

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**CİNDERE BARAJI (DENİZLİ-GÜNEY) YENİCEKENT İLETİM
TÜNELİ'NİN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ**

Ali Osman ÇAKIRER

Danışman: Doç. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2011

TEZ ONAYI

Ali Osman ÇAKIRER tarafından hazırlanan “**Cindere Barajı (Denizli-Güney) Yenicekent İletim Tünelinin Mühendislik Jeolojisi**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK
Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri :
Prof. Dr. Raşit ALTINDAĞ
Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği Anabilim Dalı



Y. Doç. Dr. Ali Yalçın
Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı



Doç. Dr. Mehmet Cengiz KAYACAN
Enstitü Müdürü Vekili



Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER DİZİNİ.....	xvi
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	5
2. Kaynak Özetleri	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM	12
3.1. Genel Jeoloji.....	13
3.2. Stratigrafi.....	14
3.2.1. Kavaklıdere grubu	16
3.2.2. Denizli grubu.....	18
3.2.3. Kuvaterner	19
3.3. Yapısal Jeoloji.....	21
3.4. Depremsellik	22

3.5. Hidrojeoloji	26
3.6. Mühendislik Jeolojisi	27
3.6.1. Arazi çalışmaları	28
3.6.2. Laboratuvar çalışmaları.....	29
3.6.3. Kaya kütlesi sınıflama sistemleri	31
3.6.4. Kaya kütlesi deformasyon modülünün belirlenmesi.....	44
4. ARAŞTIRMA ve BULGULAR.....	48
4.1. Arazi Çalışmaları	48
4.1.1. Sondaj çalışmaları	49
4.1.2. Süreksizlik incelemeleri	51
4.1.2.1. Süreksizlik konumu	52
4.1.2.2. Süreksizlik aralığı	59
4.1.2.3. Süreksizlik açıklığı.....	66
4.1.2.4. Süreksizlik devamlılığı	72
4.1.2.5. Süreksizliklerin dolgu durumu.....	78
4.1.2.6. Süreksizliklerin su durumu	79
4.1.2.7. Süreksizlik duvarının durumu	80
4.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	81
4.2.1. Nokta yük deneyi	81
4.2.2. Tek eksenli basınç deneyi	85
4.3. Yenicekent HES Tünel-1 Jeoteknik Değerlendirmesi	86
4.3.1. RMR kaya kütle sınıflaması.....	94
4.3.2 GSI ve kaya kütlesi özellikleri	95
4.3.3. Deformasyon modülü ve kaya yükü	96

4.3.4. Desteksiz açıklık, desteksiz durma süresi ve destek önerileri	97
4.3.5. Giriş ve çıkış ağızlarında açık kazı alanları	99
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	103
6. KAYNAKLAR	106
EKLER.....	111
EK-1 1/5000 ölçekli Jeolojik Harita ve Kesiti	111
EK-2 Karot Sandıklarının Resimleri.....	112
EK-3 Kuyu Logları	119
EK-4 Jeoteknik Loglama Parametreleri Sonuçları.....	134
EK-5 Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları	138
ÖZGEÇMİŞ	141

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Cindere Barajı (Denizli-Güney) Yenicekent İletim Tünelinin Mühendislik Jeolojisi

Ali Osman ÇAKIRER

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

Danışman: Doç. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK

Denizli-Buldan sulama projesi kapsamındaki Cindere Barajı ve Yenicekent kanal ve tünelleri ile Pamukkale ve Gölemezli ovalarına su verilecektir. Bu projedeki Yenicekent tünel güzergâhının mühendislik jeolojisi incelemesi tez konusunu oluşturmaktadır.

Yenicekent Tünel güzergâhı, Menderes Metamorfikleri olarak bilinen Paleozoyik yaşlı şist ve mermerler içinde kalmaktadır. Güzergâhta yer alan birimlerde ayrıntılı süreksizlik ölçümleri yapılarak Kaya Kütle Sınıflama Sistemlerinden RMR ve GSI güzergâha uygulanmıştır.

Sınıflama çalışmalarında, güzergâh 3 ayrı yapısal bölgeye ayrılmış ve her bir yapısal bölge için en iyi, en kötü ve ortalama koşullar için değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan çalışmalar ile RMR'ye göre kaya sınıflarının 22-71, maksimum iksasız açıklıkların 60cm-3,3m. iksasız kendi kendini tutma sürelerinin ani çökme-1 yıl arasında değiştiği, GSI' nin 31-50 arasında olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenicekent tüneli, Kaya kütle sınıflaması, RMR, jeoteknik değerlendirme, GSI.

2011, 141 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

**Engineering Geology of Yenicekent Transmission Tunnels of Cindere Dam
(Denizli-Güney)
Ali Osman ÇAKIRER**

**Suleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Science
Department of Geological Engineering**

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK

Denizli-Buldan Dam and irrigation project under the Cindere Yenicekent channels and tunnels as well as the plains of Pamukkale and the water will be Golemezli. This project is the subject of the thesis Yenicekent tunnel route, review of engineering geology.

Yenicekent Tunnel route, known as the Paleozoic schists and marbles of the Menderes metamorphic rocks in the fall. Discontinuity in the volumes that detail the route by measuring RMR and GSI rock mass classification systems applied to the route.

Classification studies, the route is divided into 3 separate such a structure for the region of structural best, worst and average conditions for the assessments have been made. According to the studies of rock classes RMR between 22 to 71, maximum unsupported span between 60cm to 3,3 m. stand-up time immediate collapse between-1 year, GSI's determined to be between 31 to 50.

Key Words: Yenicekent tunnel, rock mass classification, RMR, geotechnical evaluation, GSI.

2011, 141 Page

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans'a başladığım günden itibaren bilgi ve tecrübeleriyle her zaman yanımda olan, sabrı ve ilgisiyle, tezi yönlendiren, bu tezin oluşmasında katkı sağlayan danışman hocam Doç. Dr. Mahmut MUTLUTÜRK' e teşekkür ederim.

Yapıcı eleştirileri ve kaynak kitap katkısından dolayı Yrd. Doç. Dr. Ali YALÇIN a teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarında, özellikle süreksizlik ölçümlerinde yardımını esirgemeyen Cindere Barajı personeli Hakan ERTEKİN'e, Cindere Barajı ve Yenicekent HES'in güzergâhı hakkında detaylı bilgi veren Özaltın Holding, Çelikler Holding ve Alkon Mühendislik firmasına, çalışma alanın çevresinde yapılan projeler hakkında bilgi veren DSİ-Denizli bölgede görevli Jeoloji Yük. Müh. Mehmet AKGÜN'e ayrıca teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarında katkılarıyla bana eşlik eden Emre BALCIOĞLU, Onur KÖROĞLU, Cangir Erinç KOÇÇAZ ve Yener ÇİFTÇİOĞLU'na teşekkür ederim.

Varlıkları ile tez çalışmamı her aşamada sabırla destekleyip her zaman yanımda olan, eşsiz değerleri ile çalışmama şevk veren ailemin her bir ferdine teşekkür borçluyum.

Ali Osman ÇAKIRER
ISPARTA 2011

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.	3
Şekil 3.1. Denizli ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası.....	14
Şekil 3.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti	15
Şekil 3.3. Denizli-Cindere Barajı sol sahil – Tünel-1 giriş bölgesinde bulunan Paleozoyik şistlerin görünümü.....	17
Şekil 3.4. Mersincik deresi üzerinde Ortaköy Formasyonunda bulunan mermerler....	18
Şekil 3.5. Çalışma alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası.....	20
Şekil 3.6. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası	23
Şekil 3.7. Ölçüm istasyonları ve depremin merkez üssü dağılımları.....	23
Şekil 3.8. Çalışma alanı ve çevresinde meydana gelen yamaç ve şev duraysızlıkları yer bulduru haritası	25
Şekil 3.9. Denizli –Buldan da meydana gelen 5,6 büyüklüğündeki deprem sonucu Güney Şelalesinin üzerinden aktığı tufa (traverten) kütlesinde oluşan çatlak.	25
Şekil 3.10. Güney Şelalesinde meydana gelen açılma çatlak ve yakın görünümü	26
Şekil 3.11. Nokta yükleme deney aleti ve konik yükleme başlığı	30
Şekil 3.12. Örnek şekiller: (c) blok ve (d) düzensiz şekilli örnekler.....	30
Şekil 3.13. RMR sistemine göre önerilen Tek eksenli basınç, süreksizlik aralığı, RQD parametrelerinin bulunmasına ait grafikler.....	37
Şekil 3.14. A_s gerilme düzeltmesi katsayısı grafiği	39
Şekil 3.15. RMR kaya kütlesi sınıflarına göre uzun süreli ölçümler ve gözlemler esas alınarak, desteksiz durma süresi ve desteksiz açıklık arasındaki ilişki.....	39
Şekil 3.16. Sönmez ve Ulusay (1999)’ın önerdiği niceliksel GSI Sınıflama Sistemi Abağı’nın “Sağlam ve Masif” kaya grubu eklendikten sonraki değiştirilmiş son hali	44
Şekil 3.17. Kaya kütlelerinin yerinde deformasyon modülü ile RMR arasındaki ilişkiler	46

Şekil 4.1. Güzergah üzerindeki yapısal bölgeler.....	48
Şekil 4.2. Giriş ağzındaki şistozite yönelimlerine ait kontur diyagramları.....	53
Şekil 4.3. Giriş ağzındaki eklem yönelimlerine ait kontur diyagramları	53
Şekil 4.4. Giriş ağzındaki şistozite ve eklem yönelimlerine ait kontur diyagramları ..	53
Şekil 4.5. Giriş bölgesindeki şistozite yönelimlerine ait kontur diyagramları.....	54
Şekil 4.6. Giriş bölgesindeki eklemlerin yönelimlerine ait kontur diyagramları.....	54
Şekil 4.7. Giriş bölgesindeki şistozite ve eklem yönelimlerine ait kontur diyagramları	55
Şekil 4.8. Orta bölgesindeki tabaka yüzeylerine ait kontur diyagramları	55
Şekil 4.9. Orta bölgesindeki eklemlere ait kontur diyagramları	56
Şekil 4.10. Orta bölgesinde bulunan tabakalara ve eklemlere ait kontur diyagramları	56
Şekil 4.11. Çıkış bölgesindeki mermerlerdeki tabakalara ait kontur diyagramları.....	57
Şekil 4.12. Çıkış bölgesindeki mermerlerdeki eklemlere ait kontur diyagramlar.....	57
Şekil 4.13. Çıkış bölgesindeki tabakalar ve eklemlere ait kontur diyagramları.....	57
Şekil 4.14. Çıkış ağzındaki tabakalara ait kontur diyagramları	58
Şekil 4.15. Çıkış ağzındaki eklemlere ait kontur diyagramları.....	58
Şekil 4.16. Çıkış ağzındaki tabakalar ve eklemlere ait kontur diyagramları	59
Şekil 4.17. Çıkış Bölgesi süreksizlik aralığı gösterimi	60
Şekil 4.18. Giriş ağzındaki şistlerin aralık dağılımını gösteren histogram	60
Şekil 4.19. Giriş ağzındaki eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram.....	61
Şekil 4.20. Giriş ağzındaki şist ve eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram...	61
Şekil 4.21. Giriş bölgesindeki şistlerin aralık dağılımını gösteren histogram	61
Şekil 4.22. Giriş bölgesindeki eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram.....	62
Şekil 4.23. Giriş bölgesindeki şist ve eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram	62
Şekil 4.24. Orta bölgedeki mermerlerin aralık dağılımını gösteren histogram.....	63

Şekil 4.25. Orta bölgedeki eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram	63
Şekil 4.26. Orta bölgedeki mermer ve eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram.....	63
Şekil 4.27. Çıkış bölgesindeki mermerlerin aralık dağılımını gösteren histogram.....	64
Şekil 4.28. Çıkış bölgesindeki eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram	64
Şekil 4.29. Çıkış bölgesindeki mermer ve eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram.....	64
Şekil 4.30. Çıkış ağzındaki mermerlerin aralık dağılımını gösteren histogram.....	65
Şekil 4.31. Çıkış ağzındaki eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram	65
Şekil 4.32. Çıkış ağzındaki mermer ve eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram.....	65
Şekil 4.33. Çıkış Bölgesi süreksizlik açıklığı gösterimi	67
Şekil 4.34. Giriş ağzındaki şistlerin açıklık dağılımını gösteren histogram	67
Şekil 4.35. Giriş ağzındaki eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram.....	67
Şekil 4.36. Giriş ağzındaki şist ve eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram .	68
Şekil 4.37. Giriş bölgesindeki şistlerin açıklık dağılımını gösteren histogram	68
Şekil 4.38. Giriş bölgesindeki eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram	68
Şekil 4.39. Giriş bölgesindeki şist ve eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram.....	69
Şekil 4.40. Orta bölgedeki mermerlerin açıklık dağılımını gösteren histogram	69
Şekil 4.41. Orta bölgedeki eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram.....	69
Şekil 4.42. Orta bölgedeki mermer ve eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram.....	70
Şekil 4.43. Çıkış bölgesindeki mermerlerin açıklık dağılımını gösteren histogram	70
Şekil 4.44. Çıkış bölgesindeki eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram	70
Şekil 4.45. Çıkış bölgesindeki mermer ve eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram.....	71

Şekil 4.46. Çıkış ağzındaki mermerlerin açıklık dağılımını gösteren histogram.....	71
Şekil 4.47. Çıkış ağzındaki eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram	71
Şekil 4.48. Çıkış ağzındaki mermer ve eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram.....	72
Şekil 4.49. Giriş ağzındaki şistlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram	73
Şekil 4.50. Giriş ağzındaki eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram.....	73
Şekil 4.51. Giriş ağzındaki şist ve eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram.....	73
Şekil 4.52. Giriş bölgesindeki şistlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram	74
Şekil 4.53. Giriş bölgesindeki eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram .	74
Şekil 4.54. Giriş bölgesindeki şist ve eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram.....	74
Şekil 4.55. Orta bölgedeki mermerlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram....	75
Şekil 4.56. Orta bölgedeki eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram	75
Şekil 4.57. Orta bölgedeki mermer ve eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram.....	75
Şekil 4.58. Çıkış bölgesindeki mermerlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram	76
Şekil 4.59. Çıkış bölgesindeki eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram	76
Şekil 4.60. Çıkış bölgesindeki mermer ve eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram.....	76
Şekil 4.61. Çıkış ağzındaki mermerlerin devamlılık dağılımını gösteren.....	77
Şekil 4.62. Çıkış ağzındaki eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren	77
Şekil 4.63. Çıkış ağzındaki mermer ve eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren	77
Şekil 4.64. Nokta yük deneyi için alınan numunelerin Google Earth görüntüsü üzerinde yerleri.....	84
Şekil 4. 65. RMR değeri ve kazı genişliğine göre desteksiz durma süresi ve desteksiz tavan açıklığı arasındaki ilişki.....	97
Şekil 4.66. Tünel-1 Giriş Ağzı alın, sağ ve sol kazı şevi kesitleri	99

Şekil 4.67. Süreksizlik konumları ve giriş ağzı şevlerin ilişkisi	100
Şekil 4.68. Giriş ağzı alın şevi ile şistozite ve 2. eklem düzlem çiftinin ilişkisi.....	100
Şekil 4.69. Çıkış ağzı ve çıkış alın, sağ ve sol kazı şev kesitleri	101
Şekil 4.70. Süreksizlik konumları ve çıkış ağzı şevlerin ilişkisi.....	101
Şekil 4.71. Çıkış ağzı sol kazı şevi ile tabaka düzleminin ilişkisi	102
Şekil 4.72. Çıkış ağzı sağ kazı şevi ile 1. ve 2. Eklem düzlem çiftinin ilişkisi	102

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Günümüzde kullanılan başlıca kaya kütle sınıflama sistemleri	32
Çizelge 3.2. RMR Kaya kütlesi sınıflama sistemi parametreleri, değişim aralıkları ve Puanları	35
Çizelge 3.3. Süreksizliklerin yüzeyi koşulunun daha duyarlı puanlandırılması için önerilen kılavuz	37
Çizelge 3.4. RMR sınıflama sisteminde kullanılan Patlatma (A_w) ve başlıca zayıflık düzlemleriyle (A_B) ilgili düzeltme katsayıları	38
Çizelge 3.5. Düzeltilmiş RMR değerine bağlı kaya kütlesi sınıfları ve bu sınıfların bazı özellikleri	40
Çizelge 3.6. RMR Sistemi'nin 1976 versiyonundan günümüze değin kullanılan destek sistemleri seçim kılavuzu	40
Çizelge 4.1. Yapısal bölgeler	48
Çizelge 4.2. Yenicekent HES- Tünel -1 güzergâhına en yakın açılan sondaj yerleri ve derinlikleri	49
Çizelge 4.3. Sondaj karotlarından yapılan ölçümler ve değerlendirmeler	51
Çizelge 4.4. Giriş ağzındaki süreksizlik konumu	54
Çizelge 4.5. Giriş bölgesindeki süreksizlik konumu	55
Çizelge 4.6. Orta bölgedeki süreksizlik konumu	56
Çizelge 4.7. Çıkış bölgesindeki süreksizlik konumu	58
Çizelge 4.8. Çıkış ağzındaki süreksizlik konumu	59
Çizelge 4.9. Süreksizlik aralığı tanımlama esasları	59
Çizelge 4.10. Giriş ağzı süreksizlik aralığı	61
Çizelge 4.11. Giriş bölgesi süreksizlik aralığı	62
Çizelge 4.12. Orta bölgedeki süreksizlik aralığı	63
Çizelge 4.13. Çıkış bölgesi süreksizlik aralığı	65

Çizelge 4.14. Çıkış ağzı süreksizlik aralığı	66
Çizelge 4.15. Yapısal bölgelere göre süreksizlik aralık değerleri.....	66
Çizelge 4.16. Süreksizlik açıklığının tanımlanmasına ait esaslar	66
Çizelge 4.17. Giriş ağzındaki süreksizlik açıklığı.....	68
Çizelge 4.18. Giriş bölgesindeki süreksizlik açıklığı.....	69
Çizelge 4.19. Orta bölgedeki süreksizlik açıklığı	70
Çizelge 4.20. Çıkış bölgesindeki süreksizlik açıklığı	71
Çizelge 4.21. Çıkış ağzındaki süreksizlik açıklığı	72
Çizelge 4.22. Yapısal bölgelere göre süreksizlik açıklığı değerleri.....	72
Çizelge 4.23. Süreksizlik devamlılığının tanımlanmasına ait esaslar	73
Çizelge 4.24. Giriş ağzındaki süreksizlik devamlılığı	74
Çizelge 4.25. Giriş bölgesindeki süreksizlik devamlılığı	75
Çizelge 4.26. Orta bölgedeki süreksizliklerin devamlılığı.....	76
Çizelge 4.27. Çıkış bölgesindeki süreksizliklerin devamlılığı.....	77
Çizelge 4.28. Çıkış ağzındaki süreksizliklerin devamlılığı.....	78
Çizelge 4.29. Yapısal bölgelere göre süreksizliklerin devamlılık değerleri	78
Çizelge 4.30. Toprak zeminlerin drenajsız makaslanma dayanımlarının tanımlanmasına ait ölçütler	78
Çizelge 4.31. Süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli sıkışma dayanımları ve arazi tanımlamalarına göre sınıflandırılması	79
Çizelge 4.32. Dolgusuz ve dolgulu süreksizlikler için su durumunun sınıflandırılması ve tanımlanması	80
Çizelge 4.33. Kaya kütlelerinin bozunma derecesi ile ilgili sınıflaması.....	81
Çizelge 4.34. Tünel-1 güzergâhı giriş ağzı çevresindeki örneklere yapılan Nokta yük deneyi sonuçları (MPa)	82
Çizelge 4.35. Tünel-1 güzergâhı giriş çevresindeki örneklere yapılan Nokta yük deneyi sonuçları (MPa)	82

Çizelge 4.36. Tünel-1 güzergâhı orta bölge çevresindeki örneklerle yapılan Nokta yük deneyi sonuçları (MPa)	83
Çizelge 4.37. Tünel-1 güzergâhı çıkış çevresindeki örneklerle yapılan Nokta yük deneyi sonuçları (MPa)	84
Çizelge 4.38. Tünel-1 güzergâhı çıkış ağz çevresindeki örneklerle yapılan Nokta yük deneyi sonuçları (MPa)	84
Çizelge 4.39. Yenicekent İletim Tüneli Tünel-1'in Yapısal Bölgelerinin, Nokta Yük Dayanım verilerine göre koşullar altında değerlendirilmesi.....	84
Çizelge 4.40. Karot numunelerinin laboratuvar sonuçları	85
Çizelge 4.41. Nokta yükleme deney sonuçlarının tek eksenli basınç deneyi sonuçları ile kıyaslanması	86
Çizelge 4.42. Sondajlardan elde edilen RQD ve Jv değerleri	89
Çizelge 4.43. Yapısal bölgelere göre süreksizlik türlerinin konumları.....	89
Çizelge 4.44. Yapısal bölgelere göre süreksizlik aralık değerleri.....	90
Çizelge 4.45. Yapısal bölgelere göre süreksizlik açıklık değerleri.....	90
Çizelge 4.46. Yapısal bölgelere göre süreksizlik devamlılık değerleri.....	91
Çizelge 4.47. Yapısal bölgelerin genelinde dolgu durumu	91
Çizelge 4.48. Yapısal bölgelerin genelinde kaya duvarının durumu	91
Çizelge 4.49. Yapısal bölgelerin genelinde su durumu	92
Çizelge 4.50. Yapısal bölgelere göre sağlam kayaç dayanımı.....	92
Çizelge 4.51. Yapısal bölgelerin genelinde uygulanan düzeltme katsayıları.....	92
Çizelge 4.52. Yapısal bölgelere göre süreksizlik konumlarının tünel eksenine ile ilişkisi.....	93
Çizelge 4.53. Giriş bölgesinin kaya kütle sınıfı	94
Çizelge 4.54. Orta bölgenin kaya kütle sınıfı.....	94
Çizelge 4.55. Çıkış bölgesinin kaya kütle sınıfı.....	95
Çizelge 4.56. Yapısal bölgelere göre RMR puanları	95
Çizelge 4.57. Yapısal bölgelerdeki RQD ve Jv değerleri	95

Çizelge 4.58. Giriş bölgesindeki GSI değerleri	96
Çizelge4.59. Orta bölge ve çıkış bölgesi GSI değerleri	96
Çizelge 4.60. RMR değerine göre yapısal bölgelerde deformasyon modülleri	97
Çizelge 4.61. RMR değerine göre yapısal bölgelerde destek yükleri	97
Çizelge 4.62. RMR sınıflama sistemine göre, yapısal bölgelerindeki kaya sınıflarının özellikleri (Bieniawski,1989)	98
Çizelge 4.63. RMR puanına ve yapısal bölgelere göre desteksiz durma süresi ve desteksiz açıklık süresi	98
Çizelge 4.64. Yapısal bölgelerde kaya kütlesi sınıfına göre destek önerileri	98
Çizelge 4.65. Giriş ağzındaki şev ve süreksizlik konumları	99
Çizelge 4.66. Çıkış ağzındaki şev ve süreksizlik konumları	101

SİMGELER DİZİNİ

A	Modifiye edilmiş Hoek-Brown yenilme ölçütündeki üssel ifade
B	Tünel genişliği
C	Kohezyon
C_i	Anlık kohezyon
D	Hoek-Brown yenilme ölçütünde örselenme faktörü
E	Elastisite modülü
E_m	Kaya kütlelerinin elastisite modülü
FF	Eklem sıklığı (sondaj karotlarından tayin edilen)
GSI	Jeolojik dayanım indeksi
H	Örtü kalınlığı, tünel derinliği, şev yüksekliği
$I_s(50)$	Nokta yük dayanım indeksi
J_v	Hacimsel eklem sayısı
m_b	Modifiye edilmiş Hoek-Brown yenilme ölçütünde kaya kütlelerine ait boyutsuz malzeme sabiti
m_i	Kayaç malzemesine ait boyutsuz malzeme sabiti
P	Destek basıncı (RMR sisteminde)
R_f	Süreksizlik yüzeyinin dolgu durumu (GSI sisteminde)
R_r	Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülük puanı (GSI sisteminde)
R_w	Süreksizlik yüzeyinin bozunma puanı (GSI sisteminde)
RMR	Kaya kütleleri sınıflama puanı
RQD	Kaya kalite göstergesi
Q	Q kaya kütleleri sınıflama sisteminde kaya kütle kalitesi
s	Hoek-Brown yenilme ölçütünde boyutsuz malzeme sabiti

SCR	Süreksizliklerin yüzey koşulu puanı (GSI sisteminde)
SKV	Sağlam karot verimi (sondaj karotlarından tayin edilen)
SR	Yapısal özellik puanı (GSI sisteminde)
TKV	Toplam karot verimi (sondaj karotlarından tayin edilen)
γ	Birim hacim ağırlık
σ	Normal Gerilme
σ_c	Kayaç malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı
σ_{cm}	Kaya kütlelerinin tek eksenli basınç dayanımı
σ_t	Kayaç malzemesinin çekme dayanımı
τ	Makaslama gerilmesi
Φ	İçsel sürtünme açısı

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çeşitli enerji kaynakları içerisinde hidroelektrik enerji santralleri çevre dostu olmaları ve düşük potansiyel risk taşımaları sebebiyle tercih edilmektedir. Çevreyle de uyumlu olan hidroelektrik santralleri, temiz, yenilenebilir, pik talepleri karşılayabilen, yüksek verimli, yakıt gideri olmayan, enerji fiyatlarında sigorta rolü üstlenen, uzun ömürlü, yatırımı geri ödeme süresi kısa işletme gideri çok düşük, dışa bağımlı olmayan yerli bir kaynaktır. Dünyada ekonomik olarak yapılabilir hidroelektrik üretim potansiyelinin yarısının bile geliştirilmesi sera gazı emisyonlarının %13 oranında azalmasını sağlayacaktır (DSİ, 2009).

Denizli-Buldan sulama projesi kapsamında Cindere Barajı'ndan sonra Yenicekent HES'nin kanal ve tünelleriyle 10.500 hektar sulama sahası olan Pamukkale-Gölemmezli Sulamasının pompajlı sulamadan cazibe sulamasına imkân sağlayacak olup, planlama çalışmaları sürdürülen 2.327 hektarlık Buldan Ovası Sulamasına da suyun iletimini sağlayacaktır. Bu proje beş kanal, üç tünel geçkisi ve bir santral binasını kapsamaktadır.

Bu tez çalışmasında ele alınan 0+348,0 ile 2+489,5 km'leri arasında yer alan Tünel-1'in Ekim 2010 itibari ile yüzey jeolojisi, jeolojik haritalama, tünel sondajları ve laboratuvar deneylerinden oluşan jeolojik-jeoteknik araştırma çalışmaları DSİ ve proje firması tarafından yapılmıştır. Yenicekent HES'in kesin proje raporu hazırlandıktan sonra kazı çalışmalarına başlanacaktır.

Tünel-1 güzergâhında öncelikle bölgenin genel jeolojisi önceki çalışmalardan yararlanılarak derlenmiş ve güzergâhın 1/5000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Tünel güzergâhında süreksizliklerin ayrıntılı mühendislik özellikleri (konum, aralık, açıklık, devamlılık, vb.) belirlenerek bunların istatistiksel, değerlendirmeleri

yapılmıştır. Süreksizlik ölçümleri, güzergâhtan alınan kaya örneklerinde yapılan laboratuvar çalışmaları ile birlikte değerlendirilerek, kaya kütlesi sınıflamalarından RMR ve GSI güzergaha uygulanmıştır. Elde edilen bütün sonuçlardan yararlanarak Yenicekent Tünel-1 güzergâhının jeoteknik değerlendirmesi yapılmaya çalışılmıştır.

1.2. Çalışma Alanının Tanıtılması

1.2.1. Çalışma alanının yeri

Yenicekent kasabası Denizli ili Buldan ilçesinin tek kasabası olup, batısında bulunan Buldan'a 10 km, Denizli merkeze ise 40 km uzaklıkta ve ekonomisi tarıma dayalı olan bir kasabadır. 1975 yılından önce adı Yenice Köyü olan Yenicekent, 6 km kuzeyindeki komşu köy Narlıdere (Deribol) ile 1975 yılında birleşmiş ve Yenicekent kasabası ismini almıştır.

Yenicekent kasabası Narlıdere Köyü ve kendi adını taşıyan Yenice Hamamı'nın yolları üzerinde, Buldan Çayı ile Narlıdere Çayı'nın arasında kalan geniş bir alana kurulmuştur. Doğusundan Menderes Nehri geçer. Güneydoğusunda Mahmutlu, güney batısında Bölmekaya, batısında Oğuz, kuzeyinde Narlıdere Köyleri ile sınırlıdır.

Yenicekent kasabası, isimleri Kurtuluş, İstiklal, Cumhuriyet ve Narlıdere olmak üzere 4 mahalleden oluşmuştur. Rakımı 182 metredir. Yenicekent HES'e en yakın yerleşim yeri Güney ilçesidir. Tünel-1, Cindere Barajının mansabında, Yenicekent'i Güney ilçesine bağlayan Cindere Barajı ve HES yolu üzerinde, Büyük Menderes'in doğusunda yer almaktadır (Şekil 1.1.).

1.2.2. İklim ve bitki örtüsü

Ege bölgesinin en serin ili Denizli'dir. Kışlar ılık, yazlar serin ve kurak geçer. Toros dağlarının güneyden yüksek bir kütle oluşturması, güneyden gelen hava kütlelerin iç



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

kısımlara sokulmasına engel oluşturmakta, güneydeki yüksek alanlarda karasal etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ege koridorları boyunca denizel etkilerin iç kısımlara kadar ulaşması, Denizli’de Akdeniz iklim şartlarının hüküm sürmesini sağlamaktadır.

Denizli’de 1970-2010 yılları arasında ölçülen, 30 yıllık toplam yağış verilerine göre ise, ortalama yıllık toplam yağış miktarı 640,90 mm, en çok yağış 09.07.1995’te 105,6 kg/m² olarak gerçekleşmiştir. Yağışlar genellikle yağmur şeklinde olmakla beraber, yüksek kesimlerde kar şeklinde görülmektedir. Denizli merkezinde en yüksek kar 06.11.2002 de 38,0 cm olarak ölçülmüştür. Meteoroloji Müdürlüğü’nün 25 yıllık bir süreyi içerisine alan değerlendirmesinde, Denizli’de ortalama sıcaklık (+)16,25°C, en yüksek sıcaklık 26.07.2007 tarihinde 43,9°C olup, en düşük sıcak ise 15.02.2004’de -10,5°C olarak ölçülmüştür. Ortalama yıllık buharlaşma miktarı 114,5 mm’dir. Ortalama günlük güneşlenme süresi 7 saat 28 dakikadır. Bu güne kadar ölçülen en hızlı rüzgâr ise 09.05.2010 tarihinde 114,1 km/sa olarak ölçülmüştür.

Denizli’nin % 25’i ormanlarla kaplıdır. Çayır ve meralar % 5’i, ekili ve dikili arazi % 18’i kapsamaktadır. Ekime müsait olmayan kısmı sadece % 2’dir. İlin bitki örtüsünü çoğunlukla orman ağaçları ile Akdeniz iklimine has makiler meydana getirir. Ormanlarda karaçam, kızılçam, sedir, ardıç, meşe, kayın, çınar ve dişbudak gibi ağaçlar bulunur. Ormanların başladığı sınırların altında kalan dağ eteklerindeki geniş alanlar çalılık ve fundalıklarla kaplıdır. Başlıca tarım ürünleri ise buğday, arpa, ceviz, mısır, nohut, tütün, haşhaş, üzüm, incir ve pancardır. Üzümden sonra, kavun, karpuz, elma, armut, vişne, kiraz, şeftali, badem, erik ve nar bol miktarda yetişir.

Mevcut su potansiyeli bütün ekili araziye sulamaya elverişlidir. Ekili arazinin önemli kısmı sulanmaktadır. Denizli-Buldan’ın doğusuna doğru arazi yüksekliği giderek azalır. İlçe topraklarının yaklaşık üçte birinin bulunduğu bu bölge, Adıgüzel Barajı ve Cindere Barajı’nın suları ile verimini giderek arttırmaktadır.

1.2.3. Morfoloji

Ege bölgesinin en yüksek dağlarının bulunduğu Denizli çok engebelerlidir. Dağlar, Denizli topraklarının % 47'si dağlar, % 25'i plato ve yaylalar ve % 28'i ovalarla kaplıdır. En yüksek dağları olan Honaz Dağı ve Akdağ zirveleri devamlı karla örtülüdür. Bu iki dağı Kazıkbel geçidi birbirinden ayırır. Denizli'nin 17 km güney doğusunda ki Honaz Dağı'nın yükseltisi 2571m'dir ve kuzey yamaçları ormanlarla kaplı, güney yamaçları daha eğilimlidir. Denizli-Muğla ve Antalya karayolu, dağın güneybatı eteklerinden geçmektedir. Büyük bir bölümü kısmen serpantinleşmiş peridotitlerden oluşan ve Honaz Dağı'nın doğusunda geniş yayılımı olan birime Honaz Ofiyoliti adı verilmiştir (Okay, 1989). Akdağ, 2449 m yüksekliğindedir. Denizli ilinin ikinci en yüksek dağıdır. Denizli-Afyon sınırı boyunca devam eder. Diğer dağları ise Gölgeli Dağları (Eren Tepe 2420), Akkaya Tepe (2268 m), Kıraç Tepe (2446 m), Yalnızca Tepe (2030 m), Kartalkaya (1687 m)'dir.

Büyük Menderes Nehrine doğru basamak basamak inerler. Başlıca ovaları: Büyük Menderes Ovası, Buldan Ovası, Tavas Ovası, Acıpayam Ovası, Çivril Ovası, Baklan Ovası, Kaklıh Ovası, Hanbat Ovası ve Eskere Ovalarıdır. 400 bin hektara yakın yer kaplamaktadır. Denizli'nin başlıca vadileri ise Büyük Menderes, Çürüksu, Akçay ve Kelekçi vadileridir. Yenicekent HES projesi kapsamında Pamukkale ve Gölemezli ovalarının sulanması, proje amaçları içerisinde yer almaktadır. Başlıca yaylaları: Karayayla, Çameli Yaylası, Uzunpınar Yaylası, Yoran Yaylası, Sahman Yaylası, Süleymâniye Yaylası ve Kuyucak Yaylalarıdır. Denizli'nin yüksek ovaları da yayla özelliği taşırlar.

Denizli'nin en büyük akarsuyu ve çalışma alanında bulunan Büyük Menderes Nehri'dir. Afyon'un Dinar ilçesinden çıkarak Akdağ'ın pınarlarını alıp Işıklı Gölüne girer ve gölün batısından regülâtör ile çıkar. Medele Köyü yakınında Uşak'tan gelen Banaz Çayını alır, Sarayköy yakınında Çürüksu Çayını da alıp Aydın iline girer. Çürüksu, Honaz Dağı ile Kaklık ve Kocabaş bölgelerindeki suları alıp Büyük Menderes ile birleşir.

Acıgöl, Karagöl, Çaltı (Beyler) Gölü, Işıklı Gölü Denizli ilinin başlıca gölleri arasında yer almaktadır. Çalışma alanının yakınlarında bulunan Buldan Barajı, sulama ve taşkınları önlemek için yapılmıştır, 54 milyon m³ su toplamakta olan bir baraj göl hacme sahiptir. Süleymâniye Gölü, Buldan'ın Süleymâniye yaylasında bulunan tatlı suyu olan bir göldür. Adıgüzel Baraj Gölü sulama, enerji ve taşkın kontrolü için yapılmıştır, 1076 hm³ göl hacmine sahiptir. Cindere Barajı, Adıgüzel barajının kuyruk suyuna inşa edilmiş, sulama ve enerji üretimi için kurulmuştur, 84,27 hm³ göl hacmine sahiptir.

Denizli-Buldan-Yenicekent HES projesinin, kuzeyinde Aktarla Tepesi (488m), kuzey batısında Kızılkaya Tepesi (355m), doğusunda Boz Tepe (566m) ve Taşlı Tepe (545m), batısında Kanlı Tepe (165m), güneyinde ise Dede Tepe (595m) bulunmaktadır.

Çalışma alanı içersinde bulunan dereler ise başlıca şunlardır: Mersincik Deresi, Tavşanlı Deresi, Dokuzin Deresi ve Çatallı Deresi. Tünel-1 güzergâhının güneyinde bulunan Mersincik Deresi, çalışma alanında bulunan diğer dereler gibi Büyük Menderes Nehrini besler.

2. Kaynak Özetleri

Çalışma konusu Denizli-Buldan, Yenicekent ilçesinde açılacak olan Yenicekent İletim Tünellerinden Tünel-1 güzergâhının mühendislik özelliklerinin incelenmesidir. Denizli graben havzası Batı Anadolu genişleme bölgesinde Büyük Menderes ve Gediz grabenlerinin kesiştiği alanın doğusunda yer alır (Aydan, Ö. ve diğ. 2006). Çalışma alanı, içinde yer aldığı bölge jeolojisi ve tektonik evrimi açısından birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Bölgedeki çalışmalar 1900'lü yılların ilk yarısında başlamış ve günümüze kadar sürmüştür. İnceleme alanı ve yakın çevresinde bu çalışmanın kapsamını oluşturan mühendislik jeolojisi çalışması, DSİ tarafından Büyük Menderes Cindere Projesi kapsamında, Cindere Barajı ve HES için yapılmıştır.

Lahn (1948), 21.12.1945 yılında bölgede meydana gelen depremin Menderes Çukuru içindeki, Neojen de bulunan genç faylarla ilişkisi olduğunu söylemiş ve bu genç fayların sismik aktifliğine dikkat çekmiştir.

Erentöz ve Ternek, (1968), Türkiye'de ortalama 529 adet termomineral kaynak olduğunu ve bunlardan 241'i maden suları, 2472'si 60°C ye kadar, 41'i de 60°C-100°C arasında bulunan kaynaklar olduğunu söylemiştir. Bu kaynakların yüksek ısıli olanları Anadolu'da, doğu-batı doğrultusunda bulunan grabenler içerisinde sıralandığını ifade etmektedir. Çalışma alanının güneydoğusunda bulunan Denizli-Sarayköy'de Kızıldere civarında 15 Mayıs 1968'de, 450 m derinlikte yüksek basınçli tabii buhar elde edildiğini belirtmiştir.

Öngür (1971), MTA Raporunda, Babadağ ilçesinin şev hareketinden etkilenmemiş kesimi Ortaköy Formasyonu adı verilen ve şistlerin egemen olduğu metamorfik birimlerin üzerinde kurulu olduğunu belirtmiştir. Kolonkaya Formasyonuna ait marn ve iyi pekişmemiş kumtaşı aralanmasından oluşan Babadağ üyesinin üzerinde yer aldığını, ayrıca Kolonkaya Formasyonu Ahıllı marnı ve Manastır konglomerasını da içerdiğini söylemiştir. Şistozite yüzeyleri ile yamaçların yönelimleri arasında duraysızlığa neden olabilecek bir ilişkinin bulunmadığını ve metamorfiklerin durayli birimler olarak gözlenmekte olduğunu açıklamıştır.

Taner, G., (1974), Denizli-Güney ilçesine bağlı Ertuğrul Köyü'nün önemli bir bölümünün genellikle marn, marn-kumtaşı ve Çakıltası ardalanmasından oluşan Erken Pliyosen yaşlı, Kolonkaya formasyonu üzerinde kurulduğunu belirtmiştir.

Özgüler, vd., (1982-1983), MTA tarafından yürütülen Jeotermal Enerji Arama Projesi kapsamında, Denizli yöresinde öz direnç ve gravite etütleri yapılmıştır. Çalışma alanı, Menderes ve Gediz grabenlerinin kenarlarında yer alan Tekke Hamam, Kızıldere, Tosunlar, Bölmekaya, Yenice, Gölemezli, Karahayıt ve Pamukkale jeotermal sahalarını içermektedir. Yapılan çalışmada, jeotermal kaynakların aranmasında ön prospeksiyon amaçlı olarak Gravite etüdü yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen Bouguer anomali ve ikinci türev haritaları sahanın genel taban topografyasını ve horst-graben tektoniğinin aydınlatıldığını söylemiştir. Öz direnç etüdü, maksimum elektrot açıklığı 2000-6000 metre olmak üzere Schlumberger elektrot dizilimiyle yapılmıştır. Toplam olarak beş yüzü aşkın noktada yapılan elektrik sondaj ölçüleriyle yaklaşık 500 kilometrekarelik bir alan incelemiştir. Model-eğri albümleri ve bilgisayar yardımıyla değerlendirilen saha verilerinden, jeotermal alanlara işaret eden anomalilerin konum ve uzanımlarıyla ilgili bilgiler elde edildiğini söylemiştir. Kızıldere, Tosunlar, Bölmekaya, Yenice, Gölemezli, Karahayıt ve Pamukkale sahalarında saptanan bu anomaliler üzerinde, yörede jeotermal enerjinin bilimsel ve endüstriyel ölçeklerde belirlenebilmesi amacıyla sondajlar önermiştir.

Şimşek (1982), Jeotermal sahaların özelliklerini ve dağılımlarını incelemiştir. Çalışma alanında bulunan litolojik birimlerin, Kızılburun Formasyonu üzerine geçişli ve uyumlu olarak Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Sazak Formasyonu ve Pliyosen yaşlı Kolonkaya Formasyonu gelmekte olduğunu söylemiştir. Tüm alttaki birimler üzerine aşıl uyumsuzlukla Kuvaterner yaşlı çökeller geldiğini ve Sazak Formasyonu üzerine uyumlu ve geçişli olarak kıltaşı, silttaşı, kireçtaşı ve killi kireçtaşı ile temsil edilen Pliyosen yaşlı Kolonkaya Formasyonu gelmekte olduğunu tespit etmiştir.

Koçyiğit (1984), Çalışma alanının çevresi ile ilgili olarak, Denizli-Sarayköy-Buldan yörelerindeki normal fay takımlarının D-B, KD-GB, KB-GD ve K-G olduğunu ve

bunların yeni tektonik dönemde oluşmuş tortulları daha yaşlı temel kayalarından ayırmakta ve çoğunlukla, büyük depremlerin bu fay takımlarının kesişme yerlerinde gelişmiş bulunmakta olduğunu açıklamıştır. Çalışma alanının da içinde yer aldığı, 1945 Denizli-Sarayköy-Buldan depremi, Büyük Menderes grabenini sınırlayan D-B gidişli faylarla, Alaşehir-Sarayköy-Buldan-Denizli grabenini sınırlayan KB-GD gidişli kenar faylarının kesişme yerinde olduğunu söylemiştir. Yeni tektonik dönemin kaya birimlerini daha yaşlı kaya birimleriyle dokanağa getirmiş olan normal faylar, depremselliği en yüksek olan alanlar olduğunu belirtmiştir. Levha içi Yeni tektonik gelişim bir bütün olarak ele alındığında, riftleşmenin doğudan batıya doğru dereceli olarak geliştiğini ve Kuzey Ege'de en ileri evreye erişmiş olduğunu ifade etmiştir.

DSİ (1986), Yenicekent HES'in güzergâhı üzerinde bulunan şistlerin, kalkışist, mikaşist, serizitşist, grafit şist, granatlı şist olarak gözlendiği belirtilmiştir. Kalkışist ve granatlı şistlerin grimsi siyah renkli ayrıca oldukça sert olup kırılmasının zor olduğu, grafitik şistlerin ise 4-5 metrelik kalınlıkla geçiş litolojisinde yer aldığı, gevşek ayrışmalı, kırılım ve dağılımının kolay olduğu belirtilmiştir. Mermerlerin, şistlerle ardalanmalı ve girift yapıda olup, dış yüzeyi gri ve kırmızı renkli, bazı yerlerde ayrışma sonucu parçalanır özellikte olmasına rağmen genelde oldukça sert ve sağlam yapıda olduğu belirtilmiştir. Mermerler genelde masif kütle halinde yer yer değişen kalınlıkta katmalı ve erime boşlukları içermekte olduğu belirtilmiştir.

Sun (1990), Denizli yöresindeki neojen tortulları alttan üste doğru Kızılburun, Sazak, Sakızcılar ve Kolonkaya formasyonları şeklinde ayırarak incelemiştir. Kuvaterner yaşlı çökeller ise Asartepe Formasyonu, alüvyon ve travertenler olarak ayrılmıştır. Kızılburun Formasyonu içersindeki linyit seviyeleri Dr. Funda Akgün tarafından Üst Miyosen olarak vermiştir (Sun., 1990). Neotektonik dönemde bölgenin paleocoğrafik gelişimi düşünüldüğünde Kızılburun Formasyonunun Yaşı Üst Miyosen kabul edilmiştir.

Kumsar vd., (2003), Denizli graben havzasının, Batı Anadolu genişleme bölgesinde Büyük Menderes ve Gediz grabenlerinin kesiştiği alanın doğusunda yer aldığını belirtmiştir. Genel olarak KB-GD uzanımlı olan grabenin, eğim atımlı normal

faylarla sınırlandığını ifade etmiştir. Kuzeyde KB-GD doğrultulu Pamukkale-Karahayit fayının, güneyde KB-GD doğrultulu Babadağ-Denizli fayının ve havzanın doğusunda yaklaşık D-B doğrultulu Honaz fayının bölgede deprem üreten ana faylalar olduğunu tespit etmiştir. Çalışma alanının batısında, 23-26 Temmuz 2003 tarihlerinde merkez üsleri Buldan ilçesi yakınlarında olan 5,2 ve 5,6 büyüklüğünde iki deprem meydana geldiğinden söz etmiş, bu depremlerin yığma ve kerpiç evlerde hasara neden olduğunu açıklamıştır.

Gökgöz (2004), Çalışma alanımızı içeren konu olarak; Menderes Masifi Metamorfikleri üzerine uyumsuz olarak Alt Pliyosen yaşlı kiltası, silttaşı, kireçtaşı ve marn ara düzeyleri içeren ve egemen kumtaşı istifinden oluşan Kolonkaya Formasyonunun yer aldığını belirtmiştir. Pleistosen yaşlı çakıltası-kumtaşı-silttaşı-çamurtaşı düzensiz olarak aralanmasından yapıları Asartepe Formasyonu, Kolonkaya Formasyonu'na uyumsuz olarak üsteleğini, Kuvarterner yaşlı alüvyon birimi altlayan birimleri uyumsuz olarak örtmekte olduğunu açıklamıştır.

Bülbül (2005), Güney (Denizli) dolayındaki Neojen karbonatlarının fasiyes özellikleri ve çökme ortamlarını araştırmıştır. Erken Pliyosen yaşlı Kolonkaya Formasyonu daha çok kumtaşı-marn aralanmasından oluştuğunu ve yer yer jipsli düzeylere geçiş gösterdiğini belirtmiştir. Geç Pliyosen yaşlı Ulubey Formasyonu, alt düzeylerinde silttaşı-kiltası-marn aralanmasından oluşur, üstte doğru kumlu kireçtaşı, pembe renkli ve erime boşluklu kireçtaşına geçer ve en üst düzeylerde ise gri beyaz renkli kireçtaşlarına geçiş gösterir. Bu çalışmada ayrıtılan mikro fasiyeslerde, intraklast, ekstraklast, bağlayıcı algler, onkoid ve pellet gibi bileşenlerin baskın olarak görülmesi ve yer yer karbonat çamurtaşı gözlenmesi, bu formasyonların gölün kıyısında çökeldiğini bunun kanıtı olduğunu söylemiştir.

MTA (2010), Enerji Hammadde Etüt ve Arama Daire Başkanlığı, 2010 Ocak-Haziran dönemi Faaliyet Raporu'nda, "Denizli ve Civarı Jeotermal Enerji Aramaları" konu başlığında, Ülkemizin en sıcak sahalarından olan Denizli'de daha önce yapılan çalışmaları genişletmek ve geliştirmek amacıyla Denizli'nin kuzeybatısında kalan Buldan ve civarında jeotermal etüt, jeofizik ölçüm ve sondajlı aramalar yapılması ihtiyacı olduğu belirtilmiştir. Paleozoyik yaşlı kuvarslar

rezervuar, mikasıstler ve Pliyosen yaşı kıltaşıları örtü kaya olarak düşünölmektedir. Alanın, Türkiye'nin en sıcak jeotermal sahası olan Kızıldere jeotermal alanına yakınlığı ve Menderes ile Gediz grabenlerinin kesişiminde bulunması nedeniyle alanın muhtemel jeotermal potansiyele sahip olduğunun düşünöldüğü söylenmiştir. Çalışma alanının yakınlarında, 2010 ilk yarıyılında proje kapsamında yapılan çalışmalarda Denizli-Buldan-Derbent'te yapılan DBD-2010/5 sondajında 733 m derinlikteki kuyudan 31°C sıcaklıkta ve 23 lt/sn debide jeotermal akışkan elde edilmiştir. Denizli-Buldan-Merkez'deki DBM-2010/3 nolu sondajda kuyu 1499 m derinlikte tamamlanmıştır ve üretim testleri devam etmekte olduğu ifade edilmiştir. Denizli-Sarayköy-Gerali bölgesindeki DSG-2010/4 nolu sondajda ise çalışmaların 2101,5 m derinlikte devam etmekte olduğunu açıklamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Denizli-Buldan-Yenicekent bölgesinde açılacak olan Tünel-1 güzergâhının mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yapılan çalışma arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları şeklinde yapılmıştır.

Çalışma alanının mühendislik jeoloji incelemesinde, DSİ 21. Bölge Müdürlüğü'nün 1984 yılında hazırlamış olduğu Büyük Menderes Cindere Projesi'nde ki, Büyük Menderes Enerji kademelerinde yer alan, Yenicekent HES ve sulama planlama raporundan yararlanılmıştır. MTA yayınlarından 1/500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritalarından, Denizli ve İzmir yayınlarından ve 1/25.000 ölçekli L21-c3, L22-d4 Uşak paftalarından yararlanılmıştır. Yenicekent HES'in yatırımcı firması olan Çelikler Holding ve proje firması Alkon Mühendislikten, Tünel güzergâh haritası ve Tünel-1 jeolojik-jeoteknik portal raporundan yararlanılmıştır.

Çalışma alanının bölgesel jeolojisinin hazırlanmasında, eski tanımlamalara ve yaşlandırmalara sadık kalınmıştır. Önce 1/25000 ölçekli daha sonra arazi çalışmalarında, Tünel-1 güzergâhının çevresindeki jeolojik birimlerin birbiri ile olan ilişkisini ortaya koymak amacı ile tünel güzergâhının 1/5000 ölçekli jeolojik harita detay çalışmaları yapılmıştır (Ek-1).

Arazi çalışmalarında, Tünel-1'in jeoloji haritasının yapımında 1/25000 ölçekli topografik haritalar, el GPS'i, jeolog pusulası, jeolog çekici, şerit metre, fotoğraf makinesi, %10'luk HCI asit ve büyüteç ve Google Earth görüntülerinden yararlanılmıştır. Güzergâh çevresinde açılan sondajlar izlenmiş, deney çalışmaları için numune alınmış, güzergâh üzerinde bulunan süreksizliklerde kaya sınıflama parametrelerini belirlemek için ISRM (1981) 'nin önerileri doğrultusunda gözlemler ve ölçümler yapılmıştır.

Laboratuvar çalışmaları kapsamında yapılan bütün deneylerde Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarı'ndan yararlanılmış.

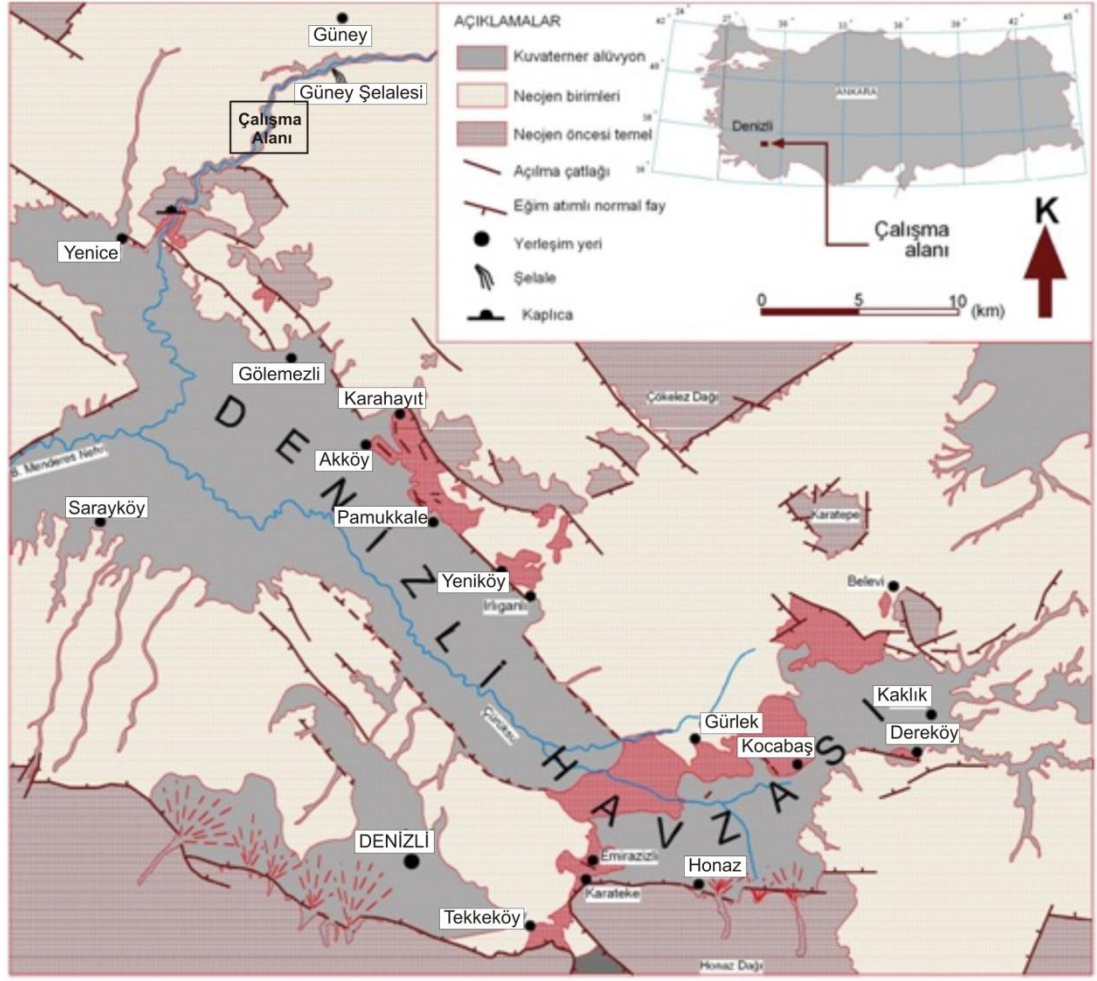
Büro çalışmalarında, AutoCAD 2010, CorelDRAW X3, Microsoft Office, Rocscience bilgisayar programları kullanılmıştır.

3.1. Genel Jeoloji

Bölgenin genel jeolojisi Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünün 1/25000 ölçekli Uşak L21-c3, Uşak L22-d4 paftalarından, Denizli yöresinde jeotermal enerji arama proje kapsamındaki etüt raporlarından ve Batı Anadolu çöküntü bölgesinin paleosismoloji proje raporundan faydalanarak aşağıda özetlenmiştir.

Ege Bölgesi'nde yer alan Denizli horst-graben sistemi, doğu ve kuzeydoğusunda yer alan üç grabenin (Alaşehir, Küçük Menderes ve Büyük Menderes) bulunduğu yerde, Batı Anadolu genişleme bölgesinde yer almaktadır. Bu grabenlerin birleşim noktasındaki, Neojen-Kuvaterner havzasına Westaway (1990, 1993) tarafından da Denizli Havzası adı verilmiştir (Şekil 3.1). Yapısal bir bağlantı durumunda olan Denizli Havzası kıtasal genişlemenin tarihsel evriminde çok önemli bir rol oynamaktadır. 7-28 km genişlikte, 62 km uzunluktadır (Koçyiğit 2005).

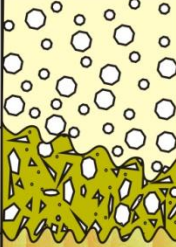
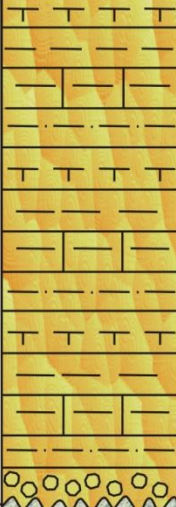
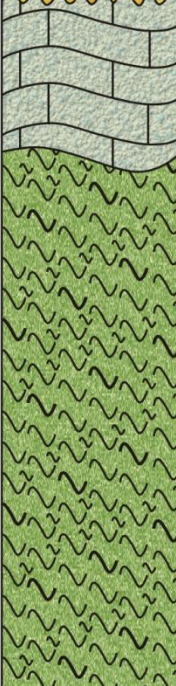
Denizli Bölgesinde Pliyosen sonrası yükselen Büyük Menderes Masifinin yarattığı gerilim, doğu-batı doğrultulu grabenlerin oluşmasına neden olmuştur. Güneyden kuzeye doğru sıralanan Babadağ horstu, Büyük Menderes Grabeni, Buldan Horstu, Gediz Grabeni ve Yenice Horstu, Denizli Bölgesindeki başlıca horst-graben yapılarıdır (Özgüler M.E., vd., 1984). Çalışma alanının güneyinde bulunan Denizli havzasında, Büyük Menderes ve Gediz grabenlerinin arasında kalan yüksek alanlar Buldan Horstu olarak adlandırılır ve bu yükselim alanlarında metamorfik birimler yer alır (Kumsar H., vd.,2006). Yenicekent HES, Denizli bölgesinde Büyük Menderes Masifinin yarattığı gerilim sonucunda, Gediz grabenin kuzeyinde oluşan Yenice horstunda yer almaktadır.



Şekil 3.1. Denizli ve çevresinin genelleştirilmiş jeoloji haritası (Özkul vd., 2002).

3.2. Stratigrafi

Çalışma alanında temelde Menderes Masifinin Paleozoyik yaşlı, düşük dereceli metamorfizma özellikleri gösteren metamorfikleri bulunur. Kavaklıdere grubunun Ortaköy Formasyonunda yer alan metamorfiklerde, kuvarşist, granatşist, mikaşist, muskovitşist, kalkışistler ve mermer içermektedir. Paleozoyik birimlerin üzerine açılmal uyumsuzlukla kumtaşı, kıltaşı ve marn ardalanmalarıyla temsil edilen Alt Pliosen yaşlı Kolonkaya Formasyonu gelir. Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozu bütün birimleri uyumsuz olarak örter. Çalışma alanı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti Şekil 3.2.'de verilmiştir.

ÜST SİSTEM	SENEZOYİK				SİMGE	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SİSTEM	TERSİYER	KUVARTERNER	HOLOSEN		Qal	35		
SERİ		ALT PLİYOSEN			Qym	10		
GRUP		DENİZLİ	KOLONKAYA		Pl-1	~450		
FORMASYON								
	PALEOZOYİK	SÜLİRİYEN DEVONİYEN	ORTAKÖY		Pş - Pm	500		
		KAVAKLIDERE						

Şekil 3.2. Çalışma alanı ve yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (ölçeksiz). (Aydın, H., 1991)

3.2.1. Kavaklıdere grubu:

Büyük Menderes Masifinin doğusunda birbirleriyle tektonik ilişkili farklı kaya topluluklarından, mermer, şist ve değişik mineral parajenezlerdeki düşük dereceli metamorfikleri temsil edilen Kavaklıdere Grubu yer almaktadır (Konak, N., 1993). Kavaklıdere grubu içerisinde, Paleozoyik yaşlı Paşapınar Formasyonu ve Ortaköy Formasyonu bulunmaktadır. Çalışma alanında bu gruba ait sadece Ortaköy Formasyonu gözükmemektedir.

Ortaköy Formasyonu (Pş-Pm), çalışma alanında bulunan şistlerin egemen olduğu en yaşlı birime Öngür (1971) tarafından Ortaköy Formasyonu adı verilmiştir. Ortaköy Formasyonu gnays, kuvarşşist, granatşist, muskovitşist, mikaşist, kalkışist, fillit ve mermerden oluşur. Formasyon birimlerinden Paleozoyik yaşlı şistler ve mermerler, Tünel-1 güzergâhında, Mersincik deresinin kuzeyinde, Boztepe ve Taşlı tepenin batısında, Aktarla ve Kızılkaya tepelerinin güneyindeki alanda görülmektedir. Birimler çalışma alanı ve çevresinde 6 km² lik bir alanda yüzlek vermektedir.

Mikaşist, Cindere baraj göl alanı ve yakın çevresinde yaygın olarak gözlenen birimdir. Dış yüzeyi sarımsı ve gri, taze yüzeyi içerisindeki minerallere göre değişen renklerde. Arazide belirgin bir şistoziteye sahip mikaşistler içerisinde şistozite yüzeylerine uygun olarak gelişmiş kuvarsit damarları mevcuttur. Kuvarsit damarlarının kalınlığı 5-10 cm den 1-2 m'ye kadar değişmektedir. Kuvarsitler yer yer kuvarşşist şeklinde mikaşistlerle aralanmalıdır.

Grafitşist, baraj yerinde genellikle sol sahil kısmı ile Tünel-1 giriş bölgesi arasında, yüzeyleşme vermektedirler. Grimsi siyah renkli yer yer koyu siyah renklidir. Genelde çok ince şistozite yüzeylerine sahip olup kıvrımlı ve bükümlü bir yapı göstermektedir. Genel olarak kolay kırılır ve ufalanır karakterdedir. Yer yer kırık yüzeyleri mevcut olup, kırıklar karbonat ve silisle dolmuştur (Şekil 3.3.).

Kalkşıst, baraj yerinde memba ve mansap batardolarının sağ ve sol sahil üst kotlarında yüzeylenmektedir. Ayrışmış dış yüzeyleleri kirli sarı ve gri, taze yüzeyleleri açık sarı ve beyaz renklidir. İçerisinde kalsit ve kuvarsit damarları mevcuttur. Genellikle mikaşıst ile ardalanmalı olarak gözlenmektedirler. Yer yer küçük boyutlu erime yapıları gözlenmektedir.



Şekil 3.3. Denizli-Cindere Barajı sol sahil – Tünel-1 giriş bölgesinde bulunan Paleozoyik şistlerin görünümü (Kuzey’den, Güney’e bakış).

Mermer, baraj yerinde, sağ sahil tarafında memba batardosunun kuzeydoğusunda 330 kotlarında ve yine sol sahil tarafında baraj gövdesinin yaklaşık 1500 m güneydoğusunda 340 kotlarında kalkşıstler üzerinde yüzeyleme vermektedirler.

Genellikle sert ve sağlam bir yapı sunmaktadırlar. Taze yüzeyleleri beyaz renkli olup ayrışmış ve altere olmuş zonlarda renk kırmızıya dönüşmüştür. Mermerler içerisinde yer yer büyük boyutlu mağaralara rastlanmaktadır (Şekil 3.4.)



Şekil 3.4. Mersincik deresi üzerinde Ortaköy Formasyonunda bulunan mermerler (Güneyden, kuzeye bakış).

3.2.2. Denizli grubu

Pliyosen başından sonuna kadar devam eden neotektonik dönem karasal tortullaşması Denizli Grubu adıyla tanımlanmıştır. Grup adı ilk kez Göktaş (1990) tarafından kullanılmıştır. Denizli Grubu içerisinde Kızılburun, Sazak, Sakızcılar ve Kolonkaya Formasyonları yer almaktadır. Çalışma alanında bu gruba ait sadece Kolonkaya Formasyonu gözükmemektedir.

Kolonkaya Formasyonu (Pl-1), gölsel çökellerden oluşan formasyona ilk kez Şimşek (1984) tarafından Kolonkaya Formasyonu adı verilmiştir. (Göktaş,1990).

Çalışma alanında, Tünel-1 güzergâhının güneybatısında, Kanlı Tepenin batı sırtında ve güney eteklerinde çatallı dere mevkînde gözlenmektedir. Kil, marn, kumtaşı, killi kumtaşı ve çamurtaşlarıyla ardalanmış kumtaşları egemen kaya türünü oluşturur. Çökel istifin egemen kaya türünü oluşturan kumtaşları genellikle açık kırmızımsı,

yersel koyu kırmızımsı ya da gri renkli, daha çok gevşek tutturulmuş ve dağılgan, genellikle tane destekli, iyi yıkandığı kesimlerde birincil gözenekli, genellikle paralel katmanlı, yersel çapraz katmanlıdır. Marn litofasiyesi ile kil-silt karmaları çoğunlukla kumlu, belirgin yatay katmanlı ve bol fosillidir (Göktaş, 1990). Taner, G. (1974)'e göre Kolonkaya Formasyonu'nun yaşı Alt Pliyosendir.

Çalışma alanında, Paleozoyik yaşlı şistler, mermerler üzerine uyumsuz olarak gelen Pliyosen serisi her yerde mevcut olmayan taban konglomerasıyla başlar. Kil, marn, kumtaşı, killi kumtaşı ve killi kumlu kalker şeklindeki sıralanma ardalı olarak bulunmaktadır.

3.2.3. Kuvaterner

Güzergâhta, alüvyon ve yamaç molozu Kuvaterner'i temsil ederler. Yamaç molozu (Qym), sahada sadece Tünel-1 giriş ağzında bulunan, killi yamaç molozu haritalanabilecek boyuttadır. Mikaşist-kalkşist köşeli blok ve çakıllarının siltli kil ile bağlanmasından oluşmuştur.

Alüvyon (Qal), güzergâhı kesen kuru dereler ve Büyük Menderes'in getirdiği siltli, kumlu ve çakıllı seviyelerden oluşmaktadır. Çakıl boyutları genellikle küçük ve orta boydadır. Mermer, kireçtaşı ve şist parçalarından oluşmuştur. Menderes nehrinin tabanında tamamen alüvyon bulunmaktadır.

Şekil 3.5. Çalışma alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası (MTA 1/25000 haritasından revize edilmiştir,)

3.3. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanı ve yakınında bulunan Cindere Baraj yeri, Büyük Menderes Masifinin kuzey kanadı üzerindeki kristalin şist serileri içinde kalmaktadır. Büyük Menderes Masifi, Paleozoyik döneminden itibaren Neojen döneme kadar kıta kalkanı olarak kalmış ve hiçbir çökelim oluşmamıştır. Neojen başında başlayan tektonik hareketler, kıta oluşumları ve epirojenik hareketler sonucunda masif üzerinde karasal ve lagüner Pliyosen çökelleri, Paleozoyik birimler üzerine açılı uyumsuzlukla istiflenmeye başlamıştır. Kenar zonlarda kırıntılı malzemeler, göl ortalarında ve Alt Pliyosende ince malzemeler şeklinde görülmekte olup Alt Pliyosen sonunda havzada görülen evaporasyon sonucunda evaporitik (jips, anhidrit) birimler oluşmuştur. Pliyosen sonunda son Alpin Orojenezi'nin etkisiyle Büyük Menderes grabeni oluşmuş ve bugünkü morfolojik yapı belirlenmiştir. Büyük Menderes Masifinde doğu-batı yönündeki ana fay hattındaki hareketler sonucunda Büyük Menderes grabeni ve horstlar oluşmuştur. Bu ana fay hattına paralel ve karşıt birçok ikincil ve tali fay hatları gelişmiştir. Büyük Menderes nehri muhtemelen bir fay doğrultusu boyunca kendisine yatak açmıştır (Kayahan, 1992).

Çalışma alanı ve yakın çevresinde menderes masifi oluşumu sırasında meydana gelen doğu-batı atımlı faylar, düşey faylar ve en uzun büyük menderes nehrinin oluşumuna neden olan faylar bulunmaktadır. Cindere barajının, alüvyon kalınlığının sol sahil yamaç eğimi ile uyumsuz olması vadi tabanında yer alan kalkışistlerde görülen 10-20 m'lik ayrışma zonları 140-155 m kotlarında kırıklar bulunmaktadır.

Çalışma alanında bulunan uyumsuzluklar, Paleozoyik yaşlı Ortaköy Formasyonu ile Senozoyik yaşlı Kolonkaya Formasyonu arasındaki, Kanlı Tepenin batı sırtında ve güney eteklerinde çatallı dere mevkinde görülen, zaman boşluklu uyumsuzluktur. Çalışma alanının bir çok yerinde görülen, Holosen yaşlı alüvyon ve yamaç molozu, Paleozoyik ve Senozoyik yaşlı birimlerin üzerine, Büyük Menderes nehri ile kesişim yerlerinde zamansal boşluklu uyumsuzluk olarak gelmektedir.

Çalışma alanı ve çevresinde oluşan yoğun tektonizmadan dolayı mikaşist ve kalkışistlerde farklı doğrultularda 1 cm-10 cm açıklığında eklem sistemleri

gelişmiştir. Çatlak sistemleri içerisinde düşey yönde gelişen çatlaklar hâkim durumdadır. Eklem açıklıkları genelde boş olup kil, karbonat, silis, kalsit ve kuvarsit mineralleri ile doldurulmuştur. Mermerlerde karstik boşluklara ve mağaralara rastlanmaktadır. Tünel güzergâhı 3 ana bölgeye ayrılmış, giriş bölgesinde şistozite ve eklem, orta ile çıkış bölgelerinde için tabaka ve eklem takımlarına ait çok sayıda ölçüm alınmıştır. Arazi çalışmalarında bu ölçümlere ayrıntılı olarak değinilecektir.

Cindere Barajı Memba batardosunun kuzeybatısındaki kalkışist ve mikaşistlerdeki şistozite eğimleri $22-30^{\circ}$ kuzeydoğu yönündedir. Mansap batardosu kuzeydoğu ve güneybatısında şistozite eğimleri $25-30^{\circ}$ güneybatıya doğrudur. $K10^{\circ}D$ doğrultusunda gelişmiş olan şistozite takımı sahada maksimum değer veren şistozite eğim açısı değeri $30-40^{\circ}$ arasındadır (Kayahan, N. ve Çakıröz, M., 1992).

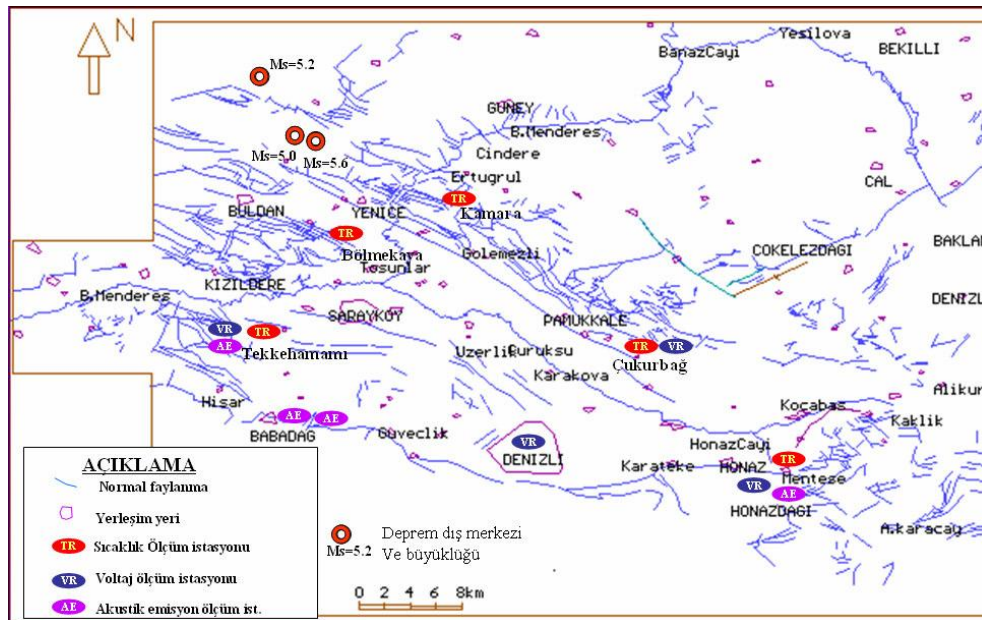
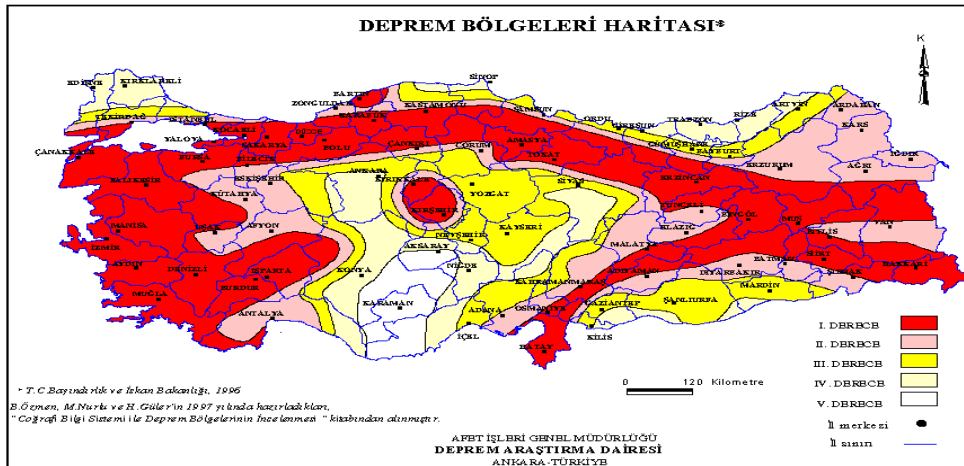
Çalışma alanının batı yakasından geçen Büyük Menderes vadisi boyunca giriş bölgesinde bulunan, Ortaköy Formasyonuna ait şistler $K53D/60GD$ konumlu ve şistlerin eğimleri akış aşağıya doğrudur. Şistlerde bulunan eklemler $K53B/60KD$ konumlu ve eklemlerin eğimleri akış yukarıya doğrudur.

Orta bölgede bulunan mermerlerin tabakalar $K57D/59GD$ konumlu ve tabakaların eğimleri akış aşağıya doğrudur. Mermerlerde bulunan $K51B/58KD$ konumlu eklemlerin eğimleri akış yukarı doğrudur.

Çıkış bölgesinde bulunan mermerlerin tabakalar $K05B/34GB$ konumlu ve tabakaların eğimleri akış aşağı yönündedir. Mermerlerde bulunan $K75D/70GD$ konumlu eklemlerin eğimleri akış aşağı doğrudur.

3.4. Depremsellik

Çalışma alanı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 1. derece deprem bölgesi içinde yer almaktadır (Şekil 3.6.). Çalışma alanının güneyinde bulunan Denizli graben havzası, Batı Anadolu genişleme bölgesinde Büyük Menderes ve Gediz grabenlerinin kesiştiği alanın doğusunda yer alır. Genel olarak KB-GD uzanımlı olan graben, eğim atımlı normal faylarla sınırlanmıştır.



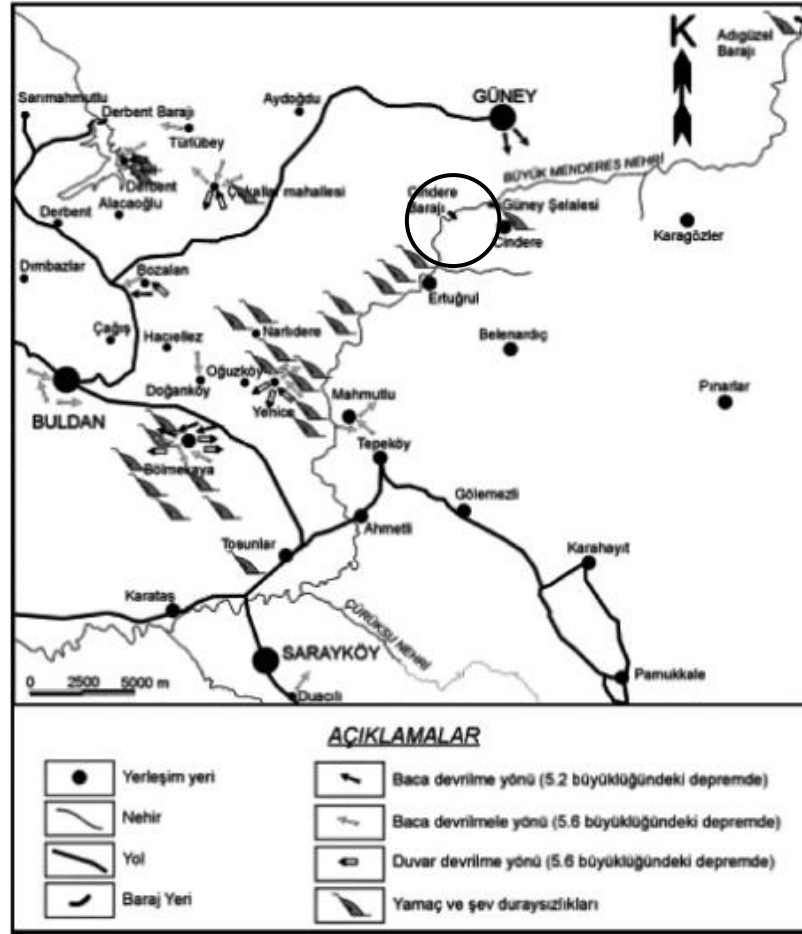
Denizli Havzasının, güneyde KD' ya eğimli ve 2000m yüksekliğe sahip, kuzeyde GB' ya eğimli ve 700 m yüksekliğe sahip topografik yükselimlerle sınırlıdır. Bu yükseltilerin aktif normal faylarla oluştuğu Şaroğlu (1992), Westaway (1990, 1993) tarafından yorumlanmıştır. Westaway (1993)'e göre KD-GB yönündeki açılma yaklaşık 14 milyon yıl önce başlamış ve havzayı sınırlayan faylar o zamandan beri aktivitelerinin devam etmekte olduğunu söylemiştir.

Denizli Havzasının kuzeyinde KB-GD doğrultulu Pamukkale-Karahayıt fayı, güneyinde KB-GD doğrultulu Babadağ-Denizli fayı ve havzanın doğusunda yaklaşık D-B doğrultulu Honaz fayı bölgede deprem üreten ana faylardır. (Şekil 3.7.).

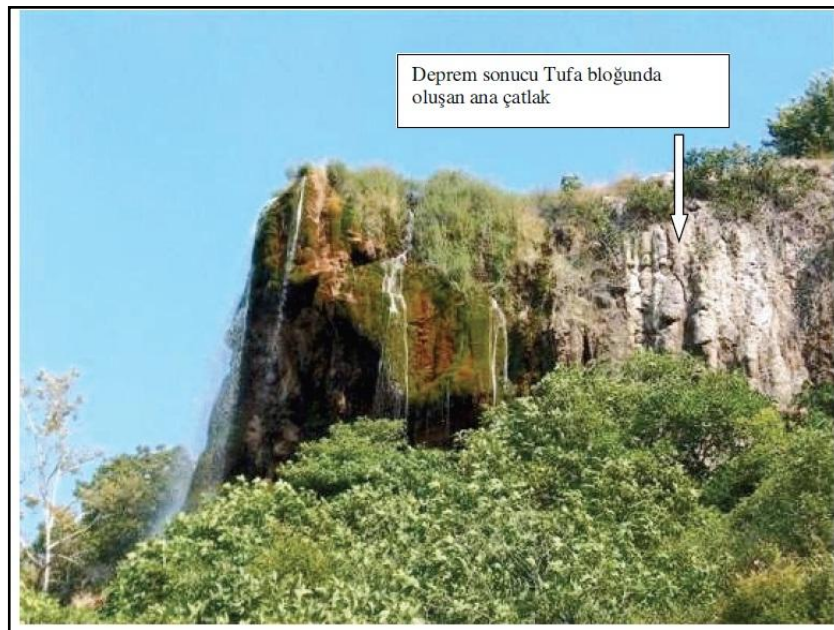
Çalışma alanının yakınlarında 23 ve 26 Temmuz 2003 meydana gelen 5,2 ve 5,6 büyüklüğünde merkez üsleri Buldan ilçesi yakınlarında olan depremler sonrasında çok sayıda yamaç ve şev duraysızlıkları meydana gelmiştir (Kumsar vd., 2003). Bu yamaç hareketleri Bölmekaya köyü, Yenicekent kasabası, Aşağı Derbent, Çakallar Mahallesi (Çamköy), Güney Şelalesi ve Adıgüzel Barajı santral sahası güneyi olarak gruplandırılabilir (Şekil 3.8.).

Denizli-Buldan'da meydana gelen 5.6 büyüklüğündeki deprem sonucunda, çalışma alanının 2 km kuzeyinde bulunan Güney Şelalesi'nin üzerinden aktığı Tufa kütlesinde, blok düşmeleri meydana gelmiştir. Ayrıca ana tufa kütlesi üzerinde şelale altında çatlaklar meydana gelmiştir (Şekil 3.9.). Bu çatlaklar takip edildiğinde şelalenin üzerinden aktığı ana tufa kütlesinin deprem sonrasında yamaç önüne doğru serbest salınımından dolayı bir ayrılma olduğu anlaşılmıştır. Şelale önünde genişliği 2,5 cm olan açılma çatlakları, şelalenin üst kısmında tufa bloğunun tepe kesiminde 13 cm'ye ulaşmaktadır. Mevcut durumda şelalenin üzerinde aktığı büyük tufa kütlesi her an devrilme riskine sahiptir (Kumsar vd., 2003), (Şekil 3.10.).

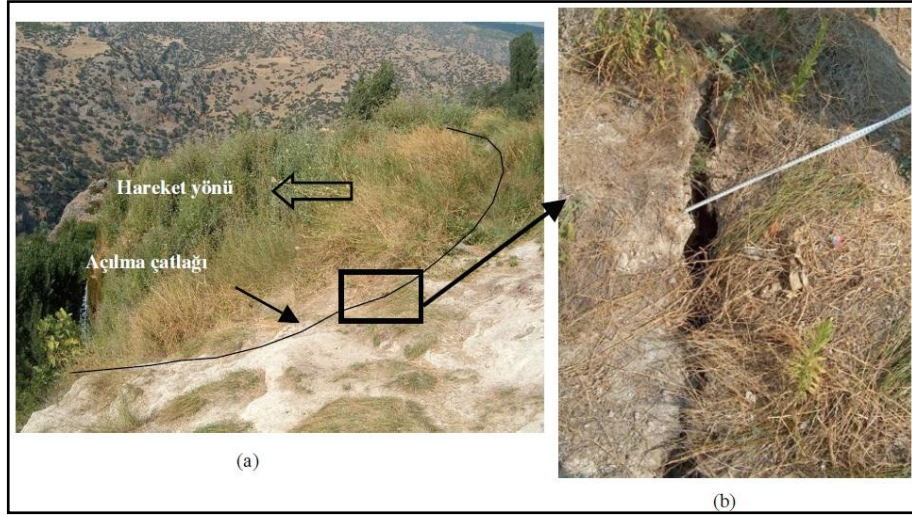
Çalışma alanının yakınlarında olan depremde faylanmadan dolayı bir yüzey kırığı net olarak gözlenmemiştir. Meydana gelen Buldan depremlerinin önemli bir özelliği, depremler sonucu çok sayıda yamaç ve şev duraysızlıklarının meydana gelmesidir.



Şekil 3.8. Çalışma alanı ve çevresinde meydana gelen yamaç ve şev duraysızlıkları yer bulduru haritası (Kumsar ve diğ., 2003a).



Şekil 3.9. Denizli –Buldan da meydana gelen 5,6 büyüklüğündeki deprem sonucu Güney Şelalesinin üzerinden aktığı tufa (traverten) kütlelerinde oluşan çatlak



Şekil 3.10. Güney Şelalesinde meydana gelen açılma çatlak ve yakın görünümü.

3.5. Hidrojeoloji

Çalışma alanı içerisinde benzer litolojik özellikler gösteren alan içerisinde kalan, Denizli-Cindere Barajı'nda, DSİ tarafından Kesin Proje Aşaması İlave Mühendislik Jeolojisi Raporu hazırlanmıştır. Raporda, 1992-2001 yıllarında açılan temel etüt sondajları ile 2003 yılında açılan perde deneme enjeksiyonu sonrası kuyularında yapılan BST deney sonuçlarına göre Paleozoik yaşlı şistli birimlerin, geçirimli ve çok geçirimli özelliğe sahip olduğu belirtilmiştir.

Çalışma yerindeki mermerli ve şistli birimler yeraltısuyu taşımaktadır. Paleozoik yaşlı şistler yoğun tektonizmanın etkisinde kalmıştır ve geçirimli olarak değerlendirilmiştir.

Tünel-1 giriş bölgesinin kuzeyinde bulunan Cindere Barajında bulunan şistler hakkında, DSİ 21. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü, Kimya Laboratuvarı tarafından bölgede su deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda şistlerden gelen yeraltı suyu, korozif özelliği taşıyan, 660 ppm sülfat ve 2400 ppm serbest CO₂ oranında kimyasal maddeler içermektedir. Yeraltısuyunun mevcut göl suyu ile girişiminden sonra sülfat oranı düşmüştür (DSİ 2006). Cindere Barajı enjeksiyon kuyuları kademelerinde, şist çatlaklarının içerisindeki ince malzemenin yıkanmasıyla geçirgenlik artışları tespit edilmiştir.

Çalışma alanı içersinde sürekli akış göstermekte olan Büyük Menderes Nehri ve Tünel-1 çıkış bölgesi yakınlarında Mersincik Deresi bulunmaktadır (Şekil 3.6). Çalışma alanı içersinde bulunan drenaj alanları Büyük Menderes Nehrine doğru akmaktadır. Büyük Menderes Nehri, Afyon ili Dinar ilçesi yakınlarında Suçikan Mevkii'nde doğar, Menderes'in en büyük kollarından olan Banaz Çayı'nı da alarak, Bekilli ve Güney İlçesi'ne doğru derin bir yataktan akar, çalışma alanından geçerek, Sarayköy Ovası'na iner. 560 km uzunluğundaki Büyük Menderes akışını Ege Denizi'ne dökülerek tamamlar. Mersincik Deresi, çalışma alanının dışında, Cindere köyünün güney-doğusunda bulunan, Kavaklı, Cafer, Darıpınar Çeşmeleri ve Yassı, Gündüzarkı Pınarları'nın sularından beslenerek, Kapuz Deresi'ni oluştururlar. Kapuz Deresi'nin çalışma alanındaki uzanımı Mersincik Deresi olarak görülmektedir (Şekil3.5.).

Yenicekent iletim tüneli-1 çevresinde açılan sondajlarda yeraltısuyu ile karşılaşılma, tünel güzergâhına yakınında ve tünel kotunun üzerinde herhangi bir su kaynağı bulunmamaktadır.

3.6. Mühendislik Jeolojisi

Bu kapsamda öncelikle, bölgede yapımı tamamlanmış olan Cindere Barajı HES ve yakın zamanda yapımına başlanacak olan Yenicekent HES proje raporlarından yararlanılmıştır.

Cindere Barajı Türkiye de SSB (Silindirle Sıkıştırılmış Beton) olarak yapılan baraj türünde yapılan ilk barajdır. SSB baraj da iş makine üzerinde dolaşırken batmadığı ve çökme değeri sıfır olan beton, 300mm kalınlıkta tabakalar halinde serilerek, vibrasyonlu silindirle sıkıştırmaktadır. Cindere barajı santralinde türbünlenen su düşey havuzda biriktirilerek, Yenicekent kanal ve tünellerine iletilecek, 49m düşüş ile santralde türbünlenerek hem enerji hem Pamukkale-Gölemesli ovarlının sulamasında kullanılacaktır (DSİ, 2001).

Yapımı planlanan Yenicekent HES, 3 tünel, 5 kanal ve bir santral binası kapsamaktadır. Bu çalışmada, Cindere barajının mansabında yer alan 6m çapında,

7,4m kazı sınırı ile yaklaşık 2,5km uzunluğunda tek tüplü olarak açılması planlanan. Tünel-1'in mühendislik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Tünel-1 güzergâhında jeolojik birimlerin özelliklerini belirlemek doğrultusunda, yol yarmaları, yol, dere ve yamaç aşınma yüzeylerinde gözlemsel incelemeler yapılmıştır. Çalışma alanı içerisinde Çelikler Holding tarafından açtırılan sondajlar izlenmiş, güzergâh üzerinde ISRM (1981)' e göre süreksizlik ölçümleri yapılmış ve deneysel çalışmalar için numuneler alınmıştır.

Süreksizliklerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile tünel-1 güzergâhında benzer davranış gösteren üç yapısal bölgeye ayrılmıştır ve ayrılan her bölgede ayrı ayrı arazi gözlemleri yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında RMR (Rock Mass Rating, Bieniawski,1989) ve GSI (Geological Strength Index, Sönmez ve Ulusay,2002)'a ait kaya sınıflamaları kullanılmıştır. Bu nedenle RMR ve GSI sınıflamalarına ait veriler toplanmıştır.

Tünel-1 giriş, orta ve çıkış bölgelerinde yer alan birimlerin yüzey jeolojisi, sondajlar ve laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler ile kaya kütlelerinin RMR ve GSI sınıflama sistemine göre kaya kütle özellikleri belirlenerek, destek tipi, desteksiz ayakta kalma süresi, desteksiz açıklık boyutu, destek basıncı belirlenmeye çalışılmıştır.

Yüzey jeolojisi ve sondaj çalışmalarına göre Tünel-1 güzergâhında şist (Pş), mermerler (Pm), yamaç molozu (Qym) ve alüvyon (Qal) birimleri bulunmaktadır.

3.6.1. Arazi çalışmaları

Mühendislik Jeolojisi kapsamında, Yenicekent İletim Tüneli (Tünel-1) için 4 km² alanın 1/5000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Harita alımı sırasında, MTA'nın 1/25000 ölçekli haritalarından, Denizli ilinin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasından ve L22/d4 paftalarından yararlanılmıştır. Jeoloji harita alımı yapılırken bölgenin genel yapısal özellikleri belirlenmiştir. Yapısal unsurlar dikkate alınarak, Jeoloji enine

kesiti, stratigrafik sütun kesiti, bölgedeki jeolojik birimlerin konumu, birbirleri ile olan ilişkileri ortaya konmuştur.

Yapısal bölgelerde kaya kütle sınıflama sistemlerinde kullanılmak üzere, ISRM (1978)'e göre süreksizlik ölçümleri yapılmıştır. Her bir süreksizlik için, süreksizlik türü, eğim yönü, eğim, aralık, devamlılık, kaya duvarı, pürüzlülük, su durumu, açıklık ve dolgu malzemesi incelenmiştir.

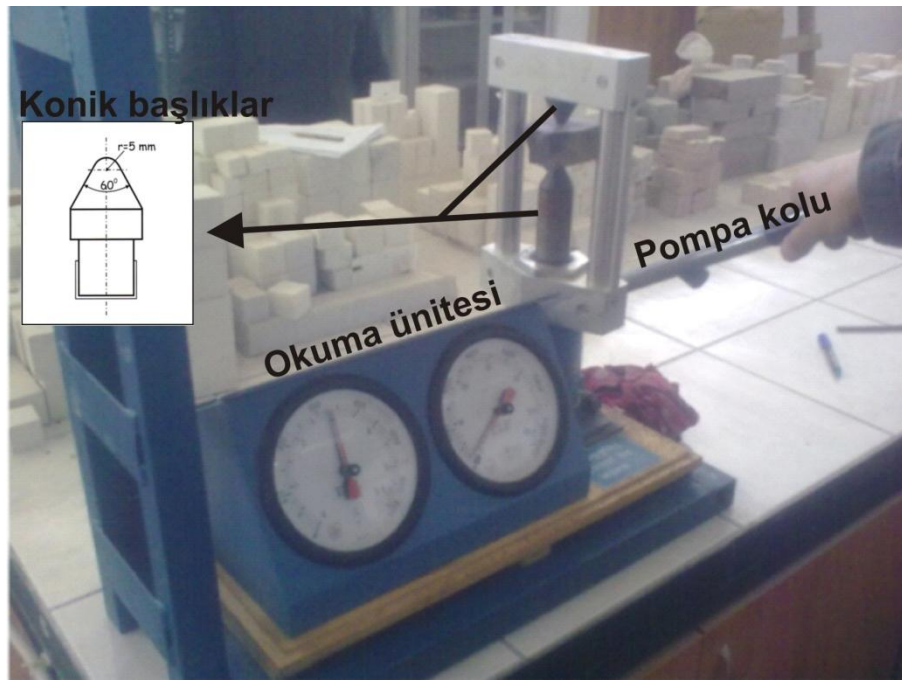
Yenicekent HES Tünel-1 güzergâhı ve çevresinde Çelikler Holding tarafından toplam 4 adet karotlu sondaj yapılmıştır. SK-13 Km: 0+300 de 20,00 metre, SK-1 Km: 0+348 de 30,00 metre, SK-2 Km: 2+842 de 49,00 metre, SK-3 Km: 2+903 de 41 metre olmak üzere toplam 130 metre sondaj yapılmıştır. Elde edilen karot numuneleri üzerinde RQD, TKV, SKV, FF ve Jv ölçümleri yapılmış, Deer (1964)'e göre kaya kalite sınıflaması, ISRM (1981)'e göre blok durumu hesaplanmıştır (EK-2).

3.6.2. Laboratuvar çalışmaları

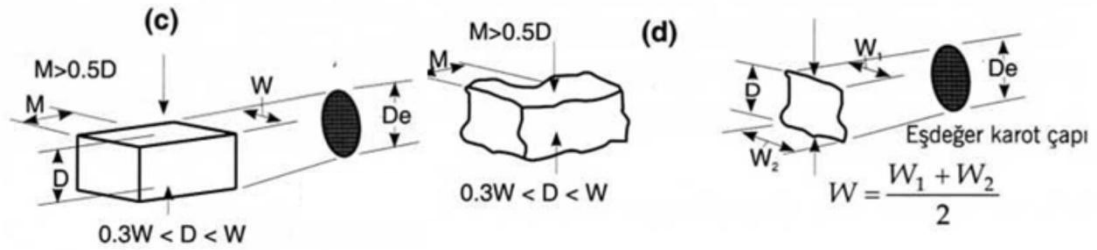
Laboratuvar çalışmalarında kullanılan örnekler arazide süreksizlik ölçümleri yapılan yapısal bölgelerden seçilmiştir. Seçilen örneklerden kayaç malzemesinin dayanım özelliklerinin belirlenmesi için nokta yükleme deneyi yapılmıştır.

Nokta Yükleme Deneyi, kayaçların dayanımlarına göre RMR ve GSI sınıflandırılmasında kullanılan nokta yükü dayanım indeksinin tayini amacıyla yapılır. Ana nedeni, karot örneklerinin yetersiz olması halinde kullanılan deney, çok sayıda deney yapılarak bazı hataların önüne geçmektedir. Basit ve kolay uygulanan bir deney sınıflamada tek eksenli basınç deneyi olmaması halinde kullanılıyor. Nokta yükü dayanım indeksi, tek eksenli sıkışma ve çekilme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde ve bazı kaya kütle sınıflama sistemlerinde kayaç malzemenin dayanım parametresi olarak kullanılmaktadır. Nokta yükleme aletinin standart parçaları, araç gereçleri şunlardır; yükleme pompası, yük göstergesi, gövde, konik başlıklar, kumpas (0,1 mm duyarlılıkta), koruma gözlüğünden oluşmaktadır (Şekil 3.11.).

Yöntem için silindirik karot örneklerinin yanı sıra, blok ve düzensiz şekilli örneklerde kullanılabilir. Karot örneği, konik yükleme başlıklarının arasında karot eksenine dik veya paralel konumda yerleştirilebilirler. Bu nedenle nokta yükleme deneyi, Çapsal deney, eksenel deney ve blok ve düzensiz örnekler ile deney olmak üzere üç farklı şekilde yapılmaktadır. Çalışma alanında, araziden alınan numuneler ile blok ve düzensiz örnekler ile yapılan nokta yük deneyi Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarı'nda yapılmıştır.



Şekil 3.11. Nokta yükleme deney aleti ve konik yükleme başlığı (ISRM,1985)



Şekil 3.12. Örnek şekiller: (c) blok ve (d) düzensiz şekilli örnekler. (ISRM,1985)

Blok ve düzensiz örnek deneyi, 50 ± 35 mm boyutundaki ve yukarıdaki şekilde gösterilen örnekler bu tür deney için uygundur. Kalınlık (D) ve genişlik (W) oranı 0,3 ile 1,0 arasında, tercihen 1'e yakın, Şekil 3.16.'da gösterilen ve konik uçların

temas noktası ile en yakın serbest uç arasındaki mesafeyi tanımlayan M mesafesi ise, en az 0,5 D olmalıdır. Bu örneklerin eşdeğer çaplarının yaklaşık 50 mm olması gerekmektedir. Kayaç örneğinin heterojen ve anizotrop olması koşulunda, en az 10 örnek kullanılarak deney yapılmalıdır.

Örnek, konik başlık arasına yerleştirilir. Yükleme yönünde dik konumdaki en küçük örnek genişliği $W \pm \%5$ duyarlılıkla, konik başlıkların örnek ile olan temas noktaları arasındaki D mesafesi de nokta yükleme deney aletinin gövdesindeki metal cetvel kullanılarak, $\pm \%2$ duyarlılık ile ölçülür. Örneğin kenarları birbirine paralel değil ise, W uzunluğu, $W = (W1+W2)/2$ eşitliğinden belirlenir.

Çapı ve uzunluğu kompas ile ölçülür, konik uçlar arasına örnek yerleştirilir. Konik uçlar ile örnek arasında açıklık kalmaması için pompa kullanılarak silindirik yükleme tablası yükseltilir. Örnek 10-60 saniye arasında yenilecek şekilde yükleme yapılır ve yenilme anındaki yük (P), yük göstergesinden okunarak, değerler nokta yükleme deney formuna işlenir.

Kayaç malzemesinin nokta yük dayanım indisinin belirlenmesi amacı ile Tünel-1 güzergâhı çevresinden toplam değerlendirmeye alınan 57 adet örnek üzerinde nokta yük dayanım (IS50) deneyi yapılmıştır. Giriş bölgesinde 24, orta bölgede 16 ve çıkış bölgesinde 17 deneyde yapılmıştır.

3.6.3. Kaya kütlesi sınıflama sistemleri

Kaya kütlelerinin nitelik yerine sayısal değerler ile ifade edilmesi ve sayısal incelemelerde kullanılacak jeoteknik değişkenlerin kolaylıkla elde edilemiyor olması; kaya mekaniği mühendisliğinde karşılaşılan önemli sıkıntılardan biri olmuştur. Temel nedenin ölçek sorunu olduğu kaya kütlelerinin, laboratuvar ortamında veya yerinde test edilmesi genellikle imkânsız veya çok zordur. Kaya kütle sınıflandırma teknikleri ise bu sıkıntıların aşılması ve kaya kütle özelliklerinin sayısal ifadesinin sağlanabilmesi amacıyla ilk kez 1879 yılında oluşturulmaya başlanmıştır (Hoek ve Brown, 1980b).

Kaya kütlelerinin sınıflama çalışmaları ilk olarak 1879 yılında Ritter tarafından tünel dizaynlarını geliştirmek amacı ile geliştirilmiştir (Hoek, 2000). Kaya kütle sınıflama sistemlerini geliştiren araştırmacılar ve uygulama alanlarının bir özeti Çizelge 3.1’ de belirtilmiştir.

Bu çalışmada kaya kütlesi sınıflama sistemlerinden RMR sistemi (Bieniawski,1989) ve GSI (Ulusay, 2002) kullanılacaktır. Çalışma alanında yer alan kayaların kütle sınıflamaları, tüneller, büyük yer altı açıklıkları, şevlerde genel değerlendirme ve kaya kütlelerinin taşıma gücünün belirlenmesinde kullanılabilir özellikleri olması nedeni ile RMR sınıflama sistemi kullanılmıştır. RMR sınıflama sistemi verilerin toplanması açısından çok fazla avantaj sağlar ve kısa sürede bir değerlendirilmeye gidilmesine imkân sağladığı için kullanılmıştır.

GSI sınıflama sistemi, kaya kütlelerinin dayanımının belirlenmesinde Hoek ve Brown (1997) tarafından önerildiği biçimde ve kaya kütlelerinin görsel tanımlanmasını esas alacak şekilde düzenlenmiş bir GSI sınıflama abağından belirlenmesi daha pratik olduğu için tercih edilmiştir.

Çizelge 3.1. Günümüzde kullanılan başlıca kaya kütle sınıflama sistemleri (Bieniawski,1989, Özkan ve Ünal, 1996)

Sınıflandırma sisteminin adı	Geliştirenler	Geliştirildiği ülke	Uygulama alanları
1. Kaya yükü	Terzaghi, 1946	A.B.D.	Çelik destekli tüneller
2. Desteksiz durma süresi	Lauffer, 1958	Avustralya	Tünelcilik
3. NATM (Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi)	Pacher vd., 1964	Avustralya	Tünelcilik
4. RQD	Deere vd., 1967	A.B.D.	Karot loglama, Tünelcilik
5. RSR	Wickham vd., 1972	A.B.D.	Tünelcilik
6. RMR Sistemi	Bieniawski, 1973 (en son modifikasyonu 1989- A.B.D.)	G. Afrika	Tünel, madenler (şevler, temeller)
RMR Sistemi ile ilgili değişiklikler:			
Düzeltilmiş RMR '85	Newman ve Bieniawski, 1985	A.B.D.	Kömür madenciliği
Basitleştirilmiş RMR '85	Brook ve Dharmerante, 1985	Sri Lanka	Madencilik
M-RMR	Ünal ve Özkan, 1990	Türkiye	Madencilik
Düzeltilmiş RMR '93	Sheorey, 1993	Hindistan	Kömür madenciliği
7. Q Sistemi	Barton vd., 1974	Norveç	Tüneller ve yer altı boşlukları (odaları), madencilik
8. Dayanım boyutu	Franklin, 1975	Kanada	Tünelcilik
9. Tünel jeoteknik sınıflama	ISRM, 1981	Uluslararası	Genel amaçlı
10. MBR	Cummings vd., 1982	A.B.D.	Sert kaya madenciliği
11. RMS	Stille vd., 1982	İsveç	Metal madenciliği
12. Birleştirilmiş sınıflama sistemi	Williamson, 1984	A.B.D.	Genel iletişim amaçlı
13. RMZ	Dong vd., 1989	Çin Halk Cumhuriyeti	Kömür madenciliği
14. RTR	Jynyang, 1991	A.B.D.	Tünelcilik, madencilik, şevler
15. SGDM	Milne ve Potvin, 1992	Kanada	Madencilik
16. GC	Mendes vd., 1993	Portekiz	Kömür madenciliği
17. CMRR	Molina ve Mark, 1993	A.B.D.	Kömür madenciliği
18. RFI	Singh vd. 1994	Hindistan	Kömür madenciliği
19. RMI	Palmstrom, 1985	İsveç	Tünelcilik

A) RMR Sınıflama Sistemi

RMR sınıflama sistemi, tarihte ilk olarak Bieniawski tarafından 1973 yılında geliştirilmiştir. İlk geliştirilmesinden günümüze kadar birçok kez değiştirilmiş ve geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında Bieniawski'nin en son RMR modifikasyonu 1989 kullanılmıştır. RMR kaya kütlesi sınıflama sisteminde 6 parametre kullanılmaktadır (Ulusay,2007). Bunlar;

- 1- Kaya malzemesinin dayanımı,
- 2- Kaya kalite göstergesi (RQD),
- 3- Süreksizlik aralığı,
- 4- Süreksizlik koşulu,
- 5- YAS durumu,
- 6- Süreksizlik yönelimi düzeltmesidir.

RMR sınıflama sisteminin parametreleri son şekliyle ve bunlara ait puanları çizelge 3.2'te gösterilmiştir. Bu çalışmada kullanılacak olan RMR sisteminin 1989 son sürümünde başlıca yapılan değişiklikler ve getirilen yenilikler (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 3.13.),

b) Süreksizlik koşuluna ait; süreksizlik devamlılığı, aralığı ve pürüzlülüğü ile dolgu ve bozunmanın derecesi gibi parametrelerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlamalara göre gruplandırılıp, her gruba ayrı puan verilerek daha duyarlı puanlamanın yapılması (Çizelge 3.3.),

c) Özellikle yeraltı maden işletmeciliği amacıyla açılan galerilerde patlatma, faylara yakınlık ve gerilme değişimlerinin kaya kütlesi sınıf puanı (RMR) üzerindeki etkilerinin de dikkate alınması amacıyla bir dizi düzeltme faktörünün önerilmesi (Çizelge 3.4.),

d) Uzun süreli gözlemler ve ölçümler esas alınarak, desteksiz durma süresi grafiğinin yeniden düzenlenmesi şeklinde sıralanabilir (Şekil 3.15).

Bu yöntemde kayanın özgül niteliklerine göre her parametreye karşı gelen sayısal değerler ayrı ayrı tespit edildikten sonra toplam bulunmakta ve elde edilen bu sayı süreksizliklerin konumuna göre düzeltilmektedir. Düzeltilmiş toplam sayı RMR kaya kütle sayısı olarak tanımlanmaktadır. Jeomekanik sınıflamaya göre kaya kütleleri RMR değerlerine göre 5 sınıfa ayrılır. Yine bu sınıflamada her kaya sınıfı için destek türü, tünel kayasına ait kohezyon ve içsel sürtünme açısı ile ortalama desteksiz durabilme süresi tahmin edilebilmektedir.

Bieniawski sınıflama sisteminin Düzeltilmiş RMR puanlanması hesaplanmasının 4 aşamada yapılmasını önermiştir(Ulusay,2007).

1. Aşama, sağlam kayanın dayanımı, RQD, süreksizliklerin bazı mühendislik özellikleri ve su durumunu belirlenmesidir. Bu aşama ile ilgili 1989 sürümünde bazı grafikler (Çizelge3.2., Şekil 3.12.) ve Çizelge 3.2’de bulunan 4. Parametre için ayrıntılı kılavuz önermiştir (Çizelge3.3.).

2. Aşamada kazı yönü ile süreksizlik ilişkisi karşılaştırılmaktadır. Bu 1. aşamada elde edilen RMR değerinin kazı yönüne göre düzeltilmesi işlemidir (Çizelge 3.2.’nin devamı).

3. Aşama kazı yöntemi, gerilme durumu ve başlıca zayıflık zonlarına bağlı yapılan düzeltmelerdir. Kazı yönteminde patlatma yapılması ve bu patlatmanın şiddetinin etkileri dikkate alınmaktadır (Çizelge 3.4). Gerilme durumunda ise belirlenmesi oldukça zor olan yatay ve düşey gerilmelere bağlı yapılan düzeltmedir (Şekil 3.14). Zayıflık zonlarına bağlı yapılan düzeltme ise haritalanamayacak boyutlardaki jeolojik unsurların etkilerinin azaltılması amacı ile yapılır.

4. Aşamada, birinci aşamadaki temel RMR değerleri ikinci aşamadaki parametreler ile düzeltmeler yapılır ve üçüncü aşamadaki parametreler ile çarpılarak düzeltilmiş RMR değeri bulunur.

Çalışılan sahanın, bu değerlerinden yararlanarak, sınıflaması yapılan alan için kaya kütlelerinin sınırları belirlenir, kaya kütle kalitesi ve kazı yöntemine göre ön tasarım amaçlı destek türü, desteksiz durma süresi, desteksiz açıklık boyutu, destek basıncı, destek önerileri ve kaya kütlelerinin bazı mühendislik özellikleri belirlenir.

Yer altı açıklıklarında kullanılan destek sistemlerine gelecek olan basınç RMR puanından yararlanılarak tahmin edilmektedir. Ünal (1983) kömür madenlerinde yapmış olduğu çalışmada, yer altı açıklıkları için RMR’i kullanarak destek basıncının tahmin edileceğini öne sürmüştür (Ulusay,2007). RMR değeri kullanılarak destek yükü aşağıdaki ifadelerden tahmin edilir (Ünal,1983).

$$P = \left(\frac{100 - RMR}{100} \right) \gamma B \quad (3.1)$$

Burada;

P: Destek yükü (kN)

B: Tünel genişliği (m)

γ : Kayacın birim hacim ağırlığı (kN/m³) (1 gr/cm³ = 9,8039 kN/m³)

RMR sınıflamasının yapılması amacı ile arazide konum, aralık, açıklık, devamlılık, dolgu, su durumu gibi süreksizliklerin mühendislik özellikleri belirlemeye çalışılmıştır. Bu özelliklerin belirlenmesi için araziden daha önce tanımlanmış olan her bir yapısal bölge için ayrı ayrı ölçülmüş, bütün veriler istatistiksel olarak değerlendirilerek en iyi, en kötü ve ortalama koşullar için sınıflama parametreleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.2. RMR Kaya kütle sınıflama sistemi parametreleri, değişim aralıkları ve puanları (Bieniawski, 1989).

Kaya malzemesinin dayanımı	Nokta yükü 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		

Çizelge 3.2.'nin devamı

Süreksizlik koşulu		Çok kaba yüzeyler Sürekli değil Ayrılma yok Sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler Ayrılma <1 mm Sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler Ayrılma < 1mm Yumuşak eklem yüzeyleri	Sürtünme izli yüzeyler veya fay dolgusu < 5 mm veya 1-5 mm açık eklemeler, sürekli eklemeler	Yumuşak fay dolgusu >5 mm kalınlıkta veya açık eklemeler >5 mm devamlı süreksizlikler
Puan		30	25	20	10	0
Yeraltısuyu	Tünelin 10m'lik kısmından gelen su	Yok	10 lt/dk	<25 lt/dk	25-125 lt/dk	>125 lt/dk
	Eklemdeki su basıncı	veya	veya	veya	veya	veya
	ORANI En büyük asal gerilme	0 veya	0,0-0,1 veya	0,1-0,2 veya	0,2-0,5 veya	>0,5 veya
	Genel Koşullar	Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlama	Sulu
Puan		15	10	7	4	0

Tünelde süreksizlik eğim ve doğrultusunun etkisi

Doğrultu tünel eksenine dik				Doğrultu tünel eksenine paralel		Doğrultuya bakılmaksızın eğim 0°-20° arasında
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

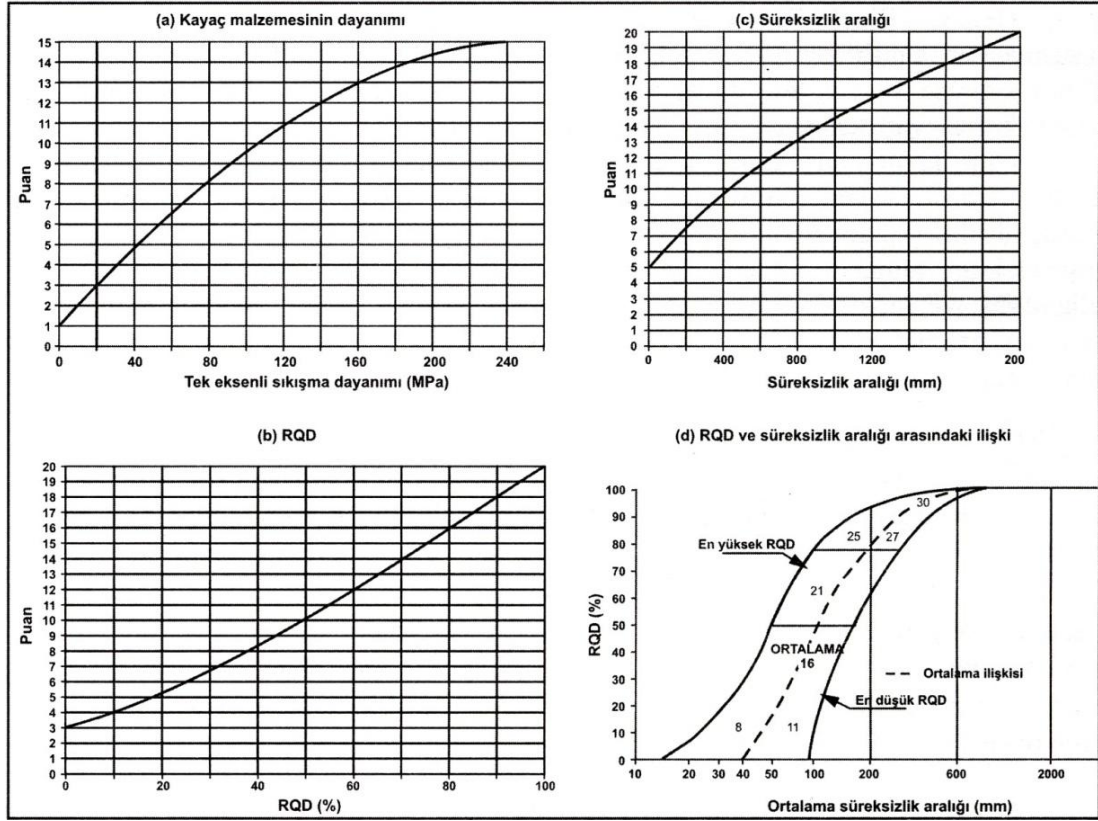
Süreksizliklerin doğrultu ve eğimi		Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç Uygun değil
Puan	Tüneller	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	-60

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 sınıflarının 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 10 saat	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



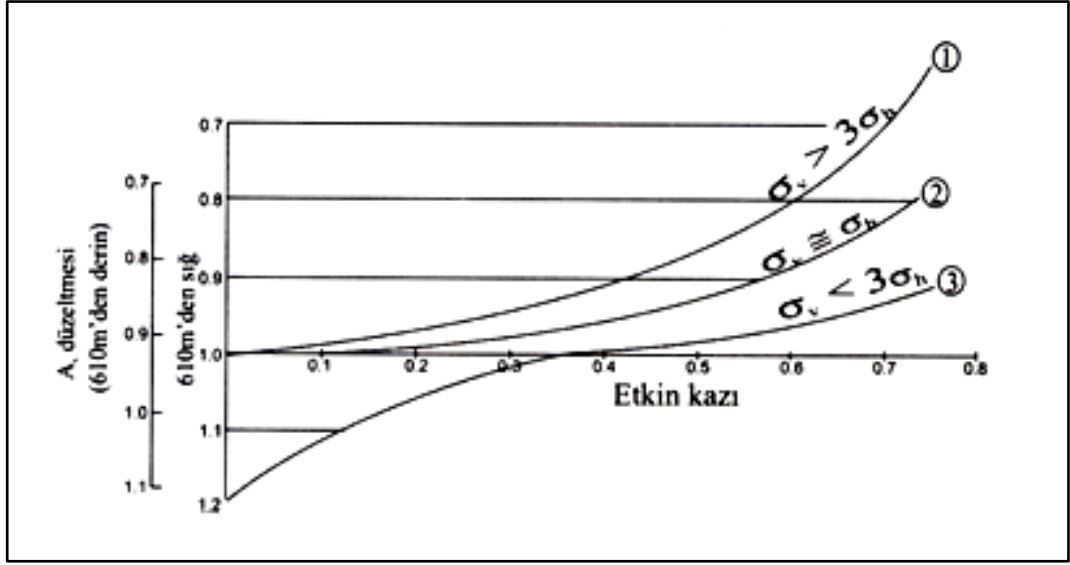
Şekil 3.13. RMR sistemine göre önerilen Tek eksenli basınç, süreksizlik aralığı, RQD parametrelerinin bulunmasına ait grafikler (Bieniawski, 1989).

Çizelge 3.3. Süreksizliklerin yüzeyi koşullunun daha duyarlı puanlandırılması için önerilen kılavuz (Bieniawski, 1989)

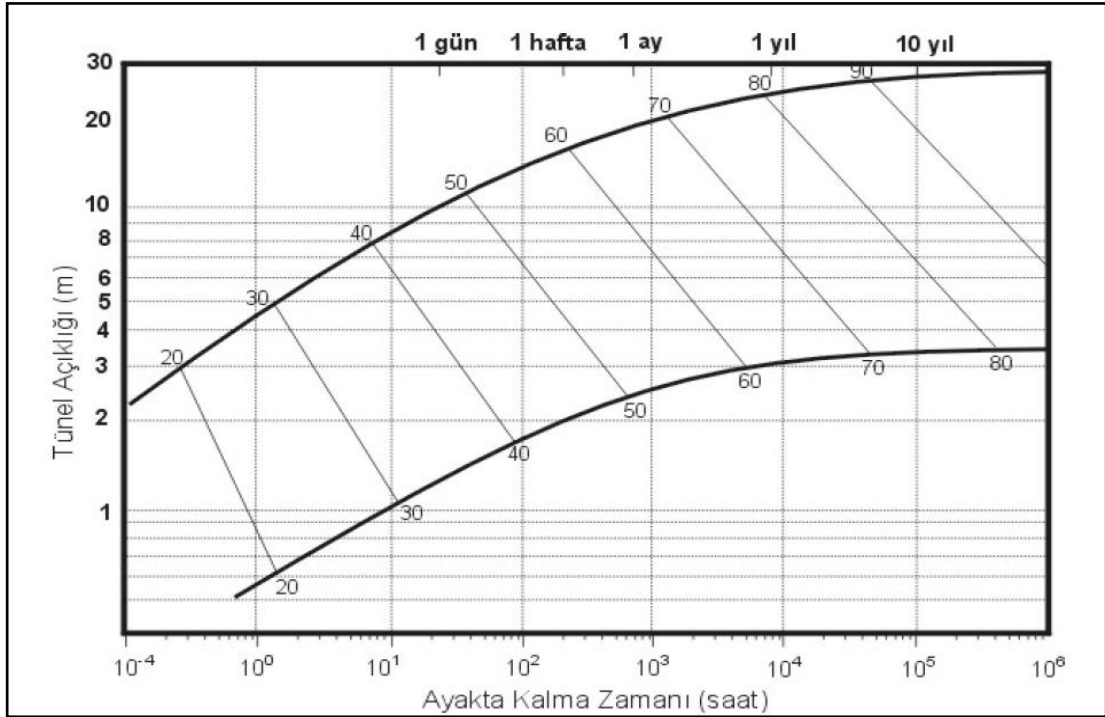
Parametre	Puanlar				
Süreksizliğin uzunluğu (devamlılık)	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
Puan	(6)	(4)	(2)	(1)	(0)
Süreksizlik açıklığı	Yok	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm
Puan	(6)	(5)	(4)	(1)	(0)
Pürüzlülük	Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Düz	Kaygan
Puan	(6)	(5)	(3)	(1)	(0)
Dolgu	Yok	<u>Sert Dolgu</u>		<u>Yumuşak Dolgu</u>	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
Puan	(6)	(4)	(2)	(2)	(0)
Bozunma	Bozunmamış	Az Bozunmuş	Orta Derecede Bozunmuş	Bozunmuş	Çok Bozunmuş
Puan	(6)	(5)	(3)	(1)	(0)

Çizelge 3.4. RMR sınıflama sisteminde kullanılan Patlatma (A_w) ve başlıca zayıflık düzlemleriyle (A_B) ilgili düzeltme katsayıları (Kendorski vd., 1983)

(A) Patlatma Düzeltmesi (A_B)			
Koşullar/Yöntem		Uygulanabilir terim	Düzeltilme katsayısı, A_B
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, en fazla 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 (A_w)			
Koşul		Düzeltilme, Katsayısı A_w	
1.Zayıflık düzlemi yok		1.0	
2.Sert dayklar		0.90	
3.Yumuşak cevher zonları		0.85	
4.Ana kaya/cevher dokanak zonları veya homojen olmayan tavan kayası		0.80	
5.Kıvrımlar (senklinal ve antiklinaler)		0.75	
6.Münferit fay zonları		0.70	



Şekil 3.14. A_s gerilme düzeltmesi katsayısı grafiği (Kendorski vd., 1983)



Şekil 3.15. RMR kaya kütlesi sınıflarına göre uzun süreli ölçümler ve gözlemler esas alınarak, desteksiz durma süresi ve desteksiz açıklık arasındaki ilişki (Bieniawski, 1989)

Çizelge 3.5. Düzeltilmiş RMR değerine bağlı kaya kütlesi sınıfları ve bu sınıfların bazı özellikleri (Bieniawski, 1989)

DÜZELTİLMİŞ RMR SINIFLAMASINDAN ELDE EDİLEN KAYA KÜTLESİ SINIFLARI					
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 KÜTLE SINIFLARININ BAZI ÖZELLİKLERİ					
Sınıf No	I	II	III	IV	V
Ortalama desteksiz kalabilme süresi	15 m açıklık için 20 yıl	10 m açıklık için 1 yıl	5 m açıklık için 1 hafta	2.5 m açıklık için 10 saat	1 m açıklık için 30 dakika
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)	>400	300-400	200-300	100-200	<100
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı (derece)	>45	35-45	25-35	15-25	<15

Çizelge 3.6. RMR Sistemi'nin 1976 versiyonundan günümüze değin kullanılan destek sistemleri seçim kılavuzu (Bieniawski, 1976.)

KALICI DESTEK (TAHKİMAT)				
Kaya Kütlesi Sınıfı	Kazı	Kaya Saplamaları* (10 m genişlikteki tünel için uzunluk)	Püskürtme Beton	Çelik Destek
I	Tam kesit, 3m ilerleme,	Bir miktar kaya saplama haricinde genellikle destek gerektirmez.		
II	Tam kesit, 1,0 - 1,5 m ilerleme, komple destek. Aynaya 20 m uzaklıkta.	Kemerin her 2-3 m'sinde yer yer saplama, tel kafeslerle 2,0-2,5 m aralıklı,	Gerektiğinde tavan kemerinde 50 mm	Yok
III	Tavan kemerinde ve tabanda ilerleme. Tavanda 1,5- 3,0 m ilerleme. Komple destek. Aynaya 10 m uzaklığa kadar gerekli.	Tel kafesli duvarlarda ve kermide 1-1,5 m aralıklı, 4-5 m uzunlukta sistematik saplama.	Tavan kermide 50 - 100 mm, yan duvarlarda 30 mm.	Yok
IV	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 kermide 1-1,5 m aralıklı, 5 m uzunlukta, 4-5 m uzunlukta sistematik saplama.	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. Tavanda 0,5 - 1,0 m ilerleme, kazıyla birlikte destek yerleştirmeli. Patlamadan hemen sonra püskürtme beton uygulanmalı.	Tel kafesli duvarlarda ve kermide 1-1,5 m aralıklı, 5 m uzunlukta sistematik saplama.	Tavan kemerinde 150-200, yan duvarlarda 150 mm, aynada 50mm.	Çelik destek, 0,75 m aralıklı orta-ağır profiller
* 20 mm çaplı tamamen reçine dolgu				
Şekil: At nalı; İnşaat; Delme ve patlatma; Genişlik: 10 m; Düşey Gerilme <25 Mpa				

B) Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)

Eklemli kaya kütlesinin dayanımı, sağlam kaya malzemesinin özelliklerine ve ayrıca bu parçaların farklı gerilme koşulları altında kayma ve dönme serbestlik derecesine bağlıdır. Bu serbestlik, sağlam kaya kütlesinin geometrik şekliyle ve bu parçaları birbirlerinden ayıran süreksizlik yüzeylerinin durumu ile kontrol edilir. Köşeli, temiz ve pürüzlü süreksizlik yüzeyleri, düzgün yuvarlak yüzeyli ve etrafı bozunmuş dolgulu yüzeylerden daha sağlam kaya kütleleri oluşturur (Hoek, 2004). Özellikle yeraltı açıklıkları ve tünellerde çok sayıda eklem ve süreksizlik içeren çevre kayanın kütsel olarak dayanım özellikleri, mühendislik parametrelerinin belirlenmesi sağlıklı tasarımlar yapılabilmesi için çok önemlidir.

İlk defa 1980 yılında Hoek ve Brown tarafından geliştirilen “Hoek ve Brown Görgül Yenilme Ölçütü” kaya kütlesinin birincil gerilme koşulları altında dayanım parametrelerinin tahminine yönelik önemli bir gelişmedir. Ölçüt zaman içinde çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilmiş ve değişikliğe uğramıştır. Ölçütün ilk sürümlerinde dayanım parametrelerinin hesaplanmasında RMR değeri kullanılırken daha sonraki sürümlerinde Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) adı verilen ve ilk kez 1995 yılında Hoek ve diğerleri tarafından geliştirilmiş olan bir sistem kullanılmaya başlanmıştır. Başlangıçta, RMR değeri kullanılarak hesaplanan GSI, daha sonra Hoek ve Brown (1997) tarafından önerildiği biçimde ve kaya kütlesinin görsel tanımlanmasını esas alacak şekilde düzenlenmiş bir GSI sınıflama abağından belirlenmeye başlanmıştır. Bu sınıflama sisteminde kaya kütleleri, kayacın içerdiği süreksizliklerin neden olduğu bloklarına durumuna ve süreksizlik yüzeylerinin koşullarına bağlı olarak farklı sınıflara ayrılmaktadır. Bu çalışmada ölçütün Sönmez (2001) ve Ulusay (2002) tarafından yeniden düzenlenmiş 2002 sürümü kullanılmıştır (Şekil 3.16.).

C) Hoek – Brown görgül yenilme ölçütü ve jeolojik dayanım indeksi

Hoek – Brown görgül yenilme ölçütünün 1980’den günümüze çok sayıda versiyonu bulunmaktadır. Özellikle 1997 yılından itibaren GSI’nın ölçüte, bir sınıflama sistemi olarak dâhil edilmesinden sonra, ölçütün daha önceki yıllardaki versiyonlarının kullanılabilirliği ortadan kalkmıştır (Ulusay, 2007.).

Hoek ve Brown (1980 a ve 1980 b) tarafından geliştirilen Hoek – Brown görgül yenilme sistemi, süreksizlik içeren kaya kütlelerinin makaslama dayanımlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu sistem Hoek (1983), Hoek ve Brown (1988), Hoek ve diğ. (1992), Hoek ve diğ. (1995), Hoek ve Brown (1997) ve Hoek ve diğ (2002) tarafından değiştirilerek günümüzdeki halini almıştır. Bu çalışmada sistemin son hali olan Hoek ve diğ. (2002) kullanılmıştır. Sistem 1995’ e kadar RMR puanını parametre olarak kullanırken, 1995 de RMR nin kullanımından vazgeçilmiş ve bunun yerine Jeolojik dayanım indeksi (GSI) olarak adlanan sınıflama kullanılmaya başlanılmıştır (Erik, 2004). Hoek-Brown görgül yenilme ölçütünün belirlenmesinde Rocscience firması tarafından üretilen ve ölçütün 2005 sürümünü kullanan RocLab v.3.015 yazılımı kullanılmıştır.

Mohr-Cloumb yenilme ölçütüne göre; normal gerilme (σ) ve makaslama gerilmesi (τ) arasındaki doğrusal olan ilişkinin bu sistemde eğrisel olduğu belirtilmektedir (Hoek 1980a ve 1980 b). Hoek- Brown görgül yenilme ölçütünde kullanılan formüller aşağıda sunulmaktadır;

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci} \left[mb \frac{\sigma_3'}{\sigma_{ci}} + s \right]^a \quad (3.2)$$

$$m_b = m_i \exp \left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right) \quad (3.3)$$

$$s = \exp \left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right) \quad (3.4)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right) \quad (3.5)$$

$$\sigma_c = \sigma_{ci} \cdot s^a \quad (3.6)$$

$$\sigma_t = - \frac{s \sigma_{ci}}{m_b} \quad (3.7)$$

$$\sigma_n' = \frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2} - \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} \cdot \frac{d\sigma_1' / d\sigma_3' - 1}{d\sigma_1' / d\sigma_3' + 1} \quad (3.8)$$

$$\tau = (\sigma_1' - \sigma_3') \frac{\sqrt{d\sigma_1' / d\sigma_3'}}{d\sigma_1' / d\sigma_3' + 1} \quad (3.9)$$

$$d\sigma_1' / d\sigma_3' = 1 + am_b (m_b \sigma_3' / \sigma_{ci} + s)^{a-1} \quad (3.10)$$

$$E_m(GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \cdot 10^{((GSI-10)/40)} \quad (\sigma_{ci} \leq 100 \text{ MPa}) \quad (3.11)$$

$$E_m(GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \cdot 10^{((GSI-10)/40)} \quad (\sigma_{ci} > 100 \text{ MPa}) \quad (11) \quad (3.12)$$

$$\phi' = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b(s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b(s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1}} \right] \quad (3.13)$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci} [(1+2a)s + (1-a)m_b \sigma_{3n}'] (s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + (6am_b(s + m_b \sigma_{3n}')^{a-1}) / ((1+a)(2+a))}} \quad (3.14)$$

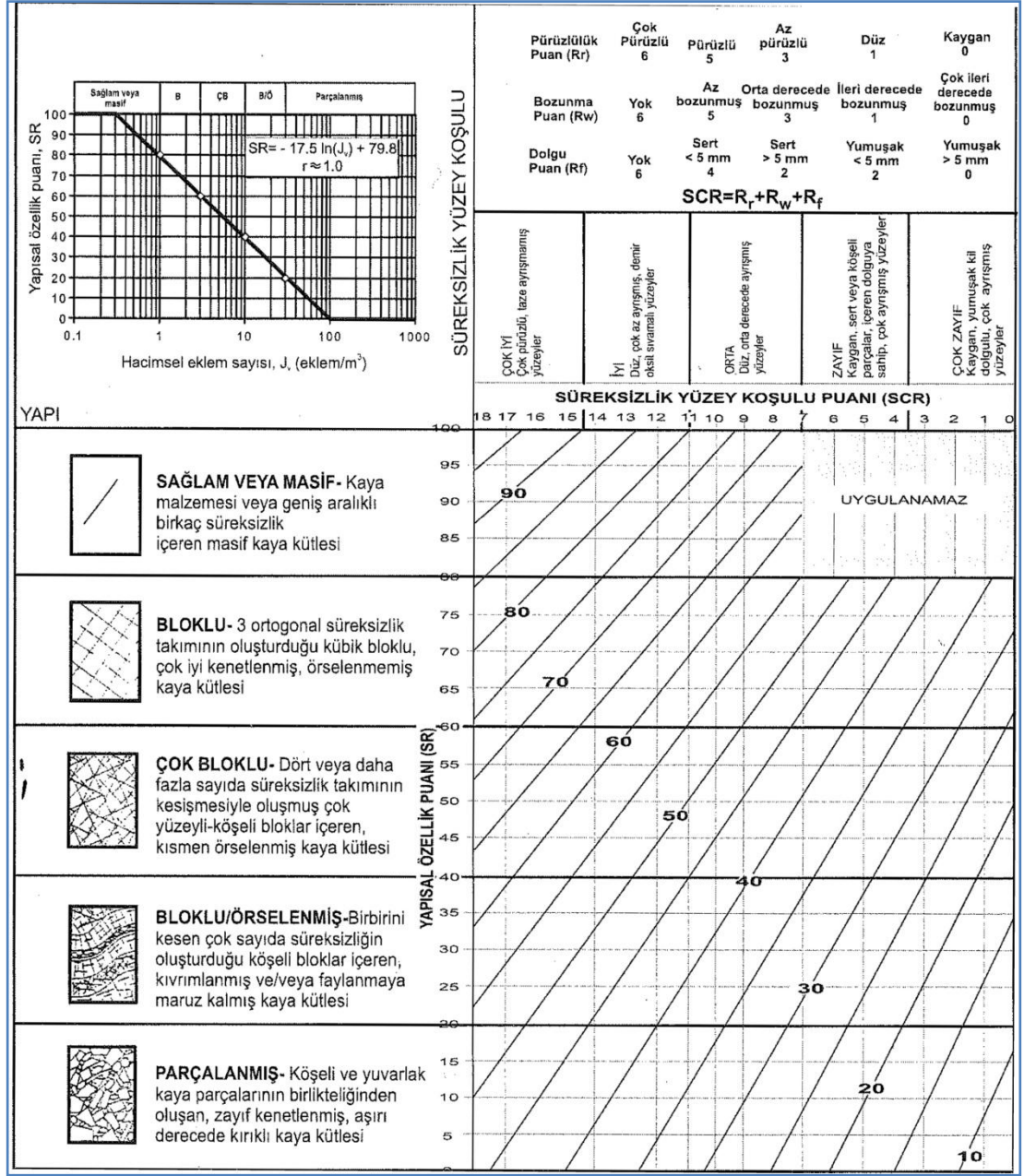
$$\sigma_{3n}' = \sigma_{3\max}' / \sigma_{ci} \quad (3.15)$$

$$\sigma_{cm}' = \frac{2c' \cos \phi'}{1 - \sin \phi'} \quad (3.16)$$

$$\sigma_{cm}' = \sigma_{ci} \cdot \frac{(m_b + 4s - a(m_b - 8s))(m_b / 4 + s)^{a-1}}{2(1+a)(2+a)} \quad (3.17)$$

$$\frac{\sigma_{3\max}'}{\sigma_{cm}'} = 0.47 \left(\frac{\sigma_{cm}'}{\gamma H} \right)^{-0.94} \quad (\text{Tüneller için}) \quad (3.18)$$

$$\frac{\sigma_{3\max}'}{\sigma_{cm}'} = 0.72 \left(\frac{\sigma_{cm}'}{\gamma H} \right)^{-0.91} \quad (\text{Şevler için}) \quad (3.19)$$



Şekil 3.16. Sönmez ve Ulusay (1999)'ın önerdiği niceliksel GSI Sınıflama Sistemi Abağı'nın "Sağlam ve Masif" kaya grubu eklendikten sonraki değiştirilmiş son hali (Sönmez ve Ulusay,2002).

3.6.4. Kaya Kütlesi Deformasyon Modülünün Belirlenmesi

Yapılan arazi ve büro çalışmaları sonucunda çalışma alanına ait sayısal modeli oluşturabilmek için sayısal analiz programlarının çeşitli veri girdilerine gereksinim duyulmaktadır. Bu girdilerden en önemlisi ve deneysel yöntemlerle belirlenmesi tespit edilmesi en güç olanı kaya kütlesinin deformasyon modülü'dür. Sağlam kaya

örneğine ait kohezyon, içsel sürtünme açısı, Poisson Oranı, tek eksenli basınç dayanımı gibi parametreler laboratuvar ortamında tayin edilebilir. Kaya kütlelerinin yerinde deformasyon modülünün belirlenmesi, tüm sayısal analiz uygulamaları ve yeraltı açıklığının çevresinde gözlenen deformasyonların yorumlanabilmesi açısından çok önemlidir.

Kaya kütlelerine ait deformasyon modülü tünel tasarımında destek sistemi, kazı planlaması, patlatma delik düzeni gibi birçok konuyu etkiler. Bu parametrenin arazide belirlenmesi oldukça güç ve pahalı olduğundan, bu parametreyi kaya kütle sınıflamalarından hesaplamak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Hoek vd.,1995). Laboratuvar ortamında belirlenen sağlam kaya örneğine ait elastisite modülü değerinin kaya kütlelerinin deformasyon modülünün tahmininde kullanılması için çeşitli görgül ilişkiler bulunmaktadır. Ancak henüz bu ilişkilerin hiçbiri kesin olarak kaya kütlelerinin davranışını ortaya koyabilecek şekilde yeterliliğini kanıtlamamıştır.

Bu ilişkilerden ilki Bieniawski (1978) tarafından çeşitli vaka çalışmaları sonucunda önerilmiş olan yerinde deformasyon modülü değerinin RMR puanından hesaplanması için geliştirilmiş olan ilişkidir. Bu ilişkinin kullanılabilmesi için RMR puanının 50 den daha büyük olması gereklidir. Buna göre arazi elastisite modülü değeri $RMR > 50$ için;

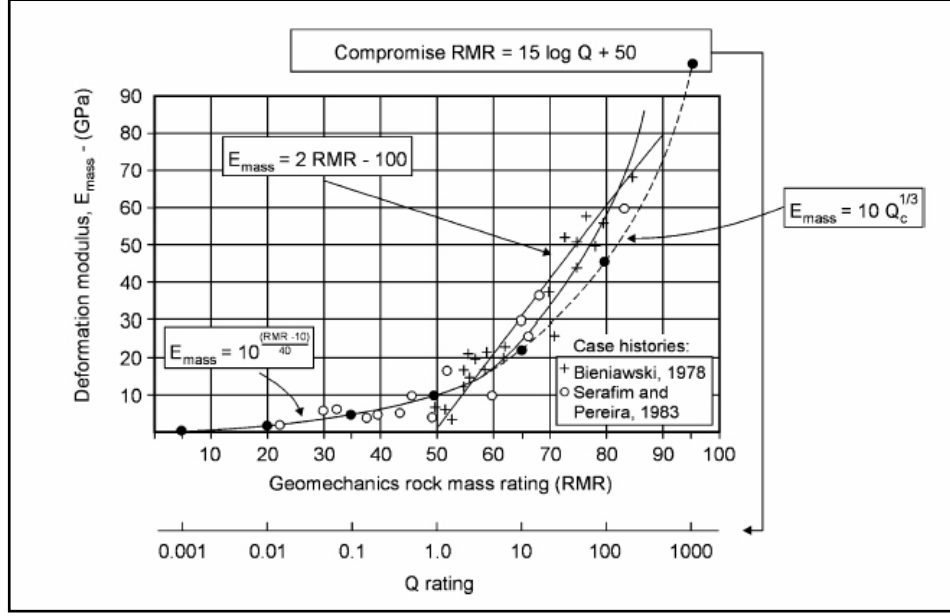
$$E_m = 2RMR - 100 \quad (3.20)$$

ifadesinden belirlenir. Yukarıdaki eşitlikten birimi GPa olarak elde edilen deformasyon modülleri arazide yapılan sınırlı sayıda plaka yükleme deneylerinin sonuçlarıyla da uyum göstermiştir.

Serafim ve Pereira (1983) RMR değerinin 50' den küçük olması durumunda arazi elastisite modülünün hesaplanabilmesi için, bir çoğu baraj inşaatlarını kapsayan çok sayıda vaka çalışmasını incelemiş, deformasyon ölçümlerinden geri analizler yapmış ve $RMR \leq 50$ koşulunda deformasyon modülü için aşağıdaki eşitliği geliştirmişlerdir (Serafim and Pereira, 1983); $RMR \leq 50$ için;

$$E_m = 10^{((RMR-10) / 40)} \quad (3.21)$$

Yukarıdaki eşitliklerde süreksizlik düzeltmesi yapılmaksızın temel RMR değerinin kullanılması gerekmektedir. Bu ilişkiler Şekil 3.17 'de grafik olarak sunulmuştur, eşitliklerin kullanılması yerine, E_m RMR' ye bağlı olarak doğrudan bu şekil yardımıyla da bulunabilir.



Şekil 3.17. Kaya kütlelerinin yerinde deformasyon modülü ile RMR arasındaki ilişkiler (Serafim ve Pereira, 1983).

Bieniawski (1978) ile Serafim ve Pereira (1983)'nin kullandıkları RMR değerleri 25-85 arasında değişmektedir. Bu veriler Nicholson ve Bieniawski (1990) tarafından da kullanılarak, RMR ile azaltma faktörü (AF) arasında aşağıda verilen ilişki elde edilmiştir.

$$AF = 0,0028 (RMR)^2 + 0,9 \exp [(RMR)/22,82] \quad (3.22)$$

Hoek; Serafim, Pereira ve Bieniawski'nin çalışmalarının iyi kaliteli kayalar için uygun olduğu görüşündedir. Ancak birçok kötü kaliteli kaya için deformasyon modülünü olduğundan daha yüksek çıkardığı görüşündedir. Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)'nin literatüre girmesini izleyen yıllarda bu İndeksle birlikte kaya malzemesinin tek eksenli sıkışma dayanımını (σ_c) içeren ilişki Hoek ve Brown (1997)' de kayalar için, Elastisite modülü değerini GPa olarak:

$\sigma_c \leq 100$ MPa koşulunda

$$E_m = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_c}{100}} \times 10^{\frac{GSI-10}{40}} \quad (3.23)$$

şeklinde ifade etmiştir (Hoek ve Brown, 1997).

$\sigma_c \geq 100$ MPa olan kayalar için ise:

$$E_m = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \times 10^{\frac{GSI-10}{40}} \quad (3.24)$$

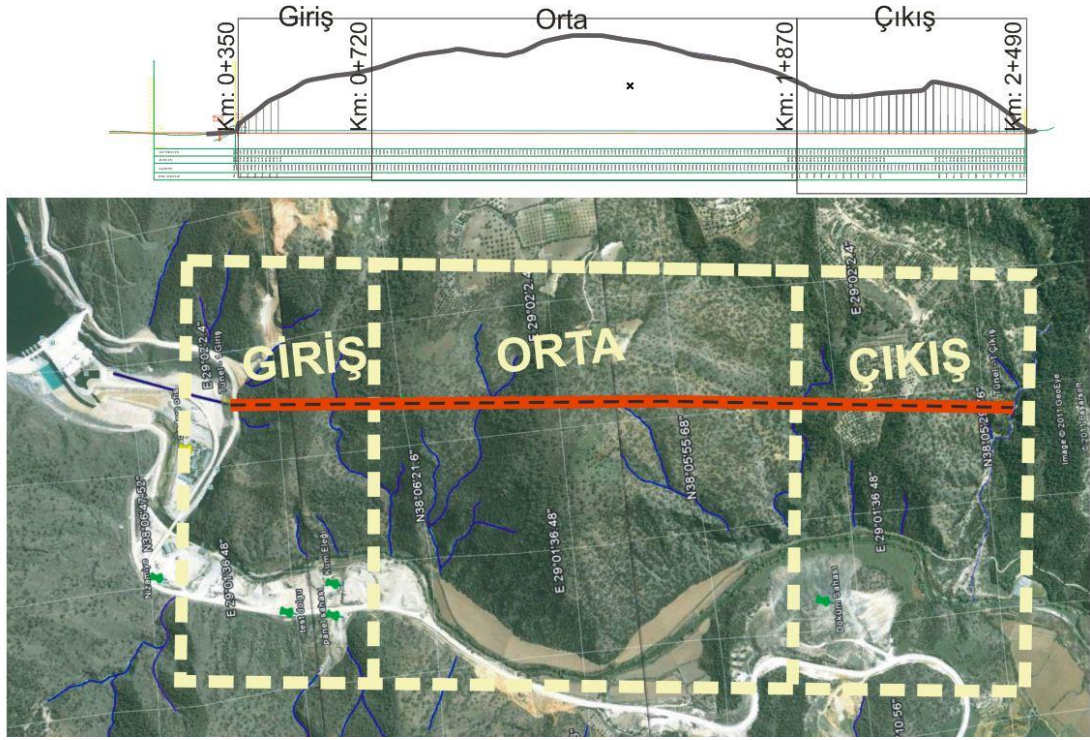
şeklinde ifade etmiştir (Hoek, vd., 2002).

Tüm bu görgül yaklaşımlar tasarımı yapılan çalışmada fikir sahibi olmak açısından faydalıdır. Ancak tasarım için kullanılacak parametrenin seçimine, projenin önemi, kullanım ömrü ve tasarımı amacına göre karar vermek gerekmektedir. Bütün veriler istatistiksel olarak değerlendirilerek en iyi, en kötü ve ortalama koşullar için sınıflama parametreleri belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA ve BULGULAR

4.1. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarında tünel güzergâhını ve çevresini de içine alan bir alanın 1/5000 ölçekli genel jeoloji haritasının eski çalışmalardan da yararlanılarak hazırlanması ile başlanmıştır (Ek-1). Bu harita üzerinde tünel güzergâhı kaya kütlesi sınıflama esas olmak üzere yapısal bölgelere ayrılarak ayrıntılı süreksizlik gözlemleri yapılmıştır (Çizelge 4.1., Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Güzergâh üzerindeki yapısal bölgeler

Çizelge 4.1. Yapısal bölgeler

Yapısal bölge	Mesafe	Tanımlanan Alan
1.	0+300 - 0+720	Giriş Bölgesi
2.	0+720 - 1+870	Orta Bölge
3.	1+870 - 2+490	Çıkış Bölgesi

Ayrıca giriş ve çıkıştaki açık kazı alanlarında da kinematik analiz yapmak için gözlemler yapılmıştır. Saha çalışmaları sırasında Çelikler Holding tarafından yapılan karotlu sondajlar yerinde izlenmiş ve sonuçlarından yararlanılmıştır.

4.1.1. Sondaj çalışmaları

Yenicekent HES projesi güzergâhı boyunca Çelikler Holding tarafından 12 adet karotlu sondaj yapılmıştır. Tünel-1 olarak adlandırılan tünel kazısının tamamı şist ve mermerler içinde yapılacaktır. Direk tünel-1 kazısının tamamını kapsayan sondajlar bulunmamaktadır. Bu nedenle kazının içinde kalacağı mermer ve şistlerin içinde kalan ve tünel-1'e en yakın olan SK-1,SK-2,SK-3 ve SK-13 nolu sondaj değerlendirilmiştir. (Çizelge 4.2)

Çizelge 4.2. Yenicekent HES- Tünel -1 güzergâhına en yakın açılan sondaj yerleri ve derinlikleri

Sondaj No	Km Mevki	Derinlik (m)	Kot (m)	Koordinatlar	
				Y	X
SK-13	0+300	20,00	210,60	415.170	4220.266
SK-1	0+348	30,00	232,40	415.164	4220.218,5
SK-2	2+842	49,00	258,00	414.564	4217.810
SK-3	2+903	41,00	242,00	414.534	4217.756

Sondaj çalışmalarında, yüzeyde gözlenen birimlerin düşey yönde devamlılıklarının izlenmesi, varsa yeraltı su seviyesinin tespit edilmesi, yerinde deneylerin yapılması, karot yüzdelerinin ve RQD değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

SK-13 nolu sondaj Cindere Barajı'nın şantiye alanın batısında yol dolgusu üzerinde, Tünel-1 giriş bölgesinde açılmıştır. 15.metreden sonra Ortaköy Formasyonuna ait şistler ile karşılaşmıştır. 0-15. metrelerde geçilen dolgu malzemesi içinde mermerler ile karşılaşmıştır. Mermerler, Cindere Barajının düşey havuzunda kullanılmak üzere getirilen blok büyüklüğünde ebatlara sahip, barajın batı yakasında bulunan eski ocaktan getirilmiştir. Dolgu kısmında bulunan mermerler için herhangi bir RQD hesabı yapılmamıştır. Şistli seviyelerde ise RQD değeri en yüksek %48, en düşük %0 ortalama değer olarak da %22 hesaplanmıştır. SK-13 nolu kuyunun tamamı değerlendirildiğinde, ortalama RQD değeri 22, Jv değeri 28 olarak bulunmuştur. Deere (1964)'e göre RQD değeri “çok zayıf kaya” sınıfı içinde yer almaktadır. Jv değeri ise ISRM (1981)'e göre “küçük bloklar grubunda” yer almaktadır (Ek-4).

SK-1 nolu sondaj Tünel-1 güzergâhının girişi ile Cindere Barajı'nın gövde ulaşım yolunun kesişim yerinde bulunmaktadır. SK-1 sondajı Ortaköy Formasyonunun üzerinde açılmıştır. 7-14. metreleri arasında karşılaşılan şistler çok ayrılmış, parçalı, çok zayıf dayanımlı ve kahverengimsi gri renktedirler. Bu nedenle RQD değerini düşürmüşlerdir. SK-1 sondajının 14.-30. metreleri arasında karşılaşılan şistler ise daha açık renkte, orta dayanımlı, eklem yüzeyleri az pürüzlü yer yer parçalı olarak gözlenmiştir. Şistli seviyelerde RQD değeri en yüksek %65 en düşük %0 ortalama %23 olarak hesaplanmıştır. SK-1 nolu kuyunun tamamı değerlendirildiğinde, ortalama RQD değeri 23, Jv değeri 27 olarak bulunmuştur. Deere (1964)'e göre RQD değeri çok zayıf kaya sınıfı içinde yer almaktadır. Jv değeri ise ISRM (1981)'e göre küçük bloklar grubunda yer almaktadır (Çizelge 4.3.).

SK-2 nolu Sondaj kuyusu Tünel-1 çıkış bölgesindeki mermerler ile ortak özellik gösteren bölgede, Tünel-2 güzergâhında Kolonkaya Formasyonu üzerinde açılmıştır. Sondajın 1.-9. metreleri arasındaki killi seviyeler, çakıllı, kumlu, siltli ar dalanması ile koyu kahverengimsi renkte bulunmaktadır. Sondajın 9.-49. metreleri arasında Ortaköy Formasyonu içinde bulunan mermerler bulunmaktadır. Mermerler açık grimsi, beyaz renkte, orta dayanımlı, az-orta ayrılmış, eklem yüzeyleri okside olmuş, seyrek-orta çatlaklı özelliktedir. Mermer'in kesildiği seviyelerde RQD değerleri en yüksek %69,5 en düşük %0 ortalama %29 olarak hesaplanmıştır. SK-2 nolu kuyunun tamamı değerlendirildiğinde, ortalama RQD değeri 29, Jv değeri 28 olarak bulunmuştur. Deere (1964)'e göre RQD değeri zayıf kaya sınıfı içinde yer almaktadır. Jv değeri ise ISRM (1981)'e göre küçük bloklar grubunda yer almaktadır (Çizelge 4.3.).

SK-3 nolu sondaj kuyusu Tünel-2 güzergâhı üzerinde SK-2 nolu kuyunun 100 m güneyinde Kolonkaya Formasyonu üzerinde yer almaktadır. 1 m-4 m arasında açık grimsi, beyaz renkli, çok zayıf dayanımlı, çok ayrılmış, parçalı halde killi kireçtaşları bulunmaktadır. 4.-9. metreler arasında, yeşilimsi kahverengimsi renkte, zayıf-çok zayıf dayanımlı, tamamen ayrılmış parçalı kilitaşları bulunmaktadır. 9.-40. metrelerde ise Ortaköy Formasyonuna ait, dayanımlı-orta dayanımlı, az-orta ayrılmış, eklem yüzeyleri pürüzlü, okside olmuş, seyrek-orta çatlaklar ve yer yer parçalı mermer bulunmaktadır. Mermerin kesildiği seviyelerde RQD değerleri, en yüksek %65,4, en

düşük %0 ortalama %37 olarak hesaplanmıştır. SK-3 nolu kuyunun tamamı değerlendirildiğinde, ortalama RQD değeri 37, Jv değeri 23 olarak bulunmuştur. Deere (1964)'e göre RQD değeri zayıf kaya sınıfı içinde yer almaktadır. Jv değeri ise ISRM (1981)'e göre küçük bloklar grubunda yer almaktadır (Çizelge 4.3.).

Çizelge 4.3. Sondaj karotlarından yapılan ölçümler ve değerlendirmeler.

Sondaj No	Km:	Derinlik	Koşullar	RQD	Deere (1964) kaya kalite sınıfı	Jv	ISRM (1981)'e göre blok durumu	Kaya Cinsi
SK-13	0+300	15,00-20,00	Ortalama	22	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	27,6	Orta Büyüklükte Bloklar	Şist
			En İyi	48	Zayıf Kaya Kalitesi	19,7	Orta Büyüklükte Bloklar	Şist
			En Kötü	0	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	>30	Çok Küçük Bloklar	Şist
SK-1	0+348	7,00-30,00	Ortalama	23	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	27,3	Orta Büyüklükte Bloklar	Şist
			En İyi	65	Orta Kaya Kalitesi	14,5	Orta Büyüklükte Bloklar	Şist
			En Kötü	0	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	>30	Çok Küçük Bloklar	Şist
SK-2	2+842	9,00-49,00	Ortalama	29	Zayıf Kaya Kalitesi	25,5	Orta Büyüklükte Bloklar	Mermer
			En İyi	70	Orta Kaya Kalitesi	13,2	Orta Büyüklükte Bloklar	Mermer
			En Kötü	0	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	>30	Çok Küçük Bloklar	Mermer
SK-3	2+903	9,00-40,00	Ortalama	37	Zayıf Kaya Kalitesi	23,0	Orta Büyüklükte Bloklar	Mermer
			En İyi	65	Orta Kaya Kalitesi	14,4	Orta Büyüklükte Bloklar	Mermer
			En Kötü	0	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	>30	Çok Küçük Bloklar	Mermer

Şist ve mermerlerden alınan karot numunelerine laboratuarda tek eksenli basınç deney ve birim hacim ağırlık deneyleri sonuçları proje firmasından temin edilmiştir.

4.1.2. Süreksizlik incelemeleri

Kayaç malzemesi ile birlikte kaya kütlelerini oluşturan süreksizlikler, kaya kütlelerini tanımlamada ve RMR, GSI sınıflama sistemine göre kütle özelliklerinin ortaya konması sırasında araştırılması gereken önemli bir konudur. Süreksizlikler sahada çeşitli yöntemler ile incelenebilmektedir. Bunların başlıcaları; bir hat boyunca ölçüm yapılan hat etütleri ve tarama şeklinde süreksizlik ölçümleridir.

Çalışma sırasında tünel eksenini merkez kabul edilerek, 300 m'lik batı ve 100 m'lik doğu yönündeki alan içerisinde 3 ana bölgede yapılmıştır. Bu bölgeler; giriş bölgesi, orta bölge ve çıkış bölgesi olarak adlandırılmıştır.

Tünel-1'in giriş bölgesi tamamen şistler içinde kalmaktadır şistlerde kalan bu bölümde kazının giriş ağzı olan kısım açık kazı yapılacak alan ve yer altı kazısı yapılacak alan olmak üzere giriş ağzı ve giriş bölgesi olarak ayrı ayrı ele alınmıştır. Ayrıca bu iki bölge önce şistozite ve eklem olarak ayrı ayrı daha sonra birlikte değerlendirilmiştir (Çizelge 4.4.-5., Şekil 4.2.-3.-4.-5.-6.-7.). Süreksizlik konumları Dips 5.103 programı ile değerlendirilmiştir. Buna göre, giriş ağzı için kinematik analiz yöntemi ile yapılacak olan alın seviye dizaynı için hâkim süreksizlik setleri belirlenmiştir.

Tünelin çıkış bölgesi mermer içinde kalmaktadır. Mermer içerisinde kalan bu bölümde çıkış ağzı olan kısım açık kazı ile açılacak alan ve yeraltı kazısı ile açılacak alan olmak üzere çıkış ağzı ve çıkış bölgesi olarak ayrı ayrı ele alınmıştır. Ayrıca bu iki bölgede önce tabakalanma ve eklem olarak ayrı ayrı sonra birlikte değerlendirmeler yapılmıştır (Çizelge 4.7.-8., Şekil 4.11.-12.-13.-14.-15.-16.).

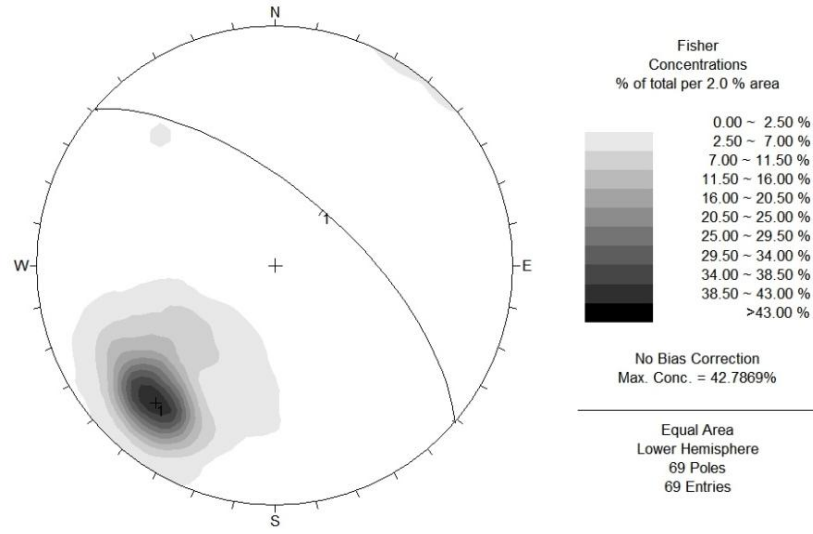
Arazi ölçümleri ISRM (1978)'de tavsiye edilen yöntem kullanılarak yapılmıştır. Buna göre arazide süreksizliklerin konum, aralık, devamlılık, pürüzlülük, kaya duvarı, açıklık, dolgu durumu, su durumu ve blok boyutu parametreleri araştırılmıştır (EK-6).

Bu incelemeler ile sondaj karotları ile de deneştirilerek kaya kütle sınıflamalarında kullanılacak olan parametreler belirlenmeye çalışılmıştır.

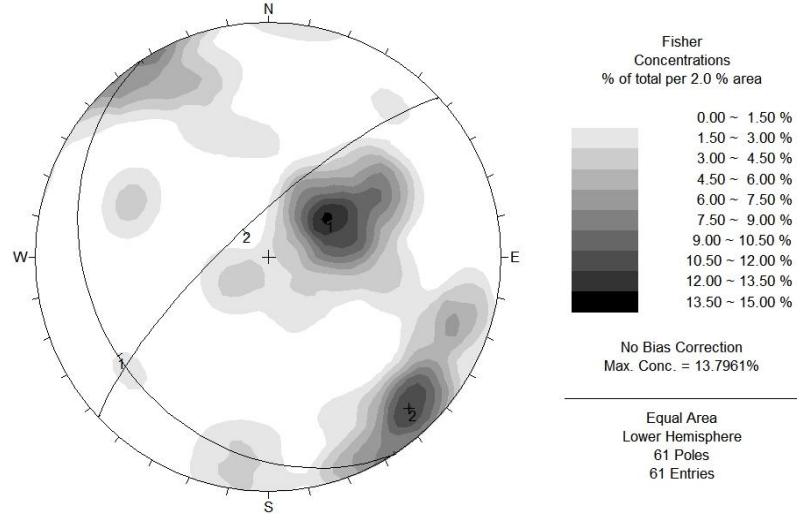
4.1.2.1. Süreksizlik konumu

Arazide, süreksizlik ölçümlerinden süreksizliklerin konumu belirlemek için jeolog pusulası ile süreksizliklerin eğim yönü ve miktarları ölçülmüştür. Yapısal bölgeler bazında, değerlendirmeler aşağıda ifade edilmiştir.

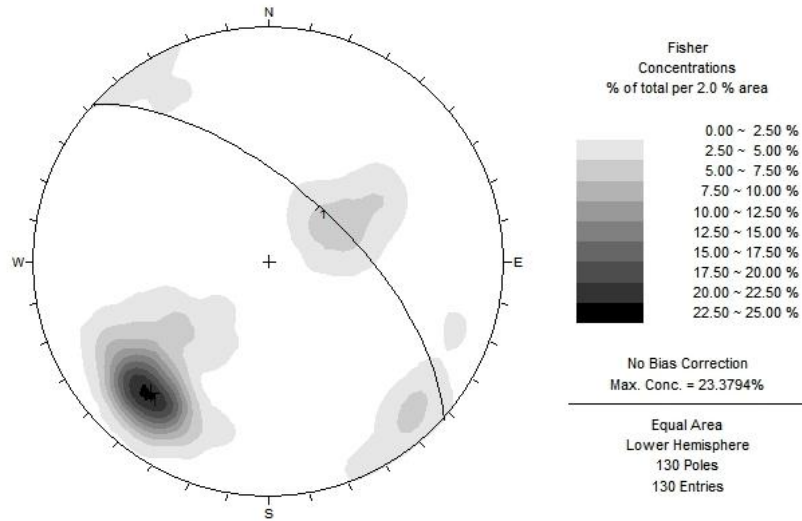
Giriş bölgesi



Şekil 4.2. Giriş ağzındaki şistozite yönelimlerine ait kontur diyagramları



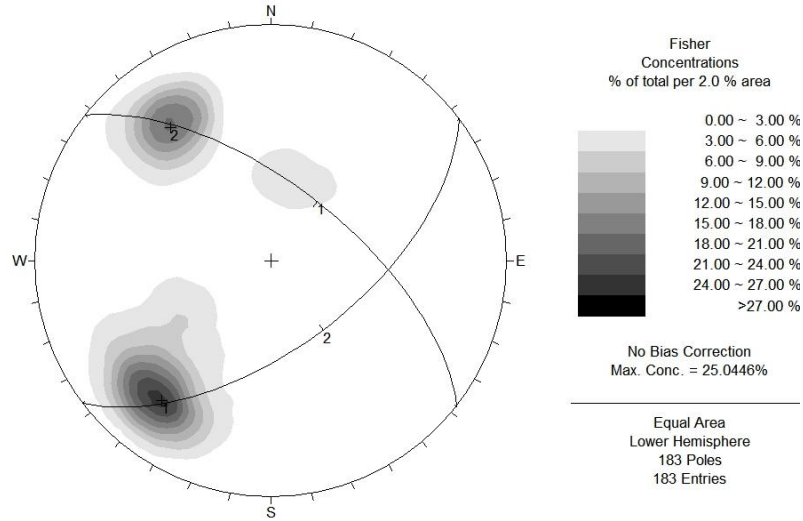
Şekil 4.3. Giriş ağzındaki eklem yönelimlerine ait kontur diyagramları



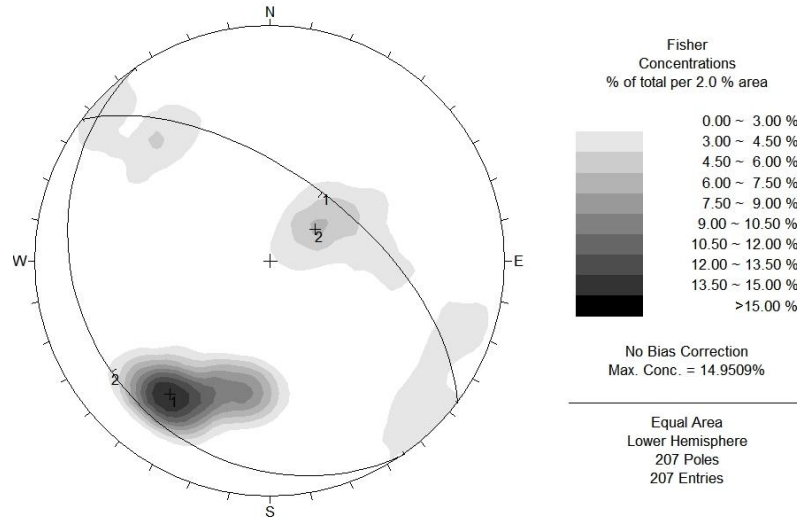
Şekil 4.4. Giriş ağzındaki şistozite ve eklem yönelimlerine ait kontur diyagramları

Çizelge 4.4. Giriş ağzındaki süreksizlik konumu

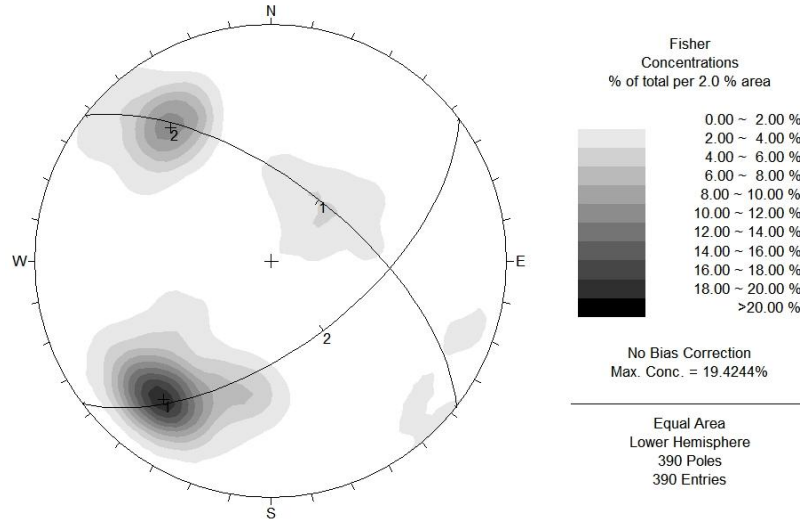
Giriş Ağızı	I. Eklem Takımı (eğim yönü/eğim miktarı)	II. Eklem Takımı (eğim yönü/eğim miktarı)	ISRM,1981'e göre
Şist	041/65	-	III.
Eklem	237/24	317/77	V.
Şist+Eklem	042/64	-	III.



Şekil 4.5. Giriş bölgesindeki şistozite yönelimlerine ait kontur diyagramları



Şekil 4.6. Giriş bölgesindeki eklemlerin yönelimlerine ait kontur diyagramları



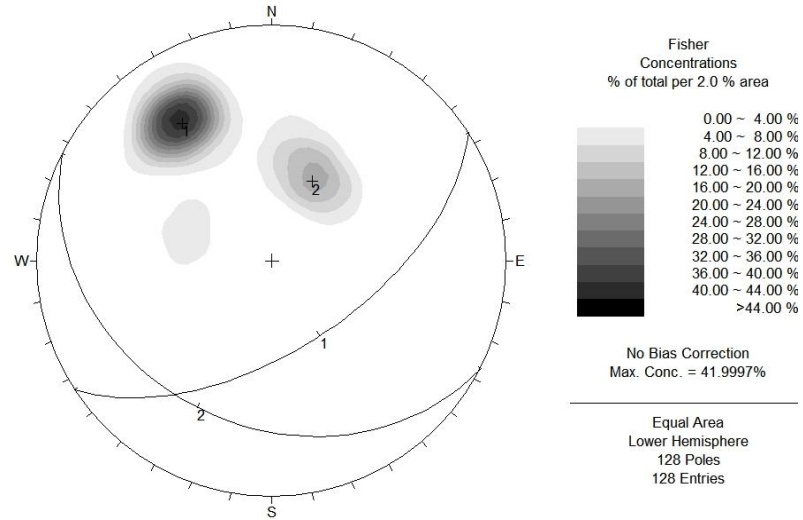
Şekil 4.7. Giriş bölgesindeki şistozite ve eklem yönelimlerine ait kontur diyagramları

Çizelge 4.5. Giriş bölgesindeki süreksizlik konumu

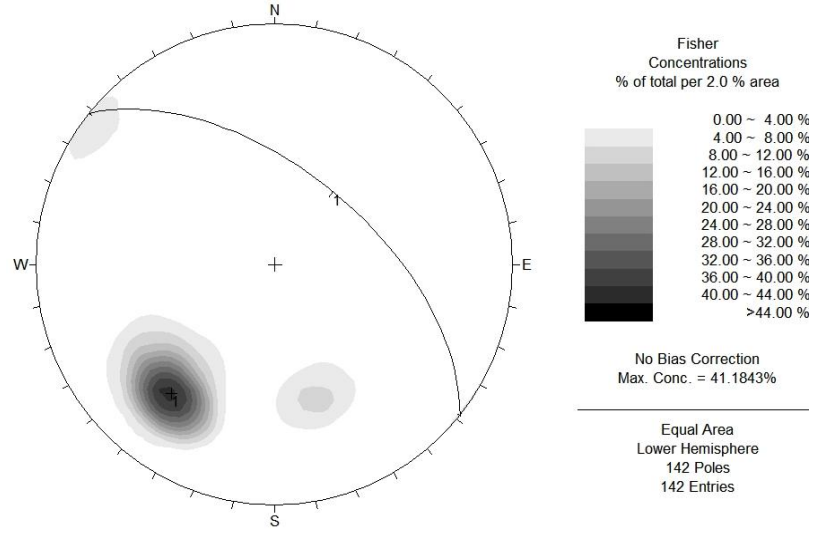
Giriş Bölgesi	I. Eklem Takımı (eğim yönü/eğim miktarı)	II. Eklem Takımı (eğim yönü/eğim miktarı)	ISRM,1981'e göre
Şist	143/60	038/64	V.
Eklem	037/60	235/19	V.
Şist+Eklem	038/63	143/60	V.

Orta bölge

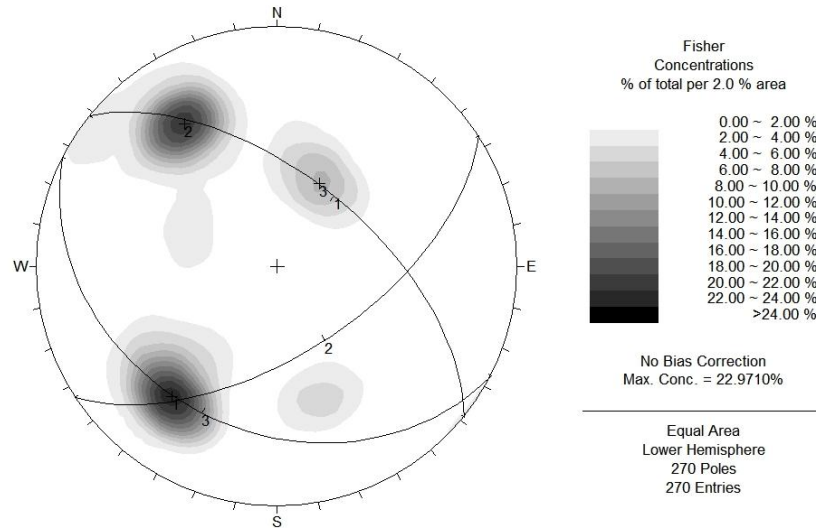
Tünel 1'in orta bölgesinde mermerler bulunmaktadır. Orta bölge ve çevresinde bulunan mermerlerde yapılan süreksizlik ölçümleri, önce tabaka ve eklem olarak ayrı ayrı sonra birlikte değerlendirilmiştir (Çizelge 4.6., Şekil 4.8.-9.-10.).



Şekil 4.8. Orta bölgesindeki tabaka yüzeylerine ait kontur diyagramları



Şekil 4.9. Orta bölgesindeki eklemlere ait kontur diyagramları

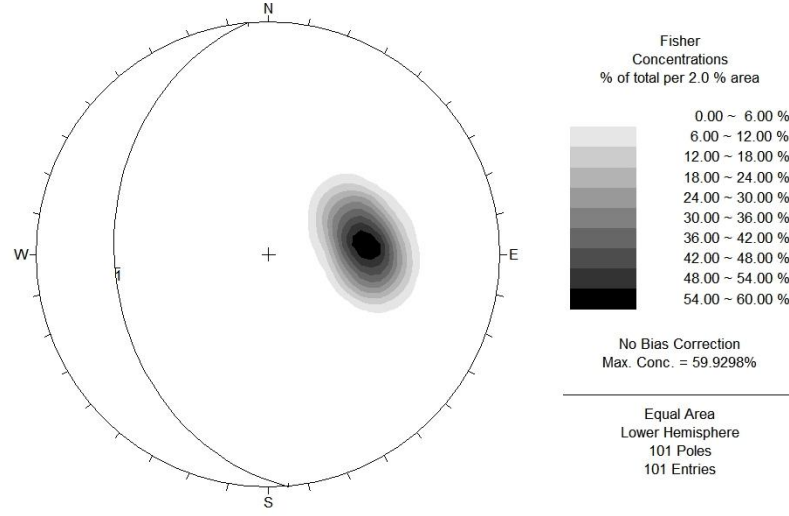


Şekil 4.10. Orta bölgesinde bulunan tabakalara ve eklemlere ait kontur diyagramları

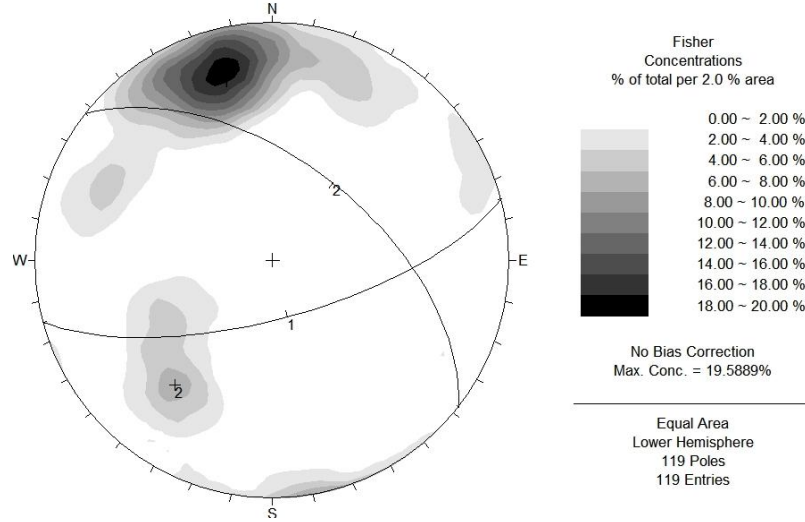
Çizelge 4.6. Orta bölgedeki süreksizlik konumu

Orta Bölge	I. Eklem Takımı (eğim yönü/eğim miktarı)	II. Eklem Takımı (eğim yönü/eğim miktarı)	III. Eklem Takımı (eğim yönü/eğim miktarı)	ISRM,1981'e göre
Tabaka	147/59	207/31	-	V..
Eklem	039/58	-	-	III.
Tabaka+Eklem	042/64	147/60	207/32	VII.

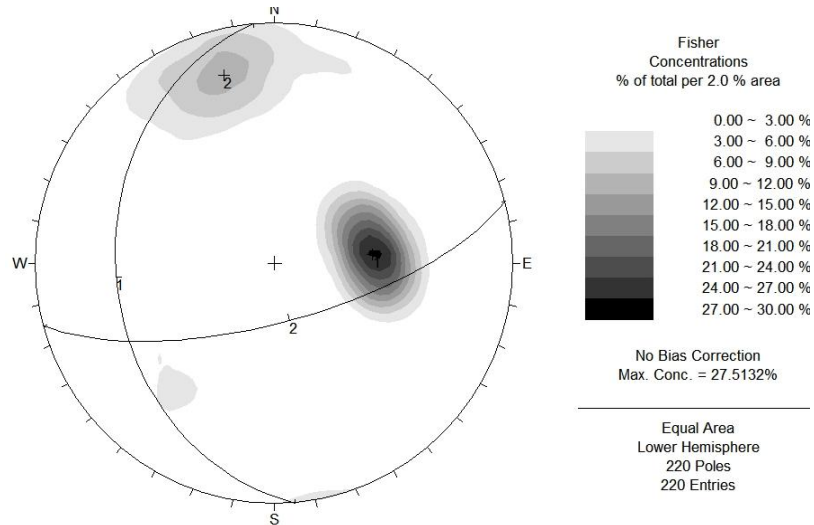
Çıkış bölgesi



Şekil 4.11. Çıkış bölgesindeki mermerlerdeki tabakalara ait kontur diyagramları



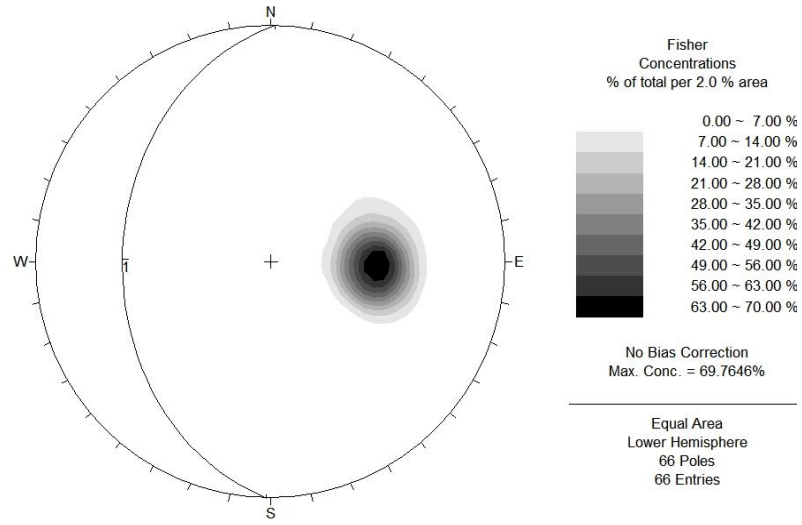
Şekil 4.12. Çıkış bölgesindeki mermerlerdeki eklemlere ait kontur diyagramlar



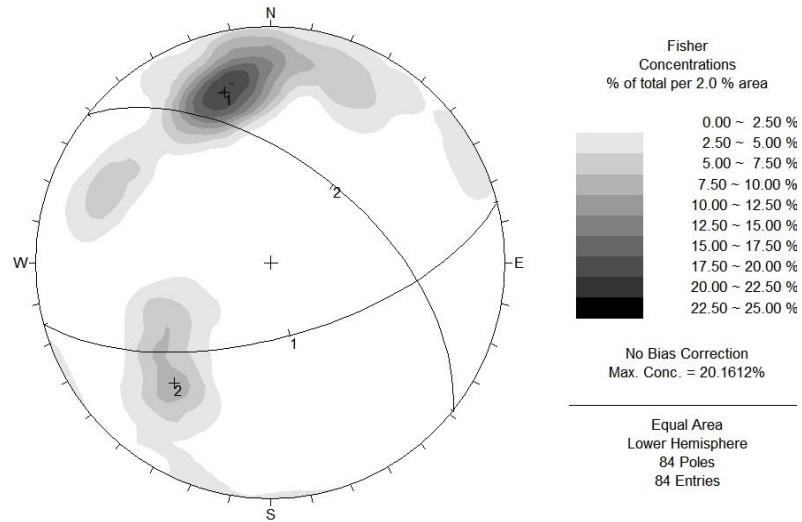
Şekil 4.13. Çıkış bölgesindeki tabakalar ve eklemlere ait kontur diyagramları

Çizelge 4.7. Çıkış bölgesindeki süreksizlik konumu

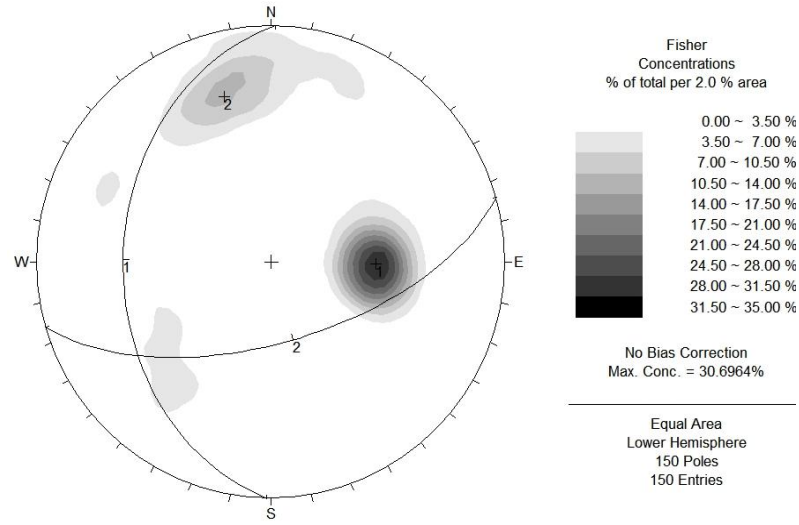
Çıkış Bölgesi	I. Eklem Takımı (eğim yönü/eğim miktarı)	II. Eklem Takımı (eğim yönü/eğim miktarı)	ISRM,1981'e göre
Tabakalanma	265/34	-	II.
Eklem	165/70	038/56	V.
Tabakalanma+Eklem	265/34	165/70	V.



Şekil 4.14. Çıkış ağzındaki tabakalara ait kontur diyagramları



Şekil 4.15. Çıkış ağzındaki eklemlere ait kontur diyagramları



Şekil 4.16. Çıkış ağzındaki tabakalar ve eklemlere ait kontur diyagramları

Çizelge 4.8. Çıkış ağzındaki süreksizlik konumu

Çıkış Ağzı	I. Eklem Takımı (eğim yönü/eğim miktarı)	II. Eklem Takımı (eğim yönü/eğim miktarı)	ISRM,1981'e göre
Tabaka	271/37	-	II.
Eklem	165/64	039/55	V.
Tabaka+Eklem	271/37	164/62	V.

4.1.2.2. Süreksizlik aralığı

İnceleme alanı içerisinde arazi çalışmaları sırasında süreksizlik yapılarının ölçüm çalışmaları sırasında süreksizlik aralığı olarak adlandırılan, komşu konumlu iki süreksizlik veya birbirine paralel eklemlerden oluşan bir süreksizlik takımındaki iki süreksizliğin arasındaki uzaklıklar ölçülmüştür (Şekil 4.17). Yapısal bölgelere göre süreksizlik aralıklarının en iyi, en kötü ve normal koşullardaki değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.9. Süreksizlik aralığı tanımlama esasları (ISRM,1981)

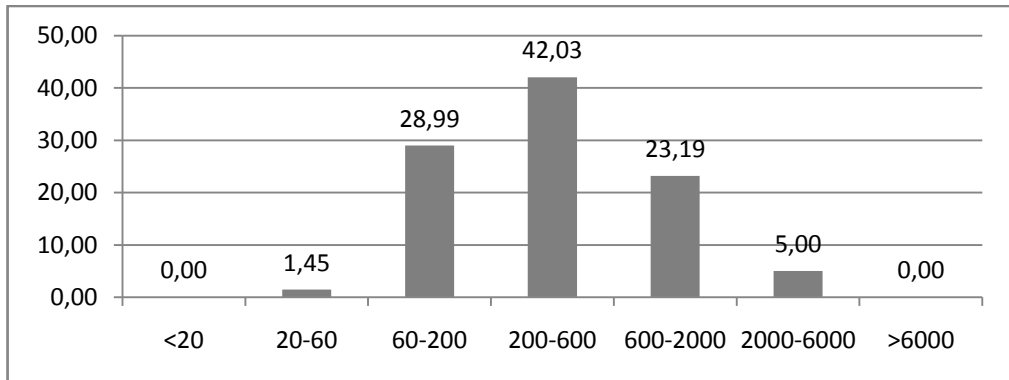
Aralık (mm)	Tanımlama
<20 mm	Çok dar aralıklı
20-60 mm	Dar aralıklı
60-200 mm	Yakın aralıklı
200-600 mm	Orta derecede aralıklı
600-2000 mm	Geniş aralıklı
2000-6000 mm	Çok geniş aralıklı
>6000 mm	İleri derecede geniş aralıklı



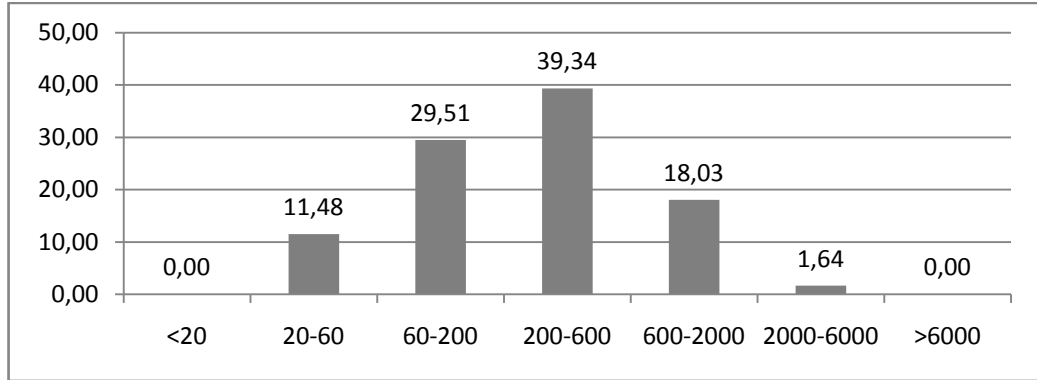
Şekil 4.17. Çıkış Bölgesi süreksizlik aralığı gösterimi

Giriş bölgesi

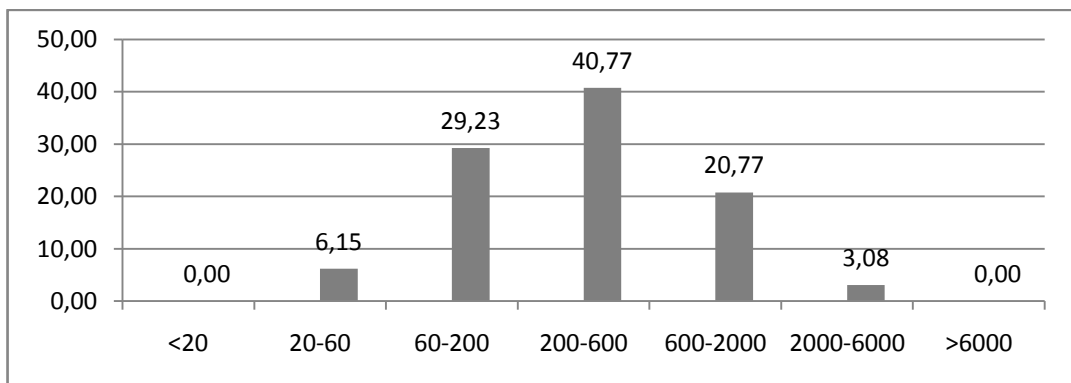
Arazi çalışmaları sırasında, giriş ağzı ve giriş bölgesi için yapılan 390 adet süreksizlik aralık ölçümlerinden elde edilen aritmetik ortalama değer 54,26 cm'dir. Histogramda değerlendirilmesiyle aralığın %43,33 yoğunlukla "200-600 mm" arasında olduğu ve ISRM 1981'e göre "dar aralıkta" yığılma yaptığı görülmektedir (Şekil 4.22.).



Şekil 4.18. Giriş ağzındaki şistlerin aralık dağılımını gösteren histogram



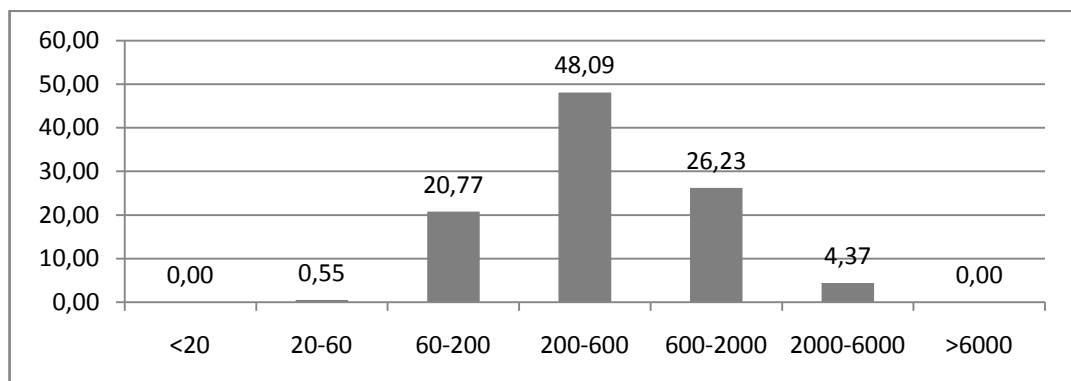
Şekil 4.19. Giriş ağzındaki eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram



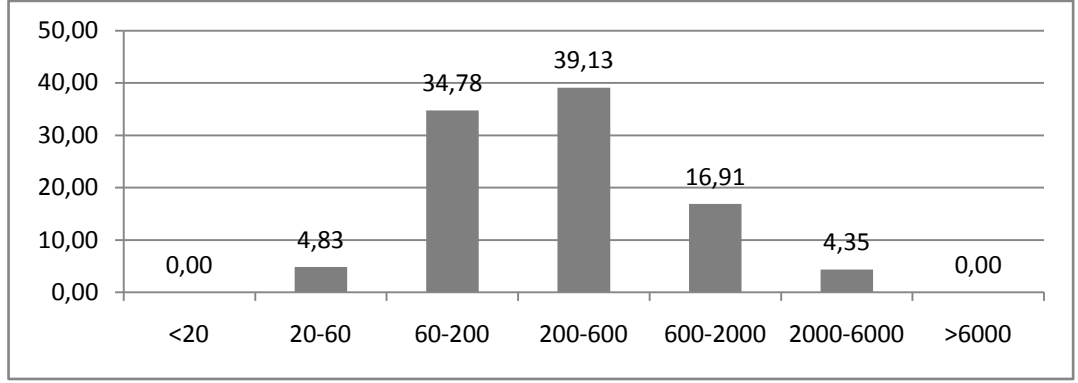
Şekil 4.20. Giriş ağzındaki şist ve eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram

Çizelge 4.10. Giriş ağzı süreksizlik aralığı

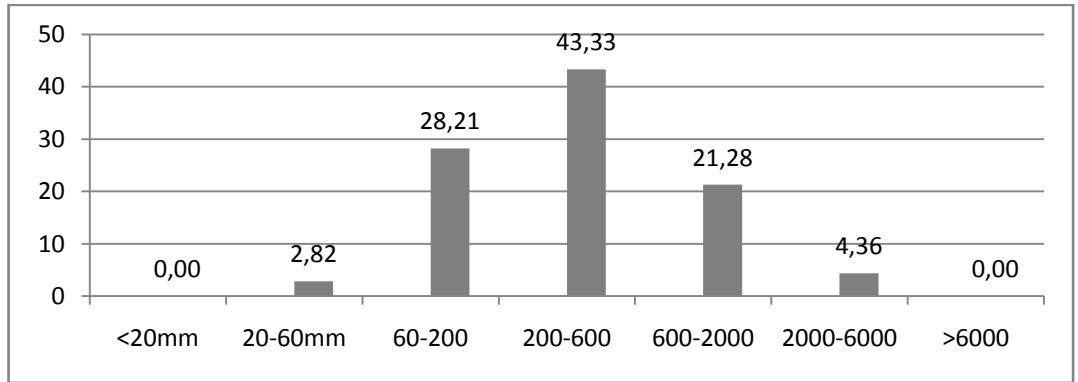
Giriş Ağı	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama
Şist	2000-6000	Çok geniş aralık	20-60	Dar aralıklı	200-600	Orta derecede aralık
Eklem						
Şist+Eklem						



Şekil 4.21. Giriş bölgesindeki şişterin aralık dağılımını gösteren histogram



Şekil 4.22. Giriş bölgesindeki eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram



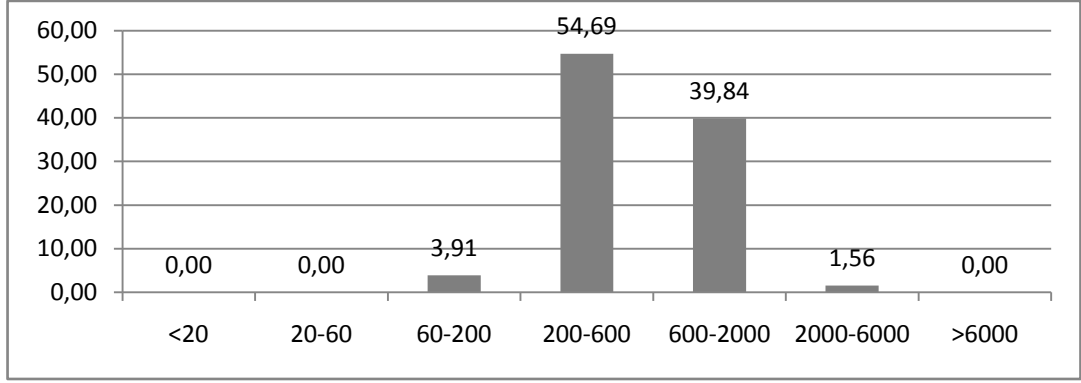
Şekil 4.23. Giriş bölgesindeki şist ve eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram

Çizelge 4.11. Giriş bölgesi süreksizlik aralığı

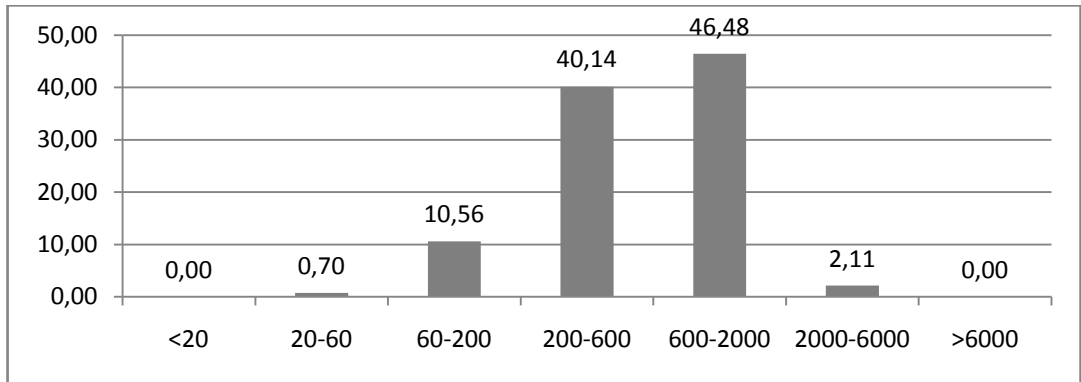
Giriş Bölgesi	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama
Şist	2000-6000	Çok geniş aralık	20-60	Dar aralıklı	200-600	Orta derecede aralık
Eklemler						
Şist+Eklemler						

Orta bölge

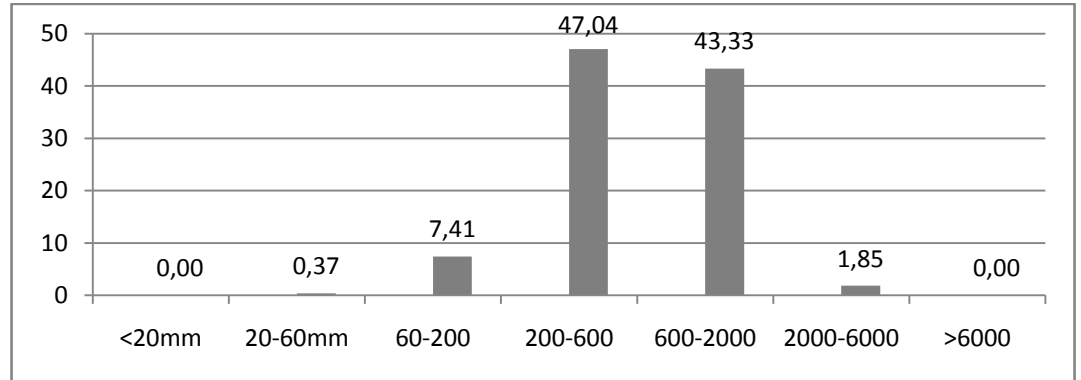
Arazi çalışmaları sırasında, orta bölge için yapılan 270 adet süreksizlik aralıkları ölçümünün aritmetik ortalama değeri 68,62 cm olarak bulunmuştur. Histogramda değerlendirilmesi ile aralığın %47,04 yoğunlukla, “200-600 mm” arasında olduğu ve ISRM 1981’e göre “orta derece aralıktaki” yığılması yapıldığı görülmektedir (Şekil 4.25).



Şekil 4.24. Orta bölgedeki mermerlerin aralık dağılımını gösteren histogram



Şekil 4.25. Orta bölgedeki eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram



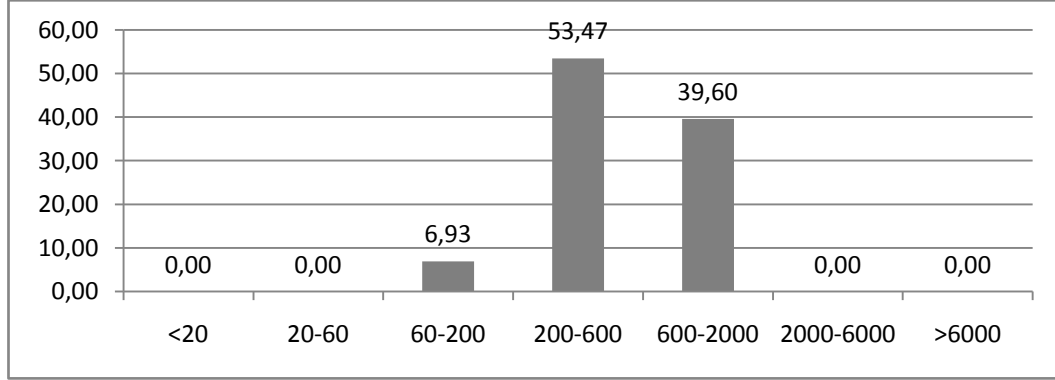
Şekil 4.26. Orta bölgedeki mermer ve eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram

Çizelge 4.12. Orta bölgedeki süreksizlik aralığı

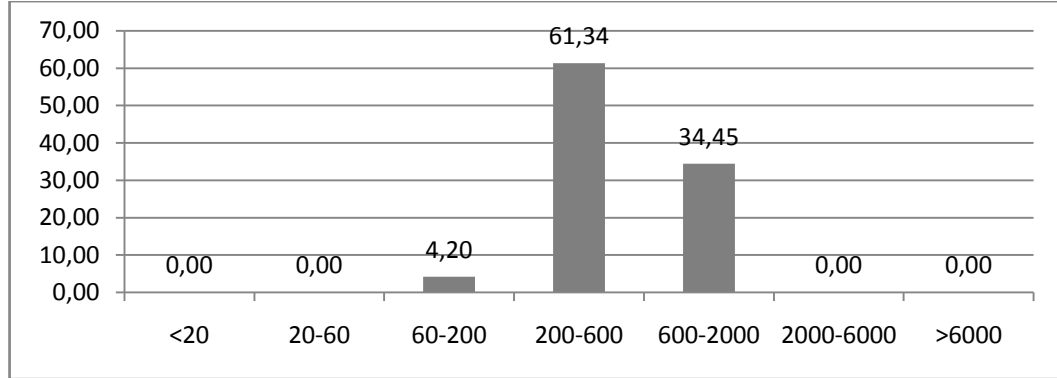
Orta Bölge	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama
Mermer	2000-6000	Çok geniş aralık	60-200	Yakın aralıklı	200-600	Orta derecede aralık
Eklem			20-60	Dar aralıklı	600-2000	Geniş aralıklı
Mermer+Eklem					200-600	Orta derecede aralık

Çıkış bölgesi

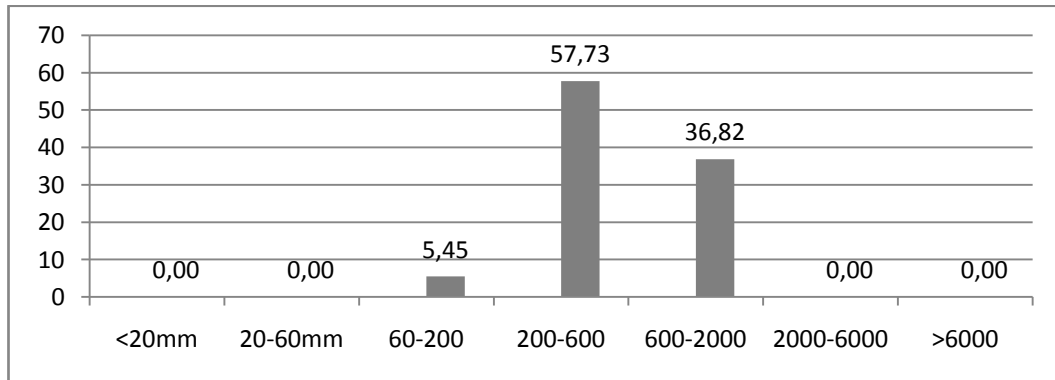
Arazi çalışmaları sırasında, orta bölge için yapılan 220 adet süreksizlik aralıkları ölçümünün aritmetik ortalama değeri 58,48 cm olarak bulunmuştur. Histogramda değerlendirilmesi ile aralığın %47,04 yoğunlukla “200-600 mm” arasında olduğu ve ISRM 1981’e göre “orta derece aralıkta” yığılması yapıldığı görülmektedir (Şekil 4.21.).



Şekil 4.27. Çıkış bölgesindeki mermerlerin aralık dağılımını gösteren histogram



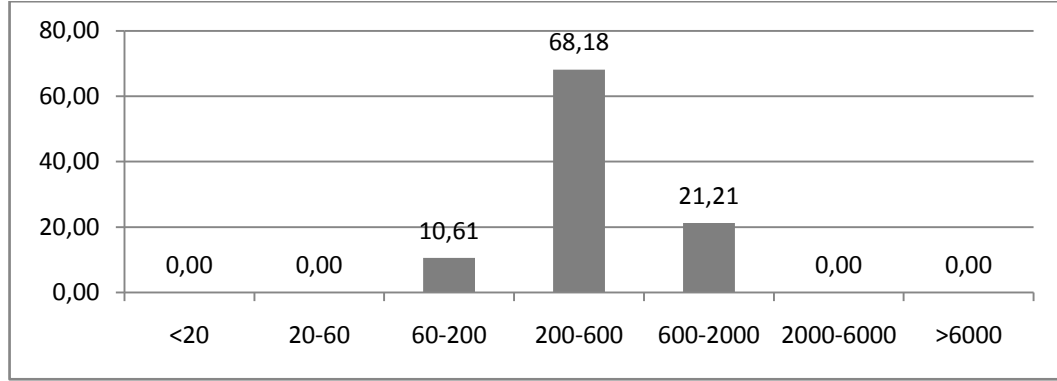
Şekil 4.28. Çıkış bölgesindeki eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram



Şekil 4.29. Çıkış bölgesindeki mermer ve eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram

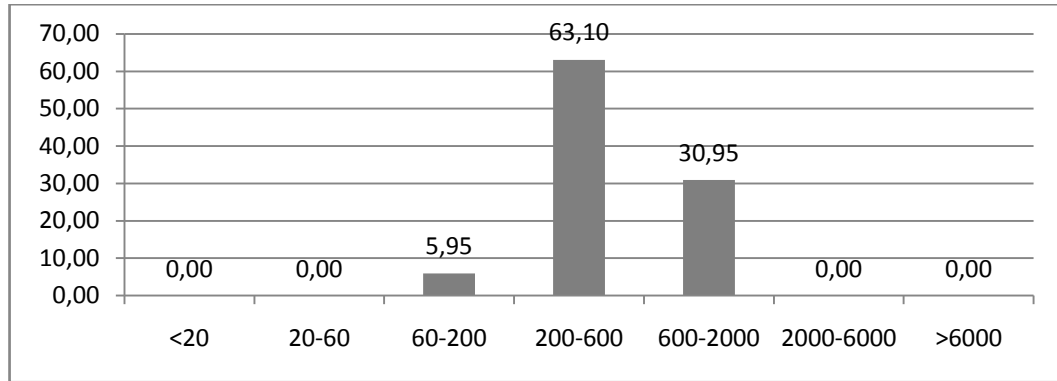
Çizelge 4.13. Çıkış bölgesi süreksizlik aralığı

Çıkış Bölgesi	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama
Mermer	600-2000	Geniş aralıklı	60-200	Yakın aralıklı	200-600	Orta derecede aralık
Eklem						
Mermer+Eklem						

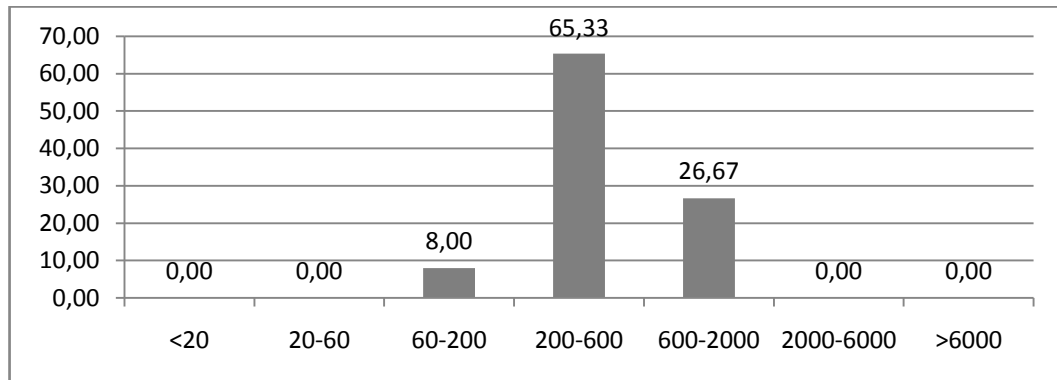


Şekil 4.30. Çıkış ağzındaki mermerlerin aralık dağılımını gösteren histogram

Çıkış ağzı



Şekil 4.31. Çıkış ağzındaki eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram



Şekil 4.32. Çıkış ağzındaki mermer ve eklemlerin aralık dağılımını gösteren histogram

Çizelge 4.14. Çıkış ağzı süreksizlik aralığı

Çıkış Ağızı	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama
Mermer	600-2000	Geniş aralıklı	60-200	Yakın aralıklı	200-600	Orta derecede aralık
Eklem						
Mermer+Eklem						

Çizelge 4.15 Yapısal bölgelere göre süreksizlik aralık değerleri

Yapısal Bölgeler	En İyi Koşullar	En Kötü Koşullar	Normal Koşullar
Giriş Bölgesi	2000-6000 mm	20-60 mm	200-600 mm (Orta Derecede Aralık)
Orta Bölge	(Çok Geniş Aralık)	(Dar Aralık)	
Çıkış Bölgesi	600-2000 mm (Geniş Aralıklı)	60-200 mm (Yakın Aralıklı)	

4.1.2.3. Süreksizlik açıklığı

Arazi çalışmaları sırasında süreksizliklerin karşılıklı iki yüzey arasındaki dik uzaklıklarını tespit edebilmek amacıyla düzenli olarak açıklık ölçümleri yapılmıştır (Şekil 4.33.).

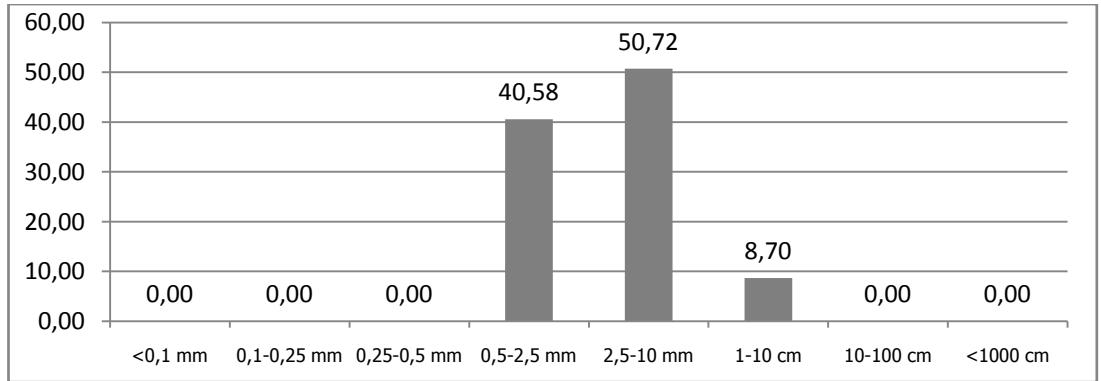
Çizelge 4.16. Süreksizlik açıklığının tanımlanmasına ait esaslar (ISRM,1981)

Açıklık	Tanımlama	
< 0,1 mm	Çok Sıkı	“KAPALI”
0,1 - 0,25 mm	Sıkı	
0,25 - 0,5 mm	Kısmen Açık	
0,5 - 2,5 mm	Açık	“BOŞLUKLU”
2,5 - 10 mm	Orta Derecede Geniş	
> 10 mm	Geniş	
1 - 10 cm	Çok Geniş	“AÇIK”
10 - 100 cm	Aşırı Geniş	
< 1000 cm	Boşluklu	

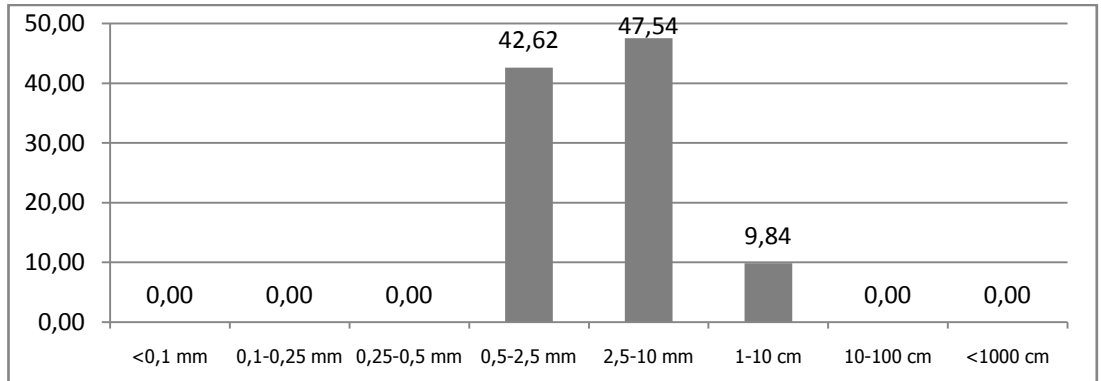


Şekil 4.33. Çıkış Bölgesinde yer alan süreksizlik açıklıkları

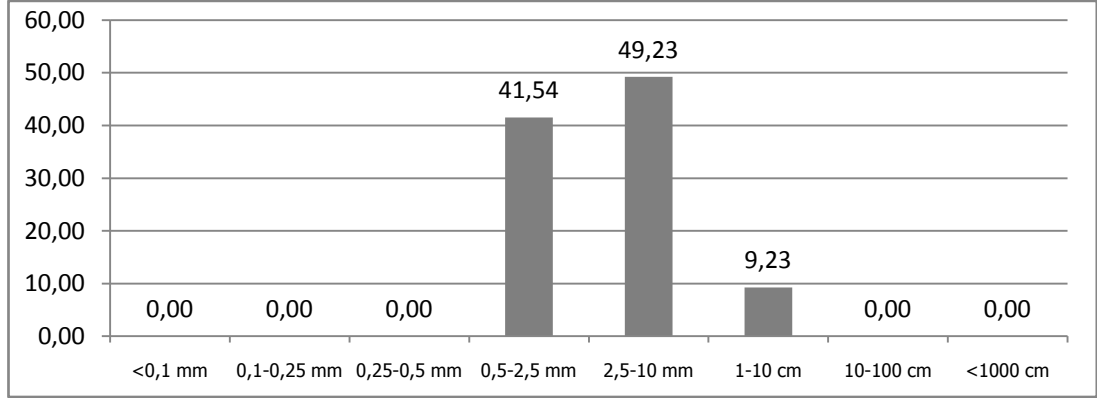
Giriş ağızı



Şekil 4.34. Giriş ağızındaki şistlerin açıklık dağılımını gösteren histogram



Şekil 4.35. Giriş ağızındaki eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram

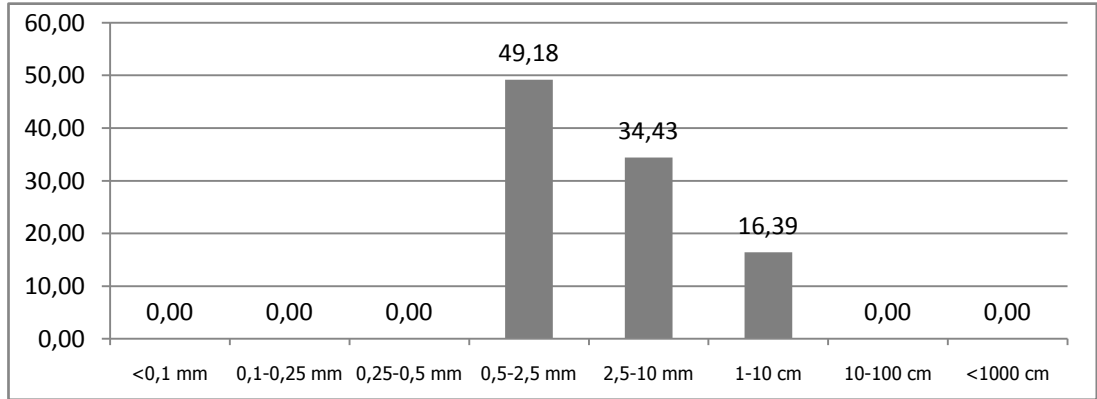


Şekil 4.36. Giriş ağzındaki şist ve eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram

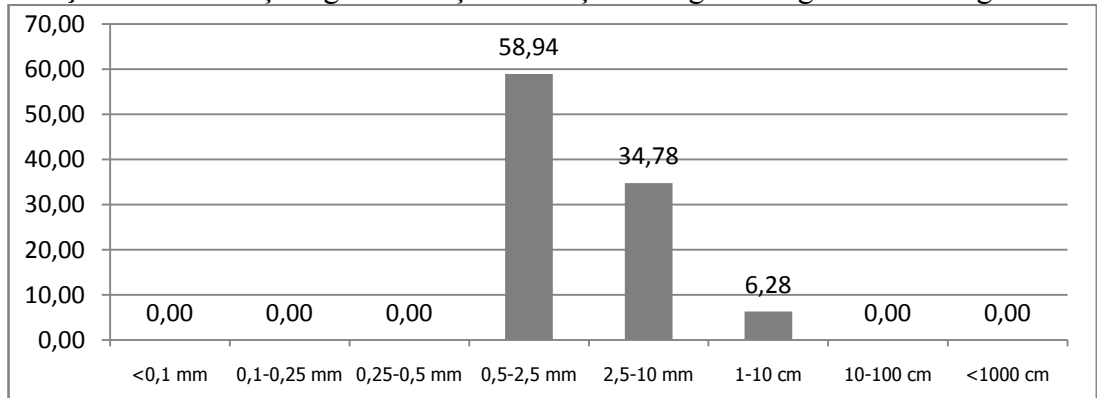
Çizelge 4.17. Giriş ağzındaki süreksizlik açıklığı

Giriş Ağızı	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	mm	Tanımlama	cm	Tanımlama	mm	Tanımlama
Şist	0,5-2,5	Kısmen açık	1-10	Çok geniş	2,5-10	Orta derecede geniş
Eklemler						
Şist+Eklemler						

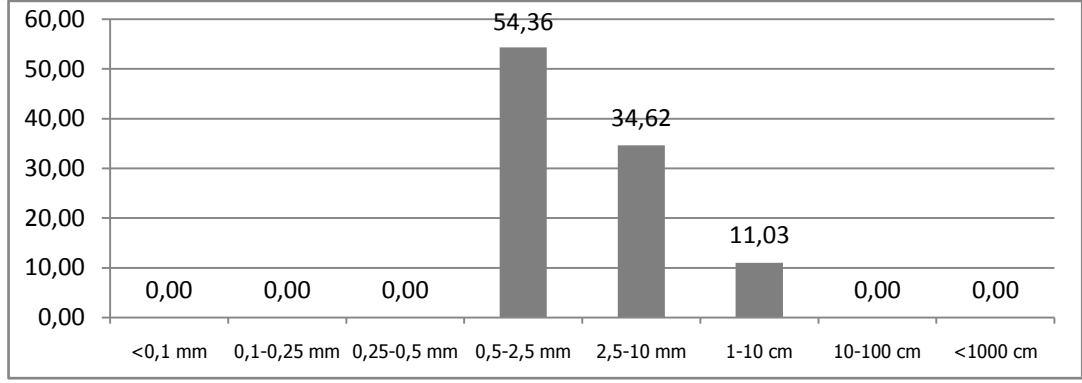
Giriş bölgesi



Şekil 4.37. Giriş bölgesindeki şistlerin açıklık dağılımını gösteren histogram



Şekil 4.38. Giriş bölgesindeki eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram

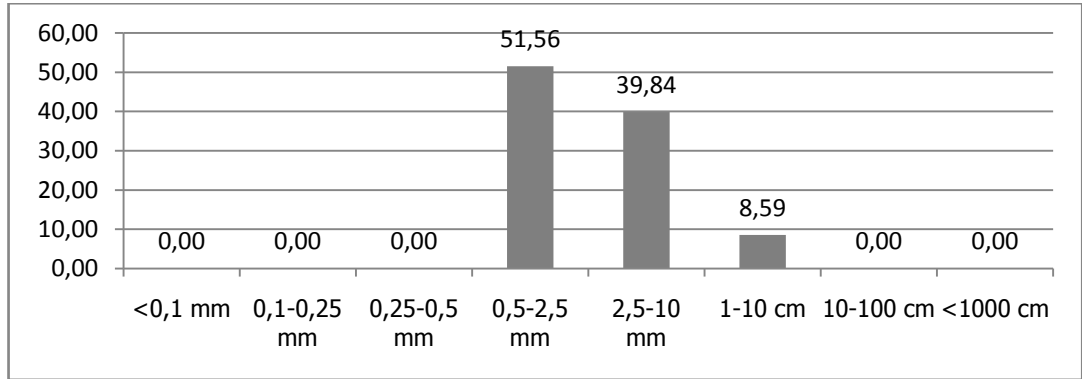


Şekil 4.39. Giriş bölgesindeki şist ve eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram

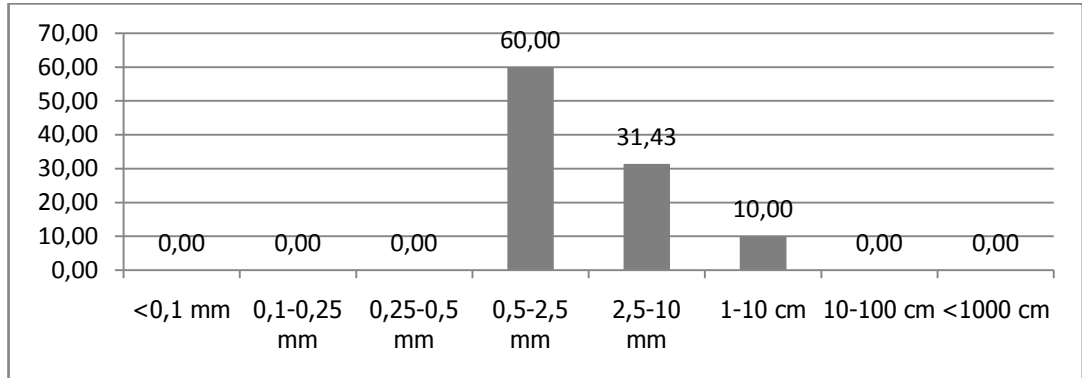
Çizelge 4.18. Giriş bölgesindeki süreksizlik açıklığı

Giriş Bölgesi	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	mm	Tanımlama	cm	Tanımlama	mm	Tanımlama
Şist	0,5-2,5	Kısmen açık	1-10	Çok geniş	2,5-10	Orta derecede geniş
Eklemler						
Şist+Eklemler						

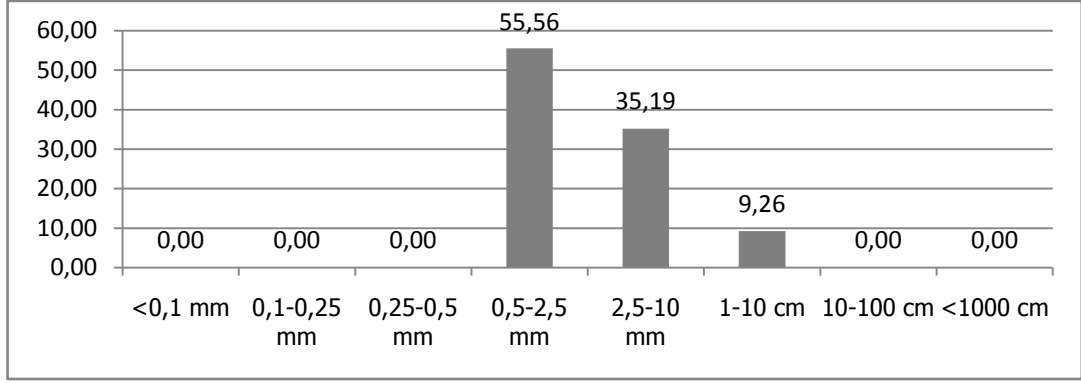
Orta bölge



Şekil 4.40. Orta bölgedeki mermerlerin açıklık dağılımını gösteren histogram



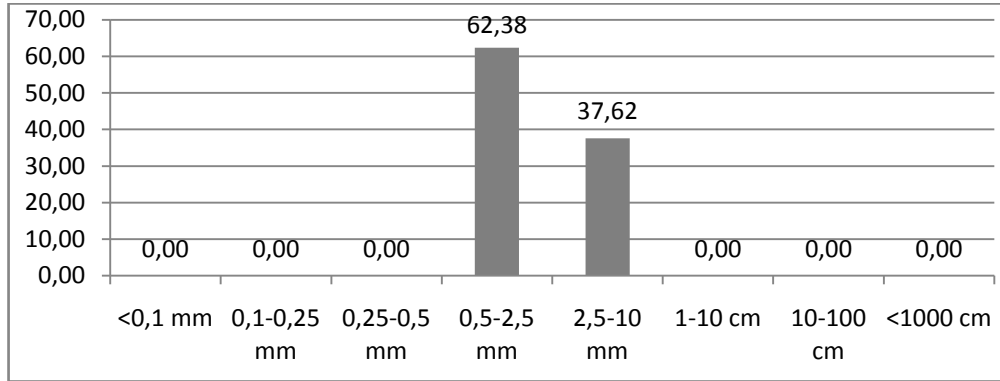
Şekil 4.41. Orta bölgedeki eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram



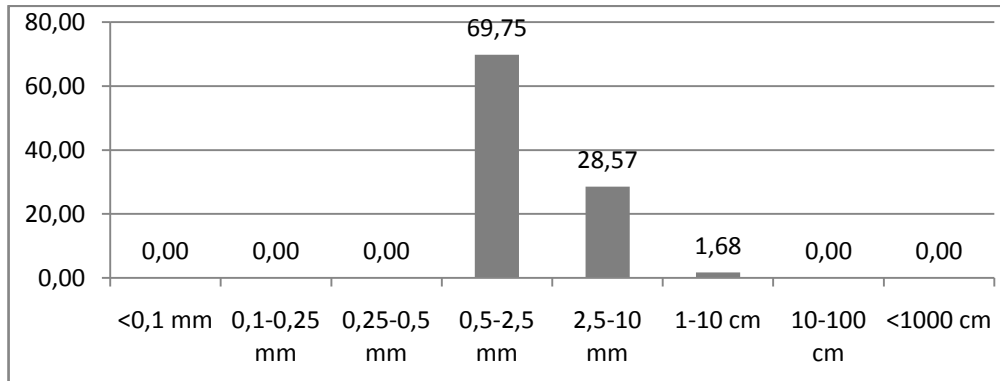
Şekil 4.42. Orta bölgedeki mermer ve eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram

Çizelge 4.19. Orta bölgedeki süreksizlik açıklığı

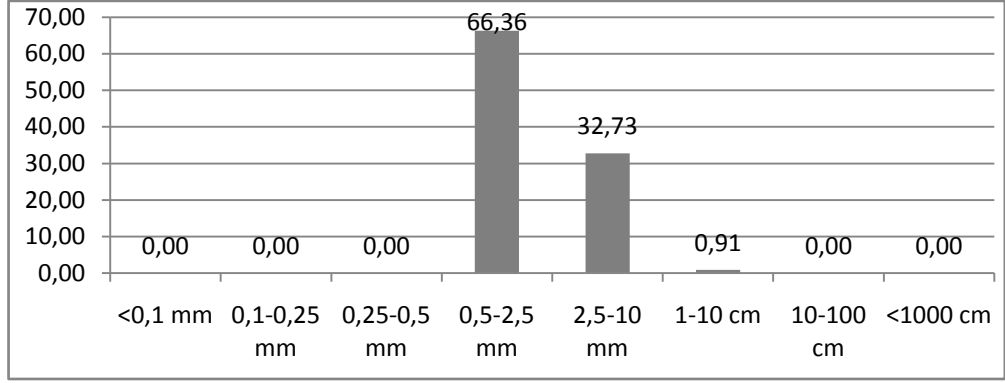
Orta Bölge	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	mm	Tanımlama	cm	Tanımlama	mm	Tanımlama
Mermer	0,5-2,5	Kısmen açık	1-10	Çok geniş	2,5-10	Orta derecede geniş
Eklemler						
Mermer+Eklemler						



Şekil 4.43. Çıkış bölgesindeki mermerlerin açıklık dağılımını gösteren histogram



Şekil 4.44. Çıkış bölgesindeki eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram

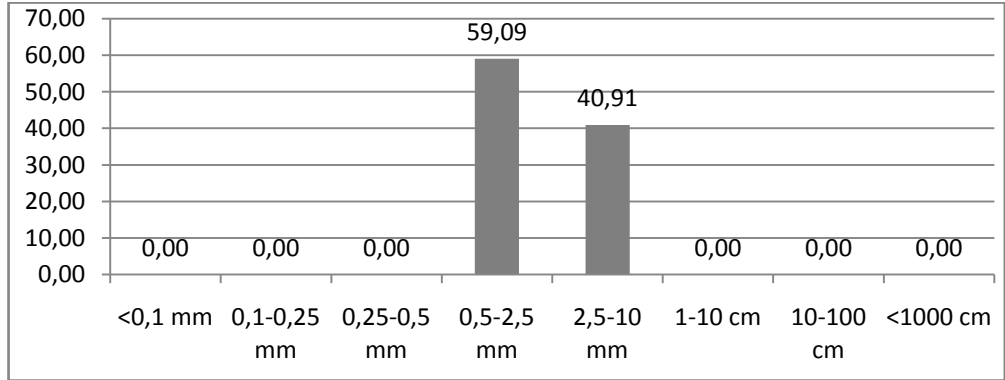


Şekil 4.45. Çıkış bölgesindeki mermer ve eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram

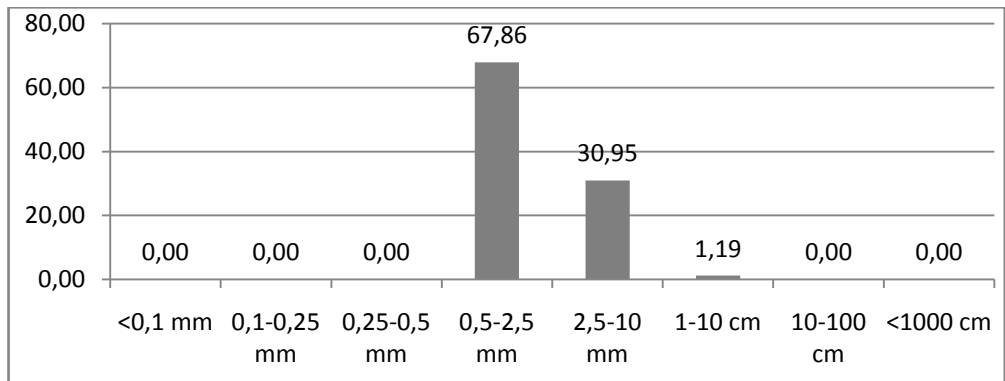
Çizelge 4.20. Çıkış bölgesindeki süreksizlik açıklığı

Çıkış Bölgesi	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	mm	Tanımlama	cm	Tanımlama	mm	Tanımlama
Mermer	0,5-2,5	Kısmen açık	1-10	Çok geniş	2,5-10	Orta derecede geniş
Eklem						
Mermer+Eklem						

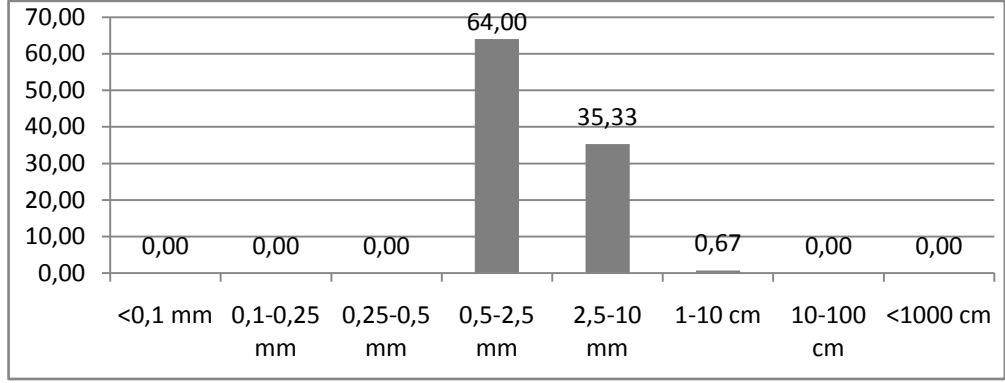
Çıkış ağzı



Şekil 4.46. Çıkış ağzındaki mermerlerin açıklık dağılımını gösteren histogram



Şekil 4.47. Çıkış ağzındaki eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram



Şekil 4.48. Çıkış ağzındaki mermer ve eklemlerin açıklık dağılımını gösteren histogram

Çizelge 4.21. Çıkış ağzındaki süreksizlik açıklığı

Çıkış Ağzı	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	mm	Tanımlama	cm	Tanımlama	mm	Tanımlama
Mermer	0,5-2,5	Kısmen açık	2,5-10	Orta derecede geniş	2,5-10	Orta derecede geniş
Eklemler	0,5-2,5	Kısmen açık	1-10	Çok geniş	2,5-10	Orta derecede geniş
Mermer+Eklemler	0,5-2,5	Kısmen açık	1-10	Çok geniş	2,5-10	Orta derecede geniş

Çizelge 4.22. Yapısal bölgelere göre süreksizlik açıklığı değerleri

Yapısal Bölgeler	En İyi Koşullar	En Kötü Koşullar	Normal Koşullar
Giriş Bölgesi	0,5-2,5 mm (Açık)	1-10 cm (Çok Geniş)	2,5-10 mm (Orta Derecede Geniş)
Orta Bölge			
Çıkış Bölgesi			

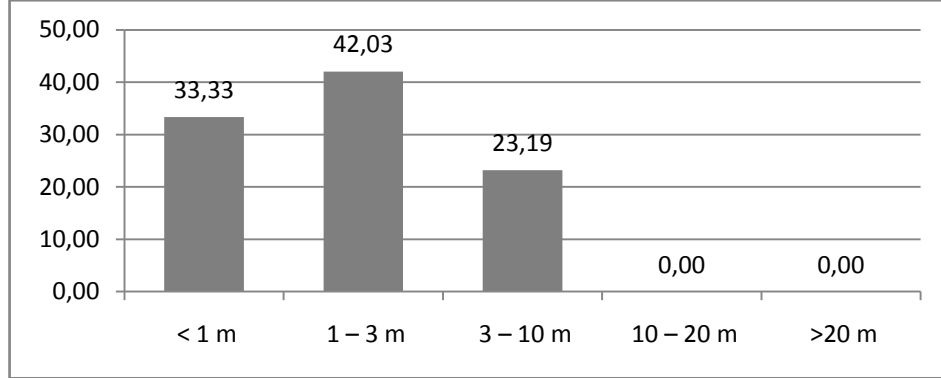
4.1.2.4. Süreksizlik devamlılığı

Arazi çalışmaları sırasında süreksizliklerin alansal yayılımını tespit edebilmek amacı ile düzenli olarak devamlılık ölçümleri alınmıştır. 3 ana bölgede incelenen Tünel-1 güzergâhı için her bir bölgenin süreksizlik devamlılıkları incelenmiştir. Daha sonra elde edilen değerler ISRM (1981)'e göre (Çizelge 4.23.) en iyi, en kötü ve normal koşullar altında değerlendirilmiştir (Çizelge 4.27.).

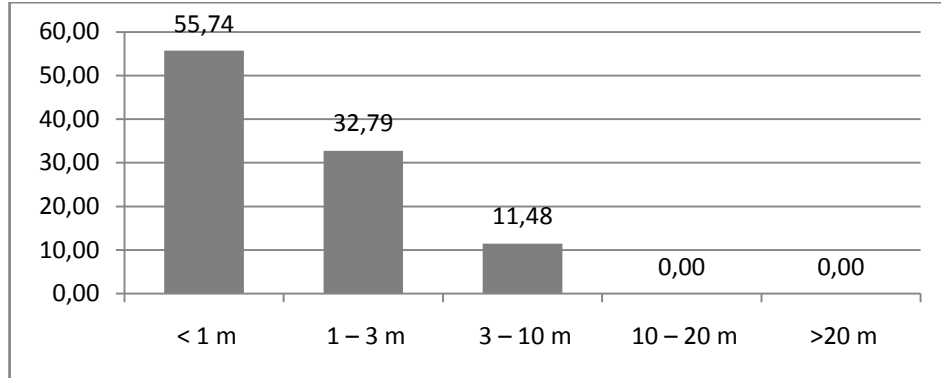
Çizelge 4.23. Süreksizlik devamlılığının tanımlanmasına ait esaslar (ISRM,1981)

Süreksizlik Devamlılığı	Tanımlama
< 1 m	Çok düşük devamlılık
1 – 3 m	Düşük devamlılık
3 – 10 m	Orta devamlılık
10 – 20 m	Yüksek Devamlılık
>20 m	Çok yüksek devamlılık

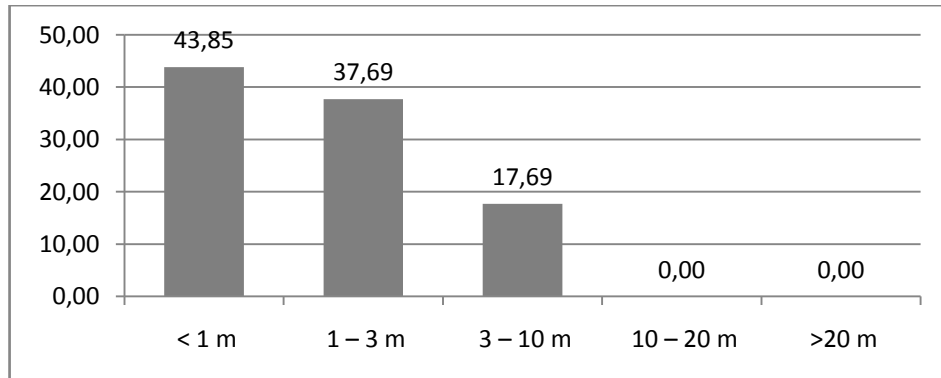
Giriş ağzı



Şekil 4.49. Giriş ağzındaki şistlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram



Şekil 4.50. Giriş ağzındaki eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram

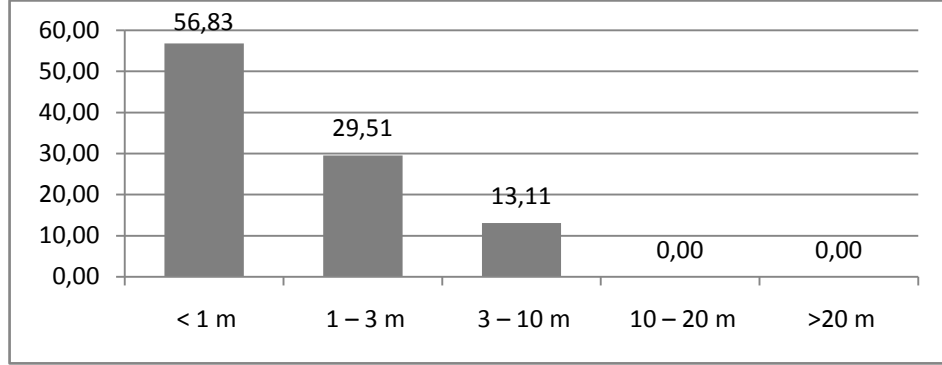


Şekil 4.51. Giriş ağzındaki şist ve eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram

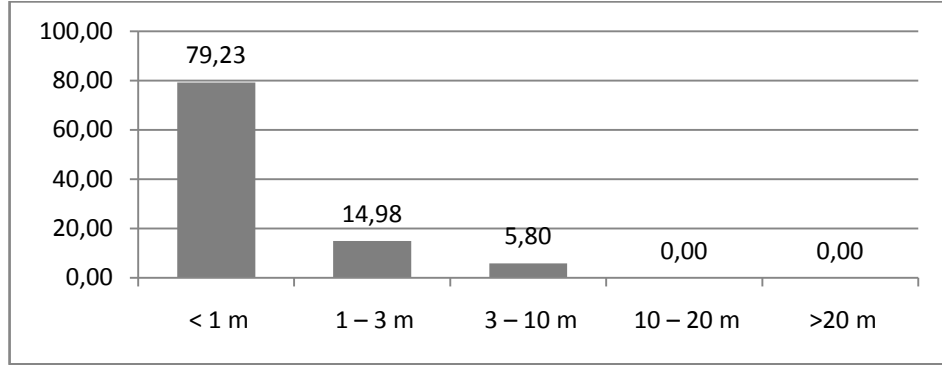
Çizelge 4.24. Giriş ağzındaki süreksizlik devamlılığı

Giriş Ağızı	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	m	Tanımlama	m	Tanımlama	m	Tanımlama
Şist	< 1 m	Çok düşük devamlılık	3 – 10 m	Orta devamlılık	1 – 3 m	Düşük devamlılık
Eklem						
Şist+Eklem						

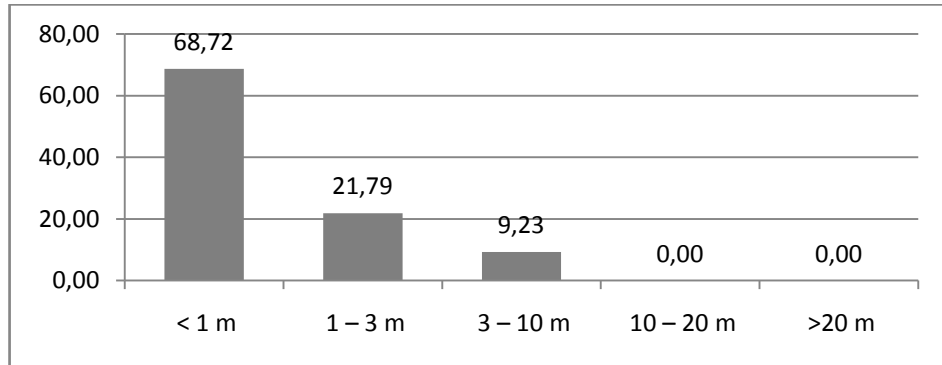
Giriş bölgesi



Şekil 4.52. Giriş bölgesindeki şistlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram



Şekil 4.53. Giriş bölgesindeki eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram

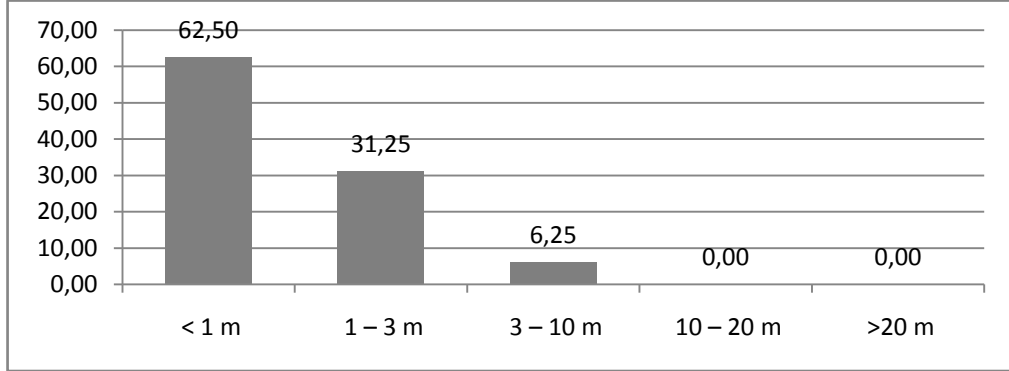


Şekil 4.54. Giriş bölgesindeki şist ve eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram

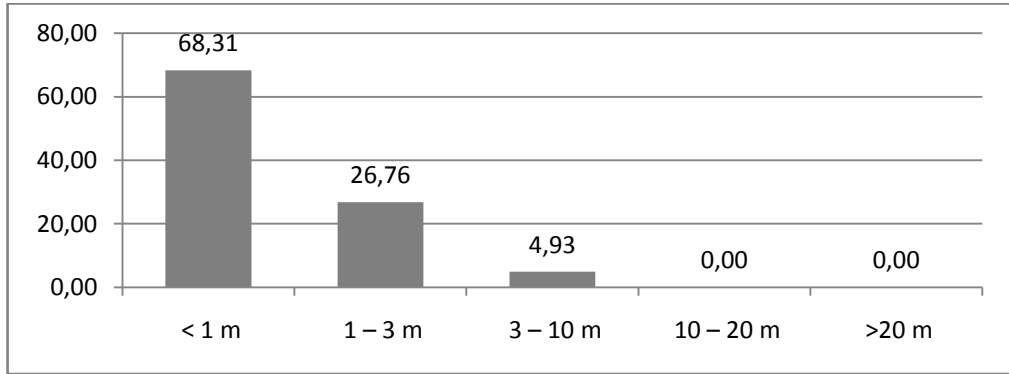
Çizelge 4.25. Giriş bölgesindeki süreksizlik devamlılığı

Giriş Bölgesi	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	m	Tanımlama	m	Tanımlama	m	Tanımlama
Şist	< 1 m	Çok düşük devamlılık	3 – 10 m	Orta devamlılık	1 – 3 m	Düşük devamlılık
Eklem						
Şist+Eklem						

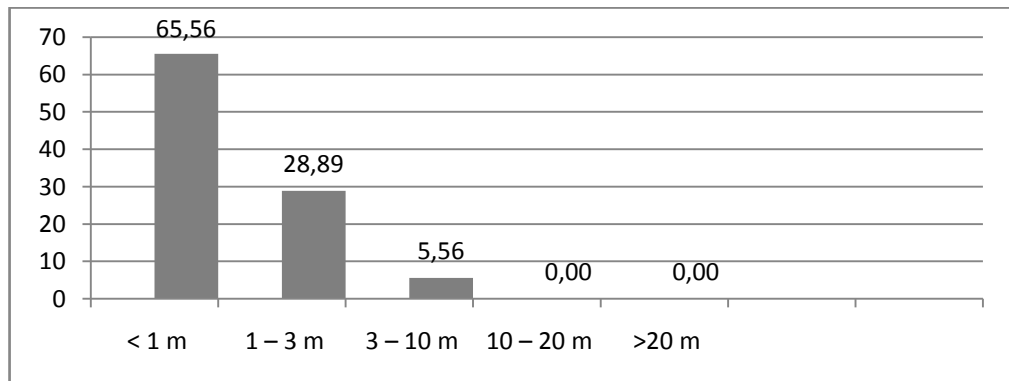
Orta bölge



Şekil 4.55. Orta bölgedeki mermerlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram



Şekil 4.56. Orta bölgedeki eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram

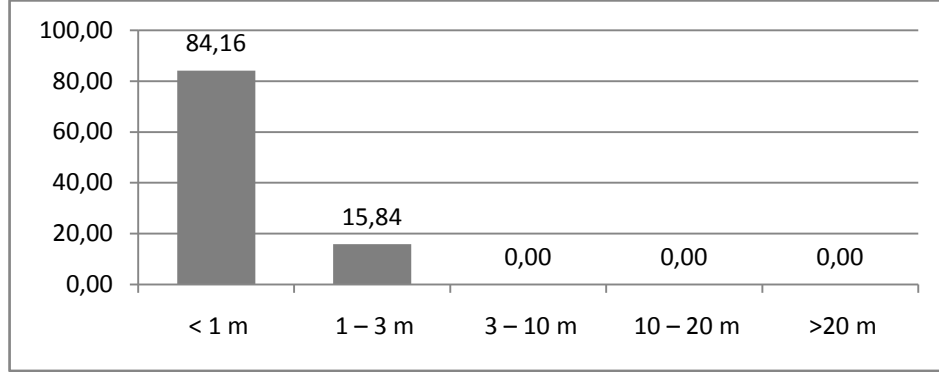


Şekil 4.57. Orta bölgedeki mermer ve eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram

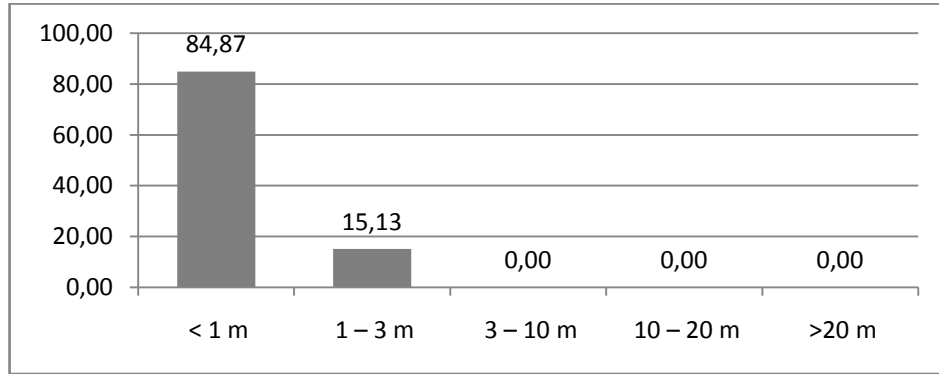
Çizelge 4.26. Orta bölgedeki süreksizliklerin devamlılığı

Orta Bölge	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	m	Tanımlama	m	Tanımlama	m	Tanımlama
Mermer	< 1 m	Çok düşük devamlılık	3 – 10 m	Orta devamlılık	1 – 3 m	Düşük devamlılık
Eklemler						
Mermer+Eklemler						

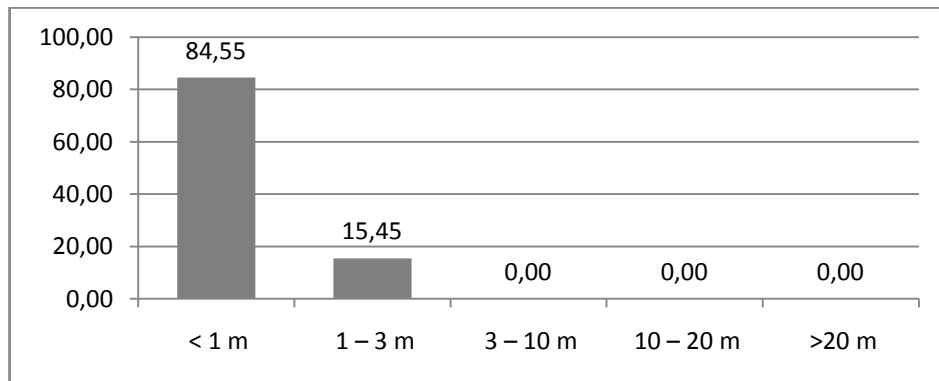
Çıkış bölgesi



Şekil 4.58. Çıkış bölgesindeki mermerlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram



Şekil 4.59. Çıkış bölgesindeki eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram

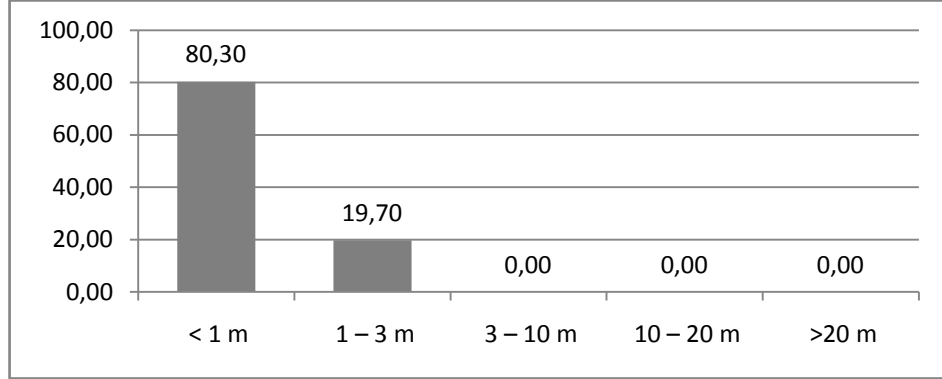


Şekil 4.60. Çıkış bölgesindeki mermer ve eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren histogram

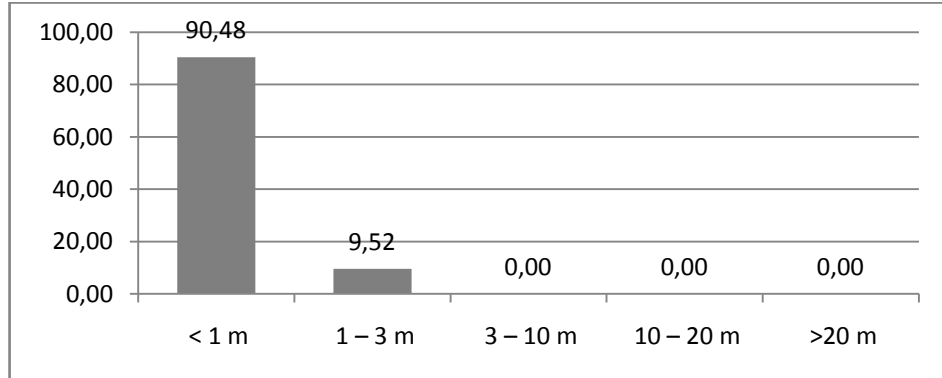
Çizelge 4.27. Çıkış bölgesindeki süreksizliklerin devamlılığı

Çıkış Bölgesi	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	m	Tanımlama	m	Tanımlama	m	Tanımlama
Mermer	< 1 m	Çok düşük devamlılık	1 – 3 m	Düşük devamlılık	1 – 3 m	Düşük devamlılık
Eklem						
Mermer+Eklem						

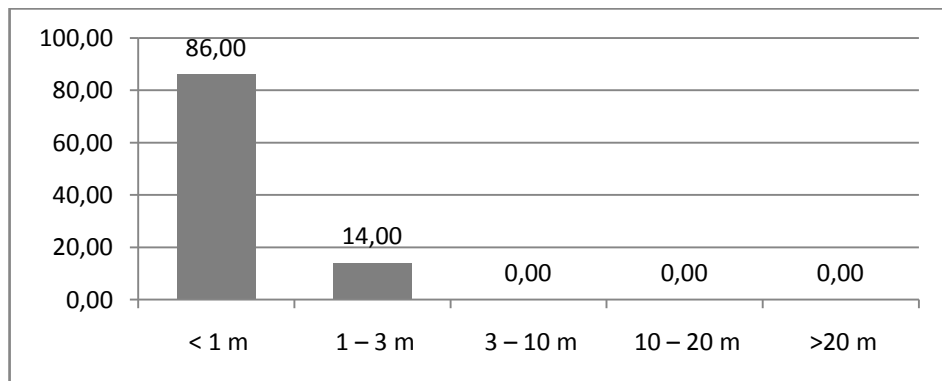
Çıkış ağzı



Şekil 4.61. Çıkış ağzındaki mermerlerin devamlılık dağılımını gösteren



Şekil 4.62. Çıkış ağzındaki eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren



Şekil 4.63. Çıkış ağzındaki mermer ve eklemlerin devamlılık dağılımını gösteren

Çizelge 4.28. Çıkış ağzındaki süreksizliklerin devamlılığı

Çıkış Ağızı	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	m	Tanımlama	m	Tanımlama	m	Tanımlama
Mermer	< 1 m	Çok düşük devamlılık	1 – 3 m	Düşük devamlılık	1 – 3 m	Düşük devamlılık
Eklem						
Mermer+Eklem						

Çizelge 4.29.Yapısal bölgelere göre süreksizliklerin devamlılık değerleri

Yapısal Bölgeler	En İyi Koşullar	En Kötü Koşullar	Normal Koşullar
Giriş Bölgesi	< 1m.	3-10 m.	1-3 m.
Orta Bölge			
Çıkış Bölgesi		1-3 m.	

4.1.2.5. Süreksizliklerin dolgu durumu

Arazi incelemeleri sırasında süreksizlik açıklıklarının kil, silt ve kalsit dolgulu olduğu ve ender boşluklara rastlandığı gözlenmiştir. ISRM (1981) tarafından yapılan toprak zeminlerin sahada tanımlama ölçütüne göre değerlendirildiğinde “S4” yani “Sert zemin” tanımlamasına, kayaların sahada tanımlama ölçütüne göre değerlendirildiğinde “R2” ve “R3” yani “Zayıf kayaç ve Orta derecede sağlam kayaç” tanımlamalarına uymaktadır (Çizelge 4.30., Çizelge4.31.).

Çizelge 4.30. Toprak zeminlerin drenajsız makaslanma dayanımlarının tanımlanmasına ait ölçütler (ISRM,1981).

Dayanım simgesi	Tanım	Sahada tanımlama ölçütü	Tek eksenli sıkışma dayanımı, (MPa)
S1	Çok yumuşak zemin	El, yumruk haline getirilerek zeminde 2,5 cm civarında bir derinliğe kadar bastırılabilir.	<0,025
S2	Yumuşak zemin	Başparmak zemin içinde birkaç inç'lik derinliğe kadar bastırılabilir.	0,025-0,05
S3	Katı zemin	Başparmak, orta derece de bir çabayla zeminde birkaç inç'lik derinliğe kadar bastırılabilir.	0,05-0,10
S4	Sert zemin	Başparmakla kilde çentik oluşturulabilir, ancak zemine parmakla girilmesi için büyük çaba gerekir.	0,10-0,25
S5	Çok sert zemin	Zemine elle bastırılarak nüfus edilemez.	0,25-0,50
S6	Aşırı derecede sert zemin	Zeminde tırnak ile çentik oluşturulması güçtür.	>0,50

Çizelge 4.31. Süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli sıkışma dayanımları ve arazi tanımlamalarına göre sınıflandırılması (ISRM, 1981)

Simge	Tanım	Saha Tanımlaması	Tek eksenli Sıkışma Dayanımı, ($\square\square\square$ 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 doğranabilir.	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 doğranamaz. 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

Giriş, orta ve çıkış bölgeleri

Arazi gözlemleri sırasında zemin dolguların kil dolgu, kaya dolguların kalsit dolgu olduğu gözlemlenmiştir. ISRM (1981) tarafından yapılan toprak zeminlerin drenajsız makaslama dayanımlarının değerlendirilmesi için önerilen sınıflamada kil dolgular “S4” yani “Sert Zemin” tanımlamasına, kalsit dolgular ise, “R2” ve “R3” yani “Zayıf kayaç ve Orta derecede sağlam kayaç” tanımlamalarına uymaktadır. Giriş ve orta bölgelerde birincil olarak kil dolgu, çıkış bölgesinde ise birincil olarak kalsit dolgunun hâkim olduğu gözlenmiştir.

4.1.2.6. Süreksizliklerin su durumu

Kaya mühendisliğinin ilk aşamalarında genellikle pek fazla sondaj yapılmadığı için hidrojeolojik özellikler, başlangıçta daha çok gözleme dayalı tanımlamaları esas alan ölçütler ile belirlenir. Bu amaçla ISRM (1981) tarafından önerilmiş olan kazı aynalarında yapılacak gözlemleri esas alan su sızıntılarıyla ilgili tanımlamalardan yararlanılmaktadır. Tünel-1 güzergâhı üzerinde Temmuz, Ağustos ve Eylül 2010 aylarında açılan sondajlarda ve Şubat, Mart 2011 aylarındaki arazi ölçümlerinde herhangi bir su akışı gözlenmemiştir. Tünel-1 çıkış bölgesindeki süreksizliklerinin su

durumunun nemli olduğu tespit edilmiştir. ISRM (1981)'e göre Tünel-1 güzergâhı üzerinde bulunan yapısal bölgelerin tamamı Çizelge 4.32 'da Dolgulu Süreksizlikler başlığı altındaki grupta, 1. ve 2. kısımda yer almaktadır.

Çizelge 4.32. Dolgusuz ve dolgulu süreksizlikler için su durumunun sınıflandırılması ve tanımlanması (ISRM, 1981)

Sızıntı Sınıflaması	Tanımlama
DOLGUSUZ SÜREKSİZLİKLER	
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 SÜREKSİZLİKLER	
1	Dolgu malzemesi aşırı derecede konsolide olmuş malzemeden oluşuyor ve geçirgenliğinin az olması sebebi ile önemli bir su 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.

4.1.2.7. Süreksizlik duvarının durumu

Kaya kütleleri yüzeye yakın yerlerde genellikle bozunmuş veya biraz daha derinde hidrotermal süreçlere bağlı olarak alterasyona uğramış olabilirler. Bu nedenle süreksizlik yüzeylerinin dayanımı, bu yüzeylerin ve yakın civardaki kaya malzemesinin bozunma derecesi ile yakından ilgilidir. Bozunma derecesine bağlı olarak, süreksizlik yüzeylerinin dayanımı, kaya malzemesinin dayanımından daha düşük olabilir. Dolayısıyla hem kaya malzemesinin hem de kaya kütlelerinin bozunma durumunun tanımlanması, süreksizlik yüzeylerinin dayanımının değerlendirilmesi açısından önemlidir (Ulusay, 2007).

Ayrıntılı tanımlama ölçütlerinde verilen basit deneyler, süreksizlik yüzeylerinde ve bu yüzeyleri temsil eden kaya malzemesi üzerinde yapılmıştır. Bu deneylerle tahmin edilen bozunma derecesi, arazi çalışmaları sırasında pratik olarak kullanılabilecek sınıflama ölçütleri, kaya kütlesi ve kaya malzemesi için ISRM (1981)'nin kaya kütlelerinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflamasından yararlanılmıştır. Tünel güzergâhı üzerinde bulunan üç yapısal bölgenin de bozunma derecesinin “W2 ve W3” aralıklarında olduğu yani “Az ve Orta bozunmuş” tanımlamasının uygun olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.33.)

Çizelge 4.33. Kaya kütlelerinin bozunma derecesi ile ilgili sınıflaması (ISRM,1981).

Tanım	Tanımlama Ölçütü	Bozunmanın Derecesi
Bozunmamış (Taze)	Kayanın bozulduğuna ilişkin gözle ayırt edilebilir bir belirti olmamakla birlikte, an süreksizlik yüzeylerinde önemsiz bir renk değişimi gözlenebilir.	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

4.2. Laboratuvar Çalışmaları

Kaya dayanım indeksinin belirlenmesi için laboratuvar da nokta yük dayanım deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen veriler kaya kütle sınıflama parametrelerinde kullanılmıştır.

4.2.1. Nokta yük deneyi

Kayaç malzemesinin nokta yük dayanım indisinin belirlenmesi amacı ile Tünel-1 güzergâhı çevresinden toplam 57 adet örnek üzerinde nokta yük dayanım (IS50)

deneyi yapılmıştır. (Çizelge 4.34,35,36,37,38.) Süreksizlik incelemesinde olduğu gibi nokta yük deneyi için alınan numunelerde Tünel eksenine üç ana bölgeye ayırarak şekilde toplanmıştır Şekil (4.64.).

Kayaç malzemesinin nokta yük dayanım indisinin belirlenmesi amacı ile yapılan deneyler, Tünel-1 güzergâhı üzerindeki yapısal bölgelere göre ayrı ayrı hesaplanmıştır (Çizelge 4.39.).

Çizelge 4.34. Tünel-1 güzergâhı giriş ağzı çevresindeki örneklere yapılan Nokta yük deneyi sonuçları (MPa)

Nokta yük deneyi verileri: Yenicekent İletim Tüneli Tünel 1										
Bölge	Numune No		En (mm)	Kalınlık (mm)	Kır. Yüğü (kN)	De (mm ²)	Is (MPa)	F	Is (50) (MPa)	Is (50) (ort)
Giriş Ağzı	T1GD	1 - 1	53,61	45,16	3,3	55,50	1,07	1,05	1,12	2,02
	T1GD	1 - 2	40,98	46,68	5	49,34	2,05	0,99	2,04	
	T1GD	1 - 3	42,93	38,19	5,2	45,67	2,49	0,96	2,39	
	T1GD	1 - 4	36,73	42,65	5,3	44,65	2,66	0,95	2,53	
	GD	4 - 1	46,12	40,83	5,4	48,95	2,25	0,99	2,23	2,05
	GD	4 - 2	48,45	37,71	4,6	48,22	1,98	0,98	1,95	
	GD	4 - 3	47,02	40,72	4,8	49,36	1,97	0,99	1,96	
										2,03

Çizelge 4.35. Tünel-1 güzergâhı giriş çevresindeki örneklere yapılan Nokta yük deneyi sonuçları (MPa)

Nokta yük deneyi verileri: Yenicekent İletim Tüneli Tünel 1										
Bölge	Numune No		En (mm)	Kalınlık (mm)	Kır. Yüğü (kN)	De (mm ²)	Is (Mpa)	F	Is (50) (Mpa)	Is (50) (ort)
Giriş Bölgesi	T1GD	1 - 1	53,61	45,16	3,3	55,50	1,07	1,05	1,12	2,02
	T1GD	1 - 2	40,98	46,68	5	49,34	2,05	0,99	2,04	
	T1GD	1 - 3	42,93	38,19	5,2	45,67	2,49	0,96	2,39	
	T1GD	1 - 4	36,73	42,65	5,3	44,65	2,66	0,95	2,53	
	T1GD	2 - 1	50,87	36,83	8	48,82	3,36	0,99	3,32	2,94
	T1GD	2 - 2	47,82	29,83	5	42,60	2,75	0,93	2,56	
	GD	4 - 1	46,12	40,83	5,4	48,95	2,25	0,99	2,23	2,05
	GD	4 - 2	48,45	37,71	4,6	48,22	1,98	0,98	1,95	
	GD	4 - 3	47,02	40,72	4,8	49,36	1,97	0,99	1,96	
	GB	6 - 1	56,77	33,48	5	49,18	2,07	0,99	2,05	2,18
	GB	6 - 2	46,62	39,66	5,5	48,50	2,34	0,99	2,31	
	GB	8 - 1	42,51	28,87	8	39,52	5,12	0,90	4,61	3,40
	GB	8 - 2	50,87	31,84	8	45,40	3,88	0,96	3,72	
	GB	8 - 3	51,78	30,28	7	44,67	3,51	0,95	3,34	
	GB	8 - 4	53,06	30,19	5,2	45,15	2,55	0,96	2,44	
	GB	8 - 5	48,16	25,25	5	39,34	3,23	0,90	2,90	
										2,50

Çizelge 4.36. Tünel-1 güzergâhı orta bölge çevresindeki örneklere yapılan Nokta yük deneyi sonuçları (MPa)

Nokta yük deneyi verileri: Yenicekent İletim Tüneli Tünel 1											
Bölge	Numune No		En (mm)	Kalınlık (mm)	Kır. Yüğü (kN)	De (mm²)	Is (Mpa)	F	Is (50) (Mpa)	Is (50) (ort)	
Orta Bölge	TDB	10 - 1	64,98	14,83	2,6	35,02	2,12	0,85	1,81	5,86	4,60
	TDB	10 - 2	44,60	43,22	5	49,52	2,04	1,00	2,03		
	TDB	10 - 3	61,98	35,30	5,5	52,76	1,98	1,02	2,02		
	TDOK	12 - 1	46,62	29,48	11	41,82	6,29	0,92	5,80	4,13	
	TDOK	12 - 2	46,65	26,72	7	39,82	4,41	0,90	3,98		
	TDOK	12 - 3	46,86	31,33	5,2	43,22	2,78	0,94	2,61		
	KUM EB	14 - 1	50,12	37,02	16	48,59	6,78	0,99	6,69	6,93	
	KUM EB	14 - 2	56,72	23,88	10	41,51	5,80	0,92	5,34		
	KUM EB	14 - 3	49,57	35,34	20	47,21	8,97	0,97	8,74		
	KUM EB	14 - 4	53,48	18,01	10	35,01	8,16	0,85	6,95		

Çizelge 4.37. Tünel-1 güzergâhı çıkış çevresindeki örneklere yapılan Nokta yük deneyi sonuçları (MPa)

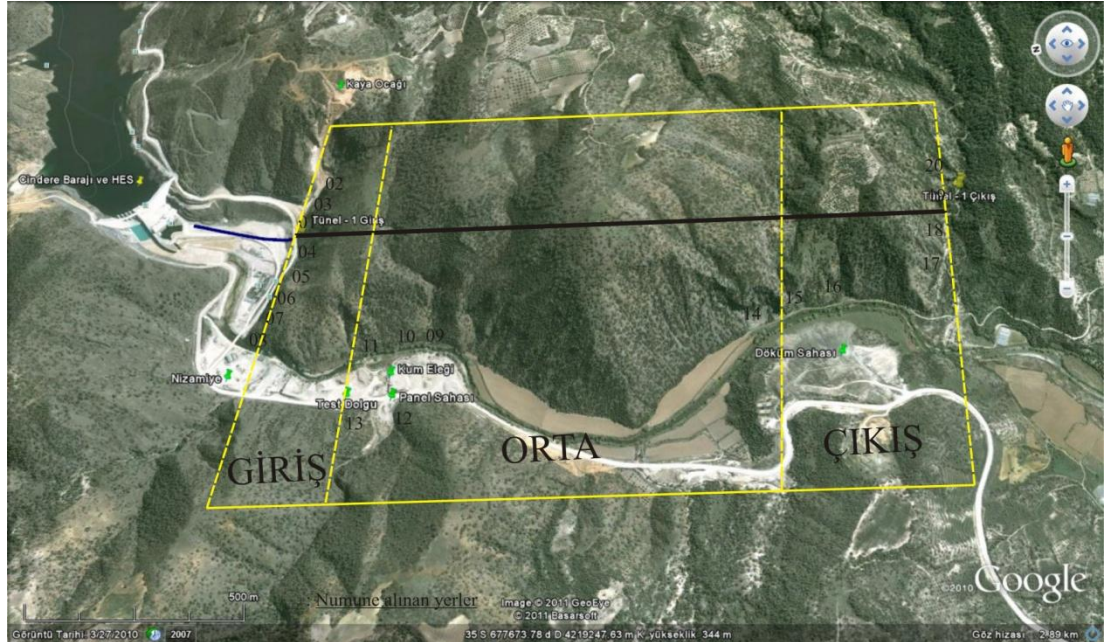
Nokta yük deneyi verileri: Yenicekent İletim Tüneli Tünel 1											
Bölge	Numune No		En (mm)	Kalınlık (mm)	Kır. Yüğü (kN)	De (mm²)	Is (Mpa)	F	Is (50) (Mpa)	Is (50) (ort)	
Çıkış Bölgesi	DÖKÇB	15 - 1	54,26	37,45	4	50,85	1,55	1,01	1,56	2,13	2,44
	DÖKÇB	15 - 2	55,57	25,88	5,3	42,78	2,90	0,93	2,70		
	DÖKÇKB	17 - 1	41,17	35,77	5,9	43,29	3,15	0,94	2,95	2,86	
	DÖKÇKB	17 - 2	50,91	23,35	5,2	38,89	3,44	0,89	3,07		
	DÖKÇKB	17 - 3	45,97	38,39	5,9	47,39	2,63	0,98	2,56		
	TNÇKD	18 - 1	53,56	38,30	7	51,09	2,68	1,01	2,71	2,41	
	TNÇKD	18 - 2	52,62	40,16	5,9	51,85	2,19	1,02	2,23		
	TNÇKD	18 - 3	40,33	24,75	3,4	35,64	2,68	0,86	2,30		
	TNÇB	20 - 1	59,62	36,16	5,9	52,37	2,15	1,02	2,20	2,26	
	TNÇB	20 - 2	63,13	32,70	5,9	51,25	2,25	1,01	2,27		
	TNÇB	20 - 3	49,48	41,60	6	51,18	2,29	1,01	2,32		

Çizelge 4.38. Tünel-1 güzergâhı çıkış ağzı çevresindeki örneklere yapılan Nokta yük deneyi sonuçları (MPa)

Nokta yük deneyi verileri: Yenicekent İletim Tüneli Tünel 1										
Bölge	Numune No		En (mm)	Kalınlık (mm)	Kır. Yüğü (kN)	De (mm ²)	Is (Mpa)	F	Is (50) (Mpa)	Is (50) (ort)
Çıkış Ağzı	TNÇKD	18 - 1	53,56	38,30	7	51,09	2,68	1,01	2,71	2,41
	TNÇKD	18 - 2	52,62	40,16	5,9	51,85	2,19	1,02	2,23	
	TNÇKD	18 - 3	40,33	24,75	3,4	35,64	2,68	0,86	2,30	
	TNÇB	20 - 1	59,62	36,16	5,9	52,37	2,15	1,02	2,20	2,26
	TNÇB	20 - 2	63,13	32,70	5,9	51,25	2,25	1,01	2,27	
	TNÇB	20 - 3	49,48	41,60	6	51,18	2,29	1,01	2,32	

Çizelge 4.39. Yenicekent İletim Tüneli Tünel-1'in Yapısal Bölgelerinin, Nokta Yük Dayanım verilerine göre koşullar altında değerlendirilmesi.

Yapısal Bölgeler	Deney Sayısı	Is (50) (Mpa) En İyi Koşul	Is (50) (Mpa) En Kötü Koşul	Is (50) (Mpa) Ortalama Koşul
Giriş Ağzı	7	2,53	1,12	2,03
Giriş Bölgesi	16	4,61	1,12	2,59
Orta Bölge	10	8,74	1,81	4,60
Çıkış Bölgesi	11	3,07	1,56	2,44
Çıkış Ağzı	6	2,71	2,20	2,34



Şekil 4.64. Nokta yük deneyi için alınan numunelerin Google Earth görüntüsü üzerinde yerleri.

4.2.2. Tek eksenli basınç deneyi

Yenicekent HES'in proje firması Çelikler Holdingden alınan tek eksenli basınç deney sonuçlarından yararlanılmıştır. Tünel-1 Giriş ağzına yakın bulunan SK-1 nolu sondaj kuyusundan alınan örneklerde litolojik olarak şist yer almaktadır. Tek eksenli basınç dayanım indeksinde ortalama değer Bieniawski'nin RMR sınıflama sisteminde 25-50 MPa aralığında yer almıştır. Tünel-1 Çıkış ağzında ise çıkış ağzına en yakın bulunan SK-2 ve SK-3 nolu sondaj kuyularından alınan örneklerim litolojik olarak mermerlerdir. Tek eksenli basınç dayanım indeksinde ortalama değer 50-100 MPa aralığında yer almıştır (Çizelge 4.40.).

Tek eksenli basınç deney sonuçları ile yapısal bölgelerden alınan numuneler üzerinde yapılan nokta yük deney sonuçları ile kıyaslanmıştır. Nokta yük deney sonuçları ISRM (1972)'nin " $C_u=22 \cdot I_s^{50}$ " eşitliğinden yararlanılarak tek eksenli basınç dayanım sonuçları bulunmuştur. Yapısal bölgeler içinde giriş bölgesi şist, orta ve çıkış bölgesi mermer olarak değerlendirilerek kıyaslama yapılmıştır (Çizelge 4.41.).

Çizelge 4.40. Karot numunelerinin laboratuvar sonuçları

Sondaj No	Örnek No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlık (gr/cm³)	Tek Eksenli Basma Dayanımı (Mpa)	Tek Eksenli Basma Dayanımı Ortalama (Mpa)		Kaya Cinsi
SK-1	K-1	15.75-16.00	2,68	48,7	47,7		Şist
SK-1	K-2	16.10-16.30	2,71	50,5			
SK-1	K-3	18.00-18.25	2,62	44,1			
SK-1	K-4	29.20-29.30	2,64	59,4			
SK-1	K-5	29.90-30.00	2,71	27,4			
SK-2	K-1	17.70-17.85	2,71	63,7	68,77		Mermer
SK-2	K-2	34.00-34.45	2,70	56,81			
SK-2	K-3	38.70-39.00	2,71	60,97			
SK-2	K-4	43.40-43.70	2,70	84,2			
SK-2	K-5	46.20-46.50	2,71	87,64			
SK-2	K-6	46.60-46.80	2,63	59,3	90,35		
SK-3	K-1	13.50-13.90	2,69	90,03			
SK-3	K-2	15.00-15.40	2,69	58,74			
SK-3	K-3	24.80-25.00	2,80	155,71			
SK-3	K-4	27.25-27.50	2,70	55,45			
SK-3	K-5	32.60-32.85	2,71	91,82			

Çizelge 4.41. Nokta yükleme deney sonuçlarının tek eksenli basınç deneyi sonuçları ile kıyaslanması

	Cu (Mpa)	σ_c (Mpa)	Cu (Mpa)	σ_c (Mpa)	Cu (Mpa)	σ_c (Mpa)
	En İyi Koşul		En Kötü Koşul		Ortalama Koşul	
Şist	78,54	50,05	24,64	44,1	50,82	47,7
Mermer	106,48	91,8	40,92	56,8	68,86	72,6

Tek eksenli basınç dayanım sonuçları ile nokta yükleme deneyi sonuçları arasında kıyaslama yapıldığında, nokta yük sonuçlarının en iyi koşullar altında daha iyi, en kötü koşullar altında ise daha kötü olduğu belirlenmiştir. Kaya kütle sınıflama sistemlerinde ve kaya kütle parametrelerinin belirlenmesinde nokta yükleme deneyinden elde edilen sonuçlar kullanılacaktır.

4.3. Yenicekent HES Tünel-1 Jeoteknik Değerlendirmesi

Açılması planlanan tünel-1'in, mühendislik özelliklerine ön fikir verebilmek amacı ile jeoteknik değerlendirme yapılmıştır. Ön tasarımına hizmet eden görgül bir yöntem olarak bilinen RMR sistemi, tünelin jeoteknik değerlendirilmesinde kullanılmıştır. RMR sistemi, kullanım açısından basittir ve hem sondaj verilerinden hem de yer altı haritalamasından kolaylıkla elde edilebilecek sınıflama parametrelerini esas aldığı için tercih edilmiştir.

Araştırma bulguları bölümünde değinildiği gibi süreksizliklerin devamlılık, dolgu, açıklık ve yönelim gibi parametrelerinin, özel teknikler kullanılmadıkça, her zaman gerçeğe uygun şekilde tayini mümkün olmamaktadır, dolayısıyla hesaplanan RMR puanları bu belirsizliklerden etkilenmektedir.

Çelikler holding tarafından açılan sondajlar izlenmiş, sondaj karotlarında yapılan ölçüm ve değerlendirmeler sonucunda SKV, TKV, FF ve RQD değerleri ve Deere (1964)'e göre kaya kalitesi ve ISRM (1981)'e göre blok durumu hesaplanmıştır (Çizelge 4.42., EK-4).

Arazi alışmaları ile süreksizlik incelemeleri ve kaya ktle parametreleri için laboratuar çalışmaları yapılmış elde edilen sonuçlar ile temel RMR puanları belirlenmiştir. Tünel-1 güzergahı üzerinde bulunan yapısal bölgelerde bulunan şist, mermer ve eklem takımlarının süreksizlik yönelimleri, tünel eksenine (kazı yönüne) göre RMR düzeltme puanları hesaplanmıştır. Süreksizliklerin doğrultusu ve eğim yönü ile tünel eksenini ilişkilendirilmesi, süreksizliklerin eğim yönü ile kazı sırasında ilerleme durumu hakkında hesaplar yapılmıştır. Yapısal bölge en iyi, en kötü ve normal koşullara göre ayrı ayrı incelenmiştir (izelge 4.52.).

Temel RMR değerlerinde gerekli düzeltmelerin yapılmasından sonra elde edilen düzeltmiş RMR puanı ile 7,4 m. kazı genişliği temel alınarak Tünel-1 güzergahının 3 ayrı yapısal bölgesi için en iyi, en kötü ve normal koşullar altında, desteksiz kalma süresi, desteksiz açıklık süresi, destek basıncı ve kaya ktle parametreleri belirlenmiştir (izelge 4.61,62,63,64).

şistozite ve eklem ölçümlerinin sonuçları ayrı ve birlikte değerlendirildiğinde bazı farklılıklar olduğu görülmektedir. 1 şistozite ve 3 eklem takımı olan bir bölgede, birlikte değerlendirme yapıldığında 3 eklem takımı gözlenmekte ve 1 eklem takımı değerlendirme dışı kalmaktadır. Bu nedenle şistozite ve eklem takımı ölçüm sonuçları birlikte her bir yapısal bölge için verilmişse de değerlendirmede ayrı ayrı dikkate alınmıştır.

Karot numuneleri yeterli olmadığı için nokta yük deneylerinden kayacın dayanımı belirlenmiştir. Nokta yük deney sonuçlarının tek eksenli deney sonuçları ile ilişkilendirilmesinde, Broch ve Franklin (1972) tarafından geliştirilen ve ISRM (1985) tarafından önerilen nokta yük dayanımından yararlanılmıştır. Bu dayanım değerleri kaya ktlelerinin değerlendirilmesinde de girdi parametreleri olarak kullanılmak amacı ile ilişkilendirilmiştir. Birim hacim ağırlık değerleri güzergah üzerinde sondaj aan özel firmadan temin edilmiştir (EK-5).nal (1992)'ın RMR değeri, kazı genişli ve birim hacim değerlerine bağlı destek yükü formülünden yararlanılarak destek yükleri belirlenmiştir (izelge 4.61.).

Deformasyon modülünü belirlerken, Bieniawski (1978) ve Serafim ve Pereira (1983)'nın RMR değerlerine göre ifade ettikleri formüllerden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. RMR değeri kullanılarak destek yükü ve deformasyon modülü, yapısal bölgeler için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Çizelge 4.60.).

RMR Kaya kütlesi sınıflama sisteminin son versiyonundan (Bieniawski,1989) yararlanılarak, RMR değerinden, kaya sınıfı, desteksiz durma süresi, desteksiz tavan açıklığı, destek yükü, deformasyon modülü ve destek tipi hakkında ön fikirler belirlenmiştir.

GSI (Jeolojik Dayanım İndeksi) ve Hoek-Brown görgül yenilme ölçütünün belirlenmesinde Rocscience firması tarafından üretilen ve ölçütün 2005 sürümünü kullanan RocLab v.3.015 yazılımı kullanılmıştır. GSI değerinin belirlenmesinde Ulusay ve Sönmez (2002) tarafından önerilen şekli ile J_v ve SCR puanlarından yararlanılmıştır (Çizelge 4.42.). Hoek-Brown görgül yenilme ölçütünde kullanılan m_i sabiti şistler için önerilen 10 ± 3 , mermerler için önerilen 9 ± 3 değerleri kullanılmıştır. Örselenme faktörü olan D ise çok kötü patlatma ile açılacak olan tüneller için önerilen 0,8-0,9 aralık değerleri kullanılmıştır. Ölçütte kullanılan parametreler, elde edilen bulgulardan kütle parametreleri ve kaya kütlesinin normal ve makaslanma gerilmeleri arasındaki ilişkisi incelemiştir.

Giriş ve çıkış bölgelerinde kazının başlangıç alanlarının açık kazı şeklinde yapılacağı alın, sağ ve sol kazı şevlerinin oluşacağı düşünülerek, bu şevlerin duraylılığı basit kinematik analizler yardımı ile giriş ağzı, çıkış ağzı açık kazı alanları jeoteknik değerlendirmesi başlığında ele alınmıştır (Çizelge 4.65,66.). Kazı şevlerinin boyutları Çelikler holdingin tünel proje verilerinden alınmıştır.

Çizelge 4.42. Sondajlardan elde edilen RQD ve Jv değerleri

Sondaj No	Km:	Derinlik	Koşullar	RQD	Deere (1964) kaya kalite sınıfı	Jv	ISRM (1981)'e göre blok durumu	Kaya Cinsi
SK-13	0+300	15,00-20,00	Ortalama	22	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	27,6	Orta Büyüklükte Bloklar	Şist
			En İyi	48	Zayıf Kaya Kalitesi	19,7	Orta Büyüklükte Bloklar	Şist
			En Kötü	0	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	>30	Çok Küçük Bloklar	Şist
SK-1	0+348	7,00-30,00	Ortalama	23	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	27,3	Orta Büyüklükte Bloklar	Şist
			En İyi	65	Orta Kaya Kalitesi	14,5	Orta Büyüklükte Bloklar	Şist
			En Kötü	0	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	>30	Çok Küçük Bloklar	Şist
SK-2	2+842	9,00-49,00	Ortalama	29	Zayıf Kaya Kalitesi	25,5	Orta Büyüklükte Bloklar	Mermer
			En İyi	70	Orta Kaya Kalitesi	13,2	Orta Büyüklükte Bloklar	Mermer
			En Kötü	0	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	>30	Çok Küçük Bloklar	Mermer
SK-3	2+903	9,00-40,00	Ortalama	37	Zayıf Kaya Kalitesi	23,0	Orta Büyüklükte Bloklar	Mermer
			En İyi	65	Orta Kaya Kalitesi	14,4	Orta Büyüklükte Bloklar	Mermer
			En Kötü	0	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	>30	Çok Küçük Bloklar	Mermer

Çizelge 4.43. Yapısal bölgelere göre süreksizlik türlerinin konumları

Yapısal Bölgeler	I. Eklem Takımı (eğim yönü/eğim miktarı)	II. Eklem Takımı (eğim yönü/eğim miktarı)	III. Eklem Takımı (eğim yönü/eğim miktarı)	ISRM,1981'e göre
Giriş Ağızı				
Şist	041/65	-		III.
Eklem	237/24	317/77		V.
Şist+Eklem	042/64	-		III.
Giriş Bölgesi				
Şist	143/60	038/64		V.
Eklem	037/60	235/19		V.
Şist+Eklem	038/63	143/60		V.
Orta Bölge				
Tabaka	147/59	207/31	-	V..
Eklem	039/58	-	-	III.
Tabaka+Eklem	042/64	147/60	207/32	VII.
Çıkış Bölgesi				
Tabaka	265/34	-		II.
Eklem	165/70	038/56		V.
Tabaka+Eklem	265/34	165/70		V.
Çıkış Ağızı				
Tabaka	271/37	-		II.
Eklem	165/64	039/55		V.
Tabaka+Eklem	271/37	164/62		V.

Çizelge 4.44. Yapısal bölgelere göre süreksizlik aralık değerleri

Yapısal Bölgeler	En iyi koşul		En kötü koşul	Ortalama koşul		
	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama	mm	Tanımlama
Giriş Ağızı						
Şist	2000-6000	Çok geniş aralık	20-60	Dar aralıklı	200-600	Orta derecede aralık
Eklem						
Şist+Eklem						
Giriş Bölgesi						
Şist	2000-6000	Çok geniş aralık	20-60	Dar aralıklı	200-600	Orta derecede aralık
Eklem						
Şist+Eklem						
Orta Bölge						
Mermer	2000-6000	Çok geniş aralık	60-200	Yakın aralıklı	200-600	Orta derecede aralık
Eklem			20-60	Dar aralıklı	600-2000	Geniş aralıklı
Mermer+Eklem					200-600	Orta derecede aralık
Çıkış Bölgesi						
Mermer	600-2000	Geniş aralıklı	60-200	Yakın aralıklı	200-600	Orta derecede aralık
Eklem						
Mermer+Eklem						
Çıkış Ağızı						
Mermer	600-2000	Geniş aralıklı	60-200	Yakın aralıklı	200-600	Orta derecede aralık
Eklem						
Mermer+Eklem						

Çizelge 4.45. Yapısal bölgelere göre süreksizlik açıklık değerleri

Yapısal Bölgeler	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	mm	Tanımlama	cm	Tanımlama	mm	Tanımlama
Giriş Ağızı						
Şist	0,5-2,5	Kısmen açık	1-10	Çok geniş	2,5-10	Orta derecede geniş
Eklem						
Şist+Eklem						
Giriş Bölgesi						
Şist	0,5-2,5	Kısmen açık	1-10	Çok geniş	2,5-10	Orta derecede geniş
Eklem						
Şist+Eklem						
Orta Bölge						
Mermer	0,5-2,5	Kısmen açık	1-10	Çok geniş	2,5-10	Orta derecede geniş
Eklem						
Mermer+Eklem						
Çıkış Bölgesi						
Mermer	0,5-2,5	Kısmen açık	1-10	Çok geniş	2,5-10	Orta derecede geniş
Eklem						
Mermer+Eklem						
Çıkış Ağızı						
Mermer	0,5-2,5	Kısmen açık	2,5-10	Orta derecede geniş	2,5-10	Orta derecede geniş
Eklem	0,5-2,5	Kısmen açık	1-10	Çok geniş	2,5-10	Orta derecede geniş
Mermer+Eklem						

Çizelge 4.46. Yapısal bölgelere göre süreksizlik devamlılık değerleri

Yapısal Bölgeler	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	m	Tanımlama	m	Tanımlama	m	Tanımlama
Giriş Ağızı						
Şist	< 1 m	Çok düşük devamlılık	3 – 10 m	Orta devamlılık	1 – 3 m	Düşük devamlılık
Eklem						
Şist+Eklem						
Giriş Bölgesi						
Şist	< 1 m	Çok düşük devamlılık	3 – 10 m	Orta devamlılık	1 – 3 m	Düşük devamlılık
Eklem						
Şist+Eklem						
Orta Bölge						
Mermer	< 1 m	Çok düşük devamlılık	3 – 10 m	Orta devamlılık	1 – 3 m	Düşük devamlılık
Eklem						
Mermer+Eklem						
Çıkış Bölgesi						
Mermer	< 1 m	Çok düşük devamlılık	1 – 3 m	Düşük devamlılık	1 – 3 m	Düşük devamlılık
Eklem						
Mermer+Eklem						
Çıkış Ağızı						
Mermer	< 1 m	Çok düşük devamlılık	1 – 3 m	Düşük devamlılık	1 – 3 m	Düşük devamlılık
Eklem						
Mermer+Eklem						

Çizelge 4.47. Yapısal bölgelerin genelinde dolgu durumu

Dayanım Simgesi	Tanım	Sahada tanımlama ölçütü	Tek eksenli sıkışma dayanımı, (MPa)
S4	Sert zemin	Başparmakla kilde çentik oluşturulabilir, ancak zemine parmakla girilmesi için büyük çaba gerekir.	0,10-0,25
R2	Zayıf kayaç	Kayaç, çakı ile güçlkle doğranır. Jeolog çekici ile yapılacak sert bir darbe kayacın yüzeyinde iz bırakır.	5.0-25
R3	Orta derecede sağlam kayaç	Kayaç, çakı ile doğranamaz. Kayaç örneği, jeolog çekici ile yapılacak tek ve sert bir darbe ile kırılabilir.	25-50

Çizelge 4.48. Yapısal bölgelerin genelinde kaya duvarının durumu

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

Çizelge 4.49. Yapısal bölgelerin genelinde su durumu

Dolgulu Süreksizlikleri		
1	Dolgu malzemesi aşırı derecede konsolide olmuş malzemeden oluşuyor ve geçirgenliğinin az olması sebebi ile önemli bir su akışı gözlenmiyor.	Nemli
2	Dolgu ıslak, yer yer su damlacıkları gözleniyor	

Çizelge 4.50. Yapısal bölgelere göre sağlam kayaç dayanımı

Yapısal Bölgeler	En iyi koşul		En kötü koşul		Ortalama koşul	
	Is (50) (MPa)	Cu (Mpa)	Is (50) (MPa)	Cu (Mpa)	Is (50) (MPa)	Cu (Mpa)
Giriş Ağzı	2,53	55,66	1,12	24,64	2,03	44,66
Giriş Bölgesi	4,61	101,42	1,12	24,64	2,59	56,98
Orta Bölge	8,74	192,28	1,81	39,82	4,6	101,2
Çıkış Bölgesi	3,07	67,54	1,56	34,32	2,44	53,68
Çıkış Ağzı	2,71	59,62	2,2	48,4	2,34	51,48

Çizelge 4.51. Yapısal bölgelerin genelinde uygulanan düzeltme katsayıları

Düzeltilmeler	Tanımlama	Katsayılar
Patlatma (A_B)	Kötü klasik patlatma	0,80
Gerilme (A_S)	Ölçüm yapılmadığı için	1,00
Zayıflık Düzlemler (A_W)	Zayıflık düzlemi yok	1,00

Yapısal bölgelere göre süreksizlik ölçümleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Temel RMR puanı için gerekli parametreler belirlenmiş, düzeltilmiş RMR değerini belirlemek için tünel eksenine ile doğrultusu arasındaki açı ve patlatma, gerilme ve zayıflık düzlemlerinin katsayı kabulleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.52. Yapısal bölgelere göre süreksizlik konumlarının tünel eksenine ile ilişkisi

Yapısal Bölge	Süreksizlik			Tünel Eksenine (Kazı Yönü)	Süreksizlik Doğrultusunun ile Tünel Eksenine arasındaki açı		Süreksizliğin Eğim Yönü ile Tünel Ekseninin Eğim Yönüne göre ilerleme		Süreksizlik Eğim Miktarı	RMR düzeltme puanı		Koşullar
	Eklem seti yığılma sıralaması ve Türü	Yönelim	Doğrultu / Eğim Miktarı									
Giriş Ağzı	1 Şistozite	041/63	K49B/63KD	K12D / 1°GB	61	Doğrultu tünel eksenine dik	K-G	Eğime karşı yönde	63	Orta	-5	En kötü
	2 Eklem	237/24	K33B/24GB		45	Doğrultu tünel eksenine dik	G-G	Eğim yönünde	24	Uygun	-2	En iyi
	3 Eklem	317/77	K47D/77KB		35	Doğrultu tünel eksenine dik	K-G	Eğime karşı yönde	77	Orta	-5	
	4 Şistozite + Eklem	042/64	K48B/64KD		60	Doğrultu tünel eksenine dik	K-G	Eğime karşı yönde	64	Orta	-5	Ortalama
Giriş Bölgesi	1 Şistozite	143/60	K53D/60GD		41	Doğrultu tünel eksenine dik	K-G	Eğime karşı yönde	60	Orta	-5	
	2 Şistozite	038/64	K52B/64KD		64	Doğrultu tünel eksenine dik	K-G	Eğime karşı yönde	64	Orta	-5	En kötü
	3 Eklem	037/60	K53B/60KD		65	Doğrultu tünel eksenine dik	K-G	Eğime karşı yönde	60	Orta	-5	
	4 Eklem	235/19	K35B/19GB		47	Doğrultu tünel eksenine dik	G-G	Eğim yönünde	19	Orta	-5	Ortalama
	5 Şistozite + Eklem	038/63	K52B/63KD		64	Doğrultu tünel eksenine dik	K-G	Eğime karşı yönde	3	Orta	-5	
	6 Şistozite + Eklem	143/60	K53D/60GD		41	Doğrultu tünel eksenine dik	G-G	Eğim yönünde	60	Çok uygun	0	En iyi
Orta Bölge	1 Tabaka	147/59	K57D/59GD		45	Doğrultu tünel eksenine dik	G-G	Eğim yönünde	59	Çok uygun	0	
	2 Tabaka	207/31	K63B/31GB		75	Doğrultu tünel eksenine dik	G-G	Eğim yönünde	31	Uygun	-2	Ortalama
	3 Eklem	039/58	K51B/58KD		63	Doğrultu tünel eksenine dik	K-G	Eğime karşı yönde	58	Orta	-5	En kötü
	4 Tabaka + Eklem	042/64	K48B/64KD		60	Doğrultu tünel eksenine dik	K-G	Eğime karşı yönde	64	Orta	-5	
	5 Tabaka + Eklem	147/60	K57D/60GD		45	Doğrultu tünel eksenine dik	G-G	Eğim yönünde	60	Çok uygun	0	En iyi
	6 Tabaka + Eklem	207/32	K63B/32GB		75	Doğrultu tünel eksenine dik	G-G	Eğim yönünde	32	Uygun	-2	
Çıkış Bölgesi	1 Tabaka	265/34	K05B/34GB		17	Doğrultuya bakılmaksızın	G-G	Eğim yönünde	34	Orta	-5	En kötü
	2 Eklem	165/70	K75D/70GD		63	Doğrultu tünel eksenine dik	G-G	Eğim yönünde	70	Çok uygun	0	
	3 Eklem	038/56	K52B/34GB		64	Doğrultu tünel eksenine dik	K-G	Eğime karşı yönde	56	Orta	-5	Ortalama
	4 Tabaka + Eklem	265/34	K05B/34GB		17	Doğrultuya bakılmaksızın	G-G	Eğim yönünde	34	Orta	-5	
	5 Tabaka + Eklem	165/70	K75D/70GD		63	Doğrultu tünel eksenine dik	G-G	Eğim yönünde	70	Çok uygun	0	En iyi
Çıkış Ağzı	1 Tabaka	271/37	K01D/37KB		11	Doğrultuya bakılmaksızın	K-G	Eğime karşı yönde	37	Orta	-5	En kötü
	2 Eklem	165/64	K75D/64GD		63	Doğrultu tünel eksenine dik	G-G	Eğim yönünde	64	Çok uygun	0	
	3 Eklem	039/55	K51B/55KD		63	Doğrultu tünel eksenine dik	K-G	Eğime karşı yönde	55	Orta	-5	Ortalama
	4 Tabaka + Eklem	271/37	K01D/37KB		11	Doğrultuya bakılmaksızın	K-G	Eğime karşı yönde	37	Orta	-5	
	5 Tabaka + Eklem	164/62	K74D/62GD		62	Doğrultu tünel eksenine dik	G-G	Eğim yönünde	62	Çok uygun	0	En iyi

4.3.1. RMR kaya kütle sınıflaması

Çizelge 4.53. Giriş bölgesinin kaya kütle sınıfı

Parametre	En İyi Koşullar	En Kötü Koşullar	Ortalama Koşullar
Nokta Yük Dayanımı (Mpa)	4,61	1,12	2,59
Puan	12	4	7
RQD	56	0	22
Puan	13	3	3
Süreksizlik Aralığı (mm)	2000-6000	20-60	200-600
Puan	20	5	10
Süreksizlik Durumu (mm)	Devamlılık (m)	<1	3-10
	Puan	6	2
	Açıklık (mm)	0,1-1	>5
	Puan	4	0
	Pürüzlülük	Pürüzlü	Az Pürüzlü
	Puan	5	3
	Dolgu	Sert D. <5	Yumuşak D.< 5
	Puan	4	2
	Bozunma	Az bozunmuş	Orta derecede bozunmuş
	Puan	5	3
Yeraltısuyu	Nemli	Nemli	Nemli
Puan	10	10	10
Temel RMR Puanı	79	32	44
Süreksizliklerin Yönelime Göre Düzeltme	0	-5	-5
Patlatma, gerilme ve zayıflık düzlemleri düzeltmesi	0,9	0,8	0,85
Düzeltilmiş RMR Puanı	71	22	33
Kaya Kütle Sınıfı	İyi Kaya	Zayıf Kaya	Zayıf Kaya

Çizelge 4.54. Orta bölgenin kaya kütle sınıfı

Parametre	En İyi Koşullar	En Kötü Koşullar	Ortalama Koşullar
Nokta Yük Dayanımı (Mpa)	8,74	1,81	4,60
Puan	12	4	7
RQD	67	0	33
Puan	13	3	8
Süreksizlik Aralığı (mm)	2000-6000	20-60	200-600
Puan	20	5	10
Süreksizlik Durumu (mm)	Devamlılık (m)	<1	3-10
	Puan	6	2
	Açıklık (mm)	0,1-1	>5
	Puan	4	0
	Pürüzlülük	Pürüzlü	Az Pürüzlü
	Puan	5	3
	Dolgu	Sert D. <5	Yumuşak D.< 5
	Puan	4	2
	Bozunma	Az bozunmuş	Orta derecede bozunmuş
	Puan	5	3
Yeraltısuyu	Nemli	Nemli	Nemli
Puan	10	10	10
Temel RMR Puanı	79	32	49
Süreksizliklerin Yönelime Göre Düzeltme	0	-5	-2
Patlatma, gerilme ve zayıflık düzlemleri düzeltmesi	0,9	0,8	0,85
Düzeltilmiş RMR Puanı	71	22	40
Kaya Kütle Sınıfı	İyi Kaya	Zayıf Kaya	Zayıf Kaya

Çizelge 4.55. Çıkış bölgesinin kaya kütle sınıfı

Parametre		En İyi Koşullar	En Kötü Koşullar	Ortalama Koşullar
Nokta Yük Dayanımı (Mpa)		3,07	1,56	2,44
Puan		7	4	7
RQD		67	0	33
Puan		13	3	8
Süreksizlik Aralığı (mm)		600-2000	60-200	200-600
Puan		15	8	10
Süreksizlik Durumu (mm)	Devamlılık (m)	<1	3-10	1-3
	Puan	6	2	4
	Açıklık (mm)	0,1-1	>5	1-5
	Puan	4	0	1
	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	Az bozunmuş	Orta derecede bozunmuş	Orta derecede bozunmuş
	Puan	5	3	3
Yeraltısuyu		Nemli	Nemli	Nemli
Puan		10	10	10
Temel RMR Puanı		69	35	49
Süreksizliklerin Yöneline Göre Düzeltme		0	-5	-5
Patlatma, gerilme ve zayıflık düzeltmeleri düzeltmesi		0,9	0,8	0,85
Düzeltilmiş RMR Puanı		62	24	37
Kaya Kütle Sınıfı		İyi Kaya	Zayıf Kaya	Zayıf Kaya

Çizelge 4.56. Yapısal bölgelere göre RMR puanları

Yapısal Bölgeler	Temel RMR	Düzeltilmiş RMR	Temel RMR	Düzeltilmiş RMR	Temel RMR	Düzeltilmiş RMR
	En İyi		En Kötü		Ortalama	
Giriş Bölgesi	79	71	32	22	44	33
Orta Bölge	79	71	32	22	49	40
Çıkış Bölgesi	69	62	35	24	49	37

4.3.2 GSI ve kaya kütle özellikleri

Çizelge 4.57. Yapısal bölgelerdeki RQD ve Jv değerleri

Yapısal Bölgeler	Koşullar	RQD	Deere (1964) kaya kalite sınıfı	Jv	ISRM (1981)'e göre blok durumu	Kaya Cinsi
Giriş Bölgesi	En İyi	56	Orta Kaya Kalitesi	17,3	Küçük Bloklar	Şist
	En Kötü	0	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	>30	Çok Küçük Bloklar	
	Ortalama	22	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	27,6	Küçük Bloklar	
Orta Bölge, Çıkış Bölgesi	En İyi	67	Orta Kaya Kalitesi	13,9	Küçük Bloklar	Mermer
	En Kötü	0	Çok Zayıf Kaya Kalitesi	>30	Çok Küçük Bloklar	
	Ortalama	33	Zayıf Kaya Kalitesi	24,2	Küçük Bloklar	

Çizelge 4.58. Giriş bölgesindeki GSI değerleri

Yapısal Bölge		Litoloji	Jv		SR		SCR		GSI
Giriş Bölgesi	En iyi koşul	Şist	17,3	$\frac{((113-RQD)/3,3))}{(\text{eklem}/\text{m}^3)}$	29,9	$(((-17,5\ln(Jv) + 79,8)))$	14	$(Rr+Rw+Rf)$	49 Bloklu örselenmiş
	En kötü koşul		34,2		18,0		8		31 Parçalanmış
	Normal koşul		27,6		21,7		9		34 Bloklu örselenmiş

Çizelge4.59. Orta bölge ve çıkış bölgesindeki GSI değerleri

Yapısal Bölge		Litoloji	Jv		SR		SCR		GSI
Orta ve Çıkış Bölgesi	En iyi koşul	Mermer	13,9	$\frac{((113-RQD)/3,3))}{(\text{eklem}/\text{m}^3)}$	33,7	$(((-17,5\ln(Jv) + 79,8)))$	14	$(Rr+Rw+Rf)$	50 Bloklu örselenmiş
	En kötü koşul		34,2		18,0		8		31 Parçalanmış
	Normal koşul		24,2		24,0		9		35 Bloklu örselenmiş

4.3.3. Deformasyon modülü ve kaya yükü**Çizelge 4.60.** RMR değerine göre yapısal bölgelerde deformasyon modülleri

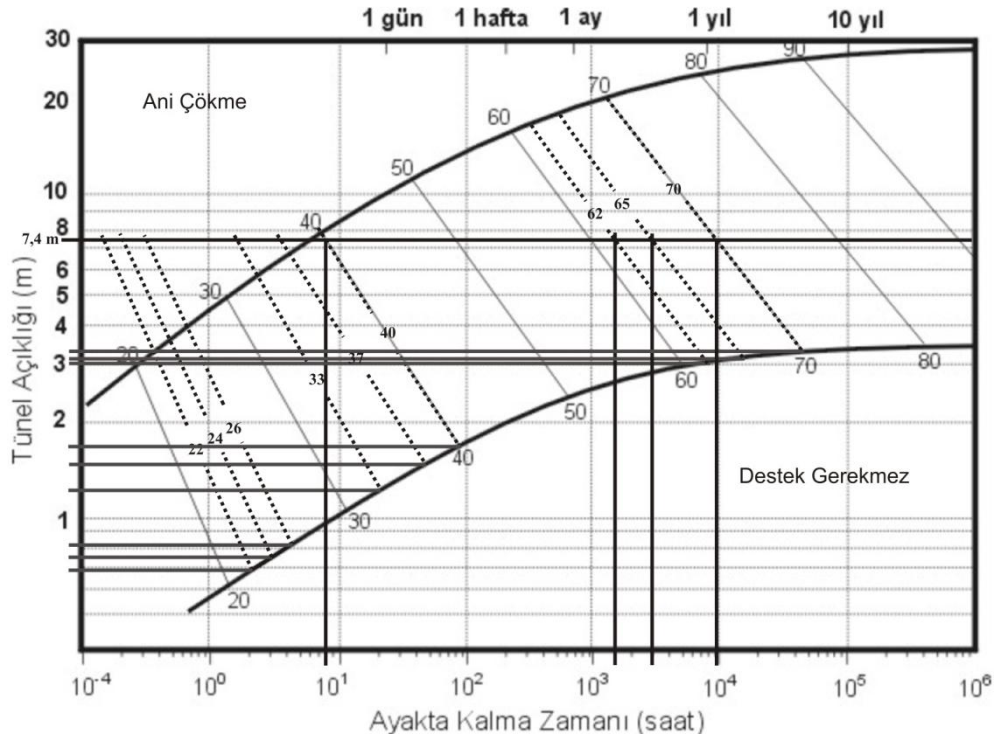
Yapısal Bölgeler	Koşullar	RMR değeri	RMR > 50 göre *Em	RMR ≤ 50 göre **Em
Giriş Bölgesi	En İyi	71	42	-
	En Kötü	22	-	2,0
	Normal	33	-	3,8
Orta Bölge	En İyi	71	42	-
	En Kötü	22	-	2,0
	Normal	40	16	5,6
Çıkış Bölgesi	En İyi	62	24	-
	En Kötü	24	-	2,2
	Normal	37	-	4,7
* Bieniawski (1978) **Serafim ve Pereira (1983)				

Çizelge 4.61. RMR değerine göre yapısal bölgelerde destek yükleri

Yapısal Bölge	Tünel Kazı Genişliği (m)	γ (gr/cm ³)*	Koşullar	RMR Puanı	Destek Yüğü (P) (kN/m ²)
Giriş Bölgesi	7,4	2,67	En İyi	71	56,2
			En Kötü	22	151,1
			Ortalama	33	129,8
Orta Bölge	7,4	2,7	En İyi	71	56,8
			En Kötü	22	152,8
			Ortalama	40	117,5
Çıkış Bölgesi	7,4	2,7	En İyi	62	74,4
			En Kötü	24	148,9
			Ortalama	37	123,4

*(1 gr/cm³ = 9,8039 kN/m³)

4.3.4. Desteksiz açıklık, desteksiz durma süresi ve destek önerileri



Şekil 4. 65. RMR değeri ve kazı genişliğine göre desteksiz durma süresi ve desteksiz tavan açıklığı arasındaki ilişki

Çizelge 4.62. RMR sınıflama sistemine göre, yapısal bölgelerindeki kaya sınıflarının özellikleri (Bieniawski,1989)

Sınıf No.	En İyi Koşul (II- İyi kaya)	En Kötü Koşul (IV- Zayıf kaya)	Normal Koşul (IV- Zayıf kaya)
Ortalama desteksiz kalma süresi	10m açıklık için 1 yıl	2.5m açıklık için 10 saat	2.5m açıklık için 10 saat
Kaya kütlelerinin kohezyonu (kPa)	300-400	100-200	100-200
Kaya kütlelerinin içsel sürtünme açısı (derece)	35-45	15-25	15-25

Çizelge 4.63. RMR puanına ve yapısal bölgelere göre desteksiz durma süresi ve desteksiz açıklık süresi

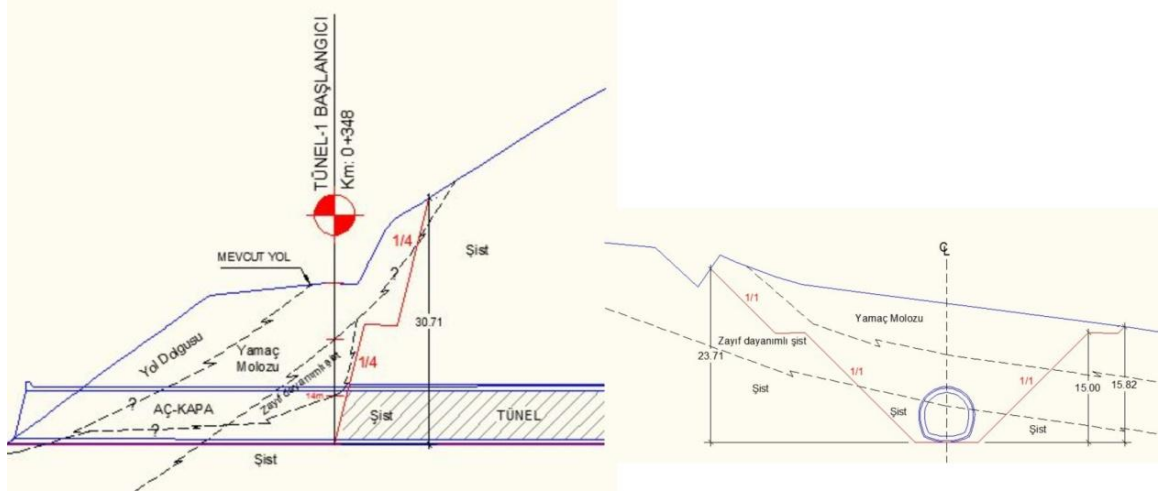
Yapısal Bölgeler	RMR Değerleri			Desteksiz Durma Süresi			Desteksiz Açıklık Süresi		
	En İyi	En Kötü	Ortalama	En İyi	En Kötü	Ortalama	En İyi	En Kötü	Ortalama
Giriş	71	22	33	1 yıl	Ani Çökme	Ani Çökme	3,3 m	60 cm	1,3 m
Orta	71	22	40	1 yıl	Ani Çökme	8 saat	3,3m	60 cm	1,8 m
Çıkış	62	24	37	2 ay	Ani Çökme	Ani Çökme	3,0 m	70 cm	1,6 m

Çizelge 4.64. Yapısal bölgelerde kaya kütleleri sınıfına göre destek önerileri

KALICI DESTEK (TAHKİMAT)				
Kaya Kütleleri Sınıfı	Kazı	Kaya Saplamları* (10 m genişlikteki tünel için uzunluk)	Püskürtme Beton	Çelik Destek
II (İyi Kaya) En İyi koşulda	Tam kesit, 1,0 - 1,5 m ilerleme, komple destek. Aynaya 20 m uzaklıkta.	Kemerin her 2-3 m'sinde yer yer saplama, tel kafeslerle 2,0-2,5 m aralıklı,	Gerektiğinde tavan kemerinde 50 mm	Yok
IV (Zayıf Kaya) En kötü ve Ortalama Koşulda	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 kemerde 1-1,5 m aralıklı, 5 m uzunlukta, 4-5 m uzunlukta sistematik saplama.	Tavan kemerinde 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				
Şekil: At nalı; İnşaat; Delme ve patlatma; Genişlik: 10 m; Düşey Gerilme <25 Mpa)				

4.3.5. Giriş ve çıkış ağzlarında açık kazı alanları

Tünel-1 Giriş ağzında topografik kot ile tünel kotu arasında 30,17 m lik bir fark bulunmaktadır. Tünel-1 girişinde şuanda Cindere Barajının gövde ulaşım yolu bulunmaktadır. Tünel kazısı sırasında yaklaşık 41 metre uzunluğunda aç-kapa yapısı ile yol kazısı yapılacaktır (Şekil 4.66).

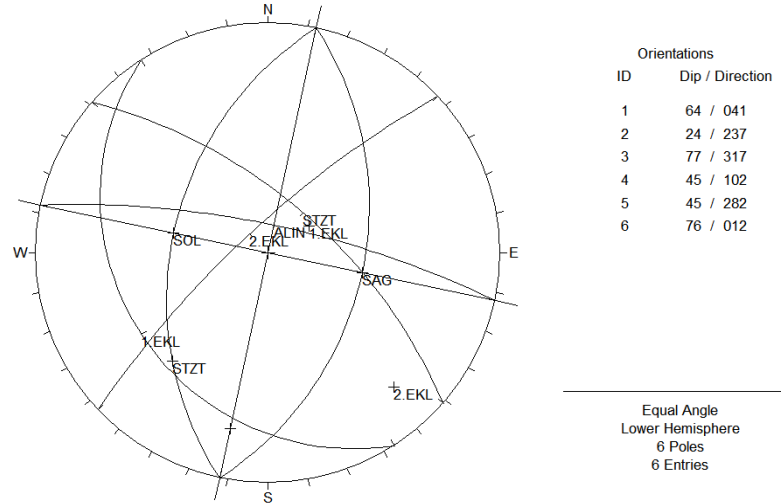


Şekil 4.66. Tünel-1 Giriş Ağzı alın, sağ ve sol kazı şev kesitleri

Giriş ağzında, bir adet şistozite düzlemi ile iki adet eklem takımı gözlenmektedir (Şekil 4.67.). Giriş ağzı alın şev, sağ ve sol kazı şevleri çizelge 4.65.'de ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Giriş ve çıkış ağzlarında yapılan değerlendirmede gerekli jeoteknik parametrelerin tamamı olmadığı için sadece stereografik projeksiyon yardımı ile süreksizlik konumlarına bağlı düzlemsel ve kama tipi kayma riski açısından incelenmiştir.

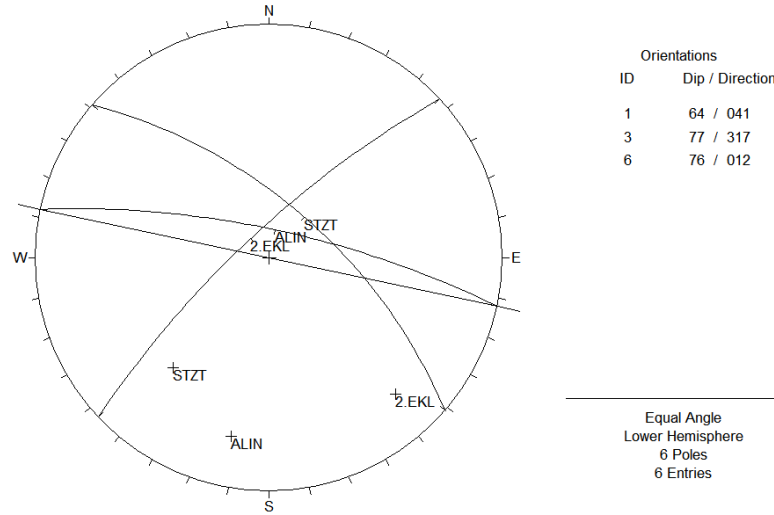
Çizelge 4.65. Giriş ağzındaki şev ve süreksizlik konumları

Şevler	Konum	Şev yüksekliği (metre)	Şev eğimi
Alın Şevi	012°/76°	20,71	1/4 yaklaşık 76°
	K78B/76°KD		
Sağ Yamaç Şevi	102°/45°	15,81	1/1 yaklaşık 45°
	K12D/45°GD		
Sol Yamaç Şevi	282°/45°	23,71	1/1 yaklaşık 45°
	K12D/45°KB		
Süreksizlikler			
Şistozite Takımı	1. Eklem Takımı	2. Eklem Takımı	Şistozite + Eklem Takımı
041°/65°	237°/24°	317°/77°	042°/64°
K49B/65°KD	K33B/24°GB	K43D/77°KB	K48B/64°KD



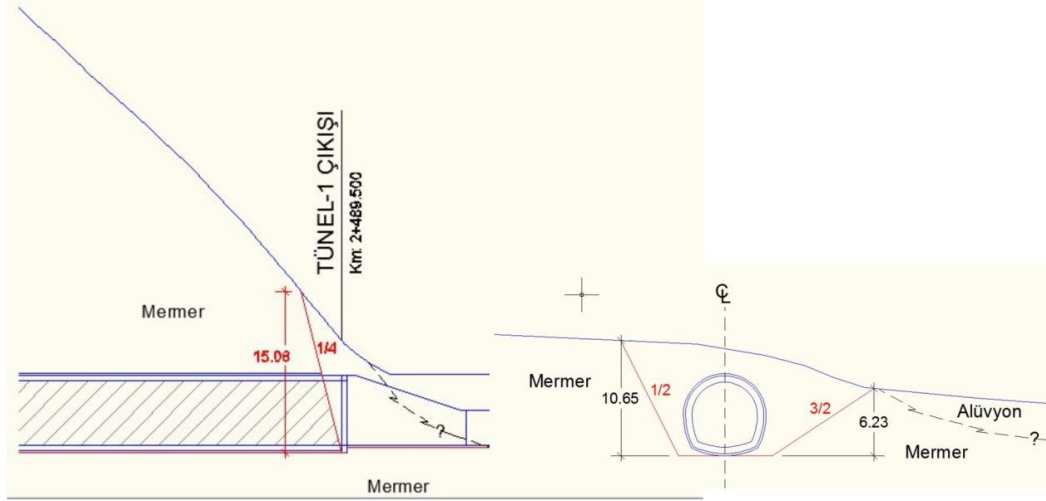
Şekil 4.67. Süreksizlik konumları ve giriş ağız şevlerinin ilişkisi

Süreksizlik konumları ile giriş ağız şev konumları birlikte değerlendirildiğinde, alın, sağ ve sol kazı şevlerinde düzlemsel kayma tipi duraysızlık beklenmemektedir. Alın şevinde şistozite ve 2. eklem düzlem çiftleri kama tipi kayma potansiyel taşımaktadır (Şekil 4.68.). Bu düzlemler boyunca herhangi bir kayma hareketin olup olmayacağının (stabilite hesabının) belirlenebilmesi için kazı şevlerindeki malzemelerin jeoteknik parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 4.68. Giriş ağız alın şevi ile şistozite ve 2. eklem düzlem çiftinin ilişkisi (kama tipi kayma riski)

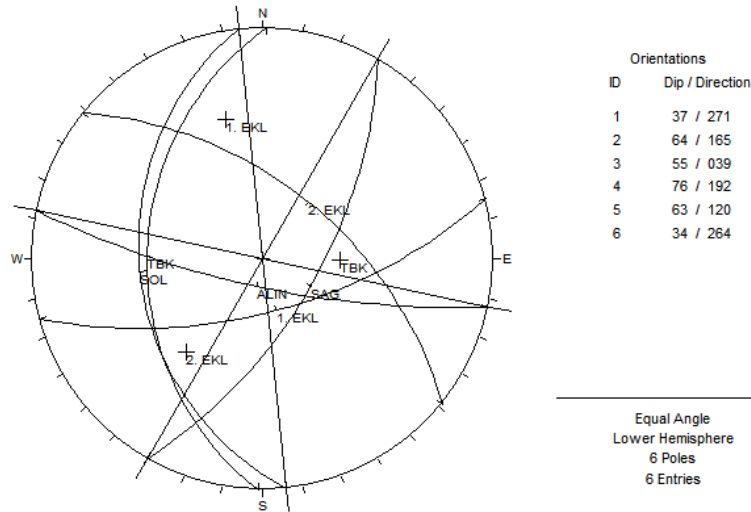
Tünel-1 çıkış ağızında topografik kot ile tünel kotu arasında 15,08 m'lik bir fark bulunmaktadır (Şekil 4.69.). Çıkış ağızında, bir adet tabaka düzlemi ile iki adet eklem takımı gözlenmektedir (Çizelge 4.66., Şekil 4.70.). Çıkış ağızı alın şevi, sağ ve sol kazı şevleri hakkında bilgi çizelge 4.66.'da detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 4.69. Çıkış ağzı ve çıkış alın, sağ ve sol kazı şev kesitleri

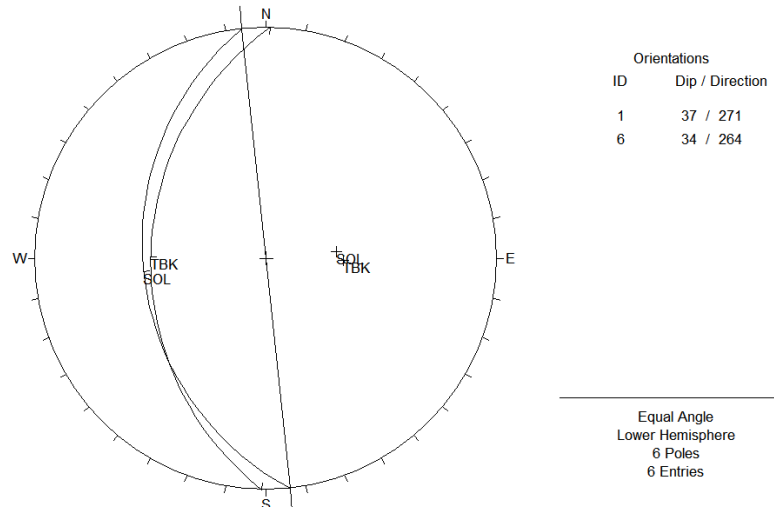
Çizelge 4.66. Çıkış ağzındaki şev ve süreksizlik konumları

Şevler	Konum	Şev yüksekliği (metre)	Şev eğimi	
Alın Şevi	192°/76°	15,08	1/4 yaklaşık 76°	
	K78B/76°GB			
Sağ Yamaç Şevi	120°/63°	10,63	1/2 yaklaşık 63°	
	K30D/63°GD			
Sol Yamaç Şevi	264°/34°	6,23	3/2 yaklaşık 34°	
	K06B/34GB			
Süreksizlikler				
Tabaka Takımı	1. Eklem Takımı	2. Eklem Takımı	Tabaka + Eklem Takımı	
271°/37°	165°/64°	039°/55°	271°/37°	164°/62°
K01D/37°KB	K75D/64°GD	K51B/55°KD	K01D/3°KB	K74D/62°GD

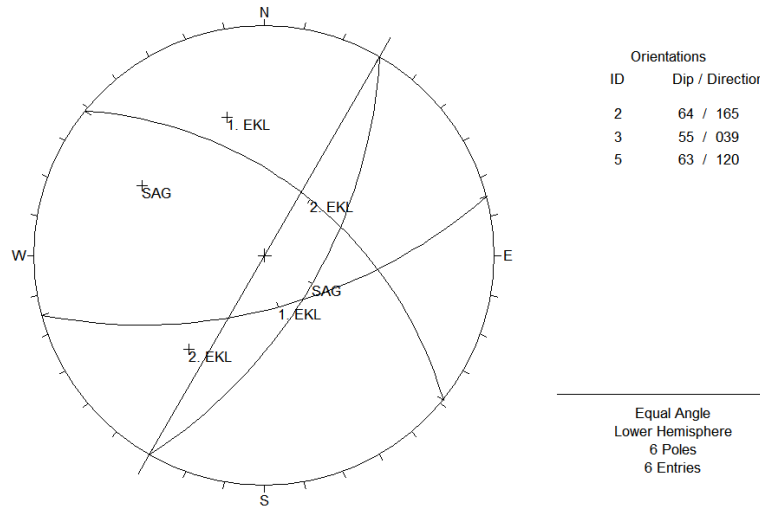


Şekil 4.70. Süreksizlik konumları ve çıkış ağzı şevlerin ilişkisi

Süreksizlik konumları ile çıkış ağzı şev konumları birlikte değerlendirildiğinde sol kazı şevinde tabaka düzlemi, düzlemsel kayma potansiyeli taşımaktadır (Şekil 4.71.). Sağ kazı şevindeki 1.eklem ve 2. eklem düzlem çiftleri kama tipi kayma potansiyeli taşımaktadır (Şekil 4.72.). Bu düzlemler boyunca herhangi bir kayma hareketin olup olmayacağının (stabilite hesabının) belirlenebilmesi için kazı şevlerindeki malzemelerin jeoteknik parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 4.72. Çıkış ağzı sol kazı şevi ile tabaka düzleminin ilişkisi (düzlemsel kayma riski)



Şekil 4.72. Çıkış ağzı sağ kazı şevi ile 1. ve 2. eklem düzlem çiftinin ilişkisi (kama tipi kayma riski)

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Denizli Yenicekent HES projesi, 5 adet kanal, kanalların ilk 3'ü ile geçkisi bulunan 3 adet tünel ve santral binasını kapsamaktadır. Bu çalışma kapsamında Denizli-Buldan Yenicekent iletim tünellerinden, Km:0+348 – 2+489 arasında yer alan, Tünel-1'in 2141 metrelik güzergâhın mühendislik jeoloji incelemesi ve jeoteknik değerlendirmesi yapılmıştır.

İnceleme alanı ve yakın çevresindeki birimlerin tanınması ve jeolojik bilgilerin yer aldığı 1/5000'lik jeoloji haritası hazırlanmıştır.

Tünel güzergâhı, giriş, orta ve çıkış bölgesi olmak üzere 3 yapısal bölgeye ayrılmış ve bütün arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları bu ayırım esas alınarak yapılmıştır.

Tünel güzergâhı boyunca en çok karşılaşılan jeolojik birimler, Kavaklıdere Grubundan Ortaköy Formasyonu'na ait Paleozoyik birimlerin içerisinde yer almaktadır. Tünel giriş bölgesi Paleozoyik yaşlı şistler, tünel orta ve çıkış bölgesi ise Paleozoyik yaşlı mermer içerisinde açılacaktır. İnceleme alanındaki birimler alttan üste doğru şist, mermer yamaç molozu ve alüvyon olarak sıralanmaktadır.

Tünel güzergâhının giriş ve çıkış ağzına yakın bölgelerde toplam 4 sondaj yapılmıştır. SK-1, 233 m kotunda 30 metre, SK-2, 257 m kotunda 49 metre, SK-3, 243 m kotunda 41 metre ve SK-13, 210 m kotunda 20 metre derinliğinde açılmıştır. Açılan sondaj çalışmaları ve arazide yapılan süreksizlik ölçümleri ve gözlemleri ile jeoloji ve litolojik özellikleri belirlenmiş ve kesitleri hazırlanmıştır.

RQD değerlerine göre değerlendirdiğinde, giriş bölgesi yakınlarında açılan SK-1 ve SK-13 sondajlarında çok zayıf kalite, orta bölge ve çıkış bölgesi yakınlarında açılan SK-2 ve SK-3 nolu sondaj kuyularının da ise zayıf kalite kaya kütlesi olarak belirlenmiştir. Sondaj karotlarından RQD dışında TKV, SKV, FF ve Jv ölçüm ve hesaplamaları da yapılmıştır.

Tünel giriş bölgesinde yapılan kaya kütle sınıflama sistemlerine göre en iyi, en kötü ve normal koşullara göre, sırasıyla RMR değerleri: 71, 22 ve 33, GSI değerleri sırasıyla: 49,31 ve 34 olarak bulunmuştur. Bu veriler için kaya kütlesi sınıflamasına göre giriş bölgesinde yapılan kaya tanımlamalarının, en iyi koşulda II. iyi kaya, en kötü ve normal koşulda IV. zayıf kaya olarak belirlenmiştir. 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, gereken yerde 1.5 m aralıklı ve yer yer hafif profiller ile çelik destek yapılması gerektiği belirlenmiştir.

Tünel orta bölgesinde yapılan kaya kütle sınıflama sistemlerine göre en iyi, en kötü ve normal koşullara göre, sırasıyla RMR değerleri: 71, 22 ve 40, GSI değerleri: 50, 31 ve 35 olarak bulunmuştur. Bu veriler için kaya kütlesi sınıflamasına göre orta bölgede yapılan kaya tanımlamalarının, en iyi koşulda II. iyi kaya, en kötü ve normal koşulda IV. zayıf kaya olarak belirlenmiştir. 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, gereken yerde 1.5 m aralıklı ve yer yer hafif profiller ile çelik destek yapılması gerektiği belirlenmiştir.

Tünel çıkış bölgesinde yapılan kaya kütle sınıflama sistemlerine göre en iyi, en kötü ve normal koşullara göre, sırasıyla RMR değerleri: 62, 24 ve 37, GSI değerleri: 50, 31 ve 35 olarak bulunmuştur. Bu veriler için kaya kütlesi sınıflamasına göre çıkış bölgesinde yapılan kaya tanımlamalarının, en iyi koşulda II. iyi kaya, en kötü ve normal koşulda IV. zayıf kaya olarak belirlenmiştir. 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, gereken yerde 1.5 m aralıklı ve yer yer hafif profiller ile çelik destek yapılması gerektiği belirlenmiştir.

Tünel giriş şev kazıları ile süreksizliklik konumları, stereografik diyagram üzerinden yapılan kinematik değerlendirmelere göre, giriş ağzındaki alın şevinde bulunan şistozite ve 2. eklem düzlem çiftinde, kama tipi kayma potansiyeli taşıdığı belirlenmiştir.

Tünel çıkış ağzı şev kazıları ile süreksizliklik konumları, stereografik diyagram üzerinden yapılan kinematik değerlendirmelere göre, çıkış ağzında sol kazı şevinde bulunan tabaka düzleminde, düzlemsel kayma potansiyeli ve çıkış ağzı sağ kazı şevindeki 1. ve 2. eklem düzlem çiftinde kama tipi kayma potansiyeli olduğu belirlenmiştir.

Yenicekent HES Tünel-1 güzergâhının tünel kazısı açısından çok büyük problemler içermediği, kaya kütlesi sınıflama sistemlerinden RMR nin ön değerlendirme amacı taşıdığı dikkate alındığında, kritik görülen alanlarda ilave çalışmalar yapılmasının gerekli olduğu anlaşılmıştır.

Yapılacak inşaat projelerinde çalışma alanının Birinci Derece Deprem Bölgesi içinde kaldığının dikkate alınması gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- AİGM, (1996). Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, yerleşim birimleri ve deprem bölgeleri. AİGM Yay. Ankara <http://www.deprem.gov.tr/sarbis/shared/DepremHaritalari.aspx> Erişim Tarihi: 06.05.2011
- Aydan, Ö., Kumsar, H. and Tano, H., (2005). Multi-Parameter Changes In The Earth Crust And Its Relation To Earthquakes In Denizli Region Of Turkey, Proceedings World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24-29 April 2005, on CD., pp 1-10.
- Aydan, Ö. ve Kumsar, H., (2005). 2003 Buldan depremlerinin özellikleri ve hasar gören Yenice (Denizli) Roma yeraltı mezarlarına ilişkin bir değerlendirme, Mühendislik Jeolojisi Bülteni (Bulletin of Engineering Geology), Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Yayını, sayı 20, s 61-73.
- Aydın, H., (1991), MTA, Denizli, Babadağ-Sarayköy-Kızıldere-Buldan-Güney-Bekilli-Karahallı-Çivril-Çal-kaklık-Honaz yörelerine ait derleme 1/100000 ölçekli jeoloji haritası.
- Bülbül, M., (2005): Güney (Denizli) Dolayındaki Neojen Karbonatlarının-Fasiyes İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, 90 s., İzmir. <http://www.belgeler.com/blg/10ra/guney-denizli-dolayindaki-neojen-karbonatlarinin-fasiyes-incelemesi-facies-study-of-the-neogene-carbonates-around-guney-denizli> Erişim Tarihi: 15.04.2011
- Bieniawski ZT. (1976). Rock mass classification in rock engineering. Proceedings of the Symposim 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 classifcations. John Wiley and Sons, 237 pp.
- Deere D.U., 1964. Technical description of rock cores for engineering purposes. Felsmechanik und Ingenieurgeologie, 1, 16-22.
- DSİ. (1986). XXI. Bölge Genel Müdürlüğü, Büyük Menderes Cindere projesi Planlama Raporu, AYDIN, s:129-146
- DSİ. (1992,2001). Genel Müd. Jeoteknik Hiz.ve YAS Dairesi Başkanlığı, Cindere Barajı Aks Yeri Zemin Etüdü Raporu II., Rapor no:246, ANKARA

- DSİ (2006). XXI. Bölge Müd. Kalite Kontrol ve Laboratuar Şube Müdürlüğü, Cindere Barajı Şistlerden çıkan suyun fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları, AYDIN
- DSİ. (2009). Enerji Sektörü Hidroelektrik Enerji İnternet sitesi: <http://www.dsivakfi.org.tr/enerji.htm>. Erişim tarihi:02.05.2011.
- Erentöz, C., ve Ternek, Z., (1968). Türkiye’de Termomineral Kaynaklar ve Jeotermik Enerji Etütleri, Maden Teknik Arama Dergisi yıl:1968 sayı:70, Sayfa 1-58.
- Erik D., (2004). Boğsak Karayolu Tünelleri (Taşucu-Mersin) Jeoteknik Tasarımı, Doktora Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta-2004. 228s.
- Gökgöz (2004) Buldan Yöresi (Denizli) Metamorfik Kayaçlarının Mineralojik, Petrografik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, 96 s., Denizli. <http://www.belgeler.com/blg/20m6/buldan-yoresi-denizli-metamorfik-kayaclarinin-mineralojik-petrografik-ve-jeokimyasal-incelenmesi-ineralogical-petrographical-and-geochemical-investigation-of-the-metamorphic-rocks-in-buldan-denizli-area> Erişim Tarihi 08.04.2011
- Göktaş, F., 1990, Denizli M22-b1 , M22-b2 ve M22-b3 paftalarının Jeolojisi, İzmir.M.T.A. Raporu, No: 9114.
- Hoek E, Brown E.T., (1980a). Underground excavation in rock. London: Institution of Mining and Metallurgy 527 pp.
- Hoek, E., Kaiser, P.K., Bawden, W.F., (1995). Support of Underground Excavations in Hard Rock, Balkema, Rotterdam s. 27
- Hoek, E. and Brown, E.T. 1997. Practical estimates or rock mass strength. Int. J. Rock Mech. Min.g Sci. & Geomech. Abstr.. 34(8), 1165-1186.
- Hoek, E., (2000). Rock Engineering, Course notes by Evert Hoek, Hoek’s Corner. www.rockscience.com, 313p.
- Hoek, E., Carranza, C.T., Corkum, B., (2002). Hoek-Brown Failure Criterion, <http://www.rockscience.com/products/roclab.asp> son erişim 12.03.07
- Hoek, E., (2004) Rock Engineering Course Notes, Canada p. 313 <http://www.rockscience.com/hoek/PracticalRockEngineering.asp> Erişim Tarihi: 12.03.07
- 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.

- ISRM, (1985). Suggested method for determining point load strength.. International Journal of Rock Mechanics, Mining Sciences and Geomechanical Abstracts, 22(2), 51-60pp.
- Kayahan, N., ve Çakıröz, M., (1992). Büyük Menderes-Cindere Projesi Cindere Barajı Kesin Proje Aşaması Mühendislik Jeolojisi Raporu.
- Kendorski F., Cummings, R.A., Bieniawski, Z.T., and Skinner, E. H., (1983). Rock mass classification for block caving mine drift support. Proceedings of the 5th International Congress on Rock Mechanics, ISRM, Melbourne, pp. B51-B63.
- Ketin, İ., (1983). “Türkiye Jeolojisine Genel Bakış” adlı kitabı, İstanbul, İTÜ kütüphanesi sayı 1259, 595s.
- Koçyiğit, A., (1984) “Güneybatı Türkiye ve Yakın dolayında levha içi yeni Tektonik gelişimi” Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni C. 27,1 -16, Şubat 1984 http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/84b98aac2dddf59_ek.pdf?dergi=T%DCRK%DDYE%20JEOLOJ%DD%20B%DCLTEN%DD Erişim Tarihi: 25.03.2011
- Koçyiğit, A. (2005). The Denizli graben-horst system and the eastern limit of western Anatolian continental extension: basin fill, structure, deformational mode, throw amount and episodic evolutionary history, SW Turkey. Geodinamica Acta, 18/3, 167-208
- Konak, N., (1993)., 46. Türkiye Jeoloji Kurultayı 1993 Bildiri Özleri, Menderes Masifinin Denizli, Çal-Çivril-Karahallı dolaylarındaki yapısal özellikleri. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, s.32.
- Kumsar, H., Çelik, S. B., and Aydan, Ö., 2003a. Some characteristics of recent earthquakes in western Turkey: Seferihisar (İzmir) and Buldan (Denizli) earthquakes. An International Colloquium on the Instrumentation and Monitoring of Landslides and Earthquakes in Japan and Turkey, Koriyama, Japan, 111-122.
- Kumsar, H., Aydan, Ö., Tano, H. and Ulusay, R., (2003b), Multi parameter measurement system in Denizli and It's response during July 2003 Buldan Earthquakes. An International Colloquium on The Instrumentation and Monitoring of Landslides and Earthquakes in Japan and Turkey, 67-78, November, 8, 2003. Japan.
- Kumsar, H., and Aydan, Ö., (2005), Faulting and shaking characteristics of earthquakes in the Denizli Province (Turkey). Proceedings of International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, IESCA-2005, İzmir, p 232.
- Kumsar H., Aydan, Ö., Tano, H., Çelik S.B., Kaya, M., (2006), Temmuz 2003 Buldan (Denizli) depremlerinin mühendislik incelemesi, Buldan Sempozyumu, 23-24 Kasım 2006, Yerbilimleri 3.Oturum, s 93-110

- Lahn, E., (1948), Denizli-Sarayköy-Buldan bölgesinin deprem faaliyeti hakkında not: Türkiye Jeol. Kur. Bült. 1, 2, 39-45. http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/a5dfac4be150250_ek.pdf?dergi=T%C3%9CRK%C4%B0YE+... Erişim Tarihi: 20.03.2011
- MTA, (2010), MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Daire Başkanlığı, 2010 Ocak- Haziran dönemi Faaliyet Raporu (2010), http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/strateji/2010_faaliyet/enerji.pdf Erişim Tarihi: 17.04.2011
- Okay, I., A., 1989, Denizli'nin Güneyinde Menderes Masifi ve Likya Napıların Jeolojisi, M.T.A. Dergisi, 100, 45-59, Ankara.
- Öngür, T. (1971). Denizli-Babadağ çevresine ilişkin jeolojik etüt ve jeotermal olanakları. MTA Rapor No. 4689.
- Özaltın Holding, (2001). Cindere Barajı ve HES. Kesin Proje Aşaması İlave Mühendislik Jeolojisi Raporu
- Özgüler, Turgay ve Şahin (1982-1983) Denizli jeotermal alanlarında jeofizik çalışmalar, MTA Dergisi yıl:1982-1983 sayfa: 129-142
- Özkan, İ ve Ünal , E., (1996). Kaya kütleli sınıflama sistemleri üzerine kritik bir değerlendirme. 3. Ulusal Kaya Mekanik Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara, 181-193.
- Özkul, M., Varol, B. ve Alçıçek, M. C., (2002). Denizli travertenlerinin petrografik özellikleri ve depolanma ortamları. MTA Dergisi, 125, 13-29.
- Serafim, J.L. and Pereira, J.P. (1983) "Considerations on the Geomechanical Classification of Bieniawski". Int. Symp. Engineering Geology and Underground Construction. Lisbon. Theme II. Vol. 1, pp II.33 – II.42.
- Sönmez, H., and Ulusay, R., (1999). Modifications to the geological strength index (GSI) and their applicability to stability of slopes, International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, 36(6), 743-60.
- Sun, S. , (1990), Denizli – Uşak Arasının Jeolojisi ve Linyit Olanakları. M.T.A. Raporu, No: 9985, İzmir.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, I. (1992). Active fault map of Turkey. Maden Tetkik Arama Enstitüsü. Ankara.
- Şimşek, Ş., (1982), Denizli Sarayköy-Buldan Alanının Jeolojisi ve Jeotermal Olanakları., I.Ü., Yer Bilimleri fakültesi yayın Organı., 3/1-2,145-162, İstanbul.

- Şimşek, Ş., (1984), Denizli-Kızıldere-Tekkehamam-Tosunlar-Buldan-Yenice alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları, MTA Raporu, No:7846. (Yayınlanmamış).
- Taner, G., (1974),a, Denizli Bölgesi Neojen'inin Paleontolojik ve Stratigrafik Etüdü, M.T.A. Dergisi, 82, 89-125, Ankara.
- Ulusay, R., Özkan, I., and Ünal, E., (1995). Chareacterization of weak, strarified and clay-bearing rock masses for engineerig applications. Fractured and Jointed Rock Masses Conference, June 3-5, 1992, L.R. Mayer, N.W. Cook, R.E. Goodman, and C.F. Tsang (eds), A.A. Balkema, Lake Tahoe, California, 233-240.
- Ulusay, R., Gökçeoğlu, C., Binal, A., (2005), Hacettepe Üniversitesi,Mühendislik Fakültesi, Ankara, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları 58, Kaya Mekanığı Laboratuvar Deneyleri Kitabı S:47-57
- Ulusay, R., Sönmez, H., (2007), Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ankara, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları 60, Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri Kitabı S:13-62, 123-138
- Westaway, R. (1990), Block rotation of western Turkey: 1 Observaional Evidence. J. geophys. Res.,95, 19857-19884.
- Westaway, R. (1993), Neogene evolution of the Denizli region of Western Turkey. Journal of Structural Geology, 15, 37-53.

EK-1 1/5000 ölçekli Jeolojik Harita ve Kesiti

EK-2 Karot Sandıklarının Resimleri

EK-2.1 SK-1 Nolu Sondajın 1 nolu karot sandığı



EK-2.2 SK- Nolu Sondajın 2 nolu karot sandığı



EK-2.3 SK-1 Nolu Sondajın 3 nolu karot sandığı



EK-2.4 SK-1 Nolu Sondajın 4 nolu karot sandığı



EK-2.5 SK-2 Nolu Sondajın 1 nolu karot sandığı



EK-2.6 SK-2 Nolu Sondajın 2 nolu karot sandığı



EK-2.7 SK-2 Nolu Sondajın 3 nolu karot sandığı



EK-2.8 SK-2 Nolu Sondajın 4 nolu karot sandığı



EK-2.9 SK-2 Nolu Sondajın 5 nolu karot sandığı



EK-2.10 SK-2 Nolu Sondajın 6 nolu karot sandığı



EK-2.11 SK-3 Nolu Sondajın 1 nolu karot sandığı



EK-2.12 SK-3 Nolu Sondajın 2 nolu karot sandığı



EK-2.13 SK-3 Nolu Sondajın 3 nolu karot sandığı



EK-2.14 SK-3 Nolu Sondajın 4 nolu karot sandığı



EK-2.15 SK-3 Nolu Sondajın 5 nolu karot sandığı



EK-2.16 SK-3 Nolu Sondajın 6 nolu karot sandığı



EK-2.17 SK-3 Nolu Sondajın 7 nolu karot sandığı



EK-2.18 SK-13 Nolu Sondajın 1 nolu karot sandığı



EK-2.19 SK-13 Nolu Sondajın 2 nolu karot sandığı



EK-3 Kuyu Logları

EK 3.1 SK-1 nolu kuyu logu

Proje Adı: Yenicekent HES										İL : DENİZLİ	
SONDAJ YERİ		Denizli		Sondaj Yöntemi: Rotary		SONDAJ NO:		SAYFA NO			
KONUMU		Yenicekenet / Tünel 1 Giriş		Sondör: S.Erdem		SK-1		1			
DERİNLİĞİ		30,00 m		Mühendis: H.Olgun							
KOTU		233,00				Başlama Tarihi		16.06.2010			
KOORDİNATLARI		m (X) 420217				Bitiş Tarihi		20.06.2010			
		m (Y) 145164				Y.A.S.S		Yok			
DERİNLİK (m)		Numune cinsi		SPT Darbe adedi		KAYA ÖZELLİKLERİ		Litoloji			

EK 3.2 SK-1 nolu kuyu logu

Proje Adı: Yenicekent HES										İL : DENİZLİ			
SONDAJ YERİ		Denizli				Sondaj Yöntemi:		Rotary		SONDAJ NO:	SAYFA NO		
KONUMU		Yenicekenet / Tünel 1 Giriş				Sondör:		S.Erdem		SK-1	2		
DERİNLİĞİ		30,00 m				Mühendis		H.Olgun					
KOTU		233,00								Başlama Tarihi	16.06.2010		
KOORDİNATLARI		m (X) 420217								Bitiş Tarihi	20.06.2010		
		m (Y) 145164								Y.A.S.S	Yok		
DERİNLİK (m)	Numune cinsi	0-15	15-30	30-45	N30	KAYA ÖZELLİKLERİ						Litoloji	ZEMİN TANIMLAMASI
						SPT Darbe adedi	KAROT YILIZI (%)	RQD (%)	Ayrışma	Dayanım	Kırık		
11	K					10	30	0					Aynışmış ŞİST: Aynışmış şist kahverengimsi gri renkli, zayıf dayanımlı, çok aynışmış, parçalı
12	K						24	5		IV	IV	Cr	
13	K						64	0					
14	K						74	0					
15	K						42	26					ŞİST: Açık gri renkli orta dayanımlı, az orta ayrışmış, yer yer parçalı, eklem yüzeyleri az pürüzlü , okside olmuş sık çatlaklı.
16	K						100	55					
17	K						100	65		II-III	III	CI	
18	K						100	46					
19	K						86	46					
20	K												
İNCE DANELİ / FINE GRAINED				BİRDANLI / COARSE GRAINED				KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD				AYRIŞMA / WEATHERING	
N	0-2	ÇOK YUMUŞAK	V-SOFT	N	0-4	ÇOK GÜÇLÜ	V-LOOSE	N0-25	ÇOK ZAYIF	V-POOR	I	TUZE	FRESH
N	2-4	YUMUŞAK	SOFT	N	4-10	GÜÇLÜ	LOOSE	N25-50	ZAYIF	POOR	II	AZ AYRIŞMIŞ	SLIGHTLY WEAT.
N	4-8	ORTA KÜTİ	MATTF	N	11-30	ORTA SIKI	MIDENGE	N50-75	ORTA	FUR	III	ORTA DERECEDE AYRIŞMIŞ	MED. WEAT.
N	8-12	KÜTİ	STIFF	N	31-50	SIKI	DENSE	N75-90	İYİ	GOOD	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	HIGHLY WEAT.
N	14-30	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N	51-100	ÇOK SIKI	VERY DENSE	N90-100	ÇOK İYİ	EXCELLENT	V	TAMAMEN AYRIŞMIŞ	COUR. WEAT.
N	>30	SERT	HARD										
DAYANIMLILIK / STRENGTH				KIRIKLAR / FRACTURES (30cm)				ORANLAR / PROPORTIONS				SPT	
I	DUYUNULU	STRONG		VI	SERT	WIDE	(W)	İNCE		(R)	STANDARD PEN. DENİYİ / STANDARD PEN. TEST		
II	ORTA DUYUNULU	MSTRONG		1-2	ORTA	MODERATE	(M)	NE FENKİJZ SLIGHTLY		NE FENKİJZ SLIGHTLY	10 CM DENİYİ / 10 CM SHEAR TEST		
III	ORTA ZAYIF	MWEAK		2-10	SIKI	CLOSE	(C)	NE FENKİJZ LITTLE		NE FENKİJZ LITTLE	ÖRNEKLENMEYEN NUMUNE / UNDISTURBED SAMPLE		
IV	ZAYIF	WEAK		10-30	ÇOK SIKI	INTENSE	(I)	NE FENKİJZ ÇOK İYİ		NE FENKİJZ ÇOK İYİ	ÖRNEKLENMEYEN NUMUNE / DISTURBED SAMPLE		
V	ÇOK ZAYIF	VERY WEAK		>30	BURÇALI	CRUSHED	(O)	NE FENKİJZ ÇOK İYİ		NE FENKİJZ ÇOK İYİ	PRESİOMETRE DENİYİ / PRESSUREMETER TEST		
								NE FENKİJZ ÇOK İYİ		NE FENKİJZ ÇOK İYİ	KAROT NUMUNESİ / CORE SAMPLE		

EK 3.3 SK-1 nolu kuyu logu

Proje Adı: Yenicekent HES										İL : DENİZLİ							
SONDAJ YERİ		Denizli				Sondaj Yöntemi:		Rotary		SONDAJ NO:	SAYFA NO						
KONUMU		Yenicekenet / Tünel 1 Giriş				Sondör:		S.Erdem		SK-1	3						
DERİNLİĞİ		30,00 m				Mühendis		H.Olgun									
KOTU		233,00								Başlama Tarihi 16.06.2010							
KOORDİNATLARI		m (x) 420217								Bitiş Tarihi 20.06.2010							
		m (y) 145164								Y.A.S.S Yok							
DERİNLİK (m)	Numune cinsi	0-15	15-30	30-45	N30	SPT Darbe adedi	KAYA ÖZELLİKLERİ						Litoloji	ZEMİN TANIMLAMASI			
							10	100	KAROT YÜZÜ BİTİ (%)	RQD (%)	Ayrışma	Dayanım			Kırık	USGS	
21	K								78	15	II-III	III	Cr		ŞİST: Açık gri renkli orta dayanımlı, az orta ayrışmış, yer yer parçalı, eklem yüzeyleri az pürüzlü , okside olmuş sık çatlaklı.		
22																	
23	K								75	,8							
24																	
25	K								28	7	III-IV	III-IV	CI-I				
26																	
27	K								50	17							
28																	
29	K								73	20							
30																	
İNCE DANELİ / FINE GRAINED		BİRDANLI / COARSE GRAINED		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD		AYRIŞMA / WEATHERING											
N 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V-SOFT	N 0-4	ÇOK GÜÇLÜ	V-LOOSE	N 5-10	GÜÇLÜ	LOOSE	N 10-20	ORTA	ORTA	N 20-30	ÇOK ZİYF	V-POOR	I	TAZE	FRESH
N 2-4	YUMUŞAK	SOFT	N 4-10	GÜÇLÜ	LOOSE	N 10-20	ORTA	ORTA	N 20-30	ORTA	ORTA	N 30-40	ZİYF	POOR	II	AZ AYRIŞMIŞ	SLIGHTLY WEAT.
N 4-10	ORTA KÜTİ	MATTF	N 10-20	ORTA	MIDEN	N 20-30	ORTA	ORTA	N 30-40	ORTA	ORTA	N 40-50	ORTA	FUR	III	ORTA DERECEDE AYRIŞMIŞ	MID. WEAT.
N 10-20	KÜTİ	STIFF	N 20-30	ORTA	ORTA	N 30-40	ORTA	ORTA	N 40-50	ORTA	ORTA	N 50-60	ORTA	GOOD	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	HIGHLY WEAT.
N 20-30	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 30-40	ORTA	ORTA	N 40-50	ORTA	ORTA	N 50-60	ORTA	ORTA	N 60-70	ORTA	EXCELLENT	V	TAMAMEN AYRIŞMIŞ	COM. WEAT.
N 30-40	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 40-50	ORTA	ORTA	N 50-60	ORTA	ORTA	N 60-70	ORTA	ORTA	N 70-80	ORTA	EXCELLENT			
N 40-50	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 50-60	ORTA	ORTA	N 60-70	ORTA	ORTA	N 70-80	ORTA	ORTA	N 80-90	ORTA	EXCELLENT			
N 50-60	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 60-70	ORTA	ORTA	N 70-80	ORTA	ORTA	N 80-90	ORTA	ORTA	N 90-100	ORTA	EXCELLENT			
N 60-70	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 70-80	ORTA	ORTA	N 80-90	ORTA	ORTA	N 90-100	ORTA	ORTA	N 100-110	ORTA	EXCELLENT			
N 70-80	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 80-90	ORTA	ORTA	N 90-100	ORTA	ORTA	N 100-110	ORTA	ORTA	N 110-120	ORTA	EXCELLENT			
N 80-90	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 90-100	ORTA	ORTA	N 100-110	ORTA	ORTA	N 110-120	ORTA	ORTA	N 120-130	ORTA	EXCELLENT			
N 90-100	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 100-110	ORTA	ORTA	N 110-120	ORTA	ORTA	N 120-130	ORTA	ORTA	N 130-140	ORTA	EXCELLENT			
N 100-110	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 110-120	ORTA	ORTA	N 120-130	ORTA	ORTA	N 130-140	ORTA	ORTA	N 140-150	ORTA	EXCELLENT			
N 110-120	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 120-130	ORTA	ORTA	N 130-140	ORTA	ORTA	N 140-150	ORTA	ORTA	N 150-160	ORTA	EXCELLENT			
N 120-130	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 130-140	ORTA	ORTA	N 140-150	ORTA	ORTA	N 150-160	ORTA	ORTA	N 160-170	ORTA	EXCELLENT			
N 130-140	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 140-150	ORTA	ORTA	N 150-160	ORTA	ORTA	N 160-170	ORTA	ORTA	N 170-180	ORTA	EXCELLENT			
N 140-150	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 150-160	ORTA	ORTA	N 160-170	ORTA	ORTA	N 170-180	ORTA	ORTA	N 180-190	ORTA	EXCELLENT			
N 150-160	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 160-170	ORTA	ORTA	N 170-180	ORTA	ORTA	N 180-190	ORTA	ORTA	N 190-200	ORTA	EXCELLENT			
N 160-170	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 170-180	ORTA	ORTA	N 180-190	ORTA	ORTA	N 190-200	ORTA	ORTA	N 200-210	ORTA	EXCELLENT			
N 170-180	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 180-190	ORTA	ORTA	N 190-200	ORTA	ORTA	N 200-210	ORTA	ORTA	N 210-220	ORTA	EXCELLENT			
N 180-190	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 190-200	ORTA	ORTA	N 200-210	ORTA	ORTA	N 210-220	ORTA	ORTA	N 220-230	ORTA	EXCELLENT			
N 190-200	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 200-210	ORTA	ORTA	N 210-220	ORTA	ORTA	N 220-230	ORTA	ORTA	N 230-240	ORTA	EXCELLENT			
N 200-210	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 210-220	ORTA	ORTA	N 220-230	ORTA	ORTA	N 230-240	ORTA	ORTA	N 240-250	ORTA	EXCELLENT			
N 210-220	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 220-230	ORTA	ORTA	N 230-240	ORTA	ORTA	N 240-250	ORTA	ORTA	N 250-260	ORTA	EXCELLENT			
N 220-230	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 230-240	ORTA	ORTA	N 240-250	ORTA	ORTA	N 250-260	ORTA	ORTA	N 260-270	ORTA	EXCELLENT			
N 230-240	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 240-250	ORTA	ORTA	N 250-260	ORTA	ORTA	N 260-270	ORTA	ORTA	N 270-280	ORTA	EXCELLENT			
N 240-250	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 250-260	ORTA	ORTA	N 260-270	ORTA	ORTA	N 270-280	ORTA	ORTA	N 280-290	ORTA	EXCELLENT			
N 250-260	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 260-270	ORTA	ORTA	N 270-280	ORTA	ORTA	N 280-290	ORTA	ORTA	N 290-300	ORTA	EXCELLENT			
N 260-270	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 270-280	ORTA	ORTA	N 280-290	ORTA	ORTA	N 290-300	ORTA	ORTA	N 300-310	ORTA	EXCELLENT			
N 270-280	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 280-290	ORTA	ORTA	N 290-300	ORTA	ORTA	N 300-310	ORTA	ORTA	N 310-320	ORTA	EXCELLENT			
N 280-290	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 290-300	ORTA	ORTA	N 300-310	ORTA	ORTA	N 310-320	ORTA	ORTA	N 320-330	ORTA	EXCELLENT			
N 290-300	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 300-310	ORTA	ORTA	N 310-320	ORTA	ORTA	N 320-330	ORTA	ORTA	N 330-340	ORTA	EXCELLENT			
N 300-310	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 310-320	ORTA	ORTA	N 320-330	ORTA	ORTA	N 330-340	ORTA	ORTA	N 340-350	ORTA	EXCELLENT			
N 310-320	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 320-330	ORTA	ORTA	N 330-340	ORTA	ORTA	N 340-350	ORTA	ORTA	N 350-360	ORTA	EXCELLENT			
N 320-330	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 330-340	ORTA	ORTA	N 340-350	ORTA	ORTA	N 350-360	ORTA	ORTA	N 360-370	ORTA	EXCELLENT			
N 330-340	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 340-350	ORTA	ORTA	N 350-360	ORTA	ORTA	N 360-370	ORTA	ORTA	N 370-380	ORTA	EXCELLENT			
N 340-350	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 350-360	ORTA	ORTA	N 360-370	ORTA	ORTA	N 370-380	ORTA	ORTA	N 380-390	ORTA	EXCELLENT			
N 350-360	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 360-370	ORTA	ORTA	N 370-380	ORTA	ORTA	N 380-390	ORTA	ORTA	N 390-400	ORTA	EXCELLENT			
N 360-370	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 370-380	ORTA	ORTA	N 380-390	ORTA	ORTA	N 390-400	ORTA	ORTA	N 400-410	ORTA	EXCELLENT			
N 370-380	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 380-390	ORTA	ORTA	N 390-400	ORTA	ORTA	N 400-410	ORTA	ORTA	N 410-420	ORTA	EXCELLENT			
N 380-390	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 390-400	ORTA	ORTA	N 400-410	ORTA	ORTA	N 410-420	ORTA	ORTA	N 420-430	ORTA	EXCELLENT			
N 390-400	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 400-410	ORTA	ORTA	N 410-420	ORTA	ORTA	N 420-430	ORTA	ORTA	N 430-440	ORTA	EXCELLENT			
N 400-410	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 410-420	ORTA	ORTA	N 420-430	ORTA	ORTA	N 430-440	ORTA	ORTA	N 440-450	ORTA	EXCELLENT			
N 410-420	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 420-430	ORTA	ORTA	N 430-440	ORTA	ORTA	N 440-450	ORTA	ORTA	N 450-460	ORTA	EXCELLENT			
N 420-430	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 430-440	ORTA	ORTA	N 440-450	ORTA	ORTA	N 450-460	ORTA	ORTA	N 460-470	ORTA	EXCELLENT			
N 430-440	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 440-450	ORTA	ORTA	N 450-460	ORTA	ORTA	N 460-470	ORTA	ORTA	N 470-480	ORTA	EXCELLENT			
N 440-450	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 450-460	ORTA	ORTA	N 460-470	ORTA	ORTA	N 470-480	ORTA	ORTA	N 480-490	ORTA	EXCELLENT			
N 450-460	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 460-470	ORTA	ORTA	N 470-480	ORTA	ORTA	N 480-490	ORTA	ORTA	N 490-500	ORTA	EXCELLENT			
N 460-470	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 470-480	ORTA	ORTA	N 480-490	ORTA	ORTA	N 490-500	ORTA	ORTA	N 500-510	ORTA	EXCELLENT			
N 470-480	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 480-490	ORTA	ORTA	N 490-500	ORTA	ORTA	N 500-510	ORTA	ORTA	N 510-520	ORTA	EXCELLENT			
N 480-490	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 490-500	ORTA	ORTA	N 500-510	ORTA	ORTA	N 510-520	ORTA	ORTA	N 520-530	ORTA	EXCELLENT			
N 490-500	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 500-510	ORTA	ORTA	N 510-520	ORTA	ORTA	N 520-530	ORTA	ORTA	N 530-540	ORTA	EXCELLENT			
N 500-510	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 510-520	ORTA	ORTA	N 520-530	ORTA	ORTA	N 530-540	ORTA	ORTA	N 540-550	ORTA	EXCELLENT			
N 510-520	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 520-530	ORTA	ORTA	N 530-540	ORTA	ORTA	N 540-550	ORTA	ORTA	N 550-560	ORTA	EXCELLENT			
N 520-530	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 530-540	ORTA	ORTA	N 540-550	ORTA	ORTA	N 550-560	ORTA	ORTA	N 560-570	ORTA	EXCELLENT			
N 530-540	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 540-550	ORTA	ORTA	N 550-560	ORTA	ORTA	N 560-570	ORTA	ORTA	N 570-580	ORTA	EXCELLENT			
N 540-550	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 550-560	ORTA	ORTA	N 560-570	ORTA	ORTA	N 570-580	ORTA	ORTA	N 580-590	ORTA	EXCELLENT			
N 550-560	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 560-570	ORTA	ORTA	N 570-580	ORTA	ORTA	N 580-590	ORTA	ORTA	N 590-600	ORTA	EXCELLENT			
N 560-570	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 570-580	ORTA	ORTA	N 580-590	ORTA	ORTA	N 590-600	ORTA	ORTA	N 600-610	ORTA	EXCELLENT			
N 570-580	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 580-590	ORTA	ORTA	N 590-600	ORTA	ORTA	N 600-610	ORTA	ORTA	N 610-620	ORTA	EXCELLENT			
N 580-590	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 590-600	ORTA	ORTA	N 600-610	ORTA	ORTA	N 610-620	ORTA	ORTA	N 620-630	ORTA	EXCELLENT			
N 590-600	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N 600-610	ORTA	ORTA	N 610-620	ORTA	ORTA	N 620-630	ORTA</							

EK 3.4 SK-2 nolu kuyu logu

Proje Adı: Yenicekent HES

İL : DENİZLİ

SONDAJ YERİ

KONUMU

DERİNLİĞİ

KOTU

KOORDİNATLARI

Denizli

Yenicekent / Ertuğrul mevki

49 m.

258 m.

m (x) 4217810

m (y) 414564

Sondaj Yöntemi:

Sondör:

Mühendis

Rotary

S.Erdem

H.Olgun

SONDAJ NO:

SK-2

Başlama Tarihi

Bitiş Tarihi

Y.A.S.S

SAYFA NO

1

22.06.2010

30.06.2010

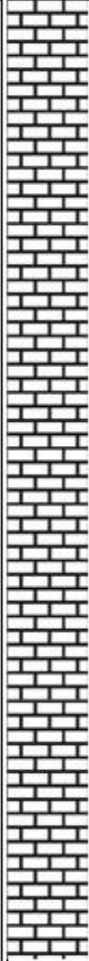
Yok

DERİNLİK (m)	Numune cinsi	0-15	15-30	30-45	N30	SPT Darbe adedi		KAYA ÖZELLİKLERİ						Litoloji	ZEMİN TANIMLAMASI	
						10	100	KAROT YÜZDESI (%)	RQD (%)	Ayrışma	Dayanım	Kırık	USGS			
1	K								34	0					Bitkisel Toprak	
2	K								33	0					KİLLİ KİREÇTAŞI (MARN): Açık grimsi beyaz renkli. Zayıf dayanımlı, orta-çok ayrılmış. Eklem yüzeyleri pürüzlü, parçalı.	
3	K								27	0						
4	K								40	0						
5	K								10	0						
6	K								67	0						
7	K														KİL: Koyu kahverengi, çakıllı kumlu silt KİL.	
8	K															
9	K															
10	SPT-1	25	50/15		R											
	K								55	0						
İNCEDANLI/FINE GRAINED		BİĞANLI/COARSE GRAINED		KAYA KALİTESİ TANIMI/ROD		AYRISMA/WEATHERING										
N 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V-SOFT	N 2-4	ÇOK GEYREK	V-LOOSE	N0-25	ÇOK ZAYIF	UPOR	I	TAJZ	FRESH					
N 2-4	YUMUŞAK	SOFT	N 4-10	GEYREK	LOOSE	N25-50	ZAYIF	POOR	II	AZ AYRISMA	SLIGHTLY WEAT.					
N 4-10	ORTA KUTU	M-STIFF	N 10-20	ORTA GEYREK	M-DENSE	N50-75	ORTA	FUR.	III	ORTA DERECEDE AYRISMA	MOD. WEAT.					
N 10-20	KATI	STIFF	N 20-40	GEYREK	DENSE	N75-90	İYİ	GOOD	IV	ÇOK AYRISMA	HIGHLY WEAT.					
N 20-40	ÇOK KATI	V-STIFF	N 40-60	ÇOK GEYREK	V-DENSE	N90-100	ÇOK İYİ	EXCELLENT	V	TAMAMEN AYRISMA	COMP. WEAT.					
N 40-60	ÇOK KATI	HARD														
DAYANIMLI/STRONG		KIRIKLAR/ FRACTURES (36cm)		GRANULAR PROPORTIONS		SPT		STANDARD PEN. DEPTH/STANDARD PEN. TEST								
I	DAYANIMLI	STRONG	1-2	GEYREK	WIDE	(W)	INC	RI	VST	VERY DEEP PEN. DEPTH/VERY DEEP PEN. TEST						
II	ORTA DAYANIMLI	M-STRONG	1-2	ORTA	MODERATE	(M)	N0 PEN. IZ SLIGHTLY	N0 PEN. IZ SLIGHTLY	UD	OR. SLEIGHLY NUNING/UNDISTURBED SAMPLE						
III	ORTA ZAYIF	M-WEAK	2-10	GEYREK	CLOSE	(C)	N0-15 IZ LITTLE	N0-20 IZ LITTLE	D	OR. SLEIGHLY NUNING/DISTURBED SAMPLE						
IV	ZAYIF	WEAK	10-20	ÇOK GEYREK	INTENSE	(I)	N15-25 ÇOK YERİ	N20-30 ÇOK YERİ	P	PROBATIONER DEPTH/PROBATIONER TEST						
V	ÇOK ZAYIF	VERY WEAK	20-40	PARÇALI	CRUSHED	(CP)	N25-50 VE İND		K	KAROT NUMUNESİ/CORE SAMPLE						

EK 3.5 SK-2 nolu kuyu logu

Proje Adı: Yenicekent HES										İL : DENİZLİ													
SONDAJ YERİ		Denizli		Sondaj Yöntemi:		Rotary		SONDAJ NO:		SAYFA NO													
KONUMU		Yenicekenet / Ertuğrul mevki		Sondör:		S.Erdem		SK-2		2													
DERİNLİĞİ		49 m.		Mühendis		H.Olgun																	
KOTU		258 m.						Başlama Tarihi		22.06.2010													
KOORDİNATLARI		m (x) 4217810						Bitiş Tarihi		30.06.2010													
		m (y) 414564						Y.A.S.S		Yok													
DERİNLİK (m)	Numune cinsi	0-15	15-30	30-45	N30	SPT Darbe adedi						KAYA ÖZELLİKLERİ					Litoloji	ZEMİN TANIMLAMASI					
						10	20	30	40	50	60	KAROTİZİYESİ (%)	RQD (%)	Ayrışma	Dayanım	Kırık			USGS				
11	K											67	33	II-III	II-III	W-M-CI		KRİSTALİZE KREÇTAŞI: Açık grimsi beyaz renkli Dayanımlı- orta dayanımlı, az- orta ayrılmış. Eklem yüzeyleri pürüzlü okside olmuş, seyrek orta-sık çatlaklı.					
12																							
13	K										51	0	II-III	II-III	W-M-CI								
14												56					5						
15	K													II-III	II-III	W-M-CI							
16																							
17	K										91	44,7	II-III	II-III	W-M-CI								
18																							
19	K											82	14	II-III	II-III	W-M-CI							
20													63						0				
İNCEDANLI/FINE GRAINED						BİRDANLI/COARSE GRAINED						KAYA KALİTESİ/TANIMI/BOC						AYRISMA / WEATHERING					
N	0-4	ÇOK YUMUŞAK	V-SOFT	N	0-4	ÇOK GEÇİŞKİN	V-LOOSE	N	0-25	ÇOK ZİYF	V-POOR	I	TAZE					FRESH					
N	5-10	YUMUŞAK	SOFT	N	5-10	GEÇİŞKİN	LOOSE	N	25-50	ZİYF	POOR	II	AZ AYRISMA					SLIGHTLY WEAT.					
N	11-20	ORTA KÜTÜ	M-STIFF	N	11-20	ORTA SIKI	M-DENSE	N	50-75	ORTA	FAR.	III	ORTA DERECEDE AYRISMA					MOD. WEAT.					
N	21-30	KÜTÜ	STIFF	N	31-40	SIKI	DENSE	N	75-100	İYİ	GOOD	IV	ÇOK AYRISMA					HIGHLY WEAT.					
N	16-30	ÇOK KÜTÜ	V-STIFF	N	41-50	ÇOK SIKI	V-DENSE	N	100-100	ÇOK İYİ	EXCELLENT	V	TAMAMEN AYRISMA					COMP. WEAT.					
N	41-50	SEKT	HARD																				
DAYANIMLI/STRENGTH						KIRIKLAR / FRACTURES (ÇACI)						GRANLAR / PROPORTIONS						SPT					
I	DÜŞÜK	STRONG	4-1	SEKT	WIDE	(W)		İNCİ		İYİ			STANDARD PEN. DENİYİ / STANDARD PEN. TEST										
II	ORTA DÜŞÜK	M-STRONG	1-2	ORTA	MODERATE	(M)		NİCE		NİCE			1000 DENİYİ / 1000 LB/INCH TEST										
III	ORTA ZİYF	M-WEAK	3-10	SIKI	CLOSE	(C)		NİCE		NİCE			ÖRNEK NUMUNESİ / UNDISTURBED SAMPLE										
IV	ZİYF	WEAK	10-20	ÇOK SIKI	INTENSE	(I)		NİCE		NİCE			ÖRNEK NUMUNESİ / DISTURBED SAMPLE										
V	ÇOK ZİYF	VERY WEAK	400	PURÇALI	CRUSHED	(C)		NİCE		NİCE			PRESURMETRE DENİYİ / PRESSURIMETER TEST										
								NİCE		NİCE			KAROTİ NUMUNESİ / CORE SAMPLE										

EK 3.6 SK-2 nolu kuyu logu

Proje Adı: Yenicekent HES										İL : DENİZLİ					
SONDAJ YERİ		Denizli		Sondaj Yöntemi:		Rotary		SONDAJ NO:		SAYFA NO					
KONUMU		Yenicekenet / Ertuğrul mevki		Sondör:		S.Erdem		SK-2		3					
DERİNLİĞİ		49 m.		Mühendis		H.Olgun									
KOTU		258 m.						Başlama Tarihi		22.06.2010					
KOORDİNATLARI		m (X) 4217810						Bitiş Tarihi		30.06.2010					
		m (Y) 414564						Y.A.S.S		Yok					
DERİNLİK (m)	Numune cinsi	0-15	15-30	30-45	N30	SPT Darbe adedi		KAYA ÖZELLİKLERİ						Litoloji	ZEMİN TANIMLAMASI
						10	100	KAROTİZİZE (%)	RQD (%)	Ayrışma	Dayanım	Kırık	USGS		
21	K							28	0						KRİSTALİZE KREÇTAŞI: Açık grimsi beyaz renkli Dayanımlı- orta dayanımlı, az- orta ayrılmış. Eklem yüzeyleri pürüzlü okside olmuş, seyrek orta-sık çatlaklı.
22							59	14							
23															
24	K							80	44						
25							80	25	II-III	II-III	W-M-CI				
26															
27	K							62	27						
28															
29															
30	K							92	40						
İNCESANLI/FINE GRAINED				BİĞANLI/COARSE GRAINED				KAYA KALİTESİ/TANIM/ROD				AYRIŞMA/WEATHERING			
N	0-2	ÇOK YUMUŞAK	V-SOFT	N	0-4	ÇOK GİRKİ	V-LOOSE	N	0-25	ÇOK ZİYF	V-POOR	I	TAZE	FRESH	
N	2-4	YUMUŞAK	SOFT	N	4-10	GİRKİ	LOOSE	N	25-50	ZİYF	POOR	II	AZ AYRIŞIŞ	SLIGHTLY WEAT.	
N	4-8	ORTA KÜTİ	MATTF	N	10-20	ORTA GİRKİ	MIDENGE	N	50-75	ORTA	FUR	III	ORTA DERECEDE AYRIŞIŞ	MOD. WEAT.	
N	8-12	KÜTİ	STIFF	N	20-40	GİRKİ	DENSE	N	75-90	İYİ	GOOD	IV	ÇOK AYRIŞIŞ	HIGHLY WEAT.	
N	12-20	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N	40-60	ÇOK GİRKİ	VDENSE	N	90-100	ÇOK İYİ	EXCELLENT	V	TAMAMEN AYRIŞIŞ	COMP. WEAT.	
N	>20	ZEYF	WUD												
DAYANIMLI/STRENGTH				KIRILAR/ FRACTURES (30cm)				ORANLAR/ PROPORTIONS				SPT			
I	DUYUNULU	STRONG		I-1	ZEYF	WIDE	(W)	İNCİ		İYİ		SPT	STANDARD PEN. DENİYİ/ STANDARD PEN. TEST		
II	ORTA DUYUNULU	MATRONG		I-2	ORTA	MODERATE	(M)	N2-PEK AZ SLIGHTLY		N2-PEK AZ SLIGHTLY		15T	15CM DENİYİ/ 15CM SHEAR TEST		
III	ORTA ZİYF	MUWEK		2-10	GİRKİ	CLOSE	(C)	N2-15 AZ LITTLE		N2-50 AZ LITTLE		UD	ÖRNEĞİNİN NUMUNE/ UNDISTURBED SAMPLE		
IV	ZİYF	WEK		10-20	ÇOK GİRKİ	INTENSE	(I)	N2-55 ÇOK YERİ		N2-50 ÇOK YERİ		D	ÖRNEĞİNİN NUMUNE/ DISTURBED SAMPLE		
V	ÇOK ZİYF	VERY WEK		>20	PURÇALI	CRUSHED	(C)	N2-50 VE ÜND				P	PRİSSİOMETRİK DENİYİ/ PRESSUREMETER TEST		
												K	KAROT NUMUNESİ/ CORE SAMPLE		

EK 3.7 SK-2 nolu kuyu logu

Proje Adı: Yenicekent HES										İL : DENİZLİ													
SONDAJ YERİ		Denizli		Sondaj Yöntemi:		Rotary		SONDAJ NO:		SAYFA NO													
KONUMU		Yenicekenet / Ertuğrul mevki		Sondör:		S.Erdem		SK-2		4													
DERİNLİĞİ		49 m.		Mühendis		H.Olgun																	
KOTU		258 m.						Başlama Tarihi		22.06.2010													
KOORDİNATLARI		m (X) 4217810						Bitiş Tarihi		30.06.2010													
		m (Y) 414564						Y.A.S.S		Yok													
DERİNLİK (m)		Numune cinsi		SPT Darbe adedi		KAYA ÖZELLİKLERİ						Litoloji	ZEMİN TANIMLAMASI										
						KAROT YUZESİ (%)		RQD (%)		Ayrışma				Dayanım		Kırık		USGS					
31		K				89		32		II-III		II-III		W-M-CI									
32		K				79		47															
33		K				90		0															
34		K				89		62															
35		K				80		41															
36		K				54																	
37		K																					
38		K																					
39		K																					
40		K																					
İNCESANLI/FINEGRAINED				BİĞANLI/COARSEGRAINED				KAYA KALİTESİ/TANIM/ROD				AYRIŞMA/WEATHERING											
N 0-2		ÇOKYUMUŞAK		V-SOFT		N 0-4		ÇOKGİRKİ		V-LOOSE		N 0-5		ÇOKZİYF		V-POOR		I		TAZE		FRESH	
N 2-4		YUMUŞAK		SOFT		N 5-10		GİRKİ		LOOSE		N 5-20		ZİYF		POOR		II		AZ AYRIŞIŞ		SLIGHTLY WEAT.	
N 4-8		ORTAKÜTİ		MATTF		N 11-20		ORTA GİRKİ		MIDENGE		N 20-75		ORTA		FUR		III		ORTA DERECEDE AYRIŞIŞ		MOD. WEAT.	
N 8-15		KÜTİ		STIFF		N 21-30		2M		DENSE		N 75-90		İYİ		GOOD		IV		ÇOK AYRIŞIŞ		HIGHLY WEAT.	
N 16-30		ÇOK KÜTİ		VERY STIFF		N 31-40		ÇOK GİRKİ		VDENSE		N 90-100		ÇOK İYİ		EXCELLENT		V		TAMAMEN AYRIŞIŞ		COMP. WEAT.	
N >30		2SPT		HARD																			
DAYANIMLI/STRENGTH				KIRILAR/ FRACTURES (30cm)				ORANLAR/ PROPORTIONS				SPT				STANDARD PEN. DENİYİ/ STANDARD PEN. TEST							
I		DUYUNULU		STRONG		+1		2SPT		WIDE		(W)		İNCE		(I)		15T		YENİ DENİYİ/ NEW SHEAR TEST			
II		ORTA DUYUNULU		MATRONG		1-2		ORTA		MODERATE		(M)		Nİ POKUZ SLIGHTLY		Nİ POKUZ SLIGHTLY		UD		ÖRNEĞİNİN NUMUNE/ UNDISTURBED SAMPLE			
III		ORTA ZİYF		MUWEK		2-10		2M		CLOSE		(C)		Nİ-15 AZ LITTLE		Nİ-20 AZ LITTLE		D		ÖRNEĞİNİN NUMUNE/ DISTURBED SAMPLE			
IV		ZİYF		WEAK		10-20		ÇOK GİRKİ		INTENSE		(I)		Nİ-25 ÇOK YERİ		Nİ-30 ÇOK YERİ		P		PRESİZİYONMETRE DENİYİ/ PRESSUREMETER TEST			
V		ÇOK ZİYF		VERY WEAK		>20		PURÇALI		CRUSHED		(C)		Nİ-30 VE ÜND				K		KAROT NUMUNESİ/ CORE SAMPLE			

EK 3.8 SK-2 nolu kuyu logu

Proje Adı: Yenicekent HES										İL : DENİZLİ					
SONDAJ YERİ		Denizli				Sondaj Yöntemi:		Rotary		SONDAJ NO:		SAYFA NO			
KONUMU		Yenicekenet / Ertuğrul mevki				Sondör:		S.Erdem		SK-2		5			
DERİNLİĞİ		49 m.				Mühendis		H.Olgun							
KOTU		258 m.								Başlama Tarihi		22.06.2010			
KOORDİNATLARI		m (X) 4217810								Bitiş Tarihi		30.06.2010			
		m (Y) 414564								Y.A.S.S		Yok			
DERİNLİK (m)		Numune cinsi				KAYA ÖZELLİKLERİ						Litoloji		ZEMİN TANIMLAMASI	
		0-15													
		15-30													
		30-45													
		N30													
		SPT Darbe adedi													
		10													
		100													
41															
42		K				67						33			
43															
44		K				96						61			
45		K				87						38		II-III	
46														II-III	
47		K				97						70		W-M-CI	
48															
49		K				87						30			

EK 3.9 SK-3 nolu kuyu logu

Proje Adı: Yenicekent HES										İL : DENİZLİ					
SONDAJ YERİ		Denizli			Sondaj Yöntemi:		Rotary		SONDAJ NO:		SAYFA NO				
KONUMU		Yenicekenet / Ertuğrul mevki			Sondör:		S.Erdem		SK-3		1				
DERİNLİĞİ		41,00 m					H.Olgun								
KOTU		242,00							Başlama Tarihi		02.07.2010				
KOORDİNATLARI		m (X) 4217756							Bitiş Tarihi		08.07.2010				
		m (Y) 414534							Y.A.S.S		Yok				
DERİNLİK (m)		Numune cinsi			SPT Darbe adedi		KAYA ÖZELLİKLERİ				Litoloji		ZEMİN TANIMLAMASI		
		0-15			15-30			30-45			N30				

EK 3.10 SK-3 nolu kuyu logu

Proje Adı: Yenicekent HES										İL : DENİZLİ																			
SONDAJ YERİ		Denizli				Sondaj Yöntemi:		Rotary		SONDAJ NO:		SAYFA NO																	
KONUMU		Yenicekenet / Ertuğrul mevki				Sondör:		S.Erdem		SK-3		2																	
DERİNLİĞİ		41,00 m				Mühendis		H.Olgun																					
KOTU		242,00								Başlama Tarihi		02.07.2010																	
KOORDİNATLARI		m (X) 4217756								Bitiş Tarihi		08.07.2010																	
		m (Y) 414534								Y.A.S.S		Yok																	
DERİNLİK (m)		Numune cinsi		0-15		15-30		30-45		N30		SPT Darbe adedi		KAYA ÖZELLİKLERİ		Litoloji		ZEMİN TANIMLAMASI											
														KAROT YILIZI ESİ (%)		RQD (%)		Ayrışma		Dayanım		Kırık		USGS					
11		K														45		8		III		III		Cl-Cr				KRİSTALİZE KREÇTAŞI: Açık grimsi beyaz renkli. Aralan kil dolgulu, orta dayanımlı, orta ayrışmış. Eklem yüzeyleri pürüzlü, okside olmuş, sık çatlaklı.	
12																													
13		K														70		22											
14		K														100		62											
15																													
16		K														75		38		II-III		II-III		W-M-Cl				KRİSTALİZE KREÇTAŞI: Açık grimsi beyaz renkli. Dayanımlı-orta dayanımlı, az-orta ayrışmış. Eklem yüzeyleri pürüzlü, okside olmuş, seyrek-orta-sık çatlaklı, yer yer parçalı.	
17																													
18																													
19		K														48		12											
20																													
İNCESANLI/FINEGRAINED				BİĞANLI/COARSEGRAINED				KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD				AYRIŞMA / WEATHERING																	
N 0-2 ÇOK YUMUŞAK V-SOFT				N 0-4 ÇOK GİRKİ V-LOOSE				N 0-5 ÇOK ZİYF V-POOR				I TAZE				FRESH													
N 2-4 YUMUŞAK SOFT				N 4-10 GİRKİ LOOSE				N 5-10 ZİYF POOR				II AZ AYRIŞIK				SLIGHTLY WEAT.													
N 4-6 ORTA KÜTİ MATTF				N 11-30 ORTA GİRKİ MIDENGE				N 10-15 ORTA FUR				III ORTA DERECEDE AYRIŞIK				MOD. WEAT.													
N 6-12 KÜTİ STIFF				N 31-50 GİRKİ DENSE				N 15-20 İYİ GOOD				IV ÇOK AYRIŞIK				HIGHLY WEAT.													
N 14-20 ÇOK KÜTİ V-STIFF				N 51-100 ÇOK GİRKİ VDENSE				N 20-30 ÇOK İYİ EXCELLENT				V TAMAMEN AYRIŞIK				COMP. WEAT.													
N 100 SPT HARD																													
DAYANIMLILIK/STRENGTH				KIRIKLAR / FRACTURES (30cm)				ORANLAR / PROPORTIONS				SPT				STANDURT PEN. DENİYİ/STANDURT PEN. TEST													
I DUYUNULU STRONG				W1 ŞİRKİ WIDE (W)				ICE İRI				1ST				1ST PEN. DENİYİ/1ST PEN. TEST													
II ORTA DUYUNULU MATRONG				1-2 ORTA MODERATE (M)				NE PERKUZ SLIGHTLY NE PERKUZ SLIGHTLY				UD				ÖRNEKLENMEYEN NUMUNE/UNDISTURBED SAMPLE													
III ORTA ZİYF MUWEK				3-10 ŞİRKİ CLOSE (C)				NE PERKUZ LITTLE NE PERKUZ LITTLE				D				ÖRNEKLENMEYEN NUMUNE/DISTURBED SAMPLE													
IV ZİYF WEK				10-50 ÇOK GİRKİ INTENSE (I)				NE PERKUZ VERY NE PERKUZ VERY				P				PROBİYONSTRİRENDİYİ/PROBİYONSTRİRENDİYİ TEST													
V ÇOK ZİYF VERY WEK				50 PURÇALI CRUSHED (C)				NE PERKUZ UND NE PERKUZ UND				K				KAROT NUMUNESİ/CORE SAMPLE													

EK 3.11 SK-3 nolu kuyu logu

Proje Adı: Yenicekent HES

İL : DENİZLİ

SONDAJ YERİ		Denizli		Sondaj Yöntemi:		Rotary		SONDAJ NO:		SAYFA NO	
KONUMU		Yenicekent / Ertuğrul mevki		Sondör:		S.Erdem		SK-3		3	
DERİNLİĞİ		41,00 m		Mühendis		H.Olgun					
KOTU		242,00						Başlama Tarihi		02.07.2010	
KOORDİNATLARI		m (x) 4217756						Bitiş Tarihi		08.07.2010	
		m (y) 414534						Y.A.S.S		Yok	

DERİNLİK (m)	Numune cinsi	0-15	15-30	30-45	N30	SPT Darbe adedi	KAYA ÖZELLİKLERİ						Litoje	ZEMİN TANIMLAMASI
							10				100	KAROTYİZİBİ (kg)		
21	K								52	0				KRİSTALİZE KREÇTAŞI: Açık grimsi beyaz renkli. Dayanımlı-orta dayanımlı, az-orta ayrılmış. Eklem yüzeyleri pürüzlü, okside olmuş, seyrek-orta-sık çatlaklı, yer yer parçalı.
22														
23	K							75	11					
24	K							90	54					
25														
26	K							67	36					
27	K							75	38					
28	K							60	12					
29	K							55	0					
30														

İNCEDANLI/FINE GRAINED				BİDANLI/COARSE GRAINED				KAYA KALİTESİ/TANIRI/ROQ				AYRIŞMA/WEATHERING			
N	0-4	ÇOK YUMUŞAK	V-SOFT	N	0-4	ÇOK GEYREK	V-LOOSE	N0-25	ÇOK ZİYF	V-POOR	I	TAZE	FRESH		
N	5-9	YUMUŞAK	SOFT	N	5-10	GEYREK	LOOSE	N25-50	ZİYF	POOR	II	AZ AYRIŞIK	SLIGHTLY WEAT.		
N	10-14	ORTA KATI	M-ATFF	N	11-20	ORTA SAK	M-DENSE	N50-75	ORTA	FUR	III	ORTA DERECEDE AYRIŞIK	MOD. WEAT.		
N	15-19	KATI	ATFF	N	21-30	SAK	DENSE	N75-90	İYİ	GOOD	IV	ÇOK AYRIŞIK	HIGHLY WEAT.		
N	20-24	ÇOK KATI	V-ATFF	N	31-40	ÇOK SAK	V-DENSE	N90-100	ÇOK İYİ	EXCELLENT	V	TANIMAYAN AYRIŞIK	CONCR. WEAT.		
N	25-29	ÇOK KATI	V-ATFF	N	41-50	ÇOK SAK	V-DENSE	N90-100	ÇOK İYİ	EXCELLENT	V	TANIMAYAN AYRIŞIK	CONCR. WEAT.		
N	30-34	ÇOK KATI	V-ATFF	N	51-60	ÇOK SAK	V-DENSE	N90-100	ÇOK İYİ	EXCELLENT	V	TANIMAYAN AYRIŞIK	CONCR. WEAT.		
N	35-39	ÇOK KATI	V-ATFF	N	61-70	ÇOK SAK	V-DENSE	N90-100	ÇOK İYİ	EXCELLENT	V	TANIMAYAN AYRIŞIK	CONCR. WEAT.		
N	40-44	ÇOK KATI	V-ATFF	N	71-80	ÇOK SAK	V-DENSE	N90-100	ÇOK İYİ	EXCELLENT	V	TANIMAYAN AYRIŞIK	CONCR. WEAT.		
N	45-49	ÇOK KATI	V-ATFF	N	81-90	ÇOK SAK	V-DENSE	N90-100	ÇOK İYİ	EXCELLENT	V	TANIMAYAN AYRIŞIK	CONCR. WEAT.		
N	50-54	ÇOK KATI	V-ATFF	N	91-100	ÇOK SAK	V-DENSE	N90-100	ÇOK İYİ	EXCELLENT	V	TANIMAYAN AYRIŞIK	CONCR. WEAT.		

DAYANIMLILIK/STRENGTH				KIRILAR/ FRACTURES (JACH)				GRANILAR/ PROPORTIONS				SPT		STANDARD PEN. DENEYİ/ STANDARD PEN. TEST			
I	DUYUNULU	STRONG	4-1	SEYREK	WIDE	(W)		İNCE	(R)			15T	VEYH DENEYİ/ VANE SHEAR TEST				
II	ORTA DUYUNULU	M-STRONG	1-2	ORTA	MODERATE	(M)		N0-15 AZ LİTLE	N0-15 AZ LİTLE			10D	ÖRSELENİMLİS NUMUNE/ UNDISTURBED SAMPLE				
III	ORTA ZİYF	M-WEAK	2-10	SAK	CLOSE	(C)		N0-15 AZ LİTLE	N0-20 AZ LİTLE			5D	ÖRSELENİMLİS NUMUNE/ DISTURBED SAMPLE				
IV	ZİYF	WEAK	10-20	ÇOK SAK	INTENSE	(I)		N0-20 ÇOK YİYER	N0-20 ÇOK YİYER			5P	PRESİOMETRE DENEYİ/ PRESSUREMETER TEST				
V	ÇOK ZİYF	VERY WEAK	20-40	PURÇALI	CRUSHED	(CP)		N0-20 VE İND				5K	KAROT NUMUNESİ/ CORE SAMPLE				

EK 3.12 SK-3 nolu kuyu logu

Proje Adı: Yenicekent HES										İL : DENİZLİ				
SONDAJ YERİ		Denizli			Sondaj Yöntemi:		Rotary		SONDAJ NO:		SAYFA NO			
KONUMU		Yenicekenet / Ertuğrul mevki			Sondör:		S.Erdem		SK-3		4			
DERİNLİĞİ		41,00 m			Mühendis		H.Olgun							
KOTU		242,00							Başlama Tarihi		02.07.2010			
KOORDİNATLARI		m (X) 4217756							Bitiş Tarihi		08.07.2010			
		m (Y) 414534							Y.A.S.S		Yok			
DERİNLİK (m)		Numune cinsi			SPT Darbe adedi		KAYA ÖZELLİKLERİ				Litoloji		ZEMİN TANIMLAMASI	
		0-15												
		15-30												
		30-45												
		N30												

[illegible]

EK 3.14 SK-13 nolu kuyu logu

Proje Adı: Yeniccekent HES

İL : DENİZLİ

SONDAJ YERİ

KONUMU

DERİNLİĞİ

KOTU

KOORDİNATLARI

m (x)

m (y)

Denizli

Tünel 1 (Km:0+300)

20,00m

210,60

420266

415170

Sondaj Yöntemi:

Sondör:

Mühendis

Rotary

S.Erdem

H.Olgun

SONDAJ NO:

SK-13

Başlama Tarihi

Bitiş Tarihi

Y.A.S.S

30.10.2010

01.11.2010

Yok

SAYFA NO

1

DERİNLİK (m)

Numune cinsi

0-15

15-30

30-45

N30

SPT Darbe adedi

10

100

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

K

K

K

K

K

K

K

K

K

K

31

35

33

33

26

49

67

0

0

8

0

11

23

11

KAROTYUZUNLUĞU (m)

RQD (%)

Ayrışma

Dayanım

Kırık

USGS

Litoloji

DOLGU: Açık sarımsı beyaz renkli, kireçtaşı kökenli blok moloz ve çakıllar. Çakıllar köşeli.

ZEMİN TANIMLAMASI

İNCEDANLI/FINE GRAINED

0-2 ÇOK YUMUŞAK V-SOFT

2-4 YUMUŞAK SOFT

2-4 ORTA KÜTİ M-ATFF

4-12 KÜTİ ATFF

14-50 ÇOK KÜTİ V-ATFF

40 SEK HARD

BİDANLI/COARSE GRAINED

0-4 ÇOK GE/SEK V-LOOSE

2-10 GE/SEK LOOSE

11-20 ORTA SEK M-DENSE

21-40 SEK DENSE

40 ÇOK SEK V-DENSE

KAYA KALİTESİ TANIMI/ROQ

N-0-25 ÇOK ZİYF V-POOR

N-25-50 ZİYF POOR

N-50-75 ORTA FUR

N-75-90 M GOOD

N-90-100 ÇOK M EXCELLENT

AYRIŞMA/WEATHERING

I TAZE

II AZ AYRIŞIK

III ORTA DERECEDE AYRIŞIK

IV ÇOK AYRIŞIK

V TANIMAZ AYRIŞIK

FRESH

SLIGHTLY WEAT.

MOD. WEAT.

HIGHLY WEAT.

CONCR. WEAT.

DAYANIMLI/STRONG

I DAYANIMLI

II ORTA DAYANIMLI

III ORTA ZİYF

IV ZİYF

V ÇOK ZİYF

STRONG

M-STRONG

M-WEAK

WEAK

VERY WEAK

KIRILAR/ FRACTURES (JACS)

1-2 SEK

2-10 ORTA

10-20 ÇOK GEK

40 BURÇUKLU

WIDE

MODERATE

CLOSE

INTENSE

CRUSHED

ORANLAR/ PROPORTIONS

N-0-25

N-25-50

N-50-75

N-75-90

N-90-100

RI

SLIGHTLY

LITTLE

VERY

UND

SPT

127

UD

D

P

K

STANDART PEN. DENEYİ/ STANDARD PEN. TEST

YENİ DENEY/ NEW SHIELD TEST

ÖRSELENMİŞ NUMUNE/ UNDISTURBED SAMPLE

ÖRSELENMİŞ NUMUNE/ DISTURBED SAMPLE

PRESSOMETRE DENEYİ/ PRESSUREMETER TEST

KAROT NUMUNESİ/ CORE SAMPLE

EK 3.15 SK-13 nolu kuyu logu

Proje Adı: Yenicekent HES

İL : DENİZLİ

SONDAJ YERİ		Denizli		Sondaj Yöntemi: Rotary		SONDAJ NO:		SAYFA NO	
KONUMU		Tünel 1 (Km:0+300)		Sondör: S.Erdem		SK-13		2	
DERİNLİĞİ		20,00m		Mühendis H.Olgun					
KOTU		210,60				Başlama Tarihi		30.10.2010	
KOORDİNATLARI		m (X) 420266				Bitiş Tarihi		01.11.2010	
		m (Y) 415170				Y.A.S.S		Yok	

DERİNLİK (m)	Numune cinsi	0-15	15-30	30-45	N30	KAYA ÖZELLİKLERİ										Litoloji	ZEMİN TANIMLAMASI			
						SPT Darbe adedi														
						10						KAROT YÜZÜBİ (%)	RQD (%)	Ayrışma	Dayanım	Kırık	USGS			
11	K												33	0						DOLGU: Açık sarımsı beyaz renkli, kireçtaşı kökenli blok moloz ve çakıllar. Çakıllar köşeli
12													33	0						
13	K																			
14													50	17						
15	K												79	48					ŞİST: Koyu kahverengimsi gri renkli. Orta-zayıf dayanımlı, orta-çok ayrılmış. Eklem yüzeyleri pürüzlü, okside olmuş, sık-çok sık çatlaklı-parçalı.	
16	K												62	25						
17	K												67	0						
18																				
19	K												71	16						
20																				
İNCE DANELİ / FINE GRAINED		BİRDANLI / COARSE GRAINED		KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD		AYRISMA / WEATHERING														
N	0-2	ÇOK YUMUŞAK	V-SOFT	N	0-4	ÇOK GÜÇLÜ	V-LOOSE	N	0-25	ÇOK ZAYIF	V-POOR	I	TAZE		FRESH					
N	2-4	YUMUŞAK	SOFT	N	4-10	GÜÇLÜ	LOOSE	N	25-50	ZAYIF	POOR	II	AZ AYRISIM		SLIGHTLY WEAT.					
N	4-6	ORTA KÜTİ	MATTF	N	10-20	ORTA GÜÇLÜ	MID-LOOSE	N	50-75	ORTA	FUR	III	ORTA DERECEDE AYRISIM		MOD. WEAT.					
N	6-12	KÜTİ	STIFF	N	20-30	GÜÇLÜ	DENSE	N	75-90	İYİ	GOOD	IV	ÇOK AYRISIM		HIGHLY WEAT.					
N	12-20	ÇOK KÜTİ	VERY STIFF	N	30-40	ÇOK GÜÇLÜ	VERY DENSE	N	90-100	ÇOK İYİ	EXCELLENT	V	TAMAMEN AYRISIM		COARSE WEAT.					
N	40	SPT	MURD																	
DAYANIMLI / STRONG				KIRILAR / FRACTURES (30cm)				GRANLAR / PROPORTIONS				SPT	STANDARD PEN. DEYİ / STANDARD PEN. TEST							
I	DUYUNULU			STRONG	±1	SEYİRKİ	WIDE	(W)	İÇE		(R)	VST	100N DENYİ / 1000 LB DENYİ TEST							
II	ORTA DUYUNULU			MATRONG	1-2	ORTA	MODERATE	(M)	Nİ POK AZ SLIGHTLY		Nİ POK AZ SLIGHTLY	UD	ÖRNEĞİNİN NUMUNE / UNDISTURBED SAMPLE							
III	ORTA ZAYIF			MUWEK	2-10	ŞİRKİ	CLOSE	(C)	Nİ POK AZ LITTLE		Nİ POK AZ LITTLE	D	ÖRNEĞİNİN NUMUNE / DISTURBED SAMPLE							
IV	ZAYIF			WEK	10-20	ÇOK ŞİRKİ	INTENSE	(I)	Nİ POK AZ VERY		Nİ POK AZ VERY	P	PRESSOMETRİ / PRESSUREMETER TEST							
V	ÇOK ZAYIF			VERY WEK	40	PARÇALI	CRUSHED	(CR)	Nİ POK AZ VERY		Nİ POK AZ VERY	K	KÜROT NUMUNE / CORE SAMPLE							

EK-4 Jeoteknik Loglama Parametreleri Sonuçları**EK-4.1 SK-1 nolu Sondajın Jeoteknik Loglama Parametreleri Sonuçları**

SK-1 Nolu Sondajında yapılan ölçümler					
Kademe (m)	TKV (%)	SKV(%)	RQD(%) *	FF (çatlak sayısı/m)	Jv (çatlak sayısı/m ³) **
1 - 1,5	28,6	0,0	0	0	-
1,5 - 3,0	31,3	4,0	0	0	-
3 - 5,0	25,0	2,5	0	0	-
5,0 - 8,0	30,0	0,0	0	0	-
8,0 - 9,5	21,0	2,0	0	0,7	34
9,5 - 11,0	30,0	0,0	0	0,0	34
11,0 - 12,5	24,0	4,6	5	0,7	33
12,5 - 13,5	64,0	0,0	0	0,0	34
13,5 - 14,0	74,0	0,0	0	0,0	34
14,0 - 15,0	42,0	2,6	26	0,7	26
15,0 - 16,0	100,0	63,0	55	7,0	18
16,0 - 17,0	100,0	87,0	65	10,0	15
17,0 - 18,0	100,0	62,0	46	8,0	20
18,0 - 20,0	86,0	66,0	46	5,5	20
20,0 - 22,0	78,0	42,0	15	2,0	30
22,0 - 24,0	75,0	55,0	38	7,0	23
24,0 - 26,0	27,5	10,0	7	1,0	32
26,0 - 27,5	50,0	30,0	17	2,7	29
27,5 - 30,0	72,5	34,4	20	5,2	28

TKV: Toplam Karot Verimi**SKV:** Sağlam Karot Verimi**RQD:** Kaya Kalite Göstergesi**FF:** Ekleme Sıklığı**Jv:** Hacimsel Çatlak Sayısı

RQD	Kaya Kalite Göstergesi	Blok Boyutu	Jv
0-25	Çok Zayıf	Çok geniş bloklar	< 1
25-50	Zayıf	Geniş bloklar	1-3
50-75	Orta	Orta büyüklükte bloklar	3-10
75-90	İyi	Küçük bloklar	10-30
90-100	Çok İyi	Çok küçük bloklar	> 30
*Deere, 1964		** ISRM, 1981	

EK-4.2 SK-2 nolu Sondajın Jeoteknik Loglama Parametreleri Sonuçları

SK-2 Nolu Sondajında yapılan ölçümler					
Kademe (m)	TKV (%)	SKV(%)	RQD(%) *	FF (çatlak sayısı/m)	Jv (çatlak sayısı/m ³) **
0 - 1,5	34,0	0,0	0,0	0,0	-
1,5 - 3,0	32,7	0,0	0,0	0,0	-
3,0 - 4,5	26,7	0,0	0,0	0,0	-
4,5 - 7,5	25,0	0,0	0,0	0,0	-
7,5 - 9,0	66,7	0,0	0,0	0,0	-
9,0 - 10,5	55,3	23,3	0,0	8,0	34
10,5 - 12,0	66,7	35,3	33,3	4,7	24
12,0 - 13,0	51,00	33,00	0,0	7,00	34
13,0 - 15,0	56,00	14,00	5,0	3,50	33
15,0 - 16,5	91,33	51,33	44,7	4,67	21
16,5 - 17,2	64,29	45,71	14,3	10,00	30
17,2 - 18,5	81,54	0,51	0,3	5,38	34
18,5 - 20,0	62,67	19,33	0,0	7,33	34
20,0 - 20,8	27,50	0,35	0,2	6,25	34
20,8 - 22,5	58,82	27,06	14,1	6,47	30
22,5 - 24,5	80,00	64,50	43,5	5,50	21
24,5 - 25,8	79,23	53,85	25,4	12,31	27
25,8 - 27,7	62,63	45,79	26,8	7,37	26
27,7 - 30,5	92,34	63,40	40,4	8,09	22
30,5 - 32,0	88,67	66,67	32,0	13,33	25
32,0 - 33,8	79,44	47,78	46,7	6,67	20
33,8 - 34,0	90,00	90,00	0,0	10,00	34
34,0 - 37,0	89,33	78,67	62,3	7,67	15
37,0 - 39,3	80,43	61,30	40,9	14,35	22
39,3 - 40,8	98,00	89,33	54,0	9,33	18
40,8 - 42,0	66,67	42,50	33,3	5,83	24
42,0 - 44,3	95,65	79,13	61,3	6,96	16
44,3 - 45,3	87,00	71,00	38,0	10,00	23
45,3 - 47,5	96,82	90,00	69,5	6,82	13
47,5 - 49,0	87,33	62,67	30,0	12,00	25

TKV: Toplam Karot Verimi**SKV:** Sağlam Karot Verimi**RQD:** Kaya Kalite Göstergesi**FF:** Eklem Sıklığı**Jv:** Hacimsel Çatlak Sayısı

RQD	Kaya Kalite Göstergesi	Blok Boyutu	Jv
0-25	Çok Zayıf	Çok geniş bloklar	< 1
25-50	Zayıf	Geniş bloklar	1-3
50-75	Orta	Orta büyüklükte bloklar	3-10
75-90	İyi	Küçük bloklar	10-30
90-100	Çok İyi	Çok küçük bloklar	> 30
*Deere, 1964		** ISRM, 1981	

EK-4.3 SK-3 nolu Sondajın Jeoteknik Loglama Parametreleri Sonuçları

SK-3 Nolu Sondajında yapılan ölçümler					
Kademe (m)	TKV (%)	SKV(%)	RQD(%) *	FF (çatlak sayısı/m)	Jv (çatlak sayısı/m ³) **
0 - 3,0	46,0	0,0	0,0	0,0	-
3,0 - 4,5	30,0	0,0	0,0	0,0	-
4,5 - 6,0	38,0	0,0	0,0	0,0	-
6,0 - 7,5	69,3	0,0	0,0	0,0	-
7,5 - 9,0	35,3	11,3	7,3	2,0	-
9,0 - 12,0	40,0	15,0	12,3	2,0	31
12,0 - 13,2	76,7	48,33	36,7	5,83	23
13,2 - 14,5	96,9	84,62	68,5	5,38	13
14,5 - 17,5	71,7	70,00	61,0	4,67	16
17,5 - 19,5	42,5	47,50	52,5	4,00	18
19,5 - 22,0	44,8	26,00	26,0	2,00	26
22,0 - 23,5	76,0	40,00	28,7	5,33	26
23,5 - 25,0	89,3	65,33	60,0	5,33	16
25,0 - 26,5	66,7	40,67	40,7	2,67	22
26,5 - 27,5	67,0	50,00	40,0	5,00	22
27,5 - 28,5	60,0	36,00	23,0	5,00	27
28,5 - 29,5	58,0	36,00	23,0	5,00	27
29,5 - 31,7	68,6	37,27	36,4	3,18	23
31,7 - 33,5	79,4	67,22	49,4	4,44	19
33,5 - 34,8	26,9	77,69	65,4	5,38	14
34,8 - 35,2	58,3	35,00	0,0	5,00	34
35,2 - 38,0	33,6	13,21	8,2	2,14	32
38,0 - 39,2	65,0	53,33	53,3	2,50	18
39,2 - 41,0	55,6	18,75	18,8	1,25	29

TKV: Toplam Karot Verimi**SKV:** Sağlam Karot Verimi**RQD:** Kaya Kalite Göstergesi**FF:** Eklem Sıklılığı**Jv:** Hacimsel Çatlak Sayısı

RQD	Kaya Kalite Göstergesi	Blok Boyutu	Jv
0-25	Çok Zayıf	Çok geniş bloklar	< 1
25-50	Zayıf	Geniş bloklar	1-3
50-75	Orta	Orta büyüklükte bloklar	3-10
75-90	İyi	Küçük bloklar	10-30
90-100	Çok İyi	Çok küçük bloklar	> 30
*Deere, 1964		** ISRM, 1981	

EK-4.4 SK-13 nolu Sondajın Jeoteknik Loglama Parametreleri Sonuçları

SK-13 Nolu Sondajında yapılan ölçümler					
Kademe (m)	TKV (%)	SKV(%)	RQD(%) *	FF (çatlak sayısı/m)	Jv (çatlak sayısı/m ³) **
0 - 1,5	31,3	0,0		0,0	-
1,5 - 3,0	35,3	30,0	0	8,0	-
3,0 - 4,5	33,3	21,3	8	5,3	32
4,5 - 6,0	33,3	8,7	0	4,0	-
6,0 - 7,0	26,0	11,0	11	1,0	31
7,0 - 8,5	49,3	40,7	23	5,3	27
8,5 - 10,0	66,7	50,0	11	8,0	31
10,0 - 11,5	33,3	0,0	0	0,0	-
11,5 - 13,0	33,3	2,0	0	2,7	-
13,0 - 15,0	50,0	24,5	17	3,5	29
15,0 - 15,8	78,8	52,5	48	10,0	20
15,8 - 16,4	61,7	50,0	25	8,3	27
16,4 - 17,0	66,7	0,0	0	0,0	34
17,0 - 20,0	70,7	45,0	16	11,3	29

TKV: Toplam Karot Verimi**SKV:** Sağlam Karot Verimi**RQD:** Kaya Kalite Göstergesi**FF:** Eklem Sıklığı**Jv:** Hacimsel Çatlak Sayısı

RQD	Kaya Kalite Göstergesi	Blok Boyutu	Jv
0-25	Çok Zayıf	Çok geniş bloklar	< 1
25-50	Zayıf	Geniş bloklar	1-3
50-75	Orta	Orta büyüklükte bloklar	3-10
75-90	İyi	Küçük bloklar	10-30
90-100	Çok İyi	Çok küçük bloklar	> 30
*Deere, 1964		** ISRM, 1981	

EK-5 Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları**EK-5-1 SK-1 Nolu kuyunun Tek Eksenli Basınç Dayanımı****SK-1 Nolu kuyunun Tek Eksenli Basınç Dayanımı**

	Şist	Şist	Şist
Proje Adı:	Yenicekent HES	Yenicekent HES	Yenicekent HES
Kuyu No	SK-1	SK-1	SK-1
Örnek No	K-1	K-2	K-3
Derinlik	15,75-16,00	16,10-16,30	18,00-18,25
Örnek Boyu	12,42 cm	12,65 cm	12,5 cm
Örnek Çapı	6,12 cm	6,13 cm	6,13 cm
Örnek Ağırlığı	978 gr	1010 gr	965 gr
Örnek Alanı	29,401704 cm ²	29,497867 cm ²	29,497867 cm ²
Kırılma Yüğü	14610 kg	15190 kg	13290 kg
Doğal Birim Ağırlığı	2,68 gr/cm ³	2,71 gr/cm ³	2,62 gr/cm ³
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	496,9 Kg/cm ²	515 Kg/cm ²	450,5 Kg/cm ²
	48,729 Mpa	50,504 Mpa	44,179 Mpa

	Mermer	Mermer	Mermer
Proje Adı:	Yenicekent HES	Yenicekent HES	Yenicekent HES
Kuyu No	SK-2	SK-2	SK-2
Örnek No	K-1	K-2	K-3
Derinlik	17,70-17,85 m	34,00-34,45 m	38,70-39,00m
Örnek Boyu	12,56 cm	9,56 cm	9,3 cm
Örnek Çapı	6,12 cm	4,14 cm	4,14 cm
Örnek Ağırlığı	1001 gr	347,24 gr	338,78 gr
Örnek Alanı	29,401704 cm ²	13,454586 cm ²	13,454586 cm ²
Kırılma Yüğü	19110 kg	7800 kg	8370 kg
Doğal Birim Ağırlığı	2,71 gr/cm ³	2,7 gr/cm ³	2,71 gr/cm ³
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	650 Kg/cm ²	579,7 Kg/cm ²	622,1 Kg/cm ²
	63,743 Mpa	56,849 Mpa	61,007 Mpa

EK-5-2 SK-1 Nolu kuyunun Tek Eksenli Basınç Dayanımının devamı**SK-2 Nolu kuyunun Tek Eksenli Basınç Dayanımı**

	Mermer	Mermer	Mermer
Proje Adı:	Yenicekent HES	Yenicekent HES	Yenicekent HES
Kuyu No	SK-2	SK-2	SK-2
Örnek No	K-4	K-5	K-6
Derinlik	43,40-43,70m	43,40-43,70m	46,20-46,50
Örnek Boyu	9,15 cm	9,4 cm	9,46 cm
Örnek Çapı	4,14 cm	4,15 cm	4,25 cm
Örnek Ağırlığı	332,08 gr	344,11 gr	352,87 gr
Örnek Alanı	13,454586 cm ²	13,519663 cm ²	14,179063 cm ²
Kırılma Yüğü	11560 kg	12090 kg	8580 kg
Doğal Birim Ağırlığı	2,7 gr/cm ³	2,71 gr/cm ³	2,63 gr/cm ³
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	859,2 Kg/cm ²	894,3 Kg/cm ²	605,1 Kg/cm ²
	84,259 Mpa	87,701 Mpa	59,340 Mpa

EK-5-3 SK-2 Nolu kuyunun Tek Eksenli Basınç Dayanımı**SK-1 Nolu kuyunun Tek Eksenli Basınç Dayanımı**

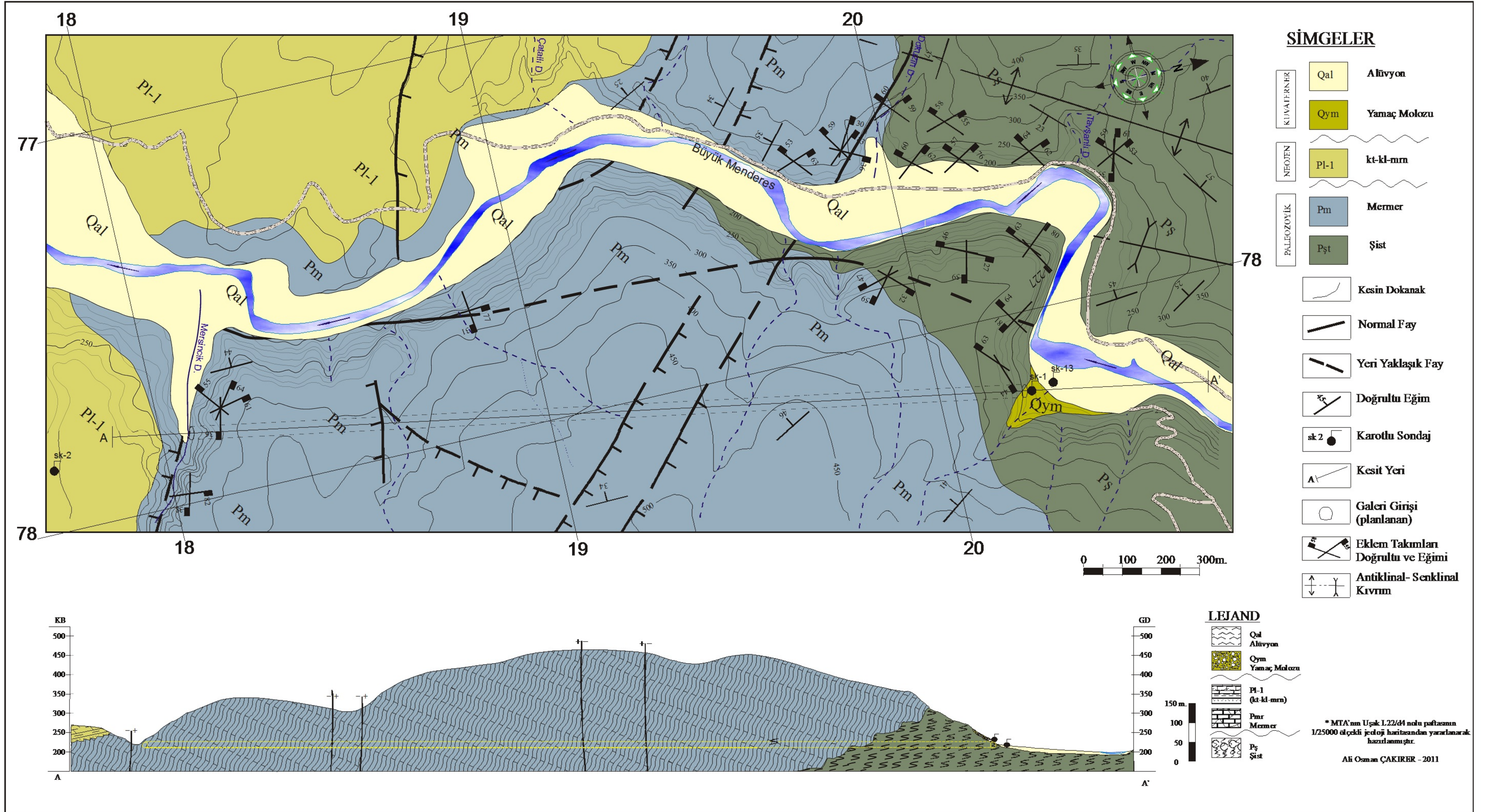
	Mermer	Mermer	Mermer
Proje Adı:	Yenicekent HES	Yenicekent HES	Yenicekent HES
Kuyu No	SK-3	SK-3	SK-3
Örnek No	K-1	K-2	K-3
Derinlik	13,50-13,90m	15,00-15,40m	24,80-25,00m
Örnek Boyu	12,44 cm	12,53 cm	12,52 cm
Örnek Çapı	6,13 cm	6,13 cm	6,13 cm
Örnek Ağırlığı	987 gr	993 gr	1034 gr
Örnek Alanı	29,497867 cm ²	19,497867 cm ²	29,497867 cm ²
Kırılma Yüğü	27100 kg	17680 kg	46870 kg
Doğal Birim Ağırlığı	2,69 gr/cm ³	2,69 gr/cm ³	2,8 gr/cm ³
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	918,7 Kg/cm ²	599,4 Kg/cm ²	1588,9 Kg/cm ²
	90,094 Mpa	58,781 Mpa	155,818 Mpa

EK-5-4 SK-1 Nolu kuyunun Tek Eksenli Basınç Dayanımı**SK-3 Nolu kuyunun Tek Eksenli Basınç Dayanımı**

	Mermer	Mermer
Proje Adı:	Yenicekent HES	Yenicekent HES
Kuyu No	SK-3	SK-3
Örnek No	K-4	K-5
Derinlik	27,25-27,50m	32,60-32,85
Örnek Boyu	12,5 cm	12,52 cm
Örnek Çapı	6,13 cm	6,12 cm
Örnek Ağırlığı	995 gr	996 gr
Örnek Alanı	29,497867 cm ²	29,401704 cm ²
Kırılma Yüğü	16690 kg	27550 kg
Doğal Birim Ağırlığı	2,7 gr/cm ³	2,71 gr/cm ³
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	565,8 Kg/cm ²	937 Kg/cm ²
	55,486 Mpa	91,888 Mpa

A portrait of a man with dark, curly hair, wearing a dark suit jacket, a white shirt, and a red and white striped tie. He is looking directly at the camera with a slight smile. The background is a dark, textured red.

YENİCEKENT HES - TÜNEL-1 GÜZERGAHININ 1/5.000 ÖLÇEKLİ JEOLojİ HARİTASI VE KESİTİ



Şekil 3.5. Çalışma alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası (MTA 1/25000 haritasından revize edilmiştir)