ortalama koşul olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5).



Şekil.4.5. Yapısal bölgelerin devamlılık ölçümlerine ait histogram çözümleri



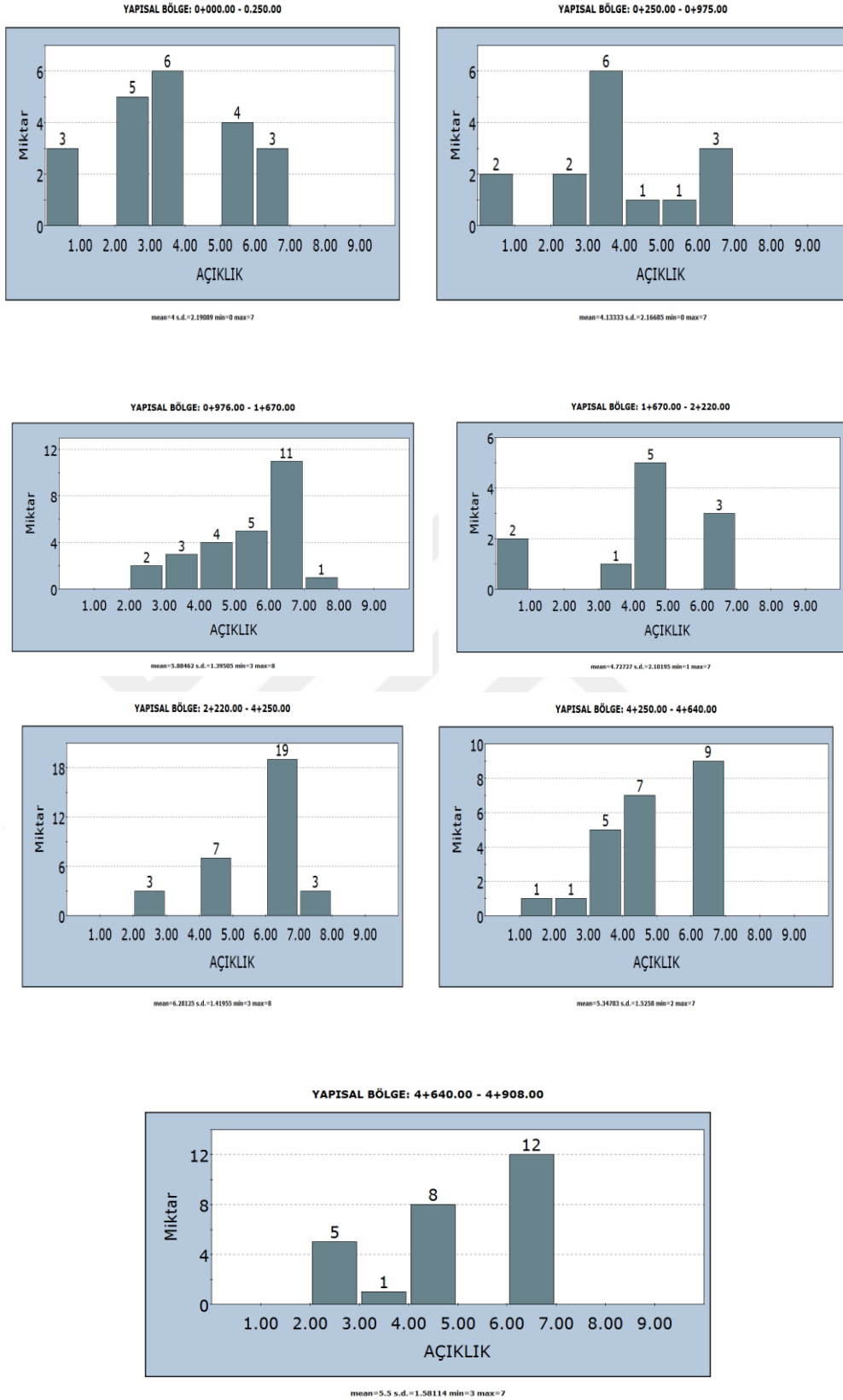
Şekil 4.6. Yapısal bölgelerin devamlılık ölçümlerine ait histogram çözümleri

Çizelge 4.5. Yapısal bölgelere göre süreksizlik devamlılık değerleri (ISRM,1981)

Yapısal Bölgeler	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama
0+000.00-0+250.00	<1	Çok Düşük Devamlılık	<1	Çok Düşük Devamlılık	<1	Çok Düşük Devamlılık
0+250.00-1+000.00	<1	Çok Düşük Devamlılık	<1	Çok Düşük Devamlılık	<1	Çok Düşük Devamlılık
1+000.00-1+670.00	<1	Çok Düşük Devamlılık	3-10	Orta Devamlılık	1-3	Düşük Devamlılık
1+670.00-2+220.00	<1	Çok Düşük Devamlılık	<1	Çok Düşük Devamlılık	<1	Çok Düşük Devamlılık
2+220.00-4+250.00	<1	Çok Düşük Devamlılık	3-10	Orta Devamlılık	1-3	Düşük Devamlılık
4+250.00-4+640.00	<1	Çok Düşük Devamlılık	1-3	Düşük Devamlılık	1-3	Düşük Devamlılık
4+640.00-4+908.00	<1	Çok Düşük Devamlılık	1-3	Düşük Devamlılık	1-3	Düşük Devamlılık

4.3.4. Süreksizlik Açıklığı

Saha çalışmaları esnasında süreksizliklerin iki yüzeyi arasındaki dik mesafenin belirlenmesi ile açıklık ölçümleri alınmıştır (Şekil 4.7). Süreksizlik açıklığı ISRM (1981)'e göre en iyi, en kötü ve ortalama koşullar Çizelge 4.6'te belirtilmiştir.



Şekil 4.7. Yapısal bölgelerin açıklık ölçümlerine ait histogram çözümleri

Çizelge 4.6. Yapısal bölgelere göre süreksizlik açıklığı değerleri (ISRM, 1981)

Yapısal Bölgeler	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama
0+000.00-0+250.00	<0,1	Çok sıkı	1-10	Çok Geniş	0,5-2,5	Açık
0+250.00-1+000.00	<0,1	Çok sıkı	1-10	Çok Geniş	0,5-2,5	Açık
1+000.00-1+670.00	0,25-0,5	Kısmen Açık	10-100	Aşırı Geniş	2,5-10	Orta Derecede Geniş
1+670.00-2+220.00	<0,1	Çok sıkı	1-10	Çok Geniş	0,5-2,5	Açık
2+220.00-4+250.00	0,25-0,5	Kısmen Açık	10-100	Aşırı Geniş	2,5-10	Orta Derecede Geniş
4+250.00-4+640.00	0,1-0,25	Sıkı	1-10	Çok Geniş	0,5-2,5	Açık
4+640.00-4+908.00	0,25-0,5	Kısmen Açık	1-10	Çok Geniş	0,5-2,5	Açık

4.3.5. Süreksizlik Dolgu Durumu

Arazi çalışmaları sırasında süreksizliklerin karşılıklı iki yüzeyi arasını dolduran kil, silt, kalsit, breş dolgulu ve yer yer boşluklara rastlandığı gözlemlenmiştir. Dolgular (ISRM, 1981) tarafından önerilen sınıflamaya göre değerlendirilmiştir.

Çalışma alanında giriş bölümünde bulunan Km:0+000.00-0+250.00, Km:0+250.00-0+975.00, 1+670.00-2+220.00 ve çıkış bölümündeki Km: 4+250.00-4+640.00, 4+640.00-4+908.00 arasındaki bölümlerin dolgu içeriği için önerilen sınıflamada ‘S4’ yani ‘Sert zemin’ olarak değerlendirilmiştir.

Km: 1+000.00-1+670.00 ve Km: 2+220.00-4+250.00 arasında kireçtaşı birimlerinin kalsit dolguları hâkim olduğu belirlenmiştir. Kayaç dolgulu zemin içeren kireçtaşı ISRM (1981) tarafından önerilen sınıflamaya göre R3 yani ‘Orta derecede sağlam kayaç’ olarak değerlendirilmiştir.

4.3.6. Süreksizliklerin su durumu

Süreksizliklerin su durumu ile ilgili veriler başlangıçta daha çok gözleme dayalı tanımlamaları esas alan ölçütler ile belirlenir. Bu amaçla ISRM (1981) tarafından önerilmiş olan kazı aynalarında tabaka ve eklemlerin süreksizlik yüzeyleri boyunca su durumu gözlemlenmiştir.

ISRM (1981) tarafından önerilmiş süreksizliklerin su durumu ile arazide su varlığı gözlemsel olarak belirlenmiştir. Giriş bölümüne ait Km:0+000.00-0+250.00,

Km:0+250.00-1+000.00 dolgulu süreksizlikler başlığı altında 4. kategorisinde yani ‘dolgu malzemesinin yıkanmış – ıslanmış olduğuna ilişkin izler ve sürekli su akışı izleniyor’. Km:1+000.00-1+670.00, Km:1+670.00-2+220.00, Km:2+220.00-4+250.00, Km:4+250.00-4+640.00, Km:4+640.00-4+908.00 dolgulu süreksizlikler başlığı altında 1. kategoride yani ‘Dolgu malzemesi aşırı derecede konsolide olmuş malzemeden oluşuyor ve geçirgenliğinin az olması sebebi ile önemli bir akışı gözlenmiyor’ olarak değerlendirilmiştir.

4.3.7. Süreksizlik Duvarının Durumu

Kaya kütlelerinin yüzeye yakın olan yerlerde atmosferik koşullara bağlı olarak bozunmalar görülmektedir. Kaya duvarı ISRM (1981) esaslarına göre tanımlanmıştır.

ISRM (1981) sınıflamasına göre Km:0+000.00-0+250.00, Km:0+250.00-1+000.00, Km:1+670.00-2+220.00, Km:4+250.00-4+640.00, Km:4+640.00-4+908.00 arasındaki bölümler ‘Orta derecede bozunmuş’ olarak ele alınmıştır. Km:1+000.00-1+670.00, Km:2+220.00-4+250.00 ‘Bozunmamış’ ve ‘Az bozunmuş’ olarak ele alınmıştır.

4.4. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları ile ilgili veriler proje firmasından temin edilmiştir. Elde edilen veriler ile aşağıdaki Çizelge 4.7’deki gibi en iyi koşul en kötü koşul ve ortalama koşullar belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Demirkapı tüneli yapısal bölgelerin nokta yük dayanım verilerine göre koşullar altında değerlendirilmesi

Yapısal Bölgeler	Is(50) Mpa) En iyi koşul	Is(50) Mpa) En kötü koşul	Is(50) Mpa) Ortalama koşul
0+000.00-0+250.00	2,53	1,12	2,03
0+250.00-1+000.00	2,53	1,12	2,03
1+000.00-1+670.00	5,07	3,95	4,58
1+670.00-2+220.00	2,53	1,12	2,03
2+220.00-4+250.00	5,07	3,95	4,58
4+250.00-4+640.00	3,51	1,98	2,58
4+640.00-4+908.00	3,51	1,98	2,58

4.5. Demirkapı Tünelinin Jeoteknik Değerlendirmesi

Açılması planlanan tünelin mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde ön fikir oluşturması amacıyla jeoteknik değerlendirme yapılmıştır. Ön tasarımda bölgenin jeolojik özellikleri ve mühendislik jeolojisi özellikleri belirlenmiştir. Demirkapı tünelinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde süreksizlik verileri, sondaj verileri ve laboratuvar çalışmalarından yararlanmıştır. Yapılan çalışmalara ait genel değerlendirmeler Çizelge 4.8'de ve Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Demirkapı tüneline geçilen güzergahı fay ve farklı formasyonlardan geçmesi nedeniyle 9 ayrı yapısal bölgeye ayrılmıştır. Yapısal bölgeler kilometreleri ile ayrılıp aynı litolojik özellik gösteren yapısal bölgeler tek bir yapısal bölge olarak ele alınmıştır. Her yapısal bölge RMR, Q, RMQR kaya sınıflama sistemine göre sınıflandırılmış kaya özellikleri en iyi, en kötü, ortalama koşullar göz önünde bulundurularak belirlenmiştir (Çizelge 4.10, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12, Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16).

RMR kaya kütle sınıflama sisteminden (Bieniawski,1989) yararlanarak RMR değeri ile kaya sınıfı,deformasyon modülü, desteksiz durma süresi, desteksiz açıklık, destek yükü ve destek tipi hakkında değerlendirme yapılmıştır.

Q sınıflama sistemi (Barton vd. 1974) kullanılarak kaya kütle sınıfı, kütle özellikleri ile değerlendirmeler yapıp, destek sistemi ile değerlendirmiştir.

RMQR sınıflama sistemi (Aydan, Ö., Ulusay, R., Tokashiki, N., 2013) ile kaya kütle sınıfı belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Km:0+000.00-0+250.00, Km:0+250.00-0+975.00, Km:0+975.00-1+670.00 ve Km:1+670.00-2+220.00 arasındaki yapısal bölgelere ait kaya kütle özellikleri

Yapısal Bölge	0+000.00-0+250.00			0+250.00-0+975.00		
	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
Nokta yük dayanımı(Mpa)	2,53	1,12	2,03	2,53	1,12	2,03
RQD	48	0	22	50	0	23
Süreksizlik aralığı (mm)	60-200	<20	20-60	20-60	<20	20-60
Devamlılık(m)	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Açıklık(mm)	<0,1	1-10	0,5-2,5	<0,1	1-10	0,5-2,5
Pürüzlülük	Pürüzlü	Az pürüzlü	Az pürüzlü	Pürüzlü	Az pürüzlü	Az pürüzlü
Dolgu	Sert D.<5	Yumuşak D. <5	Sert D.<5 Yumuşak D. <5	Sert D.<5	Yumuşak D. <5	Sert D.<5 Yumuşak D. <5
Bozunma	Orta Bozunmuş	Orta Bozunmuş	Orta Bozunmuş	Orta Bozunmuş	Orta Bozunmuş	Orta Bozunmuş
Yeraltı suyu	Kuru	Nemli	Nemli	Kuru	Islak	Nemli
Süreksizliklerin yönelimine göre düzeltme	-2	-5	-5	-2	-5	-5
Patlatma,gerilme,ve zayıflık düzlem düzeltilmesi	0,85	0,8	0,85	1,0	0,8	0,85
Yapısal Bölge	0+975.00-1+670.00			1+670.00-2+220.00		
	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
Nokta yük dayanımı(Mpa)	5,07	3,95	4,58	2,53	1,12	2,03
RQD	70	0	45	48	0	23
Süreksizlik aralığı (mm)	>6000	60-200	200-600	60-200	<20	20-60
Devamlılık(m)	<1	3-10	1-3	<1	<1	<1
Açıklık(mm)	0,25-0,5	10-100	2,5-10	<0,1	1-10	0,5-2,5
Pürüzlülük	Pürüzlü	Az pürüzlü	Az pürüzlü	Pürüzlü	Az pürüzlü	Az pürüzlü
Dolgu	Sert D.<5	Yumuşak D. <5	Sert D.<5	Sert D.<5	Yumuşak D. <5	Sert D.<5 Yumuşak D. <5
Bozunma	Az Bozunmuş	Orta Bozunmuş	Orta Bozunmuş	Orta Bozunmuş	Orta Bozunmuş	Orta Bozunmuş
Yeraltı suyu	Kuru	Nemli	Kuru	Kuru	Nemli	Nemli
Süreksizliklerin yönelimine göre düzeltme	0	0	0	-2	-5	-5
Patlatma,gerilme,ve zayıflık düzlem düzeltilmesi	0,9	0,8	0,9	1,0	0,8	0,85

Çizelge 4.9. Km:2+220.00-4+250.00, Km:4+250.00-4+640.00 ve Km:4+640.00-4+908.00 arasındaki yapısal bölgelere ait kaya kütle özellikleri

Yapısal Bölge	2+220.00-4+250.00			4+250.00-4+640.00		
	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
Nokta yük dayanımı(Mpa)	5,07	3,95	4,58	3,51	1,98	2,58
RQD	73	0	50	53	12	20
Süreksizlik aralığı (mm)	600-2000	<20	60-200	60-200	<20	20-60
Devamlılık(m)	<1	3-10	1-3	<1	1-3	1-3
Açıklık(mm)	0,25-0,5	10-100	2,5-10	0,1-0,25	1-10	0,5-2,5
Pürüzlülük	Pürüzlü	Az pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzlü	Az pürüzlü	Az pürüzlü
Dolgu	Sert D.<5	Yumuşak D. <5	Sert D.<5	Sert D.<5	Yumuşak D. <5	Sert D.<5 Yumuşak D. <5
Bozunma	Az bozunmuş	Orta Derece Bozunmuş	Orta Derece Bozunmuş	Orta Derece Bozunmuş	Orta Derece Bozunmuş	Orta Derece Bozunmuş
Yeraltı suyu	Kuru	Nemli	Kuru	Kuru	Nemli	Nemli
Süreksizliklerin yönelimine göre düzeltme	-2	-5	-5	-5	-10	-5
Patlatma,gerilme,ve zayıflık düzlem düzeltmesi	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9
Yapısal Bölge	4+640.00-4+908.00					
	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul			
Nokta yük dayanımı(Mpa)	3,51	1,98	2,58			
RQD	53	12	20			
Süreksizlik aralığı (mm)	200-600	<20	20-60			
Devamlılık(m)	<1	1-3	1-3			
Açıklık(mm)	0,25-0,5	1-10	0,5-2,5			
Pürüzlülük	Pürüzlü	Az pürüzlü	Az pürüzlü			
Dolgu	Sert D.<5	Yumuşak D. <5	Sert D.<5			
Bozunma	Orta Derece Bozunmuş	Orta Derece Bozunmuş	Orta Derece Bozunmuş			
Yeraltı suyu	Kuru	Nemli	Kuru			
Süreksizliklerin yönelimine göre düzeltme	-2	-5	-5			
Patlatma,gerilme,ve zayıflık düzlem düzeltmesi	0,9	0,9	0,9			

Çizelge 4.10. Km: 0+000.00-0+250.00 bölgenin RMR, Q, RMQR sistemlerine göre kaya kütle sınıfları

Yapısal Bölge		0+000.00-0+250.00		
Parametre		En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
Nokta yük dayanımı(Mpa)		2,53	1,12	2,03
Puan		7	4	7
RQD		48	0	22
Puan		8	3	3
Süreksizlik aralığı(mm)		60-200	<20	20-60
Puan		8	5	5
Süreksizlik durumu (mm)	Devamlılık(m)	<1	<1	<1
	Puan	6	6	6
	Açıklık(mm)	<0,1	1-10	0,5-2,5
	Puan	5	0	4
	Pürüzlülük	Pürüzlü	Az pürüzlü	Az pürüzlü
	Puan	5	3	3
	Dolgu	Sert D.<5	Yumuşak D. <5	Sert D.<5 Yumuşak D. <5
	Puan	4	2	3
	Bozunma	Orta bozunmuş	Orta bozunmuş	Orta bozunmuş
	Puan	3	3	3
Yeraltı suyu	Kuru	Nemli	Nemli	
Puan	15	10	10	
Temel RMR puanı	61	36	44	
Süreksizlik yönelimine göre düzeltme	-2	-5	-5	
Patlatma,gerilme,ve zayıflık düzeltmesi	0,85	0,8	0,85	
Düzeltilmiş RMR puanı	50	25	33	
Kaya kütle sınıfı	Orta kaya	Zayıf kaya	Zayıf kaya	

Q Değeri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
RQD	48	10	22
Süreksizlik Sistemi Sayısı (Jn)	İki eklem takımı ve gelişti güzel eklemeler: 6	İki eklem takımı ve gelişti güzel eklemeler: 6	İki eklem takımı ve gelişti güzel eklemeler: 6
Süreksizlik Pürüzlülük Sayısı (Jr)	Pürüzlü 3	Düz, düzlemsel 1	Düz, düzlemsel 1
Süreksizlik Alterasyon Sayısı (Ja)	Az ayrışma 2	Orta ayrışma 4	Orta ayrışma 4
Süreklilik su azaltma faktörü (Jw)	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1
Gerilme Azaltma Faktörü (SRF)	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m) : 5	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m) : 5	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m) : 5
Q değeri	2,40	0,083	0,183
Kaya Kütle Sınıfı	Zayıf kayaç	Son derece zayıf kayaç	Çok zayıf kayaç

RMQR Değeri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
Bozunma derecesi DD	Az bozunmuş	Orta derecede bozunma	Orta derecede bozunma
Puan	9	6	6
Süreksizlik seti sayısı DSN	İki eklem takımı	İki eklem takımı	İki eklem takımı
Puan	12	12	12
Süreksizlik açıklığı DS, RQD	48	0	22
Puan	4	0	1
Süreksizlik durumu DC	Pürüzlü/ ince	Ayrık ve malzemeli	Pürüzlü/ ince
Puan	15	7	15
Su akıntı durumu GWSC	Nemli	Islak	Nemli
Puan	7	5	7
Su emme durumu GWAC	Düşük emici	Orta emici	Orta emici
Puan	4	3	3
RMQR	51	33	44
Kaya kütle sınıfı	Orta kayaç	Zayıf kayaç	Orta kayaç

Çizelge 4.11. Km: 0+250.00-0+975.00 bölgenin RMR,Q,RMQR sistemlerine göre kaya kütle sınıfları

Yapısal Bölge		0+250.00-0+975.00		
Parametre	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul	
Nokta yük dayanımı(Mpa)	2,53	1,12	2,03	
Puan	7	4	7	
RQD	50	0	23	
Puan	13	3	3	
Süreksizlik aralığı(mm)	20-60	<20	20-60	
Puan	5	5	5	
Süreksizlik durumu (mm)	Devamlılık(m)	<1	<1	<1
	Puan	6	6	6
	Açıklık(mm)	1-10	0,5-2,5	0,5-2,5
	Puan	0	4	4
	Pürüzlülük	Az pürüzlü	Az pürüzlü	Az pürüzlü
	Puan	3	3	3
	Dolgu	Yumuşak D. <5	Sert D.<5 Yumuşak D. <5	Sert D.<5 Yumuşak D. <5
	Puan	2	3	3
	Bozunma	Orta bozunmuş	Orta bozunmuş	Orta bozunmuş
	Puan	3	3	3
Yeraltı suyu	Kuru	Islak	Nemli	
Puan	15	7	10	
Temel RMR puanı	63	33	44	
Süreksizlik yönelimine göre düzeltme	-2	-5	-5	
Patlatma,gerilme,ve zayıflık düzeltmesi	1,0	0,8	0,85	
Düzeltilmiş RMR puanı	61	22	33	
Kaya kütle sınıfı	İyi kayaç	Zayıf kayaç	Zayıf kayaç	

Q Değeri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
RQD	50	10	23
Süreksizlik Sistemi Sayısı (Jn)	İki eklem takımı ve gelişmiş güzel eklemeler: 6	İki eklem takımı ve gelişmiş güzel eklemeler: 6	İki eklem takımı ve gelişmiş güzel eklemeler: 6
Süreksizlik Pürüzlülük Sayısı (Jr)	Pürüzlü 3	Düz, düzlemsel 1	Düz, düzlemsel 1
Süreksizlik Alterasyon Sayısı (Ja)	Az ayrışma 2	Az ayrışma 2	Az ayrışma 2
Süreksizlik su azaltma faktörü (Jw)	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1	Orta derecede su gelimi veya basınç, yer yer eklem dolgularının yıkanması: 0,66	Orta derecede su gelimi veya basınç, yer yer eklem dolgularının yıkanması: 0,66
Gerilme Azaltma Faktörü (SRF)	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği >50 m): 2,5	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m) :5	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m) :5
Q değeri	5	0,11	0,253
Kaya Kütle Sınıfı	Orta kayaç	Çok zayıf kayaç	Çok zayıf kayaç

RMQR Değeri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
Bozunma derecesi DD	Az bozunmuş	Orta derecede bozunmuş	Orta derecede bozunmuş
Puan	9	6	6
Süreksizlik seti sayısı DSN	İki eklem takımı	İki eklem takımı	İki eklem takımı
Puan	12	12	12
Süreksizlik açıklığı DS, RQD	50	0	23
Puan	4	0	1
Süreksizlik durumu DC	Pürüzlü/ ince	Ayrık ve malzemeli	Pürüzlü/ ince
Puan	15	7	15
Su akıntı durumu GWSC	Nemli	Islak	Islak
Puan	7	5	5
Su emme durumu GWAC	Düşük emici	Orta emici	Orta emici
Puan	4	3	3
RMQR	51	33	42
Kaya kütle sınıfı	Orta kayaç	Zayıf kayaç	Orta kayaç

Çizelge 4.12. Km: 0+975.00-1+670.00 bölgenin RMR,Q,RMQR sistemlerine göre kaya kütle sınıfları

Yapısal Bölge		0+975.00-1+670.00		
Parametre		En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
Nokta yük dayanımı(Mpa)		5,07	3,95	4,58
Puan		12	7	12
RQD		70	0	45
Puan		13	3	8
Süreksizlik aralığı(mm)		>6000	60-200	200-600
Puan		20	8	10
Süreksizlik durumu(mm)	Devamlılık(m)	3-10	1-3	1-3
	Puan	2	4	4
	Açıklık(mm)	10-100	2,5-10	2,5-10
	Puan	1	0	0
	Pürüzlülük	Az pürüzlü	Az pürüzlü	Az pürüzlü
	Puan	3	3	3
	Dolgu	Yumuşak D. <5	Sert D.<5	Sert D.<5
	Puan	2	4	4
	Bozunma	Orta bozunmuş	Orta bozunmuş	Orta bozunmuş
	Puan	3	3	3
Yeraltı suyu		Kuru	Nemli	Kuru
Puan		15	10	15
Temel RMR puanı		84	39	59
Süreksizliklerin yönelimine göre düzeltme		0	0	0
Patlatma,gerilme,ve zayıflık düzlem düzeltmesi		0,9	0,8	0,9
Düzeltilmiş RMR puanı		76	31	53
Kaya kütle sınıfı		İyi kayaç	Zayıf kayaç	Orta kayaç

Q Değeri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
RQD	50	10	45
Süreksizlik Sistemi Sayısı (Jn)	İki eklem takımı ve gelişmiş güzel eklemler: 6	İki eklem takımı ve gelişmiş güzel eklemler: 6	İki eklem takımı ve gelişmiş güzel eklemler: 6
Süreksizlik Pürüzlülük Sayısı (Jr)	Pürüzlü 3	Düz, düzlemsel 1	Pürüzlü 3
Süreksizlik Alterasyon Sayısı (Ja)	Yüzeysel kirlenme 1	Az ayrışma 2	Yüzeysel kirlenme 1
Sürekli su azaltma faktörü (Jw)	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1
Gerilme Azaltma Faktörü (SRF)	Kil içermeyen dayanıklı kayaçta tek bir makaslama zonu, (kazı derinliği > 50 m): 2.5	Kil içermeyen dayanıklı kayaçta tek bir makaslama zonu (kazı derinliği ≤ 50 m): 5	Kil içermeyen dayanıklı kayaçta tek bir makaslama zonu, (kazı derinliği > 50 m): 2.5
Q değeri	10	0,166	9
Kaya Kütle Sınıfı	İyi kayaç	Çok zayıf kayaç	Orta kayaç

RMQR Değeri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
Bozunma derecesi DD	Lekeli	Az bozunmuş	Az bozunmuş
Puan	12	9	9
Süreksizlik seti sayısı DSN	İki eklem takımı	İki eklem takımı	İki eklem takımı
Puan	12	12	12
Süreksizlik açıklığı DS, RQD	70	0	45
Puan	4	0	4
Süreksizlik durumu DC	Az pürüzlü	Pürüzlü/ ince	Az pürüzlü
Puan	22	15	22
Su akıntı durumu GWSC	Kuru	Nemli	Kuru
Puan	9	7	9
Su emme durumu GWAC	Kılcal emici	Düşük emici	Kılcal emici
Puan	5	4	5
RMQR	64	47	61
Kaya kütle sınıfı	İyi kayaç	Orta kayaç	İyi kayaç

Çizelge 4.13. Km: 1+670.00-2+220.00 bölgenin RMR,Q,RMQR sistemlerine göre kaya kütle sınıfları

Yapısal Bölge		1+670.00-2+220.00		
Parametre	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul	
Nokta yük dayanımı(Mpa)	2,53	1,12	2,03	
Puan	7	4	7	
RQD	48	0	23	
Puan	8	3	3	
Süreksizlik aralığı(mm)	60-200	<20	20-60	
Puan	5	5	5	
Süreksizlik durumu(mm)	Devamlılık(m)	<1	<1	<1
	Puan	6	6	6
	Açıklık(mm)	1-10	0,5-2,5	<0,1
	Puan	0	4	5
	Pürüzlülük	Az pürüzlü	Az pürüzlü	Pürüzlü
	Puan	3	3	5
	Dolgu	Yumuşak D. <5	Sert D.<5 Yumuşak D. <5	Sert D.<5
	Puan	2	3	4
	Bozunma	Orta bozunmuş	Orta bozunmuş	Orta bozunmuş
	Puan	3	3	3
Yeraltı suyu	Kuru	Nemli	Nemli	
Puan	15	10	10	
Temel RMR puanı	58	36	44	
Süreksizliklerin yönelimine göre düzeltme	-2	-5	-5	
Patlatma,gerilme,ve zayıflık düzlem düzeltmesi	1,0	0,8	0,85	
Düzeltilmiş RMR puanı	57	25	33	
Kaya kütle sınıfı	Orta kayaç	Zayıf kayaç	Zayıf kayaç	

Q Değeri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
RQD	48	10	23
Süreksizlik Sistemi Sayısı (Jn)	Bir eklem takımı ve geliş güzel eklem 3	Bir eklem takımı 2	Bir eklem takımı ve geliş güzel eklem 3
Süreksizlik Pürüzlülük Sayısı (Jr)	Pürüzlü 3	Düz, düzlemsel 1	Pürüzlü 3
Süreksizlik Alterasyon Sayısı (Ja)	Az ayrışma 2	Orta ayrışma 4	Az ayrışma 2
Süreklilik su azaltma faktörü (Jw)	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1
Gerilme Azaltma Faktörü (SRF)	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m) 5	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m) 5	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m) 5
Q değeri	4,80	0,25	2,30
Kaya Kütle Sınıfı	Orta kayaç	Çok zayıf kayaç	Zayıf kayaç

RMQR Değeri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
Bozunma derecesi DD	Az bozunmuş	Orta bozunmuş	Az bozunmuş
Puan	9	6	9
Süreksizlik seti sayısı DSN	Bir eklem takımı	Bir eklem takımı	Bir eklem takımı
Puan	16	16	16
Süreksizlik açıklığı DS, RQD	48	0	23
Puan	4	0	1
Süreksizlik durumu DC	Pürüzlü/ ince	Ayrık ve malzemeli	Pürüzlü/ ince
Puan	15	7	15
Su akıntı durumu GWSC	Kuru	Kuru	Kuru
Puan	9	9	9
Su emme durumu GWAC	Düşük emici	Orta emici	Düşük emici
Puan	4	3	4
RMQR	56	41	54
Kaya kütle sınıfı	Orta kayaç	Orta kayaç	Orta kayaç

Çizelge 4.14. Km: 2+220.00-4+250.00 bölgenin RMR,Q,RMQR sistemlerine göre kaya kütle sınıfları

Yapısal Bölge		2+220.00-4+250.00		
Parametre	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul	
Nokta yük dayanımı(Mpa)	5,07	3,95	4,58	
Puan	12	7	12	
RQD	73	0	50	
Puan	13	3	8	
Süreksizlik aralığı(mm)	600-2000	<20	60-200	
Puan	15	5	8	
Süreksizlik durumu(mm)	Devamlılık(m)	3-10	1-3	<1
	Puan	2	4	6
	Açıklık(mm)	10-100	2,5-10	0,25-0,5
	Puan	0	1	4
	Pürüzlülük	Az pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzlü
	Puan	3	3	5
	Dolgu	Yumuşak D. <5	Sert D.<5	Sert D.<5
	Puan	2	4	4
	Bozunma	Orta Derece bozunmuş	Orta Derece bozunmuş	Az bozunmuş
	Puan	3	3	5
Yeraltı suyu	Kuru	Nemli	Kuru	
Puan	15	10	15	
Temel RMR puanı	79	35	58	
Süreksizliklerin yönelimine göre düzeltme	-2	-5	-5	
Patlatma,gerilme,ve zayıflık düzlem düzeltmesi	1,0	0,9	1,0	
Düzeltilmiş RMR puanı	75	27	53	
Kaya kütle sınıfı	İyi kayaç	Zayıf kayaç	Orta kayaç	

Q Değeri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
RQD	73	10	50
Süreksizlik Sistemi Sayısı (Jn)	İki eklem takımı ve gelişmiş güzel eklemeler: 6	İki eklem takımı ve gelişmiş güzel eklemeler: 6	İki eklem takımı ve gelişmiş güzel eklemeler: 6
Süreksizlik Pürüzlülük Sayısı (Jr)	Pürüzlü 3	Pürüzlü 3	Pürüzlü 3
Süreksizlik Alterasyon Sayısı (Ja)	Yüzeysel kirlenme 1	Az ayrışma 2	Yüzeysel kirlenme 1
Süreksizlik su azaltma faktörü (Jw)	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1
Gerilme Azaltma Faktörü (SRF)	Kil içermeyen dayanıklı kayaçta tek bir makaslama zonu, (kazı derinliği > 50 m) 2,5	Kil içermeyen dayanıklı kayaçta tek bir makaslama zonu (kazı derinliği ≤ 50 m) 5	Kil içermeyen dayanıklı kayaçta tek bir makaslama zonu, (kazı derinliği > 50 m)2,5
Q değeri	14,6	0,5	10
Kaya Kütle Sınıfı	İyi kayaç	Çok zayıf kayaç	İyi kayaç

RMQR Değeri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
Bozunma derecesi DD	Az bozunmuş	Orta bozunmuş	Orta bozunmuş
Puan	9	6	6
Süreksizlik seti sayısı DSN	Üç eklem takımı	Üç eklem takımı	Üç eklem takımı
Puan	8	8	8
Süreksizlik açıklığı DS, RQD	56	13	26
Puan	4	1	1
Süreksizlik durumu DC	Az pürüzlü	Pürüzlü/ ince	Pürüzlü/ ince
Puan	22	15	15
Su akıntı durumu GWSC	Kuru	Kuru	Kuru
Puan	9	9	9
Su emme durumu GWAC	Düşük emici	Orta emici	Düşük emici
Puan	4	3	4
RMQR	56	42	43
Kaya kütle sınıfı	Orta kayaç	Orta kayaç	Orta kayaç

Çizelge 4.15. Km: 4+250.00-4+640.00 bölgenin RMR,Q,RMQR sistemlerine göre kaya kütle sınıfları

Yapısal Bölge		4+250.00-4+640.00		
Parametre		En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
Nokta yük dayanımı(Mpa)		3,51	1,98	2,58
Puan		7	4	7
RQD		53	12	20
Puan		13	3	3
Süreksizlik aralığı(mm)		60-200	<20	20-60
Puan		8	5	5
Süreksizlik durumu(mm)	Devamlılık(m)	1-3	1-3	<1
	Puan	4	4	6
	Açıklık(mm)	1-10	0,5-2,5	0,1-0,25
	Puan	0	4	4
	Pürüzlülük	Az pürüzlü	Az pürüzlü	Pürüzlü
	Puan	3	3	5
	Dolgu	Yumuşak D. <5	Sert D.<5 Yumuşak D. <5	Sert D.<5
	Puan	2	3	4
	Bozunma	Orta Derece bozunmuş	Orta Derece bozunmuş	Orta Derece bozunmuş
	Puan	5	5	5
Yeraltı suyu		Kuru	Nemli	Nemli
Puan		15	10	10
Temel RMR puanı		67	36	44
Süreksizliklerin yönelimine göre düzeltme		-5	-10	-5
Patlatma,gerilme,ve zayıflık düzlem düzeltmesi		0,9	0,9	0,9
Düzeltilmiş RMR puanı		56	23	35
Kaya kütle sınıfı		Orta kayaç	Zayıf kayaç	Zayıf kayaç

Q Değeri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
RQD	53	12	20
Süreksizlik Sistemi Sayısı (Jn)	İki eklem takımı ve gelişmiş güzel eklemeler: 6	İki eklem takımı ve gelişmiş güzel eklemeler: 6	İki eklem takımı ve gelişmiş güzel eklemeler: 6
Süreksizlik Pürüzlülük Sayısı (Jr)	Pürüzlü 3	Düz, düzlemsel 1	Düz, düzlemsel 1
Süreksizlik Alterasyon Sayısı (Ja)	Yüzeysel kirlenme 1	Az ayrışma 2	Az ayrışma 2
Sürekli su azaltma faktörü (Jw)	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1	Orta derecede su gelimi, dolguların yıkanması: 0,66	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1
Gerilme Azaltma Faktörü (SRF)	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m) 5	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m) 5	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m) :5
Q değeri	5,3	0,132	0,333
Kaya Kütle Sınıfı	Orta kayaç	Çok zayıf kayaç	Çok zayıf kayaç

RMQR Değeri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
Bozunma derecesi DD	Lekeli	Orta derecede bozunmuş	Az bozunmuş
Puan	12	6	9
Süreksizlik seti sayısı DSN	İki eklem takımı	İki eklem takımı	İki eklem takımı
Puan	12	12	12
Süreksizlik açıklığı DS, RQD	73	0	50
Puan	4	0	4
Süreksizlik durumu DC	Az pürüzlü	Pürüzlü/ ince	Az pürüzlü
Puan	22	15	22
Su akıntı durumu GWSC	Kuru	Islak	Kuru
Puan	9	5	9
Su emme durumu GWAC	Kılcıl emici	Düşük emici	Kılcıl emici
Puan	5	4	5
RMQR	64	42	61
Kaya kütle sınıfı	İyi kayaç	Orta kayaç	İyi kayaç

Çizelge 4.16. Km: 4+640.00-4+908.00 bölgenin RMR,Q,RMQR sistemlerine göre kaya kütle sınıfları

Yapısal Bölge		4+640.00-4+908.00		
Parametre	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul	
Nokta yük dayanımı(Mpa)	3,51	1,98	2,58	
Puan	7	4	7	
RQD	53	12	20	
Puan	13	3	3	
Süreksizlik aralığı(mm)	200-600	<20	20-60	
Puan	10	5	5	
Süreksizlik durumu(mm)	Devamlılık(m)	1-3	1-3	<1
	Puan	4	4	6
	Açıklık(mm)	1-10	0,5-2,5	0,1-0,25
	Puan	0	4	4
	Pürüzlülük	Az pürüzlü	Az pürüzlü	Pürüzlü
	Puan	3	3	5
	Dolgu	Yumuşak D. <5	Sert D.<5	Sert D.<5
	Puan	2	3	4
	Bozunma	Orta Derece bozunmuş	Orta Derece bozunmuş	Orta Derece bozunmuş
	Puan	5	5	5
Yeraltı suyu	Kuru	Nemli	Kuru	
Puan	15	10	15	
Temel RMR puanı	69	37	49	
Süreksizliklerin yönelimine göre düzeltme	-2	-5	-5	
Patlatma,gerilme,ve zayıflık düzlem düzeltmesi	0,9	0,9	0,9	
Düzeltilmiş RMR puanı	60	29	40	
Kaya kütle sınıfı	Orta kayaç	Zayıf kayaç	Zayıf kayaç	

Q Değeri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
RQD	56	13	26
Süreksizlik Sistemi Sayısı (Jn)	Üç eklem takımı ve gelişmiş güzel eklemeler: 12	Üç eklem takımı 9	Üç eklem takımı ve gelişmiş güzel eklemeler: 12
Süreksizlik Pürüzlülük Sayısı (Jr)	Pürüzlü 3	Düz, düzlemsel 1	Pürüzlü 3
Süreksizlik Alterasyon Sayısı (Ja)	Az ayrışma 2	Az ayrışma 2	Az ayrışma 2
Süreksizlik su azaltma faktörü (Jw)	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1	Kuru kazılar, ya da küçük sızma 1
Gerilme Azaltma Faktörü (SRF)	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m) 5	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m) 5	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya içeren tek bir zayıf zon, (kazı derinliği ≤ 50 m) 5
Q değeri	1,4	0,144	0,65
Kaya Kütle Sınıfı	Zayıf kayaç	Çok zayıf kayaç	Çok zayıf kayaç

RMQR Değeri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
Bozunma derecesi DD	Az bozunmuş	Orta bozunmuş	Orta bozunmuş
Puan	9	6	6
Süreksizlik seti sayısı DSN	İki eklem takımı	İki eklem takımı	İki eklem takımı
Puan	12	12	12
Süreksizlik açıklığı DS, RQD	53	12	20
Puan	4	1	1
Süreksizlik durumu DC	Az pürüzlü	Pürüzlü/ ince	Pürüzlü/ ince
Puan	22	15	15
Su akıntı durumu GWSC	Kuru	Nemli	Kuru
Puan	9	7	9
Su emme durumu GWAC	Düşük emici	Orta emici	Düşük emici
Puan	4	3	4
RMQR	60	44	47
Kaya kütle sınıfı	Orta kayaç	Orta kayaç	Orta kayaç

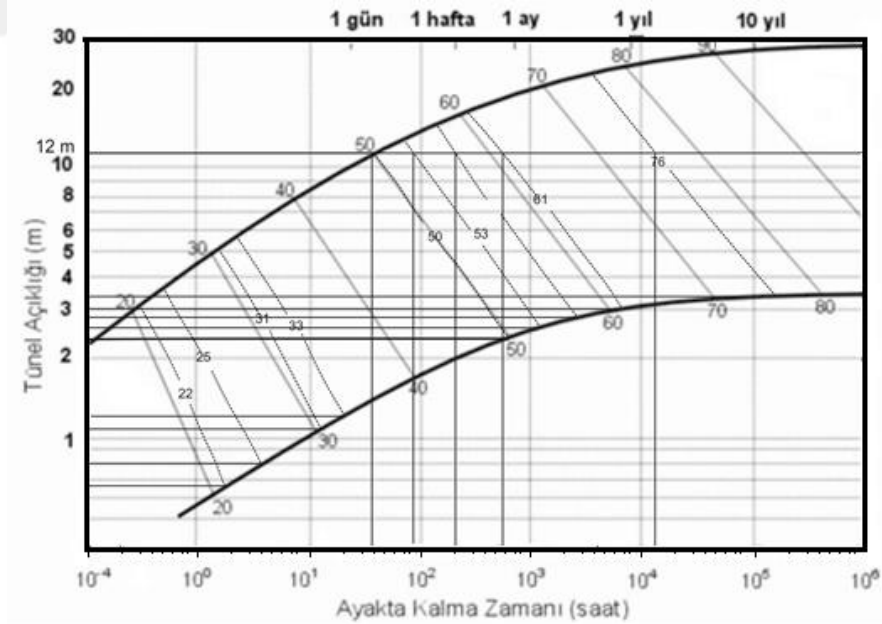
4.5.1. RMR Sisteminde Deformasyon Modülü Ve Kaya Yüğü

Çizelge 4.17. RMR değerine göre yapısal bölgelerde deformasyon modülleri

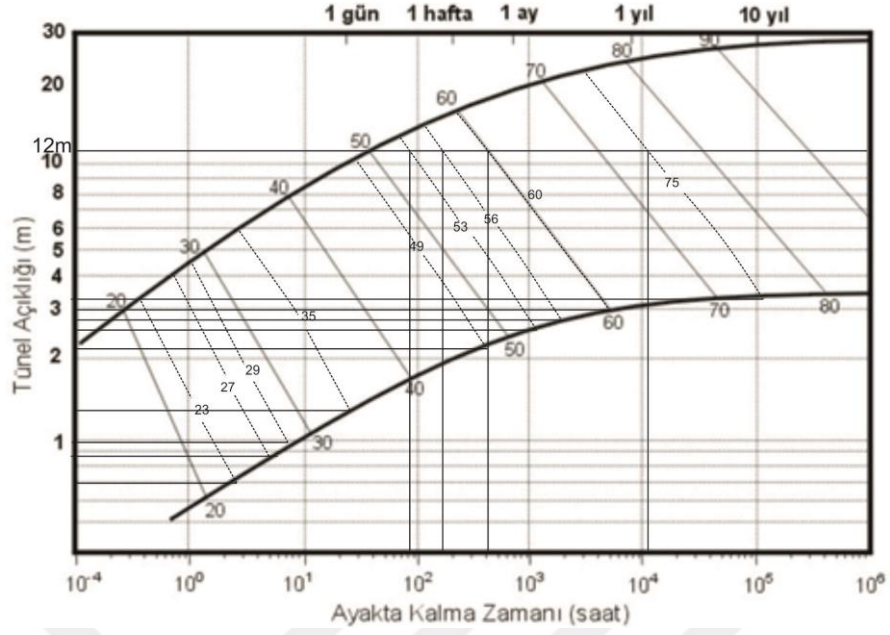
Yapısal bölgeler	Koşullar	RMR değeri	RMR>50 göre *Em	RMR≤50 göre **Em	Tünel genişliği (m)	$\gamma(\text{gr/cm}^3)$ ***	Destek yükü(P)(kN/m ²)
0+000.00-0+250.00	En iyi	50	-	10	12	2,69	158,23
	En kötü	25	-	2,4	12	2,69	237,3
	Ortalama	33	-	3,8	12	2,69	212,03
0+250.00-0+975.00	En iyi	61	22	-	12	2,69	123,42
	En kötü	22	-	2	12	2,69	246,84
	Ortalama	33	-	3,8	12	2,69	212,03
0+975.00-1+670.00	En iyi	76	56	-	12	2,92	82,44
	En kötü	31	-	3,3	12	2,92	237,03
	Ortalama	53	6	-	12	2,92	161,45
1+670.00-2+220.00	En iyi	57	14	-	12	2,69	136,08
	En kötü	25	-	2,4	12	2,69	237,35
	Ortalama	33	-	3,8	12	2,69	212,03
2+220.00-4+250.00	En iyi	75	50	-	12	2,79	82,05
	En kötü	27	-	2,7	12	2,79	239,61
	Ortalama	53	6	-	12	2,79	154,25
4+250.00-4+640.00	En iyi	56	12	-	12	2,73	141,31
	En kötü	23	-	2,1	12	2,73	247,30
	Ortalama	35	-	4,2	12	2,73	208,76
4+640.00-4+908.00	En iyi	60	20	-	12	2,73	128,47
	En kötü	29	-	3	12	2,73	228,03
	Ortalama	49	-	9,4	12	2,73	163,79

*Bieniawski (1978), **Serafim ve Pereira*** $1 \text{ gr/cm}^3 = 9,8039 \text{ kN/m}^3$

4.5.1.1. Desteksiz açıklık, desteksiz durma süresi ve destek önerileri



Şekil 4.8. RMR değeri ve kazı genişliğine göre desteksiz durma süresi ve desteksiz tavan açıklığı arasındaki ilişki (Km: 0+000.00-0+250.00, 0+250.00-0+975.00, 0+975.00-1+670.00, 1+670.00-2+220.00)



Şekil 4.9. RMR değeri ve kazı genişliğine göre desteksiz durma süresi ve desteksiz tavan açıklığı arasındaki ilişki (Km: 2+220.00-4+250.00, 4+250.00-4+640.00, 4+640.00-4+908.00)

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’ dan yararlanarak elde edilen desteksiz durma süreleri ile desteksiz açıklıklara ait sonuçlar Çizelge 4.18’de ve Çizelge 4.19’da destek önerileri verilmiştir.

Çizelge 4.18. RMR puanı ve yapısal bölgelere göre desteksiz durma süresi ve desteksiz açıklık süresi

Yapısal bölgeler	RMR değeri			Desteksiz durma süresi			Desteksiz açıklık		
	En iyi	En kötü	Ortalama	En iyi	En kötü	Ortalama	En iyi	En kötü	Ortalama
0+000.00-0+250.00	50	25	33	2 gün	Ani çökme	Ani çökme	2,2 m	0,9 m	1 m
0+250.00-0+975.00	61	22	33	3 hafta	Ani çökme	Ani çökme	3 m	1,3 m	0,6 m
0+975.00-1+670.00	76	31	53	2 yıl	Ani çökme	6 gün	3,4 m	1,3 m	2,6 m
1+670.00-2+220.00	57	25	33	3 ay	Ani çökme	Ani çökme	2,8 m	2,2 m	1 m
2+220.00-4+250.00	75	27	53	2 yıl	Ani çökme	6 gün	3,3 m	0,9 m	2,6 m
4+250.00-4+640.00	56	23	35	2 hafta	Ani çökme	Ani çökme	2,7 m	1,4 m	0,5 m
4+640.00-4+908.00	60	29	49	3 ay	Ani çökme	Ani çökme	3 m	1,2 m	2,4 m

Çizelge 4.19. Yapısal bölgelerde kaya kütlesi sınıfına göre destek önerileri

KALICI DESTEK (TAHKİMAT)				
Kaya kütlesi sınıfı	Kazı	Kaya saptamaları* (10 m genişliğindeki tünel için uzunluk)	Püskürtme beton	Çelik destek
II iyi kaya	Tam kesit, 1,0-1,5 m ilerleme, komple destek. Aynaya 20 m uzaklıkta	Kemerin her 2-3 m'inde yer yer saplama, tel kafeslerle 2,0-2,5 m aralıklı	Genişliğinde tavan kemerinde 50 mm	Yok
III orta kaya	Tavan kemeri ve tabanda ilerleme, Tavandan 1,5-3,0 m ilerleme, Komple destek, aynaya 10 m uzaklığa kadar gerekli.	Tel kafesli duvarlarda ve kederde 1-1,5 m aralıklı 4,5 m uzunlukta sistematik saplama	Tavan kederde 50-100 mm, yan duvarlarda 30 mm.	Yok
IV Zayıf kaya	Tavan kemeri ve tabanda ilerleme, Tavandan 1,0-1,5 m ilerleme, kazıya uygun şekilde aynaya 10 m uzaklığa kadar destekli.	Tel kafesli duvarlarda ve kederde 1-1,5 m aralıklı, 5 m uzunlukta 4-5 m uzunlukta sistematik saplama	Tavan kederinde 100-150 mm ve yan duvarlarda 100 mm.	Gereken yerde 1,5 m aralıklı ve yer yer hafif profiller.
20 mm çaplı tamamen reçine dolgulu				

4.5.2. Q sistemine göre destekleme sistemleri

Q sınıflama sistemi için kaya kütle özellikleri, destek sistemleri ve destekleme önerileri Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21' deki gibidir.

Çizelge 4.20. Q sınıflama sistemine kaya kütle özellikleri

Yapısal bölge	0+000.00-0+250.00			0+250.00-0+975.00			0+975.00-1+670.00		
	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama koşul
Tünel açıklığı	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Tünel yüksekliği	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Blok boyutu	8	1,66	3,66	8,33	1,66	3,83	8,33	1,66	7,5
Bloklar arası kayma direnci	1,5	0,25	0,25	1,5	0,5	0,5	3	0,5	3
Aktif gerilmi	0,2	0,2	0,2	0,4	0,132	0,132	0,4	0,2	0,4
ESR	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Maximum desteksiz tavan açıklığı	2,83 m	0,73 m	1,01 m	3,80 m	0,82 m	1,15 m	5,02 m	0,97 m	4,81 m
Tavan destek basıncı	0,94 kg/cm ²	4,58 kg/cm ²	3,52 kg/cm ²	0,38 kg/cm ²	4,17 kg/cm ²	3,16 kg/cm ²	0,31 kg/cm ²	3,63 kg/cm ²	0,32 kg/cm ²
Kaya kütlesinin elastisite modülü	9,5 GPa	1,95 GPa	2,93 GPa	17,4 GPa	2,25 GPa	3,47 GPa	25 GPa	2,79 GPa	23,8 GPa

Çizelge 4.20'nin devamı

Yapısal bölge	1+670.00-2+220.00			2+220.00-4+250.00			4+250.00-4+640.00		
Kütle özellikleri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama a koşul	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama a koşul	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama a koşul
Tünel açıklığı	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Tünel yüksekliği	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Blok boyutu	16	5	7,66	12,16	1,66	8,33	8,83	2	3,33
Bloklar arası kayma direnci	1,5	0,25	1,5	3	1,5	3	3	0,5	0,5
Aktif gerilmi	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,4	0,132	0,4
ESR	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Maximum desteksiz tavan açıklığı	3,74 m	1,14 m	2,79 m	5,84 m	1,51 m	5,02 m	3,89 m	0,88 m	1,28 m
Tavan destek basıncı	0,39 kg/cm ²	3,17 kg/cm ²	0,51 kg/cm ²	0,27 kg/cm ²	0,83 kg/cm ²	0,31 kg/cm ²	0,38 kg/cm ²	3,92 kg/cm ²	2,88 kg/cm ²
Kaya kütlelerinin elastisite modülü	17,03 GPa	3,45 GPa	9,07 GPa	29,1 GPa	4,94 GPa	25 GPa	18,1 GPa	2,47 GPa	4,01 GPa
Yapısal bölge	4+640.00-4+908.00								
Kütle özellikleri	En iyi koşul	En kötü koşul	Ortalama a koşul						
Tünel açıklığı	12	12	12						
Tünel yüksekliği	12	12	12						
Blok boyutu	4,66	1,44	2,16						
Bloklar arası kayma direnci	1,5	0,5	1,5						
Aktif gerilmi	0,4	0,4	0,4						
ESR	1	1	1						
Maximum desteksiz tavan açıklığı	2,28 m	0,92 m	1,68 m						
Tavan destek basıncı	0,59 kg/cm ²	3,81 kg/cm ²	0,76 kg/cm ²						
Kaya kütlelerinin elastisite modülü	8,42 GPa	2,59 GPa	5,66 GPa						

Çizelge 4.21. Q sınıflama sistemlerinin destekleme tipi

Koşullar	Destekleme türleri
İyi kayaç	Sistemantik kaya saplaması ve 4-5 cm kalınlığında takviyesiz püskürtme beton
Orta kayaç	Kaya saplamalı, çelik kafes takviyeli 5-9cm kalınlığında püskürtme beton
Zayıf kayaç	Kaya saplamalı, kafes takviyeli 9-12 cm kalınlığında püskürtme beton
Çok zayıf kayaç	Sistemantik kaya,kafes takviyeli 12-15 cm kalınlığında püskürtme beton

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, Antalya ilinin Taşagül (Manavgat) yolu ile Başlar (İbradı) yolu Km: 33+832,199 – 38+740 arasında yer alan Demirkapı tüneli güzergahının mühendislik jeolojisi incelemesi ve jeoteknik değerlendirmesi yapılmıştır.

İnceleme alanı ve yakın çevresinde bulunan birimlerin 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır.

Tünel güzergahı, fay ve kaya tipindeki değişiklikler gözetilerek 9 yapısal bölgeye ayrılmış olup buna göre kaya kütleleri RMR, Q, RMQR sınıflama sistemine göre sınıflandırılmıştır.

İnceleme alanındaki birimler yaşlıdan gence göre Anisiyen-Noriyen yaşlı Kasımlar formasyonu, Noriyen-Resiyen yaşlı Menteşe dolomiti, Resiyen yaşlı Leylek kireçtaşı, Resiyen-Erken Liyas yaşlı Üzümdere formasyonu, Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı Dumanlı formasyonu ve Kuvaterner yaşlı Alüvyon olarak sıralanmaktadır.

Tünel güzergahı Kasımlar formasyonu, Menteşe dolomiti, Leylek kireçtaşı, Üzümdere formasyonu içinde yer almaktadır.

İlgili firma tarafından açılan sondajlar ve arazide yapılan süreksizlik ölçümleri ve gözlemler ile jeoloji ve litolojik özellikleri belirlenmiş ve kesitleri hazırlanmıştır.

Tünel giriş ağzında Km:0+000.0-0+250.0 arasında yapılan kaya kütle sınıflama sistemlerine göre en iyi, en kötü ve normal koşullara göre sırasıyla RMR değeri: 50 puanlama ile orta kaya, 25 puanlama ile zayıf kaya, 33 puanlama ile zayıf kaya olarak belirlenmiştir. Q değeri: 2,40 puan ile zayıf kayaç, 0.083 puanlama ile son derece zayıf kayaç, 0.183 puanlama ile çok zayıf kayaç olarak belirlenmiştir. RMQR değeri: 51 puanlama ile orta kayaç, 33 puanlama ile zayıf kayaç, 44 puanlama ile orta kayaç olarak belirlenmiştir. RMR kaya sınıfına göre önerilen destek sistemleri kazı sırasında tavan kemeri ve tabandan ilerleme yapılacağı, tavandan 1.0-1.5 m ve kazıya uygun şekilde aynaya 10 m uzaklığa kadar destek gerektiği, tel kafesli duvarlarda ve

kemerde 1-1.5 m aralıklı, 4-5 m uzunlukta kaya saplamalarının yapılması gerektiği, tavan kemerinde 100-150 mm ve yan duvarlarda 100 mm püskürtme beton yapılması gerektiği olarak belirlenmiştir. Kaya kafes takviyeli 12-15 cm kalınlığında püskürtme beton uygulanması şeklinde belirlenmiştir.

Tünel giriş bölümünde Km:0+250.00-0+975.00 arasında yapılan kaya kütle sınıflama sistemlerine göre en iyi, en kötü ve normal koşullara göre sırasıyla RMR değeri :61 puanlama ile iyi kayaç, 22 puanlama ile zayıf kayaç, 33 zayıf kayaç olarak belirlenmiştir. Q değeri: 5 puanlama ile orta kayaç 0.11 puanlama ile çok zayıf kayaç, 0,253 puanlama ile çok zayıf kayaç olarak belirlenmiştir. RMQR değeri: 51 puanlama ile orta kayaç, 33 puanlama ile zayıf kayaç, 42 puanlama ile orta kayaç olarak belirlenmiştir. RMR kaya sınıfına göre önerilen destek sistemleri kazı sırasında tavan kemeri ve tabandan ilerleme yapılacağı, tavandan 1.0-1.5 m ve kazıya uygun şekilde aynaya 10 m uzaklığa kadar destek gerektiği, tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1.5 m aralıklı, 4-5 m uzunlukta kaya saplamalarının yapılması gerektiği, tavan kemerinde 100-150 mm ve yan duvarlarda 100 mm püskürtme beton yapılması gerektiği olarak belirlenmiştir. Q sisteminde destek tipi kaya kafes takviyeli 12-15 cm kalınlığında püskürtme beton uygulanması şeklinde belirlenmiştir.

Tünel güzergahının Km:0+975.00- 1+670.00 arasında yapılan kaya kütle sınıflama sistemlerine göre en iyi, en kötü ve normal koşullara göre sırasıyla RMR değeri 76 puanlama ile iyi kayaç, 31 puanlama ile zayıf kayaç, 53 puanlama ile orta kayaç olarak belirlenmiştir. Q değeri 10 puanlama ile iyi kayaç, 0,166 çok zayıf kayaç, 9 puanlama ile orta kayaç olarak belirlenmiştir. RMQR değeri: 64 puanlama ile iyi kayaç, 47 puanlama ile orta kayaç, 61 puanlama ile iyi kayaç olarak belirlenmiştir. RMR kaya sınıfına göre önerilen destek sistemi tavan kemeri ve tabanda ilerleme, tavandan 1,5-3,0 m ilerleme, komple destek, aynaya 10 m uzaklığa kadar gerekli, tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1,5 m aralıklı 4,5 m uzunlukta kaya saplamalarının gerektiği, tavan kemerde 50-100mm, yan duvarlarda 30mm püskürme beton yapılması gerektiği olarak belirlenmiştir. Q sisteminde destek türü kaya saplamalı, çelik kafes takviyeli 5-9 cm kalınlığında püskürtme beton olarak belirlenmiştir.

Tünel güzergahının Km:1+670.00- 2+ 220.00 arasında yapılan kaya kütle sınıflama sistemlerine göre en iyi, en kötü ve normal koşullara göre sırasıyla RMR değeri:57

puanlama ile orta kayaç, 25 puanlama ile zayıf kayaç, 33 puanlama ile orta kayaç olarak belirlenmiştir. Q değeri: 4,80 puanlama ile orta kayaç, 0,25 puanlama ile çok zayıf kayaç, 2,30 puanlama ile zayıf kayaç olarak belirlenmiştir. RMQR değeri 56 puanlama ile orta kayaç, 41 puanlama ile orta kayaç, 54 puanlama ile orta kayaç olarak belirlenmiştir. RMR kaya sınıfına göre önerilen destek sistemi tavan kemeri ve tabanda ilerleme, tavandan 1,5-3,0 m ilerleme, komple destek, aynaya 10 m uzaklığa kadar gerekli, tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1,5 m aralıklı 4,5 m uzunlukta kaya saplamalarının gerektiği, tavan kemerde 50-100mm, yan duvarlarda 30mm püskürme beton yapılması gerektiği olarak belirlenmiştir. Q sisteminde destek türü kaya saplamalı, kafes takviyeli 9-12 cm kalınlığında püskürtme beton olarak belirlenmiştir.

Tünel güzergahının Km:2+220.00-4+250.00 arasında yapılan kaya kütle sınıflama sistemlerine göre en iyi, en kötü ve normal koşullara göre sırasıyla RMR değeri: 75 puanlama ile iyi kayaç olarak belirlenmiştir. Q değeri:14,6 puanlama ile iyi kayaç, 0,5 puanlama ile çok zayıf kayaç, 10 puanlama ile iyi kayaç olarak belirlenmiştir. RMQR değeri: 56 puanlama ile orta kayaç, 42 puanlama ile orta kayaç, 43 puanlama ile orta kayaç olarak belirlenmiştir. RMR kaya sınıfına göre önerilen destek sistemi tavan kemeri ve tabanda ilerleme, tavandan 1,5-3,0 m ilerleme, komple destek, aynaya 10 m uzaklığa kadar gerekli, tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1,5 m aralıklı 4,5 m uzunlukta kaya saplamalarının gerektiği, tavan kemerde 50-100mm, yan duvarlarda 30mm püskürme beton yapılması gerektiği olarak belirlenmiştir. Q sisteminde destek türü sistematik kaya saplaması ve 4-5 cm kalınlığında takviyesiz püskürtme beton olarak belirlenmiştir.

Tünel güzergahının Km:4+250.00-4+640.00 arasında yapılan kaya kütle sınıflama sistemlerine göre en iyi, en kötü ve normal koşullara göre sırasıyla RMR değeri: 56 puanlama ile orta kayaç, 23 puanlama ile zayıf kayaç, 35 puanlama ile zayıf kayaç olarak belirlenmiştir. Q değeri: 5,3 puanlama ile orta kayaç, 0,132 puanlama ile çok zayıf kayaç, 0,333 puanlama ile çok zayıf kayaç olarak belirlenmiştir. RMQR değeri: 64 puanlama ile iyi kayaç, 42 puanlama ile orta kayaç, 61 puanlama ile iyi kayaç olarak belirlenmiştir. RMR kaya sınıfına göre önerilen destek sistemi tavan kemeri ve tabanda ilerleme, tavandan 1,5-3,0 m ilerleme, komple destek, aynaya 10 m uzaklığa kadar gerekli, tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1,5 m aralıklı 4,5 m

uzunlukta kaya saplamalarının gerektiği, tavan kemerde 50-100mm, yan duvarlarda 30mm püskürme beton yapılması gerektiği olarak belirlenmiştir. Q sisteminde destek tipi kaya kafes takviyeli 12-15 cm kalınlığında püskürtme beton uygulanması şeklinde belirlenmiştir.

Tünel güzergahının Km: 4+640.00-4+908.00 arasında yapılan kaya kütle sınıflama sistemlerine göre en iyi, en kötü ve normal koşullara göre sırasıyla RMR değeri: 60 puanlama ile orta kayaç, 29 puanlama ile zayıf kayaç, 40 puanlama ile zayıf kayaç olarak belirlenmiştir. Q değeri:1,4 puanlama ile zayıf kayaç, 0,144 puanlama ile çok zayıf kayaç, 0,65 puanlama ile çok zayıf kayaç olarak belirlenmiştir. RMQR değeri: 60 puanlama ile orta kayaç 44 puanlama ile orta kayaç, 47 puanlama ile orta kayaç olarak belirlenmiştir. RMR kaya sınıfına göre önerilen destek sistemi tavan kemeri ve tabanda ilerleme, tavandan 1,5-3,0 m ilerleme, komple destek, aynaya 10 m uzaklığa kadar gerekli, tel kafesli duvarlarda ve kemerde 1-1,5 m aralıklı 4,5 m uzunlukta kaya saplamalarının gerektiği, tavan kemerde 50-100mm, yan duvarlarda 30mm püskürme beton yapılması gerektiği olarak belirlenmiştir. Q sisteminde destek tipi kaya kafes takviyeli 12-15 cm kalınlığında püskürtme beton uygulanması şeklinde belirlenmiştir.

Yapımı devam eden Demirkapı tünel projesinin çalışma alanının İkinci Derece Deprem Bölgesi içinde kaldığının dikkate alınması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Altuğ, S., 1971. Manavgat-Oymapınar rezervuarındaki Mesozoyik birimlerin stratigrafisi. Elektrik işleri etüt idaresi raporu No:39-71, Ankara, (yayımlanmamış).
- Aydan, Ö., 2012. Some considerations on yield (failure) criteria in rock mechanics. In Proceedings of the 46th US rock mechanics/geomechanics symposium, Cicago, İllinois, June 2012. ARMA 12-640(on CD)
- Aydan, Ö., Ulusay, R., Tokashiki, N., 2013. A New Rock Mass Quality Rating System: Rock Mass Quality Rating (RMQR) And Its Application To Estimation Of Geomechanical Characteristics Of Rock Masses
- Barton, N., Lien, R., Lunde, J., 1974. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock mechanical 6(4), 189-239.
- Barton, N., 2002. Some new Q-value correlations to assist in site characterization and tunnel design. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 39, 185-216.
- Bieniawski ZT., 1976. Rock mass classification in rock engineering. Proceedings of the Symposium on Exploration for Rock Engineering, Cape Town, Balkema, pp. 97-106.
- Bieniawski, ZT., 1978. "Determining Rock Mass Deformability: Experience from Case Histories." International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 15, pp. 237-248.
- Bieniawski ZT. 1989. Engineering rock mass classifications. John Wiley and Sons, 237 pp.
- Blumenthal, M., 1951. Recherches géologiques dans le Taurus occidental dans l'arrière pays d'Ankara: Publ. MTA Ankara, Seri D 5, (yayımlanmamış).

- Brunn, J. H., Dumont, J. H., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., Monod, O., Poisson, A., 1971. Structures majeurs et correlations stratigraphiques dans les Taurides occidentales: Bull. Soc. Geol. Fr. (7) 12, 515-551
- Demirtaşlı, E., Erenler, F., Bilgin, A.Z., Çatal, E., 1977. Manavgat - Köprülü bölgesinin temel jeoloji incelemesi: 31. Türkiye Jeoloji Bilimsel ve Teknik Kongresi Özetleri, Ankara.
- Demirtaşlı, E., 1979. Toros kuşağının (Akseki yöresi) petrol olanakları Türkiye Jeoloji Mühendisliği Birinci Bilim ve Teknoloji Kongresi 5.6 Şubat, Ankara, Bildirileri, 187-190
- Dumont, J.F., Kerey, E., 1975. Eğirdir gölü güneyinin temel jeolojik etüdü. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 18/2, 169-174
- Erik, D., 2004. Boğsak karayolu tünelleri (Taşucu- Mersin) jeoteknik tasarımı, Doktora tezi, Isparta.
- Grimstad, E., Barton, N. 1993. Updating the Q-System for NMT. Modern use of wet mix sprayed concrete for underground support, Fagernes,
- Hoek E, Brown E.T., 1980a. Underground excavation in rock. London: Institution of Mining and Metallurgy 527 pp.
- Hoek, E., Brown, E.T., 1980b. Empirical strength criterion for rock masses. ASCE 106(GT9), 1013- 1035
- Hoek E, Carranza-Torres CT, Corkum B., 2002. Hoek-Brown failure criterion-2002 edition. In: Proceedings of the Fifth North American Rock Mechanics Symposium, Toronto, Canada, Vol. 1, 2002. p. 267-73.
- Hoek, E., 2004. Erişim Tarihi: 12.03.2016. www.rocscience.com/documents/hoek/corner/04_Rock_mass_classification.pdf

ISRM, 1978. Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. International Journal of rock Mechanics and Mining Sciences and geomechanics Abstracts,16, 135-140

ISRM, 1981. ISRM Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring. E.T. Brown (ed.), Pergamon Press, London, 211 p. 108.

ISRM, 1985. Suggested method for determining point load strength.. International Journal of Rock Mechanics, Mining Sciences and Geomechanical Abstracts, 22(2), 51-60pp.

KGM, 2012. Karayolları Genel Müdürlüğü. (Antalya-Manavgat) Ayrımı-(Başlar-İbradı) Ayrımı Yolu Demirkapı Tüneli Varyantı (Km:33+832.199-38+740) Mühendislik Jeolojisi Raporu.

Lauffer, H., 1958. Gebirgsklassifizierung für den Stollenbau. Geology Bauwesen, 74 (1), 46-51.

Martin, C., 1969. Akseki kuzeyindeki bir kısım Toroslar'ın stratigrafik ve tektonik incelenmesi, MTA dergi 72, 158-175.

Özkan, H., 2010. Q Kaya Kütleli Sınıflama Sistemi Ve Tünel Desteklemeleri sf.7

Özgül, N., 1976. Torosların bazı temel jeolojik özellikleri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 19/1, 65-67.

Özkan, İ ve Ünal , E., 1996. Kaya kütleli sınıflama sistemleri üzerine kritik bir değerlendirme. 3. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu Bildiriler Kitabı,Ankara, 181-193.

Rabcewicz, L., 1964. <http://www.eos.ubc.ca/courses/eosc547/Lecture-material/Rabcewicz- NATM.pdf>.

Serafim J.L. Pereira, J.P. 1983. Considerations on the geomechanical classification of Bieniawski, International Symposium Engineering Geology and Underground Construction. Lisbon. Theme II, pp II. 33-42.

Stini, J., 1950. Tunnel Baugeologie. Springer, Vienna.

Şenel, M., Gedik, İ., Dalkılıç, H., Serdaroğlu, M., 1996. Isparta büklümü doğusunda otokton ve allohton birimlerin stratigrafisi, Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 118, 111-160.

Şenel, M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdaroğlu, M., Metin, S., 1998. Orta Toroslar'da güzelsu koridoru ve kuzeyinin stratigrafisi, Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 120.

Şenel M., Akay, E., Uysal, Ş., Yalçinyaka, S. Akbulut, A., 2010. Türkiye Jeoloji Haritaları, Isparta-26 paftası, İkinci baskı, Jeoloji Etüdüleri Dairesi, Ankara.

Terzaghi, K., 1946. Rock defects and loads in tunnel supports, Rock tunneling with steel supports, The Commercial Shearing and Stamping Co., Youngstown, Ohio, 17-99.

Toker, V., Soner, N., Ayyıldız, T. ve Albayrak, M., 1993. Akseki kuzeyi üzümderesi (Antalya) civarının stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 36/2, 57-73.

Ulusay, R., 2007. Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ankara, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları 60, S:13-62, 123-138. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri Kitabı.

Üstüner, E., 2011. Büyük Karaçay Barajı (Hatay-Samandağ) Devirasyon Tünelinin Mühendislik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi .

Ziegler, J.G.K., 1938. Garbi Toros mıntkasında yapılmış olan maden ve jeoloji tetkikatı. I ve II kısım MTA Rapor No. 768 ve 953 (yayımlanmamış), Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Muhammet BEYHAN
Doğum Yeri ve Yılı :MALATYA, 1990
Medeni Hali :Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta :beyhan_003@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise :H. Ahmet Akıncı Lisesi
Lisans :SDÜ, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği, 2013

Yayımları

Beyhan, M., 2012. Akdoğan köyü (Isparta-Eğirdir) dolayının genel jeolojisinin belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Bitirme Tezi (Yayımlanmamış).