KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZURUM KIRIK TÜNELİ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

ÖZGÜR FATİH ÇÜMEN

KOCAELİ 2023

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZURUM KIRIK TÜNELİ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

ÖZGÜR FATİH ÇÜMEN

Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ
Danışman, Kocaeli Üniv. .....

Doç. Dr. Özkan CORUK
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Dr. Öğr. Üyesi Erkan BOZKURTOĞLU
Jüri Üyesi, İstanbul Teknik Üniv. .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 06.12.2022

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmasında,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

☐ Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

☒ Bu tez çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler Yüksel Proje A.Ş. tarafından 'Kırık – İspir Yolu Tünelli Geçişi ve Bağlantı Yolları Etüd ve Proje Danışmanlık Hizmetleri' proje kapsamında YJ-KIY-12-175-B1 rapor no'lu kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Özgür Fatih ÇÜMEN

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan ***"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"*** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

☐ Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.

☒ Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

Özgür Fatih ÇÜMEN

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Gelişen teknoloji ve dünya genelindeki hızlı artan insan nüfusu, ekonomik ve yaşam olanakları bakımından insanların büyük şehirlere olan göçleri yıllar içerisinde artan bir grafik sergilediği görülmüştür büyüyen hızlı ve düzensiz yapılaşma nedeniyle yeraltı yapılarına verilen değer gün geçtikçe önem kazanarak ihtiyaç haline gelmiştir. Ulaşım ağındaki mevcut karayolları toplumun ihtiyaçlarına yetersiz kalmakta olup gelişen teknoloji ile ihtiyaç duyulan ulaşım ağlarının konforlu, uygun maliyetli ve iklimsel olarak güvenli yeraltı yapılaşmasının ulaşımda tünellerin daha hızlı ve ekonomik olarak imal edilmeleri ile mümkün olmaktadır.

Bu tez çalışmasında, Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) ile imal edilecek olan, Türkiye'nin şuan ki yapılmakta olan mevcut karayolu tünellerinden uzunluk olarak en uzun 3. büyük tüneli Kırık tüneli'nin ön tasarımında rol oynayan tüm mühendislik jeolojisi özellikleri açıklanarak tünel yapısı ile olan etkileşimi incelenmiştir.

Bu tezin yazımı sırasında bilgi ve tecrübesiyle beni her zaman destekleyen tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ'a teşekkürü bir borç bilirim. Aynı zamanda yardımlarını esirgemeyen düzeltme ve önerileri için Sayın hocalarım Doç. Dr. Özkan CORUK'a ve Dr. Öğr. Üyesi Erkan BOZKURTOĞLU'na teşekkür ederim.

Bana her türlü desteği sağlayan Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. yönetici ve çalışanlarına çok teşekkür ederim. Bana her zaman destek veren, meslek hayatıma atılmamda en büyük yardımı dokunan Uluslararası Birleşmiş Müşavirler Müşavirlik Hizmetleri A.Ş. adına Celalettin KELEŞ'e beni proje boyunca kadrosundan hiç eksik etmeyen Proje Müdürüm Seza İnşaat adına Saim AÇIK'a değerli Tünel şeflerim Hidayet KILIÇ ve Egemen ON'a değerli abim Nihat GÜNEŞ'e teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak, beni bugünlere getiren Aileme, ve her zaman yanımda olan bana yardımlarını esirgemeyen sevgili eşim Eda ÇÜMEN'e, çocuklarıma ve abim Harun ÇÜMEN'e, kardeşim İbrahim ÇÜMEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Aralık – 2022 Özgür Fatih ÇÜMEN

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
ŞEKİLLER DİZİNİ x
TABLOLAR DİZİNİ xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xx
ÖZET xxii
ABSTRACT xxiii
1. GİRİŞ 1
2. GENEL BİLGİLER 2
2.1. İncelemenin Amacı 2
2.2. İnceleme Alanı 2
2.3. Jeomorfoloji 4
2.4. Çalışma Yöntemi ve Süresi 7
2.5. Ulusal Düzeyde Yapılan İncelemeler 7
2.6. Uluslararası Düzeyde Yapılan İncelemeler 8
3. BÖLGESEL JEOLOJİ VE İNCELEME ALANI JEOLOJİSİ 10
3.1. Bölgesel Jeoloji 10
3.2. Önceki Bölgesel Jeolojik İncelemeler 12
3.3. Tektonik Konum ve Yapısal Jeoloji 13
3.4. İnceleme Alanı Jeolojisi 19
3.5. Stratigrafi 22
3.5.1. Karagüney Formasyonu (Jk) 22
3.5.2. Akçaağıl Formasyonu (Ja) 23
3.5.3. Hatungüney Formasyonu (JKh) 23
3.5.4. Mescitdağları Formasyonu (Km) 23
3.5.5. Çoruh Formasyonu (Tç) 25
3.5.6. Karahan Formasyonu (Tpk) 25
3.5.7. Koşmuşat Bazaltı (Tgvk) 25
3.5.8. Güncel Çökeller 26
3.5.9. Yamaç Molozu (Qym) 26
3.5.10. Alüvyon (Qal) 26
3.6. Bölgenin Depremselliği 26
4. TÜNEL AÇMA YÖNTEMLERİ 29
4.1. Kazı Türüne Göre Tünel Açma Yöntemleri 30
4.2. Parçalı Kazı Yöntemleri 30
4.2.1. Belçika yöntemi 32
4.2.2. Alman yöntemi 33
4.2.3. Eski Avusturya yöntemi 33
4.2.4. İngiliz yöntemi 34
4.2.5. İtalyan yöntemi 34
4.2.6. İsviçre yöntemi 35
4.3. Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) 35
4.3.1 NATM'ın tarihsel gelişimi 36
4.3.2 NATM özellikleri 36

4.4. NATM Kazı Yöntemi ve Tünel Destek Sistemleri 37
4.4.1. Püskürtme beton 38
4.4.2. Hasır çelik 39
4.4.3. Çelik iksa 39
4.4.4. Kaya bulonları 40
4.4.5. Ön süren 40
4.4.6. Kendinden delgili süren sistemi (Rockbit) 42
5. MALZEME VE YÖNTEM 49
5.1. Malzeme 49
5.2. Yöntem 49
5.2.1. Jeolojik ve mühendislik jeolojisi haritalaması 50
5.2.2. Sondaj çalışmaları 50
5.2.3. Araştırma ve gözlem çukurları 51
5.3. Yerinde Yapılan (in–situ) Deneyleri 51
5.4. Laboratuvar Deneyleri 51
6. BULGULAR VE TARTIŞMA 53
6.1. İnceleme Alanı Araştırma Sondajları 53
6.2. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) 59
6.3. Pressiyometre Deneyi 60
6.4. Basınçlı Su Testi (BST) 61
6.5. Nokta Yükleme (Point Load) Deneyi 63
6.6. Laboratuvar Deney Sonuçları 63
6.7. Birimlerin Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi 63
6.7.1. Yamaç Molozu (Qym) 71
6.7.2. Karahan Formasyonu (Tpk) 71
6.7.3. Mescitdağları Formasyonu Çamurtaşı Üyesi ($Km_{çmt}$) 72
6.7.4. Hatungüney Formasyonu (JKh) 73
7. KAYA KÜTLELERİNİN SINIFLANDIRILMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER 75
7.1. Tünel Destekleme Tasarımı İçin Kaya Kütlelerinin Mühendislik Sınıflaması 75
7.2. CSIR Tünel Kaya Sınıflaması (RMR) 78
7.3. NGI Tünel Kaya Sınıflaması (Q Sistemi) 80
7.4. Deformasyon Modülü Hesaplamaları 83
7.5. Kaya Kütle Dayanımı (Rock Mass Strength) GSI - Hoek Sınıflaması 86
7.6. RocLab Programı İle Parametre Hesabı 89
7.7. NATM Tünel Kaya Sınıflaması 89
8. TÜNEL GÜZERGAHININ TASARIM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ VE KAYA KÜTLE SINIFLANDIRILMASI 91
8.1. Km: 64+730 – 64+825 Kesimi Jeoteknik Parametreleri ve Kaya Kütle Sınıflaması 91
8.1.1. Km: 64+730 – 64+825 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 91
8.1.2. Km: 64+730 – 64+825 kesimi RMR sınıflama sistemi 98
8.1.3. Km: 64+730 – 64+825 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 100
8.1.4. Km: 64+730 – 64+825 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları 101
8.1.5. Km: 64+730 – 64+825 kesimi kritik kesitleri ve tasarım parametreleri 101

8.2. Km: 64+825 - 64+945 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflaması 106
8.2.1. Km: 64+825 – 64+945 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 106
8.2.2. Km: 64+825 – 64+945 kesimi RMR sınıflama sistemi 112
8.2.3. Km: 64+825 – 64+945 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 113
8.2.4. Km: 64+825 – 64+945 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları 114
8.2.5. Km:64+825 – 64+945 kesimi kritik kesim ve tasarım parametreleri 114
8.3. Km: 64+945 - 65+480 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflaması 116
8.3.1. Km: 64+945 – 65+480 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 117
8.3.2. Km: 64+945 – 65+480 kesimi RMR sınıflama sistemi 120
8.3.3. Km: 64+945 – 65+480 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 121
8.3.4. Km: 64+945 – 65+480 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları 122
8.3.5. Km: 64+945 - 65+480 kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri 122
8.4. Km: 65+480 – 65+590 Kesimi GSI ve Jeoteknik Parametreleri 123
8.4.1. Km: 65+480 – 65+590 kesimi RMR sınıflama sistemi 127
8.4.2. Km: 65+480 – 65+590 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 128
8.4.3. Km: 65+480 – 65+590 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları 129
8.4.4. Km: 65+480 – 65+590 kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri 129
8.5. Km: 65+590 – 66+250 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları 132
8.5.1. Km: 65+590 – 66+250 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 132
8.5.2. Km: 65+590 – 66+250 kesimi RMR sınıflama sistemi 132
8.5.3. Km: 65+590 – 66+250 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 132
8.5.4. Km: 65+590 – 66+250 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları 135
8.5.5. Km: 65+590 – 66+250 kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri 135
8.6. Km: 66+250 – 66+380 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları 139
8.6.1. Km: 66+250 – 66+380 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 139
8.6.2. Km: 66+250 – 66+380 kesimi RMR sınıflama sistemi 142
8.6.3. Km: 66+250 – 66+380 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 143
8.6.4. Km: 66+250 – 66+380 kesimi Deformasyon modülü hesaplamaları 144
8.6.5. Km: 66+250 – 66+380 kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri 144
8.7. Km: 66+380 – 66+780 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Sınıflamaları 145
8.7.1. Km: 66+380 – 66+780 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 145
8.7.2. Km: 66+380 – 66+780 kesimi RMR sınıflama sistemi 157
8.7.3. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 158

8.7.4. Km: 66+380 – 66+780 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları 159
8.7.5. Km: 66+380 – 66+780 kritik kesimleri ve tasarım parametreleri 160
8.8. Km: 66+780 – 66+850 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflaması 165
8.8.1. Km: 66+780 – 66+850 kesimi jeoteknik kaya sınıflamaları 165
8.8.2. Km: 66+780 – 66+850 kesimi RMR sınıflama sistemi 168
8.8.3. Km: 66+780 – 66+850 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 169
8.8.4. Km: 66+780 – 66+850 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları 170
8.8.5. Km: 66+780 – 66+850 kesimi tünel tasarım parametreleri 170
8.9. Km: 66+850 – 67+080 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Sınıflamaları 170
8.9.1. Km: 66+850 – 67+080 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 171
8.9.2. Km: 66+850 – 67+080 kesimi RMR sınıflama sistemi 174
8.9.3. Km: 66+850 – 67+080 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 175
8.9.4. Km: 66+850 – 67+080 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları 176
8.9.5. Km: 66+850 – 67+080 kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri 176
8.10. Km: 67+080 – 67+150 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları 180
8.10.1. Km: 67+080 – 67+150 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 180
8.10.2. Km: 67+080 – 67+150 kesimi RMR sınıflama sistemi 183
8.10.3. Km: 67+080 – 67+150 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 184
8.10.4. Km: 67+080 – 67+150 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları 185
8.10.5. Km: 67+080 – 67+150 kesimi tünel Tasarım parametreleri 185
8.11. Km: 67+150 – 69+550 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları 186
8.11.1. Km: 67+150 – 69+550 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 186
8.11.2. Km: 67+150 – 69+550 kesimi RMR sınıflama sistemi 193
8.11.3. Km: 67+150 – 69+550 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 194
8.11.4. Km: 67+150 – 69+550 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları 195
8.11.5. Km: 67+150 – 69+550 kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri 196
8.12. Km: 69+550 – 69+630 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları 200
8.12.1. Km: 69+550 – 69+630 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 200
8.12.2. Km: 69+550 – 69+630 kesimi RMR sınıflama sistemi 203
8.12.3. Km: 69+550 – 69+630 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 204
8.12.4. Km: 69+550 – 69+630 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları 205
8.12.5. Km: 69+550 – 69+630 kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri 205

8.13. Km: 69+630 – 70+760 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları 208
8.13.1. Km: 69+630 – 70+760 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 208
8.13.2. Km: 69+630 – 70+760 kesimi RMR sınıflama sistemi 211
8.13.3. Km: 69+630 – 70+760 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 212
8.13.4. Km: 69+630 – 70+760 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları..... 213
8.13.5. Km: 69+630 – 70+760 kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri 213
8.14. Km: 70+760 - 70+850 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflaması..... 216
8.14.1. Km: 70+760 – 70+850 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 216
8.14.2. Km: 70+760 – 70+850 kesimi RMR sınıflama sistemi 219
8.14.3. Km: 70+760 – 70+850 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri..... 220
8.14.4. Km: 70+760 – 70+850 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları..... 221
8.14.5. Km: 70+760 – 70+850 kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri..... 221
8.15. Km: 70+850 - 71+070 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları 224
8.15.1. Km: 70+850 – 71+070 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 224
8.15.2. Km: 70+850 – 71+070 kesimi RMR sınıflama sistemi 227
8.15.3. Km: 70+850 – 71+070 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 228
8.15.4. Km: 70+850 – 71+070 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları..... 229
8.15.5. Km: 70+850 – 71+070 kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri 229
8.16. Km: 71+070 - 71+600 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları 230
8.16.1. Km: 71+070 – 71+600 kesimi RMR sınıflama sistemi 234
8.16.2. Km: 71+070 – 71+600 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 235
8.16.3. Km: 71+070 – 71+600 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları..... 236
8.16.4. Km: 71+070 – 71+600 kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri 236
8.17. Km: 71+600 – 71+720 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları 239
8.17.1. Km: 71+600 – 71+720 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 239
8.17.2. Km: 71+600 – 71+720 kesimi RMR sınıflama sistemi 242
8.17.3. Km: 71+600 – 71+720 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 243
8.17.4. Km: 71+600 – 71+720 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları..... 244
8.17.5. Km: 71+600 – 71+720 kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri..... 244
8.18. Km: 71+720 – 71+760 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları 247
8.18.1. Km: 71+720 – 71+760 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri 247
8.18.2. Km: 71+720 – 71+760 kesimi RMR sınıflama sistemi 251

8.18.3. Km: 71+720 – 71+760 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 252
8.18.4. Km: 71+720 – 71+760 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları..... 253
8.18.5. Km: 71+720 – 71+760 kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri..... 253
8.19. Km: 71+760 – 71+834.72 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları 255
8.19.1. Km: 71+760 – 71+834.72 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri..... 256
8.19.2. Km: 71+760 – 71+834.72 kesimi RMR sınıflama sistemi 259
8.19.3. Km: 71+760 – 71+834.72 kesimi Q sınıflama sistemi değeri 260
8.19.4. Km: 71+760 – 71+834.72 kesimi deformasyon modülü hesaplamaları..... 261
8.19.5. Km: 71+600 – 71+720 kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri..... 261
8.20. Tünel Kesimlerine Ait Genel Değerlendirme..... 265
9. KIRIK TÜNELİ KAYA DESTEK SINIFLARI VE DESTEKLEME SİSTEMLERİ..... 275
9.1. RMR Sistemine Göre İlk Destekleme Sistemi 275
9.2. Q Sistemine Göre İlk Destekleme Sistemi 277
9.3. NATM (ÖNORM-B2203) Kaya Sınıflamasına Göre Destekleme Sistemleri..... 279
9.3.1. B1 Destek türü..... 281
9.3.2. B2 Destek türü..... 284
9.3.3. B3 Destek türü..... 288
9.3.4. C2 Destek türü..... 291
10. SONUÇLAR..... 295
KAYNAKLAR..... 298
EKLER 302
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER..... 530
ÖZGEÇMİŞ..... 531

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası 3
Şekil 2.2. Kırık tüneli giriş ağzından bir görüntü 4
Şekil 2.3. Tünel güzergahına ait topoğrafik profil kesit 5
Şekil 2.4. Tez çalışmasında takip edilen araştırma yöntemleri 7
Şekil 3.1. Çermeli napının basitleştirilmiş jeolojik kesiti 11
Şekil 3.2. Çalışma alanına ait aktif fay haritası 15
Şekil 3.3. Mescitdağları formasyonuna (Km) ait kontur diyagramı 16
Şekil 3.4. Mescitdağları formasyonuna (Km) ait eklem takımları 18
Şekil 3.5. Hatungüney formasyonuna (JKh) ait kontur diyagramı 18
Şekil 3.6. Hatungüney formasyonuna (JKh) ait eklem takımları 19
Şekil 3.7. İnceleme alanının jeoloji haritası (MTA, 2002'den uyarlanmıştır) 20
Şekil 3.8. İnceleme alanının jeoloji haritasının yakınlaştırılmış kesimleri (Şekil 3.7'deki haritanın %125 oranında büyütülmesi ile elde edilmiştir) 21
Şekil 3.9. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti 24
Şekil 3.10. İnceleme alanı ve çevresinin depremselliği 27
Şekil 3.11. 50 yıllık eş ivme konturları 28
Şekil 4.1. Tünel açma yöntemlerinin şematik gösterimi 29
Şekil 4.2. Delici makine ile patlatma deliklerinin delinmesi 30
Şekil 4.3. Parçalı kesit yöntemi ile planlanan tünel kesiti ve örnekleri 31
Şekil 4.4. Belçika yöntemine göre tünel tip kesiti 32
Şekil 4.5. Alman yöntemine göre tünel tip kesiti 33
Şekil 4.6. Eski Avusturya yöntemine göre tünel tip kesiti 34
Şekil 4.7. İngiliz yöntemine göre tünel tip kesiti 34
Şekil 4.8. İtalyan tünel açma yöntemi ve Simplon Tüneli örneği 35
Şekil 4.9. İsviçre yöntemine göre tip kesiti 35
Şekil 4.10. Kırık tüneli NATM tahkimat elemanları 38
Şekil 4.11. Kırık tüneli püskürtme beton uygulaması (a: Kırık tüneli giriş kesimi püskürtme beton uygulaması, b:Kırık tüneli çıkış kesimi püskürtme beton uygulaması) 39
Şekil 4.12. Kurulum aşamasındaki çelik iksa uygulaması 40
Şekil 4.13. Delici makine ile kaya bulon deliklerinin delinmesi (a: SN tipi bulon detayı, b ve c: Delici makine ile SN tipi bulon ön kılavuz delgisi) 41
Şekil 4.14. Kırık tüneli ön süren uygulama kesitleri 42
Şekil 4.15. Kırık tüneli giriş kesimi kendinden delgili süren delgisi 43
Şekil 4.16. Kendinden delgili süren sistemi (Rockbit) 44
Şekil 4.17. Kendinden delgili süren tip kesiti 45
Şekil 4.18. Kendinden delgili süren tip kesiti 46
Şekil 4.19. Rockbit uygulamasına ait çeşitli örnek fotoğrafları (a, b, c ve d: Delici makine ile uygulanan rockbit çalışması, e, f: Delici makine ile delgi işlemi tamamlanan rockbitlere enjeksiyon uygulaması) 47
Şekil 4.20. Rockbit uygulamasına ait çeşitli örnek fotoğrafları (g ve h: Delici makine ile delgi işlemi tamamlanan rockbitlere enjeksiyon uygulaması, i: Delgi ve enjeksiyon işlemleri tamamlanmış tünel kesiti) 48

Şekil 6.1. Tünel güzergahının jeoloji haritası ve Google Earth görüntüsü (a:Tünel güzergahı kesitinin jeolojik harita üzerinde gösterimi, b:Tünel güzergahının Google Earth görüntü 55
Şekil 6.2. Tünel güzergahının mühendislik jeolojisi kesimlerine ayrılması..... 56
Şekil 6.3. Kırık tüneli GD-KB doğrultulu jeolojik kesiti 57
Şekil 7.1. Q sınıflamasına göre tünelde önerilen destekleme sistemi 81
Şekil 7.2. Sönmez ve diğ. (2005) tarafından önerilen örselenme faktörü – indirgeme faktörü ilişkisi 85
Şekil 7.3. GSI sınıflamasında kullanılan abak..... 86
Şekil 8.1. Km: 64+730 – 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh/W5) GSI değeri..... 95
Şekil 8.2. Km: 64+730 – 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_1) GSI değeri..... 96
Şekil 8.3. Hatungüney formasyonu (JKh/W5) ait normal-makaslama dayanımı grafiği..... 97
Şekil 8.4. Hatungüney formasyonu (JKh_1) normal-makaslama dayanımı grafiği..... 98
Şekil 8.5. Km: 64+730 kritik jeolojik en kesiti 104
Şekil 8.6. Km: 64+762 kritik jeolojik en kesiti 105
Şekil 8.7. Km: 64+825 – 64+945 kesimi Karahan formasyonu (Tpk/W5) GSI sınıflandırılması 108
Şekil 8.8. Km: 64+825 – 64+945 kesimi Karahan formasyonu (Tpk_1) GSI sınıflandırılması 109
Şekil 8.9. Karahan formasyonu (Tpk/W5) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği..... 110
Şekil 8.10. Karahan formasyonu (Tpk_1) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği..... 111
Şekil 8.11. Km: 64+900 kritik jeolojik en kesiti 116
Şekil 8.12. Km: 64+945 – 65+480 kesimi Karahan formasyonu (Tpk_2) GSI sınıflandırılması 118
Şekil 8.13. Karahan formasyonuna (Tpk_2) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği..... 119
Şekil 8.14. Km: 65+480 – 65+590 kesimi Karahan formasyonu (Tpk2) GSI sınıflandırılması 125
Şekil 8.15. Karahan formasyonu (Tpk_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği..... 126
Şekil 8.16. Km: 65+520 kritik jeolojik en kesiti 131
Şekil 8.17. Km: 66+010 kritik jeolojik en kesiti 137
Şekil 8.18. Km: 66+240 kritik jeolojik en kesiti 138
Şekil 8.19. Km: 66+250 – 66+380 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{çmt}$) GSI sınıflandırılması..... 140
Şekil 8.20. Mescitdağları formasyonun ($Km_{çmt}$) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği..... 141
Şekil 8.21. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km / W5) GSI sınıflandırılması..... 149
Şekil 8.22. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km_1) GSI sınıflandırılması 150

Şekil 8.23. Km: 66+380 – 66+780 arasının Mescitdağları formasyonu (Km_2) GSI sınıflandırılması 151
Şekil 8.24. Km: 66+380 – 66+780 arasının Mescitdağları formasyonu ($Kmkçt_2$) GSI sınıflandırılması 152
Şekil 8.25. Mescitdağları formasyonu (Km/W5) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği 153
Şekil 8.26. Mescitdağları formasyonu (Km_1) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği 154
Şekil 8.27. Mescitdağları formasyonu (Km_2) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği 155
Şekil 8.28. Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği 156
Şekil 8.29. Km: 66+590 kritik jeolojik en kesiti 163
Şekil 8.30. Km: 66+780 kritik jeolojik en kesiti 164
Şekil 8.31. Km: 66+780 – 66+850 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Kmkçt_2$) GSI sınıflandırılması 166
Şekil 8.32. Mescitdağları formasyonuna ($Km_{Kçt2}$) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği 167
Şekil 8.33. Km: 66+850 – 67+080 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Kmkçt_2$) GSI sınıflandırılması 172
Şekil 8.34. Mescitdağları formasyonuna ($Km_{Kçt2}$) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği 173
Şekil 8.35. Km: 67+000 kritik jeolojik en kesit 178
Şekil 8.36. Km: 67+040 kritik jeolojik en kesit 179
Şekil 8.37. Km: 67+080 – 67+150 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Kmkçt_2$) GSI sınıflandırılması 181
Şekil 8.38. Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği 182
Şekil 8.39. Km: 67+150 – 69+550 kesim Mescitdağları formasyonu ($Kmkçt_1$) GSI sınıflandırılması 189
Şekil 8.40. Km: 67+150 – 69+550 kesim Hatungüney formasyonunun (JKh_2) GSI sınıflandırılması 190
Şekil 8.41. Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt1}$) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği 191
Şekil 8.42. Hatungüney formasyonun (JKh_2) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği 192
Şekil 8.43. Km: 68+800 kritik jeolojik en kesit 198
Şekil 8.44. Km: 69+200 rastlayan kritik jeolojik en kesit 199
Şekil 8.45. Km: 69+550 – 69+630 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) GSI sınıflandırılması 201
Şekil 8.46. Hatungüney formasyonu (JKh_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği 202
Şekil 8.47. Km: 69+580 kritik jeolojik en kesit 207
Şekil 8.48. Km: 69+630 – 70+760 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) GSI sınıflandırılması 209
Şekil 8.49. Hatungüney formasyonu (JKh_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği 210
Şekil 8.50. Km: 69+640 kritik jeolojik en kesit 215

Şekil 8.51. Km: 70+760 – 70+850 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) GSI sınıflandırılması 217
Şekil 8.52. Hatungüney formasyonu (JKh_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği 218
Şekil 8.53. Km: 70+850 kritik jeolojik en kesit 223
Şekil 8.54. Km: 70+850 – 71+070 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) GSI sınıflandırılması 225
Şekil 8.55. Hatungüney formasyonu (JKh_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği 226
Şekil 8.56. Km: 71+070 – 71+600 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) GSI sınıflandırılması 232
Şekil 8.57. Hatungüney formasyonu (JKh_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği 233
Şekil 8.58. Km: 71+190 kritik jeolojik en kesit 238
Şekil 8.59. Km: 71+600 – 71+720 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) GSI sınıflandırılması 240
Şekil 8.60. Hatungüney formasyonu (JKh_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği 241
Şekil 8.61. Km: 71+620 kritik jeolojik en kesit 246
Şekil 8.62. Km: 71+720 – 71+760 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) GSI sınıflandırılması 249
Şekil 8.63. Hatungüney formasyonu (JKh_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği 250
Şekil 8.64. Km: 71+721 kritik jeolojik en kesit 255
Şekil 8.65. Km: 71+760 – 71+834.72 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_1) GSI sınıflandırılması 257
Şekil 8.66. Hatungüney formasyonu (JKh_1) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği 258
Şekil 8.67. Km: 71+780 kritik jeolojik en kesit 263
Şekil 8.68. Km: 71+826 kritik jeolojik en kesit 264
Şekil 8.69. Tünel güzergahı profil kesiti ve mühendislik jeolojisi 266
Şekil 8.70. Kırık tüneli kazı sınıfının belirlenmesi 272
Şekil 9.1. Q sistemi için güncelleştirilmiş destek abağı 278
Şekil 9.2. B1 Kaya destek sistemi en kesiti 282
Şekil 9.3. B1 Kaya destek sistemi boy kesiti 283
Şekil 9.4. B2 Kaya destek sistemi en kesiti 286
Şekil 9.5. B2 Kaya destek sistemi boy kesiti 287
Şekil 9.6. B3 Kaya destek sistemi en kesiti 289
Şekil 9.7. B3 Kaya destek sistemi boy kesiti 290
Şekil 9.8. C2 Kaya destek sistemi en kesiti 292
Şekil 9.9. C2 Kaya destek sistemi boy kesiti 293

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. İnceleme alanındaki formasyonlara ait egemen eklem takımları 17
Tablo 5.1. Kırık tüneli güzergahı sondajlarına ait genel bilgiler 50
Tablo 5.2. Araştırma ve gözlem çukurları bilgileri 51
Tablo 6.1. Tünel güzergahının mühendislik jeolojisi özelliklerine göre ayrılması 58
Tablo 6.2. İnceleme alanında Kİ-3 ve Kİ-4 sondajlarından alınan SPT numunelerinin, darbe sayıları, jeoteknik tanımlamaları ve kıvam durumları 59
Tablo 6.3. Kırık tüneli güzergahı boyunca yapılan pressiyometre deney sonuçları 62
Tablo 6.4. İnceleme alanında yapılan basınçlı su testi deney sonuçları özeti 63
Tablo 6.5. Kırık tüneli güzergah boyunca Kİ-5 ve Kİ-6 temel araştırma sondajlarında yapılan nokta yükü deney sonuçları 64
Tablo 6.6. Kırık tüneli güzergahı zemin ve kaya numunelerinin laboratuvar deneyi sonuçları 65
Tablo 7.1. RMR ve Q değerlerine göre kaya sınıflaması (Hoek ve diğ., 1995) 76
Tablo 7.2. Q-RMR-ÖNORM kaya sınıfları ilişkisi 77
Tablo 7.3. RMR-Jeomekanik kaya sınıflaması (Bieniawski, 1989) 79
Tablo 7.4. Kaya kütlelerinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama (ISRM, 1981) 80
Tablo 7.5. Tünel kalite indeksinde kullanılan parametrelerin sınıflandırılması (Barton ve diğ., 1974) 82
Tablo 7.6. Kayaç malzemesi sabitinin tahmini (mi) değerleri (Hoek ve diğ., 1995) 87
Tablo 7.7. ÖNORM B 2203 Kaya Sınıflandırma Sistemi (1994) 90
Tablo 8.1. Km: 64+730 – 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh/W5) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 97
Tablo 8.2. Km: 64+730 – 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_1) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 98
Tablo 8.3. Km: 64+730 – 64+825 kesimi RMR sınıflaması 99
Tablo 8.4. Km: 64+730 – 64+825 kesimi Q sınıflaması 100
Tablo 8.5. Km: 64+730 – 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh/W5) için farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 101
Tablo 8.6. Km:64+730 – 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_1) için farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 101
Tablo 8.7. Km: 64+730 – 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh/W5) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 102
Tablo 8.8. Km:64+730 – 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_1) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 103
Tablo 8.9. Km: 64+730 – 64+762 kesimi kritik kesim için belirlenen parametreler 103
Tablo 8.10. Km: 64+825 – 64+945 kesimi için Karahan formasyonunun (Tpk/W5) jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 110
Tablo 8.11. Km: 64+825 – 64+945 kesimi için Karahan formasyonunun (Tpk_1) jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 111

Tablo 8.12. Km:64+825 – 64+945 kesimi RMR sınıflaması 112
Tablo 8.13. Km:64+825 – 64+945 kesimi Q sınıflaması 113
Tablo 8.14. Km: 64+825 – 64+945 kesimi farklı yöntemlere göre belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk/W5) deformasyon modülü değerleri 114
Tablo 8.15. Km: 64+825 – 64+945 kesimi farklı yöntemlere göre belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk_1) deformasyon modülü değerleri 114
Tablo 8.16. Km:64+825 – 64+945 kesimi belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk/W5) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 115
Tablo 8.17. Km:64+825 – 64+945 kesimi belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk_1) tünel tasarım parametreleri özet tablosu..... 115
Tablo 8.18. Km:64+900 kritik kesim için belirlenen parametreler 116
Tablo 8.19. Km: 64+945 – 65+480 kesimi için Karahan formasyonunun (Tpk_2) jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri..... 119
Tablo 8.20. Km: 64+945 – 65+480 kesimi RMR sınıflaması 120
Tablo 8.21. Km: 64+945 – 65+480 kesimi Q sınıflaması 121
Tablo 8.22. Km: 64+945 – 65+480 kesimi farklı yöntemlere göre belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk_2) deformasyon modülü değerleri 122
Tablo 8.23. Km: 64+945 – 65+480 kesimi belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu..... 123
Tablo 8.24. Km: 64+945 – 65+480 kritik kesimine ait tasarım parametreleri 123
Tablo 8.25. Km: 65+480 – 65+590 kesimi için Karahan formasyonunun (Tpk_2) jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri..... 126
Tablo 8.26. Km: 65+480 – 65+590 kesimi RMR sınıflaması 127
Tablo 8.27. Km: 65+480 – 65+590 kesimi Q sınıflaması 128
Tablo 8.28. Km: 65+480 – 65+590 kesimi farklı yöntemlere göre belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk_2) deformasyon modülü değerleri 129
Tablo 8.29. Km: 65+480 – 65+590 kesimi belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu..... 130
Tablo 8.30. Km: 65+520 kritik kesimi için belirlenen parametreler 130
Tablo 8.31. Km: 65+590 – 66+250 kesimi RMR sınıflaması 133
Tablo 8.32. Km: 65+590 – 66+250 kesimi Q sınıflaması 134
Tablo 8.33. Km: 65+590 – 66+250 kesimi farklı yöntemlere göre belirlenen Karahan formasyonu (Tpk_2) deformasyon modülü değerleri 135
Tablo 8.34. Km: 65+590 – 66+250 kesimi belirlenen Karahan formasyonu (Tpk_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu..... 136
Tablo 8.35. Km:66+010 – 66+240 kritik kesim için belirlenen parametreler..... 136
Tablo 8.36. Km: 66+250 – 66+380 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{çmt}$) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri..... 141
Tablo 8.37. Km: 66+250 – 66+380 kesimi RMR sınıflaması 142
Tablo 8.38. Km: 66+250 – 66+380 kesimi Q sınıflaması 143
Tablo 8.39. Km: 66+250 – 66+380 kesimi farklı yöntemlere göre belirlenen Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) deformasyon modülü değerleri 144
Tablo 8.40. Km: 66+250 – 66+380 kesimi belirlenen Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 144
Tablo 8.41. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km / W5) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 153

Tablo 8.42. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km_1) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 154
Tablo 8.43. Km: 66+380 – 66+780 arası Mescitdağları formasyonu (Km_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 155
Tablo 8.44. Km: 66+380 – 66+780 arası Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 156
Tablo 8.45. Km: 66+380 – 66+780 kesimi RMR sınıflaması 157
Tablo 8.46. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Q sınıflaması 158
Tablo 8.47. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km / W5) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 159
Tablo 8.48. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km_1) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 159
Tablo 8.49. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 160
Tablo 8.50. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 160
Tablo 8.51. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 160
Tablo 8.52. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km / W5) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 161
Tablo 8.53. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km_1) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 161
Tablo 8.54. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 162
Tablo 8.55. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 162
Tablo 8.56. Km: 66+590 ve Km: 66+780 kritik kesimleri için belirlenen parametreler 163
Tablo 8.57. Km: 66+780 – 66+850 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 167
Tablo 8.58. Km: 66+780 – 66+850 kesim RMR sınıflaması 168
Tablo 8.59. Km: 66+780 – 66+850 kesimi Q sınıflaması 169
Tablo 8.60. Km: 66+780 – 66+850 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 170
Tablo 8.61. Km: 66+780 – 66+850 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 171
Tablo 8.62. Km: 66+850 – 67+080 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 173
Tablo 8.63. Km: 66+850 – 67+080 kesimi RMR sınıflaması 174
Tablo 8.64. Km: 66+850 – 67+080 kesimi Q sınıflaması 175
Tablo 8.65. Km: 66+850 – 67+080 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 176
Tablo 8.66. Km: 66+850 – 67+080 arası Mescitdağları formasyonunun ($Km_{kçt2}$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 177
Tablo 8.67. Km: 67+000 – 67+040 kritik kesim için belirlenen parametreler 177

Tablo 8.68. Km: 67+080 – 67+150 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 182
Tablo 8.69. Km: 67+080 – 67+150 kesimi RMR sınıflaması 183
Tablo 8.70. Km: 67+080 – 67+150 kesimi Q sınıflaması 184
Tablo 8.71. Km: 67+080 – 67+150 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 185
Tablo 8.72. Km: 66+850 – 67+080 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 185
Tablo 8.73. Km: 67+150 – 69+550 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt1}$) için jeoteknik girdi parametreleri 191
Tablo 8.74. Km: 67+150 – 69+550 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_2) için jeoteknik girdi parametreleri 192
Tablo 8.75. Km: 67+150 – 69+550 kesimi RMR sınıflaması 193
Tablo 8.76. Km: 67+150 – 69+550 kesimi Q sınıflaması 194
Tablo 8.77. Km: 67+150 – 69+550 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt1}$) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 195
Tablo 8.78. Km: 67+150 – 69+550 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 195
Tablo 8.79. Km: 67+150 – 69+550 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 195
Tablo 8.80. Km: 67+150 – 69+550 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt1}$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 196
Tablo 8.81. Km: 67+150 – 69+550 kesimi Mescitdağları formasyonun ($Km_{kçt2}$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 197
Tablo 8.82. Km: 67+150 – 69+550 kesimi Hatungüney formasyonun (JKh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 197
Tablo 8.83. Km: 67+150 – 69+550 kesimi kritik kesim için belirlenen parametreler 198
Tablo 8.84. Km: 69+550 – 69+630 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 202
Tablo 8.85. Km: 69+550 – 69+630 kesimi RMR sınıflaması 203
Tablo 8.86. Km: 69+550 – 69+630 kesimi Q sınıflaması 204
Tablo 8.87. Km: 69+550 – 69+630 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 205
Tablo 8.88. Km: 69+580 kritik kesim için belirlenen parametreler 205
Tablo 8.89. Km: 69+550 – 69+630 kesimi Hatungüney formasyonun (JKh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 206
Tablo 8.90. Km: 69+550 – 69+630 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 210
Tablo 8.91. Km: 69+630 – 70+760 kesimi RMR sınıflaması 211
Tablo 8.92. Km: 69+630 – 70+760 kesimi Q sınıflaması 212
Tablo 8.93. Km: 69+550 – 69+630 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 213
Tablo 8.94. Km: 69+640 kritik kesim için belirlenen parametreler 213
Tablo 8.95. Km: 69+630 - 70+760 kesimi Hatungüney formasyonunun (Jkh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 214
Tablo 8.96. Km: 70+760 – 70+850 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 218

Tablo 8.97. Km: 70+760– 70+850 kesimi RMR sınıflaması 219
Tablo 8.98. Km: 70+760 – 70+850 kesimi Q sınıflaması 220
Tablo 8.99. Km: 70+760 – 70+850 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 221
Tablo 8.101. Km: 70+760 – 70+850 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 222
Tablo 8.102. Km: 70+850 – 71+070 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 226
Tablo 8.103. Km: 70+850 – 71+070 kesimi RMR sınıflaması 227
Tablo 8.104. Km: 70+850 – 71+070 kesimi Q sınıflaması 228
Tablo 8.105. Km: 70+850 – 71+070 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 229
Tablo 8.106. Km: 70+850 – 71+070 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 230
Tablo 8.107. Km: 71+070 – 71+600 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 233
Tablo 8.108. Km: 71+070 – 71+600 kesimi RMR sınıflaması 234
Tablo 8.109. Km: 71+070 – 71+600 kesim Q sınıflaması 235
Tablo 8.110. Km: 71+070 – 71+600 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 236
Tablo 8.111. Km: 71+070 – 71+600 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 237
Tablo 8.112. Km: 71+190 kritik kesim için belirlenen parametreler 237
Tablo 8.113. Km: 71+600 – 71+720 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 241
Tablo 8.114. Km: 71+600 – 71+720 kesimi RMR sınıflaması 242
Tablo 8.115. Km: 71+600 – 71+720 Kesimi Q sınıflaması 243
Tablo 8.116. Km: 71+600 – 71+720 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 244
Tablo 8.117. Km: 71+600 – 71+720 kesimi hatungüney formasyonu (Jkh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 245
Tablo 8.118. Km: 71+620 kritik kesim için belirlenen parametreler 245
Tablo 8.119. Km: 71+720 – 71+760 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 250
Tablo 8.120. Km: 71+720 – 71+760 kesimi RMR sınıflaması 251
Tablo 8.121. Km: 71+720 – 71+760 kesimi Q sınıflaması 252
Tablo 8.122. Km: 71+600 – 71+720 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 253
Tablo 8.123. Km: 71+720 – 71+760 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 254
Tablo 8.124. Km: 71+620 kritik kesim için belirlenen parametreler 254
Tablo 8.125. Km: 71+760 – 71+834.72 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_1) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri 258
Tablo 8.126. Km: 71+760 – 71+834.72 kesimi RMR sınıflaması 259
Tablo 8.127. Km: 71+760 – 71+834.72 kesimi Q sınıflaması 260
Tablo 8.128. Km: 71+760 – 71+834.72 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_1) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri 261

Tablo 8.129. Km: 71+760 – 71+834,72 kesimi Hatungüney formasyonu (Jkh_1) tünel tasarım parametreleri özet tablosu 262
Tablo 8.130. Km: 71+780 – 71+826 kritik kesim için belirlenen kayaç parametreleri 262
Tablo 8.131. Kırık tüneli güzergah boyunca değerlendirilen birimlerin GSI sınıflama sistemi tablosu..... 267

Tablo 8.132. Kırık tüneli güzergah boyunca değerlendirilen birimlerin RMR sınıflama sistemine göre kaya sınıflaması 268
Tablo 8.133. Kırık tüneli güzergah boyunca değerlendirilen birimlerin Q sınıflama sistemine göre kaya sınıflaması 270
Tablo 8.134. Kırık tüneli Q – RMR korelasyonu sınıflama sistemi..... 271
Tablo 8.135. Kırık tüneli belirlenen kazı sınıflaması (ÖNORM)..... 273
Tablo 8.136. Kırık tüneli güzergahı boyunca belirlenen kaya kütle parametreleri 274
Tablo 9.1. RMR değerine göre destek sistemi seçimi kılavuzu (Bieniawski, 1989)..... 276
Tablo 9.2. Kırık tüneli güzergahı boyunca RMR kaya sınıfına göre sınıflaması yapılan kesimlerin RMR sisteminde desteklenmesi 277
Tablo 9.3. Q sistemine göre Kırık tüneli güzergahı boyunca kesimler için destek sınıfları..... 279
Tablo 9.4. NATM kaya sınıflamasına göre destek tipleri, duraylılık süreleri ve önerilen destek sistemleri (KTŞ, 2012) 280
Tablo 9.5. Kırık tünel güzergahı birimlerine ait tasarım parametreleri..... 294

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

c	: Kohezyon
D	: Örselenme faktörü
Ei	: Kaya malzemesinin elastisite modülü
Em	: Deformasyon modülü
Ep	: Pressiyometre modülü
ESR	: Kazı destek oranı
GSI	: Geological Strength Index (Jeolojik Dayanım İndeksi)
H	: Etkin kaya yüksekliği
Is(50)	: Ortalama nokta yükü dayanım indeksi
Ja	: Eklem ayrışma numarası
$Jcond_{89}$	: Süreksizlik yüzey koşulu puanı
Jn	: Eklem takım numarası
Jr	: Eklem pürüzlülük numarası
Jw	: Eklem suyu azalım faktörü
LL	: Likit limit
mi, mb, s, a	: Hoek – Brown malzeme sabitleri
Ph	: Yatay gerilme
PI	: Plastisite İndeksi
Pln	: Pressiyometre limit basıncı
Pv	: Düşey gerilme
SRF	: Gerilim azalım faktörüdür
Wn	: Su içeriği
σc	: Tek eksenli basınç dayanımı
γn	: Doğal birim hacim ağırlık
Ø	: İçsel sürtünme açısı

Kısaltmalar

AF	: Azaltma faktörü
ASTM	: American Society For Testing And Materials
B	: Batı
BST	: Basınçlı Su Testi
CSIR	: Council for Scientific and Industrial Research
D	: Doğu
G	: Güney
GB	: Güneybatı
GD	: Güneydoğu
ISRM	: Uluslararası Kaya Mekaniği Topluluğu
K	: Kuzey
KB	: Kuzeybatı
KD	: Kuzeydoğu
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
Mpa	: Mega Pascal
MTA	: Maden Teknik Arama
NATM	: New Austrian Tunneling Method
NGI	: Norway Geotechnical Institute

ÖNORM	: Avusturya Standartlar Kurumu
RMR	: Rock Mass Rating (Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi)
RQD	: RockQuality Designation (Kaya Kalite Belirteci)
SPT	: Standart Penetrasyon Deneyi
TBM	: Tunnel Boring Machine (Tünel Açma Makinesi)
TCR	: Karot Yüzdesi
UCS	: Tek eksenli basınç dayanımı
USCS	: Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemi
Q	: Tunnelling Quality Index (Tünel Kalite İndeksi)

ERZURUM KIRIK TÜNELİ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

ÖZET

Bu tez çalışmasında Erzurum şehir merkezi ile İspir arasında ulaşım tüneli olarak planlanan Kırık tüneli güzergahının mühendislik jeolojisi araştırılmıştır. Kırık tüneli güzergahı boyunca yer alan kaya ve zemin birimleri için kaya malzemesi (intact rock) ve kaya kütlesi (rock mass) ve zemin özellikleri belirlenmiştir. Kaya malzemesinin jeomekanik değerleri laboratuvar deneyleriyle, kaya kütle özellikleri ise ayrıntılı arazi araştırmalarına dayalı olarak RMR ve Q sistemlerinde tanımlanmıştır. Kaya malzeme ve kütle değerleri kullanılarak jeolojik dayanım indeksi (GSI) belirlenmiştir. GSI ve laboratuvar değerleri birlikte değerlendirilerek kaya kütleleri için deformasyon katsayısı tayin edilmiştir. Kırıntılı çökel birimlerinin jeomekanik özellikleri (kohezyon, içsel sürtünme açısı, birim hacim ağırlık) laboratuvar deney araştırmalarına dayalı olarak tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında inceleme alanı, 1/25000 ölçeğinde genel jeoloji, hidrojeoloji ve mühendislik jeolojisi yönünden incelenmiş, tünelli kesimde yer alan jeolojik birimler ve bunlara ait nitelik ve nicelik yönünden özellikler belirlenmiştir. Yapılan kaya ve zemin mekaniği değerlendirmesinde yeraltı kaya yapısını oluşturan kayaçlar jeomekanik yönden ayrıntılı olarak araştırılmış ve kaya kütlesine ait jeomekanik büyüklükler saptanmıştır. Yapılan mühendislik jeolojisi bölgelendirmelerinde (19 farklı mühendislik jeolojisi kesimleri) ise belirlenen kesimler için kaya destek sınıfları tespit edilmiş ve bu sınıflar için destekleme, sağlamlaştırma elemanları önerilmiştir. Kaya kütle sınıflandırma sistemlerine göre yapılan kaya ve zemin sınıflamasında tünel güzergahı boyunca formasyonların ÖNORM-2203 standartlarında C2, B3, B2 ve B1 kaya sınıfında olacağı öngörülmüştür. Bu bilgiler ışığında, NATM ölçütlerine göre Kırık tüneli boyunca karşılaşılacak her bir farklı jeolojik koşulu tanımlayan kaya sınıfları belirlenerek bunlara uygun destek sistemleri önerilmiştir. Ayrıca, bir sonraki aşama olan bu destek sistemlerinin tasarımı için gerekli jeoteknik parametreler de belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaya Sınıflandırma, Kırık Tüneli, Tünel, NATM.

ERZURUM KIRIK TÜNELİ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

ABSTRACT

In this thesis, the engineering geology of the Kırık tunnel route, which is planned as a transportation tunnel between Erzurum city center and İspir, was investigated. Rock material (intact rock) and rock mass and soil properties were determined for the rock and soil units along the route of the broken tunnel. The geomechanical values of the rock material were defined by laboratory experiments, and the rock mass properties were defined in the RMR and Q systems based on detailed field investigations. Geological strength index (GSI) was determined by using rock material and mass values. The deformation coefficient was determined for the rock masses by evaluating the GSI and laboratory values together. Geomechanical properties (cohesion, internal friction angle, unit volume weight) of clastic sedimentary units were defined based on laboratory experimental studies. Within the scope of the study, the study area was examined in terms of general geology, hydrogeology and engineering geology at the scale of 1/25000, the geological units in the tunneled section and their characteristics in terms of quality and quantity were determined. In the rock and soil mechanics evaluation, the rocks forming the underground rock structure were investigated in detail in terms of geomechanics and the geomechanical dimensions of the rock mass were determined. In the engineering geology zoning (19 different engineering geology sections), rock support classes were determined for the determined sections and support and reinforcement elements were proposed for these classes. In the rock and soil classification made according to the rock mass classification systems, it is predicted that the formations along the tunnel route will be in C2, B3, B2 and B1 rock classes in ÖNORM-2203 standards. In the light of this information, the rock classes defining each different geological condition to be encountered along the Kırık tunnel were determined according to NATM criteria, and support systems were proposed accordingly. In addition, the geotechnical parameters required for the design of these support systems, which is the next step, were determined.

Keywords: Rock Classification, Broken Tunnel, Tunnel, NATM.

1. GİRİŞ

Ülkemiz karayolu ağında kuzey güneydoğu aksı üzerinde ana arter özelliğinde bulunan Erzurum-Rize karayolu üzerinde, Karadeniz'i Doğu Anadoluy'a bağlayan geçitlerin mevsimsel zorlukların yaşandığı zamanlarda ulaşımın güvenli olabilmesi ve Karadeniz Bölgemizin yüksek turizm potansiyelinden dolayı bölgede taşıt trafiği artmaktadır. Bu nedenle aksayan mevcut Erzurum – Rize karayolu ulaşımının, kış mevsiminin zorlu şartlarından dolayı tünel yapılarak mevcut karayolu standardının yükseltilip karayolu trafiğinin rahatlatılması ve ulaşımdaki kolaylığın yanı sıra ülkenin ticareti ve turizmine de katkı sağlaması beklenen Kırık tüneli hizmete girince Rize ile Erzurum illeri arasındaki seyahat süresini bir saat kısaltacak. Tünelin ulaşıma açılması sonrası Rize-Erzurum karayolu ulaşım süresi 2 saate düşeceğinden Karadeniz'den özellikle kışın kayak yapmak için Erzurum'a gelecek turistlerin erişiminde kolaylık sağlanması hedefleniyor.

Bu amaçla incelenmesi planlanan tünel güzergahının mühendislik jeolojisi kapsamında uygulanacak kaya sınıflamaları ve bunlara ait kaya destekleme, sağlamlaştırma ve iyileştirme yöntemlerine ait önerileri içermektedir. İnceleme kapsamında inceleme sahası, 1/25.000 ölçeğinde genel jeoloji, 1/1.000 ölçeğinde hidrojeoloji ve mühendislik jeolojisi yönünden incelenmiş, tünelli kesimde karşılaşılacak jeolojik birimler ve bunlara ait nitelik ve nicelik yönünden özellikler belirlenmiştir. Yapılan kaya ve zemin mekaniği değerlendirmesinde yeraltı kaya yapısını oluşturan kayaçlar mekanik yönden ayrıntılı olarak araştırılmış ve kaya kütlesine ait jeomekanik büyüklükler saptanmıştır. Ayrılan tünel kesimleri mühendislik jeolojisi özelliklerine göre bölgelendirmelerde kaya destek sınıflar tespit edilmiş ve bu sınıflar için destekleme, sağlamlaştırma elemanları önerilmiştir

2. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde inceleme alanına ait yapılması planlan çalışmanın amacı, inceleme alanın bulunduğu konumu, yapılan incelemenin ne kadar sürede gerçekleştiği, inceleme alanında daha önceden yapılan çalışmalar ve dünyadan örnekler verilerek anlatılmaya çalışılmıştır.

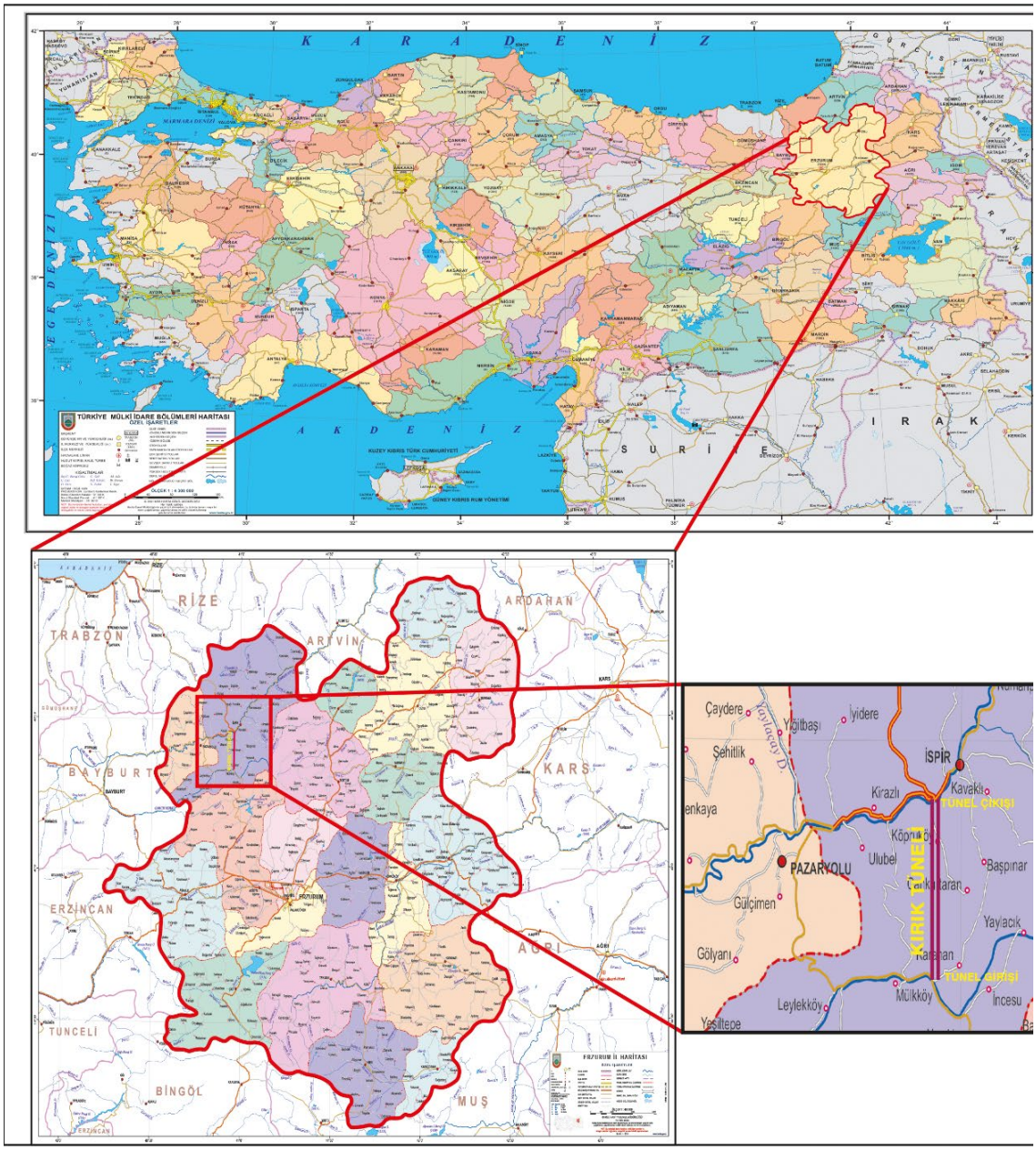
2.1. İncelemenin Amacı

Bu çalışma; Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), 12. Bölge Müdürlüğü (Erzurum) görev ve sorumluluk alanı içerisinde olan Erzurum-İspir karayolu (Kırık tünelli geçişi) jeolojik jeoteknik çalışmalarını kapsamakta olup, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Bitirme Tezi olarak sunulmuştur.

Kış aylarında inceleme alanının kar tipi ve buzlanma sebebiyle mevcut yolun açılması için yapılan bakım ve onarım çalışmalarının yüksek maliyet getirmesi nedenleriyle güzergahın iyileştirilmesi gerekmiştir. Tünel için gerekli olan jeolojik ve jeoteknik yapısını incelemek ve tünel açımı için gerekli kaya kütle sınıflaması ve iksa metodunu belirlenmesinde, tünel güzergahına ait jeolojik haritalama ve tünel kesit profillerinin belirlenmesi, temel sondajlar ile yerinde (in-situ) ve laboratuvar deneyleri çalışmaları korele edilerek tünelin jeolojik ve jeoteknik modeli oluşturulmuş olup kaya kütle sınıflaması GSI, Q ve RMR kaya kütlesi sınıflama sistemlerinin Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi NATM (1994)'e göre yapmak ve tünel destek sistemlerini belirlemeye çalışılmıştır.

2.2. İnceleme Alanı

İnceleme alanı Erzurum-Pazaryolu-İspir karayolu üzerinde Erzurum-İspir arasında kalmakta ve Erzurum iline yaklaşık 90 km uzaklıktadır. Kırık tüneli 1/25.000 ölçekli H45-b3 ve H45-b2 harita paftalarında yer almaktadır (Şekil 2.1). İnceleme alanındaki tünel km: 71+826,00 (Sağ hat), km:71+843,00 (Sol hat) ve 1706,950 m kotunda son bulmakla birlikte yer aldığı yolun geometrisiyle uyumlu olacak şekilde projelendirilen tünel mevcut yolu 33 kilometrelik kısalma sağlaması ve özellikle kış aylarında seyehat edenlerin korkulu rüyası haline gelen Gölyurt geçidini devre dışı bırakmaktadır.



Şekil 2.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası

Bölgede ovit tünelinin açılmasıylada kırık tüneli dahada önem arz eden bir konuma gelmiştir. Tünel girişi km: 64+730,00 ve tünel çıkışı km: 71+826,00 (Sağ hat) / km:71+843,00 (Sol hat) olup tünel boyu sağ hat için 7096 metre sol hat için 7113 metredir (Şekil 2.2). Aynı şekilde tünel girişi 2043,905 metre kotundan, çıkışı 1706,950 metre kotundan olup kot farkı 336,955 metredir. Kırık tüneline ait tip kesitleri ise Ek-H'de verilmiştir.

Şekil 2.2. Kırık tüneli giriş ağzından bir görüntü

2.3. Jeomorfoloji

Erzurum ilinin yüzölçümünün yaklaşık % 64'ünü dağlar oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla % 20 platolar, % 12 yaylalar ve % 4 ile ovalar takip etmektedir. Dağların en önemlileri arasında Doğu Karadeniz kıyı dağlarının devamı olan 3937 m yükseltili Kaçkar Dağı ile yükseltileri 3000 m' yi aşan tepeler bulunur. İl topraklarının büyük kısmı volkanik yapılı dağlarla parçalanmış durumdadır. Rize Dağları, kuzey kesimde bir duvar gibi yükselerek Rize il sınırını oluşturur. En yüksek noktaları, Kaçkar Tepesi (3937 m), Verçenik Tepesi'dir (3711 m). İlin batısında, Çoruh ve Karasu vadilerinin birbirine yaklaştığı noktada Kop Dağları başlamaktadır. Önemli doruklar batıda Akbaba Dağı (3065 m), Keçitaşı Tepesi, Yererçöl Dağı, Serçeme Suyu' nun kuzeyinde volkanik yapılı Tosik Dağ (2900 m), Ortuzu Dağı, Gavur Dağı ve Mescit Dağlarıdır. Tünel güzergahına ait topoğrafik profil kesiti Şekil 2.3'de verilmiştir.

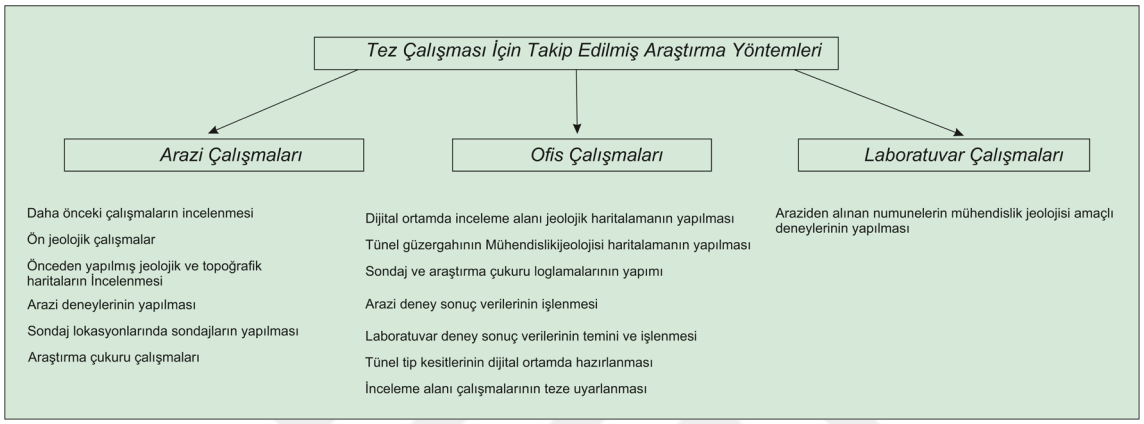
Şekil 2.3. Tünel güzergahına ait topoğrafik profil kesit

Karasu-Aras çöküntü alanının güneyinde belirgin bir yay çizen Karasu-Aras Dağları üçüncü grup dağları oluşturur. Batıda Munzur ve Mercan Dağları'nın devamı olarak uzanan bu dağlar doğuya doğru Palandöken ve Sakaltutan Dağlarını oluşturur. Köse ve Aşağı dağ Ağrı Dağı'na dek uzanırlar. Çobandede Dağları Erzurum'u doğudan çevreler ve Kargapazarı Dağları'nı Palandöken Dağlarına bağlar. İl topraklarını kuzeyden engebelendirmiş olan dağlarsa, Kuzey Anadolu Dağlarının ikinci sırasına bağlı yükseltilerdir. Bunların başlıcaları, İspir ve Erzurum arasında yer alan Mescit Dağları (en yüksek nokta 3239 m.), onların doğusundaki Kargapazarı Dağları (Dumlu Dağı 3169 m.) ve bir kısmı Kars ili sınırları içinde kalan Allahuekber dağlarıdır. Erzurum'un kurulduğu ovaya -Erzurum Ovası adı verilmiştir. Alanı yaklaşık 520 km^2'dir. Hınıs Çayı'nın geniş vadi tabanını kaplayan 5 km genişliğinde ve 35 km uzunluğundaki alüvyonal topraklarla kaplı alana - Hınıs Ovası denmektedir. Pasinler ilçe merkezinin de yer aldığı Pasinler Ovası, 1700 ile 2000 metre arasında yüksekliğe sahiptir. Erzurum ilinde yaylalık alanlar, il toplam alanının %12'sini oluşturur. Yaylaların en önemlisi; ortalama yüksekliği 2250-2500 metre olan Tekman Yaylasıdır. Bu yayla Palandöken Dağlarına kadar uzanmaktadır ve aşağı ve yukarı Tekman yaylası olarak ikiye ayrılır. Erzurum ili; Çoruh, Aras ve Fırat havzalarının birleşme noktasındadır.

Kırık tüneli, kotu 2750 metrelere çıkan bir dağın içerisinden geçmektedir. Tünel kırmızı kotu yaklaşık olarak 1694 – 2034 metre kotlarında olup, tünel ekseninde maksimum örtü kalınlığı 900 metre civarına kadar ulaşmaktadır. Tünel güzergahı boyunca ortalama tünel derinliği 130 metredir. Jeolojik anlamda tünel güzergahı, çok sayıda kırık-fay ve bindirme zonları gibi süreksizlikler ile kesilmektedir. Tünel girişinden itibaren 200 metre sonra başlayan kırık zonları, sonraki hat boyunca devam etmektedir. Tünel girişi 200 metrelik bir dilimden sonra bir vadinin altından geçmektedir. Sonrasında tünele paralel giden fakat eğim yönleri nedeniyle tüneli omuzlarından kesen fay zonları, derin tünelli kesimde önemli zayıflık zanlarının oluşmasına neden olacaktır. Tünel çıkış portalına yaklaşıldığında orta kesimlerde ise örtü kalınlığının en yüksek seviyelerinde tünel derin bir dağ altından geçecek olup bu kesimden tünel çıkışına doğru daha az örselenmiş kayaçlar içerisinde kalmaktadır.

2.4. Çalışma Yöntemi ve Süresi

Çalışmalar arazi, büro, laboratuvar ve tünel inşaatı yapımı esanasında aşamalarını kapsayacak şekilde yürütülen çalışmalarda tez aşaması süresince değerlendirilmiştir. İnceleme alanına ait tünel güzergahı ve çevresinin yeraltı yapısının belirlenmesine bağlı olarak tünel güzergahı ve çevresi üzerinde mühendislik jeolojisi amaçlı çalışmalar yapılmıştır. Tez çalışması için takip edilen araştırma yöntemleri Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4. Tez çalışmasında takip edilen araştırma yöntemleri

İnceleme alanı ve civarının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası MTA'dan çalışma alanına uyarlanılarak bilgisayar ortamında hazırlanmıştır. 1/2000 ölçekli Kırık tüneline ait tünel boy kesiti (plan ve profilleri), 1/1000 ölçekli jeolojik-jeoteknik en kesitleri ile tünel giriş ve çıkış portalları jeolojik planları 1/500 ölçekli tünel giriş çıkış portalları (sol ve sağ hat) jeolojik-jeoteknik plan ve profilleri ile tünel girişi ve çıkışına ait portal jeolojik - jeoteknik CorelDraw x8 programı ile tez çalışmasına uyarlanmış ve Ek-G ve Ek-J'de detaylı olarak verilmiştir.

2.5. Ulusal Düzeyde Yapılan İncelemeler

Ulusal düzeyde yapılan incelemeler başlığı altında, çalışma alanı ve çalışma konusu ile ilgili elde edilen mevcut kaynaklar değerlendirilmiştir. İnceleme konusu ile ilgili Türkiye'nin farklı bölgelerinde farklı araştırmacılar tarafından yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir;

TTS Uluslararası Mühendislik ve Mimarlık Ltd.Şti (2012) Dallıkavak Tüneli ile ilgili jeoloji ve jeoteknik değerlendirmelerde bulunmuştur.

Kuzeydoğu Sondaj (2012) Dallıkavak Tüneli ile ilgili jeoloji ve jeoteknik değerlendirmelerde bulunmuştur.

TTS Uluslararası Mühendislik ve Mimarlık Ltd. Şti. (2013) Ovit Tüneli için Kesin Proje ve Kesin Proje Hesap çalışmaları amacıyla ek Jeolojik - Jeoteknik etütler gerçekleştirilmiştir.

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş (2013) Kırık Tüneli ilgili jeoloji ve jeoteknik değerlendirmelerde bulunmuştur.

Fırat (2016) Rize-İspir Karayolu güzergâhı üzerinde bulunan Güneyce tüneline ait jeoloji ve jeoteknik değerlendirmelerde bulunmuştur. GSI, Q, RMR ve NATM yöntemlerine göre kaya kütle sınıflama sistemlerine sınıflandırmış ve uygun destek birimlerini belirlemiştir.

Temelsu Uluslararası Mühendislik Hizmetleri A.Ş. (2016) Çirişli tüneli jeoloji ve jeoteknik değerlendirmelerde bulunmuştur.

2.6. Uluslararası Düzeyde Yapılan İncelemeler

Uluslararası incelemelerden de çalışma konusuna faydası olması açısından faydalanılmıştır. İnceleme konusu ile ilgili araştırmacılar tarafından yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir;

Trefzger (1966) Los Angles bölgesine su sağlama amaçlı açılan çok sayıdaki tünelleri jeoteknik açıdan incelemiştir.

Barton ve Lien (1974) Norveç'te yayımlanan çalışmasında ‘Kaya Kütlelerinin Mühendislik Sınıflandırılması’ çalışmasında tünel çalışmalarında karşılaşılan jeolojik birimlerim mühendislik amaçlı kaya sınıflandırma sistemlerini geliştirmiştir.

Darton ve diğ. (1974) Washington metrosunda önemli mühendislik jeolojisi projesi olarak başarılı bir rapor örneği çalışması yapmıştır.

Clough (1977) Zayıf zeminlerdeki sığ tünellerle ilgili sorun, tünel ilerlerken yüzey oturması veya yanal hareketlerin oluşmasından kaynaklı olduğunu Los Angles'ta 30 kilometre uzunluğunda bir metro inşaatında tünelin durma noktasına getirmiştir.

Bickel ve Kuesel (1982) Kalkan ve tünel açma makineside dahil olmak üzere tünel açma yöntemlerini açıklamışlardır.

Thon (1982) Güney Dakota'da bir tünel açma makinesi Oahe Barajı'nda başarıyla kullanılmış ve günde en fazla 40 m hızla, Kretase yaşlı Pierre Şeyli'nde toplam 7 kilometre uzunluğunda ve 9 m çapında tünel kazmıştır.

Hoek (1983) Kaya kütlesi sınıflamaları, tünellerdeki destek ihtiyacının belirlenmesi amacıyla, özellikle tünel tasarımlarında görgül yaklaşımlar ile formüllenmiş ve halen daha gelişimini sürdürmektedir.

Romana (1987) Kaya sınıflama sistemini şevleride içine alacak şekilde genişletmek için çalışmalar yapmıştır.

Grimstad (1993) Tüneller ve yeraltı açıklıkları için kalıcı destek ve güçlendirme sistemlerini tespiti için Q (Barton) destek grafiği alanında çalışmalar gerçekleştirmiştir.

Brady ve Brown (1993) Tünelcilikte kullanılan çelik desteklerin gereksiz görüldüğü yerlerde, kaya bulonları yaygın biçimde yeraltı destekleri olarak kullanılmaktadır.

Petroski (1994) İngiltere ve Fransa arasındaki 'Manş Tüneli', Kretase yaşlı kireçtaşları içerisinde yer alır. Kazı esnasında kazıyı kolaylaştıran yatay tabakalar ve tünele su gelişini engelleyen şeyl tabakaları ile jeolojisi ideal bir çalışma olmuştur.

3. BÖLGESEL JEOLOJİ VE İNCELEME ALANI JEOLOJİSİ

3.1. Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı, Anadolu'nun tektonik birliklerinden Doğu Pontidler'in güneyi ile Anatolidler'in kuzeyinde yer alır. Pontid tektonik birliği, batıda Çekoslovakya'da Karpatlar'dan başlayıp, Romonya-Yugoslavya-Bulgaristan'ı katederek tüm Karadeniz güney kıyıları boyunca Türkiye'yi geçer ve doğuya doğru Kafkaslar'a kadar uzanır. Kafkaslar'ın kuzey bölümü Büyük Kafkasya, güneyi Küçük Kafkasya ve aradaki bölüm ise Transkafkasya olarak adlandırılmaktadır. Transkafkasya'nın güney kesimini oluşturan Somchetl Kafan (Karabakh) kuşağı Pontid kuşağına karşılık gelir. Bu kuşakta daha eski masiflerin üzerine açılı uyumsuzlukla gelen Alt-Orta Jura yaşlı yay ürünü kalk-alkalin volkanitleri, Üst Jura yaşlı korbonatlar ve Kretase yaşlı volkano-tortullar yerel uyumsuzlukla izler. Bunlarında üzerine, Tersiyer yaşlı, sığ ortamın ürünü volkono-tortullar yerel uyumsuzlulda gelir. Neojen- Kuvaterner yaşlı plato türü volkanitler ise tüm birimleri açılı uyumsuzlukla örter. Küçük Kafkasya Ofiyolit Kuşağı, Kuzey Anadolu Ofiyolit kuşağına (Anatolidler) karşılık gelir. Her iki kesimde de biri kuzeyde diğeri güneyde olan ve benzerlikler gösteren iki alt kuşak yeralır. Bölgenin ve dolayısıyla inceleme alanının temelini Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar oluşturur. Bölgenin ikinci temel kayası Paleozoyik yaşlı Gümüşhane ve Saraycık granitidir. Bölgedeki ikinci büyük granit yüzeylenimidir.

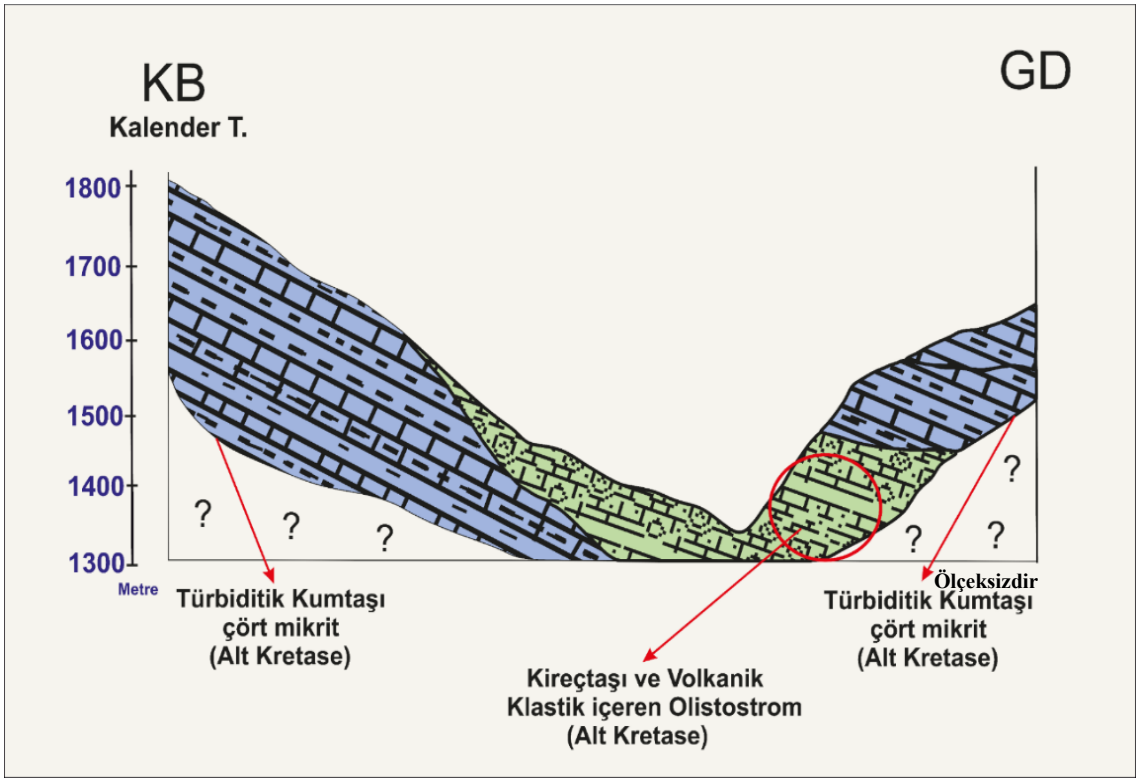
İnceleme alanının· kuzeyinde Rize-İspir arasında bulunur. Bu bölgedeki granitlerin yaşı Paleozoyik-Tersiyer arasında değişir. İspir doğusunda Jura yaşlı volkanosedimanter istifler granit üzerinde transgresif olarak yer alır. İspir kuzeyindeki granitlerin Jura-Kretase yaşlı volkanik ve sedimenter birimleri kestiğini, Eosen yaşlı birimlerin granitler üzerinde uyumsuz olarak yer aldığını ve bunların yerleşme yaşının Kretase'den genç, Eosen'den yaşlı olduğunu bildirmiştir.

Ovacık Olur Zonu olarak tanımlanan ve genellikle türbiditik karakterli pelajik çökellerin oluşturduğu Mesozoyik istiflerinin yüzeylendiği alan içerisinde Çameli Birliği'nin meydana getirdiği jeolojik formasyonlardan oluşmaktadır. Çameli Birliği, çalışma alanında gözlenen KD-GB eksenli Gölyurt - Yeşiltepe Senklinali ile ortaya çıkan ve yüksek derecede deformasyona maruz kalmış bir tektonik dilimdir. Ayrıca çalışma

alanının Kırık mevkii civarında örtü kaya olarak gözlenen kömürlü göl çökellerinin oluşturduğu Karahan formasyonu yer almaktadır.

İnceleme alanı ve yakın çevresinin tabanını oluşturan Karagüney formasyonu ile tanımlanan birim; Jura Kretase yaşlı kumtaşı, kumlu kireçtaşı (Üst-Jura) birimleri içermektedir bu birimler bir olistostromla sonlanan türbiditik fliş karakterli Akçağıl formasyonuna geçer ve çört, kumtaşı, breşik kireçtaşı (Üst-Jura) uyumlu istiflenmesinden oluşur.

Olistostromu üstleyen türbiditik kumtaşları Hatungüney formasyonu adı ile ayırtlanmıştır. Üst Jura – Alt Kretase yaşı verilen bu birimler, Apsiyen Senomaniyen 'de çökelen çörtlü mikritlerden oluşan Mescitdağları formasyonuna geçer. Bu jeolojik olay bölgede Çermeli napı olarak tanımlanmıştır Şekil 3.1'de ise Çermeli Napının basitleştirilmiş jeolojik kesiti verilmiştir. Daha sonra Eosen yaşlı Çoruh formasyonu andezitik-bazaltik lav, aglomera tüf, tüfit ve volkanik elemanlı kumtaşı ve çamurtaşı ardalanması gelmektedir. Sonrasında ise Pliyosen yaşlı Karahan formasyonu kiltaşı ve laminalı killi kireçtaşı istiflenmesinden oluşan birim gelip en üstte ise yamaç moluzu ve alüvyon bu birimi uyumsuz olarak üstelemektedir.



Şekil 3.1. Çermeli napının basitleştirilmiş jeolojik kesiti (Akdeniz ve diğ., 1994)

3.2. Önceki Bölgesel Jeolojik İncelemeler

İnceleme alanı ve yakın civarında büyük bir çoğunluğu genel jeoloji amaçlı olan çeşitli çalışmalar yapılmıştır. İnceleme alanında başlıca yapılan genel jeoloji çalışmaları şunlardır;

Arpat (1965) Pliyosen yaşlı Gelinkaya Formasyonunu adlandırmıştır Gelinkaya formasyonunun Erzurum'un kuzeydoğusunda tüf, tüfit, bazalt akıntıları ile yer yer kireç ve kil mineralli tüflerden oluştuğunu belirtmiş ve Pliyosen'de volkanizmanın şiddetli olduğunu ve genç bazalt kütlelerinin Pliyo-Kuvaterner yaşlı olduğunu belirtmiştir bu çalışma genel jeoloji araştırmaları kapsamında yapılmıştır.

Tokel (1965) Erzurum'un kuzeydoğusun da tüf, tüfit, bazalt akıntıları ile yer yer kireç ve kil mineralli tüflerden oluştuğunu belirtmiş Pliyosen'de volkanizmanın şiddetli olduğunu ve genç bazalt kütlelerinin Pliyo-Kuvaterner yaşlı olduğunu belirtmiştir.

Ketin (1969) Doğu Anadolu'da Oligosen ve Eosen yaşlı birimlerin temelini, ofiyolitli karmaşık olarak tanımladıkları litolojinin teşkil ettiğini belirtmiştir.

Acar (1975) Tortum'un güneyinde aglomeratik lav serisi bulunduğunu ve bu seride aglomera, andezitik bazalt blok ve çakıllardan açık gri tüf bir çimento ile birleşmesinden olduğunu belirtmiştir bu çalışma genel jeoloji araştırmaları kapsamında yapılmıştır.

Şengör ve Yılmaz (1981) Arap ve Avrasya levhaları arasında Bitlis Sütur Zonu boyunca gerçekleşen çarpışma sonucunda kıtasal kabukta büyük ölçüde bir kısalma meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Bayraktutan (1982) Narman ve civarında sedimantolojik incelemeler doğrultusunda, lagün-sığ deniz, akarsu-göl ve akarsu ortamlarda oluşmuş kayaçların varlığını tesbit etmiştir.

Şaroğlu ve Yılmaz (1984) Doğu Anadolu'daki Neojen Volkanitleri'nin kısmi ergime ile kıtasal kabuk veya mantodan oluşan mağmaların açılma çatlaklarından yukarı çıkarak oluştuklarını öne sürmüşlerdir.

3.3. Tektonik Konum ve Yapısal Jeoloji

İnceleme alanının içerisinde bulunduğu Doğu Anadolu bölgesi K-G yönelimli sıkışma geriliminin denetimindedir (Mc Kenzie, 1972; Le Pichon, 1973; Morelli, 1978).

Geç Kretase'de Neo-Tetis kuzey kolunun kapanmaya başlamasıyla birlikte, bu koldan güneye, Anatolid/Torid platformu üzerine Senoniyen'de büyük ofiyolitli naplar yerleşmiştir. Üst Eosen öncesinde, Anatolid/Torid plat- formu ile Pontid ada yayı çarpışmasıyla, Doğu Anadolu Bölgesinde güneye doğru ilerliyen ofiyolitli napları önünde Eosen - Oligosen yaşlı, asimetrik fliş/molas havzaları gelişmiştir (Şengör, 1980).
Doğu Anadolu Bölgesinde Neotektonik dönem, Avrasya-Arabistan kıta çarpışmasıyla başlamıştır (Şengör ve Kidd, 1979; Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1983; Koçyiğit ve Rojay, 1983).

Çarpışmanın yaşı dolayısıyla Neotektonik dönemin başlangıcı bazı araştırmacılara göre Orta veya Geç (?) Miyosen (Şengör ve Kidd, 1979; Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1983; Barka, 1984; Şaroğlu ve Güner, 1981; Şaroğlu ve Yılmaz, 1987), diğerlerine göre ise Üst Miyosen - Alt Pliyosen'dir (Koçyiğit ve Rojay, 1983, 1984; Koçyiğit, 1985).

Neotektonik dönemde bölgede sıkışma sonucu genelde D-B doğrultulu K ya da G ye eğimli yüksek açılı bindirmeler, KB - GB doğrultulu sol yönlü doğrultu atımlı faylar, KB - GD doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı faylar, K - G doğrultulu açılma çatlakları ve bu çatlaklardan çıkan yaygın volkaniter oluşmuştur (Şaroğlu ve Güner, 1981; Şaroğlu ve Yılmaz, 1987).

Geç Miyosen - Erken Pliyosen sırasında, Avrasya, Arap levhaları arasındaki kıta - kıta çarpışması, özellikle Avrasya levhası içinde çok sayıdaki sol ve sağ yanal nitelikli fayların meydana gelmesine neden olmuştur. Bilin- diği gibi bu faylardan bölgesel boyutlu olan ikisi sağ yanal nitelikli Kuzey Anadolu ve sol yanal nitelikli Doğu Anadolu faylarıdır (Koçyiğit, 1985).

Bu iki fayın kesişme yerinin yakın kuzeybatısında yer alan inceleme alanı ve yakın çevresinde, bu faylara koşut olarak ve daha küçük boyutlu, aynı nitelikli faylar gelişmiştir. İnceleme alanı ve yakın çevresi bugüne değin yukarıda verilen tektonik amaçlı araştırmaların yanısıra, değişik jeolojik amaçlara yönelik olarak birçok araştırmacı

tarafından incelenmiştir (Lahn, 1940; Wedding, 1964; Pisoni, 1965; Arpat, 1965; Koçyiğit ve diğerleri, 1985; Kerey ve Bozkuş, 1985; İnan, 1988).

İnceleme alanı Üst Kretase'den beri süregelen sıkışma gerilimi denetimde gelişmiş jeotektonik yapılan kapsar. Bu alanda temeli oluşturan ofiyolitli karışık Üst Maestrihtiyen yaşlı, transgresif nitelikli denizel bir istifli uyumsuzlukla üstlenir (Bozkuş, 1992).

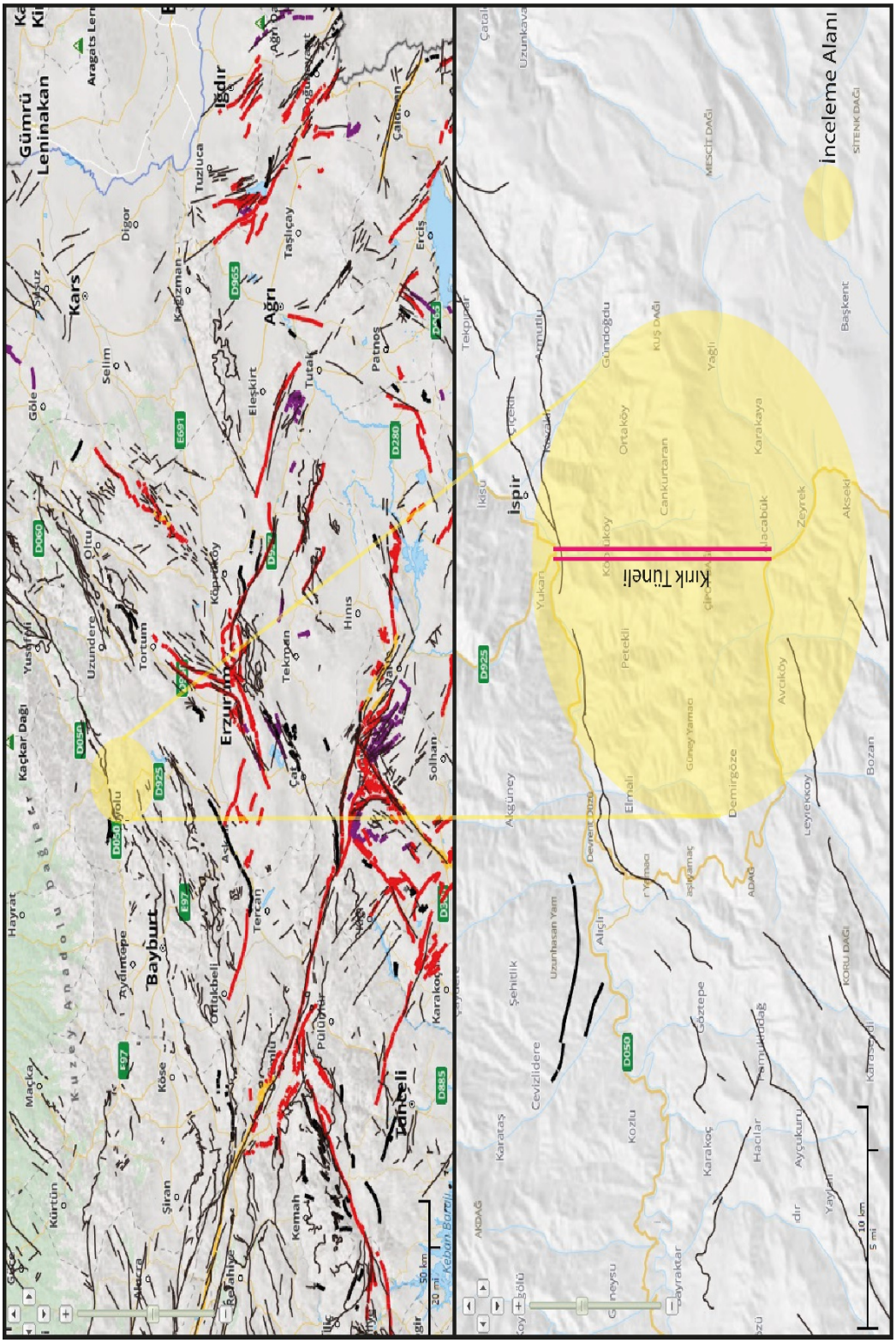
Bu da ofiyolitli birimin inceleme alanı ve civarındaki ilk yerleşim yaşının Üst Maestrihtiyen öncesi olduğunu gösterir. K - G yönlü sıkışma geriliminin denetiminde olan inceleme alanında; yaklaşık D-B doğrultulu bindirme ve büyük açılı ters faylar, KD-GB gidişli sol yanal ve KB-GD gidişli sağ yanal doğrultu atımlı faylar ile yaklaşık D-B eksen gidişli kıvrım yapılan gelişmiştir.

İnceleme alanı ve yakın çevresinde KD–GB uzanımları ile dikkati çeken ve farklı stratigrafi istiflerini taşıdıklarından tektonostratigrafi birimleri olarak tanımlanan bu tektofasiyes dilimleri, bağıl hareketlerine göre, otokton veya allokton konumludur. Birbirleri ile tektonik ilişkili olan bu dilimlerden düşük açılı bindirme düzlemleri boyunca, otokton veya bir diğer allokton dilim üzerine itilerek yer yer binik bir yapı oluşturan allokton birimler, bu özelliklerinin daha belirgin biçimde vurgulanması amacı ile “nap” kütleleri tarzında ayırtlanmıştır. İnceleme alanında belirlenen fayların tamamı ters fay olup tünel çıkışı ve hat sonu arasındaki bölgede yoğun olarak görülür inceleme alanına ait aktif fay haritası Şekil 3.2’de verilmiştir.

Hatungüney formasyonu (JKh) içerisinde düşük açılı ve güneye eğimli oldukları belirlenen faylar bulunur. İnceleme alanı yakın çevresinde etkin sokuluma kuvvetleri bu fayların mekanizmalarını karakterize eder.

Bununla birlikte, inceleme alanı ve yakın çevresinde gözlenebilen tek bindirme fayı hat sonuna doğru Karagüney formasyonu (JK) ile Çoruh fomasyonu (Tç) arasındaki sınırı teşkil etmektedir. KKB – GGD bileşkeli kuvvetler altındaki sokulmanın etkisiyle Karagüney formasyonu (JK) kuzeye doğru Çoruh fomasyonu (Tç) üzerine bindirmektedir. İnceleme alanında gözlenen birimlerde tabakalanma kolayca tespit

edilebilmiştir. Ancak bazı kesimlerde ise tabakalanmanın yüksek derecede ayrışmaya bağlı olduğu kesimlerde görülememiştir.

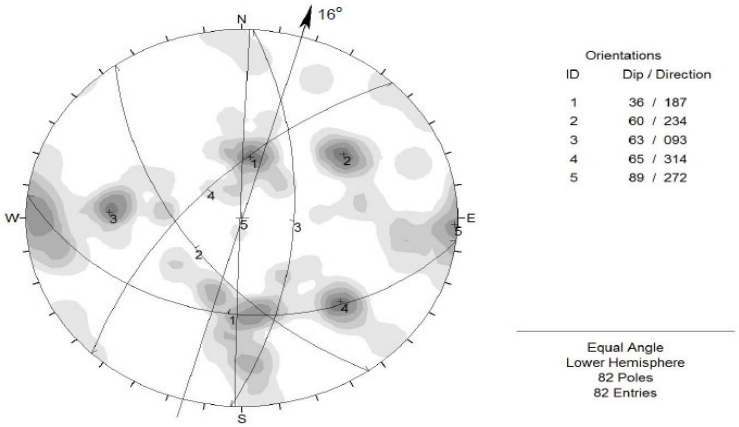


Şekil 3.2. Çalışma alanına ait aktif fay haritası (http://yerbilimleri.mta.gov.tr/)

Kırık tünel girişindeki çok ayrışmış kumtaşı, killi kireçtaşı yamaç molozlarındaki tabaka doğrultu ve eğimleri ölçülememiştir fakat bir tabakalanma mevcuttur. Tünel çıkışındaki jeolojik birimlerde ise yine bu durum söz konusudur.

İnceleme alanında büyük boyutlu kıvrımlara rastlanılmamıştır. Ancak kaya birimlerinin pek çoğunu daha oluşumları sırasında denetim altına alan tektonik hareketlerin, bir süreklilik içinde gelişen değişik evreli etkileri, oldukça şiddetli deformasyon geçirmiş bölgedeki kıvrımlı, kırıklı, bindirmeli yapılarla ortaya çıkar sıkışma hareketine bağlı olarak kıvrımlanmalar görülmüştür. KD-GB eksen gidişikli kıvrım yapıları gelişmiştir.

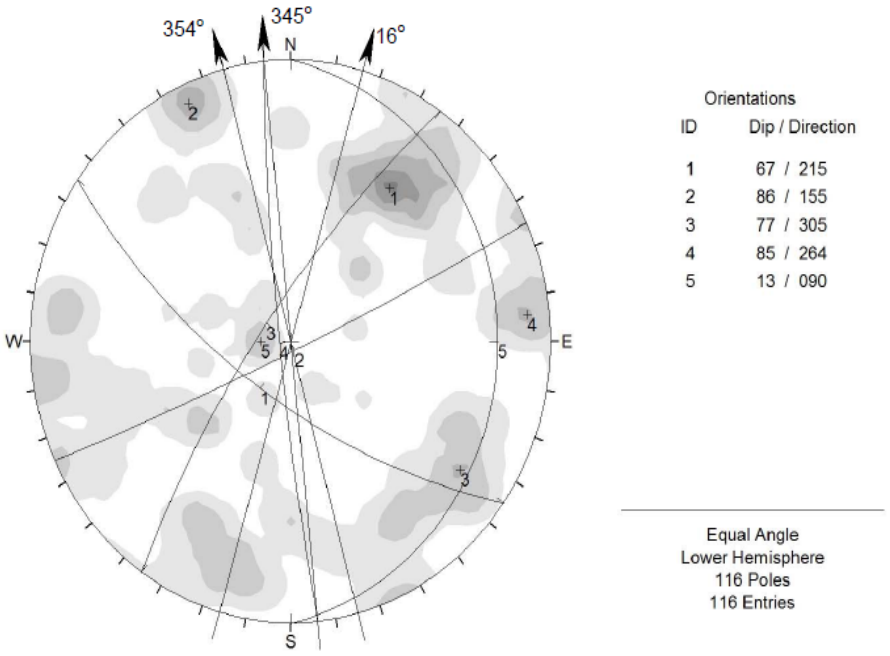
İnceleme alanında gerçekleştirilen saha çalışmaları sırasında yüzeyde geniş yayılımlı, tabaka ve eklemlerin gözlemlenemediği çok – tümüyle ayrışmış örtü ile kaplı özellikler sunan Karahan formasyonuna (Tpk) ait birimlerden yeterli sayıda ölçü alınamamıştır. Tünel geçiş güzergahı boyunca gözlenen Hatungüney formasyonu (JKh) ile Mescitdağları formasyonuna (Km) ait kaya birimlerine ait egemen eklem takımlarının belirlenmesine yönelik olarak yapılan jeolojik çalışmalar ışığında yoğun süreksizlik ölçü alınabilmiş DIPS 6.0 programı kullanılarak süreksizlik yönelimlerinin dağılımını gösteren tünel kesimi için kontur diyagramları hazırlanmıştır. Hazırlanan kontur diyagramlarının değerlendirilmesi ile egemen eklem takımları belirlenmiştir. Tünel güzergahında izlenen egemen eklem takımlarının yönelimleri aşağıda verilmiştir. Mescitdağları formasyonuna (Km) ve Hatungüney formasyonuna (JKh) ait kaya birimlerinde gerçekleştirilen süreksizlik ölçümleri sonucunda elde edilen egemen eklem takımları Tablo 3.1'de verilmiştir. Her iki formasyona ait kontur diyagramları ise Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6'da verilmiştir.



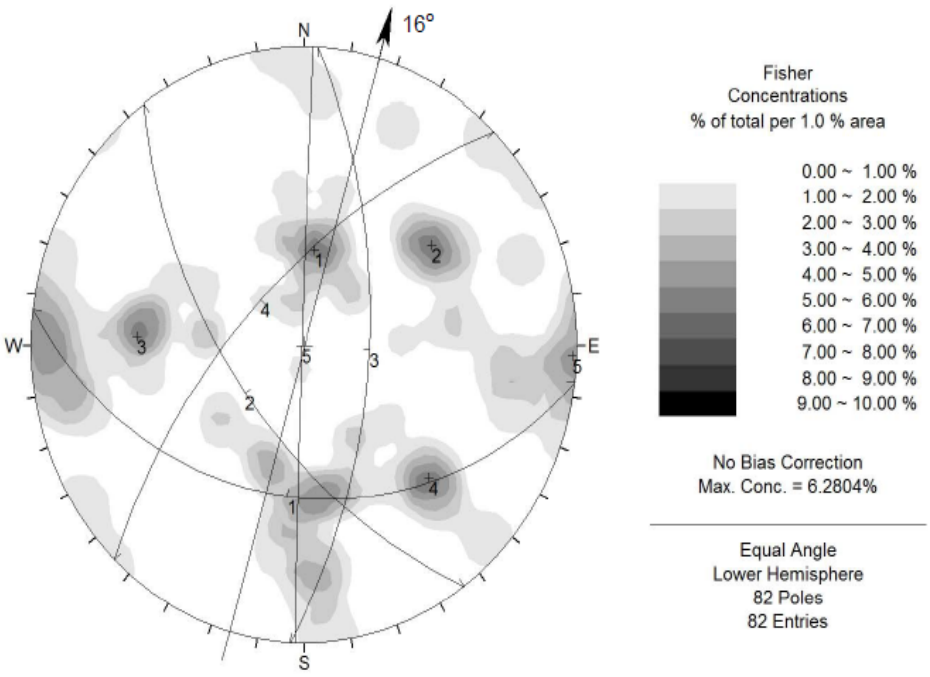
Şekil 3.3. Mescitdağları formasyonuna (Km) ait kontur diyagramı

Tablo 3.1. İnceleme alanındaki formasyonlara ait egemen eklem takımları

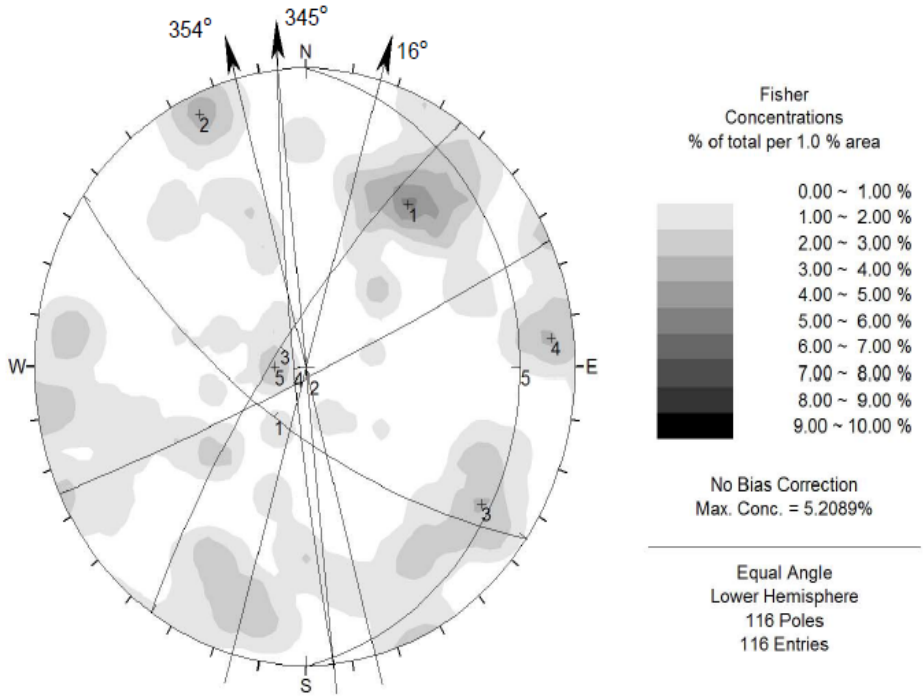
Eğim (°)	**Eğim Yönü**	**Doğrultu/ Eğim**	**Formasyon Adı**
36	187	K7B/36GB	Mescitdağları Formasyonu
60	234	K54B/60GB	Mescitdağları Formasyonu
63	93	K3D/63GD	Mescitdağları Formasyonu
65	314	K44D/65GB	Mescitdağları Formasyonu
89	272	K2D/89KB	Mescitdağları Formasyonu
67	215	K35B/67GB	Hatungüney Formasyonu
86	155	K65D/86GD	Hatungüney Formasyonu
77	305	K35D/77KB	Hatungüney Formasyonu
85	264	K84B/85GB	Hatungüney Formasyonu
13	90	KG/13KD	Hatungüney Formasyonu



Şekil 3.4. Mescitdağları formasyonuna (Km) ait eklem takımları



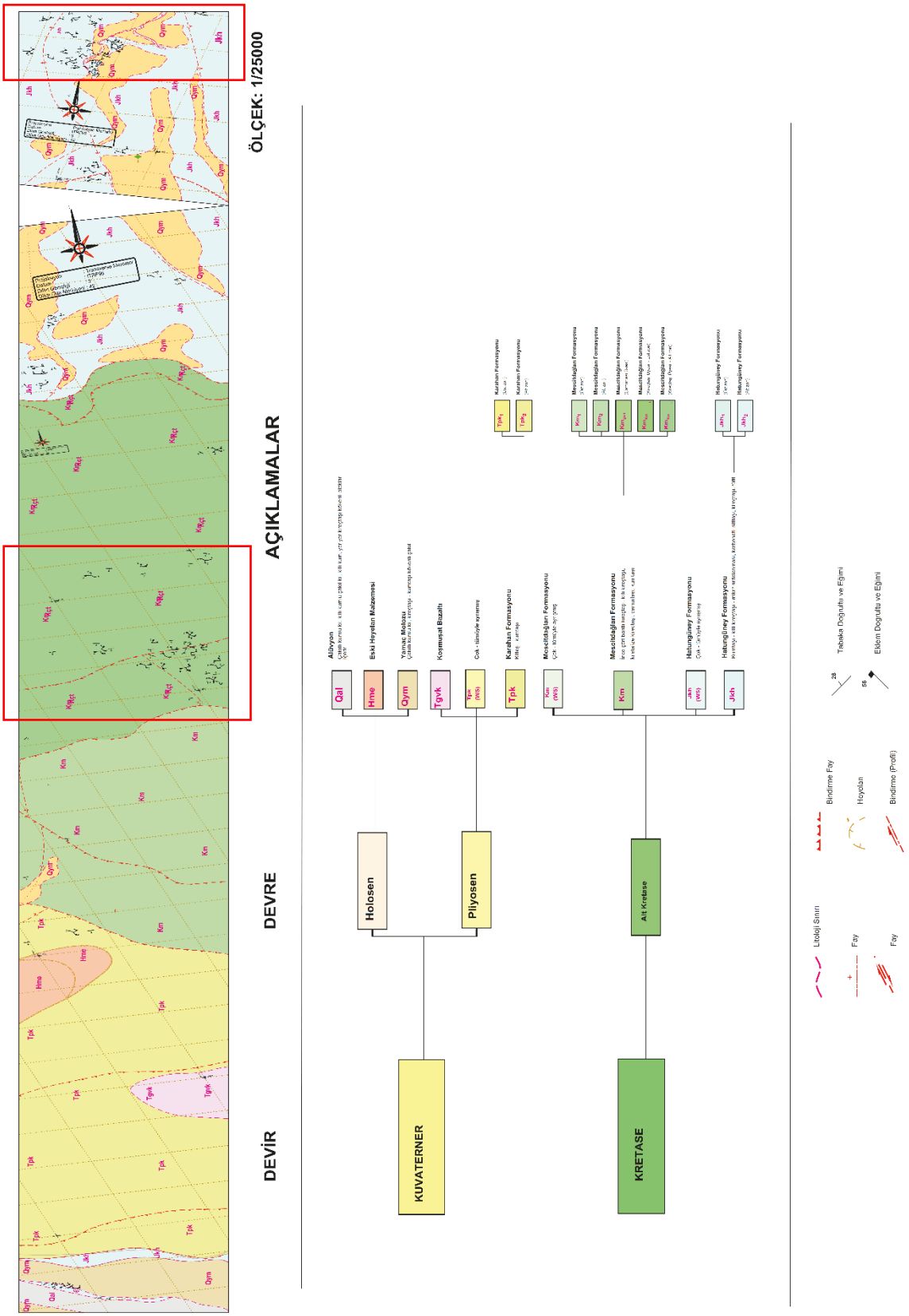
Şekil 3.5. Hatungüney formasyonuna (JKh) ait kontur diyagramı



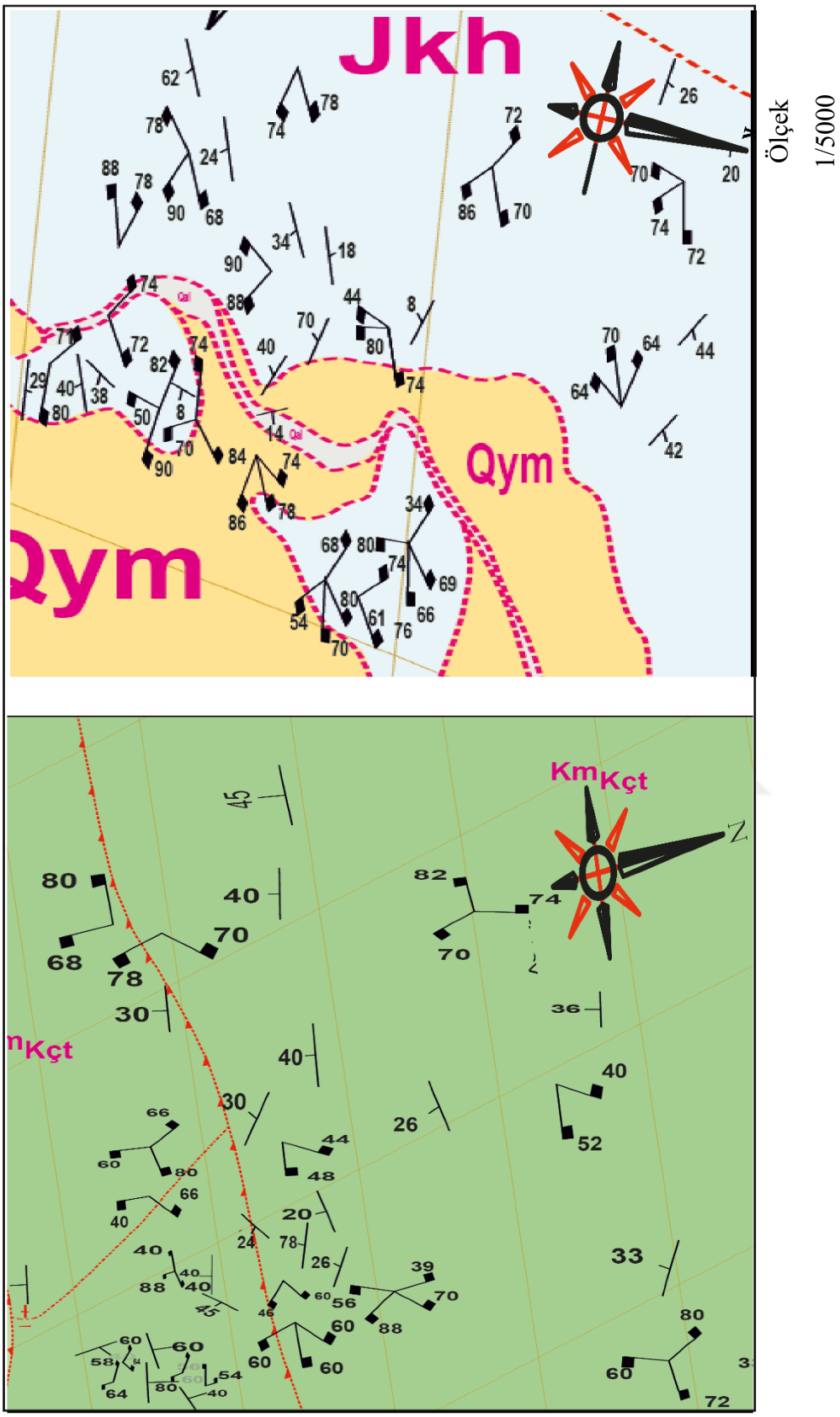
Şekil 3.6. Hatungüney formasyonuna (JKh) ait eklem takımları

3.4. İnceleme Alanı Jeolojisi

Tünel güzergahı ve civarında yüzeyleyen birimler yaşlıdan gence doğru sıralandığında tabanda Jura-Kretase yaşlı kumtaşı, kumlu kireçtaşı, laminalı çört ve breşik kireçtaşları istiflenmesinden oluşan birim bulunmaktadır. Bu istiflenme üzerine uyumlu olarak türbiditik kumtaşı, killi kireçtaşı ve kireçtaşlarından oluşan formasyon olistostrom üzerine gelen killi kireçtaşları, kumtaşları ile başlar çakıltaşı, kumtaşı, kireçtaşı ardalanmasından oluşan birim ve killi kireçtaşlarından oluşan formasyon gelmektedir. Bu birimler üzerine yine uyumlu ve ardalanmalı olarak gelişen Tersiyer yaşlı andezitik-bazaltik lav, aglomera, tüf, tüfit ve volkanik elemanlı kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşan formasyon gelmektedir. Son olarak ise Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç molozu bu birimi uyumsuz olarak üstelemektedir. İnceleme alanının jeoloji haritası (MTA, 2002'den uyarlanmıştır) Şekil 3.7'de verilmiştir. Harita üzerinde çözünürlük kaynaklı okunamayan tabaka doğrultu, eğim ve eklem takımları ise Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.7. İnceleme alanının jeoloji haritası (MTA, 2002'den uyarlanmıştır)



Şekil 3.8. İnceleme alanının jeoloji haritasının yakınlaştırılmış kesimleri (Şekil 3.7'deki haritanın %125 oranında büyütülmesi ile elde edilmiştir)

3.5. Stratigrafi

İnceleme alanı ve yakın çevresini içine alan bölgede, MTA Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan jeolojik haritalar ve bilimsel amaçlı hazırlanmış raporlardan azami şekilde yararlanılmıştır. Bölgede bulunan formasyonlar yaşlıdan gence doğru ana hatları ile aşağıda açıklanmıştır. Bölgeye ait genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesit (MTA, 1994'ten inceleme alanına uyarlanılarak hazırlanmıştır) Şekil 3.9'da verilmiştir.

3.5.1. Karagüney Formasyonu (Jk)

Karagüney formasyonu Çermeli napının tabanını oluşturan kumtaşı-kireçtaşı istifini temsil etmektedir. Çoğunlukla kızılımsı kahve, sarımsı, kurşini gri renklerde yer yer ayrışmalı litik arkozit kumtaşları ve çeşitli kireçtaşı tiplerinin oluşturduğu formasyonun belirleyici kaya türü özellikleri ve istiflenmeler yersel değişime uğrar. Karagüney formasyonunun en üst seviyesinde kızılımsı kahverenkli kumtaşı-kalkarenit-mikrik ardalanması şeklinde olmaktadır. Formasyonun alt kısımlarında ise sarı renkli, ince tabakalanmalı kıvrımlı mikritler, mikritler üzerinde ise kızılımsı kahverenkli, ayrışmalı arkozik kumtaşları egemendir. İnceleme alanı içersinde Karagüney formasyonu eğimin artmaya başladığı kesimlerde gözlemlenen küçük dereler içerisinde formasyonun sarımsı kahverenkli, ince-orta tabakalanmalı, ince dokulu kumtaşı, kumlu kireçtaşı ardalanması şeklindedir. Karagüney formasyonunu yeşilimsi gri renkli, kaba dokulu kumtaşları ile belirgin bir çizgisel sınır ile Akçağıl formasyonundan ayırır. Manastırın derede Karagüney formasyonunun gözlenebilen en alt seviyesinde koyu gri renkli, sarımsı ayrışmalı, ince – orta tabakalanmalı sparimikritler yer alır. Bunun üzerine gelen yeşilimsi renkli, orta – kalın tabakalanmalı litik arkoz seviyesi içerisinde çakıltaşı mercekleri bulunur. Sarımsı, kızılımsı kahverenkli, ince – orta tabakalanmalı kumtaşı, sarımsı ayrışmalı koyu gri mikrit – kalkarenit ardalanması ile devam eden birim, 300 – 350 metre kalınlığa ulaşır.

Birimin üst seviyesinde ince tabakalanmalı sarı kumtaşı – killi kireçtaşı – şeyl – mikrit ardalanması yer alır. Kale derede küçük andezit daykları ile kesilmiş birim, altta kireçtaşı – killi kireçtaşı; üstte kumtaşı – kireçtaşı – killi kireçtaşı ardalanmasından oluşur. Karagüney formasyonu inceleme alanının her kesiminde Akçaağıl formasyonu tarafından üzerlenir. Batıda, Akçaağıl formasyonunun volkanik kumtaşları; doğuda şeyl üyesi

Karagüney formasyonu üzerine uyumlu olarak oturur. Formasyonunun yaşı için Üst Jura öngörülür formasyonun mostra verdiği yüzeylerde kalınlığı 300-350 m arasında değişmektedir.

3.5.2. Akçaağıl Formasyonu (Ja)

Çermeli napının karmaşık yapılı kırıntılı seviyesidir. Akçaağıl formasyonu Çermeli napının, volkanik kayalar ve kireçtaşlarından olistostroma kadar değişen fasiyeslerini kapsamaktadır. Akçaağıl formasyonunun tip kesit gösterdiği kesim Akçaağıl dere kaynağının 500 m kadar aşağısı ile derenin KD'ya döndüğü kesim arasındadır ve kalınlığı 450-500 m dolayındadır ve şeyllerle başlayan formasyon 50 m kalınlığındaki ince tabakalar şeklinde ardalanan yeşil renkli laminalı çört, kahvemsi yeşil kumtaşı, breşik kireçtaşı, kalkarenit ve koyu mikritlerden oluşan seviyeye bu seviyeden sonrada da koyu yeşil haki renkli, yer yer benekli görünümlü, ince – orta – kalın tabakalanmalı kaba taneli, bol volkanik elemanlı litarenitlere geçer. Akçaağıl formasyonu fazlaca volkanik elemanlı literanit, şeyl ve mikritlerle volkanik kaya ve olistostrom fasiyeslerini kapsar.

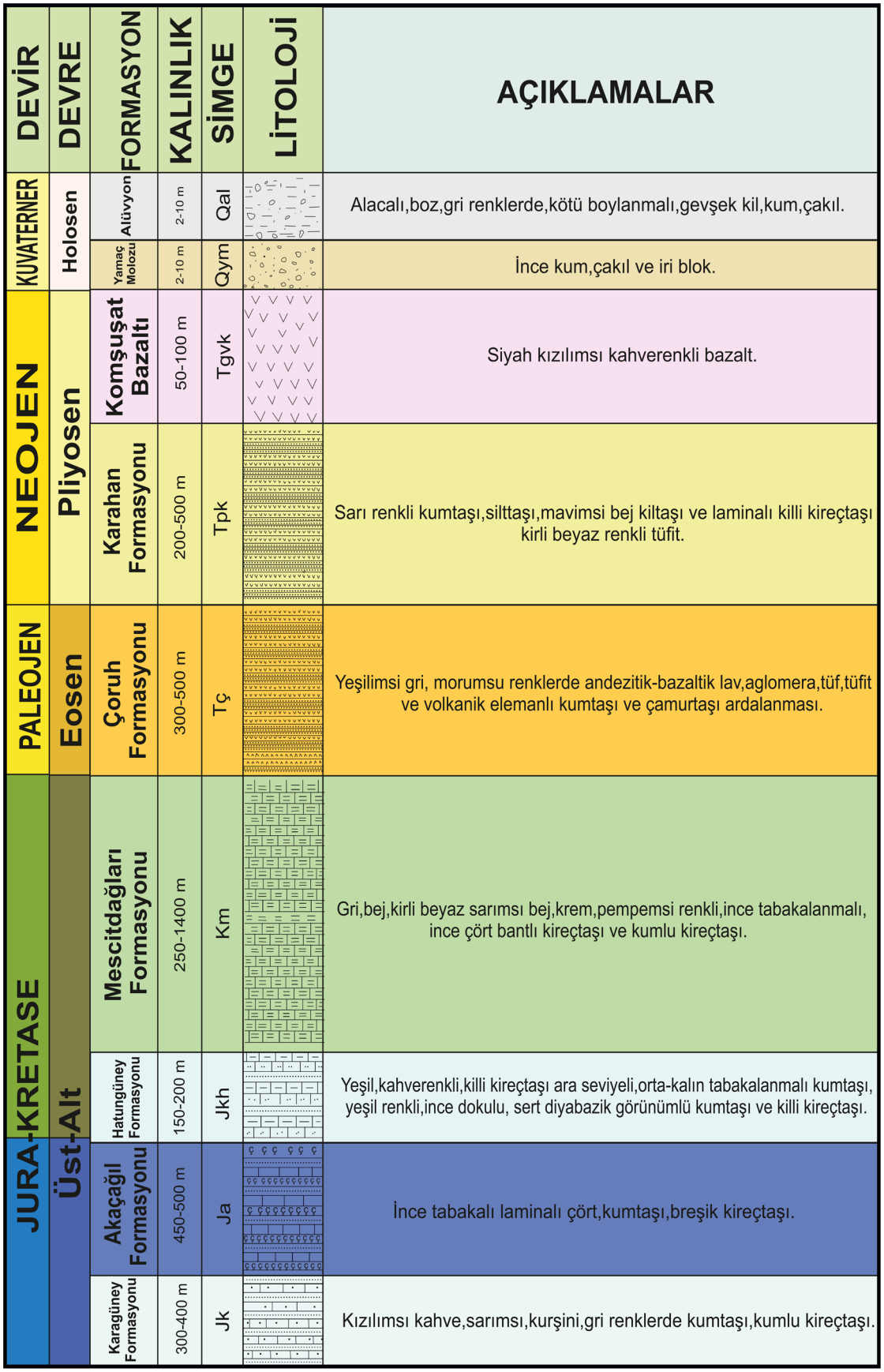
3.5.3. Hatungüney Formasyonu (JKh)

Çermeli napını oluşturan istifte Hatungüney formasyonu; olistostrom ile mikritik karbonatlar arasında yer alan kireçtaşı mercekli kumtaşı – killi kireçtaşı seviyesi ile tanımlanmıştır. Tip kesit verdiği kesimde kalınlığı 150-200 metre olarak gözlemlenmektedir.

Türbiditik kumtaşı, killi kireçtaşı ve kireçtaşlarından oluşan formasyon olistostrom üzerine gelen yeşil, kahverenkli killi kireçtaşı ara seviyeli orta – kalın tabakalanmalı kumtaşları ile başlar. En üstte yer alan kumtaşı – killi kireçtaşı – şeyl mikrit ardalanmasının oluşturduğu bir geçiş seviyesinden sonra killi mikritlere geçilir. Üste doğru belirgin tane boyu incelimi gösteren birimde tabaka kalınlıları oldukça değişkendir.

3.5.4. Mescitdağları Formasyonu (Km)

Mescitdağları formasyonu; Çoruh nehri kavisi içerisinde Bayburt dolayından başlayıp Yusufeli güneyine doğru uzanan KD-GB gidişli yüksek doruk ve sırtlarını çörtlü mikritler ile tanımlanmıştır. Formasyonun üst seviyesinde yaygın olan kumtaşı-kumlu kalkarenit-



Şekil 3.9. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (MTA, 1994)

killi kireçtaşı tabakaları mikrit tabakaları ile ardalanır. Formasyon kumtaşı, kiltaşı, marn, killi mikrit ve çörtlü mikritlerden oluşmaktadır (Akdeniz, 1994). Tabanda ise gri, bej renkli, ince tabakalanmalı, ince çört bantlı mikritlerle başlayan formasyonda üste doğru giderek artan çört katkıları yanında, kirli beyaz, sarımsı bej, krem, pembemsi renkler yaygınlaşır (Burşuk, 1982).

3.5.5. Çoruh Formasyonu (Tç)

Birime adını veren Çoruh nehri kuzeyi boyunca, Bayburt – İspir arasında geniş bir alanda yüzeyleyen volkanik ve volkano – tortul kayalar Çoruh formasyonu adı altında incelenecektir. Genel olarak yeşilimsi gri, morumsu renklerde görünen formasyon, yaygın andezitik, yersel bazaltik lav, aglomera, tüf, tüfit ve volkanik elemanlı litarenit ve çamurtaşlarının düzensiz ardalanmasından oluşan volkano – tortul bir istifi kapsar. Çoruh formasyonu, tabanının gözlendiği kesimlerde piroklastiklerle başlar. Sarımsı, kirli beyaz renkli bu seviyede ince – orta tabakalanmalı tüfitler kumtaşı tabakaları ile ardalanmalıdır. Piroklastiklerde kireçtaşı, çört ve lav parçaları yaygındır. Genellikle gevşek; yersel sıkı tutturulmuşlardır. Üste doğru volkanik breş, aglomera ve bant ve merceksel şekilli lavların katılması ile oldukça kalın ve monoton bir volkano – tortul istif gelişir.

3.5.6. Karahan Formasyonu (Tpk)

Kırık doğusundaki Karahan köyü çevresinde yüzeyleyen ve İspir – Karahan linyitlerini içeren volkanoklastik kayalar Karahan formasyonu adı altında incelenmiştir. Formasyon sarı renkli kumtaşı, silttaşı, mavimsi bej kiltaşı ve laminalı killi kireçtaşlarından oluşan bir taban seviyesi ile başlar.

Yer yer iri kireçtaşı çakıl ve bloklarını da kapsayan bu taban seviyesinin üstüne doğru giderek artan volkanik kırıntılar, kömürlü seviyenin altında kirli beyaz renkli, karbonatlı tüfit tabakalarını oluşturur. Yine kirli beyaz renkli, volkanik elemanlı kumtaşı tabakaları ile derecelenmeli, ardalanmalı, ince dokulu bu tüfitlerin tebeşirsi yapısı dikkati çeker.

3.5.7. Koşmuşat Bazaltı (Tgvk)

Kırık dolayında, Karahan formasyonunu kesen kırıklar boyunca yükselmiş gibi görünen bazaltlar, taze yüzeylerde, siyah; ayrışmış kesimlerde, kızılımsı kahverenklidir. Alt

seviyede düzenli poligonal eklemlenmeli lavlar, üste doğru curufumsudur ve düzensiz gaz boşluklarından dolayı yer yer süngersi bir görünüm kazanmıştır.

3.5.8. Güncel Çökeller

Güncel çökeller, genellikle dar alanlar içindeki oluşumlarını günümüzde de sürdüregelen Kuvaterner yaşlı çökel birikintileridir. Bunların birikim alanları ve geometrileri yöresel morfolojinin; depolanma hızı ve kalınlıkları ise iklim faktörlerinin denetimi altındadır. Özellikle yamaç molozlarının birikiminde sert eğimli topoğrafyanın rolü büyüktür. Bitki örtüsünün bulunmayışı ve etkili bir erozyon, kaya parçalarının yamaç aşağı yuvarlanmasını kolaylaştırır.

3.5.9. Yamaç Molozu (Qym)

İnceleme alanında küçük yamalar halinde biriken yamaç molozları, özellikle dik yamaçların eteklerinde geniş alanlar kapsar. Boyları ince kum ile iri blok arasında değişen köşeli taneli yapısı vardır. Yuvarlaklık, boylanma, derecelenme ve tabakalanma izlenmez. Düzensiz yığışımlıdır. Yersel çimentolanmış olabilir.

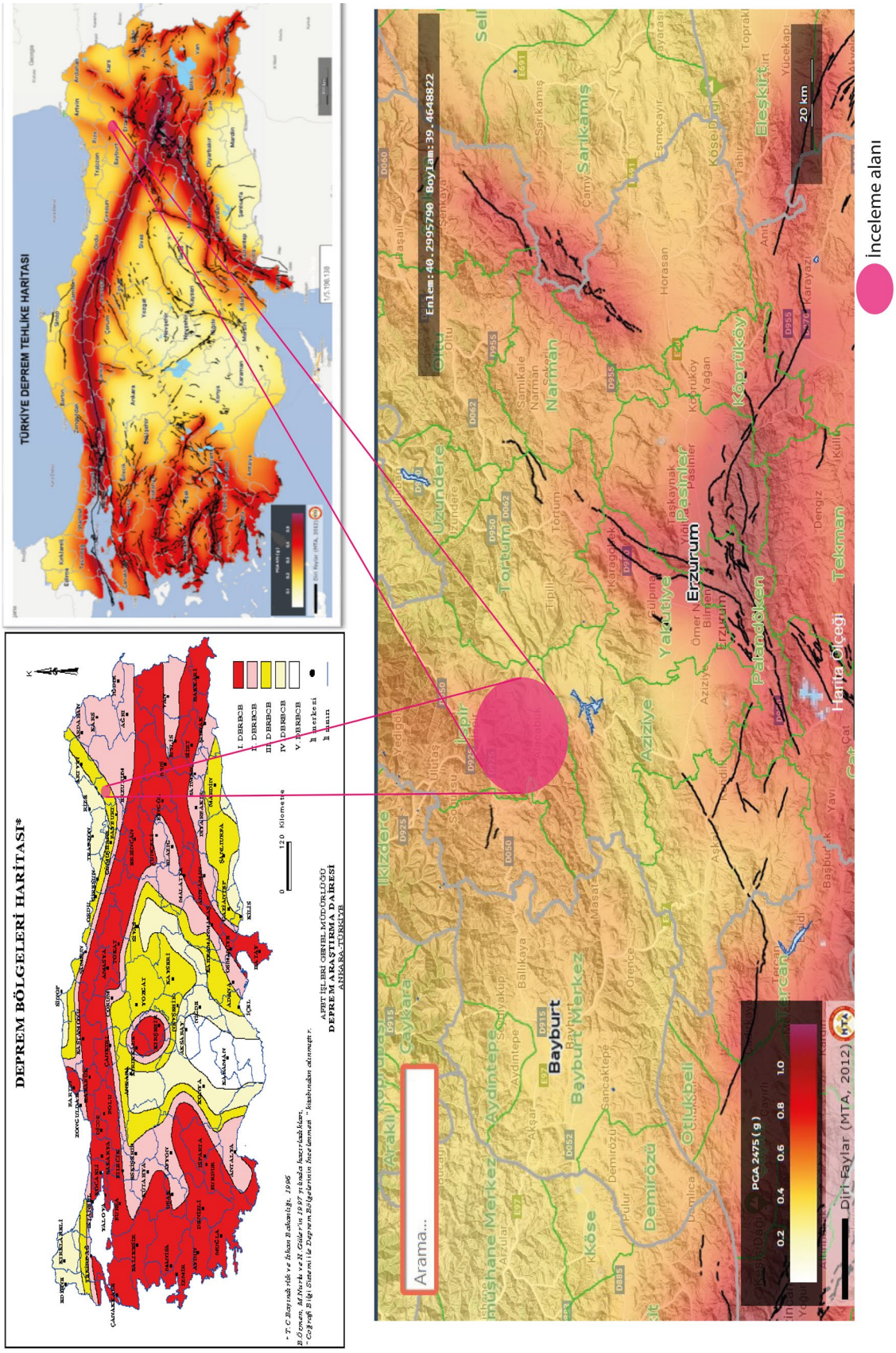
3.5.10. Alüvyon (Qal)

İnceleme alanındaki dere ve çayların vadilerinde dar şeritler halinde birikmiş çökellerdir. Alacalı, boz, gri renklerde; tane boyu silt ile iri çakıl arasında değişir. Kötü boylanmalı ve gevşektir.

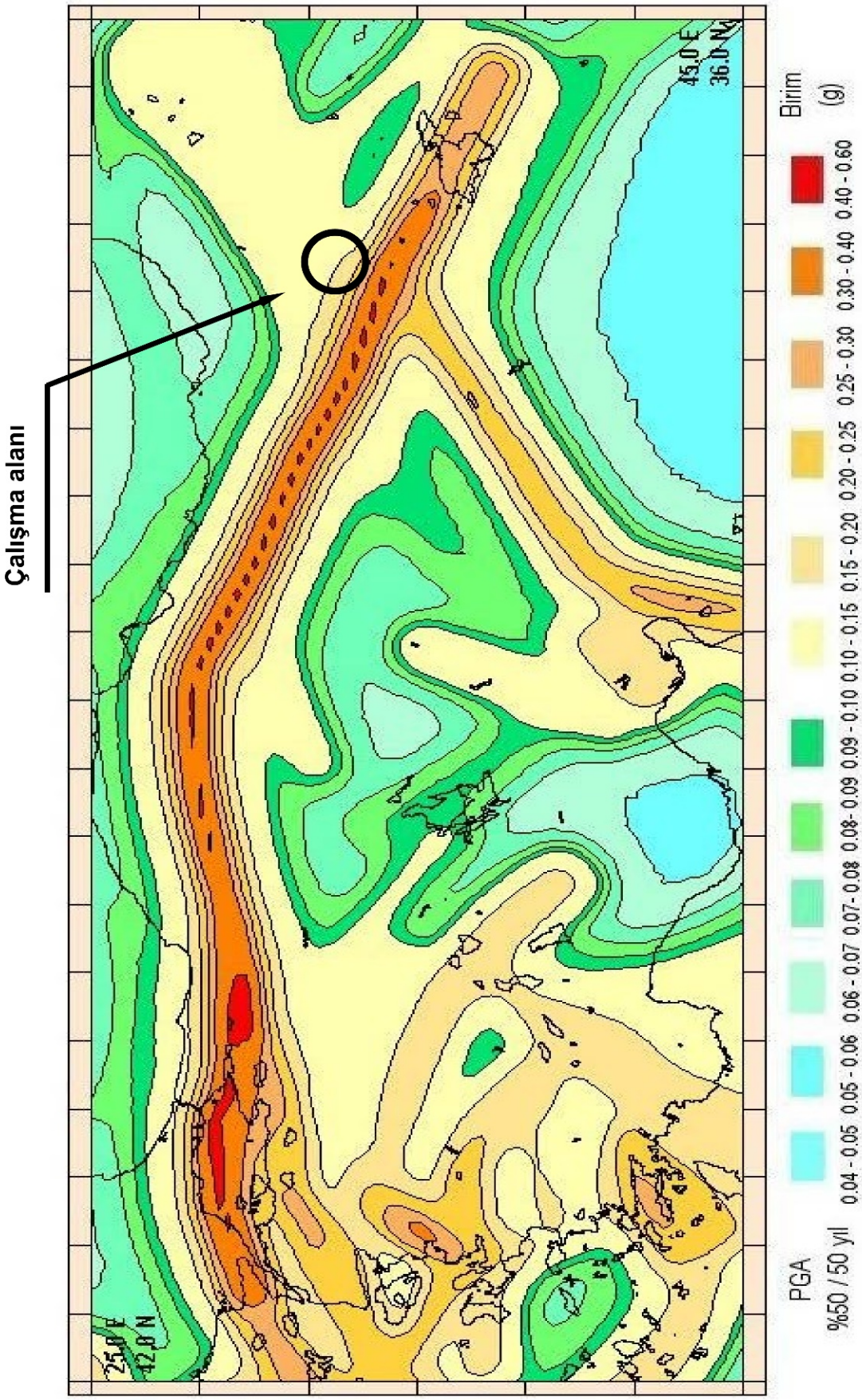
Köşeli çakıllarla çok iyi yuvarlanmış disk şekilli çakıllar bir arada bulunur. Bazen iri çakıllı kısımlar arasında bulunan kum mercekleri tabakalanmaya benzer yapı oluşturur.

3.6. Bölgenin Depremselliği

Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre inceleme alanı 3. derece deprem bölgesinde kalmaktadır. Bu kesime ait “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası” Şekil 3.10 'da verilmektedir. İnceleme alanında kullanılması önerilen “Yatay Deprem Katsayıları Haritası” ise Şekil 3.11' de sunulmaktadır.



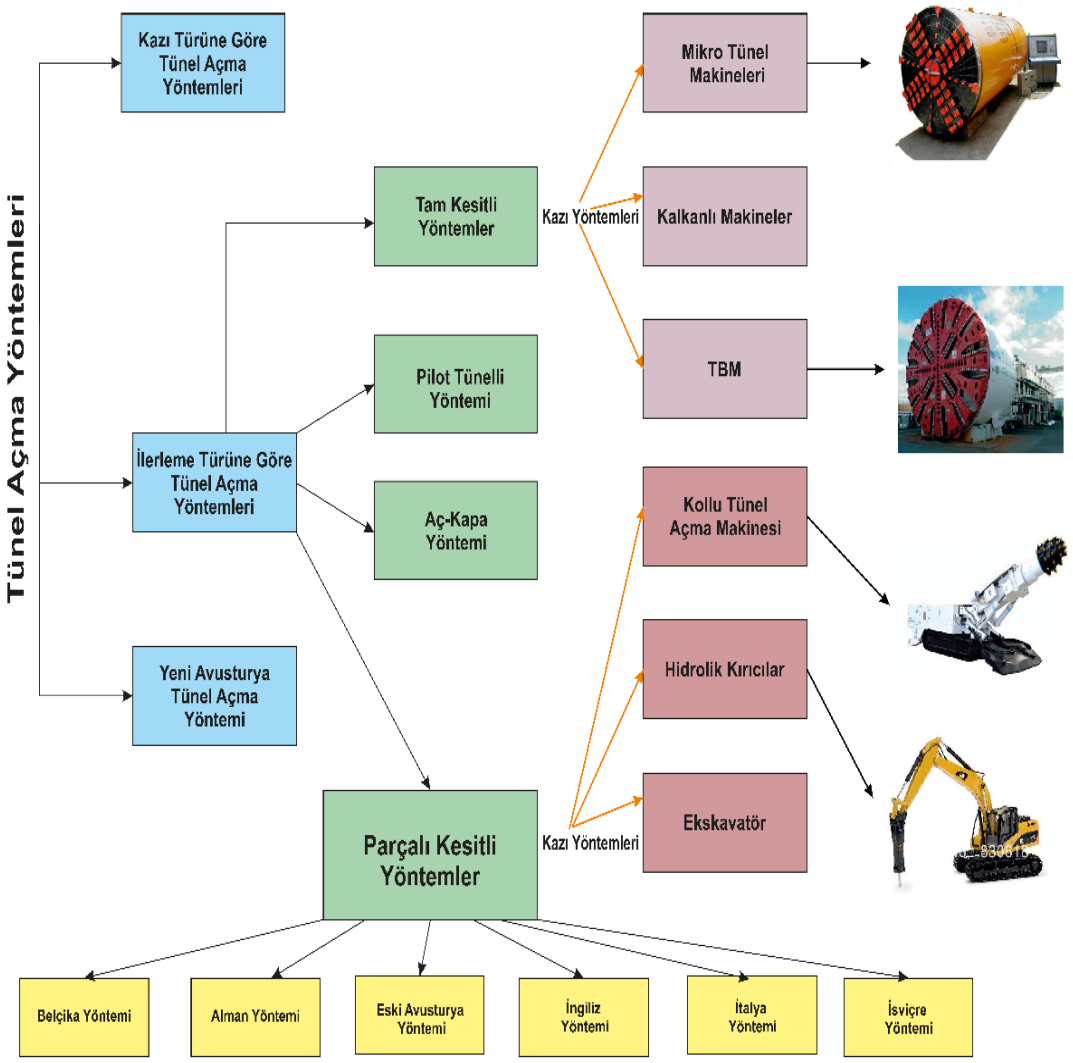
Şekil 3.10. İnceleme alanı ve çevresinin depremselliği (https://www.afad.gov.tr/)



Şekil 3.11. 50 yıllık eş ivme konturları (Gülhan ve diğ., 1993 'ten düzenlenerek)

4. TÜNEL AÇMA YÖNTEMLERİ

Tünel açılımında farklı yöntemler ile tünelin yapılışına ve şekline göre kazılması planlanan yerlerin yapılış şekline tünel eksen bölgesinin ilerleyişine göre yapılabilmektedir (Şekil 4.1). Gelişen nüfusun hızlı artması ve ulaşım ağının genişlemesine bağlı olarak çeşitli tünel açma yöntemleri geliştirilmiştir. Geliştirilen tünel açma yöntemleri daha çok tünel açılması planlanan yerdeki zeminin kazılması esnasında, kazısı yapılan bölgenin destekle güvenli bir şekilde kalabilmesi ve amaca bağlı işlevini sürdürebilmesi önem arz etmektedir.



Şekil 4.1. Tünel açma yöntemlerinin şematik gösterimi

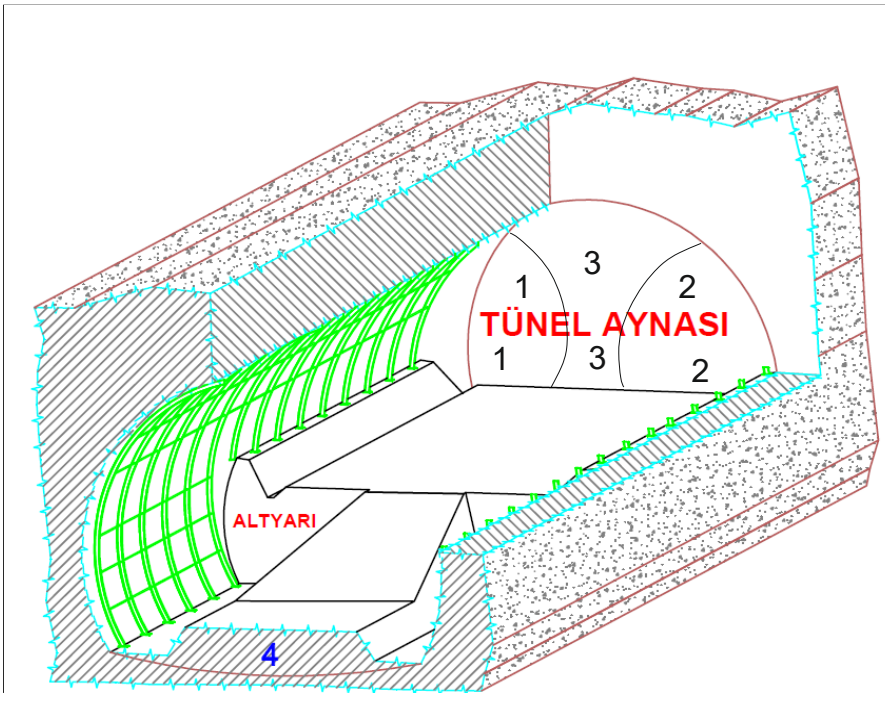
4.1. Kazı Türüne Göre Tünel Açma Yöntemleri

Tünel inşa kazı çalışmaları günümüzde mekanik makineler ya da delme-patlatma yöntemleri kullanılarak yapılmaktadır. Mekanik kazılar hidrolik kırıcılar, kollu tünel açma makineleri, kalkanlı makineler, mikro tünel açma makineleri ve çeşitli TBM (Tunnel Boring Machine) yöntemleri ile yapılmaktadır. Delme-patlatma ile yapılan kazılarda öncelikle patlatma için hazırlanan deliklerin delici makine ile delinmesi gerekmektedir daha sonra delikler patlayıcılarla doldurulur (Şekil 4.2). Ardından patlatma işlemi gerçekleştirilir. Patlatma işleminden sonra belirli bir süre beklenilerek açığa çıkan gazın ve tozların tünel ortamından uzaklaştırılması ile pasa nakline geçilir. Kırıcılar yardımı ilede kayalar sökülerek sonrasında tahkimat işlemleri yapılmaktadır.

Şekil 4.2. Delici makine ile patlatma deliklerinin delinmesi

4.2. Parçalı Kazı Yöntemleri

Parça kesitli kazı yöntemleri tünel aynasının belirli bir numaralandırılması ile parçalara ayrılarak aşama aşama kazılması esasına dayanmaktadır. Genellikle geniş kesitli tünel çalışmalarında son yıllarda en çok tercih edilen kazı yöntemidir (Şekil 4.3).

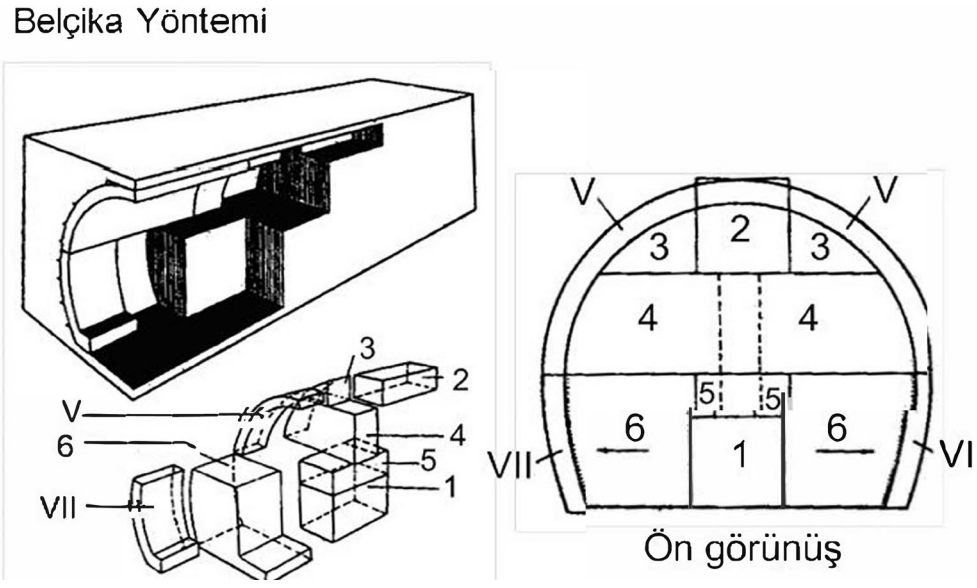


Şekil 4.3. Parçalı kesit yöntemi ile planlanan tünel kesiti ve örnekleri

Zayıf dayanımlı zemin koşullarında aşama aşama yapılan kazının belirli mesafeleri geçmemesi en önemli dikkat edilecek hususlardan birisidir. Şekil 4.3'deki kesit örneğinde öncelikle 1 numara ile belirtilen kazı bölümü yapılıp destekleme sağlandıktan sonra 2 nolu kazı bölümüne geçilir daha sonrasında ise 3 nolu kazı bölgeesi yapılarak devam edilir böylece geniş kesitli tünelin tam kesit kısımı kazılmış olur.

4.2.1. Belçika yöntemi

Belçika yönteminin en önemi çalışma sistemi tavanda oluşabilecek tavan basıncını dengede tutmaktır. Öncelikli olarak tavan kısmındaki galeri açılır ve yan duvarlarda topuk bırakılır. Kazının bitmesiyle tavanda kaplanmalarak diğer parçalarda anoların kazılmasıyla kaplama işlemine geçilir (Köse ve diğ., 2007). Bu sebeple tavan galerisinin imalatının ardından orta kısmın kazısı yapılırak en son kalan parçalar kazılarak tünelin tamamının kaplaması tamamlanır. Şekil 4.4'te Belçika yöntemi gösterilmiştir. Tavan basıncında dengeleme sağlanmasıyla kaya duraylılığı artar buda Belçika yönteminin avantajlarındandır. Bu çalışma yönteminde ilerleme yavaş olması bu yöntem için bir dezavantajdır (Bozkurt, 1987).

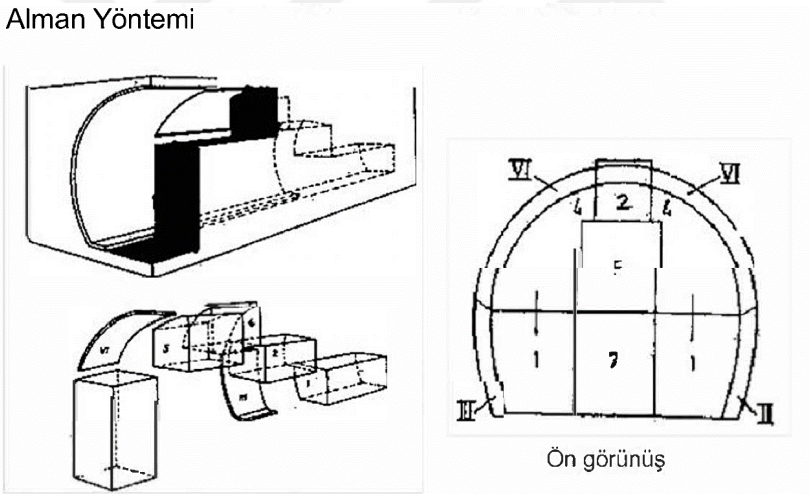


Şekil 4.4. Belçika yöntemine göre tünel tip kesiti

4.2.2. Alman yöntemi

Çekirdek yöntemi olarak bilinen bu yöntem önemini kaybetmiştir. Öncelikle iki yan ayak galerisi kazılır. Bu iki yan ayak galerileri öncelikli olarak invert kotunda olmaktadır. Daha sonra bu galerilerinin tavan galerisine doğru sürülürek işleme devam edilir. Her aşamalarda oluşan boşluklar betonla doldurulur. Daha sonra kısa boylu ahşap destekler çekirdek bölümüne oturtularak deformasyonların azalmasında en önemli etken olmuştur. Alman tünel açma yöntemi Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Son işlemde ise çekirdek bölümü alınarak taban kaplaması işlemine geçilerek tünel bitirilmiş olur (Bozkurt, 1987).

İlk açılması gerçekleşen galerilerin sonucunda formasyonun özelliklerinin bilinmesi ve tavan kemerlerinin sağlam destekler üzerinde bulunması avantajları vardır. Bu yöntemin dezavantajları çalışma alanınında oluşan darlık, zaman kayıplarının yüksek olması ve değişik yön ve şiddette galeri gerilmeleri ortaya çıkması sayılabilir (Köse ve diğ., 2007).

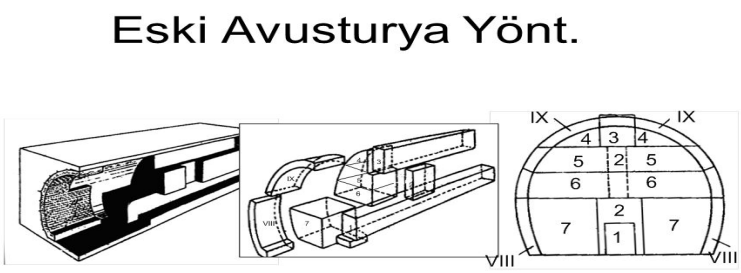


Şekil 4.5. Alman yöntemine göre tünel tip kesiti

4.2.3. Eski Avusturya yöntemi

Bu yöntem genellikle kısa ve geniş kesitli tünellerde tercih edilen bir yöntem olmuştur. Yöntemde öncelikli olarak tavan ve taban galerileri kazılır ve pasa nakliyesi yapılır. Yukarıdan aşağıya doğru kazının yönü, bunun tam tersi ise kaplama yönüdür.

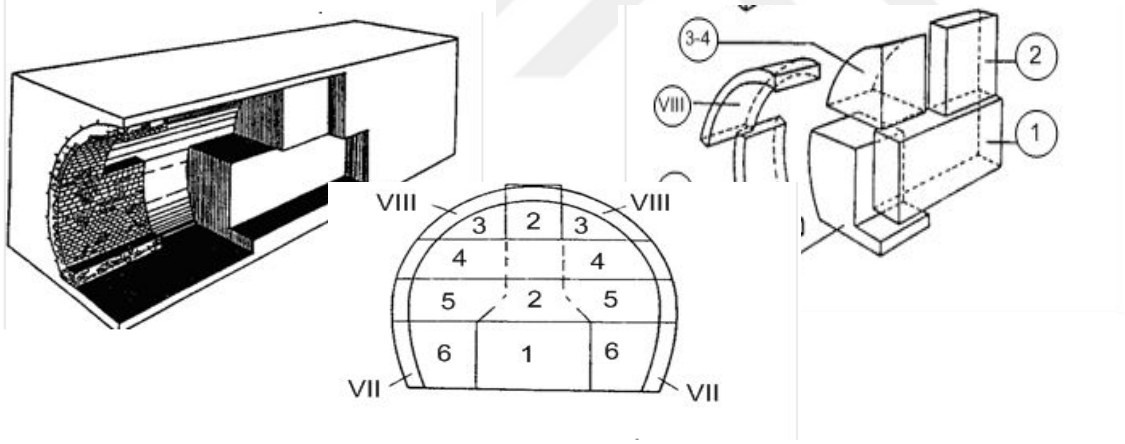
Tüm galeri kazısı aşamaları bitmeden kaplama işlemine geçilmemektedir Şekil 4.6'da Eski Avusturya yöntemi gösterilmiştir (Köse ve diğ., 2007).



Şekil 4.6. Eski Avusturya yöntemine göre tünel tip kesiti

4.2.4. İngiliz yöntemi

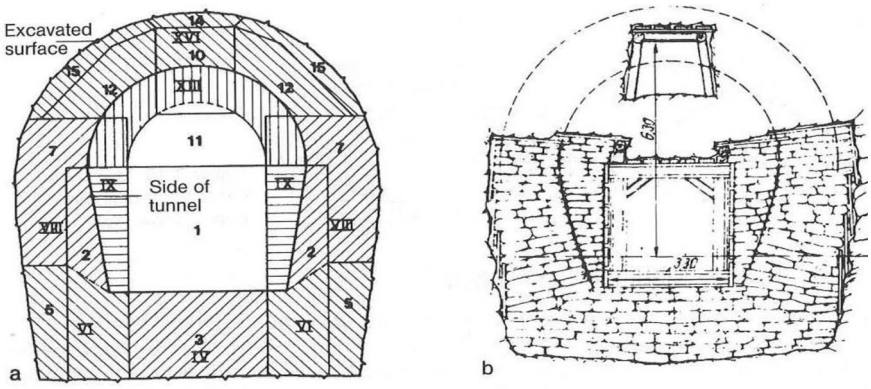
Eski Avusturya yöntemine çok benzeyen İngiliz yönteminde, Eski Avusturya yöntemine göre daha az parçalı olmasından dolayı daha sağlam ve az baskılı kayaçlarda uygulanmaktadır. İngiliz tünel açma yöntemi Şekil 4.7'de gösterilmiştir (Köse ve diğ., 2007).



Şekil 4.7. İngiliz yöntemine göre tünel tip kesiti

4.2.5. İtalyan yöntemi

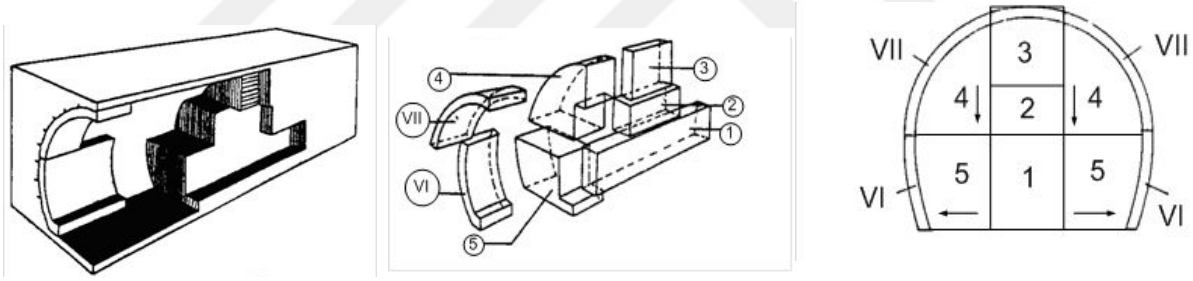
Rijit plakalar öncelikli olarak tünel çevresine kaplanır. Aşırı derecede çok plastik ve akışkan kayaçlarda tercih edilmesine karşın kazı esnasında rijit plakaların sürekli kaldırılıp kazı bitiminde ise tekrar kapanmaları ilerlemeyi çok yavaşlatmaktadır (Maidl ve diğ., 2013). İtalyan tünel açma yöntemi Şekil 4.8 'de gösterilmiştir (Özer, 2011).



Şekil 4.8. İtalyan tünel açma yöntemi ve Simplon Tüneli örneği

4.2.6. İsviçre yöntemi

Öncelikle taban galerisi açılmaktadır nakliyat açısından bu önemli bir aşamadır. Ardından yukarıya doğru tavana kadar genişletilen bu galeri ve yan parçaların kazısına geçilir. İsviçre tünel açma yöntemi Şekil 4.9 'da gösterilmiştir. Son olarakda kaplama yapılır kaplama yapılış yöntemi ise aşağıdan yukarıya doğrudur (Özer, 2011).



Şekil 4.9. İsviçre yöntemine göre tip kesiti

4.3. Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM)

Bu yöntem tünelcilik alanında yeni bir yöntemle geliştirilmiş olan tünel açmada yeni bir anlayış getirerek çok yaygın kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Tünelcilikte tünelin açılması planlanan ortamdaki zemin ve kaya ortamlarının kendi kendini taşıması süresince destekleme çalışmasına olanak sağlayan prensibi ile ortaya çıkmıştır.

Ekipman kullanılmasına gerek kalmayan sabit ve değişmez bir yöntem olmayan NATM'da ki ana amaç, tünel çevresindeki daha çok tüneli çevreleyen ortamın ilk kez

kazısı ve sağlamlaştırmadan sonra ikincil gerilmeleri ve deformasyonların denetlenmesi ve yönlendirilmesiyle, kendi kendini tutan statik bir sisteme dönüştürülmesidir (Köse ve diğ., 2007). Her türlü şekilsel geometriye uyum sağlayan bir tünelcilik felsefesidir. Eski yöntemlerle karşılaştırıldığında pek bir benzerliği bulunmamaktadır buda tünelciliğe yeni bir bakış açısı getirmiştir. İnceleme alanında yapılması planlanan Kırık tünelinin ise bu yöntem kullanılarak açılmaktadır.

4.3.1 NATM'ın tarihsel gelişimi

NATM, birçok kazı yöntemlerinin özelliklede hidroelektrik santrallerinin inşaasında kullanılan kazılarda tecrübe edinilerek geliştirlmiştir (Schubert, 2002). Dünyaya Avusturyalı Rabcewicz, Müller ve Pacher tünel uzmanları tarafından tanıtılmıştır. Bu metod pratik deneyimlerin sonucu olarak geliştirilmiştir (Lunardi, 2008).

Patent başvurusunda yapılan NATM tanımlaması aynen şöyledir: "İnce geçici bir destekleme yerleştirmek ve deformasyonlara izin vermek yoluyla kaya basıncının düşürülmesi ve bu basıncın çevreleyen kayaya dağıtılmasıdır. Böylece son destekleme daha az yüklenecek ve daha sora daha da ince bir yapı halinde son destekleme yerleştirilebilecektir. Deformasyonlar ölçümler ile gözlenmeli ve sonuçlar yapısal analiz ve tasarım ile birlikte değerlendirilmelidir" (Kahyaoğlu, 2008). NATM, Avusturya, Almanya, İsviçre, Fransa ve İtalya'da uygulanmaya başlanmıştır. Günümüzde ülkemizde ve dünyada birçok tünelde bu yöntem başarı ile uygulanmaktadır (Ergin, 1992).

4.3.2 NATM özellikleri

Esasen NATM kayayı kayaya taşıtma özelliğine dayanmaktadır. NATM dinamik ve esnek özelliğinde bir yöntemdir. NATM önem arz eden parametresi kurallara ve kazı aşamalarına dikkat edip uymaktır. Leopold Müller'in bu yöntemde bazı önemli prensipleri mevcuttur (Vardar, 1979; Karaoğlan, 2002; Kahyaoğlu, 2008).

1. Tüneli çevreleyen kaya esas yükü taşıyan kısım aslında kayanın kendisidir.
2. Tünel kazı sonrasında ilksel sağlamlık korunmalıdır.
3. Gevşemeler önem arz eden bir durum olmakla beraber mümkün mertebe engellemeye yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

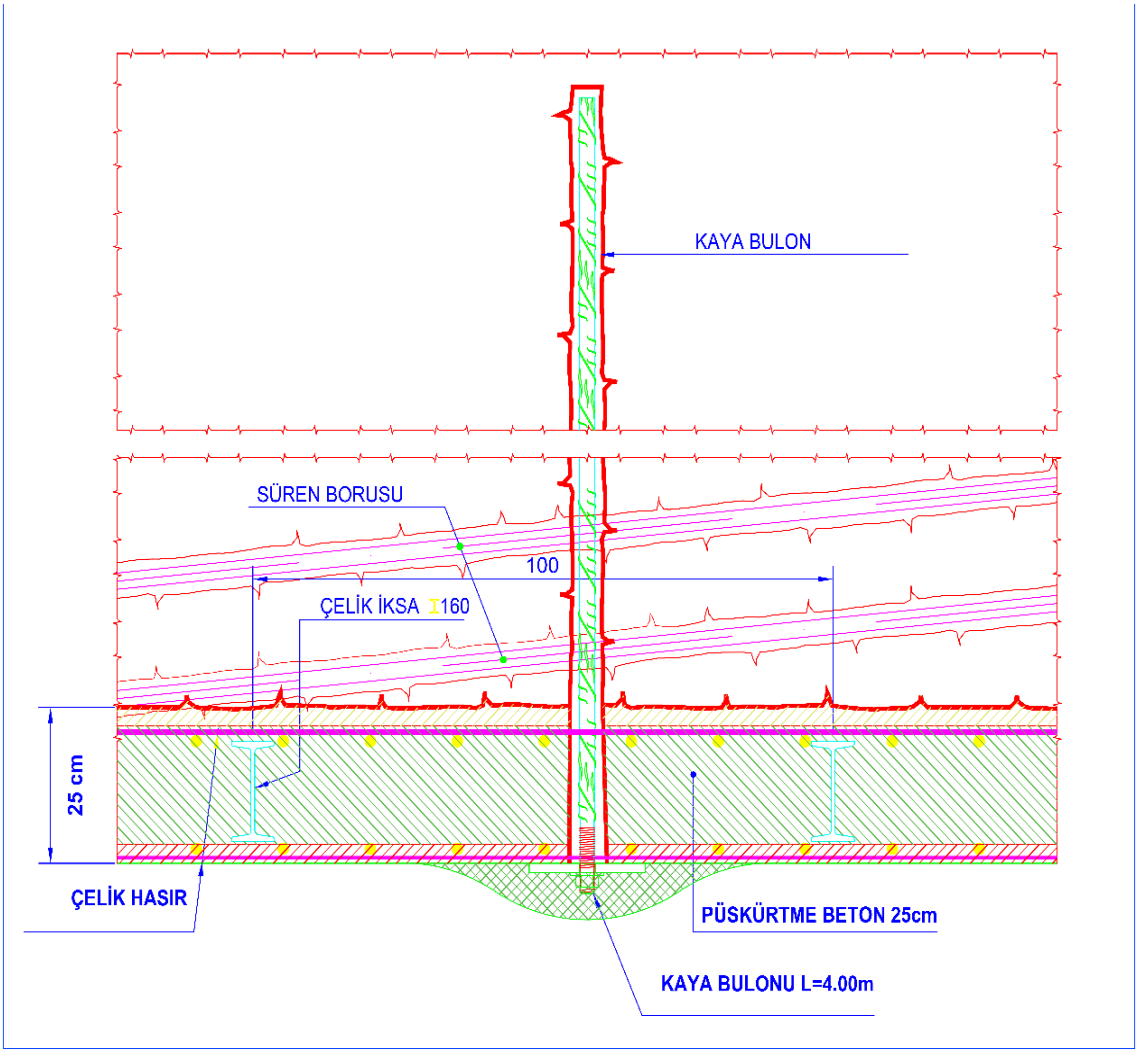
4. Deformasyonun önlenmesi için tek ve iki eksenli gerilme ortamı oluşturmaktan kaçınmak gerekir.
5. Tam zamanında sağlamlaştırma işlemleri yapılmalıdır.
6. Kayacın kendi kendini destek olmadan tutması süresi mümkün olduğunca doğru olarak tahmin edilmelidir.
7. Deformasyon davranışının önceden tahmin edilebilmesi için laboratuvarda ve arazide deneylerin yapılması ve deneme galerisinde konverjans ve deformasyonların ölçülmesi zorunludur.
8. Boşluk yüzeyleri sağlamlaştırma bağlayacak özellikte olmalıdır ve sağlamlaştırmada kaplamalar ince kabuk şeklinde yapılmalı ve kapalı bir halka şeklinde olması önem arz eder. Bu halka ring'de denilmektedir en kısa sürede yapılmalıdır.
9. Sağlamlaştırmada tel kafes ankraj ve kafes donanımları kullanılmalıdır.
10. Boşluğun açılması; ilkel gerilme durumunu bozarak yeni bir gerilme dağılımı oluşturur. Bu durumu en az değiştiren kazı ilkesi ise sekonder gerilme durumunun bir defada oluşturulmasıdır.
11. Tünel güvenliği tünel açma yöntemlerinin yapılış biçimi özelliklerine bağlıdır.

4.4. NATM Kazı Yöntemi ve Tünel Destek Sistemleri

Kazı yöntemleri önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi mekanik veya delme-patlatma şeklinde olup NATM'da kullanılmaktadır. İnceleme alanındaki Kırık tünelin'de ise NATM Kırık tüneli giriş kısımında kazı ilerlemesi mekanik hidrolik kırıcılarla sağlanırken Kırık tüneli çıkış bölgesinde delme-patlatma yönteminde açılmaktadır.

NATM'da birincil destekler kaya kütlesiyle birlikte kompozit bir yapı oluşturmaktadır. Bu birincil destekler kısaca bahsedilecek olursak püskürtme beton, çelik hasır, kaya bulonları ve çelik iksa profilleridir. Bu kompozit yapı esasen kaya ile destek elemanlarından oluşmaktadır. Tüneli çevreliyen bu yapı basınç dağılımlarını yeniden sağlamasıyla kayanın gevşeme sonucu azalmakta olan dayanımının artmasını sağlamaktadır. Deformasyonlar, emniyetsiz bir ortama ihtimal vermeden tünel içerisindede gerçekleşmektedir (Vardar ve diğ., 1979; Karaoğlan, 2002).

NATM'a göre Kırık tüneli tahkimat uygulamalarında kullanılan destekleme sistemi elemanları aşağıda Şekil 4.10'da özetlenmektedir. Bu tahkimatta uygulanan kazı destekleme elemanlarının açıklamaları ise alt başlıklar halinde sunulmuştur.



Şekil 4.10. Kırık tüneli NATM tahkimat elemanları

4.4.1. Püskürtme beton

Püskürtme beton; basınçlı hava ile bir boru içerisinden agrega, çimento, su ve priz hızlandırıcı katkı karışımlarının boru içerisinden taşınması sonucunda püskürtülmesi ile uygulama alanına yerleştirilen beton olarak tanımlanmaktadır. Şekil 4.11 (a ve b)' de Kırık tünelinde püskürtme beton uygulaması görülmektedir. Herhangi bir ekipmana gerek duyulmadan karışım elde edilerek özel katkılar yardımıylada hemen dayanım kazanmaya

başlaması nedeniyle mühendislik uygulamaların çoğunda yaygın olarak kullanılmaktadır (Arıoğlu ve diğ., 2008).

Kayada oluşan kırık ve çatlaklar arasına püskürtülen beton uygulandığı noktada kayacın yerindeki dayanımına olumlu katkı sağlamaktadır.

Şekil 4.11. Kırık tüneli püskürtme beton uygulaması (a: Kırık tüneli giriş kesimi püskürtme beton uygulaması, b:Kırık tüneli çıkış kesimi püskürtme beton uygulaması)

4.4.2. Hasır çelik

Kaya ve zemin ortamında püskürtme beton ile birlikte kullanılan hasır çelikler birbirine kaynatılmış çelik tellerden oluşmaktadır. Tünel çalışmalarında kullanılacağı kaya ve zemin ortamına göre çelik tel kalınlık ve genişlikleri değişmektedir. Tünel çalışmalarında püskürtme beton ile stabiliteyi sağlamada birlikte çatlamalar sonucu kopma ve kesmeleri önleyerek destek sistemine yardımcı olmaktadır.

4.4.3. Çelik iksa

Çelik iksalar kazı kesimlerinde yük dağılımına destek olarak püskürtme betonun priz alarak yeterli dayanıma ulaşmasını sağlamaktadır. Farklı kaya ortamlarında ki çelik iksa

tipleri I, H, U veya TH halde profiller ile kafes iksa olarak belirlenebilirler. İnceleme alanında Kırık tünelinde ise Şekil 4.12'de görüldüğü üzere I tipi çelik iksa profili kullanılmıştır. Çelik iksaların püskürtme betona ile tamamen kapanmasıyla gerilmeler tam anlamıyla aktarılmış ve iksanın yanal burkulmasının önüne geçilmiş olunur (Özer, 2011).

Şekil 4.12. Kurulum aşamasındaki çelik iksa uygulaması

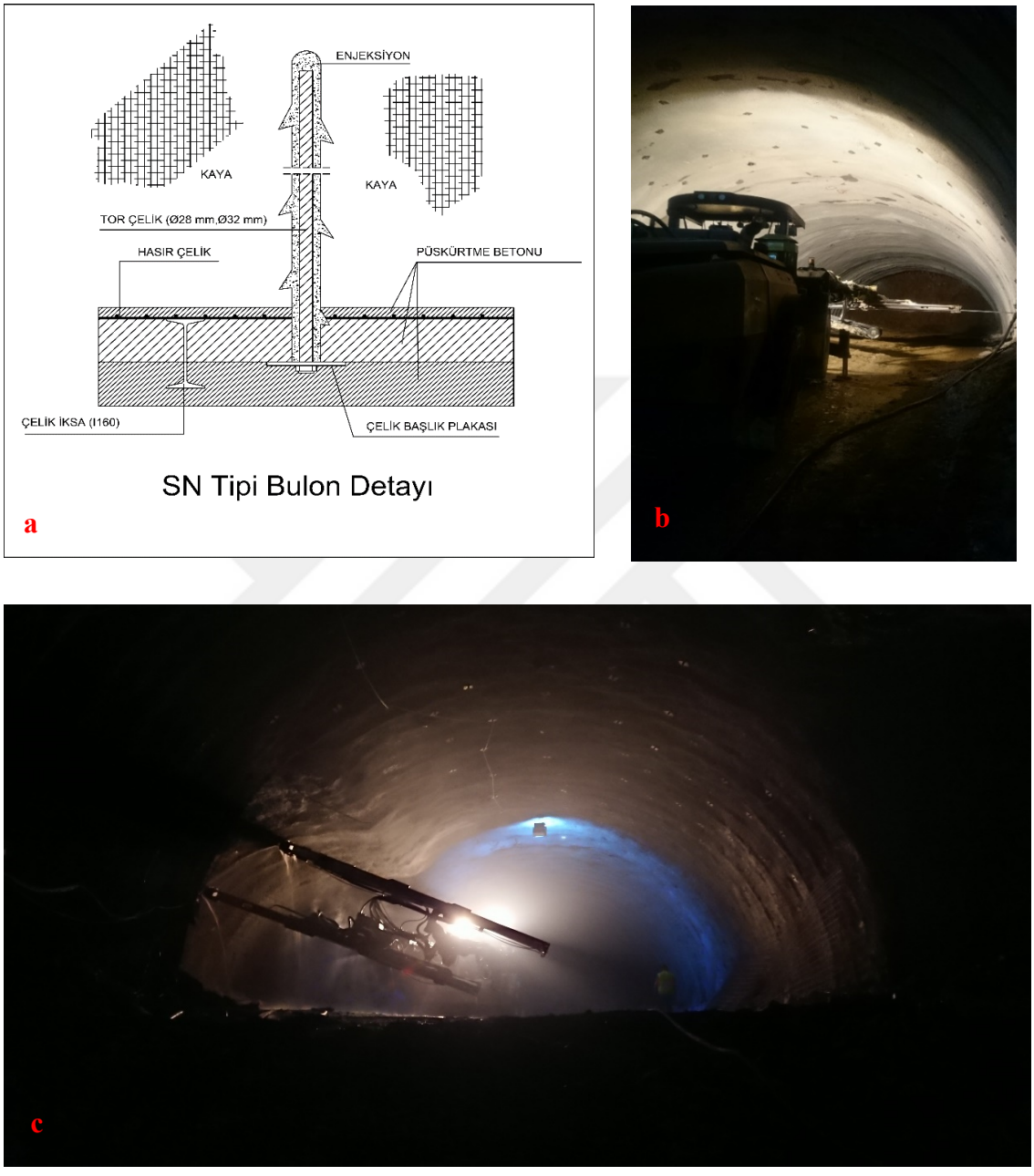
4.4.4. Kaya bulonları

Kaya kütlesinin delikler açılarak yerleştirilen demir çubuklardır. Delinen delikler tünel tavan ve duvarlarında olmaktadır. Delinen delikler demir çubuklar içiresine yerleştirilmeden su ile çimento dan belli oranlarda karıştırılarak delik içerisine verilir sonrasında demir çubuklar sürülerek uygun plaka ve somun yardımıyla kayaya itlip sıkıştırılırlar. Sonuç olarak tünel duvar ve tavanda düşme ihtimali olan kayanın yerinde sabit kalması sağlanır kayada üç eksenli gerilme durumu oluşmuş olur. Kayacın çekme gerilmelerini ana kayaya ileterek süreksizliklerin sürtünme direncini arttırmaktadır (Şekil 4.13).

4.4.5. Ön süren

Ön süren uygulaması, kazı öncesinde delici makine (Jumbo) yardımıyla belli bir çap ve uzunlukta tünelde kaya ortamında belirli adet ve ölçüler doğrultunda tünel aynasının tavan bölgesinden omuz bölgesine kadar olan kısımın delici makine ile delinip uçları

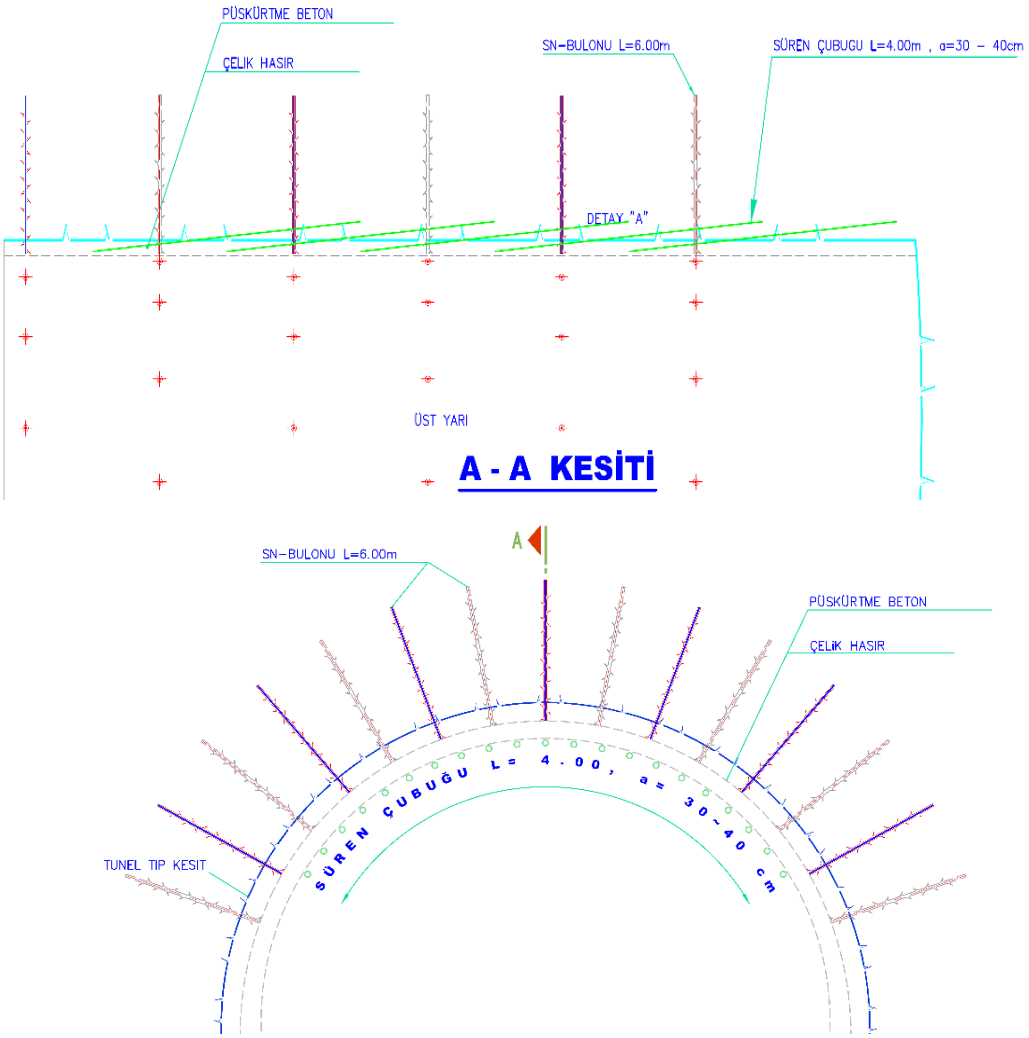
sivriltilmiş sürenlerin bu delikler içerisine yerleştirilip belirli orandaki çimento-su karışımının (enjeksiyon) makine yardımıyla delik içlerinin enjeksiyon ile doldurulması işlemlerini kapsamaktadır. Kazı esnasında ve kazı sonrasında tünel kesitinin fazla açılıp



Şekil 4.13. Delici makine ile kaya bulon deliklerinin delinmesi (a: SN tipi bulon detayı, b ve c: Delici makine ile SN tipi bulon ön kılavuz delgisi)

Herhangi bir bloklu parçaların düşmesi önlemesi ve güvenli destek sağlanması amacıyla uygulanır. Süren delgisine ait kesite yer verilmiştir (Şekil 4.14). İnceleme alanındaki

Kırık tünelinde ise giriş ve çıkış kesimlerinde gerekli görüldüğü her kesimde uygulanmaktadır.



Şekil 4.14. Kırık tüneli ön süren uygulama kesitleri

4.4.6. Kendinden delgili süren sistemi (Rockbit)

Bu yöntemin yapılış amacı kazı ve destekleme çalışmları esnasında tünel kazı ayna stabilitesini sağlamak ve tünel ekseni boyunca tavan bölgesi ile her iki omuz bölgesinde kazı esnasında sonrasında oluşabilecek deformasyonların önüne geçmektir. Özellikle inceleme alanında gözlemlenen kil, fay breşi ve marn gibi zayıf jeolojik birimlerin tünel kazısı ve sonrasında gerilme boşalmalarına bağlı gevşemelerin önüne geçilerek uygulanan sistemin genel adıdır.

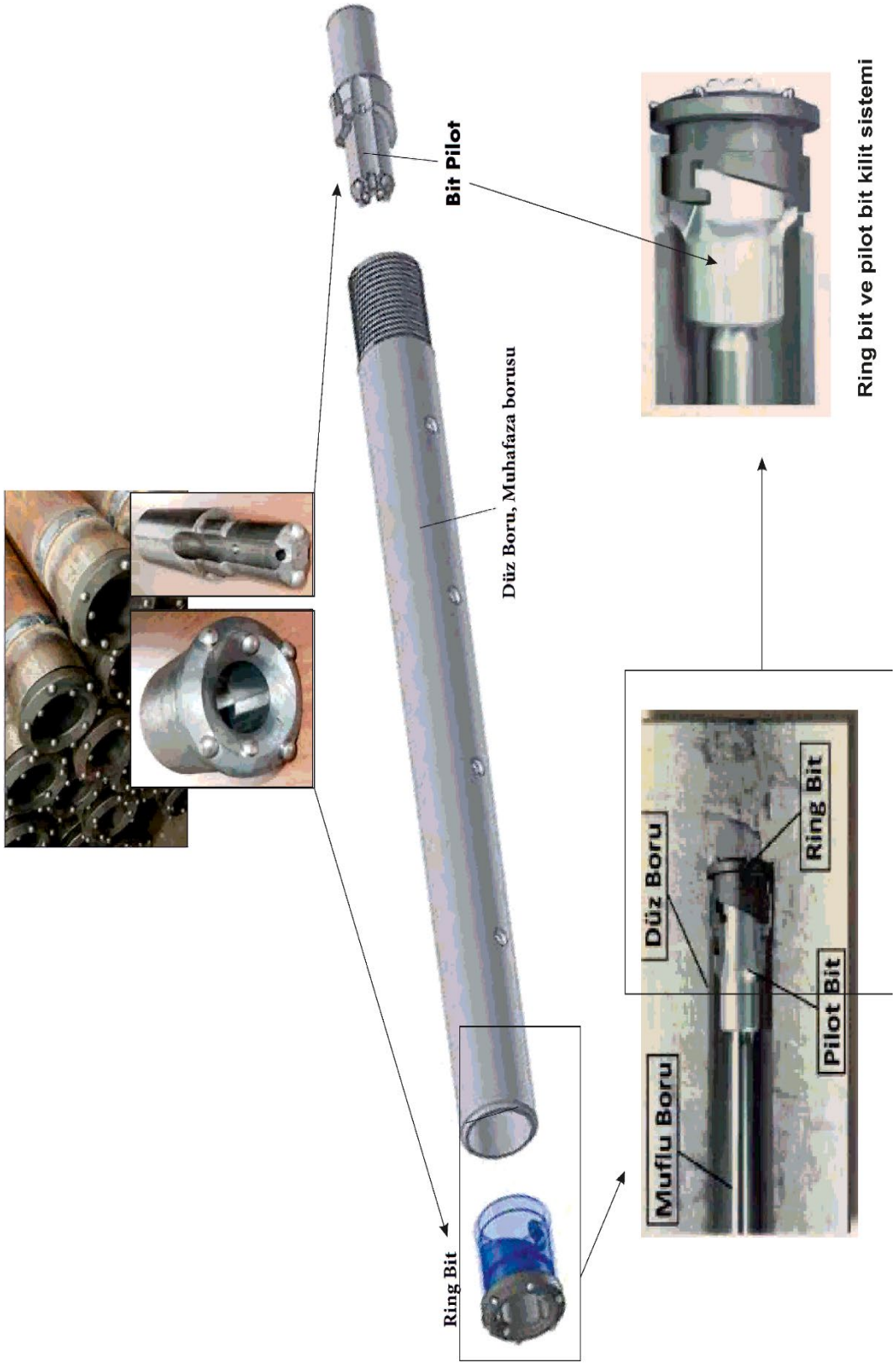
Şekil 4.15. Kırık tüneli giriş kesimi kendinden delgili süren delgisi

Boru (kemer) süren yönteminde boruların yerleştirileceği delgilerde kuyu stabilitesinin sağlanamadığı veya tünel aynasında stabilite problemlerinden dolayı boru süren imalatında zaman tasarrufunun gerekmesi durumunda, yönteme ek olarak boru delgisi esnasında muhafaza borusunun yerleştirilmesi prensibine dayanan kendineden delgili süren sistemi geliştirilmiştir. Kırık tüneli giriş kesiminde uygulama esnasında ki delici makineye ait görüntüye yer verilmiştir (Şekil 4.15). Kendinden delgili süren sisteminde kullanılan ekipman ise Şekil 4.16'da tanıtılmıştır. Uygulama tip kesitleri ise Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de verilmiştir. Uygulamaya yöntemine ait çeşitli fotoğraflar ise Şekil 4.19'da verilmiştir.

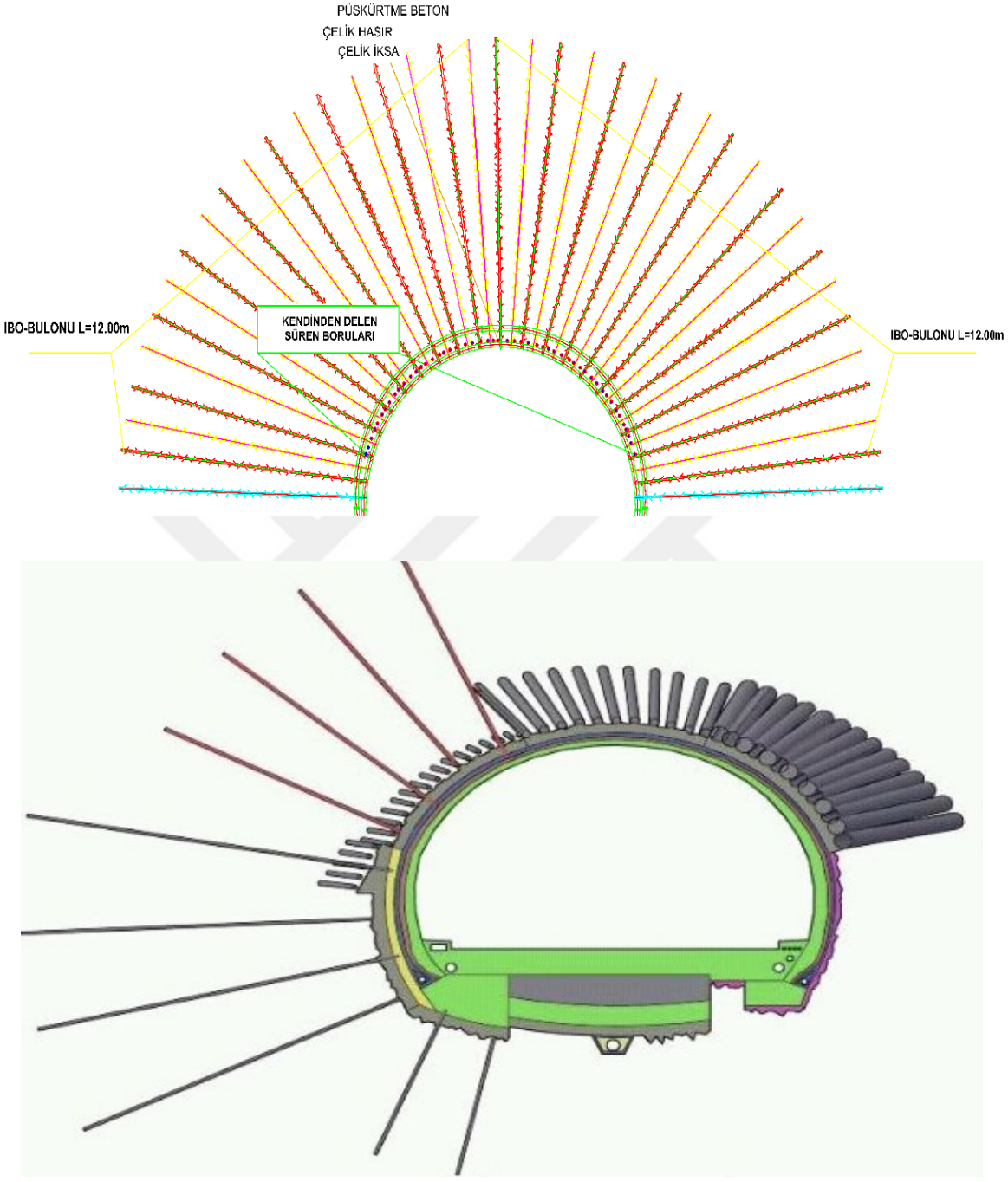
Bu yöntem sonunda delgisi tamamlanan zemine montaj edilen kendinden delgili sürenlerin içerisine enjeksiyon doldurularak işlem tamamlanmaktadır.

Kendinden delgili süren (Rockbit) inceleme alanında kırık tünelinde şu adımlara göre uygulanmaktır;

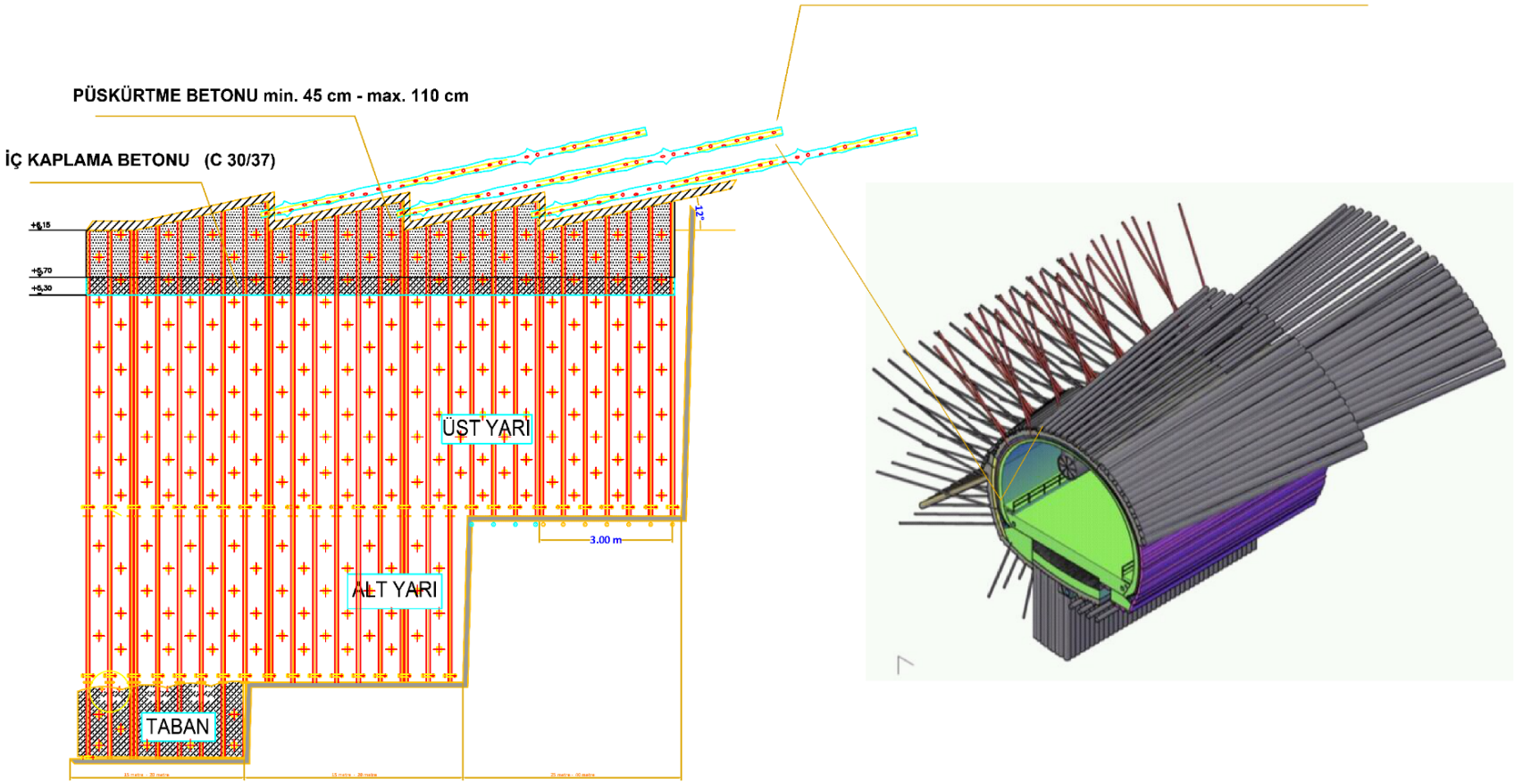
1. Sürenlerin uygulanacağı ayna yüzeyi minimum 5 cm püskürtme beton ile kaplanarak süren ayna emniyeti ve stabilitesi sağlanır
2. Her birinin boyu 9 m olan süren borularının her 3 m de bir sistematik olarak imal edilmesi ve bindirme boyunun 6 m olarak devam ettirilmesi gerekmektedir. Yatayla yaklaşık 5-12 derecelik açıyla bu işlemin yapılması gerekmektedir.



Şekil 4.16. Kendinden delgili süren sistemi (Rockbit)

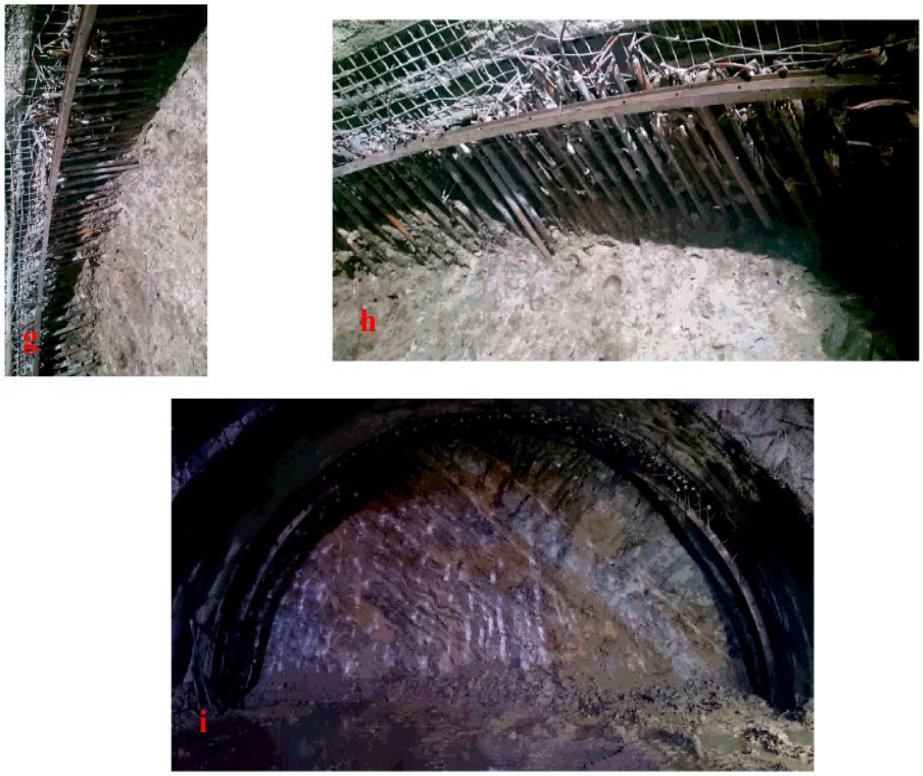


Şekil 4.17. Kendinden delgili süren tip kesiti



Şekil 4.18. Kendinden delgili süren tip kesiti

Şekil 4.19. Rockbit uygulamasına ait çeşitli örnek fotoğrafları (a, b, c ve d: Delici makine ile uygulanan rockbit çalışması, e, f: Delici makine ile delgi işlemi tamamlanan rockbitlere enjeksiyon uygulaması)



Şekil 4.20. Rockbit uygulamasına ait çeşitli örnek fotoğrafları (g ve h: Delici makine ile delgi işlemi tamamlanan rockbitlere enjeksiyon uygulaması, i: Delgi ve enjeksiyon işlemleri tamamlanmış tünel kesiti)

3. Kendinden delgili süren aynasında sürenlerin montaj edileceği yüzey uygulaması yapıldıktan sonra ilk 6 m'lik süren montajı için ring bit uyumlu ve kilit sistemli pilot bit delici takım boru ucuna takılır.

4. Süren borusu ucunda bulunan ring bit ve delici takım boru ucundaki pilot bit süren borusu içerisinde birleşir.

5. İlk olarak 6 m'lik kendinden delgili süren borusu delgisi yapılıp ilave artı 3 m lik borular delgi bittikten sonra ilave edilerek 9 m'ye tamamlanır.

6. Tüm delgi işlemi sonlandıktan sonra içi boş süren borularının içerisine su-çimento-kum karışımı sıvı enjeksiyon verilerk doldurulup yeterli sürede priz alması alması sağlanılır.

Sonuç olarak inceleme alanında tünelin km: 64+945 – 65+480 kesimlerinde özel olarak uygulamaya geçilen bu sistemde olumsuz zemin koşullarında tünel aynasının güvenli olarak ilerleme sağlayabilmesi için uygulanmıştır. Ek bir delici makineye gereksinim duyulmaması tünel kesitinde her çap ve boyda uygulanabilmesi delgide maliyet ve zaman yönünden avantajlı bir NATM uygulaması haline gelmiştir.

5. MALZEME VE YÖNTEM

Bu tez çalışması kapsamında zemin ve kaya ortamında gerçekleştirilen arazi, ölçüm, gözlem ve deneyleri ile laboratuvar verileri kullanılarak inceleme alanındaki tünel güzergahı boyunca jeolojik birimlerin mühendislik jeolojisi açısından değerlendirilmesi ve jeoteknik çalışmaların incelenmesi amaçlanmıştır.

5.1. Malzeme

Bu çalışma kapsamında ‘’Kırık tüneli’’ geneli itibariyle Hatungüney formasyonu, Karahan formasyonu ve Mescitdağları formasyonlarından geçilecektir. Tünel Hatungüney formasyonun kireçtaşı, killi kireçtaşı, kiltaşı, kumtaşı ve tüfit birimlerinden, Karahan formasyonun kiltaşı, kumtaşı birimleri ile Mescitdağları formasyonunun kumtaşı, çamurtaşı, breş ve kireçtaşı birimlerinden oluşacaktır. Tünel geçkisini oluşturacak olan bu formasyonlara ait jeolojik haritalamaların yanında tünel güzergahı üzerinde bulunan birimler mekanik ve fiziksel olarak özelliklerinin belirlenmesi sonucunda kaya sınıflaması ve zemin indeks özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan jeoteknik çalışmalar, ayrıca açılan temel sondaj kuyuları değerlendirilip yorumlanmıştır. Ayrıca çalışma yöntemi olarak önce bölgenin jeolojisi, tünel güzergâhında karşılaşılacak birimler, bölgenin stratigrafisi ve kullanılan tünel tahkimat elemanları hakkında bilgiler edinilmiştir. Son olarak ise inceleme alanında bulunan formasyonların kaya sınıflamalarına göre kaya özellikleri değerlendirilip yorumlanmış tünel için kritik kesimler belirtilip tünel en kesitlerine yer verilmiştir. Son olarak ise RocLab programı ile tünel tasarım parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır.

5.2. Yöntem

İnceleme alanında Kırık tüneline ait öngörülen güzergahın km: 63+880,00 – 71+834,72 aralıklarının kaya ve zemin koşullarının belirlenmesine yönelik olarak yapılan, jeolojik – jeoteknik araştırma çalışmaları; temel sondajları ile yerinde yapılan (in-situ) deneyleri mühendislik jeolojisi haritalaması, araştırma ve gözlem çukurları çalışmaları son olarak ise laboratuvar deneylerinden oluşmaktadır. İnceleme alanında yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları ise aşağıda özetlenmiştir.

5.2.1. Jeolojik ve mühendislik jeolojisi haritalaması

İnceleme alanı ve tünel güzergahı boyunca yapılan güncel arazi çalışmaları ve önceki dönemlerde yapılmış jeolojik haritalar baz alınarak inceleme alanı ve çevresinin 1/25000 ölçekli jeoloji ve mühendislik jeolojisi haritası, tünel güzergahı ile ilgili 1/2000 ölçekli plan, 1/1000 ölçekli jeolojik-jeoteknik en kesitleri, 1/2000 ölçekli profil üzerinde jeolojik – jeoteknik plan, profil ve kesitleri, 1/500 ölçekli tünel giriş-çıkış portalları (sol-sağ hat) jeolojik-jeoteknik plan ve profilleri ile tünel giriş-çıkış portalları jeolojik- jeoteknik enkesitleri çalışması gerçekleştirilmiştir ve Ek-G'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu çalışmalar inceleme alanındaki birim özelliklerinin tanımlanmasında önemli bir bölümünü oluşturmaktadır.

5.2.2. Sondaj çalışmaları

Tünel güzergahı boyunca km: 63+880,00 – 71+834,72 arasında yer alan zemin ve kaya birimlerinin mühendislik jeolojisi özelliklerinin belirlenmesi, jeolojik – jeoteknik açıdan detaylandırılması ve yeraltı suyu seviyesinin tespiti amacı ile 7 lokasyonda toplam 728,00 metre temel araştırma sondajı yapılmış, inceleme alanında arazi ve iklim şartlarının olumsuz etkisinden dolayı daha fazla temel araştırma sondaj çalışması yapılamamıştır. Temel sondajları ve yerinde (in – situ) deneylerden zemin ve kaya (karot) örnekleri alınmış, elde edilen sonuçlar sondaj loglalamaları yapılarak işlenmiştir. Temel sondajlarına ait liste Tablo 5.1'de, sondaj logları Ek-A'da ve karot sandıklarına ait fotoğraflar ise Ek-B'de verilmektedir.

Tablo 5.1. Kırık tüneli güzergahı sondajlarına ait genel bilgiler

Sondaj No	KM	Yapı Tipi	Koordinatlar (TM42 – ITRF96)			YAS Seviyesi (m)	Derinlik (m)
			N (X)	E (Y)	Kot (m)		
Kİ–3	64+763.24	TÜNEL	4 467 369	411 898	2049,17	7,10	30,00
Kİ–4	64+761.74	TÜNEL	4 467 366	411 930	2050,04	8,10	30,00
Kİ–5	66+010.10	TÜNEL	4 468 574	412 223	2121,31	4,30	150,00
Kİ–5A	66+586.07	TÜNEL	4 469 123	412 398	2202,95	4,00	255,00
Kİ–6	71+187.31	TÜNEL	4 473 565	413 563	1907,64	82,00	180,00
Kİ–6A	71+721.47	TÜNEL	4 474 085	413 448	1770,38	3,90	40,00
Kİ–7	71+780.32	TÜNEL	4 474 140	413 426	1740,29	29,80	43,00

Ek-A'da ayrıntılı olarak verilen sondaj kuyularına ait açıklamalar ise Bölüm 6'da özetlenmiştir.

5.2.3. Araştırma ve gözlem çukurları

İnceleme alanında güzergahı boyunca belirlenen zemin birimlerin indeks özellikleri, kayaların kazılabilirliklerinin ve yol üst yapısı taban özelliklerinin belirlenmesi amacıyla; derinlikleri 3,00 ve 2,50 metre olan tünel güzergahına yakın noktada 1 adet araştırma ve 1 adet gözlem çukuru açılmıştır. Araştırma çukuru çalışmaları tünel girişinde gözlem çukuru çalışmaları ise ise tünel çıkış kesimindedir. Araştırma ve gözlem çukuru çalışmalarana ait özet bilgiler ise Tablo 5.2'de sunulmuştur.

Tablo 5.2. Araştırma ve gözlem çukurları bilgileri

Çukur No	Km	Koordinat (TM42-ITRF96)		Derinlik (m)	Kot (m)
		X(m)	Y(m)		
KİAÇ-01	64+675.111	4 467 260	411 913	3,00	2044,79
KİGÇ-06	71+937.045	4 474 294	413 395	2,50	1688,43

5.3. Yerinde Yapılan (in–situ) Deneyleri

İnceleme alanı kapsamında yerinde yapılan (in–situ) deney çalışmaları bu bölümde bahsedilmektedir. Bu kapsamda, yapılan temel araştırma sondajlarında standart penetrasyon (SPT), pressiyometre, basınçlı su testi (BST) ve nokta yükleme (point load) deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına ait detaylı bilgilendirme Bölüm 6'da verilmiştir.

5.4. Laboratuvar Deneyleri

Tünel tasarımına esas teşkil edecek parametrelerin saptanmasına yönelik olarak kaya mekaniği deneylerinin yapılarak tüneli oluşturan kaya birimlerinin mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, Kırık tüneli güzergahında açılan temel araştırma sondajlarından sağlanan karot örnekler ile ilgili kaya mekaniği laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Diğer yandan, tünel güzergahı boyunca temel araştırma sondajından elde edilen zemin birimleri ile çok zayıf kaya birimlerinden alınan örnekler üzerinde zeminin indeks ve mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile; doğal su

içeriği, Atterberg limitleri (likit limit, plastik limit, plastisite indeksi), dane boyu dağılımı (elek analizi) deneyleri yapılmıştır. Elde edilen laboratuvar deney sonuçları Ek-C ’de verilmiş olup bu deney sonuçlarına ait değerlendirmeler ise Bölüm 6’da verilmiştir.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde inceleme alanında öngörülen tünel kesimine ait zemin ve kaya birimlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri ile mühendislik çalışmalarına temel teşkil edecek parametrelerin belirlenmesine yönelik olarak; temel araştırma sondaj verilerinden elde edilen bilgiler doğrultusunda inceleme alanı mühendislik jeolojisi haritasının, yapılan araştırma sondajlarına ait kısa tanımlamalar, yerinde yapılan (in – situ), laboratuvar deneyleri sonuçlarının değerlendirilip yorumlanması ile jeolojik – jeoteknik araştırma çalışmaları yürütülmüştür. Bu doğrultuda; öngörülen tünel kesimine ait ve yakın çevresinin mühendislik jeolojisi haritalaması hazırlanmış ve jeolojik model çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Ek-J). Elde edilen sonuç verileri ışığında; birimlere ait litolojik ve jeoteknik özellikleri incelenip tartışılmıştır. Jeolojik birimlerin konumları jeolojik – jeoteknik plan, profil ve en kesitler üzerinde sunulmuştur. Kırık tüneline ait mühendislik jeolojisi boy kesiti Şekil 6.3'de verilmiş ve Ek-J'de detaylandırılmıştır.

6.1. İnceleme Alanı Araştırma Sondajları

Bu bölümde inceleme alanında mühendislik jeolojisi amaçlı yapılan sondajlara ait tanımlama ve açıklamalara yer verilmiştir.

Kİ-3 Sondaj Kuyusu: Tünel giriş portalinde 2049,17 metre kotunda yapılan 30,00 metrelik sondajda yeraltı su seviyesi 7,10 metre de ölçülmüştür. Bu sondaj lokasyonunda yamaç molozu, tüfit, karbonatlı silttaşı ve killi kireçtaşı birimlerine rastlanılmıştır. Yamaç molozlarının tümüyle ayrışmış ve yamaç molozu birimi içerisindeki çakıllar kiltaşı kökenlidir. Tüfitlerin ise yine tümüyle çok ayrışmış olduğu gözlemlenmiştir. Karbonatlı silttaşı ve killi kireçtaşlarında ise ufalanabilir, ayrışmış çok kırıklı parçalı olduğu ve RQD değeri sadece karbonatlı silttaşı ve killi kireçtaşı birimlerinden sondajın 24. metresinden itibaren hesaplanabilmiş ve ortalama RQD değeri %11 olarak belirlenmiştir.

Kİ-4 Sondaj Kuyusu: Tünel giriş portalinde 2050,04 metre kotunda yapılan 30,00 metrelik sondajda yeraltı su seviyesi 8,10 metrede ölçülmüştür. Bu sondaj lokasyonunda yamaç molozu, karbonatlı tüfit, tüfit, karbonatlı silttaşı, killi kireçtaşı birimlerinden oluşmaktadır. Yamaç molozlarının tümüyle ayrışmış ve yamaç molozu birim içerisindeki

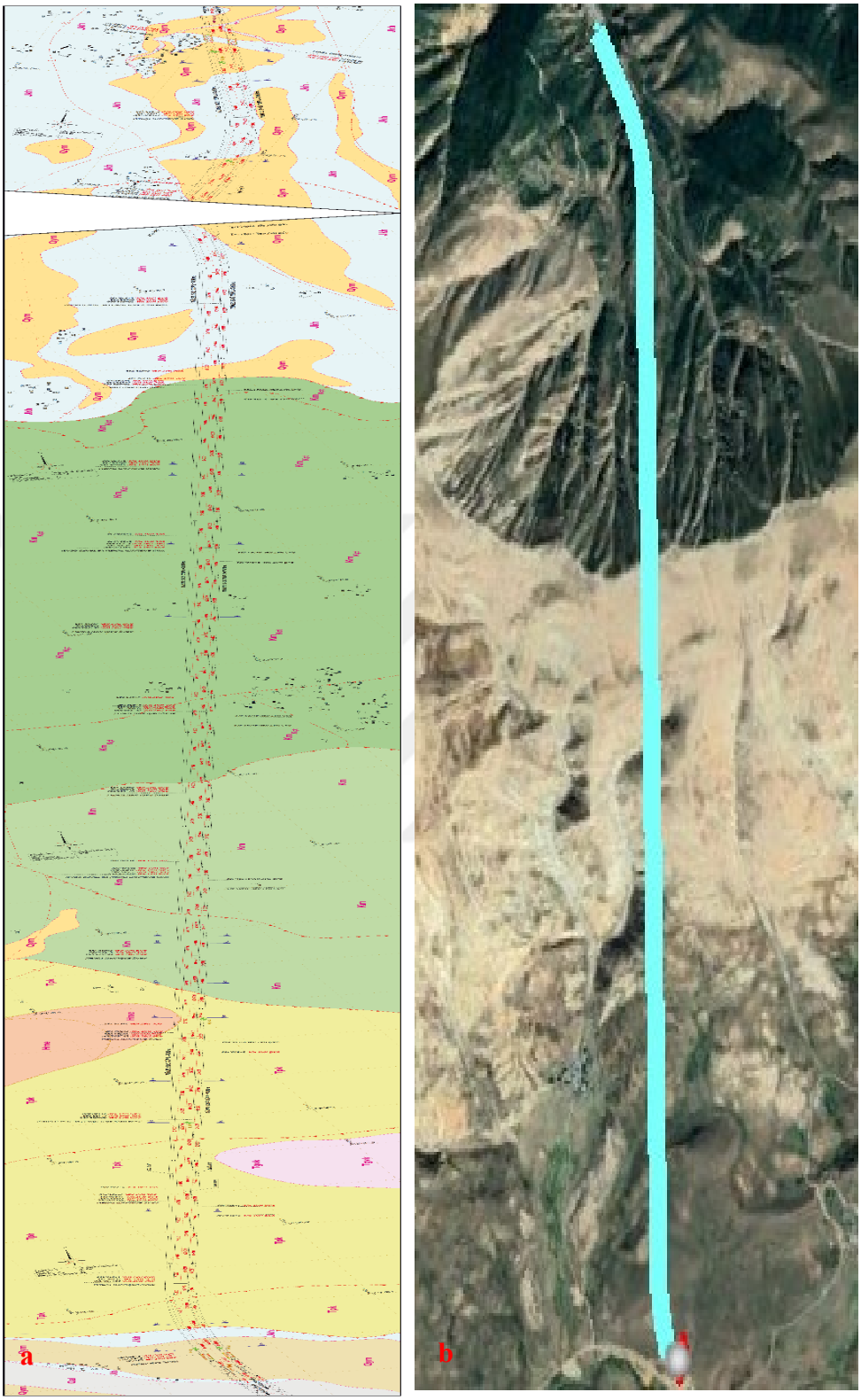
çakıllar kiltaşı kökenlidir. Karbonatlı tüfitlerin ile karbonatlı silttaşı ve killi kireçtaşlarında ise ufalanabilir, ayrışmış çok kırıklı parçalı olduğu gözlemlenmiştir.

Kİ-5 Sondaj Kuyusu: Tünel giriş portaline yaklaşık 1800 metre uzaklıkta 2121,31 metre kotunda yapılan 150,00 metrelik sondajda yeraltı su seviyesi 4,30 metrede ölçülmüştür. Bu sondaj lokasyonunda kiltaşı biriminin egemen olduğu birimin orta zayıflıkta, orta derecede ayrışmış olduğu RQD değerinin genellikle %0-100 aralığında değiştiği gözlemlenmiştir.

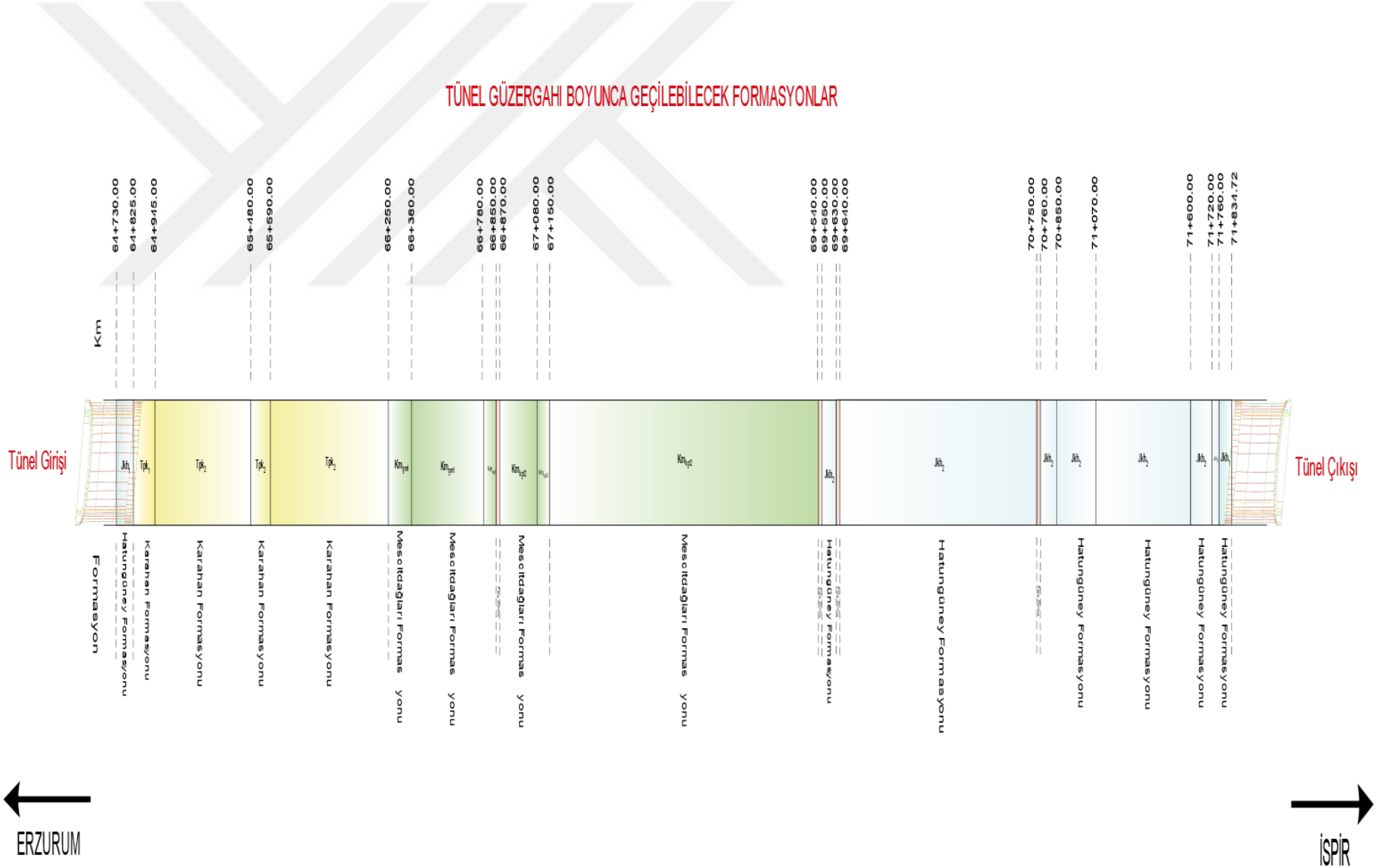
Kİ-5A Sondaj Kuyusu: Bu sondaj lokasyonunda ise 2202,95 metre kotunda 255,00 metrelik sondajda yeraltı su seviyesi 4,00 metrede ölçülmüştür. Sondaj lokasyonunda kireçtaşı, kumtaşı, kiltaşı, kumtaşı-killi ile kireçtaşı-kireçtaşı ardalanması, çamurtaşı ve breşik birimlerden oluşmaktadır. Kumtaşlarının ve kiltaşlarının ufalanbilir, az sert, orta zayıf, yer yer çok zayıf olduğu yapıda olduğu ve ardalanmaya bağlı olarak RQD ortalama değerlerinin değiştiği ortalama %55-70 aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Çamurtaşları ise az sert orta zayıflıktadır.

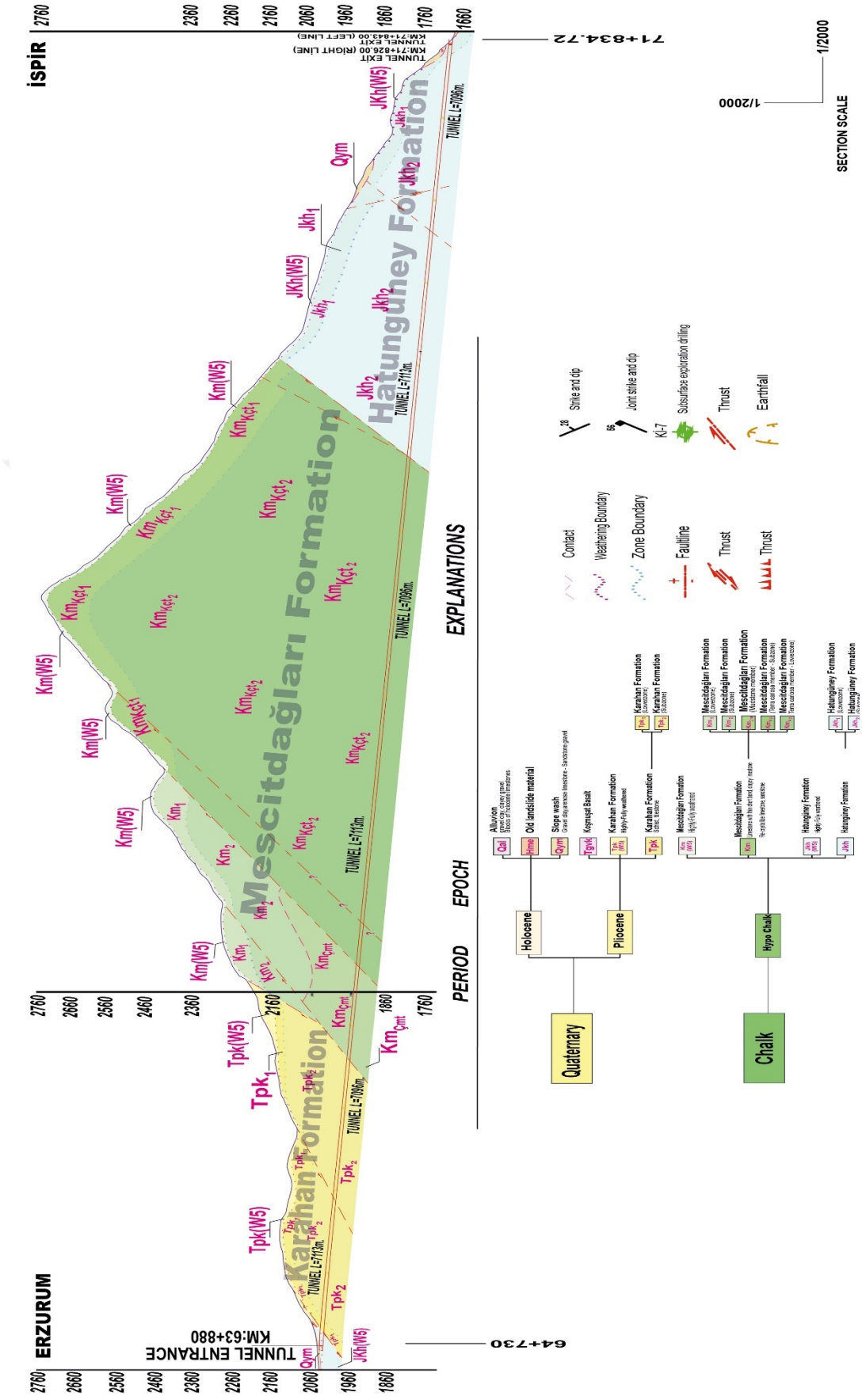
Kİ-6 Sondaj Kuyusu: Buradaki sondaj lokasyonunda ise 1907,64 metre kotunda 180,00 metrelik sondajda yeraltı su seviyesi 82,00 metrede ölçülmüştür. Sondaj lokasyonunda genellikle yamaç moluzu ve kireçtaşı birimleri bulunmaktadır. Yamaç molozlarının tümüyle ayrışmış ve yamaç molozu birimi içerisinde killi kireçtaşı kökenli birimler bulunmaktır. Çoğunlukla kireçtaşının egemen olduğu bu sondaj lokasyonunda kireçtaşları orta zayıflıkta, orta derecede ayrışmış olduğu RQD ortalama değeri genellikle %50-75 aralığındadır.

Kİ-6A Sondaj Kuyusu: Tünel çıkışına yakın kısımda yapılan 1770,38 metre kotunda 40,00 metrelik sondajda yeraltı su seviyesi 3,90 metrede ölçülebilmiştir. Bu sondaj lokasyonunda ise genellikle yamaç molozu, kumtaşı-killi kireçtaşı-kireçtaşı ardalanması şeklinde jeolojik birimler bulunmaktadır. Yamaç molozlarının tümüyle ayrışmış ve yamaç molozu içerisinde kiltaşı kökenli birimler bulunmaktadır. Kumtaşı - killi kireçtaşı - kireçtaşı ardalanmasının ise zayıf, ayrışmış kırıklı parçalı olduğu ve RQD ortalama değeri %0-25 aralığındadır.



Şekil 6.1. Tünel güzergahının jeoloji haritası ve Google Earth görüntüsü (a: Tünel güzergahı kesitinin jeolojik harita üzerinde gösterimi, b: Tünel güzergahının Google Earth görüntü


TÜNEL GÜZERGAHI BOYUNCA GEÇİLEBİLECEK FORMASYONLAR
Tünel Girişi
Tünel Çıkışı
ERZURUM
İSPİR
Km
Formasyon
Hatunğüney Formasyonu
Karahan Formasyonu
Karahan Formasyonu
Karahan Formasyonu
Karahan Formasyonu
Mescitdağları Formasyonu
Mescitdağları Formasyonu
Mescitdağları Formasyonu
Mescitdağları Formasyonu
Hatunğüney Formasyonu
Hatunğüney Formasyonu
Hatunğüney



Şekil 6.3. Kırık tüneli GD-KB doğrultulu jeolojik kesiti

Tablo 6.1. Tünel güzergahının mühendislik jeolojisi özelliklerine göre ayrılması

Kilometre	**Formasyon**	**Litoloji**	**Metre**
64+730 - 64+825	Hatungüney Formasyonu	JKh (W_5) / JKh_1	95
64+825 - 64+945	Karahan Formasyonu	Tpk_1	120
64+945 - 65+480		Tpk_2	535
65+480 - 65+590		Tpk_2	110
65+590 - 66+250		Tpk_2	660
66+250 - 66+380	Mescitdağları Formasyonu	Kmçmt	130
66+380 - 66+780		Kmçmt	400
66+780 - 66+850		$Kmkçt_2$	70
66+850 - 66+870	Fay Zonu	$Kmkçt_2$	20
66+870 - 67+080	Mescitdağları Formasyonu	$Kmkçt_2$	210
67+080 - 67+150		$Kmkçt_2$	70
67+150 - 69+540		$Kmkçt_2$	2390
69+540 - 69+550	Fay Zonu	$Kmkçt_2$	10
69+550 - 69+630	Hatungüney Formasyonu	JKh_2	80
69+630 - 69+640	Fay Zonu	JKh_2	10
69+640 - 70+750	Hatungüney Formasyonu	JKh_2	1110
70+750 - 70+760	Fay Zonu	JKh_2	10
70+760 - 70+850	Hatungüney Formasyonu	JKh_2	90
70+850 - 71+070		JKh_2	229
71+070 - 71+600		JKh_2	530
71+600 - 71+720		JKh_2	120
71+720 - 71+760		JKh_2	40
71+760 - 71+834,72		JKh_1	74,72

Kİ-7 Sondaj Kuyusu: Tünel çıkışına yakın kısımda yapılan 1740,29 metre kotunda 43,00 metrelik sondajda yeraltı su seviyesi 29,80 metrede ölçülebilmiştir. Lokasyona ait birimlerin yamaç molozu, kumtaşı-killi kireçtaşı-kireçtaşı ardalanması, killi kireçtaşı şeklinde olduğu gözlemlenmiştir. Yamaç molozlarının tümüyle ayrışmış ve yamaç molozu içerisinde killi kireçtaşı kökenli birimler bulunmaktadır. Kumtaşı-killi kireçtaşı-kireçtaşı ve killi kireçtaşlarının ise zayıf, ayrışmış çok kırıklı parçalı olduğu gözlemlenmiştir. Bu lokasyonda herhangi bir RQD ortalama değeri hesaplanamamıştır.

6.2. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Zemin ve kaya birimlerinin ayrışmış seviyelerinin kıvam durumunu belirlemek amacıyla, ASTM (American Society for Testing and Materials) standartlarına uygun olarak Kİ-3 ve Kİ-4 temel araştırma sondaj lokasyonlarında SPT deneyleri (Standart penetrasyon) yapılmıştır. Aşağıdaki Tablo 6.2'de SPT deneyi için alınan örselenmiş numunelerin derinlikleri verilmiş olup darbe sayılarına göre kıvam durumları belirtilmiştir.

Tablo 6.2. İnceleme alanında Kİ-3 ve Kİ-4 sondajlarından alınan SPT numunelerinin, darbe sayıları, jeoteknik tanımlamaları ve kıvam durumları

Sondaj No	Numune No	Derinlik (m)	Darbe Sayısı (N)	Jeoteknik Tanımlama	Kıvam
Kİ-3	SPT-1	1,50-1,95	16	Yamaç molozu	Çok katı (Çok sıkı)
	SPT-2	3,00-3,45	45	Tüfit (Ayrışmış)	Sert
	SPT-3	4,50-4,95	47		
	SPT-4	6,00-6,40	R		
	SPT-5	7,50-7,95	38	Karbonatlı tüfit (Ayrışmış seviyelerinde)	
	SPT-6	9,00-9,45	36		
	SPT-7	10,50-10,95	42		
	SPT-8	12,00-12,11	R		
	SPT-9	13,50-13,95	44		

	SPT-10	15,00-15,45	49		
	SPT-11	16,50-16,95	41		
	SPT-12	18,00-18,10	R		
	SPT-13	22,50-22,60	R		
Kİ-4	SPT-1	1,50-1,95	32	Yamaç molozu	Sert
	SPT-2	3,00-3,25	R		
	SPT-3	4,50-4,55	R		
	SPT-4	6,00-6,45	64	Karbonatlı tüfit (Ayrışmış)	Sert
	SPT-5	7,50-7,77	R		
	SPT-6	9,00-9,25	R	Tüfit (Ayrışmış)	
	SPT-7	10,50-10,90	R		

6.3. Pressiyometre Deneyi

Temel araştırma sondajlarda gözlenen zemin ve kaya oratamındaki jeolojik birimlerinin (zemin ve kaya ortamında) deformasyon özelliklerini belirlemek amacıyla inceleme alanında pressiyometre deneyleri yapılmıştır. Deneylerde Louis Menard GA tipi pressiyometre ile 60 mm'lik N tipi probe kullanılmıştır. Her bir sondaj çalışması sonucunda deformasyon modülü (Em) ile limit (Pln) ve net limit (PL) basınçlarının derinlik boyunca değişimi belirlenmiş ve aşağıdaki Tablo 6.3'de özetlenmiş ve ayrıca deney sonuçları detaylı olarak Ek-F 'de verilmiştir. Yamaç molozlarında gözlemlenen zeminin yenilmesi halindeki değer net limit basınç değeridir ve bu değer en düşük 0,93 MPa en yüksek 4,66 MPa'dır. Tüfitlerde ise en düşük 2,95 MPa en yüksek 4,68 MPa'dır. Karbonatlı silttaşı - killi Kireçtaşı birimlerinde ise en düşük 0,15 MPa ile en yüksek 3,52 MPa'dır. Kumtaşı-killi kireçtaşı - mikrit ardalanmalı birimlerinde en düşük 3,41 MPa en yüksek 4,25 MPa'dır.

6.4. Basınçlı Su Testi (BST)

Tünel kesiminde gözlemlenen ana formasyonlarda arazide gerçekleştirilen çalışmalar sırasında jeolojik birimler içerisinde bindirmeler ile ilişkili su çıkışları ve kaynaklar da gözlenmiştir. Buna ilave olarak inceleme çalışmaları kapsamında temel araştırma sondajlarında periyodik yeraltı suyu ölçümleri ve sondajın son 30 metresini kapsayacak şekilde basınçlı su deneyleri gerçekleştirilmiştir ve Ek-D'de ayrıntılı olarak basınçlı su deneyleri sunulmuştur. İnceleme alanında gözlenen formasyonlar içermiş olduğu çatlak sistemleri boyunca yeraltı suyu taşıma potansiyeline sahiptir. Aşağıdaki Tablo 6.4'de tünel kesimindeki formasyonların lugeon sınıflamasına göre geçirimlilik özellikleri değerlendirilmiştir.

Tablo 6.4'e göre Hatungüney formasyonu (JKh) içerisinde gerçekleştirilen temel araştırma sondajlarında bu formasyonu oluşturan kireçtaşı, kumtaşı ve killi kireçtaşı birimlerinin Lugeon sınıflamasına göre geçirimli özellikte olduğu görülmüştür. Yine bu formasyonda izlenen kiltaşı, tüf ve killi kireçtaşı birimleri ise geçirimsiz – az geçirimlidir. Tünel bölgesinde yer alan Mescitdağları formasyonu (Km) içerisinde gözlenen kireçtaşı ve breş birimleri çok geçirimli iken; kumtaşı ve çamurtaşı birimleri ise az geçirimli – geçirimli özellikler sunar. Karahan formasyonu (Tpk) içerisinde izlenen kiltaşı birimi geçirimsiz özellikler sunmaktadır.

Tablo 6.3. Kırık tüneli güzergahı boyunca yapılan pressiyometre deney sonuçları

Sondaj No	Derinlik (m)	Presiyometre (elastik) Modülü E_m (kg/cm^2)	Net Limit Basıncı PL* (kg/cm^2)	E_m/PL*	Litoloji
Kİ-3	2,40	370,00	27,60	13,41	Yamaç Molozu
	5,40	287,00	29,50	9,73	Tüfit
	9,90	353,00	17,00	20,76	Karbonatlı Silttaşı-Killi Kireçtaşı
	12,90	308,00	22,50	13,69	
	20,40	2285,00	36,50	62,60	
	23,40	1113,00	34,40	32,35	
	26,40	905,00	32,10	28,19	
	29,40	968,00	35,20	27,50	
Kİ-4	6,90	158,00	8,00	19,75	Karbonatlı Tüfit
	9,90	562,00	46,70	12,03	Tüfit
	12,90	685,00	46,80	14,64	
	15,90	582,00	36,70	15,86	
	21,90	38,00	1,50	25,33	Karbonatlı Silttaşı-Killi Kireçtaşı
	27,90	635,00	22,10	28,73	Karbonatlı Silttaşı-Killi Kireçtaşı
Kİ-7	2,40	685,00	46,60	14,70	Yamaç Molozu
	6,90	869,00	44,10	19,71	
	9,90	231,00	22,70	10,18	
	12,90	224,00	17,30	12,95	
	15,90	117,00	9,30	12,58	
	18,90	1505,00	43,40	34,68	
	21,90	5186,00	42,50	122,02	Kumtaşı-Killi Kireçtaşı-Mikrit Ardalanmalı
	24,90	3462,00	42,20	82,04	
	27,90	1196,00	42,00	28,48	
	30,90	311,00	34,10	9,12	
	33,90	516,00	43,50	11,86	
	36,90	1299,00	48,30	26,89	Killi Kireçtaşı
	39,90	4257,00	42,20	100,88	

Tablo 6.4. İnceleme alanında yapılan basınçlı su testi deney sonuçları özeti

Sondaj No	Temsili Lugeon	Derinlik (m)	Lugeon Sınıflaması	Geçilen Birimler
Kİ-5	-	122,00-126,00	-	Karahan Fm.
Kİ-5	0,20	127,00-130,00	Geçirimsiz	Karahan Fm.
Kİ-5	-	132,00-135,00		Karahan Fm.
Kİ-5	0,20	137,00-140,00	Geçirimsiz	Karahan Fm.
Kİ-5	0,47	148,00-150,00	Geçirimsiz	KarahanFm.
Kİ-6	11,68	152,00-154,00	Geçirimli	Hatungüney Fm.
Kİ-6	0,10	157,00-159,00	Geçirimsiz	Hatungüney Fm.
Kİ-6	1,42	162,00-164,00	Az Geçirimli	Mescitdağları Fm.
Kİ-6	2,01	167,00-169,00	Az Geçirimli	Mescitdağları Fm.
Kİ-6	3,45	172,00-174,00	Az Geçirimli	Mescitdağları Fm.

Yapılan basınçlı su testi deneylerinde Kİ-5 sondaj kuyusunda 122,00 – 126,00 metre ve 132,00 – 135,00 metreleri arasında deney esnasında sondaj kuyusundan deney esnasında su geldiği için deney verileri Tablo 6.4'te gösterilememiştir.

6.5. Nokta Yükleme (Point Load) Deneyi

İnceleme alanında yer alan kaya birimlerinin nokta yükü dayanım indeks değerini (Is(50)) belirlemek amacıyla Kİ-5 ile Kİ-6 sondaj lokasyonlarında nokta yükleme deneyi yapılmıştır. Bu deney ile kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan nokta yük dayanım indeksinin saptanması amacıyla yapılır. İnceleme alanındaki kiltaşlarında yapılan deneyde $Is_{(50)}$ 0,57 MPa ile 1,82 MPa aralığında olduğu saptanmıştır. İnceleme alanındaki kireçtaşlarında ise $Is_{(50)}$ 11,44 MPa ile 15,65 MPa aralığındadır.

6.6. Laboratuvar Deney Sonuçları

Zeminin indeks ve mühendislik jeolojisi özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yapılan deney sonuçları Bölüm 6.7'de değerlendirilmiştir. Elde edilen laboratuvar deney sonuçları Ek-C 'de verilmiş olup Tablo 6.5'de verilmiştir.

6.7. Birimlerin Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi

Tünel kesimi ve yakın çevresinde yapılan jeolojik – jeoteknik çalışmaları sırasında 1 birim (Qym: yamaç molozu) ve 3 formasyon (Tpk: Karahan formasyonu, $Km_{çmt}$:

Mescitdağları formasyonu, JKh: Hatungüney formasyonu) mühendislik jeolojisi açısından değerlendirilmiştir.

Tablo 6.5. Kırık tüneli güzergah boyunca Kİ-5 ve Kİ-6 temel araştırma sondajlarında yapılan nokta yükü deney sonuçları

Sondaj No	**Örnekleme Derinliği (m)**	**Ortalama Nokta Yükü Dayanım İndeksi $Is_{(50)}$ MPa**	**Litoloji**
Kİ-5	5,80-31,00	1,82	Kiltaşı
	31,00-63,00	1,80	Kiltaşı
	63,00-91,00	0,93	Kiltaşı
	91,00-120,00	0,83	Kiltaşı
	120,00-132,00	0,41	Kiltaşı
	132,00-140,00	0,40	Kiltaşı
	140,00-150,00	0,57	Kiltaşı
Kİ-6	17,70-59,20	12,93	Kireçtaşı
	59,20-89,00	13,76	Kireçtaşı
	89,00-119,00	12,37	Kireçtaşı
	119,00-149,00	11,44	Kireçtaşı
	149,00-164,00	14,14	Kireçtaşı
	164,00-174,00	15,65	Kireçtaşı

Tablo 6.6. Kırık tüneli güzergahı zemin ve kaya numunelerinin laboratuvar deneyi sonuçları

Numunenin			**Su Muhtevası (*wn*)**	**Plastik Limit (%)**	**Elek Analizi**		**Zemin Sınıfı (USCS)**	**Birim Hacim Ağırlık (g/cm³)**	**Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)**	**Elastisite Modülü (MPa)**	**Litoloji**
Sondaj No	**Numune Cinsi**	**Derinlik (m)**	**(%)**		**#4 Kalan (%)**	**#200 Geçen (%)**					
Kİ-6A	SPI-1	16,50-16,84	6,5	NP	54.3	19.8	GM				Yamaç molozu
	K-24	35,10-35,30						2,62	69,1	25,1	Kumtaşı-Killi kireçtaşı-Kireçtaşı ardalanması
	K-25	36.55-36,75						2,53	47,4	8,5	

Tablo 6.6. (Devam) Kırık tüneli güzergahı zemin ve kaya numunelerinin laboratuvar deneyi sonuçları

Numunenin			Su Muhtevası *(wn)*	Plastik Limit	Elek Analizi		Zemin Sınıfı	Litoloji
Sondaj No	Numune Cinsi	Derinlik (m)	%	(%)	#4 Kalan (%)	#200 Geçen (%)	(USCS)	
Kİ-3	SPT-1	1,50-1,95	22,5	NP	51,8	26,1	GM	Yamaç molozu
	SPT-2	3,00-3,45	17,4	NP	48,3	19.4	GM	Tüfit
	SPT-3	4,50-4,95	16,8	NP	53,3	15,6	GM	
	SPT-4	6,00-6,40	16,7	NP	63,2	11,8	GP-GM	
	SPT-5	7,50-7,95	19,0	NP	29,3	24,6	SM	Karbonatlı silttaşı/Killi kireçtaşı
	SPT-6	9,00-9,45	19,8	NP	43,5	18,7	GM	
	SPT-7	10,50-10,95	46,9	NP	46,6	29,2	GM	
	SPT-8	12,00-12,11	22,3	NP	61,0	7,5	GP-GM	
	SPT-9	13,50-13,95	22,2	NP	43,2	14,3	GM	
	SPT-10	15,00-15,45	22,9	NP	27,9	23,6	SM	
	SPT-11	16,50-16,95	25,4	NP	18,4	43,5	SM	
	SPT-12	18,00-18,10	14,8	NP	30,4	38,7	SM	
	SPT-13	22,50-22,60	15,2	NP	39,8	28,9	GM	

Tablo 6.6. (Devam) Kırık tüneli güzergahı zemin ve kaya numunelerinin laboratuvar deneyi sonuçları

Numunenin			Birim Hacim Ağırlık (g/cm^3)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Litoloji
Sondaj No	Numune Cinsi	Derinlik (m)				
Kİ-5A	K-28	48,80-49,00	1,96	1		Kumtaşı
	K-33	56,60-56,80	2,28	1,8		Kiltaşı
	K-65	126,70-127,00	2,33	4,5	400	Çamurtaşı
	K-72	140,05-140,30	2,54	7,9	700	Fay breşi
	K-73	144,05-144,20	2,36	2,6	100	
	K-79	155,45-155,80	2,4	5,6	1500	
	K-84	162,40-162,65	2,19	1,6	100	
	K-98	189,70-189,90	2,64	9,9	1600	Çamurtaşı

Numunenin			Su Muhtevası *(wn)*	Plastik Limit	Elek Analizi		Zemin Sınıfı (USCS)	Litoloji
Sondaj No	Numune Cinsi	Derinlik (m)	%	(%)	#4 Kalan (%)	#200 Geçen (%)		
Kİ-4	SPT-1	1,50-1,95	21,7	24,8	11,6	65,5	CH	Yamaç molozu
	SPT-2	3,00-3,25	11,7	NP	53,5	10,3	GP-GM	
	SPT-3	4,50-4,55	7,2	NP	81,9	2,9	GP-GM	
	SPT-4	6,00-6,45	21,3	24,2	5,8	39,2	SC	Karbonatlı tüfit
	SPT-5	7,50-7,77	17,5	22,7	6,5	30,5	SC	
	SPT-6	9,00-9,25	15,2	21,1	2,9	26,5	SC	Tüfit
	SPT-7	10,50-10,90	27,3	22,1	20,2	42,2	SC	

Tablo 6.6. (Devam) Kırık tüneli güzergahı zemin ve kaya numunelerinin laboratuvar deneyi sonuçları

Numunenin			Birim Hacim Ağırlık (g/cm^3)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Litoloji
Sondaj No	Numune Cinsi	Derinlik (m)				
Kİ-6	K-17	19,00-19,20	2,79	117,7	34500	Kireçtaşı
	K-47	60,30-60,50	2,79	75,9		
	K-49	63,40-63,65	2,83	112,1	43700	
	K-51	68,05-68,30	2,81	97,3		
	K-57	77,00-77,35	2,67	50,3	4100	
	K-61	83,55-83,75	2,61	13,4		
	K-67	93,10-93,40	2,63	61,4	29600	
	K-69	97,00-97,30	2,6	52,6		
	K-70	101,00-101,25	2,64	96,9	31600	
	K-73	107,25-107,65	2,63	34,2		
	K-75	112,70-113,00	2,6	60,7	12900	
	K-76	116,15-116,65	2,61	22,7		
	K-78	120,30-120,70	2,63	80,6	37200	
	K-81	128,35-128,65	2,55	13,9		
	K-82	131,60-131,90	2,68	99,3	30700	
	K-86	141,05-141,40	2,66	48,5		

Tablo 6.6. (Devam) Kırık tüneli güzergahı zemin ve kaya numunelerinin laboratuvar deneyi sonuçları

Numunenin			Birim Hacim Ağırlık (g/cm^3)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Litoloji
Sondaj No	Numune Cinsi	Derinlik (m)				
Kİ-6	K-86	141,05-141,40	2,66	48,5		Kireçtaşı
	K-88	146,70-147,00	2,66	124,6	27100	
	K-90	149,22-149,47	2,66	51,5		
	K-91	152,45-152,80	2,68	82,6	39400	
	K-91	153,50-153,75	2.66	55	28100	
	K-92	154,00-154,35	2.67	110,3	34900	
	K-92	156,30-156,70	2,65	97,5	29900	
	K-93	157,15-157,50	2,54	21,4		
	K-93	159,55-159,85	2,64	84,9	41900	
	K-96	162,30-162,60	2,65	146,6	36200	
	K-96	163,55-163,80	2,66	134,5	76600	
	K-97	164,00-164,30	2,65	109,6	41900	
	K-98	166,40-166,65	2,66	123,5	43600	
	K-99	167,25-167,50	2,63	32,3	15500	
	K-101	170,50-170,90	2,65	75,8	28700	
	K-102	172,00-172,25	2,63	60,2	16800	
	K-103	174,30-174,70	2,65	106,7	37100	
	K-104	175,00-175,35	2,65	100,1	37200	
	K-104	177,65-178,00	2,67	63,7		

Tablo 6.6. (Devam) Kırık tüneli güzergahı zemin ve kaya numunelerinin laboratuvar deneyi sonuçları

Numunenin			Su Muhtevası *(wn)*	Plastik Limit (%)	Elek Analizi		Zemin Sınıfı (USCS)	Litoloji
Sondaj No	Numune Cinsi	Derinlik (m)	%		#4 Kalan (%)	#200 Geçen (%)		
Kİ-7	SPT-1	1,50-1,95	11,1	NP	52,4	19,4	GM	Yamaç molozu
	SPT-2	3,00-3,25	10,1	NP	40,3	16,7	SM	
	SPT-3	4,50-4,95	7,6	17.9	61.8	13,8	GC	
	SPT-4	6,00-6,25	11,8	NP	44,6	19,9	GM	
	SPT-5	7,50-7,95	14,1	NP	48,0	25,2	GM	
	SPT-6	9,00-9,45	12,1	NP	44,6	21,9	GM	
	SPT-7	10,50-10,58	11,8	NP	37,7	19,0	SM	
	SPT-8	12,00-12,45	10,3	NP	54,7	14,2	GM	
	SPT-9	13,50-13,95	8,6	NP	58,9	11,9	GP-GM	
	SPT-10	15,00-15,28	9,6	17.9	55,5	18,8	GC	
	SPT-11	16,50-16,60	8,7	NP	49,8	16,9	GM	
	SPT-12	18,00-18,12	13,1	NP	47,2	18,6	GM	
	SPT-13	19,50-19,95	8,5	NP	47,2	14,3	GM	
	SPT-14	21,00-21,12	8,9	NP	44,8	14,6	GM	Kumtaşı-Killi kireçtaşı-Kireçtaşı ardalanması
	SPT-15	22,50-22,60	11,7	NP	26,5	26,7	SM	
	SPT-16	24,00-24,10	11,5	NP	50,6	13,8	GM	

6.7.1. Yamaç Molozu (Qym)

İnceleme alanında gözlenen yamaç molozu birimi genel olarak, sarımsı – grimsi kahverenkli, orta sıkı – sıkı, iri taneli, killi kumlu çakıldan oluşmaktadır. Sahada gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucu dar vadi kesimlerinde yamaç molozu biriminin alüvyon ile karışık özellikler sunmaktadır.

Yamaç molozu birimi içerisinde yapılan SPT deneyi ile alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri ile pressiyometre sonuçları aşağıda verilmektedir.

SPT (N_{30})	$16 \leq$ SPT (N_{30}) $\leq$ R
Su içeriği (*wn*)	% 7 $\leq$ *wn* $\leq$ % 23
Likit limit (LL)	NP $\leq$ LL $\leq$ % 51
Plastisite İndeksi (PI)	NP $\leq$ PI $\leq$ 26
4 nolu elek üstünde kalan (+4)	% 12 $\leq$ +4 $\leq$ % 82
200 nolu elekten geçen (-200)	% 3 $\leq$ – 200 $\leq$ % 26
Zemin sınıfı (USCS)	GC, GM, GP, GP – GM, SM, CH
Pressiyometre limit basıncı (Pln)	9,30 kg/cm^2 $\leq$ Pln $\leq$ 46,60 kg/cm^2
Pressiyometre modülü (Ep)	117 kg/cm^2 $\leq$ Ep $\leq$ 1505 kg/cm^2

Yamaç molozu birimi granüler yapısı gereği yeraltı suyu taşımaktadır.

6.7.2. Karahan Formasyonu (Tpk)

İnceleme alanında gözlenen Karahan formasyonu (Tpk) genel olarak; kiltaşı ve kumtaşı jeolojik birimlerinden oluşmaktadır. Kiltaşı birimi; gri – yeşilimsi gri, az – orta sert, orta zayıf, yer yer zayıf, orta derecede, yer yer çok ayrışmıştır. Kumtaşı birimi ise; yeşil – yeşilimsi gri, ufalanabilir – az sert, orta zayıf, orta derecede ayrışmış ve ince tanelidir. Karahan formasyonu birimleri sondaj verileri ve birimlerden alınan numuneler üzerinde yapılan deneylerin sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Karot Yüzdesi (TCR) % 20 < TCR < % 100

Kaya Kalitesi (RQD) % 0 < RQD < % 89

Tek eksenli basınç dayanımı (σc) 0,2 MPa ≤ σc ≤ % 1,1 Mpa

Doğal birim hacim ağırlık (γn) 1,63 g/cm^3 ≤ γn ≤ % 2,08 g/cm^3

Bu formasyonun çok- tümüyle ayrışmış seviyesi (Tpk / W5) genel olarak sarımsı kahverenkli, çakıllı kumlu kil birimi ile temsil edilir. Nemli – kuru, plastisitesiz, az – orta sert, köşeli, yoğunca kilttaşı / silttaşı kökenli olup içerisinde yer yer kireçtaşı kökenli bloklar yer almaktadır.

6.7.3. Mescitdağları Formasyonu Çamurtaşı Üyesi (Km$_{çmt}$)

Çalışma alanında gözlenen Mescitdağları formasyonu çamurtaşı üyesi (Km$_{çmt}$); çamurtaşı ve breşten oluşmaktadır. Çamurtaşı üyesi genel olarak, kırmızı – bordomsu – yeşilimsi renkli, az sert – yer yer orta sert, orta zayıf – yer yer zayıf, orta derecede – yer yer çok ayrışmıştır. Süreksizlikler ayrışmaya bağlı olarak izlenememektedir. Formasyon içinde gözlenen breş ise muhtelif renkli, orta sert, orta dayanımlı, yer yer orta zayıf, orta – yer yer çok ayrışmış olup, çamurtaşı matriksi içinde %20 – 30 oranında, sert, köşeli, dayanımlı, muhtelif kökenli çakıllar içermektedir. Süreksizlikler ayrışmaya yoğunluğuna bağlı olarak izlenememektedir. Mescitdağları formasyonu birimleri sondaj verileri ve birimlerden alınan numuneler üzerinde yapılan deneylerin sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Karot Yüzdesi (TCR) % 47 < TCR < % 100

Kaya Kalitesi (RQD) % 0 < RQD < % 65

Tek eksenli basınç dayanımı (σc) 4,5 MPa

Doğal birim hacim ağırlık (γn) 2,33 g/cm^3

Mescitdağları formasyonu çamurtaşı üyesi (Km$_{çmt}$) yeraltı suyu açısından genel olarak geçirimsiz – az geçirimli özelliklere sahiptir. Ancak bu birim süreksizliklerin nitelik ve niceliğine bağlı olarak yeraltı suyu dolaşımına bir miktar izin verebilir.

6.7.4. Hatungüney Formasyonu (JKh)

Tünel güzergahının giriş ve çıkış kesimleri ile proje güzergahının büyük bir kısmında gözlenen Hatungüney formasyonu (JKh) genel olarak; kireçtaşı, kiltaşı, tüf, kumtaşı ve killi kireçtaşı ile bu birimlerin ardalanmasından oluşmaktadır. Kireçtaşı ve killi kireçtaşları birimi genel olarak; bej ve gri renkli olup, sert-orta dayanımlı, az – orta derecede ayrışmıştır. Süreksizlikler; 10° – 90° aralığında, açık, pürüzlü, sık – çok sık, parçalı ve FeO boyalıdır.

Kiltaşı birimi, bej – kirli beyaz renkli, sert – orta sert, orta zayıf, çok – az ayrışmıştır. Süreksizlikler; 10° – 30° açık, pürüzlü, sık – çok sık, FeO boyalı, 0°– 90° kapalı ve çok sıktır.

Tüf birimi; grimsi koyu kahverenkli, ufalanabilir – az sert, zayıf – çok zayıf, çok – tümüyle ayrışmıştır. Tüf birimi içerisinde yoğun FeO gözlemlenmektedir. Süreksizlikler; 0° – 10°, açık, seyrek, pürüzlü, kil sıvalı – dolguludur.

Kumtaşı – killi kireçtaşı – kireçtaşı ardalanması ise genel olarak; yeşil – yeşilimsi koyu gri – bej, sarımsı kahverenkli, orta sert – sert, orta zayıf, orta derecede ayrışmış kumtaşları; ufalanabilir – az sert, zayıf, çok ayrışmış killi kireçtaşları ve orta sert – orta dayanımlı, az – orta derecede ayrışmış kireçtaşlarından oluşmaktadır. Süreksizlikler 20° – 90°, açık, mat, pürüzlü, kil ve silt sıvalıdırlar. Hatungüney formasyonu birimleri sondaj verileri ve birimlerden alınan numuneler üzerinde yapılan deneylerin sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Karot Yüzdesi (TCR)	% 15 < TCR < % 100
Kaya Kalitesi (RQD)	% 0 < RQD < % 96
Pressiyometre limit basıncı (Pln)	8,00 kg/cm^2 ≤ Pln ≤ 46,80 kg/cm^2
Pressiyometre modülü (Ep)	38 kg/cm^2 ≤ Ep ≤ 5 186 kg/cm^2
Tek eksenli basınç dayanımı (σc)	13,40 MPa ≤ σc ≤ % 141,90 MPa
Doğal birim hacim ağırlık (γn)	2,53 g/cm^3 ≤ γn ≤ % 2,66 g/cm^3

Bu birimin çok – tümüyle ayrışmış seviyesi (JKh / W5) siltli kumlu çakıl ve kumlu çakıl niteliğinde olup; bu seviyeden elde edilen laboratuvar deney sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

SPT (N30)	$36 \leq$ SPT (N30) $\leq$ R
Su içeriği (wn)	$\% 9 \leq$ wn $\leq \% 47$
Likit limit (LL)	NP $\leq$ LL $\leq \% 43$
Plastisite İndeksi (PI)	NP $\leq$ PI ≤ 20
4 nolu elek üstünde kalan (+4)	$\% 3 \leq +4 \leq \% 63$
200 nolu elekten geçen (-200)	$\% 8 \leq -200 \leq \% 44$
Zemin sınıfı (USCS)	GM, GP – GM, SC, SM, GP

Hatungüney formasyonu (JKh) içerisindeki kireçtaşı ve killi kireçtaşı birimleri yeraltı suyu açısından geçirimli özellikler sunar. Kiltaşı, tüf ve kumtaşı birimleri ise yeraltı suyu açısından genel olarak geçirimsiz – az geçirimli özelliklere sahiptir. Bu birimler içerisindeki kırık ve çatlak sistemlerinin nitelik ve niceliğine bağlı olarak yeraltı suyu dolaşımına bir miktar izin verebilir.

7. KAYA KÜTLELERİNİN SINIFLANDIRILMASINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

Bu bölümde tünel güzergahı üzerindeki kaya kütlelerinin sınıflandırılmasına ait kullanılan yöntemlerden kısaca özetlenmiştir.

7.1. Tünel Destekleme Tasarımı İçin Kaya Kütlelerinin Mühendislik Sınıflaması

Günümüzde yapılmakta olan yeraltı kazılarında güvenlilik konusu büyük önem taşımaktadır. Güvenli planlanan bir yeraltı yapısı ekonomik olarakta uygunluk teşkil etmektedir. Bu konuda birçok araştırmacı tarafından gerçekleştirilen bu konu ile ilgili kaya sınıflamaları ve buna bağlantılı olarak desteklenmesi amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar günümüz modern tünelciliğine büyük katkılar sağlamıştır. Başlıca kaya kütlesi sınıflamaları şunlardır;

a) Terzaghi Kaya Yükü Sınıflaması
b) Kaya Kalite Belirteci (Rock Quality Designation, RQD)
c) NGI Kaya Tüneli Kalite indisi (NGI Rock Tunnelling Quality Index, Q)
d) Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi (Rock Mass Rating, RMR)
e) Jeolojik Dayanım indisi (Geological Strength Index, GSI)
f) Modifiye edilmiş Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi (Modified Rock Mass Rating, M-RMR)
g) Kaya Kütle İndeksi (Rock Mass Index, RMi)
h) Tünel Kazıları İçin Yeni Avusturya Kaya Sınıflama Sistemi (NATM)

Kayaların kütle özelliğinin sayısal olarak ifade edilmesi Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) ile bütünsellik sergileyen bir konudur.

Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi (NATM) ilkeleri ışığında genellikle Avusturya ’da ve yaygın olarak da Avrupa’da kullanılan kaya sınıflandırma sistemleri arasında Avusturya Standardı ÖNORM – 2203 önemli yer tutar.

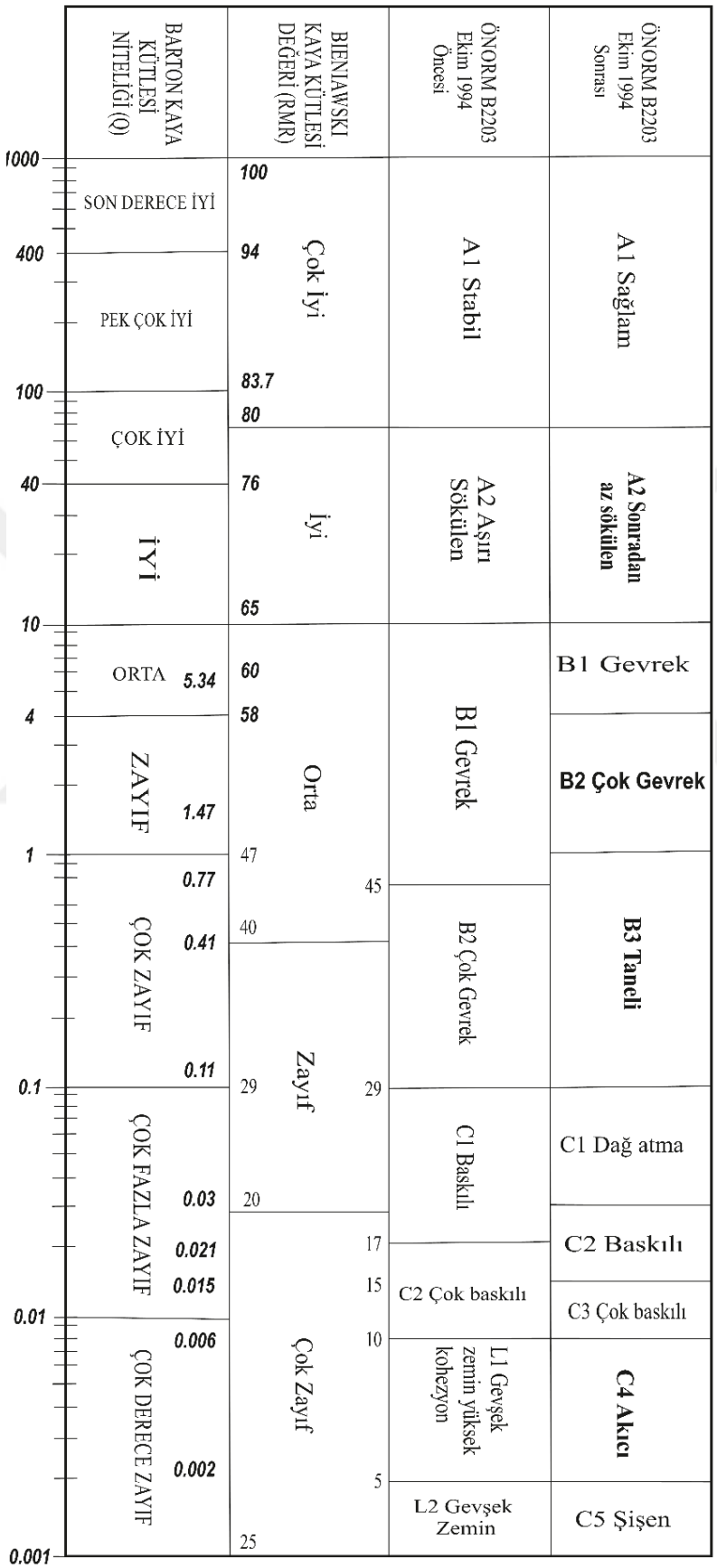
Bu kaya sınıflaması; tünel profili boyunca izlenen kayaçların jeolojik – jeoteknik özellikleri, tünel kesiti, örtü yükü dikkate alınarak kaya ortamının zamana bağlı davranışı bağlamında yapılmaktadır. Bu yöntemde belirlenen kaya sınıflarının diğer sınıflama yöntemlerinde kabaca hangi aralığa karşılık geldiği Tablo 7.1 ve Tablo 7.2'de görülmektedir.

Kırık tüneli mühendislik jeolojisi çalışmalarında ise CSIR kaya sınıflaması (RMR), NGI kaya sınıflaması (Q Sistemi), kaya kütlesi dayanımı (GSI, Hoek sınıflaması) ve NATM (Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi) kullanılmıştır ve sınıflandırma sonuçlarına göre tünel destek tipleri belirlenmiş ve ilerleyen bölümlerde sunulmuştur.

Tablo 7.1. RMR ve Q değerlerine göre kaya sınıflaması (Hoek ve diğ., 1995)

Kaya Sınıfı	Q	RMR
Çok zayıf	<1	<20
Zayıf	1-4	21-40
Orta	4-10	41-60
İyi	10-40	61-80
Çok iyi	40-100	81-100
Mükemmel	>100	

Tablo 7.2. Q-RMR-ÖNORM kaya sınıfları ilişkisi



7.2. CSIR Tünel Kaya Sınıflaması (RMR)

Bieniawski (1989) tarafından 15 yıllık süreçte yapılan deneyler ve gözlemlerdeki esas veriler dikkate alınarak büyük yer altı açıklıkları ile maden işletmelerinde uygulanan bir yöntem haline gelmiştir.

Bienawski (1989) jeomekanik kaya sınıflaması için 5 parametre dikkate alınmaktadır.

Bunlar;

a. Taze kayanın tek eksenli basınç dayanımı
b. Kaya kalite göstergesi (RQD)
c. Süreksizlik açıklığı
d. Süreksizlik yüzeylerinin durumu
e. Yeraltı suyu şartları

Sistemin uygulanmasında, inceleme alanındaki kaya kütlesi yapısal alt birimlere ayrılır ve birimlerde kayanın özgül niteliklerine göre her parametreye karşı gelen sayısal değerler ayrı ayrı tespit edildikten sonra toplam değer sayısı bulunmakta ve elde edilen bu sayı süreksizliklerin konumuna göre düzeltilmektedir. Düzeltilmiş toplam sayı RMR kaya kütle sayısı olarak tanımlanmaktadır.

RMR hesaplamalarında aşağıda sunulan Tablo 7.3'ten sırasıyla yaralanılarak puanlama sistemi yapılıp sonuç RMR değer puanı bulunabilmektedir. Kaya sınıflaması yapılan birimin Tablo 7.4'ten ise bozunma dereceleri ile ilgili bilgiler ve tanımlama ile ilgili açıklamalara ulaşılabilmektedir.

Tablo 7.3. RMR-Jeomekanik kaya sınıflaması (Bieniawski, 1989)

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
		Değerlendirme	15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizliklerin Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Islak	Yaş	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<-----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90			Dalım yönünde ilerleme dalım 45	Dalım 20-	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun			Uygun		Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90			Dalıma karşı ilerleme	Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta			Olumsuz		Orta				

Tablo 7.4. Kaya kütlelerinin bozunma derecesiyle ilgili sınıflama (ISRM, 1981)

Bozunma	Tanımlama	Sınıf
Bozunmamış (taze)	Kayada bozunmanın belirtileri gözlenmiyor: belki ana süreksizlik yüzeylerinde hafif renk değişimi.	**I**
Az bozunmuş	Kaya malzemesinde ve süreksizlik yüzeylerinde renk değişimi gözlenir. Bozunma nedeniyle tüm kayacın rengi değişmiş ve kaya taze halinden daha zayıf olabilir.	**II**
Orta derecede bozunmuş	Kayanın yarısından az bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrışmış ve/veya parçalanmış. Kaya, taze ya da renk değişimine uğramış, sürekli bir kütle veya çekirdek taşı halindedir.	**III**
Çok fazla bozunmuş	Kayanın tümü toprak zemine dönüşerek ayrışmış ve/veya parçalanmıştır. Ancak, orijinal kaya kütlesinin yapısı halen korunmaktadır.	**IV**
Tamamen bozunmuş	Kayanın tümü ayrışmış ve/veya toprak zemine dönüşmüştür. Kaya kütlesinin yapısı ve dokusu kaybolmuştur. Hacim olarak büyük bir değişiklik olmakla birlikte, zemin taşınmamıştır.	**V**

7.3. NGI Tünel Kaya Sınıflaması (Q Sistemi)

Tünel açımında karşılaşılacak kesimlerin kaya kütlesi sınıflama puanları Q veya NGI (Norvegian Geotechnical Institue) sistemi tarafından yapılmıştır. Sistem, Barton ve diğ. (1974) tarafından geliştirilmiştir. Sistem Grimstad ve Barton (1993) tarafından revizyona uğramıştır. Kaya tünelcilik kalitesi Q, bağımsız 6 paremetrenin değeri olarak bağıntı (7.1) hesaplanmaktadır.

$$Q=\frac{RQD}{J_n}\cdot\frac{J_r}{J_a}\cdot\frac{J_w}{SRF} \qquad (7.1)$$

(RQD/Jn) değeri; blok boyutu veya farklı eklem takımlarının oluşturduğu kamanın boyutunu, (Jr/Ja) değeri; eklem yüzeyleri arasındaki pürüzlülük ve sürtünme ile dolgu malzemesini (bloklar arasındaki makaslama dayanımı), (Jw/SRF) değeri ise, etkin gerilmeyi ifade etmektedir.

Burada;

RQD: Kaya kalite göstergesi

J_n: Eklem takım numarası

J_r: Eklem pürüzlülük numarası

J_a: Eklem ayrışma numarası

J_w: Eklem suyu azalım faktörüdür

SRF: Gerilme azalım faktörüdür

Q değerlerine bağlı olarak aşağıdaki verilerde elde edilebilmektedir;

Bulon boyu, L=2+(0,15 B / ESR), m

ESR=1 (karayolu tünelleri), B=10 m, tünelin çapı,

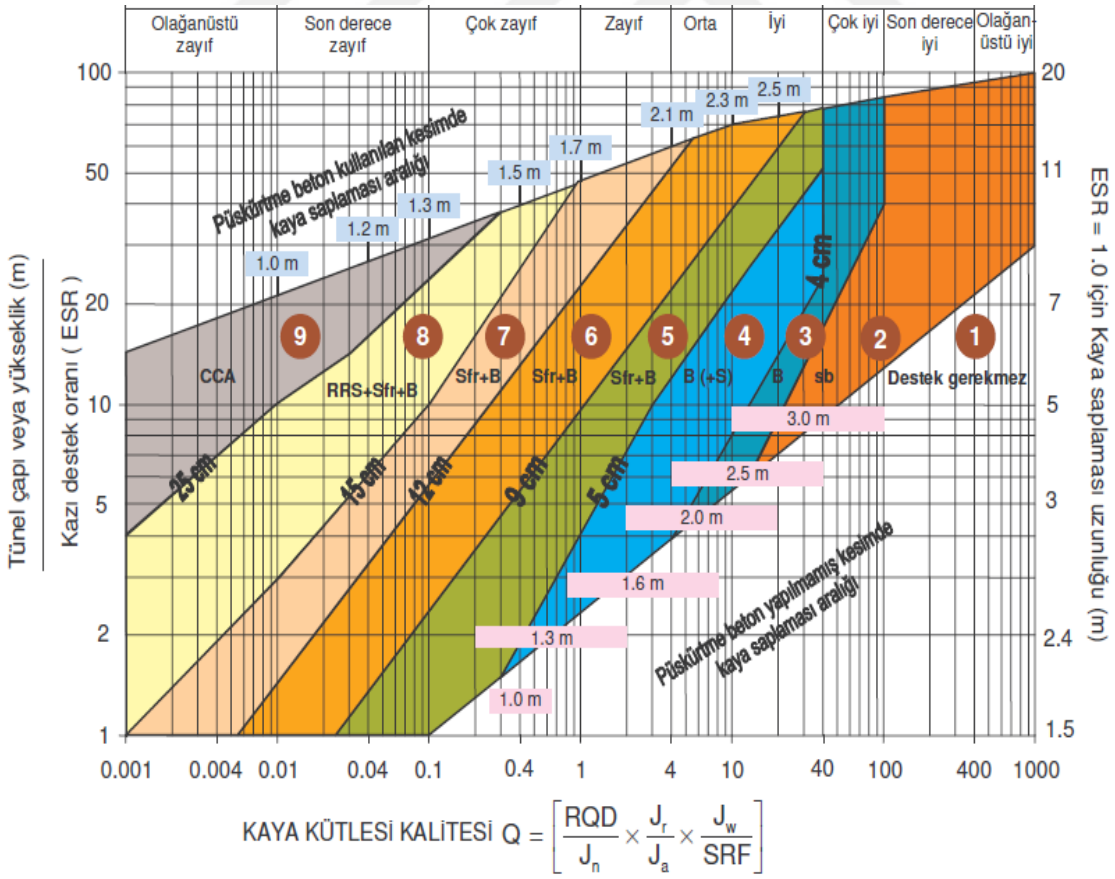
Desteksiz kazı açıklığı= $2xQ^{0,4}$ m

Destekleme elemanlarının sağlaması gereken düşey (Pv) ve yatay (Ph) gerilme ise;

$Pv = (0,2 / Jr) \times Q^{-1/3}$

$Ph = (0,2 / Jr) \times Q^{-1/3}$

Q sınıflamasından elde edilen sonuçlar kullanılarak, tünelde uygulanacak olan destekleme sistemi boyutlandırılabilmektedir. Barton tarafından önerilen destek sistemleri ise Şekil 7.1'de göstermektedir.



Şekil 7.1. Q sınıflamasına göre tünelde önerilen destekleme sistemi (Barton ve diğ., 1974)

Tablo 7.5. Tünel kalite indeksinde kullanılan parametrelerin sınıflandırılması (Barton ve diğ., 1974)

NATM Q KAYA SINIFLAMASI

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF}$$

KAYA NİTELİĞİ SINIFLAMASI (RQD)

1 -	Çok fena	0-25
2 -	Fena	25-50
3 -	Orta	50-75
4 -	İyi	75-90
5 -	Pekiyi	90-100

ÇATLAK PÜRÜZLÜK DEĞERİ (Jr)

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

ÇATLAK SİSTEMİ DEĞERİ (Jn)

A -	Masif, çatlak çok az veya hiç yok	0,5 - 1
B -	Bir çatlak sistemi	2
C -	Bir çatlak sistemi ve gelişigüzel çatlaklar	3
D -	İki çatlak sisitemi	4
E -	İki çatlak sistemi ve gelişigüzel çatlakalar	6
F -	Üç çatlak sistemi	9
G -	Üç çatlak sistemi ve gelişigüzel çatlaklar	12
H -	Dört veya daha fazla çatlak sistemi gelişigüzel çok fazla sayıda, küp şeker şeklinde	15
J -	Paralanmış kaya, toprak görünümünde	20

Not : Tünellerde kesişme bölgelerinde:	Jn x 3	
Giriş ağız bölgelerinde	Jn x 2	

ÇATLAK SUYU AZALTMA FAKTÖRÜ (Jw)

		Yaklaşık su basıncı (kg./ cm.²)	
A -	Kuru kazılar yada < 5 lt. / dak su gelen kazılar	< 1	1
B -	Orta derecede su gelişi veya basınç, çatlak dolgularının yer yer yıkanması	1 - 2,5	0.66
C -	Dolgusuz, çatlaklı dayanımlı kayada çok miktarda su gelişi veya yüksek basınç	2,5 - 10	0.5
D -	Çok miktarda su gelişi veya yüksek basınç ile çatlak dolgularının fazlaca yıkanması	2,5 - 10	0.33
E -	Patlama sırasında çok fazla su gelişi veya su basıncı, fakat zamanla azalması	10	0,2 - 0.1
F -	Zamanla azalmayan çok fazla su gelişi veya su basıncı	< 10	0,1 - 0.05

ÇATLAK AYRIŞMA DEĞERİ (Ja)

		Ø °	
A -	Sıkıca bağlanmış, sert, yumuşamaz geçirimsiz dolgu (Örneğin kuvars, epidol)	(-)	0.75
B -	Ayrışmamış çatlak yüzleri, sadece yüzeysel paslanma	(25 - 35)	1
C -	Hafifçe ayrışmış çatlak yüzleri. Yumuşamayan mincral kaplamaları, kil içermeyen kaya parçaları	(25 - 30)	2
D -	Siltli veya kumlu kil kaplamaları, yumuşamayan düşük kil oranı	(20 - 25)	3
E -	Yumuşamayan veya düşük sürtünmeli kil mineral kaplamalı, (kaolinit, mika v.b.) Ayrıca klorit, talk, jips, grafit ve az miktarlarda şişen killer (1 - 2 mm.veya daha az kalınlıkta kesikli kaplamalar)	(8 - 10)	4
F -	Kum taneleri, kil içermeyen kaya parçaları	(25 - 30)	5
G -	Fazla konsalide olmuş, yumuşamayan kil minaral dolguları (kesiksiz, kalınlığı 5 mm. den az)	(16 - 24)	6
H -	Orta veya düşük derecede konsolide olmuş, yumuşamayan kil mineral dolgulu (kesiksiz, kalınlığı 5 mm. den az)	(12 - 16)	8
J -	Şişen kil dolgulu, (kesiksiz, kalınlığı 5 mm.den az). Ja' nın değeri, şişen kil boyutundaki tanelerin yüzdesine ve su etkisinde kalıp kalmayacağına göre değişir.	(6 - 12)	8 -12
K -	Dağılmış kaya ve kil bölge veya bantları	(6 - 24)	6 - 8 veya
L -	Kil şartları tanımlaması için G.H.J.		
M -	Maddelerine bakınız		8 - 12
N -	Siltli veya kumlu bölge kil bölge veya bantları, yumuşamayan düşük kil oranı	(-)	5
O-P -	Kalın, sürekli kil bölge veya bantları	10 - 13 veya 13 - 20 (6 - 24)	13

Tablo 7.5. (Devam) Tünel kalite indeksinde kullanılan parametrelerin sınıflandırılması (Barton ve diğ., 1974)

GERİLİM İNDİRGEME FAKTÖRÜ (SRF)

a) Kazıyı kesen zayıflık zonları, tünel kazılırken kaya kütlesinin gevşemesine neden olabilir.

A -	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya kapsayan birden fazla zayıflık (herhangi bir derinlikte)	10
B -	Kil veya kimyasal olarak parçalanmış kaya kapsayan tek zayıflık zonu (herhangi bir derinlikte)	5
C -	Kil veya kimyasal olark parçalanmış kaya kapsayan tek zayıflık zonu (kazı derinliği < 50 m.)	2.5
D -	Kil kapsamayan dayanımlı kayada birden fazla makaslanma zonu, gevşek çevre kayacı (herhangi bir derinlikte)	7.5
E -	Kil kapsamayan dayanımlı kayad tek makaslama zonu, (kazı derinliği < 50 m.)	5
F -	Kil kapsamayan dayanımlı kayada tek makaslama zonu (kazı derinliği > 50 m.)	2.5
G -	Gevşek ve açık çatlaklar, fazla çatlaklı, küp şekeri görünümlü (herhangi bir derinlikte)	5

b) Dayanımlı kaya, kaya gerilmesi sorunları

		σ_c / σ_1	σ_t / σ_1	SRF
H -	Düşük gerilme, yüzeye yakın	> 200	> 13	2.5
J -	Orta derecede gerilme	200 - 10	13 - 0,66	1
K -	Yüksek gerilme, çok sıkı yapı	10 - 5	0,66 -0,33	0,5 - 2
L -	Az kaya patlaması (masif kaya)	5 - 2,5	0,33 - 0,16	5 -10
M -	Fazla kaya patlaması (masif kaya)	2,5	0.16	10 - 20

σ_c = Serbest basınç direnci (kN / m ²)

σ_c = Çekme direnci (kN / m ²)

σ_c =Asal gerilme(kN / m ²)

c) Yüksek kaya basıncının etkisi altında dayanımsız kayanın plastik akması

		SRF
N -	Az sıkışan kaya basıncı	5 -10
O -	Fazla sıkışan kaya basıncı	10 - 20

d) Suyun varlığına bağlı olarak kimyasal şişme

P -	Az şişen kaya basıncı	5 -10
R -	Fazla şişen kaya basıncı	10 - 15

KAZI DESTEK ORANLARI FAKTÖRÜ (ESR)

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

7.4. Deformasyon Modülü Hesaplamaları

Deformasyon modülü (Em), kaya kütlesinin yenilme öncesindeki mekanik davranışını en iyi temsil eden bir parametre olmasından dolayı, birçok tasarım parametresi arasında kaya mühendislik projelerinin başarıyla gerçekleştirilmesinde çok önemli bir yere sahiptir. Deformasyon modülü (Em), ayrıca yeraltı açıklığı etrafında izlenen deformasyonların yorumlanmasında, tahkimat ve nihai tünel kaplama tasarımında kullanılmaktadır (Hoek ve Diederichs, 2006). Ancak bu parametrenin arazide tayini hem çok zor hem de pahalıdır (Aksoy ve diğ., 2012). Ayrıca, arazide yapılan deneyler, kaya kütlelerinin deformasyonları hakkında doğrudan bilgi vermesine karşın, Bieniawski (1973) tarafından belirtildiği gibi yerinde yapılan testlere tek başına güvenilmemesi gerektiği ifade edilmiştir (Shen ve diğ., 2012). Palmström ve Singh (2001) ise yerinde yapılan deneylerin ekipmandan ve patlatma etkisinden dolayı ölçüm hatalarına yol açtığı, bu nedenle kaya kütlelerinin iyi bir şekilde değerlendirilmesi ve uygun dolaylı yöntemin birçok durumda yerinde deneylere göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle, Em

parametresinin pratik yoldan tahminine yönelik literatürde araştırmacılar tarafından bir çok ampirik eşitlikler önerilmiştir. Bunlardan bazıları tez çalışmasında değerlendirilmiştir. Sönmez ve diğ. (2006), Nicholson ve Bieniawski (1990), Hoek ve Diederichs (2006) tarafından önerilen bağıntılara (7.2), (7.3)'e göre belirlenmiştir.

Sönmez ve diğ. (2006), Nicholson ve Bieniawski (1990) kaya malzemesi deformasyon modülü (Ei) ve RMR arasındaki ilişkilere dayalı olarak bağıntılar önermişlerdir. Bunlardan Nicholson ve Bieniawski (1990) tarafından önerilen bağıntılar (7.2), (7.3) aşağıdaki gibidir;

Em = Ei (AF) (7.2)

Burada Ei kaya malzemesinin elastisite modülü ve AF azaltma faktörü olup

AF=0,0028(RMR)2+0,9e[(RMR)/22,82] (7.3)

Eşitliğinden bulunmaktadır.

Sönmez ve diğ. (2006) tarafından önerilen kaya kütlelerinin deformasyon modülü eşitliği (7.4) ise;

$$Em=Ei\ 10^{[((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]} \quad (7.4)$$

Bu bağıntıda örselenme faktörünün etkisi için Sönmez ve diğ. (2005) tarafından örselenme faktörü – indirgeme faktörü ilişkisini de değerlendirmelere katmışladır (Şekil 7.2).

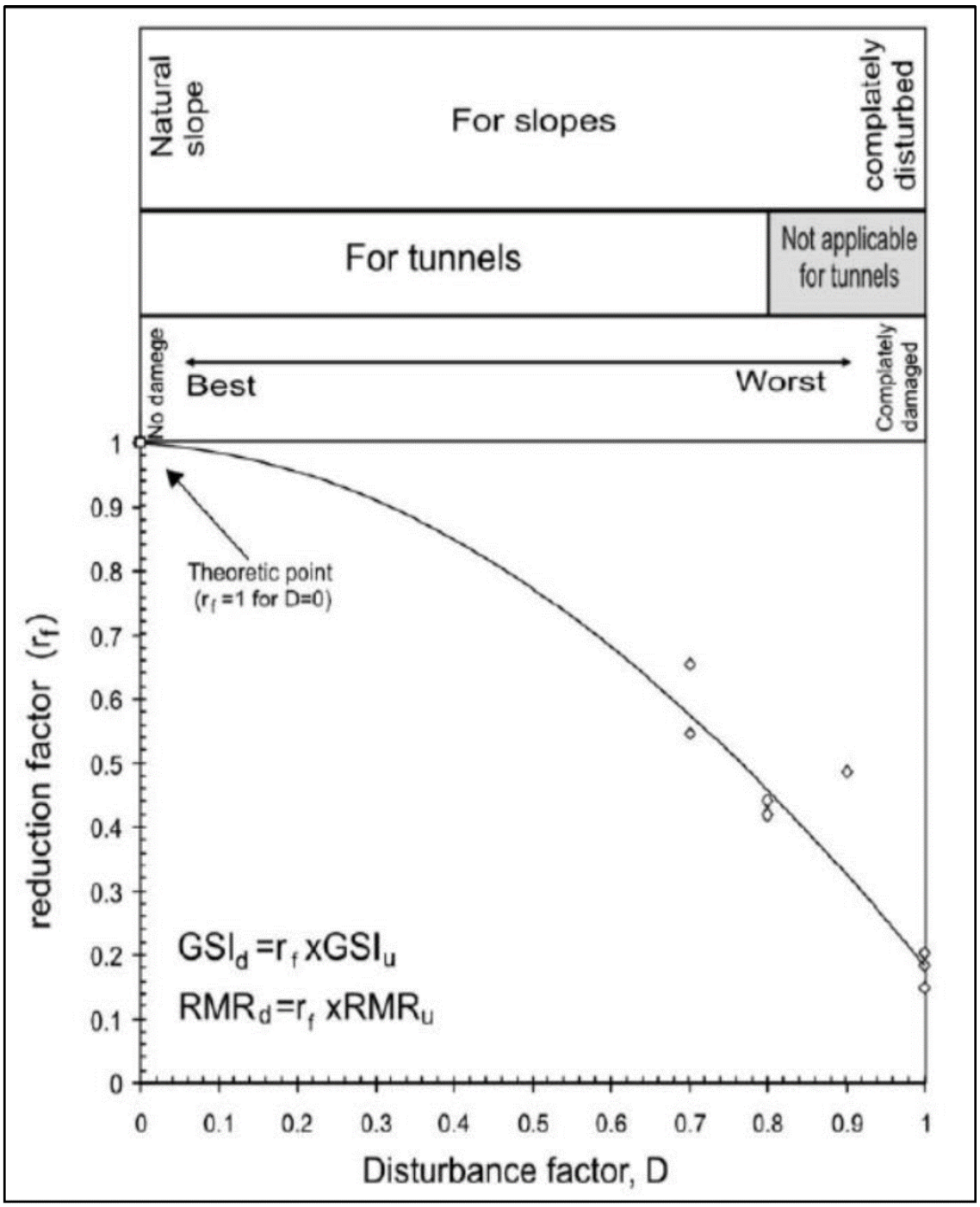
Ayrıca, tünel kotundaki kayalar için laboratuvarda belirlenen birim ağırlık, tek eksenli sıkışma dayanım değeri, kaya malzemesinin (intact) elastisite modülü (Ei) değerleri girilerek Hoek ve Diederichs (2006) tarafından önerilen deformasyon modülü bağıntısına (7.5) göre RocLab yazılımı kullanılarak Em değerleri araştırılmıştır.

$$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right) \quad (7.5)$$

Bu eşitlikte değerler yerine konulduğunda yukarıda anlatıldığı üzere RocLab bilgisayar programı ile hesaplanan değerin aynısıdır.

Burada Ei kaya malzemesinin elastisite modülü, D örselenme faktörü ve GSI Jeolojik dayanım indeksidir.

Aynı zamanda RocLab bilgisayar yazılımı kullanılarak Hoek ve Brown (2002) yenilme ölçütlerine göre jeoteknik parametreler de hesaplanabilmektedir.



Şekil 7.2. Sönmez ve diğ. (2005) tarafından önerilen örselenme faktörü – indirgeme faktörü ilişkisi

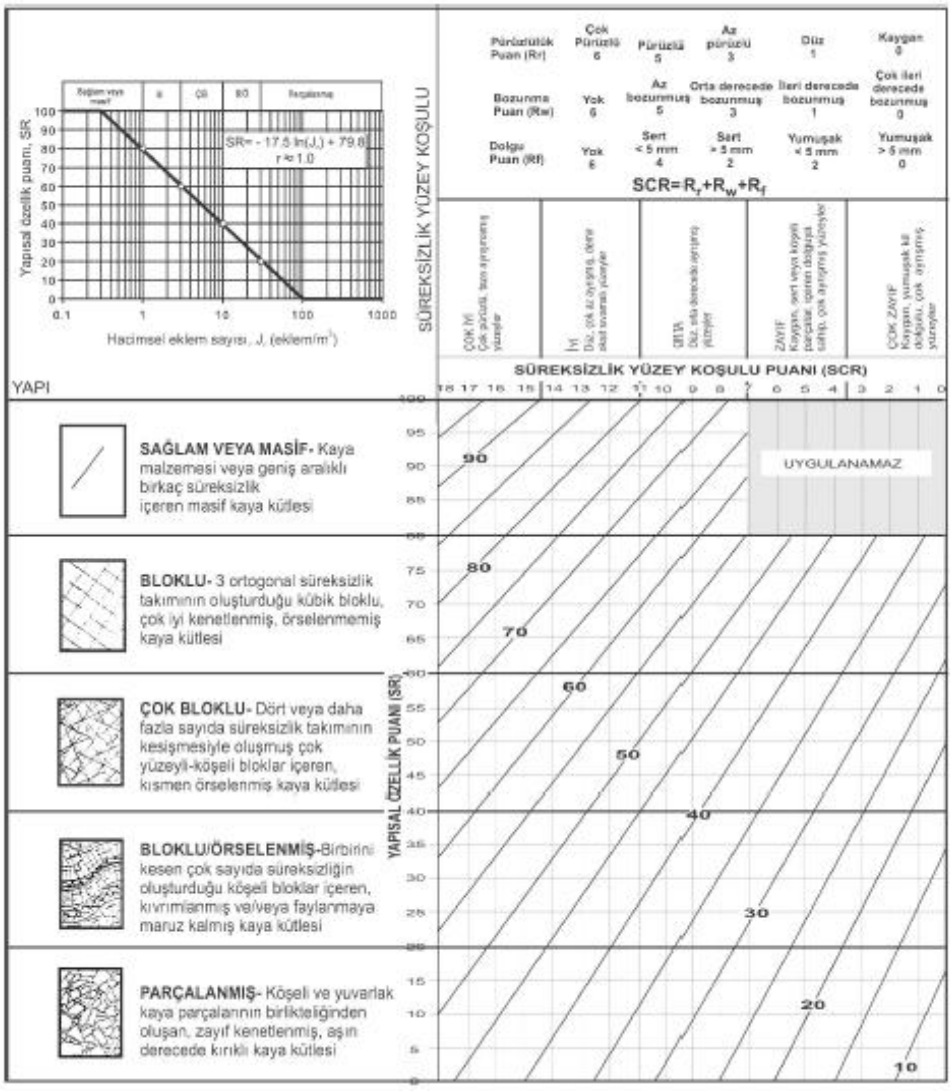
7.5. Kaya Kütle Dayanımı (Rock Mass Strength) GSI - Hoek Sınıflaması

Kayacın arazide sahip olduğu dayanım özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla Hoek (2001) tarafından geliştirilen yöntem, çeşitli yıllarda araştırmacı tarafından güncellenmiştir(Şekil 7.3). Marinos ve Hoek (2001) tarafından oluşturulan son şekline göre GSI değeri bir sonraki sayfadaki abak yardımı ile bulunabilmektedir (Şekil 7.4). GSI atamalarında Hoek ve Carter (2013) tarafından önerilmiş olan GSI abağı ve bu abakla bağlantılı olan eşitlik (7.6) kullanılmıştır. Buna göre;

GSI= 1,5xJcond89+RQD/2 (7.6)

Jcond89; Toplam süreksizlik koşul puanı

RQD; Sondaj ve saha gözlemleri sonucu belirlenen RQD değeri ifade etmektedir.

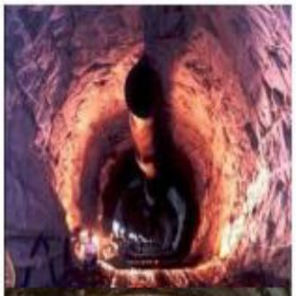


Şekil 7.3. GSI sınıflamasında kullanılan abak (Hoek ve diğ., 1995)

Tablo 7.6. Kayaç malzemesi sabitinin tahmini (mi) değerleri (Hoek ve diğ., 1995)

<table>
<tr><th rowspan="2">Kayaç Tipi</th><th rowspan="2">Sınıf</th><th rowspan="2">Grup</th><th colspan="4">Doku</th></tr>
<tr><th>İri</th><th>Orta</th><th>İnce</th><th>Çok ince</th></tr>
<tr><td rowspan="4">SEDİMANTER</td><td colspan="2">Klastik</td><td colspan="4">Konglomera (22) Kumtaşı 19 Silttaşı 9 Kiltaşı 4
Grovak (18)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Klastik-Olmayan</td><td>Organik</td><td colspan="4">Tebeşir(7)
Kömür (8-21)</td></tr>
<tr><td>Karbonatlı</td><td colspan="4">Breş (20) Sparitik Kireçtaşı (10) Mikritik Kireçtaşı 8</td></tr>
<tr><td>Kimyasal</td><td colspan="4">Jips 13 Anhidrit 16</td></tr>
<tr><td rowspan="3">METAMORFİK</td><td colspan="2">Foliasyonsuz</td><td colspan="4">Mermer 9 Hornfels (19) Kuvarsit (24)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Düşük Foliasyonlu</td><td colspan="4">Migmatit (30) Amfibolit (31) Milonit (6)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Foliasyonlu</td><td colspan="4">Gnays (10) Şist (10) Fillit (9) Sleyt (33)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">MAGMATİK</td><td colspan="2">Açık
Koyu</td><td colspan="4">Granit (33) Riyolit (19) Obsidiyen (16)
Granodiyorit (30) Dasit (17)
Diyorit (28) Andezit 19
Dolerit (19) Bazalt (17)
Gabro (27)
Norit 22</td></tr>
<tr><td colspan="2">Püskürük Piroklastik</td><td colspan="4">Aglomera (20) Breş (18) Tüf (15)</td></tr>
</table>

Malzeme sabiti (mi)'nin değerleri için önerilen kılavuz Tablo 7.6'dan alınabilir. D'nin seçimi içinde önerilmiş kılavuz Şekil 7.4'de verilmiştir.

Kaya Kütlesi Görünümü	Kaya Kütlesi Tanımı	Önerilen Örselenme Faktörü (D) değeri
	Çok iyi kalitede denetimli patlatma veya TBM kazısı sonucunda tüneli çevreleyen kaya kütlesinde minumum örselenme.	D=0
	Zayıf kaya koşullarında mekanik veya elle yapılan kazılar (patlatmasız) sonucunda çevre kayaçlarda minimum örselenme. Sıkışma problemlerinin ciddi taban kabarmasına neden olduğu tünellerde fotoğrafta görülen geçici invert yerleştirilmediği sürece, şiddetli örselenme olabilir.	D=0 D=0.5 (invert yok)
	Sert kaya tünellerindeki zayıf kalitede patlama, çevre kaya kütlesinde 2 veya 3 m uzanan yersel hasarlara neden olabilir.	D=0.8
	Kazı şevlerinde küçük ölçekli patlatmalar, özellikle denetimli patlatmalar, fotoğrafın solunda görüldüğü üzere kaya kütlesinde orta derecede hasar oluşturur. Ancak gerilme ferahlaması bir miktar örselenmeye neden olabilir.	D=0.7 İyi patlatma D=1.0 Kötü patlatma
	Çok geniş açık maden işletmeleri şevleri ağır üretim patlatmaları ve örtü yükünün kaldırılması ile oluşan ferahlama nedeniyle önemli derecede örselenmeye uğrar. Bazı daha yumuşak kayalarda kazının riperleme veya dozerle açılması durumunda şevlerdeki hasar derecesi daha az olmaktadır.	D=1.0 Üretim patlatması D=0.7 Mekanik kazı

Şekil 7.4. Örselenme faktörü D'nin tahmini için kılavuz değerler (Önce, 1999)

7.6. RocLab Programı İle Parametre Hesabı

Bu tez çalışmasında Hoek ve Brown yenilme kriterleri değerlerinden RocLab bilgisayar yazılımı ile jeomekanik büyüklüklerin ve kaya kütlesi dayanım özelliklerinin belirlenebilmesi açısından faydalanılmıştır.

7.7. NATM Tünel Kaya Sınıflaması

Tünellerin gerek projelendirilmesinde gerekse yapımında yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) prensipleri esas alınmaktadır. Uygulanması önerilen NATM kaya sınıflandırma sistemi Tablo 7.7'de verilmektedir.

A (Sağlam – hafif aşırı sökülen)
B (Gevrek)
C (Baskılı)
Olmak üzere 3 ana sınıf ve bunların alt gruplarından oluşur.

a) "A" sınıfı olarak ifade edilen kaya kütleleri genellikle sağlam olup elastik davranış sergiler. Kaya kütlesine etkiyen basınçlar büyük göçüklere yol açmaz. Süreksizliklerin konumuna bağlı olarak yersel stabilite sorunu beklenebilir.
b) "B" olarak tanımlanan kaya kütlelerinin davranışı yapısal zayıflık ve / veya çekme mukavemeti azlığının neden olduğu hızlı gevşeme ve ayrışmaya karşı duyarlıdır.
c) "C" kaya kütlelerinin davranışı genellikle kaya basıncının yeniden dağılımı süreci ve / veya deplasman sınırlamaları sonunda oluşan gerilmelerin kaya mukavemetinden daha büyük olduğunu göstermektedir. Kaya kütlelerinin aşırı gerilmelere uğraması halinde kabuk atma, burkulma, kesme ve boşluğa doğru plastik hareket gibi zayıflık mekanizmaları oluşur.

Tablo 7.7. ÖNORM B 2203 Kaya Sınıflandırma Sistemi (1994)

KAYA SINIFI		KAYA DAVRANIŞI
A	A1 stabil	Deformasyonlar küçüktür ve çok hızlı azalırlar. Serbest kaya parçaları temizlendikten sonra sökülme olma eğilimi yoktur.
	A2 sonradan az sökülen	Deformasyonlar küçüktür ve çok hızlı azalırlar. Tünel tavanında ve yan duvarların üst kısımlarında, süreksizlikler ve kaya kütlesi zati ağırlığından sığ sökülmelerin olma eğilimi vardır.
B	B1 gevrek	Deformasyonlar küçüktür ve çok hızlı azalırlar. Patlatmadan kaynaklanan kayadaki gevşemeler ve kaya kütlesinin düşük mukavemeti, tünel tavanında ve yan duvarların üst kısımlarında sökülmelere neden olur.
	B2 çok gevrek	Deformasyonlar hızlı azalırlar. Kaya kütlesinin düşük mukavemeti, patlatmanın etkisi ile hızla derinlere ulaşan gevşemeler olur. Bu nedenle desteklenmeyen kısımlarda kopmalar meydana gelir.
	B3 taneli	Bölünmüş kazıda bile kaya kütlesinde dökülmeler meydana gelir. Kohezyonun az olması ve az çimentolanma kazının stabilitesinde yetersizliğe neden olur.
C	C1 dağ atma	Yüksek ön gerilmeler kırılgan kaya kütlesinde elastik enerji depolanmasına neden olur. Bu enerjinin aniden yer değiştirmesi ile kayada kesme ve kaya yapısının ezilmesi ile birlikte kırılmalar olur. Desteksiz bırakılan kısımlarda fırlayan kayalar parçalanmaya müsittir. Kaya kütlesindeki kırılmalar derine ulaşır.
	C2 baskılı	Belirgin, uzun süren ve yavaş son bulan deformasyonlar gözlenir. Plastik davranışlı yüksek kohezyonlu kaya kütlelerinde yenilme gözlenir.
	C3 Çok Baskılı	İlk deformasyonlar yüksektir ve hızlı oluşur. Uzun sürer ve yavaş son bulur. Derine inen kırılma ve plastik bölgeler gözlenir.
	C4 Akıcı	Çok az kohezyon ve sürtünme. Kaya kütlesinin az plastik davranışı kısa süre desteksiz bırakılan bölünmüş kazıda bile tünel içine malzeme akışına sebep olur.
	C5 Şişen	Şişme potansiyelli kil minerali, tuz, anhidrit içeren kaya kütlelerinde su alımı ile meydana gelen hacim artışı sebebi ile gevşemeler olur.

8. TÜNEL GÜZERGAHININ TASARIM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ VE KAYA KÜTLE SINIFLANDIRILMASI

Bu bölümde tünel güzergahı boyunca 19 farklı mühendislik jeolojisi kesimlerine ait kaya kütle sınıflamalarına ait değerlendirme ve kaya sınıflamaları verilmiştir. Kaya kütle sınıflaması yapılan kesimlerin tünel tasarım parametreleri ile sayısal modelleme analizlerine katkı sağlayan jeoteknik parametreler belirlenmiştir.

8.1. Km: 64+730 – 64+825 Kesimi Jeoteknik Parametreleri ve Kaya Kütle Sınıflaması

Tünelin giriş portal kısmı olarak adlandıralan bu kesimde üstte örtü şeklinde gözlenen yamaç molozu (Qym) birimi ile altta Hatungüney formasyonuna (JKh) ait tüfit, karbonatlı tüfit, karbonatlı silttaşı / killi kireçtaşı, birimleri ile bu birimlerin ayrışmış seviyeleri içerisinde açılacaktır. Bu bağlamda, tünel tasarımı parametrelerinde kullanılması öngörülen kaya kütle parametrelerinin belirlenmesi amacı ile "kaya kütle puanlaması" (RMR ve Q'ya göre) yapılmıştır. Ulaşılan "kaya kütle puanlarına" bağlı olarak ise "jeolojik dayanım indeksi" (GSI) sayısı elde edilmiştir. Buna koşut olarak, kayaçlar için; seçilen tek eksenli sıkışma dayanımı, GSI sayısı, kayaç malzeme sabiti (mi), örselenme faktörü (D), birim ağırlık ve kayaçlara ait elastisite modülü gibi veriler RockLab bilgisayar programı ile değerlendirilmiş ve birimlere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiklerine yer verilmiştir. Bu kesim için hesaplama ve kaya kütle sınıflamasında Hatungüney formasyonunun JKh/W5 ve JKh$_1$ jeolojik birimlerinin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır.

8.1.1. Km: 64+730 – 64+825 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

Giriş portalı km: 64+730 – 64+825 kesimi için jeoteknik parametreler için kullanılan değerler;

- Seçilen tek eksenli sıkışma dayanımı (σc),
- GSI (Jeolojik dayanım indeksi),
- Kayaç malzeme sabiti (mi),
- Örselenme faktörü (D),
- Seçilen elastisite modülü (Ei),

• Birim ağırlık (γn),

Bu parametreler kullanılarak Hoek ve Brown (2002) tarafından kaya kütlesini temsil eden kohezyon (c), deformasyon modülü (Em) ve içsel sürtünme açısı (Ø) değerleri mb, s ve a değerleri bulunmuştur. İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde yamaç molozu (Qym), Hatungüney formasyonunun (JKh/W5) ile (JKh_1) ayrıca Karahan formasyonunun (Tpk/W5), (Tpk_1) ve (Tpk_2) jeolojik birimlerinden oluşacaktır. Hatungüney formasyonunun JKh/W5 ve JKh_1 jeolojik birimlerinin GSI değeri GSI abağı yardımı ile aşağıdaki hesaplamalardan yola çıkılarak şöyle bulunmuştur;

Hatungüney formasyonu (JKh/W5) km: 64+730 – 64+825 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

Jv= 44 - 0,4 x RQD = 44-0,4 x 20= 36 adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

SR= -17,5 x lnJv + 79,8

SR= -17,5 x ln36 + 79,8

SR= -17,5 x 3,58 + 79,8

SR= 17,08

Süreksizlik yüzey koşulu;

SCR= Rr + Rw + Rf = 3 + 3 + 2 = 8

Değerleri bulunarak Hatungüney formasyonunun (JKh/W5) GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.1'den 30 olarak bulunmuştur.

Ayrıca Hatungüney formasyonunun (JKh/W5) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak aşağıdaki bağıntı (8.1) yöntemiyle hesaplanan GSI değeri;

GSI= 1,5xJcond89+RQD/2 (8.1)

Jcond89 = 11 (Süreksizlik koşullarının toplam değeri)

RQD = 20

GSI = 27 Değeri bulunmuştur.

Hatungüney formasyonunun (JKh/W5) km: 64+730 – 64+825 kesimi için GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.1'den 30 olarak bulunmuş, bağantı yöntemi ile de 27 bulunmuş olup bu kesim için 'Parçalanmış' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir.

Hatungüney formasyonu (JKh_1) km: 64+730 – 64+825 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

Jv= 44 - 0,4 x RQD = 44-0,4 x 20= 36 adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

SR= -17,5 x lnJv + 79,8

SR= -17,5 x ln36 + 79,8

SR= -17,5 x 3,58 + 79,8

SR= 17,08

Süreksizlik yüzey koşulu;

SCR= Rr + Rw + Rf = 5 + 3 + 2 = 10

Değerleri bulunarak Hatungüney formasyonunun (JKh_1) km: 64+730 – 64+825 kesimi için GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.2'den 34 olarak bulunmuştur.

Ayrıca Hatungüney formasyonunun (JKh_1) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak aşağıdaki bağantı yöntemiyle hesaplanan GSI değeri;

GSI= 1,5 x Jcond89 + RQD/2 bağıntısından

Jcond89 = 11 (Süreksizlik koşullarının toplam değeri)

RQD = 20

GSI = 27

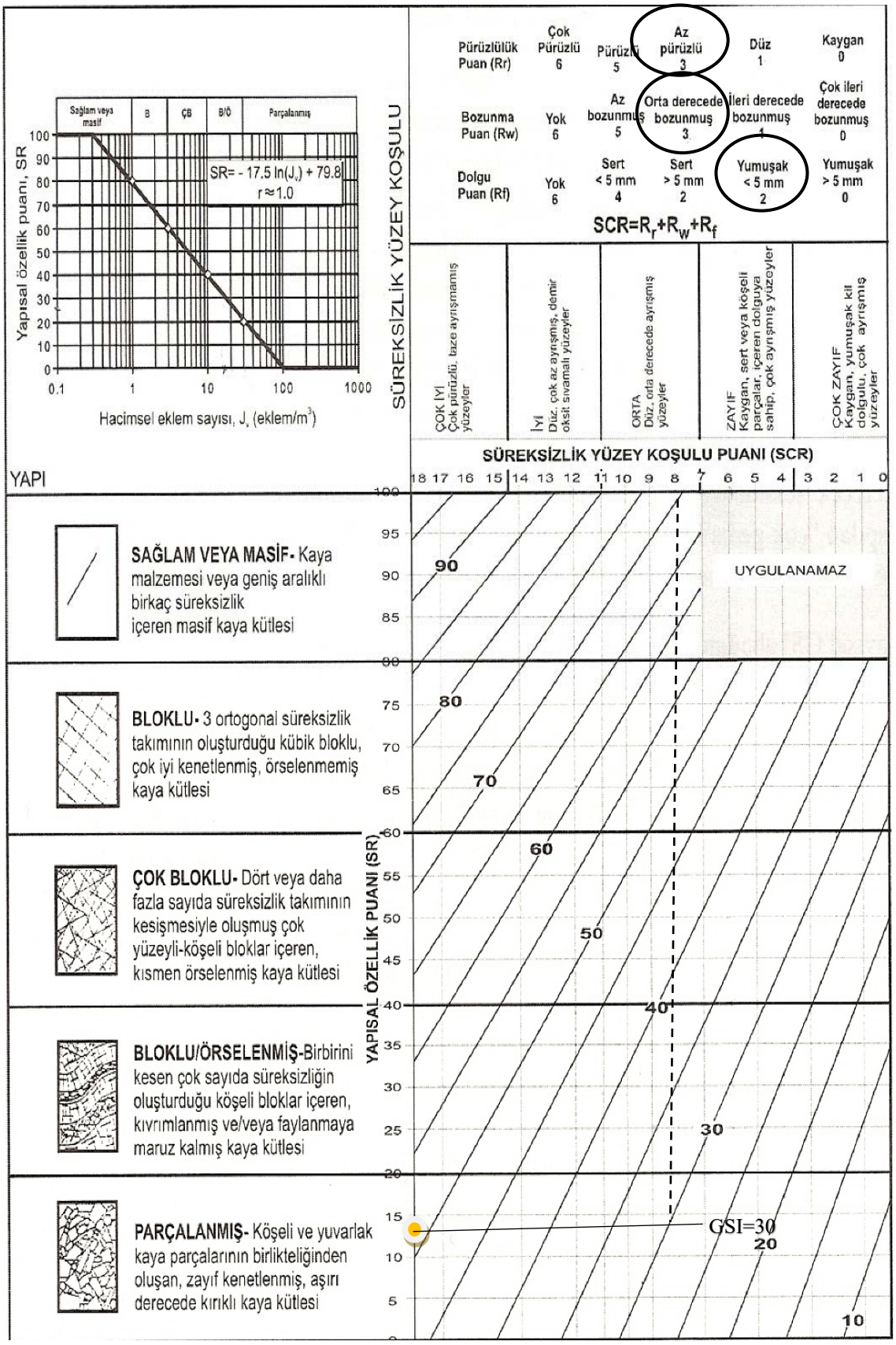
Hatungüney formasyonunun (JKh_1) GSI değeri Şekil 8.2'den 34 olarak bulunmuş, tüm süreksizlikler göz önüne alınarak ise 27 bulunmuş olup bu kesim için 'Parçalanmış' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir.

Hatungüney formasyonu (JKh/W5) birimi içerisinden temel araştırma sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre km: 64+730 – 64+825 kesimi tünel seviyesindeki jeolojik birim için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri Tablo 8.1'de verilmiş ve örtü kalınlınlığının en yüksek (10,00 metre) kısmı göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

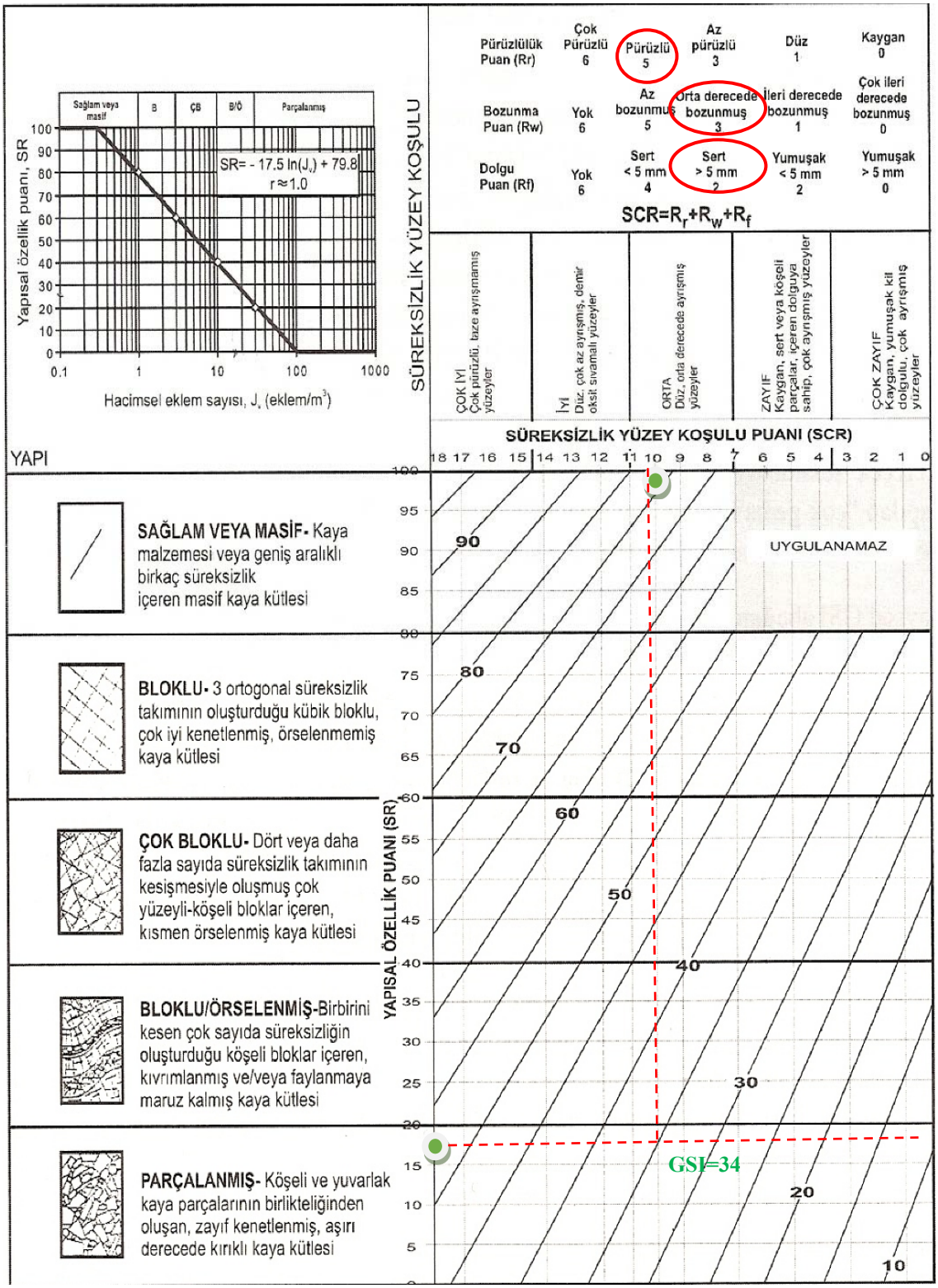
Hatungüney formasyonu (Jkh_1) birimi içerisinden temel araştırma sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre km: 64+730 – 64+825 kesimi için tünel seviyesindeki birim için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri Tablo 8.2'de verilmiş ve örtü kalınlınlığının en yüksek (40,00 metre) kısmı göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

Jeoteknik parametreler km: 64+730 – 64+825 kesimi için Hatungüney formasyonu (JKh/W5) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,30 kabul edilerek hesaplanmıştır. Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.3).

Jeoteknik parametreler km: 64+730 – 64+825 kesimi için Hatungüney formasyonu (JKh_1) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,20 kabul edilerek hesaplanmıştır. Hesaplamalarda RockLab yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.4).



Şekil 8.1. Km: 64+730 – 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh/W5) GSI değeri

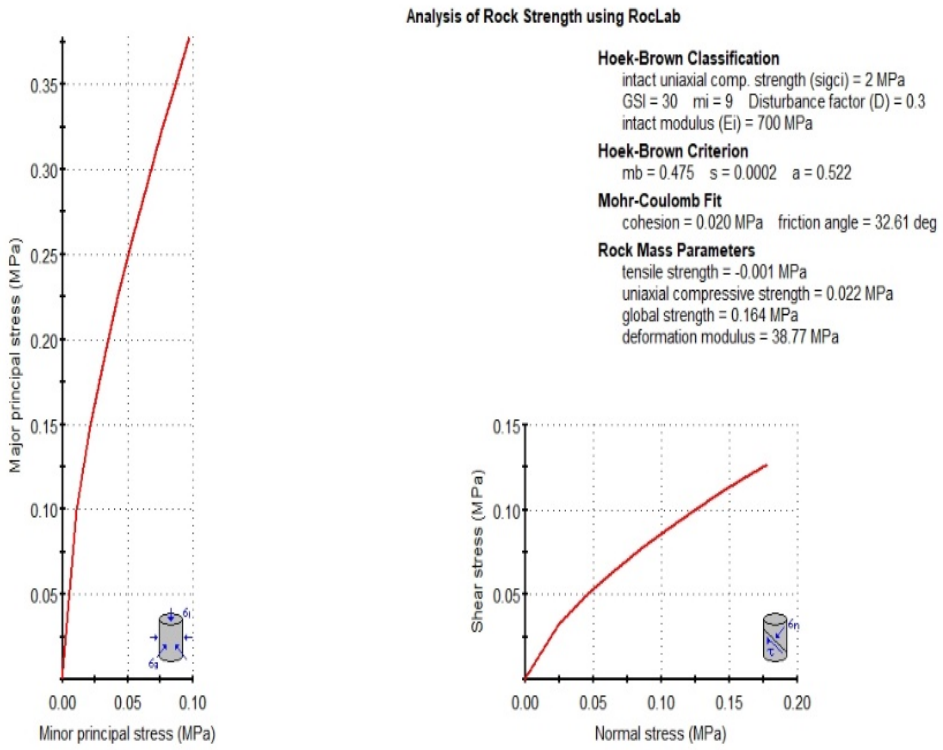


Şekil 8.2. Km: 64+730 – 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh$_1$) GSI değeri

Tablo 8.1. Km: 64+730 – 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh/W5) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	2
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	30
mi, Malzeme sabiti	9
D, Örselenme faktörü	0,30
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	700
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	21

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	Em (MPa)	mb	s	a
0,30	20	33	39	0,475	0,0002	0,522

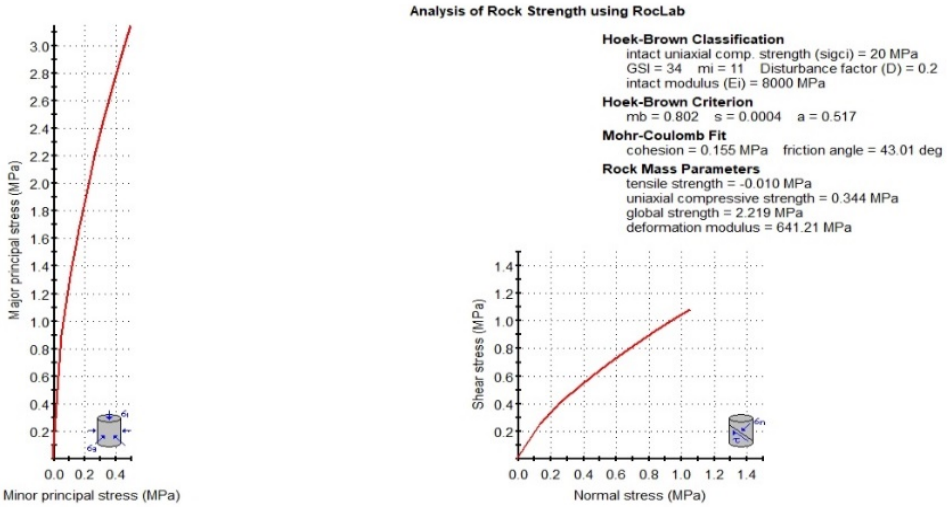


Şekil 8.3. Hatungüney formasyonu (JKh/W5) ait normal-makaslama dayanımı grafiği

Tablo 8.2. Km: 64+730 – 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_1) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	20
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	34
mi, Malzeme sabiti	11
D, Örselenme faktörü	0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	8000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	25

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	Em (MPa)	mb	s	a
0,20	155	43	641	0,802	0,0004	0,517



Şekil 8.4. Hatungüney formasyonu (JKh_1) normal-makaslama dayanımı grafiği

8.1.2. Km: 64+730 – 64+825 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre sınıflandırılmış ve RMR puan değeri 17 olarak bulunmuştur. Bu kesim için çok zayıf kaya (V) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.3).

Tablo 8.3. Km: 64+730 - 64+825 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
	Değerlendirme		15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90			Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 20-45		Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun			Uygun		Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90			Dalıma karşı ilerleme	Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta			Olumsuz		Orta				

8.1.3. Km:64+730 – 64+825 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Tünel açılması esnasında karşılaşılacak kesimlere ait kaya kütlesi sınıflama puanları Q veya NGI (Norvegian Geotechnical Institue) sistemi tarafından yapılmıştır. Bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.4'ten hesaplanmıştır.

Tablo 8.4. Km: 64+730 - 64+825 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması)
Km: 64+730-64+825

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**20**
2) Jn	**:**	**24**
3) Jr	**:**	**1**
4) Ja	**:**	**3**
5) Jw	**:**	**1**
6) SRF	**:**	**10**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{0,018}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**8**
RQD / Jn	:	**0,83**
Jr / Ja	:	**0,33**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**7,58 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**0,40 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**35**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**C2 BASKILI**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**C2**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen C2 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.1.4. Km: 64+730 – 64+825 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır. Bu araştırmalar Sönmez ve diğ. (2006), Nicholson ve Bieniawski (1990) tarafından önerilen kaya malzemesi deformasyon modülü (Ei) ile RMR arasındaki ilişkilere göre önerilen bağıntılara ve Hoek ve Diederichs (2006) tarafından önerilen GSI, Ei ve örselenme faktörü (D) ilişkisine dayalı bağıntıdır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri Hatungüney formasyonu (JKh/W5) için Tablo 8.5'de, Hatungüney formasyonu (JKh_1) için Tablo 8.6'de özetlenmiştir.

Tablo 8.5. Km: 64+730 - 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh/W5) için farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0,30 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	35
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	39
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	13

Tablo 8.6. Km:64+730 - 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_1) için farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0,20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	398
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	641
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	144

8.1.5. Km:64+730 – 64+825 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Bu kesime ait Hatungüney formasyonu (Jkh/W5) için Tablo 8.7'de, Hatungüney formasyonu (JKh_1) için Tablo 8.8'de tasarım parametreleri özetlenmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak

tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'C2' olarak seçilmiştir. Tünelin bu kesiminde km: 64+730 – 64+762 'kritik kesim' olarak belirlenmiş ve kritik kesimlere ait jeolojik en kesitler sırasıyla Şekil 8.5'de ve Şekil 8.6'da verilmiştir. Kırık tüneli km: 64+730 – 64+762 kesim için birimlerine ait önerilen kritik kesim için tasarım parametreleri ise Tablo 8.9'da verilmiştir.

Tablo 8.7. Km: 64+730 - 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh/W5) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		2
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		30
mi, Malzeme sabiti		9
D, Örselenme faktörü		0,30
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		700
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		21
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		10
c, Kohezyon (kPa)		20
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		33
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	35
	Sönmez ve diğ.	13
	Hoek & Diederichs	**39***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	27
	Nihai	17
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0,018

*önerilen

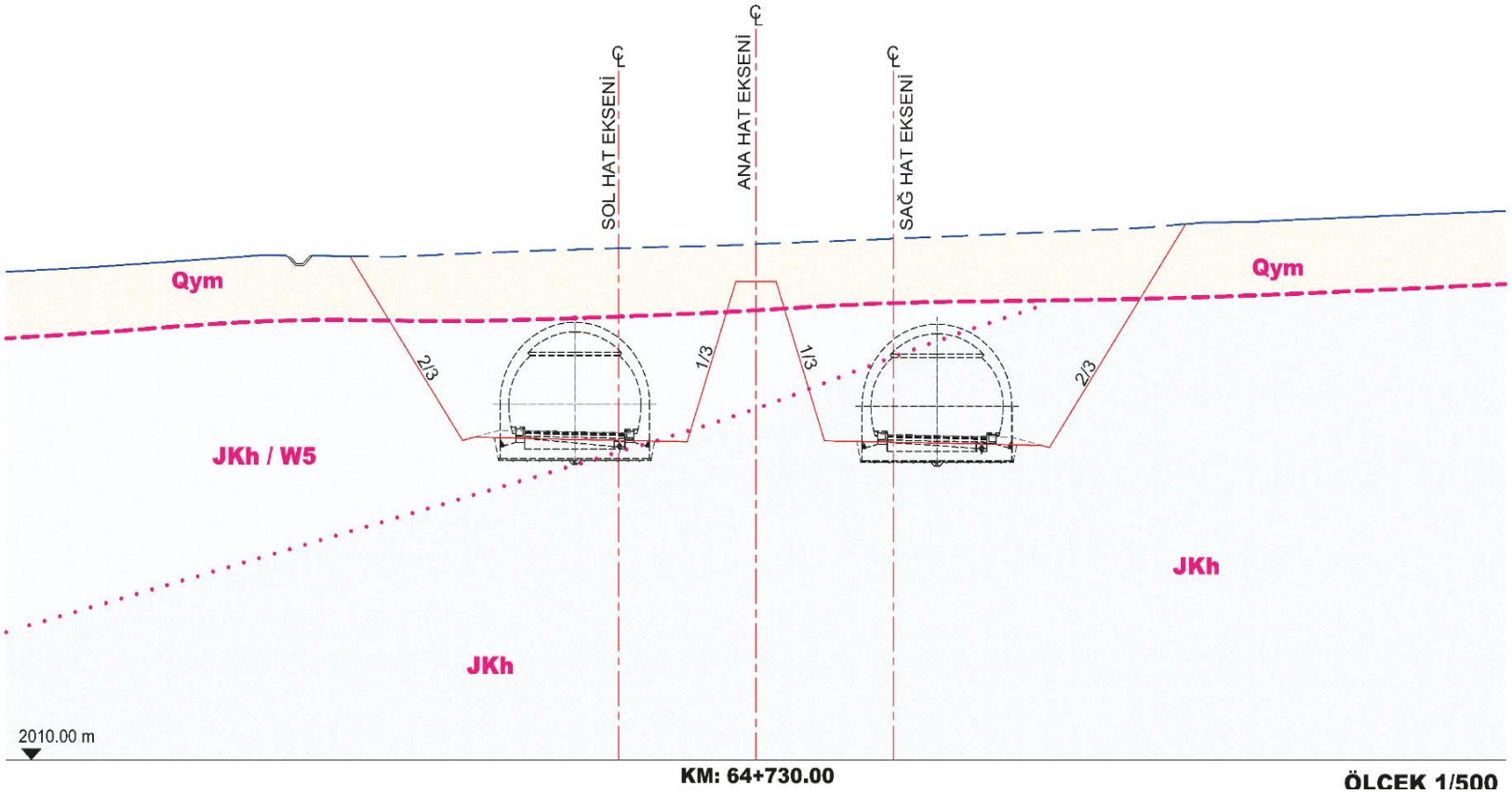
Tablo 8.8. Km:64+730 - 64+825 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_1) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		20
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		34
mi, Malzeme sabiti		11
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		8000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		25
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		40
c, Kohezyon (kPa)		155
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		43
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	398
	Sönmez vd.	144
	Hoek & Diederichs	**641***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	27
	Nihai	17
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0,018

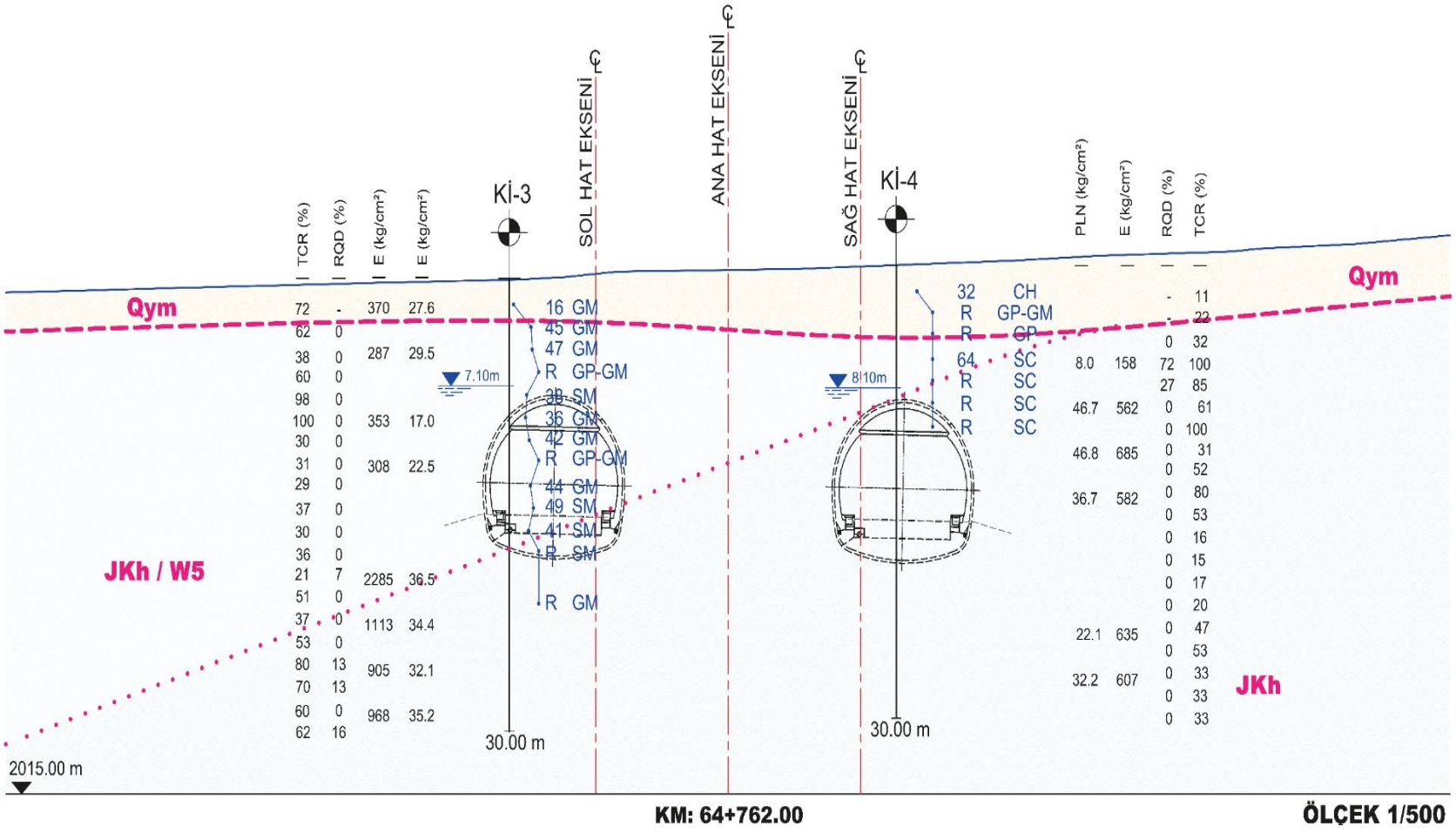
*önerilen

Tablo 8.9. Km: 64+730 - 64+762 kesimi kritik kesim için belirlenen parametreler

Model Km	**Jeolojik Birim**	**C (kPa)**	**ϕ (º)**	**γ (kN/m^3)**	**E (MPa)**
64+730 - 64+762	Qym	10	33	20	15
	Jkh / W5	20	33	21	39
	Jkh_1	155	43	25	641



Şekil 8.5. Km: 64+730 kritik jeolojik en kesiti



Şekil 8.6. Km: 64+762 kritik jeolojik en kesiti

8.2. Km: 64+825 - 64+945 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflaması

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde Karahan formasyonunun (Tpk/W5), Tpk_1 ve Tpk_2 jeolojik birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel Tpk_1 ve Tpk_2 jeolojik birimleri içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Karahan formasyonunun Tpk_1 jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır.

8.2.1. Km:64+825 – 64+945 Kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

Km: 64+825 – 64+945 kesimi için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri ve GSI değerleri GSI abağı yardımı ile ve tüm süreksizlik durumları göz önüne alınarak bu kesim için Karahan formasyonunun (Tpk/W5) ve Tpk_1 jeolojik birimlerine ait GSI değerleri ise şöyle bulunmuştur;

Karahan formasyonu (Tpk/W5) Km: 64+825 – 64+945 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

$Jv = 44 - 0,4 \times RQD = 44-0,4 \times 10 = 40$ adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

$SR = -17,5 \times \ln Jv + 79,8$

$SR = -17,5 \times \ln 40 + 79,8$

$SR = -17,5 \times 3,68 + 79,8$

$SR = 15,24$

Süreksizlik yüzey koşulu;

$SCR = Rr + Rw + Rf = 3 + 3 + 2 = 8$

Değerleri bulunarak Karahan formasyonunun (Tpk/W5) GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.7'den 28 olarak bulunmuştur.

Ayrıca Karahan formasyonunun (Tpk/W5) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri;

GSI= 1,5xJcond89+RQD/2 bağıntısından

Jcond89 = 12 (Süreksizlik koşullarının toplam değeri)

RQD = 10

GSI = 23

Karahan formasyonunun (Tpk/W5) GSI değeri 28 olarak bulunmuş ve 'Parçalanmış' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir.

Karahan formasyonu (Tpk_1) Km: 64+825 – 64+945 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

Jv= 44 - 0,4 x RQD = 44-0,4 x 20= 36 adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

SR= -17,5 x lnJv + 79,8

SR= -17,5 x ln36 + 79,8

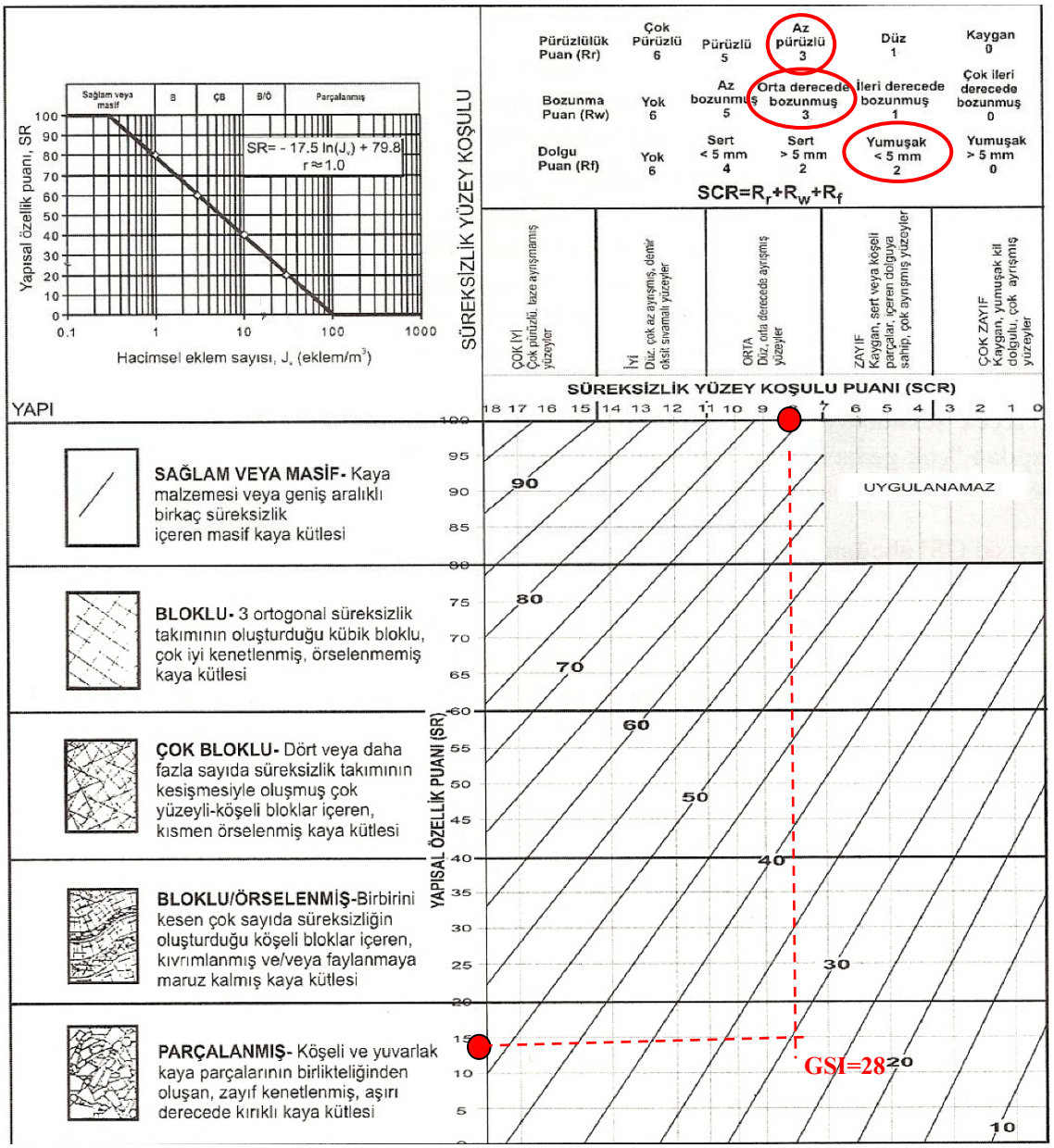
SR= -17,5 x 3,58 + 79,8

SR= 17,08

Süreksizlik yüzey koşulu;

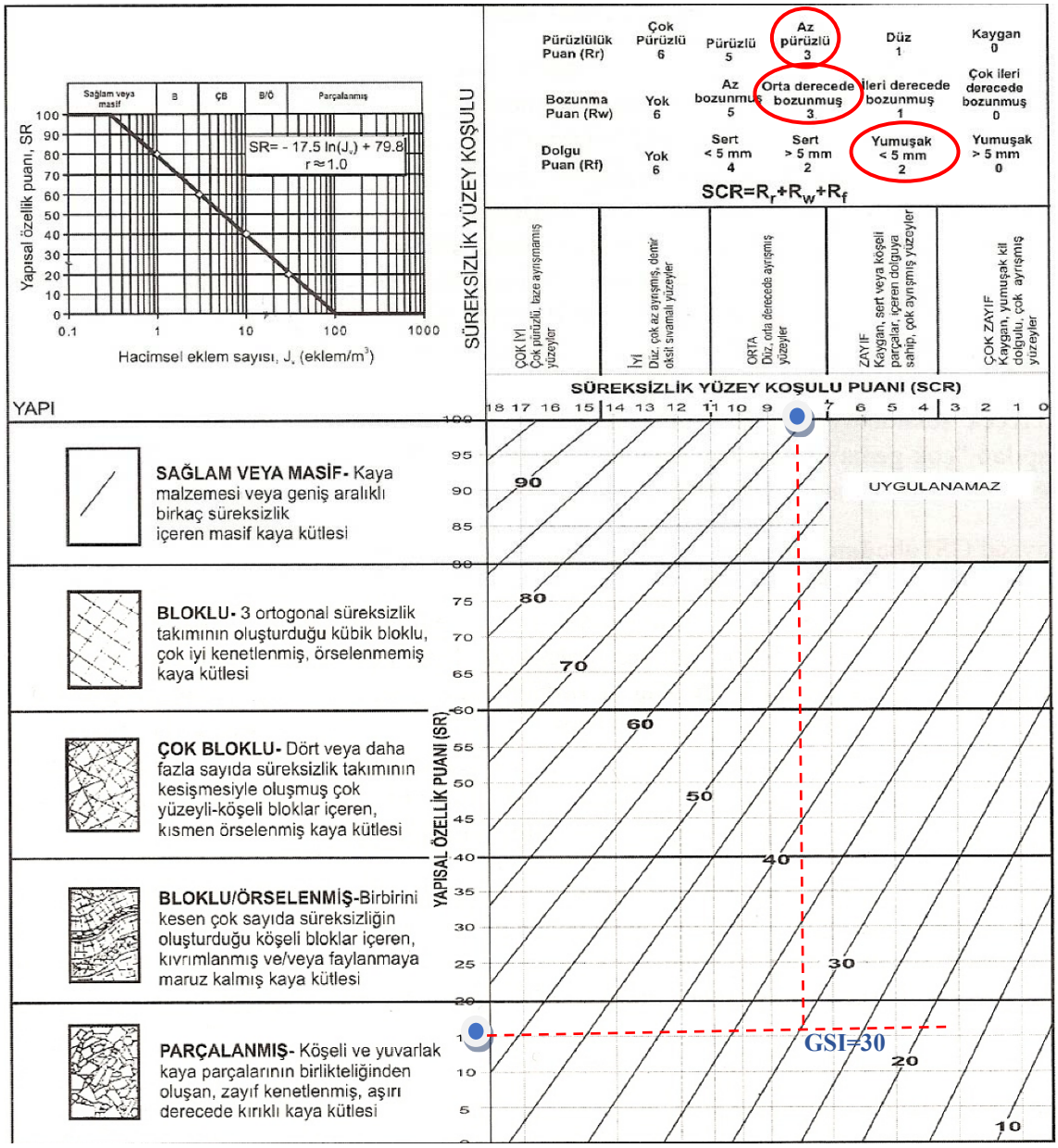
SCR= Rr + Rw + Rf = 3 + 3 + 2 = 8

Değerleri bulunarak Karahan formasyonunun (Tpk_1) GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.8'ten 30 olarak bulunmuştur. Ayrıca Karahan formasyonunun (Tpk_1) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak 30 olarak bulunmuş ve 'Parçalanmış' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir.



Şekil 8.7. Km: 64+825 – 64+945 kesimi Karahan formasyonu (Tpk/W5) GSI sınıflandırılması

Karahan formasyonu (Tpk/W5) birimi için temel araştırma sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre km: 64+825 – 64+945 kesimi için tünel seviyesindeki Karahan formasyonunun (Tpk/W5) birimi için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri Tablo 8.10'da verilmiş ve örtü kalınlınlığının en yüksek (10,00 metre) kısmı göz önüne alınarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.8. Km: 64+825 – 64+945 kesimi Karahan formasyonu (Tpk1) GSI sınıflandırılması

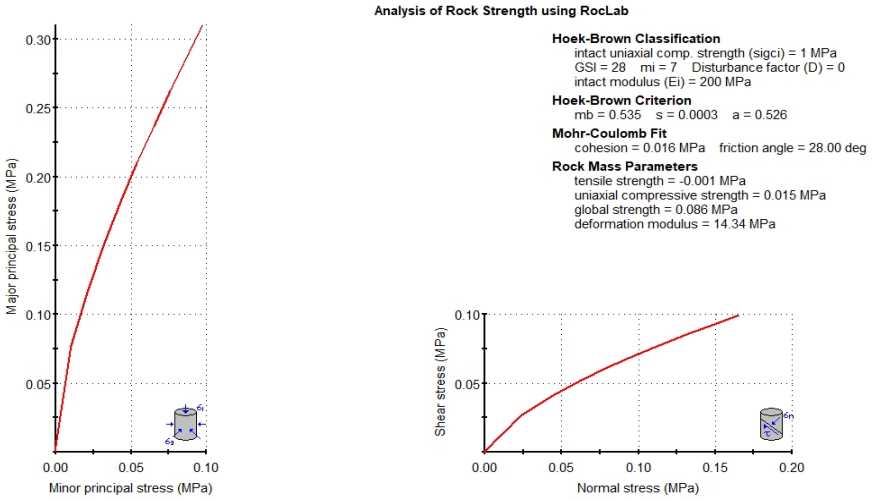
Karahan formasyonu (Tpk1) birimi için temel araştırma sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre km: 64+825 – 64+945 kesimi için tünel seviyesindeki Karahan formasyonunun (Tpk1) birim için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri Tablo 8.11'de verilmiş ve örtü kalınlınlığının en yüksek (15,00 metre) kısmı göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

Jeoteknik parametreler km: 64+825 – 64+945 kesimi için Karahan formasyonunun (Tpk/W5) birimi için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0 kabul edilerek hesaplanmıştır. Hesaplamalarda RockLab yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.9).

Tablo 8.10. Km: 64+825 – 64+945 kesimi için Karahan formasyonunun (Tpk/W5) jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	1
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	28
mi, Malzeme sabiti	7
D, Örselenme faktörü	0
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	200
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	22

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	Em (MPa)	mb	s	a
0	16	28	14	0,535	0,0003	0,526



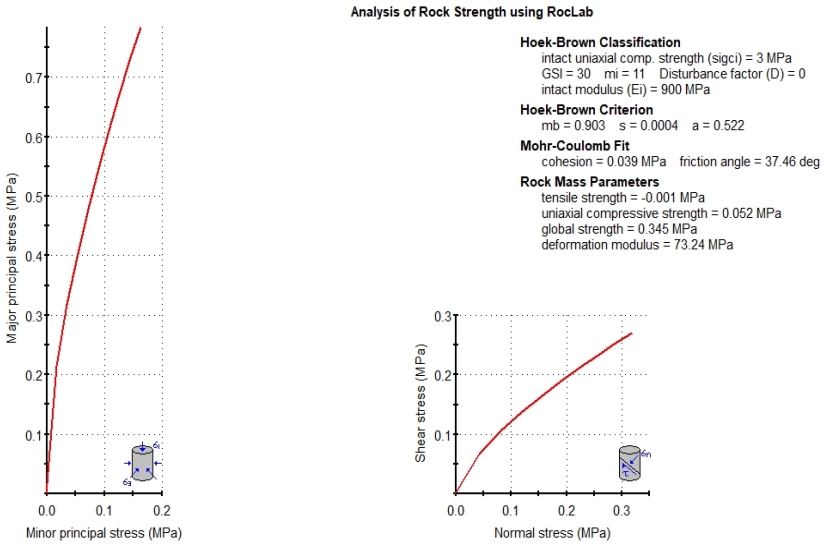
Şekil 8.9. Karahan formasyonu (Tpk/W5) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği

Jeoteknik parametreler km: 64+825 – 64+945 kesimi için Karahan formasyonunun (Tpk_1) birimi için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0 kabul edilerek hesaplanmıştır. Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve bu seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.10).

Tablo 8.11. Km: 64+825 – 64+945 kesimi için Karahan formasyonunun (Tpk_1) jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	5
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	30
mi, Malzeme sabiti	11
D, Örselenme faktörü	0
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	900
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	23

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	Em (MPa)	mb	s	a
0	182	25	73	0,903	0,0004	0,522



Şekil 8.10**.** Karahan formasyonu (Tpk_1) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği

8.2.2. Km:64+825 – 64+945 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre belirlenen RMR puan değeri 30 bulunmuş olup zayıf kaya (IV) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.12).

Tablo 8.12. Km:64+825 - 64+945 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
		Değerlendirme	15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	İslak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90			Dalım yönünde ilerleme dalım	Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun			Uygun		Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90			Dalıma karşı ilerleme	Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta			Olumsuz		Orta				

8.2.3. Km:64+825 – 64+945 Kesimi Q sınıflama sistemi Değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.13'ten hesaplanmıştır.

Tablo 8.13. Km:64+825 - 64+945 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) :
Km:64+825 - 64+945

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**20**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**3**
5) Jw	**:**	**1**
6) SRF	**:**	**5.0**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{0,110}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**24,1**
RQD / Jn	:	**1,66**
Jr / Ja	:	**0,50**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**2,78 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**12**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**0,83 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**32**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**C2 BASKILI**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**C2**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen C2 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.2.4. Km:64+825 – 64+945 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri aşağıdaki Tablo 8.14 ve Tablo 8.15'de özetlenmektedir.

Tablo 8.14. Km: 64+825 - 64+945 kesimi farklı yöntemlere göre belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk/W5) deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	15
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	14
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	6

Tablo 8.15. Km: 64+825 - 64+945 kesimi farklı yöntemlere göre belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk_1) deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	68
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	73
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	29

8.2.5. Km:64+825 - 64+945 Kesimi kritik kesim ve tasarım parametreleri

Bu kesime ait Karahan formasyonu (Tpk/W5) için Tablo 8.16'da Karahan formasyonu (Tpk_1) ise Tablo 8.17'de tasarım parametreleri özetlenmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'C2' olarak seçilmiştir. Bu bölümde km: 64+900 'kritik kesim' olarak belirlenmiş ve bu kesimlere ait jeolojik en kesit Şekil 8.11'de sunulmuştur.

Tablo 8.16. Km:64+825 - 64+945 kesimi belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk/W5) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		1
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		28
mi, Malzeme sabiti		7
D, Örselenme faktörü		0
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		200
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		22
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		10
c, Kohezyon (kPa)		16
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		14
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	15
	Sönmez ve diğ.	6
	Hoek & Diederichs	**14***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	35
	Nihai	30
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0,110

*önerilen

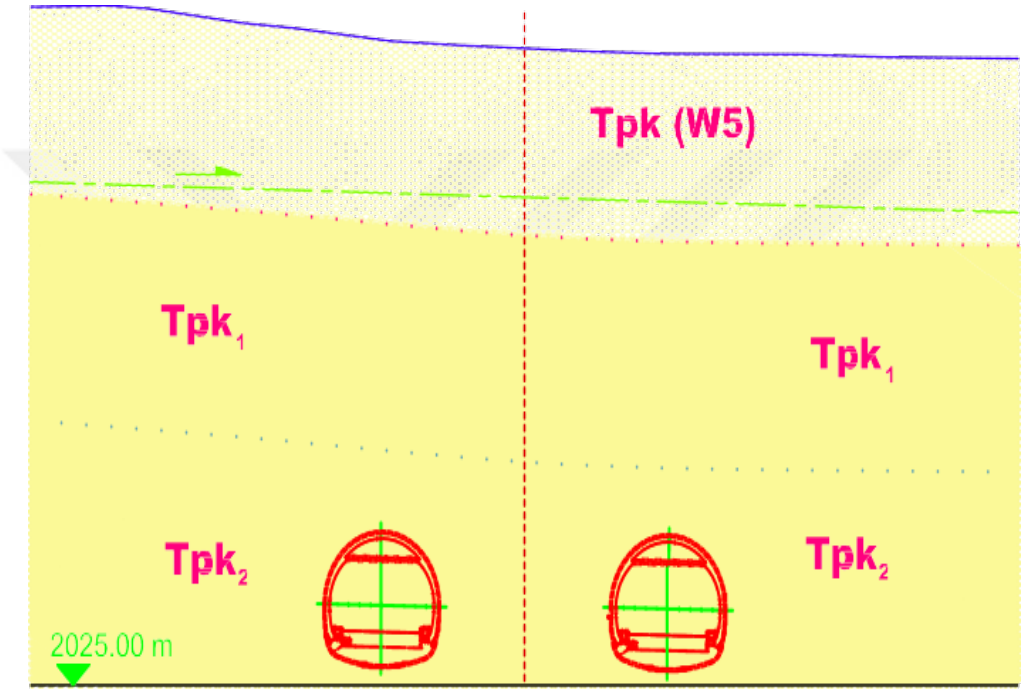
Tablo 8.17. Km:64+825 - 64+945 kesimi belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk$_1$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		3
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		30
mi, Malzeme sabiti		11
D, Örselenme faktörü		0
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		900
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		23
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		15
c, Kohezyon (kPa)		182
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		25
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	68
	Sönmez ve diğ.	29
	Hoek & Diederichs	**73***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	35
	Nihai	30
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0,110

*önerilen

Tablo 8.18. Km:64+900 kritik kesim için belirlenen parametreler

Model Km	Jeolojik Birim	C (kPa)	ϕ (°)	γ (kN/m³)	E (MPa)
64+900	Tpk / W5	16	14	22	14
	Tpk_1	182	25	23	73
	Tpk_2	1293	32	24	2169



Şekil 8.11. Km: 64+900 kritik jeolojik en kesiti

8.3. Km: 64+945 - 65+480 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflaması

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde Karahan formasyonunun (Tpk/W5), Tpk_1 ve Tpk_2 jeolojik birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel Tpk_2 jeolojik birimleri içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Karahan formasyonunun Tpk_2 jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır.

8.3.1. Km: 64+945 – 65+480 Kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

Km: 64+945 – 65+480 kesimi için Karahan formasyonunun (Tpk_2) jeolojik biriminin GSI değeri GSI abağı yardımı ile ve tüm süreksizlik durumları göz önüne alınarak bu kesim için ise GSI değerleri şöyle bulunmuştur;

Karahan formasyonu (Tpk_2) Km: 64+945 – 65+480 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

$Jv = 44 - 0,4 \times RQD = 44-0,4 \times 70 = 24$ adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

$SR = -17,5 \times \ln Jv + 79,8$

$SR = -17,5 \times \ln 24 + 79,8$

$SR = -17,5 \times 3,17 + 79,8$

$SR = 24,18$

Süreksizlik yüzey koşulu;

$SCR = Rr + Rw + Rf = 5 + 4 + 3 = 12$

Değerleri bulunarak Karahan formasyonunun (Tpk_2) GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.12'den 42 olarak bulunmuştur.

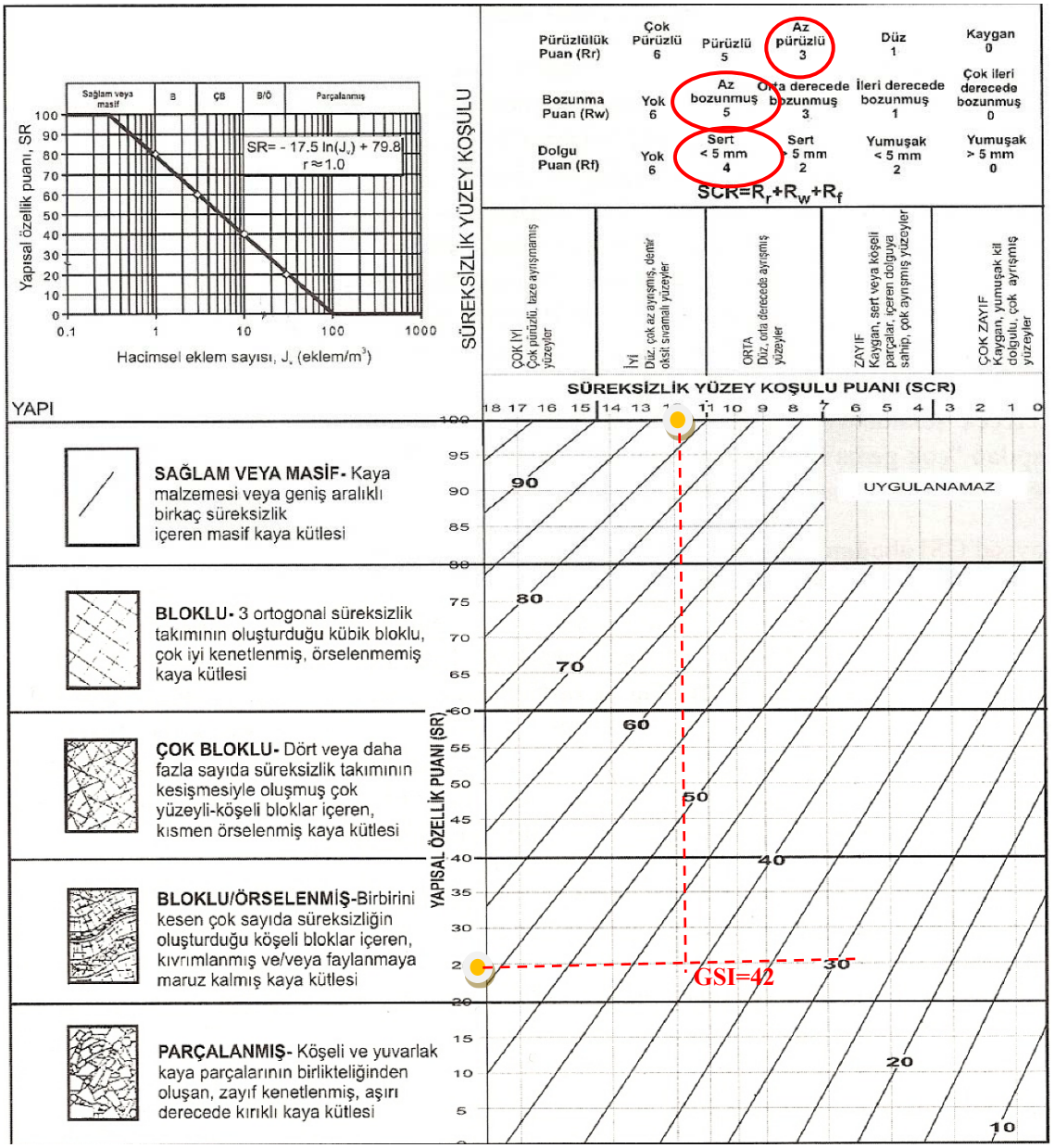
Ayrıca Karahan formasyonunun (Tpk_2) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri;

$GSI = 1,5 \times Jcond89 + RQD/2$ bağıntısından

Jcond89 = 15 (Süreksizlik koşullarının toplam değeri)

RQD = 70

GSI = 57,8 bulunmuştur.



Şekil 8.12. Km: 64+945 – 65+480 kesimi Karahan formasyonu (Tpk$_2$) GSI sınıflandırılması

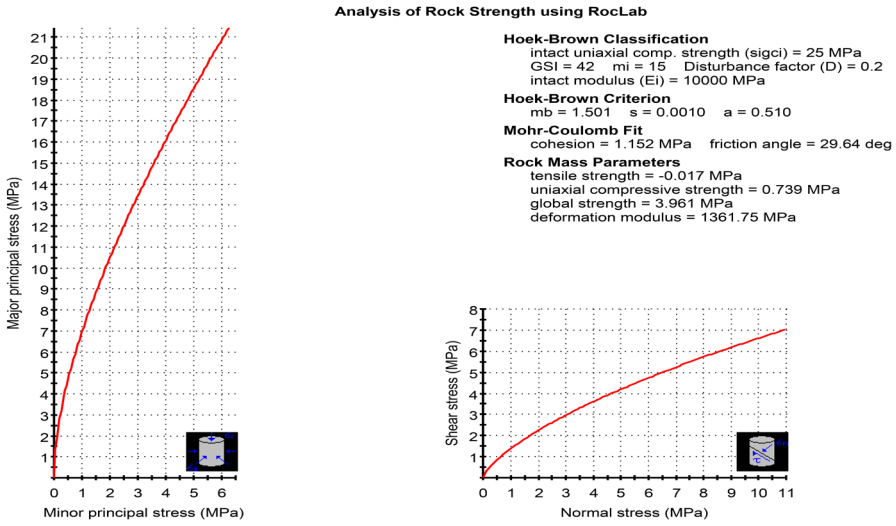
Karahan formasyonunun (Tpk$_2$) birimi için temel araştırma sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre km: 64+945 – 65+480 kesimi için tünel seviyesindeki Karahan formasyonunun (Tpk$_2$) birim için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri Tablo 8.19'da verilmiş ve örtü kalınlınlığının en yüksek (180,00 metre) kısmı göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

Jeoteknik parametreler km: 64+945 – 65+480 kesimi için Karahan formasyonunun (Tpk_2) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0 kabul edilerek hesaplanmıştır. Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve bu seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.13).

Tablo 8.19. Km: 64+945 – 65+480 kesimi için Karahan formasyonunun (Tpk_2) jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	25
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	42
mi, Malzeme sabiti	15
D, Örselenme faktörü	0.20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	10000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	24

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	E_m (MPa)	mb	s	a
0.20	1152	30	1361	1,501	0,0010	0,510



Şekil 8.13. Karahan formasyonuna (Tpk_2) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği

8.3.2. Km: 64+945 – 65+480 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 40 bulunmuş olup orta kaya (III) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.20).

Tablo 8.20. Km: 64+945 - 65+480 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
		Değerlendirme	15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90			Dalım yönünde ilerleme dalım	Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun			Uygun		Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90			Dalıma karşı ilerleme	Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta			Olumsuz		Orta				

8.3.3. Km: 64+945 – 65+480 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.21'den hesaplanmıştır.

Tablo 8.21. Km: 64+945 - 65+480 kesimi Q sınıflaması

Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) **Km: 64+945 - 65+480**		
Sınıflamada kullanılan parametreler ;		
1) RQD	**:**	**70**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**2**
5) Jw	**:**	**0,66**
6) SRF	**:**	**2,5**
7) ESR	**:**	**1**
RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.		
Q = $\frac{\text{RQD}}{\text{Jn}}$ **x** $\frac{\text{Jr}}{\text{Ja}}$ **x** $\frac{\text{Jw}}{\text{SRF}}$ **=**		**1,155**
Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**45,3**
RQD / Jn	:	**5,83**
Jr / Ja	:	**0,75**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P tavan (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**1,27 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**2,12 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**23**
2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :		
Kazı sınıfı	:	**B3 TANELİ**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**B3**
3) TÜNEL DESTEK TİPİ : Öngörülen B3 destek sınıfı uygulanacaktır.		

8.3.4. Km:64+945 – 65+480 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü deperleri Tablo 8.22'de verilmiştir.

Tablo 8.22. Km: 64+945 - 65+480 kesimi farklı yöntemlere göre belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk_2) deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0.20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	1268
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	1362
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	700

8.3.5. Km: 64+945 - 65+480 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Bu kesime ait Karahan formasyonu (Tpk_2) için Tablo 8.23'de tasarım parametreleri özetlenmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'B3' olarak seçilmiştir. Kırık tüneli Km: 64+945 – 65+480 arasında kalan kesim için önerilen kritik kesim için tasarım parametreleri ise Tablo 8.24'de özetlenmiştir.

Tablo 8.23. Km: 64+945 - 65+480 kesimi belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		DEĞERLER
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		25
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		42
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		10000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		24
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		180
c, Kohezyon (kPa)		1152
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		30
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	1268
	Sönmez ve diğ.	700
	Hoek & Diederichs	**1362***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	45
	Nihai	40
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		1.155

*önerilen

Tablo 8.24. Km: 64+945 - 65+480 kritik kesimine ait tasarım parametreleri

Model Km	Jeolojik Birim	C (Kpa)	ϕ (°)	γ (kN/m^3)	E (MPa)
64+945 – 65+480	Tpk / W5	16	14	22	14
	Tpk_1	182	25	23	73
	Tpk_2	1152	30	24	1362

8.4. Km: 65+480 - 65+590 Kesimi GSI ve Jeoteknik Parametreleri

Km: 65+480 – 65+590 kesimi için Karahan formasyonunun (Tpk_2) jeolojik birimi için GSI değeri GSI abağı yardımı ile Şekil 8.14'ten bulunmuş olup tüm süreksizlik durumları göz önüne alınarak bu kesim için ise GSI değeri şöyle bulunmuştur;

Bu kesimde Karahan formasyonunun (Tpk_2) faylı kesimi dikkate alındığından RQD değeri 20 olarak alınmıştır.

Karahan formasyonu (Tpk_2) km: 65+480- 65+590 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

Jv= 44 - 0,4 x RQD = 44-0,4 x 20= 36 adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

SR= -17,5 x lnJv + 79,8

SR= -17,5 x ln36 + 79,8

SR= -17,5 x 3,58 + 79,8

SR= 17,08

Süreksizlik yüzey koşulu;

SCR= Rr + Rw + Rf = 5 + 4 + 3 = 12

Değerleri bulunarak Karahan formasyonunun (Tpk_2) GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.15'den 39 olarak bulunmuştur.

Ayrıca Karahan formasyonunun (Tpk_2) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri;

GSI= 1,5xJcond89+RQD/2 bağıntısından

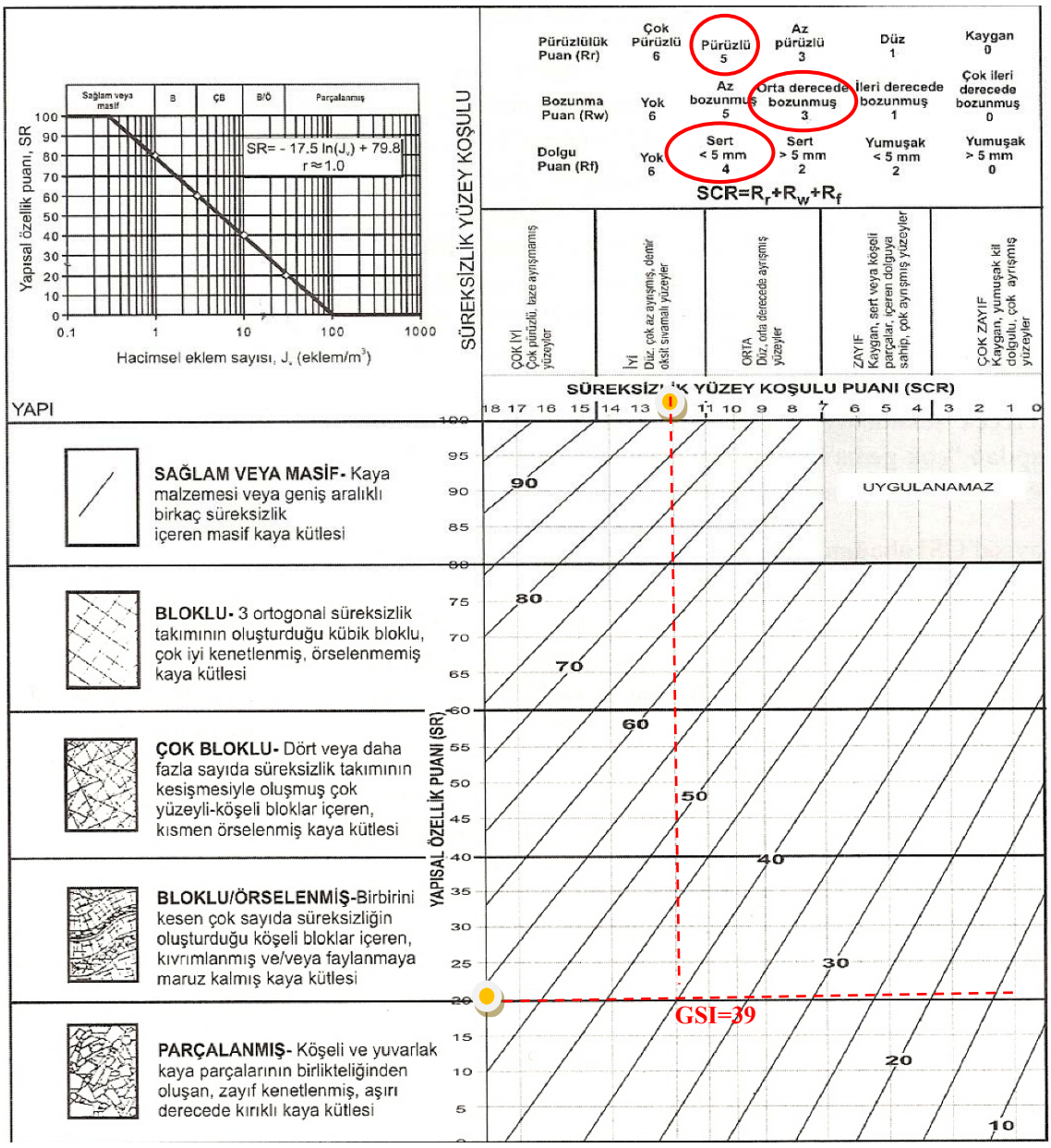
Jcond89 = 13 (Süreksizlik koşullarının toplam değeri)

RQD = 20

GSI = 1.5 x Jcond89 + RQD/2

GSI = 30

Karahan formasyonunun (Tpk_2) GSI abağına göre değeri km: 65+480- 65+590 kesimi için 'Parçalanmış' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir



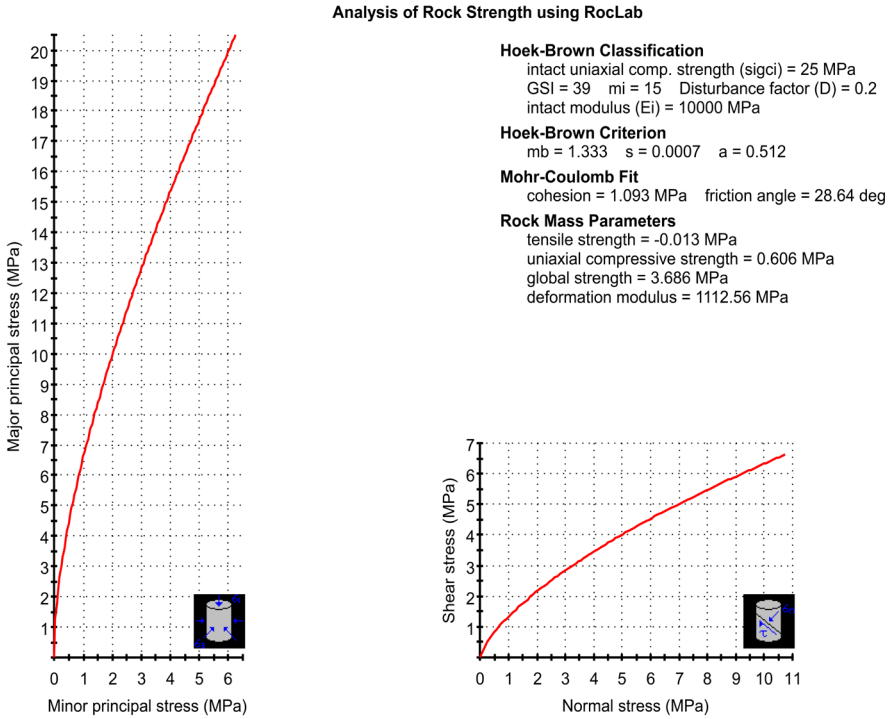
Şekil 8.14. Km: 65+480 – 65+590 kesimi Karahan formasyonu (Tpk2) GSI sınıflandırılması

Jeoteknik parametreler km: 65+480 - 65+590 kesimi için Karahan formasyonu (Tpk_2) kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0.20 kabul edilerek hesaplanmıştır (Tablo 8.25). Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve bu seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.15).

Tablo 8.25. Km: 65+480 – 65+590 kesimi için Karahan formasyonunun (Tpk_2) jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	25
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	39
mi, Malzeme sabiti	15
D, Örselenme faktörü	0.20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	10000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	24

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	Em (MPa)	mb	s	a
0.20	1093	29	1112	1,333	0,0007	0,512



Şekil 8.15. Karahan formasyonu (Tpk_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği

8.4.1. Km: 65+480 – 65+590 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sisteminde RMR puan değeri 25 bulunmuş olup zayıf kaya (IV) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.26).

Tablo 8.26. Km: 65+480 - 65+590 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
		Değerlendirme	15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90			Dalım yönünde ilerleme dalım	Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun			Uygun		Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90			Dalıma karşı ilerleme	Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta			Olumsuz		Orta				

8.4.2. Km: 65+480 – 65+590 kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.27'den hesaplanmıştır.

Tablo 8.27. Km: 65+480 - 65+590 kesimi Q sınıflaması

Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) **Km:65+480 - 65+590**		
Sınıflamada kullanılan parametreler ;		
1) RQD	**:**	**20**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**6**
5) Jw	**:**	**0,66**
6) SRF	**:**	**5**
7) ESR	**:**	**1**
RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.		
$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} =$		**0,055**
Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**17,9**
RQD / Jn	:	**1,66**
Jr / Ja	:	**0,25**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**3,51 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**0,63 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**35**
2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :		
Kazı sınıfı	:	**C2 BASKILI**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**C2**
3) TÜNEL DESTEK TİPİ :		
Öngörülen C2 destek sınıfı uygulanacaktır.		

8.4.3. Km: 65+480 – 65+590 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri aşağıdaki Tablo 8.28'de özetlenmiştir.

Tablo 8.28. Km: 65+480 - 65+590 kesimi farklı yöntemlere göre belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk_2) deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0.20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	587
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	1113
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000exp(-RMR/100))]}$	222

8.4.4. Km: 65+480 - 65+590 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Bu kesime ait Karahan formasyonu (Tpk_2) için Tablo 8.29'da tasarım parametreleri özetlenmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'C2' olarak seçilmiştir. Bu bölümde km 65+520 'kritik kesim' olarak belirlenmiş ve bu kesimlere ait jeolojik en kesit Şekil 8.16'da sunulmuştur. Yukarıda ayrıntılı özellikleri verilen Kırık tüneli km: 65+480 – 65+590 arasında kalan kesim için önerilen kritik kesim için tasarım parametreleri ise Tablo 8.30'da özetlenmiştir.

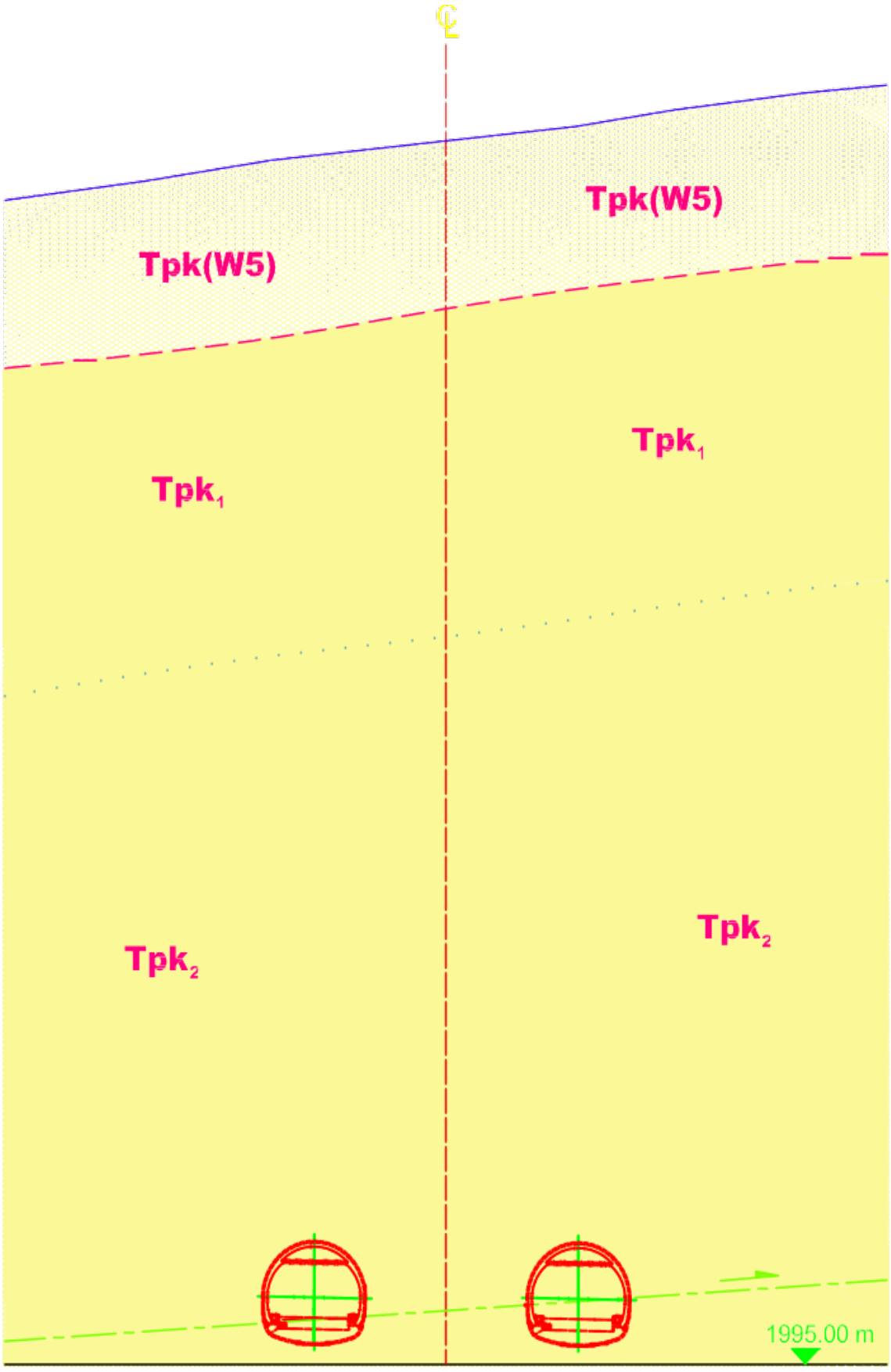
Tablo 8.29. Km: 65+480 - 65+590 kesimi belirlenen Karahan formasyonunun (Tpk_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		25
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		39
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		10000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		24
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		180
c, Kohezyon (kPa)		1093
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		29
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	587
	Sönmez ve diğ.	222
	Hoek & Diederichs	**1113***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	30
	Nihai	25
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0,055

*önerilen

Tablo 8.30. Km:65+520 kritik kesimi için belirlenen parametreler

Model Km	**Jeolojik Birim**	**C (Kpa)**	**ϕ (º)**	**γ (kN/m^3)**	**E (MPa)**
65+520	Tpk / W5	16	14	22	14
	Tpk_1	182	25	23	73
	Tpk_2	1093	29	24	1113



Şekil 8.16. Km: 65+520 kritik jeolojik en kesiti

8.5. Km: 65+590 – 66+250 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde Karahan formasyonunun (Tpk/W5), (Tpk_1), (Tpk_2) ve Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) jeolojik birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel Karahan formasyonu (Tpk_2) jeolojik birimleri içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Karahan formasyonunun (Tpk_2) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır. Bu kesimde Q sınıflamasına bağlı olarak Ja ve SRF değerlerindeki farklılıktan dolayı kaya kütle sınıflamasına yer verilmiştir.

8.5.1. Km: 65+590 - 66+250 Kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

Km: 65+590 – 66+250 kesimi için Karahan formasyonu (Tpk_2) jeolojik birimlerinin GSI değeri GSI abağı yardımı ile GSI değeri Bölüm 8.3'te ki hesaplandığı şekliyle 42 olarak değerlendirilmiştir. Tüm süreksizlik koşulları göz önünde bulundurularak GSI değeri ise şu şekilde bulunmuştur;

Karahan formasyonu (Tpk_2) km: 65+590 – 66+250 kesimi için;

GSI= 1,5xJcond89+RQD/2 bağıntısından

Jcond89 = 16 (Süreksizlik koşullarının toplam değeri)

RQD = 70

GSI = 59

8.5.2. Km: 65+590 – 66+250 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 41 bulunmuş olup orta kaya (III) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.31).

8.5.3. Km: 65+590 – 66+250 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak hesaplanmıştır (Tablo 8.32).

Tablo 8.31. Km: 65+590 - 66+250 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
		Değerlendirme	15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	İslak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90		Dalım yönünde ilerleme dalım		Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun		Uygun			Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90		Dalıma karşı ilerleme		Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta		Olumsuz			Orta				

Tablo 8.32. Km: 65+590 - 66+250 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) :

Km: 65+590-66+250

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**70**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**1**
5) Jw	**:**	**0,66**
6) SRF	**:**	**7.5**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{0,770}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**41,6**
RQD / Jn	:	**5,83**
Jr / Ja	:	**1,50**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P tavan (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**1,46 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**1,80 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**27**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**B3 TANELİ**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**B3**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen B3 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.5.4. Km: 65+590 – 66+250 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri Tablo 8.33'de özetlenmiştir.

Tablo 8.33. Km:65+590 - 66+250 kesimi farklı yöntemlere göre belirlenen Karahan formasyonu (Tpk_2) deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0.20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	1268
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	1362
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	700

8.5.5. Km: 65+590 – 66+250 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Bu kesime ait Karahan formasyonu (Tpk_2) için Tablo 8.34'te tasarım parametreleri özetlenmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'B3' olarak seçilmiştir. Kırık tüneli km: 65+590 – 66+250 arasında kalan kesim için önerilen kritik kesim km: 66+010 ile km: 66+240 olarak belirlenmiş Şekil 8.17 ve Şekil 8.18 olup bu kesimlere ait tasarım parametreleri ise Tablo 8.35'de özetlenmiştir.

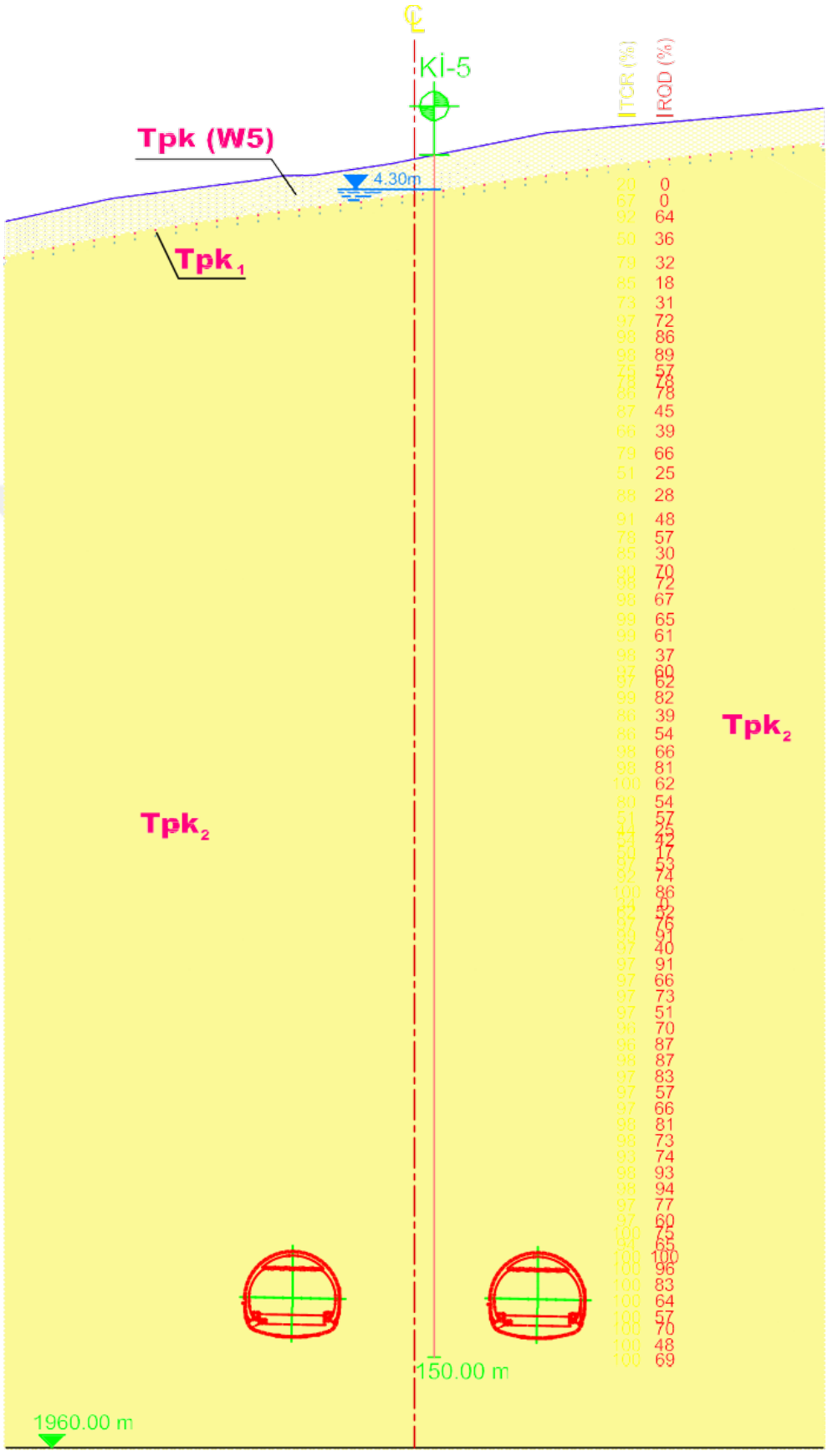
Tablo 8.34. Km: 65+590 - 66+250 kesimi belirlenen Karahan formasyonu (Tpk_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		25
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		42
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0.20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		10000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		24
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		180
c, Kohezyon (kPa)		1152
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		29
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	1268
	Sönmez ve diğ.	700
	Hoek & Diederichs	**1362***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	46
	Nihai	41
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0,770

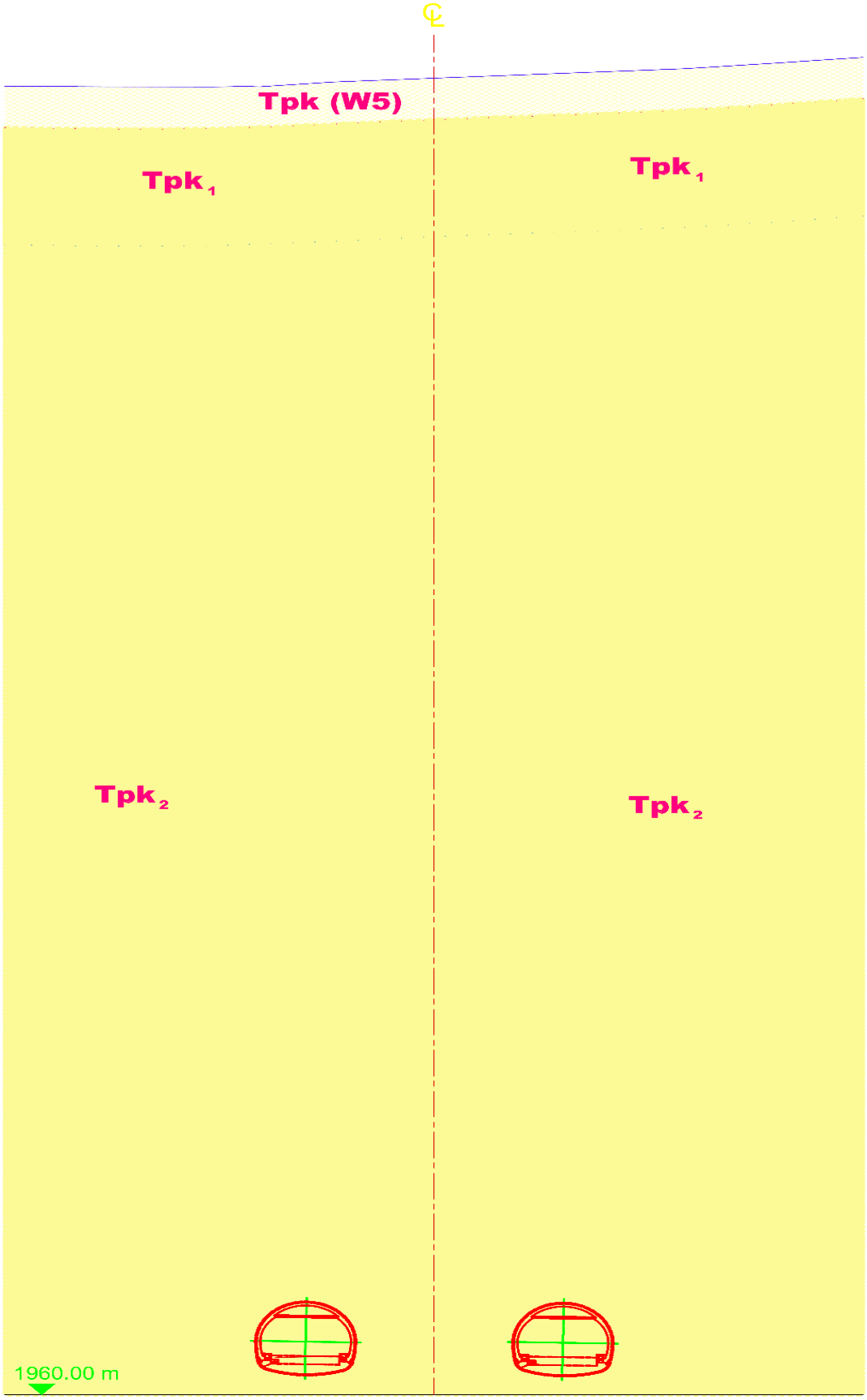
*önerilen

Tablo 8.35. Km:66+010 – 66+240 kritik kesim için belirlenen parametreler

Model Km	**Jeolojik Birim**	**C (kPa)**	**ϕ (º)**	**γ (kN/m^3)**	**E (MPa)**
66+010 – 66+240	Tpk / W5	16	28	22	14
	Tpk_1	174	23	23	73
	Tpk_2	1152	29	24	1362



Şekil 8.17. Km: 66+010 kritik jeolojik en kesiti



Şekil 8.18. Km: 66+240 kritik jeolojik en kesiti

8.6. Km: 66+250 – 66+380 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde Karahan formasyonunun (Tpk/W5), (Tpk_1), (Tpk_2) ve Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) jeolojik birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel ($Km_{çmt}$) jeolojik birimi içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır.

8.6.1. Km: 66+250 – 66+380 Kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

Km: 66+250 – 66+380 kesim için Mescitdağları formasyonu ($Km_{çmt}$) GSI değeri GSI abağı yardımı ile Şekil 8.19'da tüm süreksizlik koşulları göz önünde bulundurularak bu kesim için GSI değerleri şu şekilde bulunmuştur;

Mescitdağları formasyonu ($Km_{çmt}$) km: 66+250 – 66+380 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

$Jv = 44 - 0,4 \times RQD = 44-0,4 \times 35 = 30$ adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

$SR = -17,5 \times \ln Jv + 79,8$

$SR = -17,5 \times \ln 30 + 79,8$

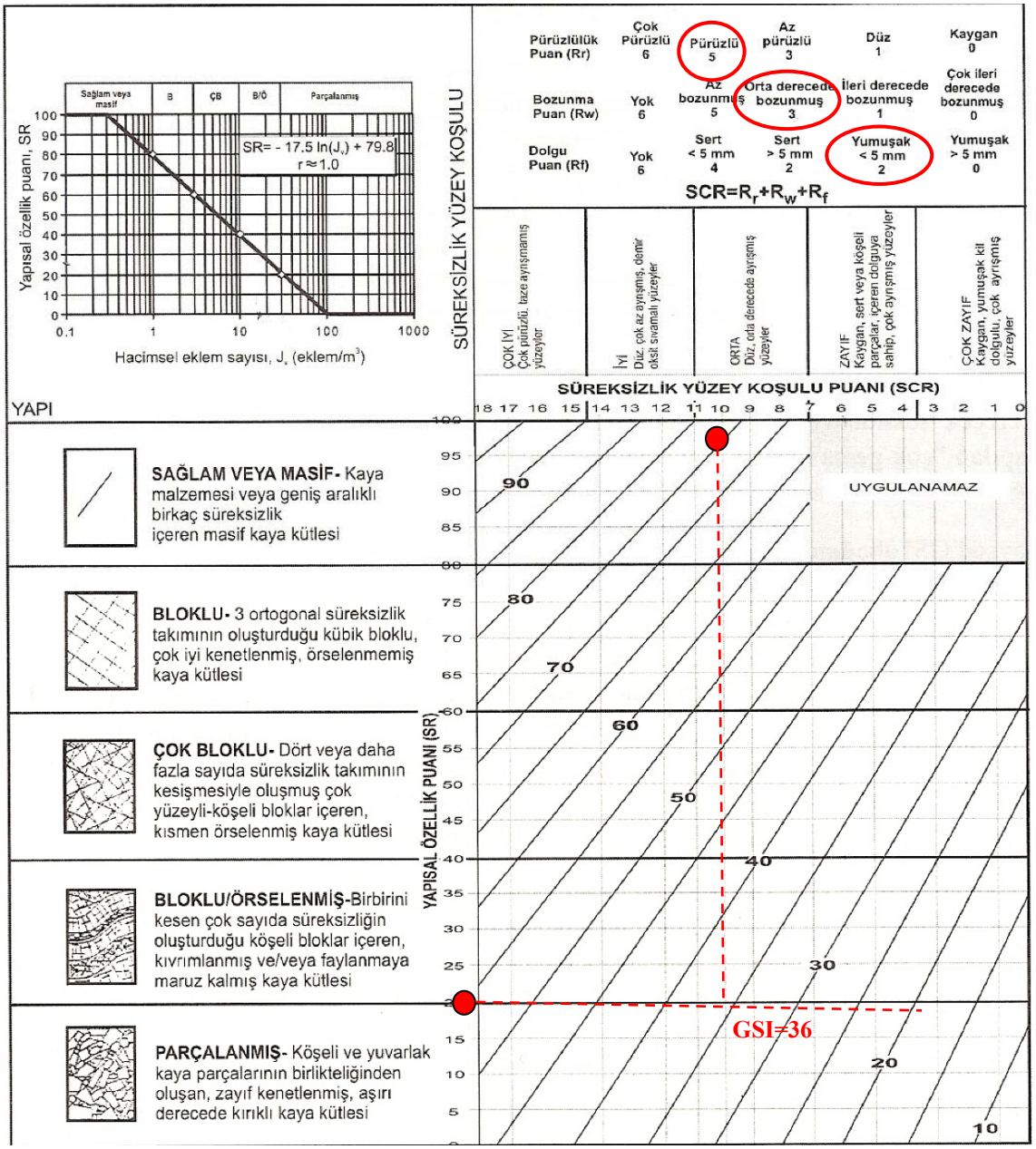
$SR = -17,5 \times 3,40 + 79,8$

$SR = 20,27$

Süreksizlik yüzey koşulu;

$SCR = Rr + Rw + Rf = 5 + 3 + 2 = 10$

Değerleri bulunarak Mescitdağları formasyonu ($Km_{çmt}$) kesiminin GSI değeri Şekil 8.19 'den 36 olarak bulunmuştur.



Şekil 8.19. Km: 66+250 – 66+380 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{çmt}$) GSI sınıflandırılması

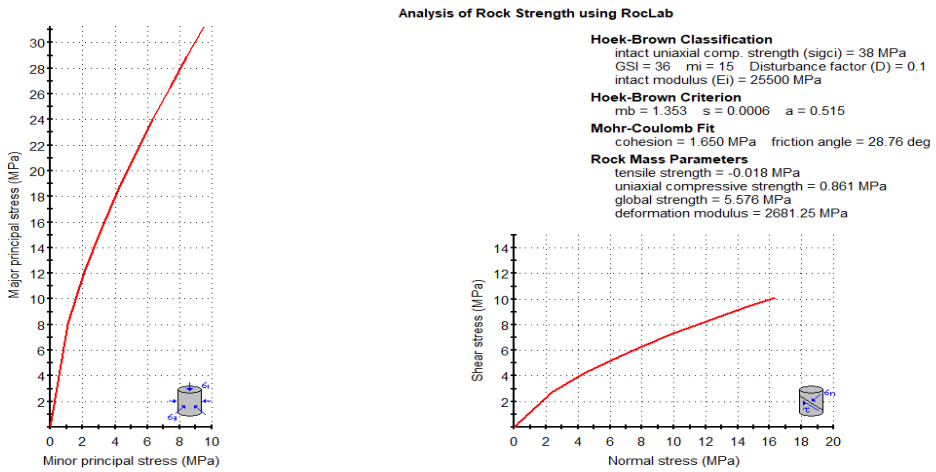
Mescitdağları formasyonu ($Km_{çmt}$) birimi için temel araştırma sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre km: 66+250 – 66+380 kesimi için arasında tünel seviyesindeki birim için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri Tablo 8.36'da verilmiş ve örtü kalınlınlığının en yüksek (310,00 metre) kısmı göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

Jeoteknik parametreler inceleme alanında bulunan kırık tüneli Mescitdağları formasyonu ($Km_{çmt}$) km: 66+250 – 66+380 kesimi için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,10 kabul edilerek hesaplanmıştır. Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.20).

Tablo 8.36. Km: 66+250 – 66+380 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{çmt}$) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	38
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	36
mi, Malzeme sabiti	15
D, Örselenme faktörü	0,10
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	25500
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	25

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	E_m (MPa)	mb	s	a
0,10	1650	29	2681	1,353	0,0006	0,515



Şekil 8.20. Mescitdağları formasyonun ($Km_{çmt}$) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği

8.6.2. Km: 66+250 – 66+380 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 30 bulunmuş olup zayıf kaya (IV) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.37).

Tablo 8.37. Km: 66+250 – 66+380 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
	Değerlendirme		15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu Değerlendirme			<1 m 6	1-3 m 4	3-10 m 2	10-20 m 1	>20 m 0		
Açıklık Değerlendirme			yok 6	<0.1 mm 5	0.1-1.0 mm 4	1-5 mm 1	>5 mm 0		
Pürüzlülük Değerlendirme			Çok Pürüzlü 6	Pürüzlü 5	Az Pürüzlü 3	Pürüzsüz 1	Cilalı Yüzlü 0		
Dolgu Değerlendirme			yok 6	Sert dolgu < 5mm 4	Sert Dolgu > 5mm 2	Yumuşak dolgu < 5mm 2	Yumuşak dolgu > 5mm 0		
Ayrışma Değerlendirme			Taze 6	Az Ayrışmalı 5	Orta Ayrışmalı 3	Çok Ayrışmalı 1	Bütünüyle Ayrışmalı 0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90	Dalım yönünde ilerleme dalım			Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun	Uygun				Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90	Dalıma karşı ilerleme			Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta	Olumsuz				Orta				

8.6.3. Km: 66+250 – 66+380 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.38'de hesaplanmıştır.

Tablo 8.38. Km: 66+250 – 66+380 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) :
Km:66+250 - 66+380

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**35**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**6**
5) Jw	**:**	**0,66**
6) SRF	**:**	**5**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{0,096}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**22,9**
RQD / Jn	:	**2,92**
Jr / Ja	:	**0,25**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**2,91 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**0,78 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**35**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**C2 BASKILI**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**C2**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen C2 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.6.4. Km: 66+250 – 66+380 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri Tablo 8.39'da özetlenmiştir.

Tablo 8.39. Km: 66+250 – 66+380 kesimi farklı yöntemlere göre belirlenen Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0,10 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	1752
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	2681
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	699

8.6.5. Km: 66+250 – 66+380 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Bu kesime ait Mescitdağları formasyonu ($Km_{çmt}$) Tablo 8.40'da tasarım parametreleri özetlenmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'C2' olarak seçilmiştir.

Tablo 8.40. Km: 66+250 – 66+380 kesimi belirlenen Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER	DEĞERLER
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	38
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	36
mi, Malzeme sabiti	15
D, Örselenme faktörü	0,10
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	25500
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)	25

H, Ektin kaya yüksekliği (m)		150,00
c, Kohezyon (kPa)		1650
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		29
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	1752
	Sönmez ve diğ.	699
	Hoek & Diederichs	**2681***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	35
	Nihai	30
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0,096

*önerilen

8.7. Km: 66+380 – 66+780 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Sınıflamaları

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde için Karahan formasyonunun (Tpk/W5), (Tpk_1) ve (Tpk_2) ve Mescitdağları formasyonun (Km/W5), (Km_1), (Km_2), ($Km_{çmt}$) ve ($Km_{kçt2}$) jeolojik birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel ($Km_{çmt}$) jeolojik birimi içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır.

8.7.1. Km: 66+380 – 66+780 Kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

Km: 66+380 – 66+780 kesimi için Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) jeolojik birimlerinin GSI abağı yardımı ile ($Km_{çmt}$) GSI değeri Bölüm 8.6'da ki hesaplandığı şekliyle 36 dır. Tüm süreksizlik koşullarına göre ise bu kesim için Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) GSI değeri 37 dir. Bu kesimin diğer birimleri için GSI değerlendirilmeleri ise şu şekildedir;

Mescitdağları formasyonu (Km/W5) km: 66+380 – 66+780 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

Jv= 44 - 0,4 x RQD = 44-0,4 x 10= 40 adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

SR= -17,5 x lnJv + 79,8

SR= -17,5 x ln40 + 79,8

SR= -17,5 x 3,68 + 79,8

SR= 15,24

Süreksizlik yüzey koşulu;

SCR= Rr + Rw + Rf = 3 + 3 + 2 = 8

Değerleri bulunarak Mescitdağları formasyonunun (Km/W5) GSI (jeolojik dayanım indeksi) Şekil 8.21'den 28 olarak bulunmuştur.

Ayrıca Mescitdağları formasyonunun (Km/W5) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri;

GSI= 1.5 x Jcond89 + RQD/2 bağıntısından

Jcond89 = 13 (Süreksizlik koşullarının toplam değeri)

RQD = 10

GSI = 25

Mescitdağları formasyonu (Km_1) km: 66+380 – 66+780 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

Jv= 44 - 0,4 x RQD = 44-0,4 x 15= 38 adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

SR= -17,5 x lnJv + 79,8

SR= -17,5 x ln38 + 79,8

SR= -17,5 x 3,63 + 79,8

SR= 16,14

Süreksizlik yüzey koşulu;

SCR= Rr + Rw + Rf = 3 + 3 + 2 = 8

Değerleri bulunarak Mescitdağları formasyonu (Km_1) GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.22'den 30 olarak bulunmuştur.

Ayrıca Mescitdağları formasyonunun (Km_1) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri;

GSI= 1.5 x Jcond89 + RQD/2 bağıntısından

Jcond89 = 13 (Süreksizlik koşullarının toplam değeri)

RQD = 15

GSI = 27

Mescitdağları formasyonu (Km_2) km: 66+380 – 66+780 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

Jv= 44 - 0,4 x RQD = 44-0,4 x 20= 36 adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

SR= -17,5 x lnJv + 79,8

SR= -17,5 x ln36 + 79,8

SR= -17,5 x 3,58 + 79,8

SR= 17,08

Süreksizlik yüzey koşulu;

SCR= Rr + Rw + Rf = 5 + 3 + 2 = 10

Değerleri bulunarak Mescitdağları formasyonu (Km_2) GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.23'ten 35 olarak bulunmuştur.

Ayrıca Mescitdağları formasyonunun (Km_2) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri;

GSI= 1,5 x Jcond89 + RQD/2 bağıntısından

Jcond89 = 13 (Süreksizlik koşullarının toplam değeri)

RQD = 20

GSI = 28

Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) km: 66+380 – 66+780 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

Jv= 44 - 0,4 x RQD = 44-0,4 x 85= 10 adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

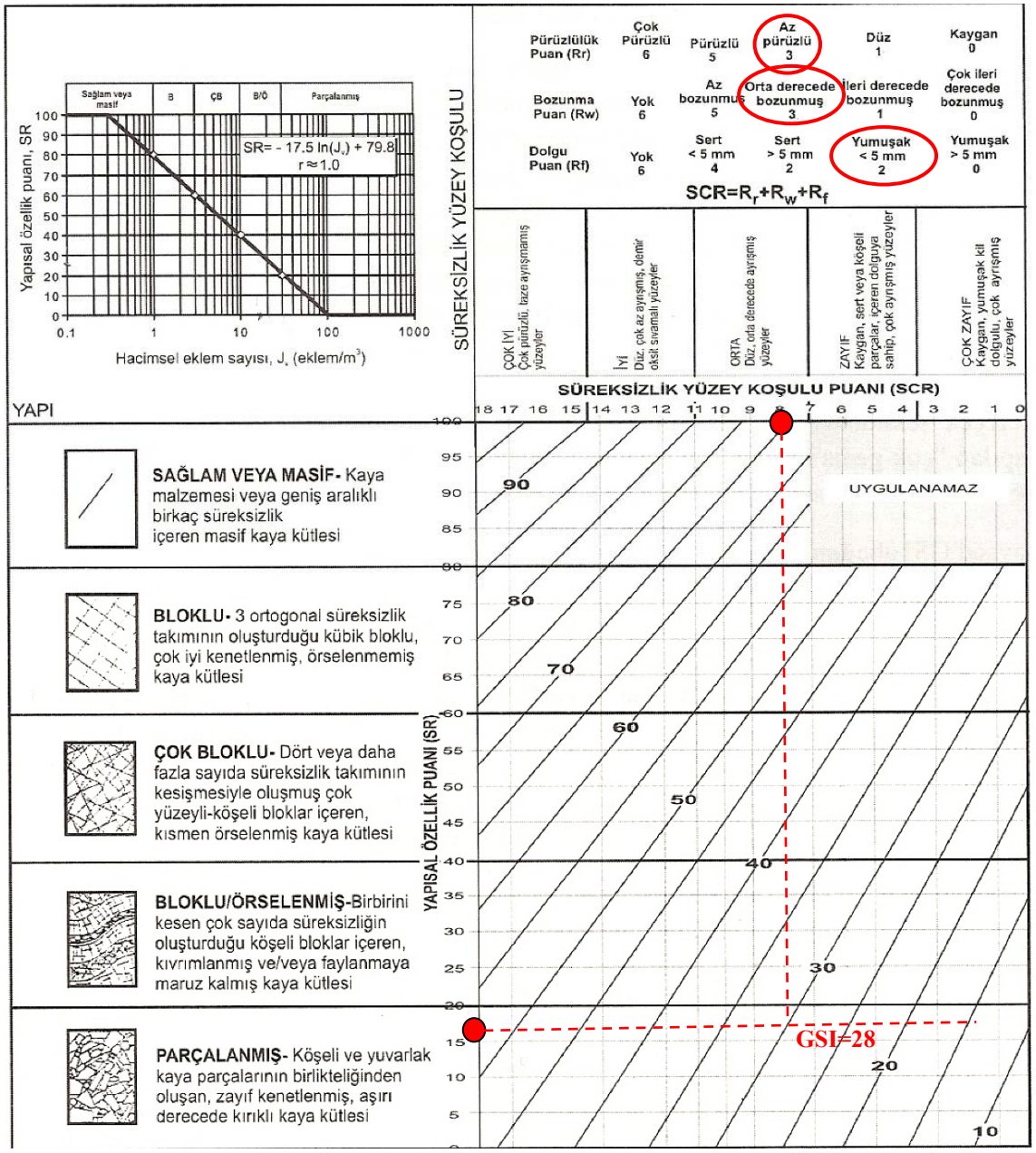
SR= -17,5 x lnJv + 79,8

SR= -17,5 x ln10 + 79,8

SR= -17,5 x 2,30 + 79,8

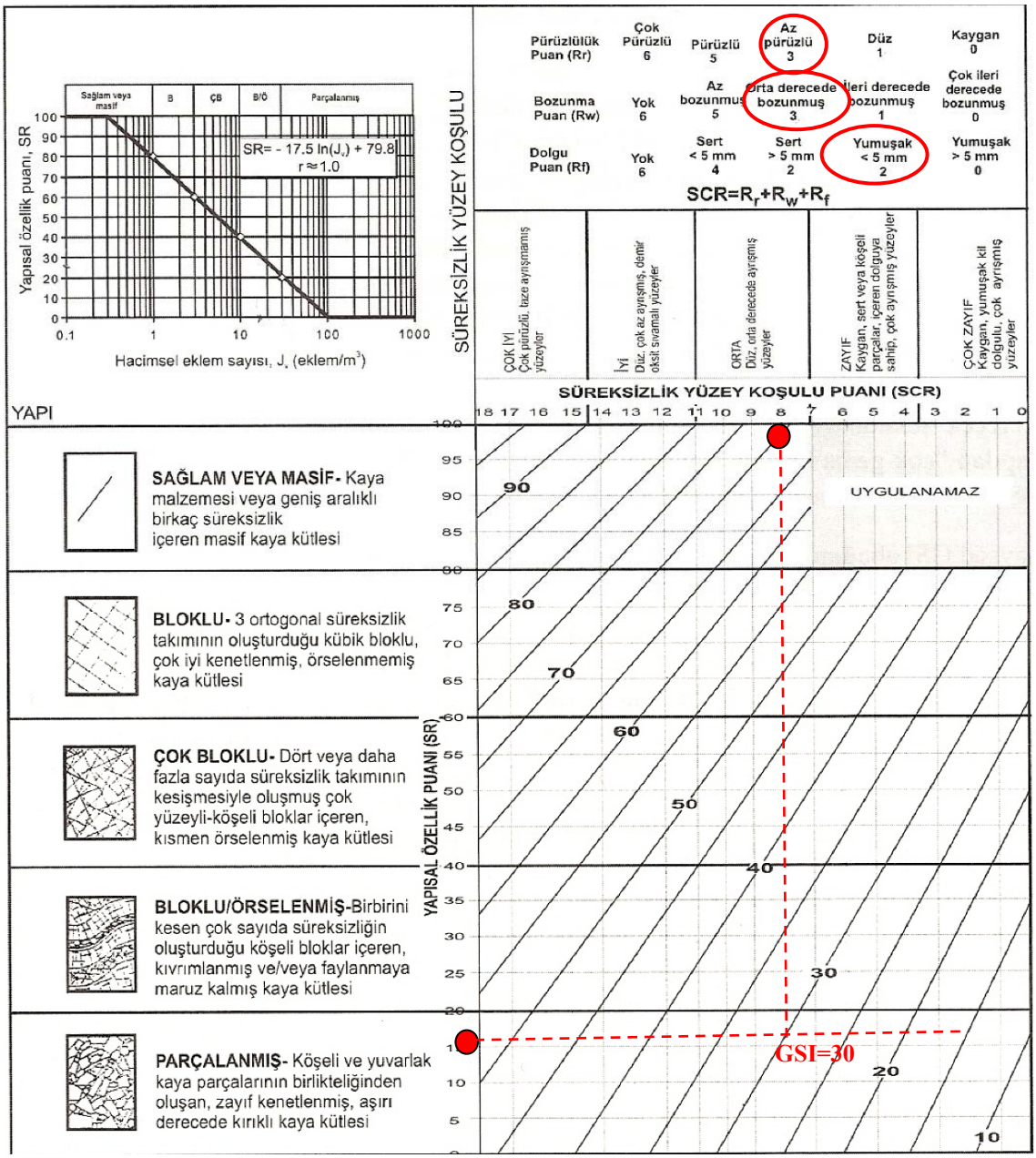
SR= 39,50

Süreksizlik yüzey koşulu değeri 13 bulunmuş ve GSI değeri Şekil 8.24'ten 50 olarak bulunmuştur. Tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri ise 62 dir.



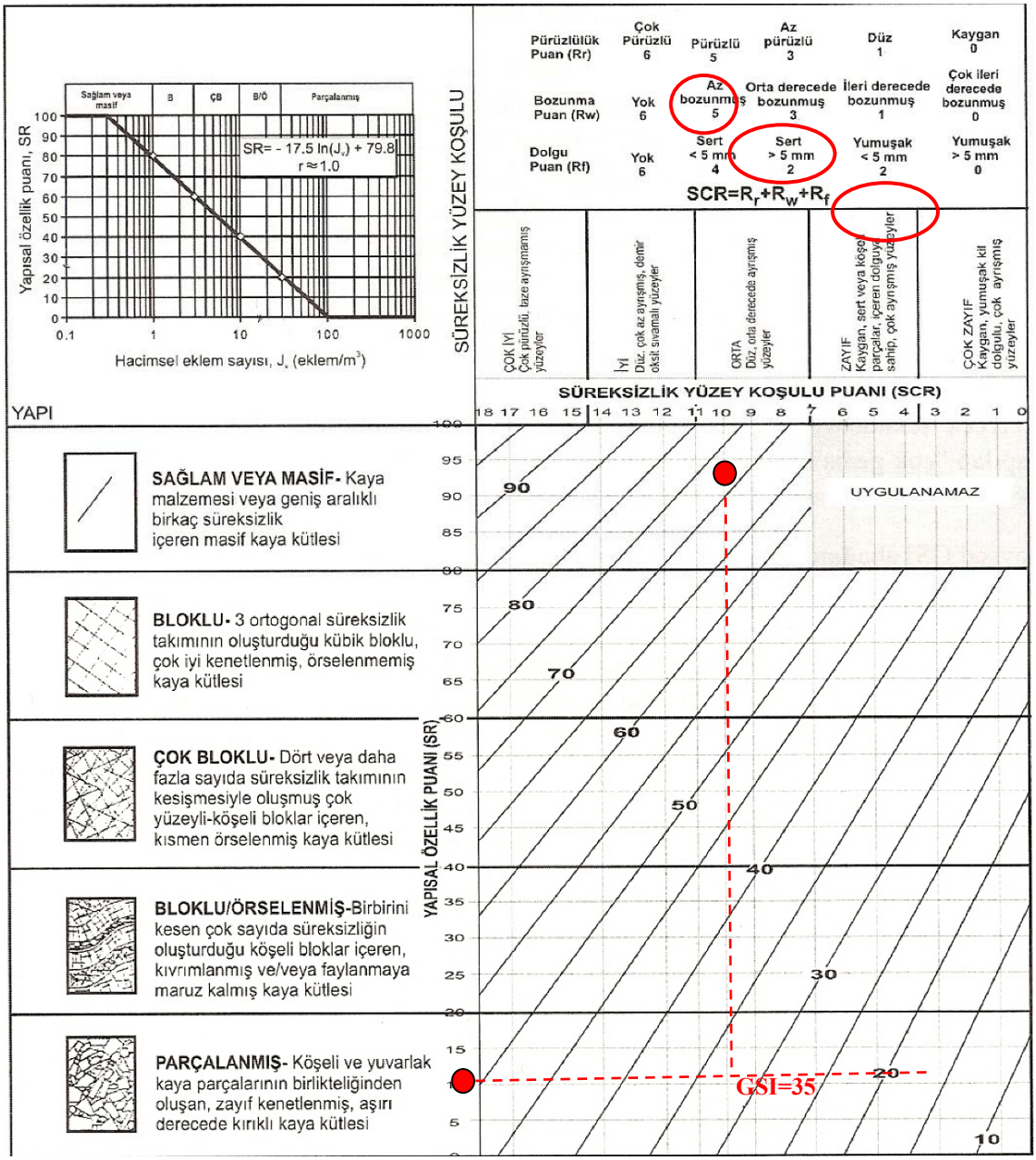
Şekil 8.21. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km / W5) GSI sınıflandırılması

Mescitdağları formasyonu (Km / W5) birimi için temel araştırma sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre km: 66+380 – 66+780 arası için arasında tünel seviyesindeki birim için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri Tablo 8.41'de verilmiş ve örtü kalınlınlığının en yüksek (10,00 metre) kısmı göz önüne alınarak hesaplanmıştır.



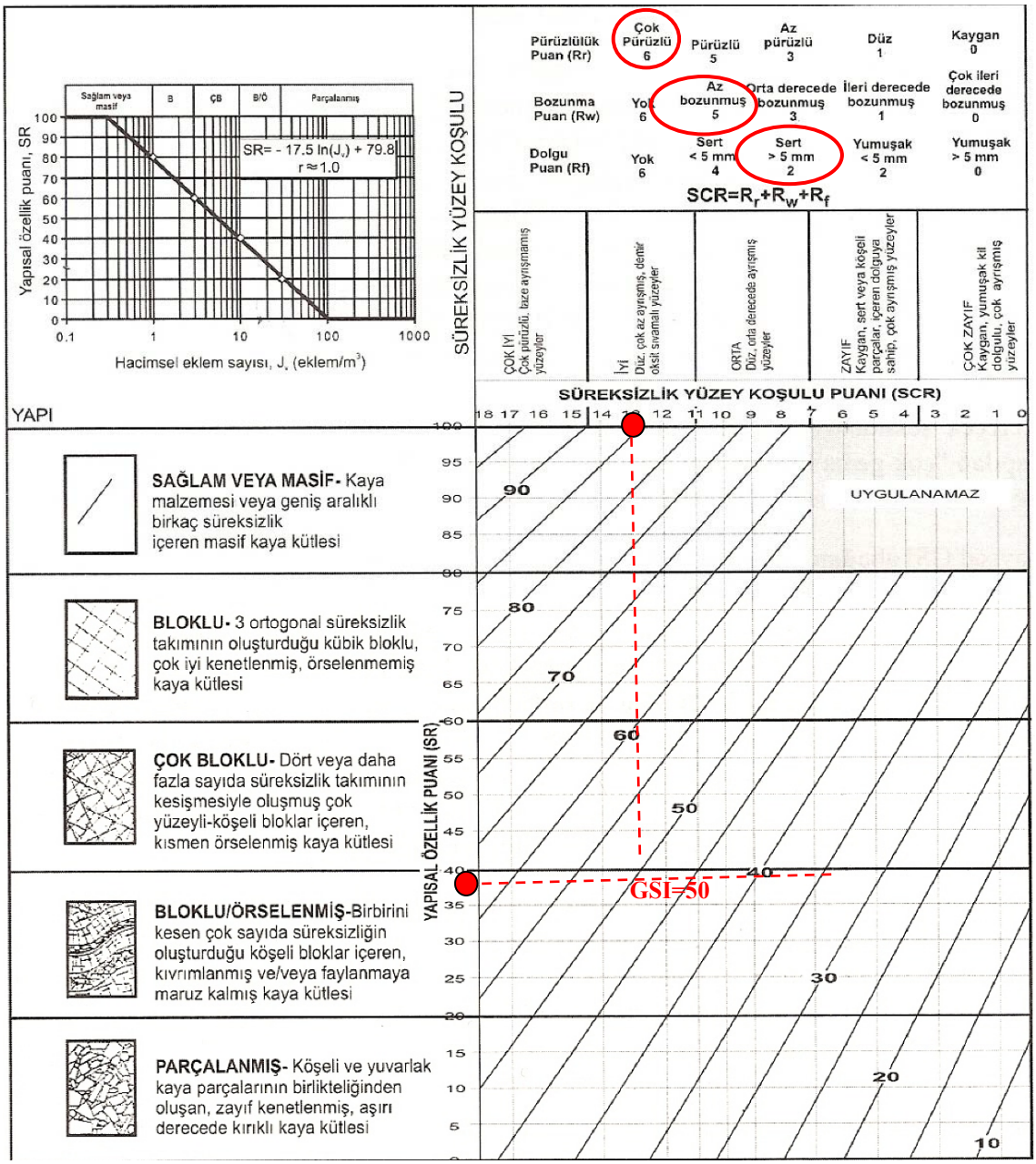
Şekil 8.22. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km1) GSI sınıflandırılması

Mescitdağları formasyonu (Kmı) birimi için temel araştırma sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre km: 66+380 – 66+780 arası için arasında tünel seviyesindeki birim için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri Tablo 8.42'de verilmiş ve örtü kalınlınlığının en yüksek (40,00 metre) kısmı göz önüne alınarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.23. Km: 66+380 – 66+780 arasının Mescitdağları formasyonu (Km2) GSI sınıflandırılması

Mescitdağları formasyonu (Km2) birimi için temel araştırma sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre km: 66+380 – 66+780 arası için arasında tünel seviyesindeki birim için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri Tablo 8.43'de verilmiş ve örtü kalınlınlığının en yüksek (150,00 metre) kısmı göz önüne alınarak hesaplanmıştır.



Şekil 8.24. Km: 66+380 – 66+780 arasının Mescitdağları formasyonu (Kmkçt2) GSI sınıflandırılması

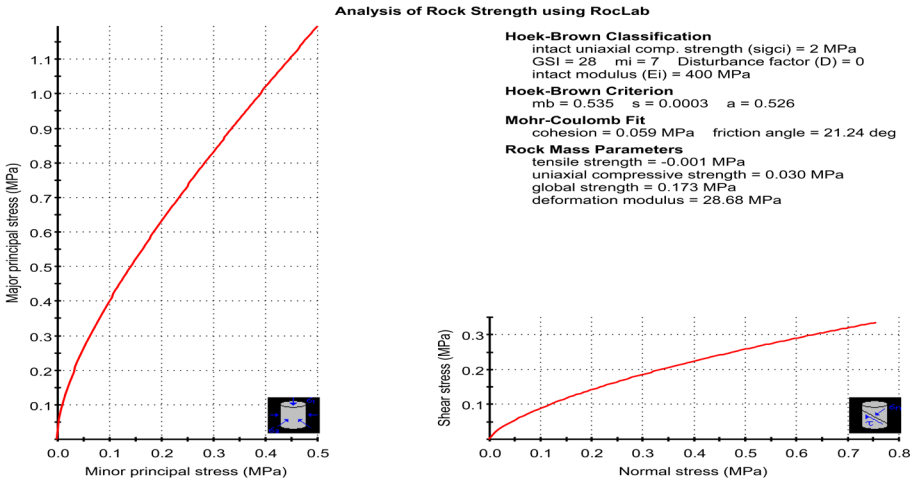
Mescitdağları formasyonu ($Km_{çmt}$) birimi için temel araştırma sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre km: 66+380 – 66+780 arası için arasında tünel seviyesindeki birim için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri Tablo 8.44'de verilmiş ve örtü kalınlınlığının en yüksek (900,00 metre) kısmı göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

Jeoteknik parametreler inceleme alanında bulunan kırık tüneli Mescitdağları formasyonu (Km / W5) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0 kabul edilerek hesaplanmıştır. Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.25).

Tablo 8.41. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km / W5) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	2
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	28
mi, Malzeme sabiti	7
D, Örselenme faktörü	0
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	400
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	20

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	E_m (MPa)	mb	s	a
0	59	21	29	0,535	0,0003	0,526



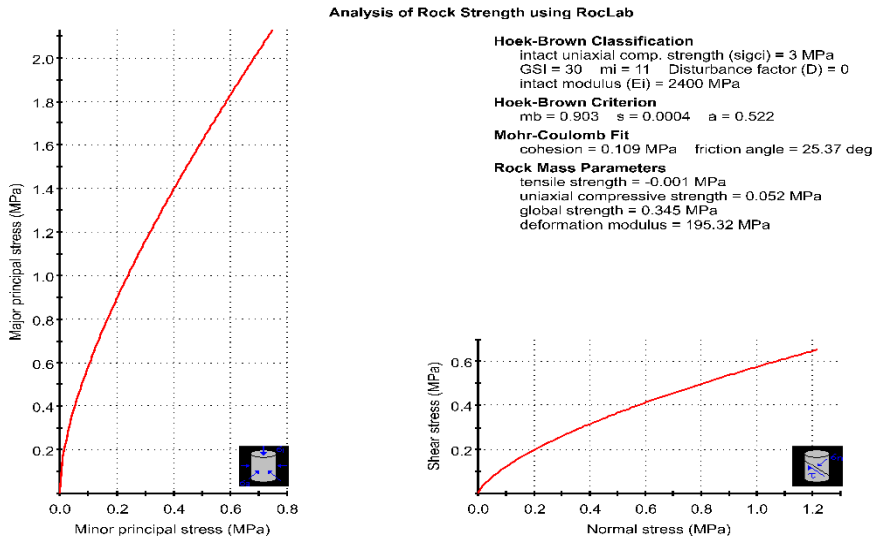
Şekil 8.25. Mescitdağları formasyonu (Km/W5) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği

Jeoteknik parametreler inceleme alanında bulunan Kırık tüneli Mescitdağları formasyonu (Km_1) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0 kabul edilerek hesaplanmıştır. Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – kesme dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.26).

Tablo 8.42. Km: 66+380 – 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km_1) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	3
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	30
mi, Malzeme sabiti	11
D, Örselenme faktörü	0
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	2400
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	22

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	E_m (MPa)	mb	s	a
0	109	25	195	0,903	0,0004	0,522



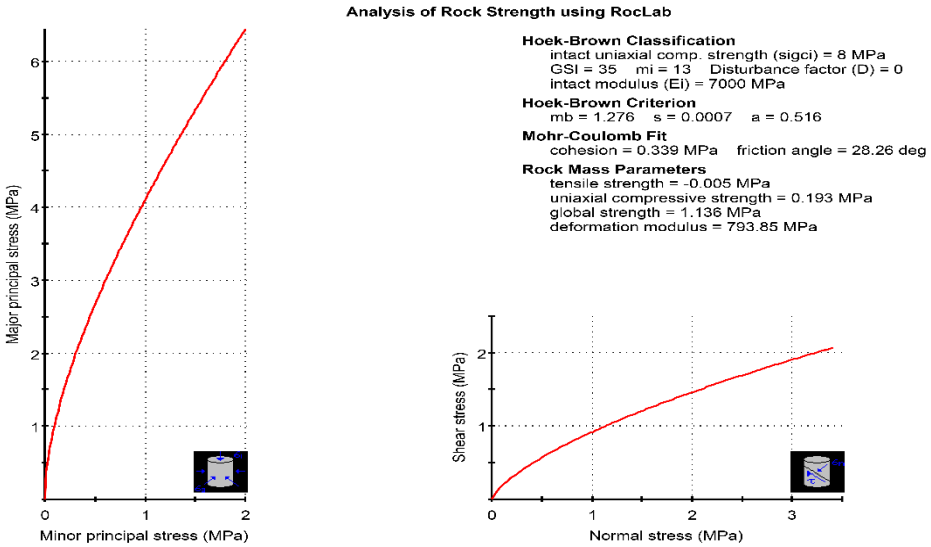
Şekil 8.26. Mescitdağları formasyonu (Km_1) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği

Jeoteknik parametreler inceleme alanında bulunan Kırık tüneli Mescitdağları formasyonu (Km_2) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0 kabul edilerek hesaplanmıştır. Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.27).

Tablo 8.43. Km: 66+380 – 66+780 arası Mescitdağları formasyonu (Km_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	8
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	35
mi, Malzeme sabiti	13
D, Örselenme faktörü	0
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	7000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	23

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	Em (MPa)	mb	s	a
0	339	28	794	1,276	0,0007	0,516



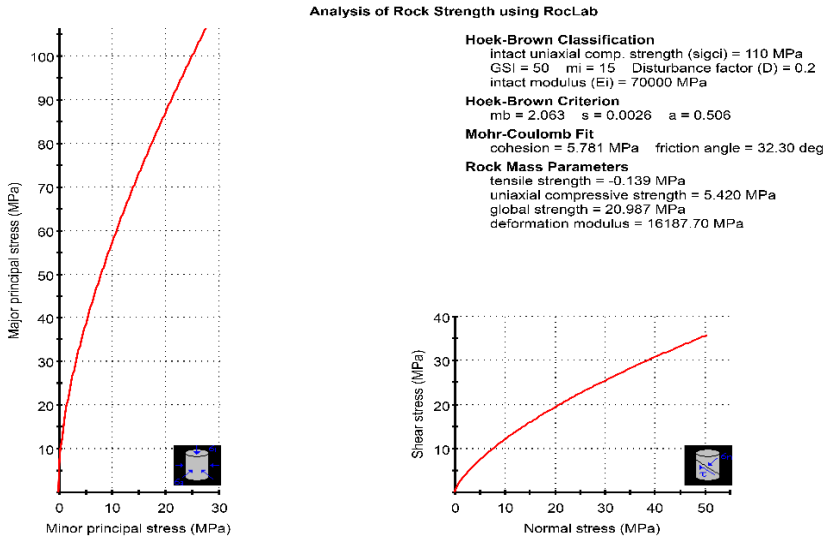
Şekil 8.27. Mescitdağları formasyonu (Km_2) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği

Jeoteknik parametreler inceleme alanında bulunan Kırık tüneli Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,20 kabul edilerek hesaplanmıştır. Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.28).

Tablo 8.44. Km: 66+380 – 66+780 arası Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	110
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	50
mi, Malzeme sabiti	15
D, Örselenme faktörü	0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	70000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	27

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	E_m (MPa)	mb	s	a
0.20	5781	32	16188	2,063	0,0026	0,506



Şekil 8.28. Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği

8.7.2. Km: 66+380 – 66+780 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 27 bulunmuş olup zayıf kaya (IV) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.45).

Tablo 8.45. Km:66+380 - 66+780 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
	Değerlendirme		15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90			Dalım yönünde ilerleme dalım		Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45	
Çok Uygun			Uygun			Çok Uygun		Orta	
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90			Dalıma karşı ilerleme		Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20			
Orta			Olumsuz			Orta			

8.7.3. Km: 66+380 – 66+780 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.46'dan hesaplanmıştır.

Tablo 8.46. Km: 66+380 - 66+780 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) :
Km:66+380 - 66+780

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**35**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**3**
5) Jw	**:**	**0.66**
6) SRF	**:**	**10**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{0,096}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**22,9**
RQD / Jn	:	**2,92**
Jr / Ja	:	**0,50**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**2,91 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**0,78 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**35**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**C2 BASKILI**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**C2**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen C2 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.7.4. Km:66+380 – 66+780 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri aşağıdaki Tablo 8.47, Tablo 8.48, Tablo 8.49, Tablo 8.50 ve Tablo 8.51'de özetlenmiştir.

Tablo 8.47. Km: 66+380 - 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km / W5) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	34
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	29
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	15

Tablo 8.48. Km: 66+380 - 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km_1) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	201
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	195
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	88

Tablo 8.49. Km: 66+380 - 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	587
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	794
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	502

Tablo 8.50. Km: 66+380 - 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0,10 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	2139
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	2681
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	1828

Tablo 8.51. Km: 66+380 - 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0,20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	5871
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	16188
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	2562

8.7.5. Km: 66+380 – 66+780 Kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Mescitdağları formasyonunun (Km / W5) Tablo 8.52'de, Mescitdağları formasyonunun (Km_1) birimi için Tablo 8.53'de, Mescitdağları formasyonunun (Km_2) birimi için Tablo 8.55'de ve Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) birimi için Tablo 8.54'de tasarım parametreleri özetlenmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden

elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'C2' olarak seçilmiştir. Bu bölümde km: 66+590 ve km: 66+780 'kritik kesim' olarak belirlenmiş ve bu kesimlere ait jeolojik en kesitleri Şekil 8.29 ve Şekil 8.30'da sunulmuştur.

Tablo 8.52. Km: 66+380 - 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km / W5) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		2
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		28
mi, Malzeme sabiti		7
D, Örselenme faktörü		0
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		400
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		20
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		10
c, Kohezyon (kPa)		59
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		21
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	34
	Sönmez ve diğ.	15
	Hoek & Diederichs	**29***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	37
	Nihai	27
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0,096

*önerilen

Tablo 8.53. Km: 66+380 - 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km_1) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		3
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		30
mi, Malzeme sabiti		11
D, Örselenme faktörü		0
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		2400
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		22
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		40
c, Kohezyon (kPa)		109
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		25
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	201
	Sönmez ve diğ.	88
	Hoek & Diederichs	**195***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	37
	Nihai	27
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0,096

Tablo 8.54. Km: 66+380 - 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonu (Km_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		DEĞERLER
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		8
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		35
mi, Malzeme sabiti		13
D, Örselenme faktörü		0
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		7000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		23
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		150,00
c, Kohezyon (kPa)		339
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		28
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	587
	Sönmez ve diğ.	502
	Hoek & Diederichs	**794***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	37
	Nihai	27
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0,096

*önerilen

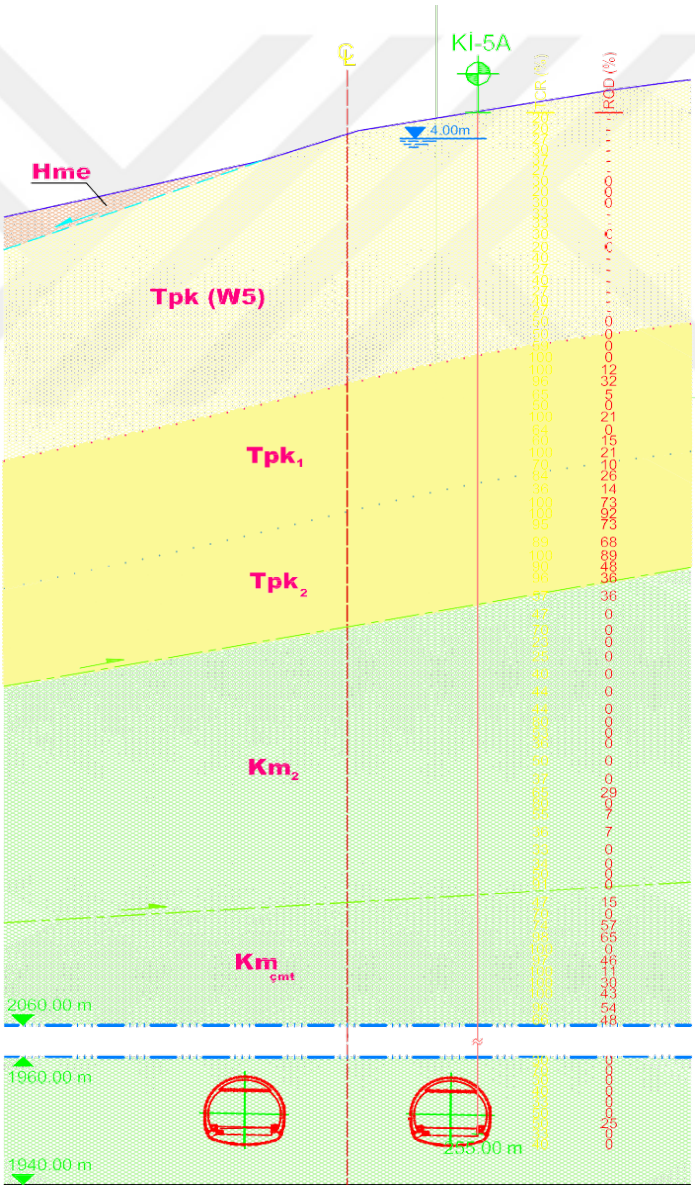
Tablo 8.55. Km: 66+380 - 66+780 kesimi Mescitdağları formasyonunun ($Km_{çmt}$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		DEĞERLER
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		38
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		36
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0.10
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		25500
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		25
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		150,00
c, Kohezyon (kPa)		1650
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		29
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	2139
	Sönmez ve diğ.	1828
	Hoek & Diederichs	**2681***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	37
	Nihai	27
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0,096

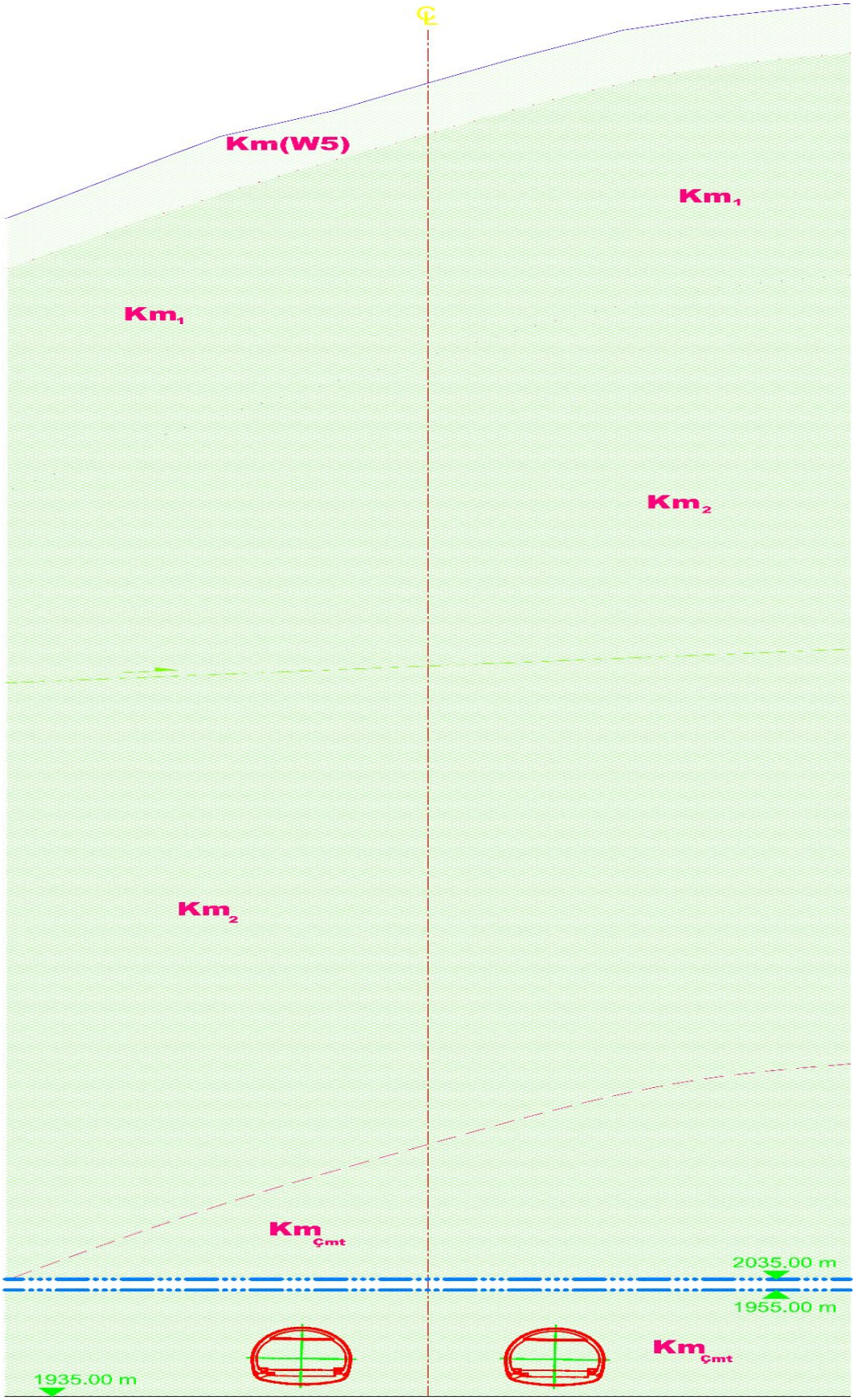
*önerilen

Tablo 8.56. Km: 66+590 ve Km: 66+780 kritik kesimleri için belirlenen parametreler

Model Km	Jeolojik Birim	C (kPa)	ϕ (°)	γ (kN/m³)	E (MPa)
66+590 – 66+780	Tpk / W5	30	21	22	14
	Tpk_1	109	25	23	73
	Tpk_2	1093	29	24	1113
	Km / W5	59	21	20	29
	Km_1	109	25	88	195
	Km_2	339	28	23	794
	$Km_{çmt}$	1650	29	25	2681



Şekil 8.29. Km: 66+590 kritik jeolojik en kesiti



Şekil 8.30. Km: 66+780 kritik jeolojik en kesiti

8.8. Km: 66+780 – 66+850 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflaması

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde için Mescitdağları formasyonun (Km/W5), (Km_1), (Km_2), ($Km_{çmt}$) ve ($Km_{kçt2}$) jeolojik birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel ($Km_{kçt2}$) jeolojik birimi içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Mescitdağları formasyonunun ($Km_{kçt2}$) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır.

8.8.1. Km: 66+780 – 66+850 Kesimi jeoteknik kaya sınıflamaları

Km: 66+780 – 66+850 kesimi için Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) için GSI değeri GSI abağı yardımı ile ve jeolojik birimlerinin tüm süreksizlik koşulları dikkate alınarakta yine aynı şekilde aşağıdaki hesaplamalar ile bulunulmuştur;

Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) km: 66+780 – 66+850 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

$Jv= 44 - 0,4 \times RQD = 44-0,4 \times 20= 36$ adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

$SR= -17,5 \times \ln Jv + 79,8$

$SR= -17,5 \times \ln 36 + 79,8$

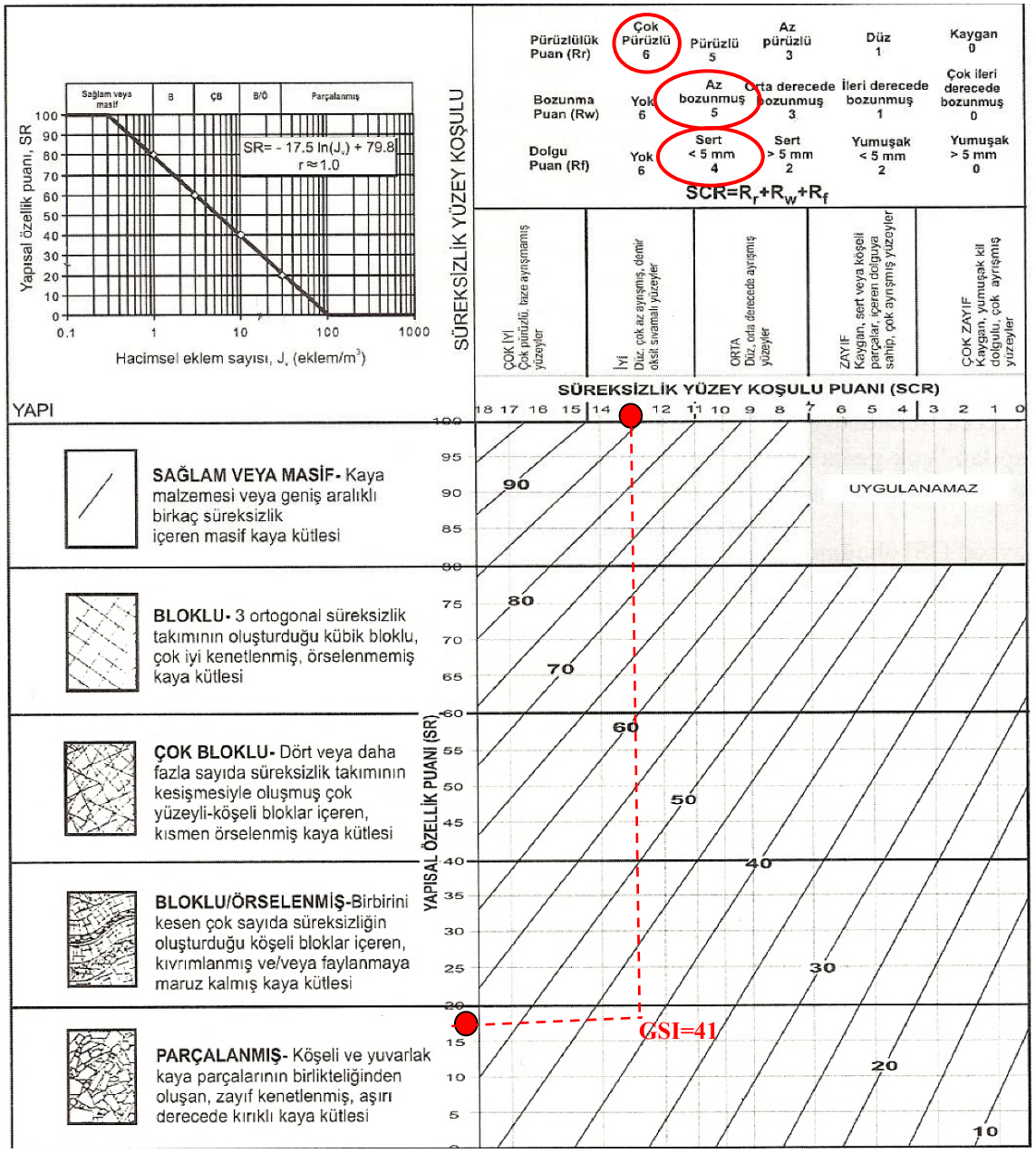
$SR= -17,5 \times 3,58 + 79,8$

$SR= 17,15$

Süreksizlik yüzey koşulu;

$SCR= Rr + Rw + Rf = 6 + 5 + 2 = 13$

Değerleri bulunarak Mescitdağları formasyonunun ($Km_{kçt2}$) GSI (jeolojik dayanım indeksi) Şekil 8.31'den 41 olarak bulunmuş ve km: 66+780–66+850 kesimi için 'Parçalanmış' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir.



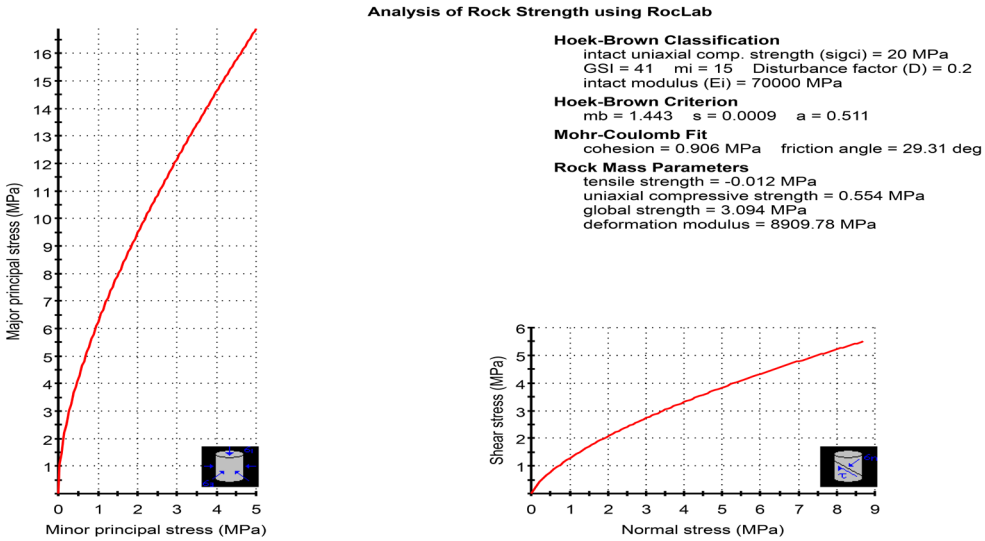
Şekil 8.31. Km: 66+780 – 66+850 kesimi Mescitdağları formasyonu (Kmkçt2) GSI sınıflandırılması

Bu birim için temel araştırma sondajlarından alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre km: 66+780 – 66+850 arası için arasında tünel seviyesindeki birim için jeoteknik girdi parametreleri verilmiş ve örtü kalınlınlığının en yüksek (900,00 metre) kısmı göz önüne alınarak hesaplanmıştır

Jeoteknik parametreler Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) km: 66+380 – 66+780 kesimi için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,20 kabul edilerek hesaplanmıştır (Tablo 8.57). Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.32).

Tablo 8.57. Km: 66+780 – 66+850 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ						
PARAMETRELER				**DEĞERLER**		
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)				20		
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi				41		
mi, Malzeme sabiti				15		
D, Örselenme faktörü				0,20		
Ei, Elastisite Modülü (MPa)				70000		
γn, Birim Ağırlık kN/m^3				27		
JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	E_m (MPa)	mb	s	a
0,20	906	29	8910	1,443	0,0009	0,511



Şekil 8.32. Mescitdağları formasyonuna ($Km_{Kçt2}$) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği

8.8.2. Km: 66+780 – 66+850 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki kayalar RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 26 bulunmuş olup zayıf kaya (IV) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.58).

Tablo 8.58. Km: 66+780 - 66+850 kesim RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
		Değerlendirme	15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu Değerlendirme			<1 m 6	1-3 m 4	3-10 m 2	10-20 m 1	>20 m 0		
Açıklık Değerlendirme			yok 6	<0.1 mm 5	0.1-1.0 mm 4	1-5 mm 1	>5 mm 0		
Pürüzlülük Değerlendirme			Çok Pürüzlü 6	Pürüzlü 5	Az Pürüzlü 3	Pürüzsüz 1	Cilalı Yüzlü 0		
Dolgu Değerlendirme			yok 6	Sert dolgu < 5mm 4	Sert Dolgu > 5mm 2	Yumuşak dolgu < 5mm 2	Yumuşak dolgu > 5mm 0		
Ayrışma Değerlendirme			Taze 6	Az Ayrışmalı 5	Orta Ayrışmalı 3	Çok Ayrışmalı 1	Bütünüyle Ayrışmalı 0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90			Dalım yönünde ilerleme dalım	Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun			Uygun		Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90			Dalıma karşı ilerleme	Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta			Olumsuz		Orta				

8.8.3. Km: 66+780 – 66+850 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.59'dan hesaplanmıştır.

Tablo 8.59. Km: 66+780 - 66+850 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) :
Km:66+780 - 66+850

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**20**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**6**
5) Jw	**:**	**0,66**
6) SRF	**:**	**5**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{0,055}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**17,9**
RQD / Jn	:	**1,66**
Jr / Ja	:	**0,25**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**3,51 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**0,63 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**35**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**C2 BASKILI**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**C2**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen C2 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.8.4. Km: 66+780 – 66+850 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri aşağıdaki Tablo 8.60'da özetlenmiştir.

Tablo 8.60. Km: 66+780 - 66+850 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0.20 icin
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	4334
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	8910
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	1666

8.8.5. Km: 66+780 – 66+850 Kesimi tünel tasarım parametreleri

Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde Mescitdağları formasyonunun ($Km_{kçt2}$) Tablo 8.61'de tasarım parametreleri tablolarda özetlenmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'C2' olarak seçilmiştir.

8.9. Km: 66+850 – 67+080 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Sınıflamaları

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde için Mescitdağları formasyonun (Km/W5), (Km_1), (Km_2), ($Km_{çmt}$) ve ($Km_{kçt2}$) jeolojik birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel ($Km_{kçt2}$) jeolojik birimi içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Mescitdağları formasyonunun ($Km_{kçt2}$) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır.

Tablo 8.61. Km: 66+780 - 66+850 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		DEĞERLER
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		20
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		41
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		70000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		27
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		900,00
c, Kohezyon (kPa)		906
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		29
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	4334
	Sönmez ve diğ.	1666
	Hoek & Diederichs	**8910***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	31
	Nihai	26
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0.055

*önerilen

8.9.1. Km: 66+850 – 67+080 Kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

Km: 66+850 – 67+080 kesimi için Mescitdağları formasyonun ($Km_{çmt}$) jeolojik birimi için GSI değeri GSI abağı yardımı ve tüm süreksizlik koşulları dikkate alınarakta yine aynı şekilde aşağıdaki hesaplamalar ile bulunulmuştur;

Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) km: 66+850 – 67+080 kesimi için;

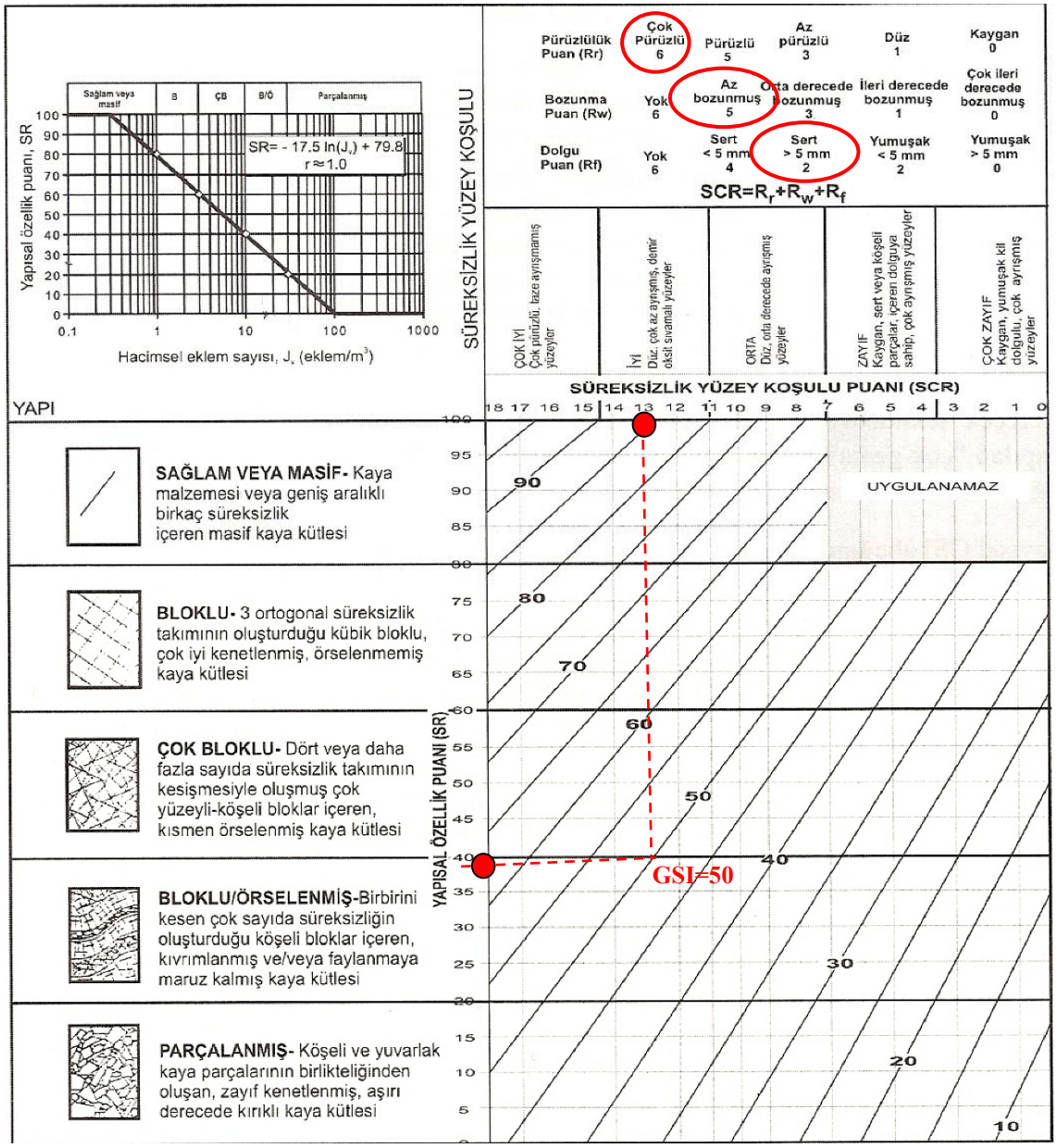
Hacimsel çatlak sayısı;

Jv= 44 - 0,4 x RQD = 44-0,4 x 85= 10 adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

SR= 39,50

Süreksizlik yüzey koşulu 13 değerleri bulunarak Mescitdağları formasyonunun ($Km_{kçt2}$) GSI (Jeolojik dayanım indeksi) Şekil 8.33'den 50 olarak bulunmuş ve km: 66+850 – 67+080 kesimi için 'Bloklu/Örselenmiş-Çok Bloklu' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir. Tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri ise 77 bulunmuştur.



Şekil 8.33. Km: 66+850 – 67+080 kesimi Mescitdağları formasyonu (Kmkçt$_2$) GSI sınıflandırılması

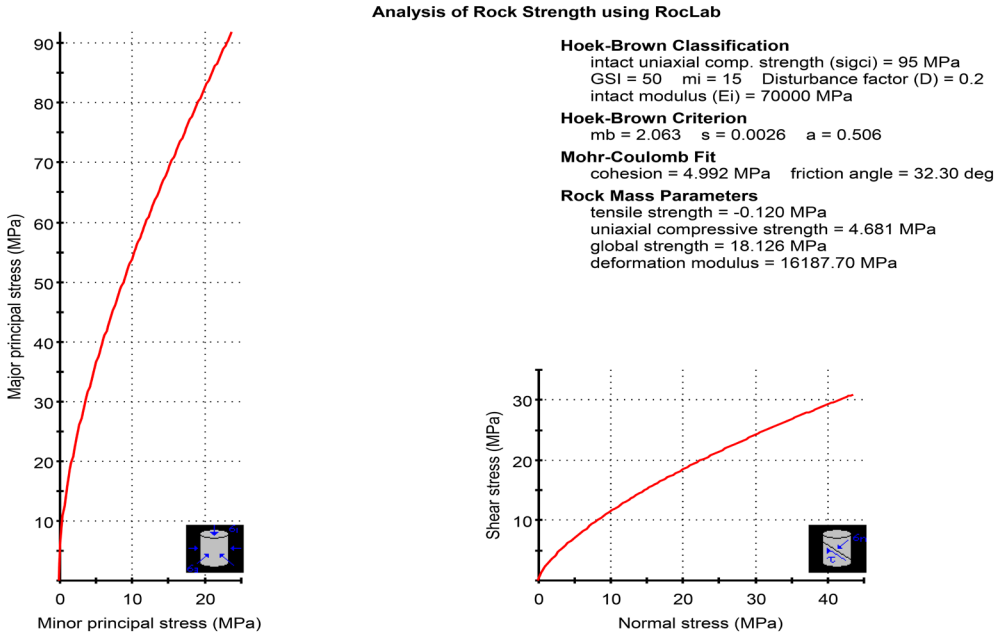
Bu birim için temel araştırma sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre km: 66+850 – 67+080 arası için arasında tünel seviyesindeki birim için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri verilmiştir. Jeoteknik parametreler Mescitdağları formasyonu (Km$_{kçt2}$) km: 66+850 – 67+080 kesimi için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,20 kabul edilerek hesaplanmıştır

(Tablo 8.62). Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.34).

Tablo 8.62. Km: 66+850 – 67+080 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	95
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	50
mi, Malzeme sabiti	15
D, Örselenme faktörü	0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	70000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	27

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	Em (MPa)	mb	s	a
0,20	4992	32	16188	2,063	0,0026	0,506



Şekil 8.34. Mescitdağları formasyonuna ($Km_{Kçt2}$) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği

8.9.2. Km: 66+850 – 67+080 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 59 bulunmuş olup 0rta kaya (III) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.63).

Tablo 8.63. Km: 66+850 - 67+080 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
	Değerlendirme		15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme		Tüneller	0	-2	-5	-10	-12		
		Tameller	0	-2	-7	-15	-25		
		Şevler	0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90			Dalım yönünde ilerleme dalım	Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun			Uygun		Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90			Dalıma karşı ilerleme	Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta			Olumsuz		Orta				

8.9.3. Km: 66+850 – 67+080 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.64'de hesaplanmıştır.

Tablo 8.64. Km: 66+850 - 67+080 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) :
Km: 66+850 - 67+080

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**85**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**1**
5) Jw	**:**	**0.66**
6) SRF	**:**	**1**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{7,013}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**61,5**
RQD / Jn	:	**7,08**
Jr / Ja	:	**1,50**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**0,70 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**4,36 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**18**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**B1 GEVREK**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**B1**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen B1 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.9.4. Km: 66+850 – 67+080 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri aşağıdaki Tablo 8.65'de özetlenmiştir.

Tablo 8.65. Km: 66+850 - 67+080 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0 ,20için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	18435
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	16188
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	5720

8.9.5. Km: 66+850 – 67+080 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) için tasarım parametreleri Tablo 8.66'da özetlenmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'B1' olarak seçilmiştir. Bu bölümde Km: 67+000 ile km: 67+040 'kritik kesim' olarak belirlenmiş ve bu kesimlere ait jeolojik en kesitleri Şekil 8.35 ve Şekil 8.36'da verilmiştir. Karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yukarıda ayrıntılı özellikleri verilen Kırık tüneli km: 66+850 – 67+080 arasında kalan kesim için önerilen kritik kesim için tasarım parametreleri ise Tablo 8.67'de özetlenmiştir.

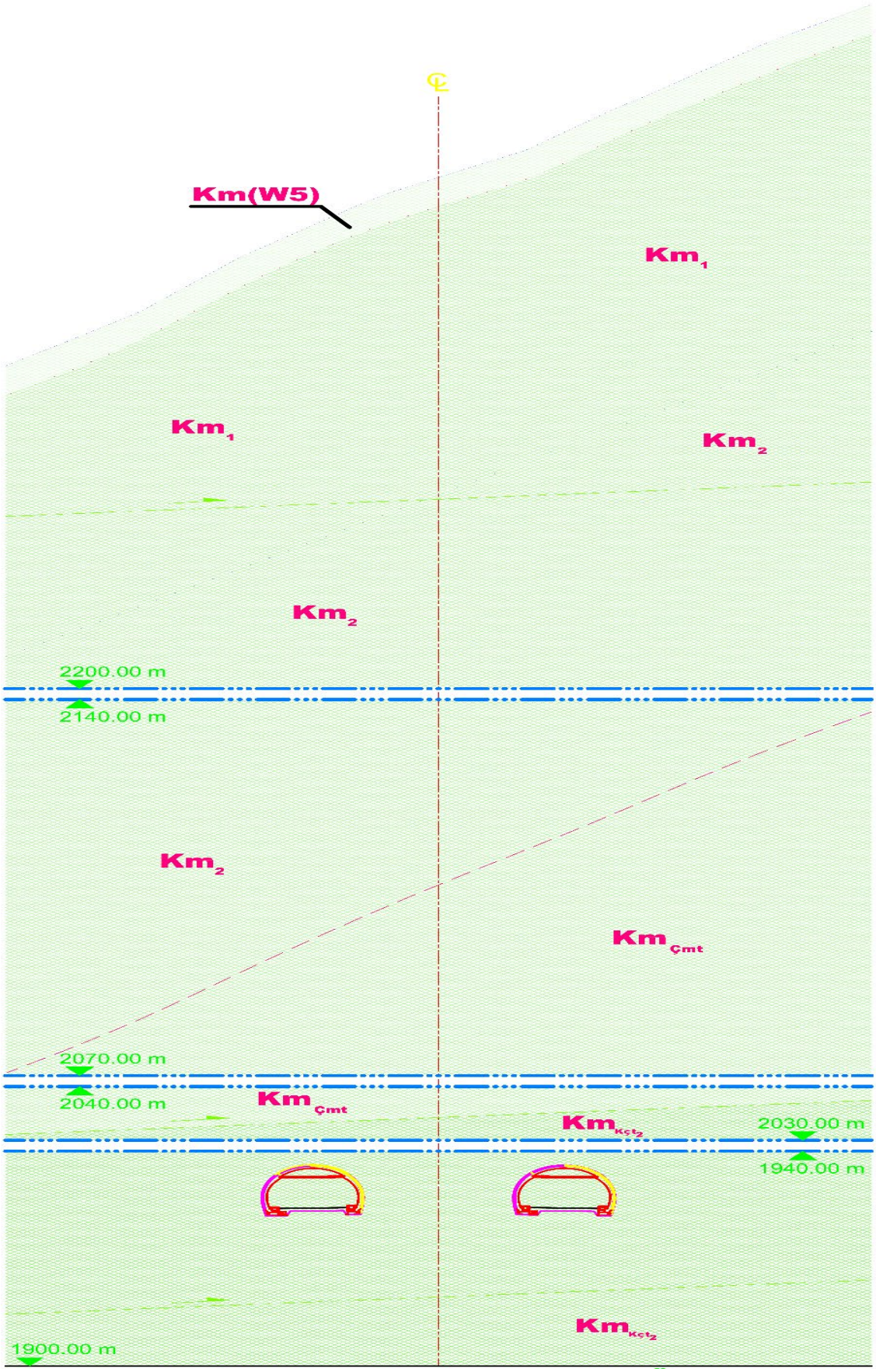
Tablo 8.66. Km: 66+850 - 67+080 arası Mescitdağları formasyonunun ($Km_{kçt2}$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		DEĞERLER
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		95
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		50
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		70000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		27
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		900,00
c, Kohezyon (kPa)		4992
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		32
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	18435
	Sönmez ve diğ.	5720
	Hoek & Diederichs	**16188***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	64
	Nihai	59
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		7,013

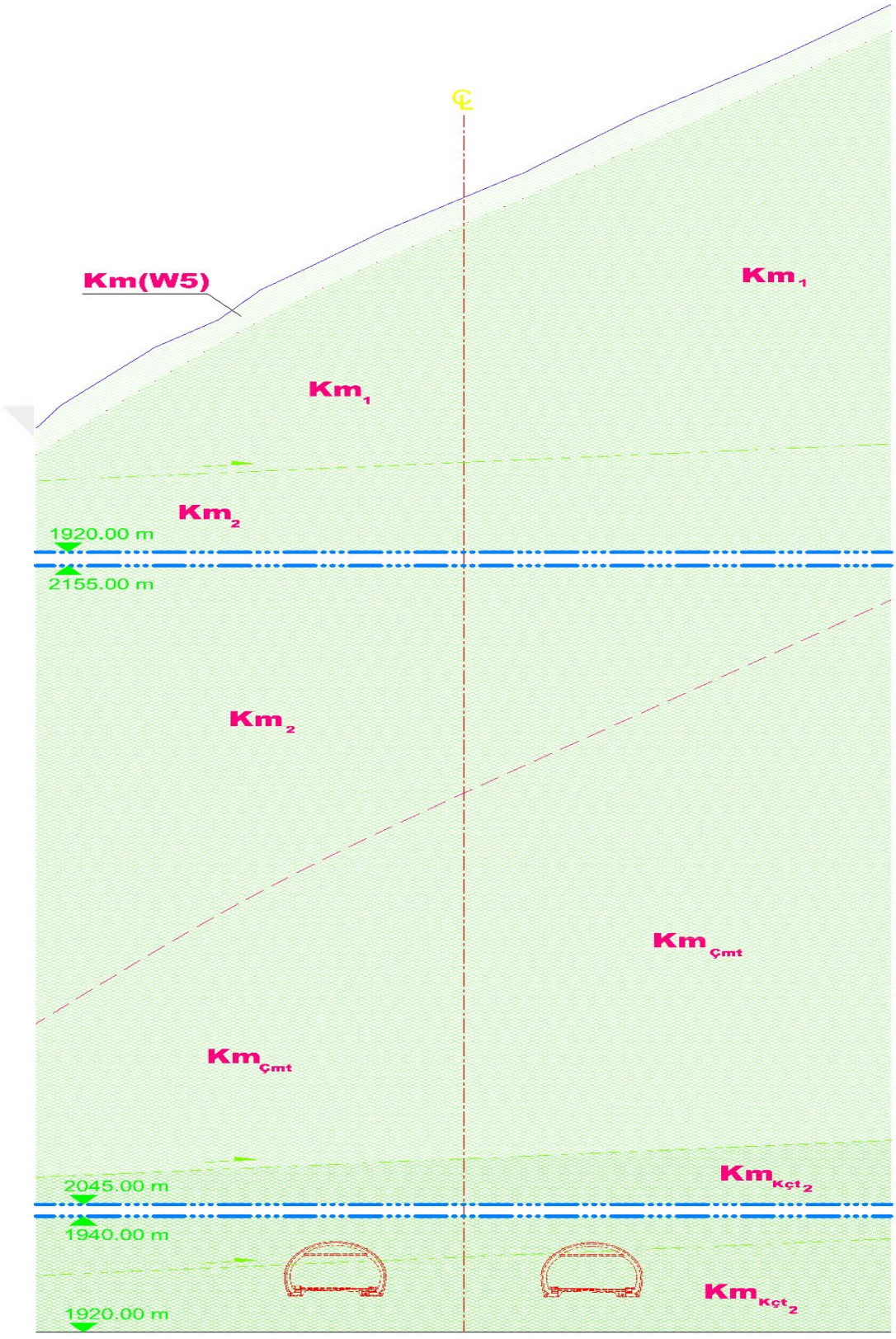
*önerilen

Tablo 8.67. Km: 67+000 – 67+040 kritik kesim için belirlenen parametreler

Model Km	Jeolojik Birim	C (kPa)	ϕ (°)	γ (kN/m^3)	E (MPa)
67+000 – 67+040	Km / W5	59	21	20	29
	Km_1	109	25	22	195
	Km_2	339	28	23	794
	$Km_{çmt}$	1650	29	25	2681
	$Km_{kçt2}$	4992	32	27	16188



Şekil 8.35. Km: 67+000 kritik jeolojik en kesit



Şekil 8.36. Km: 67+040 kritik jeolojik en kesit

8.10. Km: 67+080 – 67+150 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde için Mescitdağları formasyonun (Km/W5), (Km_1), (Km_2), ($Km_{çmt}$) ve ($Km_{kçt2}$) jeolojik birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel ($Km_{kçt2}$) jeolojik birimi içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Mescitdağları formasyonunun ($Km_{kçt2}$) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır.

8.10.1. Km: 67+080 – 67+150 Kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

Km: 67+080 – 67+150 kesimi için Mescitdağları formasyonun formasyonun ($Km_{kçt2}$) jeolojik biriminin ise GSI değerleri bu kesim için aşağıdaki hesaplamalar ile bulunulmuştur;

Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) km: 67+080 – 67+150 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

$Jv = 44 - 0,4 \times RQD = 44-0,4 \times 70 = 16$ adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

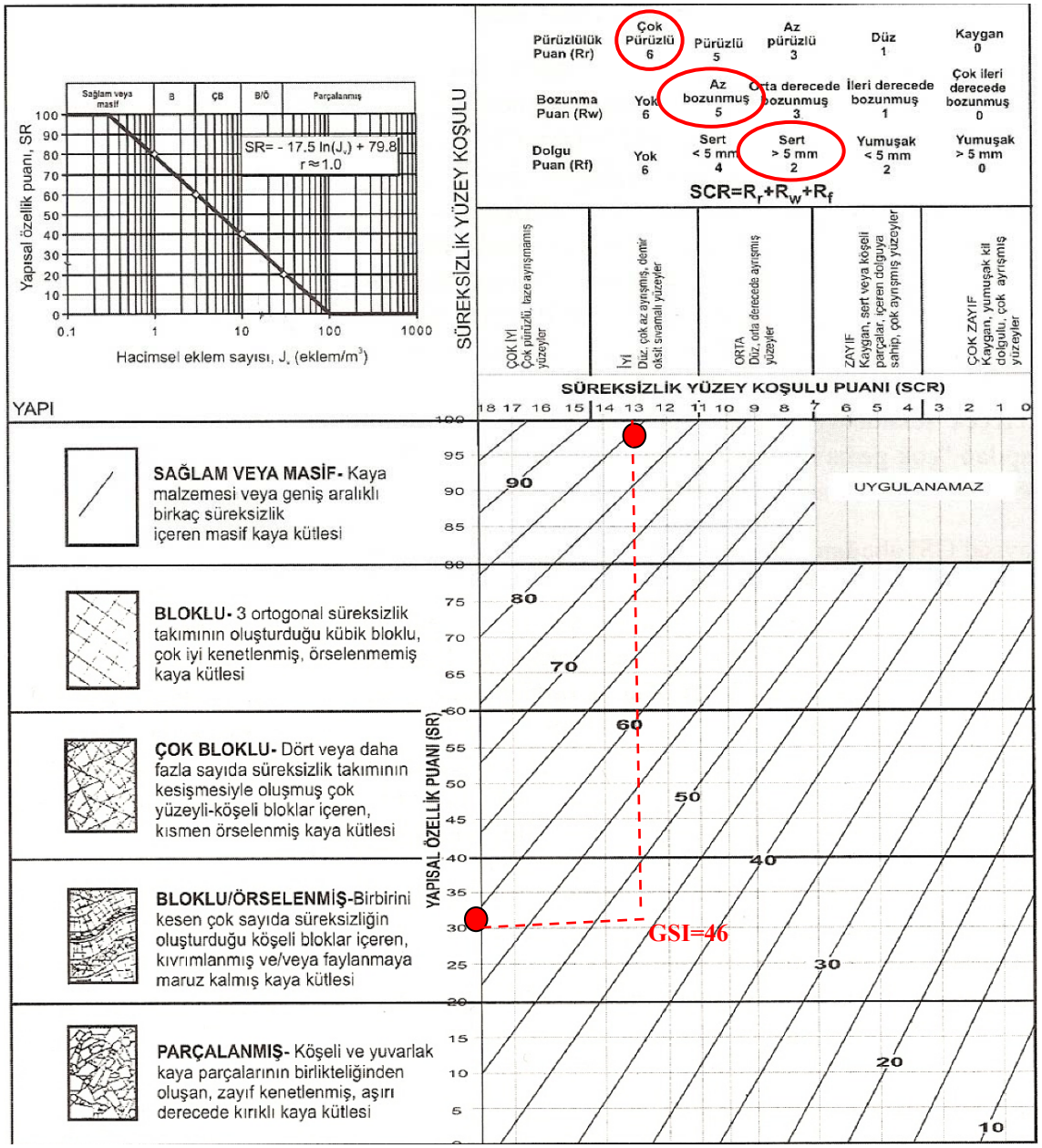
$SR = -17,5 \times \ln Jv + 79,8$

$SR = -17,5 \times \ln 16 + 79,8$

$SR = -17,5 \times 2,77 + 79,8$

$SR = 31,27$

Süreksizlik yüzey koşulu değeri 13 değerleri bulunarak Mescitdağları formasyonunun ($Km_{kçt2}$) GSI (jeolojik dayanım indeksi) Şekil 8.37'den 46 olarak bulunmuş ve km: 67+080 – 67+150 kesimi için 'Bloklu/Örselenmiş mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir. Tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri ise 67'dir.



Şekil 8.37. Km: 67+080 – 67+150 kesimi Mescitdağları formasyonu (Kmkçt$_2$) GSI sınıflandırılması

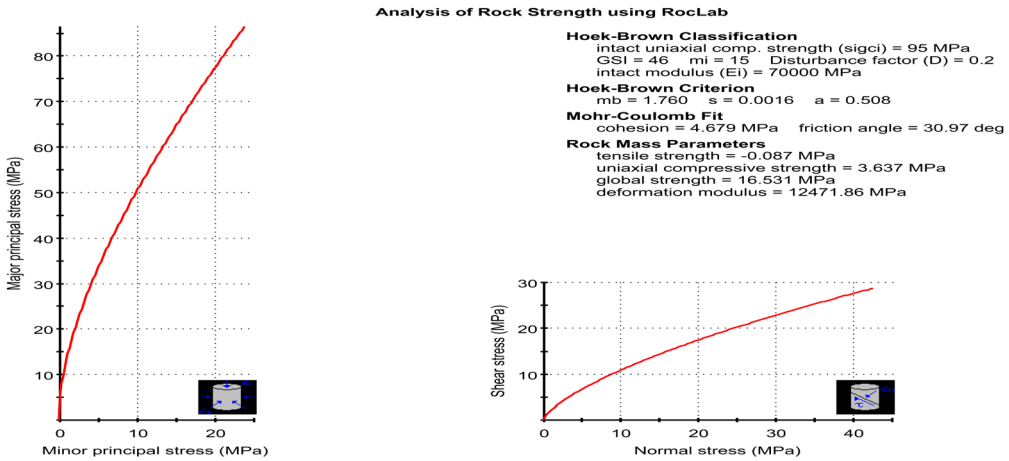
(Km$_{kçt2}$) birimi için temel araştırma sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre km: 67+080 – 67+150 arası için arasında tünel seviyesindeki birim için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri verilmiştir (Tablo 8.68).

Jeoteknik girdi parametreleri Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) km: 67+080 – 67+150 kesimi için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,20 kabul edilerek hesaplanmıştır. Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.38).

Tablo 8.68. Km: 67+080 – 67+150 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	95
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	46
mi, Malzeme sabiti	15
D, Örselenme faktörü	0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	70000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	27

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	E_m (MPa)	mb	s	a
0,20	4679	31	12472	1,760	0,0016	0,508



Şekil 8.38. Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği

8.10.2. Km: 67+080 – 67+150 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 50 bulunmuş olup orta kaya (III) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.69).

Tablo 8.69. Km:67+080 - 67+150 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER										
Parametreler			Değer Aralığı							
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
		Değerlendirme	15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90		Dalım yönünde ilerleme dalım		Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun		Uygun			Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90		Dalıma karşı ilerleme		Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta		Olumsuz			Orta				

8.10.3. Km: 67+080 – 67+150 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.70'den hesaplanmıştır.

Tablo 8.70. Km:67+080 - 67+150 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) :
Km:67+080 - 67+150

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**70**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**3**
5) Jw	**:**	**0,66**
6) SRF	**:**	**1**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{1,925}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**49,9**
RQD / Jn	:	**5,83**
Jr / Ja	:	**0,50**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**1,07 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**2,60 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**23**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**B2 ÇOK GEVREK**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**B2**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen B2 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.10.4. Km: 67+080 – 67+150 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri aşağıdaki Tablo 8.71'de özetlenmiştir.

Tablo 8.71. Km: 67+080 - 67+150 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0,20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	12944
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	12472
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	9282

8.10.5. Km: 67+080 – 67+150 Kesimi tünel tasarım parametreleri

Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) için Tablo 8.72'de tasarım parametreleri özetlenmiştir.

Tablo 8.72. Km: 66+850 - 67+080 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		DEĞERLER
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		95
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		46
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		70000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		27
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		900,00
c, Kohezyon (kPa)		4679
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		31
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	12944
	Sönmez ve diğ.	9282
	Hoek & Diederichs	**12472***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	55
	Nihai	50
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		1.925

Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'B2' olarak seçilmiştir.

8.11. Km: 67+150 – 69+550 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde Mescitdağları formasyonun (Km/W5), (Km_1), (Km_2), ($Km_{çmt}$), ($Km_{kçt2}$) ve ($Km_{kçt1}$) jeolojik birimlerinden, Hatungüney formasyonun için ise (JKh_2) birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel ($Km_{kçt2}$) jeolojik birimi içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Mescitdağları formasyonunun ($Km_{kçt2}$) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır.

8.11.1. Km: 67+150 – 69+550 Kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

Km: 67+150 – 69+550 kesimi için Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt1}$) GSI değeri (GSI değeri 50) Bölüm 8.9'da hesaplanıldığı şekliyle aynı olup bu kesim için Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt1}$) birimi ile Hatungüney formasyonun (JKh_2) birimlerin GSI değerleri abak yardımı ile ve tüm süreksizlik durumlarının toplam değerine göre GSI değerlerine yer verilmiş olup aşağıdaki hesaplamalar ile bulunulmuştur;

Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt1}$) km: 67+150 – 69+550 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

$Jv = 44 - 0,4 \times RQD = 44-0,4 \times 45 = 26$ adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

$SR = -17,5 \times \ln Jv + 79,8$

$SR = -17,5 \times \ln 26 + 79,8$

$SR = -17,5 \times 3,25 + 79,8$

SR= 22,78

Süreksizlik yüzey koşulu;

SCR= Rr + Rw + Rf = 5 + 3 + 2 = 10

Değerleri bulunarak Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçtl}$) km: 67+150 – 69+550 kesimi için GSI (Jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.39'dan 36 olarak bulunmuş ve 'Bloklu/Örselenmiş' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir.

Ayrıca Mescitdağları formasyonunun ($Km_{kçtl}$) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri;

GSI= 1.5 x Jcond89 + RQD/2 bağıntısından

Jcond89 = 23 (Süreksizlik koşullarının toplam değeri)

RQD = 45

GSI = 57

Hatungüney formasyonu (JKh_2) km: 67+150 – 69+550 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

Jv= 44 - 0,4 x RQD = 44-0,4 x 70= 16 adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

SR= -17,5 x lnJv + 79,8

SR= -17,5 x ln16 + 79,8

SR= -17,5 x 3,25 + 79,8

SR= 31,28

Süreksizlik yüzey koşulu;

SCR= Rr + Rw + Rf = 5 + 5 + 2 = 12

Değerleri bulunarak Hatungüney formasyonu (JKh_2) km: 67+150 – 69+550 kesimi için GSI (Jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.40'dan 44 olarak bulunmuş ve 'Bloklu/Örselenmiş' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir.

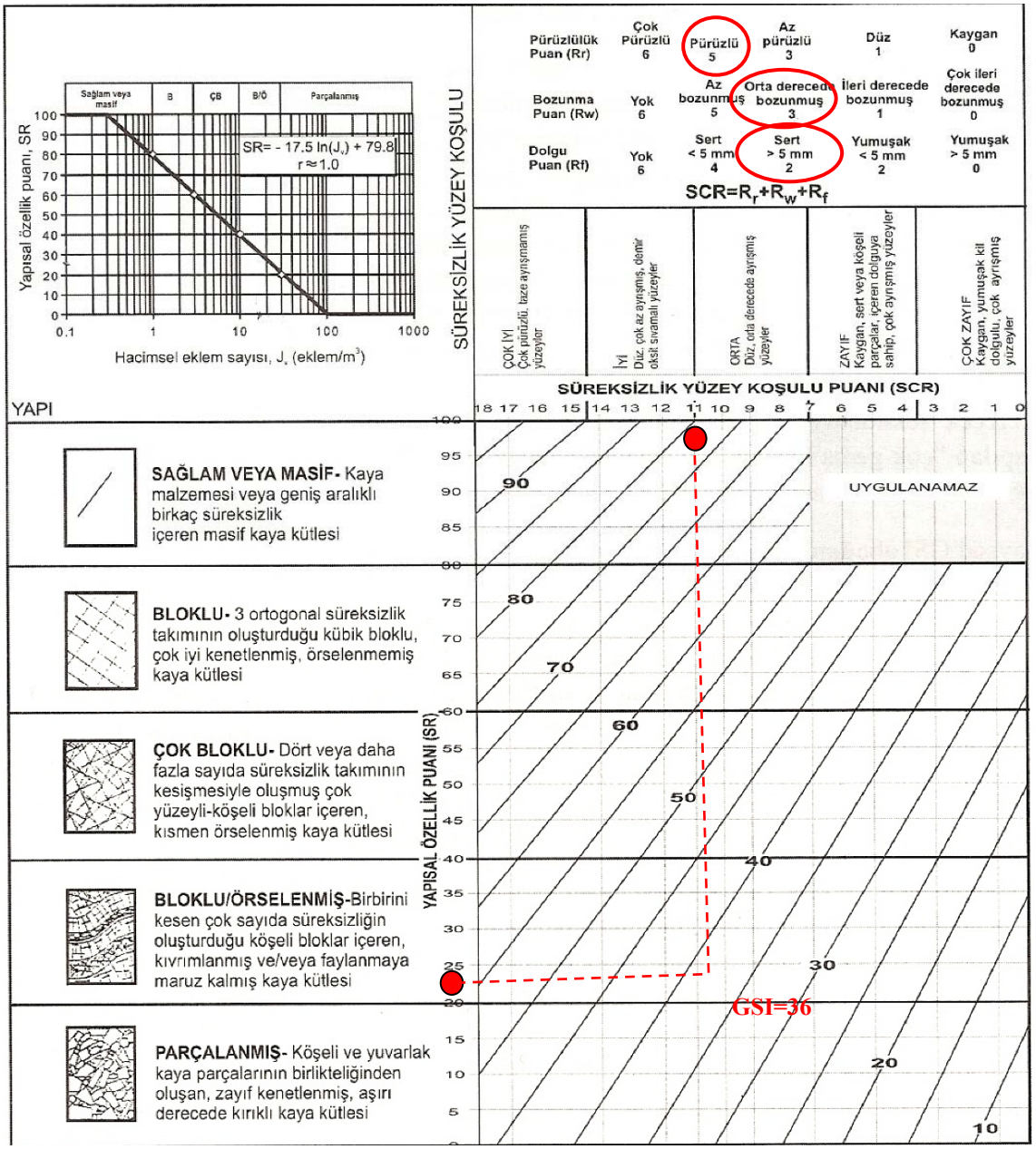
Ayrıca Hatungüney formasyonunun (JKh_2) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri;

GSI= 1,5 x Jcond89 + RQD/2 bağıntısından

Jcond89 = 23 (Süreksizlik koşullarının toplam değeri)

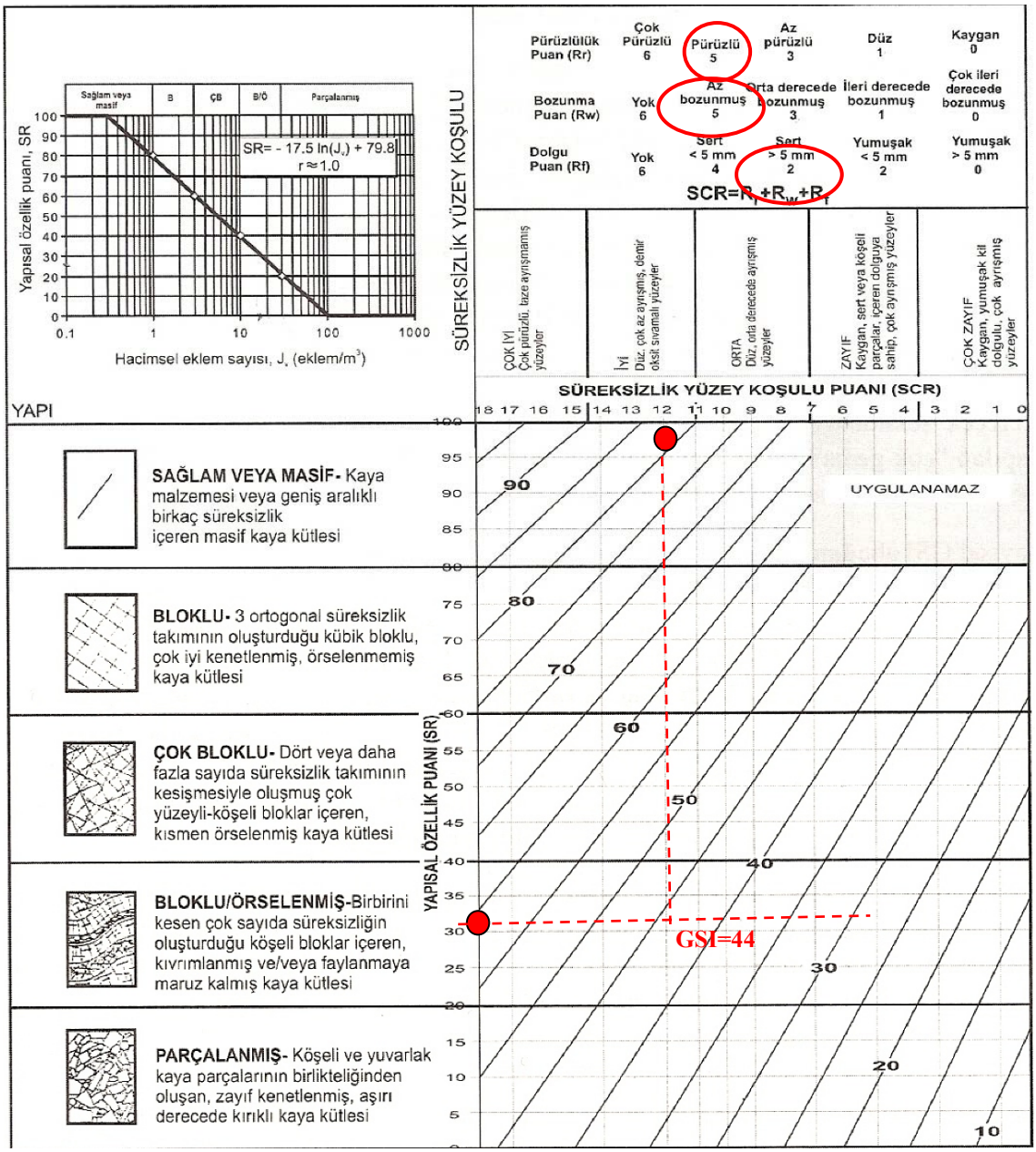
RQD = 70

GSI = 70



Şekil 8.39. Km: 67+150 – 69+550 kesim Mescitdağları formasyonu ($Kmkçt_1$) GSI sınıflandırılması

Bu birim için temel araştırma sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre km: 67+150 – 69+550 arası için arasında tünel seviyesindeki birim Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt1}$) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri verilmiş ve örtü kalınlınlığının en yüksek (90,00 metre) kısmı göz önüne alınarak hesaplanmıştır (Tablo 8.73).



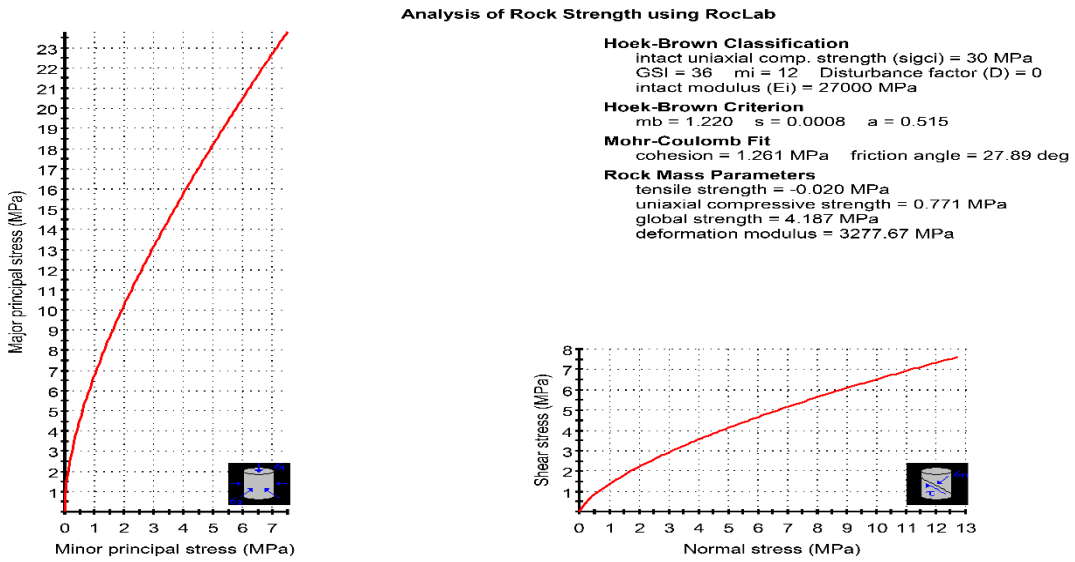
Şekil 8.40. Km: 67+150 – 69+550 kesim Hatungüney formasyonunun (JKh_2) GSI sınıflandırılması

Bu birim için temel araştırma sondajlardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden ortalama değerler saptanmıştır. Buna göre Km: 67+150 – 69+550 kesimi için arasında tünel seviyesindeki birim Hatungüney formasyonunun (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri verilmiş ve örtü kalınlınlığının en yüksek (510,00 metre) kısmı göz önüne alınarak hesaplanmıştır (Tablo 8.74).

Jeoteknik parametreler km: 67+150 – 69+550 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçtl}$) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0 kabul edilerek hesaplanmıştır. Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.41).

Tablo 8.73. Km: 67+150 – 69+550 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçtl}$) için jeoteknik girdi parametreleri

<table>
<tr><th colspan="7">JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ</th></tr>
<tr><th colspan="4">PARAMETRELER</th><th colspan="3">DEĞERLER</th></tr>
<tr><td colspan="4">UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)</td><td colspan="3">30</td></tr>
<tr><td colspan="4">GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi</td><td colspan="3">36</td></tr>
<tr><td colspan="4">mi, Malzeme sabiti</td><td colspan="3">12</td></tr>
<tr><td colspan="4">D, Örselenme faktörü</td><td colspan="3">0</td></tr>
<tr><td colspan="4">Ei, Elastisite Modülü (MPa)</td><td colspan="3">27000</td></tr>
<tr><td colspan="4">γn, Birim Ağırlık kN/m^3</td><td colspan="3">25</td></tr>
<tr><th colspan="7">JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ</th></tr>
<tr><th rowspan="2">Örselenme faktörü</th><th rowspan="2">Kohezyon</th><th rowspan="2">İçsel sürtünme açısı</th><th rowspan="2">Deformasyon modülü</th><th colspan="3" rowspan="2">Hoek-Brown Ölçütleri</th></tr>
<tr></tr>
<tr><td rowspan="2">D</td><td>c</td><td>Ø</td><td>Em</td><td>mb</td><td>s</td><td>a</td></tr>
<tr><td>(kPa)</td><td>(°)</td><td>(MPa)</td><td>1,220</td><td>0,0008</td><td>0,515</td></tr>
</table>



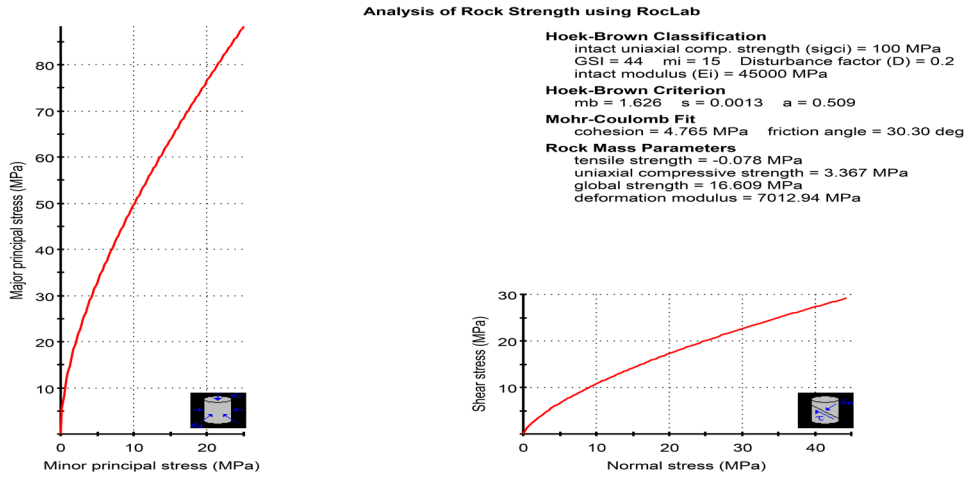
Şekil 8.41. Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçtl}$) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği

Jeoteknik parametreler km: 67+150 – 69+550 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_2) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,20 kabul edilerek hesaplanmıştır. Hesaplamalarda RockLab yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.42).

Tablo 8.74. Km: 67+150 – 69+550 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_2) için jeoteknik girdi parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	100
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	44
mi, Malzeme sabiti	15
D, Örselenme faktörü	0.20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	45000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	26

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	E_m (MPa)	mb	s	a
0.20	4765	30	7013	1,626	0,0013	0,509



Şekil 8.42. Hatungüney formasyonun (JKh_2) ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafiği

8.11.2. Km: 67+150 – 69+550 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 62 bulunmuş olup iyi kaya (II) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.75).

Tablo 8.75. Km: 67+150 - 69+550 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
	Değerlendirme		15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90			Dalım yönünde ilerleme dalım	Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun			Uygun		Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90			Dalıma karşı ilerleme	Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta			Olumsuz		Orta				

8.11.3. Km: 67+150 – 69+550 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.76'dan hesaplanmıştır.

Tablo 8.76. Km: 67+150 - 69+550 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) :
Km: 67+150 - 69+550

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**85**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**1**
5) Jw	**:**	**0.5**
6) SRF	**:**	**1**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{5,311}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**59**
RQD / Jn	:	**7,08**
Jr / Ja	:	**1,50**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**0,76 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**3,90 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**23**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**B1 GEVREK**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**B1**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen B1 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.11.4. Km: 67+150 – 69+550 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri aşağıdaki Tablo 8.77, Tablo 8.78 ve Tablo 8.79'da özetlenmiştir.

Tablo 8.77. Km: 67+150 - 69+550 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt1}$) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	7972
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	3278
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	7930

Tablo 8.78. Km: 67+150 - 69+550 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0.20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	20668
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	16188
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	20560

Tablo 8.79. Km: 67+150 - 69+550 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0.20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	13286
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	7013
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	13216

8.11.5. Km: 67+150 – 69+550 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt1}$) için Tablo 8.80'de, Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt2}$) Tablo 8.81'de ve Hatungüney formasyonu (JKh_2) için Tablo 8.82'de tasarım parametreleri verilmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'B1' olarak seçilmiştir. Bu bölümde km: 68+800 ve km: 69+200 'kritik kesim' olarak belirlenmiş ve bu kesimlere ait jeolojik en kesitleri Şekil 8.43 ve Şekil 8.44'de sunulmuştur. Yukarıda ayrıntılı özellikleri verilen Kırık tüneli km: 67+150 – 69+550 arasında kalan kesim için önerilen kritik kesim için tasarım parametreleri ise Tablo 8.83'da özetlenmiştir.

Tablo 8.80. Km: 67+150 - 69+550 kesimi Mescitdağları formasyonu ($Km_{kçt1}$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		30
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		36
mi, Malzeme sabiti		112
D, Örselenme faktörü		0
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		27000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		25
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		90,00
c, Kohezyon (kPa)		1261
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		28
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	7972
	Sönmez ve diğ.	7930
	Hoek & Diederichs	**3278***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	67
	Nihai	62
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		5.311

*önerilen

Tablo 8.81. Km: 67+150 - 69+550 kesimi Mescitdağları formasyonun ($Km_{kçt2}$) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		DEĞERLER
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		100
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		44
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		45000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		26
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		510
c, Kohezyon (kPa)		4765
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		30
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	13286
	Sönmez ve diğ.	13216
	Hoek & Diederichs	**7013***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	67
	Nihai	62
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		5.311

*önerilen

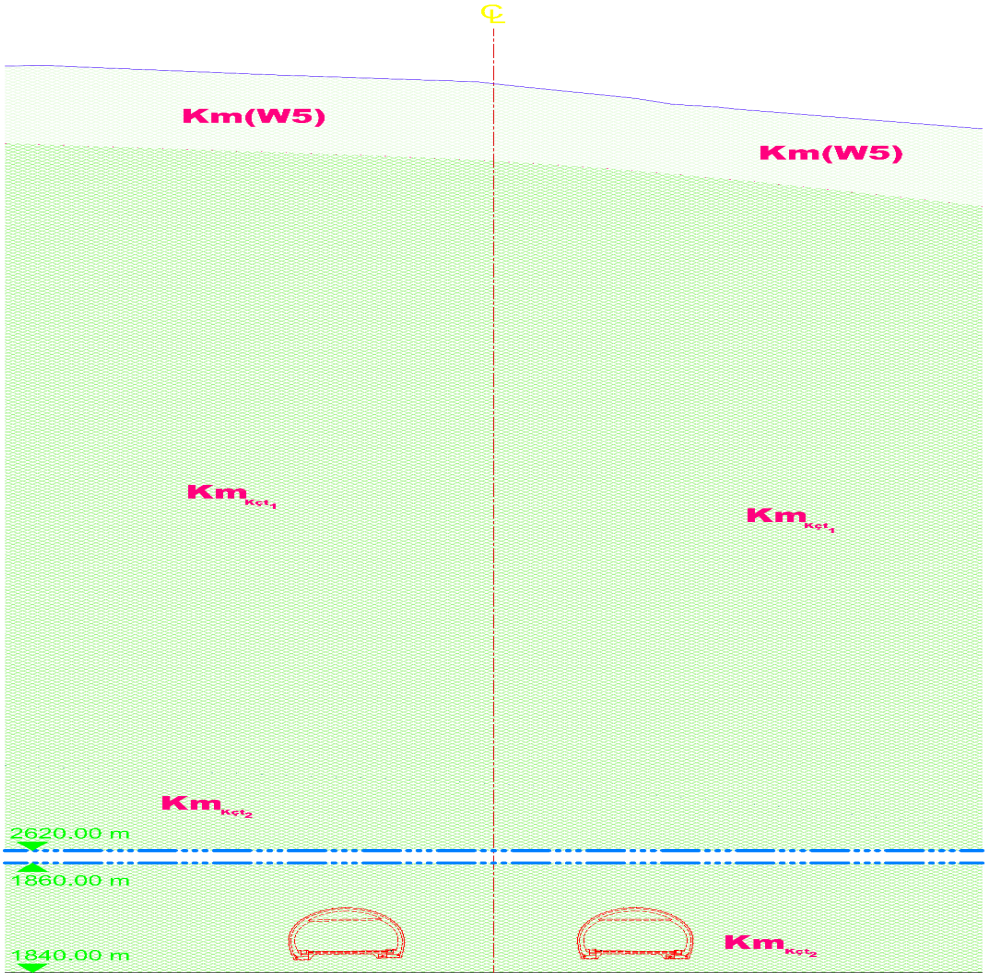
Tablo 8.82. Km: 67+150 - 69+550 kesimi Hatungüney formasyonun (JKh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		DEĞERLER
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		110
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		50
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		70000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		27
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		900,00
c, Kohezyon (kPa)		5781
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		32
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	20668
	Sönmez ve diğ.	20560
	Hoek & Diederichs	**16188***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	67
	Nihai	62
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		5,311

*önerilen

Tablo 8.83. Km: 67+150 - 69+550 kesimi kritik kesim için belirlenen parametreler

Model Km	Jeolojik Birim	C (kPa)	ϕ (°)	γ (kN/m³)	E (MPa)
67+000 – 67+040	Km / W5	59	21	20	29
	Km_1	109	21	22	195
	Km_2	282	30	23	794
	$Km_{çmt}$	1650	29	25	2681
	$Km_{kçt2}$	5781	32	27	16188
	$Km_{kçt1}$	1261	28	25	3278



Şekil 8.43. Km: 68+800 kritik jeolojik en kesit

Şekil 8.44. Km: 69+200 rastlayan kritik jeolojik en kesit

8.12. Km: 69+550 – 69+630 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde Mescitdağları formasyonun (Km/W5), ($Km_{kçt1}$) ve ($Km_{kçt2}$) ile Hatungüney formasyonun (JKh_2) jeolojik birimlerinden, Hatungüney formasyonun için ise (JKh_2) birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel Hatungüney formasyonun (JKh_2) jeolojik birimi içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Hatungüney formasyonun (JKh_2) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır.

8.12.1. Km: 69+550 – 69+630 kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

Km: 69+550 – 69+630 kesimi için Hatungüney formasyonun (JKh_2) birimlerin GSI abak yardımı ile tüm süreksizlik durumlarının toplam değerine göre GSI değerleri aşağıdaki hesaplamalar ile bulunulmuştur;

Hatungüney Formasyonu (JKh_2) km: 69+550 – 69+630 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

$Jv = 44 - 0,4 \times RQD = 44-0,4 \times 25 = 34$ adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

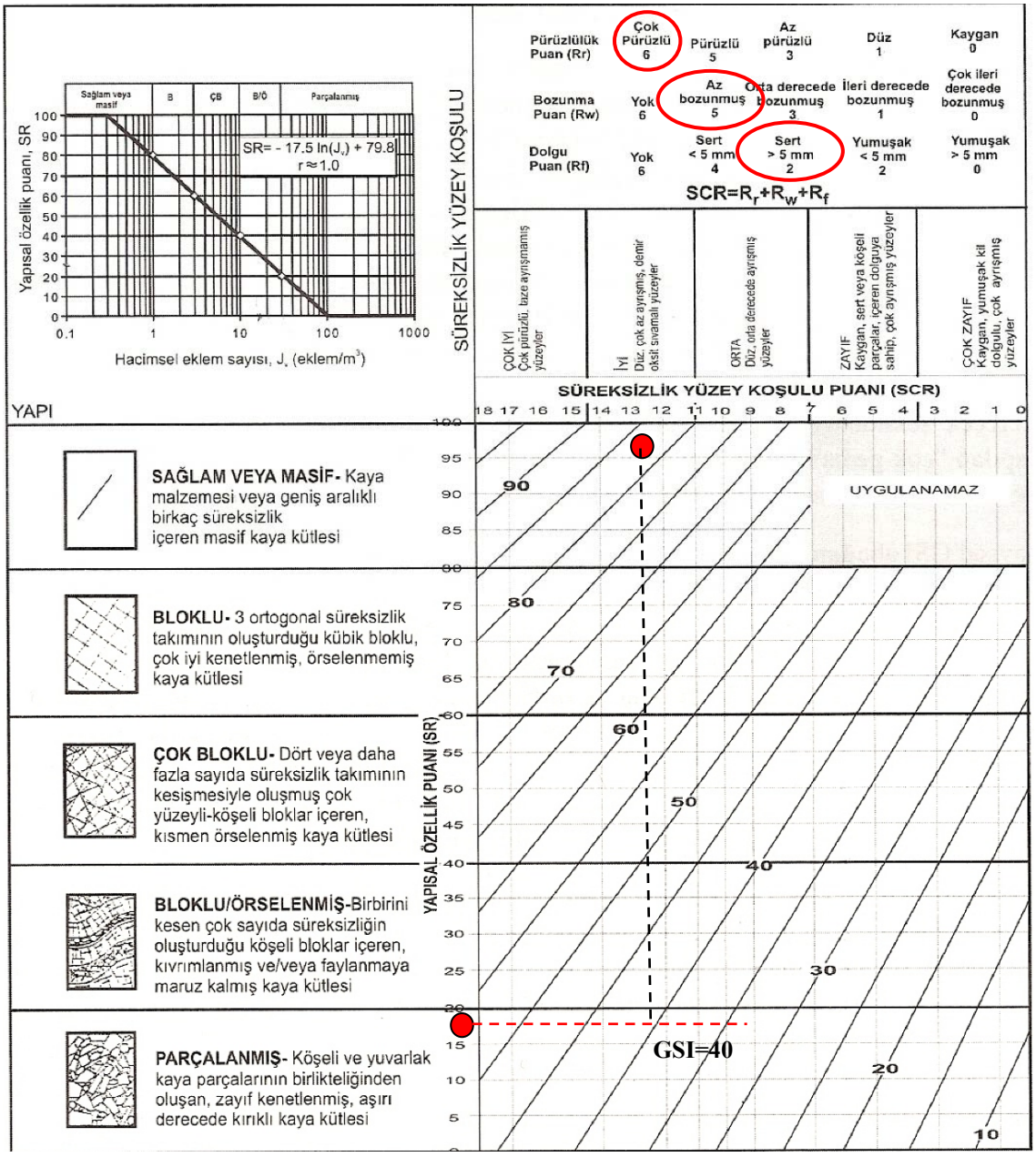
$SR = -17,5 \times \ln Jv + 79,8$

$SR = -17,5 \times \ln 34 + 79,8$

$SR = -17,5 \times 3,25 + 79,8$

$SR = 18,08$

Süreksizlik yüzey koşulu 13 değeri bulunarak Hatungüney formasyonu (JKh_2) km: 69+550 – 69+630 kesimi için GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.45'den 40 olarak bulunmuş ve 'Parçalanmış' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir. Tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri ise 41 olarak bulunmuştur.



Şekil 8.45. Km: 69+550 – 69+630 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh$_2$) GSI sınıflandırılması

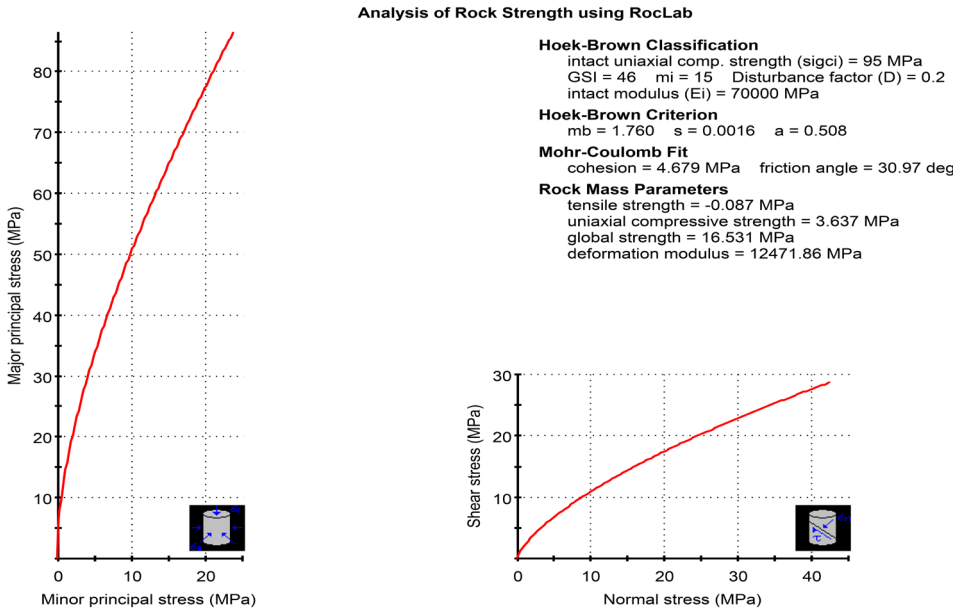
Yapılan değerlendirmeler sonucunda km: 69+550 – 69+630 kesimi için Hatungüney formasyonu (JKh$_2$) biriminin GSI sınıflama değeri 'Parçalanmış' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğinde ki kaya grubunu temsil ettiği görülmektedir. Jeoteknik parametreler km: 69+550 – 69+630 kesimi için Hatungüney formasyonu (JKh$_2$) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,20 kabul edilerek hesaplanmıştır (Tablo 8.84).

Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve bu seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.46).

Tablo 8.84. Km: 69+550 – 69+630 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	20
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	40
mi, Malzeme sabiti	15
D, Örselenme faktörü	0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	45000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	26

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	E_m (MPa)	mb	s	a
0,20	890	28	5354	1,387	0,0008	0,511



Şekil 8.46. Hatungüney formasyonu (JKh_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği

8.12.2. Km: 69+550 – 69+630 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu krsiminde birimler RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 36 bulunmuş olup zayıf kaya (IV) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.85).

Tablo 8.85. Km: 69+550 - 69+630 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
		Değerlendirme	15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90		Dalım yönünde ilerleme dalım		Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun		Uygun			Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90		Dalıma karşı ilerleme		Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta		Olumsuz			Orta				

8.12.3. Km:69+550 – 69+630 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.86'dan hesaplanmıştır.

Tablo 8.86. Km: 69+550 - 69+630 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması)
Km: 69+550 – 69+630

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**25**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**3**
5) Jw	**:**	**0,66**
6) SRF	**:**	**2.5**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{0,275}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**32,4**
RQD / Jn	:	**2,08**
Jr / Ja	:	**0,50**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**2,05 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**1,19 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**32**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**B3 TANELİ**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**B3**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen B3 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.12.4. Km: 69+550 – 69+630 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri aşağıdaki Tablo 8.87'te özetlenmiştir.

Tablo 8.87. Km: 69+550 - 69+630 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0.20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	4560
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	5354
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	2196

8.12.5. Km: 69+550 – 69+630 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde, Hatungüney formasyonu (JKh_2) için Tablo 8.89'da tasarım parametreleri verilmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır (Tablo 8.88). Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'B3' olarak seçilmiştir. Bu bölümde km: 69+580 'kritik kesim' olarak belirlenmiş ve bu kesime ait jeolojik en kesitleri Şekil 8.47'de sunulmuştur.

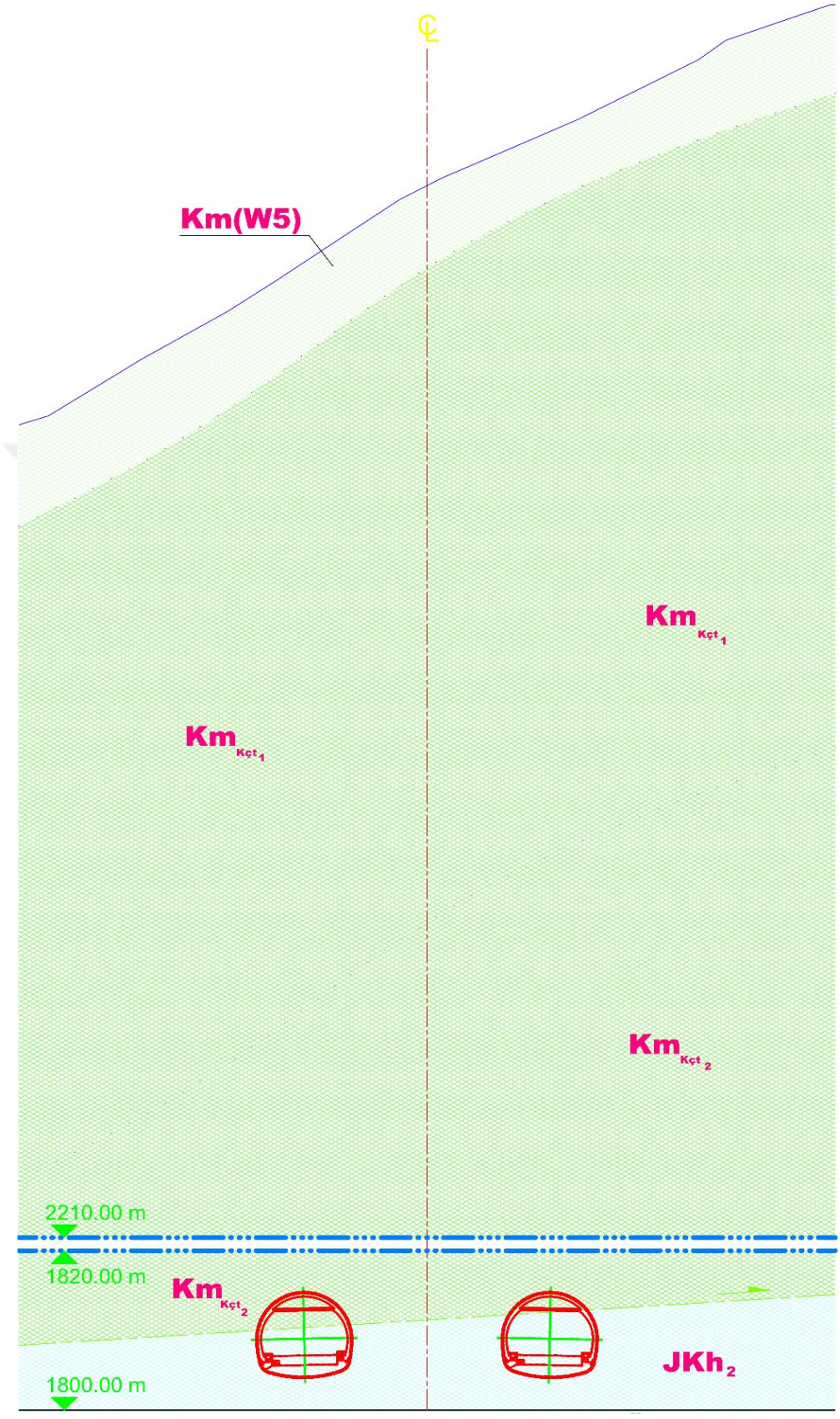
Tablo 8.88. Km: 69+580 kritik kesim için belirlenen parametreler

Model Km	Jeolojik Birim	C (kPa)	ϕ (°)	γ (kN/m³)	E (MPa)
69+580	Km / W5	59	21	20	29
	$Km_{kçt1}$	1261	28	25	3278
	$Km_{kçt2}$	4992	32	27	16188
	Jkh_2	890	28	26	5354

Tablo 8.89. Km: 69+550 - 69+630 kesimi Hatungüney formasyonun (JKh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		20
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		40
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		45000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		26
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		510
c, Kohezyon (kPa)		890
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		28
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	4560
	Sönmez vd.	2196
	Hoek & Diederichs	**5354***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	35
	Nihai	30
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0.275

*önerilen



Şekil 8.47. Km: 69+580 kritik jeolojik en kesit

8.13. Km: 69+630 – 70+760 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde Mescitdağları formasyonunun (Km / W5), ($Km_{kçt1}$), ($Km_{kçt2}$) ve Hatungüney formasyonlarının (JKh_1), (JKh/W5) ve (JKh_2) birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel Hatungüney formasyonun (JKh_2) jeolojik birimi içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Hatungüney formasyonunun (JKh_2) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır.

8.13.1. Km: 69+630 – 70+760 Kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

Km: 69+630 – 70+760 arası Hatungüney formasyonu (JKh_2) biriminin bu kesim için GSI değerleri ile bu kesimi oluşturan birimin tüm süreksizlik durumlarının toplam değeri dikkate alınarak hesaplan GSI değerleri ise şu şekildedir;

Hatungüney Formasyonu (JKh_2) km: 69+630 – 70+760 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

$Jv= 44 - 0,4 \times RQD = 44-0,4 \times 70= 16$ adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

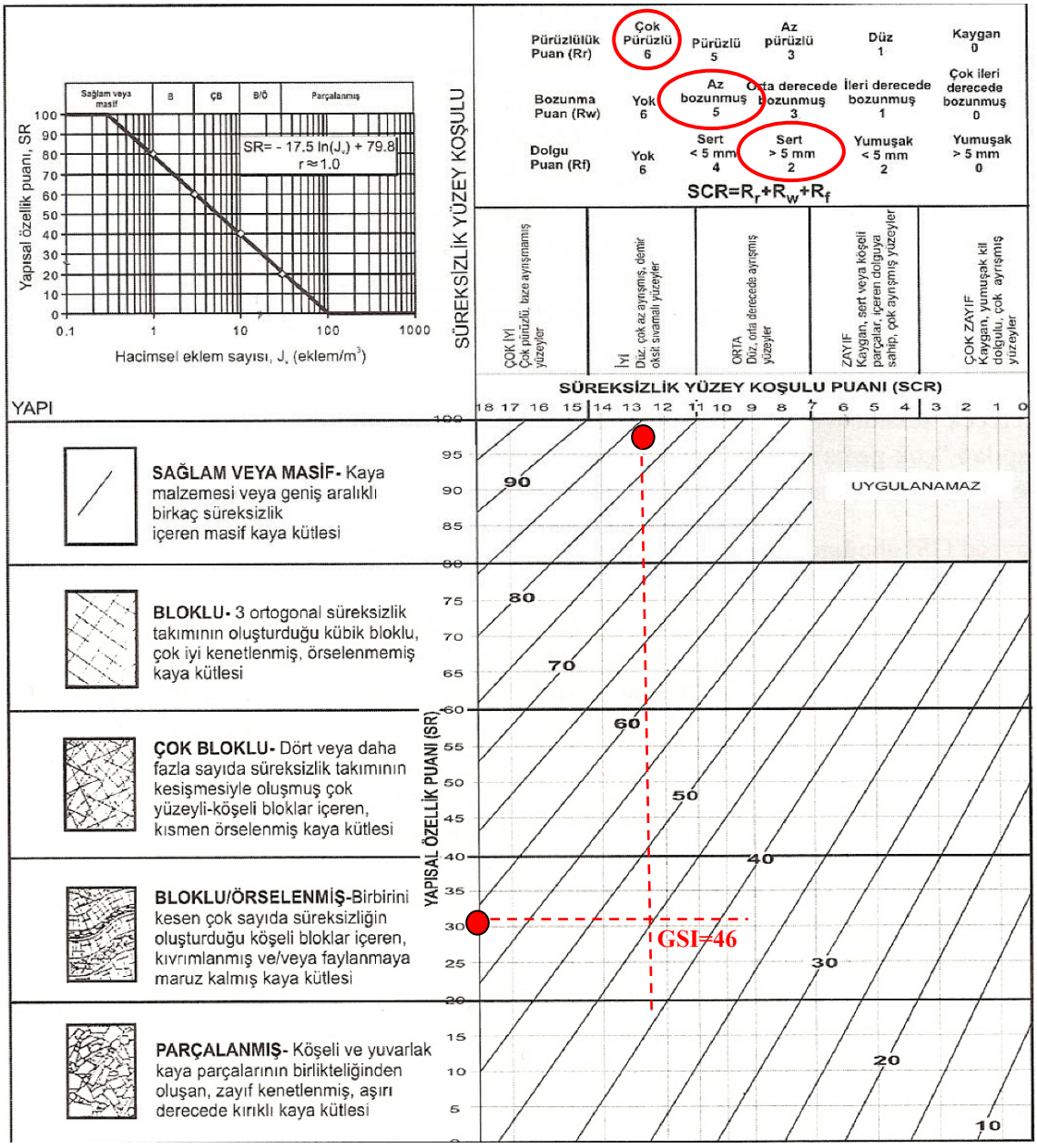
$SR= -17,5 \times \ln Jv + 79,8$

$SR= -17,5 \times \ln 16 + 79,8$

$SR= -17,5 \times 2,77 + 79,8$

$SR= 31,27$

Süreksizlik yüzey koşulu 13 değeri bulunarak Hatungüney formasyonu (JKh_2) km: 69+630 – 70+760 kesimi için GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.48'den 46 olarak bulunmuş ve 'Bloklu/Örselenmiş' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir. Tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri ise 70 bulunmuştur.



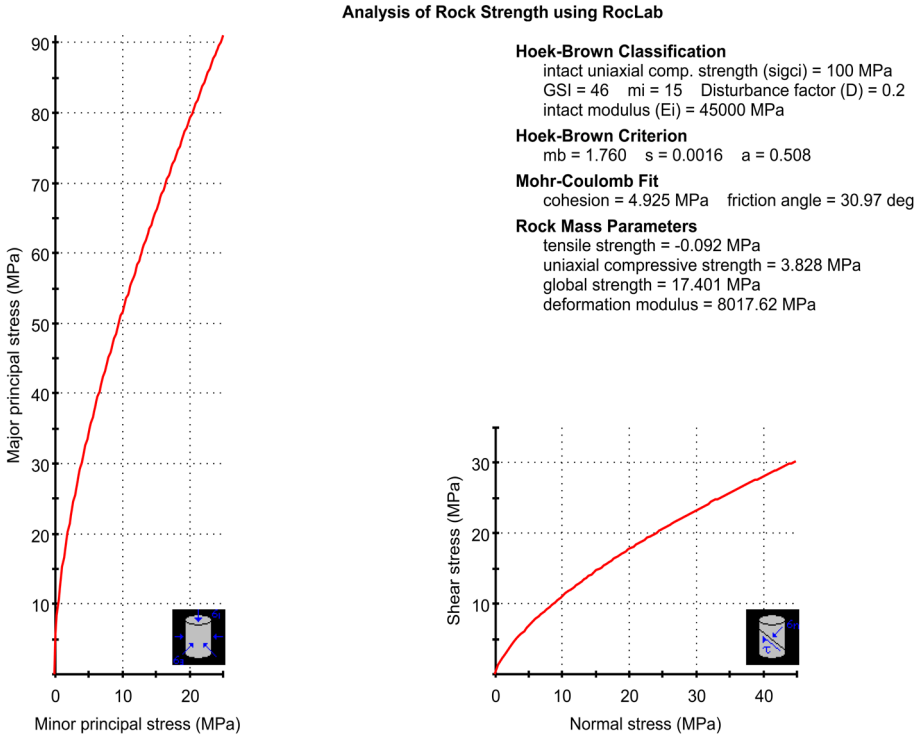
Şekil 8.48. Km: 69+630 – 70+760 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh2) GSI sınıflandırılması

Jeoteknik parametreler km: 69+630 – 70+760 kesimi için Hatungüney formasyonu (JKh_2) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,20 kabul edilerek hesaplanmıştır (Tablo 8.90). Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.49).

Tablo 8.90. Km: 69+550 – 69+630 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	100
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	46
mi, Malzeme sabiti	15
D, Örselenme faktörü	0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	45000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	26

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	Em (MPa)	mb	s	a
0,20	4925	31	8018	1,760	0,0016	0,508



Şekil 8.49. Hatungüney formasyonu (JKh_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği

8.13.2. Km:69+630 – 70+760 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki kayalar RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 60 bulunmuş olup iyi kaya (II) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.91).

Tablo 8.91. Km: 69+630 - 70+760 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
		Değerlendirme	15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu Değerlendirme			<1 m 6	1-3 m 4	3-10 m 2	10-20 m 1	>20 m 0		
Açıklık Değerlendirme			yok 6	<0.1 mm 5	0.1-1.0 mm 4	1-5 mm 1	>5 mm 0		
Pürüzlülük Değerlendirme			Çok Pürüzlü 6	Pürüzlü 5	Az Pürüzlü 3	Pürüzsüz 1	Cilalı Yüzlü 0		
Dolgu Değerlendirme			yok 6	Sert dolgu < 5mm 4	Sert Dolgu > 5mm 2	Yumuşak dolgu < 5mm 2	Yumuşak dolgu > 5mm 0		
Ayrışma Değerlendirme			Taze 6	Az Ayrışmalı 5	Orta Ayrışmalı 3	Çok Ayrışmalı 1	Bütünüyle Ayrışmalı 0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90	Dalım yönünde ilerleme dalım			Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun	Uygun				Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90	Dalıma karşı ilerleme			Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta	Olumsuz				Orta				

8.13.3. Km: 69+630 – 70+760 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.92'den hesaplanmıştır.

Tablo 8.92. Km: 69+630 - 70+760 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması)
Km: 69+630 – 70+760

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**70**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**1**
5) Jw	**:**	**0,66**
6) SRF	**:**	**1**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = 5{,}775$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**59,8**
RQD / Jn	:	**5,83**
Jr / Ja	:	**1,50**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**0,74 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**4,03 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**23**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**B1 GEVREK**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**B1**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen B1 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.13.4. Km: 69+630 – 70+760 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri aşağıdaki Tablo 8.93'de özetlenmiştir.

Tablo 8.93. Km: 69+550 - 69+630 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0.20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	11852
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	8018
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	10931

8.13.5. Km: 69+630 – 70+760 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde Hatungüney formasyonu (Jkh_2) için Tablo 8.95'de tasarım parametreleri verilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'B1' olarak seçilmiştir. Bu bölümde km: 69+640 'kritik kesim' olarak belirlenmiş ve bu kesime ait jeolojik en kesit Şekil 8.50'de verilmiştir. Ayrıntılı özellikleri verilen bu kesimde km: 69+630 – 70+760 arasında kalan kesim için önerilen kritik kesim tasarım parametreleri Tablo 8.94'de özetlenmiştir.

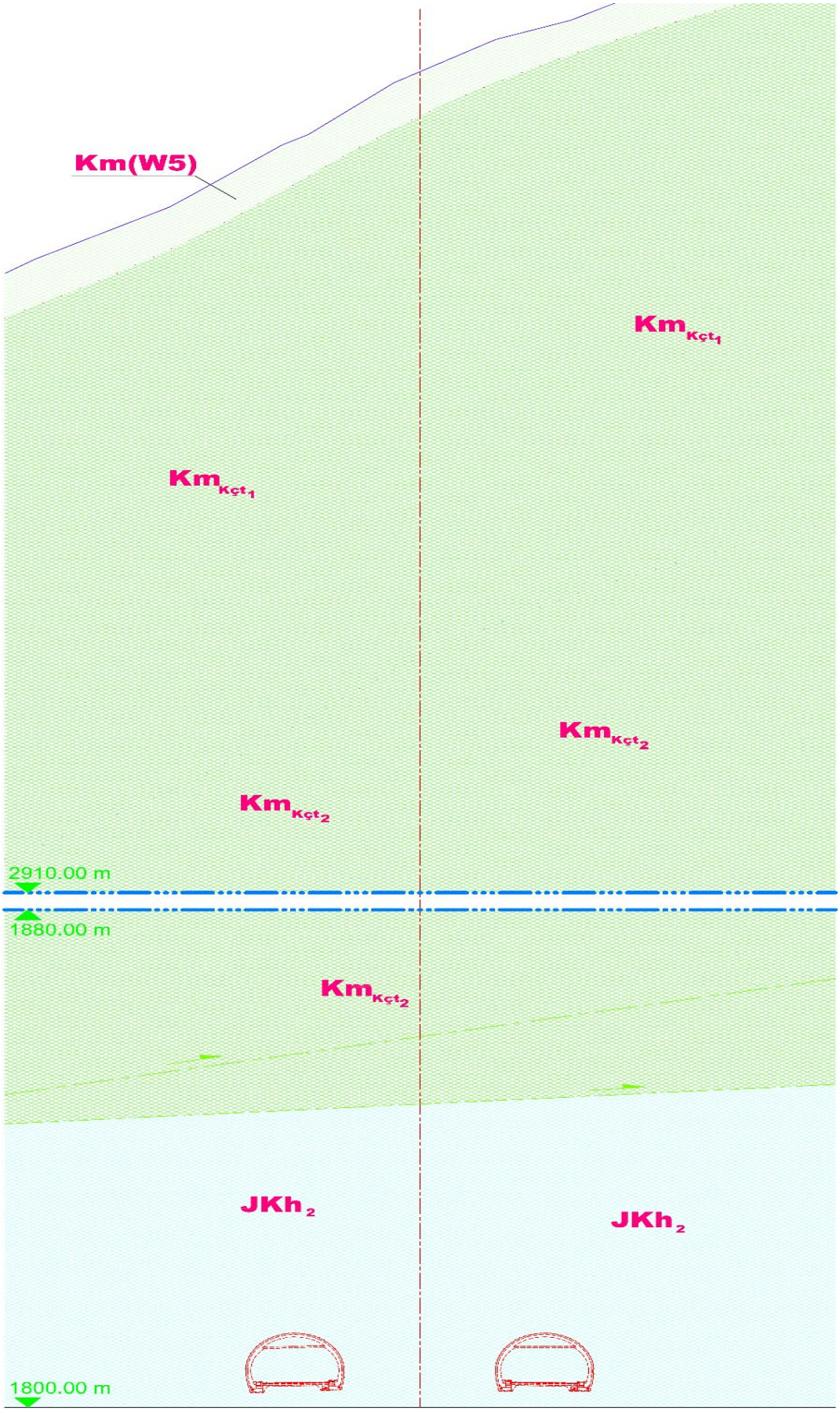
Tablo 8.94. Km: 69+640 kritik kesim için belirlenen parametreler

Model Km	Jeolojik Birim	C (kPa)	ϕ (°)	γ (kN/m³)	E (MPa)
69+640	Km / W5	59	21	20	29
	$Km_{kçt1}$	1261	28	25	3278
	$Km_{kçt2}$	5418	31	27	12472
	Jkh_2	4925	31	26	8018

Tablo 8.95. Km: 69+630 - 70+760 kesimi Hatungüney formasyonunun (Jkh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

<table>
<tr><th colspan="3">PARAMETRELER</th><th>DEĞERLER</th></tr>
<tr><td colspan="3">UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="3">GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi</td><td>46</td></tr>
<tr><td colspan="3">mi, Malzeme sabiti</td><td>15</td></tr>
<tr><td colspan="3">D, Örselenme faktörü</td><td>0,20</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ei, Elastisite Modülü (MPa)</td><td>45000</td></tr>
<tr><td colspan="3">γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)</td><td>26</td></tr>
<tr><td colspan="3">H, Ektin kaya yüksekliği (m)</td><td>510</td></tr>
<tr><td colspan="3">c, Kohezyon (kPa)</td><td>4925</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)</td><td>31</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Em, Deformasyon Modülü (MPa)</td><td>Nicholson & Bieniawski</td><td>11852</td></tr>
<tr><td>Sönmez vd.</td><td>10931</td></tr>
<tr><td>Hoek & Diederichs</td><td>8018*</td></tr>
<tr><td rowspan="2">RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı</td><td colspan="2">Temel</td><td>64</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nihai</td><td>59</td></tr>
<tr><td colspan="3">Q, Tünelcilik Kalite İndeksi</td><td>5.775</td></tr>
</table>

*önerilen



Şekil 8.50. Km: 69+640 kritik jeolojik en kesit

8.14. Km: 70+760 - 70+850 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflaması

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde Hatungüney formasyonunun (JKh/W5), (JKh_1) ve (JKh_2) birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel Hatungüney formasyonunun (JKh_2) jeolojik birimi içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Hatungüney formasyonun (JKh_2) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır

8.14.1. Km: 70+760 – 70+850 Kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

Km: 70+760 – 70+850 kesimi için Hatungüney formasyonunun (JKh_2) birimi için GSI değerleri GSI abağı yardımı ile ve tüm süreksizlik durumlarının toplam değerine göre GSI değerlendirilmesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

Hatungüney Formasyonu (JKh_2) Km: 70+760 – 70+850 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

$Jv= 44 - 0,4 \times RQD = 44-0,4 \times 35= 30$ adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

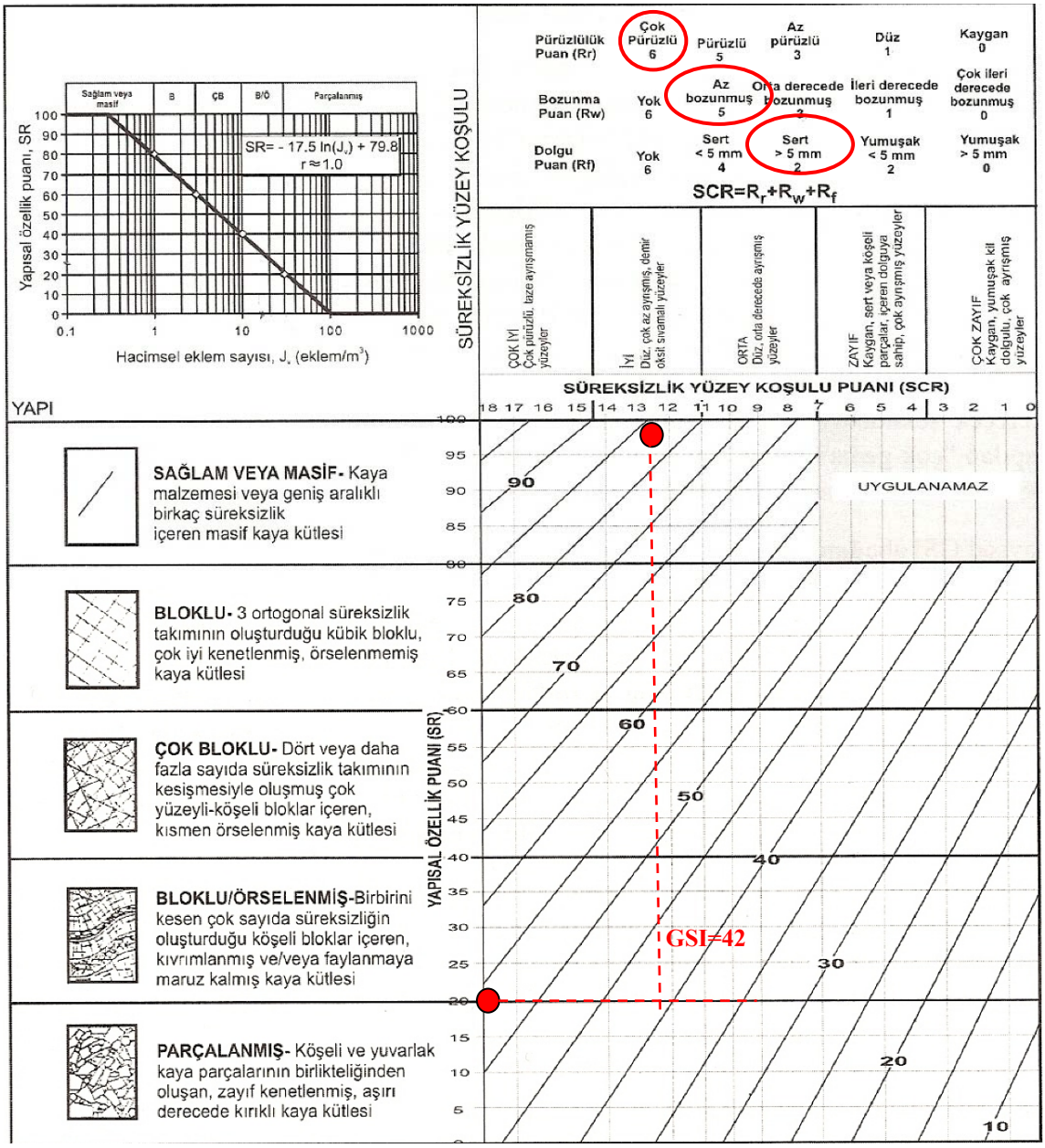
$SR= -17,5 \times \ln Jv + 79,8$

$SR= -17,5 \times \ln 30 + 79,8$

$SR= -17,5 \times 3,25 + 79,8$

$SR= 20,07$

Süreksizlik yüzey koşulu 13 değeri bulunarak Hatungüney formasyonu (JKh_2) için km: 70+760 – 70+850 kesimi GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.51'den 42 olarak bulunmuş ve 'Parçalanmış-Bloklu/Örselenmiş' mühendislik jeolojisi ortamı jeolojik yapı özelliğindedir. Ayrıca Hatungüney formasyonunun (JKh_2) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri 40 bulunmuştur.



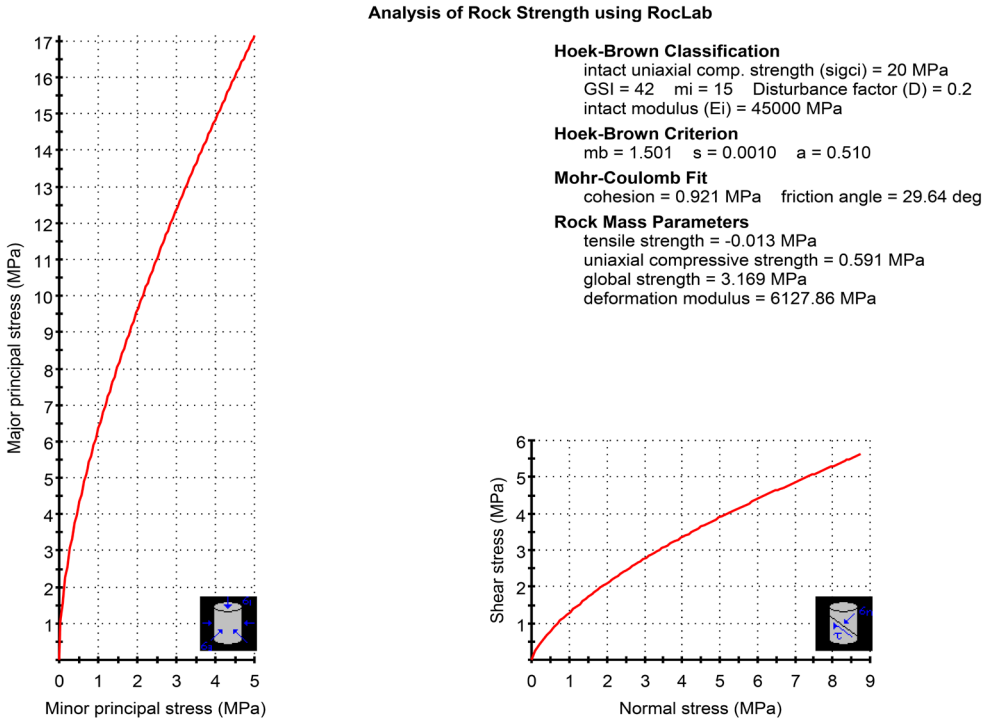
Şekil 8.51. Km: 70+760 – 70+850 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) GSI sınıflandırılması

Jeoteknik parametreler km: 70+760 – 70+850 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,20 kabul edilerek hesaplanmıştır (Tablo 8.96). Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.52).

Tablo 8.96. Km: 70+760 – 70+850 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	20
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	42
mi, Malzeme sabiti	15
D, Örselenme faktörü	0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	45000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	26

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	E_m (MPa)	mb	s	a
0,20	921	30	6128	1,501	0,0010	0,510



Şekil 8.52. Hatungüney formasyonu (JKh_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği

8.14.2. Km: 70+760 – 70+850 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 32 bulunmuş olup zayıf kaya (IV) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.97).

Tablo 8.97. Km: 70+760 - 70+850 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
		Değerlendirme	15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme		Tüneller	0	-2	-5	-10	-12		
		Tameller	0	-2	-7	-15	-25		
		Şevler	0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu Değerlendirme			<1 m 6	1-3 m 4	3-10 m 2	10-20 m 1	>20 m 0		
Açıklık Değerlendirme			yok 6	<0.1 mm 5	0.1-1.0 mm 4	1-5 mm 1	>5 mm 0		
Pürüzlülük Değerlendirme			Çok Pürüzlü 6	Pürüzlü 5	Az Pürüzlü 3	Pürüzsüz 1	Cilalı Yüzlü 0		
Dolgu Değerlendirme			yok 6	Sert dolgu < 5mm 4	Sert Dolgu > 5mm 2	Yumuşak dolgu < 5mm 2	Yumuşak dolgu > 5mm 0		
Ayrışma Değerlendirme			Taze 6	Az Ayrışmalı 5	Orta Ayrışmalı 3	Çok Ayrışmalı 1	Bütünüyle Ayrışmalı 0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90			Dalım yönünde ilerleme dalım	Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun			Uygun		Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90			Dalıma karşı ilerleme	Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta			Olumsuz		Orta				

8.14.3. Km: 70+760 – 70+850 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.98'den hesaplanmıştır.

Tablo 8.98. Km: 70+760 - 70+850 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) :
Km: 70+760 - 70+850

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**35**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**6**
5) Jw	**:**	**0.66**
6) SRF	**:**	**2.5**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{0,193}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**29,2**
RQD / Jn	:	**2,92**
Jr / Ja	:	**0.,5**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**2,31 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**1,03 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**32**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**B3 TANELİ**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**B3**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen B3 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.14.4. Km: 70+760 – 70+850 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri km: 70+760 – 70+850 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için aşağıdaki Tablo 8.99'da verilmiştir.

Tablo 8.99. Km:70+760 - 70+850 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0.20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	3816
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	6128
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	1647

8.14.5. Km: 70+760 – 70+850 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Km: 70+760 – 70+850 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) birimi tasarım parametreleri Tablo 8.101'de özetlenmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'B3' olarak seçilmiştir. Bu bölümde km: 70+850 'kritik kesim' olarak belirlenmiş ve bu kesime ait jeolojik en kesiti Şekil 8.53'de sunulmuştur. Km: 70+760 – 70+850 arasında kalan kesim için önerilen kritik kesim için tasarım parametreleri ise Tablo 8.100'de verilmiştir.

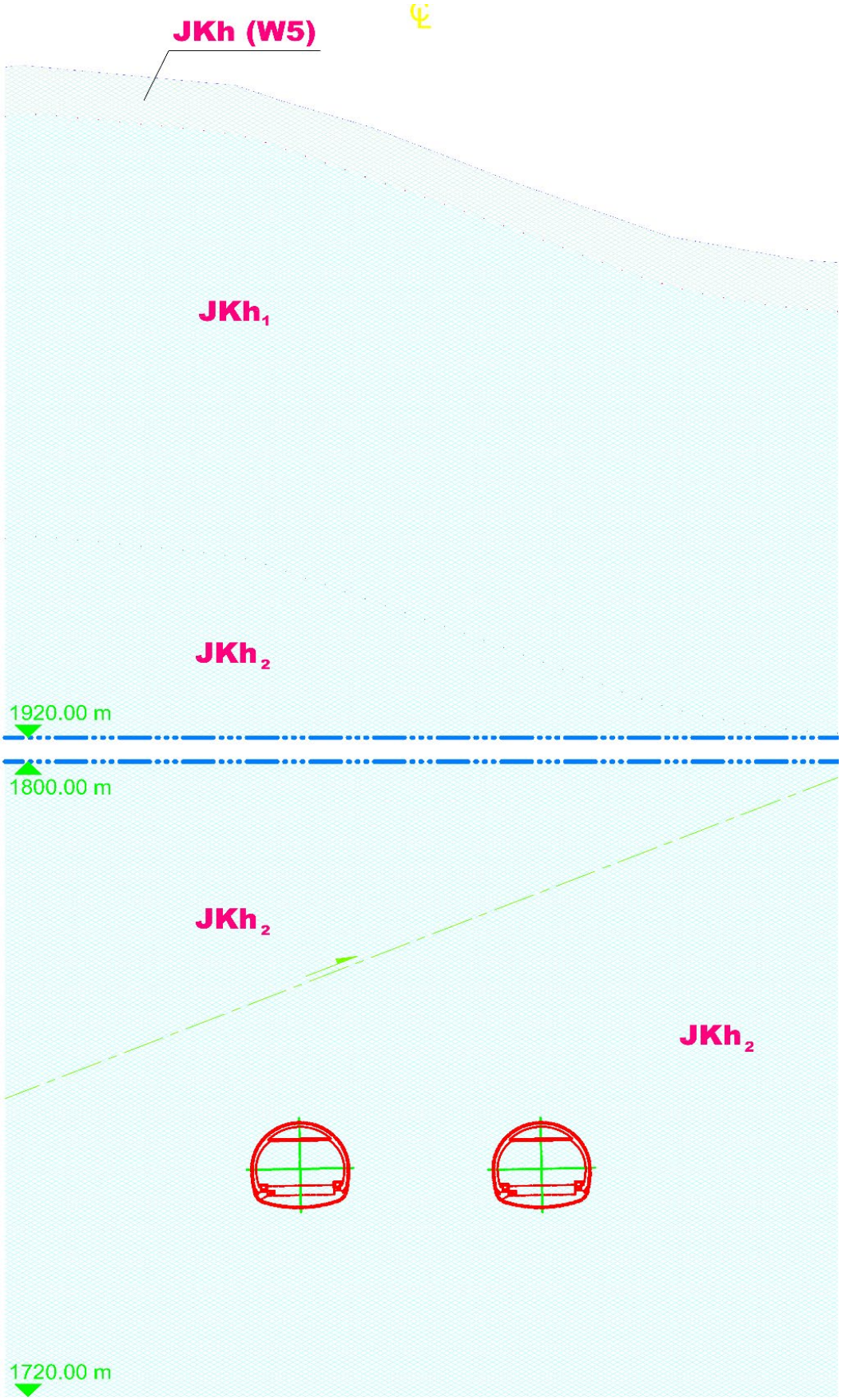
Tablo 8.100. Km: 70+760 – 70+850 kritik kesim için belirlenen parametreler

Model Km	Jeolojik Birim	C (kPa)	ϕ (°)	γ (kN/m³)	E (MPa)
70+760 – 70+850	Jkh / W5	20	33	21	39
	Jkh_1	155	50	25	641
	Jkh_2	921	30	26	6128

Tablo 8.101. Km: 70+760 - 70+850 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		20
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		42
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		45000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		26
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		510
c, Kohezyon (kPa)		921
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		30
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	3816
	Sönmez ve diğ.	1647
	Hoek & Diederichs	**6128***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	37
	Nihai	32
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0.193

*önerilen



Şekil 8.53. Km: 70+850 kritik jeolojik en kesit

8.15. Km: 70+850 - 71+070 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde Hatungüney formasyonunun (JKh/W5), (JKh_1) ve (JKh_2) birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel Hatungüney formasyonun (JKh_2) jeolojik birimi içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Hatungüney formasyonun (JKh_2) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır

8.15.1. Km: 70+850 – 71+070 Kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

Km: 70+850 – 71+070 arası için Hatungüney formasyonunun (JKh_2) birimi için GSI değerleri GSI abağı yardımı ile ve tüm süreksizlik durumlarının toplam değerine göre GSI değerlendirilmesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

Hatungüney Formasyonu (JKh_2) km: 70+850 – 71+070 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

$Jv = 44 - 0,4 \times RQD = 44-0,4 \times 55 = 30$ adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

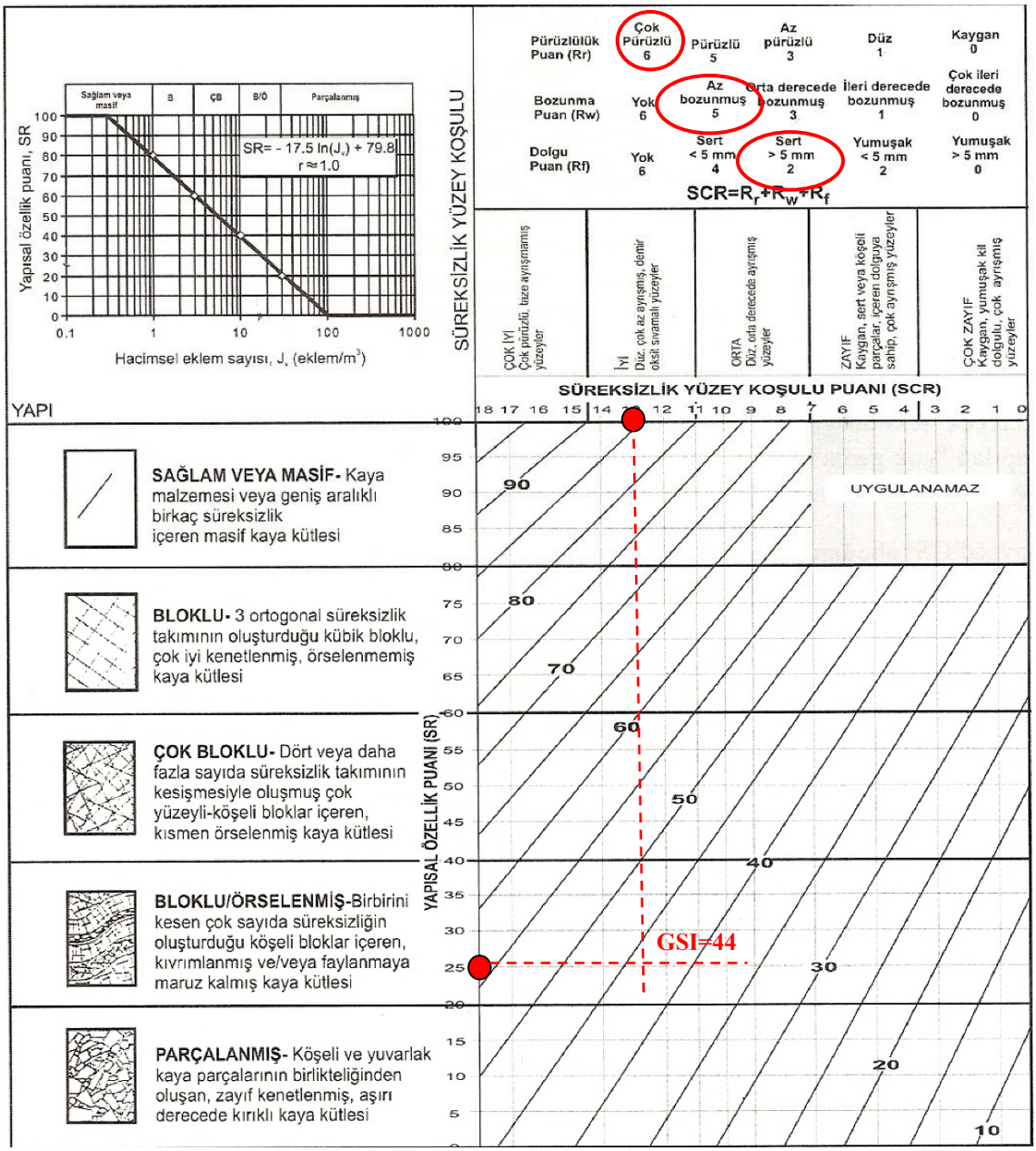
$SR = -17,5 \times \ln Jv + 79,8$

$SR = -17,5 \times \ln 22 + 79,8$

$SR = -17,5 \times 3,09 + 79,8$

$SR = 25,70$

Süreksizlik yüzey koşulu 13 değeri bulunarak Hatungüney formasyonu (JKh_2) km: 70+850 – 71+070 kesimi için GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.54'ten 44 olarak bulunmuş ve 'Bloklu/Örselenmiş' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir. Ayrıca Hatungüney formasyonunun (JKh_2) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri 50 olarak bulunmuştur.

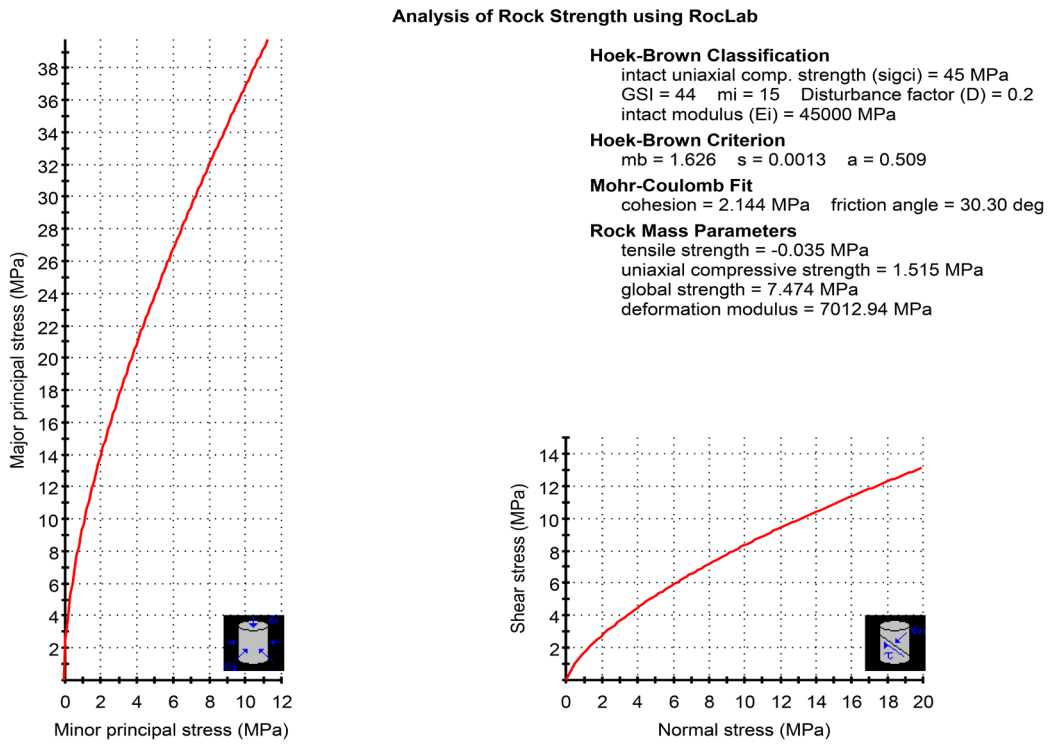


Şekil 8.54. Km: 70+850 – 71+070 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) GSI sınıflandırılması

Jeoteknik parametreler km: 70+850 – 71+070 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,20 kabul edilerek hesaplanmıştır (Tablo 8.102). Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve bu seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.55).

Tablo 8.102. Km: 70+850 – 71+070 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ						
PARAMETRELER				**DEĞERLER**		
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)				45		
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi				44		
mi, Malzeme sabiti				15		
D, Örselenme faktörü				0,20		
Ei, Elastisite Modülü (MPa)				45000		
γn, Birim Ağırlık kN/m^3				26		
JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	Em (MPa)	mb	s	a
0,20	2144	30	7013	1,626	0,0013	0,509



Şekil 8.55. Hatungüney formasyonu (JKh_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği

8.15.2. Km: 70+850 – 71+070 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 50 bulunmuş olup orta kaya (III) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.103).

Tablo 8.103. Km: 70+850 - 71+070 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
	Değerlendirme		15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90			Dalım yönünde ilerleme dalım	Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun			Uygun		Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90			Dalıma karşı ilerleme	Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta			Olumsuz		Orta				

8.15.3. Km: 70+850 – 71+070 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.104'ten hesaplanmıştır.

Tablo 8.104. Km: 70+850 - 71+070 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) : **Km: 70+850 - 71+070**		
Sınıflamada kullanılan parametreler ; **1) RQD** : **55** **2) Jn** : **12** **3) Jr** : **1.5** **4) Ja** : **1** **5) Jw** : **0,66** **6) SRF** : **2.5** **7) ESR** : **1** RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.		
Q = RQD / Jn x Jr / Ja x Jw / SRF =		**1.815**
Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**49.4**
RQD / Jn	:	**4.58**
Jr / Ja	:	**1.50**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P tavan (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**1.09 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**2.54 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**23**
2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :		
Kazı sınıfı	:	**B2 ÇOK GEVREK**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**B2**
3) TÜNEL DESTEK TİPİ : Öngörülen B2 destek sınıfı uygulanacaktır.		

8.15.4. Km: 70+850 – 71+070 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri km: 70+850 – 71+070 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için aşağıdaki Tablo 8.105'de verilmiştir.

Tablo 8.105. Km: 70+850 – 71+070 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0.20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	9382
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	7013
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	7339

8.15.5. Km: 70+850 – 71+070 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Km: 70+850 – 71+070 kesime ait Hatungüney formasyonu (JKh_2) tasarım parametreleri Tablo 8.106'da verilmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'B2' olarak seçilmiştir.

Tablo 8.106. Km:70+850 - 71+070 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		DEĞERLER
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		45
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		44
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		45000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		26
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		510
c, Kohezyon (kPa)		2144
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		30
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	9382
	Sönmez ve diğ.	7339
	Hoek & Diederichs	**7013***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	55
	Nihai	50
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		1,815

*önerilen

8.16. Km: 71+070 - 71+600 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde yamaç molozu (Qym), Hatungüney formasyonunun (JKh/W5), (JKh_1) ve (JKh_2) birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel Hatungüney formasyonun (JKh_2) jeolojik birimi içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Hatungüney formasyonun (JKh_2) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır

Yapısal özellik puanı;

SR= -17,5 x lnJv + 79,8

SR= -17,5 x ln18 + 79,8

SR= -17,5 x 2,89 + 79,8

SR= 29,21

Süreksizlik yüzey koşulu;

SCR= Rr + Rw + Rf = 6 + 5 + 2 = 13

Değerleri bulunarak Hatungüney formasyonu (JKh_2) km: 71+070 – 71+600 kesimi için GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.56'dan 45 olarak bulunmuş ve 'Bloklu/Örselenmiş' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir.

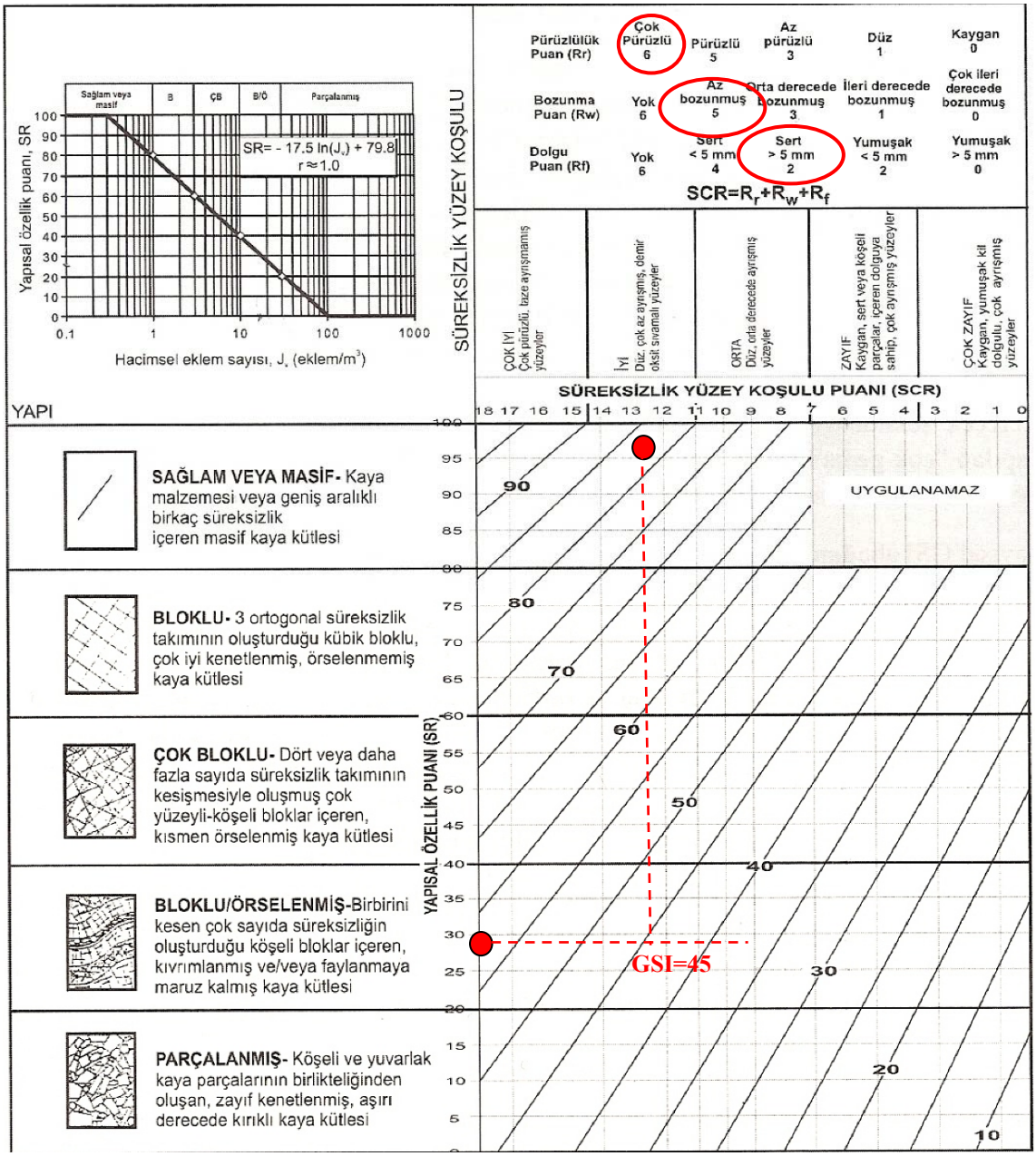
Ayrıca Hatungüney formasyonunun (JKh_2) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri;

GSI= 1,5 x Jcond89 + RQD/2 bağıntısından

Jcond89 = 21 (Süreksizlik koşullarının toplam değeri)

RQD = 65

GSI = 64



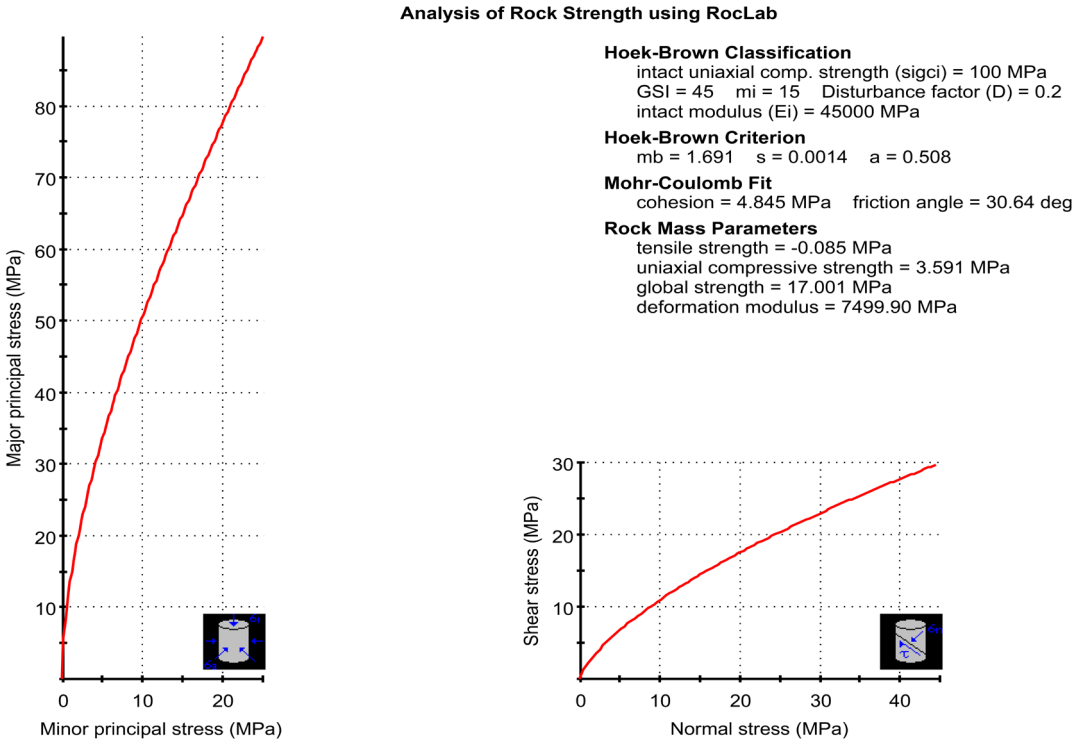
Şekil 8.56. Km: 71+070 – 71+600 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) GSI sınıflandırılması

Jeoteknik parametreler km: 71+070 – 71+600 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,20 kabul edilerek hesaplanmıştır (Tablo 8.107). Hesaplamalarda RockLab yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.57).

Tablo 8.107. Km: 71+070 – 71+600 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	100
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	45
mi, Malzeme sabiti	15
D, Örselenme faktörü	0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	45000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	26

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	Em (MPa)	mb	s	a
0,20	4845	31	7500	1,691	0,0014	0,508



Şekil 8.57. Hatungüney formasyonu (JKh_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği

8.16.1. Km: 71+070 – 71+600 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 58 bulunmuş olup orta kaya (III) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.108).

Tablo 8.108. Km: 71+070 - 71+600 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
		Değerlendirme	15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<-----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90			Dalım yönünde ilerleme dalım	Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun			Uygun		Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90			Dalıma karşı ilerleme	Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta			Olumsuz		Orta				

8.16.2. Km: 71+070 – 71+600 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.109'dan hesaplanmıştır.

Tablo 8.109. Km: 71+070 - 71+600 kesim Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) :
Km: 71+070 – 71+600

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**65**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**1**
5) Jw	**:**	**0,66**
6) SRF	**:**	**1**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{5,363}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**59,1**
RQD / Jn	:	**5,42**
Jr / Ja	:	**1,50**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**0,76 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**3,92 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**23**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**B1 GEVREK**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**B1**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen B1 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.16.3. Km: 71+070 – 71+600 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri km: 71+070 – 71+600 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için aşağıdaki Tablo 8.110'da verilmiştir.

Tablo 8.110. Km: 71+070 – 71+600 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0.20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	11404
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	7500
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	10247

8.16.4. Km: 71+070 – 71+600 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Bu kesime ait Hatungüney formasyonunun (JKh_2) birimi Tablo 8.111'de tasarım parametreleri verilmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için kritik kesim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'B1' olarak seçilmiştir. Bu bölümde km: 71+190 'kritik kesim' olarak belirlenmiş ve bu kesime ait jeolojik en kesit Şekil 8.58'de sunulmuştur. Km: 71+070 – 71+600 arasında kalan kesim için önerilen kritik kesim için tasarım parametreleri ise Tablo 8.112'de verilmiştir.

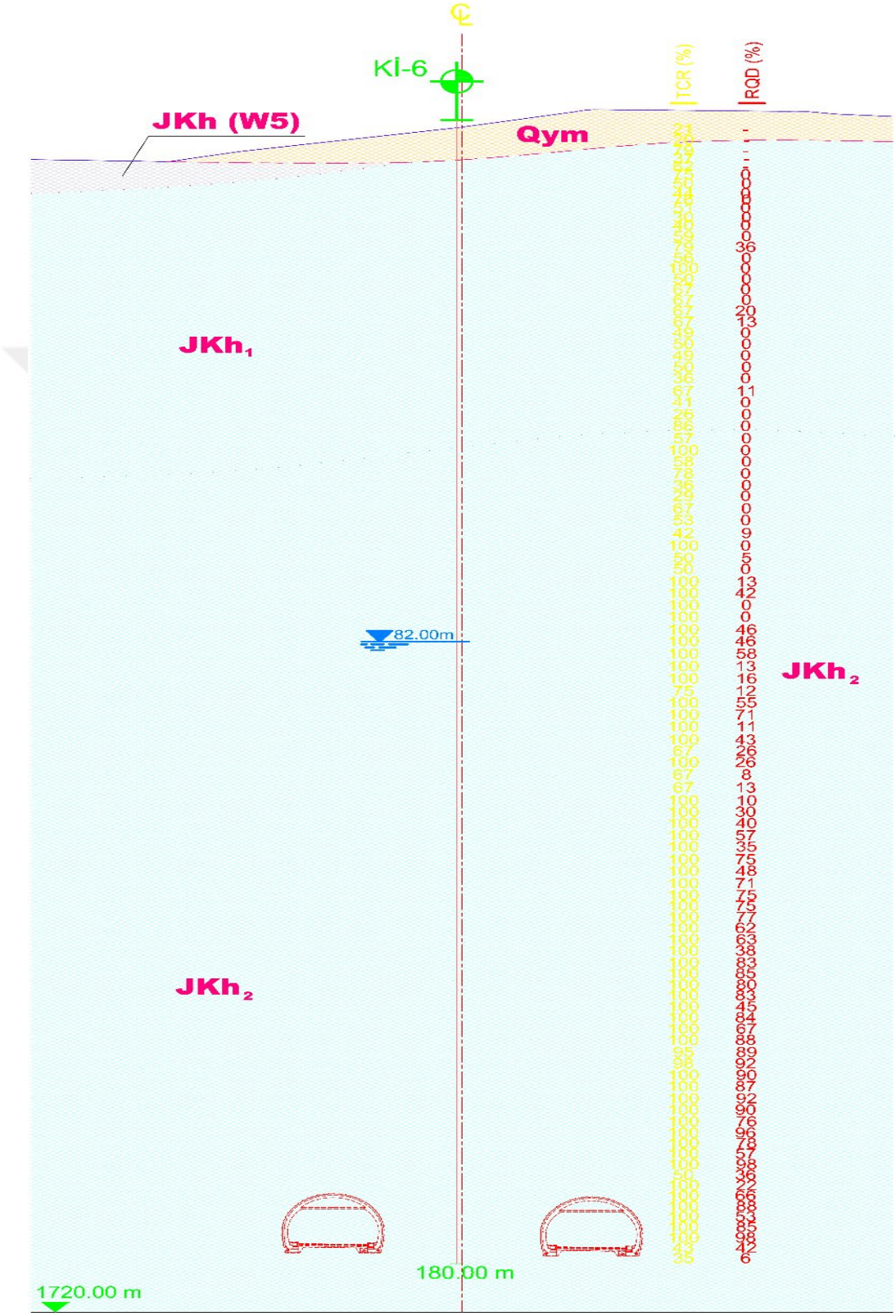
Tablo 8.111. Km: 71+070 - 71+600 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		DEĞERLER
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		100
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		45
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		45000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		26
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		510
c, Kohezyon (kPa)		4845
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		31
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	11404
	Sönmez ve diğ.	10247
	Hoek & Diederichs	**7500***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	63
	Nihai	58
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		5.363

*önerilen

Tablo 8.112. Km: 71+190 kritik kesim için belirlenen parametreler

Model Km	Jeolojik Birim	C (kPa)	ϕ (º)	γ (kN/m^3)	E (MPa)
71+190	Qym	10	33	20	15
	Jkh / W5	20	33	21	39
	Jkh_1	155	50	25	641
	Jkh_2	4845	31	26	7500



Şekil 8.58. Km: 71+190 kritik jeolojik en kesit

8.17. Km: 71+600 – 71+720 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde Hatungüney formasyonunun (JKh/W5), (JKh_1) ve (JKh_2) birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel Hatungüney formasyonun (JKh_2) jeolojik birimi içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Hatungüney formasyonun (JKh_2) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır

8.17.1. Km: 71+600 – 71+720 Kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

Km: 71+600 – 71+720 arası için Hatungüney formasyonunun (JKh_2) birimi için GSI değerleri GSI abağı yardımı ile ve tüm süreksizlik durumlarının toplam değerine göre GSI değerlendirilmesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

Hatungüney Formasyonu (JKh_2) km: 71+600 – 71+720 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

$Jv= 44 - 0,4 \times RQD = 44-0,4 \times 60= 20$ adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

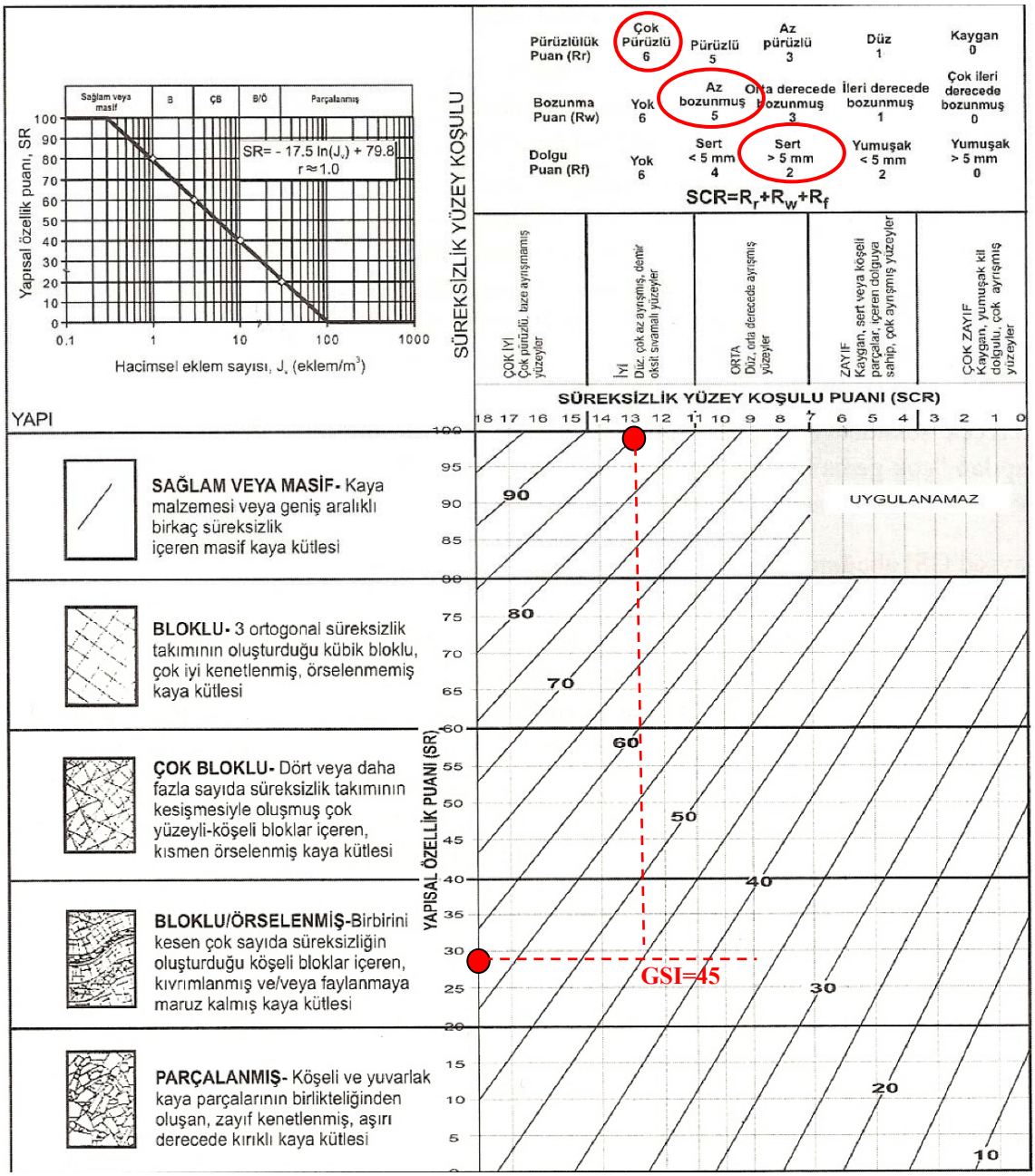
$SR= -17,5 \times \ln Jv + 79,8$

$SR= -17,5 \times \ln 20 + 79,8$

$SR= -17,5 \times 2,99 + 79,8$

$SR= 27,37$

Süreksizlik yüzey koşulu 13 değeri bulunarak Hatungüney formasyonu (JKh_2) km: 71+600 – 71+720 kesimi için GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.59'dan 45 olarak bulunmuş ve 'Bloklu/Örselenmiş' jeolojik yapı özelliğindedir. Ayrıca Hatungüney formasyonunun (JKh_2) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri 57 bulunmuştur.



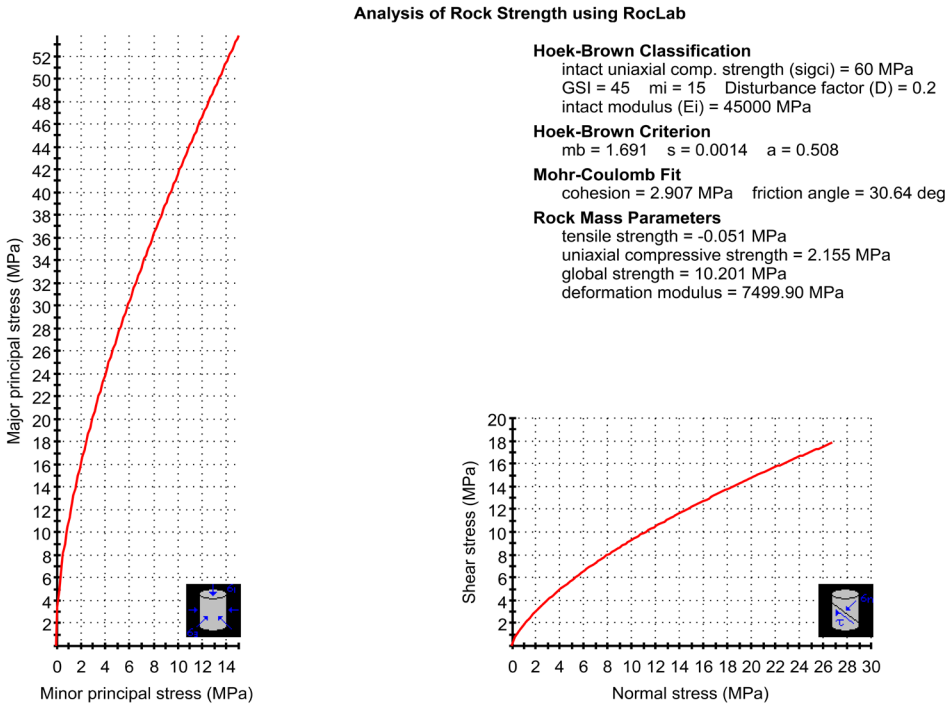
Şekil 8.59. Km: 71+600 – 71+720 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) GSI sınıflandırılması

Jeoteknik parametreler km: 71+600 – 71+720 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,20 kabul edilerek hesaplanmıştır (Tablo 8.113). Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve bu seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.60).

Tablo 8.113. Km: 71+600 – 71+720 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	100
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	45
mi, Malzeme sabiti	15
D, Örselenme faktörü	0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	45000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	26

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	Em (MPa)	mb	s	a
0,20	2907	31	7500	1,691	0,0014	0,508



Şekil 8.60. Hatungüney formasyonu (JKh_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği

8.17.2. Km: 71+600 – 71+720 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 48 bulunmuş olup orta kaya (III) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.114).

Tablo 8.114. Km: 71+600 - 71+720 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
	Değerlendirme		15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90	Dalım yönünde ilerleme dalım			Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun	Uygun				Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90	Dalıma karşı ilerleme			Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta	Olumsuz				Orta				

8.17.3. Km: 71+600 – 71+720 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.115'ten hesaplanmıştır.

Tablo 8.115. Km: 71+600 - 71+720 Kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) :
Km: 71+600 - 71+720

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**60**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**1**
5) Jw	**:**	**0.66**
6) SRF	**:**	**2.5**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{1,980}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**50,1**
RQD / Jn	:	**5,00**
Jr / Ja	:	**1,50**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**1,06 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**2,63 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**23**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**B2 ÇOK GEVREK**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**B2**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen B2 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.17.4. Km: 71+600 – 71+720 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri km: 71+600 – 71+720 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için aşağıdaki Tablo 8.116'da verilmiştir.

Tablo 8.116. Km: 71+600 – 71+720 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0.20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	7671
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	7500
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	5188

8.17.5. Km: 71+600 – 71+720 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Bu kesime ait Hatungüney formasyonu (JKh_2) için Tablo 8.117'de birimlerin tasarım parametreleri özetlenmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'B2' olarak seçilmiştir. Bu bölümde km: 71+620 'kritik kesim' olarak belirlenmiş ve bu kesime ait jeolojik en kesiti Şekil 8.61'de sunulmuştur. Yukarıda ayrıntılı özellikleri verilen Kırık tüneli km: 71+600 – 71+720 arasında kalan kesim için önerilen kritik kesim için tasarım parametreleri ise Tablo 8.118'de özetlenmiştir.

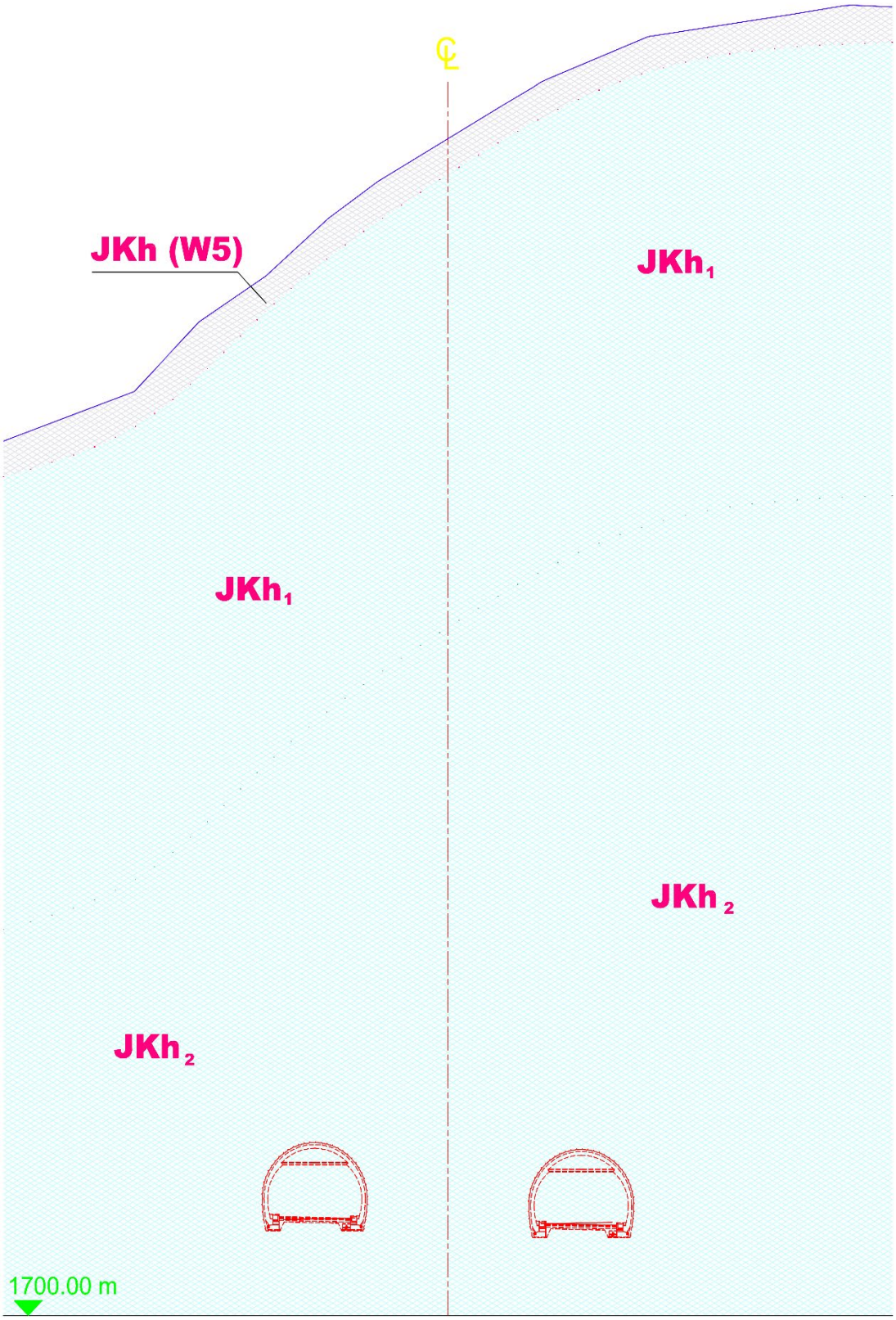
Tablo 8.117. Km: 71+600 - 71+720 kesimi hatungüney formasyonu (Jkh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		60
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		45
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		45000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		26
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		510
c, Kohezyon (kPa)		2907
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		31
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	7671
	Sönmez ve diğ.	5188
	Hoek & Diederichs	**7500***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	53
	Nihai	48
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		1.980

*önerilen

Tablo 8.118. Km: 71+620 kritik kesim için belirlenen parametreler

Model Km	**Jeolojik Birim**	**C (kPa)**	**ϕ (º)**	**γ (kN/m³)**	**E (MPa)**
71+620	Qym	10	33	20	15
	Jkh / W5	20	33	21	39
	Jkh_1	155	50	25	641
	Jkh_2	2907	31	26	7500



Şekil 8.61. Km: 71+620 kritik jeolojik en kesit

8.18. Km: 71+720 – 71+760 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde yamaç molozu (Qym), Hatungüney formasyonunun (JKh/W5), (JKh_1) ve (JKh_2) birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel Hatungüney formasyonun (JKh_2) jeolojik birimi içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Hatungüney formasyonun (JKh_2) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır

8.18.1. Km: 71+720 – 71+760 Kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

İnceleme alanında bulunan tünelin bu kesimiyle ilgili olarak mühendislik kaya sınıflama puanlaması ve kritik kesime ait tünel kaya sınıflamasına ait paremetrik değer ile jeolojik en kesit verilmiştir.

İnceleme alanının bu bölümünde Hatungüney formasyonunun (JKh_2) birimi için GSI değerleri GSI abağı yardımı ile ve tüm süreksizlik durumlarının toplam değerine göre GSI değerlendirilmesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

Hatungüney Formasyonu (JKh_2) km: 71+720 – 71+760 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

$Jv = 44 - 0,4 \times RQD = 44-0,4 \times 30 = 32$ adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

$SR = -17,5 \times \ln Jv + 79,8$

$SR = -17,5 \times \ln 32 + 79,8$

$SR = -17,5 \times 2,89 + 79,8$

$SR = 19,14$

Süreksizlik yüzey koşulu;

SCR= Rr + Rw + Rf = 6 + 5 + 2 = 13

Değerleri bulunarak Hatungüney formasyonu (JKh_2) km: 71+720 – 71+760 kesimi için GSI (Jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.62'den 41 olarak bulunmuş ve 'Parçalanmış' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir.

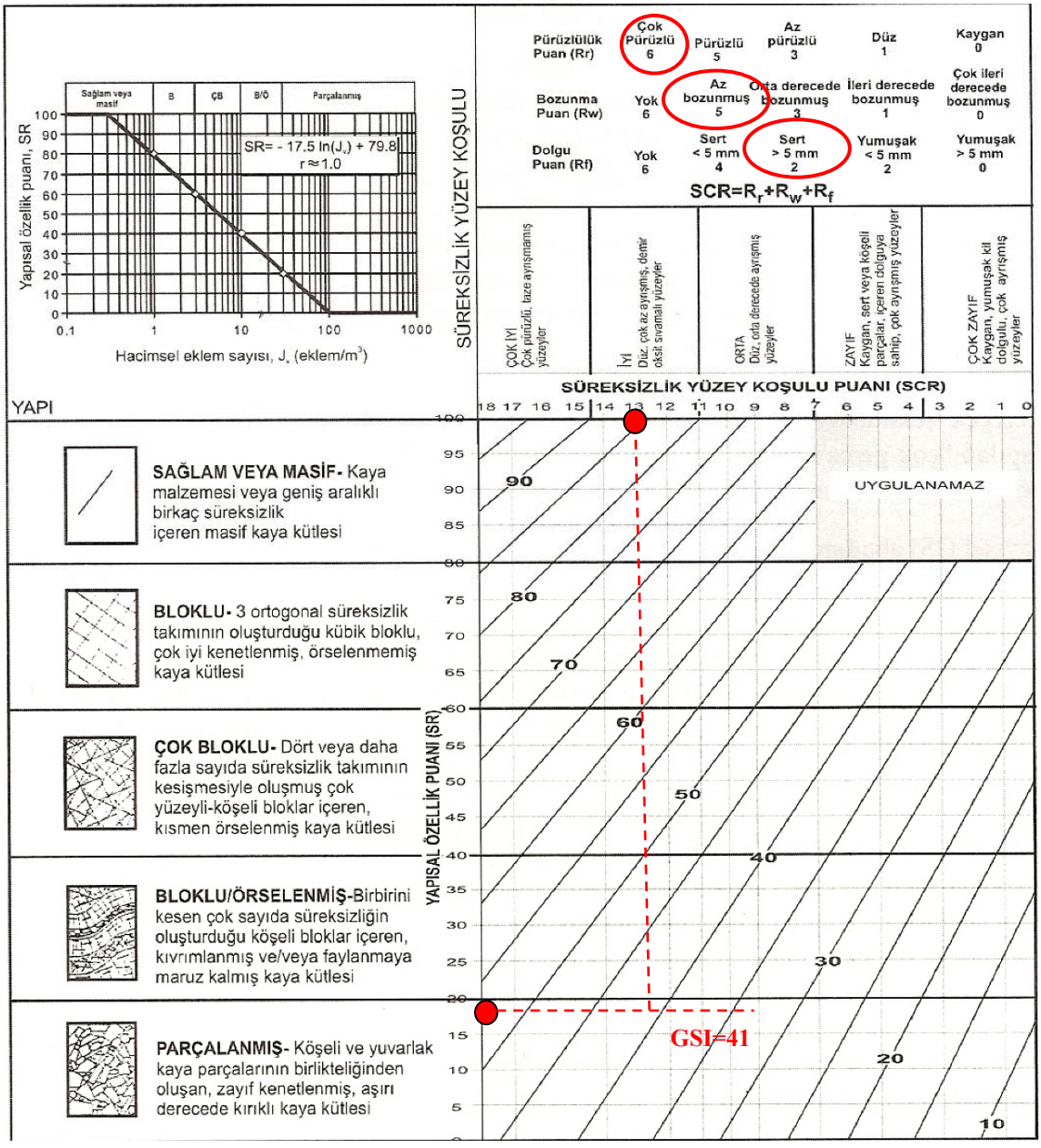
Ayrıca Hatungüney formasyonunun (JKh_2) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri;

GSI= 1,5 x Jcond89 + RQD/2 bağıntısından

Jcond89 = 15 (Süreksizlik koşullarının toplam değeri)

RQD = 30

GSI = 38



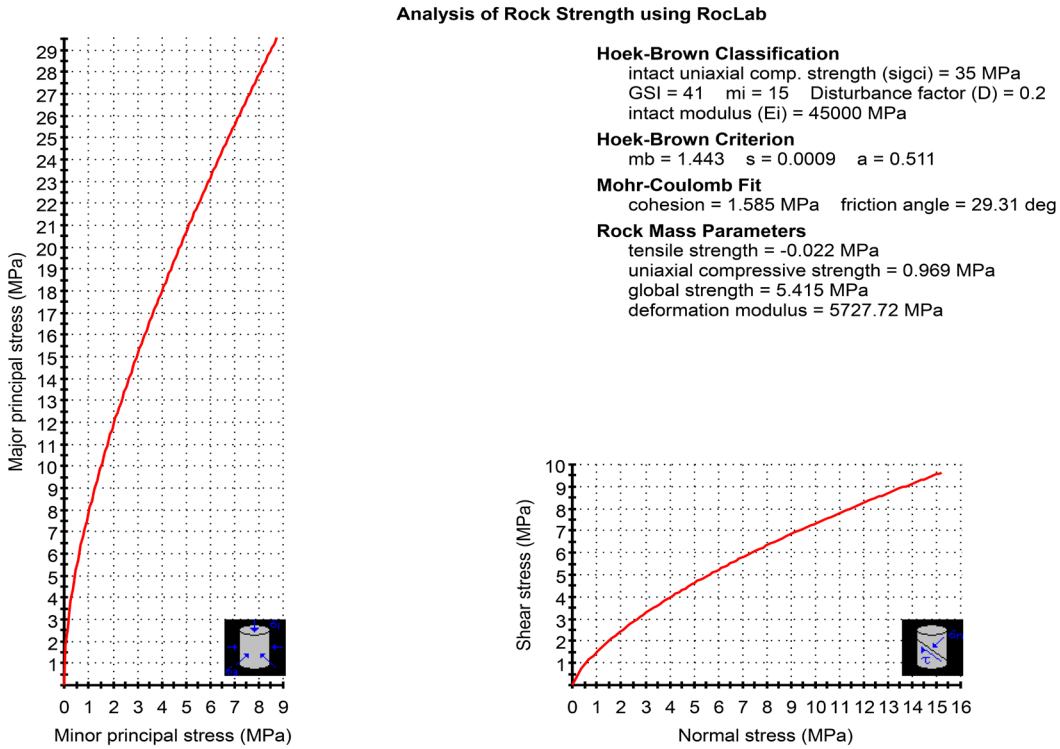
Şekil 8.62. Km: 71+720 – 71+760 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) GSI sınıflandırılması

Jeoteknik parametreler km: 71+720 – 71+760 kesimi hatungüney formasyonu (JKh_2) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,20 kabul edilerek hesaplanmıştır (Tablo 8.119). Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.63).

Tablo 8.119. Km: 71+720 – 71+760 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_2) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	35
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	41
mi, Malzeme sabiti	15
D, Örselenme faktörü	0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	45000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	26

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	E_m (MPa)	mb	s	a
0,20	1585	29	5728	1,443	0,0009	0,511



Şekil 8.63. Hatungüney formasyonu (JKh_2) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği

8.18.2. Km: 71+720 – 71+760 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 34 bulunmuş olup zayıf kaya (IV) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.120).

Tablo 8.120. Km: 71+720 - 71+760 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
		Değerlendirme	15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme	Tüneller		0	-2	-5	-10	-12		
	Tameller		0	-2	-7	-15	-25		
	Şevler		0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<-----61	60<-----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90	Dalım yönünde ilerleme dalım			Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun	Uygun				Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90	Dalıma karşı ilerleme			Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta	Olumsuz				Orta				

8.18.3. Km: 71+720 – 71+760 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri Kırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.121'den hesaplanmıştır.

Tablo 8.121. Km: 71+720 - 71+760 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) :
Km: 71+720 - 71+760

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**30**
2) Jn	**:**	**12**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**2**
5) Jw	**:**	**0.66**
6) SRF	**:**	**5**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{0,248}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**31,4**
RQD / Jn	:	**2,50**
Jr / Ja	:	**0,75**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**2,12 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**1,14 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**32**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**B3 TANELİ**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**B3**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen B3 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.18.4. Km: 71+720 – 71+760 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri km: 71+720 – 71+760 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için aşağıdaki Tablola 8.122'de özetlenmiştir.

Tablo 8.122. Km: 71+600 – 71+720 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0.20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	4154
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	5728
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	1903

8.18.5. Km: 71+720 – 71+760 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Bu kesime ait Hatungüney formasyonu (JKh_2) için Tablo 8.123'de biriminin tasarım parametreleri verilmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'B3' olarak seçilmiştir. Bu bölümde km: 71+721 'kritik kesim' olarak belirlenmiş ve bu kesime ait jeolojik en kesiti Şekil 8.64'te sunulmuştur. Yukarıda ayrıntılı özellikleri verilen Kırık tüneli km: 71+720 – 71+760 arasında kalan kesim için önerilen kritik kesim için tasarım parametreleri ise Tablo 8.124'de özetlenmiştir.

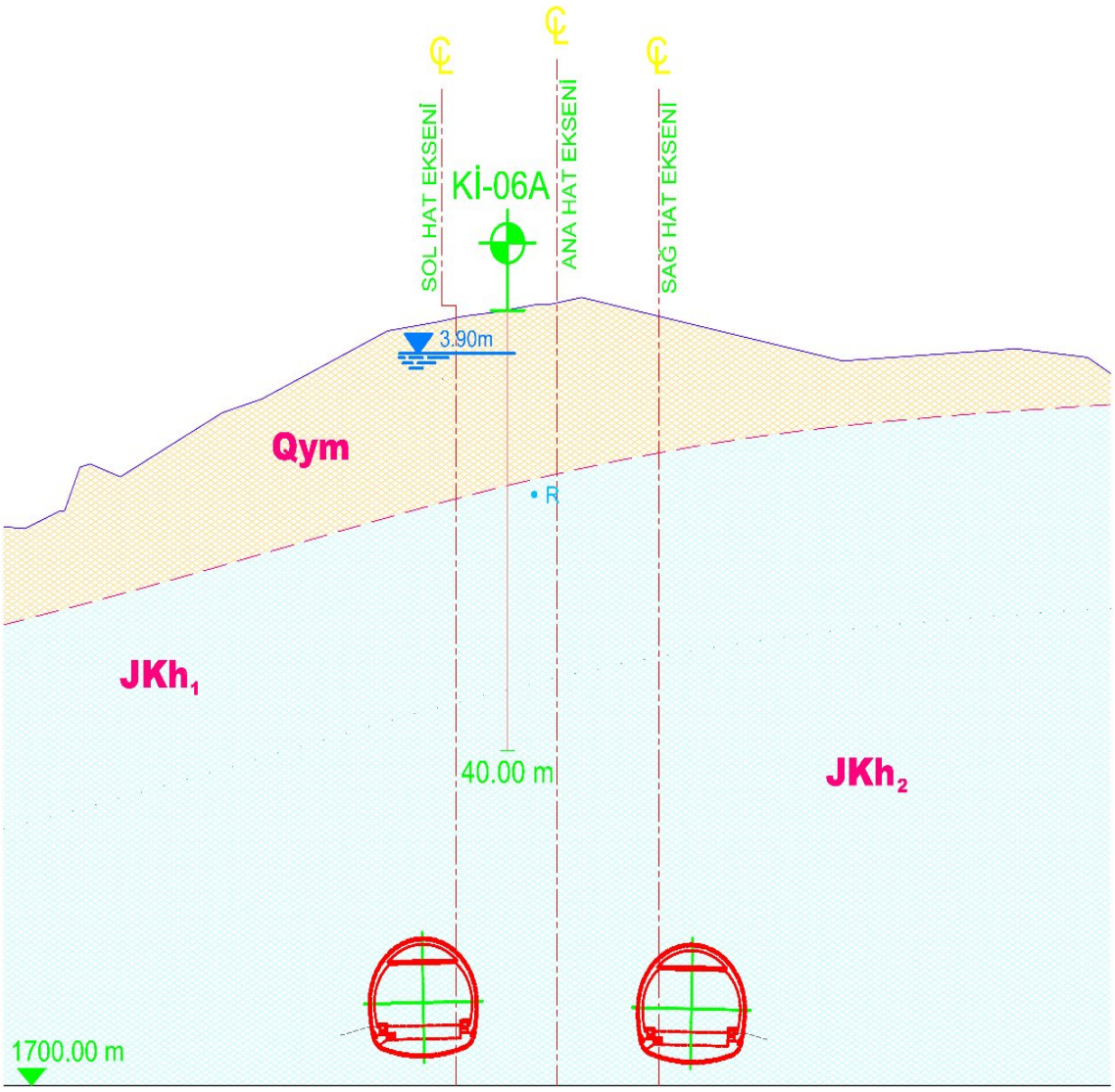
Tablo 8.123. Km: 71+720 - 71+760 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		DEĞERLER
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		35
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		41
mi, Malzeme sabiti		15
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		45000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		26
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		510
c, Kohezyon (kPa)		1585
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		29
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	4154
	Sönmez ve diğ.	1903
	Hoek & Diederichs	**5728***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	39
	Nihai	34
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0.248

*önerilen

Tablo 8.124. Km: 71+620 kritik kesim için belirlenen parametreler

Model Km	Jeolojik Birim	C (kPa)	ϕ (°)	γ (kN/m^3)	E (MPa)
71+620	Qym	10	33	20	15
	Jkh_1	155	50	25	641
	Jkh_2	1585	29	26	5728



Şekil 8.64. Km: 71+721 kritik jeolojik en kesit

8.19. Km: 71+760 – 71+834.72 Kesimi Jeoteknik Parametre ve Kaya Kütle Sınıflamaları

İnceleme alanının tünel güzergahında jeolojik haritalama ve mühendislik jeolojisi çalışmaları sırasında bu kesim için tünel kesiti üzerinde yamaç molozu (Qym), Hatungüney formasyonunun (JKh/W5), (JKh_1) ve (JKh_2) birimlerinden oluşacaktır. Bu kesim içerisinde tünel Hatungüney formasyonun (JKh_2) jeolojik birimi içerisinden açılacaktır. Hesaplama ve kaya kütle sınıflamalarında bu kesim için Hatungüney

formasyonun (JKh_1) jeolojik biriminin mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır.

8.19.1. Km: 71+760 – 71+834.72 Kesimi GSI ve jeoteknik parametreleri

İnceleme alanında bulunan tünelin bu kesimiyle ilgili olarak mühendislik kaya sınıflama puanlaması ve kritik kesime ait tünel kaya sınıflamasına ait paremetrik değer ile jeolojik en kesit verilmiştir.

İnceleme alanının bu bölümünde Hatungüney formasyonunun (JKh_1) birimi için GSI değerleri GSI abağı yardımı ile ve tüm süreksizlik durumlarının toplam değerine göre GSI değerlendirilmesi aşağıdaki şekilde bulunmuştur;

Hatungüney Formasyonu (JKh_1) km: 71+760 – 71+834.72 kesimi için;

Hacimsel çatlak sayısı;

$Jv = 44 - 0,4 \times RQD = 44-0,4 \times 20 = 36$ adet/m^3

Yapısal özellik puanı;

$SR = -17,5 \times \ln Jv + 79,8$

$SR = -17,5 \times \ln 36 + 79,8$

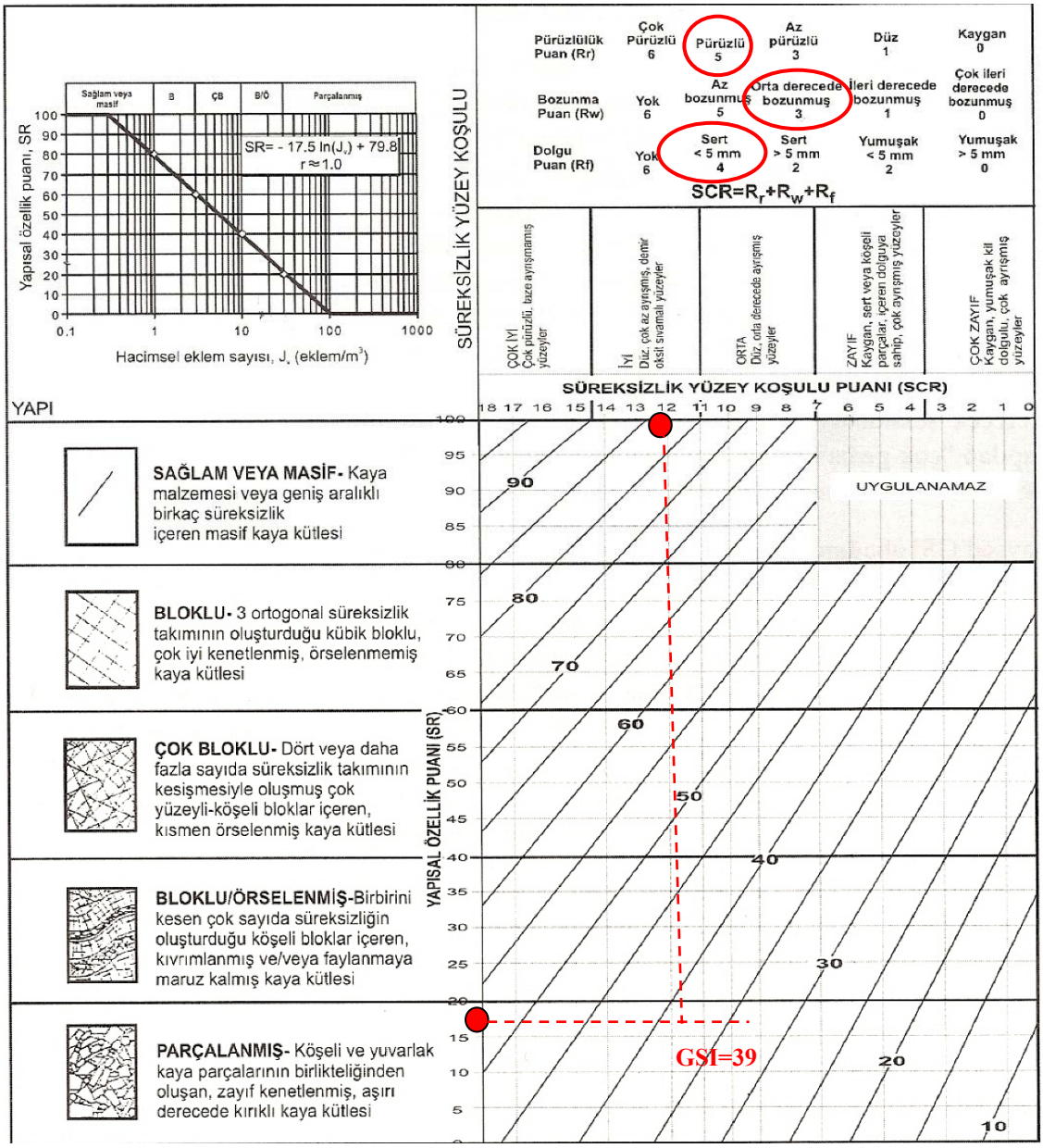
$SR = -17,5 \times 2,89 + 79,8$

$SR = 17,08$

Süreksizlik yüzey koşulu;

$SCR = Rr + Rw + Rf = 5 + 3 + 4 = 12$

Değerleri bulunarak Hatungüney formasyonu (JKh_1) km: 71+760 – 71+834.72 kesimi için GSI (jeolojik dayanım indeksi) değeri Şekil 8.65'den 39 olarak bulunmuş ve 'Parçalanmış' mühendislik jeolojisi ortamı özelliğindedir. Ayrıca Hatungüney formasyonunun (JKh_1) tüm süreksizlik koşulları göz önüne alınarak GSI değeri 31 olarak bulunmuştur.



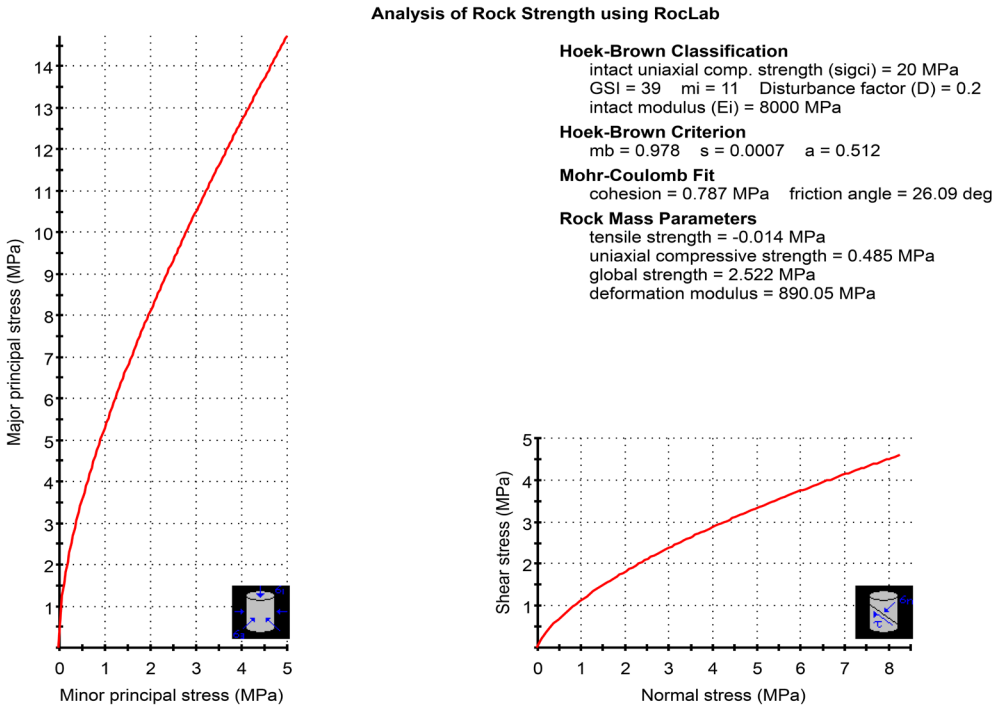
Şekil 8.65. Km: 71+760 – 71+834.72 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_1) GSI sınıflandırılması

Jeoteknik parametreler km: 71+760 – 71+834.72 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için kullanılmak üzere örselenmiş zon olarak D=0,20 kabul edilerek hesaplanmıştır (Tablo 8.125). Hesaplamalarda RockLab bilgisayar yazılımı ile değerlendirilmiş ve seviyelere ait normal gerilme – makaslama dayanımı grafikleri verilmiştir (Şekil 8.66).

Tablo 8.125. Km: 71+760 – 71+834.72 kesimi Hatungüney formasyonunun (JKh_1) için jeoteknik girdi ve çıktı parametreleri

JEOTEKNİK GİRDİ PARAMETRELERİ	
PARAMETRELER	**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)	20
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi	39
mi, Malzeme sabiti	11
D, Örselenme faktörü	0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)	8000
γn, Birim Ağırlık kN/m^3	25

JEOTEKNİK ÇIKTI PARAMETRELERİ						
Örselenme faktörü	**Kohezyon**	**İçsel sürtünme açısı**	**Deformasyon modülü**	**Hoek-Brown Ölçütleri**		
D	c (kPa)	Ø (°)	Em (MPa)	mb	s	a
0,20	787	26	890	0,978	0,0007	0,512



Şekil 8.66. Hatungüney formasyonu (JKh_1) ait normal gerilme-makaslama dayanımı grafiği

8.19.2. Km: 71+760 – 71+834.72 Kesimi RMR sınıflama sistemi

Tünelin bu bölümündeki birimler RMR sınıflama sistemine göre RMR puan değeri 18 bulunmuş olup orta kaya (III) olarak tanımlanmıştır (Tablo 8.126).

Tablo 8.126. Km: 71+760 - 71+834.72 kesimi RMR sınıflaması

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DEĞERLENDİRMELER									
Parametreler			Değer Aralığı						
1	Som Kayanın Dayanımı	Nokta-Yük Dayanımı	>10 Mpa	4-10MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa	Düşük aralıklar için tek eksenli basınç dayanımı tercih edilir		
		Tek Eksenli Basınç Dayanımı	>250 Mpa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
		Değerlendirme	15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Niteliği (RQD)		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	Değerlendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik Aralığı		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Değerlendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu (Bkz.E)		Çok pürüzlü Süreksiz Kapalı Taze eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Az ayrışmalı eklem yüzü	Az pürüzlü Açıklık <1 mm Çok ayrışmalı eklem yüzü	Cilalı yüzler veya Dolgu <5 mm veya Açıklık 1-5 mm Sürekli	Yumuşak dolgu > 5mm veya Açıklık >5 mm Sürekli		
	Değerlendirme		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünelin her 10 m si için su akımı (l/m)	yok	<10	10-25	25-125	>125		
		(Eksen suyu basıncı)/ (Asal gerilim)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Genel durumlar	Bütünüyle kuru	Nemli	Islak	Sızıntı	Akıntı		
	Değerlendirme		15	10	7	4	0		
B. SÜREKSİZLİĞİN KONUMU İÇİN DEĞERLENDİRME									
Eklemlerin doğrultu ve eğimi			Çok Uygun	Uygun	Orta	Olumsuz	Çok Olumsuz		
Değerlendirme		Tüneller	0	-2	-5	-10	-12		
		Tameller	0	-2	-7	-15	-25		
		Şevler	0	-5	-25	-50			
C. TOPLAM DEĞERLENDİRMEDEN KAYA SINIFLAMASI TAYİNİ									
Değerlendirme			100<----81	80<----61	60<----41	40<----21	<21		
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Nitel Tanım			Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya		
D. KAYA SINIFLARININ NİCELİK ANLAMI									
Sınıf No			I	II	III	IV	V		
Ortalama kendini tutma 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 sa.	1 m açıklık için 30 dak.		
Kaya kütlesinin kohezyonu (kPa)			>400	300-400	200-300	100-200	<100		
Kaya kütlesinin içsel sürtünme açısı			>45	35-45	25-35	15-25	<15		
E. SÜREKSİZLİKLERİN DURUMUNA ÖZGÜ SINIFLAMA KLAVUZU									
Süreksizlik uzunluğu			<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	>20 m		
Değerlendirme			6	4	2	1	0		
Açıklık			yok	<0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm		
Değerlendirme			6	5	4	1	0		
Pürüzlülük			Çok Pürüzlü	Pürüzlü	Az Pürüzlü	Pürüzsüz	Cilalı Yüzlü		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
Dolgu			yok	Sert dolgu < 5mm	Sert Dolgu > 5mm	Yumuşak dolgu < 5mm	Yumuşak dolgu > 5mm		
Değerlendirme			6	4	2	2	0		
Ayrışma			Taze	Az Ayrışmalı	Orta Ayrışmalı	Çok Ayrışmalı	Bütünüyle Ayrışmalı		
Değerlendirme			6	5	3	1	0		
F. SÜREKSİZLİKLERİN DOĞRULTU VE DALIMININ TÜNEL AÇIMINA ETKİLERİ									
Doğrultu Tünel Eksenine Dik					Doğrultu Tünel Eksenine Paralel				
Dalım yönünde ilerleme dalım Dalım 45-90			Dalım yönünde ilerleme dalım	Dalım 20-45	Dalım 45-90		Dalım 20-45		
Çok Uygun			Uygun		Çok Uygun		Orta		
Dalıma karşı ilerleme Dalım 45-90			Dalıma karşı ilerleme	Dalım 20-45	Doğrultudan bağımsız, Dalım 0-20				
Orta			Olumsuz		Orta				

8.19.3. Km: 71+760 – 71+834.72 Kesimi Q sınıflama sistemi değeri

Kaya tünelcilik kalitesi Q değeri kKırık tüneli için birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki Tablo 8.127'den hesaplanmıştır.

Tablo 8.127. Km: 71+760 - 71+834.72 kesimi Q sınıflaması

1) Q Sınıflama Sistemi (Kaya Kütlesinin Mühendislik Sınıflaması) :
Km: 71+760 – 71+834.72

Sınıflamada kullanılan parametreler ;

1) RQD	**:**	**20**
2) Jn	**:**	**24**
3) Jr	**:**	**1.5**
4) Ja	**:**	**3**
5) Jw	**:**	**0,66**
6) SRF	**:**	**5**
7) ESR	**:**	**1**

RQD değerinin 0 ve 10!dan küçük değerler için Q sınıflaması yapılabilmesi için RQD yaklaşık 10 alınmalıdır.

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF} = \mathbf{0,055}$$

Q indeksine göre RMR değeri (RMR = 9 LnQ + 44)	:	**17,9**
RQD / Jn	:	**0.83**
Jr / Ja	:	**0.50**
En / ESR (En : Kazı Eni : 10.00 m)	:	**10**
P_{tavan} (Sürekli tavan tahkimat basıncı)	:	**3.50 kg/cm²**
Eşdeğer Boyut	:	**10**
Maksimum tahkimatsız açıklık	:	**0.63 m**
Q ve Eşdeğer boyuta göre tahkimat kategorisi	**:**	**35**

2) ÖNORM B KAZI SINIFLAMASI :

Kazı sınıfı	:	**C2 BASKILI**
Q İndeksi ve RMR değerine göre ÖNORM B 2203 kazı sınıfı	:	**C2**

3) TÜNEL DESTEK TİPİ :

Öngörülen C2 destek sınıfı uygulanacaktır.

8.19.4. Km: 71+760 – 71+834.72 Kesimi deformasyon modülü hesaplamaları

Tünelin bu bölümü için farklı yöntemlere göre deformasyon modülü değeri araştırılmıştır.

Bu üç farklı yönteme göre hesaplanan kaya kütlesini temsil eden deformasyon modülü değerleri km: 71+760 – 71+834.72 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_2) için aşağıdaki Tablo 8.128'de özetlenmiştir.

Tablo 8.128. Km: 71+760 – 71+834.72 kesimi Hatungüney formasyonu (JKh_1) farklı yöntemlere göre belirlenen deformasyon modülü değerleri

Eşitliği Öneren	Yılı	Kullanılan parametreler	Eşitlik	Sonuç (MPa) D=0.20 için
Nicholson ve Bieniawski	1990	E_i, RMR	$E_m=E_i(0.0028RMR^2+0.9e^{(RMR/22.82)})$	2369
Hoek ve Diederichs	2006	E_i, GSI, D	$E_m = E_i\left(0.02+\frac{1-(D/2)}{1+e^{((60+15D-GSI)/11)}}\right)$	5007
Sönmez vd.	2006b	E_i, RMR	$Em=E_i 10^{[(((RMR-100)(100-RMR)/4000\exp(-RMR/100))]}$	868

8.19.5. Km: 71+600 – 71+720 Kesimi kritik kesimleri ve tasarım parametreleri

Bu kesime ait Hatungüney formasyonu (JKh_1) için Tablo 8.129'da birime ait tasarım parametreleri verilmiştir. Saha gözlemleri, sondaj verileri ve laboratuvar testlerinden elde edilen bulgular kullanılarak tünelin bu bölümünde karşılaşılacak birim için kritik kesim için jeoteknik parametreler atanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu kesimde NATM sisteminde kaya sınıfı 'C2' olarak seçilmiştir. Bu bölümde km: 71+780 ve km: 71+826 'kritik kesim' olarak belirlenmiş ve bu kesimlere ait jeolojik en kesitleri Şekil 8.67 ve Şekil 8.68'de verilmiştir. Yukarıda ayrıntılı özellikleri verilen Kırık tüneli km: 71+760 – 71+834.72 arasında kalan kesim için önerilen kritik kesim için tasarım parametreleri ise Tablo 8.130'da özetlenmiştir.

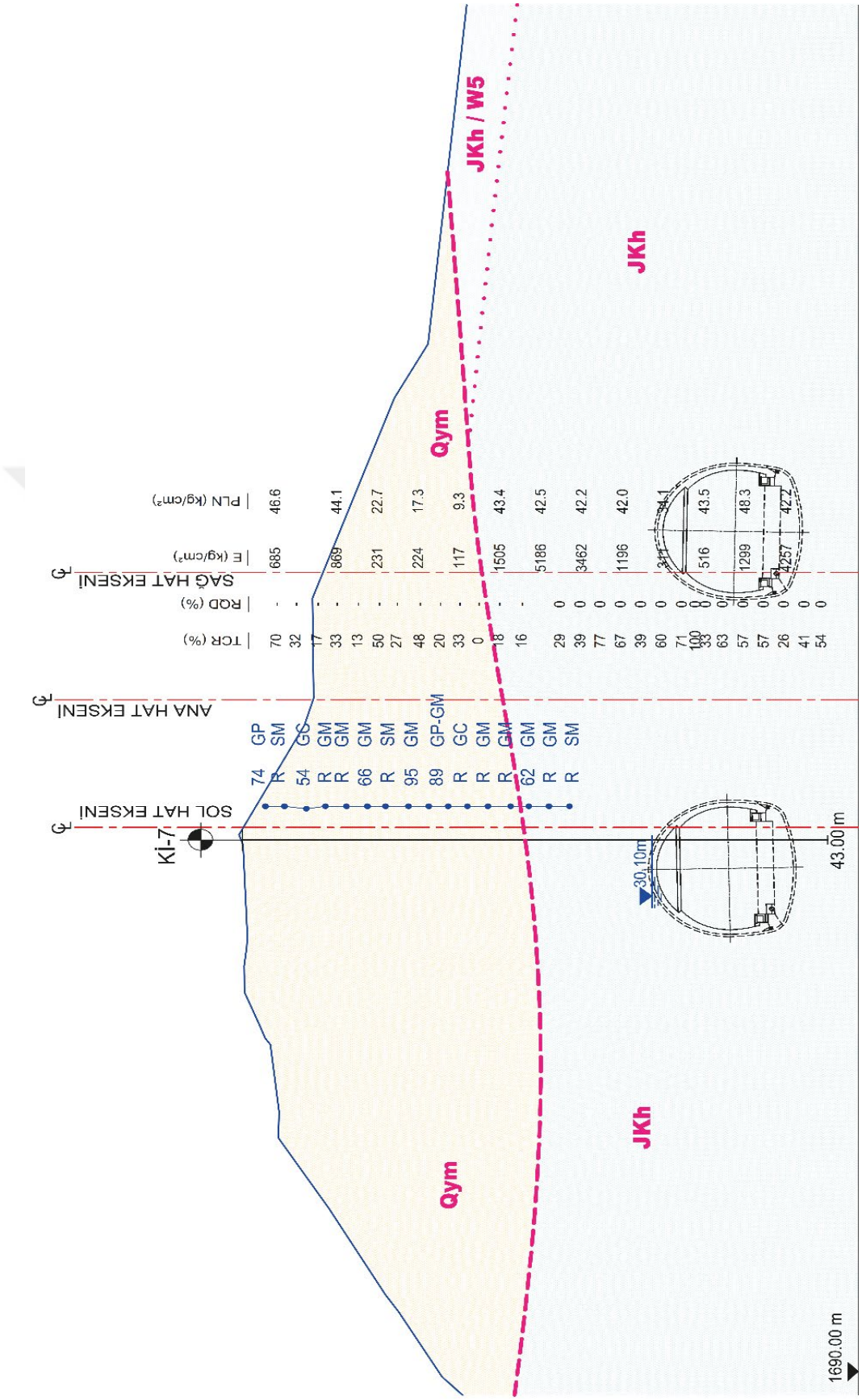
Tablo 8.129. Km: 71+760 - 71+834,72 kesimi Hatungüney formasyonu (Jkh_1) tünel tasarım parametreleri özet tablosu

PARAMETRELER		**DEĞERLER**
UCS, Tek Eksenli Basınç (MPa)		20
GSI, Jeolojik Dayanım İndeksi		39
mi, Malzeme sabiti		11
D, Örselenme faktörü		0,20
Ei, Elastisite Modülü (MPa)		8000
γn, Birim Ağırlık (kN/m^3)		25
H, Ektin kaya yüksekliği (m)		510
c, Kohezyon (kPa)		787
Ø, İçsel Sürtünme Açısı (º)		26
Em, Deformasyon Modülü (MPa)	Nicholson & Bieniawski	2369
	Sönmez ve diğ.	868
	Hoek & Diederichs	**890***
RMR, Kaya Kütlesi Sınıflama Puanı	Temel	28
	Nihai	18
Q, Tünelcilik Kalite İndeksi		0.055

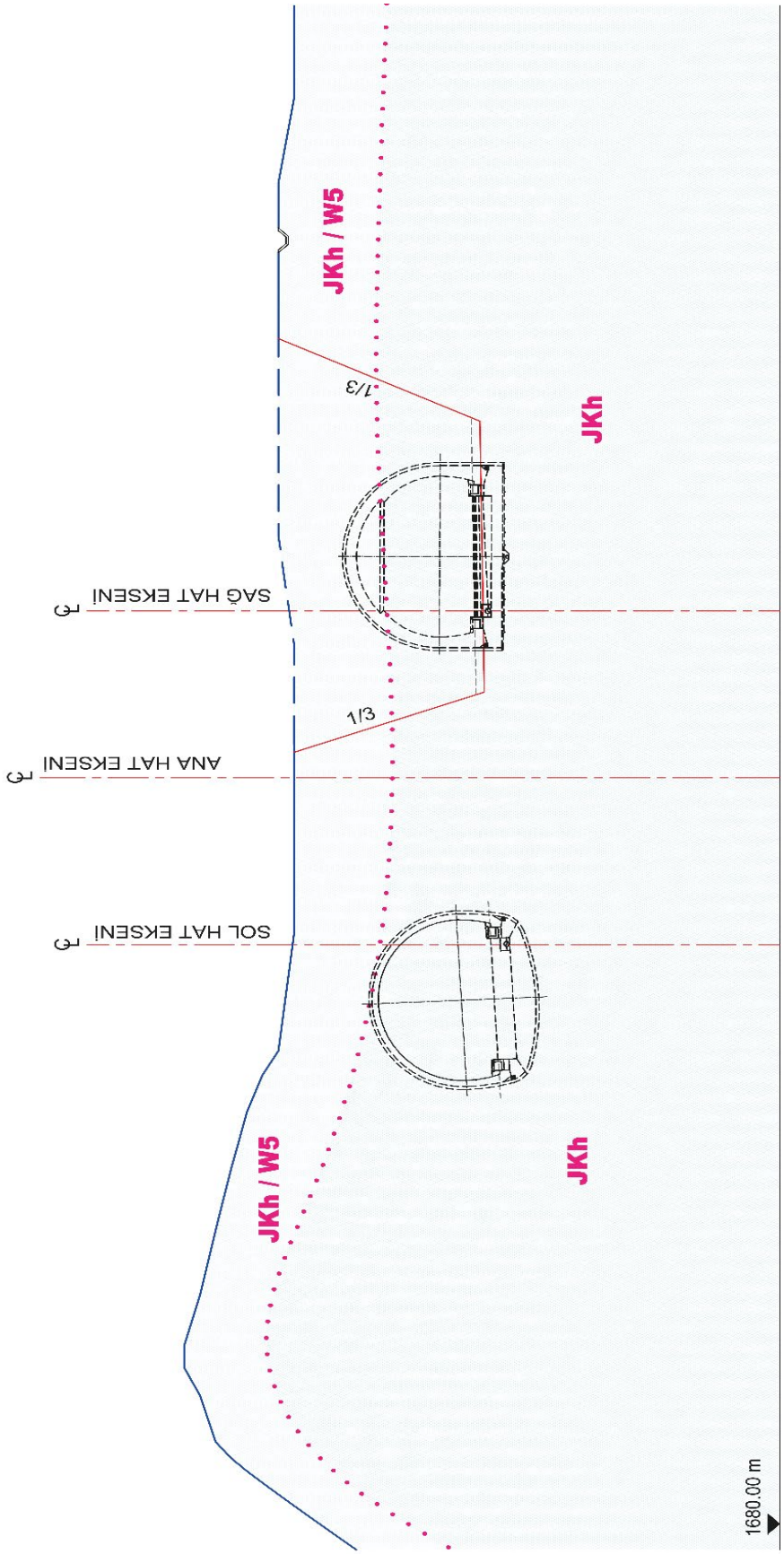
*önerilen

Tablo 8.130. Km: 71+780 – 71+826 kritik kesim için belirlenen kayaç parametreleri

Model Km	**Jeolojik Birim**	**C (kPa)**	**ϕ (°)**	**γ (kN/m^3)**	**E (MPa)**
71+780 – 71+826	Qym	10	33	20	15
	Jkh / W5	20	33	21	39
	Jkh_1	787	26	25	890
	Jkh_2	656	28	26	5007



Şekil 8.67. Km: 71+780 kritik jeolojik en kesit



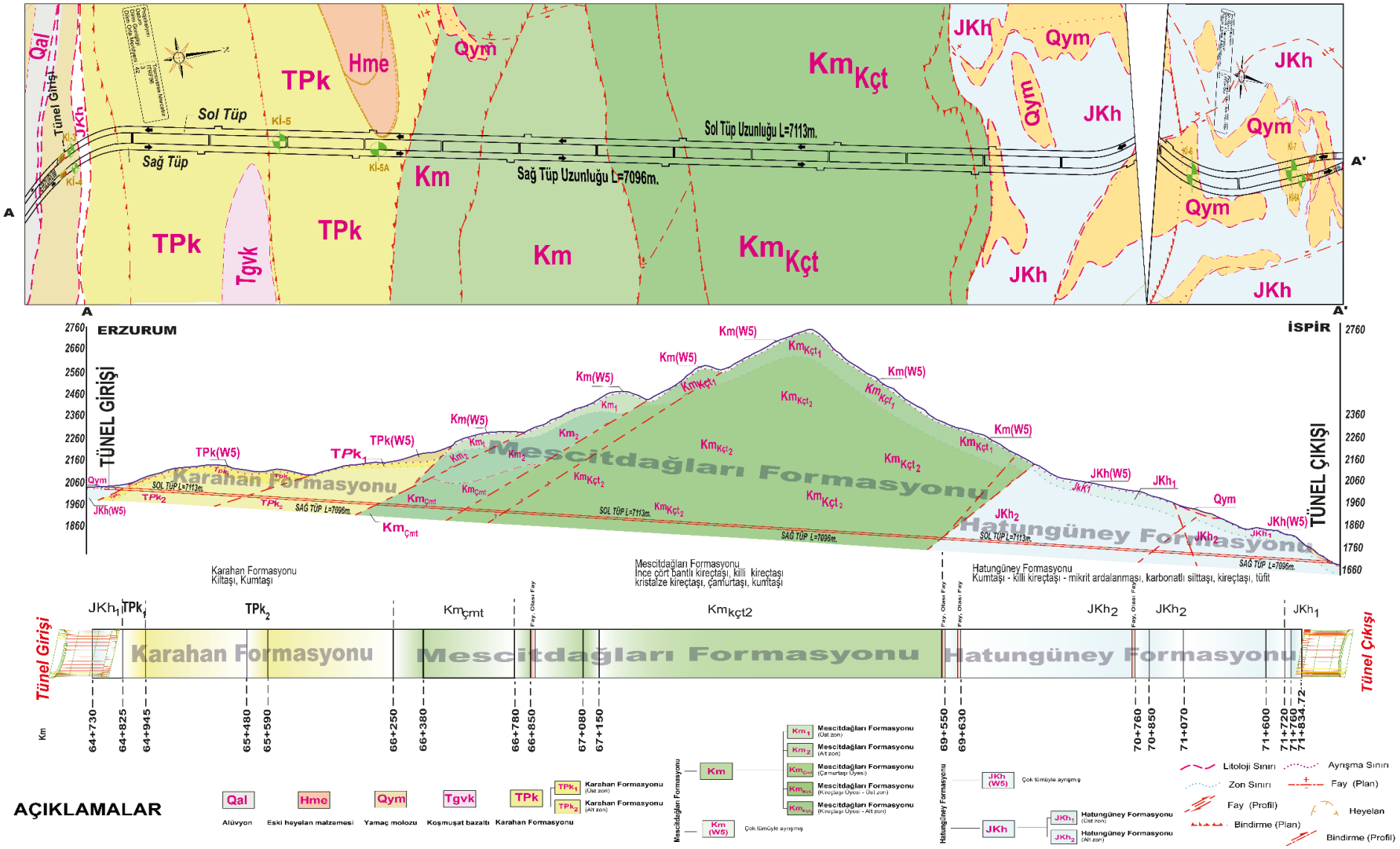
Şekil 8.68. Km: 71+826 kritik jeolojik en kesit

8.20. Tünel Kesimlerine Ait Genel Değerlendirme

İnceleme alanında tünel güzergahını oluşturan jeolojik birimlerin arazi, saha ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler doğrultusunda tünel güzergahı mühendislik jeolojisi değerlendirmelerine göre kesimlere ayrılmıştır. Mühendislik jeolojisi tanımlamaları ve değerlendimeleri yapılan birimler için her biri ayrı ayrı kesimlerde değerlendirilerek bu kesimler için kaya sınıflamalarında çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen yöntemlere göre belirlenmiştir (Şekil 8.68). Bu çalışmada tünel güzergahı boyunca tünel kesimleri GSI Sınıflandırma sistemi, RMR ve Q kaya sınıflandırma sistemlerine göre sınıflandırılmış ön görülen tünel destekleme sistemleri önerilmiştir.

GSI sınıflandırma sistemi görsel bir sistemdir. GSI bu çalışmada özellikle blok büyüklüğü ve tabaka/eklem yoğunluk durumunun kaya kütlesi tanımlamasına olan etkisi RMR ve Q kaya sınıflama sistemlerine göre çok daha fazla olduğundan tercih edilmiştir. Düşük kaliteli kaya kütlelerinin tanımlanmasında RMR sınıflama siteminin yetersizliği sebebiyle GSI sınıflandırma sistemi kullanılmıştır. Tünel giriş kesiminde Karahan formasyonun kiltaşı ve kumtaşı birimlerinde ve Hatungüney formasyonun ayrışmış seviyelerinde ve Mescitdağları formasyonlarında gözlemlenen faylanma bölgelerindeki düşük kalitedeki kaya kütlelerinin jeolojik tanım özelliği belirlenmesinde bu sistemden faydalanılarak değerlendirilmiştir. Tüm tünel kesimlerine ait GSI sınıflandırma sisteminin değerlendirilmesi ise Tablo 8.131'de verilmiştir.

İnceleme alanında tünel güzergahını oluşturan jeolojik birimlerin RMR Sınıflama sistemine göre kaya sınıflaması belirlenerek genel değerlendirme sonuçları verilmiştir (Tablo 8.132). Tez kapsamında Kırık tüneline ait yapılan temel araştırma sondajlardan alınan örnek numunelere göre belirlenen tünel kesimlerinin RMR sınıflamaları yapılmıştır. Puanlamalarda sağlam kayaya ait tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri, RQD, süreksizliklerin açıklıkları, pürüzlülüğü, dolgusu ve aralığı ile birlikte eklem yüzeylerinin ve kayacın bozunma dereceleri karotlardan belirlenmiştir. Ayrıca, bozunma ve süreksizliklerin devamlılığı (uzunluğu) yüzlek vermiş aynı formasyona ait birimlerden de tahmin edilmiştir. Süreksizliklerin durumu ile ilgili puanlar arazi ve sondaj karotlarında yapılan gözlemlere göre belirlenmiştir.



Şekil 8.69. Tünel güzergahı profil kesiti ve mühendislik jeolojisi

Tablo 8.131. Kırık tüneli güzergah boyunca değerlendirilen birimlerin GSI sınıflama sistemi tablosu

Km	GSI Değerlendirilmesi Yapılan Jeolojik Birim	Tek Eksenli Basma Dayanımı (MPa)	RQD	SR	Süreksizlik Yüzey Koşulu Değerleri (SCR)			GSI	Jeolojik Tanımlanma Özelliği	Süreksizlik Koşullarının Toplam Değerine Göre GSI Değeri	
					R_r	R_w	R_f			J_{cond89}	GSI= 1.5 X J_{cond89} + RQD/2
64+730 - 64+825	Jkh/W5	2	20	17.08	3	3	2	30	Parçalanmış	11	27
	Jkh_1	20	20	17.08	5	3	2	34	Parçalanmış		
64+825 - 64+945	Tpk_1	3	20	17.08	3	3	2	30	Parçalanmış	13	30
64+945 - 65+480	Tpk_2	25	70	24.18	5	4	3	42	Bloklu/Örselenmiş	15	58
65+480 - 65+590	Tpk_2	25	20	17.08	5	4	3	39	Parçalanmış	13	30
65+590 - 66+250	Tpk_2	25	70	24.18	5	4	3	42	Bloklu/Örselenmiş	16	59
66+250 - 66+380	Km_{cmt}	38	35	20.27	5	3	2	36	Parçalanmış - Bloklu Örselenmiş	11	34
66+380 - 66+780	Km_{cmt}	38	35	20.27	5	3	2	36	Parçalanmış - Bloklu Örselenmiş	13	37
66+780 - 66+850	Km_{kcl2}	20	20	17.15	6	5	2	41	Parçalanmış	14	25
66+850 - 67+080	Km_{kcl2}	95	85	39.50	6	5	2	50	Bloklu Örselenmiş - Çok Bloklu	23	77
67+080 - 67+150	Km_{kcl2}	95	70	31.27	6	5	2	46	Bloklu Örselenmiş	21	67
67+150 - 69+550	Km_{kcl2}	110	85	39.50	6	5	4	50	Bloklu Örselenmiş - Çok Bloklu	21	74
69+550 - 69+630	Jkh_2	20	25	18.08	6	5	2	40	Parçalanmış	19	41
69+630 - 70+760	Jkh_2	100	70	31.27	6	5	2	46	Bloklu/Örselenmiş	23	70
70+760 - 70+850	Jkh_2	20	35	20.07	6	5	2	42	Parçalanmış - Bloklu Örselenmiş	15	40
70+850 - 71+070	Jkh_2	45	55	25.70	6	5	2	44	Bloklu/Örselenmiş	18	50
71+070 - 71+600	Jkh_2	100	65	29.21	6	5	4	45	Bloklu/Örselenmiş	21	64
71+600 - 71+720	Jkh_2	100	60	27.37	6	5	2	45	Bloklu/Örselenmiş	18	57
71+720 - 71+760	Jkh_2	35	30	19.14	6	5	4	41	Parçalanmış - Bloklu Örselenmiş	15	38
71+760 - 71+834.72	Jkh_1	20	20	17.08	5	3	4	39	Parçalanmış	14	31

SR: Yapısal Özellik Puanı, SCR: Süreksizlik Yüzey Koşul Puanı, Rr: Pürüzlülük puanı, Rw: Bozunma puanı, Rf: Dolgu puanı, Jcond89: Tüm süreksizlik koşullarının toplam değeri

Tablo 8.132. Kırık tüneli güzergah boyunca değerlendirilen birimlerin RMR sınıflama sistemine göre kaya sınıflaması

Km	Sondaj No	Birim	Kaya Mukavemeti	RQD	Eklem Sıklığı	Eklem Durumu	YASS	Düzeltme	RMR	Kaya Sınıfı
64+730-64+825	Kİ-3 Kİ-4	JKh /W5 JKh_1	1	3	5	11	7	-10	17	Zayıf
64+825-64+945		Tpk_1	2	8	5	13	7	-5	30	Zayıf
64+945-65+480		Tpk_2	2	13	8	15	7	-5	40	Orta
65+480-65+590		Tpk_2	2	3	5	13	7	-5	25	Zayıf
65+590-66+250	Ki-5	Tpk_2	2	13	8	16	7	-5	41	Orta
66+250-66+380		$Km_{çmt}$	4	8	5	11	7	-5	21	Zayıf
66+380-66+780	Ki-5A	$Km_{çmt}$	4	8	8	13	4	-10	27	Zayıf
66+780-66+850		$Km_{kçt2}$	2	3	5	14	7	-5	26	Zayıf
66+850-67+080		$Km_{kçt2}$	7	17	10	23	7	-5	59	Orta
67+080-67+150		$Km_{kçt2}$	7	13	10	21	4	-5	50	Orta
67+150-69+550		$Km_{kçt2}$	12	17	10	21	7	-5	62	Orta
69+550-69+630		JKh_2	2	8	8	19	4	-5	36	Zayıf
69+630-70+760		JKh_2	12	13	10	23	7	-5	60	Orta
70+760-70+850		JKh_2	2	8	8	18	4	-5	32	Zayıf
70+850-71+070		JKh_2	7	13	10	18	7	-5	50	Orta
71+070-71+600	Ki-6	JKh_2	12	13	10	21	7	-5	58	Orta
71+600-71+720	Ki-6A	JKh_2	7	13	8	18	7	-5	48	Orta
71+720-71+760	Ki-6A	JKh_2	4	8	8	16	4	-5	35	Zayıf
71+760-71+834.72	Ki-7	JKh_1	2	3	5	14	4	-10	18	Ç.Zayıf

RMR sınıflaması yapılan tünel kesimlerine ait puanlamanın sonuç değerleri ve kesimlere ait kaya sınıfları belirtilmiştir (Tablo 8.131). Tünel kesimine ait Hatungüney formasyonuna ait birimlerin RMR puan değerleri 17-60 arasında olup çok zayıf-zayıf-orta-iyi kaya sınıfını temsil etmektedir. Karahan formasyonunu temsil eden jeolojik birimlerin ise RMR puan değerleri 25-41 arasında olup zayıf-orta kaya sınıfda yer alırlar.

Mescitdağları formasyonunu temsil eden jeolojik birimlerin ise RMR puan değerleri ise 27-62 arasında olup zayıf-orta-iyi kaya sınıfını temsil ettiği görülmektedir. İnceleme alanında giriş ve çıkış portallarındaki süreksizlikler kaya ortamını aşırı parçaladığı için RQD değerleri bu kısımlarda düşük olması sebebi ile RMR puanlaması düşük çıkmıştır.

İnceleme alanında tünel güzergahını oluşturan jeolojik birimlerin Q (NGI, Norvegian Geotechnical Institue) kaya kütlesi sınıflaması yapılıp sonuçları değerlendirilmiştir (Tablo 8.133). Q sınıflama sistemi RMR sınıflama sistemine göre daha detaylı bir kaya sınıflama sistemi olduğu için RMR sınıflamasından elde edilen sonuçların Q sisteminde de aynı anlamı ifade edebilmesi uygulama açısından olumlu bir durumdur. Q sisteminin başlıca üstünlüğü, kaya özelliklerindeki küçük değişimlere karşı göreceli olarak duyarlı olmasıdır. Buna karşın, çok sayıda girdi parametresini ve bunlara ilişkin karmaşık tanımlamaları içermesi, özellikle yeterli deneyimi olmayan uygulamacılar açısından sistemin başlıca sınırlaması olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca kaya kütleleri için önem taşıyan süreksizlik yönelimi, boyutu, devamlılığı ve açıklığı ile kaya dayanımı gibi parametreler Q sisteminde dikkate alınmamaktadır. İnceleme alanındaki Hatungüney formasyonunu temsil eden jeolojik birimlerinin Q değerleri minimum 0,018 ve en yüksek 5,775 arasında olup Q sisteminde kaya sınıfı ise çok fazla zayıf-çok zayıf-zayıf-orta olarak tanımlanmıştır. Karahan formasyonunu temsil eden jeolojik birimlerinin Q değerleri minimum 0,055 ve en yüksek 1,155 olduğu ve Q sisteminde kaya sınıfı ise çok fazla zayıf-çok zayıf-zayıf olarak tanımlanmıştır. Mescitdağları formasyonunu temsil eden jeolojik birimlerinin Q değerleri minimum 0,055 ve en yüksek 7,013 arasında olup ve Q sisteminde kaya sınıfı ise çok fazla zayıf-zayıf-orta olarak tanımlanmıştır.

Tablo 8.133. Kırık tüneli güzergah boyunca değerlendirilen birimlerin Q sınıflama sistemine göre kaya sınıflaması

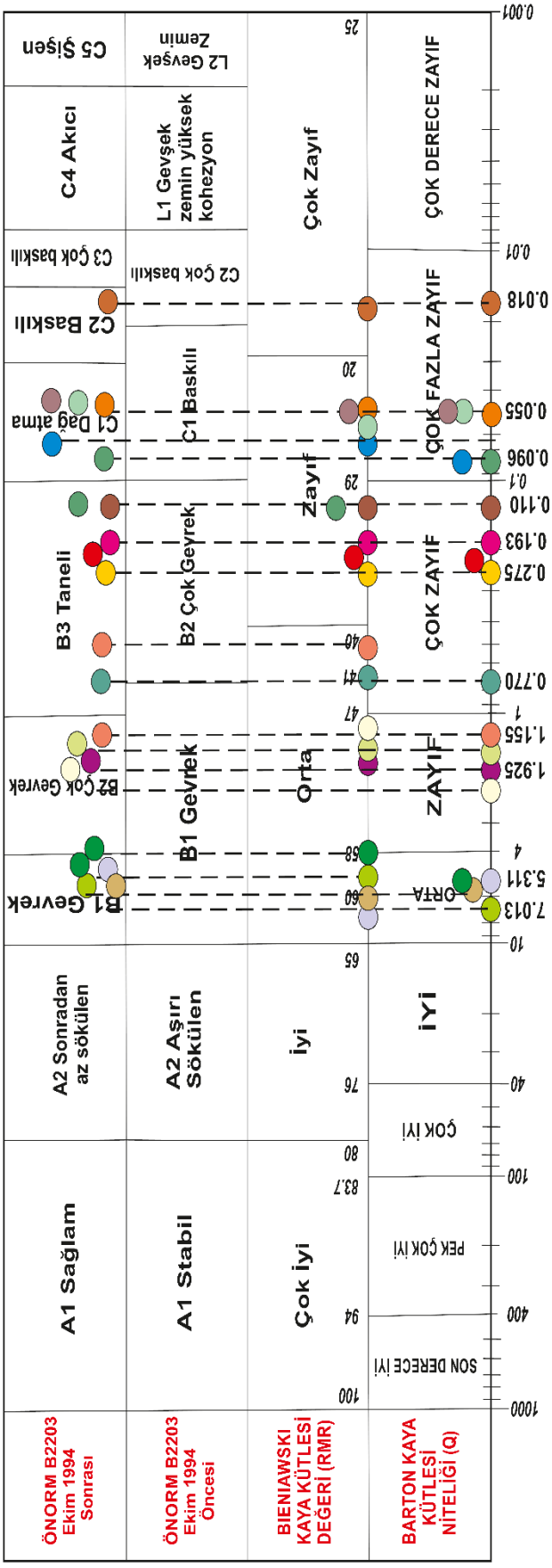
Km	Sondaj No	Birim	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	Q	Kaya Sınıfı
64+730-64+825	Kİ-3 Kİ-4	JKh/W5 JKh_1	20 (1A)	2X12 (2G)	1 (3E)	3 (4D)	0.66 (5B)	10 (6B)	0.018	Ç.F.Zayıf
64+825-64+945	-	Tpk_1	20 (1A)	12 (2G)	1.5 (3D)	3 (4D)	0.66 (5B)	5.0 (6B)	0.110	Ç.Zayıf
64+945-65+480	-	Tpk_2	70 (1C)	12 (2G)	1.5 (3D)	2 (4C)	0.66 (5B)	2.5 (6C)	1.155	Zayıf
65+480-65+590	-	Tpk_2	20 (1A)	12 (2G)	1.5 (3D)	6 (4K)	0.66 (5B)	5.0 (6G)	0.055	Ç.F.Zayıf
65+590-66+250	Ki-5	Tpk_2	70 (1C)	12 (2G)	1.5 (3D)	1 (4B)	0.66 (5B)	7.5 (6D)	0.770	Ç.Zayıf
66+250-66+380	-	$Km_{çmt}$	35 (1A)	12 (2G)	1.5 (3D)	6 (4K)	0.66 (5B)	5.0 (6G)	0.096	Ç.F.Zayıf
66+380-66+780	Ki-5A	$Km_{çmt}$	35 (1A)	12 (2G)	1.5 (3D)	3 (4D)	0.66 (5B)	10.0 (6A)	0.096	Ç.F.Zayıf
66+780-66+850	-	$Km_{kçt2}$	20 (1A)	12 (2G)	1.5 (3D)	6 (4K)	0.66 (5B)	5.0 (6G)	0.055	Ç.F.Zayıf
66+850-67+080	-	$Km_{kçt2}$	85 (1D)	12 (2G)	1.5 (3D)	1 (4B)	0.66 (5B)	1.0 (6J)	7.013	Orta
67+080-67+150	-	$Km_{kçt2}$	70 (1C)	12 (2G)	1.5 (3D)	3 (4D)	0.66 (5B)	1.0 (6J)	1.925	Zayıf
67+150-69+550	-	$Km_{kçt2}$	85 (1D)	12 (2G)	1.5 (3E)	1 (4B)	0.5 (5C)	1.0 (6J)	5.311	Orta
69+550-69+630	-	JKh_2	25 (1B)	12 (2G)	1.5 (3E)	3 (4D)	0.66 (5B)	2.5 (6F)	0.275	Ç.Zayıf
69+630-70+760	-	JKh_2	70 (1C)	12 (2G)	1.5 (3E)	1 (4A)	0.66 (5B)	1.0 (6J)	5.775	Orta
70+760-70+850	-	JKh_2	35 (1B)	12 (2G)	1.5 (3E)	6 (4K)	0.66 (5B)	2.5 (6F)	0.193	Ç.Zayıf
70+850-71+070	-	JKh_2	55 (1C)	12 (2G)	1.5 (3E)	1 (4B)	0.66 (5B)	2.5 (6F)	1.815	Zayıf
71+070-71+600	Ki-6	JKh_2	65 (1C)	12 (2G)	1.5 (3E)	1 (4A)	0.66 (5B)	1.0 (6J)	5.363	Orta
71+600-71+720	Ki-6A	JKh_2	60 (1C)	12 (2G)	1.5 (3E)	1 (4B)	0.66 (5B)	2.5 (6F)	1.980	Zayıf
71+720-71+760	Ki-6A	JKh_2	30 (1B)	12 (2G)	1.5 (3E)	2 (4C)	0.66 (5B)	5.0 (6E)	0.248	Ç.Zayıf
71+760-71+834.72	Ki-7	JKh_1	20 (1A)	12X2 (2G)	1.5 (3E)	3 (4D)	0.66 (5B)	5.0 (6E)	0.055	Ç.F.Zayıf

RMR ve Q benzer amaçlarla önerilen sınıflama sistemleri olup, hala günümüzde kullanım alanına sahiptirler. Bu iki sınıflamanın birbirlerine dönüşümlerine ilişkin değerlendirilmesi Tablo 8.134'de verilmiştir.

Tablo 8.134. Kırık tüneli Q – RMR korelasyonu sınıflama sistemi

Km	Birim	Q (Barton)	RMR (Bieniawski)	RMR (9xLn(Q)+44)
64+730-64+825	JKh /W5 JKh_1	0.018	17	8
64+825-64+945	Tpk_1	0.110	30	24
64+945-65+480	Tpk_2	1.155	41	45
65+480-65+590	Tpk_2	0.055	25	18
65+590-66+250	Tpk_2	0.770	41	42
66+250-66+380	$Km_{çmt}$	0.096	30	23
66+380-66+780	$Km_{çmt}$	0.096	27	23
66+780-66+850	$Km_{kçt2}$	0.055	26	18
66+850-67+080	$Km_{kçt2}$	7.013	59	61
67+080-67+150	$Km_{kçt2}$	1.925	50	50
67+150-69+550	$Km_{kçt2}$	5.311	62	59
69+550-69+630	JKh_2	0.275	36	32
69+630-70+760	JKh_2	5.775	60	60
70+760-70+850	JKh_2	0.193	32	29
70+850-71+070	JKh_2	1.815	50	49
71+070-71+600	JKh_2	5.363	58	59
71+600-71+720	JKh_2	1.980	48	50
71+720-71+760	JKh_2	0.248	34	31
71+760-71+834.72	JKh_1	0.055	18	18

Yukarıdaki Tablo 8.134'e göre Q kaya sınıflama sisteminde sınıflaması yapılan kaya kütlesinin RMR kaya sınıflama sisteminde yaklaşık hangi değeri ifade edebileceğine yönelik bağıntı ve sonuç değerleri verilmiştir. Bu yöntem ile RMR puan değerlerlerin mevcut hesaplama yöntemi ile bulanan değerlere yakın olduğu görülmüştür. Bulunan Q sistemindeki değer ile RMR sistemindeki değerler karşılaştırlarak Şekil 8.70'de NATM yöntemine göre açılan Kırık tüneli için ÖNORM-B2203 standartlarında kazı sınıfı belirlenmiş olup kazı sınıfına göre tünel destekleme elemanları önerilmiştir.



Km	Q Değeri	RMR Değeri	Temsili Renk
64+730-64+825	0.018	17	
64+825-64+945	0.110	30	
64+945-65+480	1.155	41	
65+480-65+590	0.055	25	
65+590-66+250	0.770	41	
66+250-66+380	0.096	30	
66+380-66+780	0.096	27	
66+780-66+850	0.055	26	
66+850-67+080	7.013	59	
67+080-67+150	1.925	50	
67+150-69+550	5.311	62	
69+550-69+630	0.275	36	
69+630-70+760	5.775	60	
70+760-70+850	0.193	32	
70+850-71+070	1.815	50	
71+070-71+600	5.363	58	
71+600-71+720	1.980	48	
71+720-71+760	0.248	34	
71+760-71+834	0.055	18	

Şekil 8.70. Kırık tüneli kazı sınıfının belirlenmesi (ÖNORM B 2203)

Tablo 8.135. Kırık tüneli belirlenen kazı sınıflaması (ÖNORM)

KM	LİTOLOJİ	ÖNORM – B 2203	KAZI SINIFI
64+730-64+825	JKh (W5) / JKh_1	C2	C2
64+825-64+945	Tpk_1	C2	C2
64+945-65+480	Tpk_2	B3	B3
65+480-65+590	Tpk_2	C2	C2
65+590-66+250	Tpk_2	B3	B3
66+250-66+380	$Km_{çmt}$	C2	C2
66+380-66+780	$Km_{çmt}$	C2	C2
66+780-66+850	$Km_{kçt2}$	C2	C2
66+850-66+860	$Km_{kçt2}$	*	B3
66+860-66+870	$Km_{kçt2}$	*	B2
66+870-67+080	$Km_{kçt2}$	B1	B1
67+080-67+150	$Km_{kçt2}$	B2	B2
67+150-69+540	$Km_{kçt2}$	B1	B1
69+540-69+550	$Km_{kçt2}$	*	B2
69+550-69+630	JKh_2	B3	B3
69+630-69+640	JKh_2	*	B2
69+640-70+750	JKh_2	B1	B1
70+750-70+760	JKh_2	*	B2
70+760-70+850	JKh_2	B3	B3
70+850-71+070	JKh_2	B2	B2
71+070-71+600	JKh_2	B1	B1
71+600-71+720	JKh_2	B2	B2
71+720-71+760	JKh_2	B3	B3
71+760-71+834.72	JKh_1	C2	C2

*Geçiş zonu

Şekil 8.46'da belirlenen kazı sınıfları Tablo 8.135 'de Karayolları teknik şartnamesinde belirlenen NATM yöntemine göre uuygulanan kazı sınıfları verilmiştir. Şekil 8.69'da belirlenen kazı sınıflarında C1 Dağ atma kazı sınıfı teknik şartnamede belirlenen C2 Baskılı olarak kazı sınıfında değerlendirilmiştir. Ayrıca inceleme alanına ait Tablo

8.136'da ise kaya kütle parametreleri ile inceleme alanındaki tünel güzergahında gözlemlenen kayaçların mühendislik jeolojisi parametreleri özetlenmiştir.

Tablo 8.136. Kırık tüneli güzergahı boyunca belirlenen kaya kütle parametreleri

Jeoloji Birim	**Tek eksenli basma dayanımı (MPa)**	**Kayaç malzeme sabiti (mi)**	**RQD**	**Elastisite modülü (Ei) (MPa)**	**Örselenme faktörü (D)**	**Birim ağırlık (kN /m^3)**
Tpk / W5	1	7	10	200	0,00	22
Tpk_1	3	11	20	900	0,00	23
Tpk_2	25	15	70	10 000	0,20	24
Km / W5	2	7	10	400	0,00	20
Km_1	3	11	15	2400	0,00	22
Km_2	8	13	20	7000	0,00	23
$Km_{çmt}$	38	15	35	25 500	0,10	25
$Km_{kçt_1}$	30	12	45	27 000	0,00	25
$Km_{kçt_2}$	110	15	85	70 000	0,20	27
Jkh / W5	2	9	20	700	0,30	21
Jkh_1	20	11	20	8 000	0,20	25
Jkh_2	100	15	70	45 000	0,20	26

9. KIRIK TÜNELİ KAYA DESTEK SINIFLARI VE DESTEKLEME SİSTEMLERİ

Çift tüp olarak projelendirilen kırık tüneli güzergahı için kaya ve zemin profilini oluşturan farklı jeomekanik özelliklere sahip kaya kütleleri Q ve RMR kaya sınıflamasına dayalı olarak değerlendirilmiş ve tünel kaya koşulları Tablo 8.134 ’de verilen ÖNORM B 2203 Kazı sınıflaması bazında 4 sınıfa ayrılmıştır. B1, B2, B3 ve C2 olarak tanımlanan kaya sınıfları sırasıyla tünelin yaklaşık % 60, % 6, % 20 ve % 14 'ünü temsil etmektedir. Bu kaya sınıfları için öngörülen destek tipleri ise bu bölümde açıklanmaktadır.

9.1. RMR Sistemine Göre İlk Destekleme Sistemi

Bilindiği gibi, Q sınıflaması, genelleştirilmiş destek tipleri bağlamında, destek elemanlarının tünel Q değeri aralığına bağlı olarak verilen açıklıklarda uygulanmasını öngörmekte, ancak tünelin “desteksiz durma süresine" ilişkin ayrıntılı veri içermemektedir. Her ne kadar Bieniawski (1989) Q değerine ve açıklığa bağlı olarak desteksiz durma süresine özgü kimi çalışmalar yapmışsa da, anılan çalışmaların bu bağlamdaki sonuçları uluslararasındaki bilimsel ortamda pek uygulama olanağı bulamamıştır. Bu nedenle RMR sınıflamasının kazının desteksiz durma süresine ilişkin özelliğinden yararlanmak analitik çözümlemelerde zorunlu olmaktadır. Üstelik analitik çözümlemelerde kullanılan fiziksel parametreler RMR değerlerine bağlı olarak geliştirilen formüllerle ayrıca hesap edilebilir. Bu anlamda tünel tasarımlarında, Q ve RMR görgül (empirical) kaya sınıflamaları birbirlerini bütünler biçimde birlikte kullanılmaktadırlar.

Tablo 9.1. RMR değerine göre destek sistemi seçimi kılavuzu (Bieniawski, 1989)

Kaya Kütlesi Sınıfı	Kazı	Kaya Bulonu (20 mm çaplı tam enjeksiyonlu)	Püskürtme Beton	Çelik İksa
I Zayıf kaya (100 – 81)	Tam Kesit, 3,0 m ilerleme	Gerektiğinde noktasal kaya bulonu		
C İyi kaya (80 – 61)	Tam kesit 1,0-1,5 m ilerleme, Aynaya 20 m uzaklıkta desteği tamamla	Kemede yer yer 3,0 m uzunlukda bulon, 2,5 m aralıklı ara sıra hasır çelik	Gerektiğinde kemerde 5cm	Yok
III Orta kaya (60 – 41)	Üst yarıda ve altyarıda ilerleme. Üst yarıda 1,5- 3,0 m ilerleme. Her patlatmadan sonra desteklemeye başla. Aynaya 10 m uzaklıkta desteği tamamla	Kemerde ve duvarlarda 1,5-2,0 m aralıklı 4,0 m uzunlukta sistemli bulon, kemerde hasır çelik ile birlikte	Kemerde 5-10 cm, yan duvarlarda 3cm	Yok
IV Zayıf kaya (40 – 21)	Üst yarıda ve altyarıda ilerleme. Üst yarıda 1,0- 1,5 m ilerleme. Aynaya 10 m uzaklıkta kazı ile birlikte eşzamanlı destekleme	Kemerde ve duvarlarda 1,0-1,5 m aralıklı 4,0-5,0 m uzunlukta hasır çelik ile birlikte.sistemli bulon	Kemerde 10-15 cm, yan duvarlarda 10 cm	Gerektiğinde 1,5 m aralıklı hafif ila orta profiller
V Çok zayıf kaya (< 20)	Üst yarıda 0,5-1,5 m ilerleme, kazıyla eşzamanlı destek yerleştirilmeli. Patlatmadan hemen sonra püskürtme beton uygulanmalı	Kemerde ve duvarlarda 1,0-1,5 m aralıklı 5,0-6,0 m uzunlukta hasır çelik ile birlikte sistemli bulon, Tabanda bulon	Kemerde 15-20 cm, yan duvarlarda 15cm, aynada 5cm.	0,75 m aralıklı orta ila ağır profiller, gerektiğinde süren, taban kapatılmalı

* <25 MPa düşey gerilme koşullarında 10 metre çapında, del/patlat yöntemle ve açılan atnalı tünellerde

İnceleme alanında bulunan kırık tüneli için RMR kaya kütlesi değerleri dikkate alınarak destek önerileri Tablo 9.1'den bakılarak Tablo 9.2'deki RMR puan değerlerine göre kolayca tespit edilip destek seçimi yapılabilmektedir.

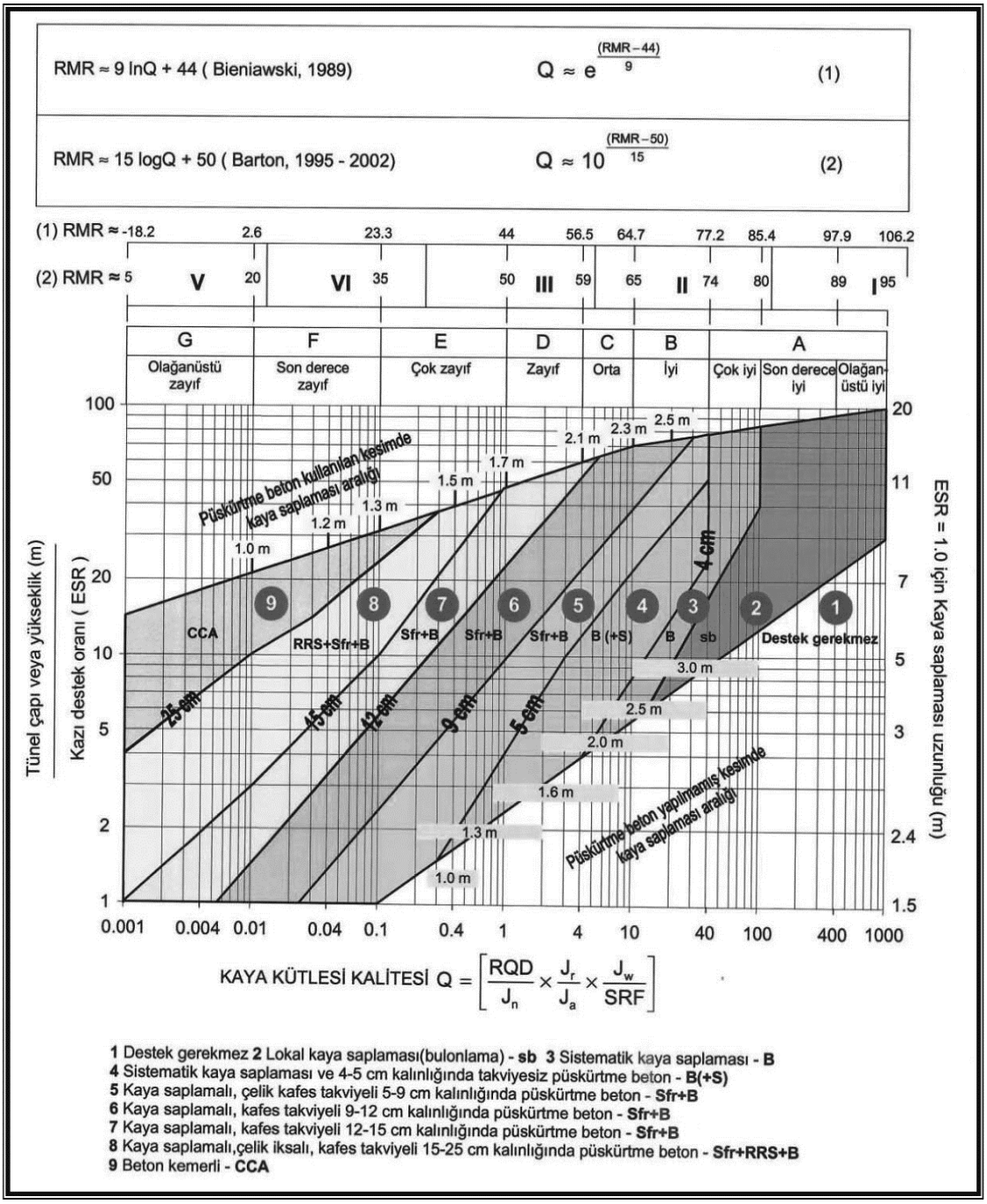
Tablo 9.2. Kırık tüneli güzergahı boyunca RMR kaya sınıfına göre sınıflaması yapılan kesimlerin RMR sisteminde desteklenmesi

Km	RMR	Kaya Sınıfı	Açıklama
64+730 - 64+825	17	Ç. Zayıf Kaya (V)	Bakınız Tablo 9.1
64+825 - 64+945	30	Zayıf Kaya (IV)	
64+945 - 65+480	41	Orta Kaya (III)	
65+480 - 65+590	25	Zayıf Kaya (IV)	
65+590 - 66+250	41	Orta Kaya (III)	
66+250 - 66+380	30	Zayıf Kaya (IV)	
66+380 - 66+780	27	Zayıf Kaya (IV)	
66+780 - 66+850	26	Zayıf Kaya (IV)	
66+850 - 67+080	59	Orta Kaya (III)	
67+080 - 67+150	50	Orta Kaya (III)	
67+150 - 69+550	62	İyi Kaya (II)	
69+550 - 69+630	36	Zayıf Kaya (IV)	
69+630 - 70+760	60	İyi Kaya (II)	
70+760 - 70+850	32	Zayıf Kaya (IV)	
70+850 - 71+070	50	Orta Kaya (III)	
71+070 - 71+600	58	Orta Kaya (III)	
71+600 - 71+720	48	Orta Kaya (III)	
71+720 - 71+760	34	Zayıf Kaya (IV)	
71+760 - 71+834.72	18	Ç. Zayıf Kaya (V)	

9.2. Q Sistemine Göre İlk Destekleme Sistemi

Q (NGI) sistemine göre önceki bölümlerde hesaplanılan değerler aşağıdaki tablo yardımı ile buluna bilmektedir (Şekil 9.1). Burada kazı destek oran (ESR) karayolu tünelleri için

1,0 değerini Kırık tüneli tünel açıklığını ise B = 10,00 metre olarak alınıp Q kaya kütlesi sınıflamasına ait tünel destekleme türleri bulunmuştur (Tablo 9.3).



Şekil 9.1. Q sistemi için güncelleştirilmiş destek abağı (Grimstad ve Barton, 1993)

Tablo 9.3. Q sistemine göre Kırık tüneli güzergahı boyunca kesimler için destek sınıfları

Km	Q (Barton)	Kaya Sınıfı	Destek Sınıfı	Açıklama
64+730 - 64+825	0,018	Çok Fazla Zayıf	8	Bakınız Şekil 9.1
64+825 - 64+945	0,110	Çok Zayıf	7	
64+945 - 65+480	1,155	Zayıf	5	
65+480 - 65+590	0,055	Çok Fazla Zayıf	8	
65+590 - 66+250	0,770	Çok Zayıf	6	
66+250 - 66+380	0,096	Çok Fazla Zayıf	8	
66+380 - 66+780	0,096	Çok Fazla Zayıf	8	
66+780 - 66+850	0,055	Çok Fazla Zayıf	8	
66+850 - 67+080	7,013	Orta	4	
67+080 - 67+150	1,925	Zayıf	5	
67+150 - 69+550	5,311	Orta	4	
69+550 - 69+630	0,275	Çok Zayıf	7	
69+630 - 70+760	5,775	Orta	6	
70+760 - 70+850	0,193	Çok Zayıf	5	
70+850 - 71+070	1,815	Zayıf	5	
71+070 - 71+600	5,363	Orta	4	
71+600 - 71+720	1,980	Zayıf	5	
71+720 - 71+760	0,248	Çok Zayıf	7	
71+760 - 71+834.72	0,055	Çok Fazla Zayıf	8	

9.3. NATM (ÖNORM-B2203) Kaya Sınıflamasına Göre Destekleme Sistemleri

Yeraltı kazılarının güvenli ve ekonomik olarak gerçekleştirilmesi, öngörülen kaya sınıflaması ve buna bağlı tünel destek tasarımı ile doğru orantılıdır. Günümüz modern tünelciliğinde projelendirmeye esas teşkil eden kaya sınıflamalarında kayanın kütle özelliği dikkate alınmaktadır. Yeraltı kazılarında yaygın olarak kullanılan önemli kaya sınıflamalarının uygulanma yöntemi diğer bölümlerde verilmiş ve bulunan değer puanlamasına göre kaya sınıflandırılması yapılmıştır. Bu bölümde ise Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi (NATM) ilkeleri ışığında ÖNORM-B2203 ‘e göre belirlenen kazı sınıfının desteklenmesi için önerilen destek tipleri, ve duraylılık süreleri ile ilgili

destekleme sistemlerine yer verilmiş olup tip kesitleri verilmiştir (Tablo 9.4). Son olarak ise kırık tüneli güzergahı boyunca mühendislik jeolojisi kesimlerine ayrılan birimlere ait tasarım parametrelerinin genel tablosu verilmiştir (Tablo 9.5).

Tablo 9.4. NATM kaya sınıflamasına göre destek tipleri, duraylılık süreleri ve önerilen destek sistemleri (KTŞ, 2012)

NATM Kaya Sınıfı		A2	B1	B2	B3	C2
Kazı Aşaması		Tam ayna veya iki aşamalı kazı	İki aşamalı alt ve üst yarı kazısı	İki aşamalı alt ve üst yarı kazısı	Üç aşamalı alt, üst yarı ve taban kazısı	Üç aşamalı alt, üst yarı ve taban kazısı
Kazı Yöntemi		Delme-düzgün patlatma	Delme-düzgün patlatma	Delme-düzgün patlatma, gerektiğinde mekanik kaz	Delme-düzgün patlatma, gerektiğinde mekanik kaz	Delme-düzgün patlatma, gerektiğinde mekanik kaz
Raunt Uzunluğu		Üst yarıda 2,5-3,5 m alt yarıda 4,0 m	Üst yarıda 2,0-3,0 m alt yarıda en çok 4,0 m	Üst yarıda 1,5-2,0 m, Alt yarıda en çok 3,5 m	Üst yarıda 1,25-1,5 m, Alt yarıda en çok 3 m	Üst yarıda 0,75-1,25 m, Alt yarıda en çok 2 m
Duraylılık Süresi		Birkaç gün-hafta	En az 10 saat – 2 gün	Yaklaşık 5 – 10 saat	5 saatten az	5 saatten az
Destek Zamanı		Hemen desteklenmesi gereken yerler haricinde aynadan itibaren en çok bir raund geriden uygulanacaktır	Hemen desteklenmesi gereken yerler haricinde aynadan itibaren en çok bir raund geriden uygulanacaktır.	Destek aynanın hemen gerisinde uygulanacaktır. Gerektiğinde üst yarıda taşıma gövdesi (topuk) bırakılacaktır.	Destek aynanın hemen gerisinde uygulanacaktır. Kaya kütlesini iyileştirici, desteksiz durma süresini artırıcı önlemler alınacak, üst yarıda taşıma gövdesi (topuk) bırakılacaktır.	Her ilerleme adımında destekleme sistemi tamamlandıktan sonra bir sonraki ilerleme adımında geçilecektir. Tünel tavanında süren uygulaması gerekecektir.
NATM Sistemine Göre Destek Sistemi Önerileri	Tavan	5 cm püskürtme beton + Gerektiğinde noktasal bulon (Ø26 L=4 m)	10 cm püskürtme beton + Hasır çelik + 8-9 adet sistematik kaya bulonu (Ø26 L=4 m aralık 2 m)	15 cm püskürtme beton + Hasır çelik + 10-11 adet sistematik kaya bulonu (Ø26 L=4 m aralık 1.5 m)	20 cm. Püskürtme beton + İki kat hasır çelik + 16-17 adet sistematik kaya bulonu (Ø26 L=4-6 m aralık 1 m) + I160/100 Çelik iksa 1,0 m aralıklı + Gerektiğinde süren (Ø26 L=4-6 m aralık 0,4 m), aynada taşıma gövdesi (topuk) + Gerektiğinde taban kemer betonu	25 cm. Püskürtme beton + İki kat hasır çelik + 23-24 adet sistematik kaya bulonu (Ø26 L=6 m aralık 0,5 m) + I160/100 Çelik iksa 0,75 m aralıklı + Gerektiğinde süren (Ø26 L=6 m aralık 0,4 m), aynada taşıma gövdesi (topuk) + Taban kemer betonu
	Duvar	5 cm püskürtme beton	10 cm püskürtme beton + Gerektiğinde noktasal kaya bulonu (Ø26 L=4 m)	15 cm püskürtme beton + Hasır çelik + 4 adet sistematik kaya bulonu (Ø26 L=4 m aralık 1.5 m)	20 cm püskürtme beton + İki kat hasır çelik + 16-17 adet sistematik kaya bulonu (Ø26 L=4 m aralık 1 m) + I160/100 Çelik iksa 1,0 m aralıklı	25 cm püskürtme beton + İki kat hasır çelik + 23-24 adet sistematik kaya bulonu (Ø26 L=6 m aralık 0,75 m) + I160/100 Çelik iksa 0,75 m aralıklı

9.3.1. B1 Destek türü

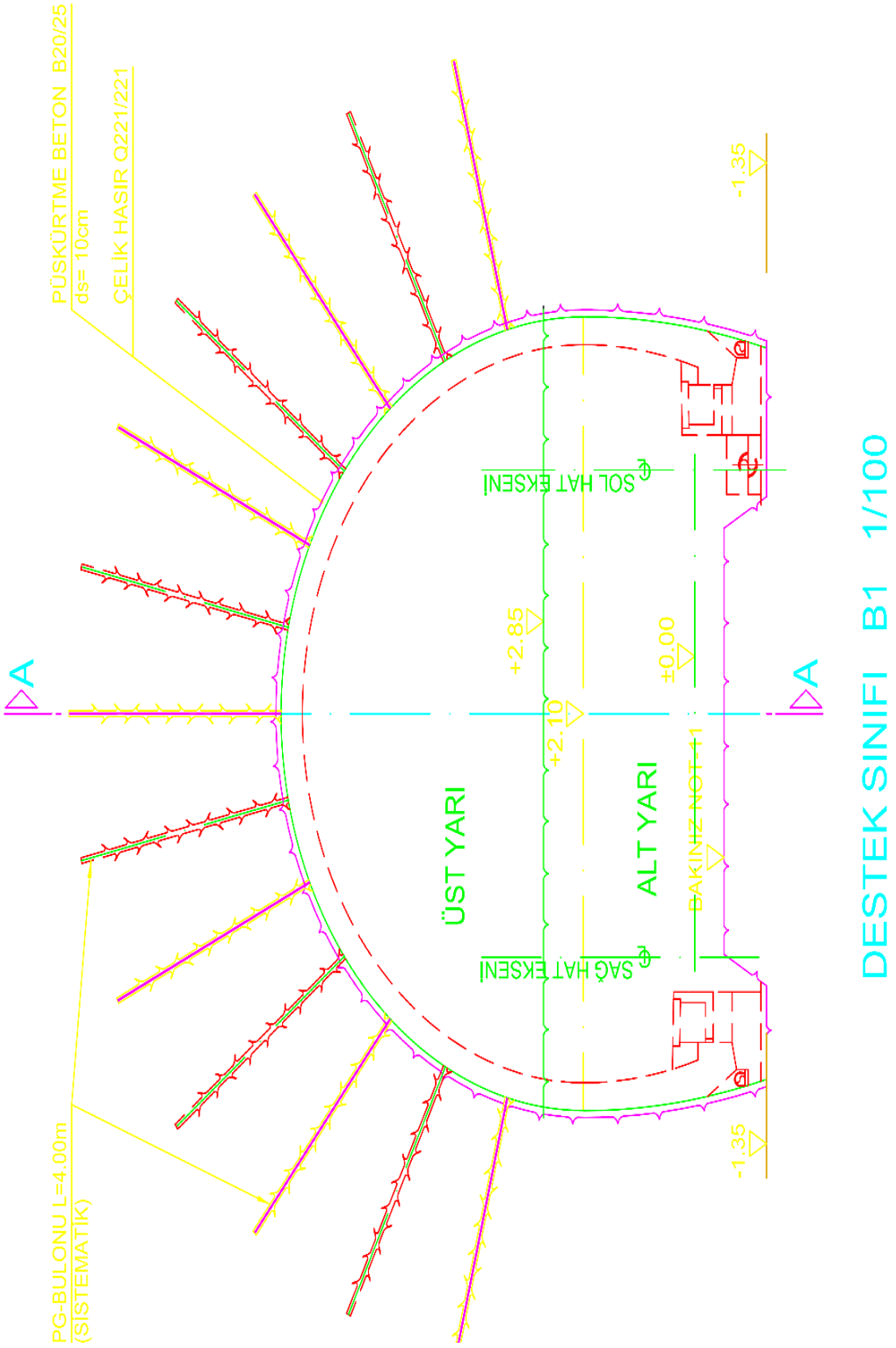
Kırık tünelinin km: 66+870 – 67+080, km: 67+150 – 69+540, km: 69+640 – 70+750 ve km: 71+070 – 71+600 aralıkları Mescitdağları formasyonu (Km) ve Hatungüney formasyonu (JKh) içerisinde oluşturulacaktır. Bu bölümler için önerilen "B1" destek türü aşağıdaki destekleme elemanlarından kuruludur.

- Püskürtme beton (ds = 100 mm)
- Hasır çelik (1 kat), (Q221/221)
- Sistematik bulon (L = 4.00 metre uzunluğunda, 2.00 x 2.00 metre aralıklı Φ28mm PG – bulonu veya kaya bulonu)

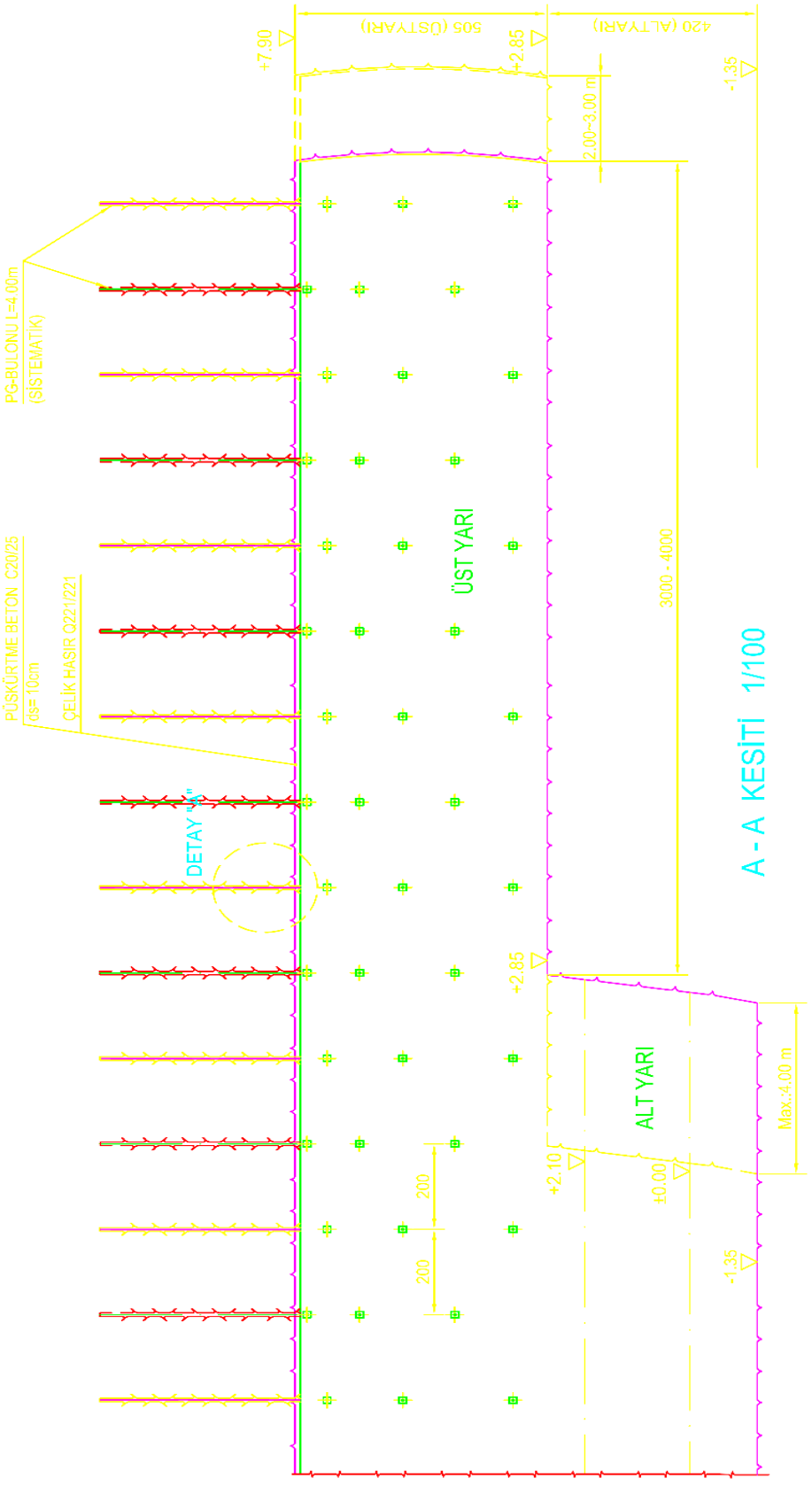
"Gevrek" olarak tanımlanan bu kaya kütlesinde deformasyonlar küçüktür ve çok hızlı azalır. Patlatmadan kaynaklanan kayadaki gevşemeleri ve kaya kütlesinin düşük dayanımı tünel tavanında ve yan duvarların üst kısımında sökülmelere neden olur. Bu kaya sınıfında sınırlı bölgelerde sistematik destekleme gerekli olup, yukarıda özetlenen desteklemenin uygulanması önerilmektedir. Genel işlem sırası ise aşağıdaki sıralamaya göre yapılacak olup tünel desteklenmesine ait B1 destek sınıfı kesitleri verilmiştir Şekil 9.2 ve Şekil 9.3

<u>Genel sıralama;</u>

- Kazı ilerleme uzunluğu üst yarıda maksimum 2.00 – 3.00 m, Altyarıda ise maksimum 4.00 m
- Yüzey 5 cm kalınlığında püskürtme betonu ile kaplanılacak
- Çelik hasır yerleştirilecek Q221/221 tip
- Püskürtme beton kalınlığı 10 cm'ye tamamlanılacak
- Φ28mm PG bulonları yerleştirilecek (Veya gerek görüldüğü taktirde SN kaya bulonu)



Şekil 9.2. B1 Kaya destek sistemi en kesiti



Şekil 9.3. B1 Kaya destek sistemi boy kesiti

9.3.2. B2 Destek türü

Kırık tünelinin km: 67+080 – 67+150, km: 70+850 – 71+070 ve km: 71+600 – 71+720 aralıkları Mescitdağları formasyonu (Km) ve Hatungüney formasyonu (JKh) içerisinde oluşturulacaktır. Bu bölümler için önerilen "B2" destek türü aşağıdaki elemanlardan kuruludur.

- Püskürtme beton (ds = 150 mm)
- Hasır çelik (1 kat), (Q221/221)
- Gerektiğinde çelik iksa profili
- Sistematik bulon (L = 4.00 metre uzunluğunda, 2.00 x 2.00 metre aralıklı Φ28mm PG – bulonu veya kaya bulonu)
- Gerektiğinde 1.5'' enjeksiyonlu süren

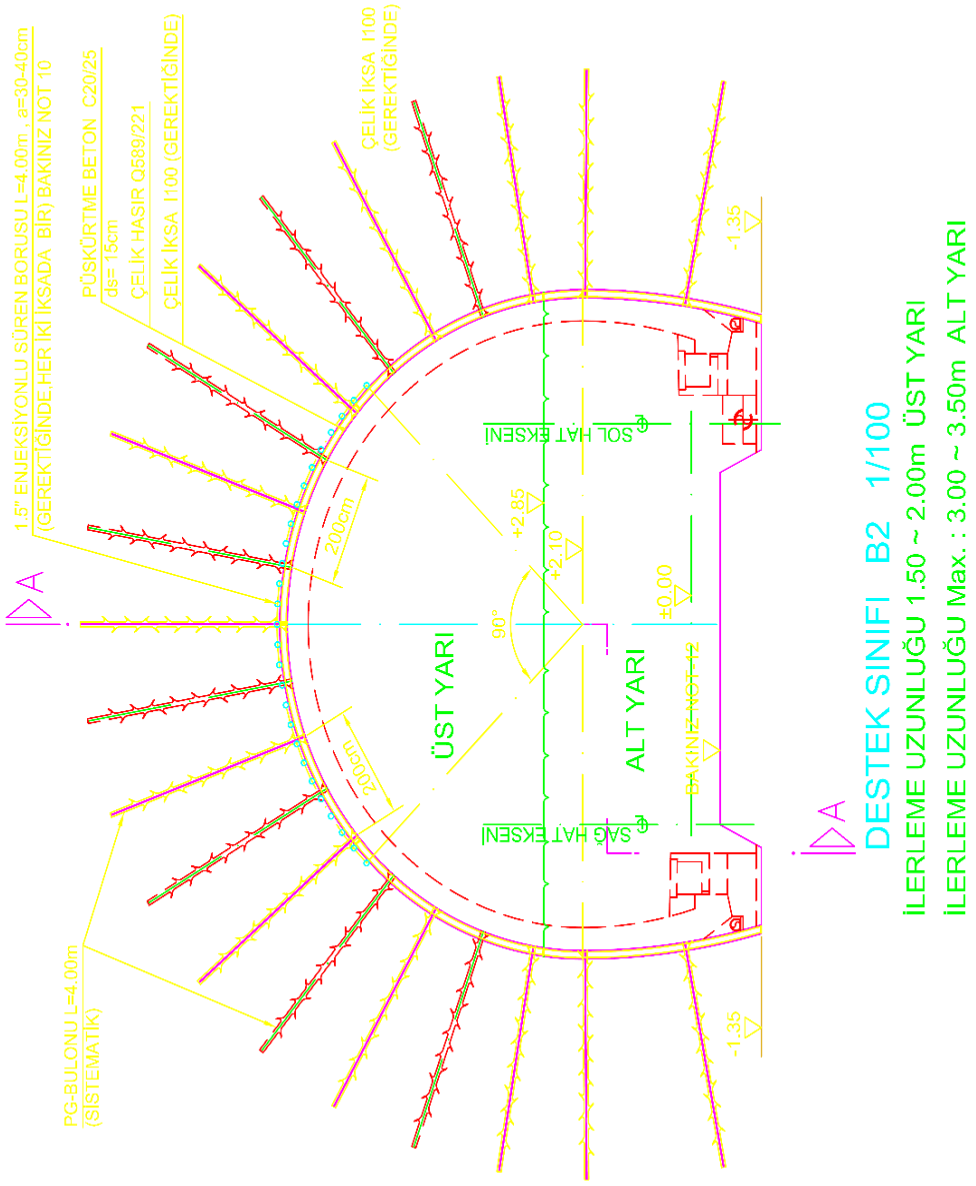
"Çok gevrek" olarak tanımlanan bu kaya kütlesinde desteklemenin zamanında yapılması halinde deformasyonlar hızla azalır. Destek uygulamasının zamanında yapılmaması ya da yetersiz olması ise derinlere ulaşan gevşemeler ve buna bağlı kopmalara yol açmaktadır. Stabilitenin sağlanmasına yönelik olarak tünel tavanı, yan duvarlar ve aynada yukarıda özetlenen desteklemenin uygulanması önerilmektedir. Genel işlem sırası ise aşağıdaki sıralamaya göre yapılacak olup tünel desteklenmesine ait B2 destek sınıfı kesitleri verilmiştir Şekil 9.4 ve Şekil 9.5

<u>Genel sıralama süren borusuz;</u>

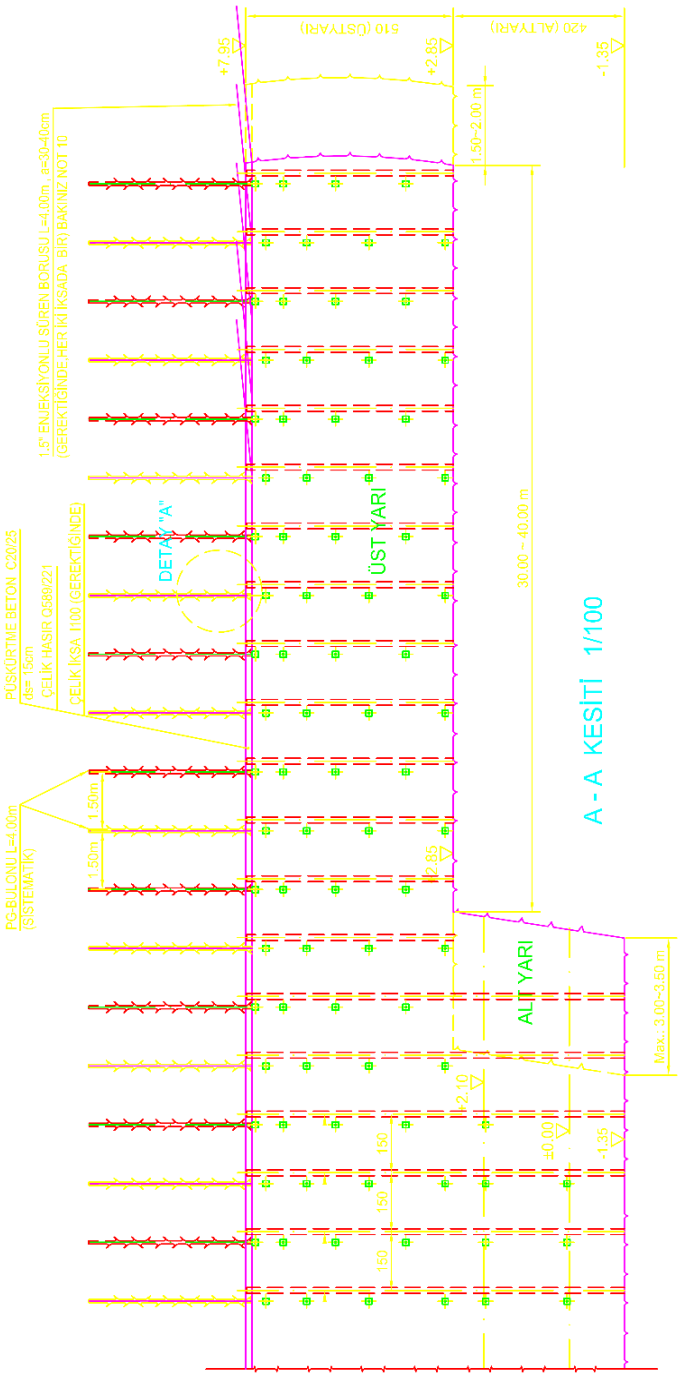
- Kazı ilerleme uzunluğu üst yarıda max 1.50 – 2.00 m., Altyarıda ise maksimum 3.00 m – 3.50 m
- Kazı yüzeyi 2 cm püskürtme betonu ile kaplanılacak
- Çelik hasır yerleştirlecek Q589/221 tip
- Püskürtme beton kalınlığı 13 cm'ye tamamlanılacak
- İkinci sıra çelik hasır yerleştirilecek Q589/221 tip
- Püskürtme beton 15 cm'ye tamamlanılacak
- Φ28mm PG bulonları yerleştirilecek veya kaya bulonu

<u>Genel sıralama süren borulu;</u>

- Kazı ilerleme uzunluğu üst yarıda max 1.50 – 2.00 m, Altyarıda ise maksimum 3.00 m – 3.50 m
- Kazı yüzeyi 2 cm püskürtme betonu ile kaplanılacak
- Her iki iksada bir olmak üzere gerektiğinde enjeksiyonlu süren boruları çakılacak
- Çelik hasır yerleştirlecek Q589/221 tip
- Çelik iksa yerleştirilcek (NPI 100)
- Püskürtme beton kalınlığı 13 cm'ye tamamlanılacak
- İkinci sıra çelik hasır yerleştirilecek Q589/221 tip
- Püskürtme beton 15 cm'ye tamamlanılacak
- Φ28mm PG bulonları yerleştirilecek veya kaya bulonu



Şekil 9.4. B2 Kaya destek sistemi en kesiti



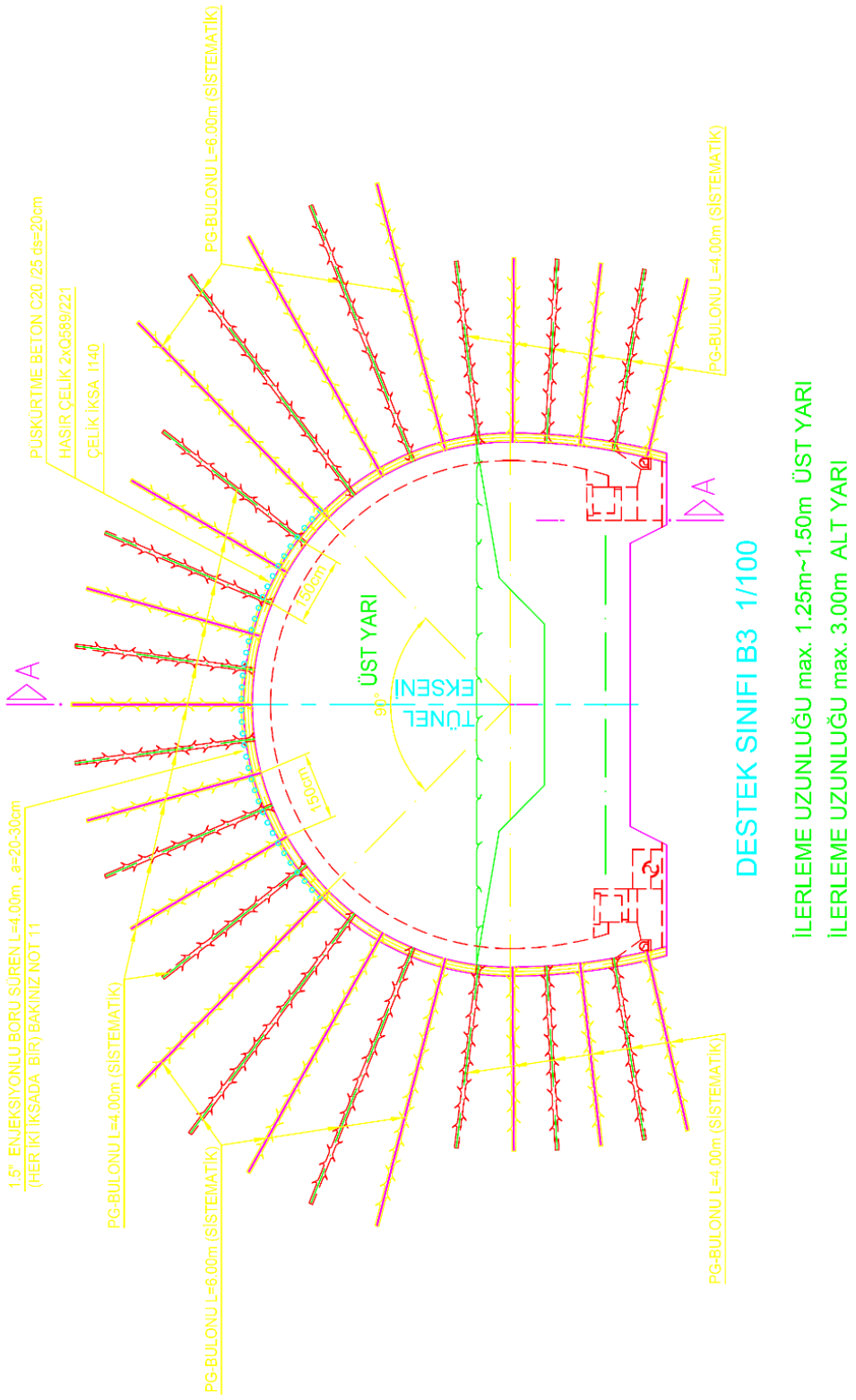
Şekil 9.5. B2 Kaya destek sistemi boy kesiti

9.3.3. B3 Destek türü

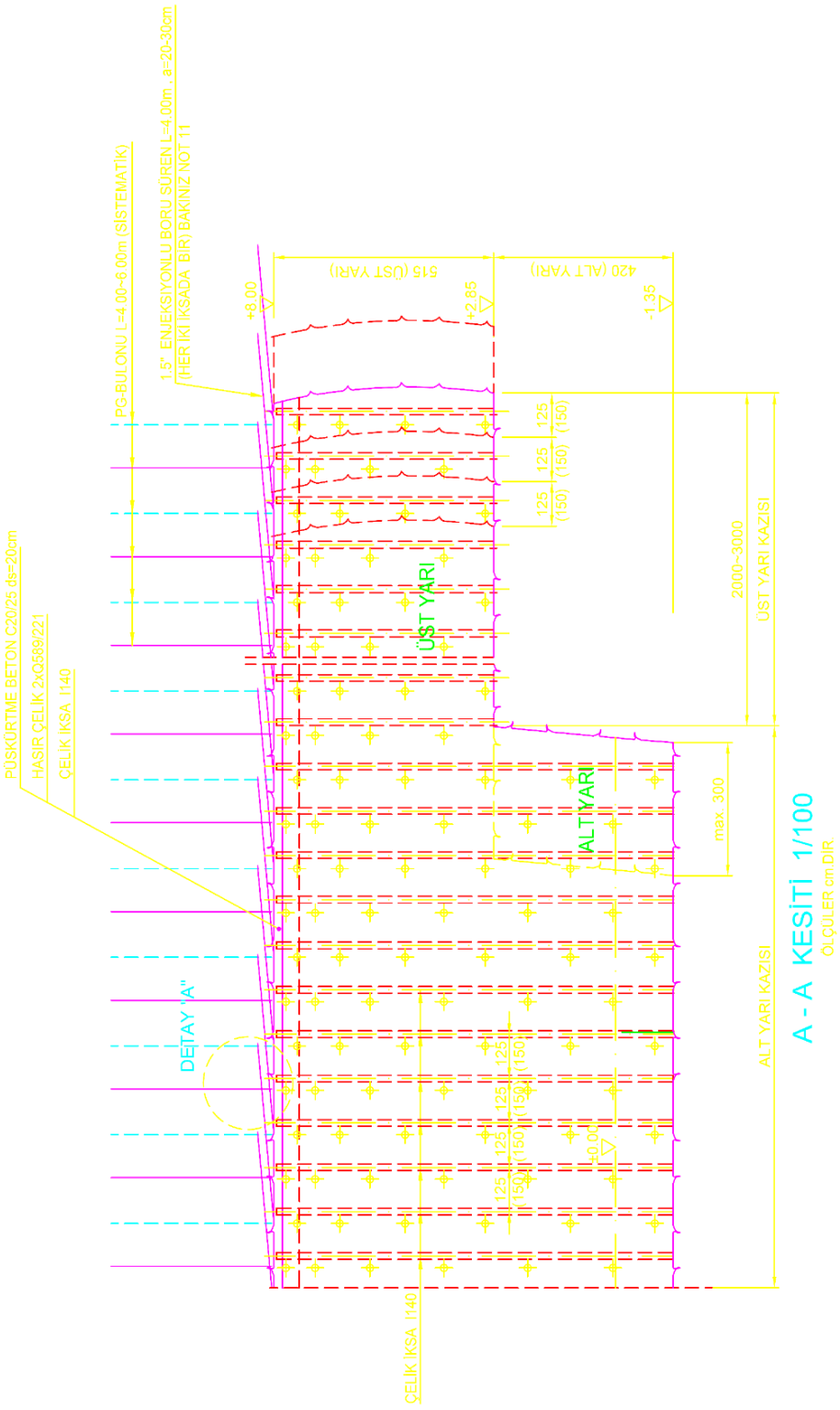
Kırık tünelinin km: 64+945 – 65+480, km: 65+590 – 66+250, km: 69+550 – 69+630, km: 70+760 – 70+850, ve km: 71+720 – 71+760 aralıkları Karahan formasyonu (Tpk), Mescitdağları formasyonu (Km) ve Hatungüney formasyonu (JKh) içerisinde oluşturulacaktır. Kaya koşullarının değerlendirilmesi sonucunda bu bölümler için önerilen "B3" destek türünün bileşenleri aşağıda açıklanmaktadır.

- Kazı ilerleme uzunluğu üst yarıda maksimum 1.25 – 1.50 m, Altyarıda ise maksimum 3.00 m
- Kazı yüzeyi 2 cm püskürtme betonu ile kaplanılacak
- Her iki iksada bir olmak üzere enjeksiyonlu süren boruları çakılacak
- Çelik hasır yerleştirlecek Q589/221 tip
- Çelik iksa yerleştirilcek (NPI 140)
- Püskürtme beton kalınlığı 13 cm'ye tamamlanılacak
- İkinci sıra çelik hasır yerleştirilecek Q589/221 tip
- Püskürtme beton 15 cm'ye tamamlanılacak
- Φ28mm PG bulonları yerleştirilecek veya kaya bulonu

Bu kaya sınıfında yapılan kazılarda kaya kütlesinde dökülmeler meydana gelir. Kohezyonun düşük, tünel kayasının parçalı ve zayıf olması stabilite sorunları yaratır. B3 destek tipine ilişkin en kesitler ise Şekil 9.6 ve Şekil 9.7'de verilmiştir.



Şekil 9.6. B3 Kaya destek sistemi en kesiti



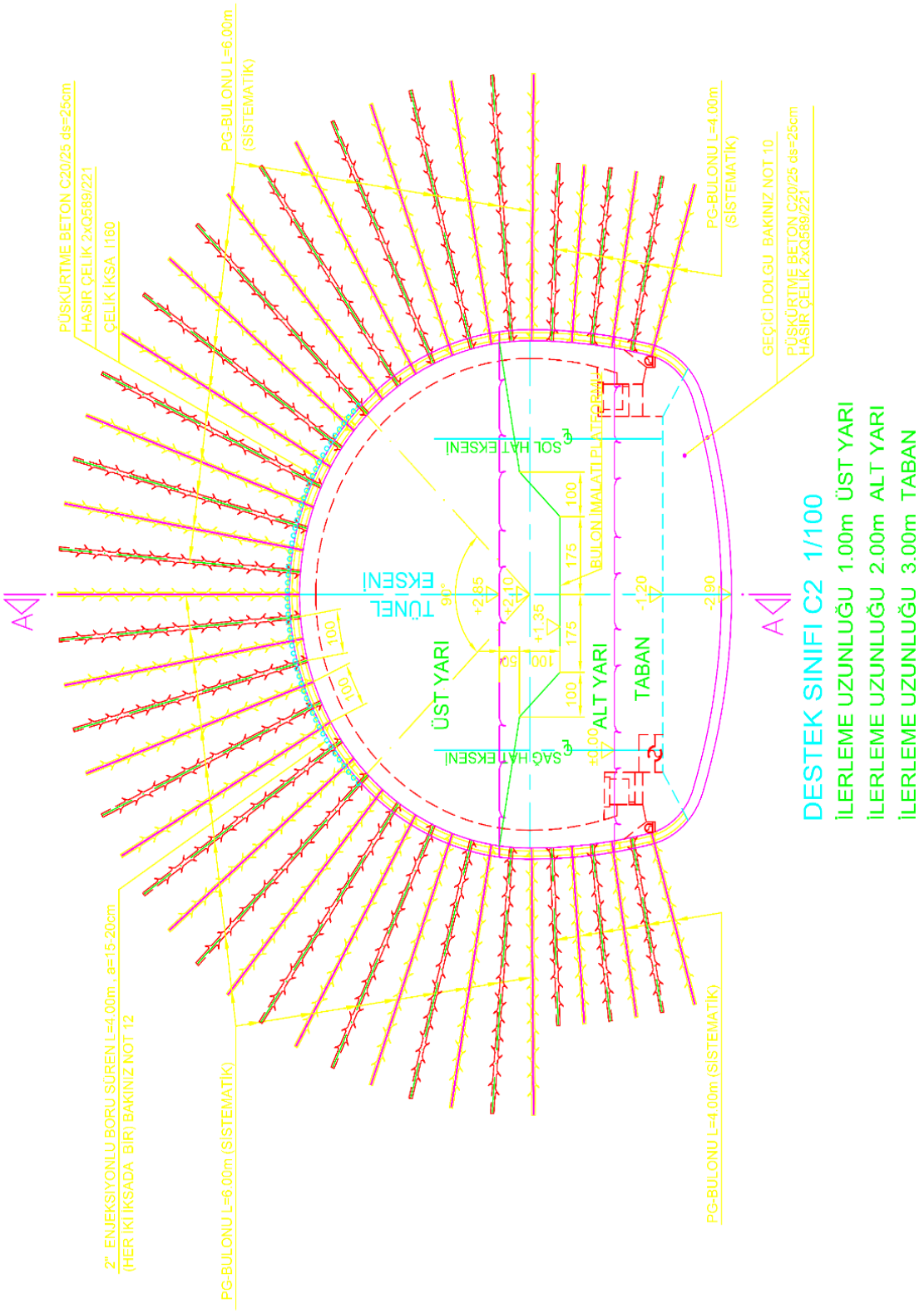
Şekil 9.7. B3 Kaya destek sistemi boy kesiti

9.3.4. C2 Destek türü

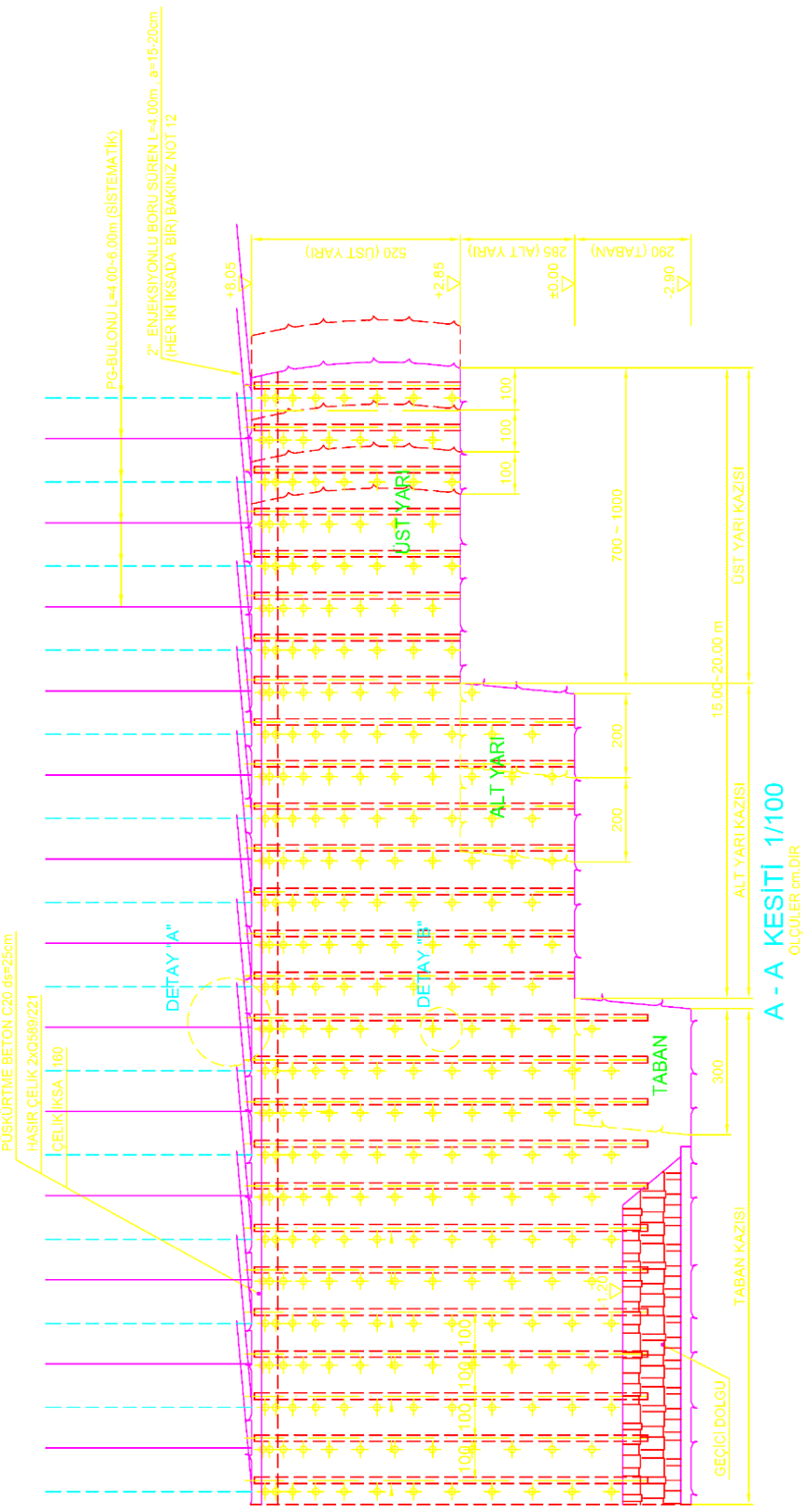
Kırık tünelinin Km: 64+730 – 64+945, Km: 65+480 – 65+590, Km: 66+250 – 66+850, Km: 71+760 – 71+834.72 aralıkları Karahan formasyonu (Tpk), Mescitdağları formasyonu (Km) ve Hatungüney formasyonu (JKh) içerisinde oluşturulacaktır. Kaya koşullarının değerlendirilmesi sonucunda bu bölümler için önerilen "C2 " destek türünün bileşenleri aşağıda açıklanmaktadır.

- Kazı ilerleme uzunluğu üst yarıda maksimum 1.00 m, Altyarıda ise maksimum 2.00 m, taban 3.00 m
- Püskürtme beton (ds = 250 mm), Yüzey 3 cm püskürtme betonu ile kaplanacak
- Her iki iksada bir olmak üzere enjeksiyonlu süren boruları çakılacak, gerektiğinde Rockbit 3.5'' (Kendinden delgili süren sistemi)
- Çelik hasır yerleştirlecek Q589/221 tip
- Çelik iksa yerleştirilcek (NPI 160), gerektiğinde NPI 200
- Püskürtme beton kalınlığı 21 cm'ye tamamlanılacak
- İkinci sıra çelik hasır yerleştirilecek Q589/221 tip
- 4 cm daha püskürtme beton ile kaplanılıp toplam 25 cm'ye tamamlanılacak
- Φ28mm PG bulonları yerleştirilecek, gerektiğinde IBO (kendinden delgili bulon)
- Taban kemer betonu

C2 destek sınıfı kaya kütlesi davranışı açısından NATM standardında esas olarak fay zonları ile örselenmiş – parçalanmış kayaçlardan oluşmaktadır. Bölünmüş kazıda (üstyarı – altyarı kazıları) bile kaya kütlesinde dökülmeler meydana gelir. Kohezyonun az olması ve az çimentolaşma kazının stabilitesinde yetersizliğe neden olur. Bölünmüş kazı ile ilerleyebilmek için kaya kütlesini iyileştirici, desteksiz durma süresini arttırıcı önlemler alınmalıdır. Tüm kesit çevresinde ve aynada destekleme gereklidir. C2 destek tipine ilişkin en kesitler ise Şekil 9.8 ve Şekil 9.9'da verilmiştir.



Şekil 9.8. C2 Kaya destek sistemi en kesiti



Şekil 9.9. C2 Kaya destek sistemi boy kesiti

Tablo 9.5. Kırık tünel güzergahı birimlerine ait tasarım parametreleri

İNCELENEN KESİT	Portal Kesimi		Tünel Kesimi																	
	Giriş Portalı	Çıkış Portalı																		
KM	64+730 64+825	71+760 71+834. 72	64+825 64+945	64+945 65+480	65+480 65+590	65+590 66+250	66+250 66+380	66+380 66+780	66+780 66+850	66+850 67+080	67+080 67+150	67+150 69+550	69+550 69+630	69+630 70+760	70+760 70+850	70+850 71+070	71+070 71+600	71+600 71+720	71+720 71+760
LİTOLOJİ	JKh/W5 - JKh_1	JKh_1	Tpk_1	Tpk_2	Tpk_2	Tpk_2	$Km_{çmt}$	$Km_{çmt}$	$Km_{kçt2}$	$Km_{kçt2}$	$Km_{kçt2}$	$Km_{kçt2}$	JKh_2	JKh_2	JKh_2	JKh_2	JKh_2	JKh_2	JKh_2	JKh_2
SONDAJ	Kİ-3 Kİ-4	Kİ-7	-	-	-	Kİ-5	-	Kİ-5A	-	-	-	-	-	-	-	-	Kİ-6	Kİ-6A	Kİ-6A	
RMR	17	18	30	40	25	41	30	27	26	59	50	62	36	60	32	50	58	48	35	
GSI	30	39	30	42	39	42	36	36	41	50	46	50	40	46	42	44	45	45	41	
Q	0.018	0.055	0.110	1.155	0.055	0.770	0.096	0.096	0.055	7.013	1.925	5.311	0.275	5.775	0.193	1.815	5.363	1.980	0.248	
Poisson Oranı, υ	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	
Tek Eksenli Basınç Dayanımı, (MPa)	2	20	5	25	25	25	38	38	20	95	95	110	20	100	20	45	100	100	35	
Deformasyon modülü, E_m (MPa) Hoek and Diederichs, 2006	39	890	73	1361	1112	1362	2681	2681	8910	16188	12472	16188	5354	8018	6128	7013	7500	7500	5728	
Örselenme Etmeni, D*	0.30	0.20	0,00	0.20	0.20	0.2	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
Birim Ağırlık (g) (kN/m^3)	21	25	23	24	24	24	25	25	27	27	27	27	26	26	26	26	26	26	26	
Kohezyon, c (kPa)	20	787	182	1152	1093	1152	1650	1650	906	4992	4679	5781	890	4925	921	2144	4845	2907	1585	
İçsel Sürtünme Açısı, Φ (°)	33	26	25	30	29	30	29	29	29	32	31	32	28	31	30	30	31	31	29	
Elastisite modülü (E_i, MPa)	700	8000	900	10000	10000	10000	25500	25500	70000	70000	70000	70000	45000	45000	45000	45000	45000	45000	45000	
mi	9	11	11	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
mb	0.475	0.978	0.903	1.501	1.333	0.903	1.353	1.353	1.443	2.063	1.760	2.063	1.387	1.760	1.501	1.626	1.691	1.691	1.443	
si	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
s	0.0002	0,0007	0,0004	0.0010	0,0007	0,0004	0,0006	0.0006	0,0009	0.0026	0.0016	0.0026	0.0008	0.0016	0.0010	0.0013	0.0014	0.0014	0,0009	
a	0,522	0,512	0,522	0,510	0,512	0,510	0,515	0.515	0,511	0,506	0.508	0,506	0.511	0.508	0.510	0.509	0.508	0.508	0,511	
Etkin kaya yüksekliği, h (m)	10.00	10.00	15.00	180.00	220.00	280.00	310.00	330.00	900.00	900.00	900.00	900.00	600.00	350.00	200.00	150.00	120.00	80.00	50,00	
ÖNERİLEN DESTEK TİPİ	C2	C2	C2	B3	C2	B3	C2	C2	C2	B1	B2	B1	B3	B1	B3	B2	B1	B2	B3	

10. SONUÇLAR

İnceleme alanı Erzurum – İspir devlet yolu üzerinde anayol güzergahının km: 64+730,00 - 71+826,00 (Sağ Tüp) / 71+843.00 (Sol Tüp) aralığında çift tüplü karayolu ulaşım tüneli olarak yapımı devam eden Kırık tüneli için bu tezde mevcut tünel güzergahının jeolojik ve jeoteknik açıdan değerlendirilmesi Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) uygulama, yapım ve tünel destek sistemlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Yapımı devam eden tünelin tünel güzergahı boyunca jeolojik formasyonlarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin ortaya çıkarılması, inceleme alanındaki çalışmalara esas teşkil edecek verilerin saptanması amacıyla literatür araştırmaları, jeolojik haritalama, temel araştırma sondajları, yerinde yapılan (in – situ) ve laboratuvar deneylerinden kurulu jeolojik – jeoteknik araştırma çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu ön çalışmalar incelenip yorumlanmıştır. Tünel zemini ve etkilenme bölgesini oluşturan kaya ortamlar RMR ve Q sistemlerine göre sınıflandırılmış ve NATM kaya sınıfı eşdeğerleri belirlenmiştir. Tasarlanan tünel geçkisi boyunca yüzeyde üç farklı formasyona ait birimler ile tünel geçilecektir. Bu formasyonlar Karahan formasyonu, Hatungüney formasyonu ve Mescitdağları formasyonlarıdır. Kırık tüneli 1425 m Karahan formasyonu, 2388 m Hatungüney formasyonu, 3300 m Mescitdağları formasyonunu oluşturan birimler içerisinden açılacaktır. Tünel kotunda çoğunlukla Mescitdağları formasyonunun kumtaşı-çamurtaşı-breş-kireçtaşı birimlerinin görülebileceği sonucuna varılmıştır. Tünel geçkisi boyunca kilometre aralıkları ile tanımlanan ve kaya sınıflamasının temelini oluşturacak kayaçların mühendislik jeolojisi tanımlamaları sondaj verileri doğrultusunda kaya ve zemin mekaniği deney sonuçları tez çalışmasında değerlendirilmiştir**.** Yapılan mühendislik jeolojisi tanımlamaları doğrultusunda tünel kotunda karşılaşılması olası kaya kütleleri Q, RMR ve GSI değerlendirilmesi yapılarak genel sonuç tabloları verilmiş olup tünel güzergahı boyunca kaya kütle sınıflamalarına göre ÖNORM standartlarına göre kaya kazı sınıflamaları yapılıp bu sınıflamalar sonucunda destek türleri önerilmiştir. Bu kapsamda Hatungüney formasyonuna ait birimlerin GSI değerlendirilmelerinde parçalanmış-bloklu örselenmiş mühendislik jeolojisi ortam özelliğinde olduğu Q sistemine göre ise tünel giriş ve çıkış portallarında çok fazla zayıf, formasyonun diğer kesimlerinde ise çok zayıf, zayıf, orta kaya sınıfında olduğu belirlenmiştir. RMR sisteminde ise Hatungüney formasyonuna ait birimlerin tünel giriş ve çıkış portallarında çok zayıf Hatungüney formasyonun tünelin diğer kesimlerinde

ise zayıf, iyi orta kaya sınıfında olduğu belirlenmiştir. Karahan formasyonunda ise GSI değerlendirmelerinde bu formasyon için parçalanmış-bloklu örselenmiş mühendislik jeolojisi ortam özelliğinde Q sisteminde ise Karahan formasyonunun çok zayıf-zayıf kaya sınıfında RMR sisteminde ise orta-zayıf kaya sınıfında olduğu tespit belirlenmiştir. Tünel geçkisinin büyük bir bölümünü kapsayacak olan Mescitdağları formasyonu için ise GSI sınıflamasına bakıldığında faylı kesimlerinin parçalanmış mühendislik jeolojisi ortam özelliğinde olduğu diğer kesimlerin ise bloklu örselenmiş mühendislik jeolojisi ortam özelliğinde olduğu belirlenmiştir. Mescitdağları formasyonunun Q ve RMR sınıflamalarına bakılarak kısacası faylı kesimlerde zayıf kaya sınıfında olduğu diğer kesimlerde ise orta kaya sınıflı olduğu belirlenmiştir. Tünel geçkisi boyunca NATM yöntemine göre tünel boyunca geçilecek birimler ÖNORM B 2203 kaya sınıflaması bazında 4 sınıfa ayrılmıştır. Bunlar B1, B2, B3 ve C2 olarak tanımlanan kaya sınıfları sırasıyla tünelin yaklaşık % 60, % 6, % 20 ve % 14 'ünü temsil etmektedir. Tanımlaması yapılan kaya sınıflarının öngörülen destek tipleri belirlenmiş olup bu destek türlerine ait destekleme ve sağlamlaştırma elemanları tünel kesimlerinde uygulanacak kaya sınıfına göre belirlenmiştir. B1 ve B2 olarak tanımlaması yapılan kaya sınıfı için ön değerlendirmelerde sunulan destekleme elamanları uygulama aşamasındada farklılığa uğramadan tünel inşaa çalışmları sırasındada uygulanmıştır. B3 ve C2 olarak tanımlaması yapılan kaya sınıfı için ön değerlendirmelerde sunulan destekleme elemanları tünel çalışmaları esnasında gözlemlenen çoğunlukla tünelin giriş kesimindeki zeminlerde desteklemelerin yetersiz kaldığı tespit edilmiş olup önerilen iksa destek siteminin NPI 160'lıktan NPI200'lüğe (B3 için), C2 için ise iksa sisteminin NPI400'lük iksa raunt aralığı 0.50 cm düşürülmesine, bulonlama sisteminin ise IBO bulona geçişine ve bulon boyunun desteklemede her bir adet için 12 metre'ye çıkarılmıştır. Ayrıca B3 ve C2 kaya sınıfı için önerilen sürenlerin bu sınıftaki zeminlerde yetersiz kaldığından dolayı eksende tek sıra halinde 50 adet 9 metre uzunluğunda 3.5'' rockbit uygulamasına her 6 iksa'da bir delgiye girilerek uygulanmıştır. Rockbit uygulama esnasında zeminlerdeki aşırı killeşmeye bağlı olarak delgilerin su ile yapılması tünel zeminini oluşturan kilce zengin birimlerde şişmelere ve ani gaz boşalmaları ile karşılaşılabileceğinden ve tünelin bu kesimleri aşırı deformasyona maruz kalınması olasıdır. B3 ve C2 kaya sınıflaması yapılan tünel kesimlerinde bulon ve rockbit delgilerin kuru olarak yapılması, altyarı üst yarı ilerleme mesafesi arası uzaklığın en fazla 30 metre olması, invert uygulamasının ve invert

dolgu betonlamaların deformasyona fırsat verilmeden bir an önce yapılıp kemer betonu uygulaması ile ilerlemelerin kontrollü yapılması tünel giriş zeminindeki B3 ve C2 kaya sınıflarında uygunlanması sonucuna varılmıştır. Faylı geçişlerde gelişecek olumsuz jeolojik koşullara bağlı olarak, bu kesimler için en olumsuz durum göz önünde bulundurularak C2 kaya sınıfında inşa edilmesi ve bu sınıflama dahilindeki destek türleri tünel inşası aşamasında uygulanmıştır. Ayrıca tünel içinde denetimli (cautious) ve düzgün (smooth) delme-patlatma yöntemi B1 ve B2 kaya sınıflarında tünel çıkış kesiminde sık sık uygulanabileceği mekanik kazı yönteminin ise tünel giriş kesiminde daha çok uygulanmıştır. Yapılan tüm değerlendirme ve tüm gözlemlerin sonucu Ek-J'de verilen tünel geçkisi jeoloji haritası ve boykesitinde verilmiş ve sonuç değerler kesit üzerinde verilmiştir.

KAYNAKLAR

Akdeniz, N. Akçaören, F, Timur. E. *MTA Genel Müdürlüğü, Aşkale – İspir Arasının Jeolojisi*, 1994.

Aktaş, S. Ş. (2009). Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntem ile inşa edilen bir tünelin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analizi ve değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 243585

Arıoğlu, E., Yüksel, A., Yılmaz, A. O. (2008). Püskürtme Beton Bilgi Föyleri - Çözümlü Problemler. İstanbul: *TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayın No: 142.*

Arpat, E. (1965). "Aziziye (Ilıca)-Aşkale (Erzurum) Arasındaki Sahanın ve Kuzeyinin Genel Jeolojisi-Petrol İmkânları*". Rapor No: 4040. Ankara: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü.*

Acar, A., 1975, Tortum ve Çevresinin Jeolojisi ve Jeomorfolojisi Üzerine Bir Araştırma, *Atatürk Üniversitesi, Yayın No: 30*, Erzurum.

Barton, N., Lien, R., Lunde, I.; 1974, Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support, *Norwegian Geotechnical Institute Publication No.106,* Oslo, Norway.

Barton, N., 1988; Rock Mass Classification and Tunnel Reinforcement Using the Q–System. *Rock Classification Systems for Engineering Purposes, ASTM, STP984,* 59-84.

Bayraktutan, S., 1982, Narman (Erzurum) Havzasının Miyosen'deki sedimantolojik evrimi: Atatürk Ün. Fen-Ed. Fak. Doktora Tezi, 282 s, Erzurum

Bieniawski, Z.T., 1989; *Engineering Rock Mass Classifications*.

Bickel John and Kuesel, 1982. O. Bickel John, T.R. Kuesel (Eds.), *Tunnel Engineering Handbook*, Van Nostrand Reinhold, New York (1982).

Burşuk, A., 1992. Bayburt ve Kop dağları (KB Erzurum) yöresindeki calpionellid biyozonları (Üst Jurasik-Alt Kretase). *Türkiye Jeoloji Bülteni, 35*,127-140

Bozkuş, C. 1992a. Olur (Erzurum) Yöresinin Stratigrafisi : *Türkiye Jeol. Bült.,* 35-1, 103-119, Ankara.

Bozkuş, C. 1992b. Çayırlı-Tercan Tersiyer Havzası Doğusunun (Tercan-Aşkale Arası) Stratigrafisi: *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bült.,* 7, 97-107 s, Ankara.

Bozkurt, M. (1987). Tüneller Ders Notları. İstanbul: İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası.

Dinçer, R., 2000. Tünel Mühendisliğinde Jeoteknik Etüt ve Uygulamada Karşılaşılan Problemler. Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Ankara.

Ergin, K., (1992). Yeni Avusturya Tünel İnşa Yönteminde sonlu elemanlar yöntemiyle tünel kaplaması hesabı. (Yüksek Lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 21799

Erguvanlı, K., 1982. *Mühendislik Jeolojisi*. İ.T.Ü. Matbaası Gümüşsuyu, Yenilenmiş 3. Baskı.

Franklin, J. A., and Dusseault, M. B., 1989; *Rock engineering.*

Grimstad, E., 1981, ‘’*Engineering – geology at the Holmestrand* Tunnel’’ (İn Norwegian Fjellspengningsteknikk/Bermekanikk/Geotecnikk, 30.1-30.8, Tapir Press.

Hoek, E., Brown E.T. 1997; *Practical Estimates of Rock Mass Strength*, *Int.J.Rock Mech.Min.Sci.34 (*8).

Hoek, E., 1998; *Rock Engineering For Tunnels, Technical Course Notes*, Vancouver, Canada.

Hoek, E., Kaiser, P.K., Bawder, W.F., 2000; *Support of Underground Excavations in Hard Rock.*

Hoek, E., & Brown E.T.; *1980 Underground Excavations in Rock, Institution of Mining and Metallurgy Press,* London, England.

Hoek E., & Diederich M.S., *Empirical Estimation of Rock Mass Modulus,* 2005.

Hunt, R. E., 1986; *Geotechnical Engineering Analysis and Evaulation.*

Hoek, E. & Marinos P. & Benissi M., Applicability of the geological strength index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses. The case of the Athens Schist Formation.

Hoek, E. & Marinos P., *Predicting Tunnel Squeezing Problems in Weak Heterogeneous Rock Masses,* 2000.

Hoek, E., 2000. Kaya Mühendisliği. *TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını,* Ankara, 319s.

ISRM, 1978; *Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses; International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 15* (6).

Kahyaoğlu, H. (2008). TAG otoyolu özelinde tünel işleri ve Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi. Ankara: *İnşaat Mühendisleri Odası.*

Ketin, İ. 1969. Kuzey Anadolu Fayı hakkında, *MTA Enstitüsü Dergisi*, 72, 1-25.

Koçyiğit, A. (1989). Suşehri Basin: An Active Fault-wedge Basin on the North Anatolian Fault Zone, Turkey, Tectonophysics 167, 11–29.

Koçyiğit, A. 1985. Muratbağı-Balabantaş (Horasan) Arasında Çobandede Fay Kuşağının Jeotektonik Özellikleri ve Horasan-Narman Depremi Yüzey Kırıkları : *C. Ü. Müh. Fak. Dergisi, 2* (1), 17-34, Sivas.

Köse, H., Gürgen, S., Onargan, T., Yenice, H., Aksoy, C. O. (2007). Tünel ve Kuyu Açma. İzmir: *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları* No:256.

Maidl, B., Thewes, M., Maidl, U. (2013*). Handbook of Tunnel Engineering Volume I: Structures and Methods.* Berlin: Ernst & Sohn.

Önce G. (1999). *Madencilikte Kaya Mekaniği, Osmangazi Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi Yayınları,* Eskişehir.

Özer, S. C. (2011). Tünel kazılarında optimum çelik boru kemer boyutunun nümerik modelleme ile tayini. (Yüksek Lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 299121.

P. Gülkan, A. Koçyiğit, M.S. Yücemen, V. Doyuran, V. Başöz, En Son Verilere göre Hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası. Rapor No:METU/EERC 93-01. Ankara: *Ortadoğu Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi*, 1993.

Sönmez, H., Nefeslioğlu, H.A., Gökçeoğlu, C., and Kayabaşı, A., 2006b. *Estimation of rock modulus: for intact rocks with an artificial neural network and for rock masses with a new empirical equation. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences,* 43, 224-35.

Schubert, W. (2002). Grundlagen der New Austrian Tunnelling Method (pp.9-21). Technische Universität Graz Institute für Felsmechanik und Tunnelbau.

Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., 1984. Doğu Anadolu'nun Neotektoniği ve ilgili Magmatizması. *İhsan Ketin Sempozyumu*, 149-162.

Şengör, A.M.C., 1980. Türkiye'nin neotektoniğinin esasları. *Türkiye Jeoloji Kurumu yayını*, 40 s.

Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution ol Turkey A plate tectonic approach Tectonophysics, 75,181 - 241.

Tokel, S., 1965, Erzurum-Hasankale bölgesi Erzurum 146 b2, Tortum H46-c3 paftalarına ait jeolojik rapor: *MTA Rap*., 4118 (yayımlanmamış), Ankara.

Trefzger R, F., 1966. *Tecolote Tunnel. Engineering geology in Southern California. Assoc. Eng. Geologists*, p. 108-113.

Vardar, M., 1979 Yeraltı Yapıları Mekaniğinde Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminin Ana İlkeleri , Ankrajlar ve Boyutlandırması, D.S.İ., Ankara

Ulusay, R. Ve Sönmez H. (2007), Kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri: Güncellenmie – genişletilmiş 2. Baskı, *TMMOB Jeoloji mühendisleri odası yayınları*, No:60

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. 2013. *Kırık tüneli Jeolojik-Jeoteknik Değerlendirme Raporu*. Ankara.

EKLER

Ek-A: SONDAJ LOGLARI

YÜKSEL PROJE YP-9110-FRM-0081

Sondaj Logu

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAKS: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr

NISSERT

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **Kİ-03**

SAYFA Page No: **1 / 4**

PROJE ADI / Project Name	: KIRIK İSPİR YOLU	BAŞ. - BİT. TAR. / Start-Finish Date	: 12/11/2011 - 17/11/2011
SONDAJ YERİ / Boring Location	: GÜZERGAH / GİRİŞ PORTALİ	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 10.50 m (HW) 30.00 m (NW)
KİLOMETRE / Chainage	: 64+763.24	YASS ve Ölçüm Tarihi / GWL & Date	: 7.10 m - 17/11/2011
SONDAJ DER. / Boring Depth	: 30.00 m	KOOR. SİSTEMİ / Coor. System	: TM42 ITRF96
DELİK ÇAPI / Hole Diameter	:	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) X	: 4 467 369.00
SONDAJ MAK. & YÖNT. / D.Rig & Met.	: KMZ D-500 / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y	: 411 898.00
SONDÖR / Driller	: Ahmet Kavaklı	SONDAJ KOTU / Elevation (m)	: 2049.17

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²) NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	PRES. DENEYİ ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test DARBE SAYISI Numb. Of Blows 0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60
0										
1		1.50								
	SPT-1	1.95	SPT-1			5	7	9	**16**	16
2	K-1	2.40	P-1	27.60	370					
		3.00								
3	SPT-2		SPT-2			18	20	25	**45**	45
	K-2	3.45								
4		4.50								
	SPT-3	4.95	SPT-3			22	24	23	**47**	47
5	K-3	5.40	P-2	29.50	287					
6		6.00								

JEOTEKNİK TANIMLAMA
Geotechnical Description

YAMAÇ MOLOZU

Sarımsı koyu kahverenkli - grimsi renkli, orta sıkı, killi kumlu ÇAKIL; nemli - ıslak, ince - iri, sert, köşeli yer yer yarı köşeli, % 20-25 ince - iri taneli, sert kumlu; % 15-20 plastisitesiz ince malzemelidir. Birim içerisindeki çakıllar çoğunlukla kiltaşı kökenlidir.

2.80 m

TÜFİT

Grimsi - koyu kahverenkli, ufalanabilir - az sert, zayıf - çok zayıf, çok - tümüyle ayrışmıştır.

Yoğun ayrışma nedeniyle süreksizlikler net izlenememektedir.

Birim içerisinde yoğun FeO boyamaları gözlenmektedir.

PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR)T.CoreR.	RQD %	POINT LOAD / $IS_{(50)}$ (MPa)
				72	-	
	IV	IV/V	1-2	62	0	
				38	0	

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYRIŞMIŞ	Mod. Weath.
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Highly W.
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp. Weat.

İNCE TANELİ / Fine Grained			İRİ TANELİ / Coarse Grained		
N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	Ç. GEVŞEK	V.Loose
N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense
N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures		
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)
%25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Monderate (M)
%50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (Cl)
%75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)
%90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)

ORANLAR / Proportions					
% 5	PEK AZ	Slightly	%5	PEK AZ	Slightly
% 5-15	AZ	Little	%5-20	AZ	Little
% 15-35	ÇOK	Very	%20-50	ÇOK	Very
% 35	VE	And			

SPT	Standart Penetrasyon Testi / Standart Penetration Test	S	Sediman Numunesi / Sediment Sample
BST	Basınçlı Su Testi / Water Pressure Test	K	Karot Numunesi / Core Sample
UD	Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample	P	Pressiyometre Deneyi / Pressuremeter Test
		k	Permeabilite Deneyi / Permeability Test

SONDAJ MÜHENDİSİ / Drilling Engineer

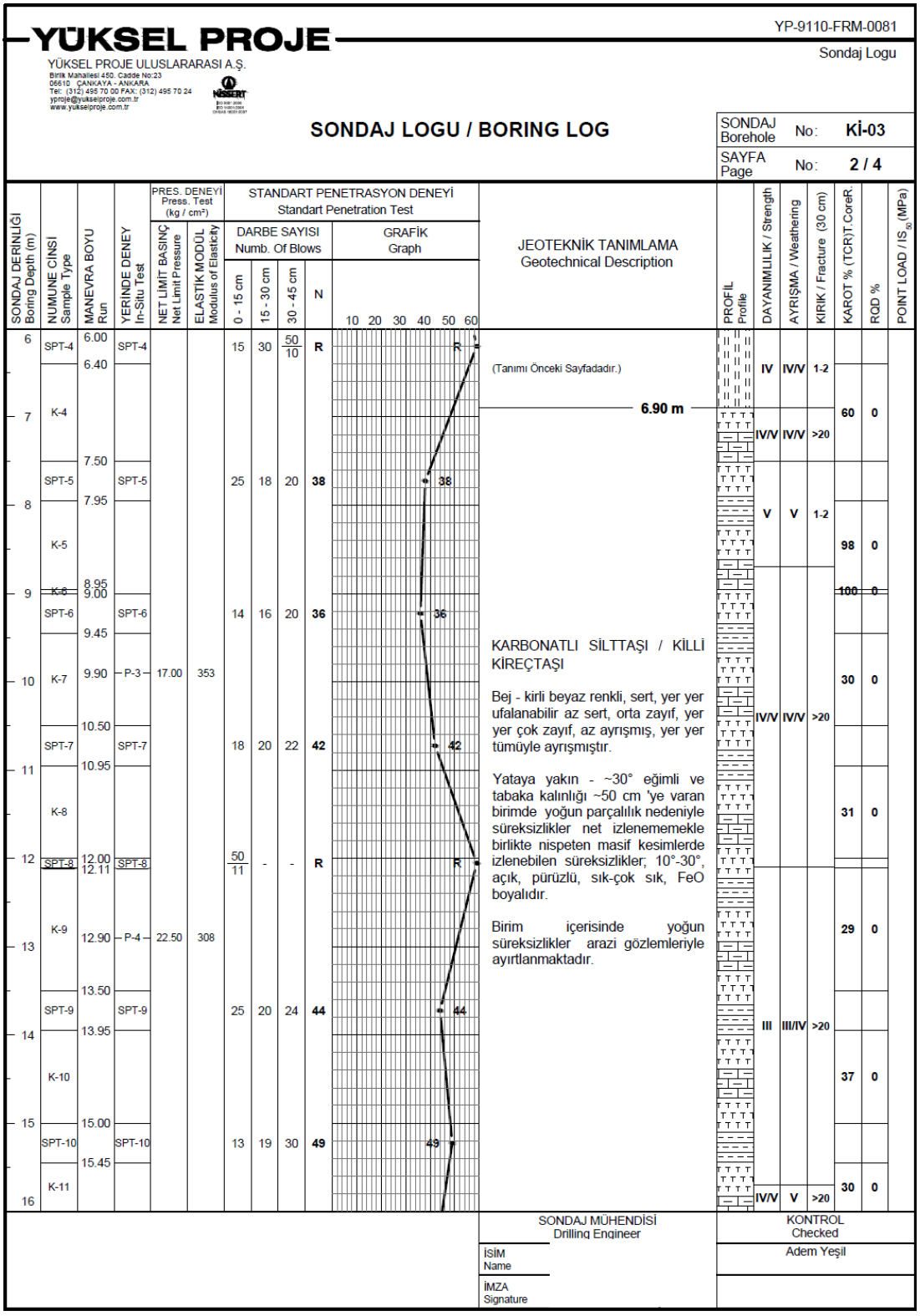
İSİM / Name

İMZA / Signature

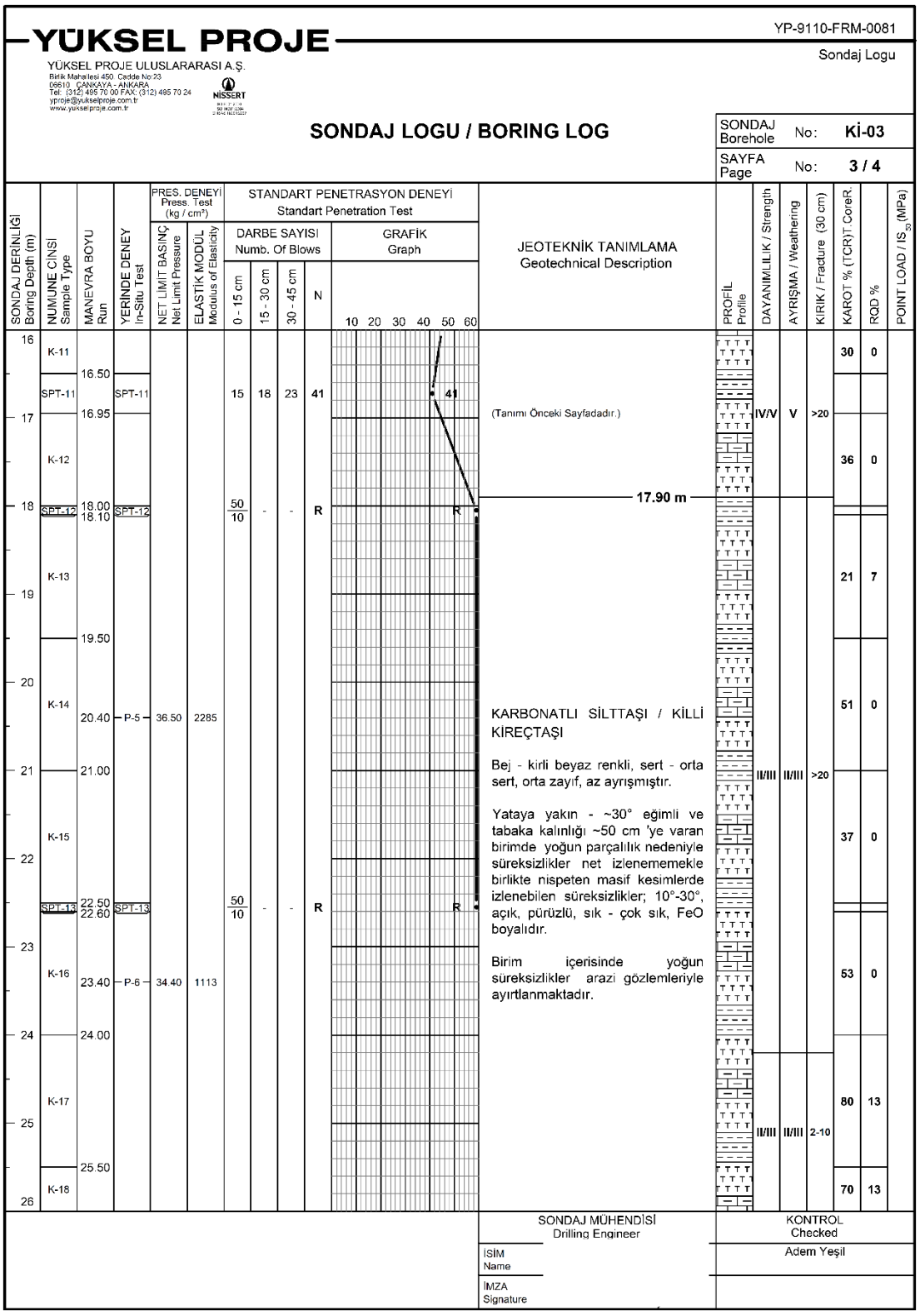
KONTROL / Checked

Adem Yeşil

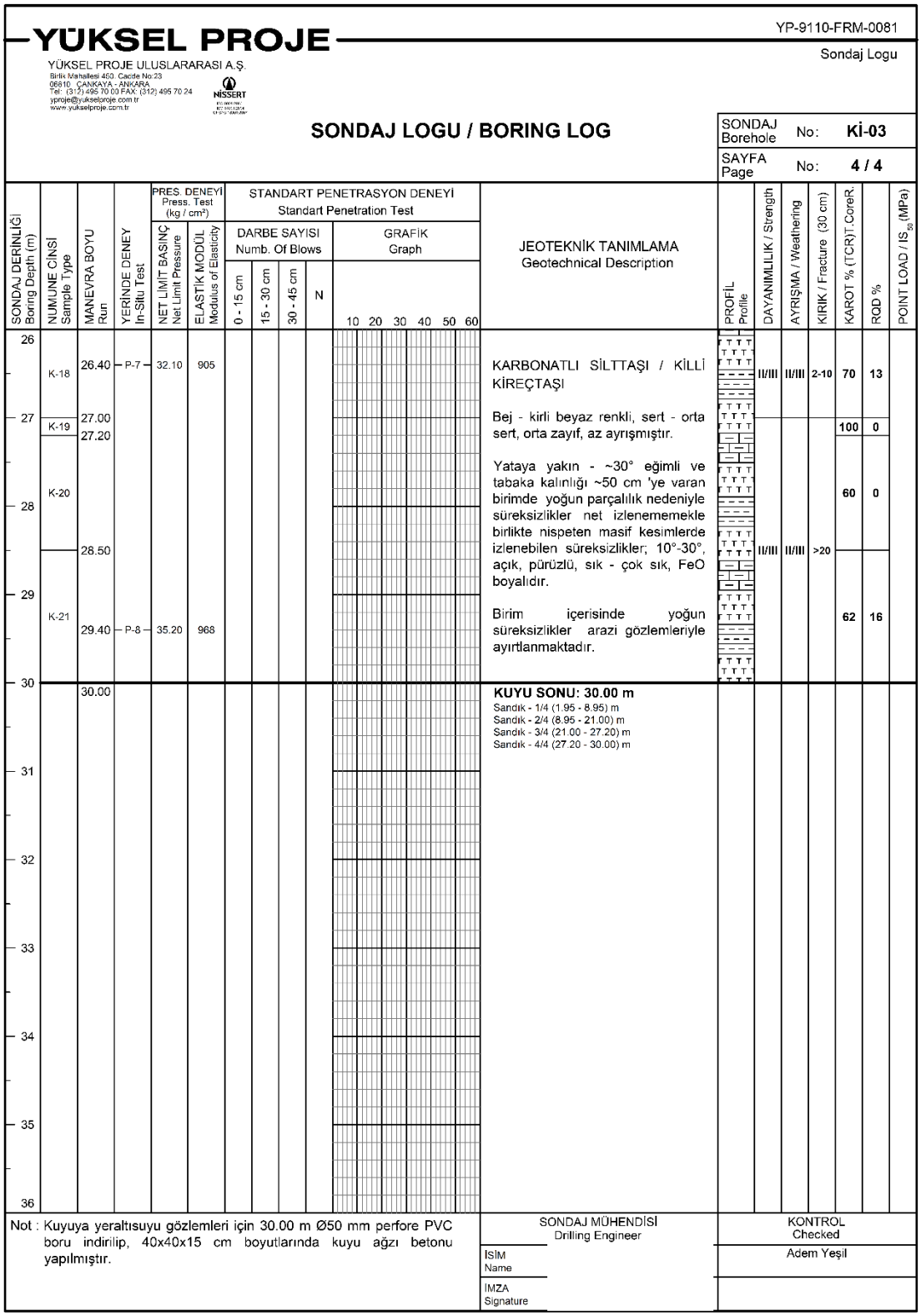
Şekil A.1. Kİ-03 nolu sondaj logu 1/4



Şekil A.2. Kİ-03 nolu sondaj logu 2/4



Şekil A.3. Kİ-03 nolu sondaj logu 3/4



Şekil A.4. Kİ-03 nolu sondaj logu 4/4

YP-9110-FRM-0081

Sondaj Logu

YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Bilrik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No:	Kİ-04
SAYFA Page No:	1 / 4

PROJE ADI / Project Name	: KIRIK İSPİR YOLU	BAŞ. - BİT. TAR. / Start-Finish Date	: 12/11/2011 - 18/11/2011
SONDAJ YERİ / Boring Location	: GÜZERGAH / GİRİŞ PORTALİ	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 7.50 m (HW) 30.00 m (NW)
KİLOMETRE / Chainage	: 64+761.74	YASS ve Ölçüm Tarihi / GWL & Date	: 8.10 m - 18/11/2011
SONDAJ DER. / Boring Depth	: 30.00 m	KOOR. SİSTEMİ / Coor. System	: TM42 ITRF96
DELİK ÇAPI / Hole Diameter	:	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) X	: 4 467 366.00
SONDAJ MAK. & YÖNT. / D.Rig & Met.	: MRC D-500 / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y	: 411 930.00
SONDÖR / Driller	: Ali Dönmez	SONDAJ KOTU / Elevation (m)	: 2050.04

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²) NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	PRES. DENEYİ ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test DARBE SAYISI Numb. Of Blows 0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60
0										
1										
		1.50								
	SPT-1		SPT-1			7	12	20	32	32
2		1.95								
	K-1									
3	SPT-2	3.00	SPT-2			13	50/10	-	R	R
		3.25								
	K-2									
4		4.55								
	SPT-3	4.50	SPT-3			50/5	-	-	R	R
		4.55								
5	K-3									
6		6.00								

JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description

YAMAÇ MOLOZU

Sarımsı koyu kahverenkli - grimsi renkli, çok sıkı, kumlu killi ÇAKIL; nemli - ıslak, ince - iri taneli, sert, köşeli, yer yer yarı köşeli; % 20-25 orta plastisiteli ince malzemeli, % 15-20, ince - iri taneli, sert kumludur.

Birim içerisindeki çakıllar çoğunlukla kiltaşı kökenlidir.

4.80 m

(Tanımı Sonraki Sayfadadır.)

PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR)T.CoreR.	RQD %	POINT LOAD / $IS_{(50)}$ (MPa)
				11	-	
				22	-	
				32	0	
	IV/V	V	1			

DAYANIMLILIK / Strength

I	DAYANIMLI	Strong
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong
III	ORTA ZAYIF	M.Weak
IV	ZAYIF	Weak
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak

AYRIŞMA / Weathering

I	TAZE	Fresh
II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.
III	ORTA D. AYRIŞMIŞ	Mod. Weath.
IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Highly W.
V	TÜMÜYLE A.	Comp. Weat.

İNCE TANELİ / Fine Grained

N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft
N : 3-4	YUMUŞAK	Soft
N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff
N : 9-15	KATI	Stiff
N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff
N : >30	SERT	Hard

İRİ TANELİ / Coarse Grained

N : 0-4	Ç. GEVŞEK	V.Loose
N : 5-10	GEVŞEK	Loose
N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
N : 31-50	SIKI	Dense
N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense

KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD

%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor
%25-50	ZAYIF	Poor
%50-75	ORTA	Fair
%75-90	İYİ	Good
%90-100	ÇOK İYİ	Excellent

KIRIKLAR - 30 cm / Fractures

1	SEYREK	Wide (W)
1-2	ORTA	Monderate (M)
2-10	SIK	Close (Cl)
10-20	ÇOK SIK	Intense (I)
>20	PARÇALI	Crushed (Cr)

ORANLAR / Proportions

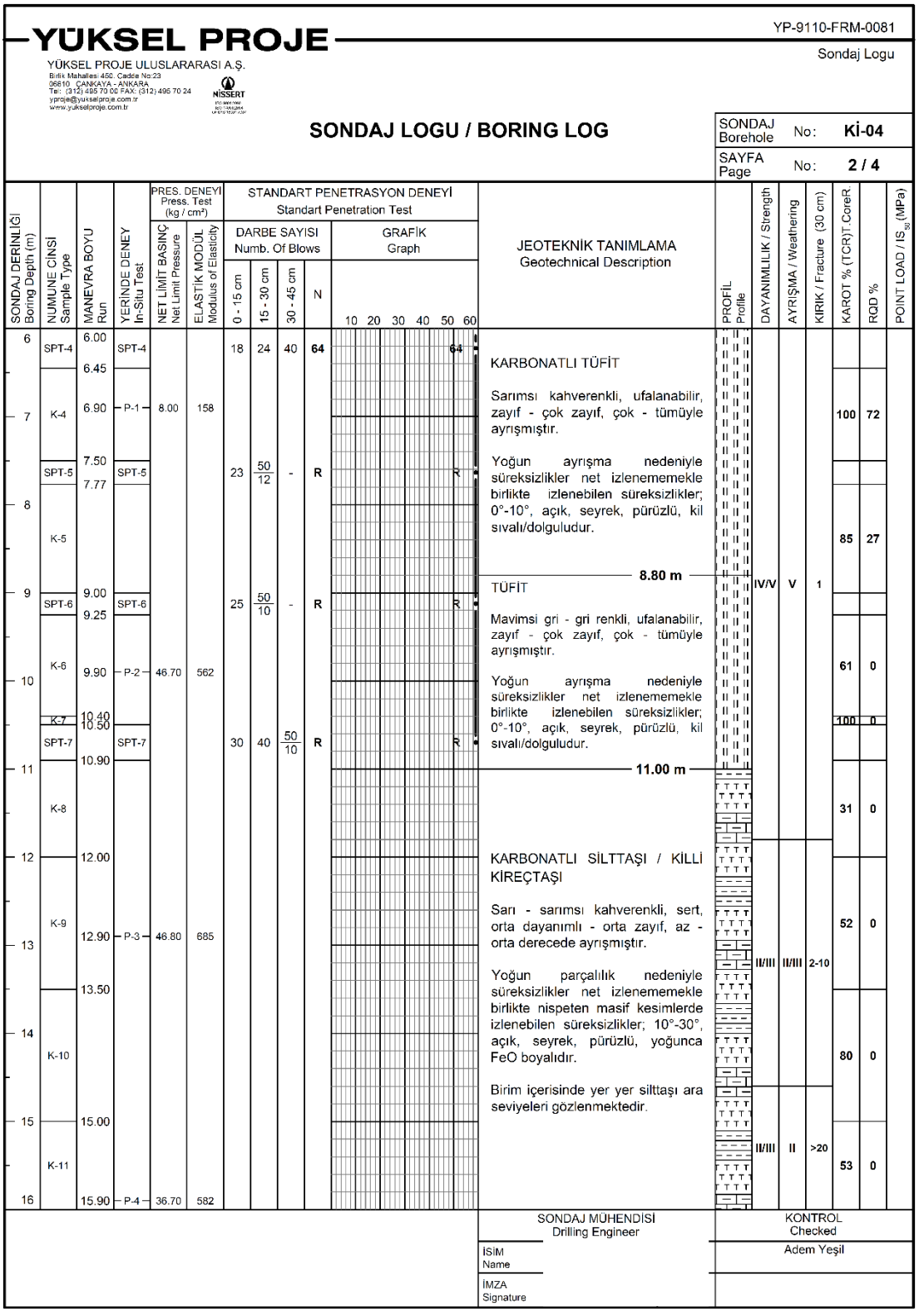
% 5	PEK AZ	Slightly
% 5-15	AZ	Little
% 15-35	ÇOK	Very
% 35	VE	And

%5	PEK AZ	Slightly
%5-20	AZ	Little
%20-50	ÇOK	Very

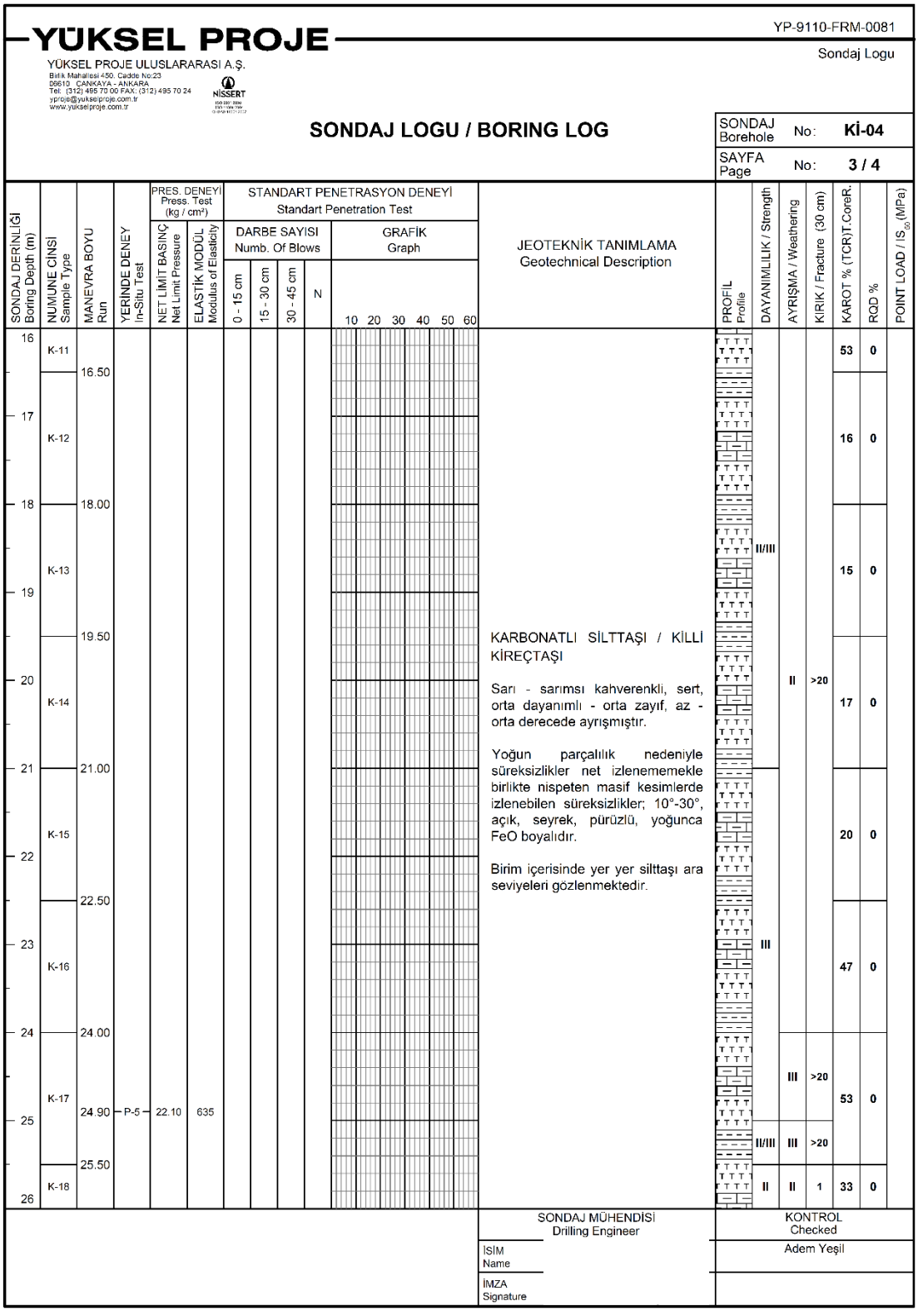
SPT	Standart Penetrasyon Testi / Standart Penetration Test	S	Sediman Numunesi / Sediment Sample
BST	Basınçlı Su Testi / Water Pressure Test	K	Karot Numunesi / Core Sample
UD	Örselenmemiş Numune / Undisturbed Sample	P	Pressiyometre Deneyi / Pressuremeter Test
		k	Permeabilite Deneyi / Permeability Test

SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer	KONTROL Checked
İSİM Name	Adem Yeşil
İMZA Signature	

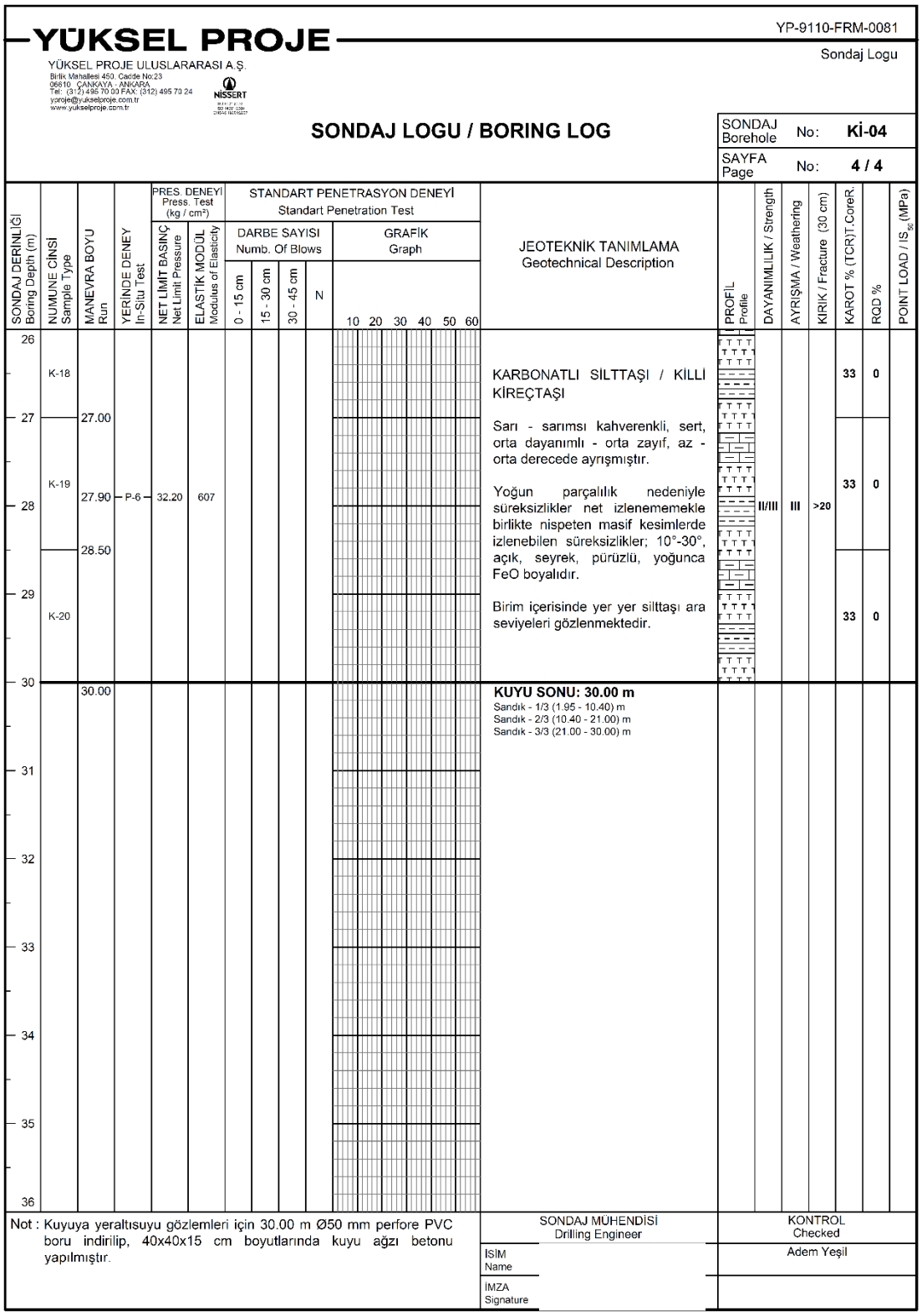
Şekil A.5. Kİ-04 nolu sondaj logu 1/4



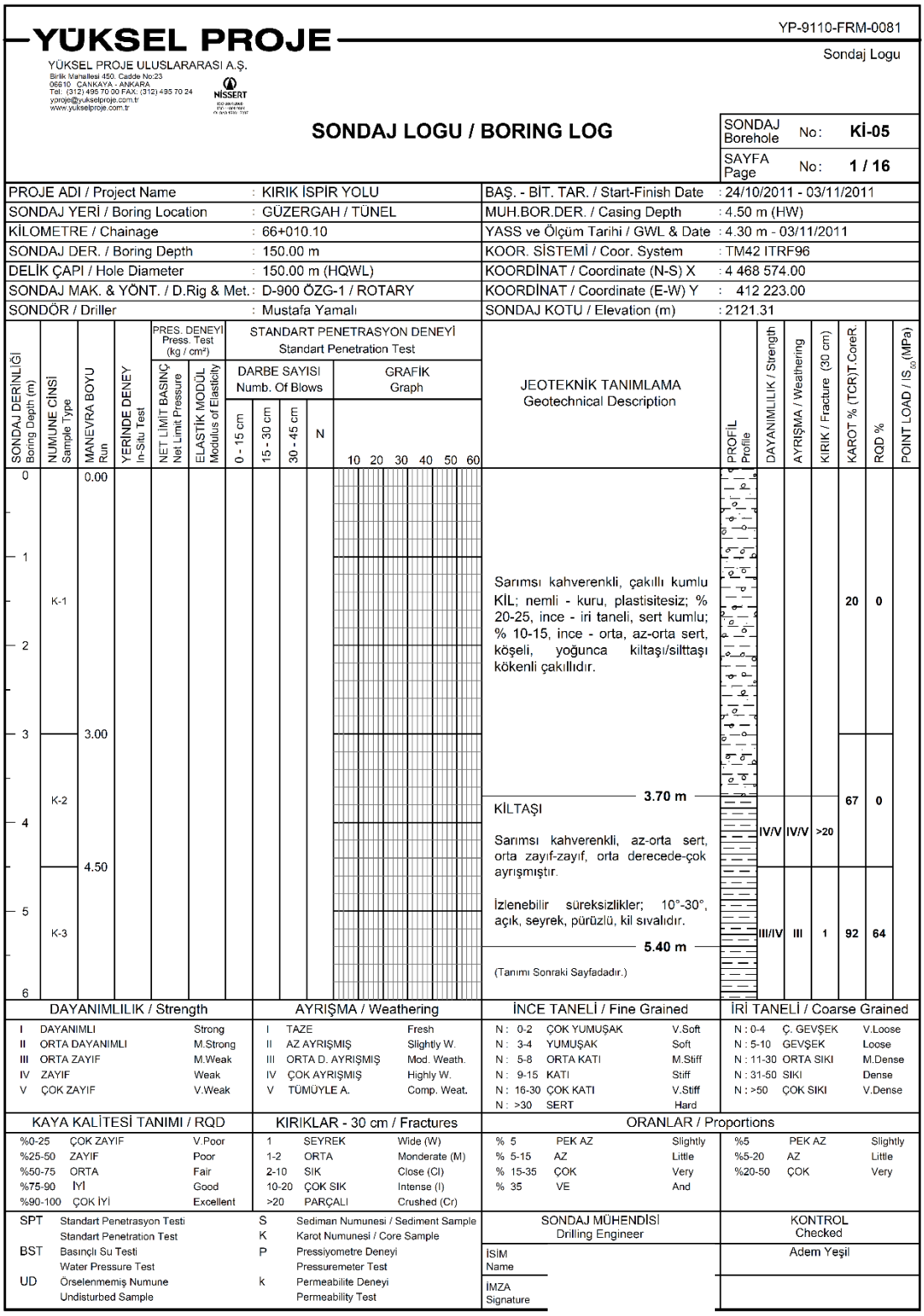
Şekil A.6. Kİ-04 nolu sondaj logu 2/4



Şekil A.7. Kİ-04 nolu sondaj logu 3/4



Şekil A.8. Kİ-04 nolu sondaj logu 4/4



YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Bilik Mahallesi 450. Cadde No:23
06810 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr

YP-9110-FRM-0081
Sondaj Logu

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: Kİ-05
SAYFA Page No: 1 / 16

PROJE ADI / Project Name	: KIRIK İSPİR YOLU	BAŞ. - BİT. TAR. / Start-Finish Date	: 24/10/2011 - 03/11/2011
SONDAJ YERİ / Boring Location	: GÜZERGAH / TÜNEL	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 4.50 m (HW)
KİLOMETRE / Chainage	: 66+010.10	YASS ve Ölçüm Tarihi / GWL & Date	: 4.30 m - 03/11/2011
SONDAJ DER. / Boring Depth	: 150.00 m	KOOR. SİSTEMİ / Coor. System	: TM42 ITRF96
DELİK ÇAPI / Hole Diameter	: 150.00 m (HQWL)	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) X	: 4 468 574.00
SONDAJ MAK. & YÖNT. / D.Rig & Met.	: D-900 ÖZG-1 / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y	: 412 223.00
SONDÖR / Driller	: Mustafa Yamalı	SONDAJ KOTU / Elevation (m)	: 2121.31

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²) NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	PRES. DENEYİ ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test DARBE SAYISI Numb. Of Blows 0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR)T.CoreR.	RQD %	POINT LOAD / $I_{S(50)}$ (MPa)
0		0.00																
1	K-1										Sarımsı kahverenkli, çakıllı kumlu KİL; nemli - kuru, plastisitesiz; % 20-25, ince - iri taneli, sert kumlu; % 10-15, ince - orta, az-orta sert, köşeli, yoğunca kiltaşı/silttaşı kökenli çakıllıdır.					20	0
2																		
3		3.00																
	K-2										3.70 m KİLTAŞI Sarımsı kahverenkli, az-orta sert, orta zayıf-zayıf, orta derecede-çok ayrışmıştır.		IV/V	IV/V	>20	67	0
4		4.50																
5	K-3										İzlenebilir süreksizlikler; 10°-30°, açık, seyrek, pürüzlü, kil sıvalıdır. 5.40 m (Tanımı Sonraki Sayfadadır.)		III/IV	III	1	92	64
6																		

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYRIŞMIŞ	Mod. Weath.
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Highly W.
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp. Weat.

İNCE TANELİ / Fine Grained			İRİ TANELİ / Coarse Grained		
N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	Ç. GEVŞEK	V.Loose
N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense
N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures		
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)
%25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Monderate (M)
%50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (Cl)
%75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)
%90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)

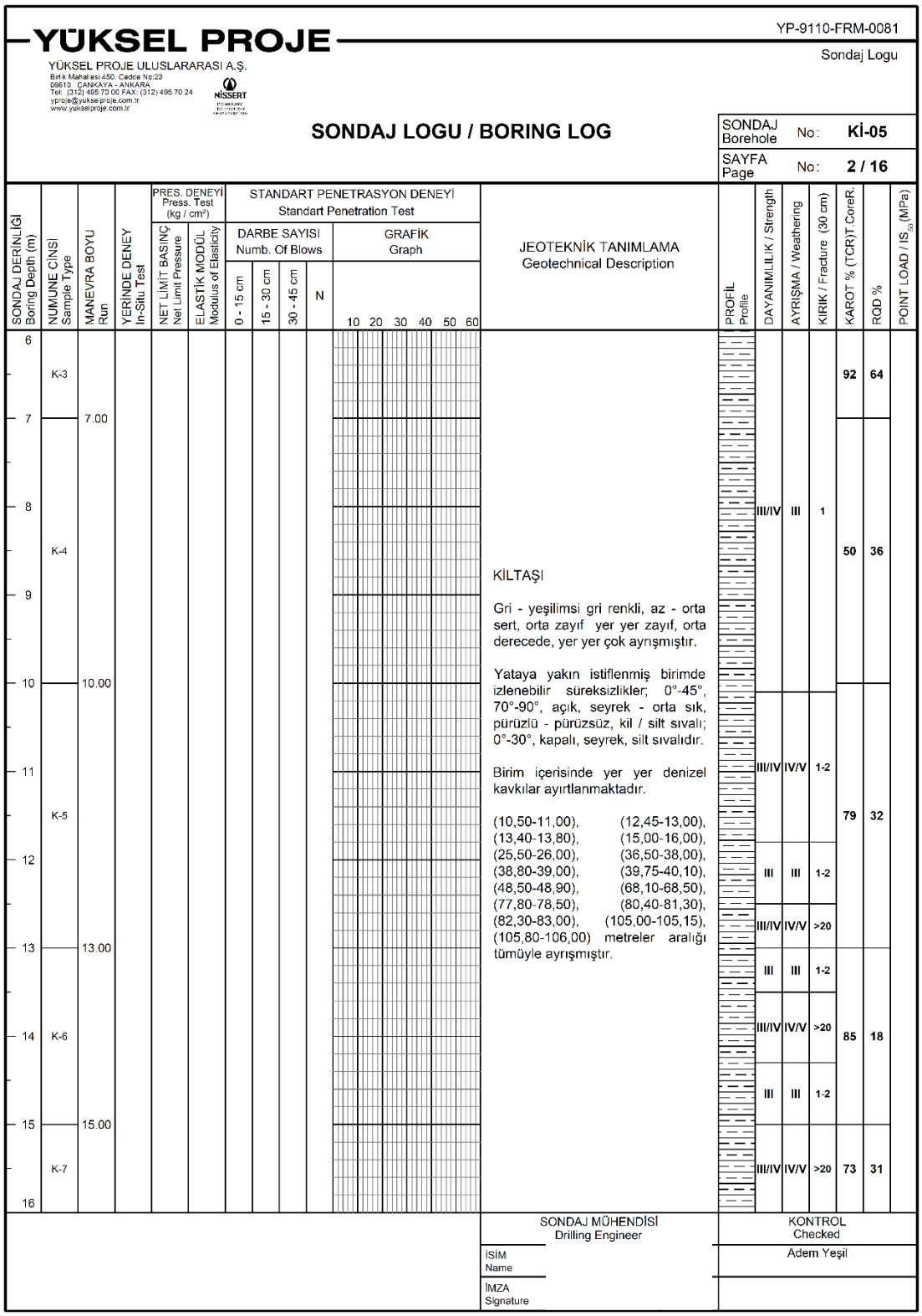
ORANLAR / Proportions			
% 5	PEK AZ	Slightly	
% 5-15	AZ	Little	
% 15-35	ÇOK	Very	
% 35	VE	And	

%5	PEK AZ	Slightly	
%5-20	AZ	Little	
%20-50	ÇOK	Very	

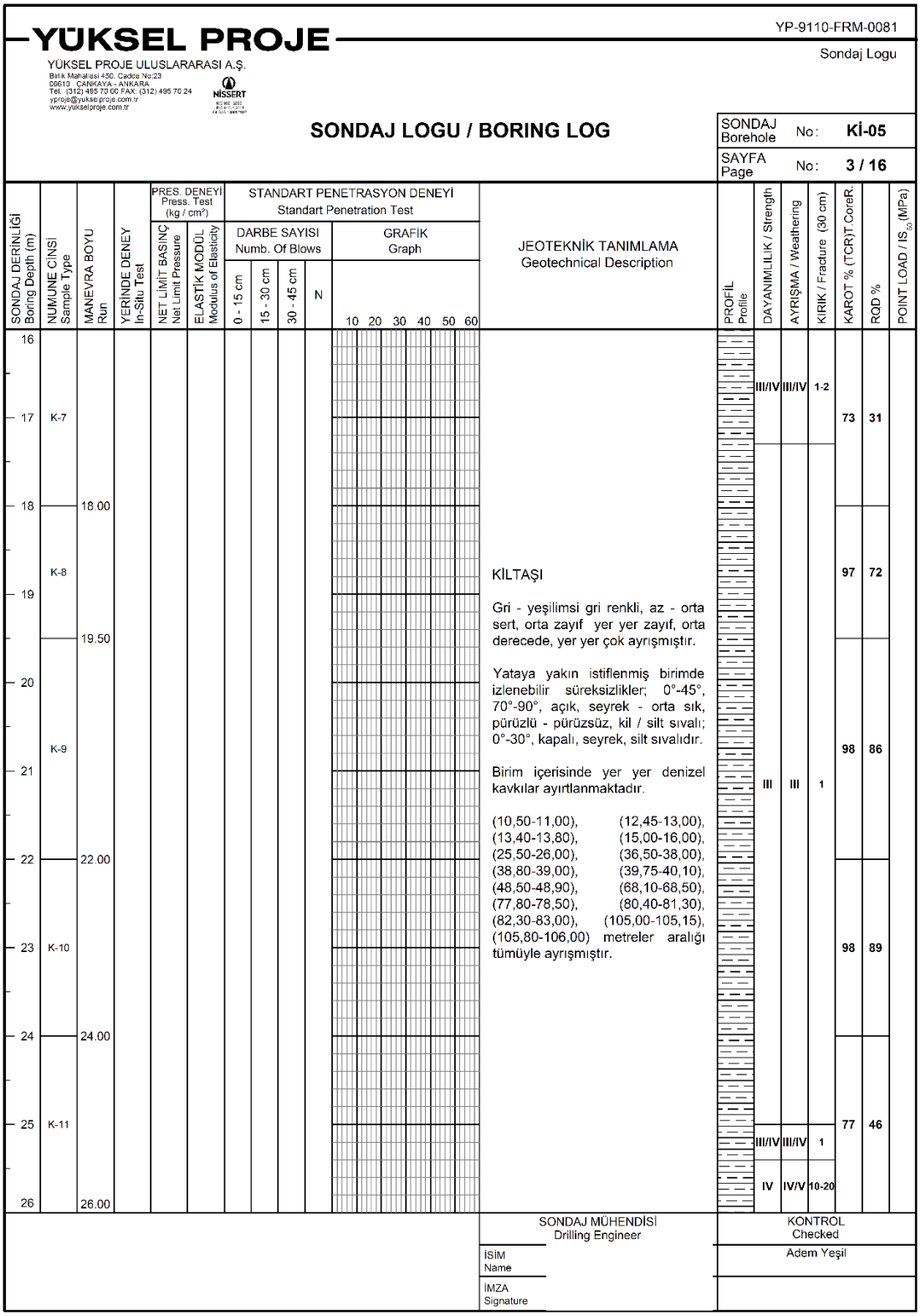
SPT	Standart Penetrasyon Testi Standart Penetration Test	S	Sediman Numunesi / Sediment Sample
BST	Basınçlı Su Testi Water Pressure Test	K	Karot Numunesi / Core Sample
UD	Örselenmemiş Numune Undisturbed Sample	P	Pressiyometre Deneyi Pressuremeter Test
		k	Permeabilite Deneyi Permeability Test

SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer	KONTROL Checked
İSİM Name	Adem Yeşil
İMZA Signature	

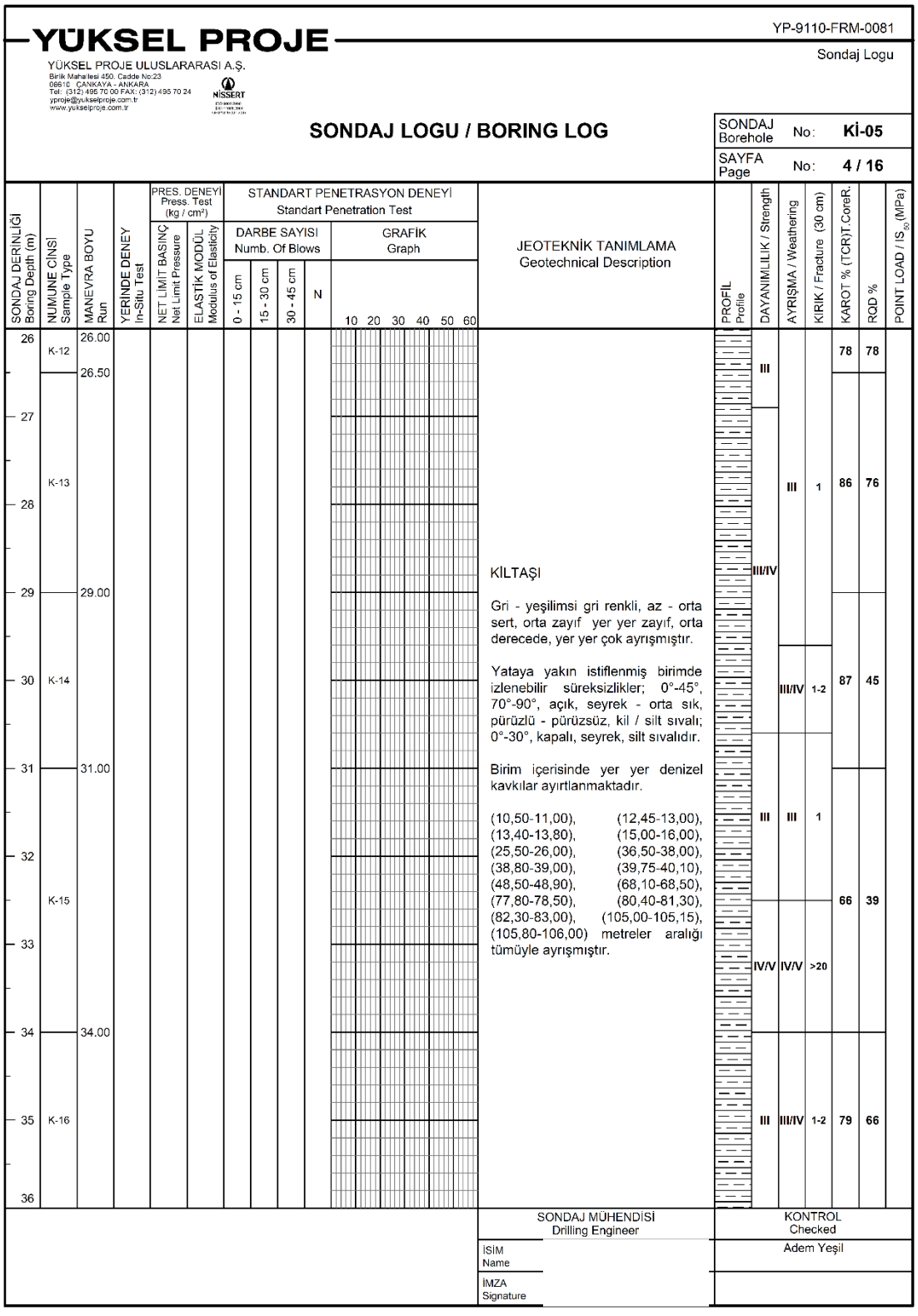
Şekil A.9. Kİ-05 nolu sondaj logu 1/16



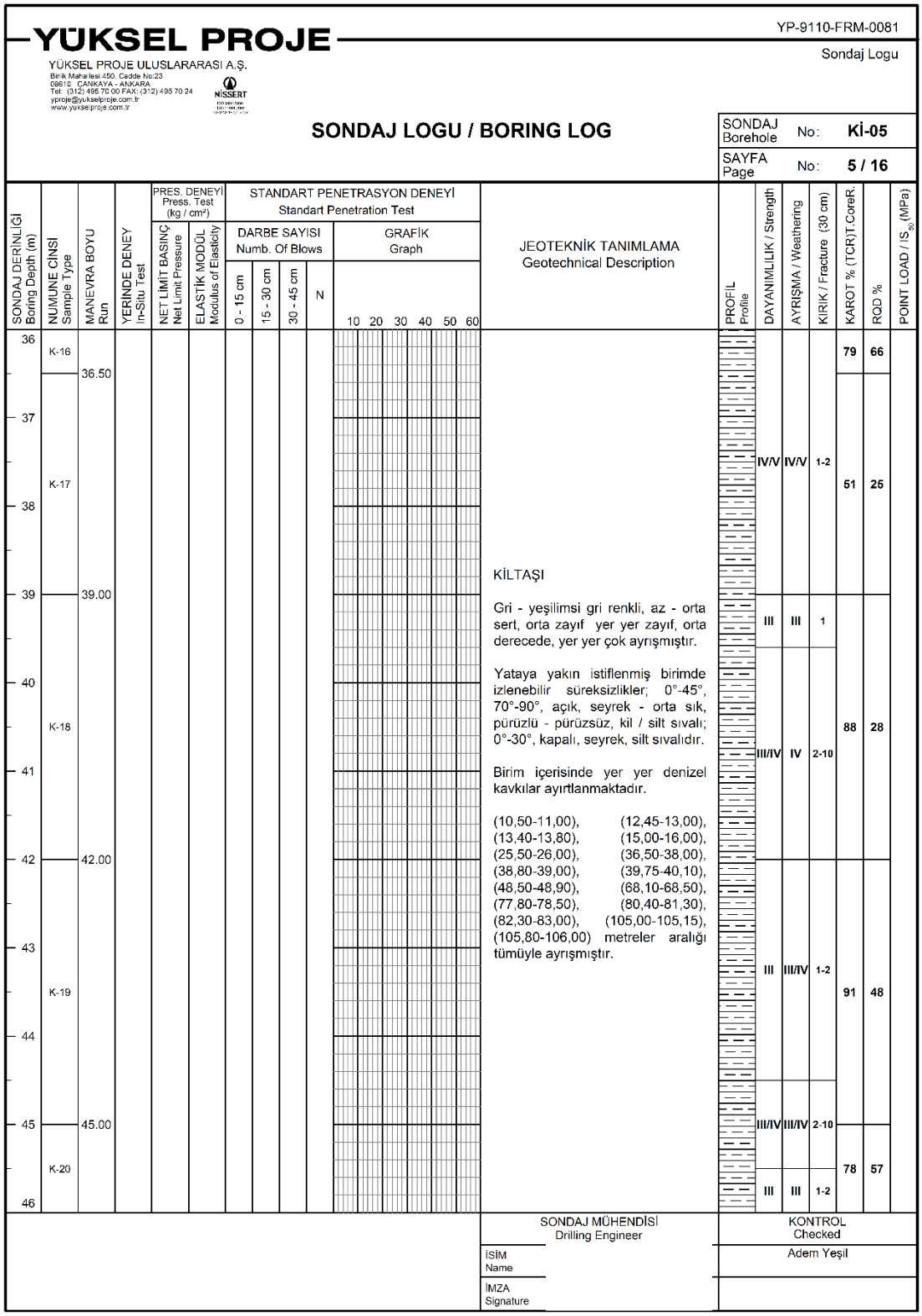
Şekil A.10. Kİ-05 nolu sondaj logu 2/16



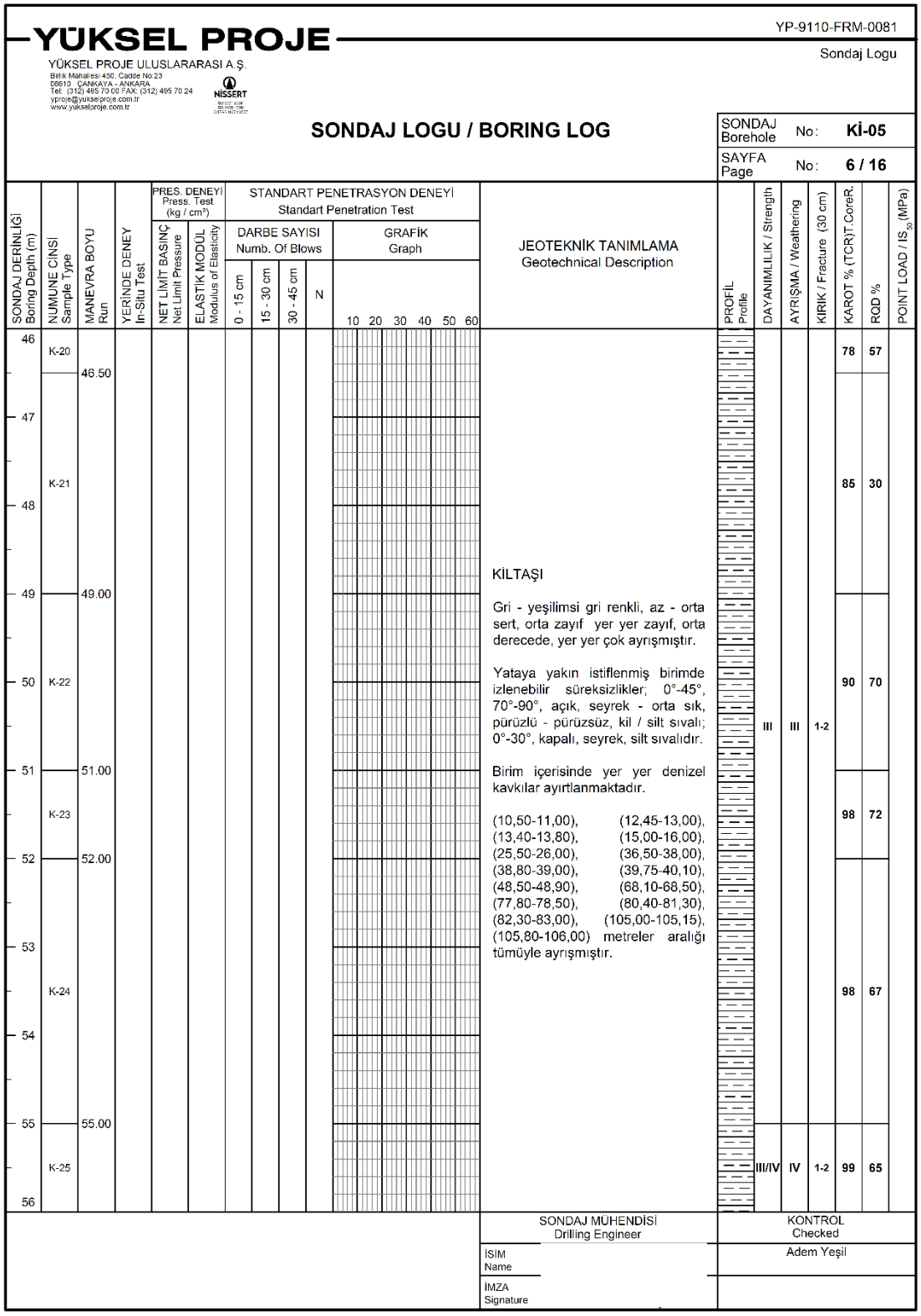
Şekil A.11. Kİ-05 nolu sondaj logu 3/16



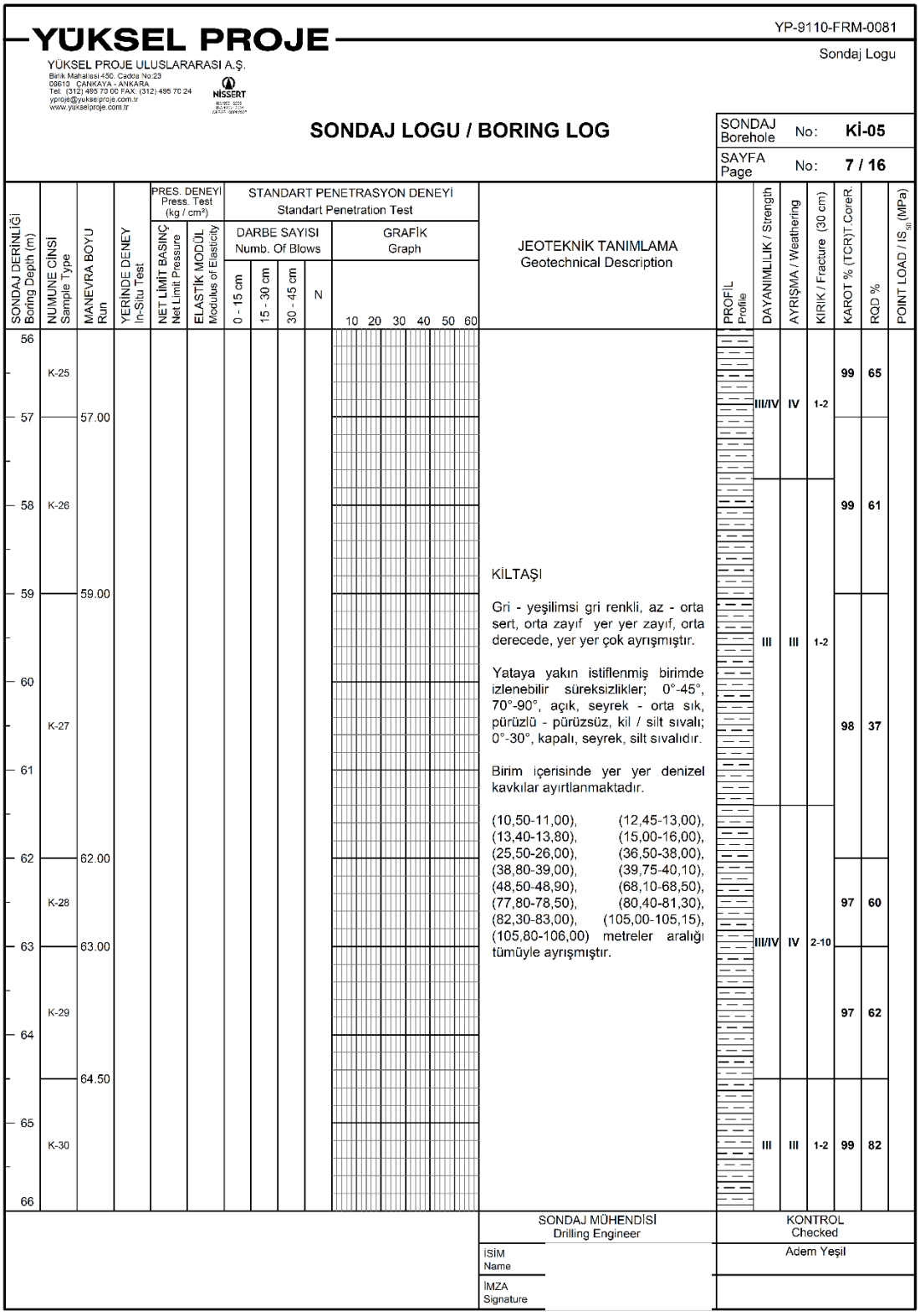
Şekil A.12. Kİ-05 nolu sondaj logu 4/16



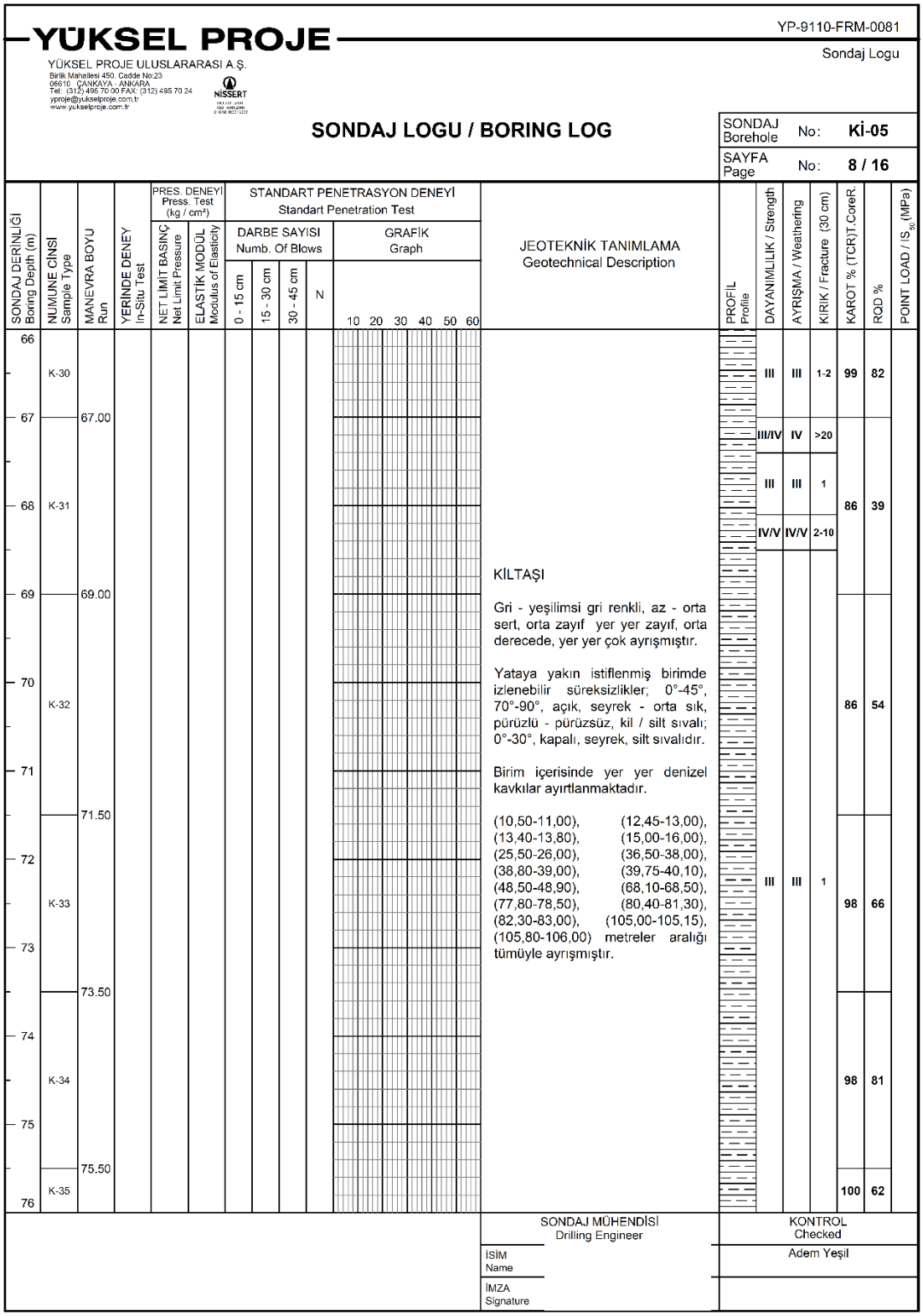
Şekil A.13. Kİ-05 nolu sondaj logu 5/16



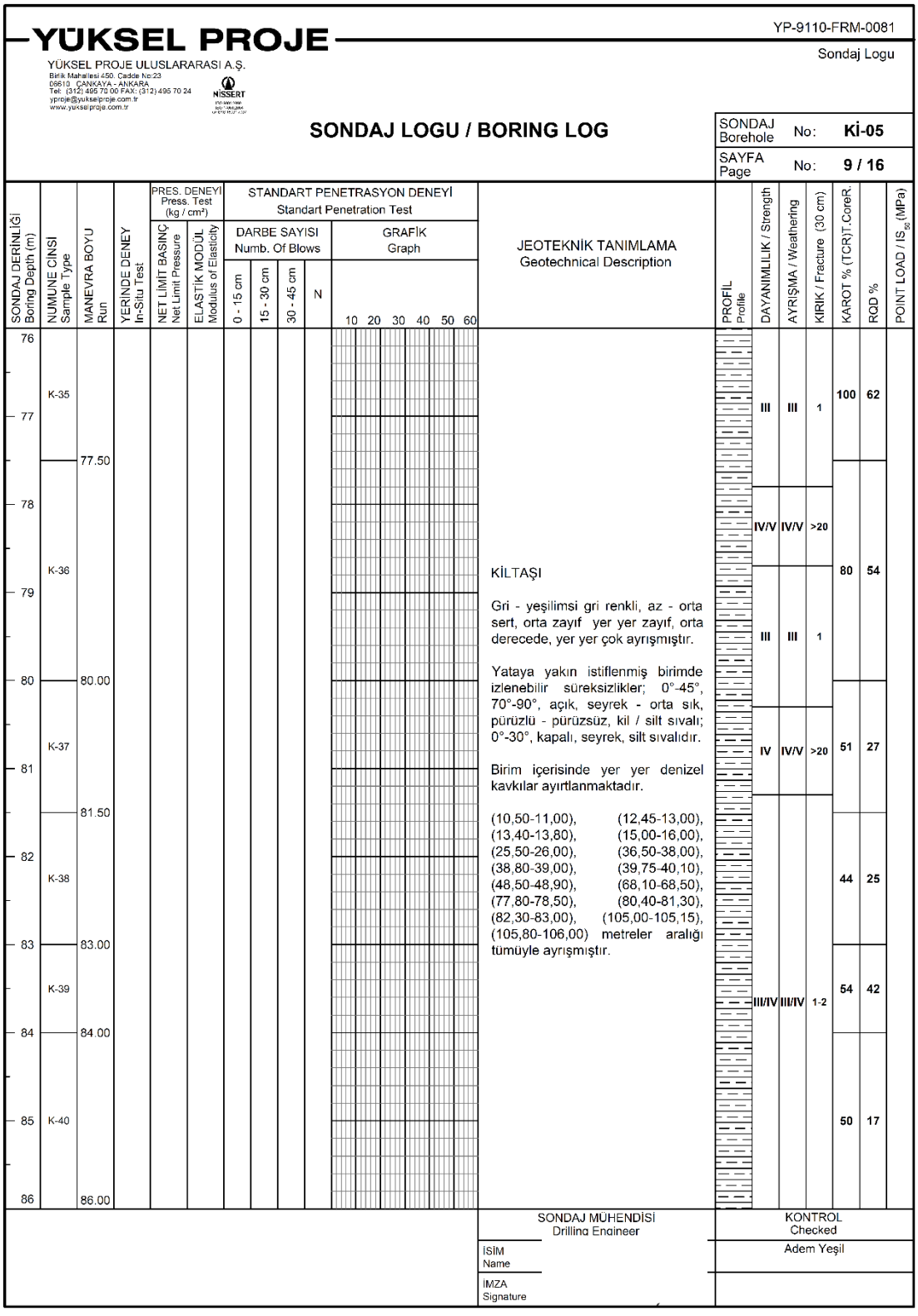
Şekil A.14. Kİ-05 nolu sondaj logu 6/16



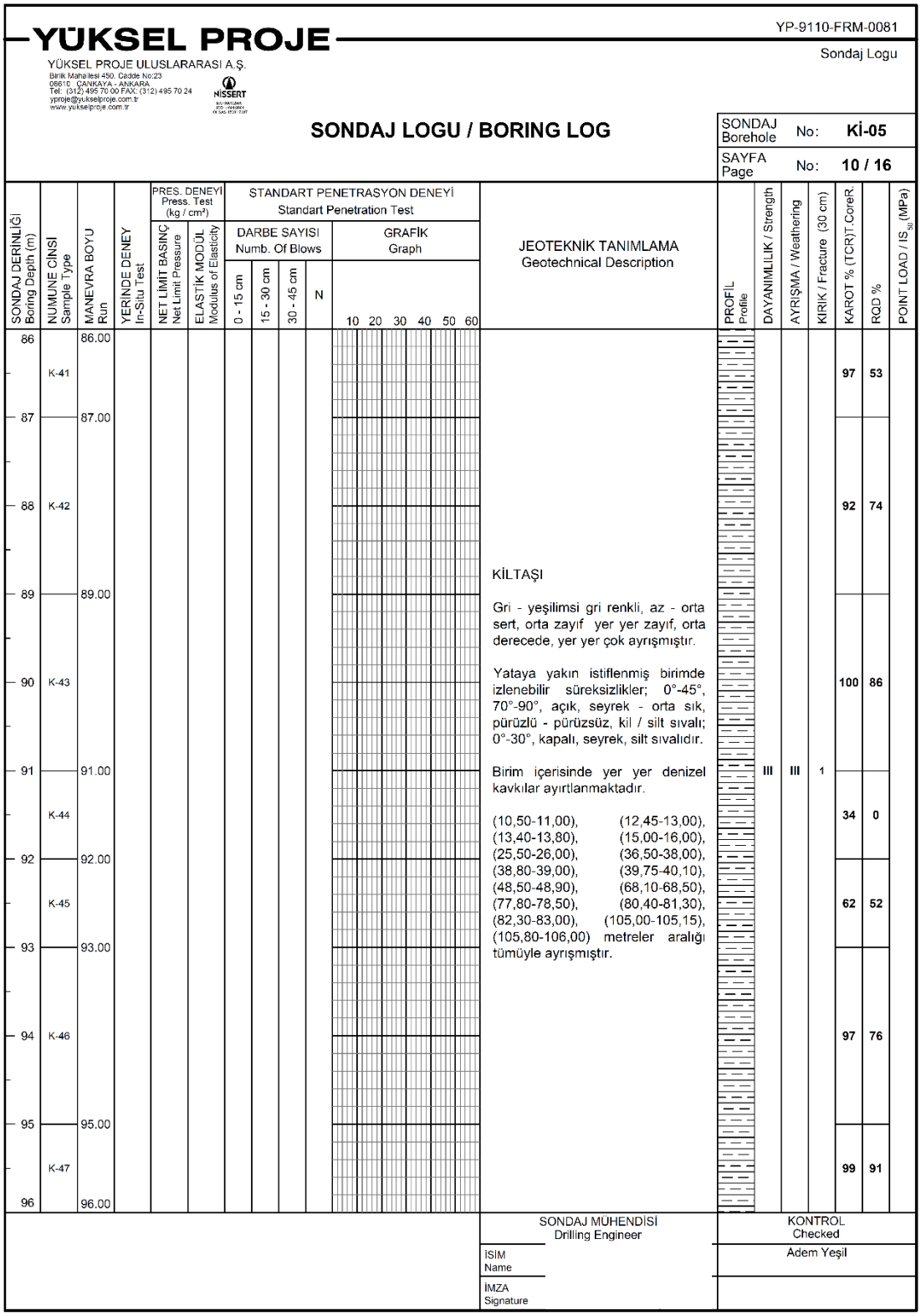
Şekil A.15. Kİ-05 nolu sondaj logu 7/16



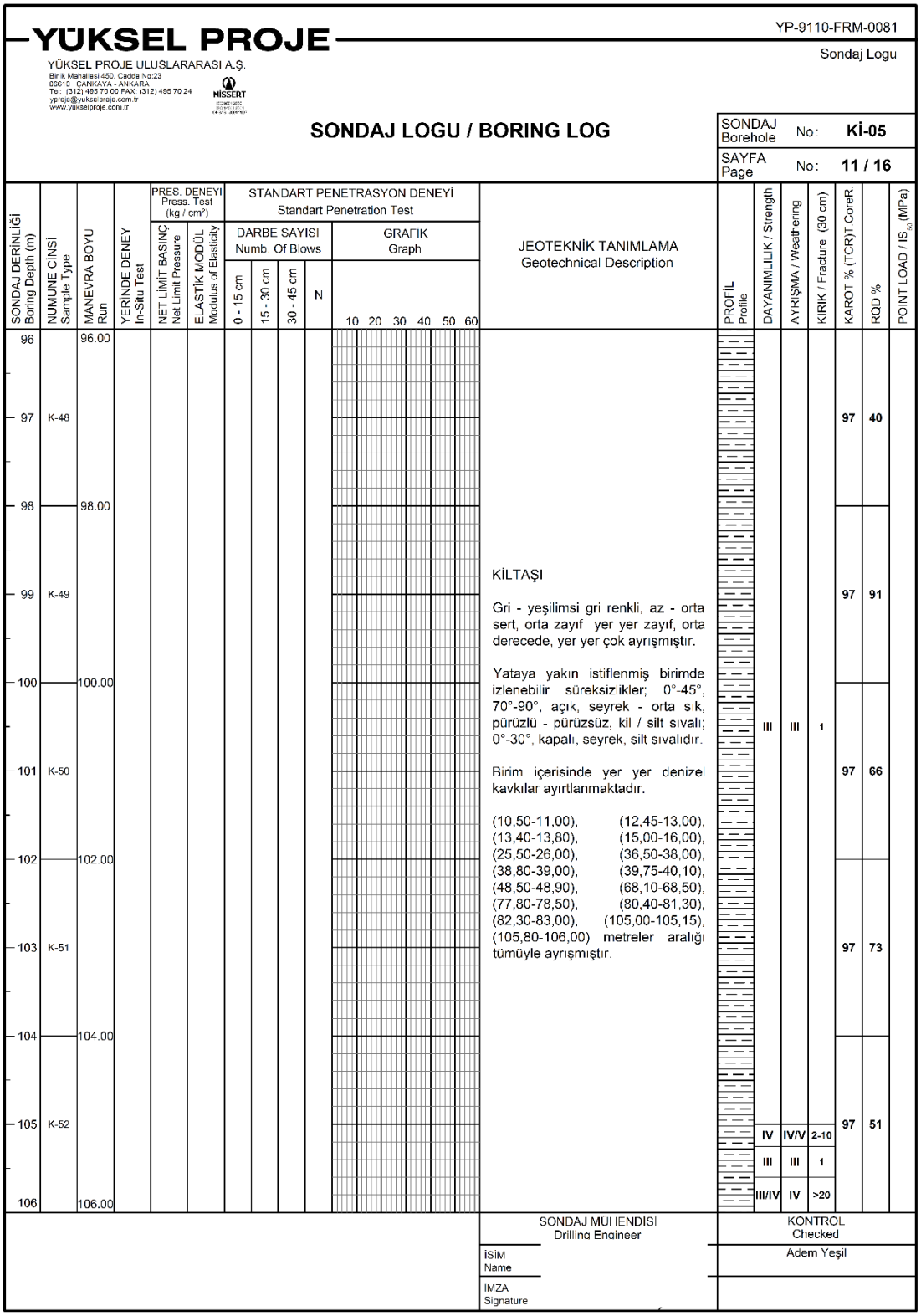
Şekil A.16. Kİ-05 nolu sondaj logu 8/16



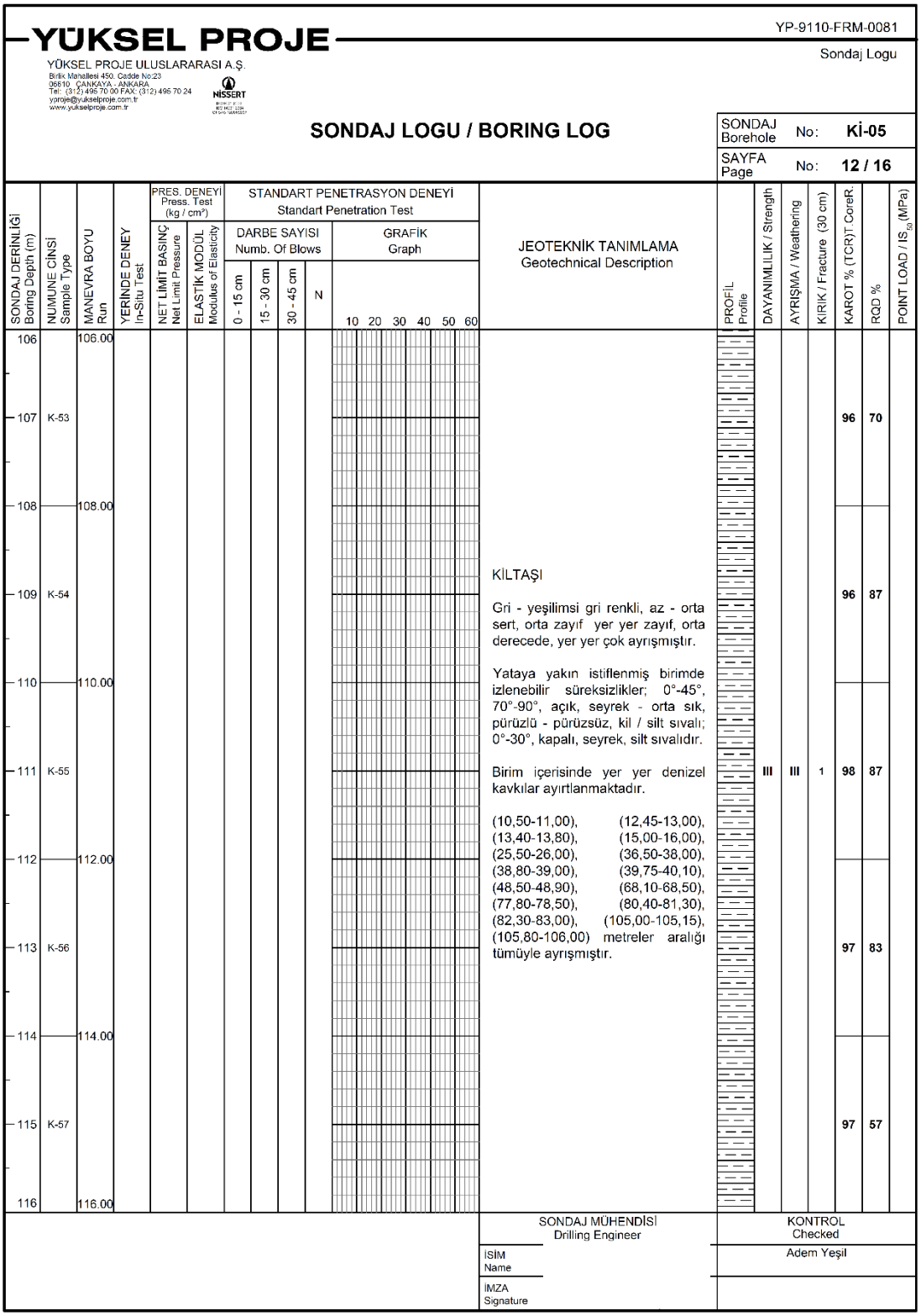
Şekil A.17. Kİ-05 nolu sondaj logu 9/16



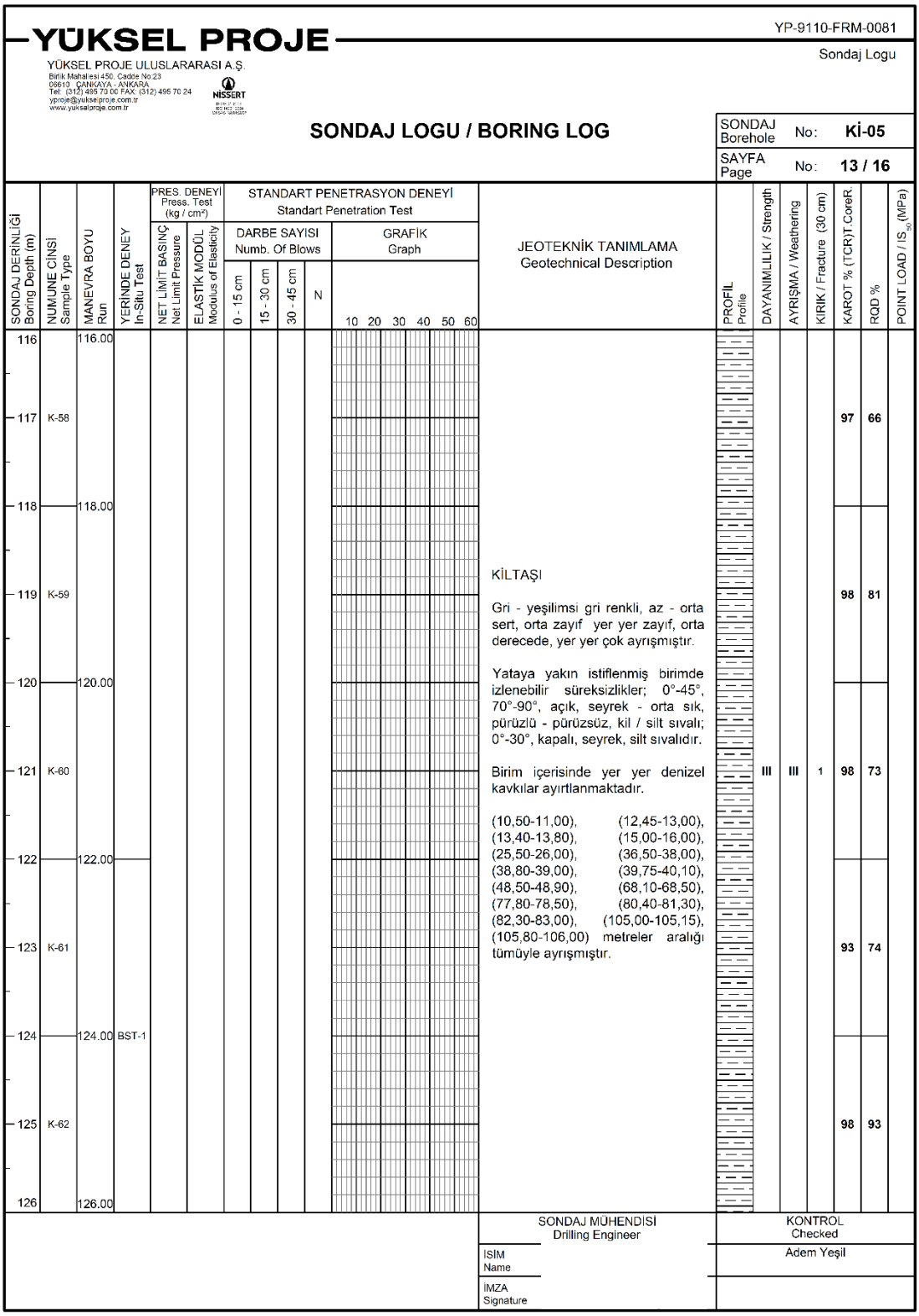
Şekil A.18. Kİ-05 nolu sondaj logu 10/16



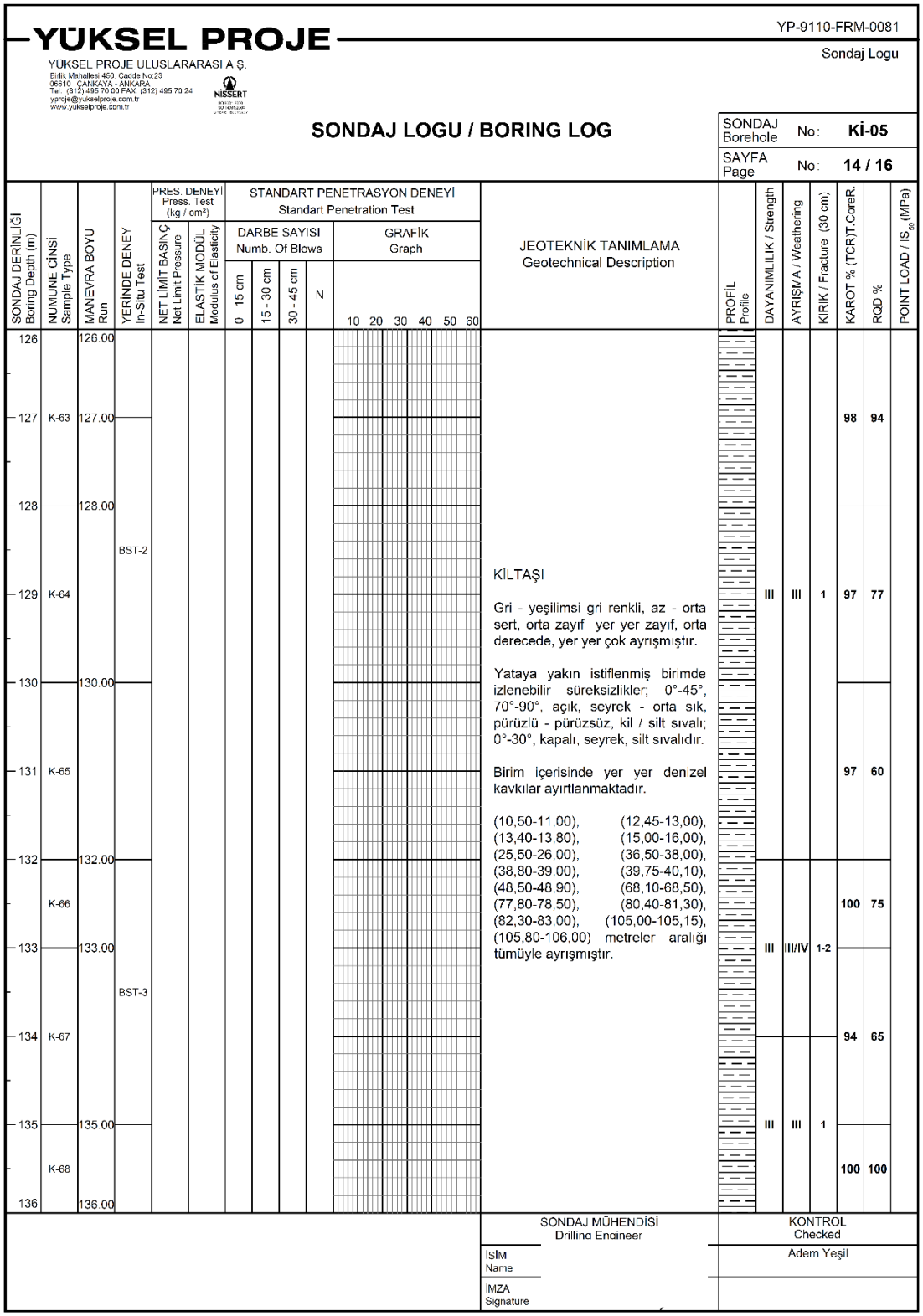
Şekil A.19. Kİ-05 nolu sondaj logu 11/16



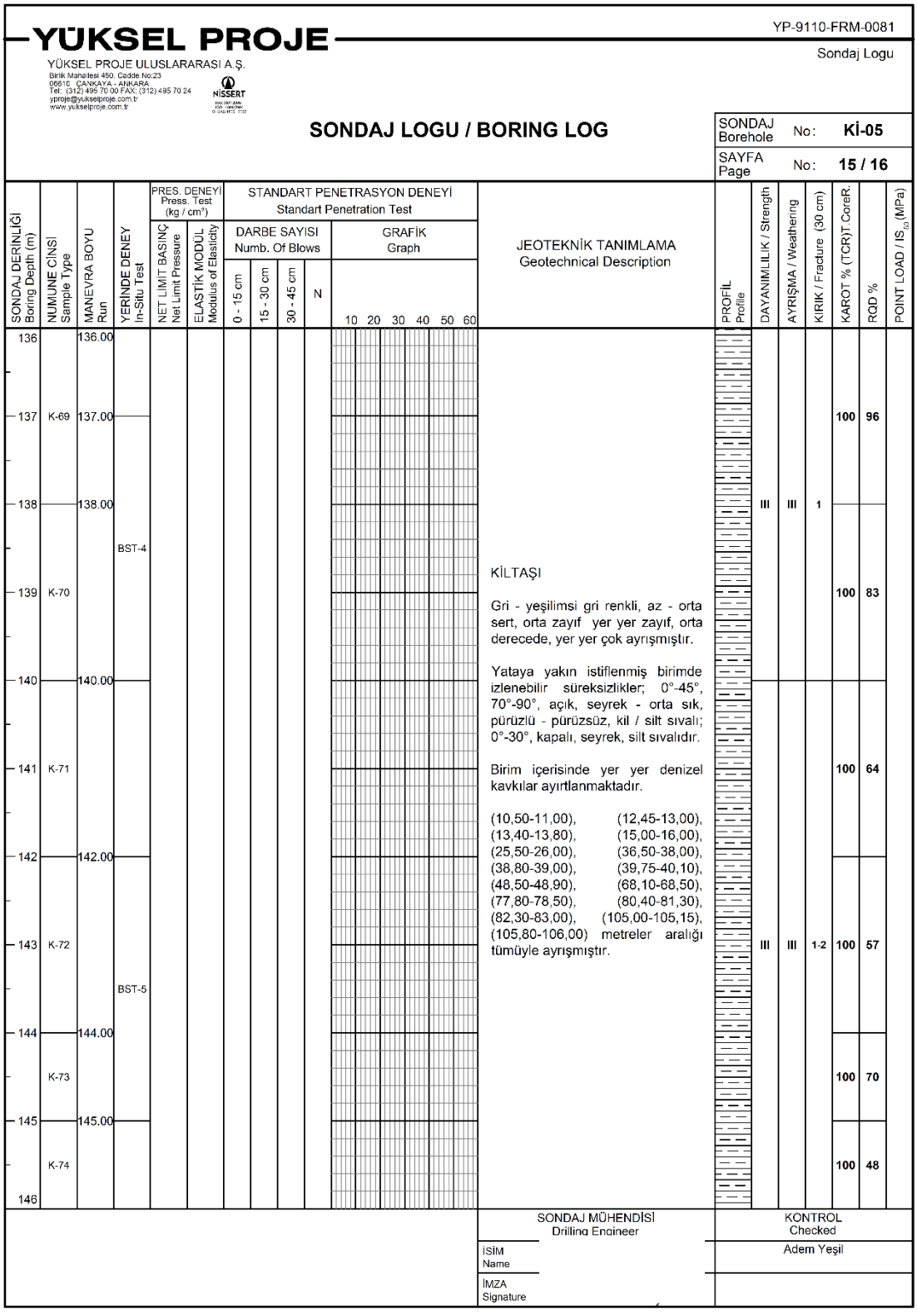
Şekil A.20. Kİ-05 nolu sondaj logu 12/16



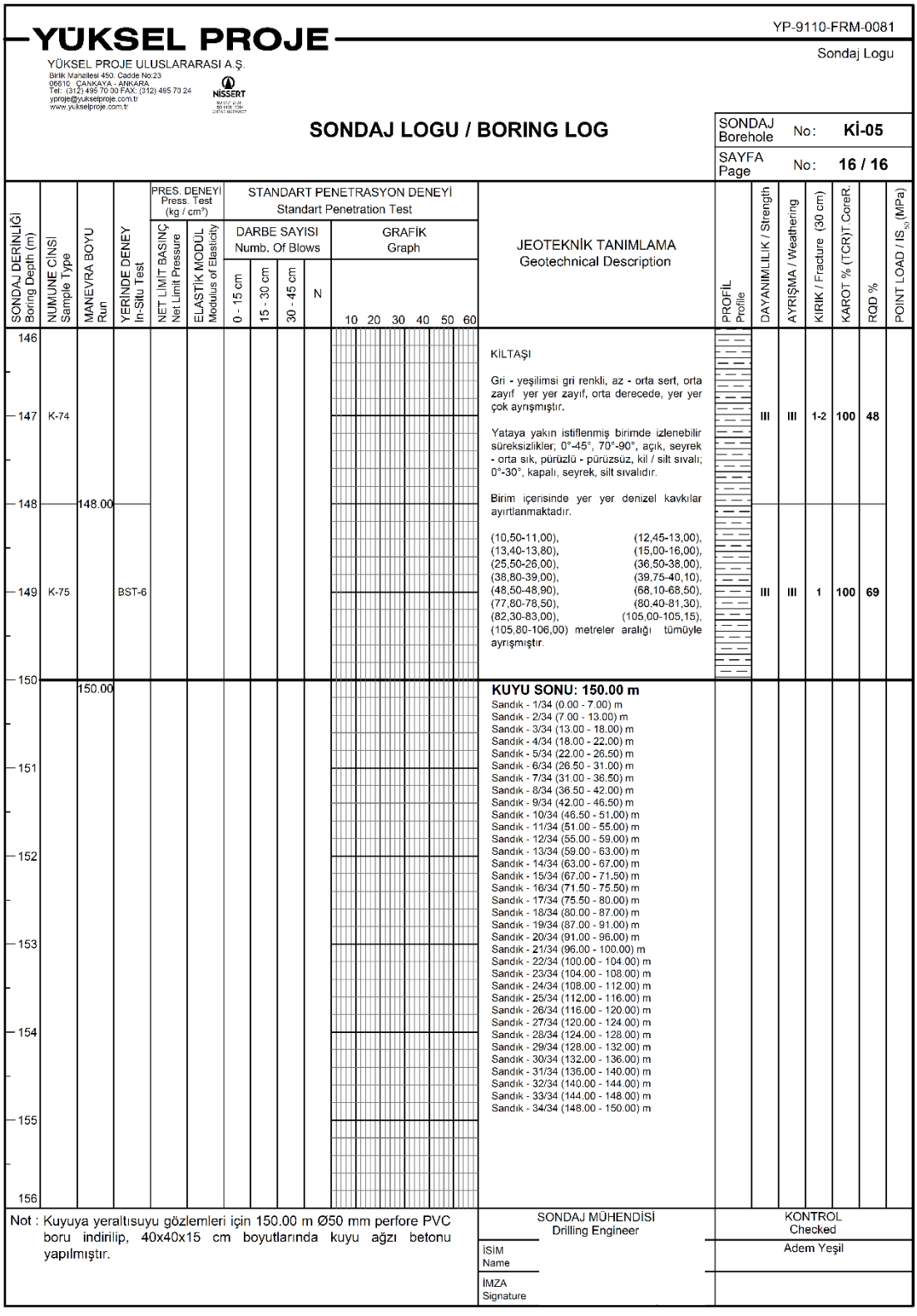
Şekil A.21. Kİ-05 nolu sondaj logu 13/16



Şekil A.22. Kİ-05 nolu sondaj logu 14/16



Şekil A.23. Kİ-05 nolu sondaj logu 15/16



Şekil A.24. Kİ-05 nolu sondaj logu 16/16

YÜKSEL PROJE YP-9110-FRM-0081

Sondaj Logu

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Bilik Mahallesi 450. Cadde No:23
06810 ÇANKAYA ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr

NISSERT

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **Ki-05A**

SAYFA Page No: **1 / 26**

PROJE ADI / Project Name	: KIRIK İSPİR YOLU	BAŞ. - BİT. TAR. / Start-Finish Date	: 30/06/2012 - 11/08/2012
SONDAJ YERİ / Boring Location	: GÜZERGAH / TÜNEL	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 7.50 m (HW) 255.00 m (NQWL)
KİLOMETRE / Chainage	: 66+586.07	YASS ve Ölçüm Tarihi / GWL & Date	: 4.00 m - 23/08/2012
SONDAJ DER. / Boring Depth	: 255.00 m	KOOR. SİSTEMİ / Coor. System	: TM42 ITRF96
DELİK ÇAPI / Hole Diameter	:	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) X	: 4 469 123.00
SONDAJ MAK. & YÖNT. / D.Rig & Met.	: D-900 ÖZG-1 / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y	: 412 398.00
SONDÖR / Driller	: Erdoğan Cansız	SONDAJ KOTU / Elevation (m)	: 2202.95

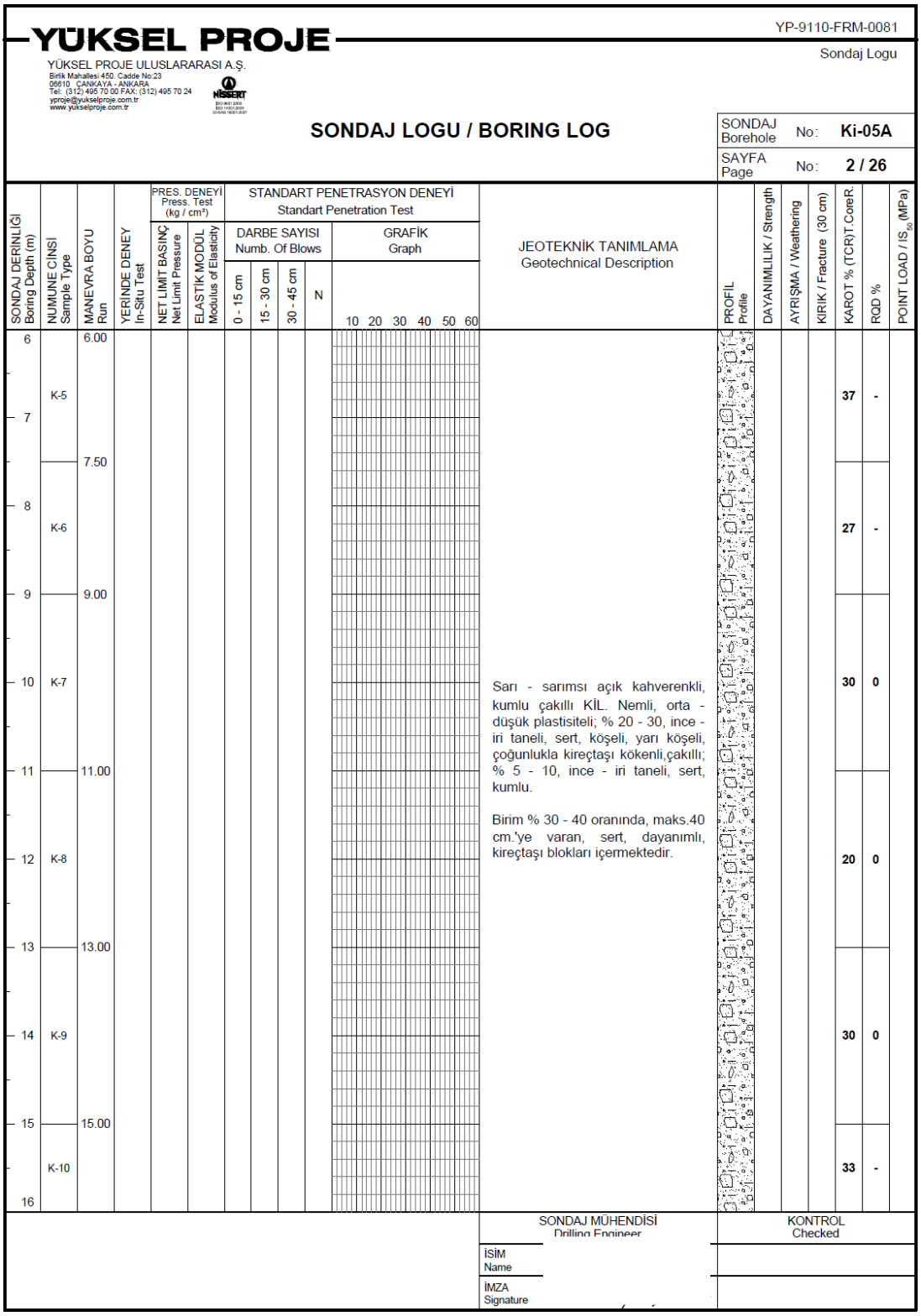
SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²) NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	PRES. DENEYİ ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test DARBE SAYISI Numb. Of Blows 0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR)T.CoreR.	RQD %	POINT LOAD / $I_{S_{(50)}}$ (MPa)
0		0.00																
1	K-1															20	-	
		1.50																
2	K-2										Sarı - sarımsı açık kahverenkli, kumlu çakıllı KİL. Nemli, orta - düşük plastisiteli; % 20 - 30, ince - iri taneli, sert, köşeli, yarı köşeli, çoğunlukla kireçtaşı kökenli,çakıllı; % 5 - 10, ince - iri taneli, sert, kumlu.					20	-	
3		3.00																
	K-3										Birim % 30 - 40 oranında, maks.40 cm.'ye varan, sert, dayanımlı, kireçtaşı blokları içermektedir.					27	-	
4		4.50																
5	K-4															30	-	
6		6.00																

DAYANIMLILIK / Strength			AYRIŞMA / Weathering			İNCE TANELİ / Fine Grained			İRİ TANELİ / Coarse Grained		
I	DAYANIMLI	Strong	I	TAZE	Fresh	N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft	N : 0-4	Ç. GEVŞEK	V.Loose
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong	II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.	N : 3-4	YUMUŞAK	Soft	N : 5-10	GEVŞEK	Loose
III	ORTA ZAYIF	M.Weak	III	ORTA D. AYRIŞMIŞ	Mod. Weath.	N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff	N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
IV	ZAYIF	Weak	IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Highly W.	N : 9-15	KATI	Stiff	N : 31-50	SIKI	Dense
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak	V	TÜMÜYLE A.	Comp. Weat.	N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff	N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense
						N : >30	SERT	Hard			

KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD			KIRIKLAR - 30 cm / Fractures			ORANLAR / Proportions					
%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor	1	SEYREK	Wide (W)	% 5	PEK AZ	Slightly	%5	PEK AZ	Slightly
%25-50	ZAYIF	Poor	1-2	ORTA	Monderate (M)	% 5-15	AZ	Little	%5-20	AZ	Little
%50-75	ORTA	Fair	2-10	SIK	Close (Cl)	% 15-35	ÇOK	Very	%20-50	ÇOK	Very
%75-90	İYİ	Good	10-20	ÇOK SIK	Intense (I)	% 35	VE	And			
%90-100	ÇOK İYİ	Excellent	>20	PARÇALI	Crushed (Cr)						

SPT	Standart Penetrasyon Testi Standart Penetration Test	S	Sediman Numunesi / Sediment Sample	SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer	KONTROL Checked
		K	Karot Numunesi / Core Sample		
BST	Basınçlı Su Testi Water Pressure Test	P	Pressiyometre Deneyi Pressuremeter Test	İSİM Name	
UD	Örselenmemiş Numune Undisturbed Sample	k	Permeabilite Deneyi Permeability Test	İMZA Signature	

Şekil A.25. Kİ-05A nolu sondaj logu 1/26



YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr

YP-9110-FRM-0081
Sondaj Logu

SONDAJ LOGU / BORING LOG

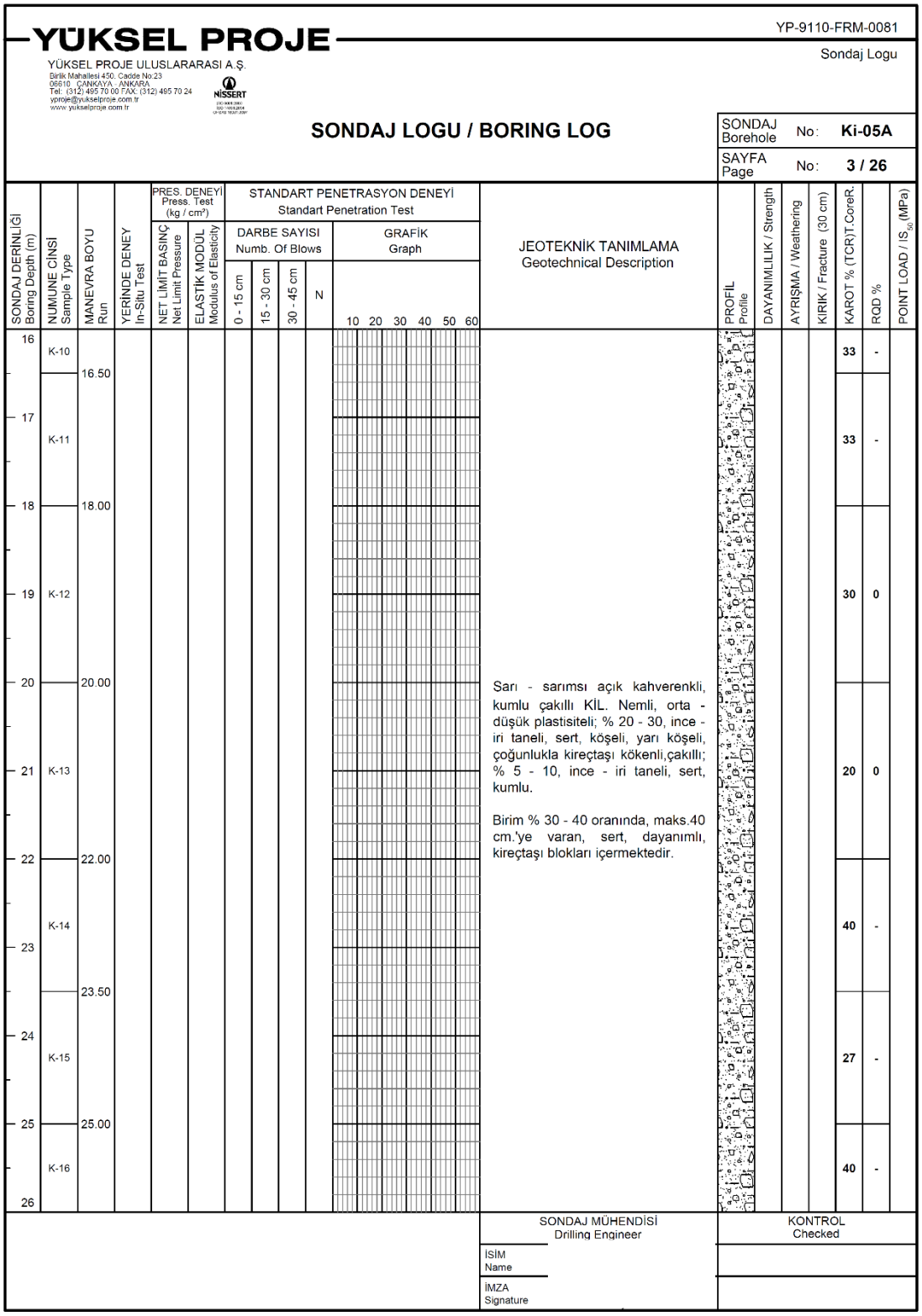
SONDAJ Borehole No: Ki-05A
SAYFA Page No: 2 / 26

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²) NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	PRES. DENEYİ ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test DARBE SAYISI Numb. Of Blows 0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR)T.CoreR.	RQD %	POINT LOAD / $I_{s_{50}}$ (MPa)
6		6.00																
7	K-5															37	-	
		7.50																
8	K-6															27	-	
9		9.00																
10	K-7										Sarı - sarımsı açık kahverenkli, kumlu çakıllı KİL. Nemli, orta - düşük plastisiteli; % 20 - 30, ince - iri taneli, sert, köşeli, yarı köşeli, çoğunlukla kireçtaşı kökenli,çakıllı; % 5 - 10, ince - iri taneli, sert, kumlu. Birim % 30 - 40 oranında, maks.40 cm.'ye varan, sert, dayanımlı, kireçtaşı blokları içermektedir.					30	0	
11		11.00																
12	K-8															20	0	
13		13.00																
14	K-9															30	0	
15		15.00																
	K-10															33	-	
16																		

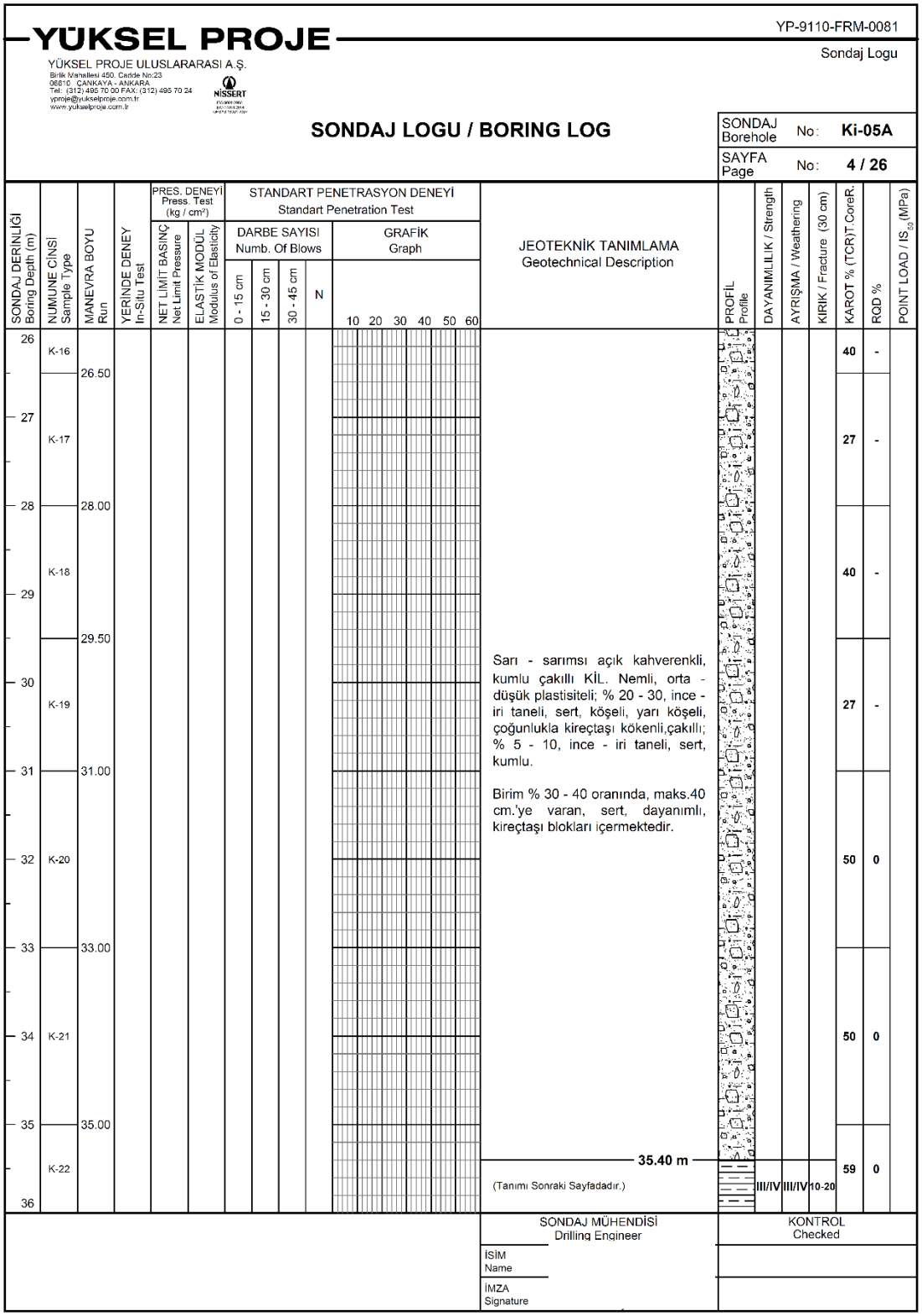
SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer
İSİM Name
İMZA Signature

KONTROL Checked

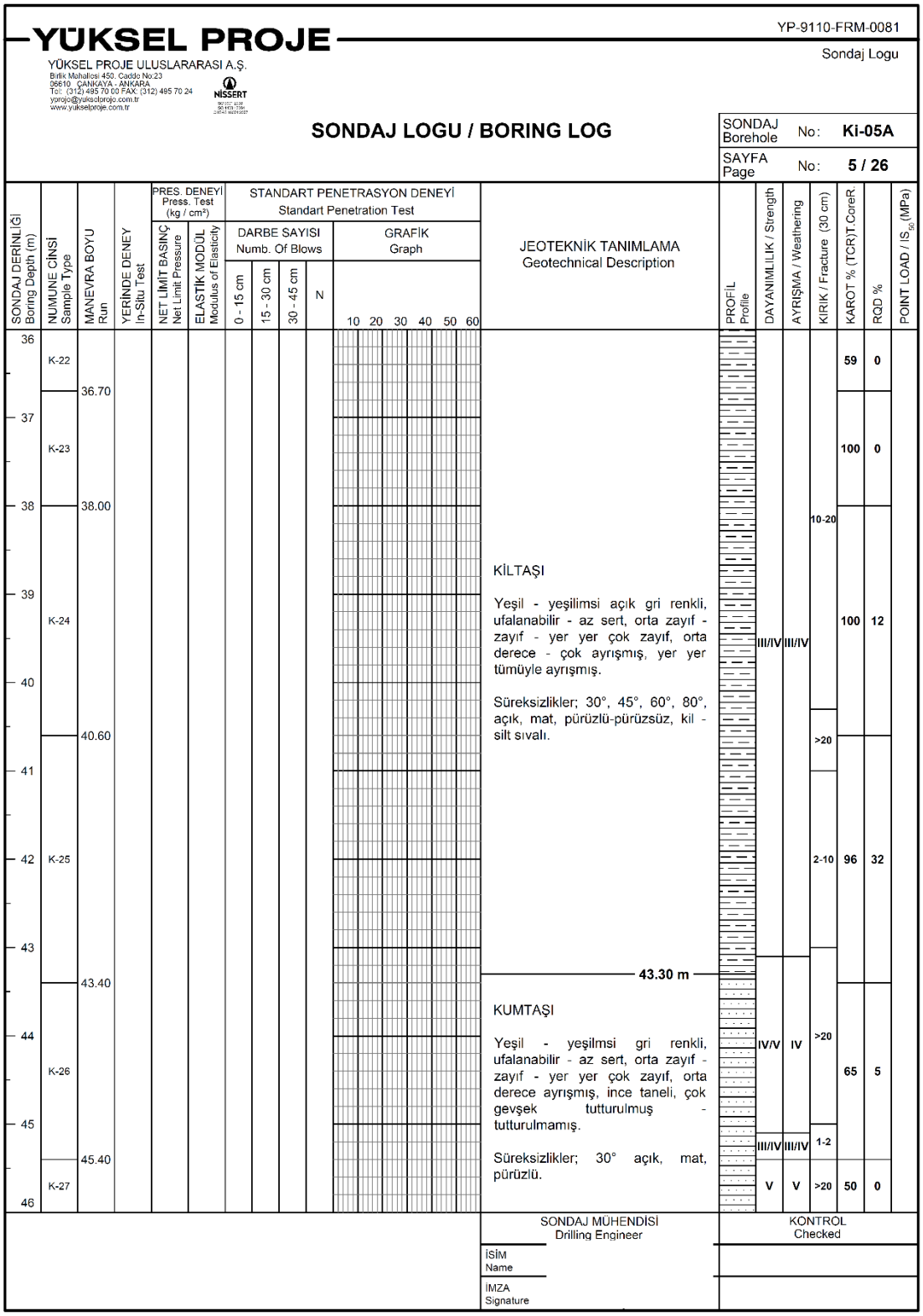
Şekil A.26. Kİ-05A nolu sondaj logu 2/26



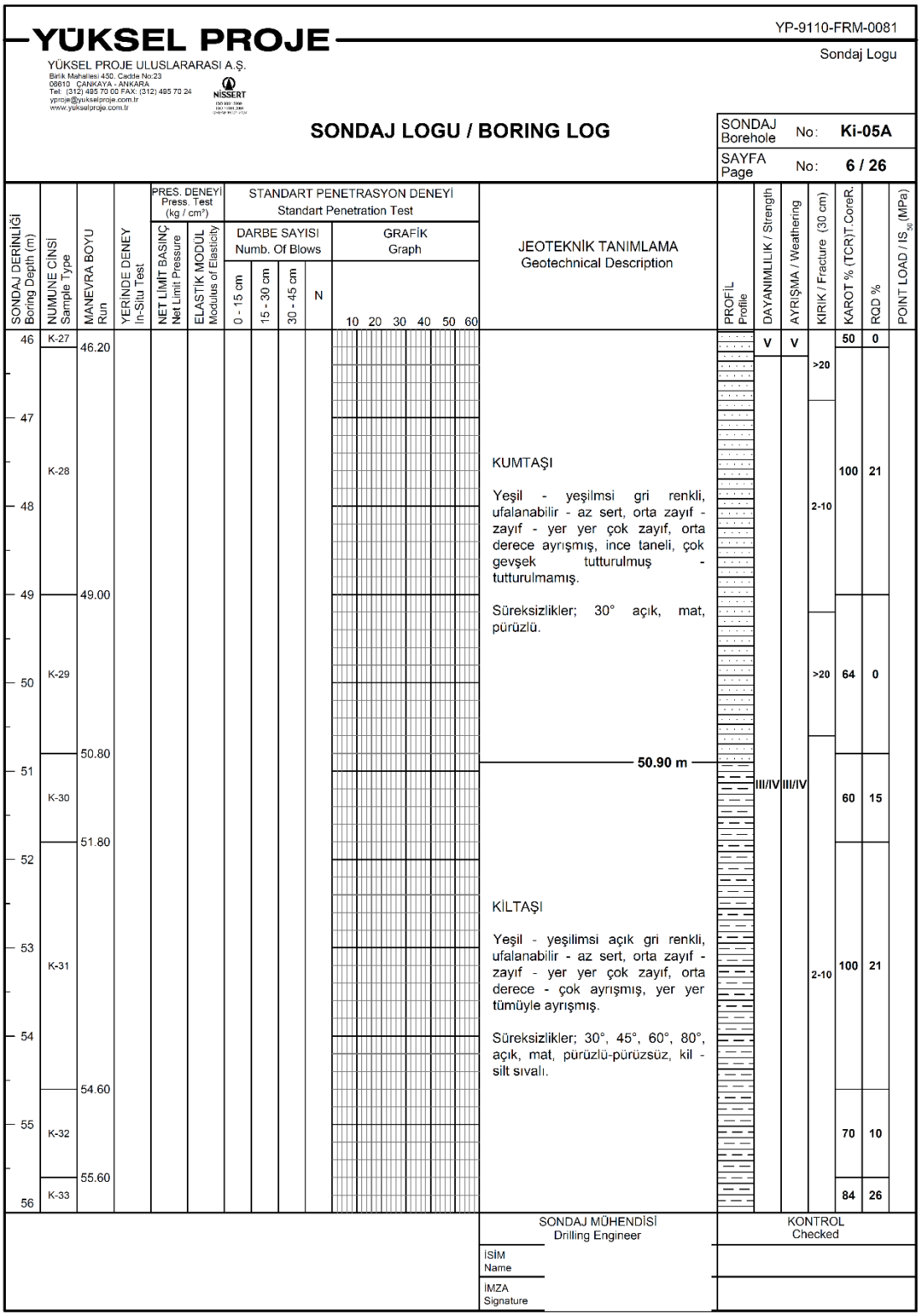
Şekil A.27. Kİ-05A nolu sondaj logu 3/26



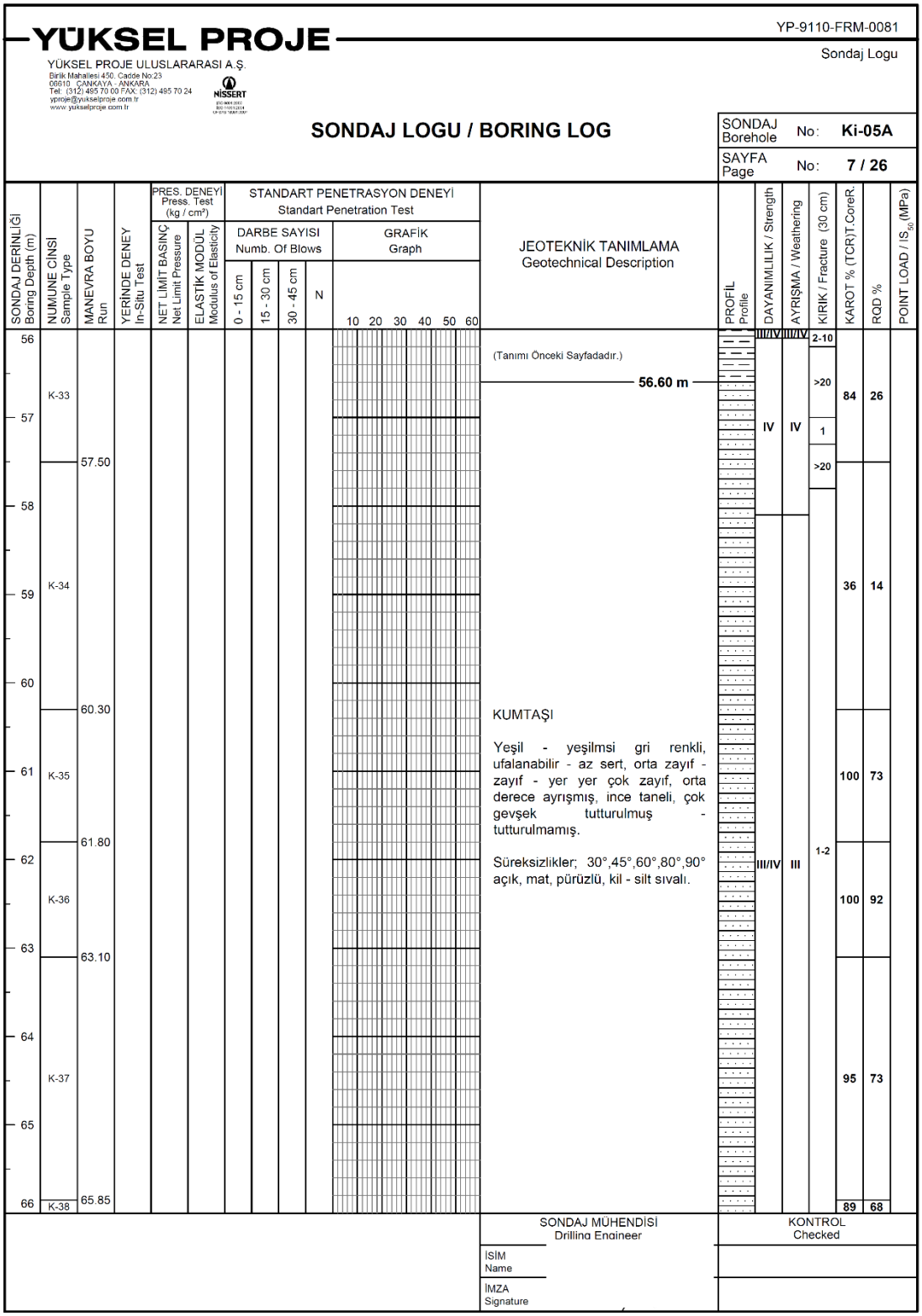
Şekil A.28. Kİ-05A nolu sondaj logu 4/26



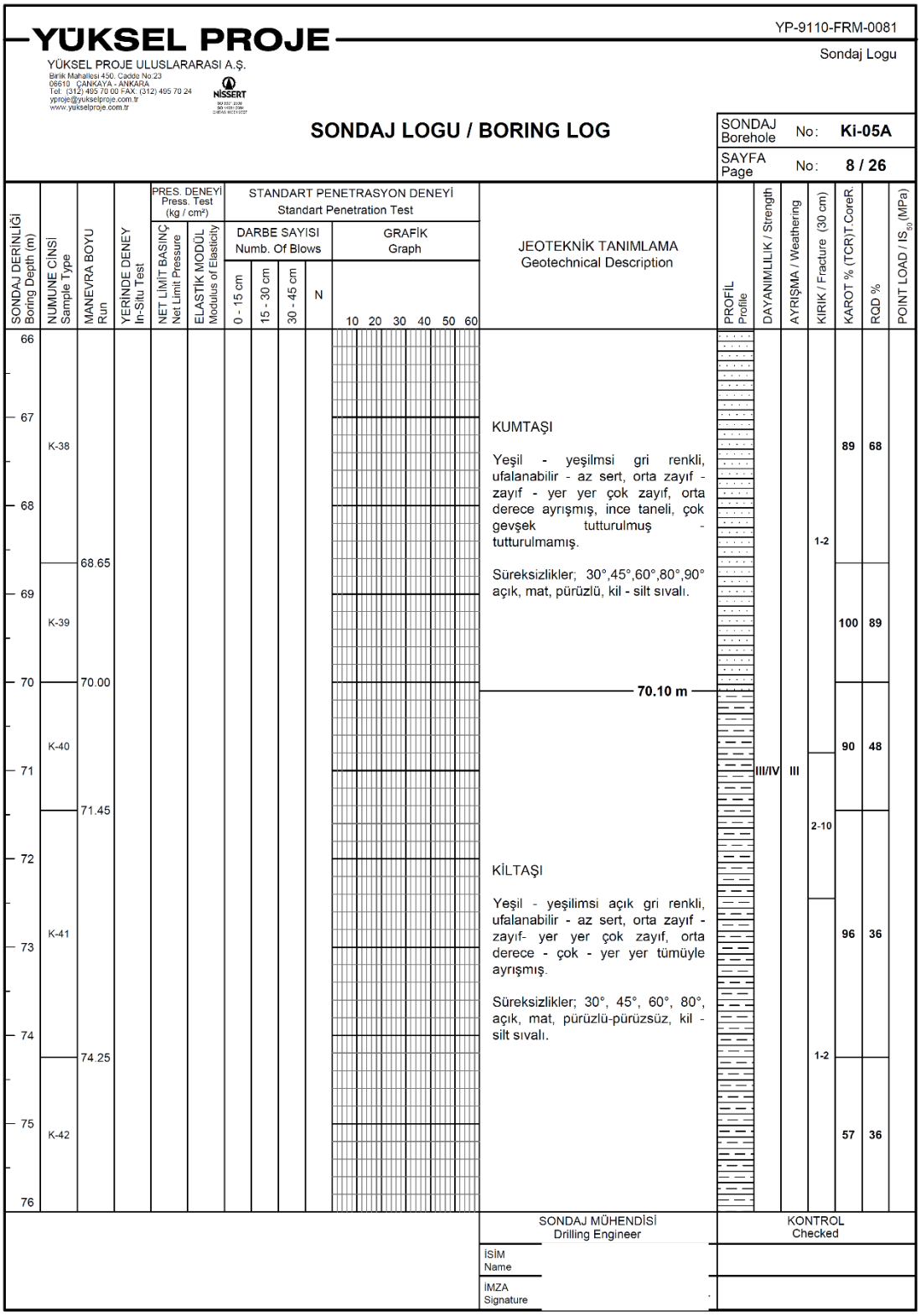
Şekil A.29. Kİ-05A nolu sondaj logu 5/26



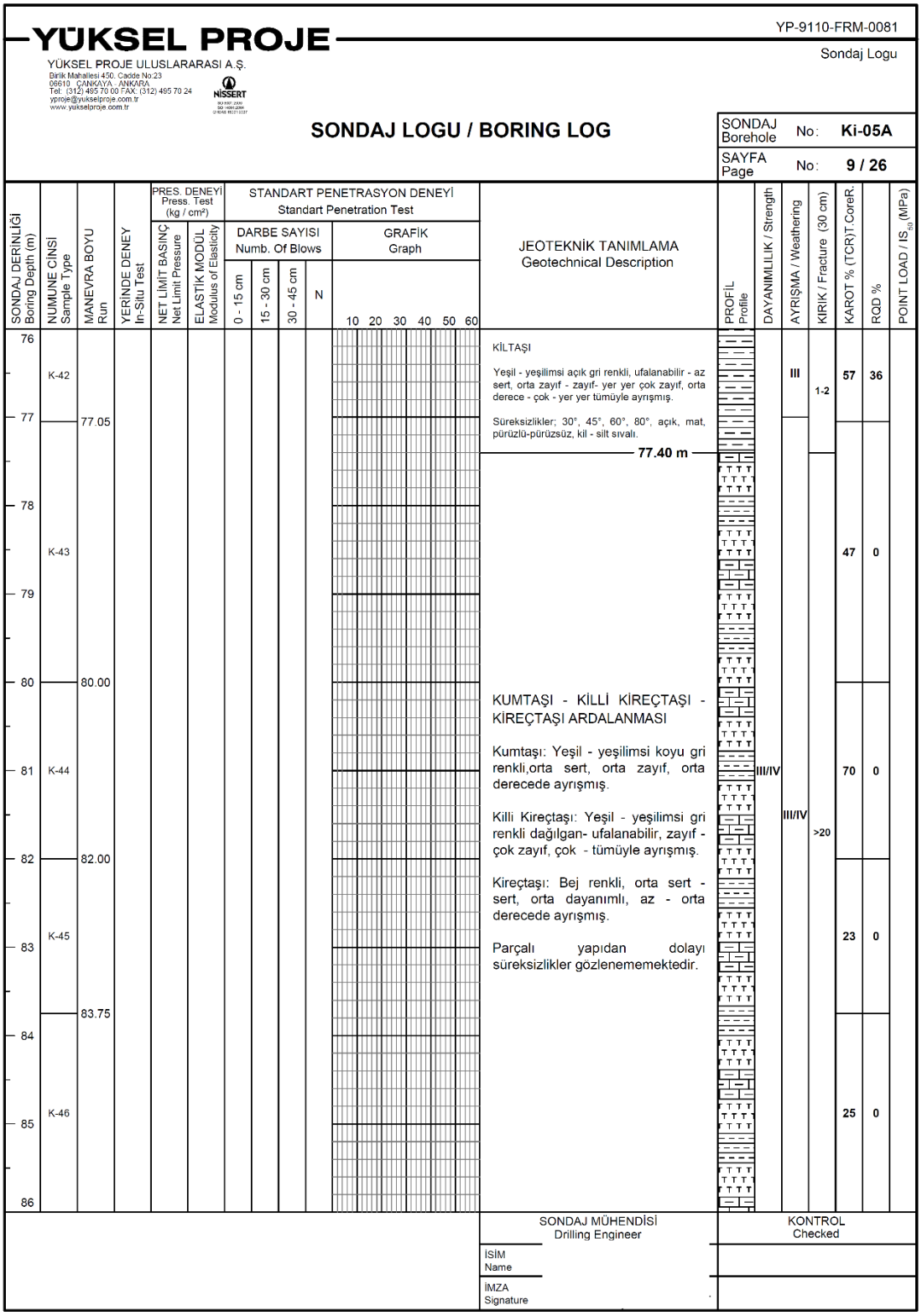
Şekil A.30. Kİ-05A nolu sondaj logu 6/26



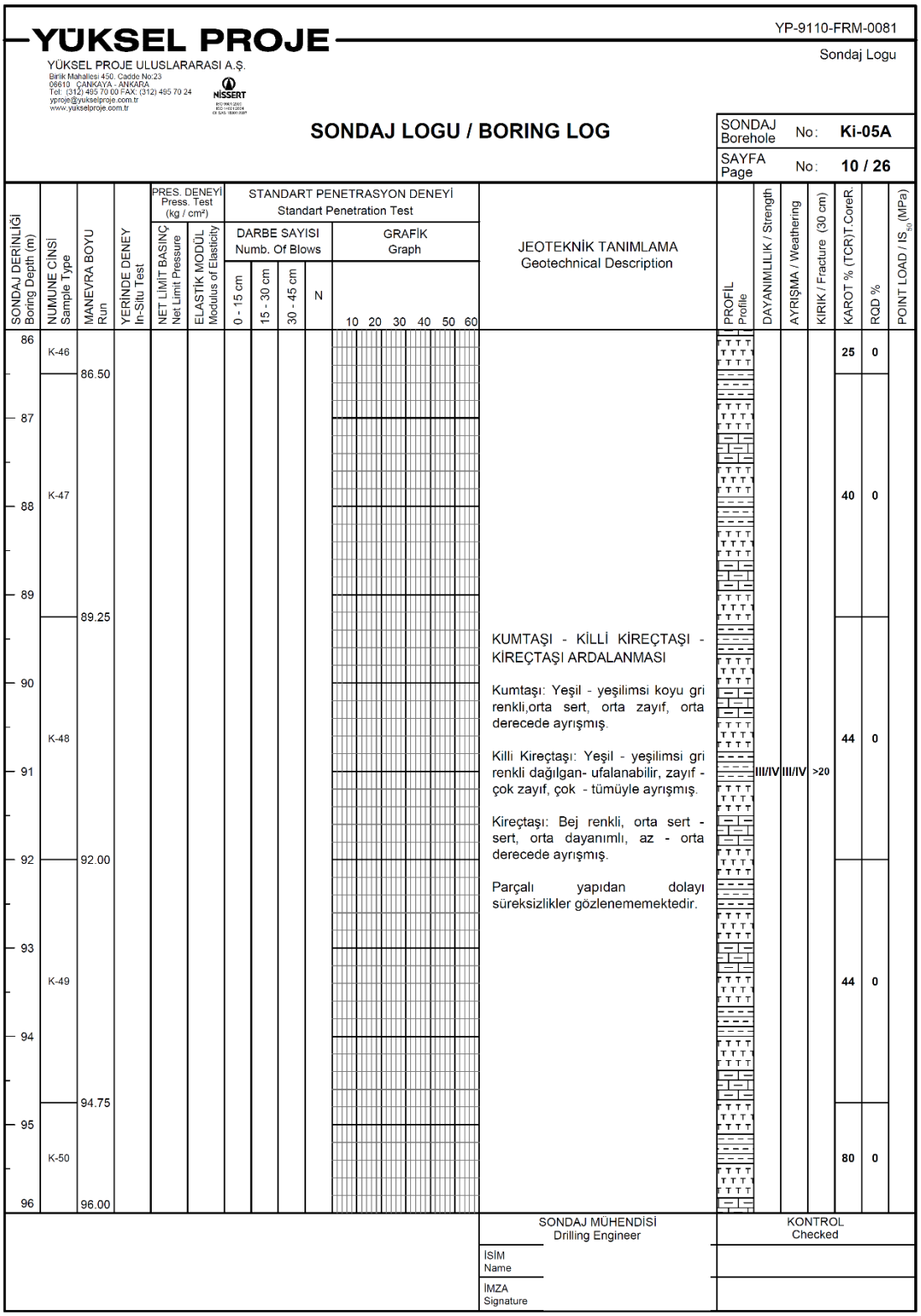
Şekil A.31. Kİ-05A nolu sondaj logu 7/26



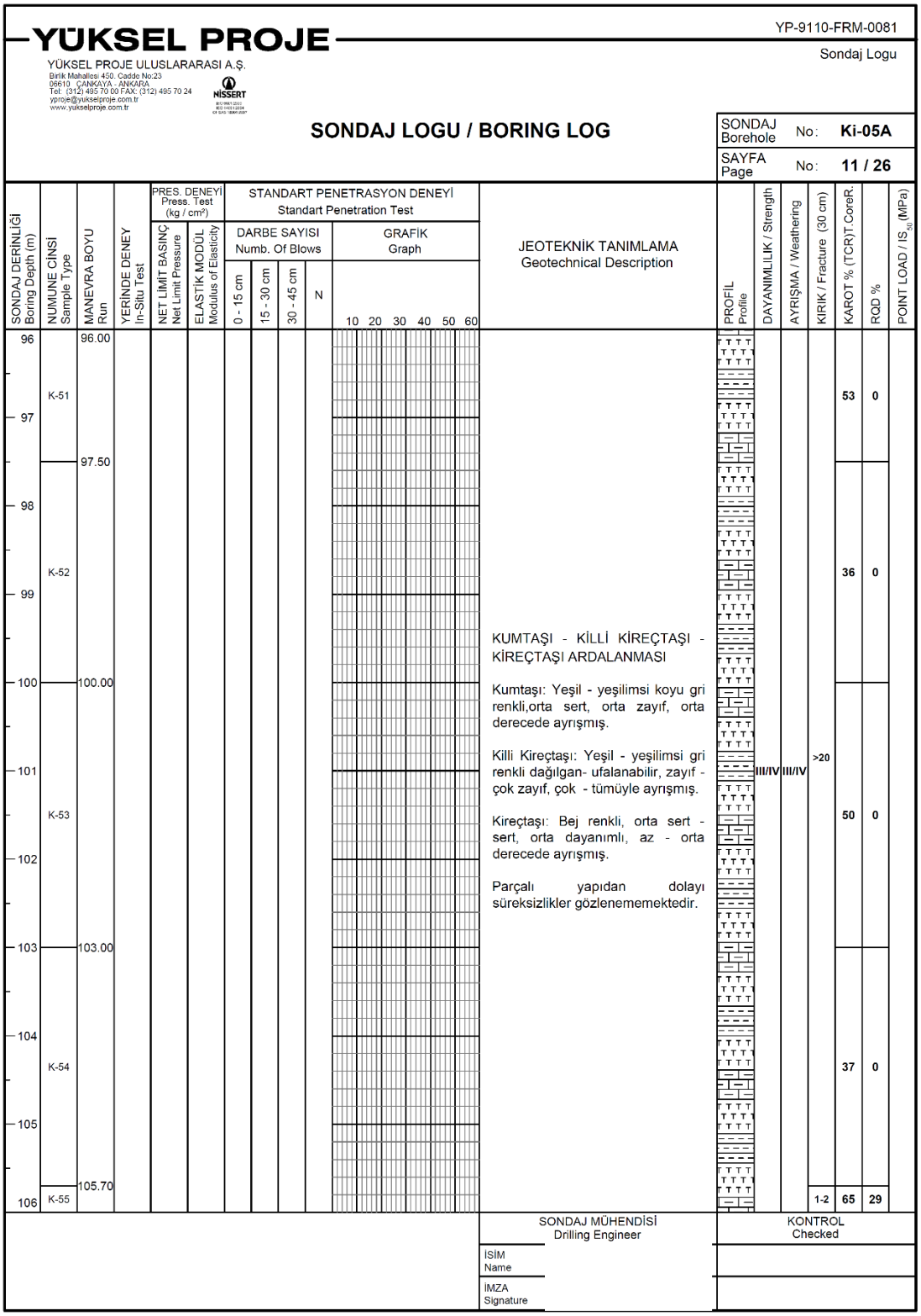
Şekil A.32. Kİ-05A nolu sondaj logu 8/26



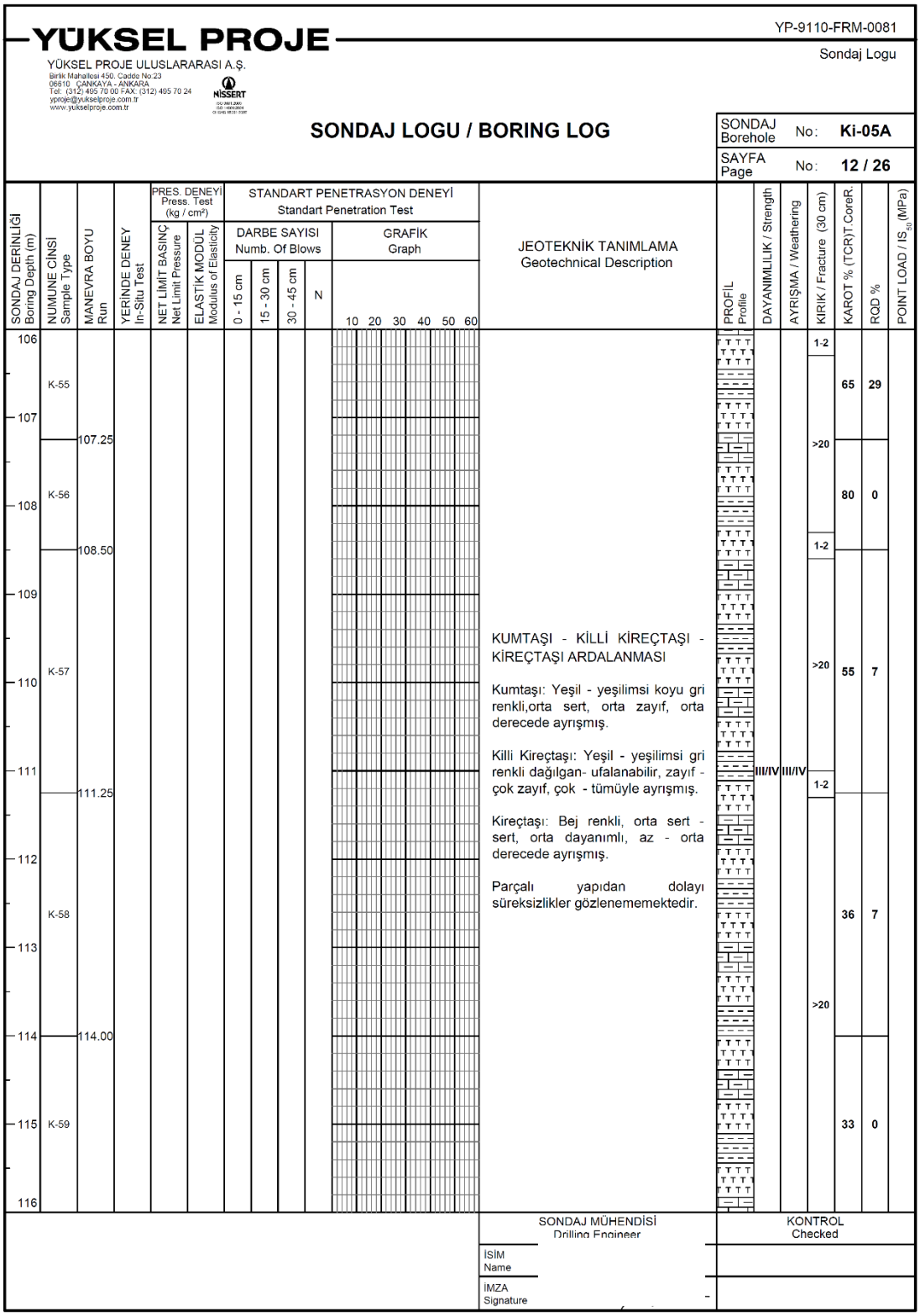
Şekil A.33. Kİ-05A nolu sondaj logu 9/26



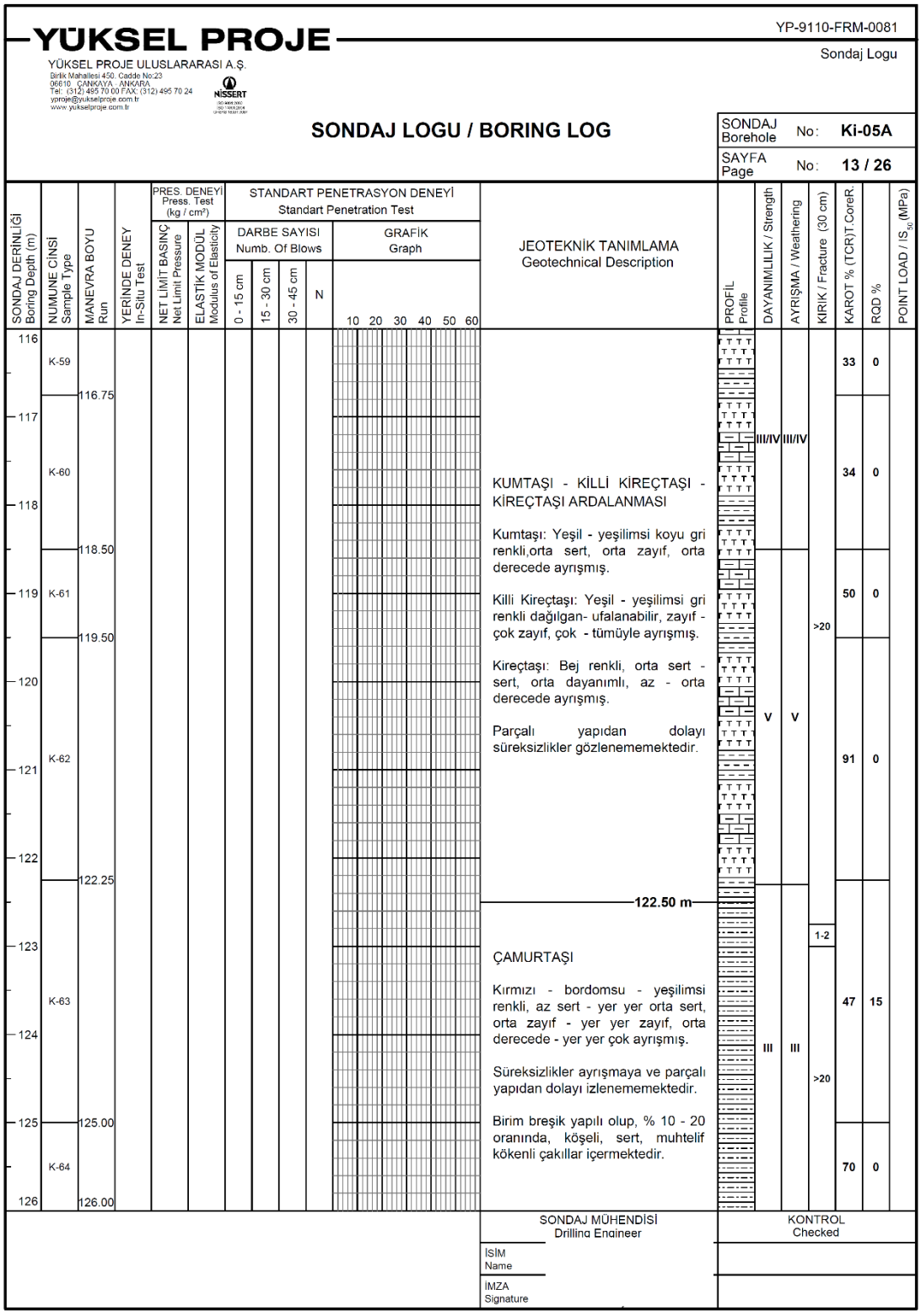
Şekil A.34. Kİ-05A nolu sondaj logu 10/26



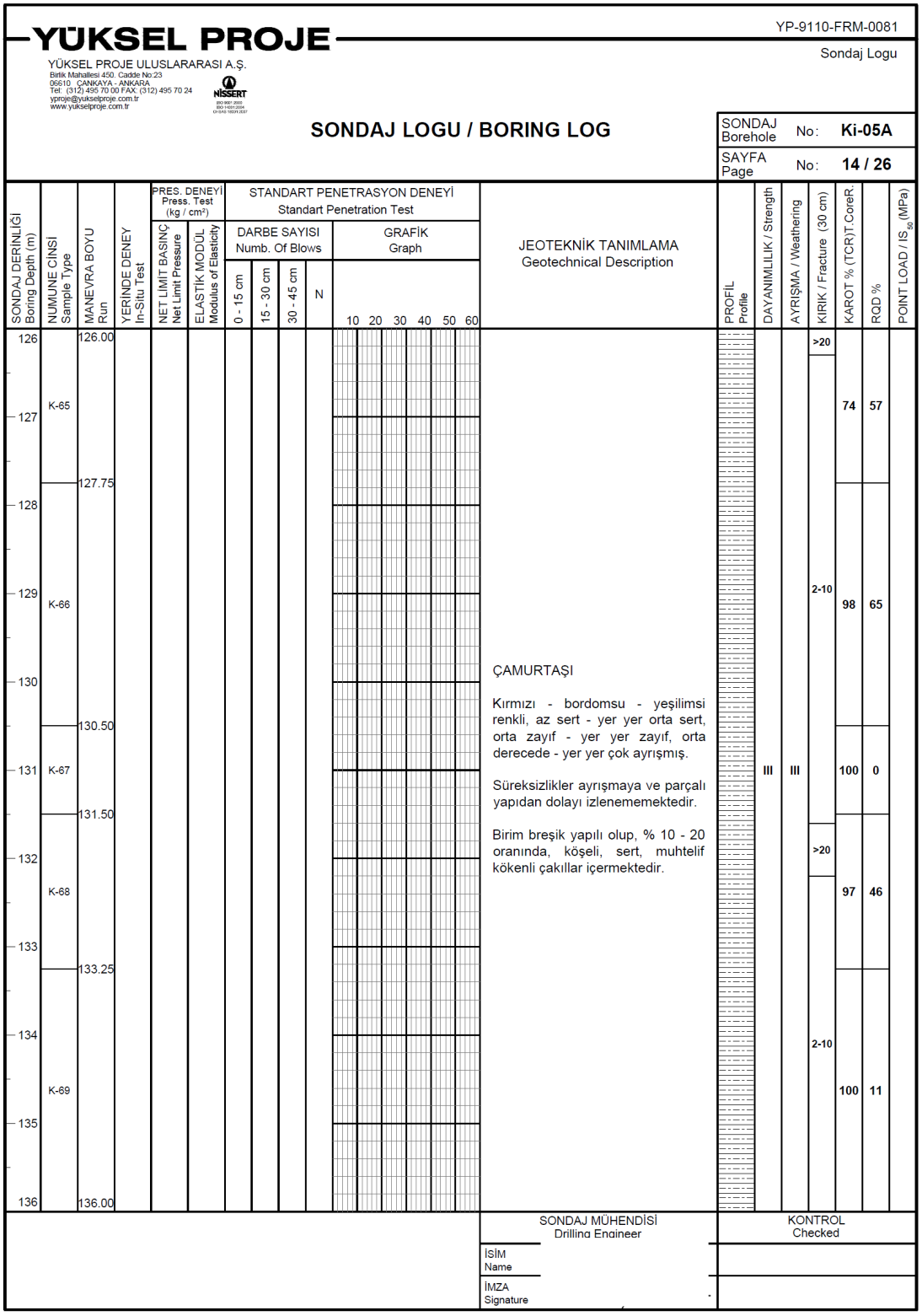
Şekil A.35. Kİ-05A nolu sondaj logu 11/26



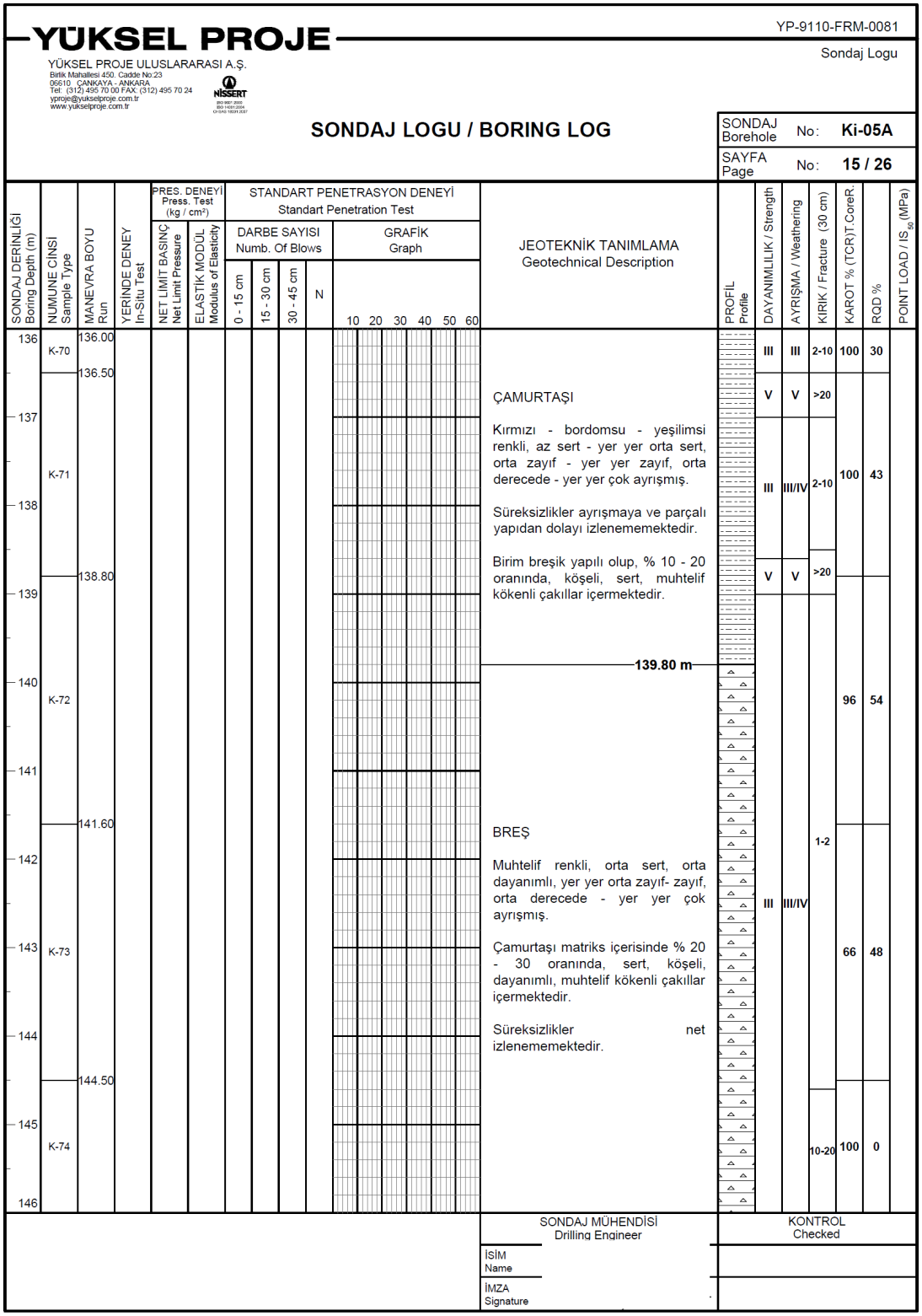
Şekil A.36. Kİ-05A nolu sondaj logu 12/26



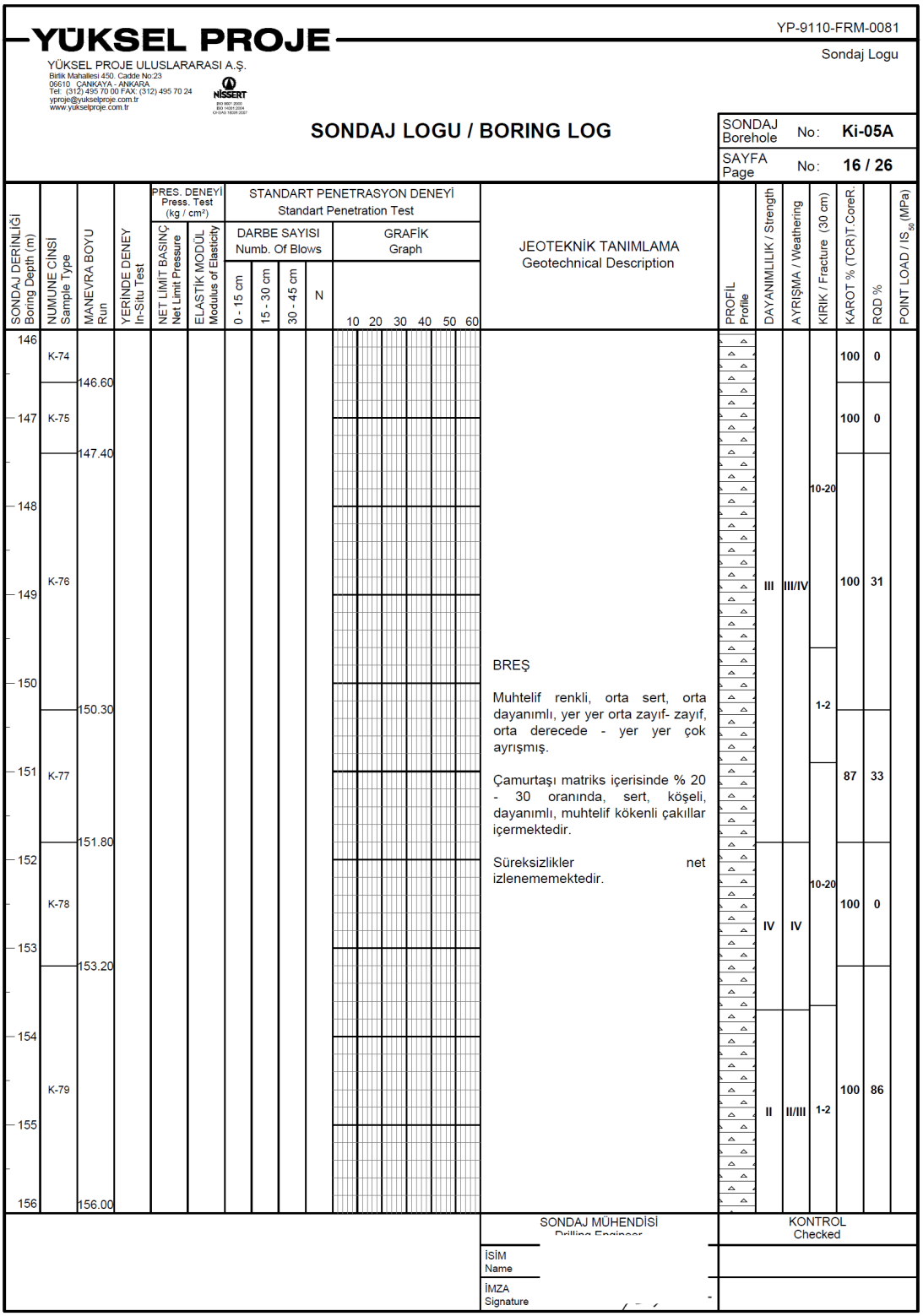
Şekil A.37. Kİ-05A nolu sondaj logu 13/26



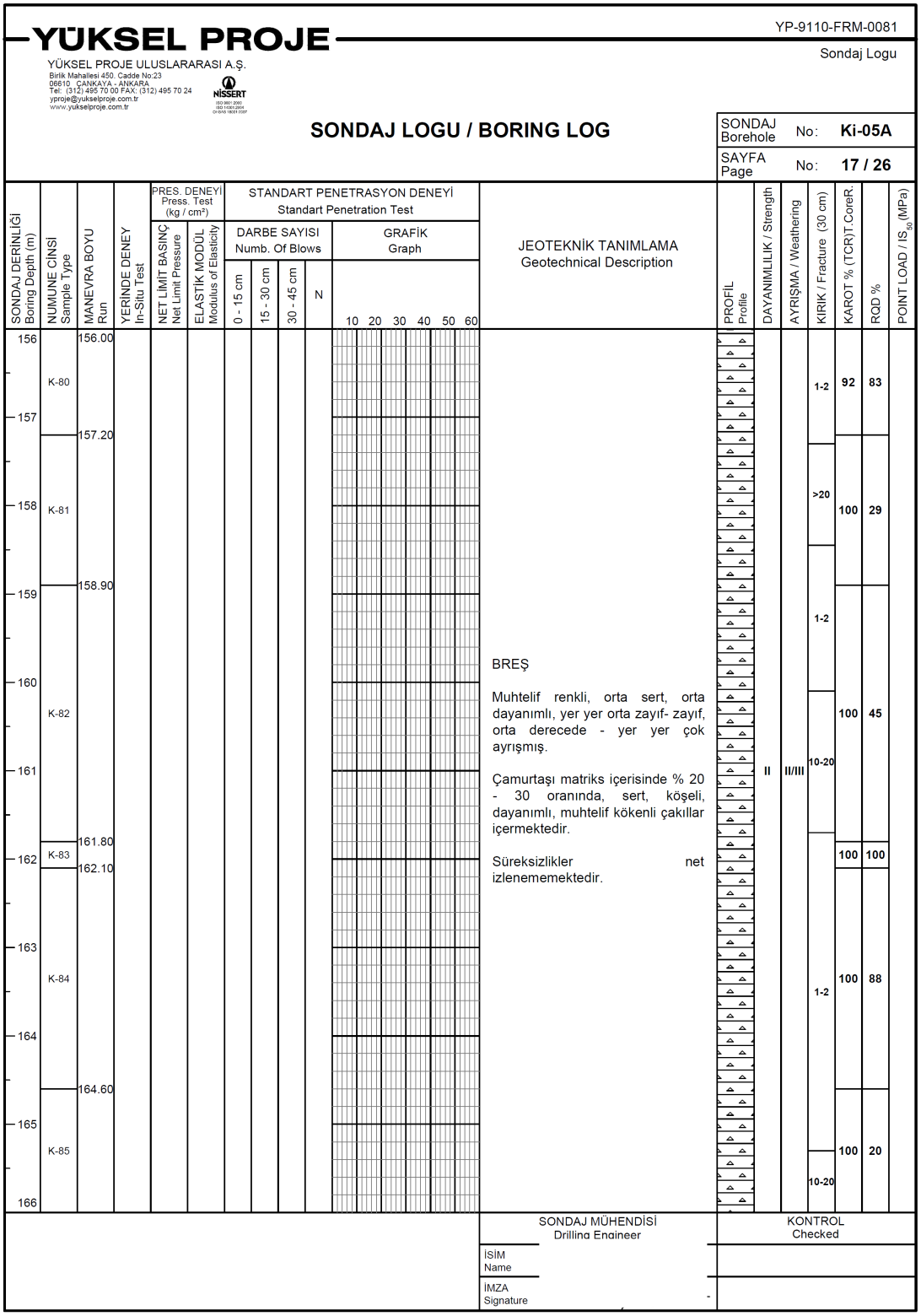
Şekil A.38. Kİ-05A nolu sondaj logu 14/26



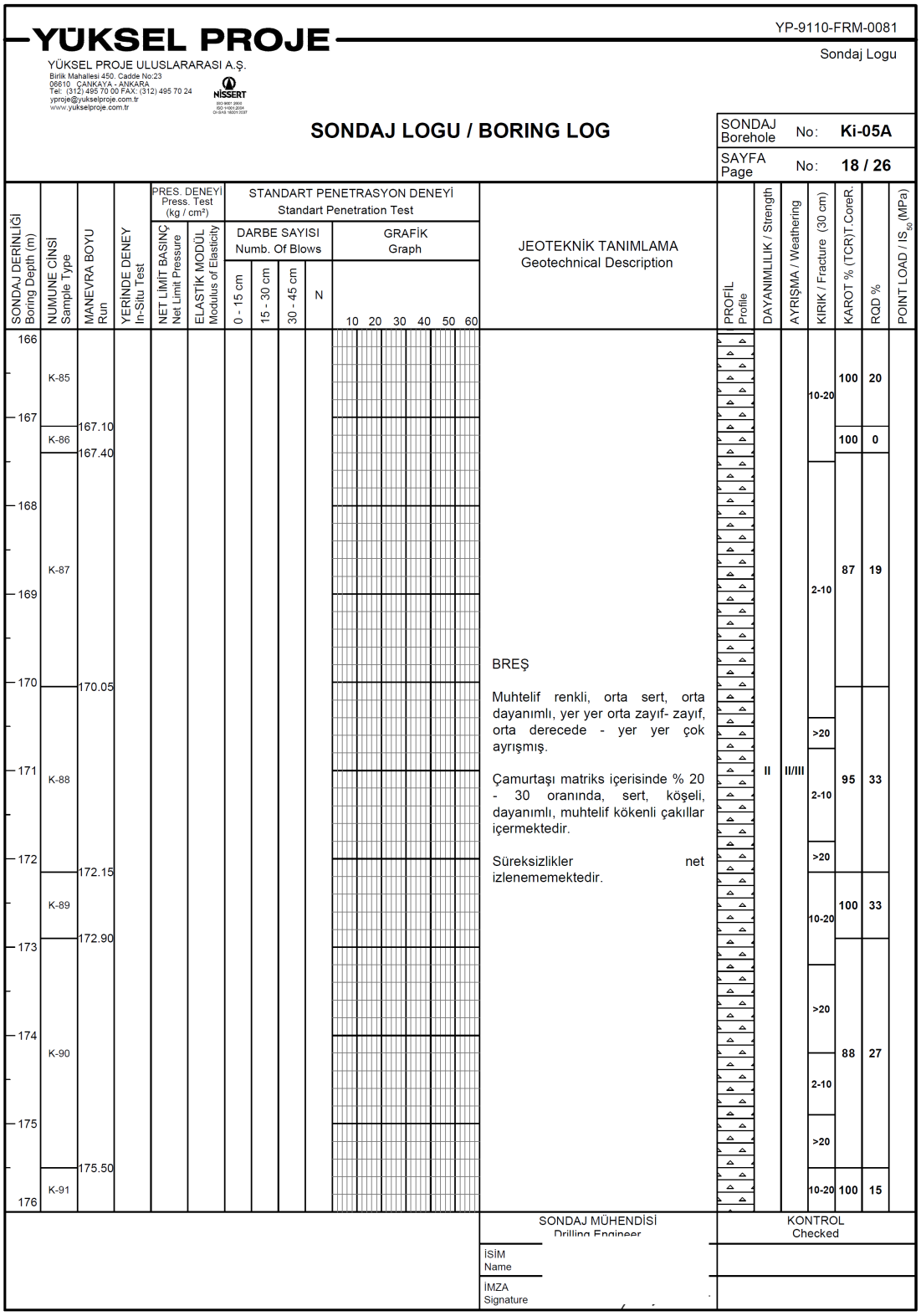
Şekil A.39. Kİ-05A nolu sondaj logu 15/26



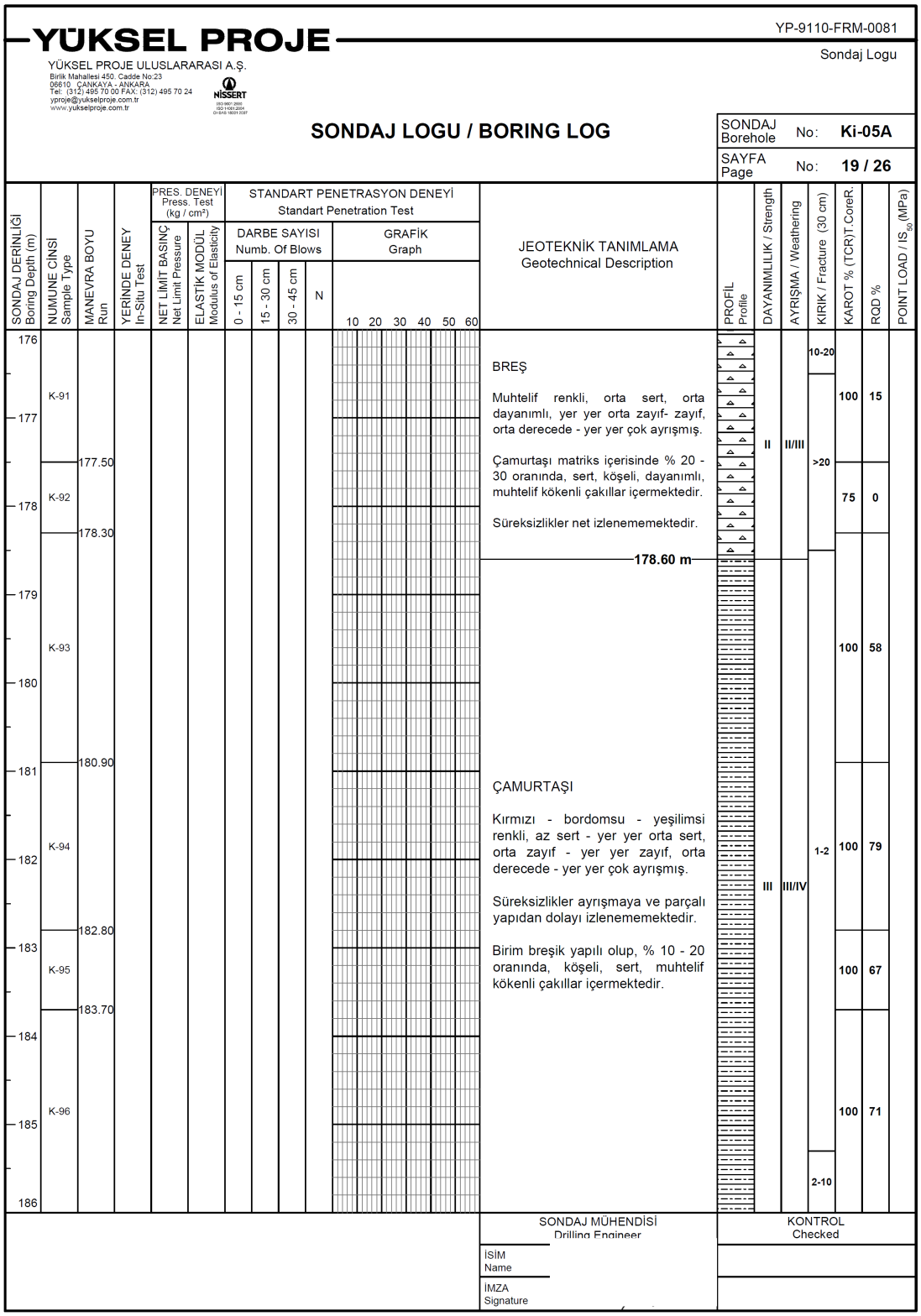
Şekil A.40. Kİ-05A nolu sondaj logu 16/26



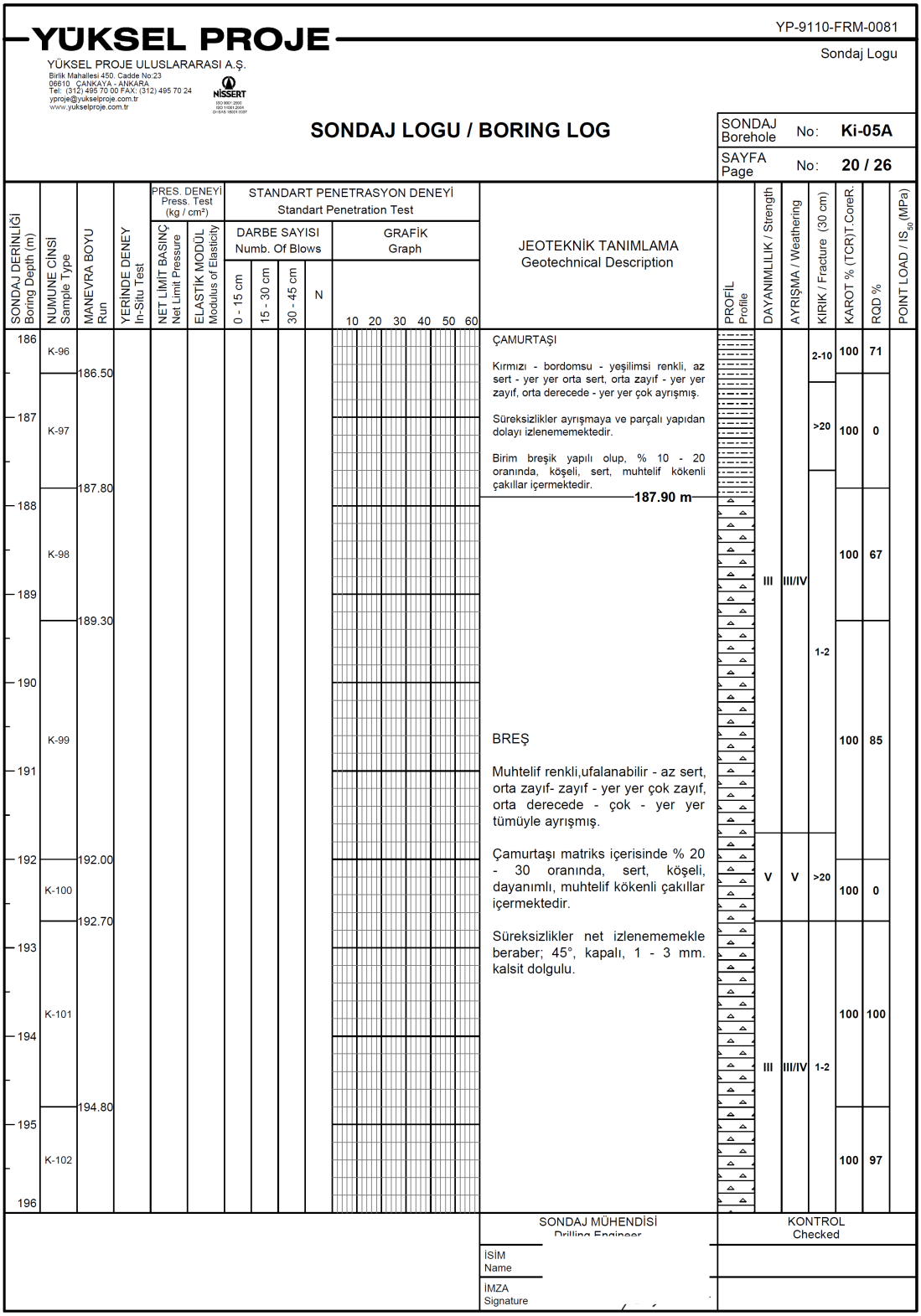
Şekil A.41. Kİ-05A nolu sondaj logu 17/26



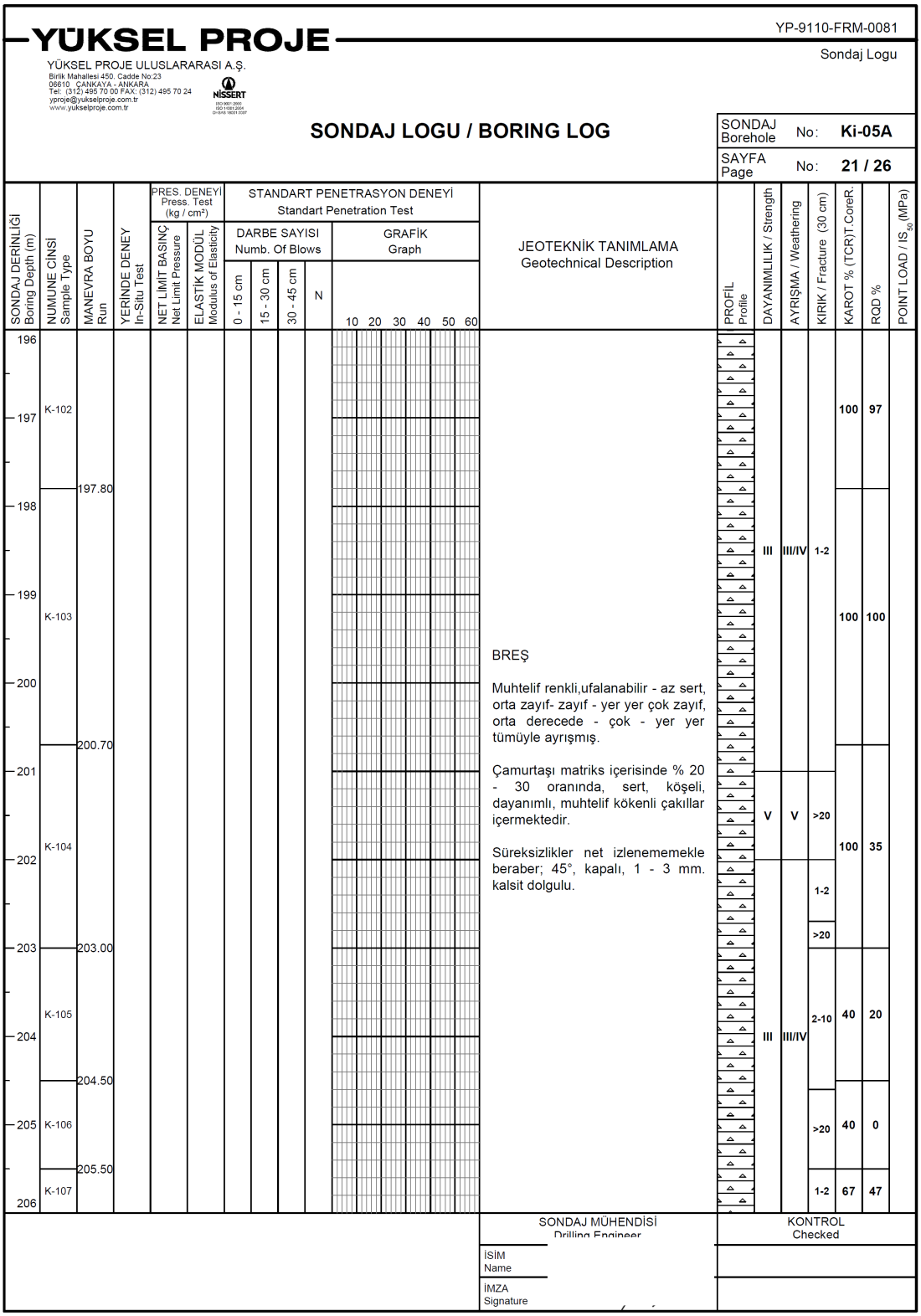
Şekil A.42. Kİ-05A nolu sondaj logu 18/26



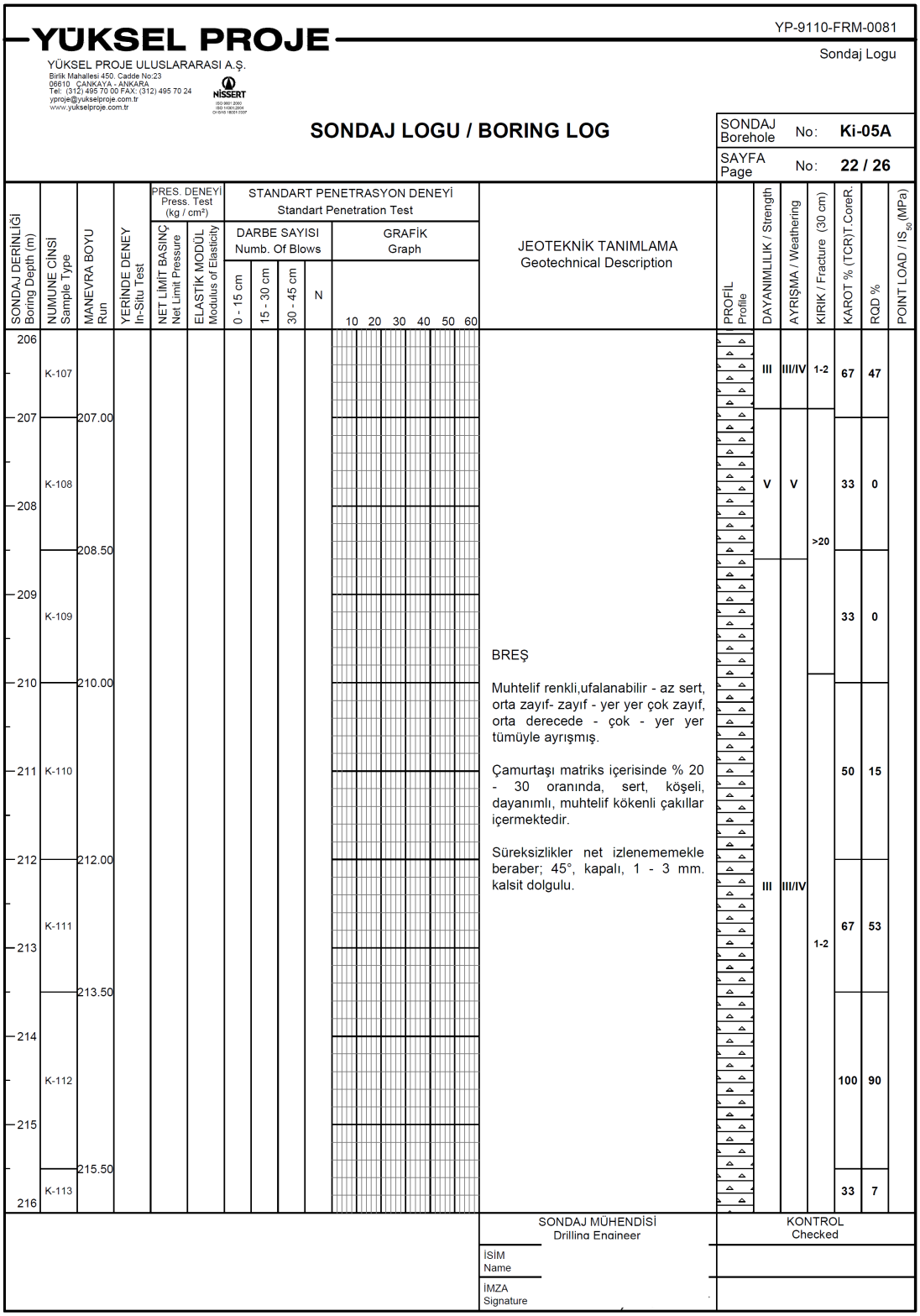
Şekil A.43. Kİ-05A nolu sondaj logu 19/26



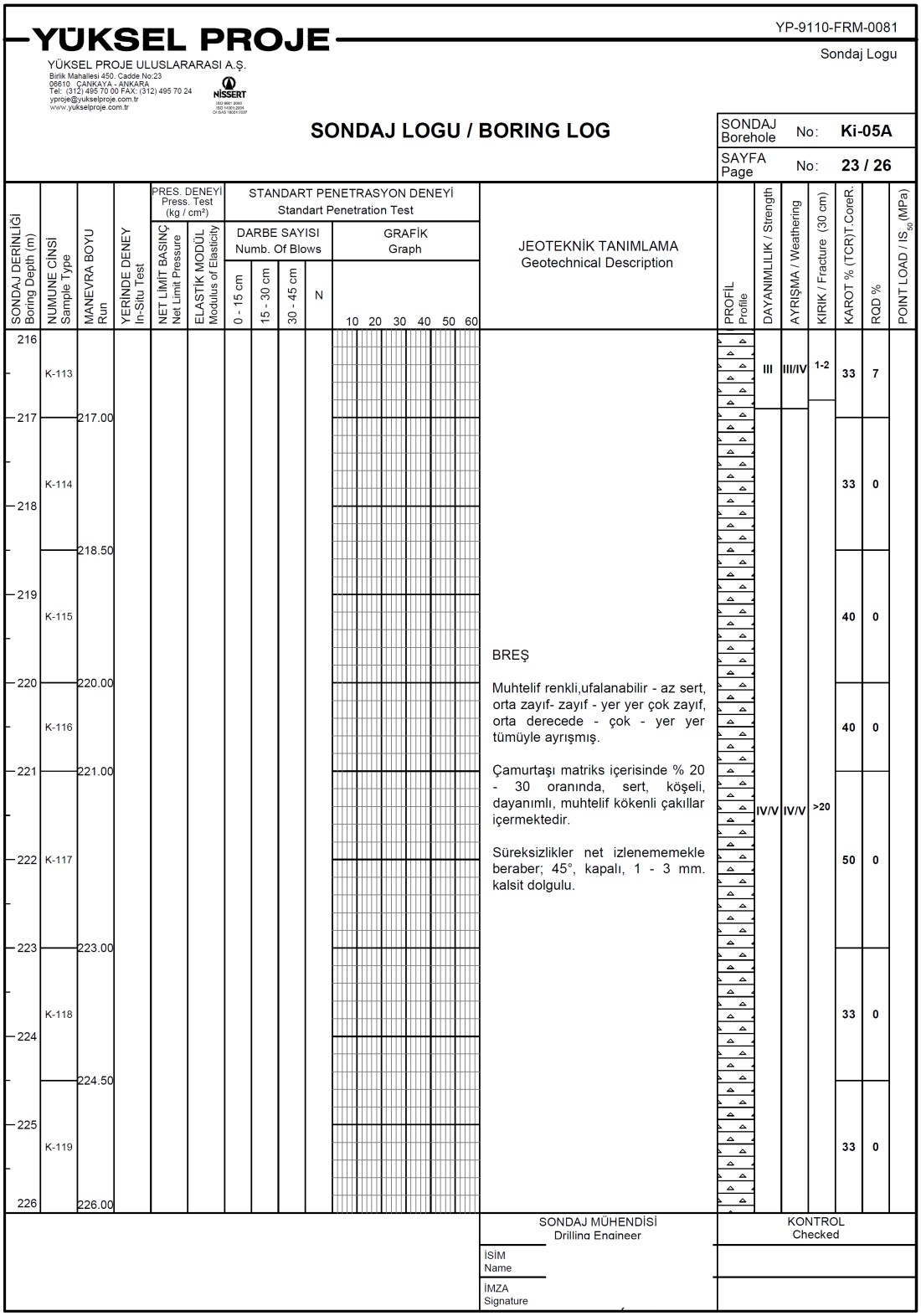
Şekil A.44. Kİ-05A nolu sondaj logu 20/26



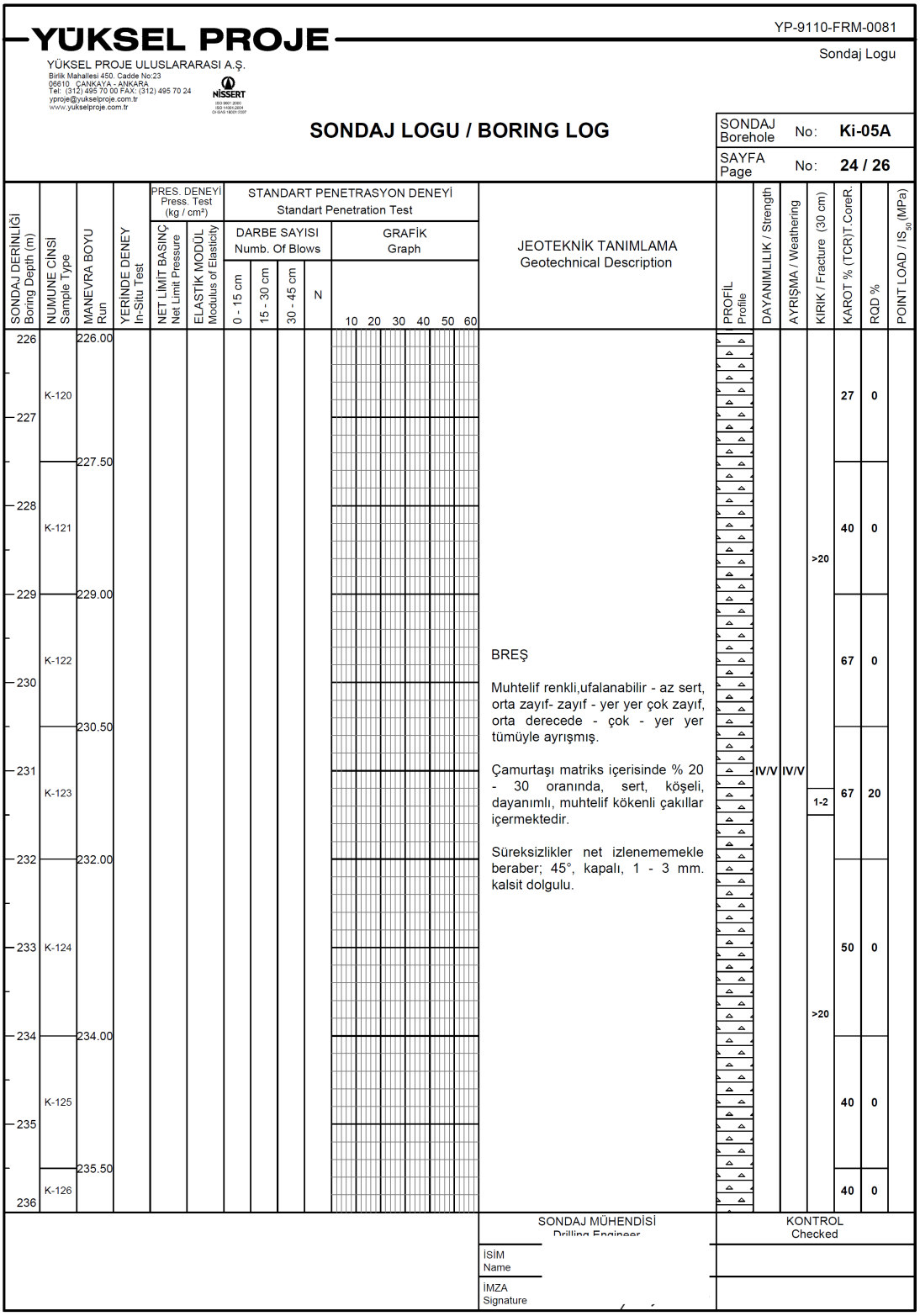
Şekil A.45. Kİ-05A nolu sondaj logu 21/26



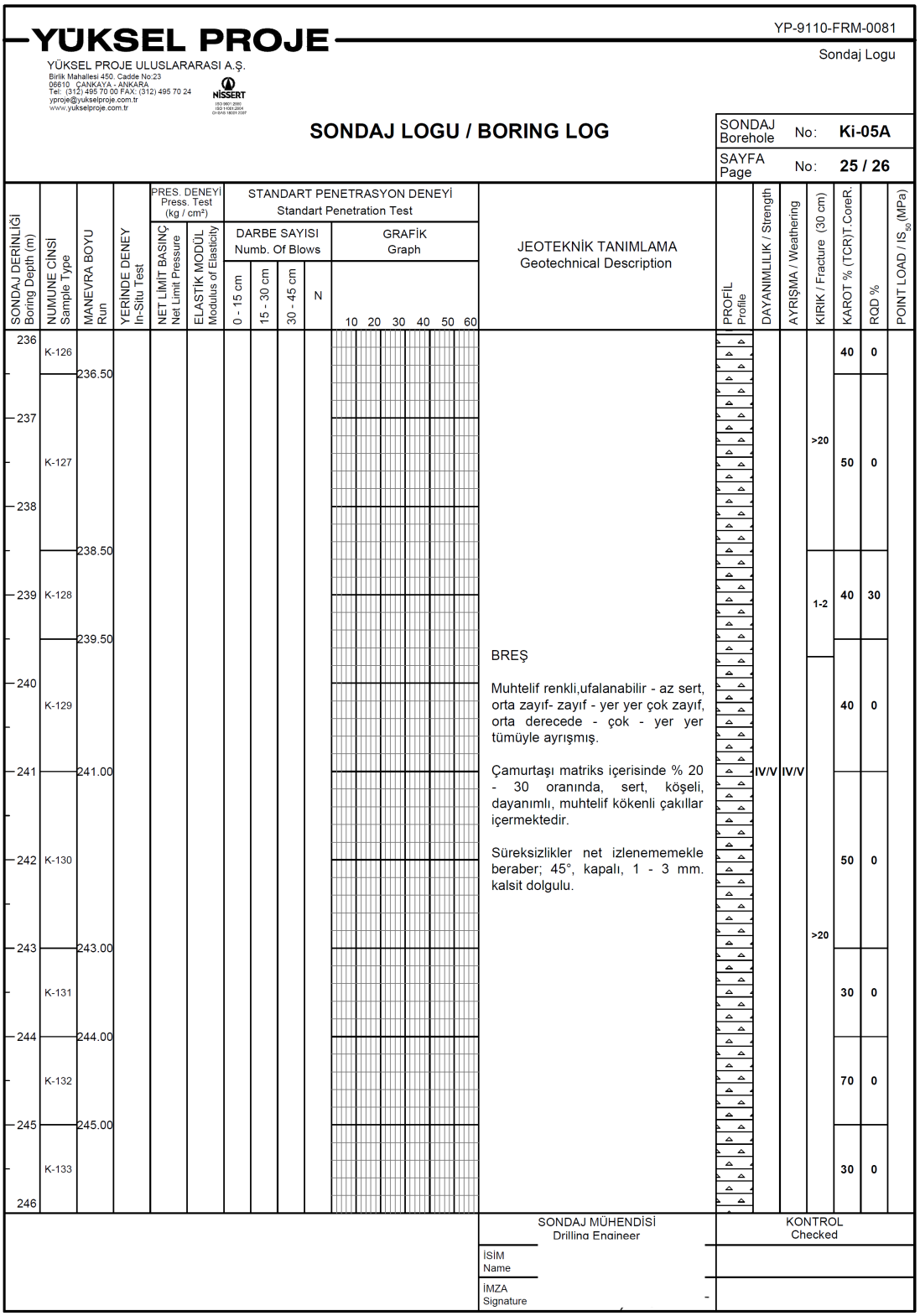
Şekil A.46. Kİ-05A nolu sondaj logu 22/26



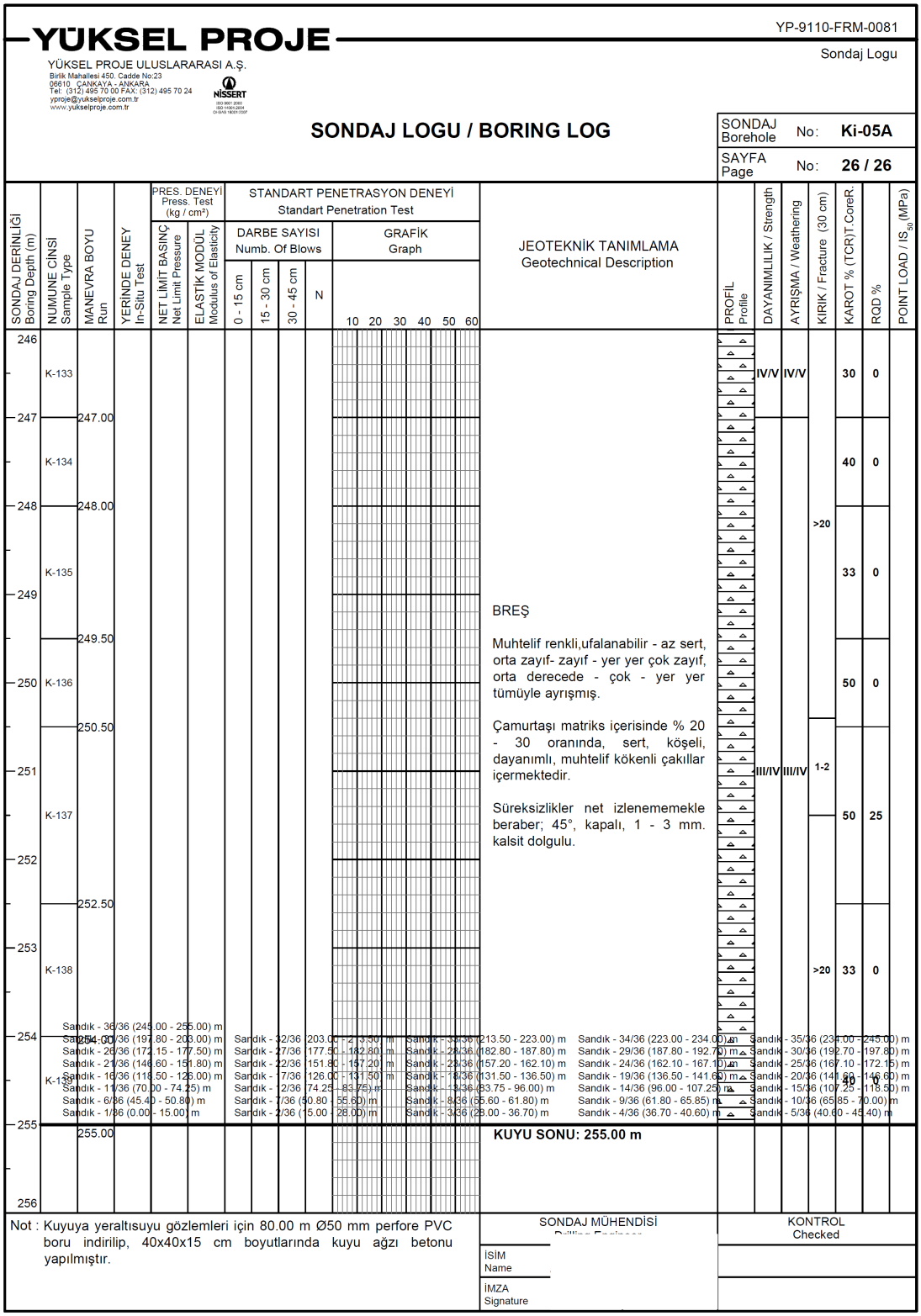
Şekil A.47. Kİ-05A nolu sondaj logu 23/26



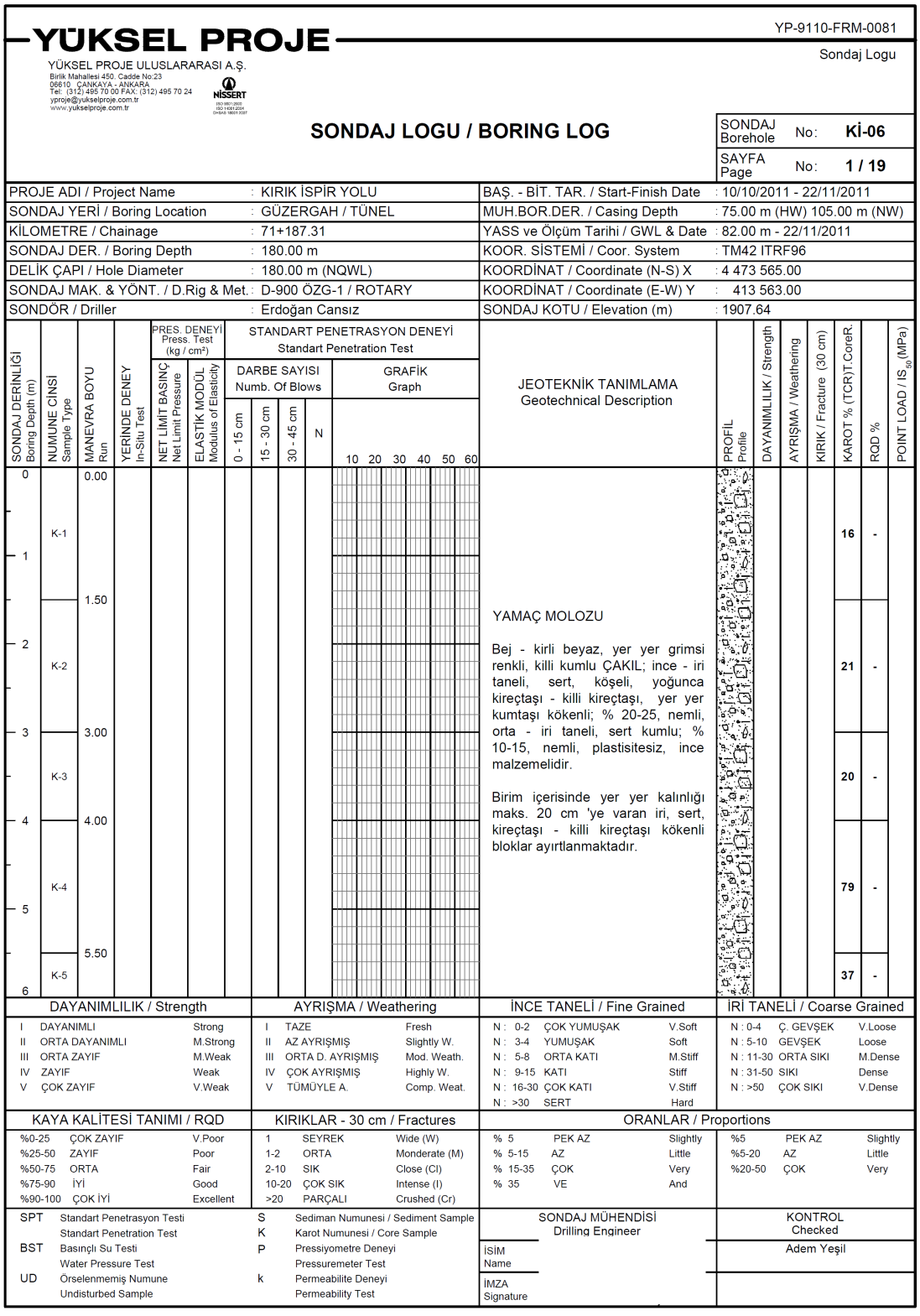
Şekil A.48. Kİ-05A nolu sondaj logu 24/26



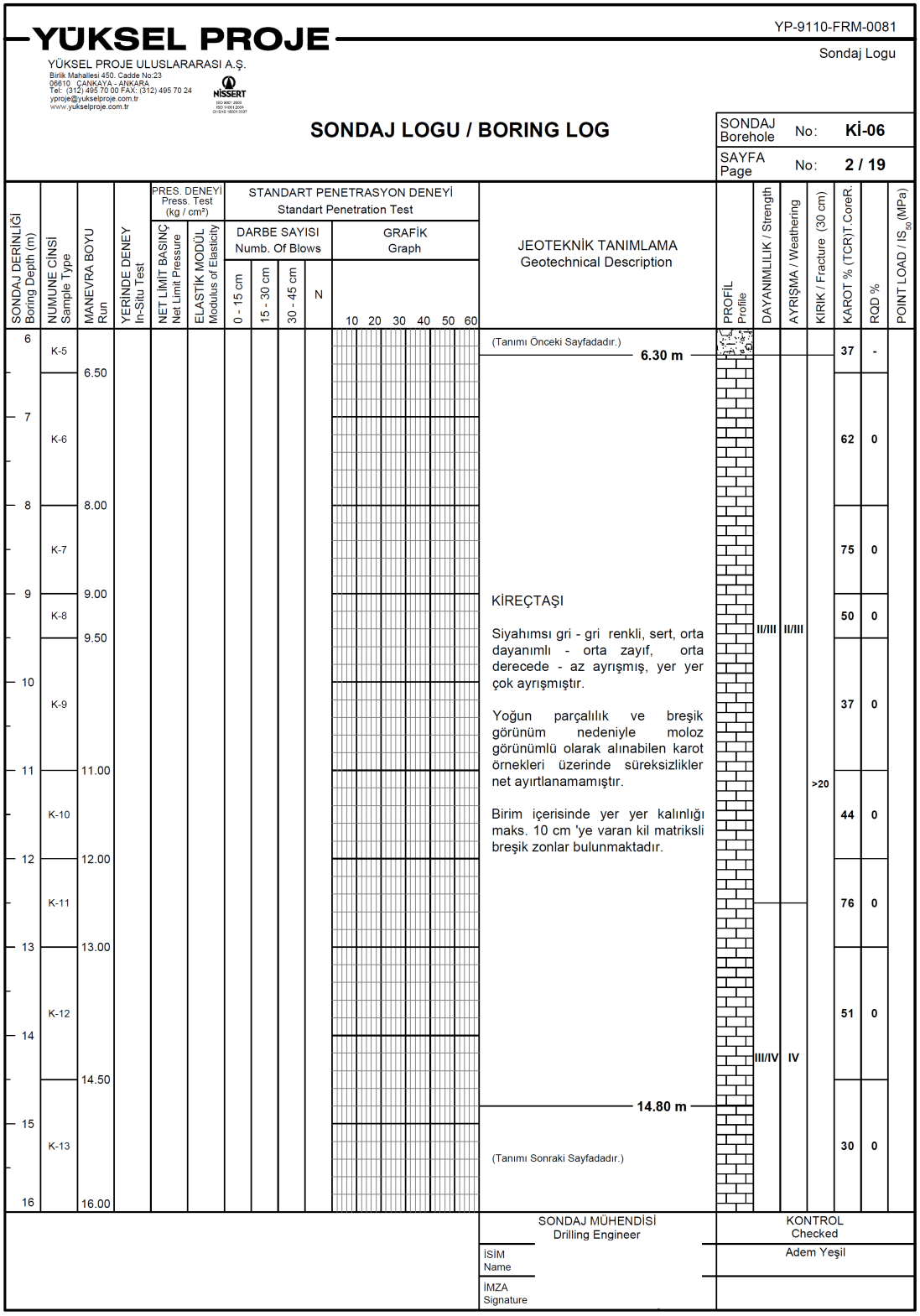
Şekil A.49. Kİ-05A nolu sondaj logu 25/26



Şekil A.50. Kİ-05A nolu sondaj logu 26/26

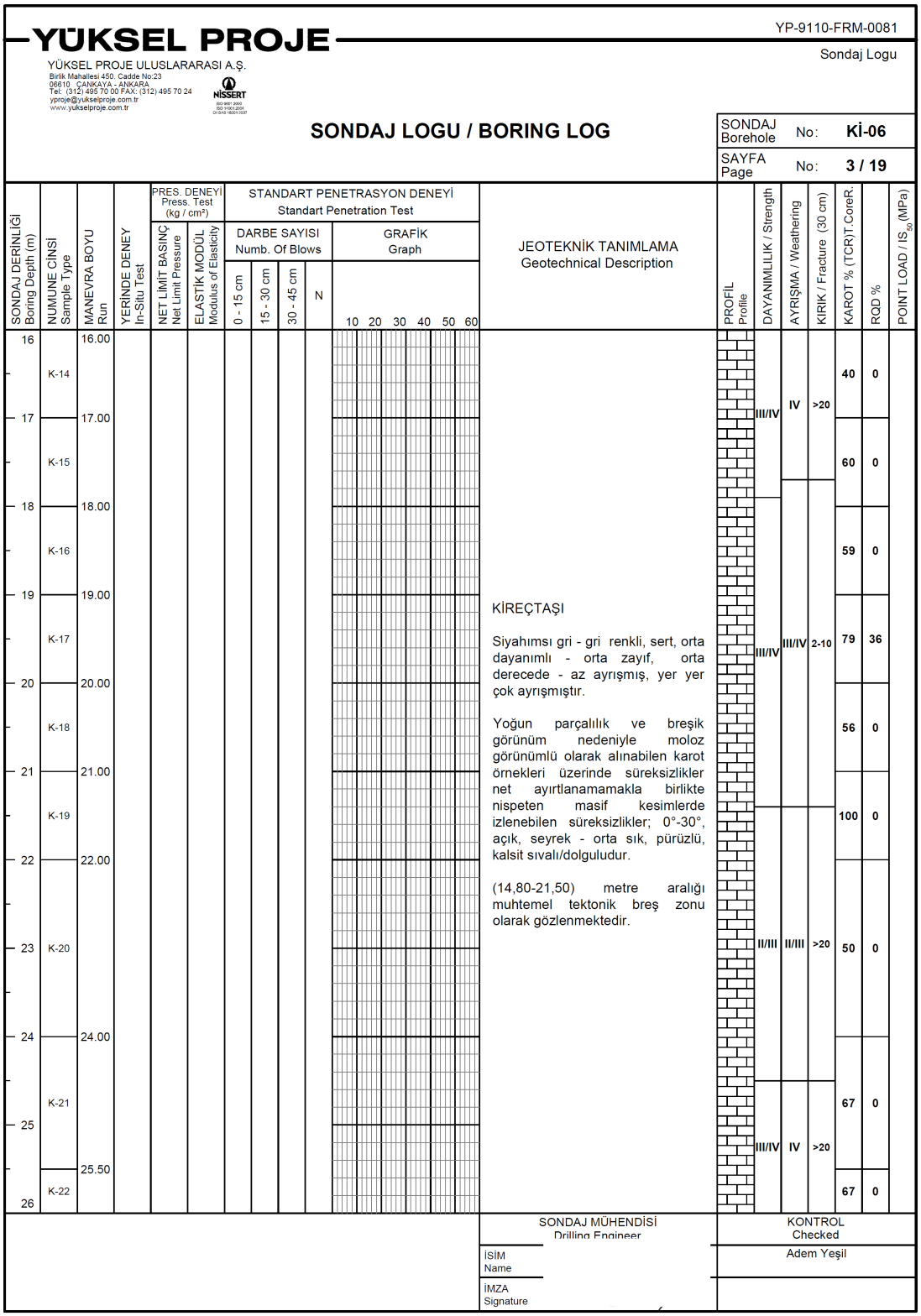


Şekil A.51. Kİ-06 nolu sondaj logu 1/19

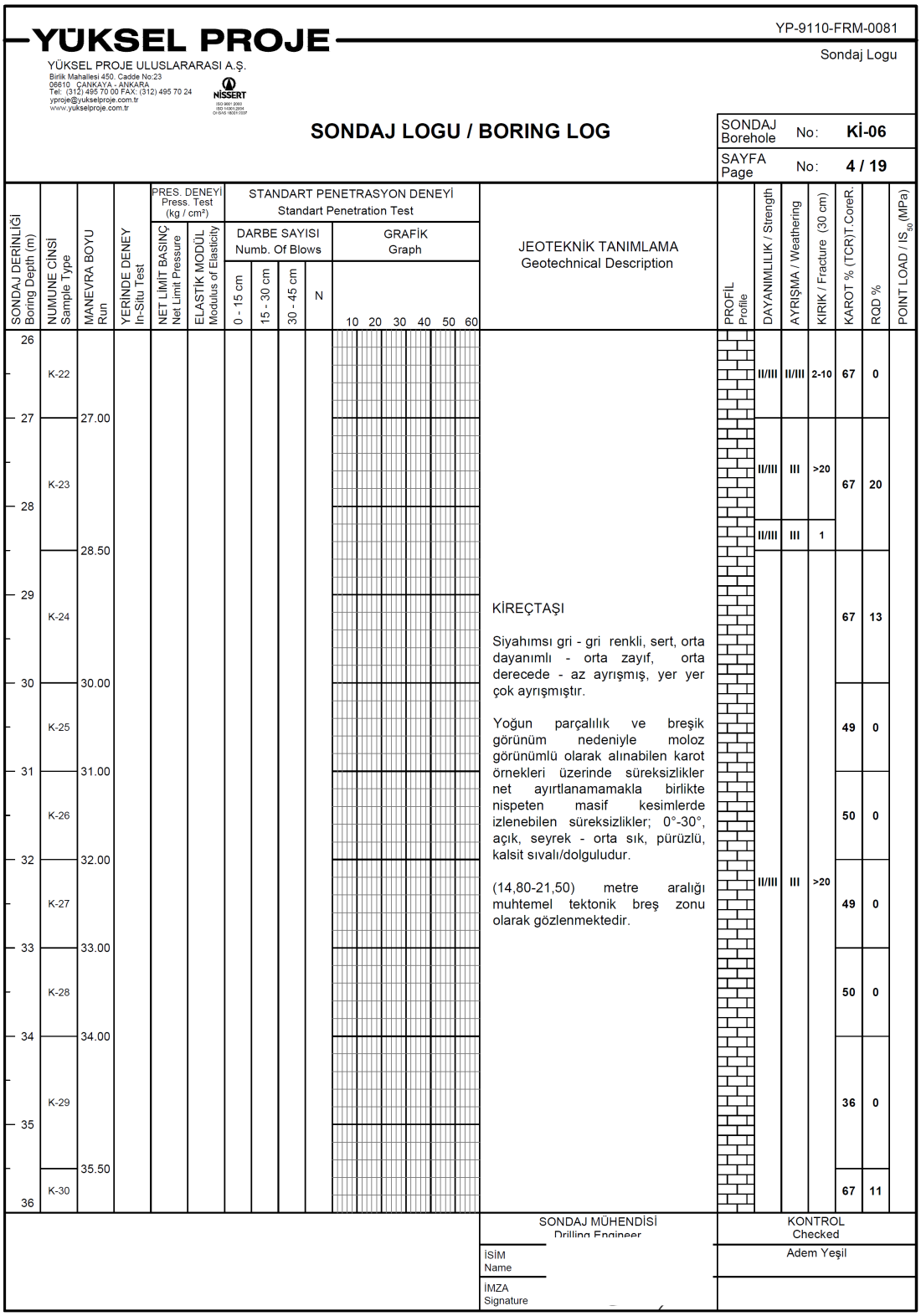


Boring Depth (m)	Sample Type	Run	In-Situ Test	Net Limit Pressure	Modulus of Elasticity	0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	Graph	Profile	Strength	Weathering	Fracture (30 cm)	TCR	RQD	IS50 (MPa)
6	K-5	6.50													37	-	
7	K-6	8.00													62	0	
8	K-7	9.00													75	0	
9	K-8	9.50										II/III	II/III		50	0	
10	K-9	11.00													37	0	
11	K-10	12.00												>20	44	0	
12	K-11	13.00													76	0	
13	K-12	14.50										III/IV	IV		51	0	
14																	
15	K-13	16.00													30	0	
16																	

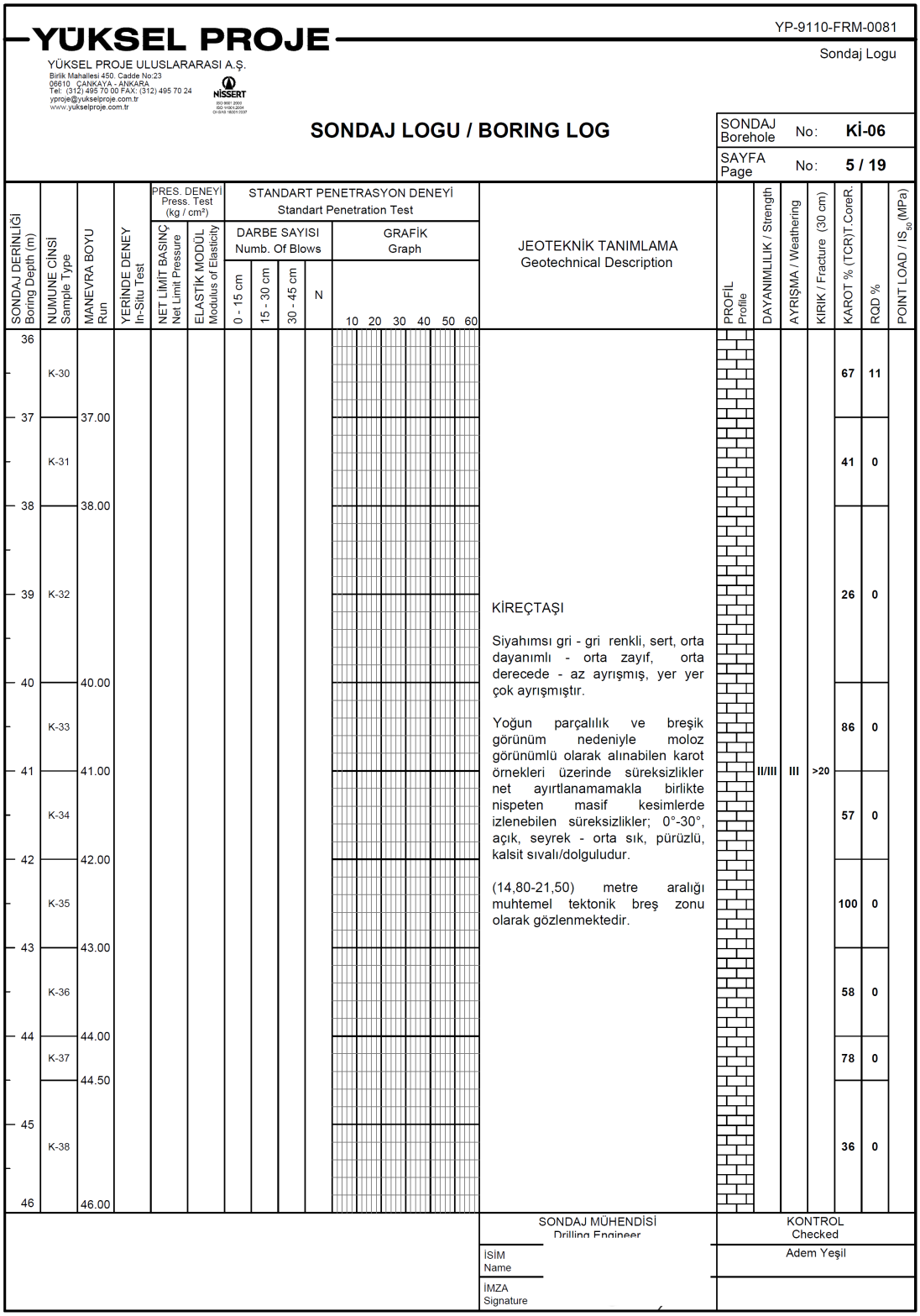
Şekil A.52. Kİ-06 nolu sondaj logu 2/19



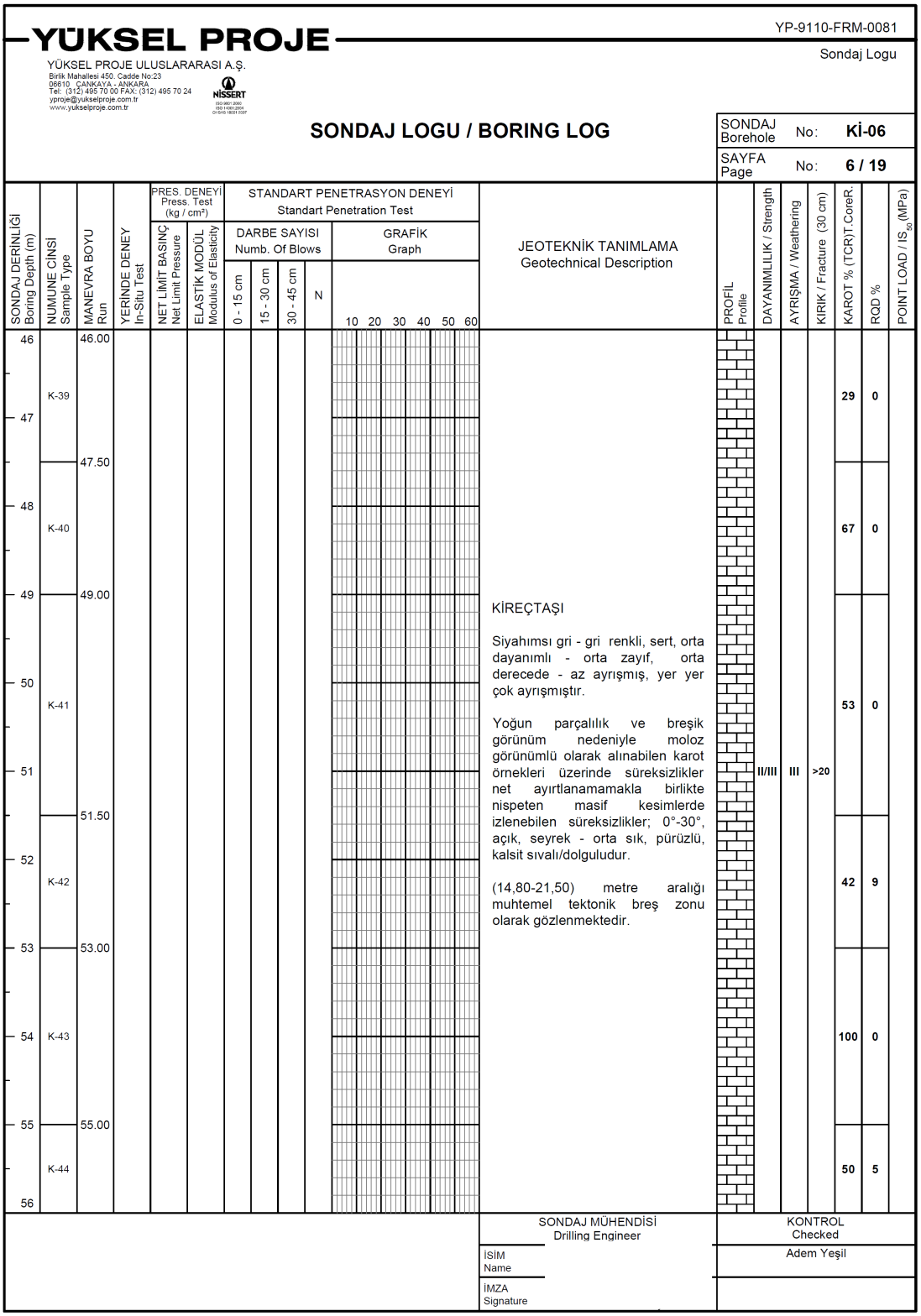
Şekil A.53. Kİ-06 nolu sondaj logu 3/19



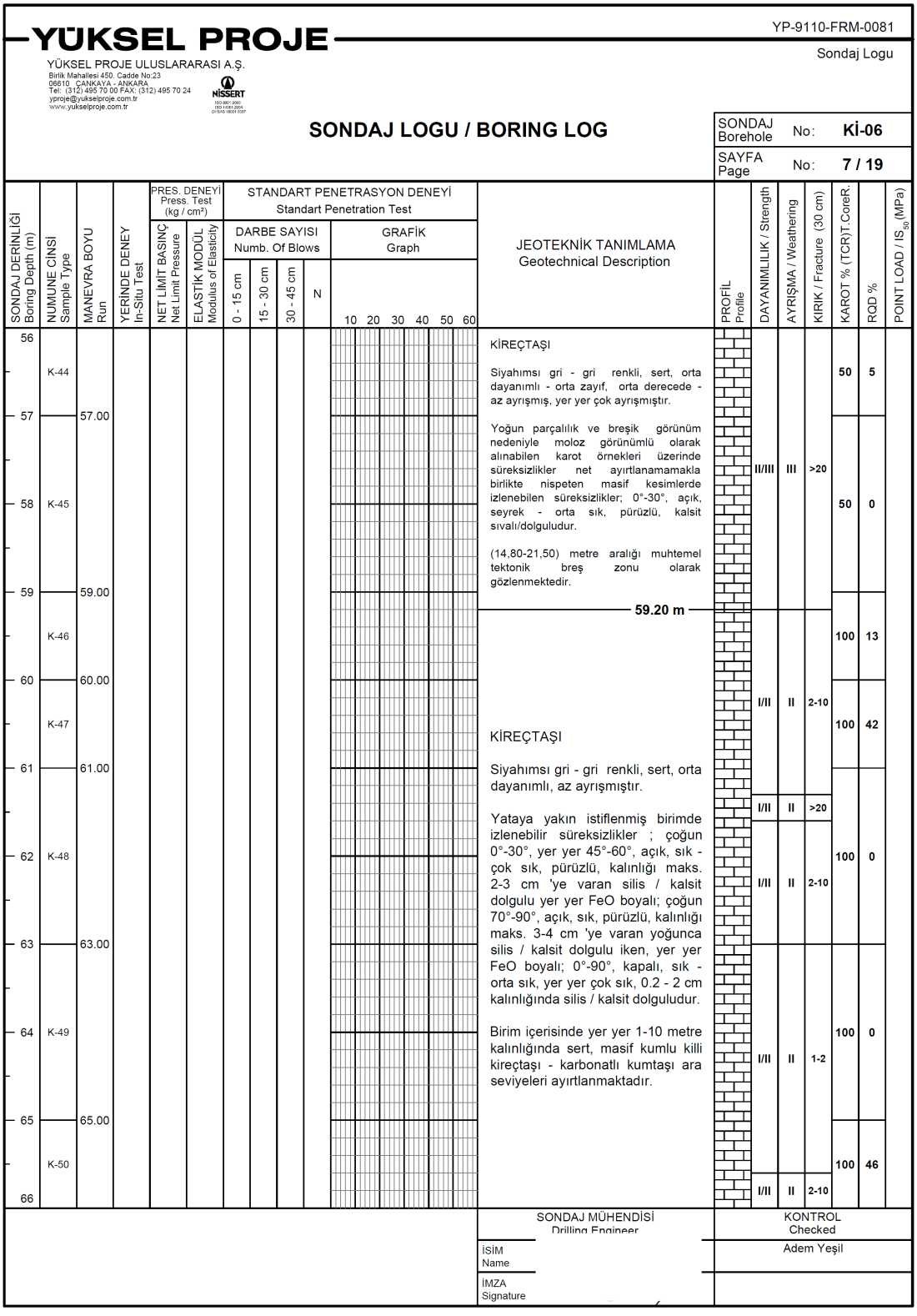
Şekil A.54. Kİ-06 nolu sondaj logu 4/19



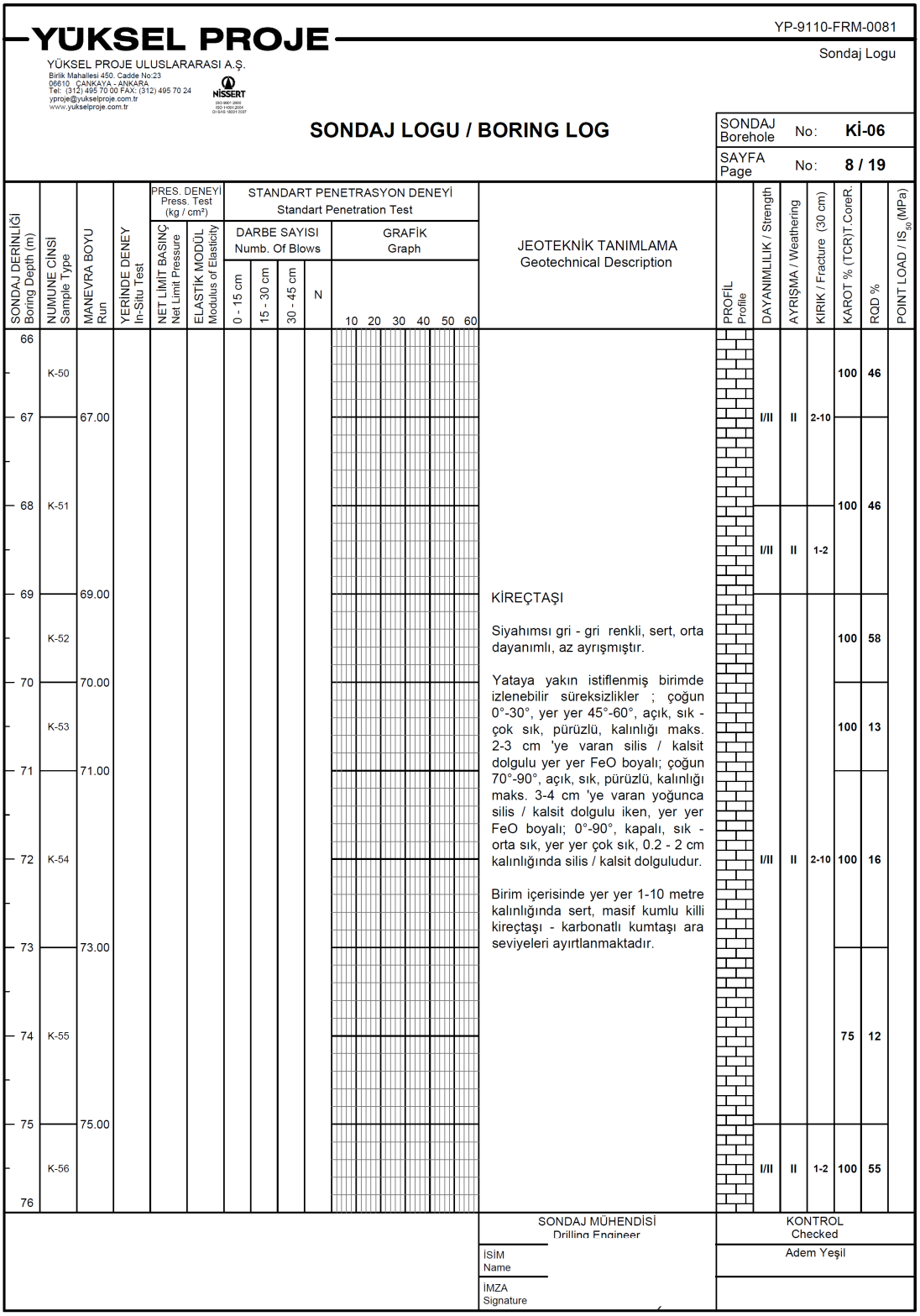
Şekil A.55. Kİ-06 nolu sondaj logu 5/19



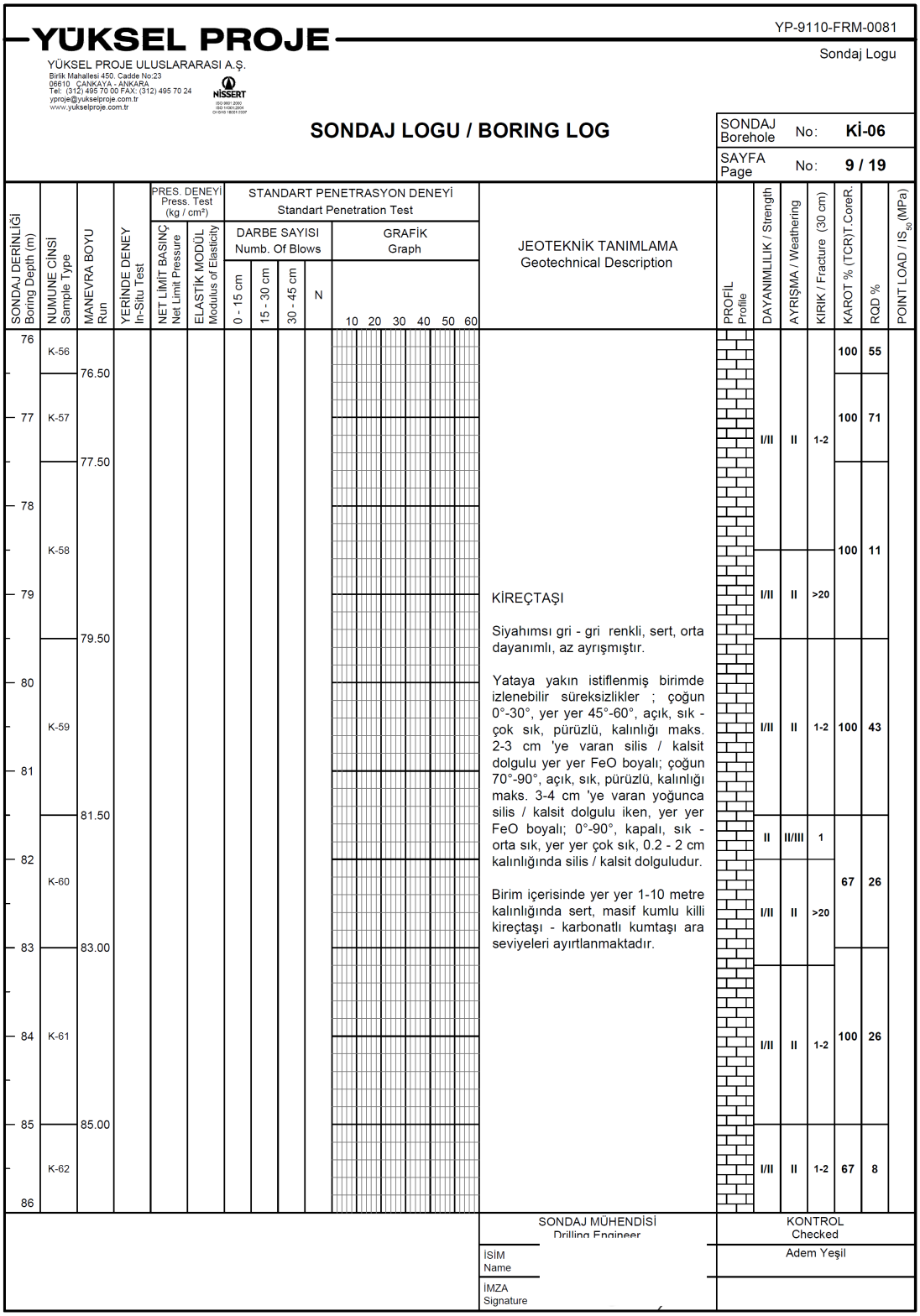
Şekil A.56. Kİ-06 nolu sondaj logu 6/19



Şekil A.57. Kİ-06 nolu sondaj logu 7/19



Şekil A.58. Kİ-06 nolu sondaj logu 8/19



YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr

YP-9110-FRM-0081
Sondaj Logu

SONDAJ LOGU / BORING LOG

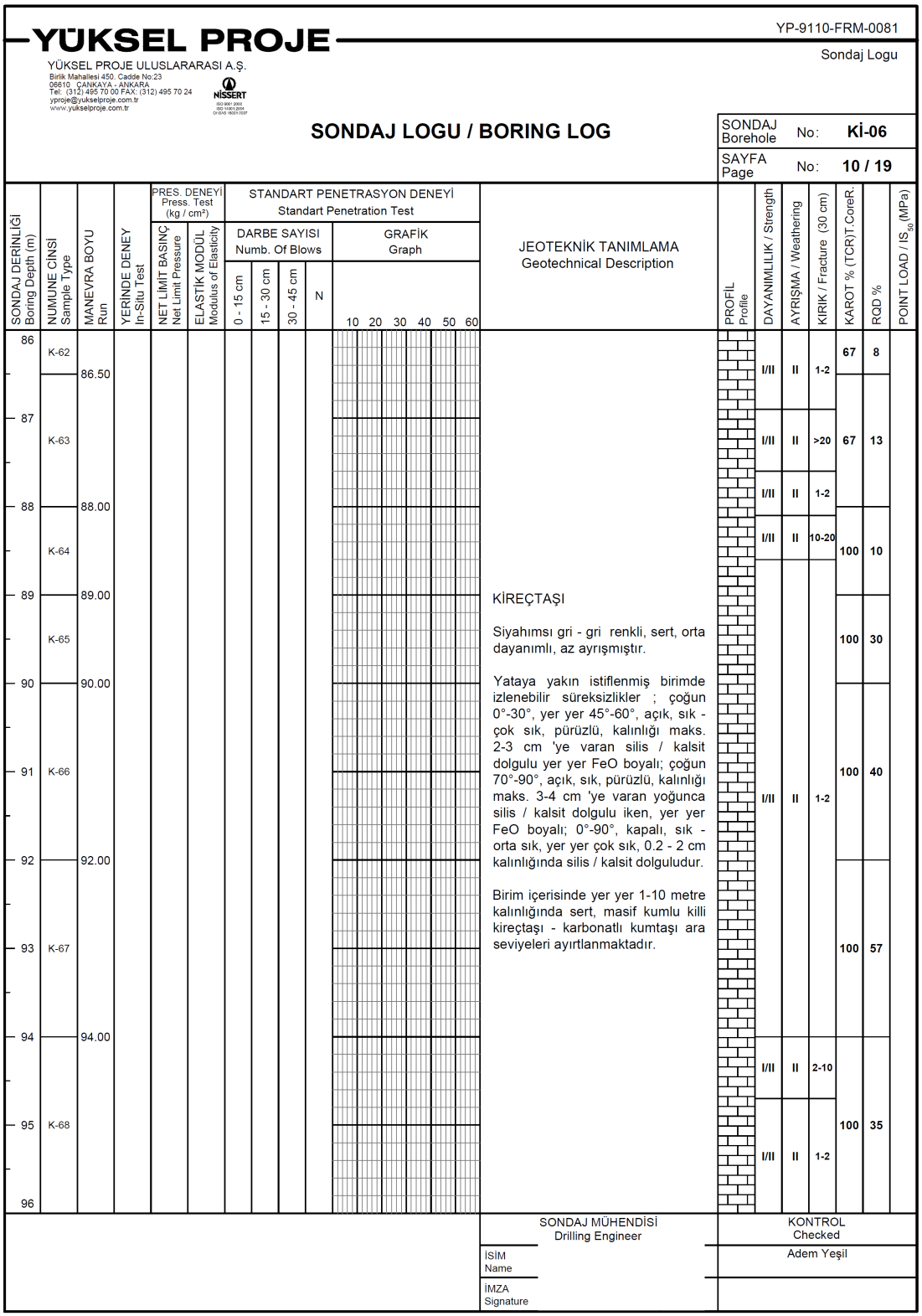
SONDAJ Borehole No: Kİ-06
SAYFA Page No: 9 / 19

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²) NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	PRES. DENEYİ ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test DARBE SAYISI Numb. Of Blows 0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR)T.CoreR.	RQD %	POINT LOAD / IS_{50} (MPa)
76	K-56	76.50														100	55	
77	K-57	77.50											I/II	II	1-2	100	71	
78	K-58															100	11	
79											KİREÇTAŞI Siyahımsı gri - gri renkli, sert, orta dayanımlı, az ayrışmıştır. Yataya yakın istiflenmiş birimde izlenebilir süreksizlikler ; çoğun 0°-30°, yer yer 45°-60°, açık, sık - çok sık, pürüzlü, kalınlığı maks. 2-3 cm 'ye varan silis / kalsit dolgulu yer yer FeO boyalı; çoğun 70°-90°, açık, sık, pürüzlü, kalınlığı maks. 3-4 cm 'ye varan yoğunca silis / kalsit dolgulu iken, yer yer FeO boyalı; 0°-90°, kapalı, sık - orta sık, yer yer çok sık, 0.2 - 2 cm kalınlığında silis / kalsit dolguludur. Birim içerisinde yer yer 1-10 metre kalınlığında sert, masif kumlu killi kireçtaşı - karbonatlı kumtaşı ara seviyeleri ayırtlanmaktadır.		I/II	II	>20			
80	K-59	79.50											I/II	II	1-2	100	43	
81													II	II/III	1			
82	K-60	81.50											I/II	II	>20	67	26	
83	K-61	83.00											I/II	II	1-2	100	26	
84																		
85	K-62	85.00											I/II	II	1-2	67	8	
86																		

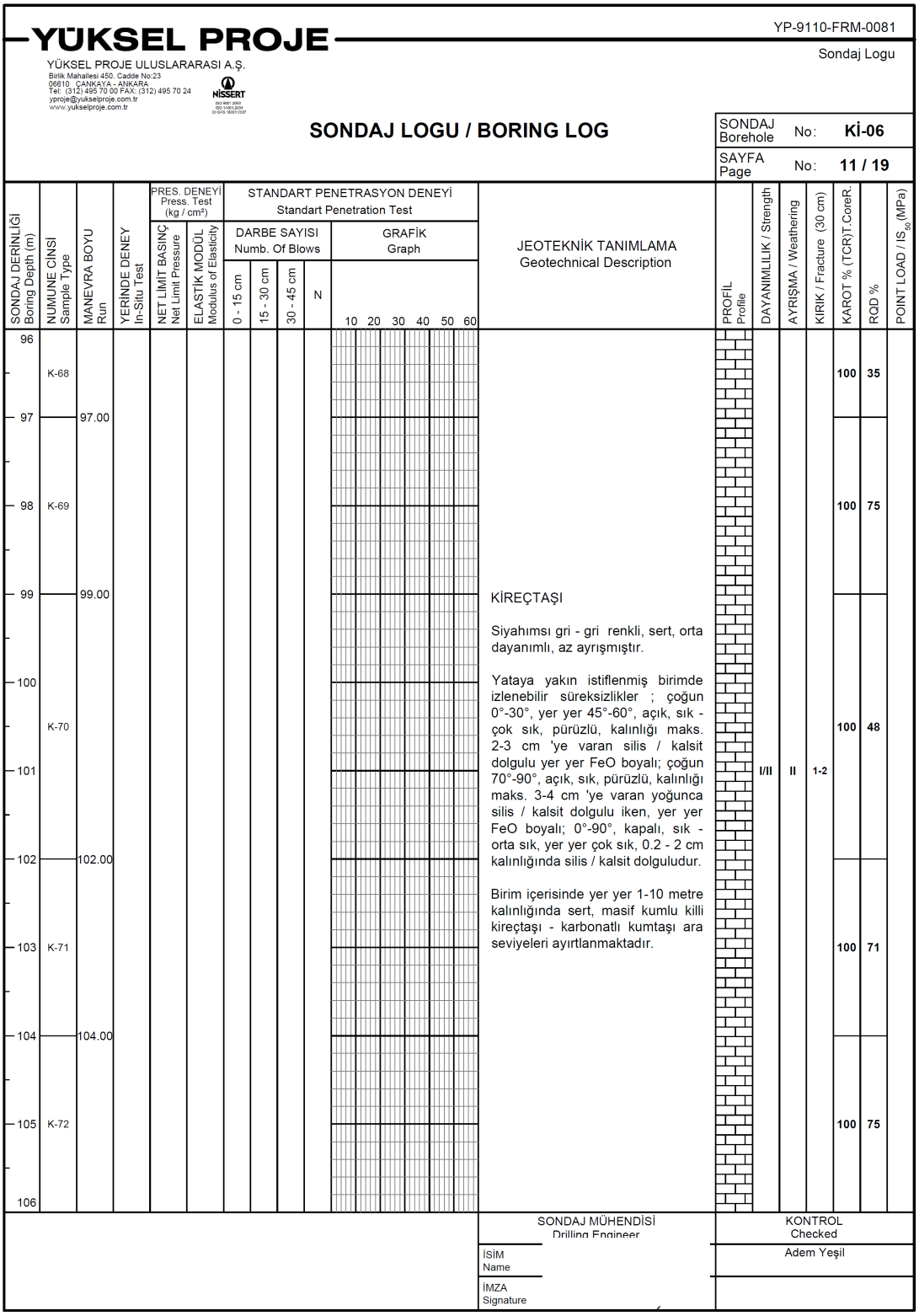
SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer
İSİM Name
İMZA Signature

KONTROL Checked
Adem Yeşil

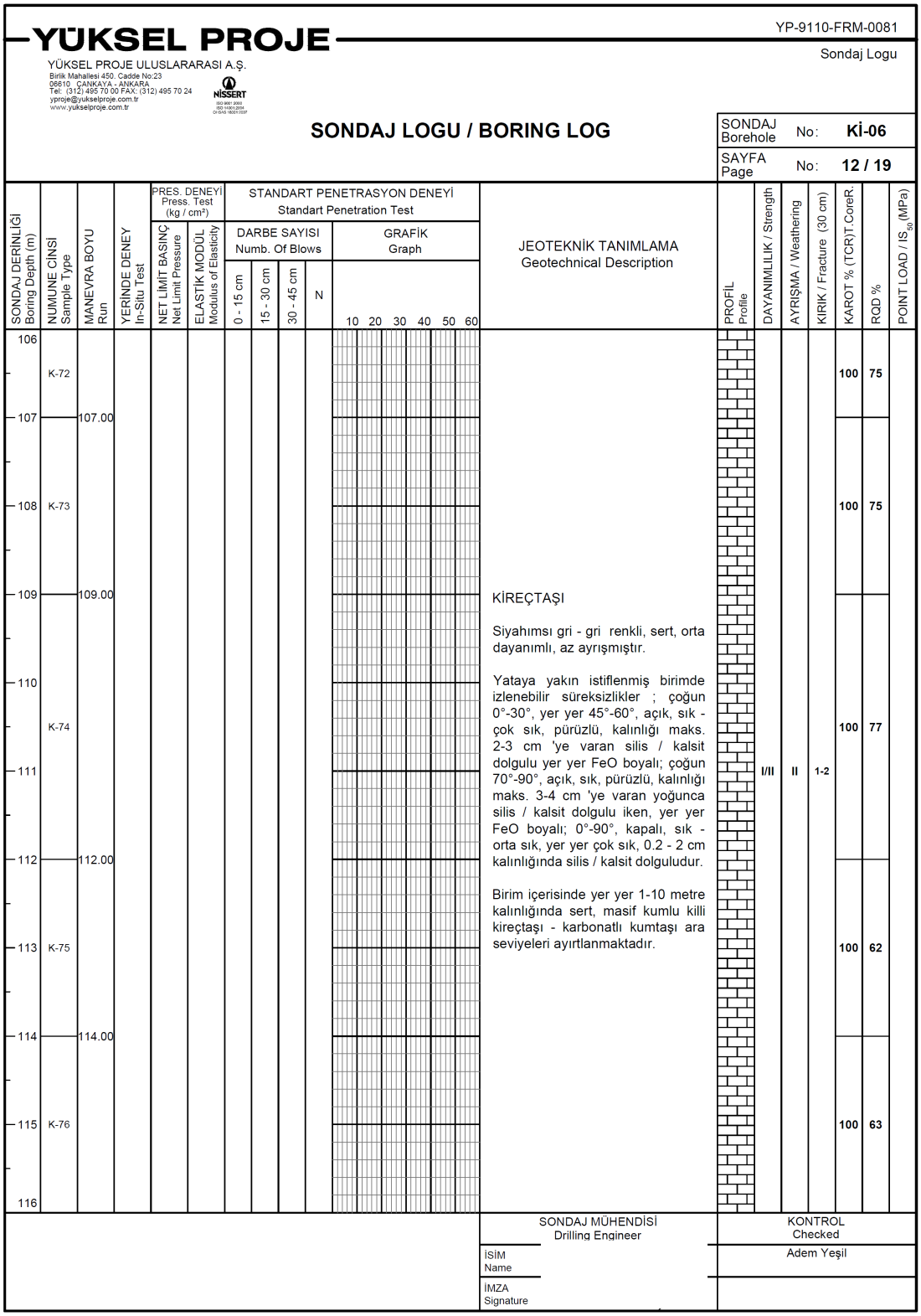
Şekil A.59. Kİ-06 nolu sondaj logu 9/19



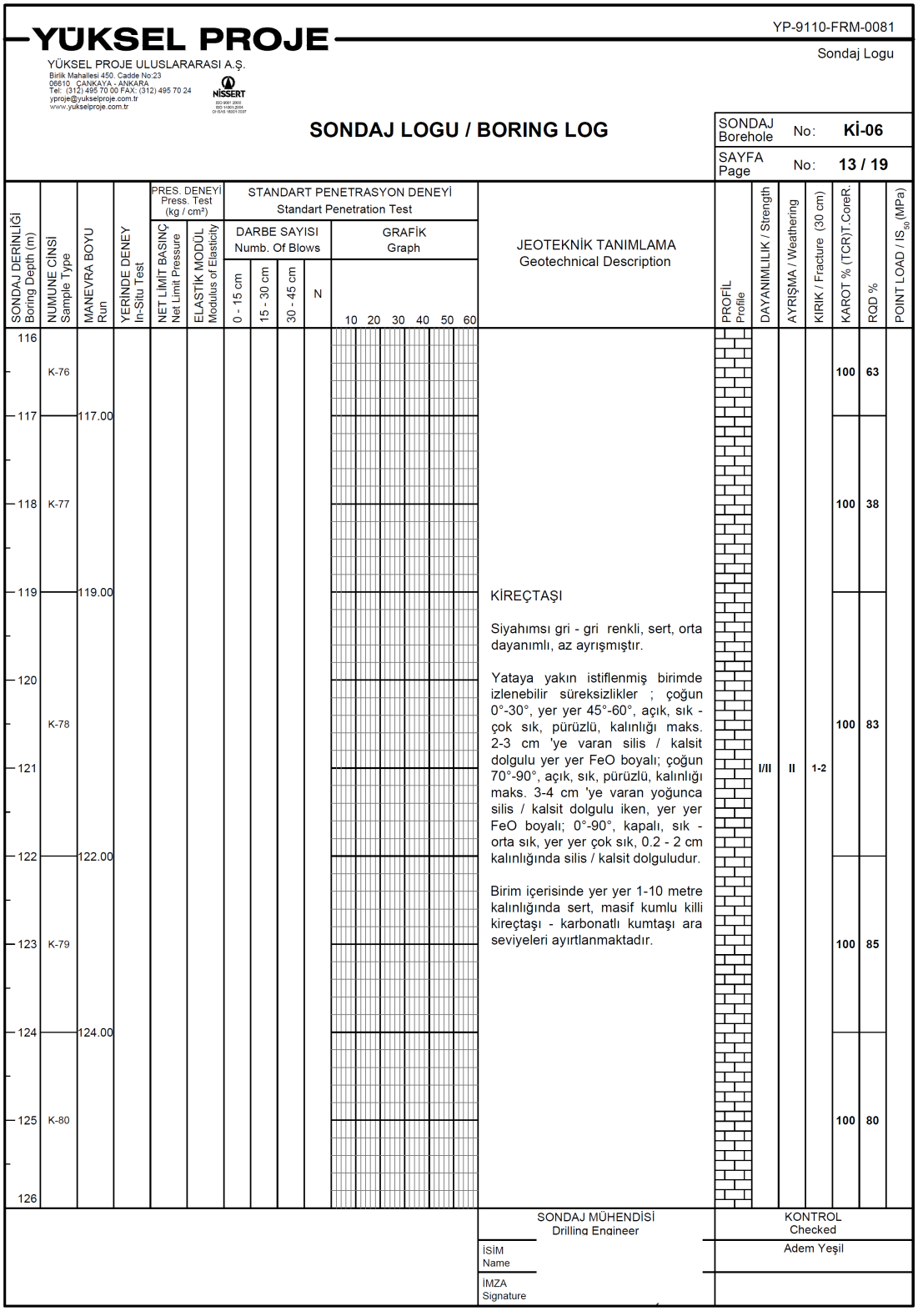
Şekil A.60. Kİ-06 nolu sondaj logu 10/19



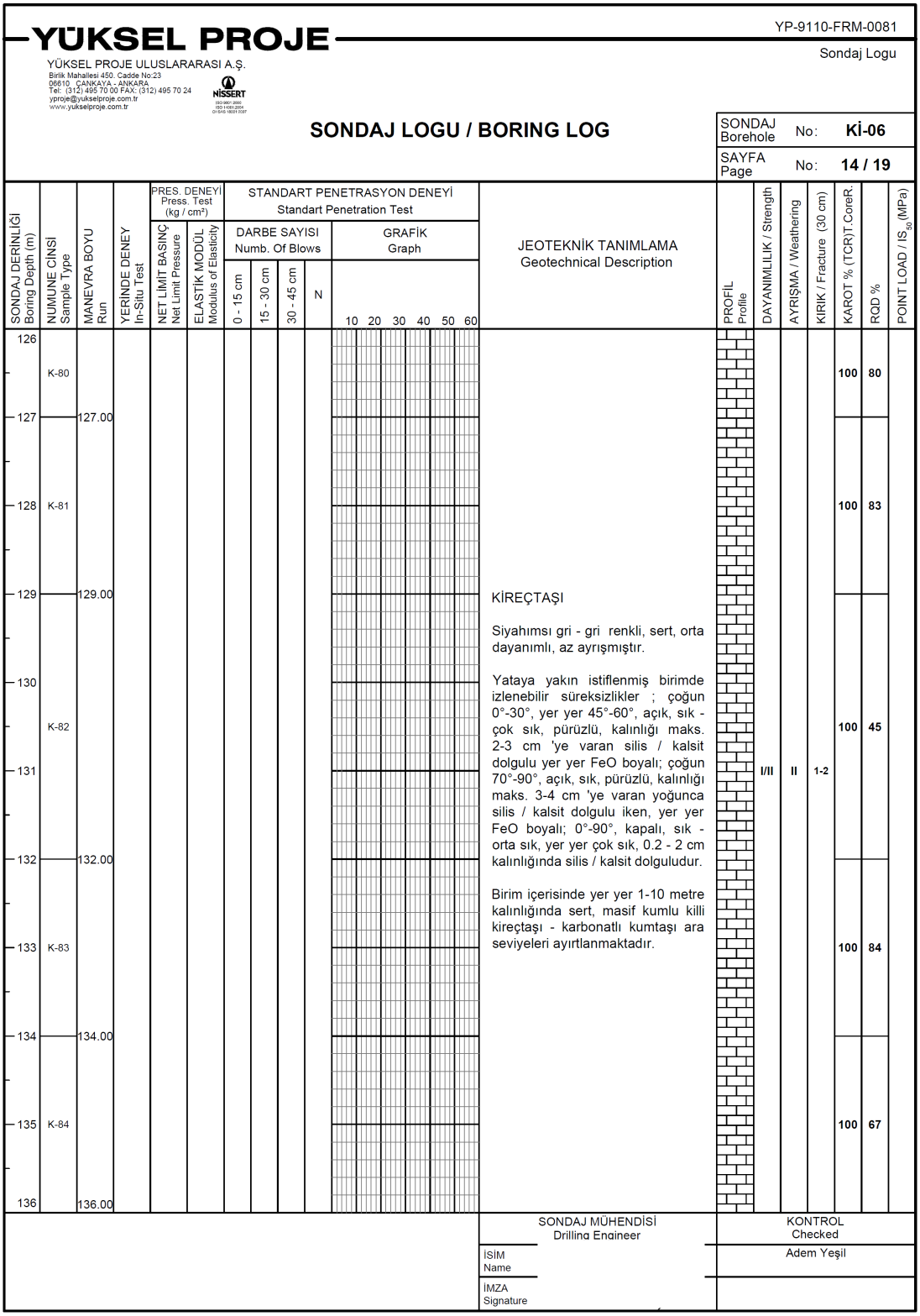
Şekil A.61. Kİ-06 nolu sondaj logu 11/19



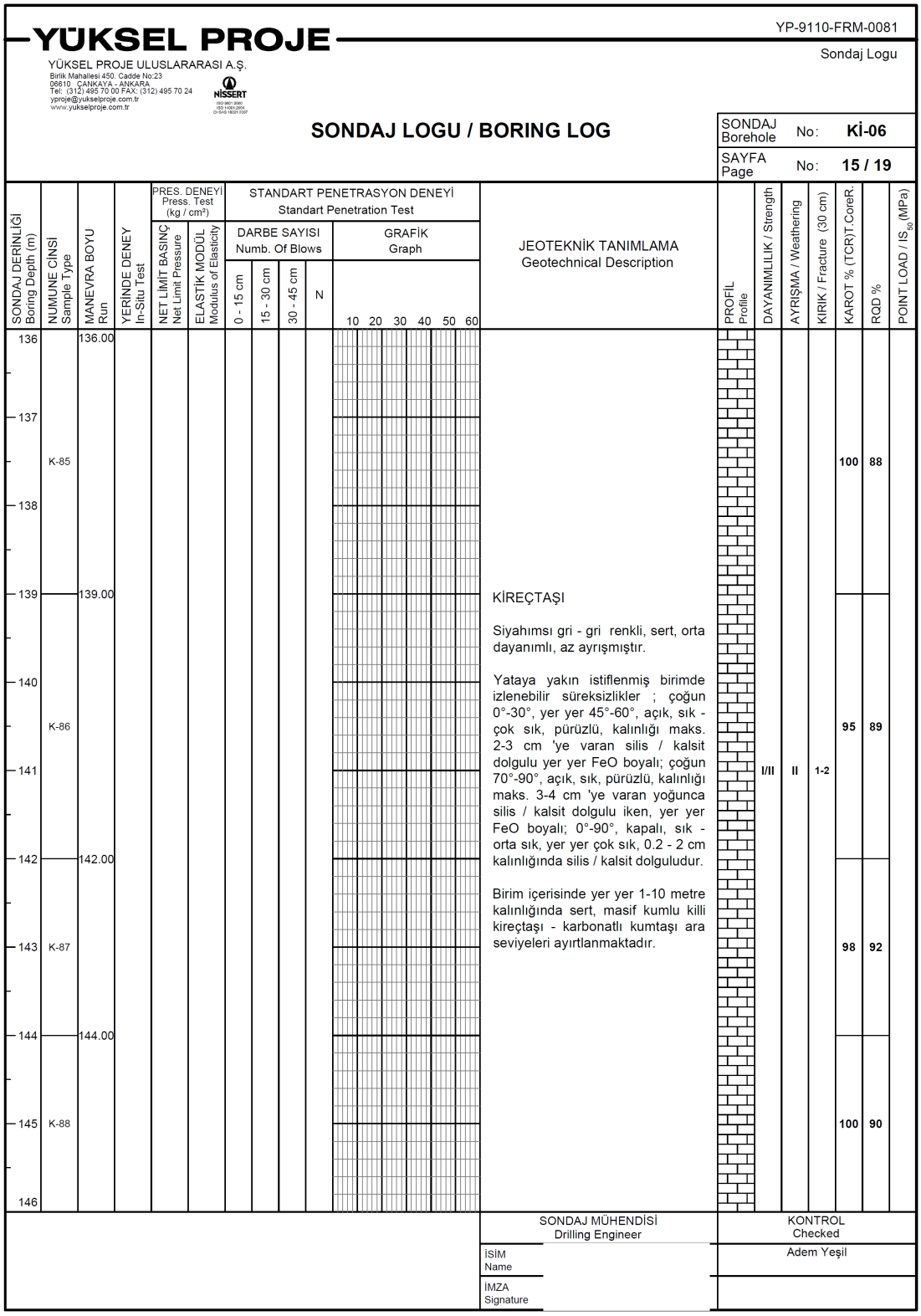
Şekil A.62. Kİ-06 nolu sondaj logu 12/19



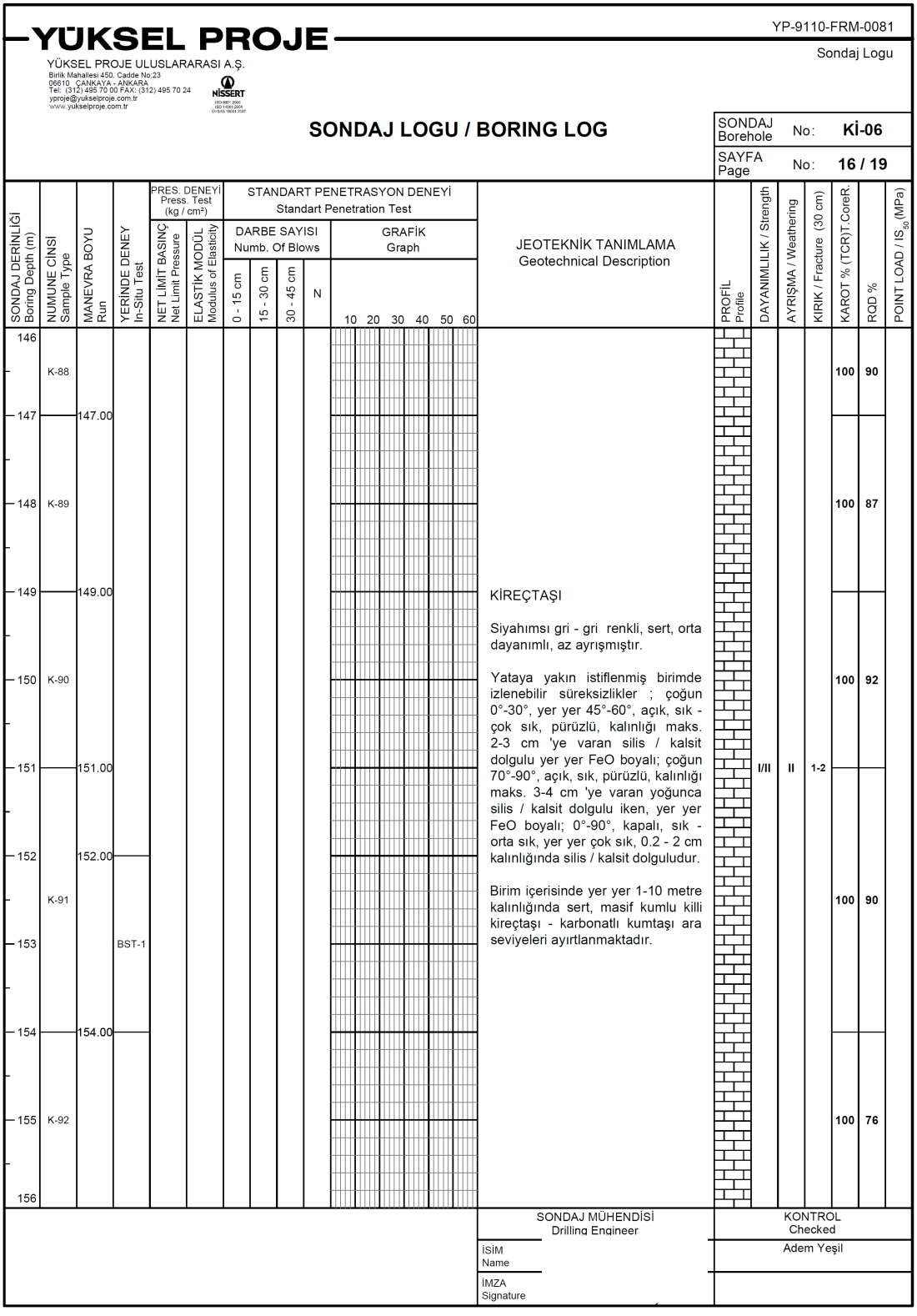
Şekil A.63. Kİ-06 nolu sondaj logu 13/19



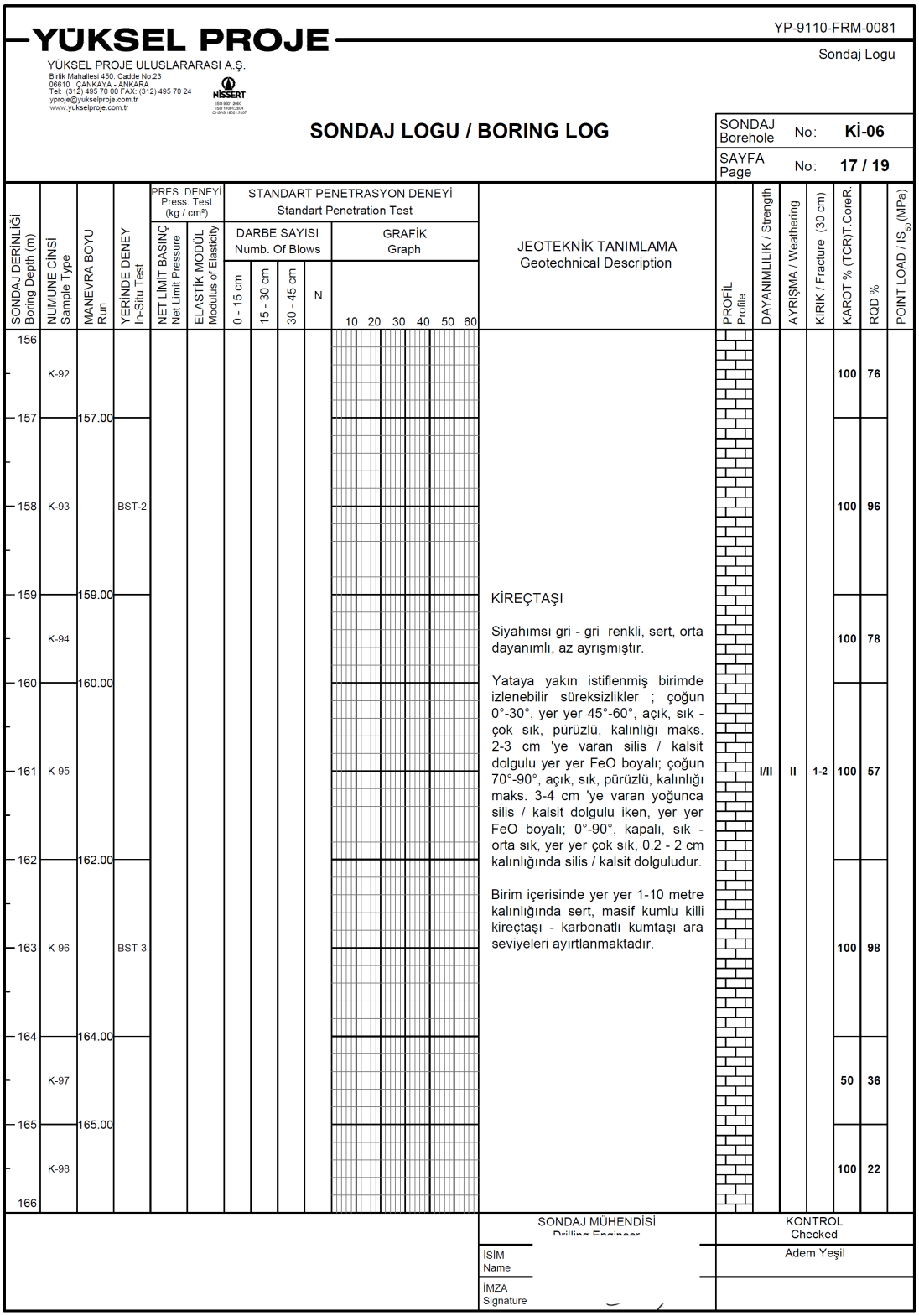
Şekil A.64. Kİ-06 nolu sondaj logu 14/19



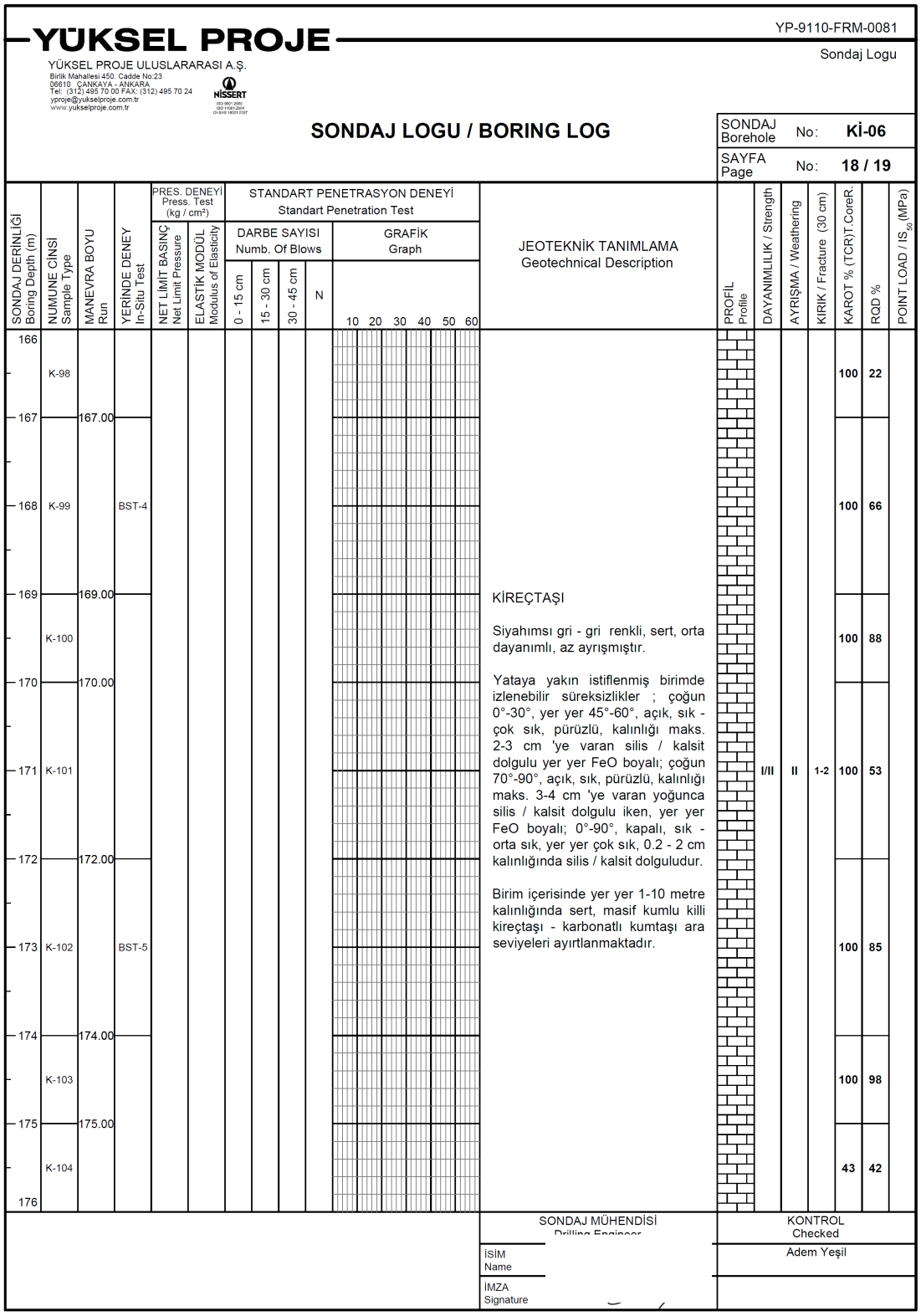
Şekil A.65. Kİ-06 nolu sondaj logu 15/19



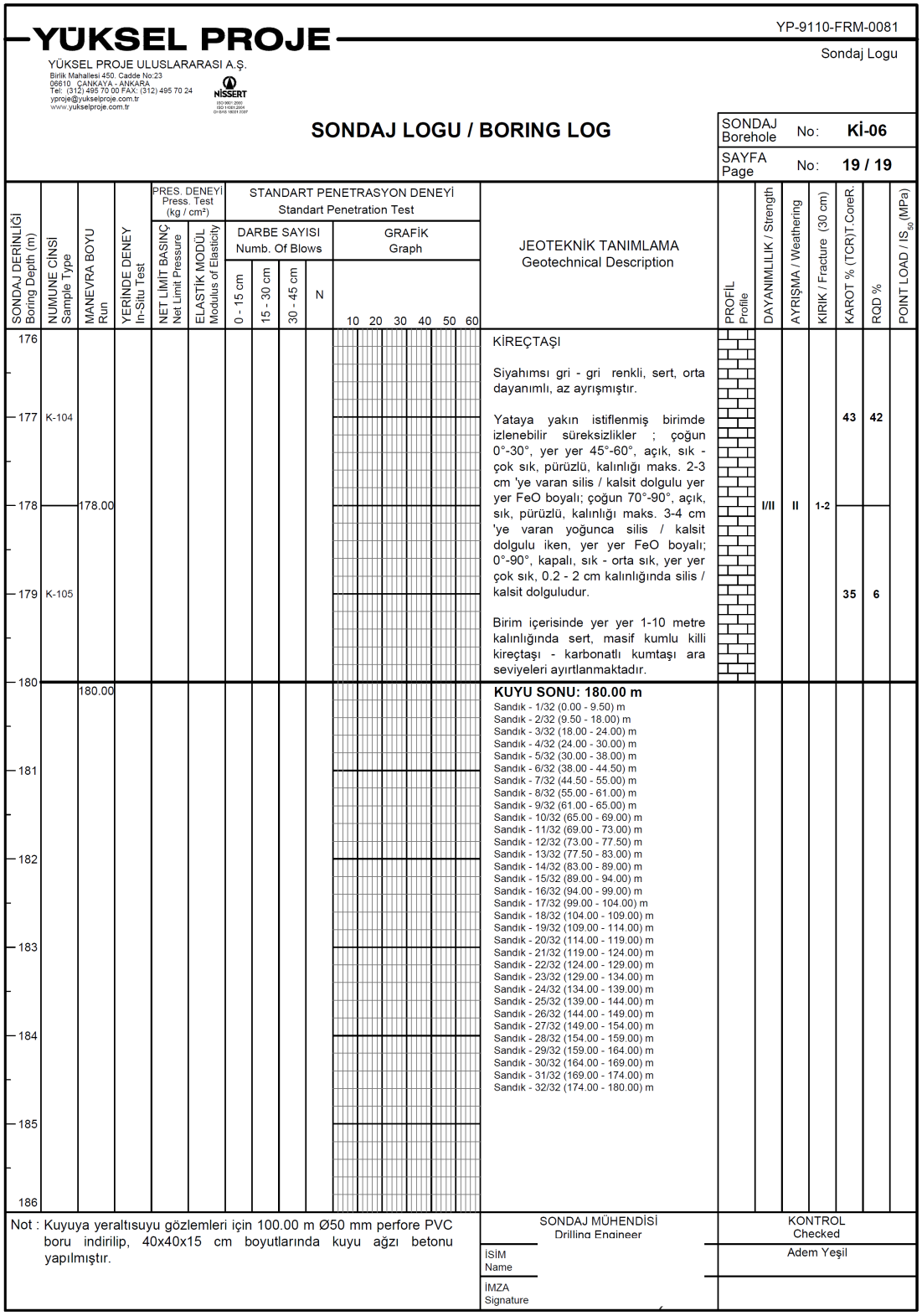
Şekil A.66. Kİ-06 nolu sondaj logu 16/19



Şekil A.67. Kİ-06 nolu sondaj logu 17/19



Şekil A.68. Kİ-06 nolu sondaj logu 18/19



YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr

YP-9110-FRM-0081
Sondaj Logu

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: Kİ-06
SAYFA Page No: 19 / 19

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²) NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	PRES. DENEYİ ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test DARBE SAYISI Numb. Of Blows 0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR)T.CoreR.	RQD %	POINT LOAD / IS_{50} (MPa)
176											KİREÇTAŞI Siyahımsı gri - gri renkli, sert, orta dayanımlı, az ayrışmıştır. Yataya yakın istiflenmiş birimde izlenebilir süreksizlikler ; çoğun 0°-30°, yer yer 45°-60°, açık, sık - çok sık, pürüzlü, kalınlığı maks. 2-3 cm 'ye varan silis / kalsit dolgulu yer yer FeO boyalı; çoğun 70°-90°, açık, sık, pürüzlü, kalınlığı maks. 3-4 cm 'ye varan yoğunca silis / kalsit dolgulu iken, yer yer FeO boyalı; 0°-90°, kapalı, sık - orta sık, yer yer çok sık, 0.2 - 2 cm kalınlığında silis / kalsit dolguludur. Birim içerisinde yer yer 1-10 metre kalınlığında sert, masif kumlu killi kireçtaşı - karbonatlı kumtaşı ara seviyeleri ayırtlanmaktadır.							
177	K-104															43	42	
178		178.00											I/II	II	1-2			
179	K-105															35	6	
180		180.00									**KUYU SONU: 180.00 m** Sandık - 1/32 (0.00 - 9.50) m Sandık - 2/32 (9.50 - 18.00) m Sandık - 3/32 (18.00 - 24.00) m Sandık - 4/32 (24.00 - 30.00) m Sandık - 5/32 (30.00 - 38.00) m Sandık - 6/32 (38.00 - 44.50) m Sandık - 7/32 (44.50 - 55.00) m Sandık - 8/32 (55.00 - 61.00) m Sandık - 9/32 (61.00 - 65.00) m Sandık - 10/32 (65.00 - 69.00) m Sandık - 11/32 (69.00 - 73.00) m Sandık - 12/32 (73.00 - 77.50) m Sandık - 13/32 (77.50 - 83.00) m Sandık - 14/32 (83.00 - 89.00) m Sandık - 15/32 (89.00 - 94.00) m Sandık - 16/32 (94.00 - 99.00) m Sandık - 17/32 (99.00 - 104.00) m Sandık - 18/32 (104.00 - 109.00) m Sandık - 19/32 (109.00 - 114.00) m Sandık - 20/32 (114.00 - 119.00) m Sandık - 21/32 (119.00 - 124.00) m Sandık - 22/32 (124.00 - 129.00) m Sandık - 23/32 (129.00 - 134.00) m Sandık - 24/32 (134.00 - 139.00) m Sandık - 25/32 (139.00 - 144.00) m Sandık - 26/32 (144.00 - 149.00) m Sandık - 27/32 (149.00 - 154.00) m Sandık - 28/32 (154.00 - 159.00) m Sandık - 29/32 (159.00 - 164.00) m Sandık - 30/32 (164.00 - 169.00) m Sandık - 31/32 (169.00 - 174.00) m Sandık - 32/32 (174.00 - 180.00) m							
181																		
182																		
183																		
184																		
185																		
186																		

Not : Kuyuya yeraltısuyu gözlemleri için 100.00 m Ø50 mm perfore PVC boru indirilip, 40x40x15 cm boyutlarında kuyu ağzı betonu yapılmıştır.

SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer
İSİM Name
İMZA Signature

KONTROL Checked
Adem Yeşil

Şekil A.69. Kİ-06 nolu sondaj logu 19/19

YÜKSEL PROJE YP-9110-FRM-0081

Sondaj Logu

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr

NISSERT ISO 9001:2000 ISO 14001:2004 OHSAS 18001:2007

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **Kİ-06A**

SAYFA Page No: **1 / 5**

PROJE ADI / Project Name	: KIRIK İSPİR YOLU	BAŞ. - BİT. TAR. / Start-Finish Date	: 20/06/2012 - 23/06/2012
SONDAJ YERİ / Boring Location	: GÜZERGAH / TÜNEL	MUH.BOR.DER. / Casing Depth	: 9.00 m (HW)
KİLOMETRE / Chainage	: 71+721.47	YASS ve Ölçüm Tarihi / GWL & Date	:
SONDAJ DER. / Boring Depth	: 40.00 m	KOOR. SİSTEMİ / Coor. System	: TM42 ITRF96
DELİK ÇAPI / Hole Diameter	: 40.00 m (HQWL)	KOORDİNAT / Coordinate (N-S) X	: 4 474 085.00
SONDAJ MAK. & YÖNT. / D.Rig & Met.	: D-900 ÖZG-1 / ROTARY	KOORDİNAT / Coordinate (E-W) Y	: 413 448.00
SONDÖR / Driller	: Erdoğan Cansız	SONDAJ KOTU / Elevation (m)	: 1770.38

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²) NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	PRES. DENEYİ ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test DARBE SAYISI Numb. Of Blows 0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR)T.CoreR.	RQD %	POINT LOAD / IS_{50} (MPa)
0		0.00																
1	K-1															20	-	
		1.50									YAMAÇ MOLOZU Sarımsı açık kahve - bej renkli, killi kumlu ÇAKIL. İnce - iri taneli, sert, köşeli - yarı köşeli, kireçtaşı - kumtaşı kökenli; % 20 - 30, ince - iri taneli, dağılgan - sert, köşeli - yarı köşeli, kumlu; % 10 - 15 ince malzemeli. Birim içerisinde % 30 - 50 oranında maks. 25 cm'ye varan, orta sert - sert, orta dayanımlı - dayanımlı, orta derecede - çok ayrışmış, kireçtaşı - kumtaşı kökenli blok boyutunda malzemeler ayırtlanmaktadır.						
2	K-2															23	-	
3		3.00																
4	K-3															20	-	
		4.50																
5	K-4															29	-	
6		6.00																

DAYANIMLILIK / Strength

I	DAYANIMLI	Strong
II	ORTA DAYANIMLI	M.Strong
III	ORTA ZAYIF	M.Weak
IV	ZAYIF	Weak
V	ÇOK ZAYIF	V.Weak

AYRIŞMA / Weathering

I	TAZE	Fresh
II	AZ AYRIŞMIŞ	Slightly W.
III	ORTA D. AYRIŞMIŞ	Mod. Weath.
IV	ÇOK AYRIŞMIŞ	Highly W.
V	TÜMÜYLE A.	Comp. Weat.

İNCE TANELİ / Fine Grained

N : 0-2	ÇOK YUMUŞAK	V.Soft
N : 3-4	YUMUŞAK	Soft
N : 5-8	ORTA KATI	M.Stiff
N : 9-15	KATI	Stiff
N : 16-30	ÇOK KATI	V.Stiff
N : >30	SERT	Hard

İRİ TANELİ / Coarse Grained

N : 0-4	Ç. GEVŞEK	V.Loose
N : 5-10	GEVŞEK	Loose
N : 11-30	ORTA SIKI	M.Dense
N : 31-50	SIKI	Dense
N : >50	ÇOK SIKI	V.Dense

KAYA KALİTESİ TANIMI / RQD

%0-25	ÇOK ZAYIF	V.Poor
%25-50	ZAYIF	Poor
%50-75	ORTA	Fair
%75-90	İYİ	Good
%90-100	ÇOK İYİ	Excellent

KIRIKLAR - 30 cm / Fractures

1	SEYREK	Wide (W)
1-2	ORTA	Monderate (M)
2-10	SIK	Close (Cl)
10-20	ÇOK SIK	Intense (I)
>20	PARÇALI	Crushed (Cr)

ORANLAR / Proportions

% 5	PEK AZ	Slightly
% 5-15	AZ	Little
% 15-35	ÇOK	Very
% 35	VE	And

%5	PEK AZ Slightly
%5-20	AZ Little
%20-50	ÇOK Very

SPT	Standart Penetrasyon Testi Standart Penetration Test	S	Sediman Numunesi / Sediment Sample
BST	Basınçlı Su Testi Water Pressure Test	K	Karot Numunesi / Core Sample
UD	Örselenmemiş Numune Undisturbed Sample	P	Pressiyometre Deneyi Pressuremeter Test
		k	Permeabilite Deneyi Permeability Test

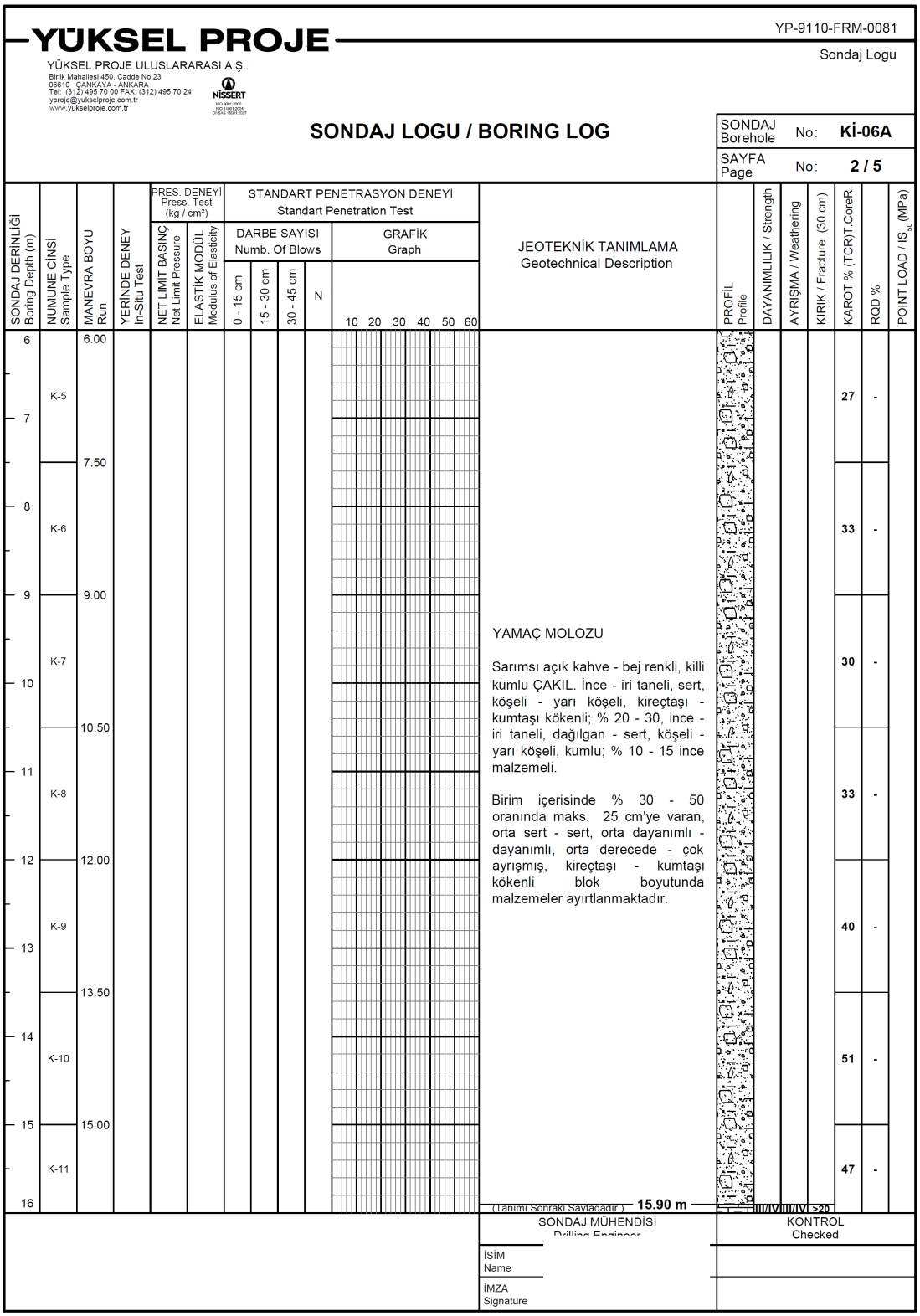
SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer

İSİM Name

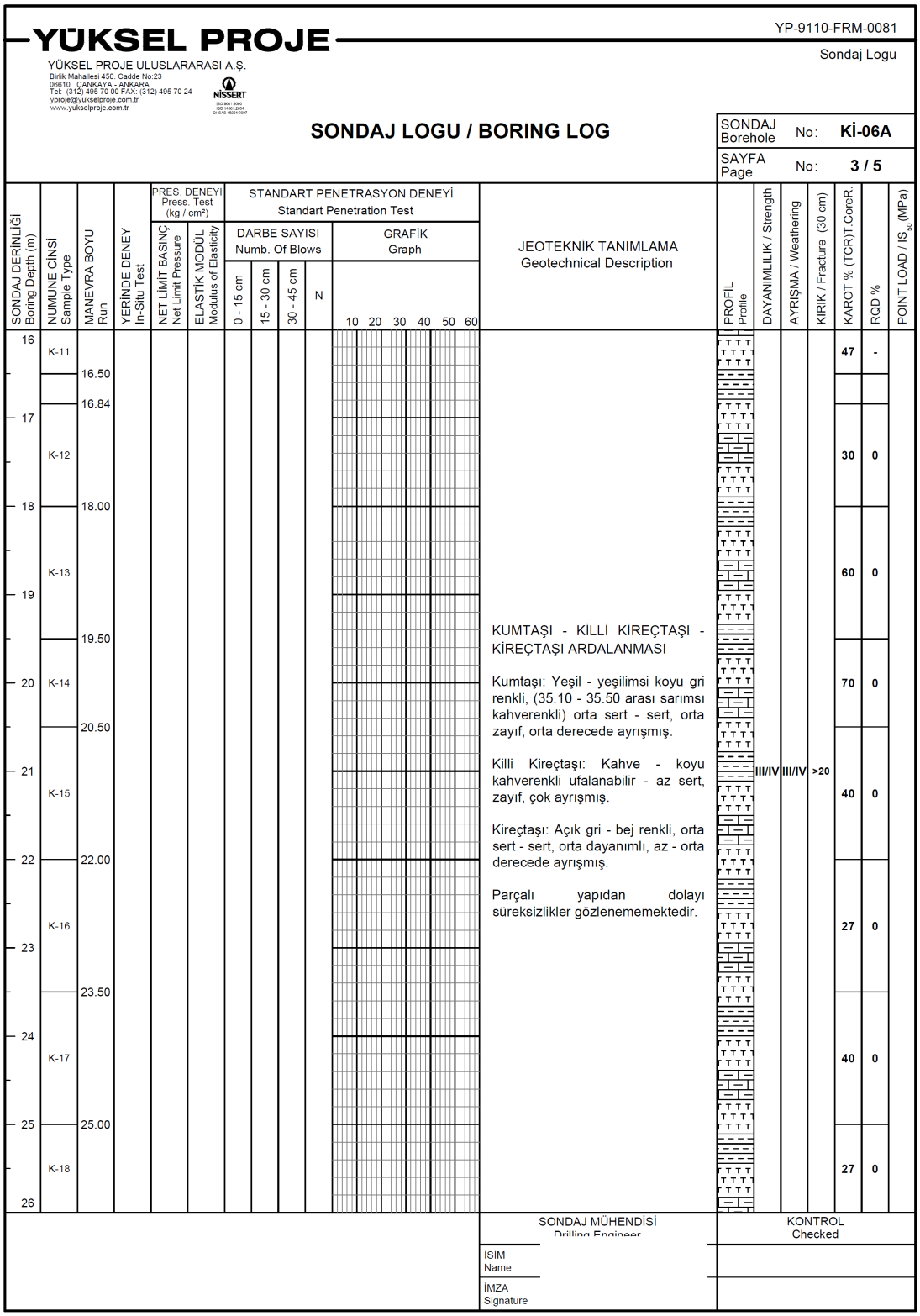
İMZA Signature

KONTROL Checked

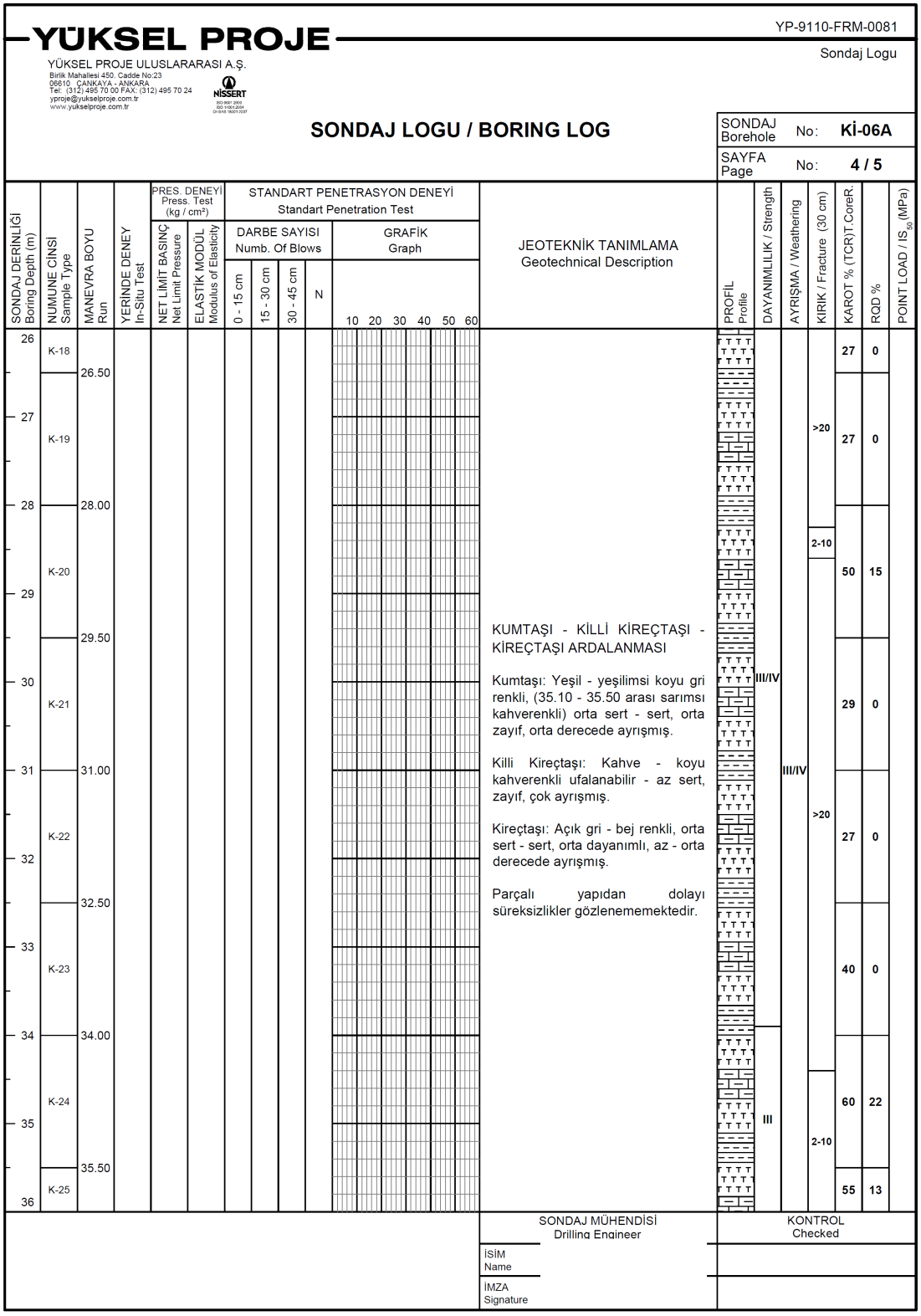
Şekil A.70. Kİ-06A nolu sondaj logu 1/5



Şekil A.71. Kİ-06A nolu sondaj logu 2/5



Şekil A.72. Kİ-06A nolu sondaj logu 3/5



Şekil A.73. Kİ-06A nolu sondaj logu 4/5

YÜKSEL PROJE YP-9110-FRM-0081

Sondaj Logu

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: **Kİ-06A**

SAYFA Page No: **5 / 5**

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²) NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	PRES. DENEYİ ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test DARBE SAYISI Numb. Of Blows 0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR)T.CoreR.	RQD %	POINT LOAD / IS_{50} (MPa)
36																		
	K-25										KUMTAŞI - KİLLİ KİREÇTAŞI - KİREÇTAŞI ARDALANMASI		III		2-10	55	13	
37		37.00									Kumtaşı: Yeşil - yeşilimsi koyu gri renkli, (35.10 - 35.50 arası sarımsı kahverenkli) orta sert - sert, orta zayıf, orta derecede ayrışmış.							
	K-26										Killi Kireçtaşı: Kahve - koyu kahverenkli ufalanabilir - az sert, zayıf, çok ayrışmış.		III/IV	III/IV	>20	39	0	
38		38.50									Kireçtaşı: Açık gri - bej renkli, orta sert - sert, orta dayanımlı, az - orta derecede ayrışmış.							
39	K-27										Parçalı yapıdan dolayı süreksizlikler gözlenememektedir.					43	0	
40		40.00									**KUYU SONU: 40.00 m** Sandık - 1/4 (0.00 - 12.30) m Sandık - 2/4 (12.30 - 20.50) m Sandık - 3/4 (20.50 - 32.50) m Sandık - 4/4 (32.50 - 40.00) m							
41																		
42																		
43																		
44																		
45																		
46																		

Not : Kuyuya yeraltısuyu gözlemleri için 40.00 m Ø50 mm perfore PVC boru indirilip, 40x40x15 cm boyutlarında kuyu ağzı betonu yapılmıştır.

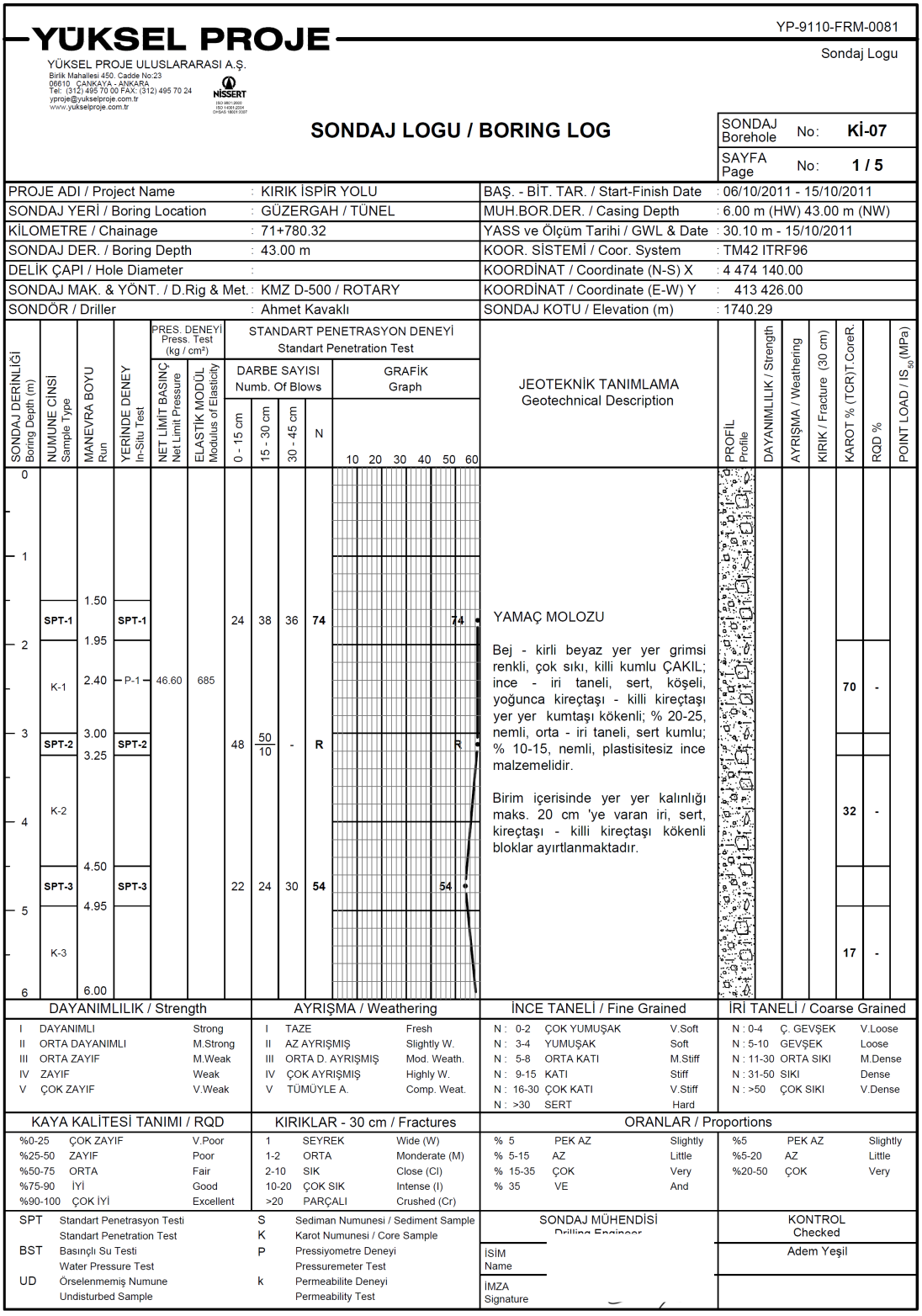
SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer

İSİM Name

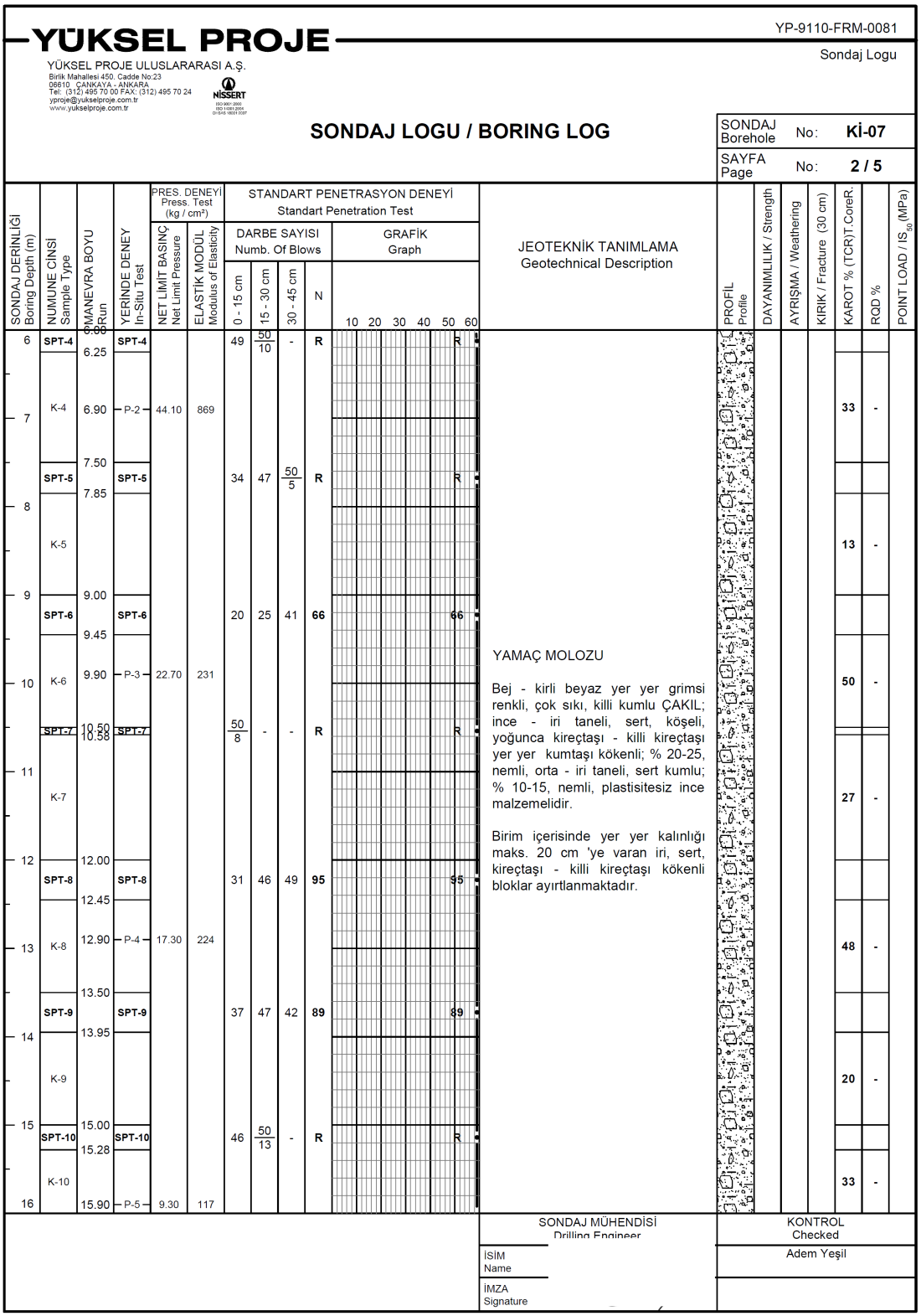
İMZA Signature

KONTROL Checked

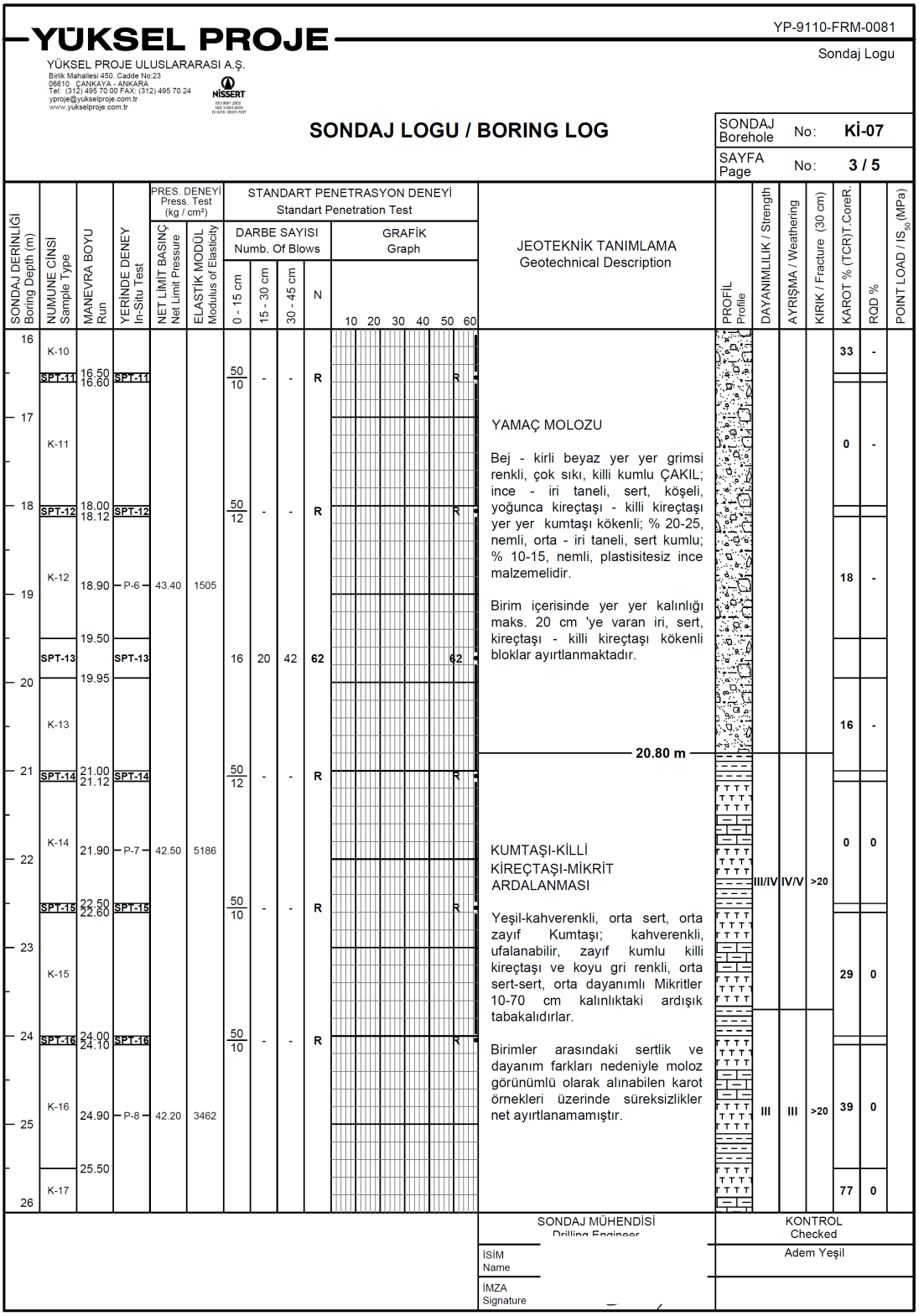
Şekil A.74. Kİ-06A nolu sondaj logu 5/5



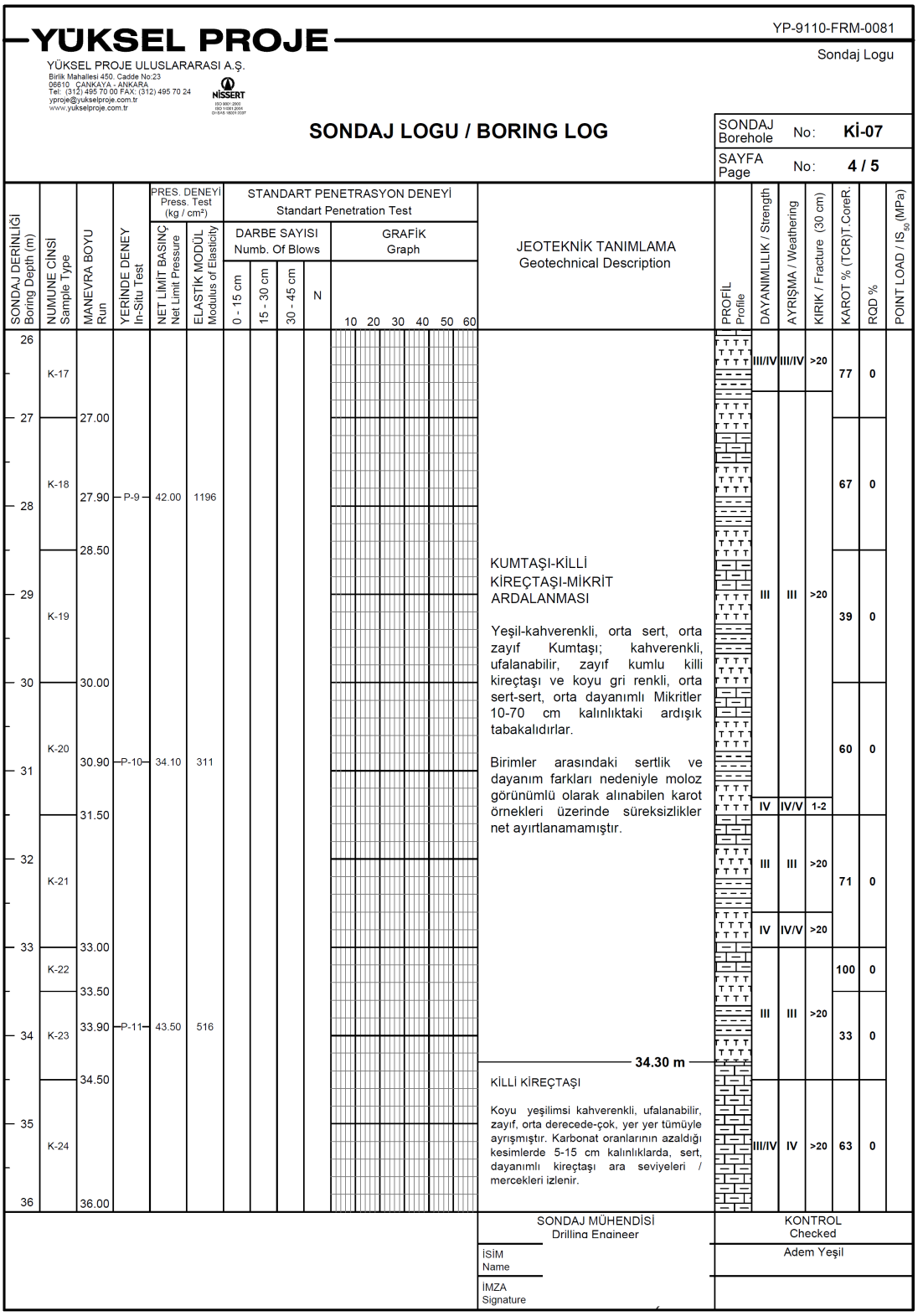
Şekil A.75. Kİ-07 nolu sondaj logu 1/5



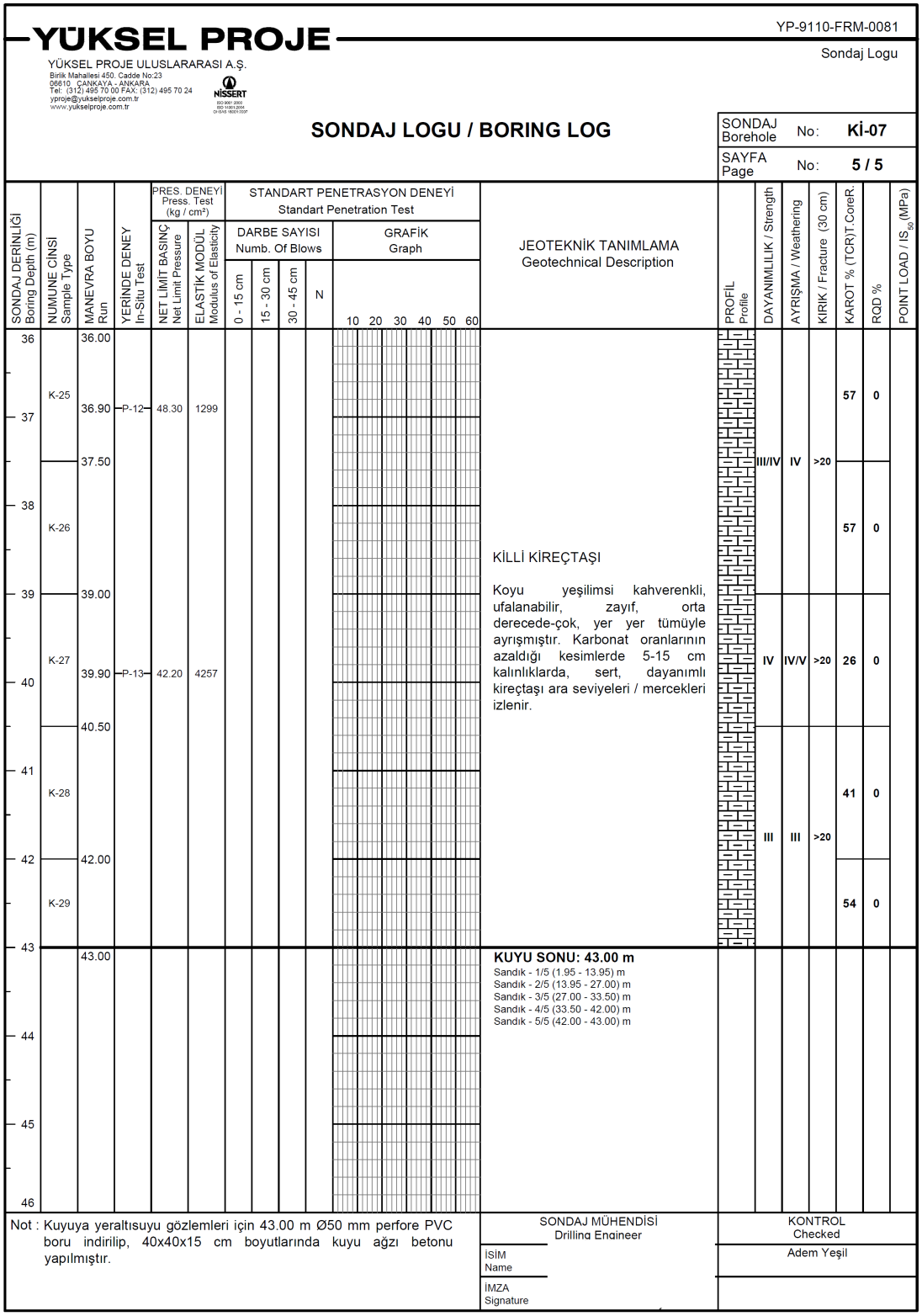
Şekil A.76. Kİ-07 nolu sondaj logu 2/5



Şekil A.77. Kİ-07 nolu sondaj logu 3/5



Şekil A.78. Kİ-07 nolu sondaj logu 4/5



YÜKSEL PROJE

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.
Birlik Mahallesi 450. Cadde No:23
06610 ÇANKAYA - ANKARA
Tel: (312) 495 70 00 FAX: (312) 495 70 24
yproje@yukselproje.com.tr
www.yukselproje.com.tr

YP-9110-FRM-0081
Sondaj Logu

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ Borehole No: Kİ-07
SAYFA Page No: 5 / 5

SONDAJ DERİNLİĞİ Boring Depth (m)	NUMUNE CİNSİ Sample Type	MANEVRA BOYU Run	YERİNDE DENEY In-Situ Test	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²) NET LİMİT BASINÇ Net Limit Pressure	PRES. DENEYİ Press. Test (kg / cm²) ELASTİK MODÜL Modulus of Elasticity	STANDART PENETRASYON DENEYİ Standart Penetration Test DARBE SAYISI Numb. Of Blows 0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	N	GRAFİK Graph 10 20 30 40 50 60	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	PROFİL Profile	DAYANIMLILIK / Strength	AYRIŞMA / Weathering	KIRIK / Fracture (30 cm)	KAROT % (TCR)T.CoreR.	RQD %	POINT LOAD / IS_{50} (MPa)
36		36.00																
	K-25															57	0	
37		36.90	P-12	48.30	1299													
		37.50											III/IV	IV	>20			
38	K-26															57	0	
39		39.00									KİLLİ KİREÇTAŞI Koyu yeşilimsi kahverenkli, ufalanabilir, zayıf, orta derecede-çok, yer yer tümüyle ayrışmıştır. Karbonat oranlarının azaldığı kesimlerde 5-15 cm kalınlıklarda, sert, dayanımlı kireçtaşı ara seviyeleri / mercekleri izlenir.							
	K-27												IV	IV/V	>20	26	0	
40		39.90	P-13	42.20	4257													
		40.50																
41	K-28												III	III	>20	41	0	
42		42.00																
	K-29															54	0	
43		43.00									**KUYU SONU: 43.00 m** Sandık - 1/5 (1.95 - 13.95) m Sandık - 2/5 (13.95 - 27.00) m Sandık - 3/5 (27.00 - 33.50) m Sandık - 4/5 (33.50 - 42.00) m Sandık - 5/5 (42.00 - 43.00) m							
44																		
45																		
46																		

Not : Kuyuya yeraltısuyu gözlemleri için 43.00 m Ø50 mm perfore PVC boru indirilip, 40x40x15 cm boyutlarında kuyu ağzı betonu yapılmıştır.

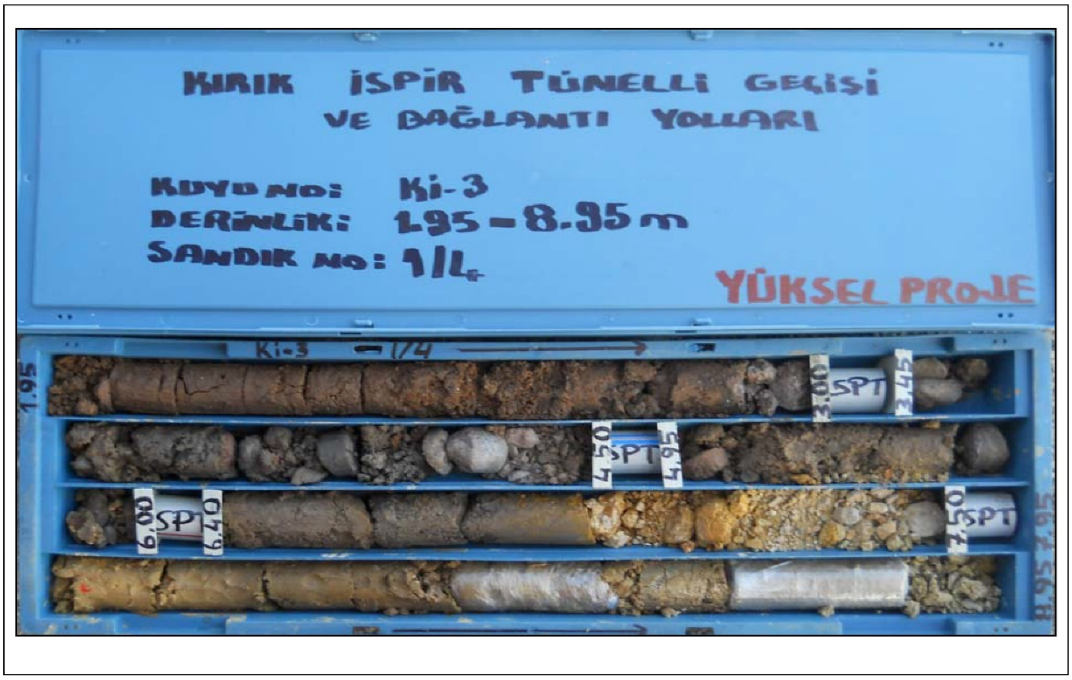
SONDAJ MÜHENDİSİ Drilling Engineer
İSİM Name
İMZA Signature

KONTROL Checked
Adem Yeşil

Şekil A.78. Kİ-07 nolu sondaj logu 5/5

Ek-B: KAROT SANDIĞI FOTOĞRAFLARI

KUYU NO : Kİ – 3
DERİNLİK: 30.00 m

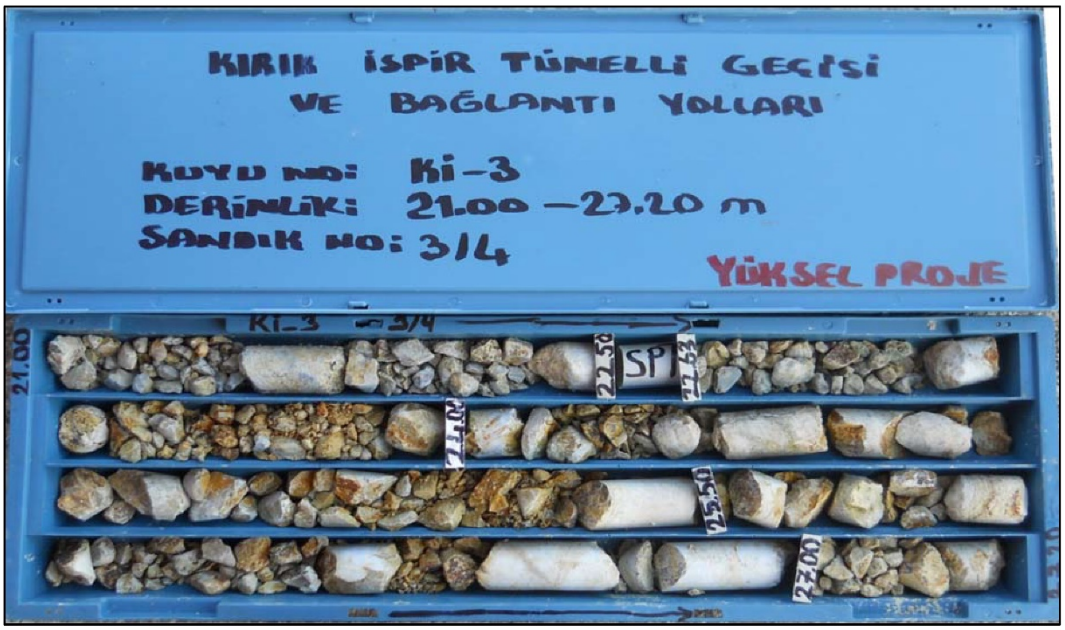


SANDIK NO : 1 / 4 **DERİNLİK :** 1.95 – 8.95 m

SANDIK NO : 2 / 4 **DERİNLİK :** 8.95 – 21.00 m

Şekil B.1. Kİ-3 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 3
DERİNLİK: 30.00 m



SANDIK NO : 3 / 4 **DERİNLİK :** 21.00 – 27.20 m

SANDIK NO : 4 / 4 **DERİNLİK :** 27.20 – 30.00 m

Şekil B.2. Kİ-3 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 4
DERİNLİK: 30.00 m

SANDIK NO : 1 / 3 **DERİNLİK :** 1.95 – 10.40 m

SANDIK NO : 2 / 3 **DERİNLİK :** 10.40 – 21.00 m

Şekil B.3. Kİ-4 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 4
DERİNLİK: 30.00 m

SANDIK NO : 3 / 3 **DERİNLİK :** 21.00 – 30.00 m

Şekil B.4. Kİ-4 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m

SANDIK NO : 1 / 34 **DERİNLİK :** 0.00 – 7.00 m

SANDIK NO : 2 / 34 **DERİNLİK :** 7.00 – 13.00 m

Şekil B.5. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m

SANDIK NO : 3 / 34 **DERİNLİK :** 13.00 – 18.00 m

SANDIK NO : 4 / 34 **DERİNLİK :** 18.00 – 22.00 m

Şekil B.6. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m

SANDIK NO : 5 / 34 **DERİNLİK :** 22.00 – 26.50 m

SANDIK NO : 6 / 34 **DERİNLİK :** 26.50 – 31.00 m

Şekil B.7. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m

SANDIK NO : 7 / 34 **DERİNLİK :** 31.00 – 36.50 m

SANDIK NO : 8 / 34 **DERİNLİK :** 36.50 – 42.00 m

Şekil B.8. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m

SANDIK NO : 9 / 34 **DERİNLİK :** 42.00 – 46.50 m

SANDIK NO : 10 / 34 **DERİNLİK :** 46.50 – 51.00 m

Şekil B.9. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m

SANDIK NO : 11 / 34 **DERİNLİK :** 51.00 – 55.00 m

SANDIK NO : 12 / 34 **DERİNLİK :** 55.00 – 59.00 m

Şekil B.10. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

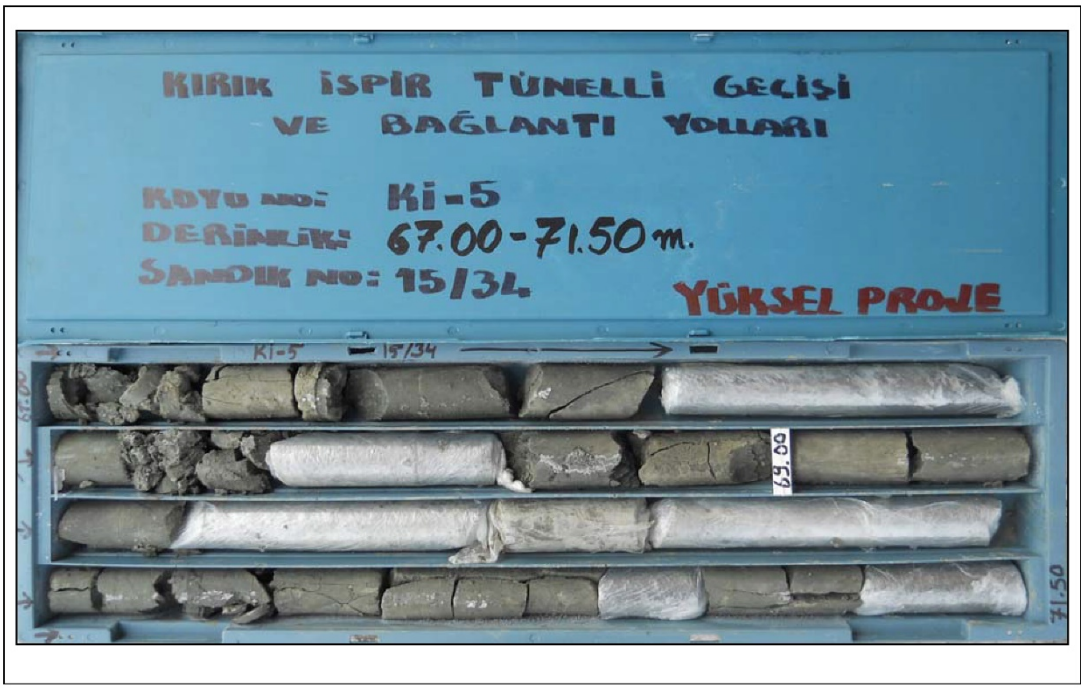
KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m

SANDIK NO : 13 / 34 **DERİNLİK :** 59.00 – 63.00 m

SANDIK NO : 14 / 34 **DERİNLİK :** 63.00 – 67.00 m

Şekil B.11. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m



SANDIK NO : 15 / 34 **DERİNLİK :** 67.00 – 71.50 m

SANDIK NO : 16 / 34 **DERİNLİK :** 71.50 – 75.50 m

Şekil B.12. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

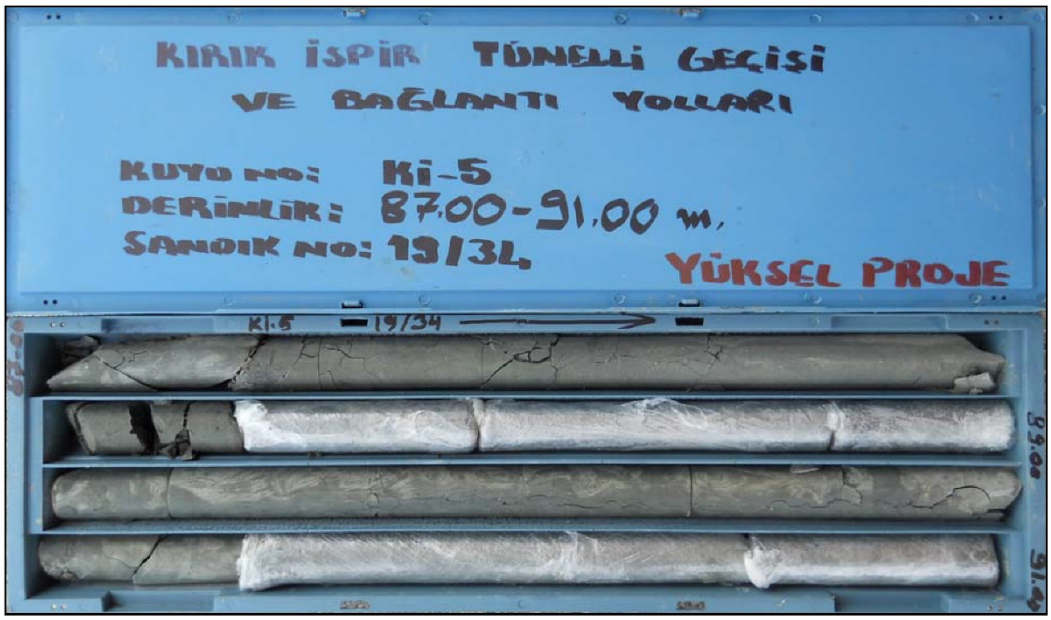
KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m

SANDIK NO : 17 / 34 **DERİNLİK :** 75.50 – 80.00 m

SANDIK NO : 18 / 34 **DERİNLİK :** 80.00 – 87.00 m

Şekil B.13. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m



SANDIK NO : 19 / 34 **DERİNLİK :** 87.00 – 91.00 m

SANDIK NO : 20 / 34 **DERİNLİK :** 91.00 – 96.00 m

Şekil B.14. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

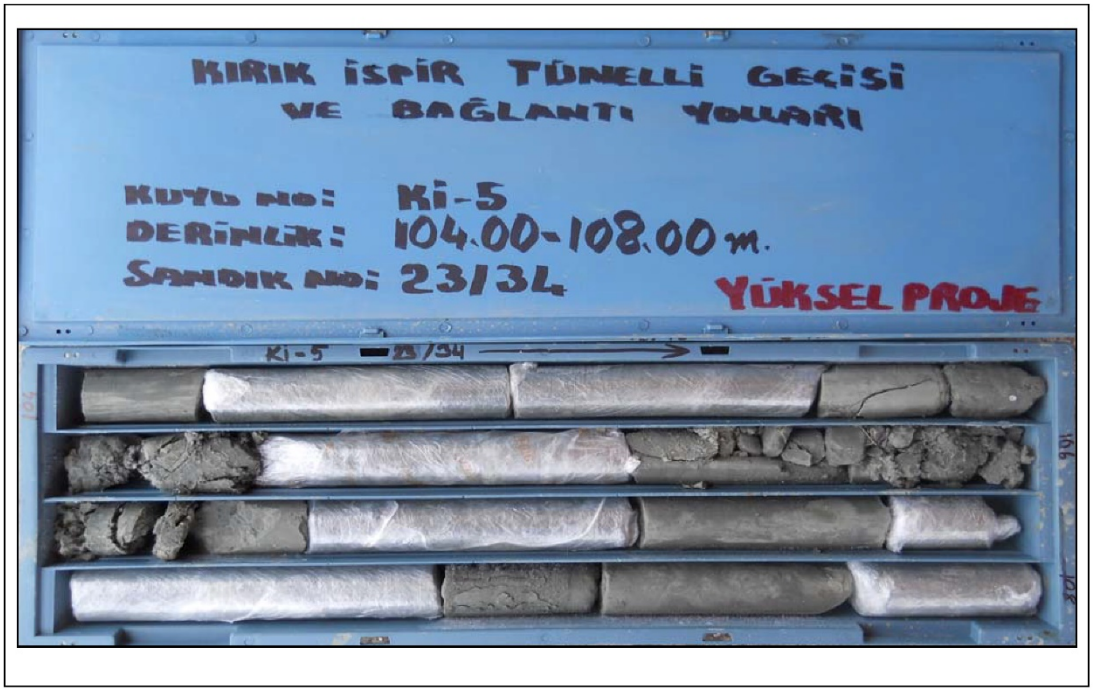
KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m

SANDIK NO : 21 / 34 **DERİNLİK :** 96.00 – 100.00 m

SANDIK NO : 22 / 34 **DERİNLİK :** 100.00 – 104.00 m

Şekil B.15. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m

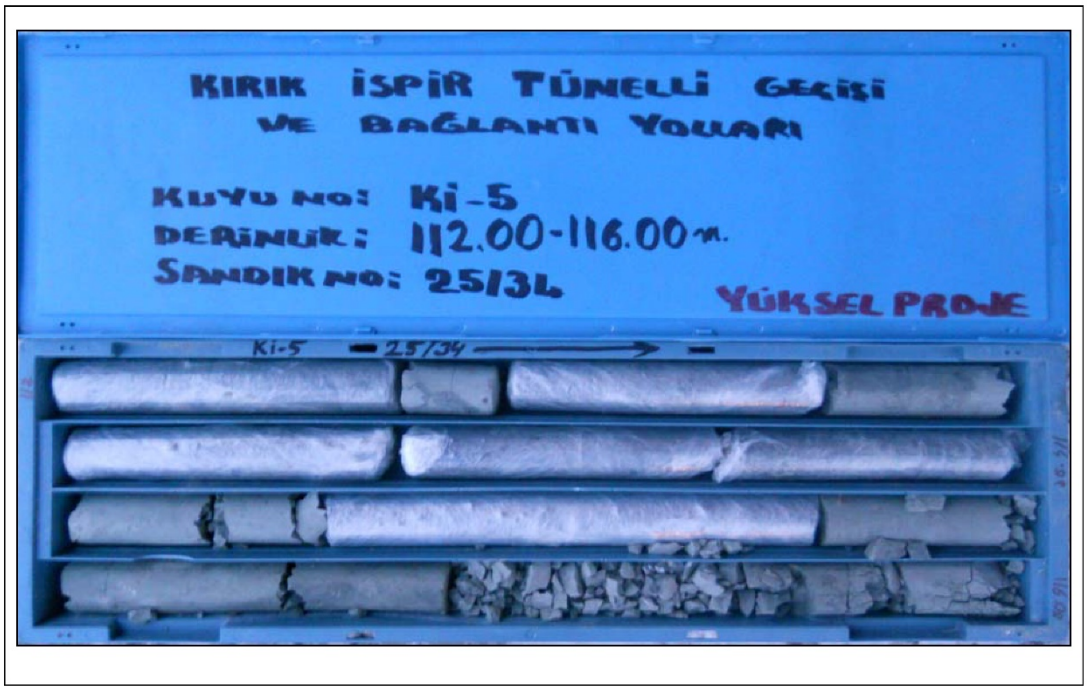


SANDIK NO : 23 / 34 **DERİNLİK :** 104.00 – 108.00 m

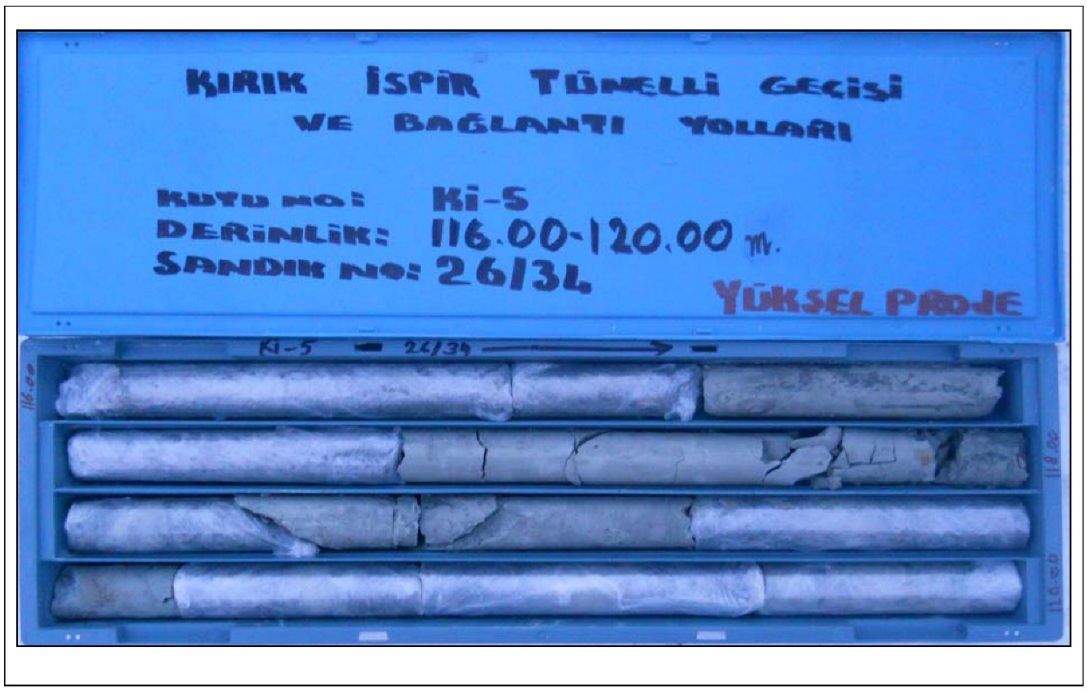
SANDIK NO : 24 / 34 **DERİNLİK :** 108.00 – 112.00 m

Şekil B.16. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m



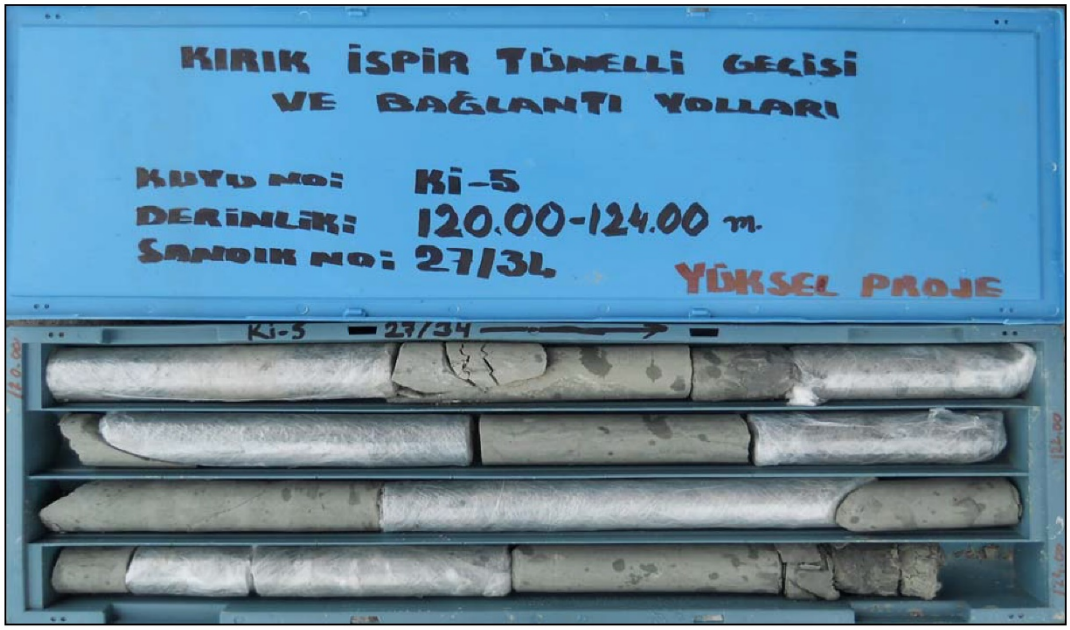
SANDIK NO : 25 / 34 **DERİNLİK :** 112.00 – 116.00 m



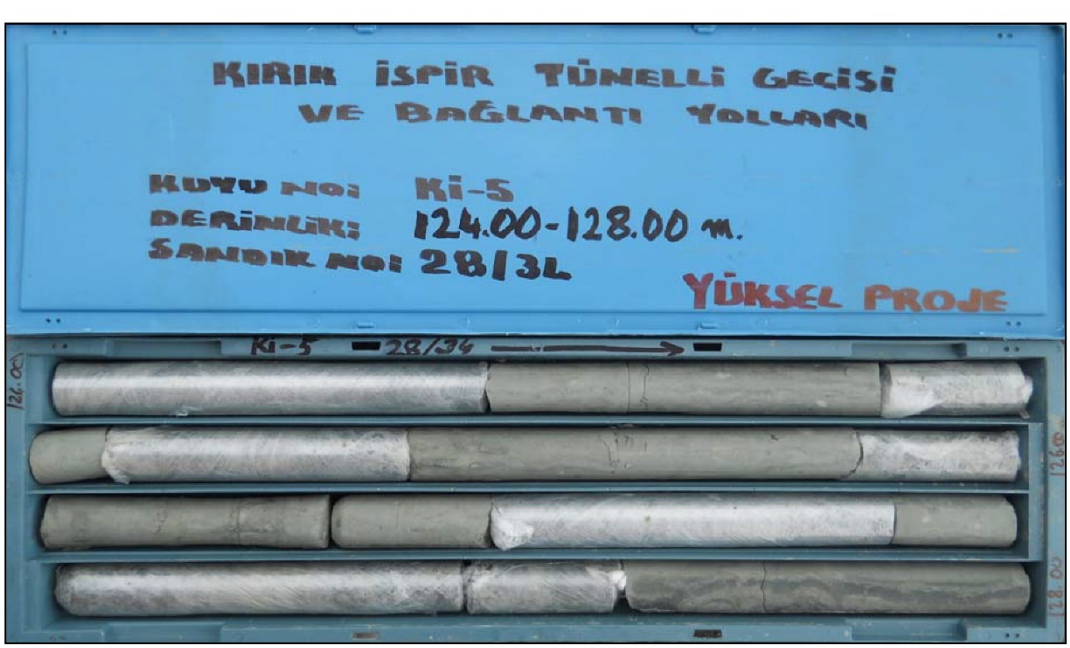
SANDIK NO : 26 / 34 **DERİNLİK :** 116.00 – 120.00 m

Şekil B.17. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m



SANDIK NO : 27 / 34 **DERİNLİK :** 120.00 – 124.00 m



SANDIK NO : 28 / 34 **DERİNLİK :** 124.00 – 128.00 m

Şekil B.18. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

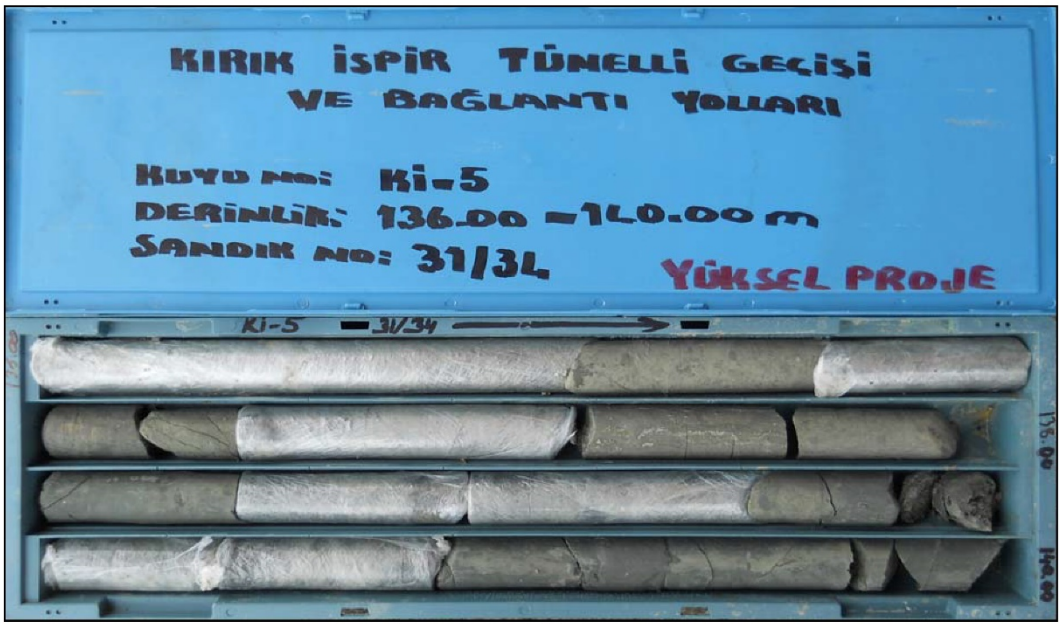
KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m

SANDIK NO : 29 / 34 **DERİNLİK :** 128.00 – 132.00 m

SANDIK NO : 30 / 34 **DERİNLİK :** 132.00 – 136.00 m

Şekil B.19. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m



SANDIK NO : 31 / 34 **DERİNLİK :** 136.00 – 140.00 m

SANDIK NO : 32 / 34 **DERİNLİK :** 140.00 – 144.00 m

Şekil B.20. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5
DERİNLİK: 150.00 m

SANDIK NO : 33 / 34 **DERİNLİK :** 144.00 – 148.00 m

SANDIK NO : 34 / 34 **DERİNLİK :** 148.00 – 150.00 m

Şekil B.21. Kİ-5 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 1 / 36 **DERİNLİK :** 0.00 – 15.00 m

SANDIK NO : 2 / 36 **DERİNLİK :** 15.00 – 28.00 m

Şekil B.22. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 3 / 36 **DERİNLİK :** 28.00 – 36.70 m

SANDIK NO : 4 / 36 **DERİNLİK :** 36.70 – 40.60 m

Şekil B.23. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 5 / 36 **DERİNLİK :** 40.60 – 45.40 m

SANDIK NO : 6 / 36 **DERİNLİK :** 45.40 – 58.80 m

Şekil B.24. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 7 / 36 **DERİNLİK :** 50.80 – 55.60 m

SANDIK NO : 8 / 36 **DERİNLİK :** 55.60 – 61.80 m

Şekil B.25. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

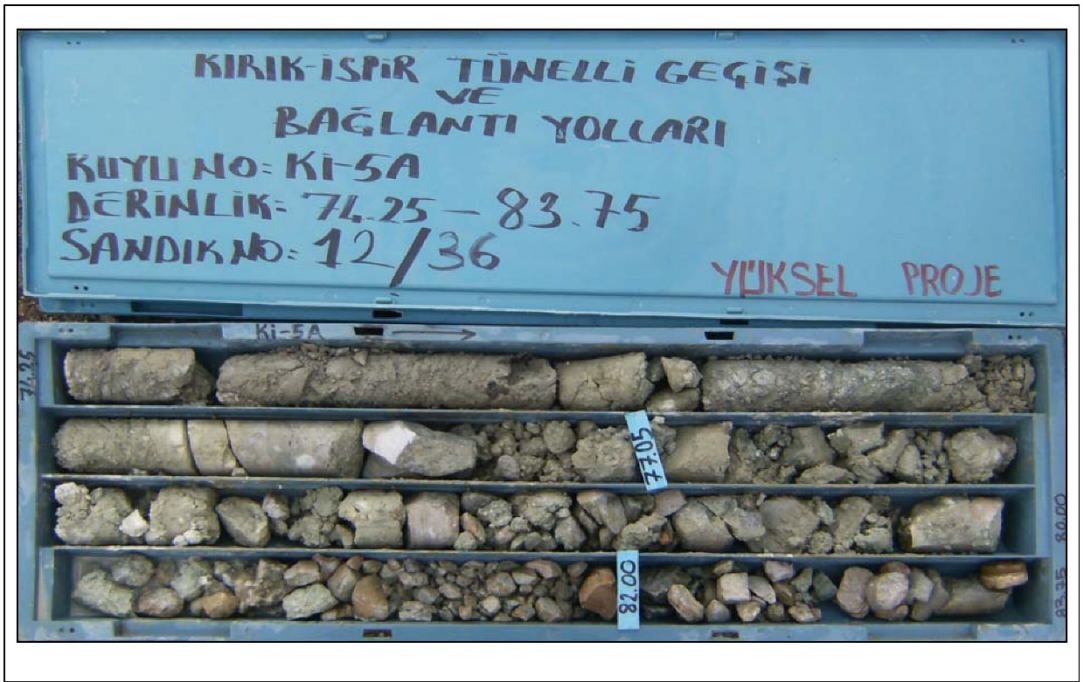
SANDIK NO : 9 / 36 **DERİNLİK :** 61.80 – 65.85 m

SANDIK NO : 10 / 36 **DERİNLİK :** 65.85 – 70.00 m

Şekil B.26. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 11 / 36 **DERİNLİK :** 70.00 – 74.25 m



SANDIK NO : 12 / 36 **DERİNLİK :** 74.25 – 83.75 m

Şekil B.27. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 13 / 36 **DERİNLİK :** 83.75 – 96.00 m

SANDIK NO : 14 / 36 **DERİNLİK :** 96.00 – 107.25 m

Şekil B.28. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 15 / 36 **DERİNLİK :** 107.25 – 118.50 m

SANDIK NO : 16 / 36 **DERİNLİK :** 118.50 – 126.00 m

Şekil B.29. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 17 / 36 **DERİNLİK :** 126.00 – 131.50 m

SANDIK NO : 18 / 36 **DERİNLİK :** 131.50 – 136.50 m

Şekil B.30. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 19 / 36 **DERİNLİK :** 136.50 – 141.60 m

SANDIK NO : 20 / 36 **DERİNLİK :** 141.60 – 146.60 m

Şekil B.31. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 21 / 36 **DERİNLİK :** 146.60 – 151.80 m

SANDIK NO : 22 / 36 **DERİNLİK :** 151.80 – 157.20 m

Şekil B.32. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 23 / 36 **DERİNLİK :** 157.20 – 162.10 m

SANDIK NO : 24 / 36 **DERİNLİK :** 162.10 – 167.10 m

Şekil B.33. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 25 / 36 **DERİNLİK :** 167.10 – 172.15 m

SANDIK NO : 26 / 36 **DERİNLİK :** 172.15 – 177.50 m

Şekil B.34. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 27 / 36 **DERİNLİK :** 177.50 – 182.80 m

SANDIK NO : 28 / 36 **DERİNLİK :** 182.80 – 187.80 m

Şekil B.35. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 29 / 36 **DERİNLİK :** 187.80 – 192.70 m

SANDIK NO : 30 / 36 **DERİNLİK :** 192.70 – 197.80 m

Şekil B.36. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 31 / 36 **DERİNLİK :** 197.80 – 203.00 m

SANDIK NO : 32 / 36 **DERİNLİK :** 203.00 – 213.50 m

Şekil B.37. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 33 / 36 **DERİNLİK :** 213.50 – 223.00 m

SANDIK NO : 34 / 36 **DERİNLİK :** 223.00 – 234.00 m

Şekil B.38. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 5A
DERİNLİK: 255.00 m

SANDIK NO : 35 / 36 **DERİNLİK :** 234.00 – 245.00 m

SANDIK NO : 36 / 36 **DERİNLİK :** 245.00 – 255.00 m

Şekil B.39. Kİ-5A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m

SANDIK NO : 1 / 32 **DERİNLİK :** 0.00 – 9.50 m

SANDIK NO : 2 / 32 **DERİNLİK :** 9.50 – 18.00 m

Şekil B.40. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m

SANDIK NO : 3 / 32 **DERİNLİK :** 18.00 – 24.00 m

SANDIK NO : 4 / 32 **DERİNLİK :** 24.00 – 30.00 m

Şekil B.41. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

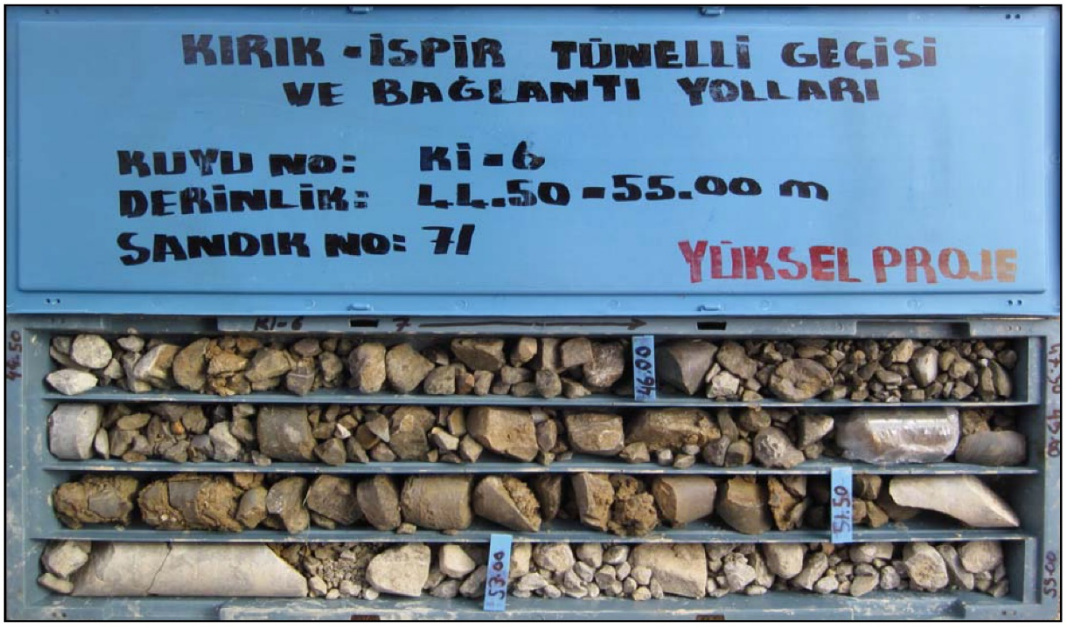
KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m

SANDIK NO : 5 / 32 **DERİNLİK :** 30.00 – 38.00 m

SANDIK NO : 6 / 32 **DERİNLİK :** 38.00 – 44.50 m

Şekil B.42. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m



SANDIK NO : 7 / 32 **DERİNLİK :** 44.50 – 55.00 m

SANDIK NO : 8 / 32 **DERİNLİK :** 55.00 – 61.00 m

Şekil B.43. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m

SANDIK NO : 9 / 32 **DERİNLİK :** 61.00 – 65.00 m

SANDIK NO : 10 / 32 **DERİNLİK :** 65.00 – 69.00 m

Şekil B.44. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m

SANDIK NO : 11 / 32 **DERİNLİK :** 69.00 – 73.00 m

SANDIK NO : 12 / 32 **DERİNLİK :** 73.00 – 77.50 m

Şekil B.45. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m

SANDIK NO : 13 / 32 **DERİNLİK :** 77.50 – 83.00 m

SANDIK NO : 14 / 32 **DERİNLİK :** 83.00 – 89.00 m

Şekil B.46. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m

SANDIK NO : 15 / 32 **DERİNLİK :** 89.00 – 94.00 m

SANDIK NO : 16 / 32 **DERİNLİK :** 94.00 – 99.00 m

Şekil B.47. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

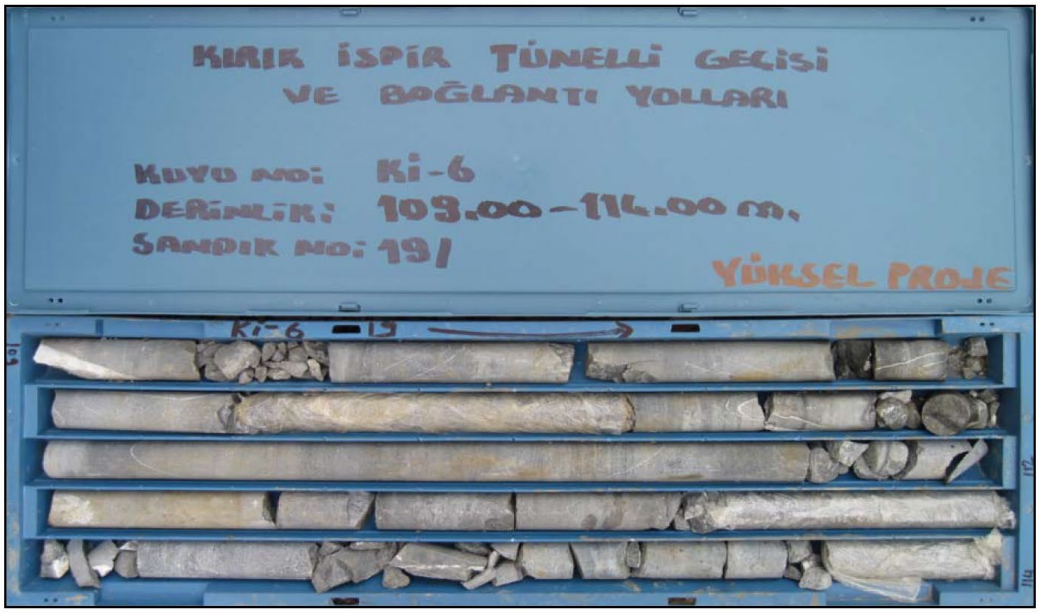
KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m

SANDIK NO : 17 / 32 **DERİNLİK :** 99.00 – 104.00 m

SANDIK NO : 18 / 32 **DERİNLİK :** 104.00 – 109.00 m

Şekil B.48. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m



SANDIK NO : 19 / 32 **DERİNLİK :** 109.00 – 114.00 m

SANDIK NO : 20 / 32 **DERİNLİK :** 114.00 – 119.00 m

Şekil B.49. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m

SANDIK NO : 21 / 32 **DERİNLİK :** 119.00 – 124.00 m

SANDIK NO : 22 / 32 **DERİNLİK :** 124.00 – 129.00 m

Şekil B.50. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m

SANDIK NO : 23 / 32 **DERİNLİK :** 129.00 – 134.00 m

SANDIK NO : 24 / 32 **DERİNLİK :** 134.00 – 139.00 m

Şekil B.51. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m

SANDIK NO : 25 / 32 **DERİNLİK :** 139.00 – 144.00 m

SANDIK NO : 26 / 32 **DERİNLİK :** 144.00 – 149.00 m

Şekil B.52. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m

SANDIK NO : 27 / 32 **DERİNLİK :** 149.00 – 154.00 m

SANDIK NO : 28 / 32 **DERİNLİK :** 154.00 – 159.00 m

Şekil B.53. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m

SANDIK NO : 29 / 32 **DERİNLİK :** 159.00 – 164.00 m

SANDIK NO : 30 / 32 **DERİNLİK :** 164.00 – 169.00 m

Şekil B.54. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6
DERİNLİK: 180.00 m

SANDIK NO : 31 / 32 **DERİNLİK :** 169.00 – 174.00 m

SANDIK NO : 32 / 32 **DERİNLİK :** 174.00 – 180.00 m

Şekil B.55. Kİ-6 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6A
DERİNLİK: 40.00 m

SANDIK NO : 1 / 4 **DERİNLİK :** 0.00 – 12.30 m

SANDIK NO : 2 / 4 **DERİNLİK :** 12.30 – 20.50 m

Şekil B.56. Kİ-6A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 6A
DERİNLİK: 40.00 m

SANDIK NO : 3 / 4 **DERİNLİK :** 20.50 – 32.50 m

SANDIK NO : 4 / 4 **DERİNLİK :** 32.50 – 40.00 m

Şekil B.57. Kİ-6A nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 7
DERİNLİK: 43.00 m

SANDIK NO : 1 / 5 **DERİNLİK :** 1.95 – 13.95 m

SANDIK NO : 2 / 5 **DERİNLİK :** 13.95 – 27.00 m

Şekil B.58. Kİ-7 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 7
DERİNLİK: 43.00 m

SANDIK NO : 3 / 5 **DERİNLİK :** 27.00 – 33.50 m

SANDIK NO : 4 / 5 **DERİNLİK :** 33.50 – 42.00 m

Şekil B.59. Kİ-7 nolu sondaj karot fotoğrafları

KUYU NO : Kİ – 7
DERİNLİK: 43.00 m

SANDIK NO : 5 / 5 **DERİNLİK :** 42.00 – 43.00 m

Şekil B.60. Kİ-7 nolu sondaj karot fotoğrafları

Ek-C: LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI

YÜKSEL PROJE

Zemin - Kaya Mekaniği Test Laboratuvarı

Birlik Mahallesi 450. Cadde No: 23 Çankaya 06610 ANKARA
Tel : (312) 495 70 00 (pbx) Faks : (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

659
12,11

ZEMİN MEKANİĞİ DENEY SONUÇLARI RAPORU

Müşteri / Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELİ GEÇİŞİ
Adres :
Numune Kabul Tarihi : 28.11.2011
Rapor Sayfa Sayısı : 1/1

Mühür / Kaşe	Tarih	Deney Personeli (isim / imza)	Laboratuvar Şefi (isim / imza)
	01.12.2011	Y.YILMAZ	

DENEY SONUÇLARI : Deney sonuçları, sadece deneyi yapılan numunelere aittir

NUMUNENİN			Wn	en	γ_n	γ_s	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ		ZEMİN SINIFI (USCS)	SERBEST BASINÇ DENEYİ	ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ	
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	%		kN/m³		LL %	PL %	PI	+4 %	-200 %		qu kPa	C kPa	Ø derece
KI-3	SPT-1	1,50-1,95	22,5				-	NP	-	51,8	26,1	GM			
	SPT-2	3,00-3,45	17,4				-	NP	-	48,3	19,4	GM			
	SPT-3	4,50-4,95	16,8				-	NP	-	53,3	15,6	GM			
	SPT-4	6,00-6,40	16,7				-	NP	-	63,2	11,8	GP-GM			
	SPT-5	7,50-7,95	19,0				-	NP	-	29,3	24,6	SM			
	SPT-6	9,00-9,45	19,8				-	NP	-	43,5	18,7	GM			
	SPT-7	10,50-10,95	46,9				-	NP	-	46,6	29,2	GM			
	SPT-8	12,00-12,11	22,3				-	NP	-	61,0	7,5	GP-GM			
	SPT-9	13,50-13,95	22,2				-	NP	-	43,2	14,3	GM			
	SPT-10	15,00-15,45	22,9				-	NP	-	27,9	23,6	SM			
	SPT-11	16,50-16,95	25,4				-	NP	-	18,4	43,5	SM			
	SPT-12	18,00-18,10	14,8				-	NP	-	30,4	38,7	SM			
	SPT-13	22,50-22,60	15,2				-	NP	-	39,8	28,9	GM			
DENEY METODU			TS 1900 - 1 ve TS 1900 - 2												

AÇIKLAMA:

ZEML-FR-24 / REV00

Bu rapor, Laboratuarımızın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Testing reports without signature are not valid.

Şekil C.1. Zemin mekaniği deney sonuçları

YÜKSEL PROJE

Zemin - Kaya Mekaniği Test Laboratuvarı

Birlik Mahallesi 450. Cadde No: 23 Çankaya 06610 ANKARA
Tel : (312) 495 70 00 (pbx) Faks : (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

656
12,11

ZEMİN MEKANİĞİ DENEY SONUÇLARI RAPORU

Müşteri / Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELİ GEÇİŞİ
Adres :
Numune Kabul Tarihi : 28.11.2011
Rapor Sayfa Sayısı : 1/1

Mühür / Kaşe	Tarih	Deney Personeli (isim / imza)	Laboratuvar Şefi (isim / imza)
	01.12.2011	Y.YILMAZ	

DENEY SONUÇLARI : Deney sonuçları, sadece deneyi yapılan numunelere aittir

NUMUNENİN			Wn	en	γ_n	γ_s	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ		ZEMİN SINIFI (USCS)	SERBEST BASINÇ DENEYİ	ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ	
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	%		kN/m³		LL %	PL %	PI	+4 %	-200 %		qu kPa	C kPa	Ø derece
Kİ-4	SPT-1	1,50-1,95	21,7				50,5	24,8	25,7	11,6	65,5	CH			
	SPT-2	3,00-3,25	11,7				-	NP	-	53,5	10,3	GP-GM			
	SPT-3	4,50-4,55	7,2				-	NP	-	81,9	2,9	GP			
	SPT-4	6,00-6,45	21,3				40,8	24,2	16,6	5,8	39,2	SC			
	SPT-5	7,50-7,77	17,5				42,6	22,7	19,9	6,5	30,5	SC			
	SPT-6	9,00-9,25	15,2				34,1	21,1	13,0	2,9	26,5	SC			
	SPT-7	10,50-10,90	27,3				36,4	22,1	14,3	20,2	42,2	SC			
DENEY METODU			TS 1900 - 1 ve TS 1900 - 2												

AÇIKLAMA:

Bu rapor, Laboratuarımızın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mührsüz raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Testing reports without signature are not valid.

Şekil C.2. Zemin mekaniği deney sonuçları

YÜKSEL PROJE

Zemin - Kaya Mekaniği Test Laboratuvarı

Birlik Mahallesi 450. Cadde No: 23 Çankaya 06610 ANKARA
Tel : (312) 495 70 00 (pbx) Faks : (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

349
07.12

ZEMİN MEKANİĞİ DENEY SONUÇLARI RAPORU

Müşteri / Proje Adı : KIRIK-İSPİR KARAYOLU
Adres :
Numune Kabul Tarihi : 02.07.2012
Rapor Sayfa Sayısı : 1/1

Mühür / Kaşe	Tarih	Deney Personeli (isim / imza)	Laboratuvar Şefi (isim / imza)
YÜKSEL PROJE	04.07.2012	M.ÇETİNKAYA	

DENEY SONUÇLARI : Deney sonuçları, sadece deneyi yapılan numunelere aittir

NUMUNENİN			Wn	en	γ_n	γ_s	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ		ZEMİN SINIFI (USCS)	SERBEST BASINÇ DENEYİ	ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ	
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	%		kN/m^3		LL %	PL %	PI	+4 %	-200 %		qu kPa	C kPa	Ø derece
Kİ-6A	SPT-1	16,50-16,84	6,5				-	NP	-	54,3	19,8	GM			
DENEY METODU			TS 1900 - 1 ve TS 1900 - 2												

AÇIKLAMA:

Bu rapor, Laboratuarımızın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mührüsüz raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Testing reports without signature are not valid.

Şekil C.3. Zemin mekaniği deney sonuçları

YÜKSEL PROJE

Zemin - Kaya Mekaniği Test Laboratuvarı

Birlik Mahallesi 450. Cadde No: 23 Çankaya 06610 ANKARA
Tel : (312) 495 70 00 (pbx) Faks : (312) 495 70 24
www.yukselproje.com.tr

584	
10,11	

ZEMİN MEKANİĞİ DENEY SONUÇLARI RAPORU

Müşteri / Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELİ GEÇİŞİ
Adres :
Numune Kabul Tarihi : 26.10.2011
Rapor Sayfa Sayısı : 1/1

Mühür / Kaşe	Tarih	Deney Personeli (isim / imza)	Laboratuvar Şefi (isim / imza)
	31.10.2011	Y.YILMAZ	M.EROL

DENEY SONUÇLARI : Deney sonuçları, sadece deneyi yapılan numunelere aittir

NUMUNENİN			Wn	en	γ_n	γ_s	ATTERBERG LİMİTLERİ			ELEK ANALİZİ		ZEMİN SINIFI (USCS)	SERBEST BASINÇ DENEYİ	ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ	
SONDAJ NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	%		kN/m³		LL %	PL %	PI	+4 %	-200 %		qu kPa	C kPa	Ø derece
Kİ-7	SPT-1	1,50-1,95	11,1				-	NP	-	52,4	19,4	GM			
	SPT-2	3,00-3,25	10,1				-	NP	-	40,3	16,7	SM			
	SPT-3	4,50-4,95	7,6				28,5	17,9	10,6	61,8	13,8	GC			
	SPT-4	6,00-6,25	11,8				-	NP	-	44,6	19,9	GM			
	SPT-5	7,50-7,95	14,1				-	NP	-	48,0	25,2	GM			
	SPT-6	9,00-9,45	12,1				-	NP	-	44,6	21,9	GM			
	SPT-7	10,50-10,58	11,8				-	NP	-	37,7	19,0	SM			
	SPT-8	12,00-12,45	10,3				-	NP	-	54,7	14,2	GM			
	SPT-9	13,50-13,95	8,6				-	NP	-	58,9	11,9	GP-GM			
	SPT-10	15,00-15,28	9,6				28,5	17,9	10,6	55,5	18,8	GC			
	SPT-11	16,50-16,60	8,7				-	NP	-	49,8	16,9	GM			
	SPT-12	18,00-18,12	13,1				-	NP	-	47,2	18,6	GM			
	SPT-13	19,50-19,95	8,5				-	NP	-	47,2	14,3	GM			
	SPT-14	21,00-21,12	8,9				-	NP	-	44,8	14,6	GM			
	SPT-15	22,50-22,60	11,7				-	NP	-	26,5	26,7	SM			
	SPT-16	24,00-24,10	11,5				-	NP	-	50,6	13,8	GM			
DENEY METODU			TS 1900 - 1 ve TS 1900 - 2												

AÇIKLAMA:

Bu rapor, Laboratuarımızın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mührsüz raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Testing reports without signature are not valid.

Şekil C.4. Zemin mekaniği deney sonuçları

YÜKSEL PROJE
Zemin-Kaya Mekaniği Laboratuvarı

KAYA MEKANİĞİ DENEY SONUÇLARI

PROJE ADI:KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİSİ

KUYU NO.	DERİNLİK (m.)	SU İÇERİĞİ %	SU EMME %	BİRİM HACİM AĞIRLIK (gr/cm^3)	NOKTA YÜKLEME İNDEKSİ	TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI σ_u (MPa)	ELASTİSİTE MODÜLÜ (Gpa)	ÜÇEKSENLİ BASINÇ DAYANIMI		SUDA AYRIŞMA DAYANIKLILIĞI İNDEKSİ
								C	Θ	
Kİ-5	53,50-53,85			1,99		0,8				
	70,10-70,45			1,80		0,7				
	79,65-79,95			1,91		0,4				
	88,45-88,80			1,63		0,5				
	99,20-99,55			2,03		0,6				
	107,00-107,40			2,08		0,7				
	110,30-110,60			2,07		0,8				
	113,35-113,65			1,96		0,5				
	124,00-124,45			1,84		0,6				
	125,10-125,40			2,04		0,8				
	126,45-126,85			2,07		1,0				
	134,60-134,90			2,06		1,1				
	135,45-135,70			2,04		0,8				
	137,20-137,55			1,99		0,7				
	138,45-138,75			1,99		0,9				
	142,40-142,65			1,92		0,4				
	145,45-145,70			2,02		0,2				
	145,70-146,00			1,96		0,2				
	149,50-149,80			1,87		0,03				
Kİ-6	19,00-19,20			2,79		117,7	34,5			
	60,30-60,50			2,79		75,9				
	63,40-63,65			2,83		112,1	43,7			
	68,05-68,30			2,81		97,3				
	77,00-77,35			2,67		50,3	4,1			
	83,55-83,75			2,61		13,4				

ZEML-FR-62 / REV00

Şekil C.5. Kaya mekaniği deney sonuçları

YÜKSEL PROJE
Zemin-Kaya Mekaniği Laboratuvarı

KAYA MEKANİĞİ DENEY SONUÇLARI

PROJE ADI:KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİSİ

KUYU NO.	DERİNLİK (m.)	SU İÇERİĞİ %	SU EMME %	BİRİM HACİM AĞIRLIK (gr/cm^3)	NOKTA YÜKLEME İNDEKSİ	TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI σ_u (MPa)	ELASTİSİTE MODÜLÜ (Gpa)	ÜÇEKSENLİ BASINÇ DAYANIMI		SUDA AYRIŞMA DAYANIKLILIĞI İNDEKSİ
								C	Θ	
Kİ-6	93,10-93,40			2,63		61,4	29,6			
	97,00-97,30			2,60		52,6				
	101,00-101,25			2,64		96,9	31,6			
	107,25-107,65			2,63		34,2				
	112,70-113,00			2,6		60,7	12,9			
	116,15-116,65			2,61		22,7				
	120,30-120,70			2,63		80,6	37,2			
	128,35-128,65			2,55		13,9				
	131,60-131,90			2,68		99,3	30,7			
	141,05-141,40			2,66		48,5				
	146,70-147,00			2,66		124,6	27,1			
	149,22-149,47			2,66		51,5				
	152,45-152,80			2,68		82,6	39,4			
	153,50-153,75			2,66		55	28,1			
	154,00-154,35			2,67		110,3	34,9			
	156,30-156,70			2,65		97,5	29,9			
	157,15-157,50			2,54		21,4				
	159,55-159,85			2,64		84,9	41,9			
	162,30-162,60			2,65		146,6	36,2			
	163,55-163,80			2,66		134,5	76,6			
	164,00-164,30			2,65		109,6	41,9			
	166,40-166,65			2,66		123,5	43,6			
	167,25-167,50			2,63		32,3	15,5			
	170,50-170,90			2,65		75,8	28,7			
	172,00-172,25			2,63		60,2	16,8			
	174,30-174,70			2,65		106,7	37,1			

ZEML-FR-62 / REV00

Şekil C.6. Kaya mekaniği deney sonuçları

YÜKSEL PROJE
Zemin-Kaya Mekaniği Laboratuvarı

KAYA MEKANİĞİ DENEY SONUÇLARI

PROJE ADI:KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİSİ

KUYU NO.	DERİNLİK (m.)	SU İÇERİĞİ %	SU EMME %	BİRİM HACİM AĞIRLIK (gr/cm^3)	NOKTA YÜKLEME İNDEKSİ	TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI σ_u (MPa)	ELASTİSİTE MODÜLÜ (Gpa)	ÜÇEKSENLİ BASINÇ DAYANIMI		SUDA AYRIŞMA DAYANIKLILIĞI İNDEKSİ
								C	Θ	
Kİ-6	175,00-175,35			2,65		100,1	37,2			
	177,65-178,00			2,67		63,7				

ZEML-FR-62 / REV00

Şekil C.7. Kaya mekaniği deney sonuçları

YÜKSEL PROJE
Zemin-Kaya Mekaniği Laboratuvarı

KAYA MEKANİĞİ DENEY SONUÇLARI

PROJE ADI:KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİSİ

KUYU NO.	DERİNLİK (m.)	SU İÇERİĞİ %	SU EMME %	BİRİM HACİM AĞIRLIK (gr/cm^3)	NOKTA YÜKLEME İNDEKSİ	TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI σ_u (MPa)	ELASTİSİTE MODÜLÜ (Gpa)	ÜÇEKSENLİ BASINÇ DAYANIMI		SUDA AYRIŞMA DAYANIKLILIĞI İNDEKSİ
								C	Θ	
Kİ-5/A	48,80-49,00			1,96		1				
	56,60-56,80			2,28		1,8				
	126,70-127,00			2,33		4,5	0,4			
	140,05-140,30			2,54		7,9	0,7			
	144,05-144,20			2,36		2,6	0,1			
	155,45-155,80			2,40		5,6	1,5			
	162,40-162,65			2,19		1,6	0,1			
	189,70-189,90			2,64		9,9	1,6			
Kİ-6/A	35,10-35,30			2,62		69,1	25,1			
	36,55-36,75			2,53		47,4	8,5			
Kİ-15/A	10,50-10,68			2,66		141,9				
	11,60-11,80			2,63		44,7				
	13,20-13,25			2,60		18,9				
Kİ-17/A	13,50-13,65			2,58		22,3				

ZEML-FR-62 / REV00

Şekil C.8. Kaya mekaniği deney sonuçları

Ek-D: BASINÇLI SU TESTİ DENEY SONUÇLARI

BASINÇLI SU DENEYİ SONUÇ FORMU

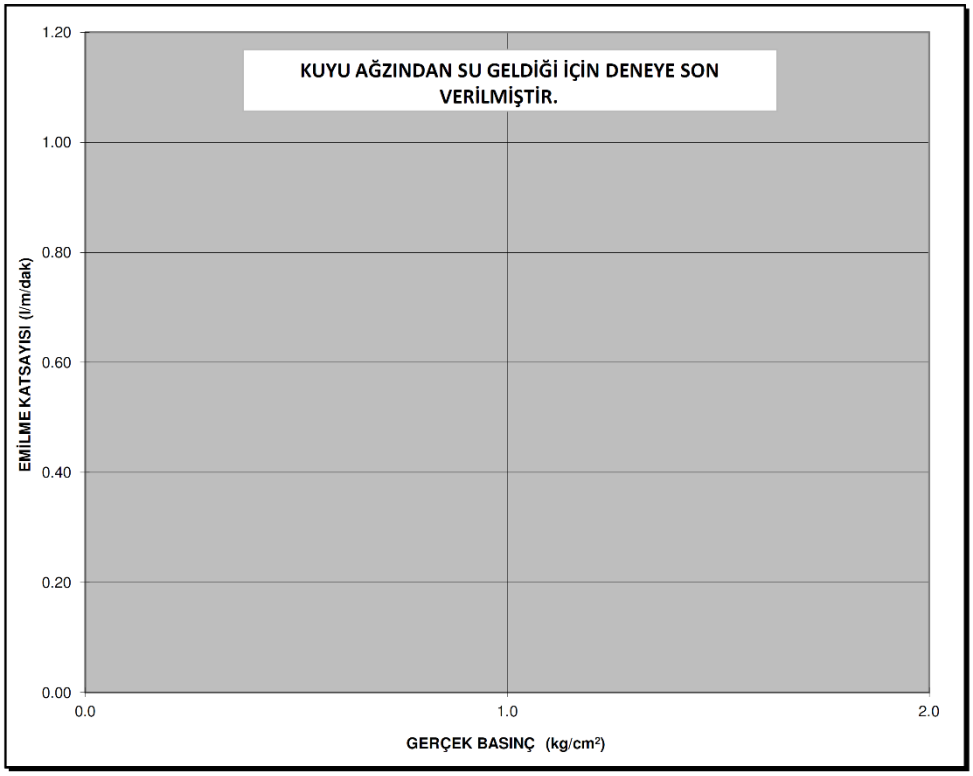
TARİH : 31.10.2011

PROJE ADI : **KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI**
KUYU NO : **KI-05**

KUYU KOTU : 2121.31 m.
MANOMETRE YÜKSEKLİĞİ : 0.80 m.
YASS DERİNLİĞİ : 4.30 m.
DENEY ZONU BAŞI : 122.00 m.
DENEY ZONU SONU : 126.00 m.
KADEME BOYU : 4.00 m.

GERÇEK LUGEON BİRİMİ Lu =

Deneye başlamadan önceki manometre ve YAS seviye kotu (Metre)	Pm Manometre Basıncı (kg/cm^2)	T Deney Süresi (dakika)	Qk Toplam su kaçağı (Litre)	H / 10 Statik yük (kg/cm^2)	Pc Toplamyük kaybı (kg/cm^2)	Pe Pm+(H/10)-Pc Gerçek Basınç (kg/cm^2)	k Emilme Katsayısı (L / m / dak)
Deney kotu+Man.yük.	3.00	10.00					
2122.11	6.00	10.00					
Kuyu kotu-YAS der.	10.00	10.00					
2117.01	6.00	10.00					
A-B	3.00	10.00					
5.10							
Kuyu Kotu							
2121.31							



Şekil D.1. Basınçlı su deneyi sonuçları

BASINÇLI SU DENEYİ SONUÇ FORMU

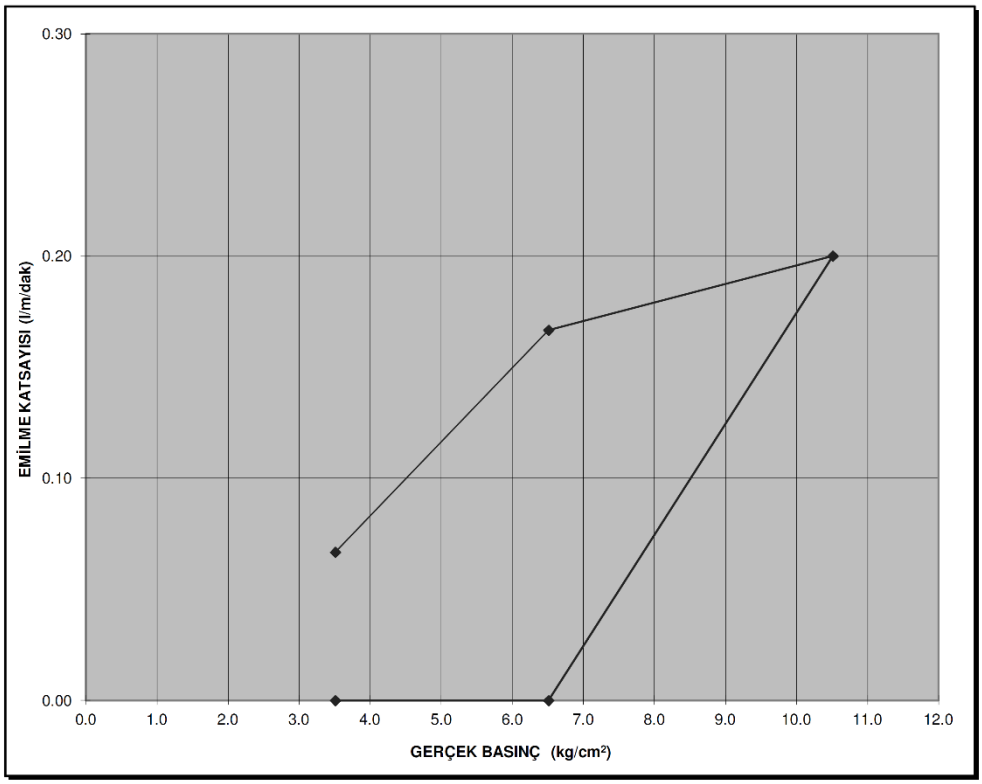
TARİH : 01.11.2011

PROJE ADI : **KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI**
KUYU NO : **KI-05**

KUYU KOTU : 2121.31 m.
MANOMETRE YÜKSEKLİĞİ : 0.80 m.
YASS DERİNLİĞİ : 4.30 m.
DENEY ZONU BAŞI : 127.00 m.
DENEY ZONU SONU : 130.00 m.
KADEME BOYU : 3.00 m.

GERÇEK LUGEON BİRİMİ	Lu =	0.20
GEÇİRİMSİZ		

Deneye başlamadan önceki manometre ve YAS seviye kotu (Metre)	Pm Manometre Basıncı (kg/cm^2)	T Deney Süresi (dakika)	Qk Toplam su kaçağı (Litre)	H / 10 Statik yük (kg/cm^2)	Pc Toplamyük kaybı (kg/cm^2)	Pe Pm+(H/10)-Pc Gerçek Basınç (kg/cm^2)	k Emilme Katsayısı (L / m / dak)
Deney kotu+Man.yük.	3.00	10.00	2.00	0.51	0.00	3.51	0.07
2122.11	6.00	10.00	5.00	0.51	0.00	6.51	0.17
Kuyu kotu-YAS der.	10.00	10.00	6.00	0.51	0.00	10.51	0.20
2117.01	6.00	10.00	0.00	0.51	0.00	6.51	0.00
A-B	3.00	10.00	0.00	0.51	0.00	3.51	0.00
5.10							
Kuyu Kotu							
2121.31							



Şekil D.2. Basınçlı su deneyi sonuçları

BASINÇLI SU DENEYİ SONUÇ FORMU

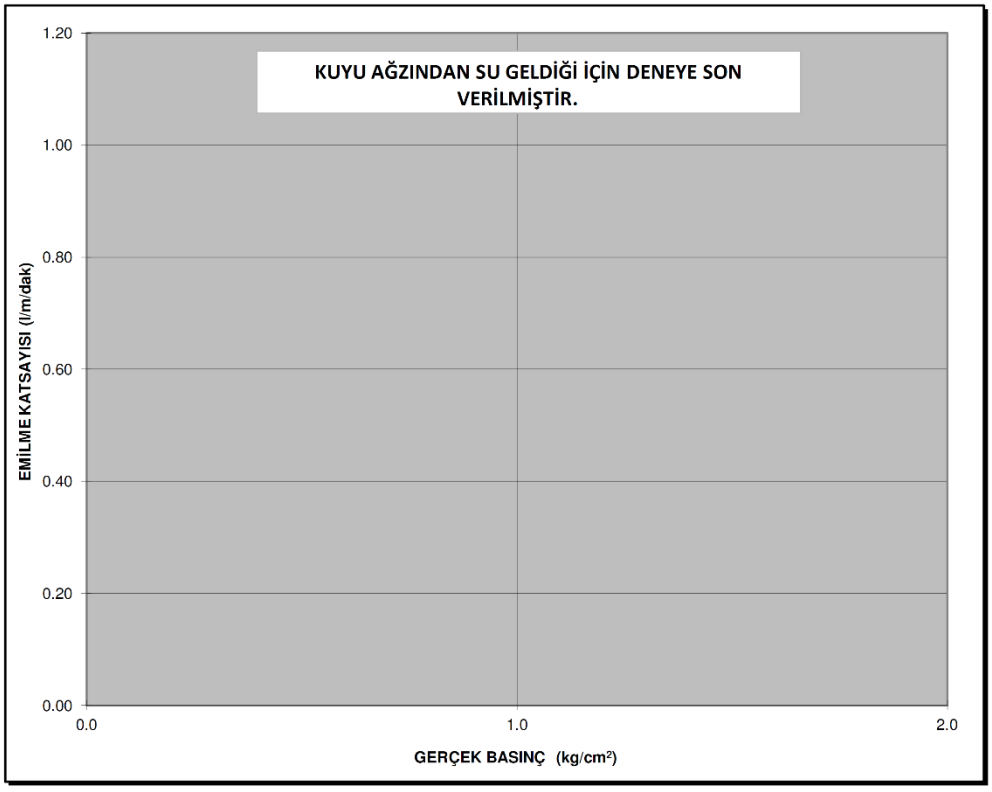
TARİH : 01.11.2011

PROJE ADI : **KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI**
KUYU NO : **KI-05**

KUYU KOTU : 2121.31 m.
MANOMETRE YÜKSEKLİĞİ : 0.80 m.
YASS DERİNLİĞİ : 4.30 m.
DENEY ZONU BAŞI : 132.00 m.
DENEY ZONU SONU : 135.00 m.
KADEME BOYU : 3.00 m.

GERÇEK LUGEON BİRİMİ Lu =

Deneye başlamadan önceki manometre ve YAS seviye kotu (Metre)	Pm Manometre Basıncı (kg/cm^2)	T Deney Süresi (dakika)	Qk Toplam su kaçağı (Litre)	H / 10 Statik yük (kg/cm^2)	Pc Toplamyük kaybı (kg/cm^2)	Pe Pm+(H/10)-Pc Gerçek Basınç (kg/cm^2)	k Emilme Katsayısı (L / m / dak)
Deney kotu+Man.yük. 2122.11	3.00	10.00					
	6.00	10.00					
Kuyu kotu-YAS der. 2117.01	10.00	10.00					
	6.00	10.00					
A-B 5.10	3.00	10.00					
Kuyu Kotu 2121.31							



Şekil D.3. Basınçlı su deneyi sonuçları

BASINÇLI SU DENEYİ SONUÇ FORMU

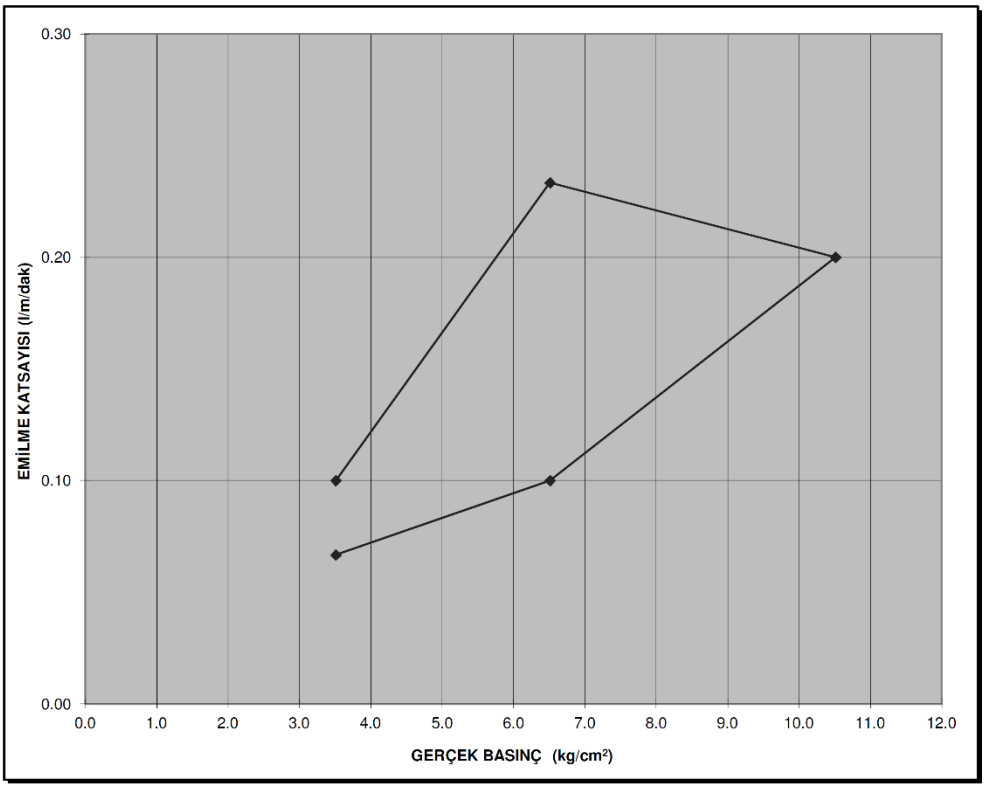
TARİH : 02.11.2011

PROJE ADI : **KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI**
KUYU NO : **KI-05**

KUYU KOTU : 2121.31 m.
MANOMETRE YÜKSEKLİĞİ : 0.80 m.
YASS DERİNLİĞİ : 4.30 m.
DENEY ZONU BAŞI : 137.00 m.
DENEY ZONU SONU : 140.00 m.
KADEME BOYU : 3.00 m.

GERÇEK LUGEON BİRİMİ	Lu =	0.20
GEÇİRİMSİZ		

Deneye başlamadan önceki manometre ve YAS seviye kotu (Metre)	Pm Manometre Basıncı (kg/cm^2)	T Deney Süresi (dakika)	Qk Toplam su kaçağı (Litre)	H / 10 Statik yük (kg/cm^2)	Pc Toplamyük kaybı (kg/cm^2)	Pe Pm+(H/10)-Pc Gerçek Basınç (kg/cm^2)	k Emilme Katsayısı (L / m / dak)
Deney kotu+Man.yük.	3.00	10.00	3.00	0.51	0.00	3.51	0.10
2122.11	6.00	10.00	7.00	0.51	0.00	6.51	0.23
Kuyu kotu-YAS der.	10.00	10.00	6.00	0.51	0.00	10.51	0.20
2117.01	6.00	10.00	3.00	0.51	0.00	6.51	0.10
A-B	3.00	10.00	2.00	0.51	0.00	3.51	0.07
5.10							
Kuyu Kotu							
2121.31							



Şekil D.4. Basınçlı su deneyi sonuçları

BASINÇLI SU DENEYİ SONUÇ FORMU

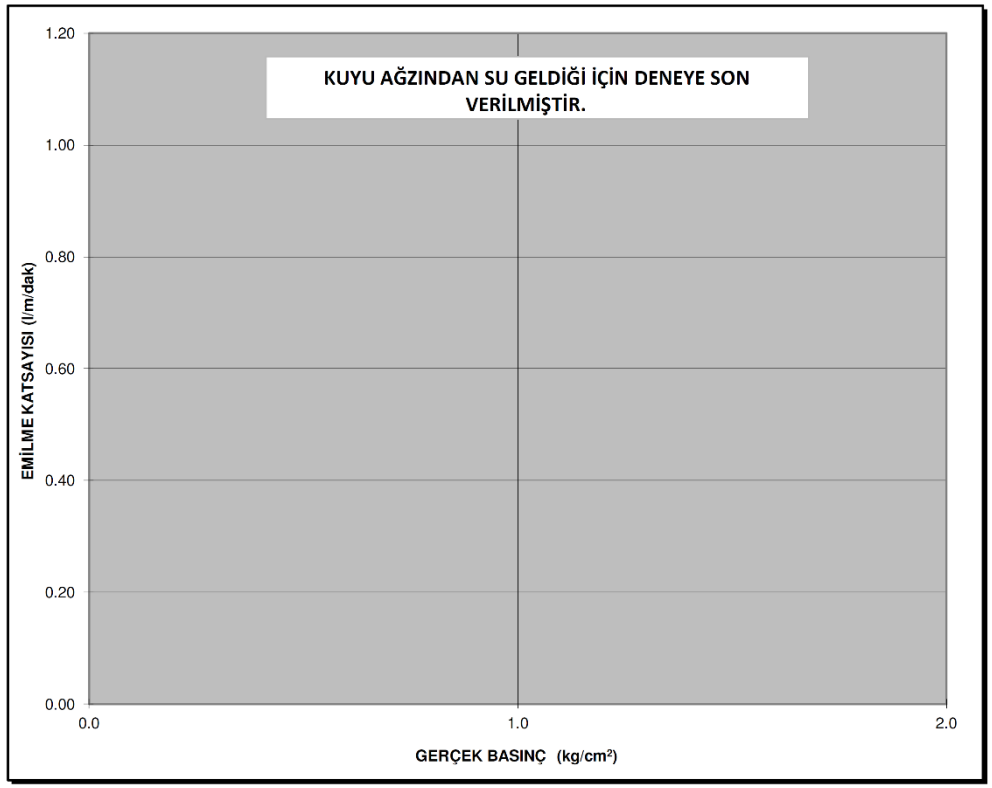
TARİH : 02.11.2011

PROJE ADI : **KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI**
KUYU NO : **KI-05**

KUYU KOTU : 2121.31 m.
MANOMETRE YÜKSEKLİĞİ : 0.80 m.
YASS DERİNLİĞİ : 4.30 m.
DENEY ZONU BAŞI : 132.00 m.
DENEY ZONU SONU : 135.00 m.
KADEME BOYU : 3.00 m.

GERÇEK LUGEON BİRİMİ Lu =

Deneye başlamadan önceki manometre ve YAS seviye kotu (Metre)	Pm Manometre Basıncı (kg/cm^2)	T Deney Süresi (dakika)	Qk Toplam su kaçağı (Litre)	H / 10 Statik yük (kg/cm^2)	Pc Toplamyük kaybı (kg/cm^2)	Pe Pm+(H/10)-Pc Gerçek Basınç (kg/cm^2)	k Emilme Katsayısı (L / m / dak)
Deney kotu+Man.yük. 2122.11	3.00	10.00					
	6.00	10.00					
Kuyu kotu-YAS der. 2117.01	10.00	10.00					
	6.00	10.00					
A-B 5.10	3.00	10.00					
Kuyu Kotu 2121.31							



Şekil D.5. Basınçlı su deneyi sonuçları

BASINÇLI SU DENEYİ SONUÇ FORMU

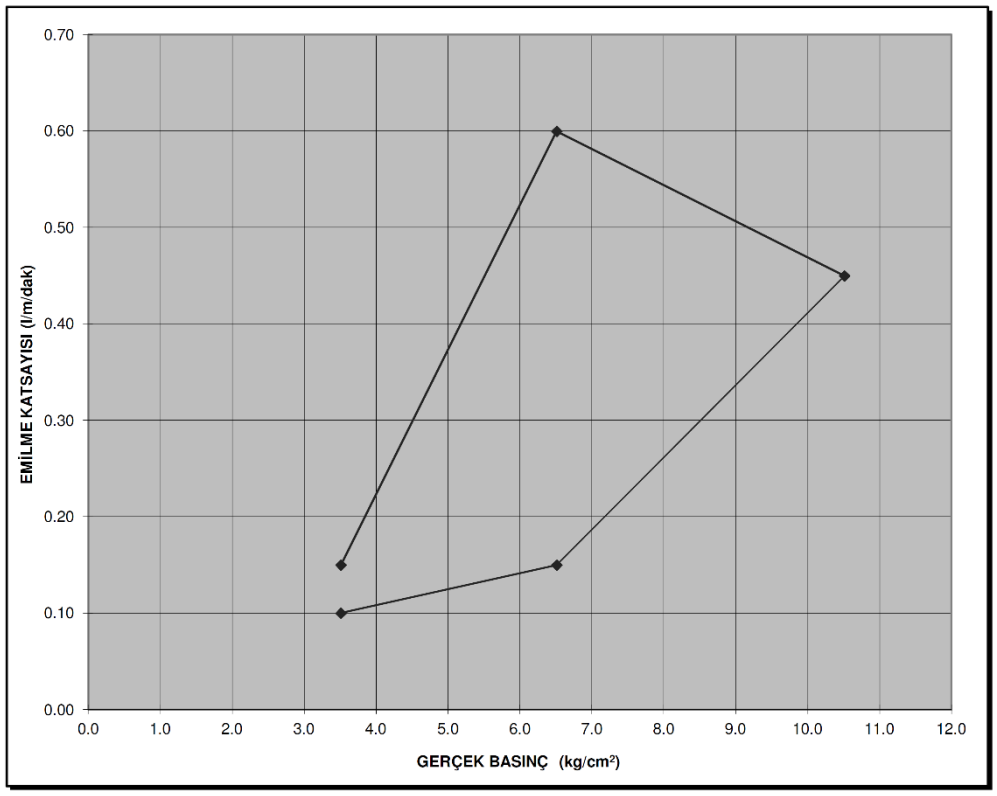
TARİH : 03.11.2011

PROJE ADI : **KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI**
KUYU NO : **KI-05**

KUYU KOTU : 2121.31 m.
MANOMETRE YÜKSEKLİĞİ : 0.80 m.
YASS DERİNLİĞİ : 4.30 m.
DENEY ZONU BAŞI : 148.00 m.
DENEY ZONU SONU : 150.00 m.
KADEME BOYU : 2.00 m.

GERÇEK LUGEON BİRİMİ	Lu =	0.47
GEÇİRİMSİZ		

Deneye başlamadan önceki manometre ve YAS seviye kotu (Metre)	Pm Manometre Basıncı (kg/cm^2)	T Deney Süresi (dakika)	Qk Toplam su kaçağı (Litre)	H / 10 Statik yük (kg/cm^2)	Pc Toplamyük kaybı (kg/cm^2)	Pe Pm+(H/10)-Pc Gerçek Basınç (kg/cm^2)	k Emilme Katsayısı (L / m / dak)
Deney kotu+Man.yük.	3.00	10.00	3.00	0.51	0.00	3.51	0.15
2122.11	6.00	10.00	12.00	0.51	0.00	6.51	0.60
Kuyu kotu-YAS der.	10.00	10.00	9.00	0.51	0.00	10.51	0.45
2117.01	6.00	10.00	3.00	0.51	0.00	6.51	0.15
A-B	3.00	10.00	2.00	0.51	0.00	3.51	0.10
5.10							
Kuyu Kotu							
2121.31							



Şekil D.6. Basınçlı su deneyi sonuçları

BASINÇLI SU DENEYİ SONUÇ FORMU

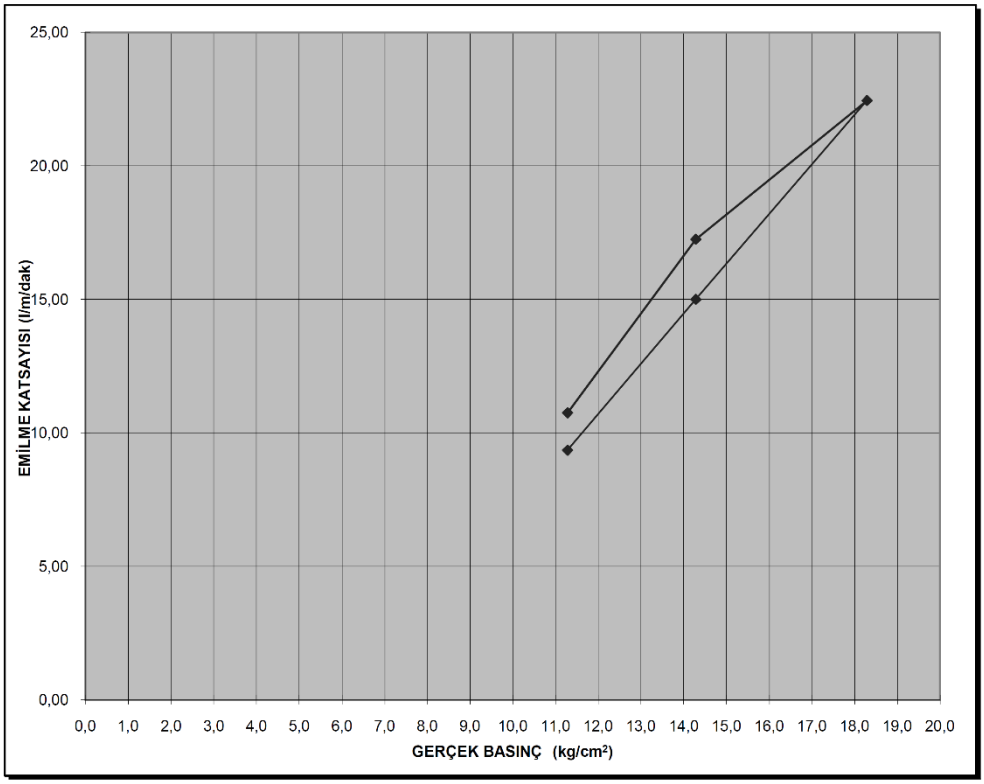
TARİH : 16.10.2011

PROJE ADI : **KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI**
KUYU NO : **KI-06**

KUYU KOTU : 1907,64 m.
MANOMETRE YÜKSEKLİĞİ : 0,85 m.
YASS DERİNLİĞİ : 82,00 m.
DENEY ZONU BAŞI : 152,00 m.
DENEY ZONU SONU : 154,00 m.
KADEME BOYU : 2,00 m.

GERÇEK LUGEON BİRİMİ	Lu =	11,68
GEÇİRİMLİ		

Deneye başlamadan önceki manometre ve YAS seviye kotu (Metre)	Pm Manometre Basıncı (kg/cm^2)	T Deney Süresi (dakika)	Qk Toplam su kaçağı (Litre)	H / 10 Statik yük (kg/cm^2)	Pc Toplamyük kaybı (kg/cm^2)	Pe Pm+(H/10)-Pc Gerçek Basınç (kg/cm^2)	k Emilme Katsayısı (L / m / dak)
Deney kotu+Man.yük. 1908,49	3,00	10,00	215,00	8,28	0,00	11,29	10,75
	6,00	10,00	345,00	8,28	0,00	14,29	17,25
Kuyu kotu-YAS der. 1825,64	10,00	10,00	449,00	8,28	0,00	18,29	22,45
	6,00	10,00	300,00	8,28	0,00	14,29	15,00
A-B 82,85	3,00	10,00	187,00	8,28	0,00	11,29	9,35
Kuyu Kotu 1907,64							



Şekil D.7. Basınçlı su deneyi sonuçları

BASINÇLI SU DENEYİ SONUÇ FORMU

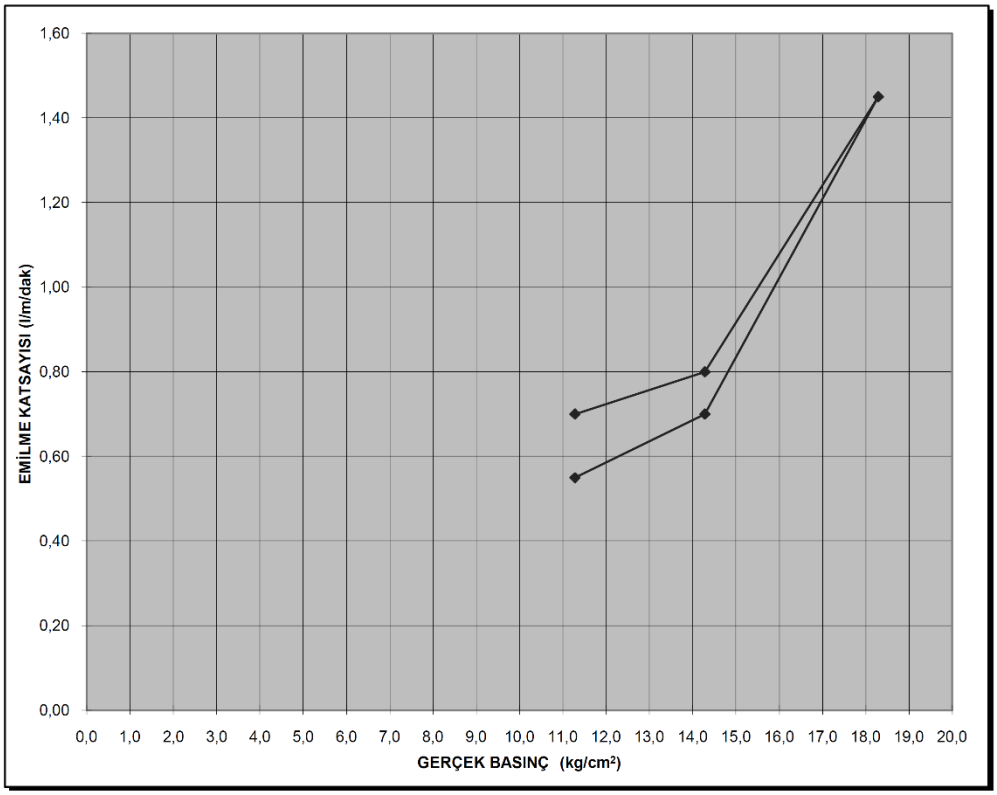
TARİH : 17.11.2011

PROJE ADI : **KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI**
KUYU NO : **KI-06**

KUYU KOTU : 1907,64 m.
MANOMETRE YÜKSEKLİĞİ : 0,85 m.
YASS DERİNLİĞİ : 82,00 m.
DENEY ZONU BAŞI : 157,00 m.
DENEY ZONU SONU : 159,00 m.
KADEME BOYU : 2,00 m.

GERÇEK LUGEON BİRİMİ	Lu =	0,10
GEÇİRİMSİZ		

Deneye başlamadan önceki manometre ve YAS seviye kotu (Metre)	Pm Manometre Basıncı (kg/cm^2)	T Deney Süresi (dakika)	Qk Toplam su kaçağı (Litre)	H / 10 Statik yük (kg/cm^2)	Pc Toplamyük kaybı (kg/cm^2)	Pe Pm+(H/10)-Pc Gerçek Basınç (kg/cm^2)	k Emilme Katsayısı (L / m / dak)
Deney kotu+Man.yük. 1908,49	3,00	10,00	14,00	8,28	0,00	11,29	0,70
	6,00	10,00	16,00	8,28	0,00	14,29	0,80
Kuyu kotu-YAS der. 1825,64	10,00	10,00	29,00	8,28	0,00	18,29	1,45
	6,00	10,00	14,00	8,28	0,00	14,29	0,70
A-B 82,85	3,00	10,00	11,00	8,28	0,00	11,29	0,55
Kuyu Kotu 1907,64							



Şekil D.8. Basınçlı su deneyi sonuçları

BASINÇLI SU DENEYİ SONUÇ FORMU

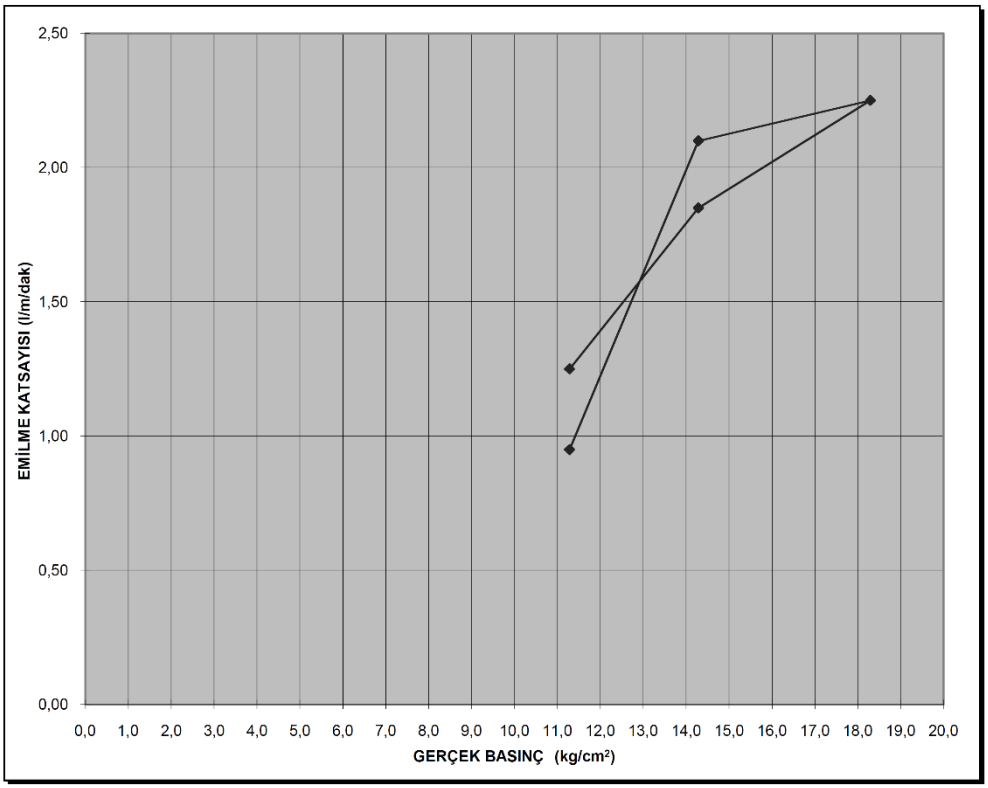
TARİH : 18.11.2011

PROJE ADI : **KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI**
KUYU NO : **KI-06**

KUYU KOTU : 1907,64 m.
MANOMETRE YÜKSEKLİĞİ : 0,85 m.
YASS DERİNLİĞİ : 82,00 m.
DENEY ZONU BAŞI : 162,00 m.
DENEY ZONU SONU : 164,00 m.
KADEME BOYU : 2,00 m.

GERÇEK LUGEON BİRİMİ	Lu =	1,42
AZ GEÇİRİMLİ		

Deneye başlamadan önceki manometre ve YAS seviye kotu (Metre)	Pm Manometre Basıncı (kg/cm^2)	T Deney Süresi (dakika)	Qk Toplam su kaçağı (Litre)	H / 10 Statik yük (kg/cm^2)	Pc Toplamyük kaybı (kg/cm^2)	Pe Pm+(H/10)-Pc Gerçek Basınç (kg/cm^2)	k Emilme Katsayısı (L / m / dak)
Deney kotu+Man.yük.	3,00	10,00	25,00	8,28	0,00	11,29	1,25
1908,49	6,00	10,00	37,00	8,28	0,00	14,29	1,85
Kuyu kotu-YAS der.	10,00	10,00	45,00	8,28	0,00	18,29	2,25
1825,64	6,00	10,00	42,00	8,28	0,00	14,29	2,10
A-B	3,00	10,00	19,00	8,28	0,00	11,29	0,95
82,85							
Kuyu Kotu							
1907,64							



Şekil D.9. Basınçlı su deneyi sonuçları

BASINÇLI SU DENEYİ SONUÇ FORMU

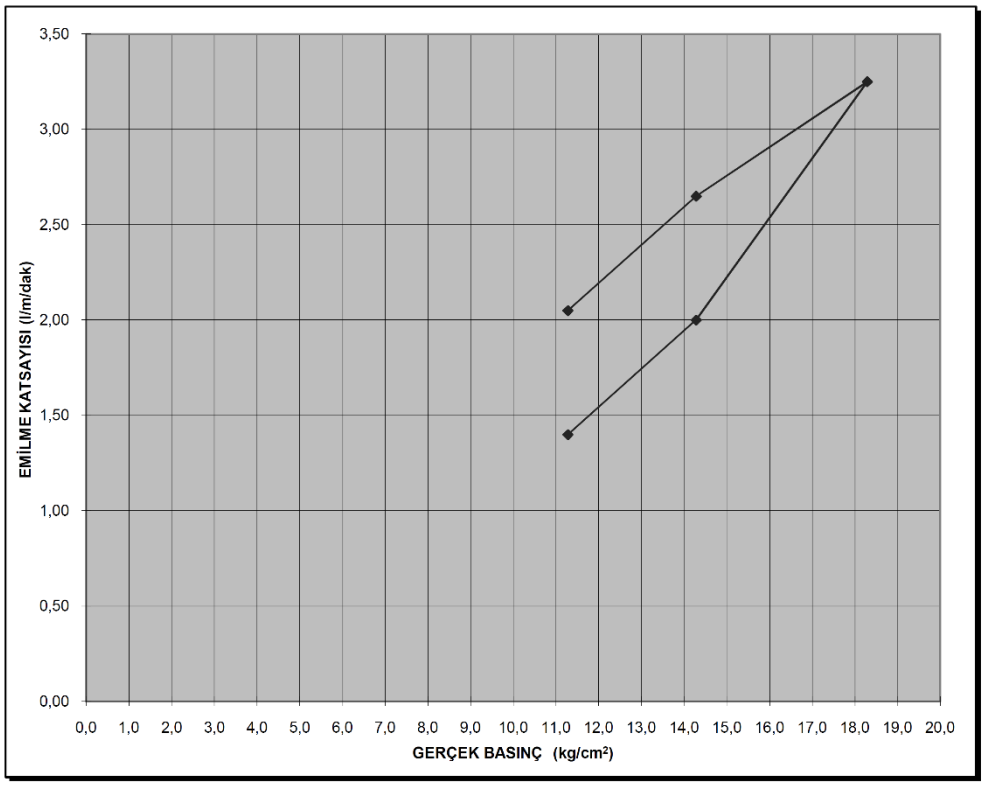
TARİH : 18.11.2011

PROJE ADI : **KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI**
KUYU NO : **KI-06**

KUYU KOTU : 1907,64 m.
MANOMETRE YÜKSEKLİĞİ : 0,85 m.
YASS DERİNLİĞİ : 82,00 m.
DENEY ZONU BAŞI : 167,00 m.
DENEY ZONU SONU : 169,00 m.
KADEME BOYU : 2,00 m.

GERÇEK LUGEON BİRİMİ	Lu =	2,01
AZ GEÇİRİMLİ		

Deneye başlamadan önceki manometre ve YAS seviye kotu (Metre)	Pm Manometre Basıncı (kg/cm^2)	T Deney Süresi (dakika)	Qk Toplam su kaçağı (Litre)	H / 10 Statik yük (kg/cm^2)	Pc Toplamyük kaybı (kg/cm^2)	Pe Pm+(H/10)-Pc Gerçek Basınç (kg/cm^2)	k Emilme Katsayısı (L / m / dak)
Deney kotu+Man.yük. 1908,49	3,00	10,00	41,00	8,28	0,00	11,29	2,05
	6,00	10,00	53,00	8,28	0,00	14,29	2,65
Kuyu kotu-YAS der. 1825,64	10,00	10,00	65,00	8,28	0,00	18,29	3,25
	6,00	10,00	40,00	8,28	0,00	14,29	2,00
A-B 82,85	3,00	10,00	28,00	8,28	0,00	11,29	1,40
Kuyu Kotu 1907,64							



Şekil D.10. Basınçlı su deneyi sonuçları

BASINÇLI SU DENEYİ SONUÇ FORMU

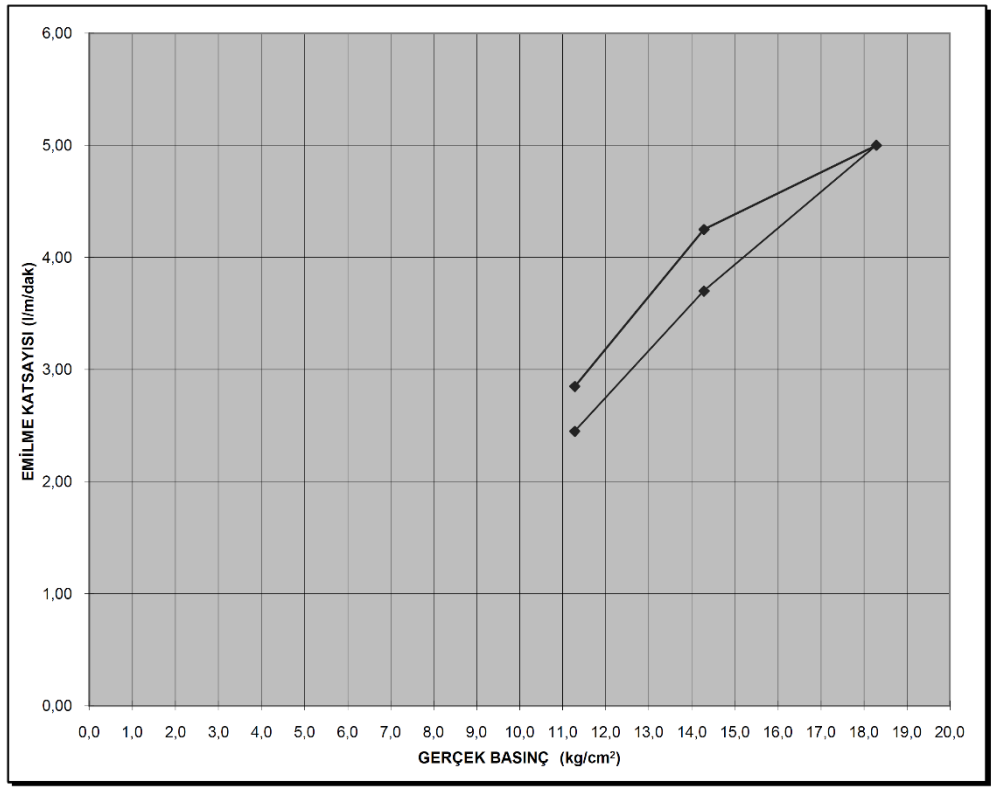
TARİH : 19.11.2011

PROJE ADI : **KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI**
KUYU NO : **KI-06**

KUYU KOTU : 1907,64 m.
MANOMETRE YÜKSEKLİĞİ : 0,85 m.
YASS DERİNLİĞİ : 82,00 m.
DENEY ZONU BAŞI : 172,00 m.
DENEY ZONU SONU : 174,00 m.
KADEME BOYU : 2,00 m.

GERÇEK LUGEON BİRİMİ	Lu =	3,45
AZ GEÇİRİMLİ		

Deneye başlamadan önceki manometre ve YAS seviye kotu (Metre)	Pm Manometre Basıncı (kg/cm^2)	T Deney Süresi (dakika)	Qk Toplam su kaçağı (Litre)	H / 10 Statik yük (kg/cm^2)	Pc Toplamyük kaybı (kg/cm^2)	Pe Pm+(H/10)-Pc Gerçek Basınç (kg/cm^2)	k Emilme Katsayısı (L / m / dak)
Deney kotu+Man.yük. 1908,49	3,00	10,00	57,00	8,28	0,00	11,29	2,85
	6,00	10,00	85,00	8,28	0,00	14,29	4,25
Kuyu kotu-YAS der. 1825,64	10,00	10,00	100,00	8,28	0,00	18,29	5,00
	6,00	10,00	74,00	8,28	0,00	14,29	3,70
A-B 82,85	3,00	10,00	49,00	8,28	0,00	11,29	2,45
Kuyu Kotu 1907,64							



Şekil D.11. Basınçlı su deneyi sonuçları

Ek-E: NOKTA YÜKLEME DENEY SONUÇLARI

YÜKSEL PROJE

NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI

Sondaj No : KI-05 **Sayfa :** 1/7 **Tarih :** 14.11.2011

ÖRNEK NO	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Deney Türü	GENİŞLİK W (mm)	ÇAP D (mm)	NOKTA YÜKÜ Is * (kPa)	KAROT ÇAPI D_e (mm)	D_e^2 (mm^2)	NOKTA YÜKÜ (Is *) (MPa)	BOYUT DÜZELTME FAKTÖRÜ (F **)	*** $Is_{(50)}$ (MPa)	DEĞERLENDİRME
1		d //	82,00	64,00	1250	64,00	4096,00	1,25	1,12	1,40	
2		d ⊥	101,00	64,00	1700	64,00	4096,00	1,70	1,12	1,90	
3		a ⊥	64,00	52,00	2480	64,00	4096,00	2,48	1,12	2,77	Değerlendirme dışı
4		d //	65,00	64,00	620	64,00	4096,00	0,62	1,12	0,69	Değerlendirme dışı
5		d //	82,00	64,00	2290	64,00	4096,00	2,29	1,12	2,56	
6		a ⊥	64,00	50,00	230	64,00	4096,00	0,23	1,12	0,26	Değerlendirme dışı
7		a ⊥	64,00	52,00	1460	64,00	4096,00	1,46	1,12	1,63	
8	5.80 - 31.00	d //	111,00	64,00	1910	64,00	4096,00	1,91	1,12	2,13	
9		d //	80,00	64,00	1470	64,00	4096,00	1,47	1,12	1,64	
10		a ⊥	64,00	40,00	2300	64,00	4096,00	2,30	1,12	2,57	
11		d //	73,00	64,00	2060	64,00	4096,00	2,06	1,12	2,30	
12		d //	100,00	64,00	1400	64,00	4096,00	1,40	1,12	1,56	
13		d //	81,00	64,00	790	64,00	4096,00	0,79	1,12	0,88	
14		a ⊥	64,00	35,00	2480	64,00	4096,00	2,48	1,12	2,77	Değerlendirme dışı
15		d //	87,00	64,00	1330	64,00	4096,00	1,33	1,12	1,49	

Ortalama Is(50) = 1,82 MPa

Deney Türü	
d	*Çapsal*
a	*Eksensel*
b	*Blok*
i	*Düzensiz şekilli örnek deneyi*
⊥	*Zayıflık düzlemine dik*
//	*Zayıflık düzlemine paralel*

Kısaltmalar	
* I_s	*Belirli örnek çapı için nokta yükü dayanım indeksi*
** F	*Boyut düzeltme faktörü* ($F = (D_e^2/50)^{0.45}$)
*** $I_{s\,(50)}$	*50 mm Çapında örnek için nokta yükü dayanım indeksi* ($Is_{(50)} = Is \times F$)

Kabuller		Deneyi Yapan	Onay
$D_e^2 = D^2$	*Çapsal Deney İçin*		
$D_e = 4A/\pi$	*Diğer Deney Türleri İçin*		
A = W x D	*(Yükleme uçlarında geçen, örneğin en küçük kesit alanı)*		

Şekil E.1. Nokta yükleme deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE

NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI

Sondaj No : KI-05 **Sayfa :** 2/7 **Tarih :** 14.11.2011

ÖRNEK NO	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Deney Türü	GENİŞLİK W (mm)	ÇAP D (mm)	NOKTA YÜKÜ Is * (kPa)	KAROT ÇAPI D_e (mm)	D_e^2 (mm^2)	NOKTA YÜKÜ (Is *) (MPa)	BOYUT DÜZELTME FAKTÖRÜ (F **)	*** $Is_{(50)}$ (MPa)	DEĞERLENDİRME
1		d //	118.00	64.00	1050	64.00	4096.00	1.05	1.12	1.17	
2		d //	97.00	64.00	3290	64.00	4096.00	3.29	1.12	3.68	Değerlendirme dışı
3		d //	39.00	64.00	590	64.00	4096.00	0.59	1.12	0.66	Değerlendirme dışı
4		d //	76.00	64.00	970	64.00	4096.00	0.97	1.12	1.08	
5		d //	105.00	64.00	1220	64.00	4096.00	1.22	1.12	1.36	
6		d //	100.00	64.00	470	64.00	4096.00	0.47	1.12	0.53	Değerlendirme dışı
7		d //	137.00	64.00	3370	64.00	4096.00	3.37	1.12	3.77	Değerlendirme dışı
8	31.00 - 63.00	a ⊥	64.00	34.00	2920	64.00	4096.00	2.92	1.12	3.26	
9		d //	162.00	64.00	2980	64.00	4096.00	2.98	1.12	3.33	
10		d //	146.00	64.00	1220	64.00	4096.00	1.22	1.12	1.36	
11		d //	112.00	64.00	1290	64.00	4096.00	1.29	1.12	1.44	
12		d //	132.00	64.00	1020	64.00	4096.00	1.02	1.12	1.14	
13		d //	98.00	64.00	2040	64.00	4096.00	2.04	1.12	2.28	
14		a ⊥	64.00	35.00	1530	64.00	4096.00	1.53	1.12	1.71	
15		d //	105.00	64.00	1500	64.00	4096.00	1.50	1.12	1.68	

Ortalama $Is_{(50)}$ = 1.80 MPa

Deney Türü	
d	*Çapsal*
a	*Eksensel*
b	*Blok*
i	*Düzensiz şekilli örnek deneyi*
⊥	*Zayıflık düzlemine dik*
//	*Zayıflık düzlemine paralel*

Kısaltmalar	
* I_s	*Belirli örnek çapı için nokta yükü dayanım indeksi*
** F	*Boyut düzeltme faktörü* ($F = (D_e^2/50)^{0.45}$)
*** $I_{s\,(50)}$	*50 mm Çapında örnek için nokta yükü dayanım indeksi* ($Is_{(50)} = Is \times F$)

Kabuller		Deneyi Yapan	Onay
$D_e^2 = D^2$	*Çapsal Deney İçin*		
$D_e = 4A/\pi$	*Diğer Deney Türleri İçin*		
A = W x D	*(Yükleme uçlarında geçen, örneğin en küçük kesit alanı)*		

Şekil E.2. Nokta yükleme deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE

NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI

Sondaj No : KI-05 **Sayfa :** 3/7 **Tarih :** 15.11.2011

ÖRNEK NO	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Deney Türü	GENİŞLİK W (mm)	ÇAP D (mm)	NOKTA YÜKÜ Is * (kPa)	KAROT ÇAPI D_e (mm)	D_e^2 (mm^2)	NOKTA YÜKÜ (Is *) (MPa)	BOYUT DÜZELTME FAKTÖRÜ (F **)	*** $Is_{(50)}$ (MPa)	DEĞERLENDİRME
1		d //	81.00	64.00	180	64.00	4096.00	0.18	1.12	0.20	Değerlendirme dışı
2		d //	83.00	64.00	760	64.00	4096.00	0.76	1.12	0.85	
3		a ⊥	64.00	39.00	700	64.00	4096.00	0.70	1.12	0.78	
4		d //	123.00	64.00	870	64.00	4096.00	0.87	1.12	0.97	
5		a ⊥	64.00	34.00	710	64.00	4096.00	0.71	1.12	0.79	
6		d //	105.00	64.00	960	64.00	4096.00	0.96	1.12	1.07	
7		a ⊥	64.00	50.00	880	64.00	4096.00	0.88	1.12	0.98	
8	63.00 - 91.00	d //	98.00	64.00	430	64.00	4096.00	0.43	1.12	0.48	Değerlendirme dışı
9		a ⊥	64.00	38.00	660	64.00	4096.00	0.66	1.12	0.74	
10		d //	151.00	64.00	950	64.00	4096.00	0.95	1.12	1.06	
11		d //	156.00	64.00	760	64.00	4096.00	0.76	1.12	0.85	
12		a ⊥	64.00	45.00	960	64.00	4096.00	0.96	1.12	1.07	
13		d //	102.00	64.00	1540	64.00	4096.00	1.54	1.12	1.72	Değerlendirme dışı
14		d //	94.00	64.00	960	64.00	4096.00	0.96	1.12	1.07	
15		a ⊥	64.00	48.00	1010	64.00	4096.00	1.01	1.12	1.13	Değerlendirme dışı

Ortalama $Is_{(50)}$ = 0.93 MPa

Deney Türü	
d	*Çapsal*
a	*Eksensel*
b	*Blok*
i	*Düzensiz şekilli örnek deneyi*
⊥	*Zayıflık düzlemine dik*
//	*Zayıflık düzlemine paralel*

Kısaltmalar	
* I_s	*Belirli örnek çapı için nokta yükü dayanım indeksi*
** F	*Boyut düzeltme faktörü* ($F = (D_e^2/50)^{0.45}$)
*** $I_{s\,(50)}$	*50 mm Çapında örnek için nokta yükü dayanım indeksi* ($Is_{(50)} = Is \times F$)

Kabuller		Deneyi Yapan	Onay
$D_e^2 = D^2$	*Çapsal Deney İçin*		
$D_e = 4A/\pi$	*Diğer Deney Türleri İçin*		
A = W x D	*(Yükleme uçlarında geçen, örneğin en küçük kesit alanı)*		

Şekil E.3. Nokta yükleme deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE

NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI

Sondaj No : KI-05 **Sayfa :** 4/7 **Tarih :** 15.11.2011

ÖRNEK NO	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Deney Türü	GENİŞLİK W (mm)	ÇAP D (mm)	NOKTA YÜKÜ Is * (kPa)	KAROT ÇAPI D_e (mm)	D_e^2 (mm^2)	NOKTA YÜKÜ (Is *) (MPa)	BOYUT DÜZELTME FAKTÖRÜ (F **)	*** $Is_{(50)}$ (MPa)	DEĞERLENDİRME
1		d //	68.00	64.00	760	64.00	4096.00	0.76	1.12	0.85	
2		d //	96.00	64.00	210	64.00	4096.00	0.21	1.12	0.23	Değerlendirme dışı
3		d //	88.00	64.00	810	64.00	4096.00	0.81	1.12	0.91	
4		a ⊥	64.00	39.00	660	64.00	4096.00	0.66	1.12	0.74	
5		a ⊥	64.00	50.00	650	64.00	4096.00	0.65	1.12	0.73	
6		d //	148.00	64.00	1050	64.00	4096.00	1.05	1.12	1.17	Değerlendirme dışı
7		a ⊥	64.00	54.00	940	64.00	4096.00	0.94	1.12	1.05	
8	91.00 - 120.00	d //	98.00	64.00	710	64.00	4096.00	0.71	1.12	0.79	
9		a ⊥	64.00	34.00	500	64.00	4096.00	0.50	1.12	0.56	
10		d //	135.00	64.00	660	64.00	4096.00	0.66	1.12	0.74	
11		d //	104.00	64.00	990	64.00	4096.00	0.99	1.12	1.11	
12		a ⊥	64.00	40.00	880	64.00	4096.00	0.88	1.12	0.98	
13		d //	109.00	64.00	1430	64.00	4096.00	1.43	1.12	1.60	Değerlendirme dışı
14		a ⊥	64.00	30.00	350	64.00	4096.00	0.35	1.12	0.39	Değerlendirme dışı
15		a ⊥	64.00	58.00	600	64.00	4096.00	0.60	1.12	0.67	

Ortalama $Is_{(50)}$ = 0.83 MPa

Deney Türü	
d	*Çapsal*
a	*Eksensel*
b	*Blok*
i	*Düzensiz şekilli örnek deneyi*
⊥	*Zayıflık düzlemine dik*
//	*Zayıflık düzlemine paralel*

Kısaltmalar	
* I_s	*Belirli örnek çapı için nokta yükü dayanım indeksi*
** F	*Boyut düzeltme faktörü* ($F = (D_e^2/50)^{0.45}$)
*** $I_{s\,(50)}$	*50 mm Çapında örnek için nokta yükü dayanım indeksi* ($Is_{(50)} = Is \times F$)

Kabuller		Deneyi Yapan	Onay
$D_e^2 = D^2$	*Çapsal Deney İçin*		
$D_e = 4A/\pi$	*Diğer Deney Türleri İçin*		
A = W x D	*(Yükleme uçlarında geçen, örneğin en küçük kesit alanı)*		

Şekil E.4. Nokta yükleme deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE

NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI

Sondaj No : KI-05 **Sayfa :** 5/7 **Tarih :** 16.11.2011

ÖRNEK NO	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Deney Türü	GENİŞLİK W (mm)	ÇAP D (mm)	NOKTA YÜKÜ Is * (kPa)	KAROT ÇAPI D_e (mm)	D_e^2 (mm^2)	NOKTA YÜKÜ (Is *) (MPa)	BOYUT DÜZELTME FAKTÖRÜ (F **)	*** $Is_{(50)}$ (MPa)	DEĞERLENDİRME
1		d //	98.00	64.00	390	64.00	4096.00	0.39	1.12	0.44	
2		d //	118.00	64.00	370	64.00	4096.00	0.37	1.12	0.41	
3		d //	70.00	64.00	400	64.00	4096.00	0.40	1.12	0.45	
4		a ⊥	64.00	55.00	290	64.00	4096.00	0.29	1.12	0.32	
5		a ⊥	64.00	48.00	180	64.00	4096.00	0.18	1.12	0.20	Değerlendirme dışı
6		a ⊥	64.00	37.00	490	64.00	4096.00	0.49	1.12	0.55	Değerlendirme dışı
7		a ⊥	64.00	42.00	290	64.00	4096.00	0.29	1.12	0.32	
8	120.00 - 132.00	a ⊥	64.00	32.00	140	64.00	4096.00	0.14	1.12	0.16	Değerlendirme dışı
9		a ⊥	64.00	36.00	300	64.00	4096.00	0.30	1.12	0.34	
10		a ⊥	64.00	51.00	420	64.00	4096.00	0.42	1.12	0.47	
11		a ⊥	64.00	55.00	360	64.00	4096.00	0.36	1.12	0.40	
12		a ⊥	64.00	41.00	360	64.00	4096.00	0.36	1.12	0.40	
13		d //	97.00	64.00	370	64.00	4096.00	0.37	1.12	0.41	
14		a ⊥	64.00	52.00	450	64.00	4096.00	0.45	1.12	0.50	
15		a ⊥	64.00	56.00	530	64.00	4096.00	0.53	1.12	0.59	Değerlendirme dışı

Ortalama $Is_{(50)}$ = 0.41 MPa

Deney Türü	
d	*Çapsal*
a	*Eksensel*
b	*Blok*
i	*Düzensiz şekilli örnek deneyi*
⊥	*Zayıflık düzlemine dik*
//	*Zayıflık düzlemine paralel*

Kısaltmalar	
* I_s	*Belirli örnek çapı için nokta yükü dayanım indeksi*
** F	*Boyut düzeltme faktörü* ($F = (D_e^2/50)^{0.45}$)
*** $I_{s\,(50)}$	*50 mm Çapında örnek için nokta yükü dayanım indeksi* ($Is_{(50)} = Is \times F$)

Kabuller		Deneyi Yapan	Onay
$D_e^2 = D^2$	*Çapsal Deney İçin*		
$D_e = 4A/\pi$	*Diğer Deney Türleri İçin*		
A = W x D	*(Yükleme uçlarında geçen, örneğin en küçük kesit alanı)*		

Şekil E.5. Nokta yükleme deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE

NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI

Sondaj No : KI-05 **Sayfa :** 6/7 **Tarih :** 16.11.2011

ÖRNEK NO	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Deney Türü	GENİŞLİK W (mm)	ÇAP D (mm)	NOKTA YÜKÜ Is * (kPa)	KAROT ÇAPI D_e (mm)	D_e^2 (mm^2)	NOKTA YÜKÜ (Is *) (MPa)	BOYUT DÜZELTME FAKTÖRÜ (F **)	*** $Is_{(50)}$ (MPa)	DEĞERLENDİRME
1		a ⊥	64.00	50.00	530	64.00	4096.00	0.53	1.12	0.59	Değerlendirme dışı
2		d //	98.00	64.00	360	64.00	4096.00	0.36	1.12	0.40	
3		a ⊥	64.00	58.00	240	64.00	4096.00	0.24	1.12	0.27	Değerlendirme dışı
4		a ⊥	64.00	52.00	360	64.00	4096.00	0.36	1.12	0.40	
5		a ⊥	64.00	42.00	340	64.00	4096.00	0.34	1.12	0.38	
6		d //	137.00	64.00	380	64.00	4096.00	0.38	1.12	0.42	
7		a ⊥	64.00	40.00	240	64.00	4096.00	0.24	1.12	0.27	Değerlendirme dışı
8	132.00 - 140.00	a ⊥	64.00	37.00	520	64.00	4096.00	0.52	1.12	0.58	Değerlendirme dışı
9		a ⊥	64.00	42.00	340	64.00	4096.00	0.34	1.12	0.38	
10		a ⊥	64.00	54.00	390	64.00	4096.00	0.39	1.12	0.44	
11		d //	94.00	64.00	350	64.00	4096.00	0.35	1.12	0.39	
12		a ⊥	64.00	44.00	420	64.00	4096.00	0.42	1.12	0.47	
13		d //	82.00	64.00	340	64.00	4096.00	0.34	1.12	0.38	
14		a ⊥	64.00	44.00	320	64.00	4096.00	0.32	1.12	0.36	
15		d //	101.00	64.00	350	64.00	4096.00	0.35	1.12	0.39	

Ortalama $Is_{(50)}$ = 0.40 MPa

Deney Türü	
d	*Çapsal*
a	*Eksensel*
b	*Blok*
i	*Düzensiz şekilli örnek deneyi*
⊥	*Zayıflık düzlemine dik*
//	*Zayıflık düzlemine paralel*

Kısaltmalar	
* I_s	*Belirli örnek çapı için nokta yükü dayanım indeksi*
** F	*Boyut düzeltme faktörü* ($F = (D_e^2/50)^{0.45}$)
*** $I_{s\,(50)}$	*50 mm Çapında örnek için nokta yükü dayanım indeksi* ($Is_{(50)} = Is \times F$)

Kabuller		Deneyi Yapan	Onay
$D_e^2 = D^2$	*Çapsal Deney İçin*		
$D_e = 4A/\pi$	*Diğer Deney Türleri İçin*		
A = W x D	*(Yükleme uçlarında geçen, örneğin en küçük kesit alanı)*		

Şekil E.6. Nokta yükleme deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE

NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI

Sondaj No : KI-05 **Sayfa :** 7/7 **Tarih :** 16.11.2011

ÖRNEK NO	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Deney Türü	GENİŞLİK W (mm)	ÇAP D (mm)	NOKTA YÜKÜ Is * (kPa)	KAROT ÇAPI D_e (mm)	D_e^2 (mm^2)	NOKTA YÜKÜ (Is *) (MPa)	BOYUT DÜZELTME FAKTÖRÜ (F **)	*** $Is_{(50)}$ (MPa)	DEĞERLENDİRME
1		d //	142.00	64.00	1100	64.00	4096.00	1.10	1.12	1.23	Değerlendirme dışı
2		a ⊥	64.00	49.00	730	64.00	4096.00	0.73	1.12	0.82	
3		a ⊥	64.00	35.00	580	64.00	4096.00	0.58	1.12	0.65	
4		a ⊥	64.00	34.00	410	64.00	4096.00	0.41	1.12	0.46	
5		d //	110.00	64.00	190	64.00	4096.00	0.19	1.12	0.21	Değerlendirme dışı
6		a ⊥	64.00	48.00	300	64.00	4096.00	0.30	1.12	0.34	
7		d //	102.00	64.00	810	64.00	4096.00	0.81	1.12	0.91	
8	140.00 - 150.00	a ⊥	64.00	38.00	310	64.00	4096.00	0.31	1.12	0.35	
9		d //	90.00	64.00	840	64.00	4096.00	0.84	1.12	0.94	Değerlendirme dışı
10		d //	80.00	64.00	220	64.00	4096.00	0.22	1.12	0.25	Değerlendirme dışı
11		d //	106.00	64.00	270	64.00	4096.00	0.27	1.12	0.30	
12		a ⊥	64.00	57.00	630	64.00	4096.00	0.63	1.12	0.70	
13		a ⊥	64.00	39.00	560	64.00	4096.00	0.56	1.12	0.63	
14		a ⊥	64.00	55.00	450	64.00	4096.00	0.45	1.12	0.50	
15		d //	99.00	64.00	600	64.00	4096.00	0.60	1.12	0.67	

Ortalama $Is_{(50)}$ = 0.57 MPa

Deney Türü	
d	*Çapsal*
a	*Eksensel*
b	*Blok*
i	*Düzensiz şekilli örnek deneyi*
⊥	*Zayıflık düzlemine dik*
//	*Zayıflık düzlemine paralel*

Kısaltmalar	
* I_s	*Belirli örnek çapı için nokta yükü dayanım indeksi*
** F	*Boyut düzeltme faktörü* ($F = (D_e^2/50)^{0.45}$)
*** $I_{s\,(50)}$	*50 mm Çapında örnek için nokta yükü dayanım indeksi* ($Is_{(50)} = Is \times F$)

Kabuller		Deneyi Yapan	Onay
$D_e^2 = D^2$	*Çapsal Deney İçin*		
$D_e = 4A/\pi$	*Diğer Deney Türleri İçin*		
A = W x D	*(Yükleme uçlarında geçen, örneğin en küçük kesit alanı)*		

Şekil E.7. Nokta yükleme deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE

NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI

Sondaj No : KI-06 **Sayfa** : 1/6 **Tarih** : 20.11.2011

ÖRNEK NO	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Deney Türü	GENİŞLİK W (mm)	ÇAP D (mm)	NOKTA YÜKÜ Is * (kPa)	KAROT ÇAPI D_e (mm)	D_e^2 (mm^2)	NOKTA YÜKÜ (Is *) (MPa)	BOYUT DÜZELTME FAKTÖRÜ (F **)	*** $Is_{(50)}$ (MPa)	DEĞERLENDİRME
1		d //	149.00	64.00	11690	64.00	4096.00	11.69	1.12	13.06	
2		d //	68.00	64.00	9690	64.00	4096.00	9.69	1.12	10.83	
3		d //	78.00	64.00	13940	64.00	4096.00	13.94	1.12	15.58	
4		a ⊥	64.00	45.00	7960	64.00	4096.00	7.96	1.12	8.90	
5		d //	91.00	64.00	5050	64.00	4096.00	5.05	1.12	5.64	Değerlendirme dışı
6		a ⊥	64.00	39.00	4570	64.00	4096.00	4.57	1.12	5.11	Değerlendirme dışı
7		d //	85.00	64.00	17450	64.00	4096.00	17.45	1.12	19.50	Değerlendirme dışı
8	17.70 - 59.20	d //	164.00	64.00	13180	64.00	4096.00	13.18	1.12	14.73	
9		d //	84.00	64.00	17370	64.00	4096.00	17.37	1.12	19.41	Değerlendirme dışı
10		d //	78.00	64.00	8470	64.00	4096.00	8.47	1.12	9.47	
11		a ⊥	64.00	62.00	5470	64.00	4096.00	5.47	1.12	6.11	
12		a ⊥	64.00	55.00	11480	64.00	4096.00	11.48	1.12	12.83	
13		a ⊥	64.00	33.00	12870	64.00	4096.00	12.87	1.12	14.38	
14		d //	132.00	64.00	16270	64.00	4096.00	16.27	1.12	18.18	
15		d //	66.00	64.00	16210	64.00	4096.00	16.21	1.12	18.11	

Ortalama Is(50) = 12.93 MPa

Deney Türü		Kısaltmalar	
d	Çapsal	* I_s	Belirli örnek çapı için nokta yükü dayanım indeksi
a	Eksensel	** F	Boyut düzeltme faktörü ($F = (D_e^2/50)^{0.45}$)
b	Blok	*** $I_{s\,(50)}$	50 mm Çapında örnek için nokta yükü dayanım indeksi ($Is_{(50)} = Is \times F$)
i	Düzensiz şekilli örnek deneyi		
⊥	Zayıflık düzlemine dik		
//	Zayıflık düzlemine paralel		

Kabuller		Deneyi Yapan	Onay
$D_e^2 = D^2$	Çapsal Deney İçin		
$D_e = 4A/\pi$	Diğer Deney Türleri İçin		
A = W x D	(Yükleme uçlarında geçen, örneğin en küçük kesit alanı)		

Şekil E.8. Nokta yükleme deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE

NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI

Sondaj No : KI-06 **Sayfa :** 2/6 **Tarih :** 20.11.2011

ÖRNEK NO	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Deney Türü	GENİŞLİK W (mm)	ÇAP D (mm)	NOKTA YÜKÜ Is * (kPa)	KAROT ÇAPI D_e (mm)	D_e^2 (mm^2)	NOKTA YÜKÜ (Is *) (MPa)	BOYUT DÜZELTME FAKTÖRÜ (F **)	*** $Is_{(50)}$ (MPa)	DEĞERLENDİRME
1		d //	130.00	64.00	>20000	64.00	4096.00	>20	1.12	>20	Değerlendirme dışı
2		d //	114.00	64.00	9590	64.00	4096.00	9.59	1.12	10.72	
3		a ⊥	64.00	58.00	17300	64.00	4096.00	17.30	1.12	19.33	
4		a ⊥	64.00	57.00	15280	64.00	4096.00	15.28	1.12	17.08	
5		d //	106.00	64.00	11320	64.00	4096.00	11.32	1.12	12.65	
6		a ⊥	64.00	45.00	15270	64.00	4096.00	15.27	1.12	17.06	
7		a ⊥	64.00	40.00	19680	64.00	4096.00	19.68	1.12	21.99	Değerlendirme dışı
8	59.20 - 89.00	d //	79.00	47.00	14620	64.00	4096.00	14.62	1.12	16.34	
9		d //	95.00	47.00	14690	64.00	4096.00	14.69	1.12	16.42	
10		a ⊥	47.00	42.00	8650	64.00	4096.00	8.65	1.12	9.67	
11		a ⊥	47.00	36.00	12760	64.00	4096.00	12.76	1.12	14.26	
12		d //	123.00	47.00	5160	64.00	4096.00	5.16	1.12	5.77	Değerlendirme dışı
13		d //	60.00	47.00	5720	64.00	4096.00	5.72	1.12	6.39	
14		a ⊥	47.00	35.00	10290	64.00	4096.00	10.29	1.12	11.50	
15		a ⊥	47.00	28.00	5550	64.00	4096.00	5.55	1.12	6.20	Değerlendirme dışı

Ortalama $Is_{(50)}$ = 13.76 MPa

Deney Türü	
d	*Çapsal*
a	*Eksensel*
b	*Blok*
i	*Düzensiz şekilli örnek deneyi*
⊥	*Zayıflık düzlemine dik*
//	*Zayıflık düzlemine paralel*

Kısaltmalar	
* I_s	*Belirli örnek çapı için nokta yükü dayanım indeksi*
** F	*Boyut düzeltme faktörü* ($F = (D_e^2/50)^{0.45}$)
*** $I_{s\,(50)}$	*50 mm Çapında örnek için nokta yükü dayanım indeksi* ($Is_{(50)} = Is \times F$)

Kabuller		Deneyi Yapan	Onay
$D_e^2 = D^2$	*Çapsal Deney İçin*		
$D_e = 4A/\pi$	*Diğer Deney Türleri İçin*		
A = W x D	*(Yükleme uçlarında geçen, örneğin en küçük kesit alanı)*		

Şekil E.9. Nokta yükleme deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE

NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI

Sondaj No : KI-06 **Sayfa :** 3/6 **Tarih :** 20.11.2011

ÖRNEK NO	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Deney Türü	GENİŞLİK W (mm)	ÇAP D (mm)	NOKTA YÜKÜ Is * (kPa)	KAROT ÇAPI D_e (mm)	D_e^2 (mm^2)	NOKTA YÜKÜ (Is *) (MPa)	BOYUT DÜZELTME FAKTÖRÜ (F **)	*** $Is_{(50)}$ (MPa)	DEĞERLENDİRME
1		d //	76.00	47.00	5710	64.00	4096.00	5.71	1.12	6.38	Değerlendirme dışı
2		d //	145.00	47.00	17130	64.00	4096.00	17.13	1.12	19.14	Değerlendirme dışı
3		d //	71.00	47.00	16170	64.00	4096.00	16.17	1.12	18.07	
4		d //	66.00	47.00	17590	64.00	4096.00	17.59	1.12	19.66	Değerlendirme dışı
5		d //	92.00	47.00	8560	64.00	4096.00	8.56	1.12	9.57	
6		a ⊥	47.00	40.00	5810	64.00	4096.00	5.81	1.12	6.49	
7		d //	109.00	47.00	13360	64.00	4096.00	13.36	1.12	14.93	
8	89.00 - 119.00	a //	47.00	46.00	2850	64.00	4096.00	2.85	1.12	3.18	Değerlendirme dışı
9		d //	94.00	47.00	16000	64.00	4096.00	16.00	1.12	17.88	
10		a ⊥	47.00	37.00	10620	64.00	4096.00	10.62	1.12	11.87	
11		d //	91.00	47.00	11030	64.00	4096.00	11.03	1.12	12.33	
12		a ⊥	47.00	35.00	11400	64.00	4096.00	11.40	1.12	12.74	
13		d //	82.00	47.00	6870	64.00	4096.00	6.87	1.12	7.68	
14		d //	120.00	47.00	11300	64.00	4096.00	11.30	1.12	12.63	
15		d //	63.00	47.00	10650	64.00	4096.00	10.65	1.12	11.90	

Ortalama $Is_{(50)}$ = 12.37 MPa

Deney Türü	
d	*Çapsal*
a	*Eksensel*
b	*Blok*
i	*Düzensiz şekilli örnek deneyi*
⊥	*Zayıflık düzlemine dik*
//	*Zayıflık düzlemine paralel*

Kısaltmalar	
* I_s	*Belirli örnek çapı için nokta yükü dayanım indeksi*
** F	*Boyut düzeltme faktörü* ($F = (D_e^2/50)^{0.45}$)
*** $I_{s\,(50)}$	*50 mm Çapında örnek için nokta yükü dayanım indeksi* ($Is_{(50)} = Is \times F$)

Kabuller		Deneyi Yapan	Onay
$D_e^2 = D^2$	*Çapsal Deney İçin*		
$D_e = 4A/\pi$	*Diğer Deney Türleri İçin*		
A = W x D	*(Yükleme uçlarında geçen, örneğin en küçük kesit alanı)*		

Şekil E.10. Nokta yükleme deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE

NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI

Sondaj No : KI-06 **Sayfa :** 4/6 **Tarih :** 21.11.2011

ÖRNEK NO	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Deney Türü	GENİŞLİK W (mm)	ÇAP D (mm)	NOKTA YÜKÜ Is * (kPa)	KAROT ÇAPI D_e (mm)	D_e^2 (mm^2)	NOKTA YÜKÜ (Is *) (MPa)	BOYUT DÜZELTME FAKTÖRÜ (F **)	*** $Is_{(50)}$ (MPa)	DEĞERLENDİRME
1		d //	126.00	47.00	13340	64.00	4096.00	13.34	1.12	14.91	
2		d //	110.00	47.00	8450	64.00	4096.00	8.45	1.12	9.44	
3		a ⊥	47.00	28.00	10700	64.00	4096.00	10.70	1.12	11.96	
4		d //	92.00	47.00	13810	64.00	4096.00	13.81	1.12	15.43	
5		d //	82.00	47.00	6140	64.00	4096.00	6.14	1.12	6.86	
6		a ⊥	47.00	39.00	7980	64.00	4096.00	7.98	1.12	8.92	
7		a ⊥	47.00	23.00	7850	64.00	4096.00	7.85	1.12	8.77	
8	119.00 - 149.00	d //	95.00	47.00	15670	64.00	4096.00	15.67	1.12	17.51	Değerlendirme dışı
9		d //	75.00	47.00	13150	64.00	4096.00	13.15	1.12	14.70	
10		a ⊥	47.00	28.00	5010	64.00	4096.00	5.01	1.12	5.60	
11		d //	95.00	47.00	12700	64.00	4096.00	12.70	1.12	14.19	
12		d //	91.00	47.00	15740	64.00	4096.00	15.74	1.12	17.59	Değerlendirme dışı
13		d //	67.00	47.00	4880	64.00	4096.00	4.88	1.12	5.45	Değerlendirme dışı
14		a ⊥	47.00	45.00	4680	64.00	4096.00	4.68	1.12	5.23	Değerlendirme dışı
15		d //	91.00	47.00	13490	64.00	4096.00	13.49	1.12	15.07	

Ortalama $Is_{(50)}$ = 11.44 MPa

Deney Türü	
d	*Çapsal*
a	*Eksensel*
b	*Blok*
i	*Düzensiz şekilli örnek deneyi*
⊥	*Zayıflık düzlemine dik*
//	*Zayıflık düzlemine paralel*

Kısaltmalar	
* I_s	*Belirli örnek çapı için nokta yükü dayanım indeksi*
** F	*Boyut düzeltme faktörü* ($F = (D_e^2/50)^{0.45}$)
*** $I_{s\,(50)}$	*50 mm Çapında örnek için nokta yükü dayanım indeksi* ($Is_{(50)} = Is \times F$)

Kabuller		Deneyi Yapan	Onay
$D_e^2 = D^2$	*Çapsal Deney İçin*		
$D_e = 4A/\pi$	*Diğer Deney Türleri İçin*		
A = W x D	*(Yükleme uçlarında geçen, örneğin en küçük kesit alanı)*		

Şekil E.11. Nokta yükleme deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE

NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI

Sondaj No : KI-06 **Sayfa :** 5/6 **Tarih :** 21.11.2011

ÖRNEK NO	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Deney Türü	GENİŞLİK W (mm)	ÇAP D (mm)	NOKTA YÜKÜ Is * (kPa)	KAROT ÇAPI D_e (mm)	D_e^2 (mm^2)	NOKTA YÜKÜ (Is *) (MPa)	BOYUT DÜZELTME FAKTÖRÜ (F **)	*** $Is_{(50)}$ (MPa)	DEĞERLENDİRME
1		d //	102.00	47.00	10830	64.00	4096.00	10.83	1.12	12.10	
2		d //	111.00	47.00	13310	64.00	4096.00	13.31	1.12	14.87	
3		d //	56.00	47.00	15910	64.00	4096.00	15.91	1.12	17.78	
4		d //	99.00	47.00	15290	64.00	4096.00	15.29	1.12	17.09	
5		d //	96.00	47.00	17570	64.00	4096.00	17.57	1.12	19.63	Değerlendirme dışı
6		d //	111.00	47.00	12410	64.00	4096.00	12.41	1.12	13.87	
7		a ⊥	47.00	33.00	16680	64.00	4096.00	16.68	1.12	18.64	
8	149.00 - 164.00	d //	114.00	47.00	16870	64.00	4096.00	16.87	1.12	18.85	Değerlendirme dışı
9		d //	71.00	47.00	9740	64.00	4096.00	9.74	1.12	10.88	
10		d //	72.00	47.00	11700	64.00	4096.00	11.70	1.12	13.07	
11		d //	82.00	47.00	4980	64.00	4096.00	4.98	1.12	5.57	Değerlendirme dışı
12		a ⊥	47.00	42.00	4230	64.00	4096.00	4.23	1.12	4.73	Değerlendirme dışı
13		a ⊥	47.00	45.00	8090	64.00	4096.00	8.09	1.12	9.04	
14		a ⊥	47.00	36.00	15390	64.00	4096.00	15.39	1.12	17.20	
15		a ⊥	47.00	44.00	9830	64.00	4096.00	9.83	1.12	10.98	

Ortalama $Is_{(50)}$ = 14.14 MPa

Deney Türü	
d	*Çapsal*
a	*Eksensel*
b	*Blok*
i	*Düzensiz şekilli örnek deneyi*
⊥	*Zayıflık düzlemine dik*
//	*Zayıflık düzlemine paralel*

Kısaltmalar	
* I_s	*Belirli örnek çapı için nokta yükü dayanım indeksi*
** F	*Boyut düzeltme faktörü* ($F = (D_e^2/50)^{0.45}$)
*** $I_{s\,(50)}$	*50 mm Çapında örnek için nokta yükü dayanım indeksi* ($Is_{(50)} = Is \times F$)

Kabuller		Deneyi Yapan	Onay
$D_e^2 = D^2$	*Çapsal Deney İçin*		
$D_e = 4A/\pi$	*Diğer Deney Türleri İçin*		
A = W x D	*(Yükleme uçlarında geçen, örneğin en küçük kesit alanı)*		

Şekil E.12. Nokta yükleme deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE

NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

Proje Adı : KIRIK-İSPİR TÜNELLİ GEÇİŞİ ve BAĞLANTI YOLLARI

Sondaj No : KI-06 **Sayfa** : 6/6 **Tarih** : 21.11.2011

ÖRNEK NO	ÖRNEKLEME DERİNLİĞİ (m)	Deney Türü	GENİŞLİK W (mm)	ÇAP D (mm)	NOKTA YÜKÜ Is * (kPa)	KAROT ÇAPI D_e (mm)	D_e^2 (mm^2)	NOKTA YÜKÜ (Is *) (MPa)	BOYUT DÜZELTME FAKTÖRÜ (F **)	*** $Is_{(50)}$ (MPa)	DEĞERLENDİRME
1		d //	80.00	47.00	12550	64.00	4096.00	12.55	1.12	14.02	
2		d //	100.00	47.00	16660	64.00	4096.00	16.66	1.12	18.62	
3		d //	80.00	47.00	10690	64.00	4096.00	10.69	1.12	11.95	Değerlendirme dışı
4		d //	90.00	47.00	11220	64.00	4096.00	11.22	1.12	12.54	
5		d //	60.00	47.00	15440	64.00	4096.00	15.44	1.12	17.25	
6		a ⊥	47.00	32.00	14100	64.00	4096.00	14.10	1.12	15.76	
7		d //	84.00	47.00	12400	64.00	4096.00	12.40	1.12	13.86	
8	164.00 - 174.00	d //	72.00	47.00	>20000	64.00	4096.00	>20	1.12	>20	Değerlendirme dışı
9		a ⊥	47.00	34.00	17990	64.00	4096.00	17.99	1.12	20.10	
10		a ⊥	47.00	44.00	>20000	64.00	4096.00	>20	1.12	>20	Değerlendirme dışı
11		d //	120.00	47.00	14210	64.00	4096.00	14.21	1.12	15.88	
12		d //	115.00	47.00	13480	64.00	4096.00	13.48	1.12	15.06	
13		a ⊥	47.00	35.00	8720	64.00	4096.00	8.72	1.12	9.74	Değerlendirme dışı
14		d //	108.00	47.00	15760	64.00	4096.00	15.76	1.12	17.61	
15		d //	103.00	47.00	14200	64.00	4096.00	14.20	1.12	15.87	

Ortalama $Is_{(50)}$ = 15.65 MPa

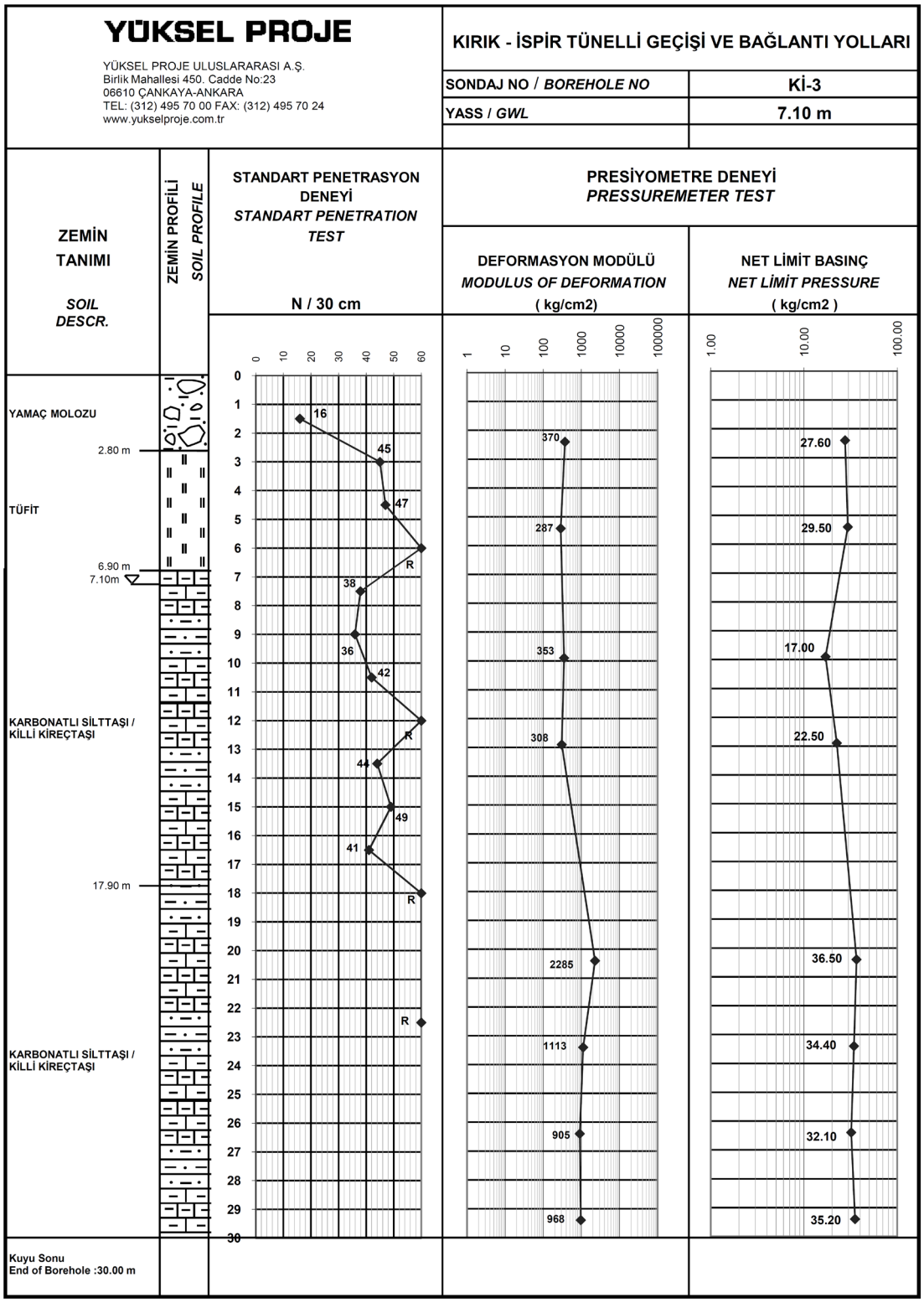
Deney Türü	
d	*Çapsal*
a	*Eksensel*
b	*Blok*
i	*Düzensiz şekilli örnek deneyi*
⊥	*Zayıflık düzlemine dik*
//	*Zayıflık düzlemine paralel*

Kısaltmalar	
* I_s	*Belirli örnek çapı için nokta yükü dayanım indeksi*
** F	*Boyut düzeltme faktörü* ($F = (D_e^2/50)^{0.45}$)
*** $I_{s\,(50)}$	*50 mm Çapında örnek için nokta yükü dayanım indeksi* ($Is_{(50)} = Is \times F$)

Kabuller		Deneyi Yapan	Onay
$D_e^2 = D^2$	*Çapsal Deney İçin*		
$D_e = 4A/\pi$	*Diğer Deney Türleri İçin*		
A = W x D	*(Yükleme uçlarında geçen, örneğin en küçük kesit alanı)*		

Şekil E.13. Nokta yükleme deneyi sonuçları

Ek-F: PRESSİYOMETRE DENEY SONUÇLARI



Şekil F.1. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE
ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-3

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1.00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58.00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0.00016

MEMBRAN PARAMETRELERİ	
Tedarikçi tip ve kodu	
Basınç kaybı p_m (MPa)	0.050

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111113C05
En büyük basınç kaybı p_m (MPa)	0.540

HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78.0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3.905
Prob hacmi V_s (cm^3)	816.9

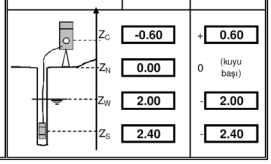
DENEY

Deney No.	ES_Kİ-3_P01
Deney Tarih ve Saati	13.11.2011 15:51
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	-0.080
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60-60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0.000	0.000	0.000	0.000	10.0	10.0	10.0	15.0	0.011	15.0		5.0
2	0.100	0.100	0.100	0.100	101.0	101.0	101.0	110.0	0.002	109.4	#####	9.0
3	0.200	0.200	0.200	0.200	121.0	121.0	121.0	124.0	0.088	122.8	157	3.0
4	0.300	0.300	0.300	0.300	133.0	133.0	133.0	134.0	0.177	132.2	105	1.0
5	0.400	0.400	0.400	0.400	141.0	141.0	141.0	144.0	0.267	141.7	105	3.0
6	0.500	0.500	0.500	0.500	150.0	150.0	150.0	151.0	0.361	148.1	69	1.0
7	0.600	0.600	0.600	0.600	155.0	155.0	155.0	156.0	0.456	152.6	47	1.0
8	0.800	0.800	0.800	0.800	166.0	166.0	166.0	169.0	0.643	164.5	64	3.0
9	1.000	1.000	1.000	1.000	179.0	179.0	179.0	180.0	0.833	174.5	53	1.0
10	1.200	1.200	1.200	1.200	189.0	189.0	189.0	192.0	1.022	185.6	58	3.0
11	1.400	1.400	1.400	1.400	203.0	203.0	203.0	209.0	1.206	201.6	87	6.0
12	1.600	1.600	1.600	1.600	224.0	224.0	224.0	232.0	1.386	223.7	123	8.0
13	1.800	1.800	1.800	1.800	254.0	254.0	254.0	260.0	1.563	250.8	154	6.0
14	2.000	2.000	2.000	2.000	277.0	277.0	277.0	292.0	1.737	281.9	179	15.0
15	2.200	2.200	2.200	2.200	314.0	314.0	314.0	331.0	1.907	320.1	224	17.0
16	2.400	2.400	2.400	2.400	362.0	362.0	362.0	381.0	2.072	369.3	299	19.0
17	2.600	2.600	2.600	2.600	425.0	425.0	425.0	448.0	2.227	435.5	425	23.0
18	2.800	2.800	2.800	2.800	510.0	510.0	510.0	537.0	2.374	523.7	601	27.0
19	3.000	3.000	3.000	3.000	612.0	612.0	612.0	643.0	2.517	628.9	733	31.0
20												
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER



SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)	-	
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

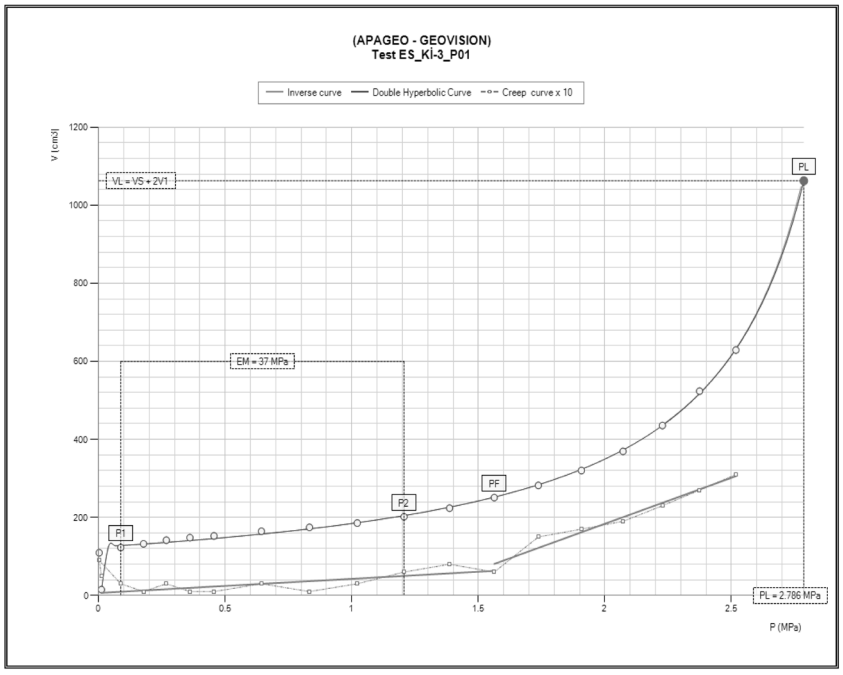
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE
ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-3_P01
Şantiye	
Kuyu	Kİ-3
Deney Derinliği (m)	2.40



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0.024
p_1	0.09
p_2	1.21
p_f	1.56
p_l	2.79
p_l^*	2.76
E_M	37.0
E_M / p_l	13.3
E_M / p_l^*	13.4

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-2.43E-03
	B	7.71E-03
Çift Hiperbolik	A1	-1.20E+01
	A2	-2.04E+00
	A3	1.24E-03
	A4	4.34E+02
	A5	1.13E-02
	A6	3.19E+00

YORUMLAR

Şekil F.2. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE
ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ
DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-3

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1.00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58.00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0.00016

MEMBRAN PARAMETRELERİ	
Tedarikçi tip ve kodu	
Basınç kaybı p_m (MPa)	0.050

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111113C05
En büyük basınç kaybı p_{ol} (MPa)	0.540

HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Kalibrasyon silindir çapı d, (mm)	78.0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3.905
Prob hacmi V_s (cm^3)	816.9

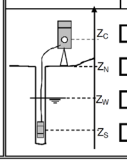
DENEY

Deney No.	ES_Kİ-3_P02
Deney Tarih ve Saati	13.11.2011 15:55
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	-0.050
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0.000	0.000	0.000	0.000	15.0	15.0	15.0	26.0	0.028	26.0		11.0
2	0.100	0.100	0.100	0.100	84.0	84.0	84.0	87.0	0.057	86.4	2068	3.0
3	0.200	0.200	0.200	0.200	103.0	103.0	103.0	105.0	0.137	103.8	216	2.0
4	0.300	0.300	0.300	0.300	117.0	117.0	117.0	119.0	0.223	117.2	157	2.0
5	0.400	0.400	0.400	0.400	126.0	126.0	126.0	130.0	0.311	127.7	118	4.0
6	0.500	0.500	0.500	0.500	139.0	139.0	139.0	141.0	0.400	138.1	117	2.0
7	0.600	0.600	0.600	0.600	149.0	149.0	149.0	150.0	0.492	146.6	93	1.0
8	0.800	0.800	0.800	0.800	165.0	165.0	165.0	170.0	0.672	165.5	105	5.0
9	1.000	1.000	1.000	1.000	184.0	184.0	184.0	185.0	0.858	179.5	75	1.0
10	1.200	1.200	1.200	1.200	202.0	202.0	202.0	209.0	1.036	202.6	129	7.0
11	1.400	1.400	1.400	1.400	220.0	220.0	220.0	224.0	1.223	216.6	75	4.0
12	1.600	1.600	1.600	1.600	238.0	238.0	238.0	246.0	1.404	237.7	116	8.0
13	1.800	1.800	1.800	1.800	258.0	258.0	258.0	268.0	1.586	258.8	116	10.0
14	2.000	2.000	2.000	2.000	287.0	287.0	287.0	300.0	1.761	289.9	178	13.0
15	2.200	2.200	2.200	2.200	314.0	314.0	314.0	326.0	1.941	315.1	140	12.0
16	2.400	2.400	2.400	2.400	348.0	348.0	348.0	357.0	2.118	345.3	170	9.0
17	2.600	2.600	2.600	2.600	384.0	384.0	384.0	398.0	2.290	385.5	234	14.0
18	2.800	2.800	2.800	2.800	441.0	441.0	441.0	454.0	2.453	440.7	338	13.0
19	3.000	3.000	3.000	3.000	515.0	515.0	515.0	528.0	2.609	513.9	471	13.0
20	3.200	3.200	3.200	3.200	609.0	609.0	609.0	626.0	2.756	611.1	662	17.0
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER



SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitirme zamanı	

BİRİM

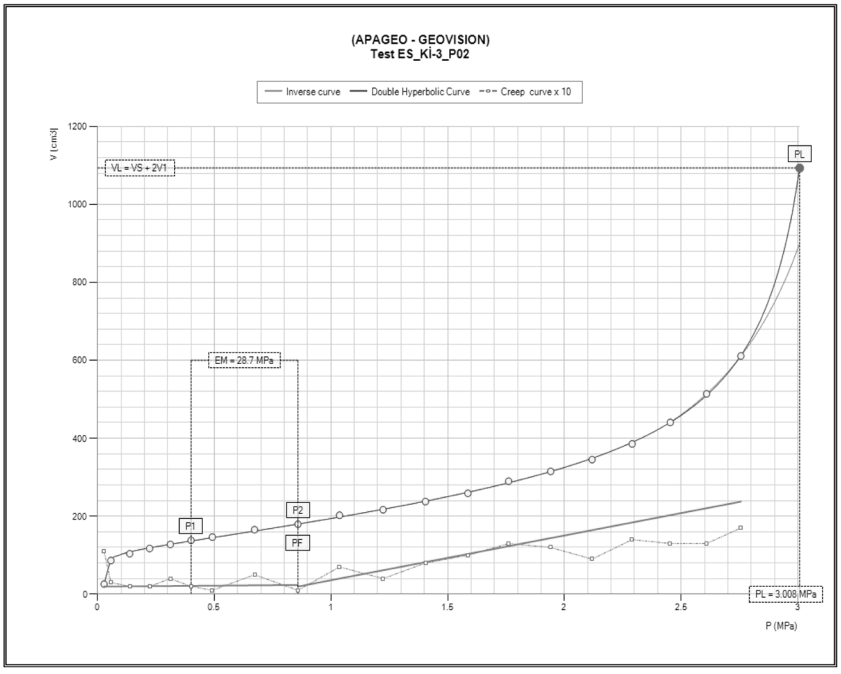
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE
ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ
RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-3_P02
Şantiye	
Kuyu	Kİ-3
Deney Derinliği (m)	5.40



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0.063
p_1	0.40
p_2	0.86
p_f	0.86
p_l	3.01
p_l^*	2.95
E_M	28.7
E_M / p_l	9.5
E_M / p_l^*	9.7

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-2.09E-03
	B	7.40E-03
Çift Hiperbolik	A1	5.06E+01
	A2	6.57E+01
	A3	9.37E-01
	A4	1.74E+02
	A5	1.61E-02
	A6	3.21E+00

YORUMLAR

Şekil F.3. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE
ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-3

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1.00
Toplam uzunluk (m)		58.00	Gaz	Cinsi	Azot
				Sıkışabilirlik λ_G (m^{-1})	0.00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0.050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111114C06
En büyük basınç kaybı p_w (MPa)	0.706
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Difransiyel basınç (d_i (mm)	78.0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3.905
Prob hacmi V_c (cm^3)	816.9

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-3_P03
Deney Tarih ve Saati	14.11.2011 16:01
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	-0.010
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60-60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA ΔV^{60-30} (cm^3)
0												
1	0.000	0.000	0.000	0.000	11.0	11.0	11.0	19.0	0.054	19.0		8.0
2	0.050	0.050	0.050	0.050	38.0	38.0	38.0	47.0	0.054	46.7	#####	9.0
3	0.100	0.100	0.100	0.100	62.0	62.0	62.0	70.0	0.066	69.4	1941	8.0
4	0.150	0.150	0.150	0.150	83.0	83.0	83.0	90.0	0.084	89.1	1065	7.0
5	0.200	0.200	0.200	0.200	98.0	98.0	98.0	101.0	0.118	99.8	321	3.0
6	0.250	0.250	0.250	0.250	107.0	107.0	107.0	108.0	0.157	106.5	169	1.0
7	0.300	0.300	0.300	0.300	112.0	112.0	112.0	113.0	0.200	111.2	110	1.0
8	0.400	0.400	0.400	0.400	120.0	120.0	120.0	122.0	0.287	119.7	97	2.0
9	0.500	0.500	0.500	0.500	127.0	127.0	127.0	129.0	0.377	126.1	72	2.0
10	0.600	0.600	0.600	0.600	133.0	133.0	133.0	136.0	0.468	132.6	72	3.0
11	0.800	0.800	0.800	0.800	144.0	144.0	144.0	149.0	0.650	144.5	66	5.0
12	1.000	1.000	1.000	1.000	157.0	157.0	157.0	162.0	0.833	156.5	66	5.0
13	1.200	1.200	1.200	1.200	179.0	179.0	179.0	188.0	1.000	181.6	150	9.0
14	1.400	1.400	1.400	1.400	208.0	208.0	208.0	230.0	1.151	222.6	272	22.0
15	1.600	1.600	1.600	1.600	268.0	268.0	268.0	292.0	1.286	283.7	452	24.0
16	1.800	1.800	1.800	1.800	350.0	350.0	350.0	377.0	1.409	367.8	685	27.0
17	2.000	2.000	2.000	2.000	459.0	459.0	459.0	489.0	1.524	478.9	970	30.0
18	2.200	2.200	2.200	2.200	600.0	600.0	600.0	631.0	1.636	620.1	1263	31.0
19												
20												
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER

	Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C		-0.60	+ 0.60
Z_N		0.00	0 (kuyu başı)
Z_W		7.30	- 7.30
Z_S		9.90	- 9.90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

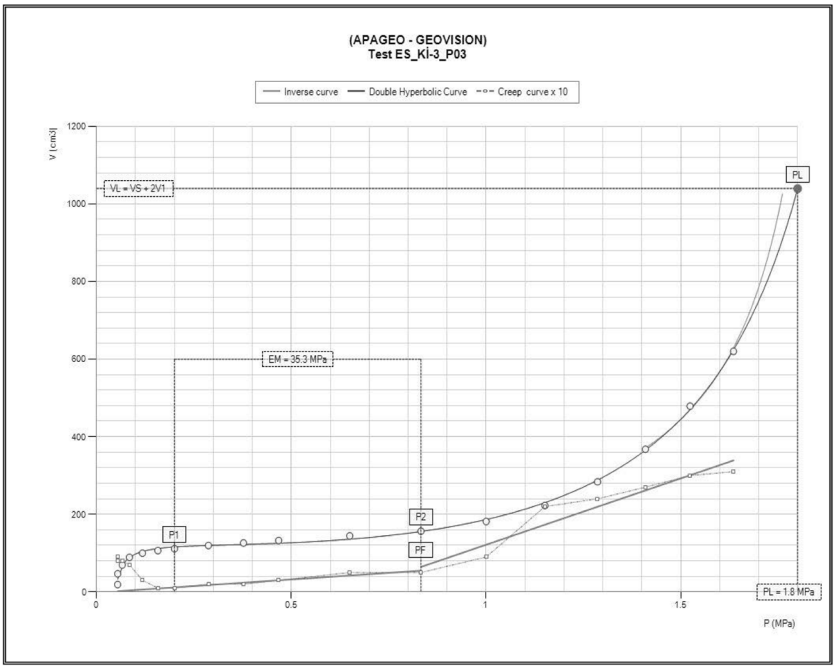
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE
ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-3_P03
Şantiye	
Kuyu	Kİ-3
Deney Derinliği (m)	9.90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0.102
p_1	0.20
p_2	0.83
p_l	0.83
p_l	1.80
p_l^*	1.70
E_M	35.3
E_M / p_l	19.6
E_M / p_l^*	20.8

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-4.89E-03
	B	9.59E-03
Çift Hiperbolik	A1	-1.03E+02
	A2	-1.53E+02
	A3	2.46E+00
	A4	5.19E+02
	A5	3.00E-02
	A6	2.17E+00

YORUMLAR

Şekil F.4. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-3

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_f/γ_w	1.00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58.00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0.00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0.050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111114C06
En büyük basınç kaybı p_m (MPa)	0.706
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Difransiyel basınç d_i (mm)	78.0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3.905
Prob hacmi V_s (cm^3)	816.9

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-3_P04
Deney Tarih ve Saati	14.11.2011 16:04
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0.020
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0.000	0.000	0.000	0.000	21.0	21.0	21.0	28.0	0.068	28.0		7.0
2	0.050	0.050	0.050	0.050	42.0	42.0	42.0	50.0	0.079	49.7	1901	8.0
3	0.100	0.100	0.100	0.100	66.0	66.0	66.0	75.0	0.088	74.4	2808	9.0
4	0.150	0.150	0.150	0.150	87.0	87.0	87.0	95.0	0.107	94.1	1043	8.0
5	0.200	0.200	0.200	0.200	108.0	108.0	108.0	117.0	0.124	115.8	1239	9.0
6	0.250	0.250	0.250	0.250	130.0	130.0	130.0	139.0	0.144	137.5	1131	9.0
7	0.300	0.300	0.300	0.300	150.0	150.0	150.0	159.0	0.167	157.2	845	9.0
8	0.350	0.350	0.350	0.350	170.0	170.0	170.0	179.0	0.191	177.0	804	9.0
9	0.400	0.400	0.400	0.400	189.0	189.0	189.0	196.0	0.221	193.7	572	7.0
10	0.450	0.450	0.450	0.450	205.0	205.0	205.0	212.0	0.252	209.4	505	7.0
11	0.500	0.500	0.500	0.500	222.0	222.0	222.0	229.0	0.282	226.1	546	7.0
12	0.550	0.550	0.550	0.550	239.0	239.0	239.0	246.0	0.314	242.9	534	7.0
13	0.600	0.600	0.600	0.600	255.0	255.0	255.0	263.0	0.346	259.6	523	8.0
14	0.700	0.700	0.700	0.700	272.0	272.0	272.0	280.0	0.428	276.1	199	8.0
15	0.800	0.800	0.800	0.800	289.0	289.0	289.0	295.0	0.513	290.5	170	6.0
16	1.000	1.000	1.000	1.000	307.0	307.0	307.0	312.0	0.697	306.5	87	5.0
17	1.200	1.200	1.200	1.200	323.0	323.0	323.0	329.0	0.881	322.6	87	6.0
18	1.400	1.400	1.400	1.400	340.0	340.0	340.0	348.0	1.064	340.6	99	8.0
19	1.600	1.600	1.600	1.600	361.0	361.0	361.0	371.0	1.244	362.7	123	10.0
20	1.800	1.800	1.800	1.800	390.0	390.0	390.0	403.0	1.418	393.8	179	13.0
21	2.000	2.000	2.000	2.000	435.0	435.0	435.0	449.0	1.582	438.9	274	14.0
22	2.200	2.200	2.200	2.200	496.0	496.0	496.0	512.0	1.738	501.1	399	16.0
23	2.400	2.400	2.400	2.400	579.0	579.0	579.0	597.0	1.885	585.3	573	18.0
24	2.600	2.600	2.600	2.600	688.0	688.0	688.0	711.0	2.023	698.5	818	23.0

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0.60	+ 0.60
Z_N	0.00	0 (kuyu başı)
Z_W	4.50	- 4.50
Z_S	12.90	- 12.90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

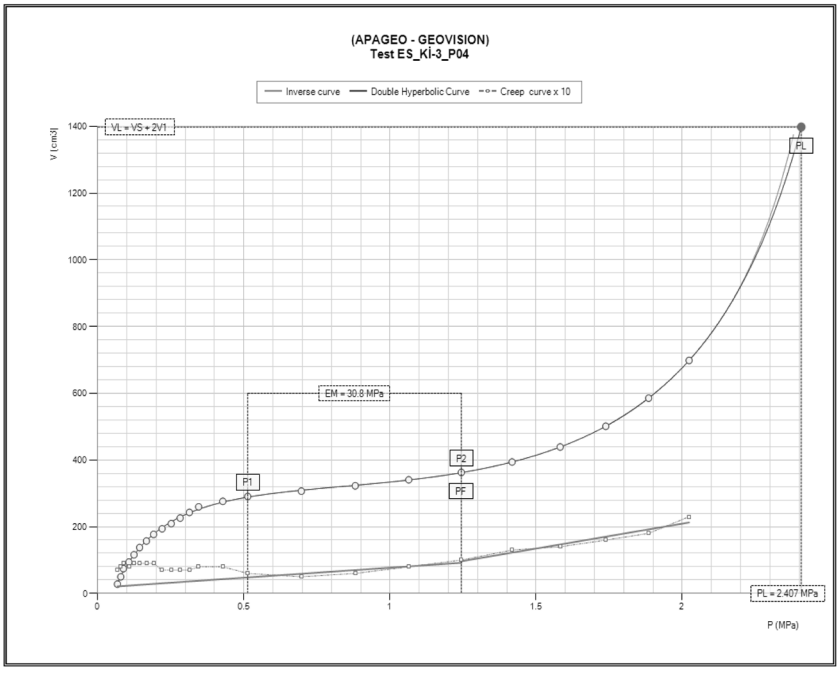
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-3_P04
Şantiye	
Kuyu	Kİ-3
Deney Derinliği (m)	12.90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0.158
p_1	0.51
p_2	1.24
p_f	1.24
p_i	2.41
p_f^*	2.25
E_M	30.8
E_M / p_f	12.8
E_M / p_f^*	13.7

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1.98E-03
	B	5.43E-03
Çift Hiperbolik	A1	1.56E+02
	A2	-2.70E+02
	A3	1.12E+02
	A4	1.07E+03
	A5	-1.69E-01
	A6	2.96E+00

YORUMLAR

Şekil F.5. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-3

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI				
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi: Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_f/γ_w: 1.00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi: Azot
58.00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1}): 0.00016

MEMBRAN PARAMETRELERİ	
Tedarikçi tip ve kodu	
Basınç kaybı p_m (MPa)	0.050

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111114C06
En büyük basınç kaybı p_w (MPa)	0.706

HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78.0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3.905
Prob hacmi V_c (cm^3)	816.9

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-3_P06
Deney Tarih ve Saati	15.11.2011 16:11
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0.100
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60-60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA ΔV^{60-30} (cm^3)
0												
1	0.000	0.000	0.000	0.000	38.0	38.0	38.0	59.0	0.089	59.0		21.0
2	0.050	0.050	0.050	0.050	100.0	100.0	100.0	110.0	0.059	109.7	-1718	10.0
3	0.100	0.100	0.100	0.100	125.0	125.0	125.0	138.0	0.070	137.4	2659	13.0
4	0.150	0.150	0.150	0.150	154.0	154.0	154.0	165.0	0.084	164.1	1878	11.0
5	0.200	0.200	0.200	0.200	174.0	174.0	174.0	188.0	0.105	186.8	1071	14.0
6	0.250	0.250	0.250	0.250	199.0	199.0	199.0	210.0	0.129	208.5	913	11.0
7	0.300	0.300	0.300	0.300	225.0	225.0	225.0	235.0	0.151	233.2	1140	10.0
8	0.350	0.350	0.350	0.350	249.0	249.0	249.0	255.0	0.179	253.0	695	6.0
9	0.400	0.400	0.400	0.400	260.0	260.0	260.0	261.0	0.223	258.7	131	1.0
10	0.500	0.500	0.500	0.500	262.0	262.0	262.0	263.0	0.321	260.1	15	1.0
11	0.600	0.600	0.600	0.600	264.0	264.0	264.0	265.0	0.419	261.6	15	1.0
12	0.800	0.800	0.800	0.800	268.0	268.0	268.0	269.0	0.615	264.5	15	1.0
13	1.000	1.000	1.000	1.000	270.0	270.0	270.0	272.0	0.811	266.5	10	2.0
14	1.200	1.200	1.200	1.200	275.0	275.0	275.0	275.0	1.008	268.6	10	0.0
15	1.500	1.500	1.500	1.500	293.0	293.0	293.0	297.0	1.287	289.2	74	4.0
16	1.800	1.800	1.800	1.800	320.0	320.0	320.0	325.0	1.560	315.8	97	5.0
17	2.100	2.100	2.100	2.100	354.0	354.0	354.0	361.0	1.828	350.5	130	7.0
18	2.400	2.400	2.400	2.400	398.0	398.0	398.0	406.0	2.091	394.3	167	8.0
19	2.700	2.700	2.700	2.700	456.0	456.0	456.0	466.0	2.345	453.1	231	10.0
20	3.000	3.000	3.000	3.000	535.0	535.0	535.0	545.0	2.592	530.9	316	10.0
21	3.300	3.300	3.300	3.300	633.0	633.0	633.0	651.0	2.830	635.8	441	18.0
22												
23												
24												

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0.60	+ 0.60
Z_N	0.00	0 (kuyu başı)
Z_W	4.80	- 4.80
Z_S	20.40	- 20.40

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

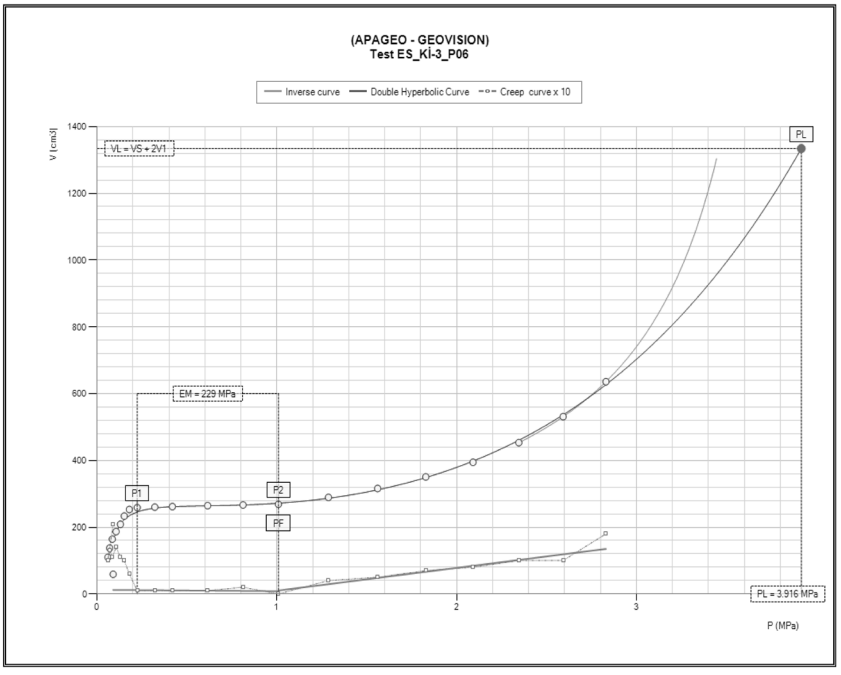
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-3_P06
Şantiye	
Kuyu	Kİ-3
Deney Derinliği (m)	20.40



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0.262
p_1	0.22
p_2	1.01
p_f	1.01
p_l	3.92
p_l^*	3.65
E_M	228.5
E_M / p_l	58.3
E_M / p_l^*	62.5

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1.31E-03
	B	5.28E-03
Çift Hiperbolik	A1	-2.44E+03
	A2	-4.35E+02
	A3	1.19E+01
	A4	2.17E+04
	A5	8.22E-03
	A6	7.88E+00

YORUMLAR

Şekil F.6. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-3

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1.00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58.00				Sıkışabilirlik λ_{ij} (m^{-1})	0.00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0.050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111114C06
En büyük basınç kaybı p_w (MPa)	0.706
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Kalibrasyon silindir çapı d, (mm)	78.0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3.905
Prob hacmi V_s (cm^3)	816.9

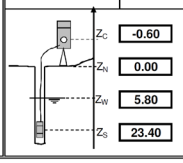
DENEY

Deney No.	ES_Kİ-3_P07
Deney Tarih ve Saati	15.11.2011 16:13
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0.100
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60:60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60:30}$ (cm^3)
0												
1	0.000	0.000	0.000	0.000	44.0	44.0	44.0	70.0	0.101	70.0		26.0
2	0.050	0.050	0.050	0.050	118.0	118.0	118.0	129.0	0.062	128.7	-1520	11.0
3	0.100	0.100	0.100	0.100	143.0	143.0	143.0	159.0	0.072	158.4	3112	16.0
4	0.150	0.150	0.150	0.150	175.0	175.0	175.0	185.0	0.089	184.1	1502	10.0
5	0.200	0.200	0.200	0.200	200.0	200.0	200.0	206.0	0.114	204.8	835	6.0
6	0.250	0.250	0.250	0.250	215.0	215.0	215.0	221.0	0.146	219.5	450	6.0
7	0.300	0.300	0.300	0.300	226.0	226.0	226.0	231.0	0.185	229.2	251	5.0
8	0.350	0.350	0.350	0.350	235.0	235.0	235.0	237.0	0.229	235.0	132	2.0
9	0.400	0.400	0.400	0.400	239.0	239.0	239.0	242.0	0.273	239.7	106	3.0
10	0.500	0.500	0.500	0.500	250.0	250.0	250.0	252.0	0.362	249.1	106	2.0
11	0.600	0.600	0.600	0.600	255.0	255.0	255.0	258.0	0.456	254.6	58	3.0
12	0.800	0.800	0.800	0.800	260.0	260.0	260.0	264.0	0.650	259.5	26	4.0
13	1.000	1.000	1.000	1.000	266.0	266.0	266.0	269.0	0.845	263.5	20	3.0
14	1.200	1.200	1.200	1.200	270.0	270.0	270.0	272.0	1.041	265.6	10	2.0
15	1.500	1.500	1.500	1.500	280.0	280.0	280.0	285.0	1.328	277.2	40	5.0
16	1.800	1.800	1.800	1.800	290.0	290.0	290.0	301.0	1.613	291.8	52	11.0
17	2.100	2.100	2.100	2.100	312.0	312.0	312.0	323.0	1.892	312.5	74	11.0
18	2.400	2.400	2.400	2.400	340.0	340.0	340.0	355.0	2.163	343.3	113	15.0
19	2.700	2.700	2.700	2.700	386.0	386.0	386.0	402.0	2.424	389.1	176	16.0
20	3.000	3.000	3.000	3.000	450.0	450.0	450.0	467.0	2.674	452.9	255	17.0
21	3.300	3.300	3.300	3.300	537.0	537.0	537.0	555.0	2.915	539.8	360	18.0
22	3.600	3.600	3.600	3.600	650.0	650.0	650.0	673.0	3.148	656.7	503	23.0
23												
24												

SEVİYELER



SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

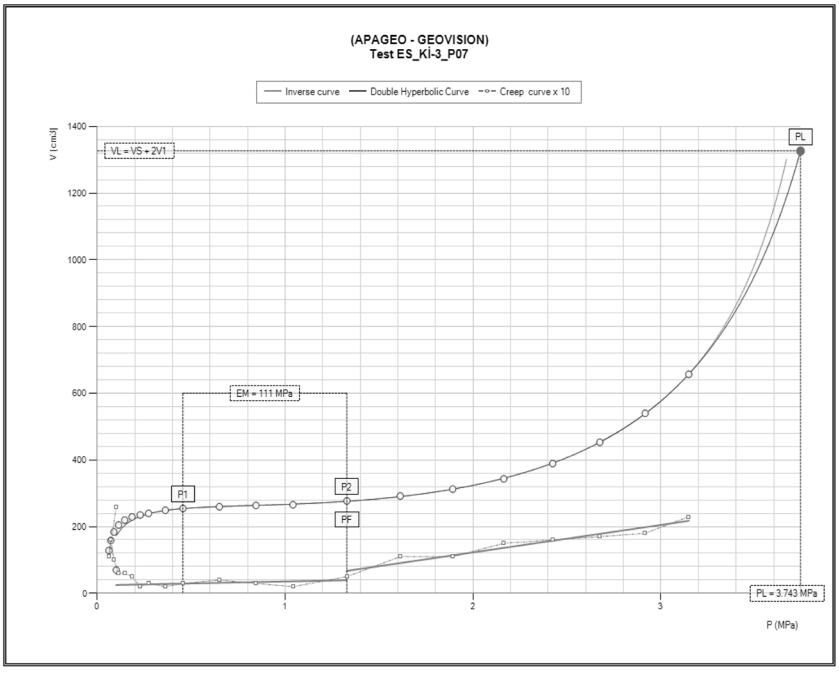
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-3_P07
Şantiye	
Kuyu	Kİ-3
Deney Derinliği (m)	23.40



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0.299
p_1	0.46
p_2	1.33
p_f	1.33
p_l	3.74
p_l^*	3.44
E_M	111.3
E_M / p_l	29.8
E_M / p_l^*	32.3

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1.45E-03
	B	6.08E-03
Çift Hiperbolik	A1	-1.35E+01
	A2	-1.08E+02
	A3	1.62E+01
	A4	1.44E+03
	A5	-2.83E-02
	A6	4.57E+00

YORUMLAR

Şekil F.7. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA

Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-3

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1.00
Toplam uzunluk (m)		58.00	Gaz	Cinsi	Azot
				Sıkışabilirlik λ_{ij} (m^{-1})	0.00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0.050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111114C06
En büyük basınç kaybı p_{el} (MPa)	0.706
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Kalibrasyon silindir çapı d, (mm)	78.0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3.905
Prob hacmi V_s (cm^3)	816.9

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-3_P08
Deney Tarih ve Saati	16.11.2011 16:17
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0.150
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60:60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60:30}$ (cm^3)
0												
1	0.000	0.000	0.000	0.000	38.0	38.0	38.0	55.0	0.156	55.0		17.0
2	0.100	0.100	0.100	0.100	95.0	95.0	95.0	109.0	0.171	108.4	3496	14.0
3	0.200	0.200	0.200	0.200	159.0	159.0	159.0	164.0	0.195	162.8	2225	5.0
4	0.300	0.300	0.300	0.300	169.0	169.0	169.0	170.0	0.288	168.2	59	1.0
5	0.400	0.400	0.400	0.400	172.0	172.0	172.0	174.0	0.383	171.7	36	2.0
6	0.600	0.600	0.600	0.600	179.0	179.0	179.0	180.0	0.575	176.6	26	1.0
7	0.900	0.900	0.900	0.900	182.0	182.0	182.0	189.0	0.864	184.0	26	7.0
8	1.200	1.200	1.200	1.200	195.0	195.0	195.0	200.0	1.151	193.6	33	5.0
9	1.500	1.500	1.500	1.500	211.0	211.0	211.0	220.0	1.428	212.2	67	9.0
10	1.800	1.800	1.800	1.800	235.0	235.0	235.0	244.0	1.701	234.8	83	9.0
11	2.100	2.100	2.100	2.100	263.0	263.0	263.0	273.0	1.970	262.5	103	10.0
12	2.400	2.400	2.400	2.400	300.0	300.0	300.0	310.0	2.234	298.3	136	10.0
13	2.700	2.700	2.700	2.700	351.0	351.0	351.0	362.0	2.487	349.1	201	11.0
14	3.000	3.000	3.000	3.000	422.0	422.0	422.0	435.0	2.728	420.9	298	13.0
15	3.300	3.300	3.300	3.300	518.0	518.0	518.0	536.0	2.957	520.8	435	18.0
16	3.600	3.600	3.600	3.600	655.0	655.0	655.0	675.0	3.177	658.7	629	20.0
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0.60	+ 0.60
Z_N	0.00	0 (kuyu başı)
Z_W	6.50	- 6.50
Z_S	26.40	- 26.40

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

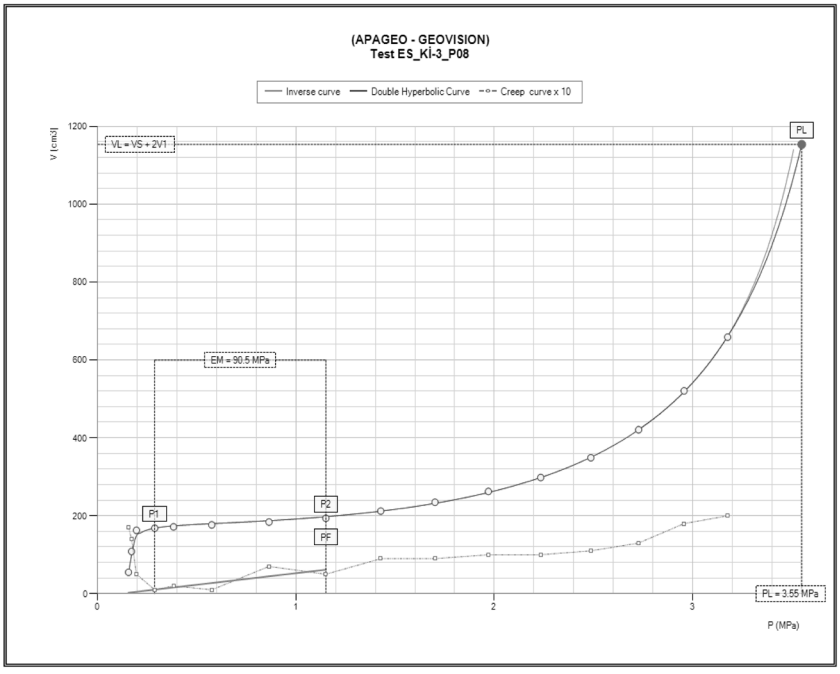
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-3_P08
Şantiye	
Kuyu	Kİ-3
Deney Derinliği (m)	26.40



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0.337
p_1	0.29
p_2	1.15
p_f	1.15
p_l	3.55
p_l^*	3.21
E_M	90.5
E_M / p_l	25.5
E_M / p_l^*	28.2

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1.91E-03
	B	7.58E-03
Çift Hiperbolik	A1	-1.58E+01
	A2	-4.94E+01
	A3	1.95E+00
	A4	8.19E+02
	A5	1.40E-01
	A6	4.16E+00

YORUMLAR

Şekil F.8. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE
ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ
DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-3

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_f/γ_w	1.00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58.00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0.00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0.050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111114C06
En büyük basınç kaybı p_w (MPa)	0.706
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78.0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3.905
Prob hacmi V_s (cm^3)	816.9

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-3_P09
Deney Tarih ve Saati	16.11.2011 16:23
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0.150
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60-60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA ΔV^{60-30} (cm^3)
0												
1	0.000	0.000	0.000	0.000	38.0	38.0	38.0	58.0	0.181	58.0		20.0
2	0.050	0.050	0.050	0.050	95.0	95.0	95.0	118.0	0.138	117.7	-1396	23.0
3	0.100	0.100	0.100	0.100	110.0	110.0	110.0	139.0	0.159	138.4	1003	29.0
4	0.150	0.150	0.150	0.150	146.0	146.0	146.0	154.0	0.188	153.1	492	8.0
5	0.200	0.200	0.200	0.200	159.0	159.0	159.0	163.0	0.227	161.8	228	4.0
6	0.250	0.250	0.250	0.250	164.0	164.0	164.0	169.0	0.269	167.5	135	5.0
7	0.300	0.300	0.300	0.300	171.0	171.0	171.0	174.0	0.313	172.2	108	3.0
8	0.400	0.400	0.400	0.400	179.0	179.0	179.0	184.0	0.400	181.7	108	5.0
9	0.500	0.500	0.500	0.500	188.0	188.0	188.0	191.0	0.492	188.1	71	3.0
10	0.600	0.600	0.600	0.600	194.0	194.0	194.0	195.0	0.587	191.6	36	1.0
11	0.800	0.800	0.800	0.800	202.0	202.0	202.0	204.0	0.776	199.5	42	2.0
12	1.000	1.000	1.000	1.000	208.0	208.0	208.0	209.0	0.970	203.5	21	1.0
13	1.200	1.200	1.200	1.200	212.0	212.0	212.0	212.0	1.167	205.6	10	0.0
14	1.500	1.500	1.500	1.500	219.0	219.0	219.0	223.0	1.454	215.2	33	4.0
15	1.800	1.800	1.800	1.800	228.0	228.0	228.0	236.0	1.740	226.8	41	8.0
16	2.100	2.100	2.100	2.100	243.0	243.0	243.0	253.0	2.021	242.5	56	10.0
17	2.400	2.400	2.400	2.400	267.0	267.0	267.0	278.0	2.295	266.3	87	11.0
18	2.700	2.700	2.700	2.700	302.0	302.0	302.0	315.0	2.559	302.1	136	13.0
19	3.000	3.000	3.000	3.000	358.0	358.0	358.0	371.0	2.809	356.9	219	13.0
20	3.300	3.300	3.300	3.300	435.0	435.0	435.0	450.0	3.047	434.8	328	15.0
21	3.600	3.600	3.600	3.600	538.0	538.0	538.0	557.0	3.274	540.7	466	19.0
22	3.900	3.900	3.900	3.900	675.0	675.0	675.0	699.0	3.494	681.6	640	24.0
23												
24												

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0.60	+ 0.60
Z_N	0.00	0 (kuyu başı)
Z_W	7.80	- 7.80
Z_S	29.40	- 29.40

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

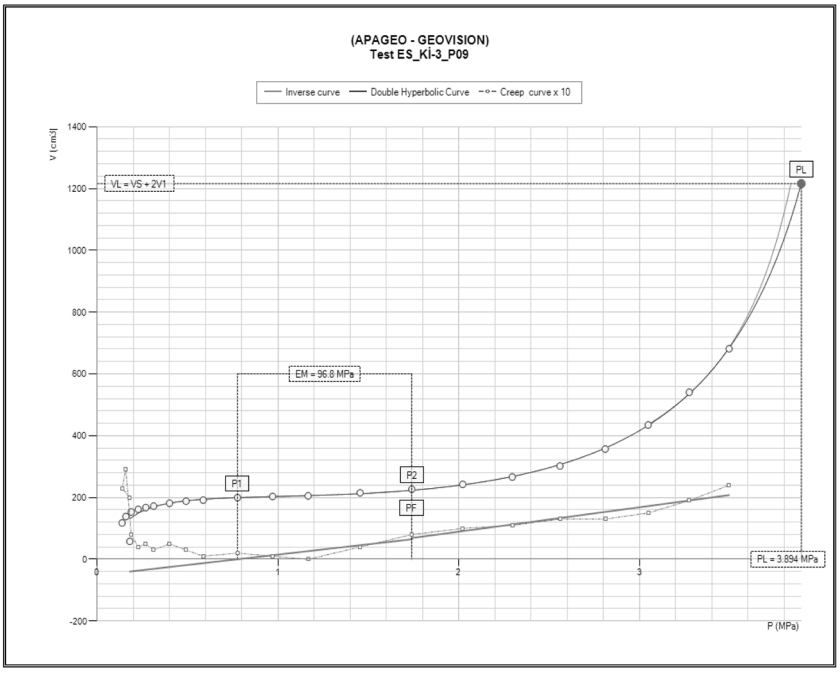
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE
ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ
RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-3_P09
Şantiye	
Kuyu	Kİ-3
Deney Derinliği (m)	29.40

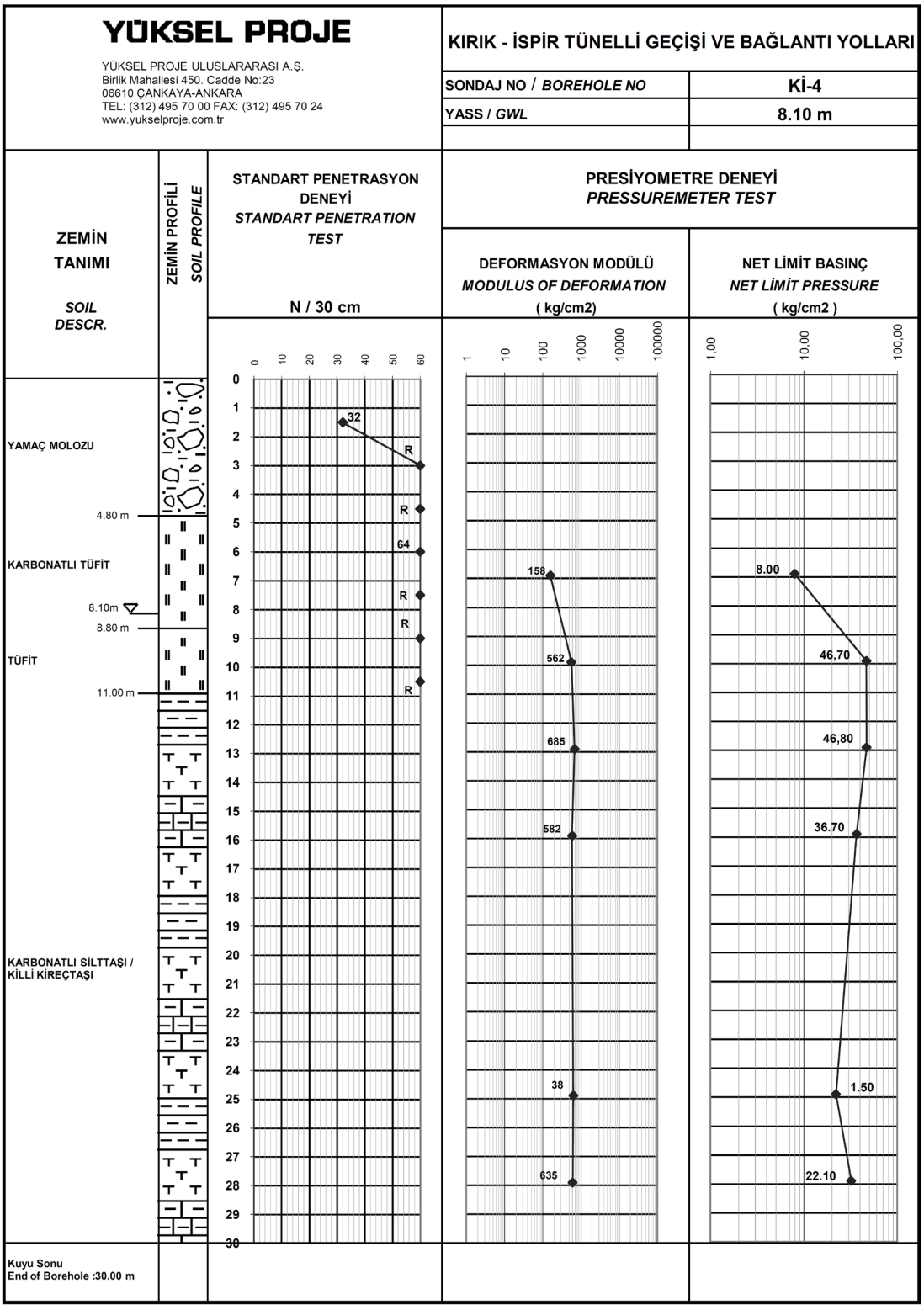


HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0.373
p_1	0.78
p_2	1.74
p_f	1.74
p_l	3.89
p_l^*	3.52
E_M	96.8
E_M / p_l	24.9
E_M / p_l^*	27.5

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1.86E-03
	B	7.96E-03
Çift Hiperbolik	A1	1.33E+01
	A2	-9.69E+01
	A3	2.74E+01
	A4	1.13E+03
	A5	-4.73E-02
	A6	4.61E+00

YORUMLAR

Şekil F.9. Pressiyometre deneyi sonuçları



Şekil F.10. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-4

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1.00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58.00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0.00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0.050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111114C06
En büyük basınç kaybı p_{ml} (MPa)	0.706
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Difransiyel silindir çapı d, (mm)	78.0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3.905
Prob hacmi V_s (cm^3)	816.9

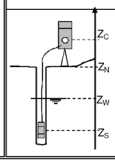
DENEY

Deney No.	ES_Kİ-4_P01
Deney Tarih ve Saati	14.11.2011 16:28
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	-0.040
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{15/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0.000	0.000	0.000	0.000	10.0	10.0	10.0	15.0	0.032	15.0		5.0
2	0.050	0.050	0.050	0.050	27.0	27.0	27.0	34.0	0.047	33.7	1220	7.0
3	0.100	0.100	0.100	0.100	46.0	46.0	46.0	54.0	0.062	53.4	1280	8.0
4	0.150	0.150	0.150	0.150	64.0	64.0	64.0	71.0	0.084	70.1	760	7.0
5	0.200	0.200	0.200	0.200	82.0	82.0	82.0	88.0	0.108	86.8	721	6.0
6	0.250	0.250	0.250	0.250	98.0	98.0	98.0	105.0	0.132	103.5	687	7.0
7	0.300	0.300	0.300	0.300	113.0	113.0	113.0	120.0	0.160	118.2	522	7.0
8	0.350	0.350	0.350	0.350	128.0	128.0	128.0	134.0	0.190	132.0	452	6.0
9	0.400	0.400	0.400	0.400	142.0	142.0	142.0	148.0	0.221	145.7	443	6.0
10	0.450	0.450	0.450	0.450	157.0	157.0	157.0	164.0	0.250	161.4	542	7.0
11	0.500	0.500	0.500	0.500	174.0	174.0	174.0	180.0	0.280	177.1	528	6.0
12	0.550	0.550	0.550	0.550	189.0	189.0	189.0	195.0	0.312	191.9	465	6.0
13	0.600	0.600	0.600	0.600	205.0	205.0	205.0	210.0	0.344	206.6	457	5.0
14	0.700	0.700	0.700	0.700	221.0	221.0	221.0	227.0	0.425	223.1	204	6.0
15	0.800	0.800	0.800	0.800	236.0	236.0	236.0	240.0	0.510	235.5	146	4.0
16	0.900	0.900	0.900	0.900	264.0	264.0	264.0	270.0	0.579	265.0	432	6.0
17	1.000	1.000	1.000	1.000	300.0	300.0	300.0	308.0	0.641	302.5	601	8.0
18	1.100	1.100	1.100	1.100	349.0	349.0	349.0	357.0	0.696	351.0	876	8.0
19	1.200	1.200	1.200	1.200	411.0	411.0	411.0	421.0	0.744	414.6	1340	10.0
20	1.300	1.300	1.300	1.300	500.0	500.0	500.0	513.0	0.778	506.1	2707	13.0
21	1.400	1.400	1.400	1.400	609.0	609.0	609.0	622.0	0.811	614.6	3278	13.0
22												
23												
24												

SEVİYELER



Seviye		Bağıl Seviye	
Zc	-0.60	+	0.60
ZN	0.00	0	(kuyu başı)
ZW	1.20	-	1.20
ZS	6.90	-	6.90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj deriniliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

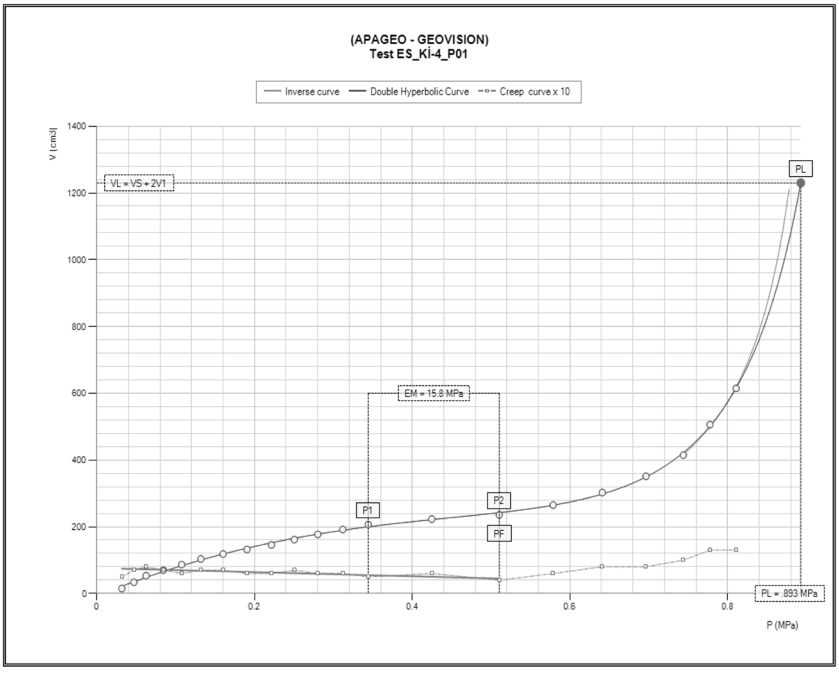
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-4_P01
Şantiye	
Kuyu	Kİ-4
Deney Derinliği (m)	6.90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0.091
p_1	0.34
p_2	0.51
p_f	0.51
p_l	0.89
p_l^*	0.80
E_M	15.8
E_M / p_l	17.8
E_M / p_l^*	19.8

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1.17E-02
	B	1.11E-02
Çift Hiperbolik	A1	4.74E+05
	A2	-2.57E+04
	A3	8.48E+06
	A4	2.63E+02
	A5	-1.79E+01
	A6	1.03E+00

YORUMLAR

Şekil F.11. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-4

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1.00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58.00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0.00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0.050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111114C06
En büyük basınç kaybı p_{el} (MPa)	0.706
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Kalibrasyon silindir çapı d (mm)	78.0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3.905
Prob hacmi V_c (cm^3)	816.9

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-4_P02
Deney Tarih ve Saati	15.11.2011 16:44
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	-0.010
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60-60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA ΔV^{60-30} (cm^3)
0												
1	0.000	0.000	0.000	0.000	13.0	13.0	13.0	17.0	0.058	17.0		4.0
2	0.100	0.100	0.100	0.100	56.0	56.0	56.0	67.0	0.071	66.4	3823	11.0
3	0.200	0.200	0.200	0.200	104.0	104.0	104.0	113.0	0.100	111.8	1550	9.0
4	0.300	0.300	0.300	0.300	145.0	145.0	145.0	151.0	0.147	149.2	792	6.0
5	0.400	0.400	0.400	0.400	162.0	162.0	162.0	165.0	0.229	162.7	164	3.0
6	0.500	0.500	0.500	0.500	170.0	170.0	170.0	173.0	0.319	170.1	83	3.0
7	0.600	0.600	0.600	0.600	176.0	176.0	176.0	178.0	0.413	174.6	48	2.0
8	0.800	0.800	0.800	0.800	185.0	185.0	185.0	188.0	0.600	183.5	48	3.0
9	1.000	1.000	1.000	1.000	195.0	195.0	195.0	197.0	0.789	191.5	42	2.0
10	1.200	1.200	1.200	1.200	202.0	202.0	202.0	206.0	0.979	199.6	42	4.0
11	1.400	1.400	1.400	1.400	210.0	210.0	210.0	215.0	1.168	207.6	43	5.0
12	1.600	1.600	1.600	1.600	220.0	220.0	220.0	224.0	1.358	215.7	43	4.0
13	1.800	1.800	1.800	1.800	229.0	229.0	229.0	233.0	1.548	223.8	43	4.0
14	2.100	2.100	2.100	2.100	240.0	240.0	240.0	249.0	1.831	238.5	52	9.0
15	2.400	2.400	2.400	2.400	258.0	258.0	258.0	265.0	2.114	253.3	52	7.0
16	2.700	2.700	2.700	2.700	276.0	276.0	276.0	282.0	2.396	269.1	56	6.0
17	3.000	3.000	3.000	3.000	292.0	292.0	292.0	301.0	2.678	286.9	63	9.0
18	3.300	3.300	3.300	3.300	313.0	313.0	313.0	324.0	2.956	308.8	79	11.0
19	3.600	3.600	3.600	3.600	340.0	340.0	340.0	353.0	3.230	336.7	102	13.0
20	3.900	3.900	3.900	3.900	375.0	375.0	375.0	390.0	3.498	372.6	134	15.0
21	4.200	4.200	4.200	4.200	422.0	422.0	422.0	439.0	3.760	420.5	183	17.0
22	4.500	4.500	4.500	4.500	488.0	488.0	488.0	507.0	4.012	487.5	266	19.0
23	4.800	4.800	4.800	4.800	576.0	576.0	576.0	600.0	4.253	579.5	381	24.0
24												

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0.60	+ 0.60
Z_N	0.00	0 (kuyu başı)
Z_W	1.60	- 1.60
Z_S	9.90	- 9.90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

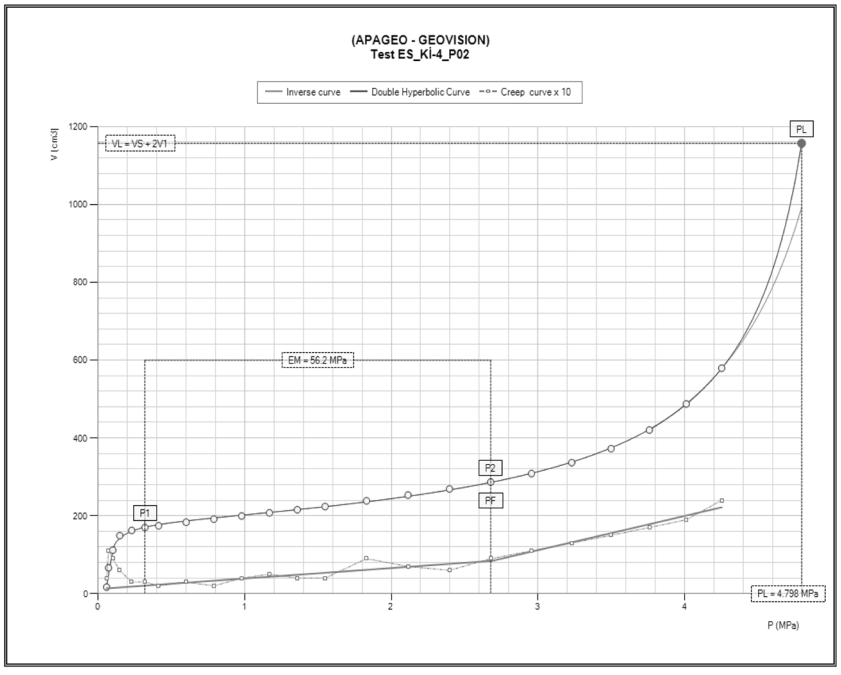
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-4_P02
Şantiye	
Kuyu	Kİ-4
Deney Derinliği (m)	9.90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0.131
p_1	0.32
p_2	2.68
p_f	2.68
p_l	4.80
p_l^*	4.67
E_M	56.2
E_M / p_l	11.7
E_M / p_l^*	12.0

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1.32E-03
	B	7.35E-03
Çift Hiperbolik	A1	9.58E+01
	A2	6.34E+00
	A3	5.29E+00
	A4	4.47E+02
	A5	2.56E-02
	A6	5.23E+00

YORUMLAR

Şekil F.12. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-4

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1.00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58.00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0.00016

MEMBRAN PARAMETRELERİ	
Tedarikçi tip ve kodu	
Basınç kaybı p_m (MPa)	0.050

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111114C06
En büyük basınç kaybı p_m (MPa)	0.706

HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78.0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3.905
Prob hacmi V_s (cm^3)	816.9

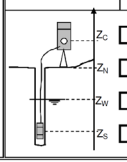
DENEY

Deney No.	ES_Kİ-4_P03
Deney Tarih ve Saati	15.11.2011 16:47
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0.020
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60-60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0.000	0.000	0.000	0.000	20.0	20.0	20.0	26.0	0.071	26.0		6.0
2	0.100	0.100	0.100	0.100	69.0	69.0	69.0	79.0	0.082	78.4	5119	10.0
3	0.200	0.200	0.200	0.200	115.0	115.0	115.0	123.0	0.116	121.8	1270	8.0
4	0.300	0.300	0.300	0.300	155.0	155.0	155.0	160.0	0.166	158.2	731	5.0
5	0.400	0.400	0.400	0.400	162.0	162.0	162.0	163.0	0.262	160.7	25	1.0
6	0.500	0.500	0.500	0.500	164.0	164.0	164.0	165.0	0.359	162.1	15	1.0
7	0.600	0.600	0.600	0.600	166.0	166.0	166.0	167.0	0.457	163.6	15	1.0
8	0.800	0.800	0.800	0.800	169.0	169.0	169.0	173.0	0.649	168.5	26	4.0
9	1.000	1.000	1.000	1.000	175.0	175.0	175.0	179.0	0.841	173.5	26	4.0
10	1.200	1.200	1.200	1.200	183.0	183.0	183.0	184.0	1.035	177.6	21	1.0
11	1.500	1.500	1.500	1.500	194.0	194.0	194.0	195.0	1.322	187.2	33	1.0
12	1.800	1.800	1.800	1.800	200.0	200.0	200.0	204.0	1.611	194.8	26	4.0
13	2.100	2.100	2.100	2.100	212.0	212.0	212.0	219.0	1.894	208.5	49	7.0
14	2.400	2.400	2.400	2.400	227.0	227.0	227.0	234.0	2.177	222.3	49	7.0
15	2.700	2.700	2.700	2.700	246.0	246.0	246.0	252.0	2.457	239.1	60	6.0
16	3.000	3.000	3.000	3.000	259.0	259.0	259.0	267.0	2.742	252.9	49	8.0
17	3.300	3.300	3.300	3.300	280.0	280.0	280.0	288.0	3.020	272.8	71	8.0
18	3.600	3.600	3.600	3.600	308.0	308.0	308.0	317.0	3.292	300.7	103	9.0
19	3.900	3.900	3.900	3.900	346.0	346.0	346.0	357.0	3.556	339.6	147	11.0
20	4.200	4.200	4.200	4.200	400.0	400.0	400.0	412.0	3.811	393.5	212	12.0
21	4.500	4.500	4.500	4.500	473.0	473.0	473.0	488.0	4.055	468.5	308	15.0
22	4.800	4.800	4.800	4.800	570.0	570.0	570.0	591.0	4.289	570.5	436	21.0
23	5.100	5.100	5.100	5.100	700.0	700.0	700.0	726.0	4.516	704.5	589	26.0
24												

SEVİYELER



SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

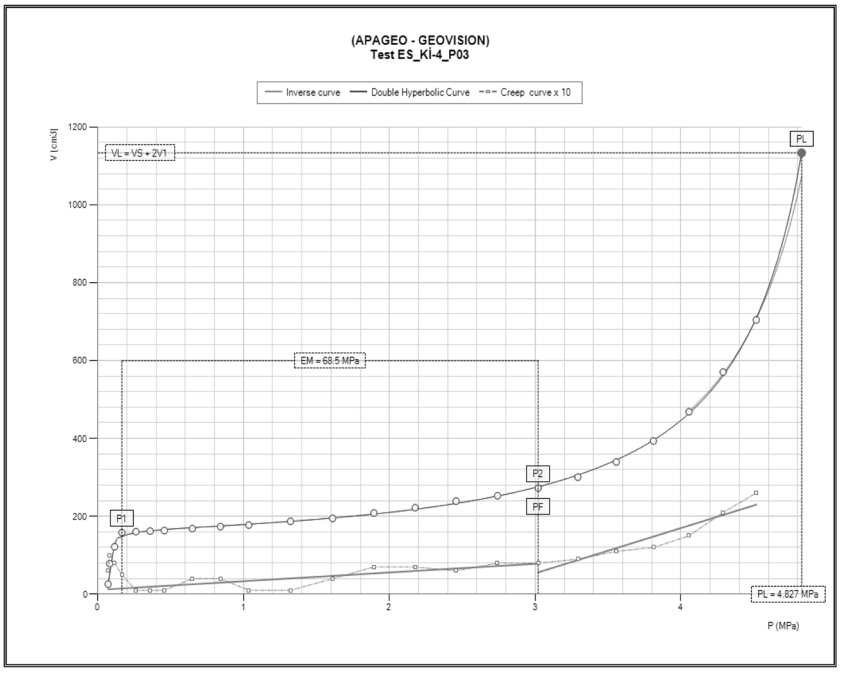
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-4_P03
Şantiye	
Kuyu	Kİ-4
Deney Derinliği (m)	12.90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0.151
p_1	0.17
p_2	3.02
p_f	3.02
p_l	4.83
p_l^*	4.68
E_M	68.5
E_M / p_l	14.2
E_M / p_l^*	14.6

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1.55E-03
	B	8.41E-03
Çift Hiperbolik	A1	6.03E+01
	A2	-9.18E+00
	A3	2.31E+00
	A4	5.65E+02
	A5	5.51E-02
	A6	5.33E+00

YORUMLAR

Şekil F.13. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-4

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_f/γ_w	1.00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58.00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0.00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0.050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111114C06
En büyük basınç kaybı p_M (MPa)	0.706
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78.0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3.905
Prob hacmi V_s (cm^3)	816.9

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-4_P04
Deney Tarih ve Saati	15.11.2011 16:51
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0.050
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60:60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60:30}$ (cm^3)
0												
1	0.000	0.000	0.000	0.000	36.0	36.0	36.0	49.0	0.061	49.0		13.0
2	0.100	0.100	0.100	0.100	102.0	102.0	102.0	112.0	0.062	111.4	85328	10.0
3	0.200	0.200	0.200	0.200	144.0	144.0	144.0	151.0	0.107	149.8	838	7.0
4	0.300	0.300	0.300	0.300	170.0	170.0	170.0	176.0	0.175	174.2	360	6.0
5	0.400	0.400	0.400	0.400	190.0	190.0	190.0	196.0	0.251	193.7	258	6.0
6	0.500	0.500	0.500	0.500	203.0	203.0	203.0	209.0	0.335	206.1	147	6.0
7	0.600	0.600	0.600	0.600	214.0	214.0	214.0	218.0	0.425	214.6	94	4.0
8	0.800	0.800	0.800	0.800	228.0	228.0	228.0	234.0	0.607	229.5	82	6.0
9	1.000	1.000	1.000	1.000	239.0	239.0	239.0	244.0	0.796	238.5	48	5.0
10	1.200	1.200	1.200	1.200	246.0	246.0	246.0	252.0	0.987	245.6	37	6.0
11	1.500	1.500	1.500	1.500	260.0	260.0	260.0	267.0	1.272	259.2	48	7.0
12	1.800	1.800	1.800	1.800	278.0	278.0	278.0	285.0	1.553	275.8	59	7.0
13	2.100	2.100	2.100	2.100	300.0	300.0	300.0	308.0	1.831	297.5	78	8.0
14	2.400	2.400	2.400	2.400	327.0	327.0	327.0	336.0	2.105	324.3	98	9.0
15	2.700	2.700	2.700	2.700	363.0	363.0	363.0	372.0	2.373	359.1	130	9.0
16	3.000	3.000	3.000	3.000	412.0	412.0	412.0	421.0	2.634	406.9	184	9.0
17	3.300	3.300	3.300	3.300	475.0	475.0	475.0	488.0	2.885	472.8	263	13.0
18	3.600	3.600	3.600	3.600	560.0	560.0	560.0	578.0	3.126	561.7	368	18.0
19	3.900	3.900	3.900	3.900	676.0	676.0	676.0	701.0	3.358	683.6	525	25.0
20												
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER

	Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C		-0.60	+ 0.60
Z_N		0.00	0 (kuyu başı)
Z_W		5.10	- 5.10
Z_S		15.90	- 15.90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

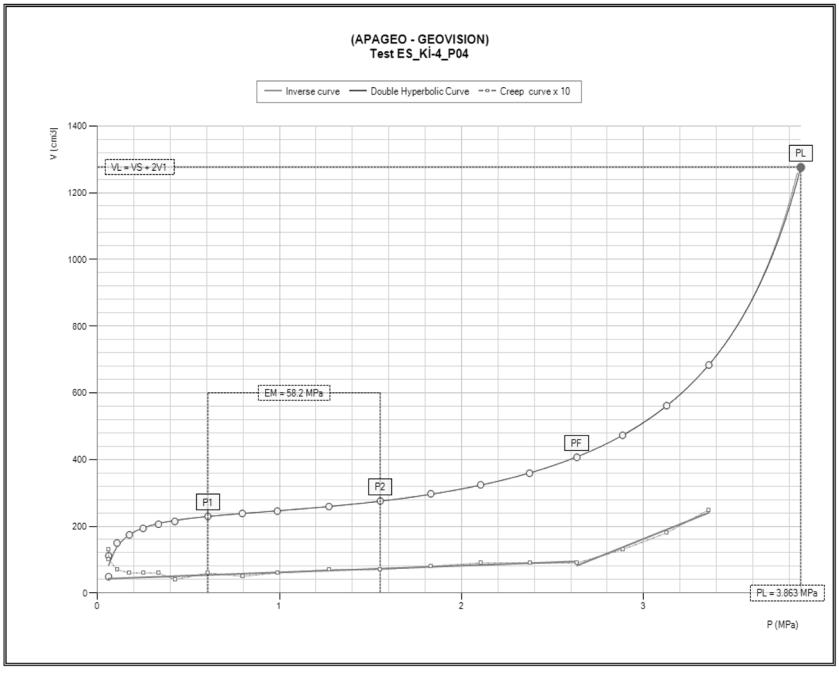
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-4_P04
Şantiye	
Kuyu	Kİ-4
Deney Derinliği (m)	15.90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0.197
p_1	0.61
p_2	1.55
p_f	2.63
p_l	3.86
p_l^*	3.67
E_M	58.2
E_M / p_l	15.1
E_M / p_l^*	15.9

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1.38E-03
	B	6.09E-03
Çift Hiperbolik	A1	4.33E+01
	A2	-4.89E+01
	A3	1.64E+01
	A4	9.46E+02
	A5	-3.60E-02
	A6	4.53E+00

YORUMLAR

Şekil F.14. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA

Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-4

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1.00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58.00				Sıkışabilirlik λ_{ij} (m^{-1})	0.00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0.050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111114C06
En büyük basınç kaybı p_w (MPa)	0.706
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Kalibrasyon silindir çapı d (mm)	78.0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3.905
Prob hacmi V_s (cm^3)	816.9

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-4_P06
Deney Tarih ve Saati	17.11.2011 16:56
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0.100
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0.000	0.000	0.000	0.000	33.0	33.0	33.0	42.0	0.163	42.0		9.0
2	0.100	0.100	0.100	0.100	85.0	85.0	85.0	94.0	0.178	93.4	3329	9.0
3	0.200	0.200	0.200	0.200	144.0	144.0	144.0	155.0	0.192	153.8	4385	11.0
4	0.300	0.300	0.300	0.300	179.0	179.0	179.0	180.0	0.260	178.2	359	1.0
5	0.400	0.400	0.400	0.400	186.0	186.0	186.0	187.0	0.352	184.7	70	1.0
6	0.500	0.500	0.500	0.500	189.0	189.0	189.0	190.0	0.448	187.1	25	1.0
7	0.600	0.600	0.600	0.600	191.0	191.0	191.0	192.0	0.545	188.6	15	1.0
8	0.800	0.800	0.800	0.800	194.0	194.0	194.0	196.0	0.741	191.5	15	2.0
9	1.000	1.000	1.000	1.000	200.0	200.0	200.0	204.0	0.931	198.5	37	4.0
10	1.200	1.200	1.200	1.200	210.0	210.0	210.0	215.0	1.118	208.6	54	5.0
11	1.400	1.400	1.400	1.400	223.0	223.0	223.0	230.0	1.301	222.6	77	7.0
12	1.600	1.600	1.600	1.600	238.0	238.0	238.0	249.0	1.481	240.7	101	11.0
13	1.800	1.800	1.800	1.800	260.0	260.0	260.0	275.0	1.653	265.8	145	15.0
14	2.000	2.000	2.000	2.000	296.0	296.0	296.0	313.0	1.816	302.9	228	17.0
15	2.200	2.200	2.200	2.200	350.0	350.0	350.0	366.0	1.969	355.1	342	16.0
16	2.400	2.400	2.400	2.400	423.0	423.0	423.0	441.0	2.108	429.3	530	18.0
17	2.600	2.600	2.600	2.600	530.0	530.0	530.0	545.0	2.237	532.5	805	15.0
18	2.800	2.800	2.800	2.800	671.0	671.0	671.0	696.0	2.351	682.7	1315	25.0
19												
20												
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0.60	+ 0.60
Z_N	0.00	0 (kuyu başı)
Z_W	8.30	- 8.30
Z_S	24.90	- 24.90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

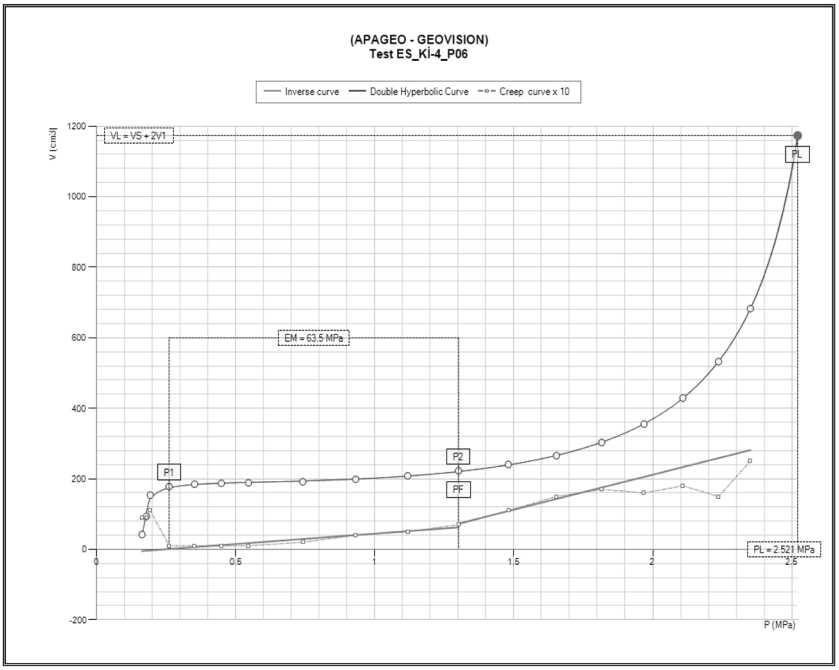
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-4_P06
Şantiye	
Kuyu	Kİ-4
Deney Derinliği (m)	24.90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0.307
p_1	0.26
p_2	1.30
p_f	1.30
p_l	2.52
p_l^*	2.21
E_M	63.5
E_M / p_l	25.2
E_M / p_l^*	28.7

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-3.56E-03
	B	9.85E-03
Çift Hiperbolik	A1	9.10E+01
	A2	-5.85E+01
	A3	2.65E+00
	A4	3.06E+02
	A5	1.47E-01
	A6	2.77E+00

YORUMLAR

Şekil F.15. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-4

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ/γ_w	1.00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58.00				Sıkışabilirlik λ_G (m^{-1})	0.00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0.050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111114C06
En büyük basınç kaybı p_M (MPa)	0.706
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78.0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3.905
Prob hacmi V_s (cm^3)	816.9

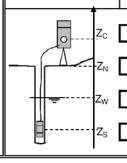
DENEY

Deney No.	ES_Kİ-4_P07
Deney Tarih ve Saati	17.11.2011 16:59
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0.150
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60-60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0.000	0.000	0.000	0.000	10.0	10.0	10.0	18.0	0.236	18.0		8.0
2	0.100	0.100	0.100	0.100	41.0	41.0	41.0	46.0	0.286	45.4	549	5.0
3	0.200	0.200	0.200	0.200	69.0	69.0	69.0	74.0	0.340	72.8	512	5.0
4	0.300	0.300	0.300	0.300	95.0	95.0	95.0	102.0	0.396	100.2	483	7.0
5	0.400	0.400	0.400	0.400	123.0	123.0	123.0	128.0	0.459	125.7	407	5.0
6	0.500	0.500	0.500	0.500	140.0	140.0	140.0	145.0	0.535	142.1	215	5.0
7	0.600	0.600	0.600	0.600	154.0	154.0	154.0	159.0	0.617	155.6	165	5.0
8	0.700	0.700	0.700	0.700	167.0	167.0	167.0	173.0	0.699	169.1	164	6.0
9	0.800	0.800	0.800	0.800	181.0	181.0	181.0	186.0	0.783	181.5	149	5.0
10	1.000	1.000	1.000	1.000	190.0	190.0	190.0	195.0	0.972	189.5	42	5.0
11	1.200	1.200	1.200	1.200	198.0	198.0	198.0	201.0	1.165	194.6	26	3.0
12	1.500	1.500	1.500	1.500	209.0	209.0	209.0	215.0	1.448	207.2	44	6.0
13	1.800	1.800	1.800	1.800	226.0	226.0	226.0	233.0	1.728	223.8	60	7.0
14	2.100	2.100	2.100	2.100	250.0	250.0	250.0	259.0	2.000	248.5	91	9.0
15	2.400	2.400	2.400	2.400	286.0	286.0	286.0	296.0	2.262	284.3	136	10.0
16	2.700	2.700	2.700	2.700	340.0	340.0	340.0	352.0	2.511	339.1	221	12.0
17	3.000	3.000	3.000	3.000	417.0	417.0	417.0	431.0	2.746	416.9	331	14.0
18	3.300	3.300	3.300	3.300	525.0	525.0	525.0	541.0	2.969	525.8	488	16.0
19	3.600	3.600	3.600	3.600	668.0	668.0	668.0	693.0	3.182	676.7	708	25.0
20												
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER



SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

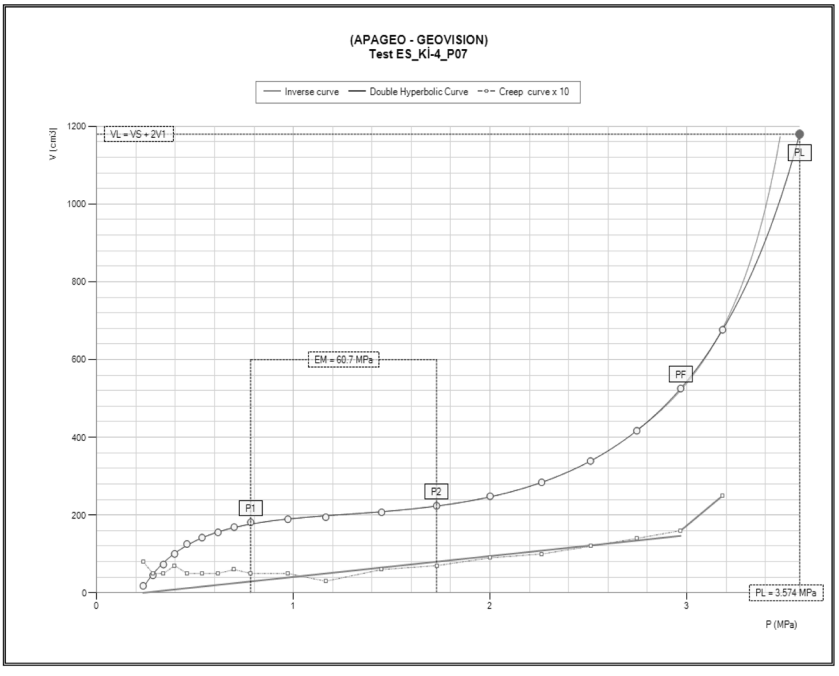
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-4_P07
Şantiye	
Kuyu	Kİ-4
Deney Derinliği (m)	27.90

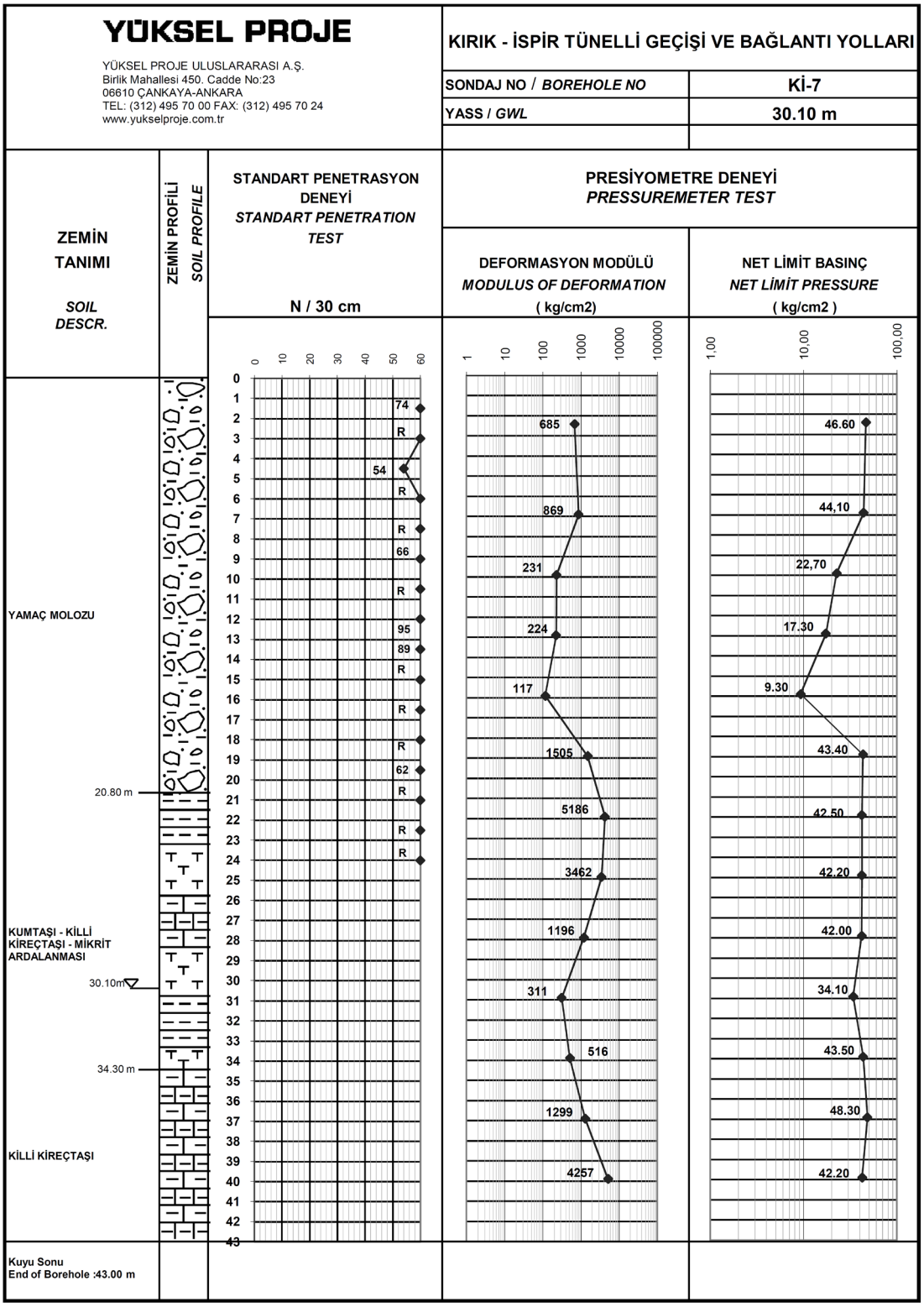


HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0.355
p_1	0.78
p_2	1.73
p_f	2.97
p_l	3.57
p_l^*	3.22
E_M	60.7
E_M / p_l	17.0
E_M / p_l^*	18.8

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-2.11E-03
	B	8.19E-03
Çift Hiperbolik	A1	1.51E+01
	A2	-2.28E+02
	A3	1.75E+02
	A4	1.94E+03
	A5	-2.03E-01
	A6	4.53E+00

YORUMLAR

Şekil F.16. Pressiyometre deneyi sonuçları



Şekil F.17. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-7

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1,00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58,00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0,00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0,050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111006C01
En büyük basınç kaybı p_M (MPa)	0,460
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111016C01
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78,0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	4,000
Prob hacmi V_s (cm^3)	804,4

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-7_P01
Deney Tarih ve Saati	06.10.2011 17:09
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	-0,080
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0,000	0,000	0,000	0,000	21,0	21,0	21,0	26,0	-0,004	26,0		5,0
2	0,050	0,050	0,050	0,050	64,0	64,0	64,0	86,0	-0,012	85,8	-6877	22,0
3	0,100	0,100	0,100	0,100	133,0	133,0	133,0	150,0	-0,019	149,5	#####	17,0
4	0,150	0,150	0,150	0,150	170,0	170,0	170,0	176,0	0,010	175,3	894	6,0
5	0,200	0,200	0,200	0,200	186,0	186,0	186,0	186,0	0,052	185,0	232	0,0
6	0,250	0,250	0,250	0,250	192,0	192,0	192,0	194,0	0,096	192,8	177	2,0
7	0,300	0,300	0,300	0,300	200,0	200,0	200,0	201,0	0,141	199,5	151	1,0
8	0,400	0,400	0,400	0,400	208,0	208,0	208,0	210,0	0,234	208,0	91	2,0
9	0,500	0,500	0,500	0,500	218,0	218,0	218,0	219,0	0,327	216,5	91	1,0
10	0,600	0,600	0,600	0,600	226,0	226,0	226,0	229,0	0,420	226,1	103	3,0
11	0,700	0,700	0,700	0,700	238,0	238,0	238,0	238,0	0,513	234,6	91	0,0
12	0,800	0,800	0,800	0,800	245,0	245,0	245,0	246,0	0,607	242,1	80	1,0
13	1,000	1,000	1,000	1,000	254,0	254,0	254,0	255,0	0,801	250,2	42	1,0
14	1,200	1,200	1,200	1,200	263,0	263,0	263,0	264,0	0,995	258,3	42	1,0
15	1,500	1,500	1,500	1,500	274,0	274,0	274,0	275,0	1,287	267,9	33	1,0
16	1,800	1,800	1,800	1,800	285,0	285,0	285,0	288,0	1,578	279,6	40	3,0
17	2,100	2,100	2,100	2,100	299,0	299,0	299,0	302,0	1,869	292,3	44	3,0
18	2,400	2,400	2,400	2,400	312,0	312,0	312,0	316,0	2,160	305,0	44	4,0
19	2,700	2,700	2,700	2,700	327,0	327,0	327,0	331,0	2,451	318,8	47	4,0
20	3,000	3,000	3,000	3,000	343,0	343,0	343,0	346,0	2,741	332,6	47	3,0
21	3,300	3,300	3,300	3,300	365,0	365,0	365,0	371,0	3,026	356,4	84	6,0
22	3,600	3,600	3,600	3,600	400,0	400,0	400,0	409,0	3,304	393,2	132	9,0
23	3,900	3,900	3,900	3,900	452,0	452,0	452,0	463,0	3,575	446,1	195	11,0
24	4,200	4,200	4,200	4,200	522,0	522,0	522,0	536,0	3,839	518,0	272	14,0
25	4,500	4,500	4,500	4,500	618,0	618,0	618,0	635,0	4,096	615,9	382	17,0
26	4,800	4,800	4,800	4,800	748,0	748,0	748,0	769,0	4,345	748,9	534	21,0

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0,60	+ 0,60
Z_N	0,00	0 (kuyu başı)
Z_{IV}	1,30	- 1,30
Z_S	2,40	- 2,40

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

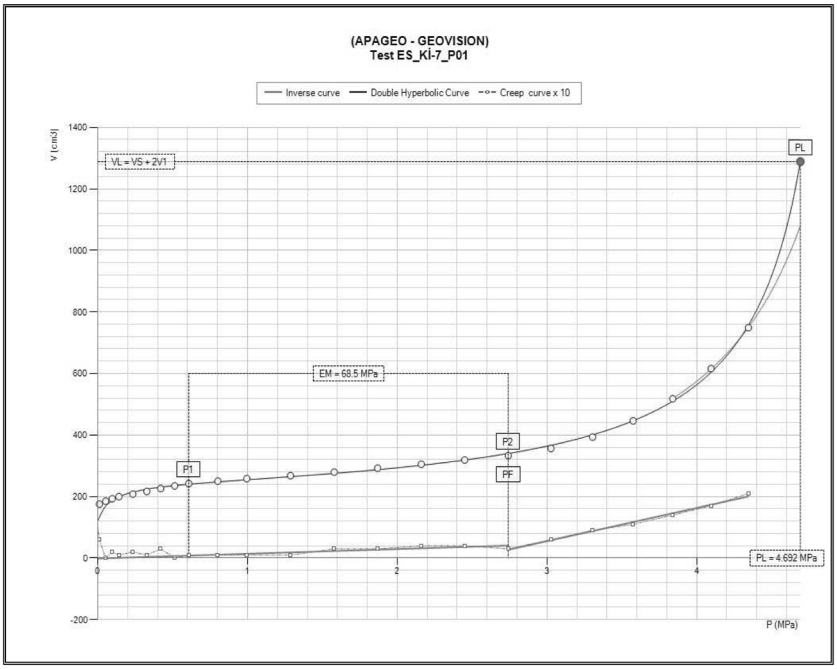
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-7_P01
Şantiye	
Kuyu	Kİ-7
Deney Derinliği (m)	2,40



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0,027
p_1	0,61
p_2	2,74
p_f	2,74
p_l	4,69
p_l^*	4,66
E_M	68,5
E_M / p_l	14,6
E_M / p_l^*	14,7

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1,18E-03
	B	6,45E-03
Çift Hiperbolik	A1	1,55E+02
	A2	-2,56E+00
	A3	1,13E+01
	A4	4,61E+02
	A5	-9,23E-02
	A6	5,09E+00

YORUMLAR

APAGEO Matériel de Géotechnique / Geotechnical Equipment

Şekil F.18. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-7

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1,00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58,00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0,00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0,050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111006C01
En büyük basınç kaybı p_M (MPa)	0,460
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111016C01
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78,0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	4,000
Prob hacmi V_s (cm^3)	804,4

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-7_P02
Deney Tarih ve Saati	06.10.2011 17:07
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	-0,040
Göztemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{EC} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0,000	0,000	0,000	0,000	46,0	46,0	46,0	65,0	0,002	65,0		19,0
2	0,050	0,050	0,050	0,050	106,0	106,0	106,0	125,0	-0,002	124,8	#####	19,0
3	0,100	0,100	0,100	0,100	148,0	148,0	148,0	150,0	0,026	149,5	861	2,0
4	0,150	0,150	0,150	0,150	155,0	155,0	155,0	156,0	0,071	155,3	128	1,0
5	0,200	0,200	0,200	0,200	159,0	159,0	159,0	160,0	0,118	159,0	80	1,0
6	0,300	0,300	0,300	0,300	168,0	168,0	168,0	174,0	0,207	172,5	152	6,0
7	0,400	0,400	0,400	0,400	183,0	183,0	183,0	186,0	0,297	184,0	127	3,0
8	0,500	0,500	0,500	0,500	194,0	194,0	194,0	196,0	0,389	193,5	103	2,0
9	0,600	0,600	0,600	0,600	204,0	204,0	204,0	205,0	0,483	202,1	92	1,0
10	0,700	0,700	0,700	0,700	210,0	210,0	210,0	213,0	0,576	209,6	80	3,0
11	0,800	0,800	0,800	0,800	219,0	219,0	219,0	220,0	0,671	216,1	69	1,0
12	1,000	1,000	1,000	1,000	226,0	226,0	226,0	229,0	0,865	224,2	42	3,0
13	1,200	1,200	1,200	1,200	236,0	236,0	236,0	237,0	1,059	231,3	36	1,0
14	1,500	1,500	1,500	1,500	245,0	245,0	245,0	246,0	1,352	238,9	26	1,0
15	1,800	1,800	1,800	1,800	254,0	254,0	254,0	255,0	1,646	246,6	26	1,0
16	2,100	2,100	2,100	2,100	261,0	261,0	261,0	265,0	1,939	255,3	30	4,0
17	2,400	2,400	2,400	2,400	274,0	274,0	274,0	277,0	2,231	266,0	37	3,0
18	2,700	2,700	2,700	2,700	292,0	292,0	292,0	303,0	2,513	290,8	88	11,0
19	3,000	3,000	3,000	3,000	321,0	321,0	321,0	337,0	2,792	323,6	118	16,0
20	3,300	3,300	3,300	3,300	363,0	363,0	363,0	384,0	3,064	369,4	169	21,0
21	3,600	3,600	3,600	3,600	426,0	426,0	426,0	449,0	3,328	433,2	242	23,0
22	3,900	3,900	3,900	3,900	507,0	507,0	507,0	536,0	3,584	519,1	334	29,0
23	4,200	4,200	4,200	4,200	619,0	619,0	619,0	650,0	3,835	632,0	451	31,0
24												

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0,60	+ 0,60
Z_N	0,00	0 (kuyu başı)
Z_W	3,80	- 3,80
Z_S	6,90	- 6,90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

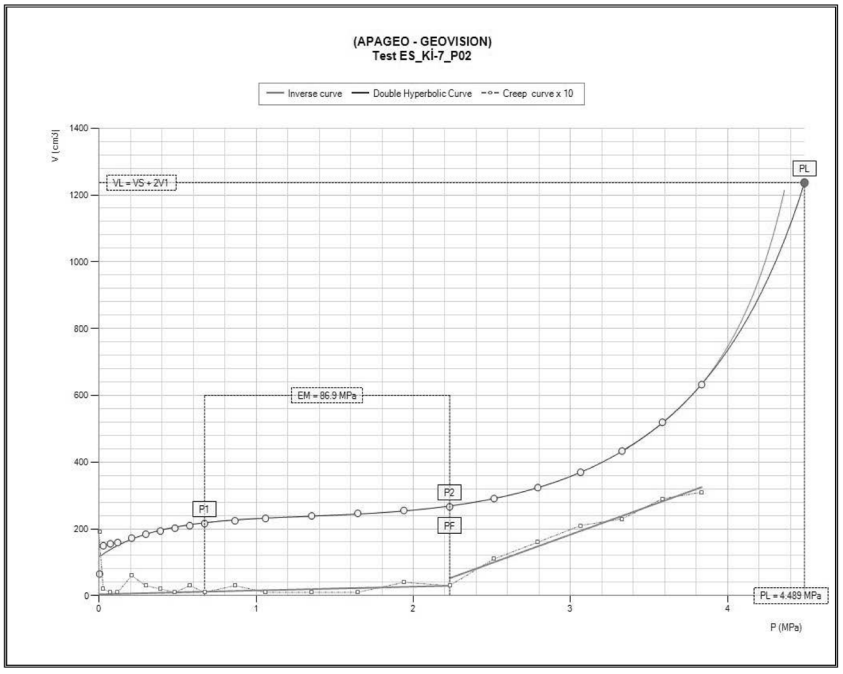
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-7_P02
Şantiye	
Kuyu	Kİ-7
Deney Derinliği (m)	6,90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0,078
p_1	0,67
p_2	2,23
p_f	2,23
p_l	4,49
p_l^*	4,41
E_M	86,9
E_M / p_l	19,4
E_M / p_l^*	19,7

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1,43E-03
	B	7,07E-03
Çift Hiperbolik	A1	3,00E+01
	A2	-1,69E+02
	A3	2,69E+02
	A4	2,45E+03
	A5	-7,83E-01
	A6	5,70E+00

YORUMLAR

APAGEO Matériel de Géotechnique Geotechnical Equipment

Şekil F.19. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-7

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1,00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58,00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0,00016

MEMBRAN PARAMETRELERİ	
Tedarikçi tip ve kodu	
Basınç kaybı p_m (MPa)	0,050

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111006C01
En büyük basınç kaybı p_m (MPa)	0,460

HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111016C01
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78,0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	4,000
Prob hacmi V_s (cm^3)	804,4

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-7_P03
Deney Tarih ve Saati	10.10.2011 17:12
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	-0,010
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0,000	0,000	0,000	0,000	81,0	81,0	81,0	109,0	-0,008	109,0		28,0
2	0,050	0,050	0,050	0,050	142,0	142,0	142,0	146,0	0,010	145,8	2043	4,0
3	0,100	0,100	0,100	0,100	154,0	154,0	154,0	156,0	0,051	155,5	234	2,0
4	0,150	0,150	0,150	0,150	164,0	164,0	164,0	165,0	0,094	164,3	205	1,0
5	0,200	0,200	0,200	0,200	170,0	170,0	170,0	171,0	0,139	170,0	127	1,0
6	0,300	0,300	0,300	0,300	177,0	177,0	177,0	181,0	0,231	179,5	103	4,0
7	0,400	0,400	0,400	0,400	190,0	190,0	190,0	192,0	0,323	190,0	115	2,0
8	0,500	0,500	0,500	0,500	201,0	201,0	201,0	203,0	0,414	200,5	115	2,0
9	0,600	0,600	0,600	0,600	217,0	217,0	217,0	219,0	0,502	216,1	177	2,0
10	0,700	0,700	0,700	0,700	236,0	236,0	236,0	238,0	0,588	234,6	215	2,0
11	0,800	0,800	0,800	0,800	253,0	253,0	253,0	257,0	0,675	253,1	214	4,0
12	0,900	0,900	0,900	0,900	277,0	277,0	277,0	281,0	0,758	276,6	282	4,0
13	1,000	1,000	1,000	1,000	303,0	303,0	303,0	306,0	0,841	301,2	294	3,0
14	1,200	1,200	1,200	1,200	328,0	328,0	328,0	333,0	1,024	327,3	143	5,0
15	1,400	1,400	1,400	1,400	359,0	359,0	359,0	367,0	1,204	360,4	185	8,0
16	1,600	1,600	1,600	1,600	386,0	386,0	386,0	407,0	1,380	399,5	221	21,0
17	1,800	1,800	1,800	1,800	437,0	437,0	437,0	454,0	1,555	445,6	264	17,0
18	2,000	2,000	2,000	2,000	494,0	494,0	494,0	513,0	1,725	503,7	341	19,0
19	2,200	2,200	2,200	2,200	561,0	561,0	561,0	586,0	1,892	575,9	434	25,0
20	2,400	2,400	2,400	2,400	647,0	647,0	647,0	674,0	2,055	663,0	533	27,0
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER

	Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C		-0,60	+ 0,60
Z_N		0,00	0 (kuyu başı)
Z_W		4,70	- 4,70
Z_S		9,90	- 9,90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

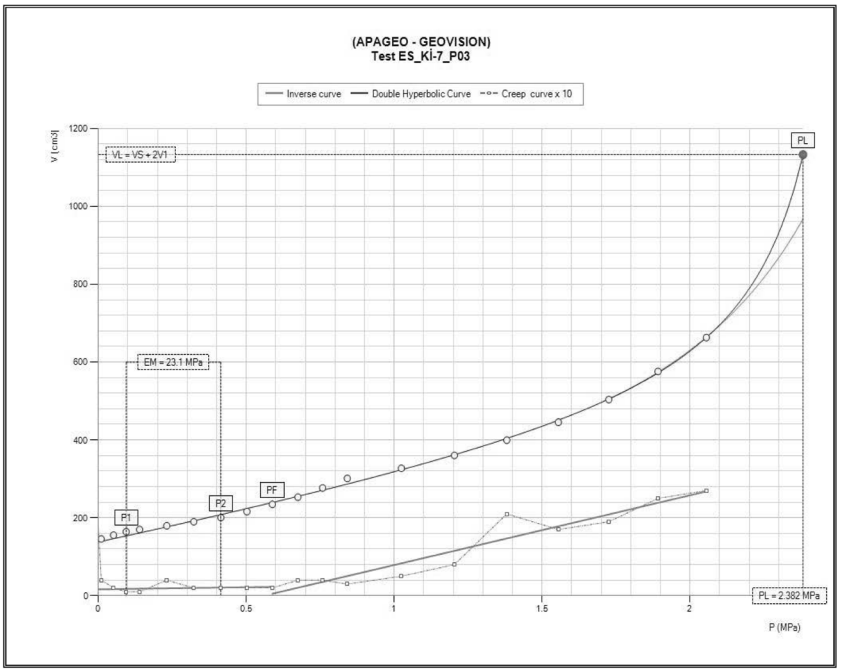
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-7_P03
Şantiye	
Kuyu	Kİ-7
Deney Derinliği (m)	9,90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0,115
p_1	0,09
p_2	0,41
p_f	0,59
p_l	2,38
p_l^*	2,27
E_M	23,1
E_M / p_l	9,7
E_M / p_l^*	10,2

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1,45E-03
	B	4,48E-03
Çift Hiperbolik	A1	7,40E+01
	A2	1,41E+02
	A3	0,00E+00
	A4	1,67E+02
	A5	-2,00E+01
	A6	2,61E+00

YORUMLAR

APAGEO Matériel de Géotechnique Geotechnical Equipment

Şekil F.20. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-7

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1,00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58,00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0,00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0,050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111006C01
En büyük basınç kaybı p_M (MPa)	0,460
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111016C01
Difransiyel basınç (MPa)	0,020
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78,0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	4,000
Prob hacmi V_s (cm^3)	804,4

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-7_P04
Deney Tarih ve Saati	10.10.2011 17:15
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0,020
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s
0								
1	0,000	0,000	0,000	0,000	61,0	61,0	61,0	84,0
2	0,050	0,050	0,050	0,050	134,0	134,0	134,0	153,0
3	0,100	0,100	0,100	0,100	193,0	193,0	193,0	202,0
4	0,150	0,150	0,150	0,150	216,0	216,0	216,0	219,0
5	0,200	0,200	0,200	0,200	227,0	227,0	227,0	230,0
6	0,250	0,250	0,250	0,250	236,0	236,0	236,0	241,0
7	0,300	0,300	0,300	0,300	248,0	248,0	248,0	250,0
8	0,400	0,400	0,400	0,400	257,0	257,0	257,0	262,0
9	0,500	0,500	0,500	0,500	275,0	275,0	275,0	280,0
10	0,600	0,600	0,600	0,600	290,0	290,0	290,0	298,0
11	0,700	0,700	0,700	0,700	312,0	312,0	312,0	318,0
12	0,800	0,800	0,800	0,800	330,0	330,0	330,0	339,0
13	0,900	0,900	0,900	0,900	352,0	352,0	352,0	360,0
14	1,000	1,000	1,000	1,000	370,0	370,0	370,0	381,0
15	1,100	1,100	1,100	1,100	391,0	391,0	391,0	403,0
16	1,200	1,200	1,200	1,200	413,0	413,0	413,0	427,0
17	1,300	1,300	1,300	1,300	440,0	440,0	440,0	455,0
18	1,400	1,400	1,400	1,400	468,0	468,0	468,0	483,0
19	1,500	1,500	1,500	1,500	496,0	496,0	496,0	512,0
20	1,600	1,600	1,600	1,600	524,0	524,0	524,0	542,0
21	1,700	1,700	1,700	1,700	557,0	557,0	557,0	576,0
22	1,800	1,800	1,800	1,800	596,0	596,0	596,0	616,0
23	1,900	1,900	1,900	1,900	645,0	645,0	645,0	668,0
24	2,000	2,000	2,000	2,000	721,0	721,0	721,0	747,0

B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ

BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/30}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0,044	84,0		23,0
0,034	152,8	-6465	19,0
0,045	201,5	4442	9,0
0,082	218,3	451	3,0
0,124	229,0	257	3,0
0,166	239,8	256	5,0
0,209	248,5	201	2,0
0,301	260,0	126	5,0
0,389	277,5	200	5,0
0,477	295,1	199	8,0
0,564	314,6	224	6,0
0,651	335,1	236	9,0
0,738	355,6	235	8,0
0,825	376,2	234	11,0
0,913	397,7	246	12,0
0,999	421,3	272	14,0
1,084	448,8	324	15,0
1,170	476,4	322	15,0
1,256	504,9	333	16,0
1,342	534,5	345	18,0
1,426	568,0	397	19,0
1,509	607,6	479	20,0
1,588	659,2	655	23,0
1,658	737,7	1119	26,0

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0,60	+ 0,60
Z_N	0,00	0 (kuyu başı)
Z_W	7,60	- 7,60
Z_S	12,90	- 12,90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

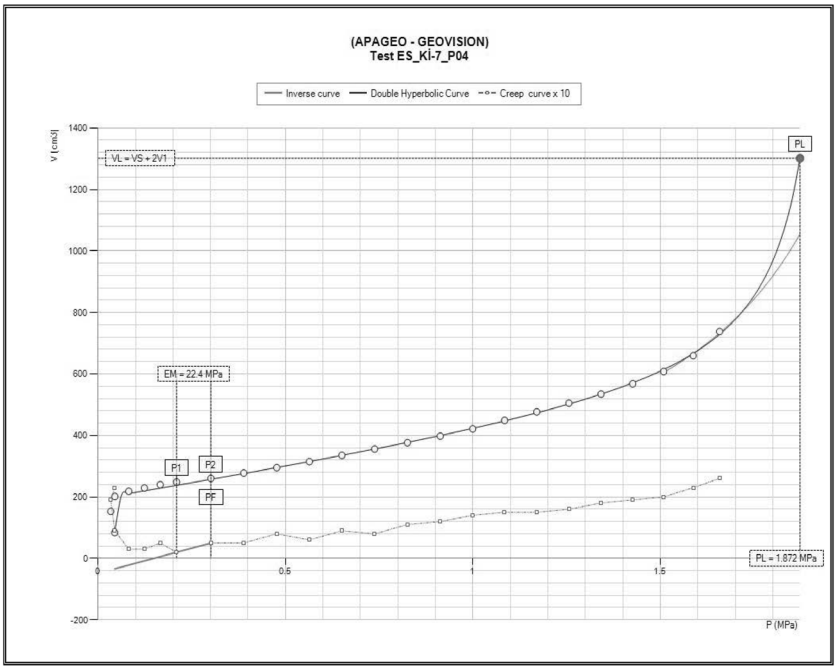
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-7_P04
Şantiye	
Kuyu	Kİ-7
Deney Derinliği (m)	12,90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0,143
p_1	0,21
p_2	0,30
p_f	0,30
p_l	1,87
p_l^*	1,73
E_M	22,4
E_M / p_l	12,0
E_M / p_l^*	12,9

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1,94E-03
	B	4,58E-03
Çift Hiperbolik	A1	1,48E+02
	A2	1,83E+02
	A3	5,22E-03
	A4	9,00E+01
	A5	4,44E-02
	A6	1,98E+00

YORUMLAR

APAGEO Matériel de Géotechnique Geotechnical Equipment

Şekil F.21. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-7

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ/γ_w	1,00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58,00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0,00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0,050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111006C01
En büyük basınç kaybı p_M (MPa)	0,460
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111016C01
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78,0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	4,000
Prob hacmi V_s (cm^3)	804,4

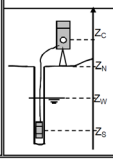
DENEY

Deney No.	ES_Kİ-7_P05
Deney Tarih ve Saati	11.10.2011 17:17
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0,050
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0,000	0,000	0,000	0,000	22,0	22,0	22,0	31,0	0,126	31,0		9,0
2	0,050	0,050	0,050	0,050	83,0	83,0	83,0	104,0	0,106	103,8	-3636	21,0
3	0,100	0,100	0,100	0,100	139,0	139,0	139,0	148,0	0,118	147,5	3696	9,0
4	0,150	0,150	0,150	0,150	164,0	164,0	164,0	167,0	0,152	166,3	546	3,0
5	0,200	0,200	0,200	0,200	176,0	176,0	176,0	181,0	0,191	180,0	355	5,0
6	0,250	0,250	0,250	0,250	190,0	190,0	190,0	195,0	0,230	193,8	352	5,0
7	0,300	0,300	0,300	0,300	206,0	206,0	206,0	209,0	0,270	207,5	350	3,0
8	0,350	0,350	0,350	0,350	223,0	223,0	223,0	227,0	0,306	225,3	485	4,0
9	0,400	0,400	0,400	0,400	235,0	235,0	235,0	240,0	0,347	238,0	315	5,0
10	0,450	0,450	0,450	0,450	249,0	249,0	249,0	255,0	0,386	252,8	375	6,0
11	0,500	0,500	0,500	0,500	268,0	268,0	268,0	270,0	0,426	267,5	373	2,0
12	0,550	0,550	0,550	0,550	285,0	285,0	285,0	286,0	0,465	283,3	403	1,0
13	0,600	0,600	0,600	0,600	299,0	299,0	299,0	303,0	0,503	300,1	433	4,0
14	0,700	0,700	0,700	0,700	317,0	317,0	317,0	323,0	0,591	319,6	224	6,0
15	0,800	0,800	0,800	0,800	339,0	339,0	339,0	348,0	0,675	344,1	290	9,0
16	0,900	0,900	0,900	0,900	373,0	373,0	373,0	382,0	0,755	377,6	420	9,0
17	1,000	1,000	1,000	1,000	417,0	417,0	417,0	430,0	0,828	425,2	651	13,0
18	1,100	1,100	1,100	1,100	482,0	482,0	482,0	496,0	0,894	490,7	996	14,0
19	1,200	1,200	1,200	1,200	570,0	570,0	570,0	586,0	0,952	580,3	1542	16,0
20	1,300	1,300	1,300	1,300	688,0	688,0	688,0	703,0	1,004	696,8	2228	15,0
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER



Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0,60	+ 0,60
Z_N	0,00	0 (kuyu başı)
Z_W	2,30	- 2,30
Z_S	15,90	- 15,90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

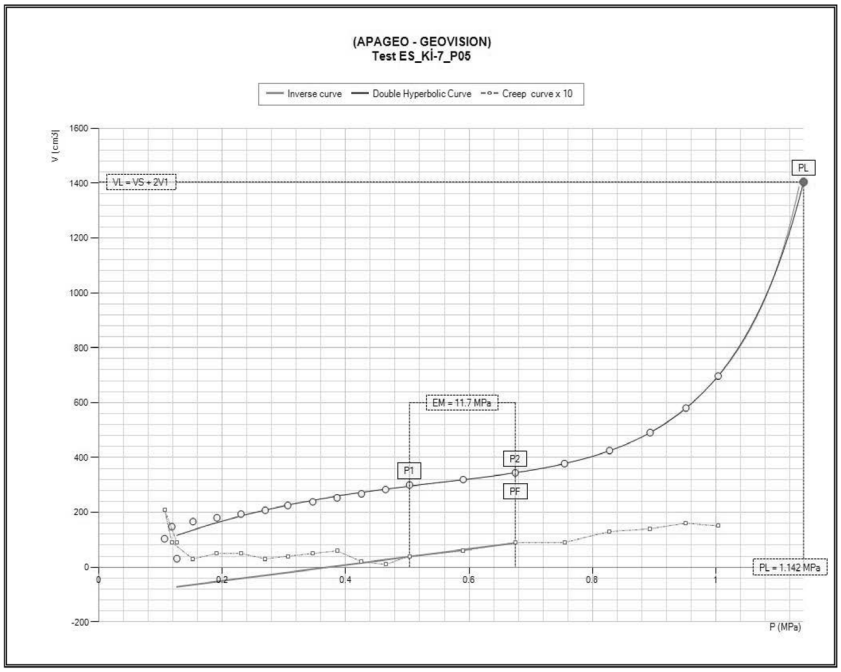
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-7_P05
Şantiye	
Kuyu	Kİ-7
Deney Derinliği (m)	15,90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0,211
p_1	0,50
p_2	0,67
p_f	0,67
p_l	1,14
p_l^*	0,93
E_M	11,7
E_M / p_l	10,2
E_M / p_l^*	12,5

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-5,46E-03
	B	6,92E-03
Çift Hiperbolik	A1	2,32E+04
	A2	-5,09E+03
	A3	9,45E+04
	A4	5,47E+02
	A5	-4,01E+00
	A6	1,37E+00

YORUMLAR

APAGEO Matériel de Géotechnique Geotechnical Equipment

Şekil F.22. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA

Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-7

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1,00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58,00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0,00016

MEMBRAN PARAMETRELERİ	
Tedarikçi tip ve kodu	
Basınç kaybı p_m (MPa)	0,050

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111006C01
En büyük basınç kaybı p_M (MPa)	0,460

HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111016C01
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78,0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	4,000
Prob hacmi V_s (cm^3)	804,4

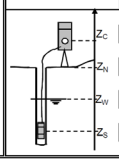
DENEY

Deney No.	ES_Kİ-7_P06
Deney Tarih ve Saati	11.10.2011 17:19
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0,050
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/60}/\Delta P$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0,000	0,000	0,000	0,000	58,0	58,0	58,0	70,0	0,118	70,0		12,0
2	0,100	0,100	0,100	0,100	138,0	138,0	138,0	140,0	0,155	139,5	1875	2,0
3	0,200	0,200	0,200	0,200	154,0	154,0	154,0	155,0	0,242	154,0	166	1,0
4	0,300	0,300	0,300	0,300	163,0	163,0	163,0	164,0	0,335	162,5	92	1,0
5	0,400	0,400	0,400	0,400	169,0	169,0	169,0	170,0	0,430	168,0	58	1,0
6	0,600	0,600	0,600	0,600	175,0	175,0	175,0	176,0	0,625	173,1	26	1,0
7	0,800	0,800	0,800	0,800	181,0	181,0	181,0	182,0	0,820	178,1	26	1,0
8	1,000	1,000	1,000	1,000	186,0	186,0	186,0	187,0	1,016	182,2	21	1,0
9	1,200	1,200	1,200	1,200	190,0	190,0	190,0	190,0	1,214	184,3	11	0,0
10	1,500	1,500	1,500	1,500	194,0	194,0	194,0	195,0	1,510	187,9	12	1,0
11	1,800	1,800	1,800	1,800	199,0	199,0	199,0	200,0	1,806	191,6	12	1,0
12	2,100	2,100	2,100	2,100	205,0	205,0	205,0	205,0	2,103	195,3	13	0,0
13	2,400	2,400	2,400	2,400	209,0	209,0	209,0	211,0	2,398	200,0	16	2,0
14	2,700	2,700	2,700	2,700	215,0	215,0	215,0	217,0	2,693	204,8	16	2,0
15	3,000	3,000	3,000	3,000	222,0	222,0	222,0	224,0	2,988	210,6	20	2,0
16	3,300	3,300	3,300	3,300	230,0	230,0	230,0	231,0	3,283	216,4	20	1,0
17	3,600	3,600	3,600	3,600	236,0	236,0	236,0	238,0	3,578	222,2	20	2,0
18	3,900	3,900	3,900	3,900	244,0	244,0	244,0	245,0	3,873	228,1	20	1,0
19	4,200	4,200	4,200	4,200	250,0	250,0	250,0	252,0	4,168	234,0	20	2,0
20	4,500	4,500	4,500	4,500	257,0	257,0	257,0	259,0	4,463	239,9	20	2,0
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER



SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

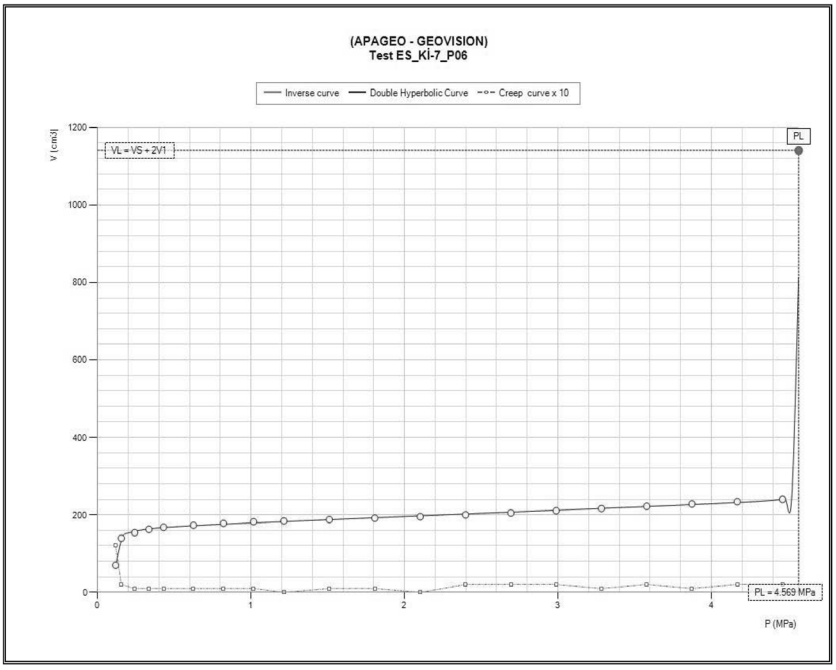
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-7_P06
Şantiye	
Kuyu	Kİ-7
Deney Derinliği (m)	18,90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0,233
p_1	0,43
p_2	4,46
p_f	4,46
p_l	4,57
p_l^*	4,34
E_M	150,5
E_M / p_l	32,9
E_M / p_l^*	34,7

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-3,66E-04
	B	5,80E-03
Çift Hiperbolik	A1	1,65E+02
	A2	1,59E+01
	A3	1,49E+00
	A4	5,76E-01
	A5	1,02E-01
	A6	4,57E+00

YORUMLAR

APAGEO Matériel de Géotechnique Geotechnical Equipment

Şekil F.23. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-7

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1,00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58,00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0,00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0,050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111006C01
En büyük basınç kaybı p_{el} (MPa)	0,460
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111016C01
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78,0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	4,000
Prob hacmi V_s (cm^3)	804,4

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-7_P07
Deney Tarih ve Saati	11.10.2011 17:22
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0,100
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0,000	0,000	0,000	0,000	54,0	54,0	54,0	69,0	0,149	69,0		15,0
2	0,100	0,100	0,100	0,100	169,0	169,0	169,0	174,0	0,157	173,5	12893	5,0
3	0,200	0,200	0,200	0,200	192,0	192,0	192,0	192,0	0,243	191,0	204	0,0
4	0,300	0,300	0,300	0,300	198,0	198,0	198,0	199,0	0,337	197,5	69	1,0
5	0,400	0,400	0,400	0,400	201,0	201,0	201,0	203,0	0,434	201,0	36	2,0
6	0,600	0,600	0,600	0,600	206,0	206,0	206,0	207,0	0,631	204,1	15	1,0
7	0,900	0,900	0,900	0,900	211,0	211,0	211,0	212,0	0,927	207,6	12	1,0
8	1,200	1,200	1,200	1,200	216,0	216,0	216,0	217,0	1,223	211,3	12	1,0
9	1,500	1,500	1,500	1,500	219,0	219,0	219,0	220,0	1,521	212,9	6	1,0
10	1,800	1,800	1,800	1,800	223,0	223,0	223,0	224,0	1,818	215,6	9	1,0
11	2,100	2,100	2,100	2,100	226,0	226,0	226,0	227,0	2,116	217,3	6	1,0
12	2,400	2,400	2,400	2,400	229,0	229,0	229,0	230,0	2,414	219,0	6	1,0
13	2,700	2,700	2,700	2,700	231,0	231,0	231,0	233,0	2,712	220,8	6	2,0
14	3,000	3,000	3,000	3,000	235,0	235,0	235,0	235,0	3,010	221,6	3	0,0
15	3,300	3,300	3,300	3,300	236,0	236,0	236,0	237,0	3,309	222,4	3	1,0
16	3,600	3,600	3,600	3,600	238,0	238,0	238,0	240,0	3,607	224,2	6	2,0
17	3,900	3,900	3,900	3,900	242,0	242,0	242,0	242,0	3,905	225,1	3	0,0
18	4,200	4,200	4,200	4,200	243,0	243,0	243,0	244,0	4,204	226,0	3	1,0
19	4,500	4,500	4,500	4,500	245,0	245,0	245,0	246,0	4,502	226,9	3	1,0
20												
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0,60	+ 0,60
Z_N	0,00	0 (kuyu başı)
Z_W	5,80	- 5,80
Z_S	21,90	- 21,90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

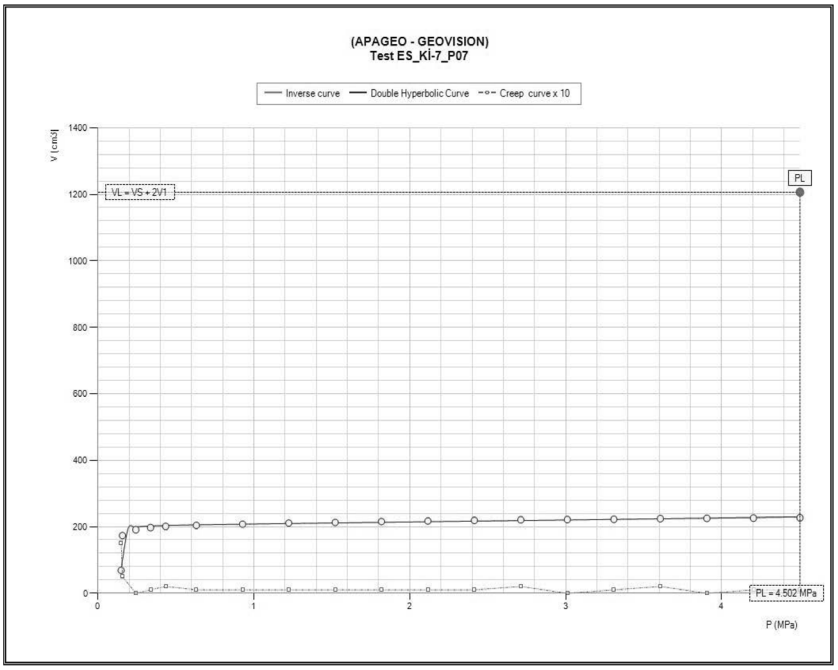
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-7_P07
Şantiye	
Kuyu	Kİ-7
Deney Derinliği (m)	21,90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0,278
p_1	0,43
p_2	4,50
p_f	4,50
p_l	4,50
p_l^*	4,22
E_M	425,7
E_M / p_l	94,6
E_M / p_l^*	100,8

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-5,92E-05
	B	4,67E-03
Çift Hiperbolik	A1	2,03E+02
	A2	5,97E+00
	A3	5,20E-01
	A4	0,00E+00
	A5	1,45E-01
	A6	2,00E+01

YORUMLAR

APAGEO Matériel de Géotechnique Geotechnical Equipment

Şekil F.24. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-7

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ/γ_w	1,00
Toplam uzunluk (m)		58,00	Gaz	Cinsi	Azot
				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0,00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0,050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111006C01
En büyük basınç kaybı p_w (MPa)	0,460
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111016C01
Kalibrasyon silindir çapı d, (mm)	78,0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	4,000
Prob hacmi V_s (cm^3)	804,4

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-7_P08
Deney Tarih ve Saati	12.10.2011 17:25
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0,100
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0,000	0,000	0,000	0,000	25,0	25,0	25,0	34,0	0,213	34,0		9,0
2	0,050	0,050	0,050	0,050	69,0	69,0	69,0	90,0	0,209	89,8	#####	21,0
3	0,100	0,100	0,100	0,100	116,0	116,0	116,0	120,0	0,232	119,5	1291	4,0
4	0,150	0,150	0,150	0,150	134,0	134,0	134,0	136,0	0,268	135,3	435	2,0
5	0,200	0,200	0,200	0,200	144,0	144,0	144,0	145,0	0,311	144,0	207	1,0
6	0,300	0,300	0,300	0,300	156,0	156,0	156,0	157,0	0,401	155,5	128	1,0
7	0,400	0,400	0,400	0,400	163,0	163,0	163,0	164,0	0,495	162,0	69	1,0
8	0,600	0,600	0,600	0,600	170,0	170,0	170,0	171,0	0,689	168,1	31	1,0
9	0,900	0,900	0,900	0,900	180,0	180,0	180,0	181,0	0,981	176,6	29	1,0
10	1,200	1,200	1,200	1,200	186,0	186,0	186,0	187,0	1,276	181,3	16	1,0
11	1,500	1,500	1,500	1,500	189,0	189,0	189,0	191,0	1,573	183,9	9	2,0
12	1,800	1,800	1,800	1,800	193,0	193,0	193,0	195,0	1,870	186,6	9	2,0
13	2,100	2,100	2,100	2,100	197,0	197,0	197,0	198,0	2,168	188,3	6	1,0
14	2,400	2,400	2,400	2,400	201,0	201,0	201,0	202,0	2,465	191,0	9	1,0
15	2,700	2,700	2,700	2,700	204,0	204,0	204,0	205,0	2,763	192,8	6	1,0
16	3,000	3,000	3,000	3,000	206,0	206,0	206,0	208,0	3,060	194,6	6	2,0
17	3,300	3,300	3,300	3,300	210,0	210,0	210,0	211,0	3,358	196,4	6	1,0
18	3,600	3,600	3,600	3,600	214,0	214,0	214,0	214,0	3,656	198,2	6	0,0
19	3,900	3,900	3,900	3,900	216,0	216,0	216,0	217,0	3,953	200,1	6	1,0
20	4,200	4,200	4,200	4,200	218,0	218,0	218,0	220,0	4,251	202,0	6	2,0
21	4,500	4,500	4,500	4,500	222,0	222,0	222,0	223,0	4,549	203,9	6	1,0
22												
23												
24												

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0,60	+ 0,60
Z_N	0,00	0 (kuyu başı)
Z_W	4,80	- 4,80
Z_S	24,90	- 24,90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

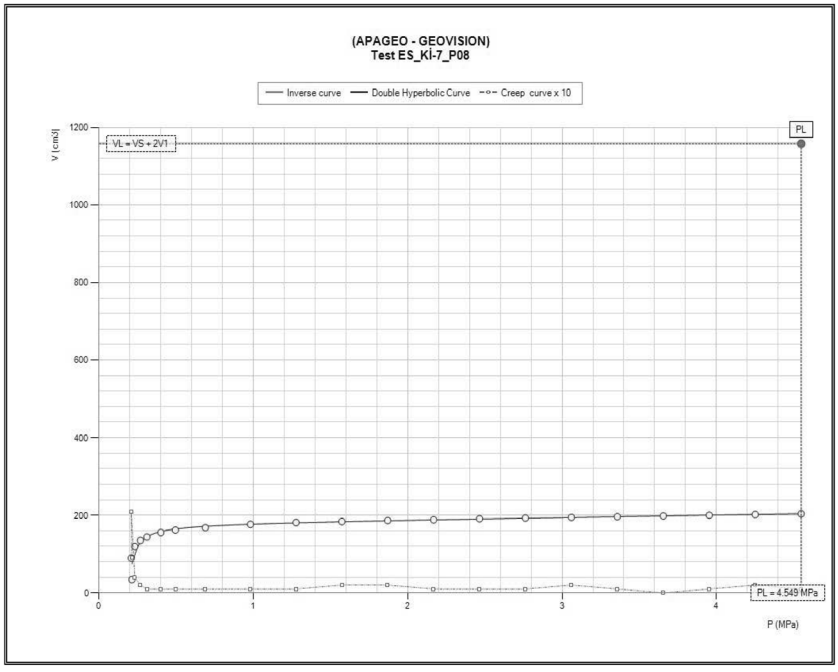
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-7_P08
Şantiye	
Kuyu	Kİ-7
Deney Derinliği (m)	24,90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0,325
p_1	0,98
p_2	4,55
p_f	4,55
p_l	4,55
p_l^*	4,22
E_M	346,2
E_M / p_l	76,1
E_M / p_l^*	82,0

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1,57E-04
	B	5,62E-03
Çift Hiperbolik	A1	1,77E+02
	A2	6,27E+00
	A3	5,06E+00
	A4	0,00E+00
	A5	1,64E-01
	A6	2,00E+01

YORUMLAR

APAGEO Matériel de Géotechnique Geotechnical Equipment

Şekil F.25. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel.+90 (312) 495 70 00
Fax.+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-7

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1,00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58,00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0,00016

MEMBRAN PARAMETRELERİ	
Tedarikçi tip ve kodu	
Basınç kaybı p_m (MPa)	0,050

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111006C01
En büyük basınç kaybı p_M (MPa)	0,460

HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111016C01
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78,0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	4,000
Prob hacmi V_s (cm^3)	804,4

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-7_P09
Deney Tarih ve Saati	12.10.2011 17:32
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0,020
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0,000	0,000	0,000	0,000	86,0	86,0	86,0	100,0	0,180	100,0		14,0
2	0,100	0,100	0,100	0,100	158,0	158,0	158,0	160,0	0,228	159,5	1232	2,0
3	0,200	0,200	0,200	0,200	174,0	174,0	174,0	175,0	0,316	174,0	165	1,0
4	0,300	0,300	0,300	0,300	181,0	181,0	181,0	183,0	0,410	181,5	80	2,0
5	0,400	0,400	0,400	0,400	189,0	189,0	189,0	190,0	0,504	188,0	69	1,0
6	0,600	0,600	0,600	0,600	197,0	197,0	197,0	198,0	0,698	195,1	36	1,0
7	0,900	0,900	0,900	0,900	209,0	209,0	209,0	210,0	0,989	205,6	36	1,0
8	1,200	1,200	1,200	1,200	218,0	218,0	218,0	220,0	1,281	214,3	29	2,0
9	1,500	1,500	1,500	1,500	225,0	225,0	225,0	228,0	1,575	220,9	23	3,0
10	1,800	1,800	1,800	1,800	233,0	233,0	233,0	234,0	1,871	225,6	16	1,0
11	2,100	2,100	2,100	2,100	239,0	239,0	239,0	241,0	2,166	231,3	19	2,0
12	2,400	2,400	2,400	2,400	246,0	246,0	246,0	249,0	2,460	238,0	23	3,0
13	2,700	2,700	2,700	2,700	254,0	254,0	254,0	256,0	2,755	243,8	20	2,0
14	3,000	3,000	3,000	3,000	261,0	261,0	261,0	264,0	3,050	250,6	23	3,0
15	3,300	3,300	3,300	3,300	270,0	270,0	270,0	272,0	3,344	257,4	23	2,0
16	3,600	3,600	3,600	3,600	277,0	277,0	277,0	279,0	3,639	263,2	20	2,0
17	3,900	3,900	3,900	3,900	285,0	285,0	285,0	286,0	3,935	269,1	20	1,0
18	4,200	4,200	4,200	4,200	291,0	291,0	291,0	293,0	4,230	275,0	20	2,0
19	4,500	4,500	4,500	4,500	298,0	298,0	298,0	300,0	4,525	280,9	20	2,0
20												
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0,60	+ 0,60
Z_N	0,00	0 (kuyu başı)
Z_W	13,70	- 13,70
Z_S	27,90	- 27,90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

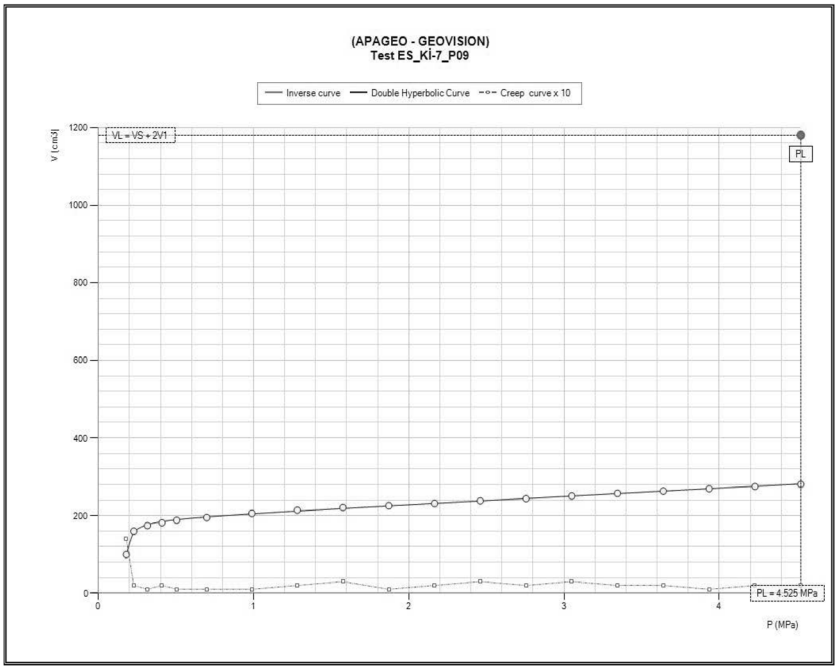
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel.+90 (312) 495 70 00
Fax.+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-7_P09
Şantiye	
Kuyu	Kİ-7
Deney Derinliği (m)	27,90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0,322
p_1	0,50
p_2	4,53
p_f	4,53
p_l	4,53
p_l^*	4,20
E_M	119,6
E_M / p_l	26,4
E_M / p_l^*	28,5

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-2,64E-04
	B	4,76E-03
Çift Hiperbolik	A1	1,87E+02
	A2	2,11E+01
	A3	2,94E+00
	A4	0,00E+00
	A5	1,47E-01
	A6	2,00E+01

YORUMLAR

APAGEO Matériel de Géotechnique / Geotechnical Equipment

Şekil F.26. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel.+90 (312) 495 70 00
Fax.+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-7

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1,00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58,00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0,00016

MEMBRAN PARAMETRELERİ	
Tedarikçi tip ve kodu	
Basınç kaybı p_m (MPa)	0,050

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111006C01
En büyük basınç kaybı p_M (MPa)	0,460

HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111016C01
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78,0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	4,000
Prob hacmi V_s (cm^3)	804,4

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-7_P09
Deney Tarih ve Saati	12.10.2011 17:32
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0,020
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0,000	0,000	0,000	0,000	86,0	86,0	86,0	100,0	0,180	100,0		14,0
2	0,100	0,100	0,100	0,100	158,0	158,0	158,0	160,0	0,228	159,5	1232	2,0
3	0,200	0,200	0,200	0,200	174,0	174,0	174,0	175,0	0,316	174,0	165	1,0
4	0,300	0,300	0,300	0,300	181,0	181,0	181,0	183,0	0,410	181,5	80	2,0
5	0,400	0,400	0,400	0,400	189,0	189,0	189,0	190,0	0,504	188,0	69	1,0
6	0,600	0,600	0,600	0,600	197,0	197,0	197,0	198,0	0,698	195,1	36	1,0
7	0,900	0,900	0,900	0,900	209,0	209,0	209,0	210,0	0,989	205,6	36	1,0
8	1,200	1,200	1,200	1,200	218,0	218,0	218,0	220,0	1,281	214,3	29	2,0
9	1,500	1,500	1,500	1,500	225,0	225,0	225,0	228,0	1,575	220,9	23	3,0
10	1,800	1,800	1,800	1,800	233,0	233,0	233,0	234,0	1,871	225,6	16	1,0
11	2,100	2,100	2,100	2,100	239,0	239,0	239,0	241,0	2,166	231,3	19	2,0
12	2,400	2,400	2,400	2,400	246,0	246,0	246,0	249,0	2,460	238,0	23	3,0
13	2,700	2,700	2,700	2,700	254,0	254,0	254,0	256,0	2,755	243,8	20	2,0
14	3,000	3,000	3,000	3,000	261,0	261,0	261,0	264,0	3,050	250,6	23	3,0
15	3,300	3,300	3,300	3,300	270,0	270,0	270,0	272,0	3,344	257,4	23	2,0
16	3,600	3,600	3,600	3,600	277,0	277,0	277,0	279,0	3,639	263,2	20	2,0
17	3,900	3,900	3,900	3,900	285,0	285,0	285,0	286,0	3,935	269,1	20	1,0
18	4,200	4,200	4,200	4,200	291,0	291,0	291,0	293,0	4,230	275,0	20	2,0
19	4,500	4,500	4,500	4,500	298,0	298,0	298,0	300,0	4,525	280,9	20	2,0
20												
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0,60	+ 0,60
Z_N	0,00	0 (kuyu başı)
Z_W	13,70	- 13,70
Z_S	27,90	- 27,90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

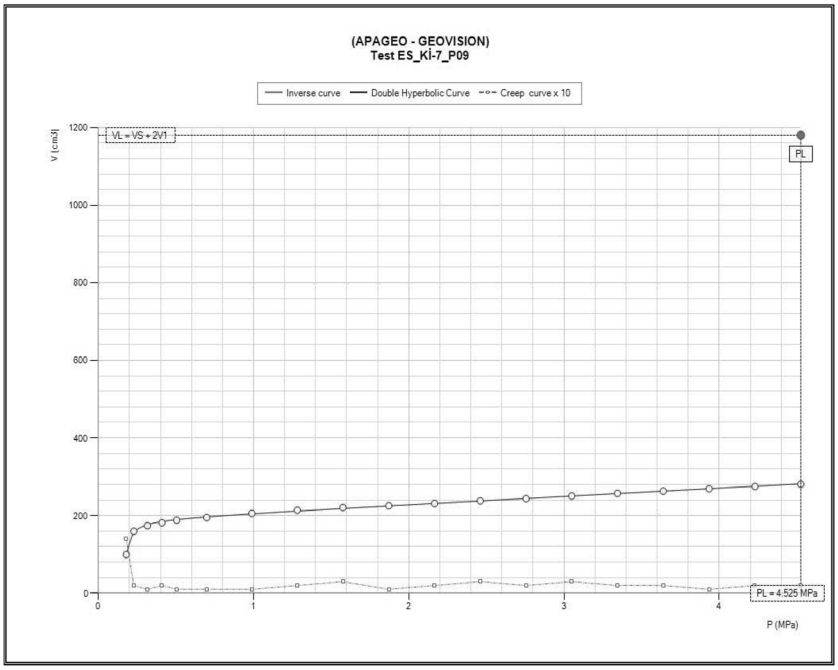
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel.+90 (312) 495 70 00
Fax.+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-7_P09
Şantiye	
Kuyu	Kİ-7
Deney Derinliği (m)	27,90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0,322
p_1	0,50
p_2	4,53
p_f	4,53
p_l	4,53
p_l^*	4,20
E_M	119,6
E_M / p_l	26,4
E_M / p_l^*	28,5

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-2,64E-04
	B	4,76E-03
Çift Hiperbolik	A1	1,87E+02
	A2	2,11E+01
	A3	2,94E+00
	A4	0,00E+00
	A5	1,47E-01
	A6	2,00E+01

YORUMLAR

APAGEO Matériel de Géotechnique / Geotechnical Equipment

Şekil F.27. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA

Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-7

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI				
Tip	EşEksenli		Sıvı Cinsi	Su
	İkiz	X	Öz.Ağırlık γ_f/γ_w	1,00
Toplam uzunluk (m)		58,00	Gaz Cinsi	Azot
			Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0,00016

MEMBRAN PARAMETRELERİ	
Tedarikçi tip ve kodu	
Basınç kaybı p_m (MPa)	0,050

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111006C01
En büyük basınç kaybı p_w (MPa)	0,460

HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111016C01
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78,0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	4,000
Prob hacmi V_s (cm^3)	804,4

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-7_P11
Deney Tarih ve Saati	13.10.2011 17:38
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0,200
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0,000	0,000	0,000	0,000	72,0	72,0	72,0	106,0	0,234	106,0		34,0
2	0,100	0,100	0,100	0,100	169,0	169,0	169,0	170,0	0,280	169,5	1393	1,0
3	0,200	0,200	0,200	0,200	173,0	173,0	173,0	173,0	0,378	172,0	26	0,0
4	0,400	0,400	0,400	0,400	178,0	178,0	178,0	179,0	0,573	177,0	26	1,0
5	0,600	0,600	0,600	0,600	184,0	184,0	184,0	185,0	0,768	182,1	26	1,0
6	0,900	0,900	0,900	0,900	194,0	194,0	194,0	196,0	1,059	191,6	33	2,0
7	1,200	1,200	1,200	1,200	205,0	205,0	205,0	211,0	1,348	205,3	47	6,0
8	1,500	1,500	1,500	1,500	222,0	222,0	222,0	228,0	1,635	220,9	54	6,0
9	1,800	1,800	1,800	1,800	239,0	239,0	239,0	249,0	1,920	240,6	69	10,0
10	2,100	2,100	2,100	2,100	263,0	263,0	263,0	272,0	2,204	262,3	76	9,0
11	2,400	2,400	2,400	2,400	289,0	289,0	289,0	298,0	2,487	287,0	88	9,0
12	2,700	2,700	2,700	2,700	320,0	320,0	320,0	329,0	2,767	316,8	106	9,0
13	3,000	3,000	3,000	3,000	357,0	357,0	357,0	368,0	3,043	354,6	137	11,0
14	3,300	3,300	3,300	3,300	405,0	405,0	405,0	419,0	3,314	404,4	184	14,0
15	3,600	3,600	3,600	3,600	467,0	467,0	467,0	484,0	3,580	468,2	240	17,0
16	3,900	3,900	3,900	3,900	546,0	546,0	546,0	567,0	3,840	550,1	314	21,0
17	4,200	4,200	4,200	4,200	652,0	652,0	652,0	676,0	4,094	658,0	424	24,0
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0,60	+ 0,60
Z_N	0,00	0 (kuyu başı)
Z_W	31,80	- 31,80
Z_S	33,90	- 33,90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

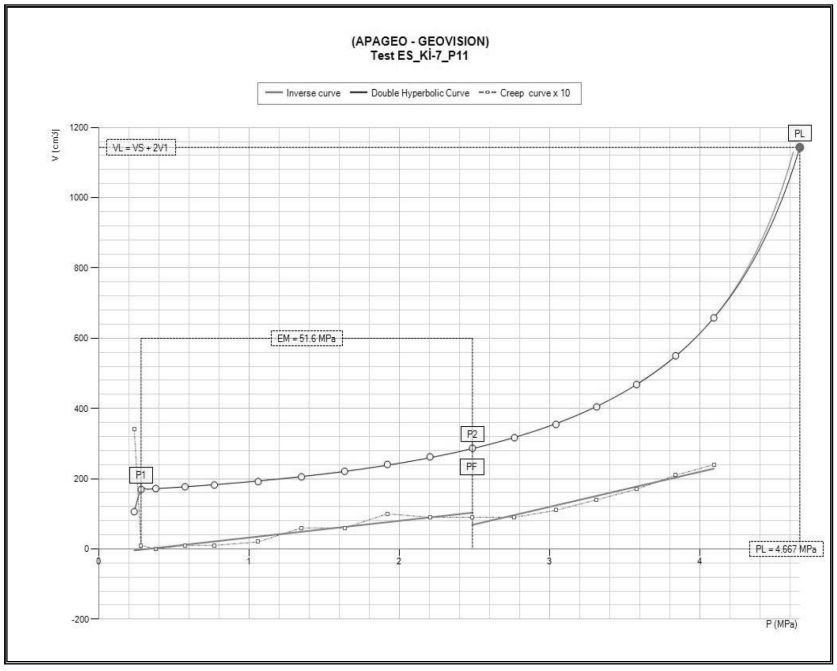
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-7_P11
Şantiye	
Kuyu	Kİ-7
Deney Derinliği (m)	33,90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0,316
p_1	0,28
p_2	2,49
p_f	2,49
p_l	4,67
p_l^*	4,35
E_M	51,6
E_M / p_l	11,1
E_M / p_l^*	11,9

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-1,20E-03
	B	6,42E-03
Çift Hiperbolik	A1	-3,31E+01
	A2	-1,48E+01
	A3	1,46E-02
	A4	1,09E+03
	A5	2,34E-01
	A6	5,54E+00

YORUMLAR

APAGEO Matériel de Géotechnique Geotechnical Equipment

Şekil F.28. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-7

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ/γ_w	1,00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58,00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0,00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0,050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111014C02
En büyük basınç kaybı p_w (MPa)	0,474
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78,0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3,905
Prob hacmi V_s (cm^3)	816,9

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-7_P12
Deney Tarih ve Saati	14.10.2011 17:40
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0,200
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{60/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{60/30}$ (cm^3)
0												
1	0,000	0,000	0,000	0,000	64,0	64,0	64,0	102,0	0,268	102,0		38,0
2	0,100	0,100	0,100	0,100	173,0	173,0	173,0	174,0	0,302	173,4	2084	1,0
3	0,200	0,200	0,200	0,200	177,0	177,0	177,0	180,0	0,397	178,8	57	3,0
4	0,400	0,400	0,400	0,400	184,0	184,0	184,0	186,0	0,592	183,7	25	2,0
5	0,600	0,600	0,600	0,600	190,0	190,0	190,0	192,0	0,787	188,6	25	2,0
6	0,900	0,900	0,900	0,900	198,0	198,0	198,0	200,0	1,081	195,0	22	2,0
7	1,200	1,200	1,200	1,200	204,0	204,0	204,0	205,0	1,377	198,6	12	1,0
8	1,500	1,500	1,500	1,500	209,0	209,0	209,0	210,0	1,673	202,2	12	1,0
9	1,800	1,800	1,800	1,800	215,0	215,0	215,0	217,0	1,967	207,8	19	2,0
10	2,100	2,100	2,100	2,100	220,0	220,0	220,0	223,0	2,263	212,5	16	3,0
11	2,400	2,400	2,400	2,400	228,0	228,0	228,0	229,0	2,558	217,3	16	1,0
12	2,700	2,700	2,700	2,700	235,0	235,0	235,0	239,0	2,851	226,1	30	4,0
13	3,000	3,000	3,000	3,000	244,0	244,0	244,0	248,0	3,144	233,9	27	4,0
14	3,300	3,300	3,300	3,300	253,0	253,0	253,0	258,0	3,437	242,8	30	5,0
15	3,600	3,600	3,600	3,600	264,0	264,0	264,0	269,0	3,729	252,7	34	5,0
16	3,900	3,900	3,900	3,900	278,0	278,0	278,0	280,0	4,021	262,6	34	2,0
17	4,200	4,200	4,200	4,200	288,0	288,0	288,0	291,0	4,314	272,5	34	3,0
18	4,500	4,500	4,500	4,500	300,0	300,0	300,0	302,0	4,606	282,5	34	2,0
19	4,800	4,800	4,800	4,800	312,0	312,0	312,0	313,0	4,899	292,5	34	1,0
20	5,100	5,100	5,100	5,100	322,0	322,0	322,0	324,0	5,192	302,5	34	2,0
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0,60	+ 0,60
Z_N	0,00	0 (kuyu başı)
Z_W	30,10	- 30,10
Z_S	36,90	- 36,90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

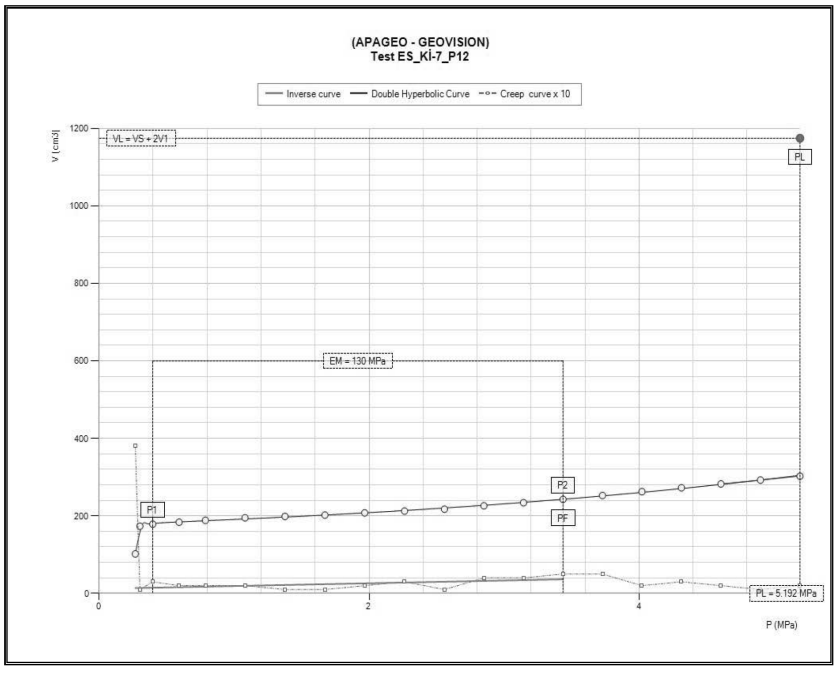
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-7_P12
Şantiye	
Kuyu	Kİ-7
Deney Derinliği (m)	36,90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0,366
p_1	0,40
p_2	3,44
p_f	3,44
p_l	5,19
p_l^*	4,83
E_M	129,9
E_M / p_l	25,0
E_M / p_l^*	26,9

EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-3,99E-04
	B	5,38E-03
Çift Hiperbolik	A1	-4,59E+02
	A2	-2,33E+01
	A3	3,26E-01
	A4	1,18E+04
	A5	2,64E-01
	A6	1,86E+01

YORUMLAR

APAGEO Matériel de Géotechnique / Geotechnical Equipment

Şekil F.29. Pressiyometre deneyi sonuçları

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ DENEY VERİLERİ

SAHA	
Proje Adı	KIRIK - ISPIR
Ülke	
Şantiye	
Yer Plan Ref.	
Kuyu No.	Kİ-7

PROB

HÜCRE PARAMETRELERİ			
Kod		60-gtm75	
Uzunluk		Dış Tüp	
210 mm	X	Lastik	
370 mm		Takviyeli Ağ	
Tip		Yarık Tüp	X
E		Metalik Şerit	
G	X	Metalik Ağ	

BORULAMA VE SIVI					
Tip	EşEksenli		Sıvı	Cinsi	Su
	İkiz	X		Öz.Ağırlık γ_l/γ_w	1,00
Toplam uzunluk (m)			Gaz	Cinsi	Azot
58,00				Sıkışabilirlik λ_g (m^{-1})	0,00016
MEMBRAN PARAMETRELERİ					
Tedarikçi tip ve kodu					
Basınç kaybı p_m (MPa)		0,050			

BASINÇ KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	ET111014C02
En büyük basınç kaybı p_m (MPa)	0,474
HACİM KALİBRASYONU	
Kalibrasyon No.	CA111014C02
Kalibrasyon silindir çapı d_i (mm)	78,0
Kalibrasyon sabiti a (cm^3/MPa)	3,905
Prob hacmi V_s (cm^3)	816,9

DENEY

Deney No.	ES_Kİ-7_P13
Deney Tarih ve Saati	14.10.2011 17:47
Kontrol Birim No.	
Cihaz No.	
Deneyi yapan	M DURUM
Difransiyel basınç (MPa)	0,200
Gözlemler (hava durumu vb.)	

ARAZİ DATA

Adım No	BASINÇ pr (MPa) 1 s	15 s	30 s	60 s	HACİM V(t) (cm^3) 1 s	15 s	30 s	60 s	B&H kaybı ile DÜZELTİLMİŞ VERİ BASINÇ p (MPa)	HACİM V^{60} (cm^3)	EĞİM m_i $\Delta V^{15/60}/\Delta p$ (cm^3/MPa)	KAYMA $\Delta V^{30/30}$ (cm^3)
0												
1	0,000	0,000	0,000	0,000	78,0	78,0	78,0	119,0	0,282	119,0		41,0
2	0,100	0,100	0,100	0,100	159,0	159,0	159,0	160,0	0,344	159,4	645	1,0
3	0,200	0,200	0,200	0,200	162,0	162,0	162,0	164,0	0,441	162,8	35	2,0
4	0,400	0,400	0,400	0,400	166,0	166,0	166,0	168,0	0,637	165,7	15	2,0
5	0,600	0,600	0,600	0,600	170,0	170,0	170,0	170,0	0,836	166,6	5	0,0
6	0,900	0,900	0,900	0,900	172,0	172,0	172,0	174,0	1,132	169,0	8	2,0
7	1,200	1,200	1,200	1,200	177,0	177,0	177,0	178,0	1,429	171,6	9	1,0
8	1,500	1,500	1,500	1,500	180,0	180,0	180,0	181,0	1,726	173,2	5	1,0
9	1,800	1,800	1,800	1,800	183,0	183,0	183,0	184,0	2,024	174,8	6	1,0
10	2,100	2,100	2,100	2,100	185,0	185,0	185,0	186,0	2,322	175,5	2	1,0
11	2,400	2,400	2,400	2,400	187,0	187,0	187,0	189,0	2,620	177,3	6	2,0
12	2,700	2,700	2,700	2,700	190,0	190,0	190,0	191,0	2,918	178,1	3	1,0
13	3,000	3,000	3,000	3,000	192,0	192,0	192,0	193,0	3,216	178,9	3	1,0
14	3,300	3,300	3,300	3,300	195,0	195,0	195,0	195,0	3,515	179,8	3	0,0
15	3,600	3,600	3,600	3,600	197,0	197,0	197,0	198,0	3,812	181,7	6	1,0
16	3,900	3,900	3,900	3,900	199,0	199,0	199,0	200,0	4,111	182,6	3	1,0
17	4,200	4,200	4,200	4,200	202,0	202,0	202,0	202,0	4,409	183,5	3	0,0
18	4,500	4,500	4,500	4,500	203,0	203,0	203,0	204,0	4,708	184,5	3	1,0
19												
20												
21												
22												
23												
24												

SEVİYELER

Datum	Seviye	Bağıl Seviye
Z_C	-0,60	+ 0,60
Z_N	0,00	0 (kuyu başı)
Z_W	21,10	- 21,10
Z_S	39,90	- 39,90

SONDAJKUYUSU

Koordinat Sistemi	X =	0
	Y =	0
Makine		
Sondaj Yöntemi (tablo C kısaltmalar)		
Delgi aracı	Tip	
	Çap (mm)	
Muhafaza Borusu (m depth)		
Sondaj Sıvısı		
Sondaj derinliği	Baş.seviyesi (m)	0
	Bitiş seviyesi (m)	0
	Bitme zamanı	

BİRİM

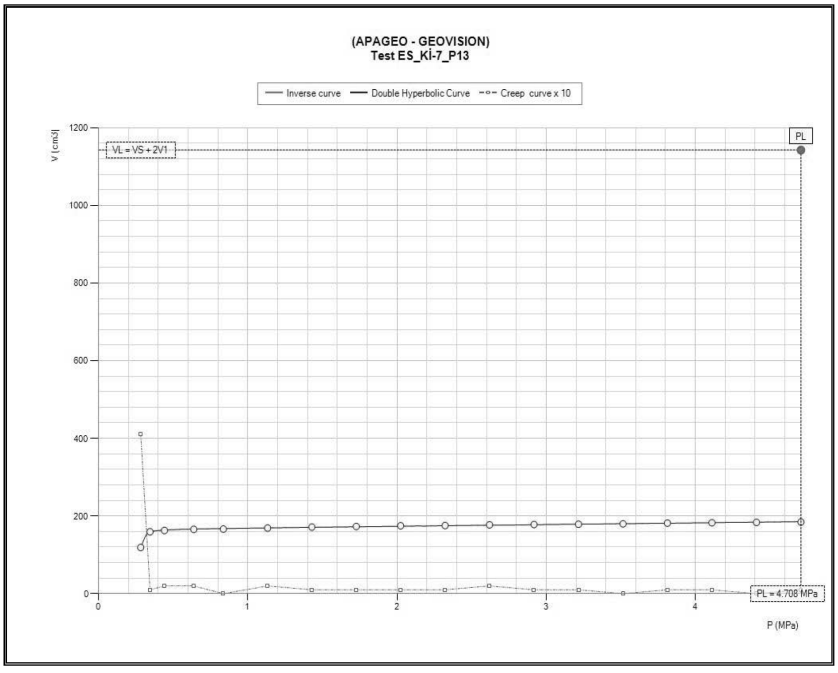
Yükseklik	metre	m
Zaman	saniye	s
Hacim	santimetreküp	cm^3
Basınç	megapaskal	MPa

YÜKSEL PROJE ULUSLARARASI A.Ş.

Birlik Mah. 450.Cadde No:23 CANKAYA / ANKARA Tel:+90 (312) 495 70 00
Fax:+90 (312) 495 70 24 www.yukselproje.com.tr / E-mail:yproje@yukselproje.com.tr

MENARD PRESSİYOMETRESİ RAPOR VE YORUMLAMA

Proje	KIRIK - ISPIR
Deney No.	ES_Kİ-7_P13
Şantiye	
Kuyu	Kİ-7
Deney Derinliği (m)	39,90



HESAPLANAN NORMAL SONUÇLAR	
σ_{hs}	0,453
p_1	0,44
p_2	4,71
p_f	4,71
p_l	4,71
p_l^*	4,25
E_M	518,6
E_M / p_l	110,2
E_M / p_l^*	121,9

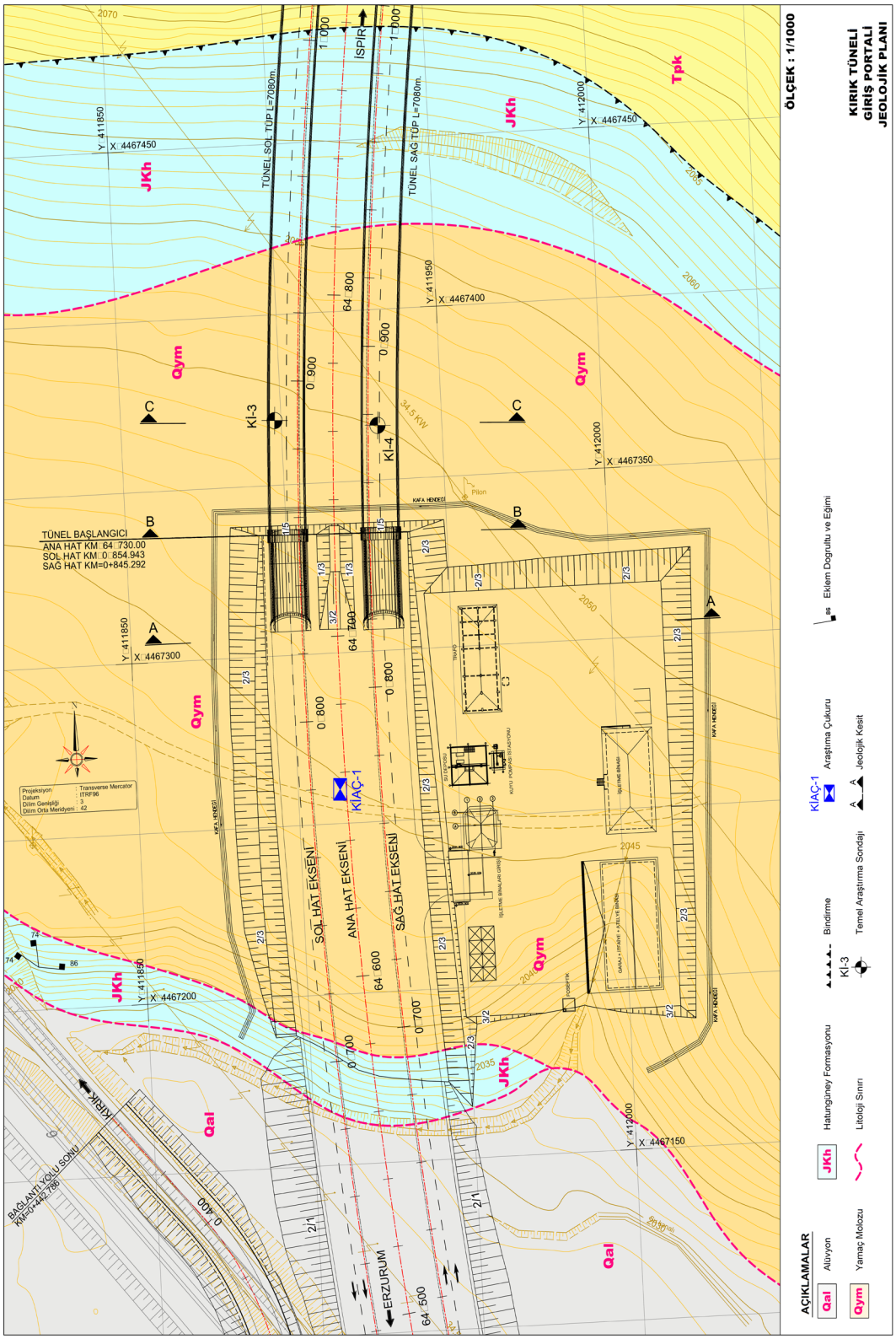
EKSTRAPOLASYON METOD PARAMETRELER		
Ters Hacim	A	-9,50E-05
	B	5,87E-03
Çift Hiperbolik	A1	1,65E+02
	A2	4,32E+00
	A3	5,59E-01
	A4	0,00E+00
	A5	2,70E-01
	A6	2,00E+01

YORUMLAR

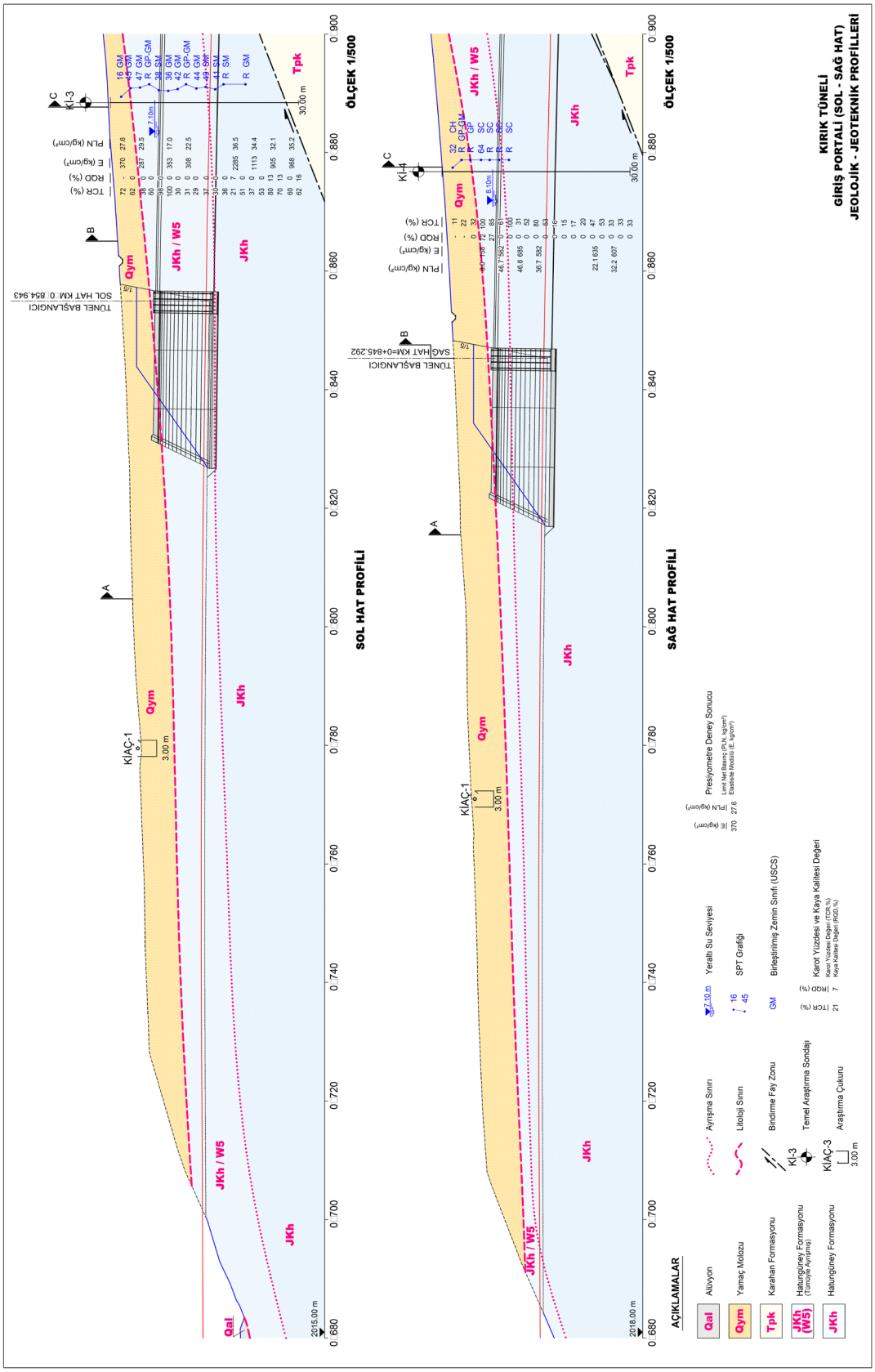
APAGEO Matériel de Géotechnique / Geotechnical Equipment

Şekil F.30. Pressiyometre deneyi sonuçları

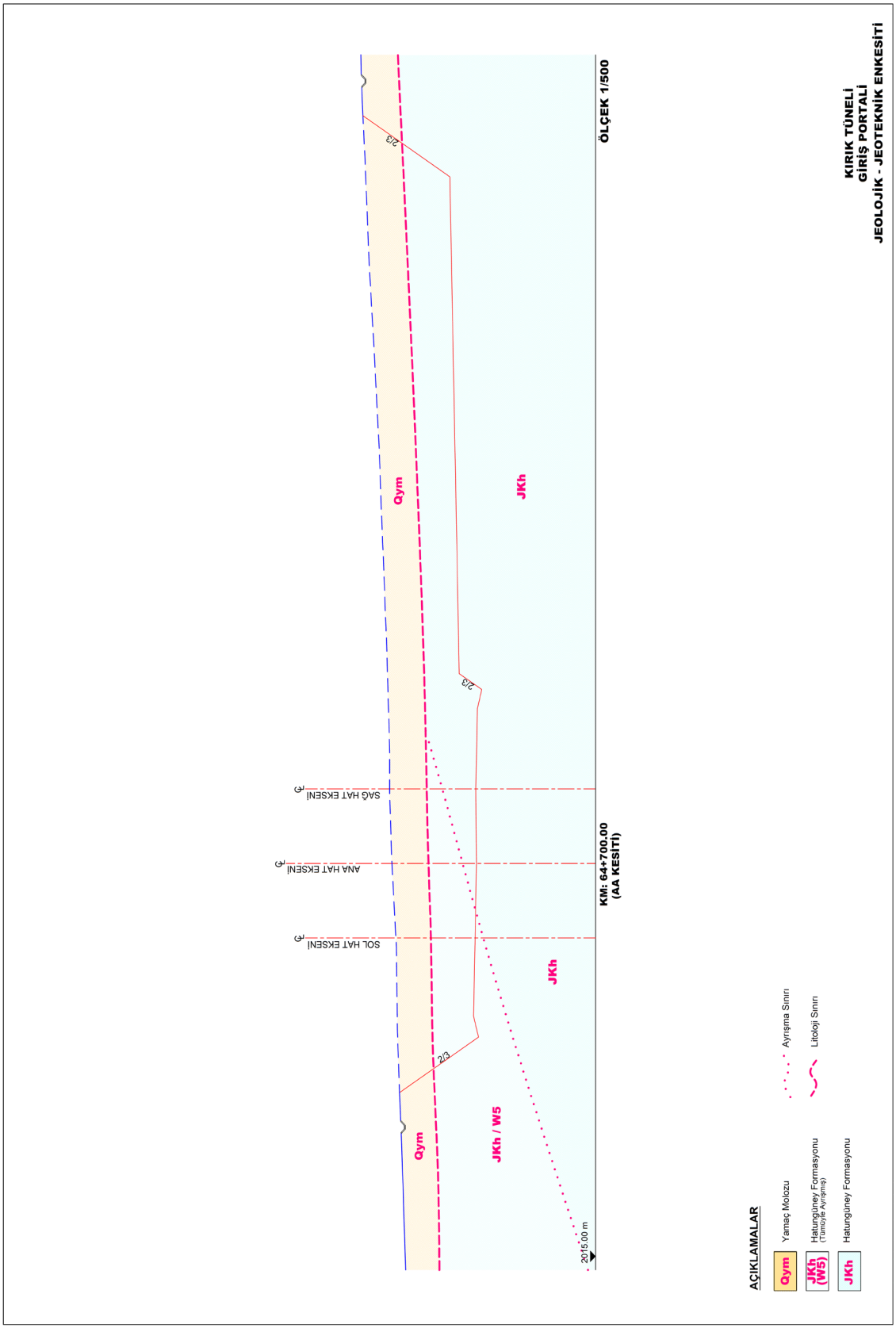
Ek-G: TÜNEL PORTAL JEOLOJİK-JEOTEKNİK ENKESİTLERİ



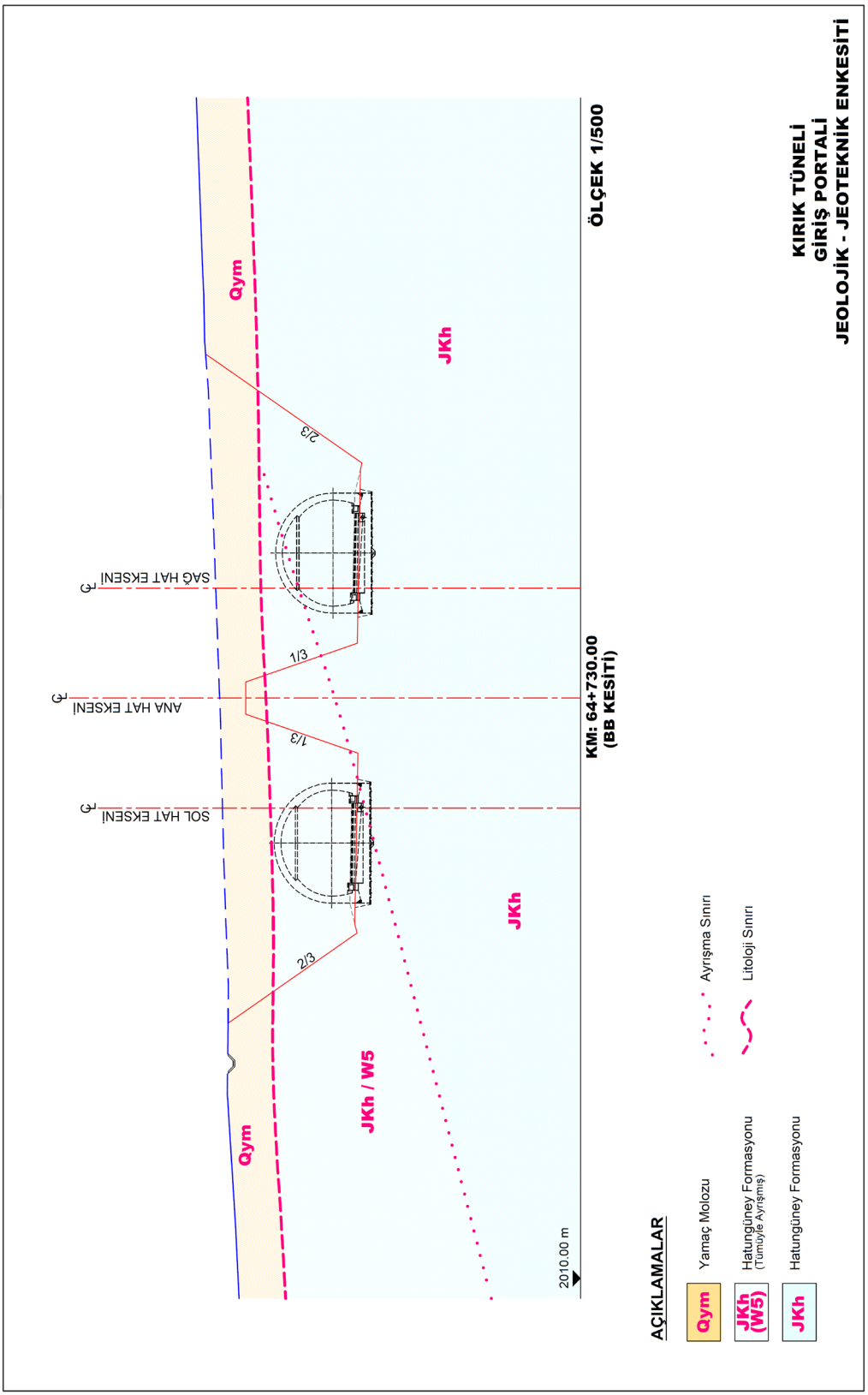
Şekil G.1. Tünel giriş portalı jeolojik planı



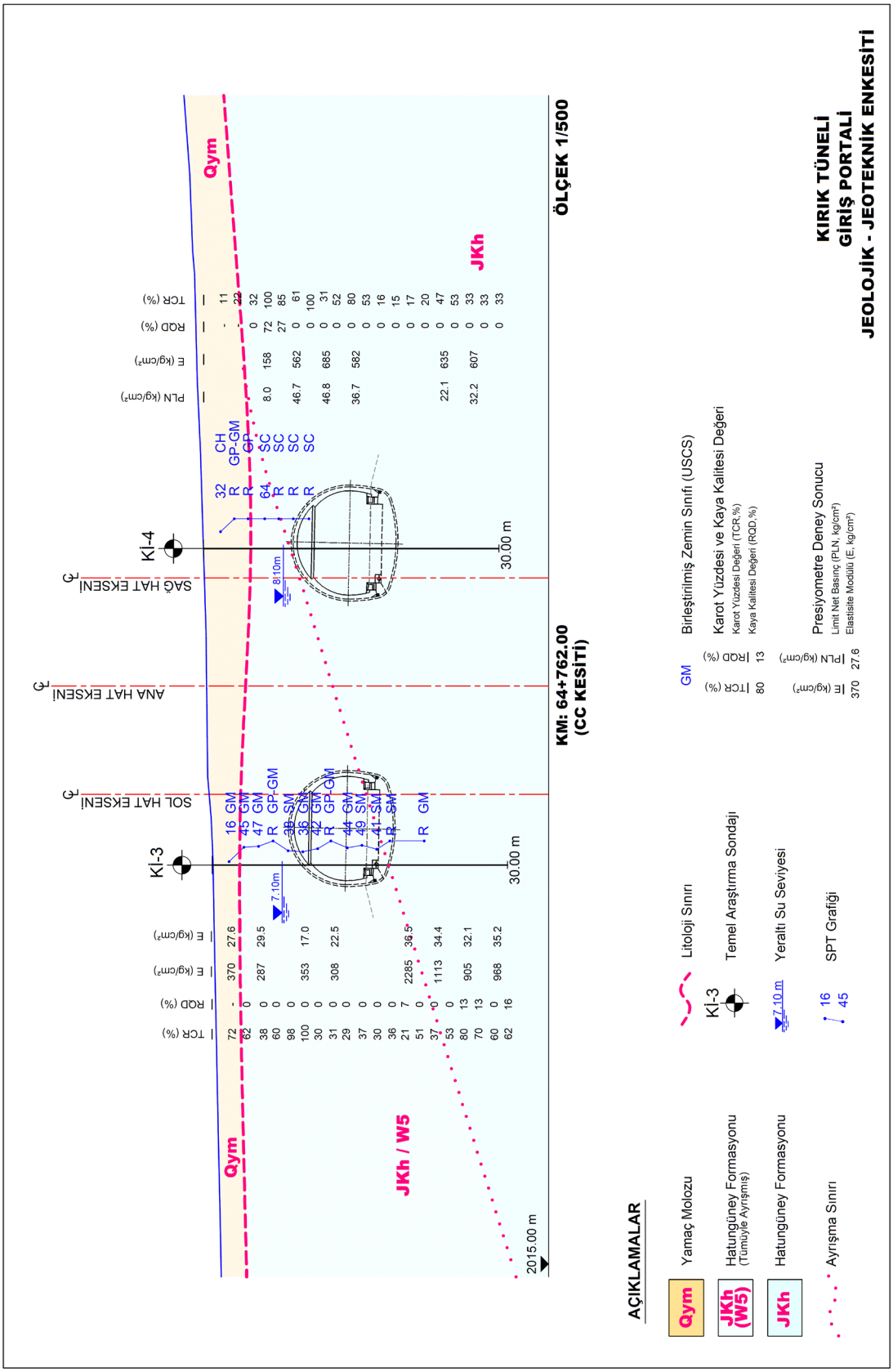
Şekil G.2. Tünel giriş portalı (Sol-Sağ hat) jeolojik-jeoteknik profilleri



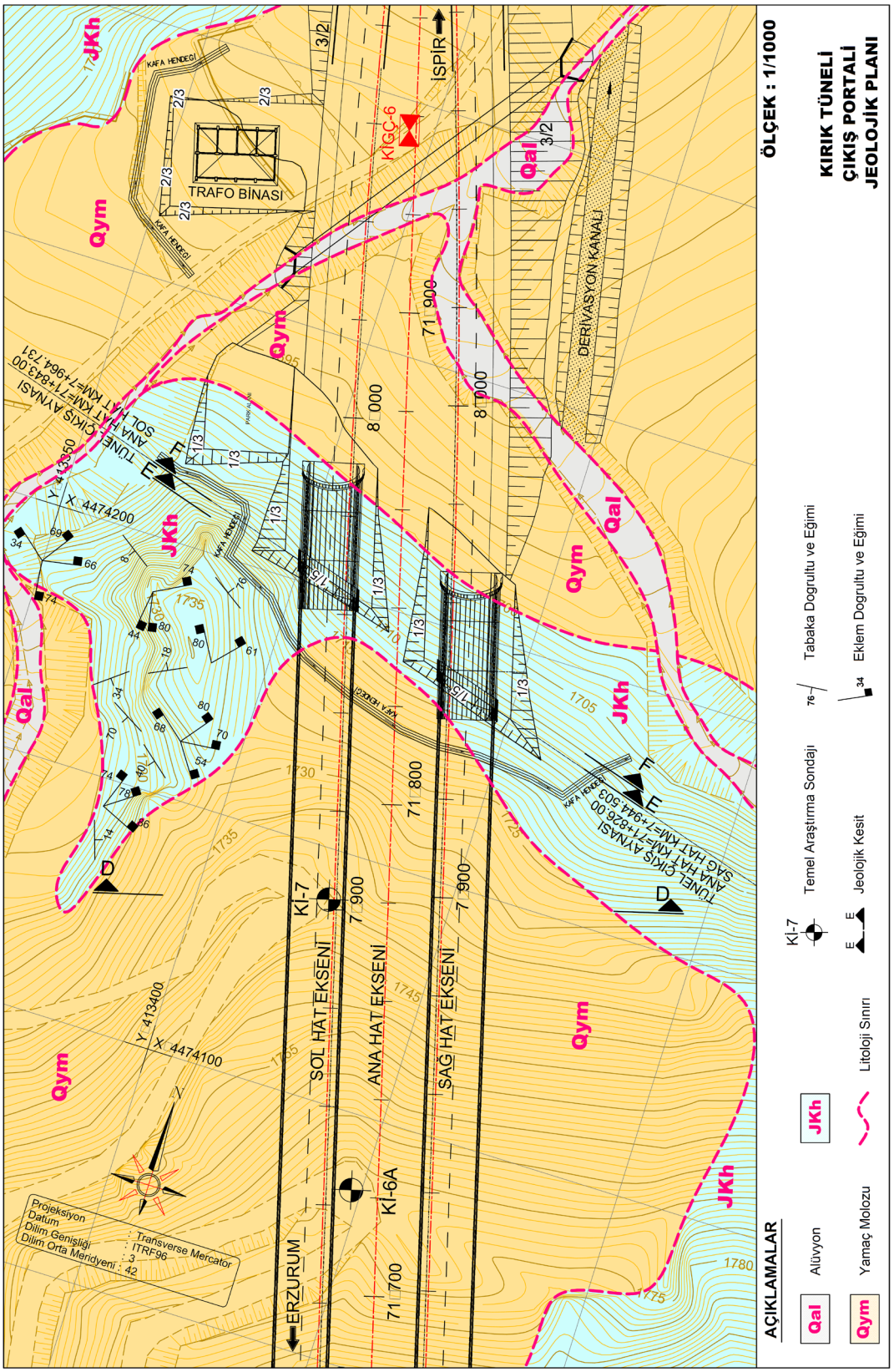
Şekil G.3. Tünel giriş portalı jeolojik-jeoteknik enkesiti



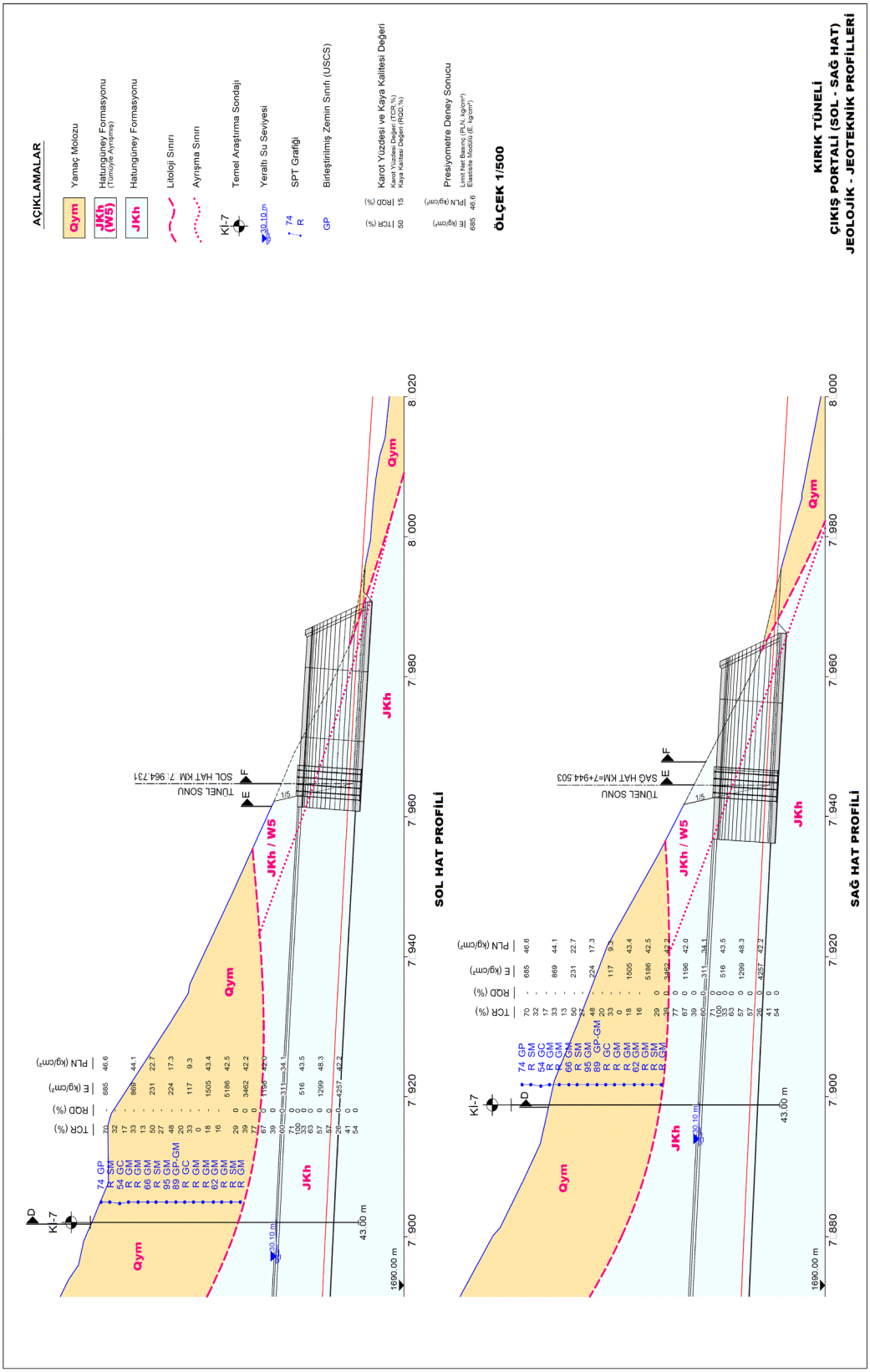
Şekil G.4. Tünel giriş portalı jeolojik-jeoteknik enkesiti



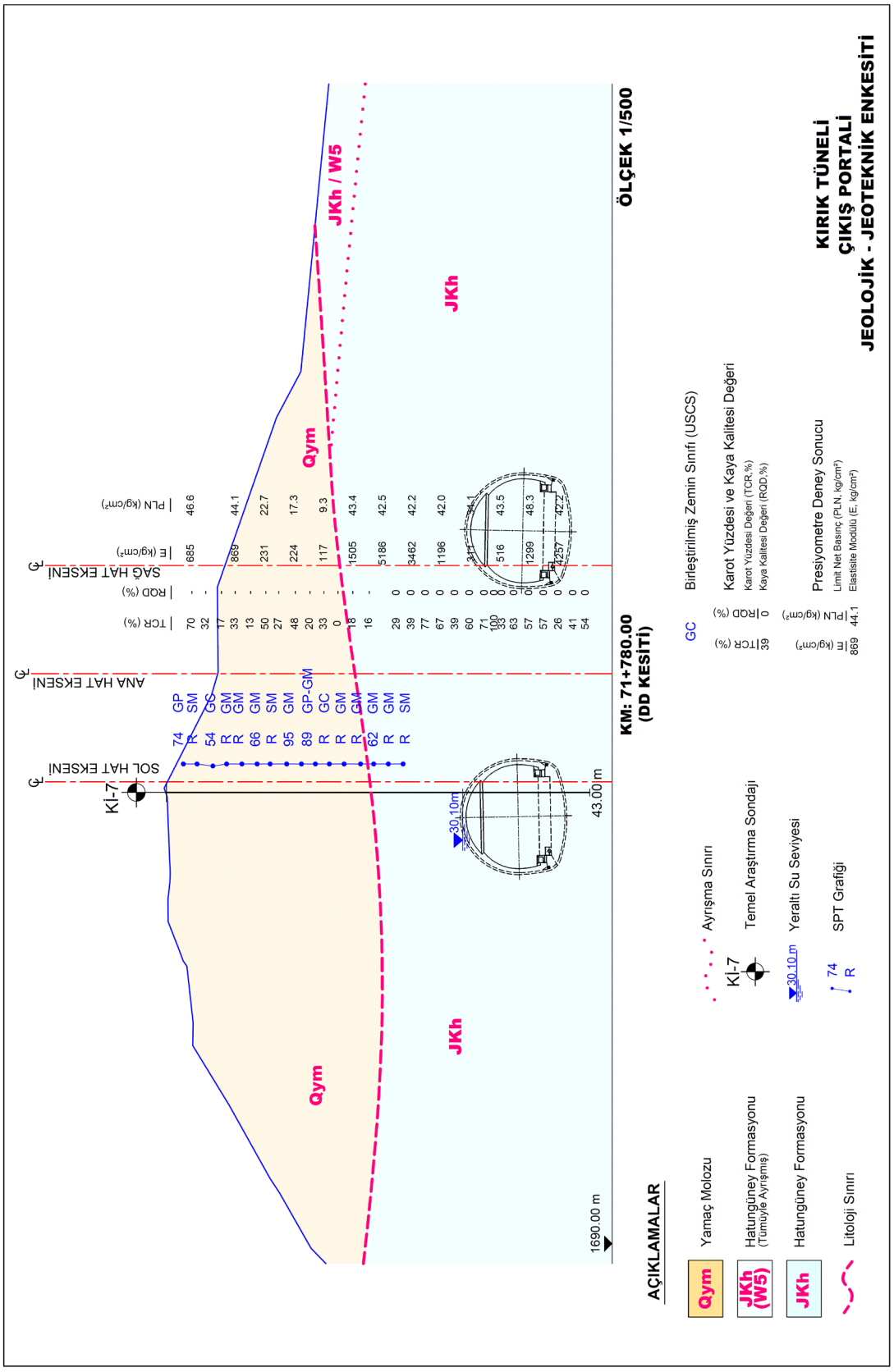
Şekil G.5. Tünel giriş portalı jeolojik-jeoteknik enkesiti



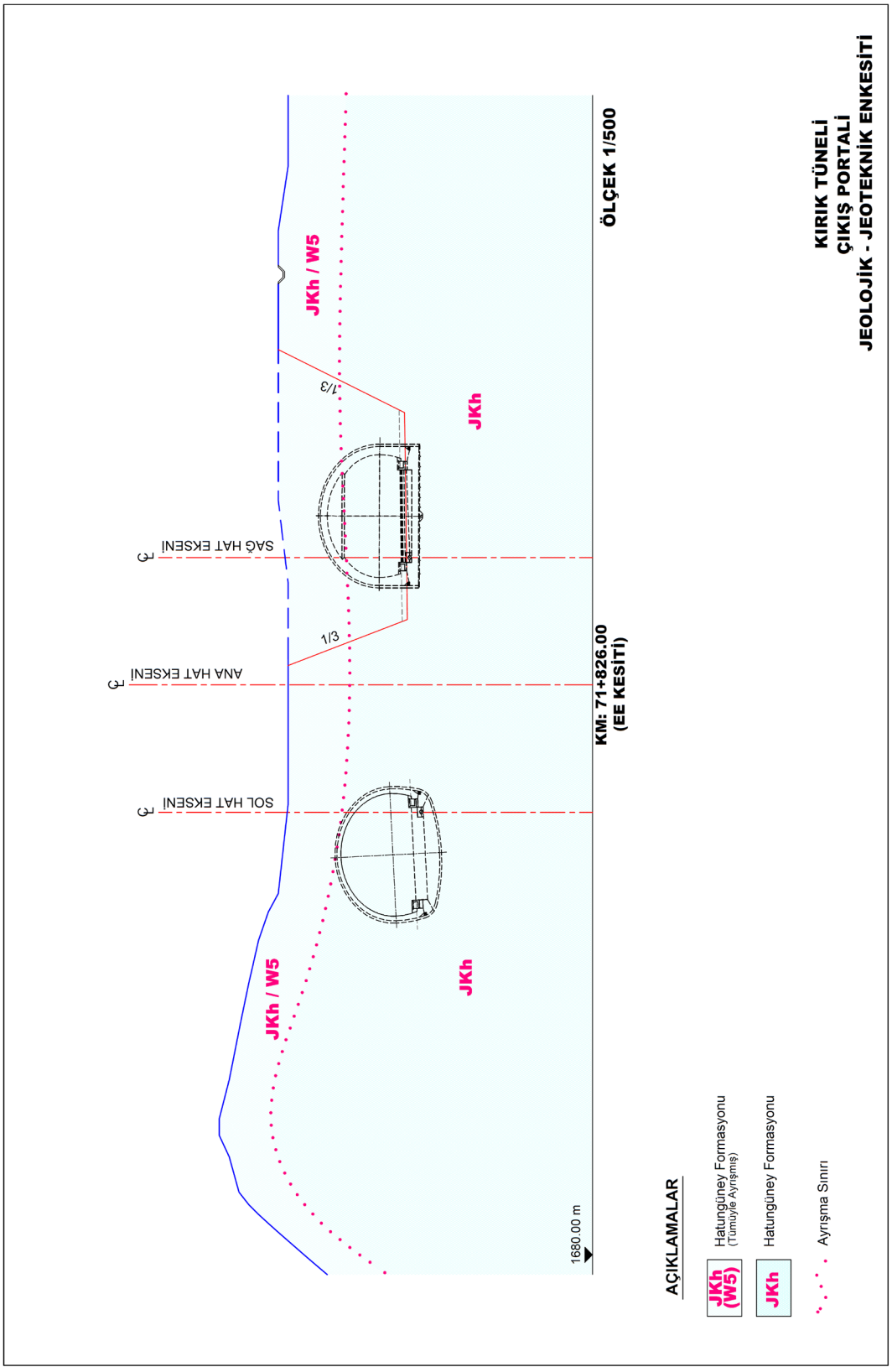
Şekil G.6. Tünel çıkış portalı jeolojik planı



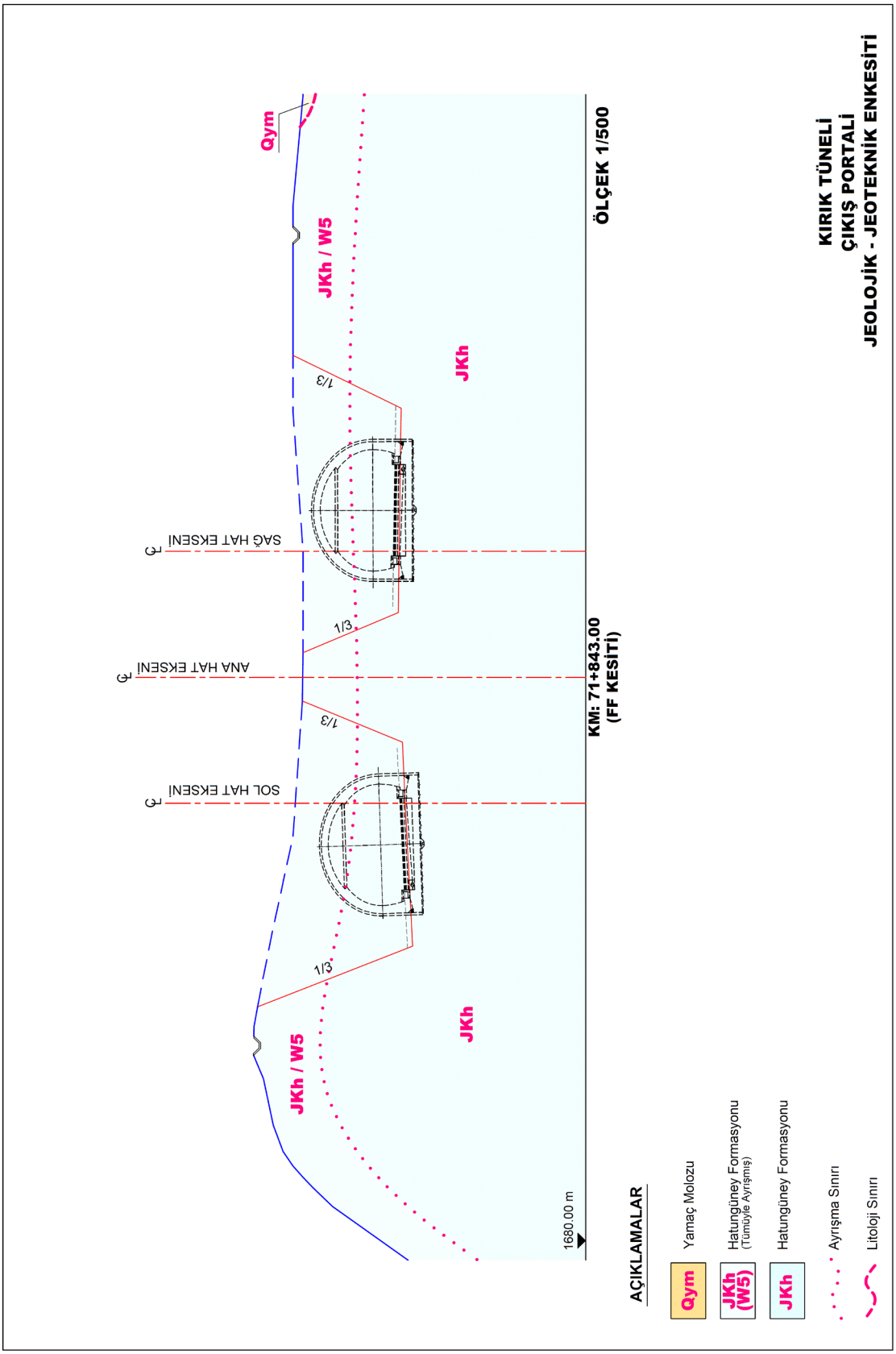
Şekil G.7. Tünel çıkış portalı (Sol-Sağ hat) jeolojik-jeoteknik profilleri



Şekil G.8. Tünel çıkış portalı jeolojik-jeoteknik enkesitleri

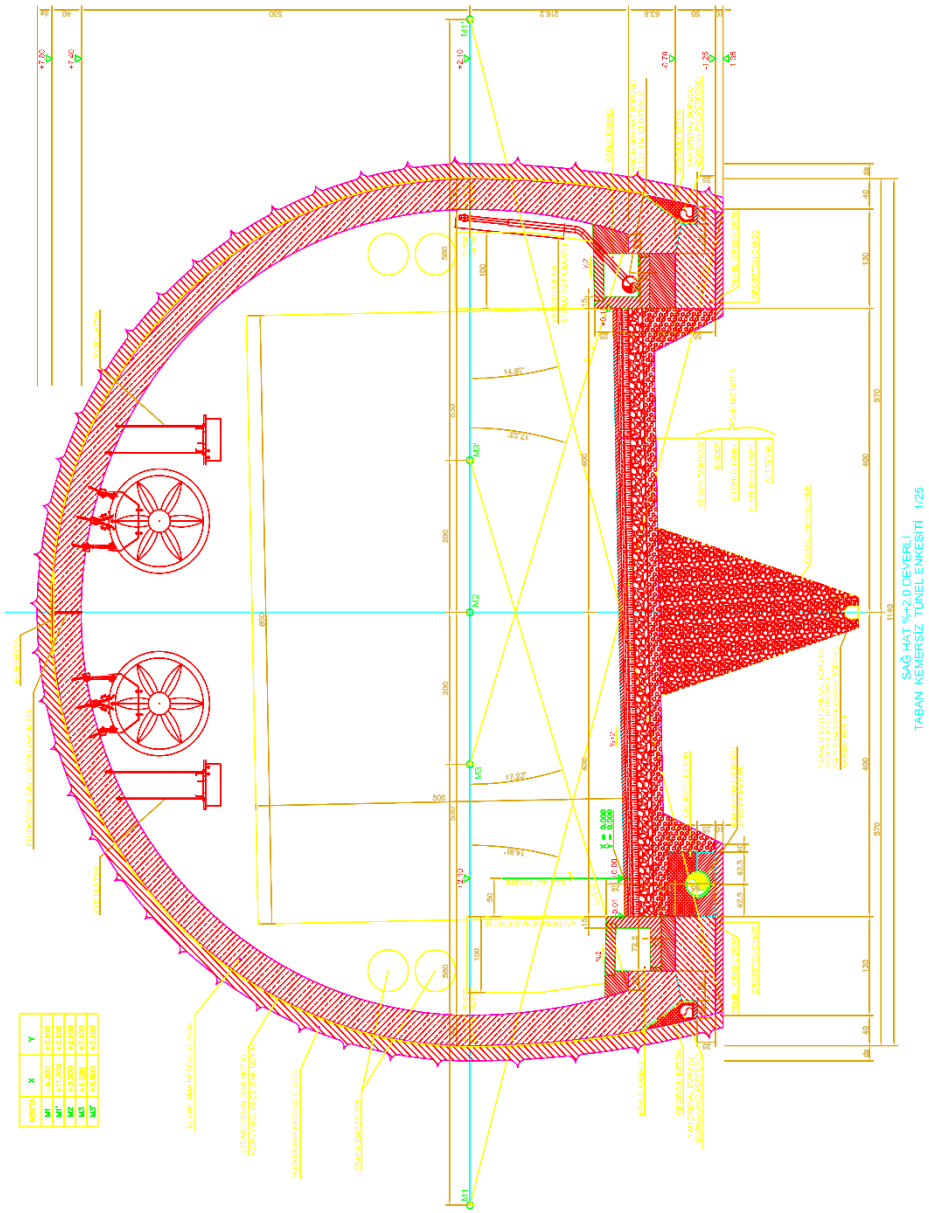


Şekil G.9. Tünel çıkış portalı jeolojik-jeoteknik enkesitleri

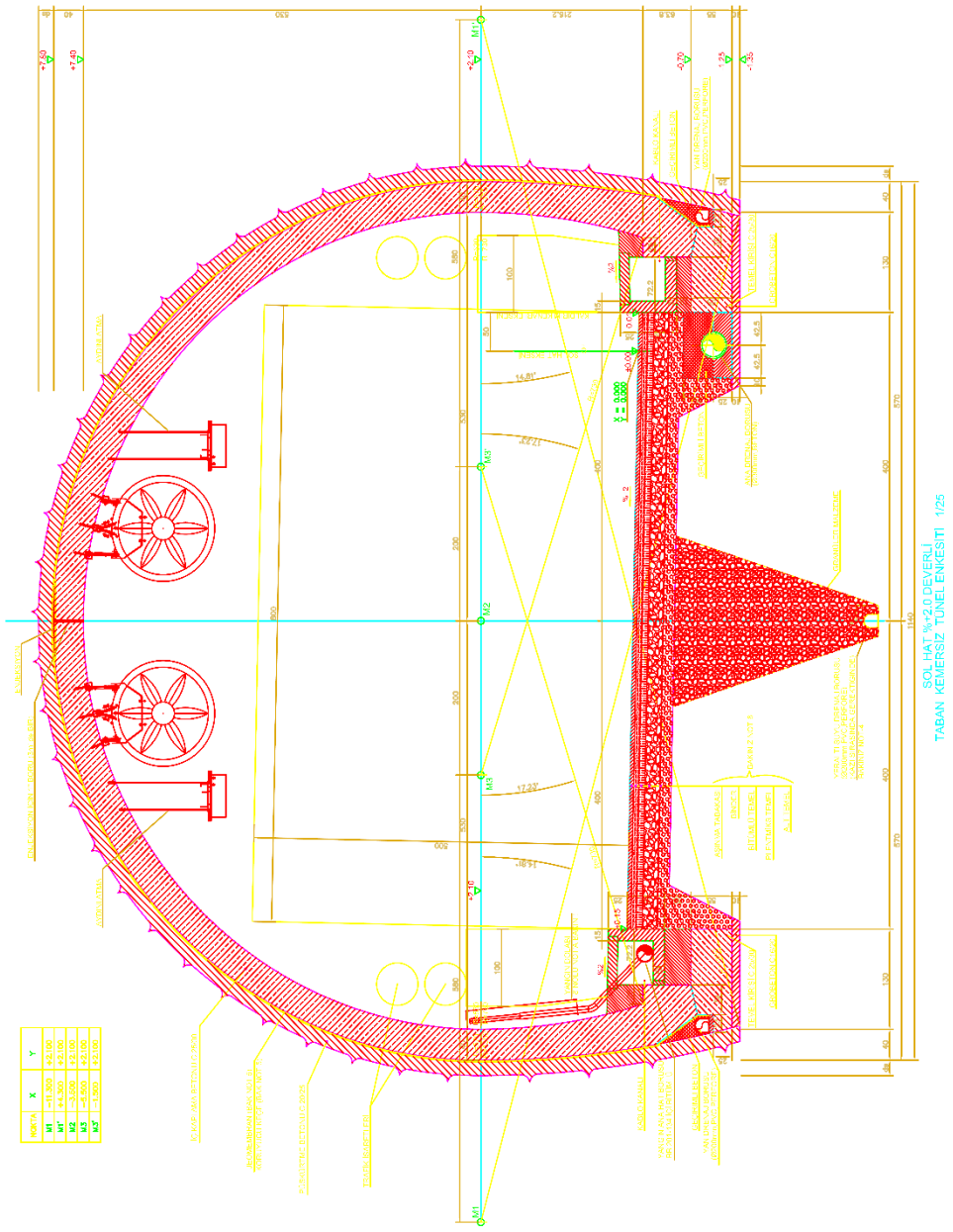


Şekil G.10. Tünel çıkış portalı jeolojik-jeoteknik enkesitleri

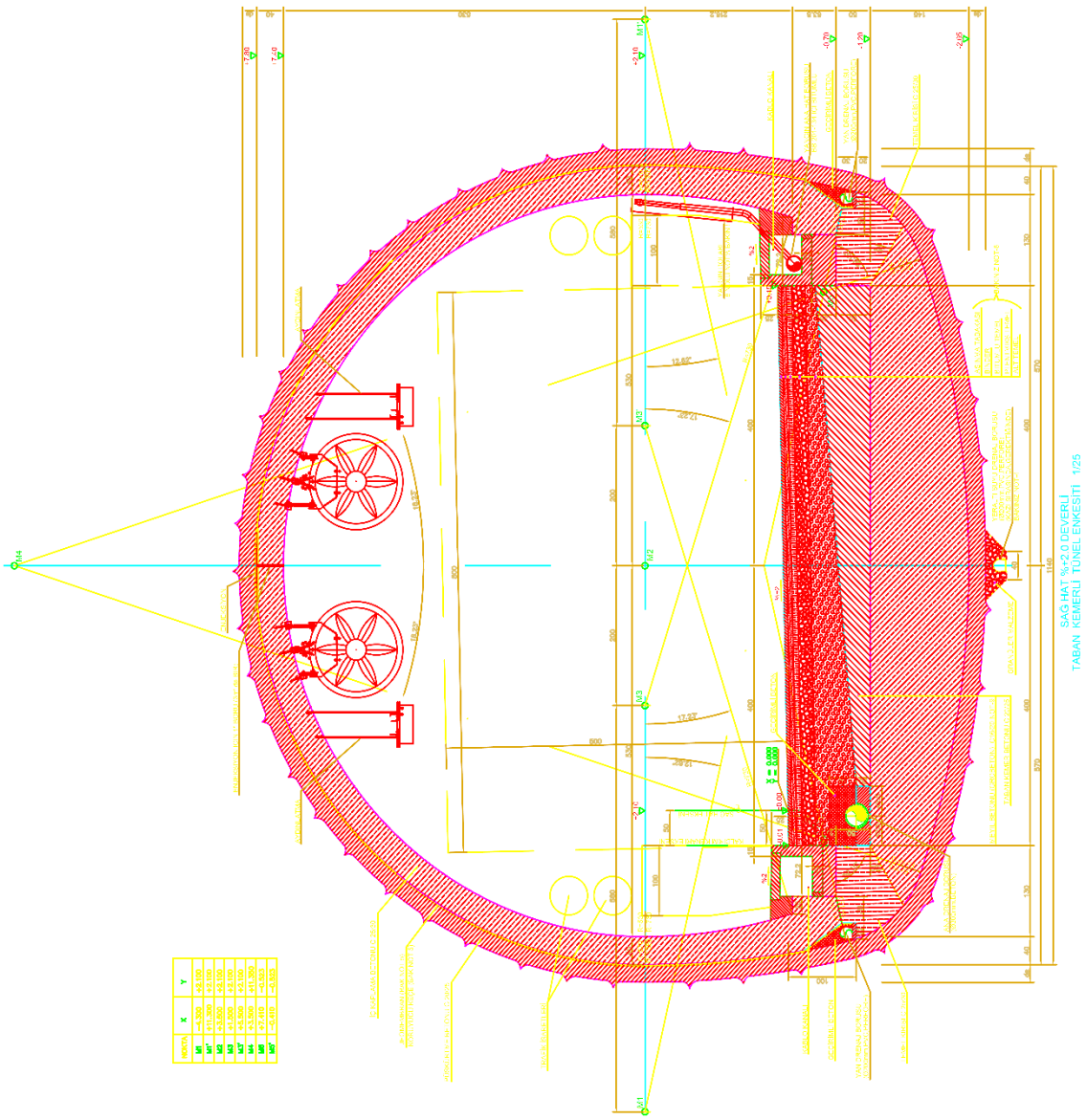
Ek- H: TÜNEL TİP KESİTLERİ



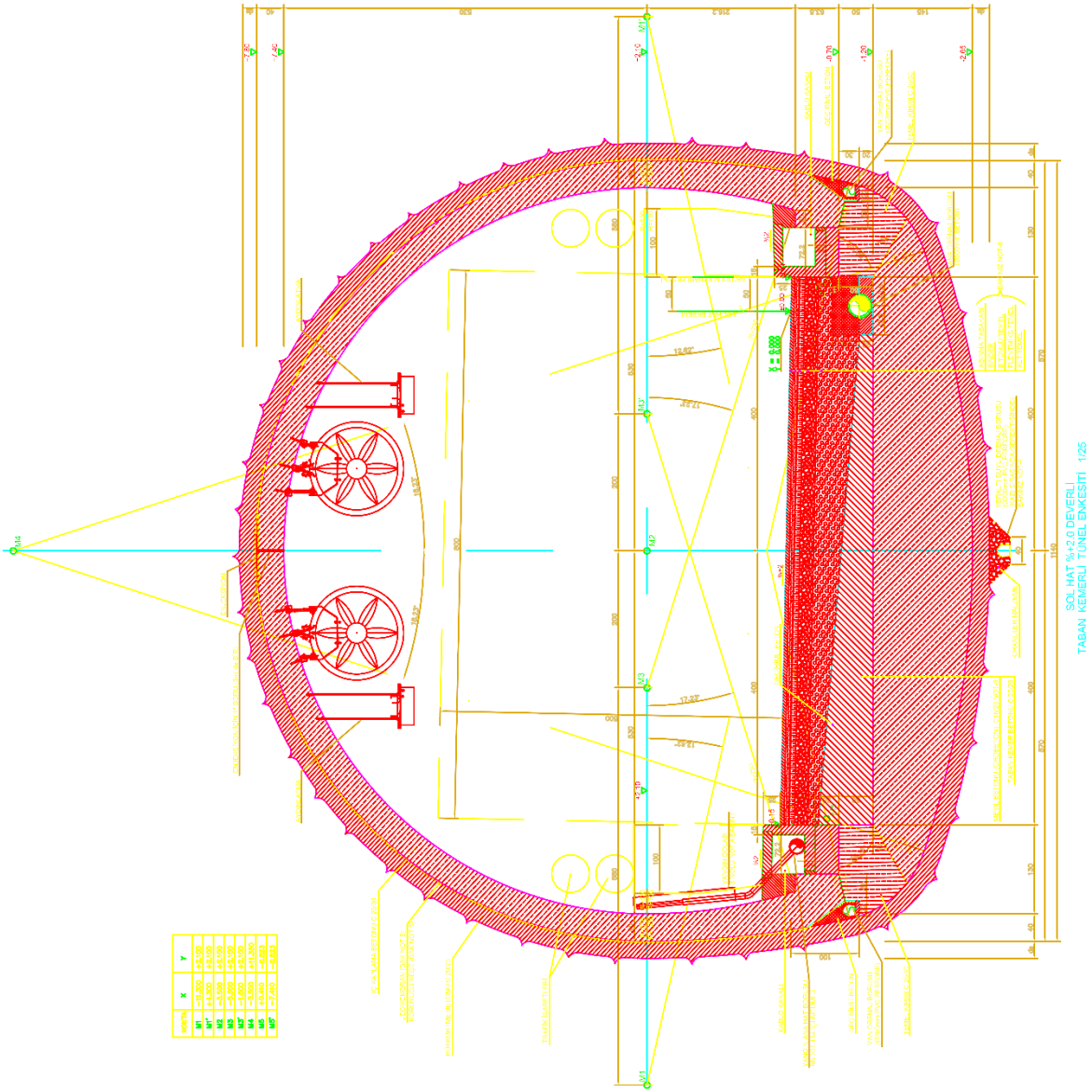
Şekil H.1. Kırık tüneli taban kemersiz tünel kesiti



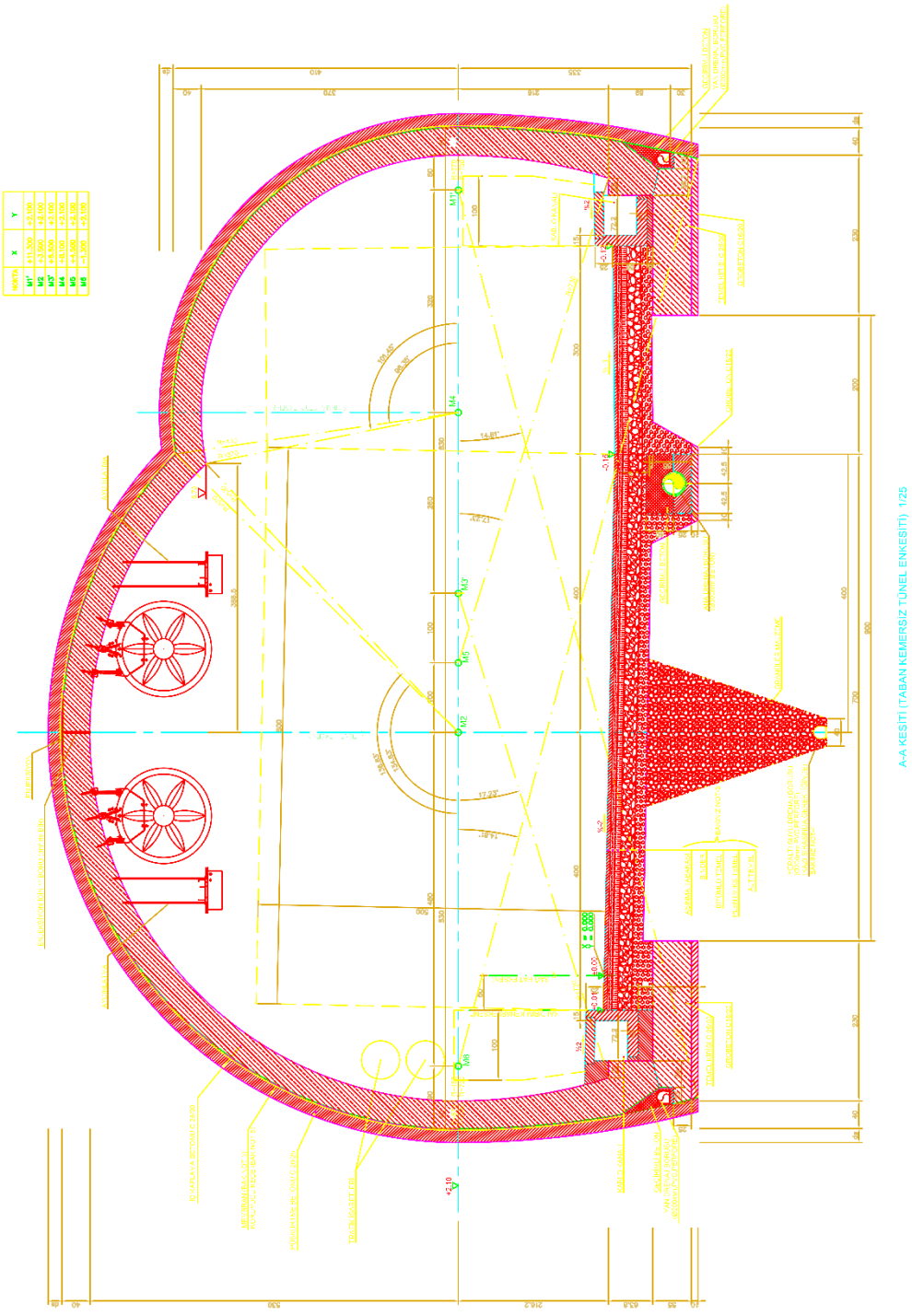
Şekil H.2. Kırık tüneli taban kemersiz tünel kesiti



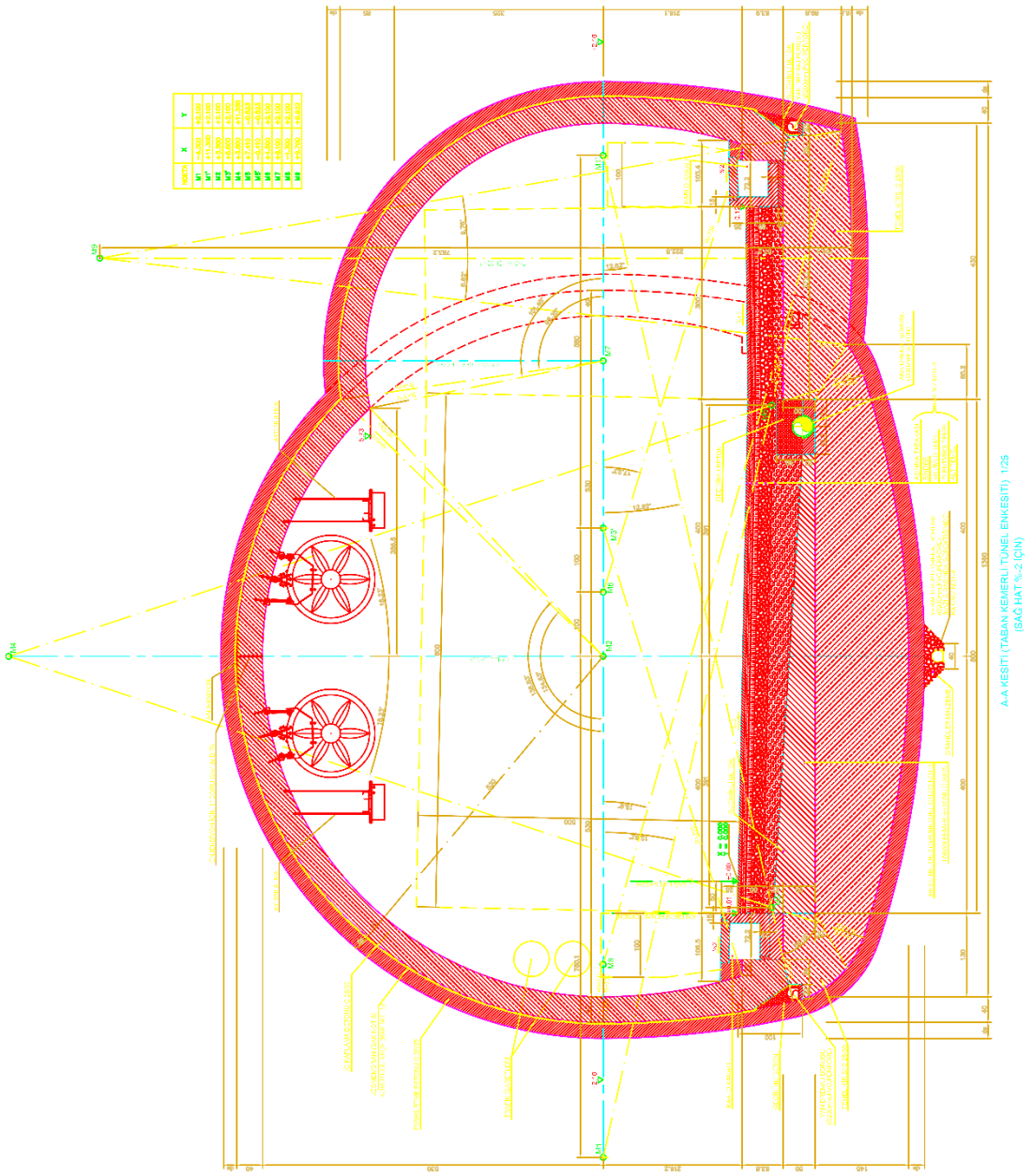
Şekil H.3. Kırık tüneli taban kemerli tünel kesiti



Şekil H.4. Kırık tüneli taban kemerli tünel kesiti



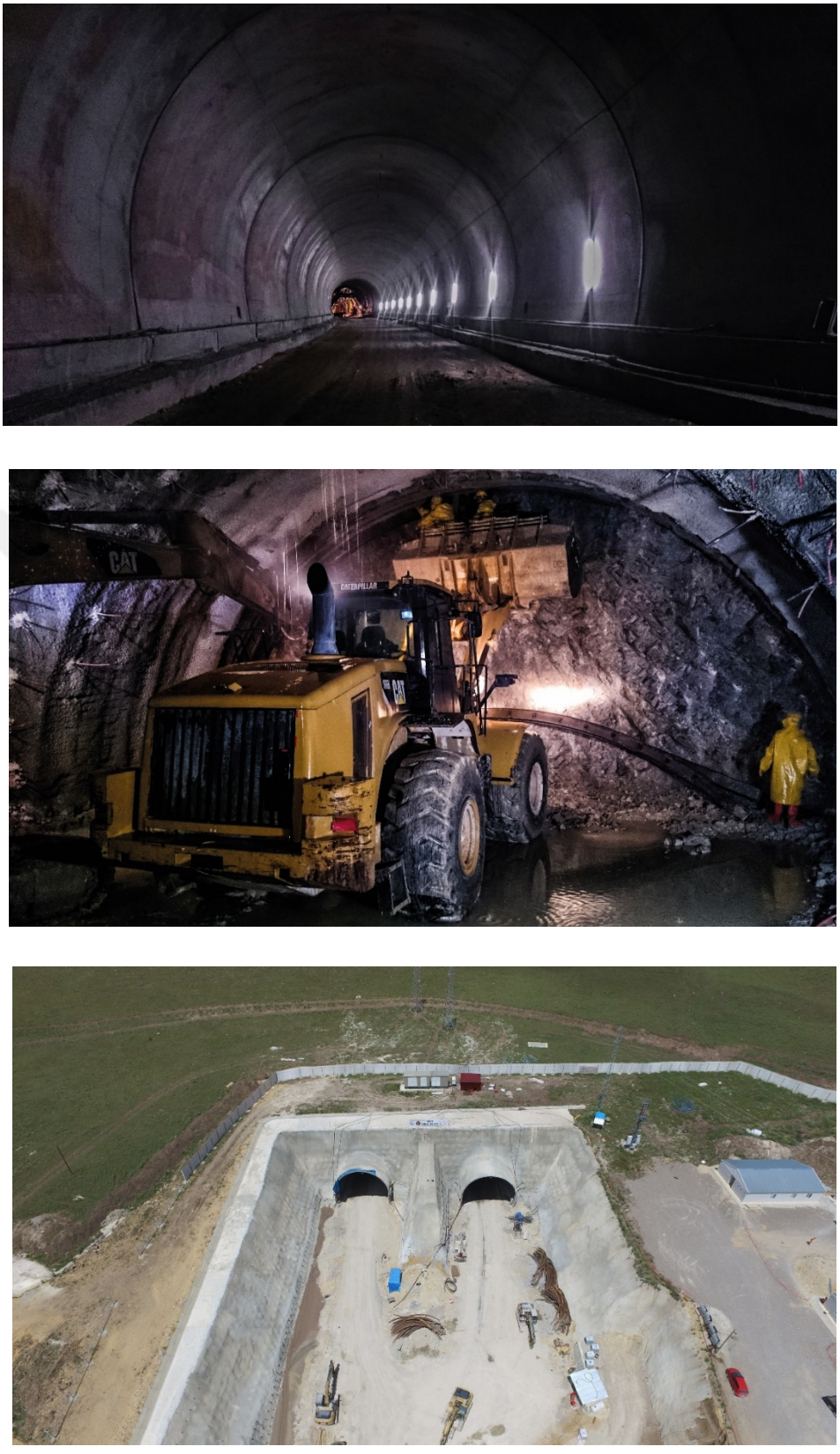
Şekil H.5. Kırık tüneli taban kemersiz sığınma cebli tünel kesiti



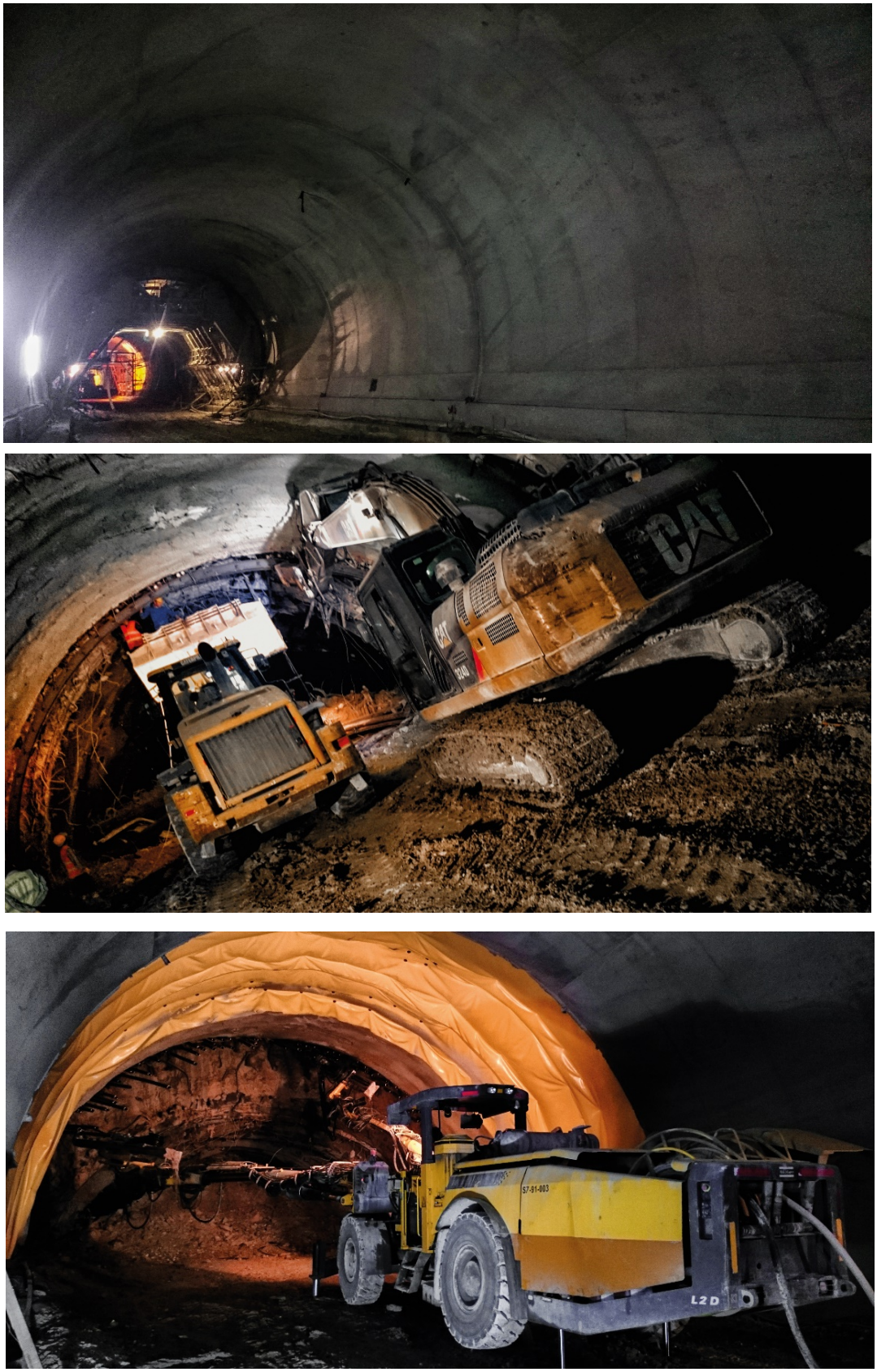
Şekil H.6. Kırık tüneli taban kemerli sığınma cebli tünel kesiti

Ek-I: TÜNEL FOTOĞRAFLARI

Şekil I.1. Kırık tüneli çıkış ve giriş portallarından görüntü

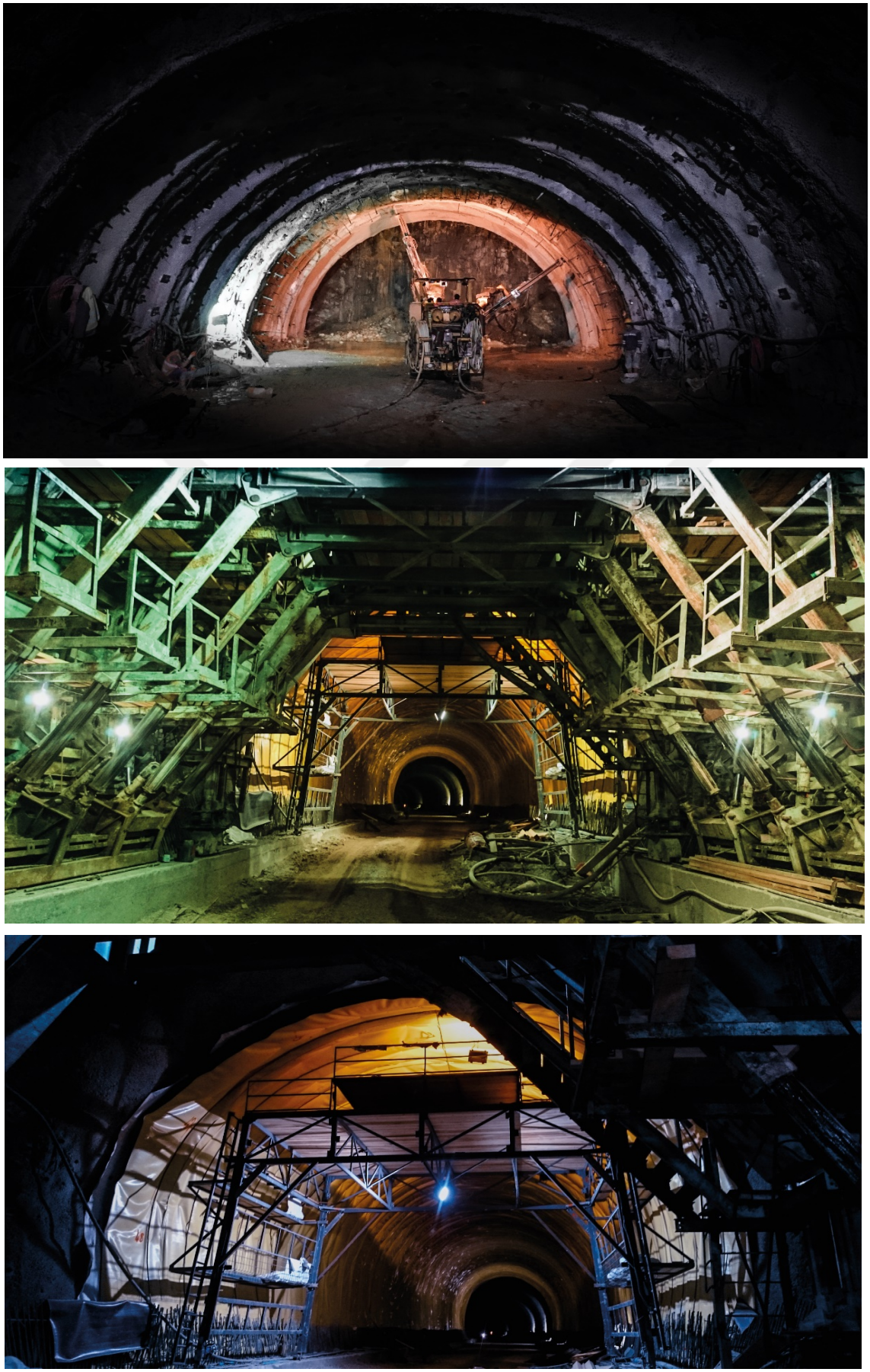


Şekil I.2. Kırık tüneli giriş tünelinden görüntüler

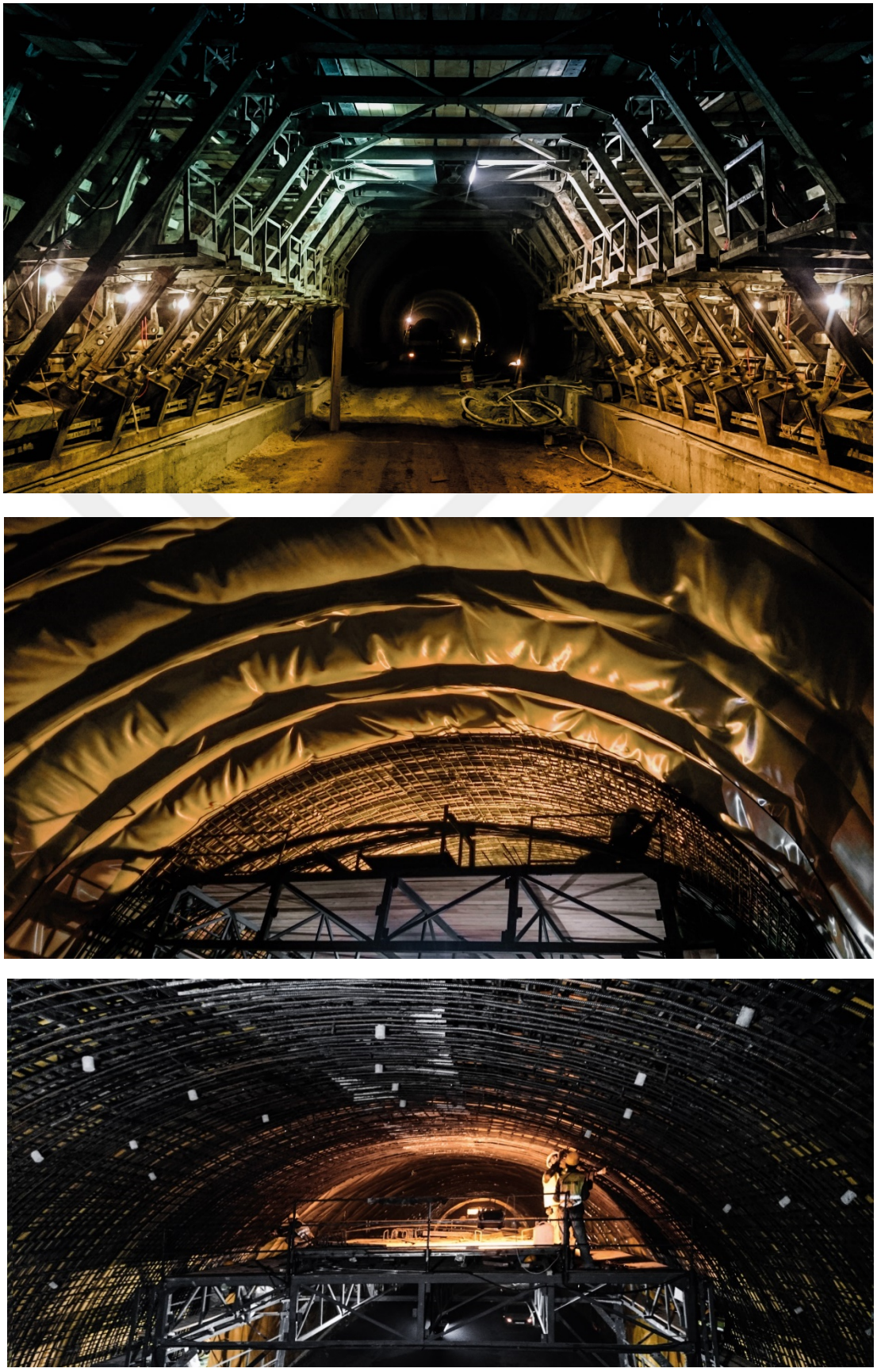


Şekil I.3. Kırık tüneli giriş tünelinden görüntüler

Şekil I.4. Kırık tüneli giriş ve çıkış tünelinden görüntüler



Şekil I.5. Kırık tüneli giriş tünelinden görüntüler



Şekil I.6. Kırık tüneli giriş ve çıkış tünelinden görüntüler

Şekil I.7. Kırık tüneli giriş ve çıkış tünelinden görüntüler

Şekil I.8. Kırık tüneli giriş ve çıkış tünelinden görüntüler

Şekil I.9. Kırık tüneli giriş ve çıkış tünelinden görüntüler

Şekil I.9. Kırık tüneli giriş ve çıkış tünelinden görüntüler

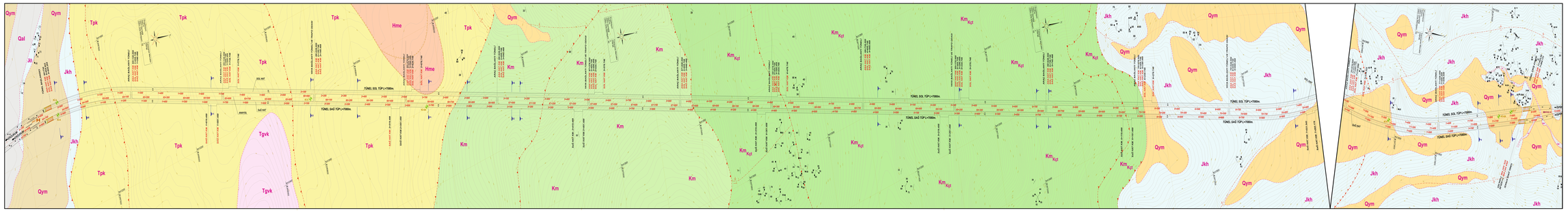
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

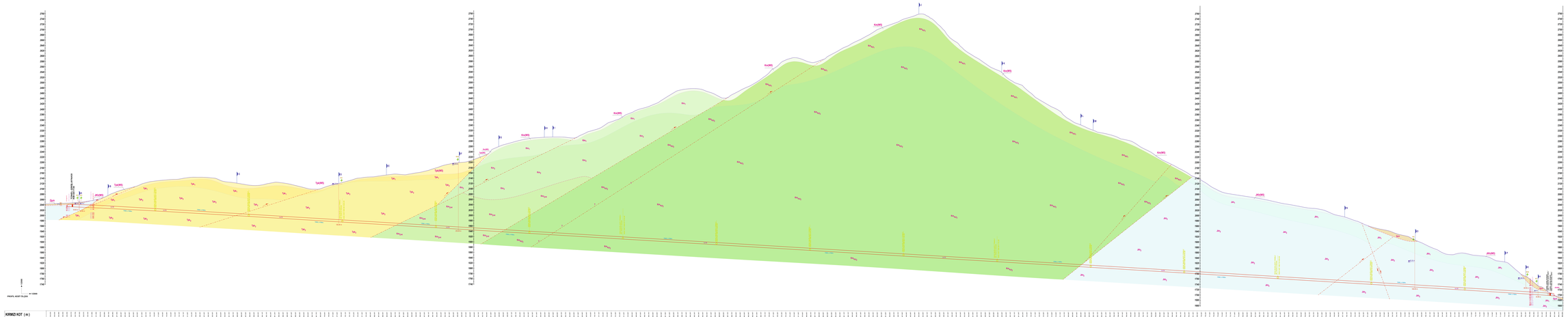
Çümen Ö.F., Karakaş A. (2021). Engineering Geological Investigation of the Kırık Tunnel Route. *Kocaeli Journal Of Science And Engineering*, *4*(2), 93-102.

ÖZGEÇMİŞ

Özgür Fatih ÇÜMEN, İlkokul, orta okul ve lise eğitimini 2007 yılında Erzincan'da tamamlamıştır. 2009 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde lisans öğrenimine başladı. 2014 yılında lisans bitirme ödevini Erzurum-Rize karayolunda yapımı devam eden Dallıkavak tünel projesi üzerine yaparak lisans eğitimini tamamlamıştır. 2015 yılında Erzincan'da özel bi sektörde muhasebe hizmetleri işi ile çalışma hayatına başladı. Aynı yılın sonunda Erzurum-Rize karayolunda yapımına başlanılan Kırık tüneli projesinde Seza İnşaat'ta Tünel Mühendisi olarak mesleki hayatına başlayan Özgür Fatih ÇÜMEN, 2017 yılında Eskişehir Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Coğrafi Bilgi Sistemleri bölümüne kayıt yaptırdı ve 2020 yılında bu bölümden mezun oldu. Askerlik sebebiyle 2015 yılında başladığı kırık tüneli projesinden zorunlu olarak 2018 yılında ayrılıp Hakkari'de askerlik görevini yerine getirdi. Askerlik görevi sonrasında 2018 yılında tekrardan mesleki çalışma hayatına başladı Konya-Antalya karayolu güzergahında bulunan Alacabel tünel projesinde Tünel Mühendisi olarak görevine tekrar başladı ve 2019 yıl sonunda proje çalışmasının durdurulmasından dolayı çalışmaya devam edemedi. 2019 yılı içerisinde Sakarya Üniversitesi İş Sağlığı Ve Güvenliği Tezsiz Yüksek Lisans ve Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünlerinde Yüksek Lisans Eğitiminlerine başladı. 2020 yılında Sakarya Üniversitesi İş Sağlığı Ve Güvenliği Tezsiz Yüksek Lisans bölümünden mezun olup bu yıl içerisinde İstanbul ve Sakaryada çeşitli tünel projelerinde çalışarak mesleki hayatına devam etti. 2020 yılı sonlarına doğru Sakaryada Kuzey marmara otoyolu 6. kesim projesinde taş kolon zemin işlerinde çalışarak buradaki projeyi bitirmiştir. 2021 yılı başlarından itibaren tekrardan tünel işleri ile mesleki hayatına devam edip Ankara - Sivas YHT projesi kapsamında Kırıkkale hattı tünel işleri ile Gebze-Darıca metro projelerinde kısa sürelerde çalışıp 2021 yılı ortalarına doğru Konya-Antalya karayolu Alacabel tünelindeki mesleki çalışmalarına halen devam etmektedir. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir. Evli ve 2 çocuk babasıdır.

KIRIK TÜNELİ JEOLOJİK-JEOTEKNİK HARİTA,PLAN VE PROFİL KESİTİ





| | | |