151870

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Ahmet ÖZBEK

151870

TÜNEL KAZI DEFORMASYONLARININ MODELLENMESİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2004

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜNEL KAZI DEFORMASYONLARININ MODELLENMESİ

Ahmet ÖZBEK

DOKTORA TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 05/03/2004 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle Kabul Edilmiştir.

İmza.....	İmza.....	İmza.....
Yrd.Doç.Dr. Altay AÇAR	Doç.Dr. Hasan ÇETİN	Yrd.Doç.Dr. Sedat TÜRKMEN
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE
İmza.....	İmza.....	
Prof.Dr. İlyas YILMAZER	Prof.Dr. Aziz ERTUNÇ	
ÜYE	ÜYE	

Bu tez Enstitümüzün Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No: 803

Prof.Dr. Fikri AKDENİZ
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: FBE2002D182

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

ÖZ

DOKTORA TEZİ

TÜNEL KAZI DEFORMASYONLARININ MODELLENMESİ

Ahmet ÖZBEK

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Danışman: Yrd.Doç.Dr. Altay ACAR
Yıl: 2004, Sayfa: 206
Jüri :Yrd.Doç.Dr. Altay ACAR
Jüri :Doç.Dr. Hasan ÇETİN
Jüri :Yrd.Doç.Dr. Sedat TÜRKMEN
Jüri :Prof.Dr. İlyas YILMAZER
Jüri :Prof.Dr. Aziz ERTUNÇ

Mühendislik jeolojisinin önemli uygulama alanlarından birisi de yer altında tünel ve benzeri boşlukların açılmasıdır. Zayıf kayaçlar içerisinde açılan tünellerde, kaya kütlesinin heterojenliği, yüksek deformasyon ve düşük dayanım özelliği tünel duraylılığı ve tünel performansını etkileyen en önemli parametrelerdir. Başarılı bir tünelcilik için kaya kütle yapısı ve kaya kalitesinin iyi-kısa süreli tahminleri gerekmektedir. Tünel ve benzeri mühendislik uygulamalarında, güvenlik, ekonomiklik ve uygulanabilirliğin sağlanabilmesi için ampirik (RMR ve Q), analitik (Phases^2 2D) ve ölçüm-gözleme dayalı (Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi (NATM)) sistemler geliştirilmiştir.

Diyojen (Sinop) tüneli yaklaşık 2 km uzunluğunda olup, fliş fasiyesi (kumtaşı-kiltaşı ardalanmalı), konglomera ve kireçtaşı olistolitlerinden oluşan sedimanter birimler içinde açılmıştır. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli 503 m uzunluğunda olup, mikrogabro, bazalt, tüf, aglomera ve biyomikritik kireçtaşı içinde açılmıştır. Her iki tünel açımında NATM sistemi uygulanmış. Diyojen tünelinde konverjanmetreler (sadece deformasyon büyüklüğü belirlenir) kullanılarak yapılan konverjan ölçümlerinde en yüksek konverjan değeri KM.36+651'de 95 mm olarak ölçülmüştür. Kırkgeçit-1 tünelinde 3D optik ölçüm sistemi kullanılarak (deformasyonların hem büyüklüğü hemde yönü belirlenebilir) yapılan yerdeğiştirme ölçümlerinde en yüksek yerdeğiştirme vektörü değeri sol tüp'te 150. m'de 6 mm olarak ölçülmüştür. Her iki tünel RMR-Q sistemine göre genelde zayıf, orta ve yer yer de iyi dayanımlı kaya grubunu temsil etmektedir. Phases^2 2D programı kullanılarak yapılan analitik çözümlemelerde tünel desteklemesi yapılmadan önce Diyojen tünelinde en yüksek yerdeğiştirme değeri KM.35+400 – 36+040'ta tavan için 7 mm, taban köşe noktalarında 9 mm, KM.36+040 – KM.36+480'de tünel yan duvarlarında 13.2 mm olarak belirlenmiştir. Kırkgeçit-1 tünelinde en yüksek yerdeğiştirme değeri KM.20+100 – 20+225'de tavan için 1 mm, taban köşe noktalarında 3.5 mm, KM.20+225 – KM.20+530'da tünel yan duvarlarında 6.9 mm olarak belirlenmiştir. NATM tünelcilik yöntemi kaya kütle kalitesi hakkında iyi-kısa süreli tahminler yapılmasına olanak sağlar. Bundan dolayı, her iki tünel için en uygun sınıflama sistemi olarak değerlendirilmiştir. Ancak bu sistemin uygulanmasında hızlı ve doğru değerlendirme yapabilecek yetişmiş elemanlara gereksinim duyulacağı unutulmamalıdır.

Anahtar Kelimeler: Tünel, Konverjan, Yerdeğiştirme, Kaya Kütle Sınıflama Sistemi

ABSTRACT
PhD THESIS

MODELLING OF TUNNEL EXCAVATION DEFORMATION

Ahmet ÖZBEK

DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA
Supervisor: Assoc.Prof.Dr. Altay ACAR
Year:2004, Page:206
Jury :Assist.Prof.Dr. Altay ACAR
Jury :Assoc.Prof.Dr. Hasan ÇETİN
Jury :Assist.Prof.Dr. Sedat TÜRKMEN
Jury :Prof.Dr. Aziz ERTUNÇ
Jury :Prof.Dr. İlyas YILMAZER

One of the most important application areas of engineering geology is excavating a cavity like a tunnel in underground. Heterogeneity, high deformability and low strength of mass are the most important parameters that affect stability and performance of tunnel excavation in weak rocks. Rock mass structure and good- short term prediction of rock mass quality are necessary for successful tunnelling. Empirical (RMR and Q), analytical (Phases^2 2D) and method based on monitoring and observation (NATM) systems were developed for supplying the safety, economical and applicability of tunnel and similar engineering applications.

The Diyojen tunnel (Sinop), that approximately 2 km long, has been excavated in sedimentary rocks made up flysch (sandstone-shale alternation), conglomerate and limestone olistoliths. The Kırkgeçit-1 (Pozantı) tunnel (Pozantı) is 503 m long and it has been excavated in microgabro, basalt, tuffs, aglomerate and biomicritic limestone. The NATM system has been applied for both tunnel excavations. The biggest convergent value was measured as 95 mm at KM.36+651 by using a convergenmeters (only greatness of deformation can be determined) in the Diyojen (Sinop) tunnel. The biggest displacement vector value was measured as 6 mm at 150 m in left tube in the Kırkgeçit-1 (Pozantı) tunnel, during the displacement that measured by using 3D optical measurement device (both greatness and direction of deformation can be determined). Both tunnels were excavated in generally weak, moderate and locally hard strength rock groups according to the RMR-Q systems. As a result of the analytical solution by means of using the Phases^2 2D software programme, prior tunnel supporting maximum displacements in Diyojen tunnel were predicted as 7 mm at the crown and 9 mm at the base corner in between KM.35+400 – KM. 36+040 whereas 13.2 mm for side walls in between Km.36+040 – 36+480. Maximum displacements in Kırkgeçit-1 tunnel were determined as 1 mm at the crown and 3.5 mm at the base corners in between KM.20+100 – 20+225 whereas 6.9 mm for sidewalls in between KM.20+225 – 20+530. As a result of evaluations for both tunnels, NATM tunnelling system provides good-short term prediction for rock mass quality. Therefore, this system has been utilized as the most applicable system for both tunnels. However, it should be taken into account that application of this system requires experienced technical persons who are eligible for rapid and accurate evaluation.

Key words: Tunnel, Convergen Displacement, Rock Mass Classification System

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yapmış olduğum "Tünel Kazı Deformasyonlarının Modellenmesi" isimli doktora tez çalışması sırasında FBE2002D182 nolu proje çerçevesinde maddi destek sağlayan Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonuna teşekkür ederim.

Doktora tez çalışmasını yöneten ve çalışmalarım sırasında beni yönlendiren danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Altay ACAR'a çok teşekkür ederim. Tez çalışması esnasında verdikleri katkıdan dolayı tez izleme komitesindeki hocalarımdan Doç. Dr. Hasan ÇETİN ve Yrd.Doç.Dr. Sedat TÜRKMEN'e teşekkürlerimi sunarım. Tez alanının belirlenmesinde, arazi çalışmalarında ve tez yazımı sırasında değerli katkılar sağlayan Prof.Dr. İlyas YILMAZER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez çalışması süresince bölüm imkanlarının kullanımını sağlayan jeoloji Müh. Böl. Başkanı Prof. Dr. Fikret İŞLER'e teşekkür ederim

Tez süresince gerekli verilerin alınmasında ve diğer tüm konularda desteklerini esirgemeyen Sinop-Boyabat'daki Doğuş A.Ş. Proje Müdürlügü'ne, PUSTİLER Ltd. Şit. ve Adana-Pozantı'da Tekfen A.S. Proje Müdürlüğüne çok teşekkür ederim. Çalışmalar sırasında desteklerini esirgemeyen tüneller şefi Haldun KAHYAOĞLU'na, Arş. Gör. Murat GÜL'e, ve Levent AKDUMAN'a teşekkür ederim.

Laboratuar çalışmaları esnasında laboratuar imkanlarını açan Hacettepe Üniversitesi Jeoloji mühendisliği ana bilim dalı başkanlığına, Prof.Dr. Erçin KASAPOĞLUNA'na ve Arş. Gör. Kıvanç ZORLU'ya teknisyen Ahmet BAY ve Özgür EROL'a teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresinde bana göstermiş olduğu sonsuz destek ve inançtan dolayı aileme ve eşim Diren ve oğlum Eren'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER DİZİNİ IV
ÇİZELGELER DİZİNİ X
ŞEKİLLER DİZİNİ XII
KISALTMALAR DİZİNİ XX
EKLER DİZİNİ XXI
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Jeolojik Çalışmalar 5
2.1.1. Sinop-Boyabat 5
2.1.2. Pozantı-Çiftehan 6
2.2. Jeoteknik Çalışmalar 8
2.2.1. Sinop-Boyabat 8
2.2.2. Pozantı-Çiftehan 8
2.3. Kuramsal Çalışmalar 9
3. MATERYAL VE METOD 13
3.1. Materyal 13
3.2. Metod 13
3.2.1. Büro Çalışması 13
3.2.2. Arazi Çalışmaları 14
3.2.3. Laboratuar Çalışmaları 14
3.2.4. Tez Yazımı ve Değerlendirme 14
3.2.5. Kaya Kütlesi Özelliklerinin Belirlenmesinde Hoek-Brown Görgül Yenilme Ölçütü 15
3.2.5.1.Jeolojik Dayanım İndeksinin (GSI) Belirlenmesi 16
3.2.6. Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemleri 17

3.2.6.1. Analitik Yöntemler 19
3.2.6.2. Ampirik (görgül) Yöntemler 21
3.2.6.2.(1). RMR Sınıflama Sistemi 21
3.2.6.2.(2). Q Sınıflama Sistemi 23
3.2.6.3. Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi 25
3.2.7. Yeraltı Kazılarında Oluşan Deformasyonlar 27
3.2.7.1. Yeraltı Kazılarında Yerdeğişim Vektör Yönlenmeleri ve Değerlendirilmesi (NATM'a göre) 28
3.2.7.2. Sayısal Yaklaşımlar 29
3.2.7.3. Yerdeğişim Vektör Yönlenmeleri 30
3.2.7.4. Tünel Ekseni Boyunca Yatay ve Düşey Düzlemde Vektör Yönlenmelerinin Tasarımı 31
3.2.7.5. Duraylılık Sürelerinin Gözlenmesi ve Nihai Yerdeğiştirmelerin Tahmini 33
3.2.8. Tünel İçerisinde Jeodetik Ölçümler 34
3.2.8.1. Hidrolik Basınç Hücresi 35
3.2.8.2. Yük Hücresi 36
3.2.8.3. Kuyu Ekstensiyometresi 36
3.2.8.4. Konverjanmetre (Yakınlaşma) 36
3.2.8.5. Üç Boyutlu Optik Deformasyon İzlemesi (Mutlak ve Nisbi) 37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI 39
4.1. Diyojen Tüneli (Sinop-Boyabat) 39
4.1.1. Genel Jeoloji 42
4.1.1.1. Akgöl Formasyonu (Ja) 42
4.1.1.2. Bürnük Formasyonu (Jb) 43
4.1.1.3. Akkaya Kireçtaşı (Jak) 43
4.1.1.4. Çağlayan Formasyonu (Kç) 44
4.1.1.5. Çataltaş Üyesi (Kcç) 45
4.1.1.6. Kapanboğazı Formasyonu (Kk) 45
4.1.1.7. Cankurtaran Formasyonu (Kck) 47

4.1.2. Depremsellik 47
4.1.3. Mühendislik Jeolojisi 48
4.1.3.1. Çakılkaya (Jç) 49
4.1.3.2. Kireçtaşı (Jk) 50
4.1.3.3. Fliş Fasiyesi (Kf) 50
4.1.3.4. Yamaç Molozu (Qy) 51
4.1.3.5. Laboratuar Deneyleri 52
4.1.3.5. (1). Kuru Birim Hacim Ağırlık Deneyi 52
4.1.3.5.(2). Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi 52
4.1.3.5.(3). Çekme Dayanımı (Dolaylı Yöntem) Deneyi 53
4.1.3.5.(4). Schmidt Sertlik Çekici Deneyi 54
4.1.3.5.(5). Poison Oranı ve Elastisite Modülü Deneyi 55
4.1.3.5.(6). Üç Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi 56
4.1.4. Hidrojeoloji 56
4.1.5. Süreksizlik Çalışmaları 57
4.1.6. Kaya Kütlesi Özellikleri 61
4.1.7. Tünel Destek Tasarımı İçin Genelleştirilmiş Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemleri 64
4.1.7.1. Diyojen Tünelindeki Analitik Yaklaşımlar 64
4.1.7.1.(1). Diyojen Tüneli KM. 35+100 – KM.35+400 Arası Analitik Yaklaşımlar 65
4.1.7.1.(2). Diyojen Tüneli KM.35+400 – KM.36+040 Arası Analitik Yaklaşımlar 69
4.1.7.1.(3). Diyojen Tüneli KM.36+040 – KM.36+480 Arası Analitik Yaklaşımlar 72
4.1.7.1.(4). Diyojen Tüneli KM.36+480 – KM.37+100 Arası Analitik Yaklaşımlar 75
4.1.7.2. Diyojen (Sinop) Tüneli RMR Sınıflaması 78
4.1.7.3. Diyojen Tüneli Q Sınıflaması 86
4.1.7.4. Diyojen Tünelinde NATM sınıflaması 93
4.1.7.4.(1). B2 Kaya Sınıfı 95

4.1.7.4.(2). B3 Kaya Sınıfı 95
4.1.7.4.(3). C2 Kaya Sınıfı 96
4.1.8. Diyojen Tünelinde Konverjan Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi 97
4.1.8.1. KM.35+100 – KM.35+260 99
4.1.8.2. KM.35+260 – KM.35+480 102
4.1.8.3. KM.35+480 – KM.35+700 104
4.1.8.4. KM.35+700 – KM.35+960 106
4.1.8.5. KM.36+020 – KM.36+520 108
4.1.8.6. KM.36+520 – KM.36+620 110
4.1.8.7. KM.36+620 – KM.36+740 112
4.1.8.8. KM.36+740 – KM.36+920 114
4.1.8.9. KM.36+920 - KM.37+100 116
4.2. Kırkgeçit-1 Tüneli (Pozantı-Ankara) 118
4.2.1. Genel Jeoloji 118
4.2.1.1. Bolkar Mermeri ve Şisti (Pbm-ş) 121
4.2.1.2. Alihoca Ofiyolit Kompleksi (Kao) 122
4.2.1.3. Madenköy Ofiyolitik Melanjı (Kam) 123
4.2.1.4. Ömerli Formasyonu (Kö) 124
4.2.1.5. Kalkankaya Formasyonu (Kk) 125
4.2.1.6. Yağbağ Formasyonu (Ty) 126
4.2.1.7. Tabaklı Formasyonu (Tt) 128
4.2.1.8. Ardıçlı Formasyonu (Ta) 129
4.2.1.9. Taraca (Qtr) 130
4.2.2. Depremsellik 130
4.2.3. Mühendislik Jeolojisi 131
4.2.3.1. Ofiyolitik Melanj Ko) 131
4.2.3.2. Mikrogabro ve Bazaltik Aglomeralar (Km) 131
4.2.3.3. Biyomikritik Kireçtaşı (Kk) 133
4.2.3.4. Fliş Fasiyesi (Kf) 133
4.2.3.5. Yamaç Molozu (Qy) 134

4.2.3.6. Alüvyon (Qa) 135
4.2.3.7. Laboratuar Deneyleri 135
4.2.3.7.(1). Kuru Birim Haçim Ağırlık Deneyi 135
4.2.3.7.(2). Tek eksenli Sıkışma dayanımı Deneyi 136
4.2.3.7.(3). Çekme Dayanımı (Dolaylı Yöntem) 137
4.2.3.7.(4). Schmidt Sertlik Çekici Deneyi 138
4.2.3.7.(5). Poison Oranı ve Elastisite Modülü Deneyi 138
4.2.3.7.(6). Üç Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi 139
4.2.4. Hidrojeoloji 140
4.2.5. Süreksizlik Çalışmaları 141
4.2.6. Kaya Kütlesi Özellikleri 145
4.2.7.Tünel Destek Tasarımı İçin Genelleştirilmiş Kaya Kütle Sınıflama Sistemleri 148
4.2.7.1. Kırkgeçit-1 Tünelindeki Analitik yaklaşımlar 148
4.2.7.1.(1). Kırkgeçit Tüneli KM.20+100 – KM.20+225 Arası Analitik Yaklaşımlar 149
4.2.7.1.(2). Kırkgeçit Tüneli KM.20+225 – KM.20+530 Arası Analitik Yaklaşımlar 153
4.2.7.1.(3). Kırkgeçit Tüneli KM.20+530 – KM.20+650 Arası Analitik Yaklaşımlar 156
4.2.7.2. Kırkgeçit-1 Tüneli RMR Sınıflaması 159
4.2.7.3. Kırkgeçit Tüneli Q Sınıflaması 162
4.2.7.4. Kırkgeçit-1 Tünelinde NATM Sınıflaması 165
4.2.7.4.(1). B2 Kaya Sınıfı 166
4.2.7.4.(2). B3 Kaya Sınıfı 167
4.2.8. Kırkgeçit-1 Tünelinde Yerdeğiştirme Ölçüm verilerinin değerlendirilmesi 168
4.2.8.1. Sol Tüp 171
4.2.8.2. Sağ tüp 179

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR 187
5.1. Tartışma 187
5.1.1. Mühendislik Özellikleri 187
5.1.2. Analitik yaklaşımlar 188
5.1.3. Ampirik Yöntemler (RMR ve Q) ve NATM Değerlendirmesi 191
5.1.4. Diyojen ve Kırkgeçit-1 Tünellerinde Oluşan Deformasyon Modelleri 194
5.2. Sonuçlar 197
KAYNAKLAR 199
ÖZGEÇMİŞ 206
EKLER

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. ÖNORM B2203 (1994)'e göre kaya sınıflaması 27

Çizelge 4.1. Diyojen tünelindeki kumtaşı ve kireçtaşının bazı mühendislik parametrelerinin istatistiksel sonuçları 55

Çizelge 4.2. Diyojen tünelindeki kireçtaşı ve kumtaşının üç eksenli sıkışma dayanımı sonuçları 56

Çizelge 4.3. Diyojen (Sinop-Boyabat) tünelinde kaya kütlesi dayanım ile deformasyon özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan girdi ve çıktı paremetreleri 61

Çizelge 4.4. Diyojen (Sinop) tüneli RMR girdi parametreleri 79

Çizelge 4.5. Diyojen tüneli SK.1 için RMR değerlendirmesi 80

Çizelge 4.6. Diyojen tüneli SK.2 için RMR değerlendirmesi 81

Çizelge 4.7. Diyojen tüneli SK.3 için RMR değerlendirmesi 82

Çizelge 4.8. Diyojen tüneli SK.4 için RMR değerlendirmesi 83

Çizelge 4.9. Diyojen tüneli SK.5 için RMR değerlendirmesi 84

Çizelge 4.10. Diyojen tüneli SK.6 için RMR değerlendirmesi 85

Çizelge 4. 11. Diyojen tüneli SK.1 için Q sınıflaması 87

Çizelge 4. 12. Diyojen tüneli SK.2 için Q sınıflaması 88

Çizelge 4. 13. Diyojen tüneli SK.3 için Q sınıflaması 89

Çizelge 4. 14. Diyojen tüneli SK.4 için Q sınıflaması 90

Çizelge 4. 15. Diyojen tüneli SK.5 için Q sınıflaması 91

Çizelge 4. 16. Diyojen tüneli SK.6 için Q sınıflaması 92

Çizelge 4.17. Kırkgeçit-1 tüneli mikrogabro ve biyomikritik kireçtaşının bazı mühendislik paremetrelerinin istatistiksel sonuçları 139

Çizelge 4.18. Kırkgeçit-1 tüneli biyomikritik kireçtaşı ve mikrogabronun üç eksenli sıkışma dayanımı sonuçları 140

Çizelge 4.19. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tünelinde kaya kütlesi dayanım ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan girdi ve çıktı parametreleri 145

Çizelge 4.20. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli RMR girdi parametreleri..... 159
Çizelge 4.21. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli SK.1 için RMR değerlendirmesi..... 160
Çizelge 4.22. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli SK.2 için RMR değerlendirmesi..... 161
Çizelge 4.23. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli SK.1 için Q sınıflaması..... 163
Çizelge 4.24. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli SK.2 için Q sınıflaması..... 164
Çizelge 5.1. Diyojen ve Kırkgeçit-1 tünellerindeki kayaç gruplarının mühendislik özelliklerinin ortalama değerlerinin karşılaştırılması..... 188
Çizelge 5.2. Diyojen tünelinde, tünel desteklenmeden ve desteklendikten sonra gelişen σ_1 ve σ_3 asal gerilmeler ve toplam yerdeğiştirmeler..... 189
Çizelge 5.3. Kırkgeçit tünelinde, tünel desteklenmeden ve desteklendikten sonra gelişen σ_1 ve σ_3 asal gerilme ve toplam yerdeğiştirmeler..... 190
Çizelge 5.4. Diyojen ve Kırkgeçit-1 tüneli için önerilen RMR ve Q sistemi için belirlenen kaya sınıfları 192
Çizelge 5. 5. Diyojen ve Kırkgeçit-1 tünelinde uygulanan NATM ile önerilen RMR ve Q sınıflama sistemine göre tünel güzergahındaki karşılıkları ve destekleme sistemine göre karşılaştırması 193

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Diyojen (Sinop) tüneli yerbulduru haritası 3

Şekil 1.2. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli yerbulduru haritası 4

Şekil 3.1. Farklı kaya kütlesi sınıflarının karşılaştırılması (Vardar, 2002) 18

Şekil 3.2. Farklı araştırmacılara göre k değerlerinin derinliğe bağlı olarak değişimi (Çan, 1999) 21

Şekil 3.3. Ön destek önerileri için RMR puanının hesaplanma aşamalarını gösteren akım şeması (Ulusay ve Sönmez, 2002'den değiştirilerek)..... 22

Şekil 3.4. Q sistemine göre tahmini destek sınıfları (Grimstad ve Barton, 1993)... 24

Şekil 3.5. Sık sık sertliği değişen kaya kütlesi içerisinde tünel açıldığında oluşan vektör yönlenmelerinin değişimi (Steindorfer ve Schubert, 1997) 30

Şekil 3.6. Yerdeğiştirme vektörünün, boyuna ve düşey bileşenleri (Schubert ve Budil, 1995) 31

Şekil 3.7. Tünel kazısı deforme olmuş zayıf bölgeye yaklaştığında, yerdeğiştirme vektör yöneliminin eğilimini gösteren boyuna kesit (Schubert ve Steindorfer, 1995)..... 32

Şekil 3.8. Kazı sert kayaya yaklaştığında, ana gerilme yönlerinin değişimi (Schubert ve Budil, 1995)..... 33

Şekil 3.9. Belli bir zamana göre ölçümü yapılmış deformasyon özellikleri temel alınarak beklenen davranış eğrisinin zamana bağlı olarak değişimi ve duraysızlık durumu (Schubert ve Steindorfer, 1996) 33

Şekil 3.10. Eldeki ölçüm değerlerinin daha önceki deneyimlerden ve gerçek jeolojik modellerle birleştirilerek nihai yerdeğiştirmelerin tahmini (Schubert ve Steindorfer, 1996)..... 34

Şekil 3.11. Kaya içerisinde açılmış derin tünellerde kullanılan ölçüm aletleri..... 38

Şekil 4.1. Diyojen tünelinin çıkış (Boyabat) portalından genel bir görünüm..... 40

Şekil 4.2. Diyojen tünelinin giriş (Sinop) portalinden genel bir görünüm 40

Şekil 4.3. Diyojen tünel kesiti (KGM, 2000)..... 41

Şekil 4.4. Diyojen tüneli ve yakın civarının jeoloji haritası (Korkmaz, 1993'ten değiştirilerek) 46

Şekil 4.5. Diyojen tüneli ve yakın çevresinin depremselliği (Sayısalgrafik, 2004'den değiştirilerek) 48

Şekil 4.6. Diyojen tünelinin fliş fasiyesi taban seviyesini oluşturan çakıltaşı seviyesinden bir görüntü 49

Şekil 4.7. Diyojen tünelinin orta kesimlerinde gözlenen fliş fasiyesi ile Akkaya kireçtaşı dokanağı 50

Şekil 4.8. Diyojen tünelinin giriş ve çıkış kısımlarında gözlenen kumtaşı-kiltaşı aratabakalı fliş fasiyesinin görünümü 51

Şekil 4.9. Diyojen tüneli kumtaşı ve kireçtaşının kuru birim hacim ağırlık değerlerihistogramı 53

Şekil 4.10. Diyojen tüneli kumtaşı ve kireçtaşının tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri histogramı 53

Şekil 4.11. Diyojen tüneli kumtaşı ve kireçtaşının çekme dayanımı değerleri histogramı 54

Şekil 4.12. Diyojen tüneli kumtaşı ve kireçtaşının Schmidt çekici geri sıçrama değerleri histogramı 54

Şekil 4.13. Diyojen tüneli içerisinde drenaj borusundan su gelişi 57

Şekil 4.14. Diyojen (Sinop) tüneli içerisinde a) fliş fasiyesi, b) kireçtaşı biriminden ölçülen süreksizliklerin eğim ve eğim yönü dağılım histogramları 58

Şekil 4.15. Diyojen (Sinop) tüneli güzargahı boyunca fliş fasiyesinden ölçülen süreksizliklerin kontur diyagramı 59

Şekil 4.16. Diyojen (Sinop) tüneli güzargahı boyunca kireçtaşı biriminde ölçülen süreksizliklerin kontur diyagramı 60

Şekil 4.17. Diyojen tünelindeki fliş fasiyesinin simule edilmiş üç eksenli sıkışma deneyi sonuçları 62

Şekil 4.18. Diyojen tünelindeki kireçtaşının simule edilmiş üç eksenli sıkışma

deneyi sonuçları..... 63

Şekil 4.19. Diyojen tünel kesitinin sınır koşullarının Phases^2 2D programında modellenmesi..... 65

Şekil 4.20. Diyojen tüneli KM.35+100 – KM.35+400 arasında k= 4 olması durumunda (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı..... 67

Şekil 4.21. Diyojen tüneli KM.35+100 – KM.35+400 arasının kaya bulonu ve püskürtme beton ile desteklenmesinden sonra (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı..... 68

Şekil 4.22. Diyojen tüneli KM.35+400 – KM.36+040 arasında k= 2 olması durumunda (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı..... 70

Şekil 4.23. Diyojen tüneli KM.35+400 – KM.36+040 arasının kaya bulonu ve püskürtme beton ile desteklenmesinden sonra (a) σ_1, (b) σ_3, (c)) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı..... 71

Şekil 4.24. Diyojen tüneli KM.36+040 – KM.36+480 arasında k= 3 olması durumunda (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı..... 73

Şekil 4.25. Diyojen tüneli KM.36+040 – Km.36+480 arasının kaya bulonu ve püskürtme beton ile desteklenmesinden sonra (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı..... 74

Şekil 4.26. Diyojen tüneli KM.36+480 – KM.37+100 arasında k= 5 olması durumunda (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplamyer değiştirme değerlerinin dağılımı..... 76

Şekil 4.27. Diyojen tüneli KM.36+480 – KM.37+100 arasının kaya bulonu ve püskürtme beton ile desteklenmesinden sonra (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı..... 77

Şekil 4.28. Diyojen tünelinde uygulanan destekleme elemanlarının genel bir görünümü..... 93

Şekil 4. 29. Diyojen tünelinde destekleme elemanı olarak kullanılan püskürtme beton ve kaya bulonu uygulaması 94

Şekil 4. 30. Diyojen tünelinde destekleme elemanı olarak kullanılan püskürtme beton ve çelik hasır uygulaması 94

Şekil 4. 31. Ö NORM B 2203 (1994)'e göre B2 kaya sınıfının kesiti 95

Şekil 4. 32. Ö NORM B 2203 (1994)'e göre B3 kaya sınıfının kesiti 96

Şekil 4. 33. Ö NORM B 2203 (1994)'e göre C2 kaya sınıfının kesiti 97

Şekil 4.34. Diyojen tüneli güzergahı boyunca ölçüm kesitlerinin gösterimi 98

Şekil 4.35. Diyojen tünelinde konverjan ölçümlerinde kullanılan konverjanmetre .. 98

Şekil 4.36. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.35+100 – KM.35+260) 101

Şekil 4.37. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.35+260 – KM.35+480) 103

Şekil 4.38. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.35+480 – KM.35+700) 105

Şekil 4.39. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.35+700 – KM.35+960) 107

Şekil 4.40. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.36+020 – KM.36+520) 109

Şekil 4.41. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.36+520 - KM36+620) 111

Şekil 4.42. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.36+620 – KM.36+740) 113

Şekil 4.43. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.36+740 – KM.36+920) 115

Şekil 4.44. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.36+920 – Km.37+100) 117

Şekil 4.45. Kırkgeçit-1 tünelinin çıkış (Pozantı) portalından genel bir görünüm 119

Şekil 4.46. Kırkgeçit-1 tünelinin giriş (Ankara) portalından genel bir görünüm 119

Şekil 4.47. Kırkgeçit-1 tünel kesiti (KGM, 2001) 120

Şekil 4.48. Kırkgeçit-1 tüneli ve yakın civarının genel jeoloji haritası (Uçar, 1997'den değiştirilerek) 127

Şekil 4.49. Kırkgeçit-1 tüneli ve yakın çevresinin depremselliği (Sayısal grafik, 2004'den değiştirilerek) 130

Şekil 4.50. Kırkgeçit-1 tünelinin güneydoğu kesiminde yer alan ofiyolitik melanjdan bir görüntü 132

Şekil 4.51. Kırkgeçit-1 tünelinin içerisinde açıldığı mikrogabro ve bazaltın genel görünümü 132

Şekil 4. 52. Kırkgeçit-1 tüneli giriş portalında bulunan biyomikritik kirteçtaşının görünümü 133

Şekil 4.53 Kırkgeçit-1 tüneli fliş fasiyesi, biyomikritik kireçtaşı, mikrogabro ve milonit zonunun görünümü 134

Şekil 4.54. Kırkgeçit-1 tüneli mikrogabro ve biyomikritik kireçtaşının birim hacim ağırlık değerleri histogramı 136

Şekil 4.55. Kırkgeçit-1 tüneli mikrogabro ve biyomikritik kireçtaşının tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri histogramı 137

Şekil 4.56. Kırkgeçit-1 tünelinin mikrogabro ve biyomikritik kireçtaşının çekme dayanımı değerleri histogramı 137

Şekil 4.57. Kırkgeçit-1 tünelinin mikrogabro ve biyomikritik kireçtaşının Schmidt çekici geri sıçrama değerleri histogramı 138

Şekil 4.58. Kırkgeçit-1 tüneli içerisinde suyun PVC boruları ile dışarıya atılması 141

Şekil 4.59. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli içerisinde a) mikrogabro, b) biyomikritik kireçtaşı biriminden ölçülen süreksizliklerin eğim ve eğim yönü dağılım histogramları 142

Şekil 4.60. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli güzargahı boyunca mikrogabro biriminde ölçülen süreksizliklerin kontur diyagramı 143

Şekil 4.61. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli güzargahı boyunca biyomikritik kireçtaşı biriminde ölçülen süreksizliklerin kontur diyagramı 144

Şekil 4.62. Kırkgeçit-1 tünelindeki mikrogabroların simule edilmiş üç eksenli sıkışma deneyi sonuçları 146

Şekil 4.63. Kırkgeçit-1 tünelindeki biyomikritik kireçtaşlarının simule edilmiş üç eksenli sıkışma deneyi sonuçları 147

Şekil 4.64. Diyojen tünel kesitinin sınır koşullarının Phases^2 2D programında modellenmesi..... 149

Şekil 4.65. Kırkgeçit tüneli KM.20+100 – KM.20+225 arasında k= 4 olması durumunda (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı..... 151

Şekil 4.66. Kırkgeçit tüneli KM.20+100 – KM.20+225 arasının kaya bulonu ve püskürtme beton ile desteklenmesinden sonra (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı..... 152

Şekil 4.67. Kırkgeçit tüneli KM.20+225 – KM.20+530 arasında k= 3 olması durumunda (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı..... 154

Şekil 4.68. Kırkgeçit tüneli KM.20+225 – KM.20+530 arasının kaya bulonu ve püskürtme beton ile desteklenmesinden sonra (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı..... 155

Şekil 4.69. Kırkgeçit tüneli KM.20+530 – KM.20+650 arasında k= 5 olması durumunda (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı..... 157

Şekil 4.70. Kırkgeçit tüneli KM.20+530 – KM.20+650 arasının kaya bulonu ve püskürtme beton ile desteklenmesinden sonra (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı..... 158

Şekil 4.71. Kırkgeçit-1 tünelinde uygulanan destekleme elemanlarının genel bir görünümü..... 165

Şekil 4.72. Kırkgeçit-1 tünelinde destekleme elemanı olarak püskürtme beton, çelik hasır ve çelik iksadan bir görüntü..... 166

Şekil 4.73. Ö NORM B 2203 (1994)'e göre B2 kaya sınıfının kesiti 167

Şekil 4.74. Ö NORM B 2203 (1994)'e göre B3 kaya sınıfının kesiti 168

Şekil 4.75. Kırkgeçit-1 tüneli güzergahı boyunca ölçüm kesitlerinin gösterimi 169

Şekil 4.76. Kırkgeçit-1 tünelinde yerdeğiştirme ölçüm noktasındaki reflektörden bir görüntü 170

Şekil 4.77. 1., 2. ve 3. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme vektörü-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sol tüp, KM.20+100 -20+600) 173

Şekil 4.78. 4. ve 5. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme vektörü-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sol tüp, KM.20+100 -20+600) 174

Şekil 4.79. 1., 2. ve 3. kesit ölçüm noktalarında yatay yerdeğiştirme-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sol tüp, KM.20+100 -20+600) 175

Şekil 4.80. 4. ve 5. kesit ölçüm noktalarında yatay yerdeğiştirme-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sol tüp, KM.20+100 -20+600) 176

Şekil 4.81. 1., 2. ve 3. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme açısı-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sol tüp, KM.20+100 -20+600) 177

Şekil 4.82. 4. ve 5. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme açısı-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sol tüp, KM.20+100 -20+600) 178

Şekil 4.83. 1., 2. ve 3. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme vektörü-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sağ tüp, KM.20+100 -20+650) ... 181

Şekil 4.84. 4. ve 5. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme vektörü-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sağ tüp, KM.20+100 -20+650) ... 182

Şekil 4.85. 1., 2. ve 3. kesit ölçüm noktalarında yatay yerdeğiştirme-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sağ tüp, KM.20+100 -20+650) ... 183

Şekil 4.86. 4. ve 5. kesit ölçüm noktalarında yatay yerdeğiştirme-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sağ tüp, KM.20+100 -20+650) ... 184

Şekil 4.87. 1., 2. ve 3. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme açısı-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sağ tüp, KM.20+100 -20+650) ... 185

Şekil 4.88. 4. ve 5. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme açısı-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sağ tüp, KM.20+100 -20+650) ... 186

Şekil 5.1. Yerdeğiştirme açısının Kırkgeçit-1 tünel hattı boyunca değişiminin modellenmesi..... 195

Şekil 5.2. Diyojen tünelinde konverjan ölçümler kullanılarak zamana bağlı olarak gelişen deformasyonların modellenmesi ve nihai yerdeğiştirmelerin tahmini..... 196

KISALTMALAR DİZİNİ

NATM	:	New Austria Tunnelling Method (Yeni Avusturya Tünelcilik yöntemi)
RMR	:	Rock Mass Rating (Kaya Kütle Oranı)
Q	:	Rock Structure Rating (Kaya Yapısı Oranlaması)
KGM	:	Karayolları Genel Müdürlüğü
Byd	:	Boyuna Yerdeğiştirme
Ydy	:	Yatay Yerdeğiştirme
Yda	:	Yerdeğiştirme Açısı
Ydv	:	Yerdeğiştirme Vektörü

EKLER DİZİNİ

EK: 1 Diyojen (Sinop) tüneli mühendislik jeolojisi haritası

EK: 2 Diyojen (Sinop) tünel güzergahında yapılan süreksizlik ölçüm verileri

EK: 3 Diyojen (Sinop) tünel güzergahında yapılan Konverjan ölçüm verileri

EK: 4 Diyojen (Sinop) tüneli boyuna jeolojik kesiti

EK: 5 Kırkgeçit-1(Pozantı) tüneli mühendislik jeolojisi haritası

EK: 6 Kırkgeçit-1 tünel güzergahında yapılan süreksizlik ölçüm verileri

EK: 7 Kırkgeçit-1 tünel güzergahında yapılan yerdeğiştirme ölçüm verileri

EK:8 Kırkgeçit-1(Pozantı) tüneli boyuna jeolojik kesiti

1. GİRİŞ

Yeraltında oluşturulan tünel tipi bir açıklığa etki eden en önemli faktörlerden biri tünelin içinde açıldığı zeminde oluşan gerilmelerdir. Tünel içerisinde farklı yönlerde etkili olan bu gerilmeler zeminde çeşitli yenilmelere ve deformasyonlara neden olur. Yeraltında kazı yapılırken, uygulanacak teknikler kayaçların belirlenen kalitesine ve deformasyon özelliklerine bağlı olarak belirlenir. Kaya kütle özelliklerinin belirlenmesine yönelik günümüzde ampirik (görgül), analitik ve ölçme-gözleme dayanan çok farklı yöntemler uygulanmaktadır.

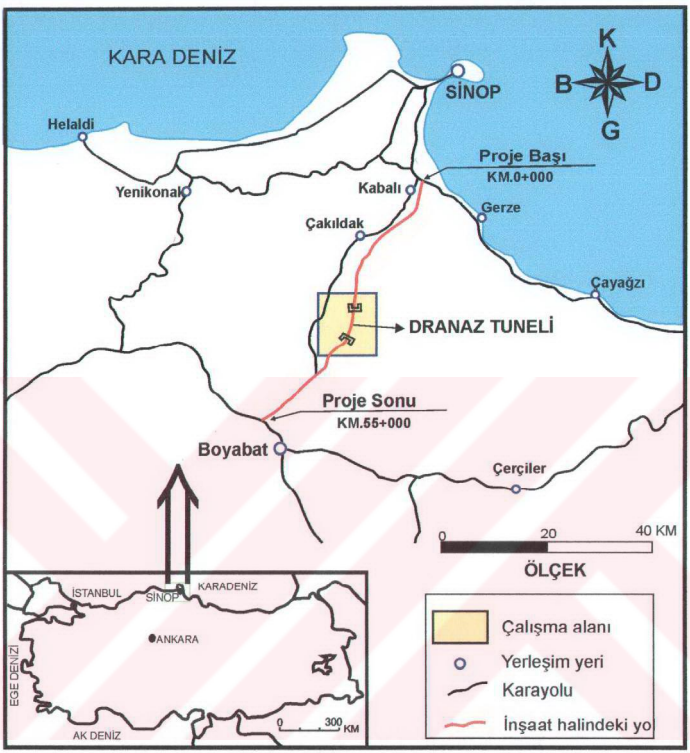
Birbirlerine göre farklı avantaj ve dezavantajları bulunan bu yöntemlerin seçiminde proje yeri seçimi, projelendirme aşaması ve kazı çalışmaları sırasında görev yapan teknik elemanların deneyimi ve tecrübesi projenin uygulanabilirliği, maliyeti ve güvenliği için belirleyici rol oynamaktadır. Kaya kütle özelliklerinin belirlenmesi için geliştirilen her yöntem ilk olarak geliştirildiği ülkeye ve projeye özgü özellikler taşıdığından, farklı bir projede uygulandığında aynı yöntemler her zaman aynı verimi ve sonucu vermeyeceği bir gerçektir. Bu tez kapsamında bu öngörünün daha belirgin hale getirilmesi için Diyojen ve Kırkgeçit-1 tünellerinde yer alan farklı kaya gruplarında analitik, ampirik ve ölçme-gözleme dayalı sınıflama sistemlerinin bir arada göz önüne alınarak değerlendirmesi yapılmış ve sınıflama sistemlerinin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca tünellerde ölçülen konverjan değerler ile yerdeğiştirme değerleri kullanılarak tünellerde gelişebilecek deformasyonlar ile ilgili bazı modellerin ortaya konması hedeflenmiştir.

Bu tez kapsamında yaklaşık 55 km uzunluğundaki Sinop–Gerze yolunu Boyabat'a bağlayacak olan yeni Devlet yolu kapsamında KM.35+100 - 37+100 arasında yer alan yaklaşık 2 km uzunluğundaki Diyojen tüneli (Şekil 1.1) ile KM.315+000 - 370+000 arasında yapımı devam eden Ankara-Pozantı Otoyolu Projesi kapsamında Pozantı-Çiftehan kesiminde KM.351+467 - 351+970 arasında yer alan yaklaşık 503 m uzunluğundaki Kırkgeçit-1 tüneli (Şekil 1.2) çalışma alanı olarak seçilmiştir.

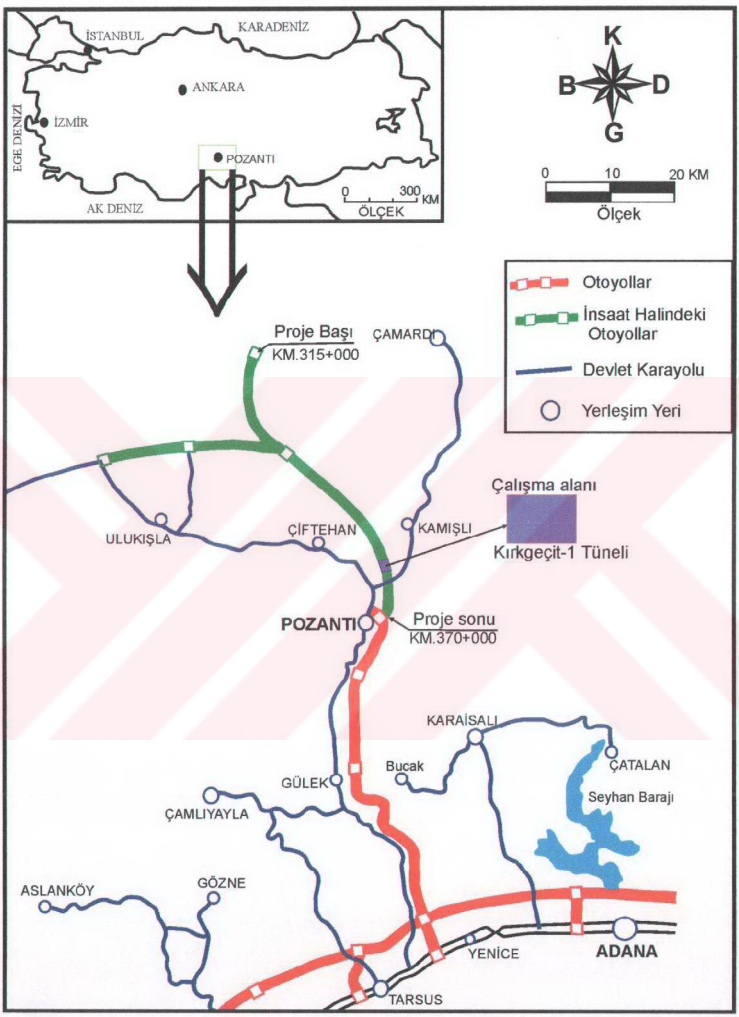
Günümüzde, tünel açımı sırasında kaya davranışını ölçme ve gözlemeye dayanan Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi ile daha önce açılmış tünellerden elde edilen gözlem ve deneyimlere dayanarak, yeni açılacak tüneldeki zemini, aynı zemin koşullarına denk getirici yarı ampirik yöntemler, daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Her iki tünelde'de, tünel kazısı ve desteklemesi Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi (NATM) felsefesine göre tasarlanmıştır. Tünel kazıları düzgün-kesme patlatma tekniği kullanılarak üst yarı ve alt yarı olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

Tünellerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin ortaya konması amacıyla yüzeyden ve tünel içerisinden alınan karot örnekleri üzerinde yapılan laboratuar deneyleri ile kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımı, çekme dayanımı, üç eksenli sıkışma dayanımı, birim hacim ağırlık, poison oranı ve elastisite modülü değerleri belirlenmiştir. Tünel kazısı boyunca tünel içerisinde çok sayıda süreksizlik ölçümü yapılarak, hakim süreksizlik yönleri ortaya konmuştur. Yüzey çalışmalarıyla tünellerin mühendislik jeolojisi haritası ve tünel ayna haritalarından yararlanılarak tünellerin boyuna jeolojik kesitleri çizilmiştir.

Diyojen ve Kırkgeçit-1 tünellerinde kaya kütle özelliklerinin belirlenerek gerekli tasarım ve destek elemanlarının belirlenmesi amacıyla ampirik yöntemlerden RMR ve Q sınıflama sistemleriyle, Analitik sınıflama sistemlerinden Phases^2 ve ölçme ve gözleme dayanan NATM sınıflama sistemlerinin uygulaması yapılarak karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılmıştır. Hem Diyojen hem'de Kırkgeçit-1 tünellerinde deformasyon ölçümleri jeodetik aletlerle yapılarak tünel deformasyon modelleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu amaçla Diyojen tünelinde yapılan konverjan ölçümler ile Kırkgeçit-1 tünelinde yapılmış olan 3D optik yerdeğiştirme değerlendirmelerinin grafiksel analizleri yapılmıştır.



Şekil 1.1. Diyojen (Sinop) tüneli yerbulduru haritası



Şekil 1.2. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli yerbulduru haritası

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışma alanı içerisinde yer alan Sinop-Boyabat ve Pozantı-Çiftehan yakın çevresi ile ilgili önceki çalışmalar, jeolojik amaçlı, jeoteknik amaçlı ve kuramsal çalışmalar olmak üzere üç ana başlık altında incelenerek sıralanmıştır.

2.1. Jeolojik Çalışmalar

2.1.1. Sinop-Boyabat

Sinop-Boyabat ve yakın çevresiyle ilgili olarak bugüne kadar daha çok jeolojik ve petrol amaçlı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar; Gedik ve Korkmaz (1984), Baş (1986), Sonel ve diğ. (1989), Barka ve diğ. (1993), Sarı (1994), tarafından yapılmış olan çalışmalardır.

Gedik ve Korkmaz (1984), "Sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları" isimli çalışmada Sinop havzasında 2500 km^2'lik bir alanın 1/25000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritası yapılmış ve toplu görünümü sağlamak amacıyla havzanın 1/100000 ölçekli jeolojik haritası tamamlanmıştır. Toplam kalınlığı 34372 m olan stratigrafik kesitler ölçülmüş olup bu kesitlerin yardımıyla havzanın stratigrafik istifi ve tortul kayaçların çökelme ortamlarını saptamışlardır. Ayrıca Sinop-Samsun havzasındaki volkanik kayaçların petrolojisini araştırmışlardır. Havzada Liyas kuvaterner zaman aralığında çökelen ve toplam 10756 m kalınlığa ulaşan tortul bir istifi saptamışlardır.

Baş (1986), " Sinop volkanitlerinin petrolojisi ve jeokimyası" isimli çalışmasında kalkalkalin türü volkanitlerin yastık lav akıntı breşi aglomera, volkanik çakıltaşı ve dayk ile tüfden oluştuğunu belirtmiştir. Kayaçlarda birincil olarak olivin, piroksen, biyotit, plajıyoklaz, analsim, opak mineraller ve ikincil olarak'da klorit, karbonat, serpantin, zeolit bulunmuştur. Ana ve iz elementlerin değerlendirmeleri sonucu bu volkanitlerin ada yayı ürünü olduklarını saptamıştır.

Sonel ve diğ. (1989), "Boyabat (Sinop) havzası Ekinveren fayının petrol aramalarındaki önemi " isimli çalışmasında havzada görülen çökellerde petrol, ana hazne ve örtü kaya özelliklerini yansıtan birimler belirlenmiştir. Ekinveren fayı

kuzeyden güneye doğru bindirmeli ve dolayısıyla kuzeydeki birimleri Boyabat havzasındaki otokton olarak kabul edilen birimler üzerine iten özelliğe sahiptir. Bu fay ve buna paralel gelişen fayların yöredeki yapısal ve stratigrafik kapanların oluşmasına önemli etkileri olduğu yorumunu yapmışlardır.

Barka ve diğ. (1993), " Sinop Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi" isimli çalışmada bölgede görülen aglomera, volkanik çakılkaya ve dayklardan oluşan en eski birim olan Üst Kretase yaşlı Hamaros formasyonu ile bölgede yaygın olarak gözlenen Miyosen çökellerini Saraycık formasyonu olarak adlandırmışlardır. Tektonik olarak bölge Kretase-Üst Miyosen aralığında KKD-GGB yönlü bir sıkışma altında deforme olduğunu ortaya koymuşlardır.

Sarı (1994), " Boyabat (Sinop) yöresi (Triyas-Kretase) birimlerinin organik fasiyes incelemesi" isimli çalışması kapsamında bölgede kaynak kaya niteliğinde olan Akgöl, Çağlayan ve Gürsökü formasyonlarıyla ilgili yapmış olduğu organik, jeokimyasal analizler ve mikroskopik incelemelere göre; Akgöl formasyonunun organik fasiyesinin C, CD, ve D olduğu, bir miktar petrol ve gaz üretebileceği, Çağlayan formasyonunun organik fasiyeslerinin BC, C, CD ve D olduğu, petrol ve gaz üretebileceği, Görsökü formasyonunun organik fasiyeslerinin CD ve D olduğu ve kısıtlı miktarda gaz üretebileceğini ortaya koymuştur.

2.1.2. Pozantı-Çiftehan

Pozantı-Çiftehan ve yakın çevresiyle ilgili jeolojik amaçlı çalışmalar, Blumenthal (1956), Çalapkulu (1976), Demirtaşlı ve diğ. (1973), Çevikbaş (1991), Uçar (1997) tarafından yapılmış olan çalışmalardır.

Blumenthal (1956), Ereğli–Ulukışla–Pozantı–Aslanköy arasında kalan geniş bir bölgenin ilk jeolojik incelemelerini yapmıştır. Bu çalışmayla Torosların bu bölümünü, Paleozoyik Bolkar ünitesi, Paleozoyik ve ofiyolitik taban, Kretase ve Tersiyer kalker bölgesi olarak ikiye ayırmıştır. Birinci kısımda; Bolkar ünitesi, Paleozoyik ve ofiyolotik kayaçlardan oluşan Mandaralı Ünitesi ve dış kenar bölgesi olmak üzere üçe ayırmıştır. İnceleme alanındaki litolojik birimleri ayırtlamış ve Bolkardağı antiklinalini asimetrik bir kıvrımlanma olarak düşünmüş ve Horoz granitlerinin Bolkardağı'nın

altında bir batolit şeklinde olduğunu belirtmiştir. Ayrıca bölgeyle ilgili değişik ölçekte jeolojik haritalar hazırlamıştır.

Çalapkulu (1976), Bolkardağı kuzeyinde, Alihoca bölgesinde çalışarak, bölgedeki ofiyolit dizinin Kampaniyen sonrası ve Geç Maestrihtiyen öncesi yerleştiğini belirtmiştir. Ayrıca Lütesiyen taban çakılkayada Horoz granodiyoritinin çakıllarını tespit etmiştir.

Demirtaşlı ve diğ. (1973), Bolkardağ ve çevresini içine alan geniş bir bölgede ayrıntılı jeolojik harita alımı çalışmaları yapmışlar ve bölgenin stratigrafisi hakkında ayrıntılı bilgiler vermişlerdir. Bolkar dağlarının kuzey ve güneyinde iki farklı çökel havzası olduğunu belirtmişlerdir. Bolkardağları'nın kuzeyinde kalan Ereğli-Ulukışla havzasında Geç Kretase-Paleosen yaşlı formasyonların fliş evresini temsil ettiğini ve bu fliş çökellerinin şiddetli volkanik faaliyetlerle birlikte yeraldığı tektonik olayları'da açıkladığını belirtmişlerdir.

Çevikbaş (1991), "Ulukışla-Çamardı (Niğde) Tersiyer havzasının jeodinamik evrimi ve maden yatakları yönünde önemi" isimli çalışmasında Bolkardağları ve kuzeyinde, Ulukışla-Çamardı havzasının stratigrafik, yapısal ve cevherleşme biçimlerini ortaya koymaya çalışmıştır. Bu çalışmada salt Ulukışla-Çamardı havzasındaki birimlerin incelenmesiyle yetinilmemiş, güneyinde Bolkar grubu, kuzeyinde Niğde masifi, doğuda Ecemiş Fay koridorları ve Aladağlar'da da incelemeler yapmıştır. Bölgedeki korkayaçlar'dan derlenen örneklerin kimyasal analizlerini yaparak bölgenin jeotektonik evrimini yorumlamıştır.

Uçar (1997), "Gülek-Pozantı-Kamışlı (NW-ADANA) dolayının stratigrafik ve sedimanter petrografik incelemesi" isimli çalışmasında inceleme alanında yüzeylenen birimlerin dağılımları, birbirleri ile olan ilişkilerinin çıkarılması amacıyla, çalışma alanının 1/25000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritası, genelleştirilmiş stratigrafik kesiti, genelleştirilmiş korelasyon çizelgesi, onüç farklı güzergahtan alınan ölçekli jeoloji enine kesitleri hazırlamıştır. Ecemiş fay kuşağı'nın her iki tarafında yer alan Batı blok (Bolkar dağları) ile Doğu blok (Aladağlar)'a ait birimlerin litostratigrafik, kronostratigrafik, ekostratigrafik ve paleontolojik açıdan birbirlerine benzemediğini ortaya koymuştur. Ecemiş fay kuşağı'nın Batı bloğunda litostratigrafi birimi olarak sekiz formasyon, iki üye, Doğu blokta sekiz formasyon,

bir üye ve ve Ecemiş fay kuşağında ise üç formasyon ayırtlanmıştır. Ayrıca Paleozoyik'ten Senozoyik'e ayırtlanan bu formasyonların Pliyo-kuvaterner yaşlı taraça, yamaç molozu ve alüvyonlar tarafından örtüldüğünü saptamıştır.

2.2. Jeoteknik Çalışmalar

2.2.1. Sinop-Boyabat

Jeoteknik amaçlı çalışmalar Sinop-Boyabat Devlet yolu projesi kapsamında bölgede Yılmazer ve diğ (1998, 1999) tarafından ayrıntılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Yılmazer ve diğ. (1998), Sinop-Boyabat yolu kapsamında, kesinleşmiş yol güzergahı mühendislik jeolojisi, malzeme ocakları araştırması ve Diyojen tünelinin mühendislik jeolojisi raporunda yol geçgisinin 1/25000 ölçekli mühendislik jeolojisi malzeme ocak sahalarının tespiti, ön değerlendirmesi ve Diyojen tünelinin 1/25000 ölçekli mühendislik jeolojisi araştırmaları yapmıştır.

Yılmazer ve diğ. (1999), Sinop-Boyabat yolu kapsamında, kesinleşmiş yol geçkisi (km.48+000-55+0009 jeolojik-jeoteknik araştırma raporu isimli çalışmada jeoteknik tasarım için gerekli çalışmaları tamamlanmış olup, yarma ve dolguların jeoteknik açıdan duraylı zeminler içinde yapılmasına geçki belirleme aşamasında büyük önem vermişlerdir.

2.2.2. Pozantı-Kırkgeçit

Pozantı-Çiftehan ve yakın çevresiyle ilgili jeoteknik amaçlı çalışmalar, Tekfen A.Ş.(2002), Akduman (2003), tarafından yapılmış çalışmalardır.

Tekfen Mühendislik A.Ş. (2002), Bu çalışma Ankara-Pozantı Otoyolu Çiftehan-Pozantı kesimi Kırkgeçit-1 tüneli'nin (km: 351+420-352+000) projelendirmesine esas teşkil eden jeoteknik tasarım parametrelerinin belirlenmesini amaçlamaktadır.

Akduman (2003), "Otoyol bileşenlerinin seçiminde seldağınaklık sisteminin önemi: Pozantı-E5-Ereğli Kavşağı Otoyolu" isimli çalışmasında Ankara-Pozantı

otoyolunun Gölcük-Pozantı kesiminin mühendislik jeolojisini çalışmıştır. Tez alanını oluşturan Kırkgeçit vadisi için Seldağınıklık sisteminin uygulanmasıyla, yapılmakta olan otoyolun işletme maliyetlerini azaltmakla birlikte, çıplak arazilerin sulanabilir bahçelere dönüştürülebileceğini, erozyonun en aza indirileceği, enerji elde edilerek taşkın sorunlarının en aza indirileceği belirtilmiştir.

2.3. Kuramsal Çalışmalar

Tünellerde deformasyon ölçümü ve değerlendirilmesi ile yenilme ölçütünün belirlenmesine yönelik bazı kuramsal çalışmalar; Hoek ve Brown (1980 b), Schubert ve Vavrovsky (1994), Schubert ve Budil (1995), Schubert ve Steindorfer (1995), Schubert ve Steindorfer (1996) Özkan ve Ünal (1996), Hoek ve Brown (1997), Steindorfer ve Schubert (1997), Geodata (1997), Sönmez ve Ulusay (1999) Sellner ve Steindorfer (2000), Schubert ve diğ. (2002), tarafından yapılmıstır.

Hoek ve Brown (1980), Kaya kütleleri için basit dayanım ölçütünün tanımlanmasında üç temel ölçütün uygulanması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu ölçütler; 1. Pratikte sayıldığı gibi ana kaya malzemesinin sorumlu olduğu tüm gerilme koşullarının yeterli şekilde tanımlanması, 2. Var olan eklem düzlemleri ile birlikte anizotropik dayanım davranışının hesaba katılması veya hesaba katılabilir olması, 3. Yaklaşık bile olsa çok sayıda süreksizlik içeren kayaç kütlelerinin dayanımı ile ilgili bazı varsayımların yapılması.

Schubert ve Vavrovsky (1994), Çalışmalarında tüneldeki yerdeğiştirme izlemelerinin yorumlanması ve veri işlemleri veya süreçleri için yapılan işlemleri ortaya koymuşlardır. Tünel performansının belirlenmesinde kullanılan ekstansiyometre yardımıyla yapılan konverjan ölçümler, kaya bulonu ölçümleri gibi klasik yöntemlerden bir çoğunun belirgin bir eksikliğinin olduğunu ve okumaların havalandırma, iş makinalarının çalışması gibi nedenlerden dolayı sağlıklı yapılamadığını belirtmektedir. Ancak NATM'ın dizaynlarının destek tipi, kaya kütlesinin jeolojik/jeoteknik özelliklerini, tünel davranışını ve deformasyonların izlenmesi temel alınarak yapıldığını belirtmiştir.

Schubert ve Budil (1995), 12,8 km uzunluğundaki İntal tünelinde yapılan gözlemlerle kazı yönündeki yerdeğiştirme bileşenlerinin sistematik değerlendirmesini yapmışlardır. Fay zonundaki yerdeğiştirme değeri 80, mm tünel tavanında 170 mm ve tünel yan duvarlarında 100 mm nin üzerinde olduğunu belirtmişlerdir. Belirli eğilimlerin gözlenebilmesi amacıyla boyuna yerdeğiştirme (L) ve oturma (S) arasındaki orandan yola çıkarak yerdeğiştirme vektörü ve yerdeğiştirme açısı değerlerini hesaplamışlardır. Açının negatif olduğu durumda kazı yönünde bir yerdeğiştirmenin olduğunu, pozitif olduğu durumda kazı yönünün tersi bir yerdeğiştirmenin olduğunu ortaya koymuşlardır.

Schubert ve Steindorfer (1995), "Advanced monitoring data evaluation for tunnels in poor rock" isimli çalışmada özellikle yüksek derecede faylanmış kayaçlarda tünelcilik yapıldığında boşluktaki yerdeğiştirme vektörlerinin yönlenimi kullanılarak sadece birkaç çap ilerideki kaya kütle sertliğindeki değişikliklerin izlenebildiğini ve aynı zamanda birincil gerilme yönlenmelerindeki sapmaların'da belirlenebileceğini belirtmiştir.

Schubert ve Steindorfer (1996), "Selective Displacement Monitoring During Tunnel Excavation" isimli çalışmada tünel kazısı sırasında jeomekanik işlemlerin daha iyi anlaşılması için yeterli bir izlemenin ve düzenli bir şekilde verilerin elde edilmesiyle tüneldeki nihai yerdeğiştirmelerin yapılabileceğinin ve eğilim ve etki hatlarından yola çıkarak zayıflık zonlarının bulunabileceğini ortaya koymuşlardır.

Özkan ve Ünal (1996), "Kaya kütle sınıflama sistemleri üzerine kritik bir değerlendirme" isimli çalışmalarında, ilgili kitap ve konferanslarda 24 adet sınıflama sistemi belirlemişler ve her bir sınıflama sisteminin tüm girdi ve tasarım çıktı parametrelerini tartışmışlardır. Ayrıca, bu sınıflama sistemlerinin yeraltı boşlukları etrafındaki, kaya kütle davranışlarının tanımlanmasındaki yaklaşımlarda değerlendirilmiştir.

Hoek ve Brown (1997), Eklemli kayaçlar için Hoek-Brown yenilme ölçütünün tanımını yapmışlardır. Hoek-Brown sabitlerini, jeolojik dayanım indeksini (GSI), suyun etkisi, anakaya özelliklerini, örnek boyutunun etkisi ve Mohr Coulomb paremetrelerini ortaya koyan özellikler üzerinde durmuşlardır.

Steindorfer ve Schubert (1997), " Aplication of new methods of monitoring data analysis for short prediction in tunnel" isimli çalışmalarında Galganberg tünelinde, Haberl fay zonunda jeodetik izleme verilerinin değerlendirilmesi ile yerdeğişim vektör yönlenmelerinin değerli bilgiler sağladığını belirtmişlerdir. Sadece çeşitli çaplardaki kayaç kütle sertliği içindeki değişiklikler değil aynı zamanda ilksel gerilme yönlenmelerindeki sapmalarıda incelemişlerdir. Kaya kalitesinin belirlenmesi ve destekleme tipi için tünel kazısı süresince sistematik bir izlemenin önemini vurgulamışlardır.

Geodata (1997), NATM ile birlikte uygulanan Birleşik Tünel Ölçüm Sisteminin özellikleri isimli çalışmada, yerdeğiştirmelerin ölçümü ve kaydı sırasında kullanılan aletleri, standartları ve bu ölçüm sisteminin avantajları ve dezavantajları verilmiştir. Ayrıca, yöntemin uygulandığı ve referans olarak sunulan Türkiye ve dünya'ya ait örnekler verilmiştir. Bunlara örnek; dünyada, Zammer tüneli (Avusturya), Garham tüneli (Almanya), Passür tüneli (Avusturya) ve Atina metrosu (Yunanistan) gibi projelerdir. Türkiyede yeni yeni uygulanmaya başlanan bu sistem Bolu tünelleri, İzmit Balçova tünelleri, İstanbul metrosu ve Ayaş tünellerinde uygulanmıştır.

Yılmazer ve diğ., Su-Süreksizlik-Kil (SSK) üçlüsünün mühendislik jeolojisi ve jeoteknik çalışmalarda önemli rol oynadığını bildirmişlerdir. Dipole (ikiz kutup) özelliğine bağlı olarak bir su molekülünün yüksek yerdeğiştirme kapasiteli kil minarelerinin smektit grubunda aşırı şişmeye neden olduğu ve bunun da ciddi jeoteknik problemlere yol açtığı sonucuna varmışlardır. Güvenilir bir jeoteknik dizaynda, jeoteknik problemleri azaltmak, işi zamanında bitirmek ve çevreye olan olumsuz etkisini en aza indirmek için jeolojik modelleme, mühendislik jeolojisi modellemesi, jeoteknik modelleme ve jeoteknik dizaynın yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Sönmez ve Ulusay 1999, Bu çalışmada güncel GSI sisteminin sübjektif değerlendirmeye dayalı olan uygulamasını değiştirerek, sayısal verileri esas alacak şekilde modifiye edilmesine yönelik öneriler yapmışlardır. Bu amaçla sistemdeki Yapısal Özellik ve Yüzey Koşulu tanımlamaları puanlama yöntemine göre yeniden düzenlenmiş ve güncel GSI çizelgesi modifiye edilmiştir. Ayrıca, görgül yenilme

ölçütünün son versiyonunda kaya kütlesi sabitlerinin hesaplanmasında örselenmenin dikkate alınmaması şeklindeki yaklaşımın gerçekçi olmadığı konusunda ayrıntılı olarak incelenmiş şev duraysızlıklarının geriye dönük analizleriyle ortaya konmuştur. Bu araştırmanın dikkati çeken diğer bir sonucu da, göreceli olarak düşük miktarda ince tane içeren, köşeli ve yuvarlak parçalardan oluşan pasa malzemelerinin GSI sisteminde yer alan parçalanmış malzeme grubuna dahil edilebileceği ve bu çalışmada önerilen değişiklikler dikkate alınarak bu tür malzemelerin makaslama dayanımının Hoek-Brown yenilme ölçütüyle tayininin mümkün olabileceğini belirtmişlerdir.

Sellner ve Steindorfer (2000), "Prediction of displacement in tunnelling" isimli çalışmada sıkışabilir zeminlerde açılan tünellerde yatay yerdeğiştirme ve oturma değerlerinden yola çıkılarak tünel duvarlarındaki yerdeğiştirmelerin tahminine yönelik Geofit addı analitik bir yöntem önermişlerdir

Schubert ve diğ. (2002), "Displacement monitoring in tunnels-an overview" isimli bu çalışmada son yıllarda tünellerde daha fazla ölçüm verisinin elde edilmesi için izleme yöntemlerinin devamlı değiştiğini, izleme verilerinin zamanında ve yerinde yapılan ölçümlerle elde edilmesi ile tünel performansı hakkında önemli bilgilere sahip olunabileceği ve böylece ölçümlerin grafiksel olarak değerlendirilmesi ile tünel içerisindeki destek tipi ve miktarı hakkında ek bilgiler sağlayacağını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu tez kapsamında Sinop-Boyabat devlet karayolu kapsamında KM.35+100 - KM.37+100 arasında yapılmakta olan Diyojen tüneli ile Ankara-Pozantı Otoyolu Çiftehan-Pozantı kesimi kapsamında KM.351+467 – KM.351+970 arasında inşaa edilen Kırkgeçit-1 tüneli çalışma materyali olarak seçilmiştir. Kırkgeçit-1 tüneli çalışmalarda kolaylık olsun diye sol tüp KM.10+000 – KM.10+620, sağ tüp KM.20+000 – KM.20+600 olarak bölümlendirilmiştir. Kırkgeçit-1 tüneli ile ilgili yapılan tüm çalışmalarda bu KM'ler referans alınarak yapılmıştır.

3.2. Metod

Bu tez büro, arazi, laboratuar çalışması, tez yazımı ve değerlendirme olmak üzere dört aşamada yürütülmüştür. Kaya kütlesi yenilme ölçütü için Hoek-Brown yenilme ölçütü seçilmiştir. Kaya kütle sınıflama sistemlerinden analitik yöntemlerden Phases^2 2D, ampirik yöntemlerden RMR ve Q ve ölçme-gözleme dayanan NATM yöntemleri uygulanmıştır. Tünel kazısı sırasında oluşabilecek deformasyon ölçümleri için Diyojen tünelinde Doğuş A.Ş. tarafından konverjanmetreler ve Kırkgeçit-1 tünelinde ise Tefken A.Ş. tarafından 3D optik izleme elemanları kullanılarak ölçümler jeodetik aletlerle gerçekleştirilmiştir. Her iki tünelden elde edilen deformasyon verileri Doğuş A.Ş. ve Tefken A.Ş. den alınmış ve grafiksel analizlerde kullanılmıştır.

3.2.1. Büro Çalışmaları

Arazi çalışmalarına yönelik daha önce yapılmış olan jeolojik ve jeoteknik amaçlı tüm çalışmalar gözden geçirilmiş, birimlerin alansal dağılımları ortaya konmuştur.

3.2.2. Arazi Çalışmaları

Pusula, Schmidt çekiçi, şeritmetre v.b. araç ve gereçler kullanılarak birimlerin mühendislik özelliklerinin yanında, çizgisel mühendislik yapılarının konumu ve geometrisi belirlenmeye çalışılmıştır. Tünel kazısı sırasında tünel içerisinde yer alan birimlerden blok örnekler alınarak laboratuar deneyleri için karot örnekler elde edilmiştir. Saha çalışmaları ile Diyojen tünelinin 1/2000, Kırkgeçit-1 tünelinin 1/1000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritaları çizilmiştir. Schmidt çekici kullanılarak bir çok yönde kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri belirlenmiştir. Ayrıca tünel kazısı sırasında birimlerin dağılımları, konumlarının tespiti için tünel ayna haritalarından yararlanılarak tünellerin boyuna jeolojik kesitleri çizilmiştir. Yararlanılan ayna haritaları tünel içerisinde her patlatmadan sonra Doğuş ve Tefken A.Ş. nin saha jeologları tarafından çizilmiş haritalardır.

3.2.3. Laboratuar Çalışmaları

Tünel içerisinden ve sondajlardan elde edilen karot örnekler üzerinde mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla laboratuvar deneyleri Hacettepe Üniversitesi jeoloji mühendisliği bölümü kaya mekaniği laboratuarında gerçekleştirilmiştir. Laboratuarda kayaçların kuru birim hacim ağırlığı, tek eksenli sıkışma dayanımı, çekme dayanımı, üç eksenli sıkışma dayanımı ve poison oranı ve elastisite modülü değerleri belirlenmesine yönelik deneyler yapılmıştır.

3.2.4. Tez Yazımı ve Değerlendirme

Yüzey çalışmaları sonucu elde edilen birimlerin kaya kütle dayanım özellikleri, kaya kütle sınıflama sistemleri ile ilgili açıklayıcı ve yorum getirici şekil, diyagram ve çizelgeler çizilerek hazır hale getirilmiştir. Elde edilen deformasyon değerlerinden yola çıkılarak grafiksel analizler ve modellemeler yapılmıştır. Araziden elde edilen bilgiler, laboratuar deney sonuçları, tünel kazısı sonucu elde edilen deformasyon değerleri ve masa başında yapılan büro çalışmalarının birlikte değerlendirilmesi ile

jeolojik ve jeoteknik değerlendirme çalışmaları bilgisayar destekli olarak yapılmıştır. Tüm bu çalışmalar bittikten sonra tezin yazımı tamamlanarak sunuma hazır hale getirilmiştir.

3.2.5. Kaya Kütlesi Özelliklerinin Belirlenmesinde Hoek-Brown Yenilme Ölçütü

Şevler, temeller ve yeraltı kazılarının dizaynında kullanılan herhangi bir analiz için kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özelliklerinin güvenilir tahminleri gerekmektedir. Eklemli kaya kütlelerinin dayanımlarının tahminin sağlanması için Hoek ve Brown (1980a, 1980b) tarafından bir yöntem önerilmiştir. Hoek Brown yenilme ölçütü eklemli kaya kütlelerinin deformasyona uğrama özelliklerini ve dayanımlarının tahmininde kullanılır. Bu yöntem yıllar boyu kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilmiş ve son olarak ölçüte RMR değerinin yerine jeolojik dayanım indeksi (GIS) değeri eklenmesiyle GSI değerine göre yeniden modifiye edilmiştir (Hoek, ve diğ, 1992, Hoek ve diğ, 1995, Hoek ve Brown 1997, Hoek ve diğ. 1998, Sönmez ve Ulusay 1999, Marinos ve Hoek 2001, Sönmez ve Ulusay 2002, Hoek ve diğ. 2002).

Eklemli kaya kütleleri için Hoek-Brown yenilme ölçütü şu şekilde tanımlanmıştır.

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci}\left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s\right)^a \qquad \textbf{(E.3.1)}$$

σ'_1 ve σ'_3 yenilme anındaki maksimum ve minimum efektif gerilmelerdir.

m_b = kaya kütleleri için Hoek Brown sabiti

s ve a = kaya kütle karakteristiklerine bağlı sabitlerdir.

σ_{ci} = sağlam kaya parçasındaki tek eksenli basınç dayanımıdır.

3.2.5.1. Jeolojik Dayanım İndeksinin (GSI) Belirlenmesi

Jeolojik dayanım indeksi (GSI) Hoek ve diğ. (1995), tarafından farklı jeolojik koşullarda kayaç kütle dayanımındaki azalmaların tahminini sağlamak için geliştirilen ve RMR'ın yerine ölçüte dahil edilen bir parametredir. Hoek (1998)' de GSI sistemine foliasyonlu – laminalı –makaslanmış ve sağlam veya masif gurubunu da ekleyerek GSI sınıflama sistemini yeniden düzenlemiştir.

GSI değerindeki küçük bir değişim kaya kütlesinin dayanımını doğrudan etkilediğinden süreksizlik yüzeyi koşulunun ve kaya kütlesi yapısının ölçülebilen veya tanımlanabilen kaya kütlesi parametreleri esas alınıp daha duyarlı bir şekilde tayini amacıyla Sönmez ve Ulusay (1999), Ulusay ve Sönmez (2002)'de ölçülebilen veya tanımlanabilen bir puanlama sistemine geçilmesi gerekli görülmüştür. Bu çalışmalarda, "Yapısal Özellik Puanı (SR)" ve "Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı (SCR)" olarak tanımlanan iki parametrenin GSI sistemine dahil edilmesini önermişlerdir.

Fliş gibi heterojen kaya kütleleri için GSI değerinin belirlenmesi için Marinos ve Hoek (2001) tarafından ayrı bir çizelge önerilmiştir. Buna göre Kumtaşlarındaki silttaşı ve şeyl oranına bağlı olarak bir GSI değeri elde edilmektedir.

GIS değerinin tahmin edilmesinde tünel içerisinde ve şevlerdeki patlatma ve gerilme boşalması etkileri ortaya koymak için Hoek ve diğ. (2002) 0-1 arasında değişen Bozunma Derecesi Faktörünü (D) formüle dahil etmişlerdir.

Kaya kütle dayanım özelliklerini belirleyen m_b, s ve a parametreleri Örselenme Derecesi Faktöründe göz önüne alınarak aşağıda sunulmuştur.

$$\mathbf{m_b = m_i \ exp}\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right) \qquad \textbf{(E.3.2)}$$

GSI >25 için, kaya kütlesi iyi kalitededir. Orijinal Hoek Brown ölçütüne uygulanmasıyla

$$\mathbf{s} = \exp\left(\frac{GSI - 100}{93D}\right) \qquad \textbf{(E.3.3)}$$

ve

$$\mathbf{a} = \mathbf{0.5} \qquad \textbf{(E.3.4)}$$

GSI < 25 için kaya kütlesi çok kötü kalitededir. Değiştirilmiş Hoek Brown ölçütüne uygulanması ile,

$$\mathbf{s} = 0 \qquad \textbf{(E.3.5)}$$

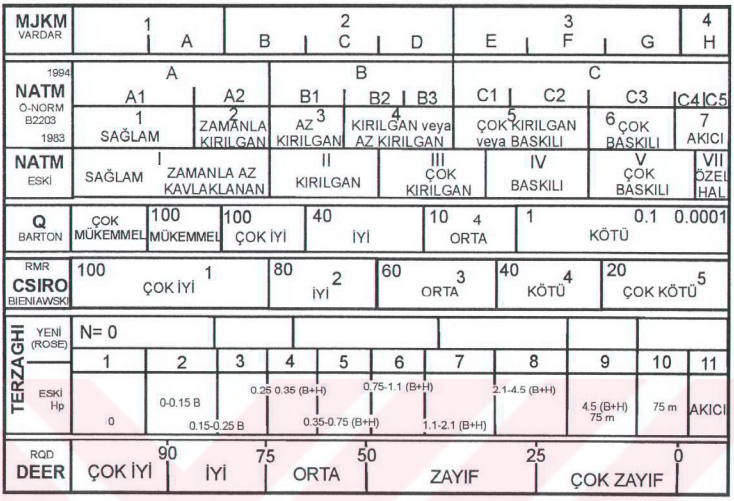
ve

$$\mathbf{a} = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}\left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3}\right) \qquad \textbf{(E.3.6)}$$

3.2.6. Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemleri

Kaya kütlelerinde gerçekleştirilen kazılarda özellikle kaya kütlesinin yapısı, davranışı ve uygulanacak destek tipinin belirlenmesi için günümüzde bir çok yöntem geliştirilmiştir. Yaygın olarak kullanılan kaya kütle sınıflandırma sistemleri ve bunların kendi aralarında korelasyonu Vardar (2002) tarafından ortaya konmuştur (Şekil 3.1).

Kaya kütlesi sınıflama sistemleri pratik gereksinimlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmış teorik bilgilerden oluşan sistemler olarak görülse'de tünelcilik pratiğinde günlük işlerin bir parçası olarak yoğun kullanım alanına sahiptirler. Tünelin kazı sistem ve yöntemleri, destekleme elemanlarının seçimi ve bunların uygulanması sözleşmelerin hazırlanması, maliyetlerin çıkarılması, ödemelerin yapılması vb. bir çok tünelcilik uygulamasının temeli kaya kütlesi sınıflama sistemleridir.



Şekil 3.1. Farklı kaya kütlesi sınıflarının karşılaştırılması (Vardar, 2002)

Jeoteknik tasarım amaçlı kaya kütle sınıflama sistemleri analitik, ampirik (görgül) ve ölçme-gözleme dayalı yöntemler olmak üzere üç ana yönteme ayrılır. Analitik yöntemler kazıların duraylılık koşullarının araştırılması ve kaplamadaki gerilme-deformasyon ilişkilerinin analizi için kullanılır. Bu yöntemler, sonlu elamanlar, sonlu farklar ve sınır elamanlar vb. yöntemlerdir. Görgül yöntem, zemin koşulları bilgisinden yararlanarak istatistiksel bir takım yaklaşımlar ortaya koyar. Bu yöntemler, Kaya yükü (Terzaghi, 1946), RQD (Deere and Miller,1966), RSR (Wickham ve diğ., 1972), RMR (Bieniawski, 1976-1989), Q (Barton, ve diğ.,1974, Grimstad ve Barton, 1993) vb. Görgül yöntemlerin bir çoğu kabaca ortalama destek gerekliliğinin tahmininden başka bir şey vermez Ancak mühendislik kararları verilirken pratik amaçlar için yeterlidir (Franklin ve Dusseault, 1991). Gözleme dayanan Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi (NATM) (Rabcewicz, 1964), özellikle kazı ve çevresinden elde edilen deneyimler ve jeodetik aletler kullanarak aletsel izleme çalışmalarını kapsar.

Bu yöntemler mühendislik tasarım yöntemi olmakla birlikte, aslında tasarıma yardımcı olan ve ön tasarım amacıyla kullanılabilecek birer araç olarak değerlendirilir. Kaya kütlesi sınıflama sistemlerinin bu çerçevede algılanması ve doğru kullanılması halinde, günümüzde pek çok mühendislik uygulanmasında başarı ile kullanılmaktadır (Özkan ve Ünal, 1996).

Bu tez kapsamında ampirik sınıflama sistemi kapsamında yer alan RMR (Beiniawski, 1989) ve Q (Barton ve diğ., 1974, Grimstad ve Barton, 1993), analitik yöntemlerden Phases^2 2D (Hoek, 2002) ve ölçme-gözleme dayanan NATM (Rapcewicz, 1964) yöntemleri Diyojen ve Kırkgeçit-1 tünellerinde karşılaştırmalı olarak uygulanmıştır.

3.2.6.1. Analitik Yöntemler

Phases^2 2D (Hoek, 2002) sonlu elamanlar, sınır elamanlar veya bu ikisinin karışımı olan hybrid (melez) bir program olarak kullanılan gerilme-yerdeğiştirme analiz paketidir. Hybrid yeraltı açıklıklarının analizi için en yararlı ve en kullanışlı seçenektir. Çünkü her iki teknikteki en iyi özellikleri kullanır. Kazıyı saran kayada karmaşık malzemenin davranışını analiz etmeye yarayan sonlu elamanları kullanılarak model oluşturulur. Uzak alan koşulları, basitleştirilmiş yerinde gerilmelerin davranışını ve tüm modelin yeterli ölçümlerini ortaya koyan sınır elamanlarca modellenir. Kullanılan sınır elamanlar modelinin bazı sınırlamaları vardır (homojen, izotrop, linear elastik malzeme). Sınır elamanlar kullanıldığı zaman elastik gerilme analizi hızlı bir şekilde gerçekleşmekte ve aşırı gerilme zonunu göstermektedir.

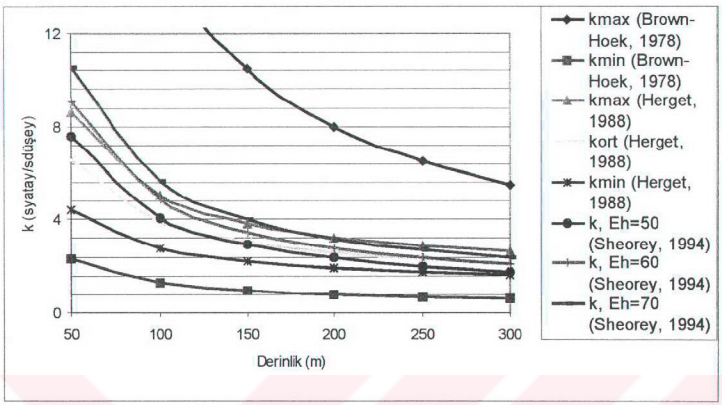
Otomatik ağ oluşturucu özellikteki phases^2 2D geometrik ağ kullanımını göz önüne alarak derecelendirir. Bu özellik kullanıcının modeli kurmasını sağlamakta ve zaman kaybını önlemektedir.

Phases^2 2D programında kazı kademelere ayrılarak modellenebilmektedir. Bir model üzerinde farklı özellikler gösteren bölgeler farklı bir malzeme olarak tanımlanabilmektedir. Bu modeller üzerine istenilen destekleme özellikleri ayrı ayrı uygulanabilmektedir. Eğer kaya bulonu uygulanacaksa kaya bulonu özelliklerinin

yanı sıra istenilen boyut ve adette sistematik bir şekilde bulonlama yapılabilmektedir. Yine aynı şekilde püskürtme beton uygulaması istenilen bölgeye istenilen kalınlıkta uygulanabilmektedir. Çözümlemeler sırasında eğer gerilme koşulları sabit (constant) seçilirse σ_1 ve σ_3 asal gerilme değerlerinin girilmesi gerekir, eğer gerilme koşulları derinliğe (Gravity) bağlı olarak seçilirse k katsayısına bağlı olarak gerilme değerleri belirlenmektedir.

Diyojen ve Kırkgeçit-1 tünellerinde Phases[2] 2D programı tünellerin açıldığı bölgedeki örtü yükü kalınlığına bağlı olarak k katsayısı belirlenerek tüneller belli bölümlere ayrılarak modellemelere gidilmiştir. Her bir bölümde kazı aşaması ve malzeme özellikleri girilerek tünel kesiti ve çevresinde gelişen maksimum (σ_1) ve minumun (σ_3) asal gerilme değerleri, güvenlik faktörü ve toplam yerdeğiştirme analizleri tünel desteklemesi yapılmadan önce ve tünel desteklemesi (kaya bulonu ve püskürtme beton) yapıldıktan sonra ayrı ayı belirlenerek modellemeler yapılmıştır.

Özellikle yeraltında oluşturulan tünel tipi bir açıklığa başlıca etkin en önemli faktör kayadaki gerilmelerdir. Bozulmamış kaya kütlesindeki gerilmeler çoğunlukla üstte bulunan kaya yükü nedeniyle oluşur. Büyüklüğü yüzeyden derinlere doğru indikce değişen gerilmeler yüzeye yakın kesimlerde tektonik kuvvetler, (kıvrımlanma sonucu oluşan), süreksizlik düzlemleri ve yanal genişlemeye karşı tutan kuvvetlerin etkisi altında bulunur. k (yanal basınç katsayısı) katsayısı Belirli bir derinlikte yatay gerilmeler (σ_y) ile kaya üzerindeki örtü yükü ile ifade edilen düşey gerilme (σ_v) arasındaki oran ($k= \sigma_y/\sigma_v$) ile ifade edilmektedir. Tünel kazısı ve destekleme sistemi üzerinde büyük etkisi olan k faktörünün derinlikle değişimi Brown-Hoek (1978), Herget (1988) ve Sheorey (1994) gibi bir çok araştırmacı tarafından bir takım yaklaşımlarla ile ortaya konmuştur. Farklı araştırmacılar tarafından ortaya konan k faktörünün derinlikle değişimi Çan (1999) tarafından grafiksel olarak belirlenmiştir. Diyojen ve kırkgeçit-1 tünellerinde k katsayısının derinlikle değişimi bu grafikten yararlanılarak Sheorey (1994)'e göre belirlenmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Farklı araştırmacılara göre k değerlerinin derinliğe bağlı olarak değişimi (Çan, 1999)

3.2.6.2. Ampirik (görgül) Yöntemler

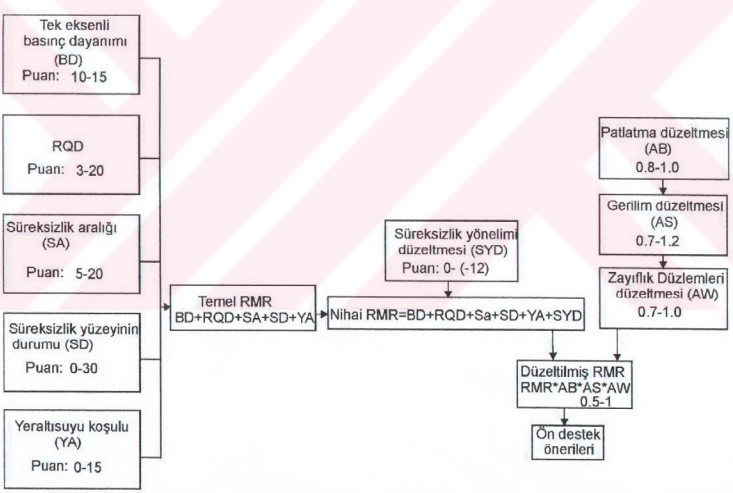
3.2.6.2.(1). RMR Sınıflama Sistemi

İlk kez Bieniawski (1976) tarafından önerilen bu sistem birkaç kez modifiye edildikten sonra 1989'da yapılan değişiklikle (Bieniawski 1989) son şeklini almıştır. RMR kaya kütle sınıflama sistemi belirlenirken 6 parametreden yararlanılır:

1. Kayacın Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (σ_c)
2. Kayaç Kalite Göstergesi (RQD)
3. Süreksizlik Aralığı
4. Süreksizliklerin Durumu
5. Yeraltı Suyu Durumu
6. Süreksizliklerin Yönelimi

Kaya kütlesinin RMR değeri belirlenirken Bieniawski (1989)'daki son versiyon kullanılarak sistemin ilk üç parametresi olan Tek eksenli basınç dayanımı, RQD ve süreksizlik aralığı puanları, Bieniawski (1989) tarafından önerilen puan tayin grafiklerinden, dördüncü parametre puanı, süreksizliklerin durumunun

puanlandırılması için önerilen kılavuzdan, 5. parametre puanı, sınıflama parametreleri ve puanları çizelgesinden yararlanılarak belirlenir. Bu ilk beş parametreden elde edilen puanlar toplanarak temel RMR değeri elde edilir. 6. parametrenin puanı süreksizlik yönelimine göre düzeltme çizelgesi kullanılarak belirlenir ve temel RMR değerinden 0-12 puan arasında bir azaltmaya gidilerek nihai RMR değeri elde edilir. Elde edilen RMR değerinden kaya kütlesi 0-100 arasındaki bir puan aralığında çok iyi kayadan - çok zayıf kayaya kadar sınıflandırılır. Eğer tünel içerisinde patlatma etkisi (A_B), zayıflık düzlemleri (A_W) ve gerilme değişimleri (A_S) varsa Laubscher (1977) ile Kendorski ve diğ. (1983) tarafından belirtilen bu düzeltme faktörlerinin RMR hesaplamasında gözönüne alınması gerekmektedir. RMR puanının hesaplanma aşamalarını belirten şema Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Ön destek önerileri için RMR puanının hesaplanma aşamalarını gösteren akım şeması (Ulusay ve Sönmez, 2002'den değiştirilerek)

3.2.6.2.(2). Q Sınıflama Sistemi

Bu sistem kaya kütle özelliklerinin ve tünel destekleme sisteminin belirlenmesi için Norveç Jeoteknik Enstitüsünde çalışan Barton, Lien ve Lunde (1974) tarafından önerilmiştir.

Q sistemi altı parametre kullanılarak sayısal olarak aşağıdaki formülle ortaya konmuştur.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \qquad \textbf{(E.3.7)}$$

1. RQD değeri
2. Eklem takım sayısı (J_n)
3. Eklem pürüzlülük sayısı (J_r)
4. Eklem alterasyon sayısı (J_a)
5. eklem su azaltma faktörü (J_w)
6. gerilme azaltma faktörü (SRF)

Formülde; RQD/J_n kaya kütlesinin genel yapısının ve blok boyutunun, J_r/J_a bloklar arası kayma dayanımının, J_w/SRF aktif gerilme değerinin bir göstergesidir.

Kazının mekanik davranışını ve tahkimat gerektirip gerektirmediğini bulabilmek için Barton ve diğ. (1974) kazı çapının veya yüksekliğinin kazı tahkimat oranına (ESR) bölümünü belirten eşdeğer boyut (D_e) kavramını tanımlamışlardır.

$$D_e = \frac{Çap\ /\ yükseklik}{ESR} \qquad \textbf{(E.3.8)}$$

Maksimum tahkimatsız açıklık, B_{max} (m):

$$B_{max} = 2(ESR)Q^{0,4} \qquad \textbf{(E.3.9)}$$

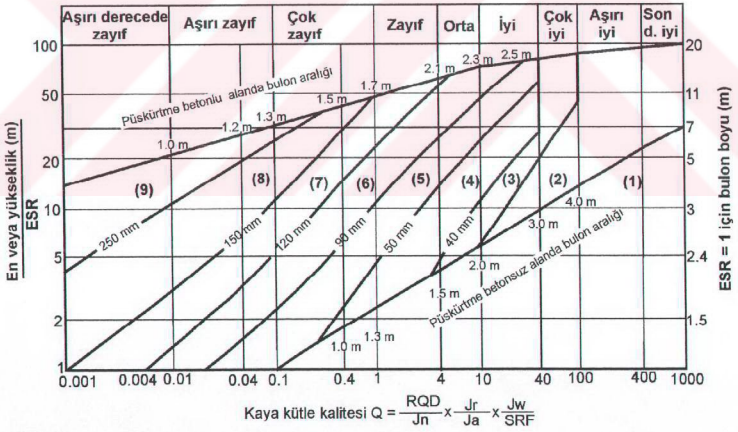
Sürekli tavan tahkimatı basıncı, P_{tavan} (kg/cm^2):

$$P_{tavan} = \frac{2}{J_r} Q^{-1/3} \qquad \textbf{(E.3.10)}$$

Eğer eklem sistemlerinin sayısı üçten az ise,

$$P_{tavan} = \frac{2}{3} J_n^{0.5} J_r^{-1} Q^{-1/3} \qquad \textbf{(E.3.11)}$$

Barton ve diğ. (1974)'e göre Q sisteminde son derece zayıftan – son derece iyiye kadar 9 adet kaya kalitesi ve 38 adet destek sınıfı bulunmaktadır. Daha sonra Grimstad ve Barton (1993) tünelcilikte fiber katkılı püskürtme betonu uygulamalarını gözönünde bulundurmak amacıyla destek sınıfını 9 kategoriye ayırarak Q kaya sınıflama destek sınıflaması ile ilgili yeni bir düzenlemeye gitmişlerdir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Q sistemine göre tahmini destek sınıfları (Grimstad ve Barton, 1993)

3.2.6.3. Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi

İlk kez Prof. Dr. L.V. Rapcewicz tarafından ortaya atılan Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi (NATM), dünyada ve Türkiye'de halen yaygın olarak kullanılmaktadır. NATM gerçekte, orjinal Almanca açılımı ile "Neue Österreichische Tunnelbauweise" olup, İngilizceye "New Austrian Tunnelling Method" olarak çevrilmiştir. Bu isimlendirme bir yapım yönteminden çok bir tünelcilik kavramı olup, tünel açma yöntemi deyimi Almancadan İngilizceye ceviri sırasında ortaya çıkmıştır.

Prof. L.V. Rabcewicz 1948'de NATM'ın ilk temellerini atmış ve patent için başvurmuştur. Ancak NATM 'ın asıl yayılımını 1964'ün Kasım, Aralık ve 1965'in Ocak aylarındaki Water Power dergisinde (Rabcewicz, 1964) üç bölümlük makalelerinden sonra yapmıştır (Sauer, 1997).

Prof. Dr. L.V. Rapcewicz 1948'de patent için başvurduğunda NATM için aşağıdaki tanımlamayı yapmıştır (Kahyaoğlu, 1998).

"İnce gecici 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 sonra dahada ince bir yapı halinde son destekleme yerleştirilebilecektir. Deformasyonlar ölçümler ile gözlenmeli ve sonuçlar yapısal analiz ve yapısal tasarım ile birlikte değerlendirilmelidir."

Zaman içerisinde NATM yönteminin, değişik ülkelerde ve projelerde uygulanması sonucu, değişik tanımlamalar ortaya çıkmıştır. Ancak tüm tanımlamalarda ortak olarak kabul edilen prensipler kısaca, aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

1. Tüneli çevreleyen kaya ve zeminin iç dayanımı korunmalı ve mümkün olduğunca maksimuma ulaştırılmalıdır.
2. Zeminin veya kayanın, tüm dayanımına güvenli şekilde ulaşması için kontrollü deformasyon gerekmektedir. Ancak, dayanım kaybına veya kabul edilemeyecek oturmalara neden olabilecek aşırı deformasyonlar engellenmelidir.

3. Bu koşullar sistematik bulonlama, ince-yarı esnek püskürtme beton kaplaması ile sağlanabilir. Ancak hangi destekleme kullanılırsa kullanılsın, bu destekleme sistemi tüneli çevreleyen zemin veya kaya kütlesi ile tam temasta olmalı ve onunla birlikte deforme olmalıdır.
4. Desteklemenin ve ön püskürtme beton halkasının kapatılması, zamanlaması deformasyonların kontrolü açısından büyük önem taşımaktadır.
5. İlk destekleme, gereken tüm desteklemenin bir kısmını veya tamamını temsil edebilir. İkincil ve (son) desteklemenin boyutlandırılması, ilk destekleme elemanlarındaki gerilmelerin ve tünelin deformasyonlarının ölçülmesi (gözlenmesi) ile yapılabilir.
6. Yapım sırasında, tünelin desteklemeden bırakılmış kısmının uzunluğu, mümkün olduğunca az olmalıdır.
7. Projenin tasarım ve yapım aşamalarında bulunan tüm taraflar (projeci, kontrol elemanları, müteahhit elemanları, v.b.) NATM'ın yaklaşımını ve prensiplerini iyi anlamış olmalılar, karar verme ve sorun çözülmesi aşamalarında birlikte davranmalıdırlar.

Tünellerde kullanılan kaya kütlesi sınıflandırması temeli Rabcewicz-Pacher sınıflamasına dayanan ÖNORM B2203'e göre yapılmakta olup, iksa sınıflarının tespitine destek oluşturmak üzere tesis edilmiş kaya sınıflandırma sistemi Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Tünellerin inşaatı sırasında her bir kazı aynası Çizelge 3.1'de verilen sınıflamaya göre sınıflandırılmakta ve projelerde bu sınıflara karşılık gelen destekleme sınıfları ve elemanları kullanılmaktadır. Her bir raunt uzunluğu ve kaya sınıfı öncelikle kazı aynasında görülen jeolojik yapıya göre tanımlandıktan sonra jeoteknik gözlemler ve deformasyon ölçümleri değerlendirilerek gerekirse uygulanan kaya sınıfı değişikliğine gidilir.

Çizelge 3.1. ÖNORM B2203 (1994)'e göre kaya sınıflaması

Kaya Sınıfı Tarifi	ÖNORM B2203 Ekim 1994 ve sonrası	ÖNORM B2203 Ekim 1994 öncesi
A	A1 duraylı	A1 duraylı
	A2 sonradan az sökülen	A2 hafif aşırı sökülen
B	B1 gevrek	B1 gevrek
	B2 çok gevrek	B2 çok gevrek
	B3 taneli (gevşek)	
C	C1 dağ atma	C1 baskılı
	C2 baskılı	
	C3 çok baskılı	C2 çok baskılı
	C4 akıcı	L2 gevşek zemin düşük kohezyon
	C5 şişen	L1 gevşek zemin düşük kohezyon

3.2.7. Yeraltı Kazılarında Oluşan Deformasyonlar

Özellikle yeraltında oluşturulan tünel tipi bir açıklığa başlıca etki eden en önemli faktör kayadaki gerilmedir. Gerilme, bir noktaya veya bir yüzeye etki eden kuvvet olarak tanımlanır. Düzenli gerilme terimi, bütün yönlerde gerilmenin eşit olduğu durumlarda kullanılır. Düzenli gerilme aynı zamanda "basınç gerilmesi" olarakta adlandırılır. Çünkü, litosfer içindeki herhangi bir kaya kütlesi, onu çevreleyen kayaçlar tarafından sıkıştırılır ve onu üzerleyen kayaçların ağırlığı ile düzenli gerilmeler oluşur. "Farklı gerilme", bütün yönlerde eşit olmayan gerilmelerdir. Kayaların deformasyonuna neden olan gerilmeler genellikle farklı gerilmelerdir. Farklı gerilmeler çekme, sıkıştırma ve kesme olmak üzere üç şekilde gelişmektedir. Çekme gerilmeleri, kayacı gerer, sıkıştırma gerilmeleri kayacı sıkıştırır, kesme gerilmeleri ise kaymaya veya şekil değişikliğine neden olur.

Kayaçta deformasyonu tanımlayan terim "gerinmedir" (strain). Gerinme sonucunda katı kütlede boyut, şekil değişimi veya her ikisi birden oluşabilir. "Düzenli gerilmeler", katı kütlenin boyutunu değiştirirken, şekil değişikliğine neden olmaz. "Farklı gerilmeler" ise katı kütlenin şeklini değiştirir, boyutu değiştirebilir de, değiştirmeyebilir de.

Kabuk içindeki deformasyonların çoğu, gözle görülemeyecek kadar yavaş ve derinlerde gömülüdür. Bu büyük nitelikteki hareketler, çok yavaş gelişirler. Buna rağmen, bazen deformasyon gözle görülebilecek ölçüde ve ölçülebilecek kadar hızda oluşabilir. Kabuğun gözlenebilir deformasyonu, büyük ölçekte iki gruba ayrılabilir; *"ani gelişen hareketler";* kırılmaları kapsar. Burada bloklar, birkaç dakikada veya saatte, birkaç santimetreden birkaç metreye ani olarak hareket ederler. *"Dereceli hareketler"* plastik deformasyonu kapsar. Burada yavaş ve sürekli hareketler, ani bir hareket olmaksızın gelişirler (Skinner, ve Porter, 1995).

3.2.7.1. Yeraltı Kazılarında Yerdeğişim Vektör Yönlenmeleri ve Değerlendirilmesi (NATM'a göre)

Sıkışabilir zemin içinde, inşaa edilen tünellerden sağlanan jeodetik izleme verilerinin değerlendirilmesi, günümüzde yerdeğişim vektör yönlenmelerinin değerli bilgiler sağladığını göstermiştir. Çeşitli çaplardaki kayaç kütle sertliği içindeki değişikliklerin yanında, ilksel gerilme yönlenmelerindeki sapmalarda incelenmektedir. Gelişmiş yeni aletlerle, tünel çevresindeki gerilme durumu ve ayna yönüne doğru kaya kütlesinin davranışı, kısa süreli tahminlerle daha iyi anlaşılmakta ve değerlendirmeler yapılabilmektedir.

Zayıf ve oldukça heterojen kaya içerisinde, büyük derinliklerde açılan tüneller, gelişen mühendisliğin başarısıdır. Kaya kütlesinin heterojenliği, yüksek deformasyon ve düşük dayanım, tünel performansının tahminindeki zorlukların başlıca sebepleridir (Schubert ve Steindorfer, 1995).

Genel olarak jeodetik durum, yer seçimi programı dahilinde olduğu bilinmesine rağmen, heterojenlik, kazı süresince tünel duraylılığını, deformasyonu ve

gerilmeleri güçlüce etkilemektedir. Tünelin ekonomikliği ve güvenilirliği için devam eden bazı koşullar altında tünel desteklenmesi gerekmektedir.

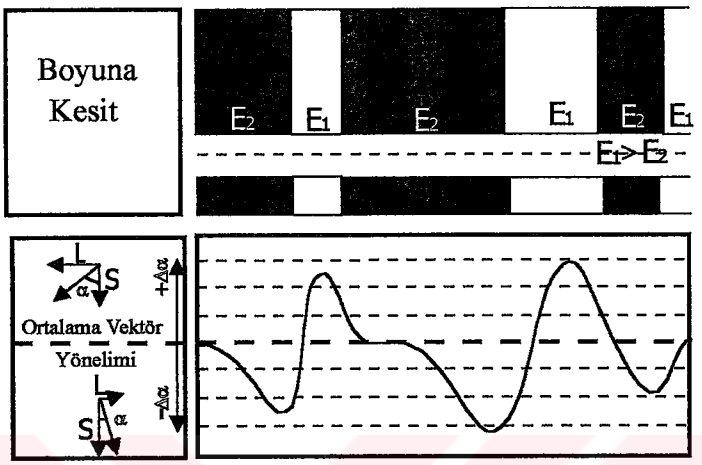
Başarılı bir tünelcilik için kaya kütlesinin yapısı, aynanın ilerlediği yön boyunca yer alan kaya kalitesinin iyi ve kısa süreli tahminleri esastır. Tünel kazısı süresince, sistematik bir izleme, destekleme tipi ve kaya kalitesinin belirlenmesinde önemlidir. Sistematik izleme, tünel duraylılığının kontrolünde ve her bir ölçüm noktasında jeodetik yerdeğiştirme vektörünün belirlenmesinde kullanılır. Avusturya Mutlak Yerdeğiştirme İzleme Yöntemi, Geniş Ölçekli Göreceli Yerdeğiştirme Yönteminin yerini almıştır. Kaya kütle yapısı bilgilerindeki artış, tünel kazısı süresince jeomekanik işlemlerin daha iyi anlaşılmasına izin verir.

Fay zonu ve zayıf kaya içinde açılan tünellerden kazanılan deneyimler, bütün dünyada iyi bilinmektedir. Kaya kütlesinin düşük dayanımı, yüksek deformasyona uğrama özelliği ve heterojenliği, tünel performasyonun tahminindeki başlıca zorluklara işaret eder. Araştırma programlarından, bilinebilen jeolojik durumlarına rağmen, tekil birimlerinin yüksek gerilmeleri ve deformasyonları kazı sırasında tünel duraylılığını etkiler. Güvenilir ve ekonomik tünelcilik için, bazı koşullar altında sürekli kazı adaptasyonu ve destek gereklidir. Açıkça başarılı bir tünelcilik için, kaya kütle yapısının iyi, kısa - dönem tahmini, kazı alanı dışında ve ayna ilerisindeki kaya kütlesininde kaliteli olması gereklidir. Dizayn sırasında tam modellemenin yanı sıra, kayaç kütlesi destek yapısı davranışının sürekli ve yeterli izlenmesi, arazideki kararlar için temel oluşturur (Schubert ve Vavrovsky, 1994).

3.2.7.2. Sayısal Yaklaşımlar

Değişebilir deformasyon özelliğine sahip kaya kütlesi içerisinde tünel açıldığında, ortalama yerdeğiştirme vektör yönlenimindeki sapmalar Şekil 3.5'deki gibi olur. Kısa mesafelerde çok sık değişen deformasyon özelliklerine sahip kayaç kütlesinde açılan tünellerde, düşük elastisite modülüne sahip kısımda, gerilme yoğunluğu oluşacaktır. Sağlam kayaç kısımlarının çoğu, nispeten dar, aşırı yüklenmiş ayna veya aynaya yakın bölgelerde yenilmiş olabilir. Bu bölgelerdeki yüklerin dağılımı önceden zayıf kayacın varlığına işaret eder, birçok durumda bu

"akma" olarak yorumlanabilir. Nispeten iki sert kütle arasında kalan fay zonundaki kemerlenme etkisi, izleme verilerinin belirgin eğilimlerinin bulunmasından sonra değerlendirilir. Bu durum sayısal yaklaşımlarla verilir (Steindorfer ve Schubert, 1997).



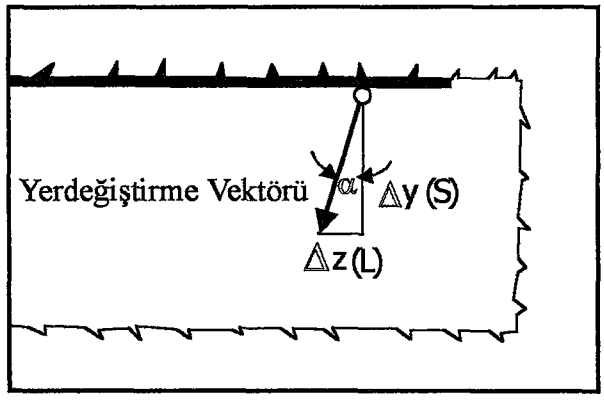
Şekil 3.5. Sık sık sertliği değişen kaya kütlesi içerisinde tünel açıldığında oluşan vektör yönlenmelerinin değişimi (Steindorfer ve Schubert, 1997)

Bir ölçüm kesitine ait, yatay, düşey ve boyuna yerdeğiştirme bileşenleri, zamana karşı işaretlendiğinde, bir veya daha fazla izleme noktası aynı grafik üzerinde gösterilebilir. İnşaat aşamalarının da aynı grafik üzerinde işaretlenmesi, inşaat ve yerdeğiştirme arasındaki korelasyonunda yapılmasını sağlar (Steindorfer ve Schubert, 1997).

3.2.7.3. Yerdeğişim Vektör Yönlenmeleri

Mutlak yerdeğiştirmelerin izlenmesi alan içindeki yerdeğiştirme vektörlerine ait bilgiler sağlar. Geleneksel olarak, toplam vektör bileşenleri oturma, yanal yerdeğiştirme ve daha da günceli boyuna yerdeğiştirmeler olarak gösterilir. Bunlardan yararlanılarak kaya kütle yapısı hakkında ve tünele içerisindeki kaya kütlesi içindeki deformasyon olayı hakkındaki ek bilgiler elde edilir. Yerdeğişim vektör yönlenmeleri ve zamana bağlı olarak değişimleri, tünel eksenine dik bir düzlem içinde gösterilir. Bunlar tünel yönündeki yerdeğiştirmeleri de kapsar (Schubert ve Steindorfer, 1996).

Belirli eğilimlerinin gözlenebilmesi amacıyla, boyuna yerdeğiştirme (Δz) ve oturma (Δy) arasındaki oran L/S bulunur (Şekil 3.6). Bu oran düşey düzlemde yerdeğiştirme vektörü ve açının tanjantı (α) ile temsil edilmektedir

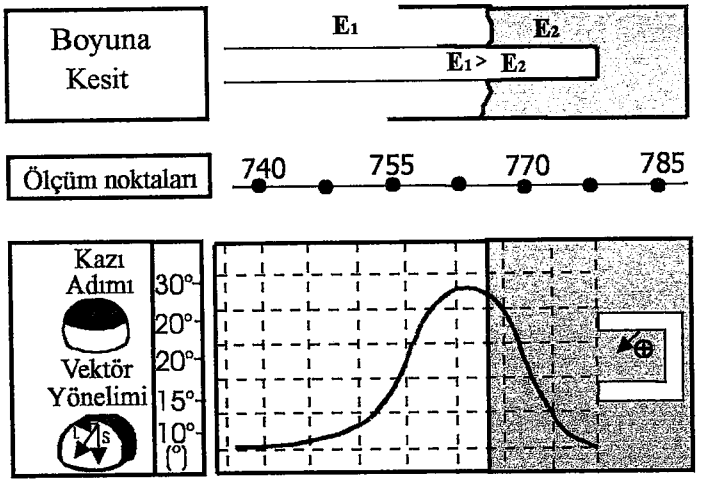


Şekil 3.6. Yerdeğiştirme vektörünün, boyuna ve düşey bileşenleri (Schubert ve Budil, 1995)

Aynadan sabit uzaklıkta veya kazı sonrası sabit zaman aralığındaki L/S oranlarının birleştirilmesi ile eğilim hatları veya etki hatları sağlanır. Bunlar o anki eğilimi gösterir ve aynanın ilerisinde zemin davranışlarına ait tahminlerede imkan sağlar (Schubert ve Budil 1995).

3.2.7.4. Tünel Ekseni Boyunca Yatay ve Düşey Düzlemde Vektör Yönlenmelerinin Tasarımı

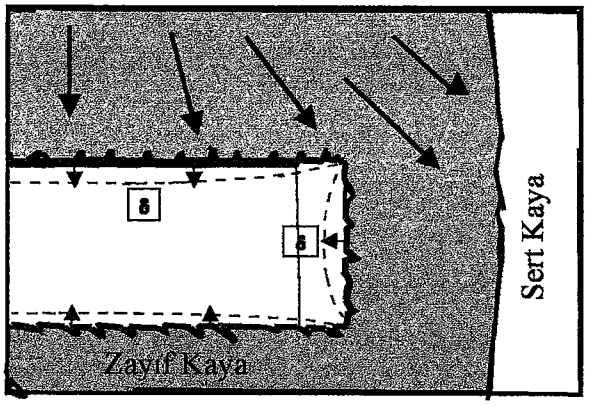
Tünel içindeki yerdeğişim vektörlerinin yönelimi, tünel eksenine doğru paralel düzlemler içinde tasarlanır. Değerlendirmelerde genellikle aynadan sabit uzaklık veya zaman aralığındaki, yerdeğişim vektör yönlenmelerini gösteren eğilim hatları kullanılmıştır. Tünel ekseni boyunca, düşey düzlem içindeki vektör yönlenimi (oturma ve boyuna yerdeğiştirme bileşeni) aynanın oldukça ilerisindeki, kaya kütle sertliği içerisindeki değişiklikleri gösterir. Kazı daha zayıf zona yaklaştığında, yerdeğişim vektör yönlenmesi, kazı yönüne karşı artma eğilimi gösterir (Şekil 3.7). Aynanın ilerisindeki daha sert malzemede eğilimin aksine nispeten düşük değerlerdeki boyuna yerdeğiştirmeler ve hatta kazı yönündeki yerdeğiştirmeler bile gözlenebilir (Schubert ve Steindorfer, 1995).



Şekil 3.7. Tünel kazısı deforme olmuş zayıf bölgeye yaklaştığında, yerdeğiştirme vektör yöneliminin eğilimini gösteren boyuna kesit (Schubert ve Steindorfer, 1995)

Tünel ekseni boyunca yatay düzlem içindeki vektör yönlenmeleri (yanal ve boyuna yerdeğişim bileşenleri), kazı alanı dışındaki kaya kütlesi içerisindeki sertlik dağılımı üzerine ek bilgiler sağlar. Düşey düzlem içerisindeki vektör yönelimleri ile birlikte, tünelin içinde açıldığı kaya kütle yapısının tanımlanmasında kullanılır.

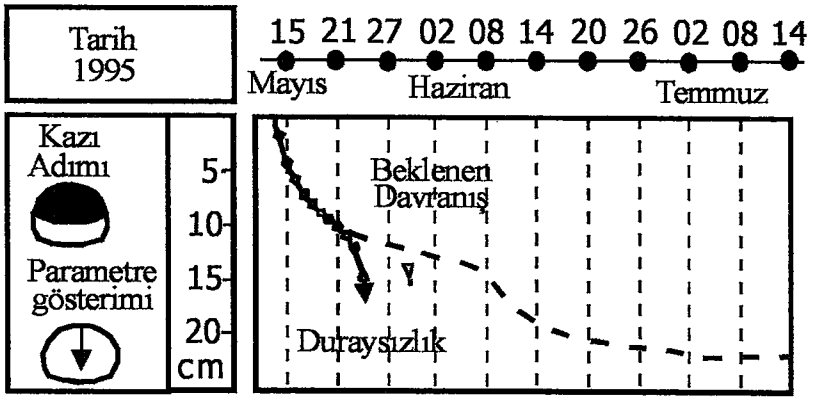
Heterojen kaya kütlelerinde (Şekil 3.8) tünel açıldığında, aynadan belirgin uzaklıklarda L/S oranları düzenli işaretlendiğinde, ilk olarak güçlü yerel değişimler gözlenir. Kazı sert kayaçlara yaklaştığında, L/S oranı normalin altına düşer veya negatif olabilir. Göreceli olarak, daha sert kayaya doğru ilerledikce L/S oranı daha yumuşak kaya kütleleri içerisinde olduğundan daha yüksektir. Bu oran çeşitli çaplarda normalin ötesinde belirgin olarak artar. Her iki olayda, tünel kazısı sonucunda aynanın ilerisinde boyuna ve tünel çevresindeki radyal gerilme dağılımının neden olduğu etkiler olarak yorumlanabilir. Tünelcilik zayıf zemin içinde yapıldığında, daha gevrek sert kayaçlara yaklaşıldığında, bu kayaç kütleleri gerilmeleri çeker. Bu şekilde aynaya çok yakın yerdeğiştirme vektörleri ve ana gerilme yönleri değişir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Kazı sert kayaya yaklaştığında, ana gerilme yönlerinin değişimi (Schubert ve Budil, 1995)

3.2.7.5. Duraylılık Sürelerinin Gözlenmesi ve Nihai Yerdeğiştirmelerin Tahmini

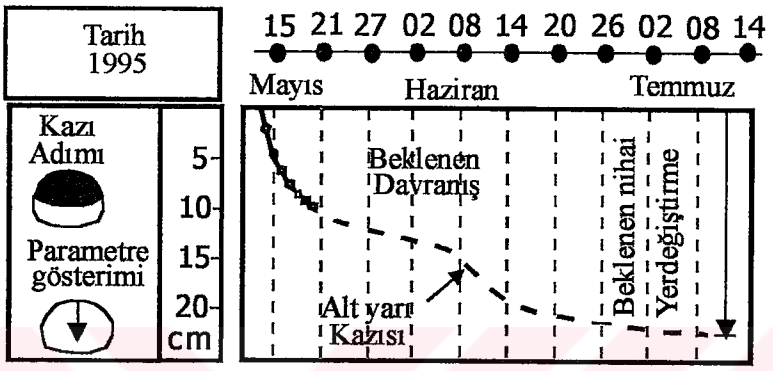
Bu amaçla bakıldığında, yerdeğiştirmenin mutlak şiddeti pek önemli değildir. Yer değiştirme hızı, Şekil 3.9'da beklenen davranış eğrisi gibi zamanla sürekli azalmaktadır. Ancak bu eğrideki herhangi bir hızlanma sıralı kazı adımları (alt yarı kazısı) gibi sebeplerden kaynaklanmıyorsa duraysızlığa işaret eder (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Belli bir zamana göre ölçümü yapılmış deformasyon özellikleri temel alınarak beklenen davranış eğrisinin zamana bağlı olarak değişimi ve duraysızlık durumu (Schubert ve Steindorfer, 1996)

Büyük derinliklerde gömülü zayıf kayaçlarda, yer değiştirmeler önemli miktarlara ulaşabilirler. Nihai yerdeğiştirmenin iyi tahmini (Şekil 3.10), zaman ve

para kaybını önleyecektir. Bugüne kadar nihai yerdeğiştirmelerin tahmini için sihirli bir formül bulunamamıştır. Deneyimlere ek olarak, zamandan bağımsız tünel yaklaşımı fonksiyonunca sağlanan uygun eğriler temel alındığında desteklemenin ne zaman ve hangi tipte olacağının belirlenmesi gibi bazı durumlara yardımcı olabilmektedir (Schubert ve Steindorfer, 1996).



Şekil 3.10. Eldeki ölçüm değerlerinin daha önceki deneyimlerden ve gerçek jeolojik modellerle birleştirilerek nihai yerdeğiştirmelerin tahmini (Schubert ve Steindorfer, 1996)

3.2.8. Tünel İçerisinde Jeodetik Ölçümler

Jeodetik ölçümler tünelcilikte özellikle NATM'ın bir parçasıdır. Tünel içerisinde deformasyon ölçüm sistemindeki amaç; ortaya konan proje modeli ve proje özelliklerinin kontrol etmek, inşaat yöntemi, destekleme sistemini belirlemek ve gerçek zemin koşullarına göre ek ölçümlerin yapılmasını sağlamak, inşaat zararlarını en aza indirmek, para ve zaman kaybını ve çevreye yapının neden olabileceği zararları önlemektir.

Zemin yüzeyindeki oturmalar, yatay ve düşey yerdeğiştirmelerin izlenmesi, ankraj yükleri, tünel kaplamasındaki bükülmeler, tünel tabanındaki olası kabarmalar, tünel içerisindeki gevşek zonun genişlemesi, kaplamadaki teğetsel ve radyal gerilmelerin ölçülmesi ve kaplama üzerindeki su basıncı, inşaata başlamadan önce bina koşullarının araştırılması, eğim ölçümleri ve patlatmaya bağlı titreşimlerin belirlenmesi gerekmektedir. Farklı ölçüm verisinin doğru yorumlanması için inşaat aşaması ile ilgili bilgiler gereklidir. Bu bilgiler; gerçek kaya koşullarının tahmin

edilmesi, kaya sınıfının belirlenmesi, kazı oranı ve kazı yöntemi, geçici desteklemenin izlenmesi, deformasyon ölçen aletlerin yerleştirme sırası ve zamanı, ve ek zemin hareketlerinin izlenmesi, tünel aynasının durumu ve olağan üstü olayların gözlenmesi ve kaydedilmesi gerekmektedir.

Dünyada temel ölçüm yötemlerinden, karmaşık basınç ve deformasyon ölçen aletlere kadar çok çeşitli alet ve kayıt sistemi geliştirilmiştir. Herbir aletin temel özelliği dayanıklılık, güvenilirlik, sadelik, hızlı ve kolay kurulması, pratik çalışma sistemi ve kolay kalibrasyonudur. Tünellerde deformasyon ölçümleri yapılırken çok çeşitli ölçüm aletleri kullanılmaktadır. Aç kapa tünellerinde yük hücresi, tiltmetre, sondaj kuyusu ekstansiyometresi, yüzey ekstansiyometresi, piozometre, hidrolik basınç hücresi, inclinometre, oturma ölçer. Sığ tüneller için, tiltmetre, sondaj kuyusu ekstansiyometresi, piozometre, konverjanmetre, hidrolik basınç hücresi, inklinometre, gömülü deformasyon ölçer, oturma ölçer. Derin tünellerde ise, yük ölçer, konverjanmetre, kuyu ekstansiyometresi, hidrolik basınç hücresi ve 3D optik deformasyon gözlem sistemi kullanılmaktadır Çalışmaya konu olan tüneller derin tüneller sınıfına girdiğinden burada sadece derin tünellerde kullanılan ölçüm aletleri hakkında bazı bilgiler verilmiştir. Sinop Diyojen tünelinde Deformasyonların belirlenmesinde, konverjanmetre kullanılmış, Pozantı Kırkgeçit tünelinde ise 3D optik deformasyon gözlem sistemi kullanılmıştır.

3.2.8.1. Hidrolik Basınç Hücresi

Hidrolik basınç hücresi ile tünel kaplamasındaki gerilme dağılımını belirlemek için iki düzenek kurulmaktadır (Şekil 3.11). Birincisi, radyal yönde kaya ve püskürtme beton kaplaması arasındaki basıncın belirlenmesi, ikincisi ise teğetsel yönde püskürtme beton kaplamasında etkili olan gerilme dağılımını belirlenmesi. Hidrolik hücre kaya yüzeyinde veya püskürtme beton içerisinde yeralan bir flat jack'ten oluşmaktadır. Bu sayede püskürtme betonda artan gerilmeler flat jack üzerine etki etmekte ve buradaki değişimden basınç miktarı belirlenebilmektedir. Kurulma aşamasında muhafaza edilmesi önemlidir. Okumalar, hızlı, sonuçlar yüksek

hassasiyette, güvenilir ve maliyeti düşüktür (Geoconsult and Tefken Impresit J.V., 1994).

3.2.8.2. Yük Hücresi

Kaya bulonları içerisindeki yük ile ankraj kabloları içerisindeki çekme gerilmelerini ölçer. Sağlam çelik bir gövdeden oluşan yük hücresi merkezinde yer alan deformasyon göstergesi ile kaya bulonunun veya ankrajın kafa kısmına yapıştırılarak burada etkili olan yük kuvvetleri belirlenmektedir (Şekil 3.11). Her bir yük hücresi kullanılmadan önce kalibrasyonu yapılmalıdır. Sade, sağlam güvenilir bir alettir, uzaktan okumalar için idealdir (Geoconsult and Tefken Impresit J.V., 1994).

3.2.8.3. Kuyu Ekstensiyometresi

Kuyu ekstensiyometreleri, çok pozisyonlu çubuk tipte veya sabit noktalarda mekanik ankrajları olan tek tipte olmak üzere iki türlüdür. Kuyu ekstensiyometreleri zemin deformasyonları hakkında bilgi sağlar. Genellikle tünel etrafındaki derin yenilme zonunun belirlenmesinde kullanılır. Ayrıca tünel kaplaması üzerindeki bir noktada oluşan hareket miktarını ve kökenini belirlemede yardımcı olur. Bu sayede kaya blonunun uzunluğu belirlenerek, yenilme zonuna kadar uzanımı ve dizaynı sağlanabilmektedir. Kuyu ekstensiyometrelerinde çubuk önceden belirlenen kuyuya monte edilir. Böylelikle ankraj kafasıyla referans tüp arasındaki göreceli hareket ölçülür. Bu göreceli hareket göstergeli deformasyon ölçer ile veya elektrikli transdusörle belirlenir. Ekstensiyometreler güvenilir, hassas okuması kolay ve kurulması basit aletlerdir. Okumalarda hassasiyet 0.01 mm'dir. kuyu çapı 45 mm, sondaj deliği ekstensiyometreden 10-20 cm daha derin olmalıdır (Geoconsult and Tefken Impresit J.V., 1994). (Şekil 3.11).

3.2.8.4. Konverjanmetre

Tünel içerisindeki radyal yerdeğiştirmelerin belirlenmesi için yapılan ölçümlerdir. Bu sistemde çelik şeritmetre ve teodolit kullanılarak deformasyon ölçümleri yapılmaktadır. Daha önce jumbo ile püskürtme beton içerisinde anakayayıda içine alacak şekilde açılmış olan deliğin içine enjeksiyonla monte edilmiş ölçüm bulonları arasındaki yerdeğiştirmeler şeritmetre kullanılarak yapılmaktadır (Şekil 3.11). Konverjan ölçümler tünel deformasyonları hakkında genel bir izlenim vermektedir. Mutlak yerdeğiştirme hakkında bilgi vermezler sadece göreceli yerdeğiştirmeler ölçülebilmektedir. Genellikle duraylılık analizi için uygun bir yöntemdir. Okumalar şerit metre kullanılarak yapıldığından sıcaklık değişimiyle birlikte hatalı okumalar yapılabilmektedir. Bu sistemde okumalar için birden fazla kişiye ihtiyaç vardır. Okumalar uzun sürede yapılmaktadır. Operatörün tecrübesine bağlı olarak 0.1 mm hassasiyetle okumalar yapılmalıdır (Geoconsult and Tefken Impresit J.V., 1994).

3.2.8.5. Üç Boyutlu Optik Deformasyon İzlemesi (Mutlak ve Nisbi)

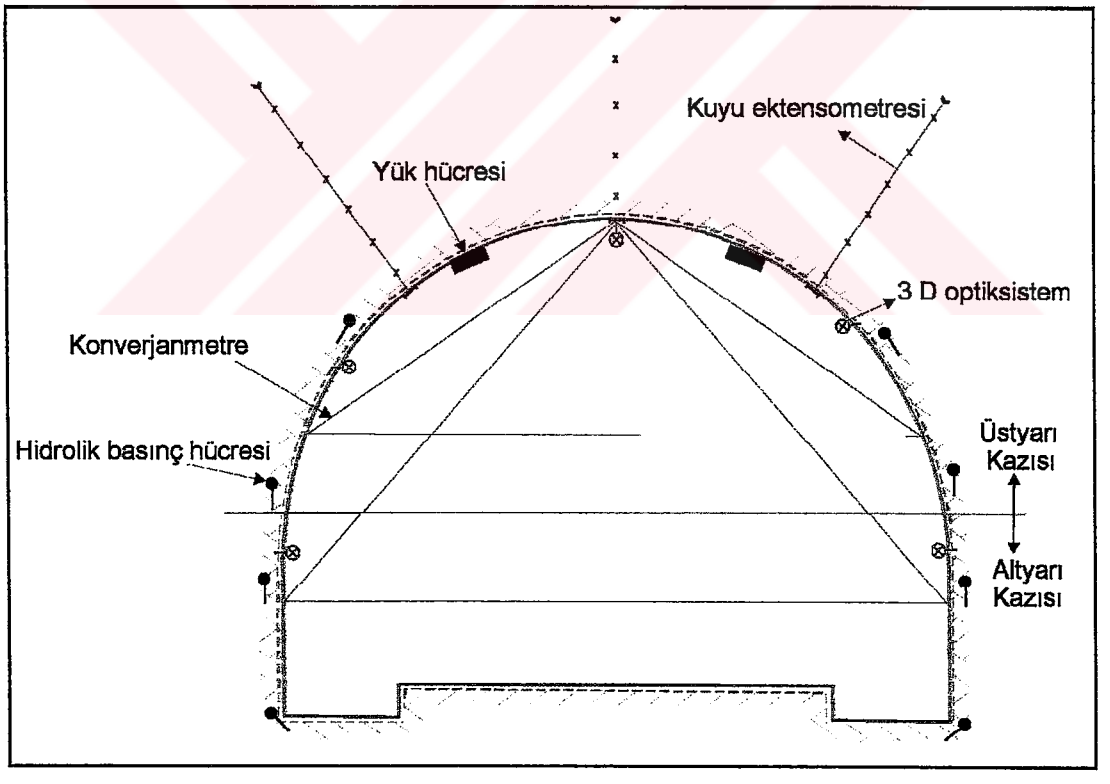
NATM'ın ana prensiplerinden biri olan yerinde ölçümler için 3 boyutlu optik deformasyon gözlem sistemi kullanılmaktadır. Bu sistem mekanik olarak çalışan konverjan metrelere göre oldukça avantajlı bir sistemdir. Bu sistemde ölçüm noktaları arasındaki yerdeğiştirme mutlak yerdeğiştirmelerdir. Yani ölçüm yapılan noktada 3 boyutlu olarak yerdeğiştirmenin hangi yöne olduğu kesin olarak bilinebilmektedir. Yine bu sistemin avantajı yatay ve düşey yerdeğiştirmelere ek olarak boyuna yerdeğiştirmelerin ölçülebilmesi ve vektörel olarak değerlendirilebilmesidir.

Sistemin en belirgin özelliği, serbest istasyonlarda uygulanabilmesidir. Bunun anlamı, alet (teodolit) herhangi bir uygun yere kurulabilir. Sonuçta inşaat çalışmalarının engellenmesi en aza indirilebilir. Zemin özelliklerine bağlı olarak sistemli bir şekilde belirlenmiş ölçüm noktalarının, üç boyutlu deformasyon izlemesi, mutlak koordinat sistemine yerleştirilmiş olan reflektörlerin, optik ölçümleri ile

belirlenir (Şekil 3.11). Yeraltında birbirleri arasındaki uzaklık 10-20 m olması tavsiye edilir. Kesitlerde duraylılık kontrolünün düzenli olarak yapılması gerekmektedir. Elde edilen verilerle ilgili hesaplamalar bilgisayarlarda yapılır ve grafiksel olarak sunulur. Bunlarda;

- Zamanla ilişkili üç boyutlu deformasyonların gelişiminin belirlenmesi,
- Kesit içerisindeki yerdeğişim vektörünün işaretlenmesini,
- İlerlemeyle ilgili deformasyonların gelişimini belirlenmesi,
- Jeoteknik eğilimlerin gelişimlerinin tespitini sağlar.

Düzeltme verileri dijital olarak kaydedilir. 20 noktadan oluşan bir profilin üzerindeki okumalar 5-6 dakika içerisinde 100 m'lik bir mesafede, ortalama 0.005 mm'lik bir hata ile reflektörler veya elektronik mesafe okuma sistemleri ile ölçülür (Geodata, 1997).



Şekil 3.11. Kaya içerisinde açılmış derin tünellerde kullanılan ölçüm aletleri

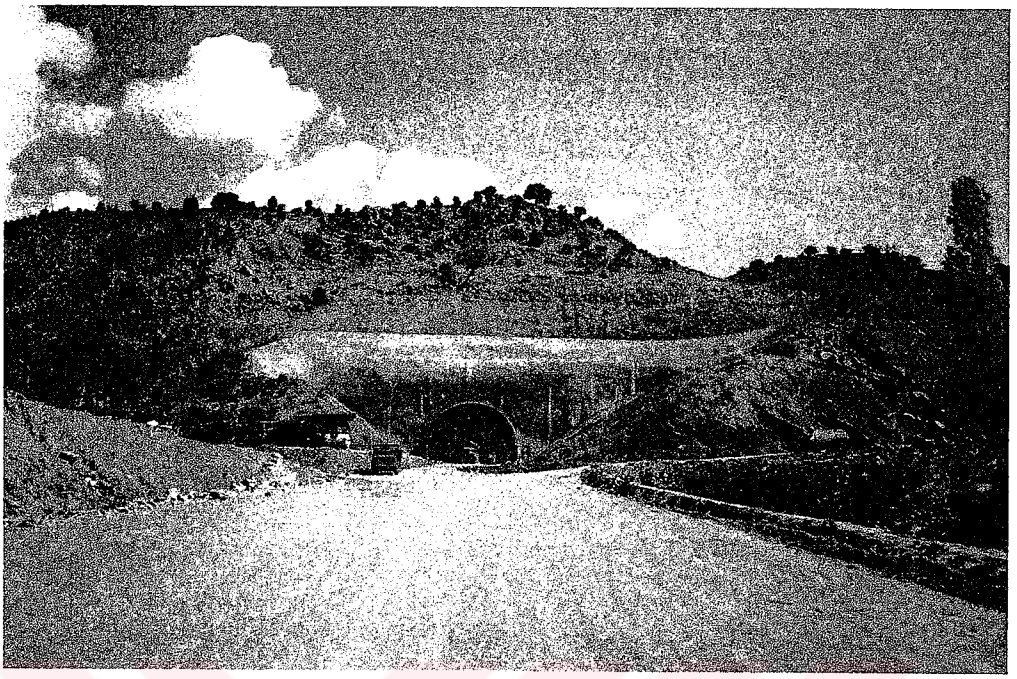
4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Diyojen Tüneli (Sinop -Boyabat)

Sinop–Gerze yolunu Boyabat'a bağlayacak olan yeni Devlet karayolu, yaklaşık 55 km uzunluğunda olup, Gerze-Sinop sahil yolunda, Kabalı çayının denize ulaştığı kesimden başlayarak, Sinop-Boyabat yolunun Kastamonu–Boyabat yoluna bağlandığı yerde sona erecektir (Şekil 4.1 ve 4.2). Proje Yılmazer ve diğ. (1998) tarafından Protek Proje adına Karayolları Genel Müdürlüğü için yapılmış olup, bu proje ile yaklaşık iki saat olan Sinop-Boyabat yolu 45 dakikaya indirilmesi planlanmıştır. Projeye konu olan alanda, yazlar sıcak ve kurak, kışlar genellikle ılık ve yağışlı olup, tünel bölgesi soğuk ve kar yağışlıdır. Bitki örtüsü bakımından proje boyunca meşe ve gürgen ağaçları yaygın olmakla beraber yer yer çıplak araziler de gözlenmektedir.

Sinop-Boyabat arasında kotu 1365 m'yi aşan Dranaz dağlarının, KM.35+100 – KM.37+100 arasında yaklaşık 2 km uzunluğundaki Diyojen tüneli ile geçilmesi planlanmıştır. 8 m genişliğinde, iki şeritli tek tüpten oluşan Diyojen tünelinde maksimum örtü kalınlığı yaklaşık 190 m olup, toplam kazı alanı 112.65 m^2 dir (Şekil 4.3). Yapımına 25.10.2000 tarihinde başlanan Diyojen tünelinin tünel kazısı giriş-çıkış kısımlarında aynı anda başlatılarak kazı çalışmaları tamamlanmış olup, kemer betonu çalışmaları doktora tezi yazımı sırasında halen devam etmektedir.

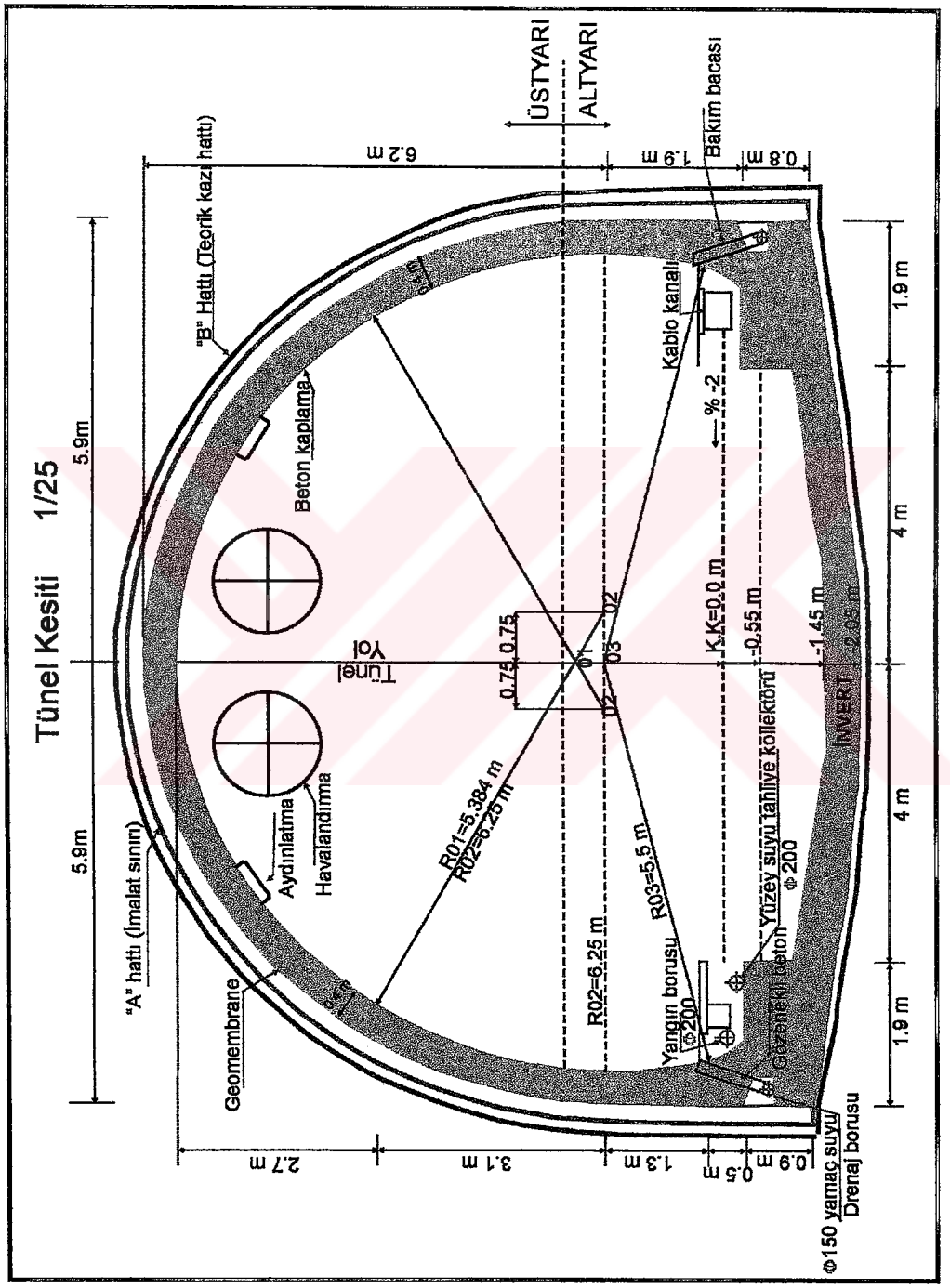
Tünel kazısı ve desteklemesi Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi (NATM) (Rabcewicz, 1964) felsefesine göre dizayn edilmiştir. Tünel kazısı düzgün-kesme patlatma tekniği kullanılarak üst yarı ve alt yarı olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Tünelde destekleme elemanları olarak püskürtme beton, kaya bulonu, çelik iksa, enjeksiyonlu çelik süren, çelik hasır ve mini kazıklar kullanılmıştır.



Şekil 4.1. Diyojen tünelinin çıkış (Boyabat) portalından genel bir görünüm



Şekil 4.2. Diyojen tünelinin giriş (Sinop) portalından genel bir görünüm



Şekil 4.3. Diyojen tünel kesiti (KGM, 2000)

4.1.1. Genel Jeoloji

İnceleme alanı ve yakın civarı ile ilgili olarak genel jeolojik çalışmalarda, Gedik ve Korkmaz (1984), Sonel ve diğ. (1989), ve Sarı (1990)'dan yararlanılmıştır. Çalışma alanında yüzeylenen formasyonlar yaşlıdan gence doğru sırasıyla; Triyas-Liyas yaşlı Akgöl; Jura yaşlı Bürnük ve Akkaya; Alt Kretase yaşlı Çağlayan ve Çataltaş; Üst Kretase yaşlı Kapanboğazı ve Cankurtaran formasyonlarıdır (Şekil 4.4).

4.1.1.1. Akgöl Formasyonu (Ja)

İlk olarak Ketin ve Gümüş (1963) tarafından adlandırılmış ve daha sonra Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından aynı isim altında değerlendirilmiştir. Yaygın olarak Çangal dağı, Kayadibi ve Bürnük yöresinde yüzeylenmektedir.

Akgöl formasyonu, Liyas öncesi yaşlı Boyabat metamorfitlerini açısal uyumsuzlukla örter. Üstte ise Bürnük ve Akkaya kireçtaşı formasyonu tarafından yine uyumsuz olarak örtülür. Kayadibi kesitinde kalınlığı Gedik ve Korkmaz, (1984) tarafından 375 m olarak ölçülmüştür.

Bu formasyon, türbiditik kumtaşı, kuvarsit ve miltaşı ara katmanlı şeyl-marn ardalanmasından oluşur. Kumtaşı ve şeyl çok az metamorfizma geçirmiştir. Şeyl koyu gri ve siyah renktedir, yer yer demir oksitli yumrular içerirler. Şeyl içerisinde bazik magmatiklerden dunit ve gabro blokları gözlenmiştir. Kumtaşı; açık gri ve açık zeytin yeşili grimsi renkli ince-orta tabakalı olup, tabaka kalınlığı 1 m'ye kadar çıkmaktadır (Gedik ve Korkmaz, 1984).

Siyah şeyl ara tabakalı kireçtaşı içerisinde Ammonit ve Belemnit fosillerinin bulunmasından dolayı birimin yaşı Ketin ve Gümüş (1963) tarafından alt Jura (Liyas) olarak belirlenmiştir. Fliş fasiyesinde olan formasyon, türbidit akıntıların egemen olduğu bir ortamda çökelmiştir (Gedik ve Korkmaz, 1984).

4.1.1.2. Bürnük Formasyonu (Jb)

Blumenthal (1940) tarafından polijenik taban çakıltaşı olarak tanımlanan formasyon daha sonra Ketin ve Gümüş (1963), Gedik ve diğ. (1981) tarafından Bürnük formasyonu adı altında incelenmiştir. Formasyon yaygın olarak Bürnük yöresinde yüzeylenmektedir.

Bürnük formasyonunun alt sınırı Akgöl formasyonu ile uyumsuz, üst sınır ise Akkaya kireçtaşı ile uyumludur. Formasyonun yanal devamlılığı yoktur (Sarı, 1990).

Birim bir taban çakıltaşı görünümünde olup, polijenik çakıltaşı ve kumtaşından oluşmaktadır. Formasyon kırmızı rengi ve tipik litolojisi ile kolaylıkla tanınabilmektedir (Sonel ve diğ.,1989). Çakıllar kötü boylanmalı iyi yuvarlaklaşmış olup, boyutları birkaç cm'den 40-50 cm'ye kadardır. Çakılların çoğu kuvarsit, granit, diyorit, diyabaz ve volkanik çakıllar ile alttaki Akgöl formasyonuna ait parçalar içerir (Gedik ve Korkmaz, 1984).

Bu formasyonda fosile rastlanmadığından Liyas yaşlı Akgöl formasyonu ile Dogger-Malm yaşlı Akkaya kireçtaşı arasında yeralması ve üstteki birim ile uyumlu olmasından dolayı Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından birimin yaşı Dogger olarak belirlenmiştir. Tipik kırmızı rengi ve litolojisi ile karasal fasiyes'teki eski akarsu çökellerinin özelliklerini göstermektedir (Gedik ve Korkmaz 1984).

4.1.1.3. Akkaya Kireçtaşı (Jak)

Akkaya kireçtaşı ilk olarak Blumenthal (1940) tarafından resifal kireçtaşı olarak, Ketin ve Gümüş (1963) tarafından İnaltı formasyonu ve son olarak Gedik ve diğ. (1981) tarafından Akkaya kireçtaşı olarak adlandırılmıştır.

Formasyonun tip kesiti Çukurhan civarında Akkaya tepede Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından 1093 m olarak ölçülmüştür. Akkaya formasyonu alttaki Bürnük formasyonu ile uyumlu olup, Akgöl formasyonu ile uyumsuzdur. Üstteki Çağlayan formasyonu ile uyumsuzluk göstermekle birlikte iki formasyonun sınırı faylıdır (Sonel ve diğ., 1989).

Birim gri–bej renkli, bol çatlaklı, kalsit dolgulu, çok sert ve masif görünümlü kireçtaşlarından oluşur. Yer yer bol fosil gözlenir. Ancak tipik bir resif özelliği göstermez. Kireçtaşı mikritik ve sparitik özellikler gösterir. Genellikle pelletimsi bir yapı sunar.

Formasyonun yaşı Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından Dogger-Malm olarak belirtilmiştir. İçerdiği fosil topluluğu ve litolojik özellikleri formasyonun sığ denizel bir ortamda çökeldiğini göstermektedir (Gedik ve Korkmaz, 1984).

4.1.1.4. Çağlayan Formasyonu (Kç)

Formasyon ilk olarak Blumenthal (1940) tarafından Fındıklı Tabakaları (taban flişi) adı altında incelenmiş, Ketin ve Gümüş (1963) tarafından Çağlayan formasyonu olarak adlandırılmıştır. Çalışma alanının güney ve kuzey kesimlerinde yoğun olarak gözlenmektedir.

Çağlayan formasyonu altındaki Akkaya kireçtaşı formasyonu ve üzerine gelen Kapanboğazı formasyonu ile bir uyumsuzluk oluşturmaktadır. Formasyonun kalınlığı Göktepede ölçülen tip kesitte Sonel ve diğ. (1989) tarafından 1325 m olarak belirlenmiştir.

Çağlayan formasyonu kumtaşı, kumlu-kireçtaşı, şeyl ve marn ardalanmasından oluşan türbiditik bir istif olup, yer yer kireçtaşı olistolitlerine rastlanmaktadır (Sarı, 1990). Birim tabanda kalın, gri–koyu gri renkli 150 m kalınlıkta şeyl seviyesi ile başlamaktadır. Şeyl üzerine dereceli bir geçiş ile kalın ve masif kumtaşı–şeyl ardalanmalı seviyeler gelir. Genelde tabandan tavana doğru şeyl oranında artış, kumtaşı oranında ise azalma gözlenmektedir. Tabandaki kumtaşı orta-kaba taneli, yer yer çakıllıdır. Tavana doğru ise ince-orta taneli ve katman kalınlıkları 1-40 cm olan kumtaşı gelir. Taban seviyesinde gözlenen kumtaşında çapraz istiflenme ve derecelenmeler oldukça fazladır. Kumtaşı gri sarımsı renkte olup birimin tipik rengini verirler. Şeyl istifi gri boz yeşilimsi, orta ve taban seviyelerinde koyu gri bir renk sunar (Sonel ve diğ., 1989).

İçerdiği fosillere göre birimin yaşı Alt Kretase (Barremiyen- Albiyen) olarak belirlenmiştir (Gedik ve Korkmaz, 1984).

Litolojik ve sedimantolojik özellikler fliş tipi denizel bir ortamda çökeldiğini göstermektedir. Olistolitli ve kumlu düzeyler bulundurması kumtaşı-şeyl marn ardalanmasının egemen olduğu istifler sunması ve çeşitli tortul yapılar içermesi Çağlayan formasyonunun denizel türbiditik ve değişken paleotopografik derinlikte çökeldiğini gösterir (Gedik ve Korkmaz, 1984).

4.1.1.5. Çataltaş Üyesi (Kçç)

Çağlayan Formasyonuna ait Çataltaş üyesinin ilk adlaması Gedik ve diğ (1981) tarafından yapılmıştır.

Akkaya kireçtaşı üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Üst ve yanal yönde Çağlayan Formasyonu ile geçişlidir.

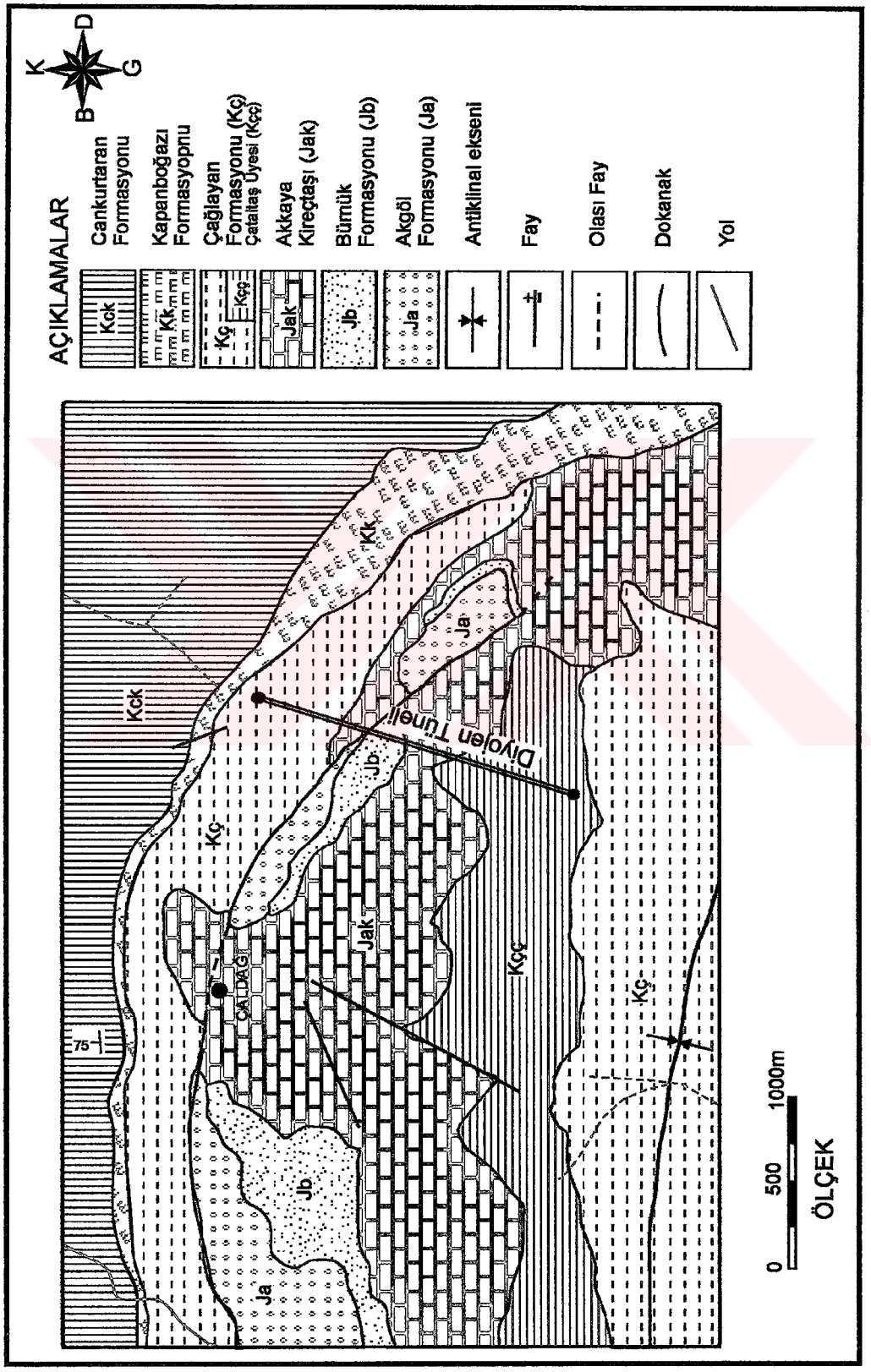
Çataltaş üyesi genellikle sarı pas renkli, kalın katmanlı, mikro çakıllı, iri taneli, gevşek çimentolu kumtaşı ve çakıltaşından oluşmuştur. Çakıllar alttaki Akkaya kireçtaşlarından türemişlerdir. Üstte doğru kumtaşı oranı azalmakta ve yine sarımsı renkli, marn ve kumtaşı ardalanması şeklinde devam etmektedir (Gedik ve Korkmaz, 1984).

Çataltaş üyesinde fosile rastlanılmamıştır. Muhtemel yaşı Alt Kretasedir. Birim Sinop havzasından Zonguldak havzasına kadar, Alt Kretase öncesi yükselimlerde sahil fasiyesinde çökelmiştir (Gedik ve Korkmaz, 1984).

4.1.1.6. Kapanboğazı Formasyonu (Kk)

Ketin ve Gümüş (1963) tarafından adlandırılmış olan formasyon tipik kırmızı rengi ile tanınır. İnceleme alanında Çokran yaylası güneyi ve Bürnük civarında gözlenmektedir (Sonel ve diğ., 1989).

Kapanboğazı formasyonu transgresif Üst Kretase yaşlı çökellerin tabanını oluşturur. Bundan dolayı alttaki birimlerle uyumsuzdur. Bürnük civarında formasyon kalınlığı 40-100 m ölçülmüştür.



Şekil 4.4. Diyojen tüneli ve yakın civarının jeoloji haritası (Korkmaz, 1993'ten değiştirilerek)

Hakim litoloji kırmızı renkli ince-orta katmanlı, çörtlü, bol mikro fosilli marn ara katmanlı mikritik kireçtaşıdır. Bu formasyon yer yer yeşilimsi renkli ince ve orta katmanlı iyi tabakalanmalı, kırılgan, sert ve yer yer çört bantlı üste doğru killi kireçtaşlı olup en üstte çakıltaşına geçer (Gedik ve Korkmaz, 1984).

İçerdiği fosillerden dolayı üst Kretase (Santoniyen-Kampaniyen) yaşı verilmiştir. Formasyonun litolojik ve paleontolojik özellikleri sakin ve derin denizel ortamda çökeldiğini göstermektedir (Gedik ve Korkmaz, 1984).

4.1.1.7. Cankurtaran Formasyonu (Kck)

Blumenthal (1940) tarafından orta fliş olarak adlandırılan birim. Gedik ve diğ. (1981) tarafından Cankurtaran formasyonu olarak adlandırılmıştır. İnceleme alanının en yaygın birimi olup, incelme alanının kuzeyinde yüzeylenmektedir.

Cankurtaran formasyonu altta Yemişliçay formasyonu ile tedrici geçişli ve uyumludur. Üzerindeki Akveren Formasyonu ile yanal geçişlidir (Gedik ve Korkmaz, 1984).

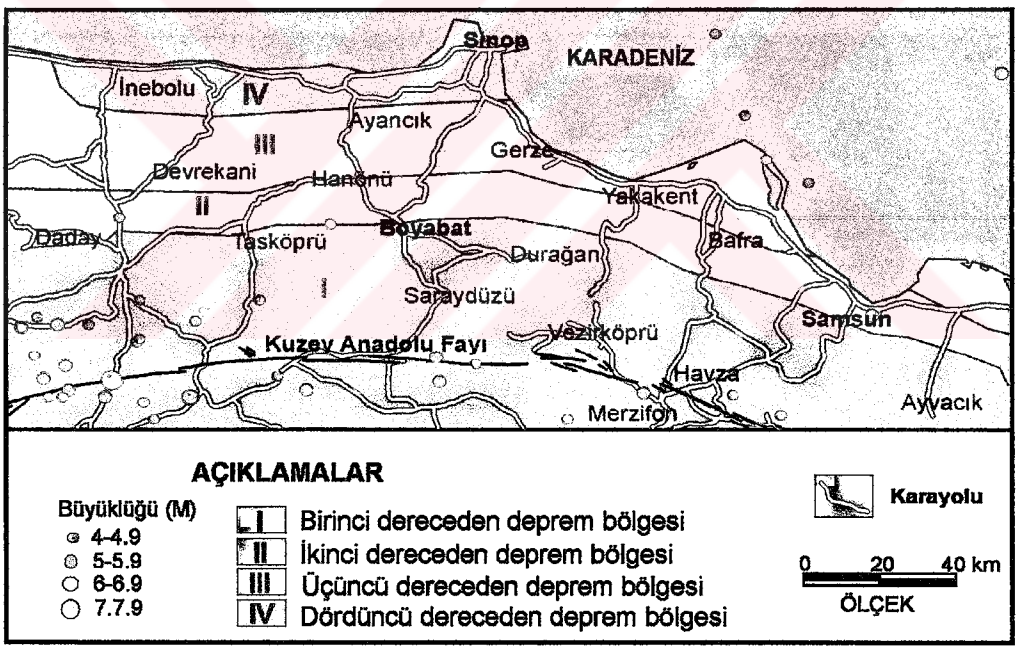
Cankurtaran formasyonu türbiditik kumtaşı, marn, şeyl, çamurtaşı ve kumlu kireçtaşı ardalanmasından oluşur. Katman içlerinde Bouma istifleri, katman tabanlarında ise kaval yapıları, yük kalıplarına bol bol rastlanılmaktadır. Üste doğru koyu siyah renkli kalın şeyl seviyeleri vardır (Gedik ve Korkmaz, 1984).

Formasyon İçerdiği fosillerden dolayı Üst Kampaniyen-Alt Maestrihtiyen yaşı verilmiştir. Formasyon, kumtaşı, marn, tüf ve tüfit ardalanması, pelajik fauna ve çeşitli tortul yapıların varlığı, katmanların yanal yönde uzun mesafeler boyunca devam etmesi birimin şelf ilerisi bir ortamda ve türbit akıntıların etkili olduğu alanlarda çökeldiğini göstermektedir (Gedik ve Korkmaz, 1984).

4.1.2. Depremsellik

Çalışma alanı Kuzey Anadolu Fay kuşağının kuzey kenarında yer almakta olup, depremsellik açısından 2 bölgeye ayrılmıştır. www.sayisalgrafik.com (2004) tarafından hazırlanmış olan web sayfasında faylara uzaklığına bağlı olarak, Türkiye

deprem bölgeleri haritasına göre, tünel girişi (Sinop) kısmı depremsellik açısından II. derecede deprem bölgesi olarak belirlenmiş ve yatay ivme katsayısı 0.3g olarak alınmıştır. Tünel çıkış Boyabat kesimi depremsellik açısından I. derecede deprem bölgesi olarak belirlenmiş ve yatay ivme katsayısı 0.4g olarak alınması uygun görülmüştür. Sinop-Boyabat yakın çevresinde 17.08.2000 tarihinde 4 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir (Şekil 4.5). Çalışma alanının yaklaşık 40 km uzağında bulunan Kuzey Anadolu Fay zonu'nun göz önüne alınarak çalışmaların yapılması uygun olacaktır. Ancak gerek tünelin seçildiği güzergah ve gereksede zemin özellikleri göz önüne alındığında Kuzey Anadolu fay zonunda meydana gelebilecek herhangi bir depremde herhangi bir duraylılık sorunun oluşmayacağı düşünülmektedir.



Şekil 4.5. Diyojen tüneli ve yakın çevresinin depremselliği (Sayısal grafik, 2004'den değiştirilerek)

4.1.3. Mühendislik jeolojisi

Sinop- Boyabat devlet yolu kapsamında KM.35+150 – KM.37+100 arasında inşa edilen Diyojen tüneli kırmızı renkli çakıltaşından oluşan Bürnük formasyonu

(Jb), Jura yaşlı Akkaya kireçtaşı (Jak), Üst Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonuna (Kç) ait kumtaşı, kumlu-kireçtaşı, şeyl ve marn ardalanmasından oluşan fliş fasiyesi ve yamaç molozu (Qy) içerisinde açılmıştır (Ek. 4.1). Tünel geçkisi boyunca karşılaşılacak olan bu birimlerle ilgili detaylı açıklamalar sırayla aşağıda verilmiştir.

4.1.3.1. Çakıltaşı (Jç)

birim taban çakıltası görünümünde olup, polijenik çakıltaşı ve kumtaşından oluşmaktadır. Çakıltaşı seviyeleri yüksek akış rejiminin ürünüdür (Yılmazer ve diğ., 1998). Genel olarak masif yer yer killi zonları mevcut. Koyu kırmızı renkli orta az ayrışmış kötü boylanmalı, iyi yuvarlaklaşmış, volkanik ve kireçtaşı çakılları içermektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Diyojen tünelinin fliş fasiyesi taban seviyesini oluşturan çakıltaşı seviyesinden bir görüntü

4.1.3.2. Kireçtaşı (Jk)

Diyojen tünelinin özellikle orta bölümünde karşılaşılacak olan bu birimin ana bileşenleri; kalkarenit, kalsirudit - kalsilutit ve kalkerli çamurtaşı ve kireçtaşıdır (Şekil 4.7). Bu birim yer yer orta-yüksek enerjili tortul çökelim ortamının ürünü olan kalsiruditlerle kesilmektedir (Yılmazer ve diğ., 1999). Kayaç dayanımı Deer ve Miller (1966) 'ya göre orta dayanımlı - dayanımlı kayaç gurubundadır. Bu birim genelde açık gri renkte olup karstik bir özellik sunmasından dolayı tünel kazısı sırasında bu tür boşluklar gözlenebilir.

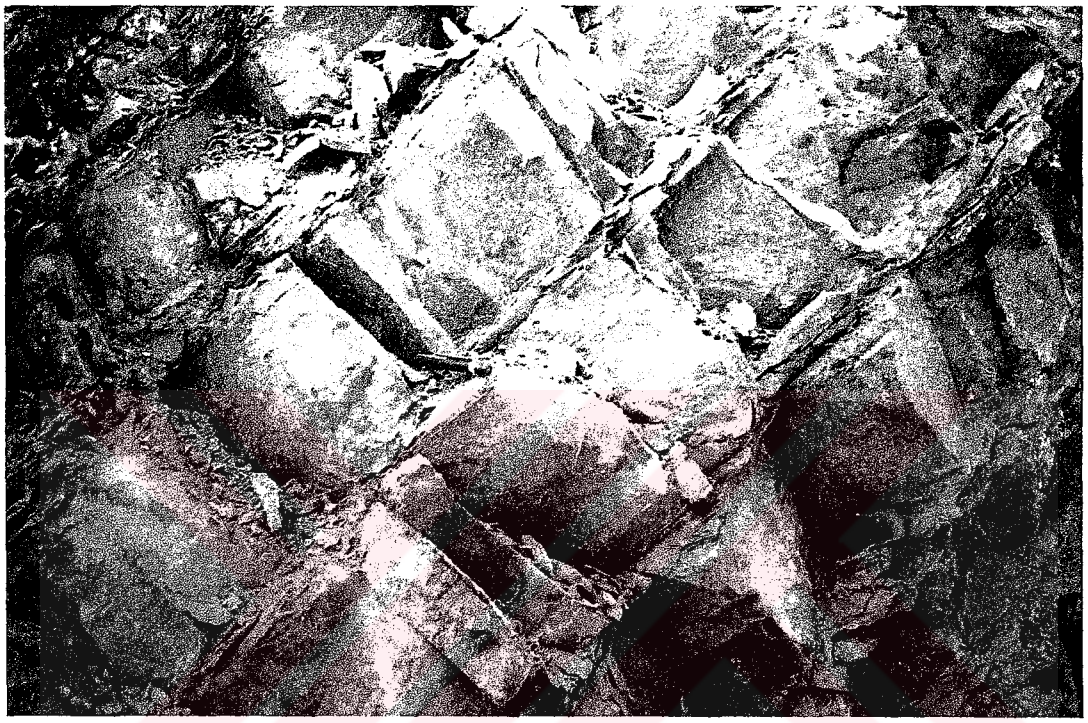


Şekil 4.7. Diyojen tünelinin orta kesimlerinde gözlenen fliş fasiyesi ile Akkaya kireçtaşı dokanağı

4.1.3.3. Fliş Fasiyesi (Kf)

Fliş fasiyesi, kumtaşı, kiltaşı, çamurtaşı, çakıltaşı ve miltaşıdır. Deer ve Miller (1966)'ya göre genellikle orta dayanımlı olarak değerlendirilebilir. Fliş içerisinde kalınlığı yer yer birkaç metreyi aşan ve K-G doğrultulu ezik kuşakların varlığı gözlemlenmiştir (Yılmazer ve diğ., 1999). Tünel kazısı sırasında bu tür

zonların sorun yaratabileceği düşünülerek kazı sırasında bu tür zonlara dikkat edilmesi oldukça önemlidir. Fliş fasiyesi içerisindeki kumtaşları açık sarı renkte ince taneliden iri taneye kadar bir derecelenme sunar. Kiltaşları açık gri renkli bozunmuş kontak yüzeyler ile karakterize edilmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Diyojen tünelinin giriş ve çıkış kısımlarında gözlenen kumtaşı-kiltaşı aratabakalı fliş fasiyesinin görünümü

4.1.3.4. Yamaç Molozu (Qy)

Diyojen tüneli giriş-çıkış kesimlerinde yamaç molozu ve bitkisel toprak olarak gözlenmektedir. Özellikle giriş bölümünde 0.5 m kalınlığında bitkisel toprak ve ileri derecede ayrışmış fliş gözlenmektedir. Ancak, kalınlığı 1.0 m'den az olan bu tür toprak zeminler, tünel inşaatı öncesinde kolayca sıyrılıp kaldırılabilecek nitelik taşımaktadır.

4.1.3.5. Laboratuar Deneyleri

Diyojen tünelinde fliş fasiyesin'deki kumtaşlarından ve Akkaya formasyonuna ait kireçtaşlarından alınan blok örneklerden yararlanılarak NX boyutunda karot örnekler elde edilmiş ve bu örnekler üzerinde Hacettepe ve Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği laboratuarlarında deneylere tabii tutularak her bir kayaç için fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. ISRM (1981)'den yararlanılarak kayaçların kuru birim hacim ağırlık, tek eksenli sıkışma dayanımı, üç eksenli sıkışma dayanımı, çekme (Brazilian) dayanımı deneyleri yapılmıştır. Arazide Schmidt çekici ile kayaçların geri tepme oranları çeşitli yönlerden uygulanarak belirlenmeye çalışılmıştır. Her bir birimin elastik parametrelerinden elastisite modülü (E) ve poison oranı (ν) laboratuarda yapılan deneylerle belirlenmiştir. Laboratuarda elde edilen parametrelerden yararlanılarak istatistiksel değerlendirmeler ile karşılaştırmalar yapılmıştır.

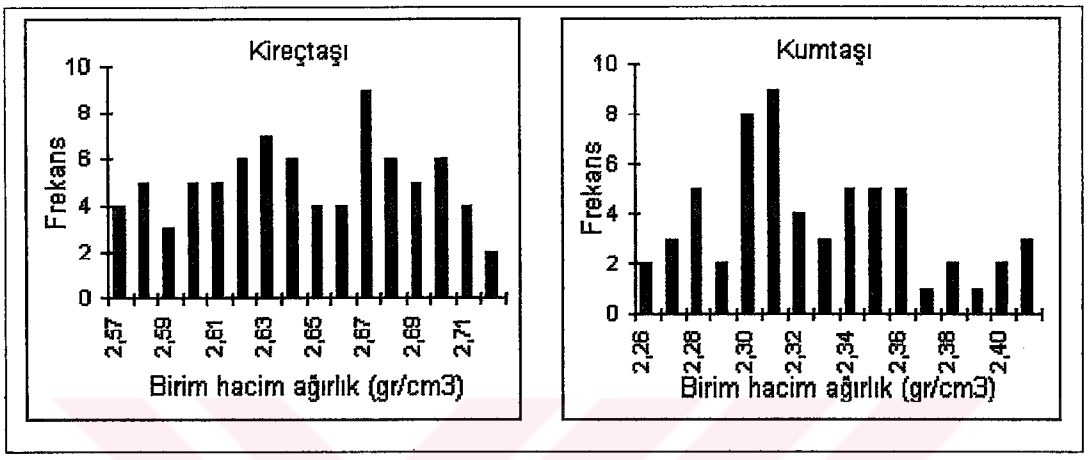
4.1.3.5.(1). Kuru Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Diyojen tüneli içerisindeki kireçtaşlarından 81 adet, kumtaşlarından 61 adet, karot örnek üzerinde kuru birim hacim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Kuru birim hacim ağırlık değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları hesaplanarak her birim için dağılım frekansı grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.9). Elde edilen verilere göre ortalama kuru birim hacim ağırlık kireçtaşı için 2.65 gr/cm^3 (26 kN/m^3), kumtaşı için ise 2.33 gr/cm^3 (22.85 kN/m^3) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

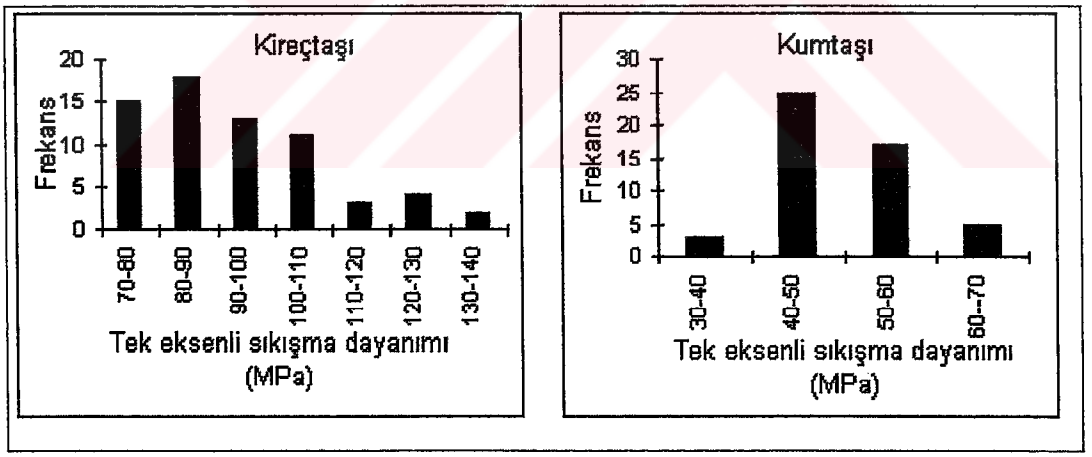
4.1.3.5.(2). Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi

Kumtaşlarından 50, kireçtaşlarından 40 adet örnek üzerinde disk makaslama indeksi deneyi (BPI) yapılarak kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri belirlenmiştir. Bu kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımları ile ilgili istatistiki bilgiler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Bu verilere göre, kireçtaşları için tek eksenli

sıkışma dayanımı ortalama 93.64 MPa, kumtaşları için ise 50.58 MPa olarak belirlenmiştir. Her birim için tek eksenli sıkışma dayanımı değerinin dağılım frekansı grafikleri çizilmiştir (Şekil 4. 10). Deer ve Miller (1966)' ya göre kireçtaşları orta-yüksek dayanımlı, kumtaşları düşük-orta dayanımlıdır.



Şekil 4.9. Diyojen tüneli kumtaşı ve kireçtaşının kuru birim hacim ağırlık değerleri histogramı

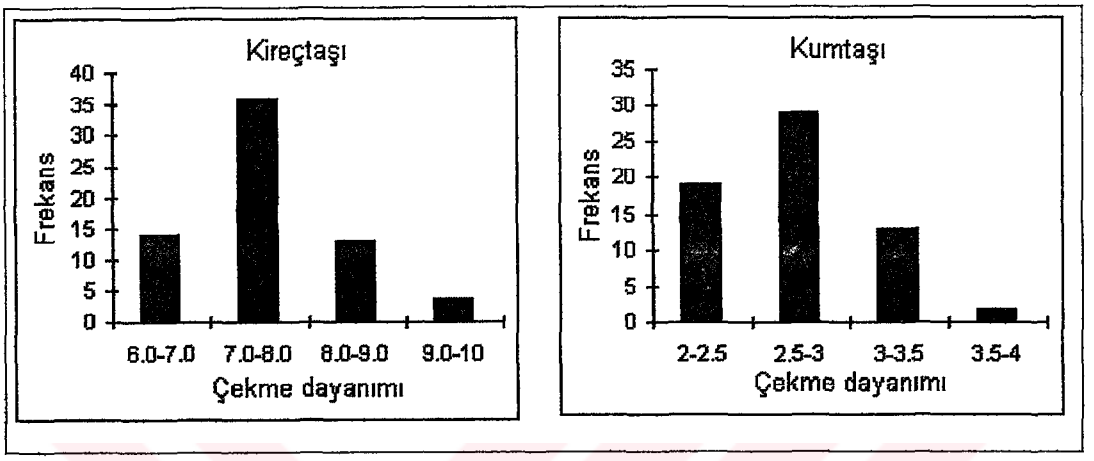


Şekil 4.10. Diyojen tüneli kumtaşı ve kireçtaşının tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri histogramı

4.1.3.5.(3). Çekme Dayanımı (Dolaylı Yöntem) Deneyi

Tünel içerisinden alınan 67 adet kireçtaşı, 63 adet kumtaşı, numunesi üzerinde çekme (Brazilian) dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Her bir kayaçın çekme dayanımı ile ilgili istatistiksel değerlendirmeler yapılarak, frekans dağılım

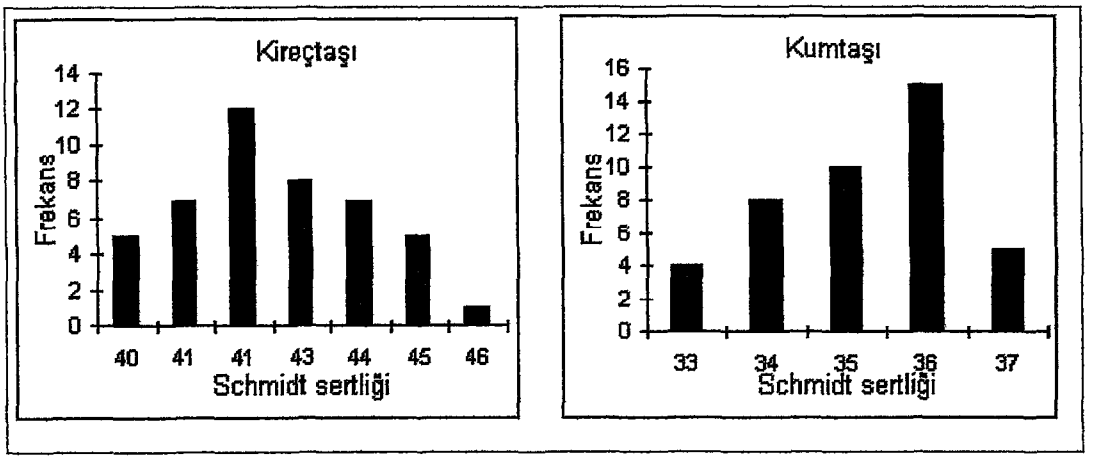
grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 4.11). Deneylerden elde edilen çekme dayanımı değeri kireçtaşları için ortalama 7.56 MPa, kumtaşları için 2.68 ise MPa olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.11. Diyojen tüneli kumtaşı ve kireçtaşının çekme dayanımı değerleri histogramı

4.1.3.5.(4). Schmidt Sertlik Çekici Deneyi

Tünel içerisinde kumtaşı, kireçtaşı, üzerine çok sayıda farklı yönlerde Schmidt çekici deneyi yapılmıştır. Her bir kayaç için Schmidt çekici frekans dağılımı histogramı çizilmiştir (Şekil 4.12). Kayaçların istatistiksel analizine göre ortalama Schmidt çekici geri sıçrama sertlik değerleri ortalama olarak kumtaşları için 35, kireçtaşları için 43, olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.12. Diyojen tüneli kumtaşı ve kireçtaşının Schmidt çekici geri sıçrama değerleri histogramı

Arazide yapılan Schmidt çekici deneyleri sonucunda elde edilen geri sıçrama sertlik değerlerine göre kireçtaşları için tek eksenli sıkışma dayanımı 97 MPa, kumtaşları için ise 53 MPa olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değerler laboratuarda elde edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerine oldukça yakın bir değer vermektedir.

4.1.3.5.(5). Poison Oranı ve Elastisite Modülü Deneyi

Kireçtaşları ve kumtaşları için NX boyutundaki karot örnekler üzerine yapıştırılan birim deformasyon ölçerler kullanılarak eksenel birim deformasyon (ε_a) ve çapsal birim deformasyon (ε_d) değerlerinden poison oranı (ν) ve Teğet (E_t), Ortalama (E_{av}), Kiriş (E_s) elastisite modülü değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Diyojen tünelindeki kumtaşı ve kireçtaşının bazı mühendislik paremetrelerinin istatistiksel sonuçları

DİYOJEN TÜNELİ (SİNOP)					
ÖZELLİK	**KUMTAŞI**				
	Deney Sayısı	En Büyük	En Küçük	Ortalama	Standart Sapma
Birim Hacim Ağırlık (γ) (gr/cm^3)	60	2.41	2.26	2.33	0.04
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (MPa)	50	67.43	35.20	50.58	6.81
İndirekt Çekme Dayanımı (MPa)	63	3.57	2	2.68	0.41
Schmidt Çekici Geri Tepme Sayısı	42	37	33	35	1.18
Poison Oranı (ν)				0.27	
Teğet Modülü (E_t) (GPa)				6.3	
Ortalama Modül (E_{av}) (GPa)				6.6	
Kiriş Modülü (E_s) (GPa)				6	
ÖZELLİK	**KİREÇTAŞI**				
	Deney Sayısı	En Büyük	En Küçük	Ortalama	Standart Sapma
Birim Hacim Ağırlık (γ) (gr/cm^3)	81	2.72	2.57	2.65	0.04
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (MPa)	66	139.14	70.69	93.64	16.78
İndirekt Çekme Dayanımı (MPa)	67	9.24	6.16	7.56	0.77
Schmidt Çekici Geri Tepme Sayısı	46	46	40	43	1.59
Poison Oranı (ν)				0.24	
Teğet Modülü (E_t) (GPa)				12.4	
Ortalama Modül (E_{av}) (GPa)				12.68	
Kiriş Modülü (E_s) (GPa)				13.2	

4.1.3.5.(6). Üç Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi

Tünel içerisinden alınan NX boyutundaki karot örnekler üzerine hem kireçtaşları hemde kumtaşları için farklı hücre basınçları (σ_3) uygulanarak üç eksenli sıkışma dayanımı değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Bu değerler'den yararlanılarak Hoek-Brown yenilme ölçütindeki parametreler belirlenmiştir

Çizelge 4.2. Diyojen tünelindeki kireçtaşı ve kumtaşının üç eksenli sıkışma dayanımı sonuçları

DİYOJEN TÜNELİ (SİNOP)					
KİREÇTAŞI			KUMTAŞI		
Yanal Basınç σ_3 (Mpa)	Eksenel Gerilme Mpa $\sigma_1=(F/A)*10^{-3}$	Yenilme Düzleminin Açısı (ϕ^0)	Yanal Basınç σ_3 (Mpa)	Eksenel Gerilme Mpa $\sigma_1=(F/A)*10^{-3}$	Yenilme Düzleminin Açısı (ϕ^0)
0	79.8	80	0.0	55.4	80.0
1	87.4	81	1.0	62.3	81.0
2	93.7	82	2.0	71.3	82.0
3	98.5	81	3.0	78.7	81.0
4.2	105.7	80	4.2	87.7	80.0
5.2	110.5	79	5.2	94.9	79.0
6.2	116.6	80	6.2	102.1	80.0

4.1.4. Hidrojeoloji

Göreceli olarak daha dayanımlı ve yüksek geçirimli (k $>10^{-3}$ m/sn) olan çakıltaşı, kireçtaşı ve kalsirudit, birimlerinin Boyabat'a bakan en yüksek kesimini oluşturması, tünel çıkış bölümünde zengin yeraltısuyunun varlığına sebep olmaktadır. Tünel içerisinde, özellikle çıkış bölümünde, yeraltısuyu girdisi 5 l/s 'yi aşmaktadır. Ancak bu kesimdeki su, doğal akaçlama ile dışarı verilmiştir. Diyojen tünelinin kuzey batısında (Tünel çıkış) kesiminde yer alan kireçtaşları içerisinden çıkarak akan Sarıkaya deresinin debisi 25 m^3/sn'dir. Bu kesimden ve tünel içerisinde doğal akaçlama ile dışarı atılan yeraltısuyu içme ve balık üretim amaçlı kullanılabilecek niteliktedir (Şekil 4.13).

Tünelin ilerlemesi sırasında yapılan yatay araştırma delgileri ile basınçlı su gelebilecek kuşakların tespitine çalışılmıştır. Böylece etkin susuzlaştırma yöntemleri,

zonların bulunduğu alanlarda yeraltı suyu girdisi 2-3 l/s civarında olduğu tespit edilmiştir. Bu ezik zonların susuzlaştırılması için drenaj sondajları yapılarak PVC borularla suyun tunel dışına alınması sağlanmıştır. Tünelin orta kesimlerinde yeralan kireçtaşlarında yapılan sondaj verilerinden bu kesimlerde yer yer karstik boşlukların yeraldığı görülmüştür. Özellikle bu kesimlerde ani su boşalmalarına karşı araştırma sondajlarının yapılması uygun olacaktır.

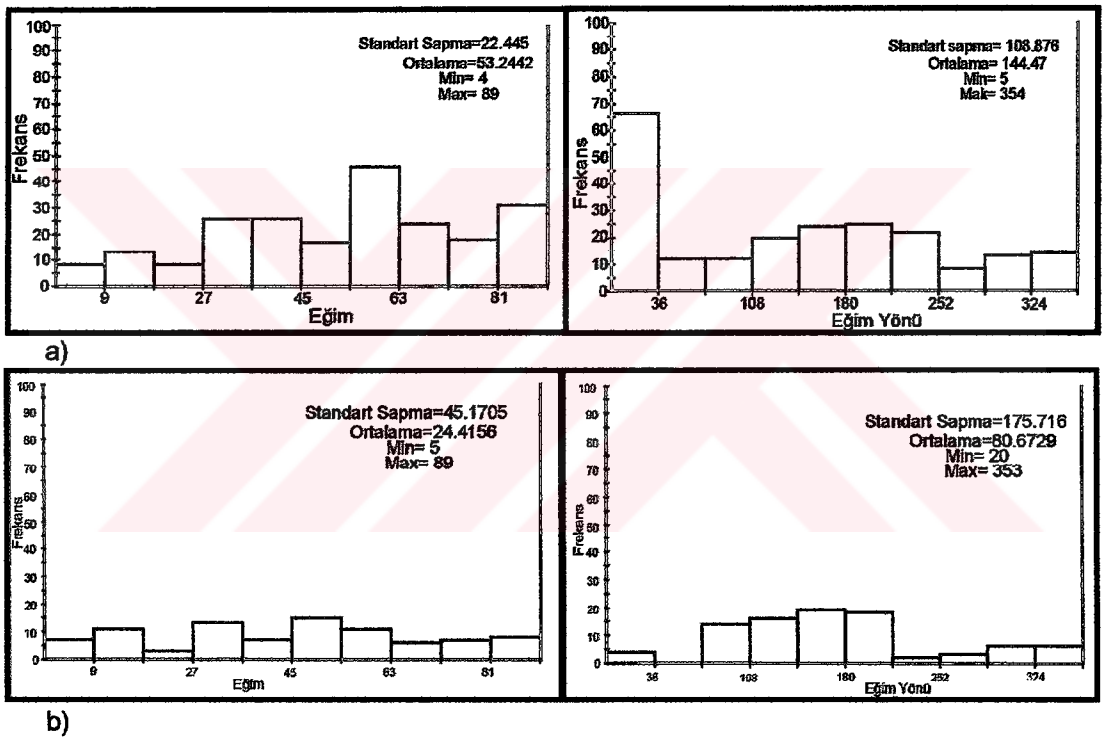


Şekil 4.13. Diyojen tüneli içerisinde drenaj borusundan su gelişi

4.1.5. Süreksizlik Çalışmaları

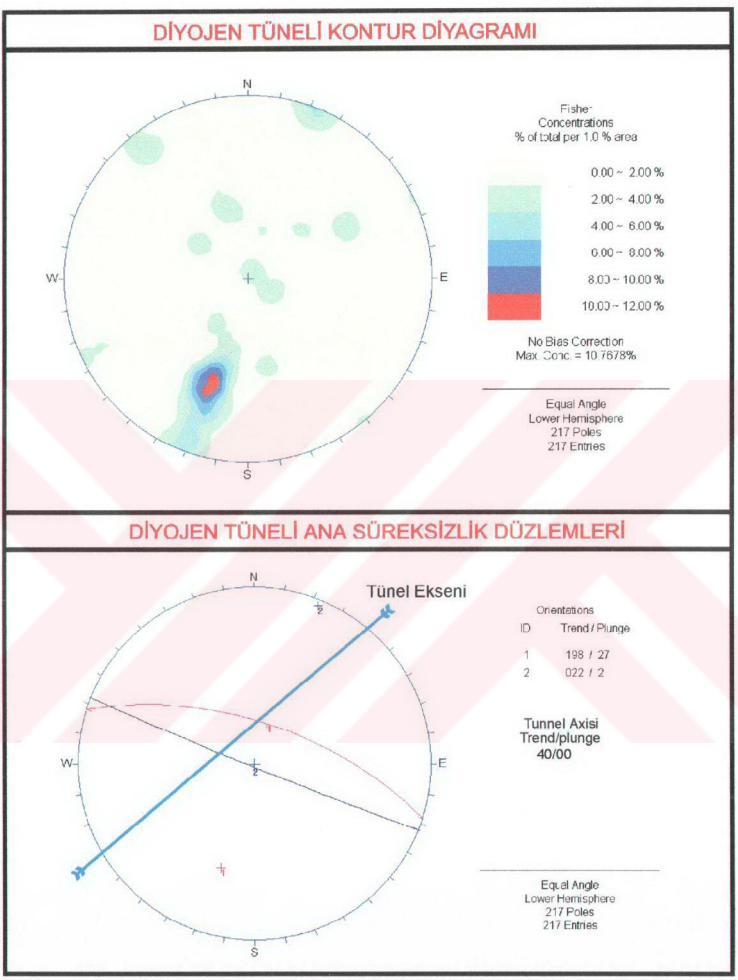
Süreksizlik çalışmaları ISRM (1978)'e uygun olarak tünel güzergahında belirli bir hat boyunca Çizgi tarama yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Seçilen hat boyunca fliş biriminden 220, kireçtaşlarından 88 eklem ve tabakalanmadan oluşan süreksizlik ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümler sırasında süreksizliklerin, türü, eğim, eğim yönü, pürüzlülük, JRC, aralık, açıklık, dolgu türü, dayanım, su durumu, renk ve bozunma özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır (Ek. 2). Elde edilen bu özellikler Q ve RMR gibi kaya kütle sınıflama sistemlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Alınan süreksizlik verileri DİPS 5.0 (Rocscience, 2003) programı kullanılarak gerekli analizler yapılmıştır. Elde edilen bu analizlere göre; Diyojen (Sinop) tünelinde fliş ve kireçtaşlarından elde edilen yapısal değerlerden yararlanılarak süreksizliklerin eğim ve eğim yönü dağılım histogramları çizilmiştir. Fliş için süreksizliklerin yönelimi değişken olmakla birlikte genelde 0-360° arasında değişirken, eğim değerleri ise çoğunlukla 27-90° arasında değişmektedir (Şekil 4.14.a). Kireçtaşları için süreksizliklerin yönelimi 72-216° arasında değişirken, eğim değerleri ise 0-90° arasında bir dağılım sunmaktadır (Şekil 4.14. b).

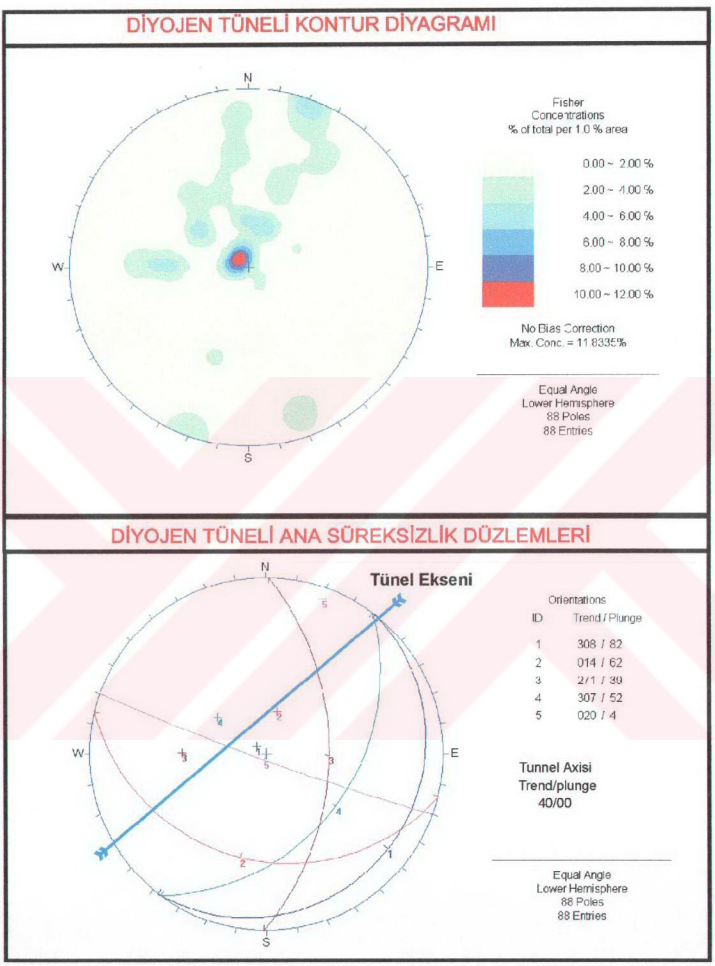


Şekil 4.14. Diyojen (Sinop) tüneli içerisinde a) fliş fasiyesi, b) kireçtaşı biriminden ölçülen süreksizliklerin eğim ve eğim yönü dağılım histogramları

Eğim ve eğim yönlerinden yararlanılarak her birim için kontur diyagramları hazırlanmıştır. Diyojen (Sinop) tüneli boyunca ana eklem sistemlerinin eğim/eğim yönü fliş için 198/27, 22/2 şeklinde iki bölgede yoğunluk gösterirken, kireçtaşları için 308/82, 011/62, 271/39, 307/52, 020/4 şeklinde 5 bölgede yoğunluk göstermektedir (Şekil 4.15 ve 4.16).



Şekil 4.15. Diyojen (Sinop) tüneli güzargahı boyunca fliş fasiyesinden ölçülen süreksizliklerin kontur diyagramı



Şekil 4.16. Diyojen (Sinop) tüneli güzargahı boyunca kireçtaşı biriminde ölçülen süreksizliklerin kontur diyagramı

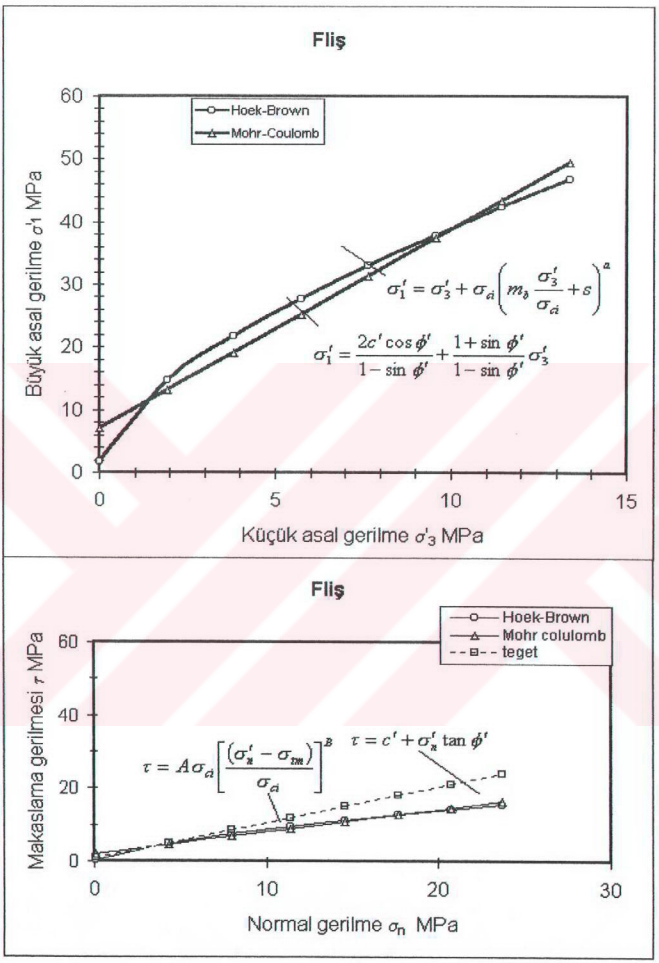
4.1.6. Kaya Kütlesi Özellikleri

Diyojen (Boyabat) tünelindeki fliş fasiyesi ve kireçtaşı biriminin kaya kütlesi kayma direnci parametrelerinin belirlenmesi amacıyla bölüm 3.1'de ayrıntılı bir şekilde verilen Hoek ve Brown (1997), Marinos ve Hoek (2001), Sönmez ve Ulusay (1999), Hoek ve diğ. (2002)'den yararlanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan girdi ve çıktı parametreleri her bir birim için ayrı ayrı Çizelge 4.3'de verilmiştir.

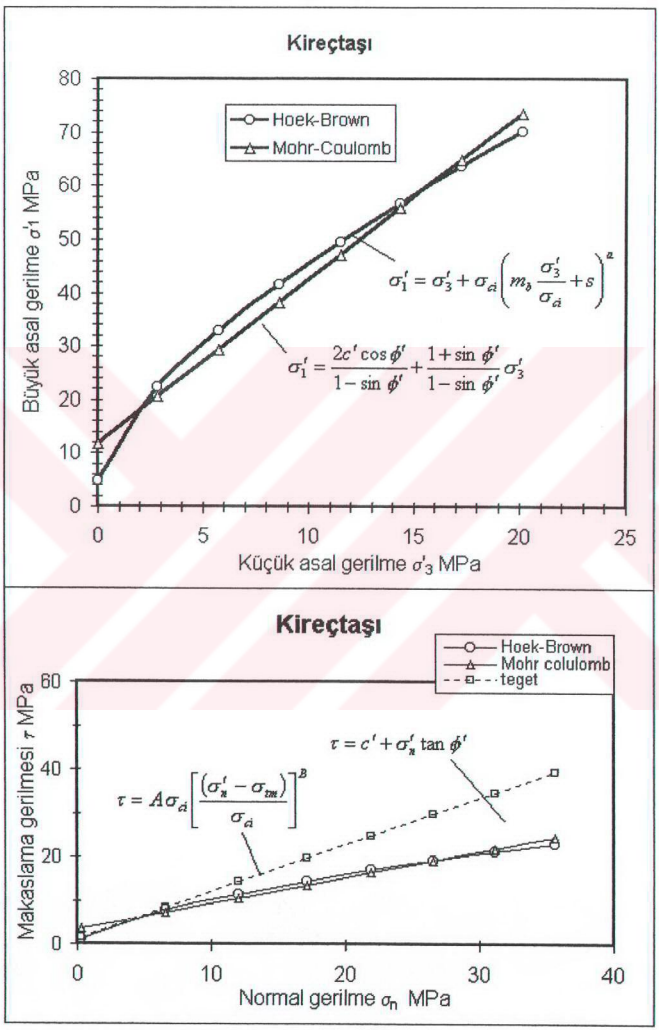
Çizelge 4.3. Diyojen (Sinop-Boyabat) tünelinde kaya kütlesi dayanım ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan girdi ve çıktı paremetreleri

Kaya Kütle Özellikleri	Kireçtaşı	Fliş
Deney sayısı	7	7
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (σ_{ci}) (Mpa)	80.42	53.45
Hoek-Brown Sabiti (mi)	11.33	18.66
Determinasyon Katsayısı (r^2)	0.99	0.99
Örselenme Derecesi (D)	0.5	0.5
Hacimsel Eklem Sayısı (J_v)	1.66	-
Yapısal Özellik Puanı (SR)	72	-
Süreksizlik Yüzey Koşulu (SCR)	10	-
Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)	58	48
Kaya Kütle Sabiti (a)	0.5	0.5
Kaya Kütle Sabiti (s)	0.0037	0.001
Kaya Kütlesi Sabiti (m_b)	1.53	1.57
Malzeme Sabiti (A)	0.52	0.53
Malzeme Sabiti (B)	0.70	0.71
Kohezyon (c) (Mpa)	3.35	1.98
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	30°	31°
Çekme Dayanımı (σ_{tm}) (Mpa)	-0.19	-0.03
Sıkışma Dayanımı (σ_{cm}) (Mpa)	11.74	7.05
Elastisite Modülü (E) (Mpa)	14213	6518
$K= \sigma_{yatay}/\sigma_{düşey}$	3.08	3.18

Tek eksenli sıkışma dayanımı, Hoek-Brown sabiti (m_i) ve determinasyon katsayısı (r^2) değerleri Hoek ve Brown (1997) tarafından önerilen eşitliklerden ve Çizelge 4.2'deki üç eksenli sıkışma dayanımı deneyi sonuçlarından elde edilmiştir. Kireçtaşı için GSI değeri Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından ortaya konan Jv, SR ve SCR değerleri kullanılarak önerilen çizelgeden belirlenmiştir. Fliş için GSI değeri ise Hoek ve diğ (2001) fliş tipi birimler için önerilen Çizelge kullanılarak belirlenmiştir. Diyojen tünelindeki kireçtaşı ve fliş için analitik çözümlemelerde kullanılan parametreler σ_1-σ_3 ve σ_n-τ grafikleri ile gösterilmiştir (Şekil 4.17 ve 4.18).



Şekil 4.17. Diyojen tünelindeki fliş fasiyesinin simule edilmiş üç eksenli sıkışma deneyi sonuçları



Şekil 4.18. Diyojen tünelindeki kireçtaşının simule edilmiş üç eksenli sıkışma deneyi sonuçları

4.1.7. Tünel Destek Tasarımı İçin Genelleştirilmiş Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemleri

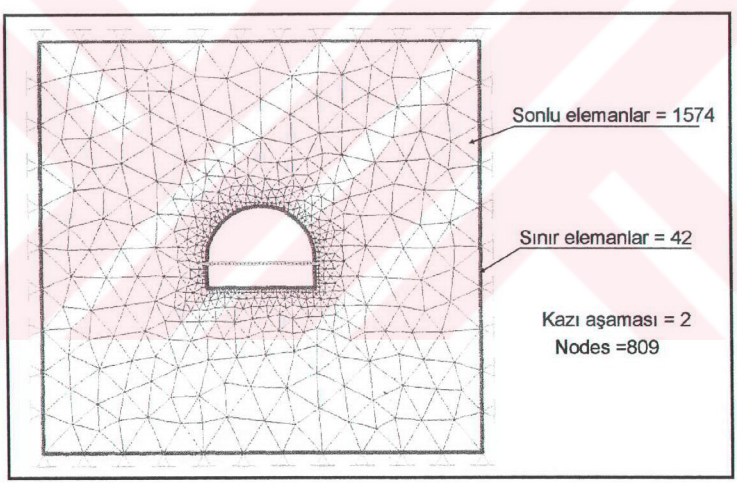
4.1.7.1. Diyojen Tünelindeki Analitik Yaklaşımlar

Diyojen tünel güzergahı boyunca analitik yaklaşımlarda iki boyutlu, ortamda çalışan, sonlu elemanlar ve sınır elemanlar yönteminin ayrı ayrı veya birlikte kullanıldığı ayrıntısı bölüm 3.2.6.1'de verilmiş olan Phases^2 2D (Rocscience, 2003) programı kullanılmıştır. KM.35+100 – KM.37+100 arasında yaklaşık 2 km uzunluğundaki Diyojen tüneli örtü kalınlığına bağlı olarak 4 bölüme ayrılarak KM.35+100 – KM.35+400, KM.35+400 – KM.36+040, KM.36+040 – KM.36+480 ve KM.36+480 – KM.37+100 arası modellenmiştir. Modellemeler yapılırken, kaya kütlesi; plastik, homojen, izotrop ve linear kabul edilmiştir. Yenilme ölçütü olarak Hoek-Brown yenilme ölçütü seçilmiştir. Tünel dış sınır şartları tünel kazı (ayna) açıklığının iki katı alınmıştır. Modellemeler esnasında, kaya kütlesinin tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) , poison oranı (ν) ve birim hacim ağırlık (γ) değerleri için Çizelge 4.1'de verilen laboratuvar verilerinden, elastisite modülü (E), Hoek-Brown sabiti (mb), Hoek-Brown sabiti (s), değerleri ise Çizelge 4.3'de verilen Hoek-Brown yenilme ölçütünden elde edilen değerlerden yararlanılmıştır. Ayrıca analizler esnasında kullanılan k faktörünün derinlikle (H) değişimi Çan (1999)'un vermiş olduğu Şekil 3.2'den yararlanılarak belirlenmiştir.

Diyojen tünelinin Phase^2 2D programında modellenmesi Şekil 4.3'te verilmiş olan tünel kesitinden yararlanılarak yapılmıştır (Şekil 4.19). Tünel kazısı alt yarı ve üst yarı olmak üzere iki aşamalı kazı şeklinde modellenmiştir. Tünelin örtü kalınlığına bağlı olarak modellemeler esnasında, tünel kazısı yapıldıktan sonra herhangi bir destekleme elemanı olmaksızın, tünel tavan ve yan duvarlarına kaya bulonu ve püskürtme beton uygulaması yapıldıktan sonra tünel üzerine etkiyen asal gerilme değerleri, güvenlik faktörü ile toplam yerdeğiştirme miktarı belirlenmiştir. Güvenlik faktörü değerlendirmesinde grafiklerde **"x"** işareti makaslama gerilmelerini, **"o"** işareti ise çekme gerilmelerini göstermektedir. Kaya bulonu

uygulaması tünelin kemerlenme etkisi göz önüne alınarak tünel üzerine etki edecek gerilmelerin % 30'una ulaştıktan sonra yapılmıştır. Destekleme esnasında kaya bulonu ve püskürtme beton uygulaması alt yarı ve üst yarıda farklı oranlarda uygulanmıştır. Uygulamalar esnasında, kaya bulonu için kalık taşıma yükü 0.01 MN, maksimum taşıma yükü ise 0.2 MN olarak alınmıştır.

Phase^2 2D programının özelliğine bağlı olarak analizlerde tünel üzerine etkiyen Sigma 1 (σ_1), Sigma 3 (σ_3) asal gerilme değerleri MPa olarak elde edilmektedir. Toplam yerdeğiştirme değerleri ise metre (m) olarak elde edilmektedir. Ancak yorumlamalarda kolaylık sağlaması açısından elde edilen yerdeğiştirme değerleri milimetre (mm) olarak ifade edilmiştir.



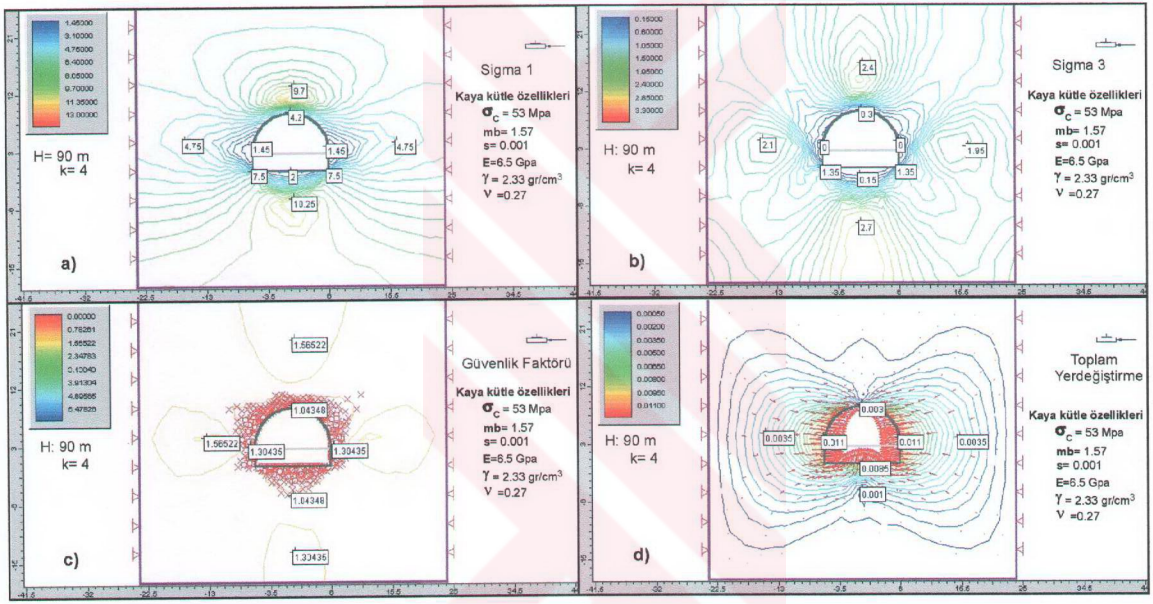
Şekil 4.19. Diyojen tünel kesitinin sınır koşullarının Phases^2 2D programında modellenmesi

4.1.7.1.(1). Diyojen Tüneli KM.35+100 – KM.35+400 Arası Analitik Yaklaşımlar

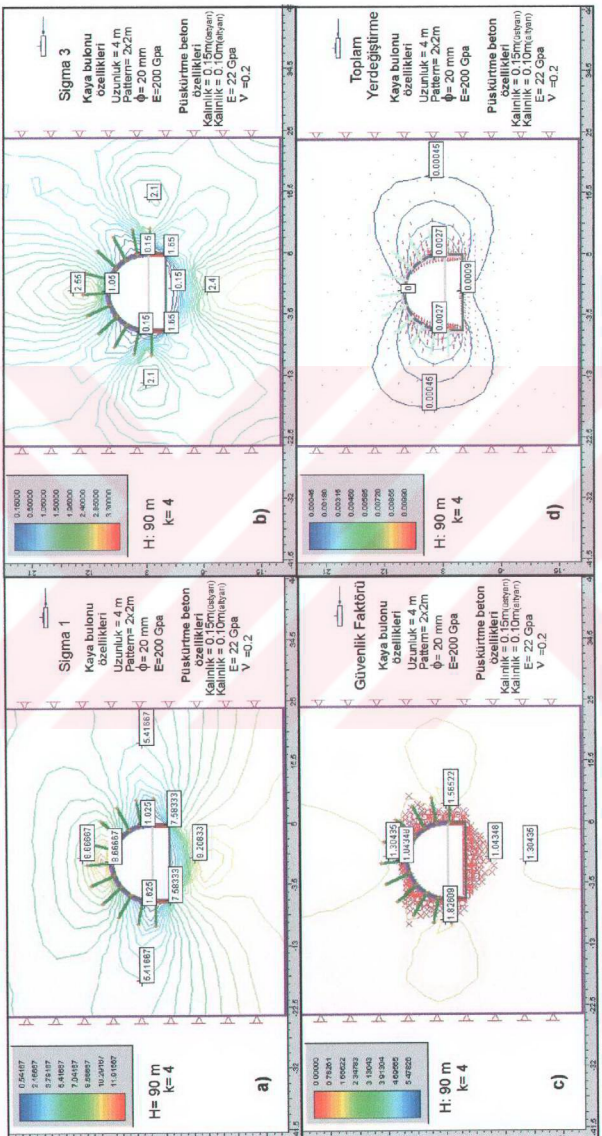
Tünelin bu kesiminde k faktörü 4 alınarak modellemeler yapılmıştır. Modellemeler esnasında maksimum asal gerilme (σ_1) tünel tavan kısmında 4.2 MPa, taban köşe noktalarında 7.51 MPa ve tünel yan duvarlarında ise 1.45 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 4.20.a). Minimum asal gerilme (σ_3) tünel taban köşe noktalarında 1.35 MPa, ve tünel tavan noktasında ise 0.3 MPa'lık bir değer bulunmuştur (Şekil 4.20.b). Tüm tünel kesitinde makaslama gerilmeleri ile çekme gerilmelerinin etkisi gözlenmektedir. Bundan dolayı tünel çevresinde plastik yenilmelerin gerçekleşebileceği gözlenmektedir (Sekil 4.20.c). Tünelde gelişen maksimum yerdeğiştirme miktarı 11 mm ile tünel yan duvarlarında geliştiği gözlenmiştir (Sekil 4.20.d).

Tünelin bu kesimlerine tünel üzerinde etkili gerilme oranlarının ve yer değiştirme miktarının problem yaratmayacak seviyelere (kemerlenme etkisi) indirilebilmesi için tünelin üst yarısına ve alt yarısına 11 adet kaya bulonu ile tünel üst yarısına 15 cm alt yarısına ise 10 mm püskürtme betonu uygulanmıştır. Destekleme elemanı olarak kaya bulonu ve püskürtme beton uygulandıktan sonra, bunların yarattığı destek basıncı etkisiyle maksimum asal gerilme (σ_1) tünel tavanında 8.6 MPa, ve taban köşe noktalarında 7.6 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 4.21.a). Minimum asal gerilme (σ_3) tünel taban köşe noktalarında 1.65 MPa, ve tünel tavan noktasında ise 1.05 MPa'lık bir değer bulunmuştur (Şekil 4.21.b). Tünel tavan kısmında makaslama ve çekme gerilmelerinin etkisi ile yenilme zonunun kalınlığı azalmakla birlikte halen tünel çevresinde yenilme etkisi gözlenmektedir (Şekil 4.21.c). Tünelde gelişen maksimum yerdeğiştirme miktarı önemli ölçüde azalarak tünel yan duvarlarında 2.7 mm olarak gözlenmiştir (Sekil 4.21.d).

Tünelin örtü yüküne bağlı olarak tünelde gerilmelerin özellikle makaslama kuvvetleri etkisinde olan tünel taban köşe noktalarında yoğunlaşmaktadır. Eğer bu noktalarda gerilmelerin etkisiyle yenilmeler gerçekleşmesi durumunda tünel tam kesiti dairesel olarak düşünülüp taban betonu ile desteklenmelidir.



Şekil 4.20. Diyojen tüneli KM.35+100 – KM.35+400 arasında k= 4 olması durumunda (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı

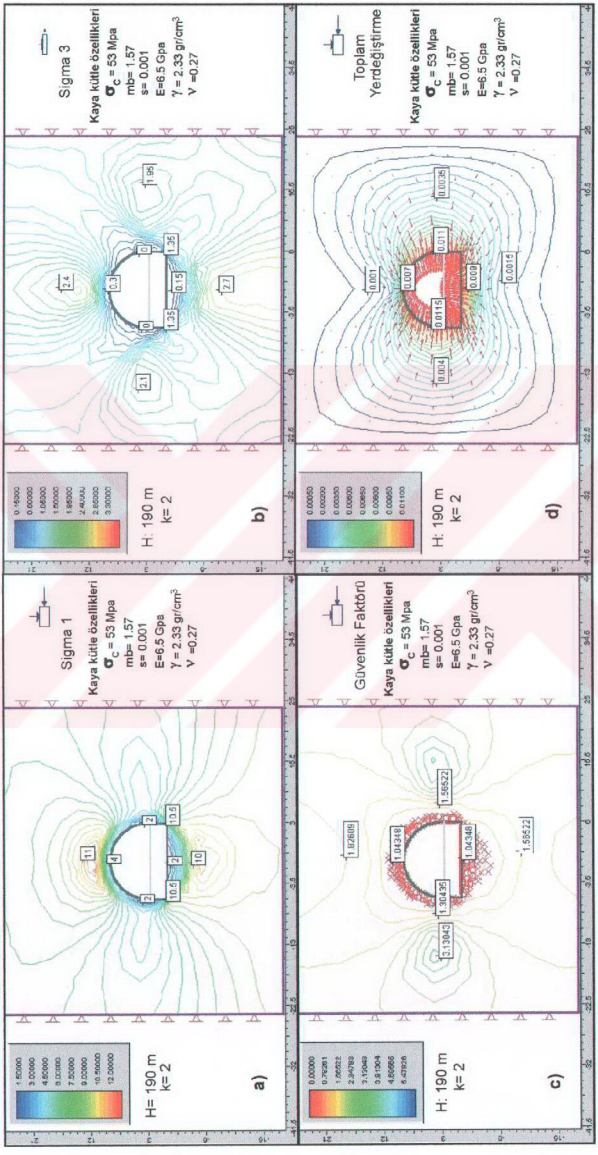


Şekil 4.21. Diyojen tüneli KM.35+100 – KM.35+400 arasının kaya bulonu ve püskürtme beton ile desteklenmesinden sonra (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı

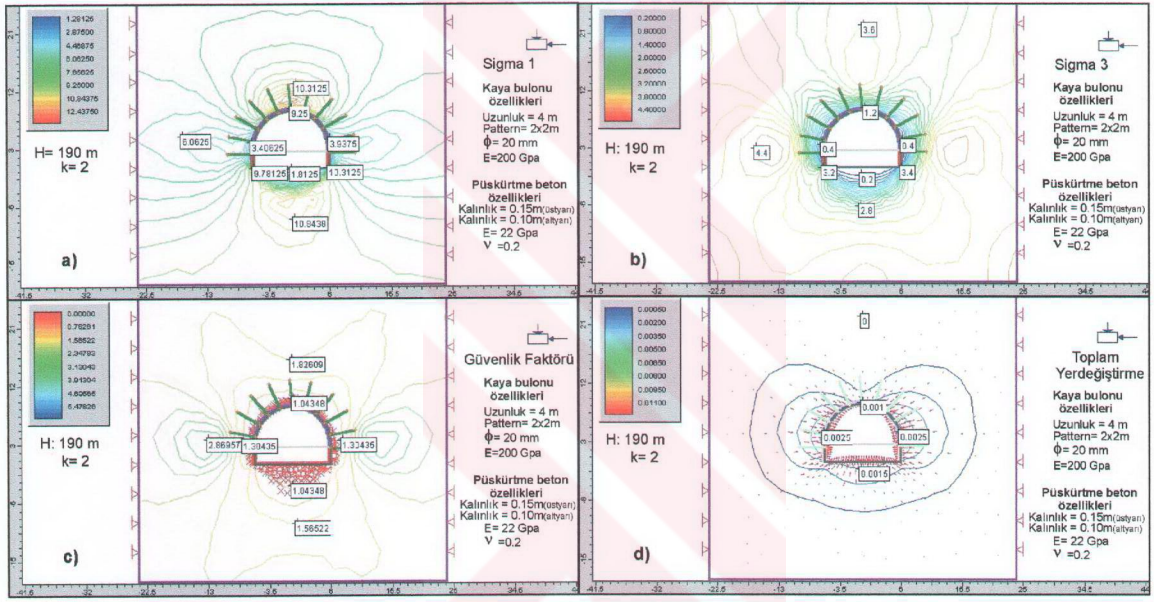
4.1.7.1.(2). Diyojen Tünel KM.35+400 – KM.36+040 Arası Analitik Yaklaşımlar

Tünelin bu bölümünde k faktörü 2 alınarak modellemeler yapılmıştır. Modellemeler esnasında maksimum asal gerilme (σ_1) tünel tavan kısmında 4 MPa, ve taban köşe noktalarında 10.5 MPa, olarak bulunmuştur (Şekil 4.22.a). Minimum asal gerilme (σ_3) tünel taban köşe noktalarında 1.35 MPa, tünel tavan noktasında ise 0.3 MPa'lık bir değer bulunmuştur (Şekil 4.22.b). Tünel çevresindeki yenilme zonu genellikle tünel tavanında makaslama gerilmeleri, taban köşe noktalarında ise çekme gerilmelerinin etkisi gözlenmektedir (Sekil 4.22.c). Tünelde gelişen maksimum yerdeğiştirme miktarı 11.5 mm ile tünel yan duvarlarında geliştiği gözlenmiştir (Sekil 4.22.d).

Tünelin hem üst yarısına hem de alt yarısına toplam 11 adet kaya bulonu ve tünel üst yarısına 15 cm ile alt yarısına 10 mm püskürtme betonu uygulanarak modellendiğinde, maksimum asal gerilme (σ_1) azalarak tünel tavan kısmında 9.25 MPa, ve taban köşe noktalarında 10.3 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 4.23.a). Minimum asal gerilme (σ_3) tünel taban köşe noktalarında 3.4 MPa, ve tünel tavan noktasında ise 1.2 MPa'lık bir değer gözlenmiştir (Şekil 4.23.b). Tünelde uygulanan püskürtme beton ve kaya bulonundan sonra tünel çevresindeki plastik yenilme zonu azalmakla birlikte tünel köşe noktalarında yoğunlaşmıştır. (Sekil 4.23.c). Tünelde gelişen maksimum yerdeğiştirme miktarı azalarak tünel yan duvarlarında 2.5 mm olarak belirlenmiştir (Sekil 4.23.d).



Şekil 4.22. Diyojen tüneli KM.35+400 – KM.36+040 arasında k= 2 olması durumunda (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı

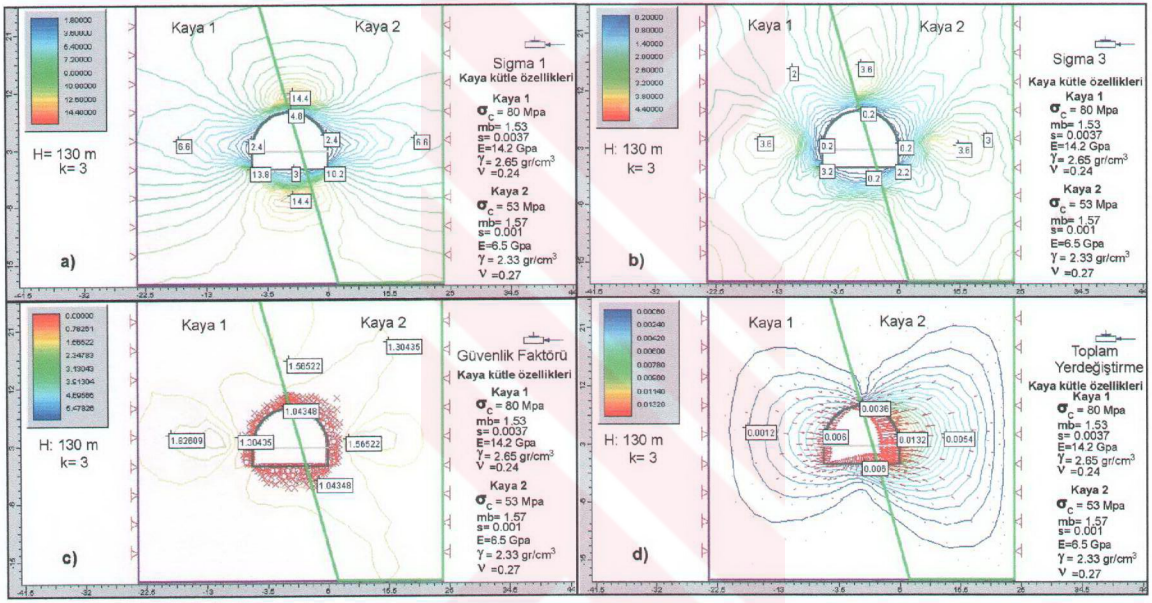


Şekil 4.23. Diyojen tüneli KM.35+400 – KM.36+040 arasının kaya bulonu ve püskürtme beton ile desteklenmesinden sonra (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı

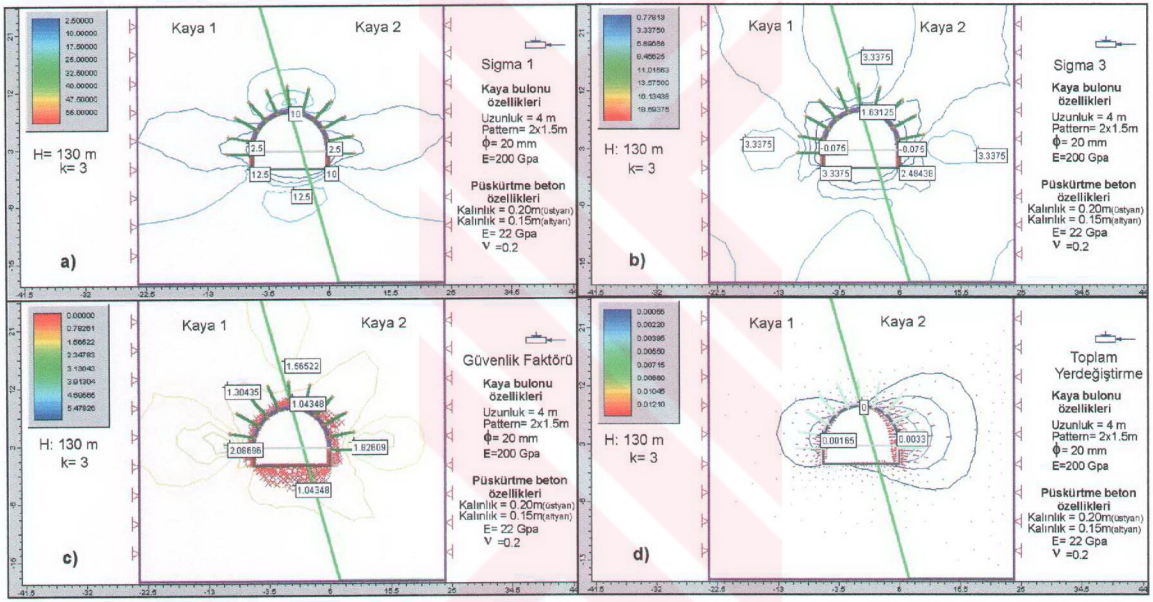
4.1.7.1.(3). Diyojen Tüneli KM.36+040 – KM.36+480 Arası Analitik Yaklaşımlar

k faktörünün 3 olarak alındığı tünelin bu bölümünde iki farklı birimin etkisinden dolayı modellemeler yapılırken bu iki birimin özellikleri dikkate alınarak yapılmıştır. Modellemeler esnasında maksimum asal gerilme (σ_1) tünel tavan kısmında 4.8 MPa, ve taban köşe noktalarında 10.2-13.8 MPa, olarak bulunmuştur (Şekil 4.24.a). Minimum asal gerilme (σ_3) tünel taban köşe noktalarında 2.2-3.2 MPa, tünel tavanında ise 0.2 MPa'lık bir değer bulunmuştur (Şekil 4.24.b). Tünel üzerindeki yenilmelerin Güvenlik faktörü değerine göre tünel tavan, taban ve sağ yan duvarda (kaya 2) olabileceği gözlenmektedir (Sekil 4.24.c). Tünelde gelişen maksimum yerdeğiştirme miktarı tünel sağ yan duvarda (kaya 2) 13.2mm, tünel sol yan duvarda (kaya 1) ise 6 mm geliştiği gözlenmiştir (Sekil 4.24.d).

Tünelin hem üst yarısına hem de alt yarısına toplam 11 adet kaya bulonu ve tünel üst yarısına 20 cm ile alt yarısına 15 mm püskürtme betonu uygulanarak modellendiğinde, maksimum asal gerilme (σ_1) tünel tavan kısmında 10 MPa, ve taban köşe noktalarında 10-12.5 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 4.25.a). Minimum asal gerilme (σ_3) tünel taban köşe noktalarında 2.5-3.3 MPa, ve tünel tavan noktasında ise 1.63 MPa'lık bir değer gözlenmiştir (Şekil 4.25.b). Tünelde uygulanan püskürtme beton ve kaya bulonundan sonra güvenlik faktöründeki artışla birlikte sadece tünel sağ yan (Kaya 2) duvarında bir duraysızlığın olabileceği gözlenmiştir. (Sekil 4.25.c). Tünelde gelişen maksimum yerdeğiştirme miktarı tünel sol yan duvarda (kaya 1) 1.6 mm azalarak 3.3 mm tünel sağ yan duvarda (kaya 2) 3 mm olarak belirlenmiştir (Sekil 4.25.d).



Şekil 4.24. Diyojen tüneli KM.36+040 – KM.36480 arasında k= 3 olması durumunda (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı

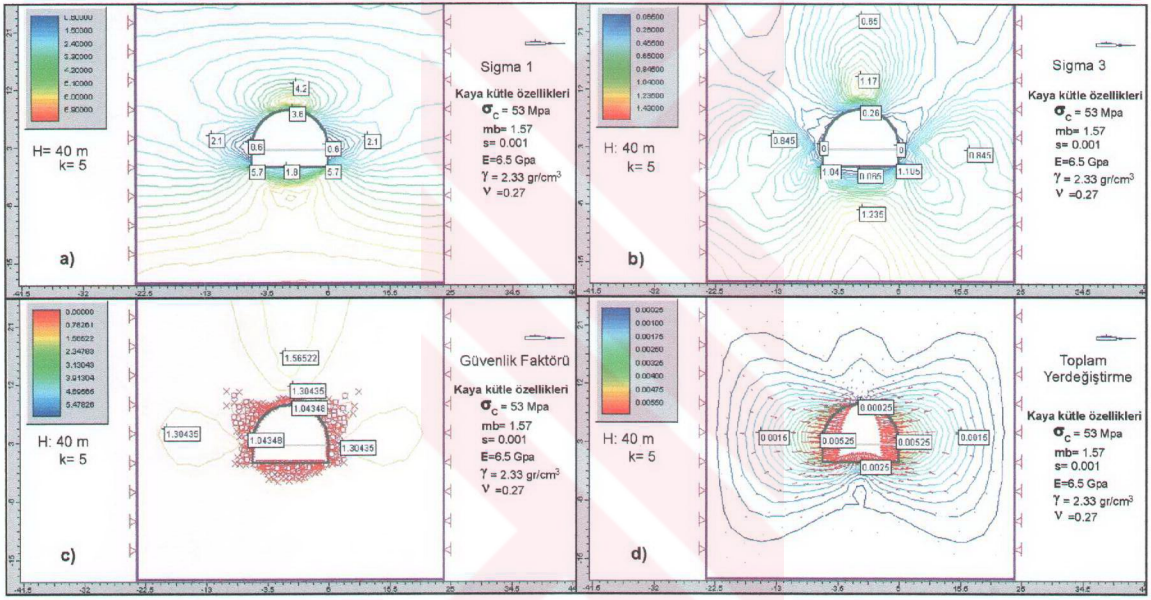


Şekil 4.25. Diyojen tüneli KM.36+040 – KM.36+480 arasının kaya bulonu ve püskürtme beton ile desteklenmesinden sonra (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı

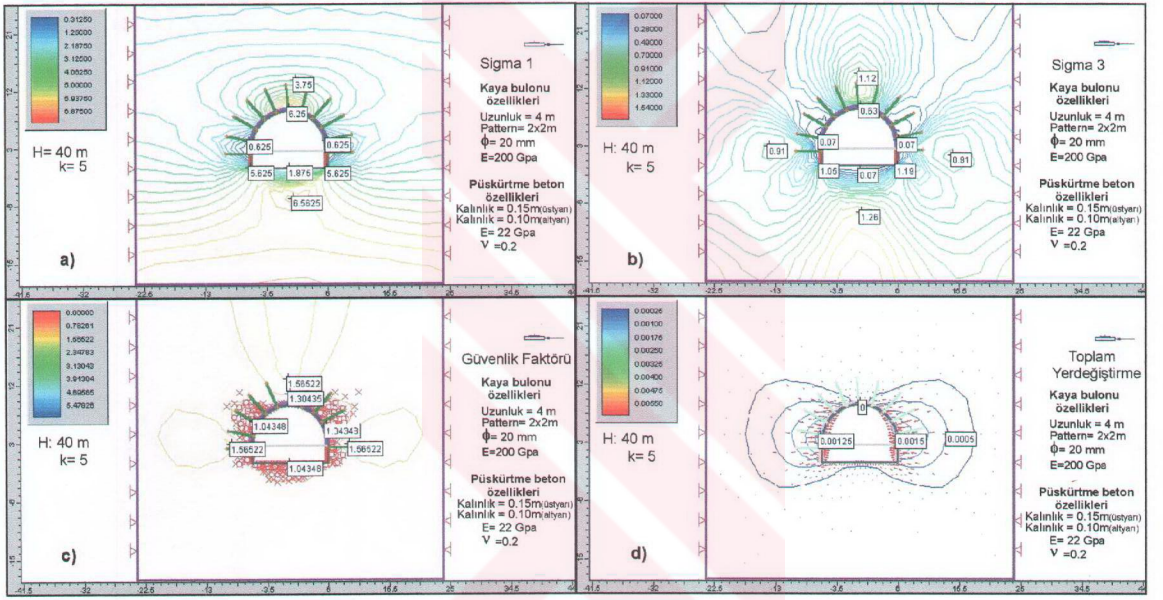
4.1.7.1.(4). Diyojen Tüneli KM.36+480 – KM.37+100 Arası Analitik Yaklaşımlar

Tünelin bu bölümünde k faktörü 5 alınarak modellemeler yapılmıştır. Modellemeler esnasında maksimum asal gerilme (σ_1) tünel tavan kısmında 3.6 MPa, ve taban köşe noktalarında 5.7 MPa, olarak bulunmuştur (Şekil 4.26.a). Minimum asal gerilme (σ_3) tünel taban köşe noktalarında 1-1.1 MPa, tünel tavan noktasında ise 0.26 MPa'lık bir değer bulunmuştur (Şekil 4.26.b). Güvenlik faktörü değerine göre yenilmeler çekme gerilmeleri nedeniyle tünel yan duvarında gerçekleştiği gözlenmektedir. (Sekil 4.26.c). Tünelde gelişen maksimum yerdeğiştirme miktarı 5.2 mm ile tünel yan duvarlarında geliştiği gözlenmiştir (Sekil 4.26.d).

Tünelin hem üst yarısına hem de alt yarısına toplam 11 adet kaya bulonu ve tünel üst yarısına 15 cm ile alt yarısına 10 mm püskürtme betonu uygulanarak modellendiğinde, maksimum asal gerilme (σ_1) tünel tavan kısmında 6.25 MPa, ve taban köşe noktalarında 5.62 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 4.27.a). Minimum asal gerilme (σ_3) tünel taban köşe noktalarında 1.1.2 MPa, ve tünel tavan noktasında ise 0.63 MPa'lık bir değer gözlenmiştir (Şekil 4.27.b). Tünelde uygulanan püskürtme beton ve kaya bulonundan sonra güvenlik faktöründeki artışla birlikte tünel yan duvarlarında duraylılık probleminin halen devam ettiği gözlenmiştir (Sekil 4.27.c). Tünel üzerinde gelişen yenilmeler genellikle derinliğe bağlı olarak yüzeye yakın kesimlerde gerilme dağılımlarından çok süreksizliklerin kontrolunde geliştiğinden dolayı tünel ayna kazısı yapılmadan önce tünel aynasına enjeksiyonlu çelik süren borularla geçici kemerlenme etkisi sağlanmalıdır. Tünelde gelişen maksimum yerdeğiştirme miktarı azalarak tünel yan duvarlarında 1.25 mm olarak belirlenmiştir (Sekil.4.27.d)



Şekil 4.26. Diyojen tüneli KM.36+480 – KM.37+100 arasında k= 5 olması durumunda (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı



Şekil 4.27. Diyojen tüneli KM.36+480 – KM.37+100 arasının kaya bulonu ve püskürtme beton ile desteklenmesinden sonra (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı

4.1.7.2. Diyojen (Sinop) Tüneli RMR Sınıflaması

Sinop-Boyabat Devlet Karayolu kapsamında yapılmakta olan Diyojen tünelinin RMR sınıflaması için Spektra-Joetek (1999) tarafından yapılan 6 (SK.1, SK.2, SK.3, SK.4, SK.5, SK.6) ayrı lokasyondan alınan sondaj loglarından yararlanılmıştır (EK. 1). Her bir sondaj lokasyonu için RMR girdi paremetreleri tek eksenli basma dayanımı, RQD, süreksizlik sıklığı ve süreksizlik durumu, yeraltısuyu durumu ve süreksizlik yönlenmesi gibi paremetreler Bieniawski (1989)'nin önerdiği grafiklerden ve çizelgeden yararlanılarak elde edilmiştir (Çizelge 4.4).

Elde edilen bu girdi parametreleri kullanılarak her sondaj noktası için ClassesX programında değerlendirilerek RMR ve Temel RMR değerleri belirlenmiştir. Elde edilen bu verilere göre SK.1, SK.2, SK.5 ve SK.6 için elde edilen temel RMR ve toplam RMR değerleri için **"ZAYIF KAYA"** olarak tanımlanmıştır. SK.3 ve SK.4 için temel RMR ve toplam RMR değerleri için **"ORTA KAYA"** olarak tanımlanmıştır. Bu sınıflamalar göz önüne alınarak desteksiz tünel açıklığı, kazı yöntemi, destekleme sistemi ve kullanılan destekleme elemanları ayrıntılı olarak verilmiştir (Çizelge 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10).

Çizelge 4.4. Diyojen (Sinop) tüneli RMR girdi parametreleri

DİYOJEN (SİNOP) TÜNELİ						
Özellikler	**SK.1**	**SK.2**	**SK.3**	**SK.4**	**SK.5**	**SK.6**
Tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa)	77	135	155	110	68	40
RQD (%)	30	15	20	78	8	44
Süreksizlik Sıklığı (m)	0.1-0.2	0.1-0.2	0.2-0.25	0.2-0.4	0.1-0.2	0.2-0.4
Süreksizlik Durumu						
Devamlılık (m)	1-3 (4)	1-3 (4)	1-3 (4)	<1 (6)	1-3 (4)	3-10 (2)
Açıklık (mm)	>5 (0)	>5 (0)	1-5 (1)	1-5 (1)	>5 (0)	>5 (0)
Pürüzlülük	Düz (1)	Düz (1)	Düz (1)	Az Pür. (3)	Az Pür. (3)	Düz (1)
Dolgu (mm)	>5 (2)	>5 (2)	Yok (6)	Yok (6)	>5 (2)	>5 (2)
Bozunma	Orta der. Boz. (3)	Orta der. Boz. (3)	Az Boz. (5)	Az Boz. (5)	Orta der. Boz. (3)	Orta der. Boz. (3)
Yeraltısuyu Durumu	Islak	Islak	Islak	Damlama	Islak	Damlama
Süreksizlik Yönlenmesi (°)	Eğim Yön. (20-45°)	Eğim ters Yön. (45-90°)	Eğim ters Yön. (45-90°)	Eğim ters Yön. (45-90°)	Eğim ters Yön. (45-90°)	Eğim Yön. (20-45°)

Çizelge 4.5. Diyojen tüneli SK.1 için RMR değerlendirmesi

Değerlendirme	RMR değeri	Tanımlama
Sağlam kaya dayanımı	7.6	ORTA
Karot kalite değeri (RQD)	6.5	ZAYIF
Süreksizlik sıklığı	7.2	ORTA
Süreksizlik durumu	10	ORTA
Yeraltısuyu durumu	7	ORTA
Süreksizlik yönlenmesi	-2	UYGUN
	Toplam RMR	Temel RMR
RMR	36.3	38.3
Kaya kütlesi sınıfı	IV	IV
Sınıf tanımlaması	**ZAYIF KAYA**	**ZAYIF KAYA**
Ortalama dayanma zamanı	2.5 m açıklık için 10 saat	
Kaya kütlesi kohezyonu, (kPa)	-	100-200
Kaya kütlesi sürtünme açısı	-	15-25°
Kaya yükü yüksekliği, (m)	7.64	-
Destek yükü, (Mpa)	0.175	-
Elastik modülü (Em; GPa)	2.028	
Maksimum tünel açıklığı	5.5 saat dayanma süresi ile 5.42 m	
Desteksiz tünel açıklığı, (m)	1.51	
Kazı yöntemi	İlerleme 1.0-1.5 m aralıklarla olmalı, patlatma yapmak için aynadan 10 m önce destekleme yapılmış olmalı	
Destekleme sistemi	4-5 m uzunluğunda tamamı çimentolu 20 mm çapında kaya blonları, tavanda ve yan duvarda 1.5-2.0 m aralıklarla yerleştirilip püskürtme beton ile birlikte kullanılmalıdır.	
Püskürtme beton	Tavanda 100-150 mm yan duvarlarda 100 mm kalınlığında	
Çelik iksa	Gerektiğinde 1.5 m aralıklarla hafif çelik iksa kullanılabilir.	

Çizelge 4.6. Diyojen tüneli SK.2 için RMR değerlendirmesi

Değerlendirme	RMR değeri	Tanımlama
Sağlam kaya dayanımı	11.8	İYİ
Karot kalite değeri (RQD)	4.6	ÇOK ZAYIF
Süreksizlik sıklığı	7.6	ZAYIF
Süreksizlik durumu	10	ZAYIF
Yeraltısuyu durumu	7	ORTA
Süreksizlik yönlenmesi	-5	ORTA
	Toplam RMR	Temel RMR
RMR	36	41
Kaya kütlesi sınıfı	IV	IV
Sınıf tanımlaması	**ZAYIF KAYA**	**ZAYIF KAYA**
Ortalama dayanma zamanı	2.5 m açıklık için 10 saat	
Kaya kütlesi kohezyonu, (kPa)	-	200-300
Kaya kütlesi sürtünme açısı	-	25-35°
Kaya yükü yüksekliği, (m)	7.68	-
Destek yükü, (Mpa)	0.176	-
Elastik modülüs (Em; GPa)	2.17	
Maksimum tünel açıklığı	5.5 saat dayanma süresi ile 5.35 m	
Desteksiz tünel açıklığı, (m)	1.5	
Kazı yöntemi	İlerleme 1.0-1.5 m aralıklarla olmalı, patlatma yapmak için aynadan 10 m önce destekleme yapılmış olmalı	
Destekleme sistemi	4-5 m uzunluğunda tamamı çimentolu 20 mm çapında kaya blonları, tavanda ve yan duvarda 1.5-2.0 m aralıklarla yerleştirilip hasır çelik ve püskürtme beton ile birlikte kullanılmalıdır.	
Püskürtme beton	Tavanda 100-150 mm yan duvarlarda 100 mm kalınlığında	
Çelik iksa	Gerektiğinde 1.5 m aralıklarla hafif çelik iksa kullanılabilir.	

Çizelge 4.7. Diyojen tüneli SK.3 için RMR değerlendirmesi

Değerlendirme	RMR değeri	Tanımlama
Sağlam kaya dayanımı	12.8	İYİ
Karot kalite değeri (RQD)	5.5	ÇOK ZAYIF
Süreksizlik sıklığı	7.7	ZAYIF
Süreksizlik durumu	17	ORTA
Yeraltısuyu durumu	7	ORTA
Süreksizlik yönlenmesi	-5	ORTA
	Toplam RMR	Temel RMR
RMR	45	50
Kaya kütlesi sınıfı	III	III
Sınıf tanımlaması	**ORTA KAYA**	**ORTA KAYA**
Ortalama dayanma zamanı	2.5 m açıklık için 10 saat	
Kaya kütlesi kohezyonu, (kPa)	-	200-300
Kaya kütlesi sürtünme açısı	-	25-35°
Kaya yükü yüksekliği, (m)	6.60	-
Destek yükü, (Mpa)	0.151	-
Elastik modülüs (Em; GPa)	0	
Maksimum tünel açıklığı	22.8 saat dayanma süresi ile 7.64 m	
Desteksiz tünel açıklığı, (m)	2.07	
Kazı yöntemi	İlerleme 1.5-3.0 m aralıklarla olmalı, patlatma yapmak için aynadan 10 m önce destekleme yapılmış olmalı	
Destekleme sistemi	4-6 m uzunluğunda tamamı çimentolu 20 mm çapında kaya bulonları, tavanda ve yan duvarda 1.5-2.0 m aralıklarla yerleştirilip püskürtme beton ve çelik hasır ile birlikte kullanılmalıdır.	
Püskürtme beton	Tavanda 50-100 mm yan duvarlarda 30 mm kalınlığında	
Çelik iksa	Gerek yok	

Çizelge 4.8. Diyojen tüneli SK.4 için RMR değerlendirmesi

Değerlendirme	**RMR değeri**	**Tanımlama**
Sağlam kaya dayanımı	10.6	İYİ
Karot kalite değeri (RQD)	15.7	İYİ
Süreksizlik sıklığı	9.6	ORTA
Süreksizlik durumu	19	ORTA
Yeraltısuyu durumu	4	ZAYIF
Süreksizlik yönlenmesi	-10	ZAYIF
	Toplam RMR	Temel RMR
RMR	48.9	58.9
Kaya kütlesi sınıfı	III	III
Sınıf tanımlaması	**ORTA KAYA**	**ORTA KAYA**
Ortalama dayanma zamanı	5 m açıklık için 1hafta	
Kaya kütlesi kohezyonu, (kPa)	-	200-300
Kaya kütlesi sürtünme açısı	-	25-35°
Kaya yükü yüksekliği, (m)	6.13	-
Destek yükü, (Mpa)	0.141	-
Elastik modülüs (Em; GPa)	17.8	
Maksimum tünel açıklığı	1.8 gün dayanma süresi ile 9 m	
Desteksiz tünel açıklığı, (m)	2.35	
Kazı yöntemi	İlerleme 1.5-3.0 m aralıklarla olmalı, patlatma yapmak için aynadan 10 m önce destekleme yapılmış olmalı	
Destekleme sistemi	4-6 m uzunluğunda tamamı çimentolu 20 mm çapında kaya bulonları, tavanda ve yan duvarda 1.5-2.0 m aralıklarla yerleştirilip püskürtme beton ve tavanda ile birlikte kullanılmalıdır.	
Püskürtme beton	Tavanda 50-100 mm yan duvarlarda 30 mm kalınlığında	
Çelik iksa	Gerek yok	

Çizelge 4.9. Diyojen tüneli SK.5 için RMR değerlendirmesi

Değerlendirme	RMR değeri	Tanımlama
Sağlam kaya dayanımı	6.9	ORTA
Karot kalite değeri (RQD)	3.7	ÇOK ZAYIF
Süreksizlik sıklığı	6.3	ZAYIF
Süreksizlik durumu	12	ZAYIF
Yeraltısuyu durumu	7	ORTA
Süreksizlik yönlenmesi	-5	ORTA
	Toplam RMR	Temel RMR
RMR	30.9	35.9
Kaya kütlesi sınıfı	IV	IV
Sınıf tanımlaması	**ZAYIF KAYA**	**ZAYIF KAYA**
Ortalama dayanma zamanı	2.5 m açıklık için 10 saat	
Kaya kütlesi kohezyonu, (kPa)	-	100-200
Kaya kütlesi sürtünme açısı	-	15-25°
Kaya yükü yüksekliği, (m)	8.29	-
Destek yükü, (Mpa)	0.19	-
Elastik modülüs (Em; GPa)	1.91	
Maksimum tünel açıklığı	1.9 saat dayanma süresi ile 4.37 m	
Desteksiz tünel açıklığı, (m)	1.26	
Kazı yöntemi	İlerleme 1.0-1.5 m aralıklarla olmalı, patlatma yapmak için aynadan 10 m önce destekleme yapılmış olmalı	
Destekleme sistemi	4-5 m uzunluğunda tamamı çimentolu 20 mm çapında kaya blonları, tavanda ve yan duvarda 1.5-2.0 m aralıklarla yerleştirilip püskürtme beton ve çelik hasır ile birlikte kullanılmalıdır.	
Püskürtme beton	Tavanda 100-150 mm yan duvarlarda 100 mm kalınlığında	
Çelik iksa	Gerektiğinde 1.5 m aralıklarla hafif çelik iksa kullanılabilir.	

Çizelge 4.10. Diyojen tüneli SK.6 için RMR değerlendirmesi

Değerlendirme	**RMR değeri**	**Tanımlama**
Sağlam kaya dayanımı	4.7	ZAYIF
Karot kalite değeri (RQD)	9.1	ZAYIF
Süreksizlik sıklığı	9.5	ORTA
Süreksizlik durumu	6	ZAYIF
Yeraltısuyu durumu	4	ZAYIF
Süreksizlik yönlenmesi	-2	İYİ
	Toplam RMR	Temel RMR
RMR	31.3	33.3
Kaya kütlesi sınıfı	IV	IV
Sınıf tanımlaması	**ZAYIF KAYA**	**ZAYIF KAYA**
Ortalama dayanma zamanı	2.5 m açıklık için 10 saat	
Kaya kütlesi kohezyonu, (kPa)	-	100-200
Kaya kütlesi sürtünme açısı	-	15-25°
Kaya yükü yüksekliği, (m)	8.40	-
Destek yükü, (Mpa)	0.193	-
Elastik modülüs (Em; GPa)	1.79	
Maksimum tünel açıklığı	1.9 saat dayanma süresi ile 4.18 m	
Desteksiz tünel açıklığı, (m)	1.18	
Kazı yöntemi	İlerleme 1.0-1.5 m aralıklarla olmalı, patlatma yapmak için aynadan 10 m önce destekleme yapılmış olmalı	
Destekleme sistemi	4-5 m uzunluğunda tamamı çimentolu 20 mm çapında kaya blonları, tavanda ve yan duvarda 1.5-2.0 m aralıklarla yerleştirilip püskürtme beton ve çelik iksa ile birlikte kullanılmalıdır.	
Püskürtme beton	Tavanda 100-150 mm yan duvarlarda 100 mm kalınlığında	
Çelik iksa	Gerektiğinde 1.5 m aralıklarla hafif çelik iksa kullanılabilir.	

4.1.7.3. Diyojen Tüneli Q Sınıflaması

Q sınıflaması için Spektra-Joetek (1999) tarafından yapılan 6 ayrı lokasyondan alınan sondaj logları ve arazi gözlemlerinden yararlanılarak, tanımlamalamalara ve destek sisteminin seçimine gidilmiştir (EK. 1). Q sistemine göre eklem takım sayısı SK.2 için üç eklem takımı, diğer lokasyonlarda üç eklem takımı ve gelişi güzel eklemler, Süreksizlik pürüzlülüğü için SK.1 ve SK.6 kontak halinde düz, düzlemsel, SK.2, SK.3, SK.4 ve SK.5 kontak halinde, pürüzlü veya düzensiz, düzlemsel, Süreksizlik yüzeylerinin ayrışma derecesi için, SK.1, SK.2 ve SK.4 sıkıca bağlanmış sert, yumuşamayan geçirimsiz dolgu, SK.3, SK.5, SK.6 altere olmamış eklem yüzeyleri, yüzeysel kirlenme tanımları kullanılmıştır. SRF değeri maksimum ve minimum asal gerilme değerlerine göre belirlenmiştir. Her sondaj lokasyonu için ESR: 1 olarak alınmıştır. Su azaltma faktörü için yine her sondaj lokasyonu için orta derecede su gelişi veya basınç, yer yer eklem dolgularının yıkanması tanımı kullanılmıştır.

Tünel hattı boyunca elde edilen bu veriler kullanılarak her sondaj noktası için ClassesX programında değerlendirmelere gidilmiştir. Q sistemine göre SK.1 ve SK.6 **"ZAYIF KAYA",** SK.2, SK.3 ve SK.5 **"ÇOK ZAYIF KAYA"** ve SK.4 **"İYİ KAYA"** olarak tanımlanmıştır. Bu sınıflamalardan yola çıkılarak tünel içerisinde hem tavan için hem de yan duvarlar için destek kategorileri belirlenmiştir (Çizelge 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15 ve 4.16).

Çizelge 4. 11. Diyojen tüneli SK.1 için Q sınıflaması

Değerlendirme sonucu		Birimi	Değeri	Açıklamalar
Destek önerisi için kullanılan Q değeri			1.10	ZAYIF KAYA
Blok boyutu		(RQD/Jn)	2.5	RQD= 30
Bloklar arası makaslama dayanımı		(Jr/Ja)	1.33	Jn= 12
Görünür sürtünme açısı		°	53.19	Jr= 1
Aktif gerilme		(Jw/SRF)	0.343	Ja= 0.75
SRF		-	1.9195	Jw= 0.66
SRF Bileşenleri	SRFh (gerilme etkisinde)	-	1.8907	
	SRFh (yapı etkisinde)	-	0.0288	
Qh	Gerilme etkisi baskın	-	1.146	
SRFn (makaslama ve zayıflık zonu)		-		1.6435
Qn		-	1.338	
Ortalama Elastisite Modülü		GPa	2.67	25*logQ
Destek basıncı		kPa	190	
Maksimum desteksiz tavan açıklığı		-	2.2	
Tavan için Q değeri		-	1.1	
Tavan için destek kategorisi (23B)	Gerilmiş kaya bulonları 1-1.5 m aralıklarla yerleştirilmeli. Ortalama bulon uzunluğu 3.80 m olup hasır çelik yerleştirilmelidir. 50-100 mm kalınlığında püskürtme beton gerekir.			
Tünel duvarı için Q değeri			2.7	Orijinal Q*2.5
Duvar için destek kategorisi (22B)	25-75 mm kalınlığında püskürtme beton direk olarak tünel duvarına uygulanacaktır.			

Çizelge 4. 12. Diyojen tüneli SK.2 için Q sınıflaması

Değerlendirme sonucu		Birimi	Değeri	Açıklamalar
Destek önerisi için kullanılan Q değeri			0.87	ÇOK ZAYIF KAYA
Blok boyutu		(RQD/Jn)	1.6	RQD= 15
Bloklar arası makaslama dayanımı		(Jr/Ja)	3	Jn= 9
Görünür sürtünme açısı		°	71.64	Jr= 1.5
Aktif gerilme		(Jw/SRF)	0.338	Ja= 0.5
SRF		-	0.9517	Jw= 0.66
SRF Bileşenleri	SRFh (gerilme etkisinde)	-	08869	
	SRFh (yapı etkisinde)	-	0.0648	
Qh	Gerilme etkisi baskın	-	1.733	
SRFn (makaslama ve zayıflık zonu)		-	1.8924	
Qn		-	0.871	
Ortalama Elastisite Modülü		GPa	2.26	25*logQ
Destek basıncı		kPa	137	
Maksimum desteksiz tavan açıklığı		-	2	
Tavan için Q değeri		-	0.87	
Tavan için destek kategorisi (27A)	Gerilmiş kaya bulonları 1 m aralıklarla yerleştirilmeli. Ortalama bulon uzunluğu 3.80 m'dir. Püskürtme beton ile desteklenmiş hasır çelik kullanılmalı. 75-100 mm kalınlığında püskürtme beton gereklidir.			
Tünel duvarı için Q değeri			2.1	Orijinal Q*2.5
Duvar için destek kategorisi (23B)	3.5 m uzunluğunda 1-1.5 m aralıklarla yerleştirilmiş gerilmiş kaya bulonları ve 50-100 mm kalınlığında püskürtme beton çelik hasır ile tünel duvarına uygulanacaktır.			

Çizelge 4. 13. Diyojen tüneli SK.3 için Q sınıflaması

Değerlendirme sonucu		Birimi	Değeri	Açıklamalar
Destek önerisi için kullanılan Q değeri			0.87	ÇOK ZAYIF KAYA
Blok boyutu		(RQD/Jn)	1.916	RQD= 23
Bloklar arası makaslama dayanımı		(Jr/Ja)	1.5	Jn= 12
Görünür sürtünme açısı		°	56.37	Jr= 1.5
Aktif gerilme		(Jw/SRF)	0.373	Ja= 1
SRF		-	1.199	Jw= 0.66
SRF Bileşenleri	SRFh (gerilme etkisinde)	-	1.1516	
	SRFh (yapı etkisinde)	-	0.0483	
Qh	Gerilme etkisi baskın	-	1.581	
SRFn (makaslama ve zayıflık zonu)		-	1.7671	
Qn		-	1.073	
Ortalama Elastisite Modülü		GPa	2.33	25*logQ
Destek basıncı		kPa	130.8	
Maksimum desteksiz tavan açıklığı		-	-	
Tavan için Q değeri		-	0.87	
Tavan için destek kategorisi (27A)	Gerilmiş kaya bulonları 1 m aralıklarla yerleştirilmeli. Ortalama bulon uzunluğu 3.80 m'dir. Püskürtme beton ile desteklenmiş hasır çelik kullanılmalı. 75-100 mm kalınlığında püskürtme beton gereklidir.			
Tünel duvarı için Q değeri			2.7	Orijinal Q*2.5
Duvar için destek kategorisi (22B)	3.5 m uzunluğunda 1-1.5 m aralıklarla yerleştirilmiş gerilmiş kaya bulonları ve 50-100 mm kalınlığında püskürtme beton çelik hasır ile tünel duvarına uygulanacaktır.			

Çizelge 4. 14. Diyojen tüneli SK.4 için Q sınıflaması

Değerlendirme sonucu		Birimi	Değeri	Açıklamalar
Destek önerisi için kullanılan Q değeri			19.70	İYİ KAYA
Blok boyutu		(RQD/Jn)	6.66	RQD= 80
Bloklar arası makaslama dayanımı		(Jr/Ja)	5.33	Jn= 12
Görünür sürtünme açısı		°	79.47	Jr= 4
Aktif gerilme		(Jw/SRF)	0.556	Ja= 0.75
SRF		-	1.1857	Jw= 0.66
SRF Bileşenleri	SRFh (gerilme etkisinde)	-	1.1361	
	SRFh (yapı etkisinde)	-	0.0496	
Qh	Gerilme etkisi baskın	-	19.78	
SRFn (makaslama ve zayıflık zonu)		-	0.515	
Qn		-	45.53	
Ortalama Elastisite Modülü		GPa	32.36	25*logQ
Destek basıncı		kPa	18.1	
Maksimum desteksiz tavan açıklığı		-	6.7	
Tavan için Q değeri		-	19.7	
Tavan için destek kategorisi (14C)	Gerilmemiş kaya bulonları 1.5-2.0 m aralıklarla yerleştirilmeli. Ortalama bulon uzunluğu 3.80 m dir. Ara noktalarda hasır çelik bu bulonlara tutturulmalı.			
Tünel duvarı için Q değeri			98.5	Orijinal Q*2.5
Duvar için destek kategorisi (23B)	Destekleme gerekmektedir. 2.5-3.0 m aralıklarla yerleştirilmiş gerilmemiş kaya bulonlarının kullanılması tercih edilebilir.			

Çizelge 4. 15. Diyojen tüneli SK.5 için Q sınıflaması

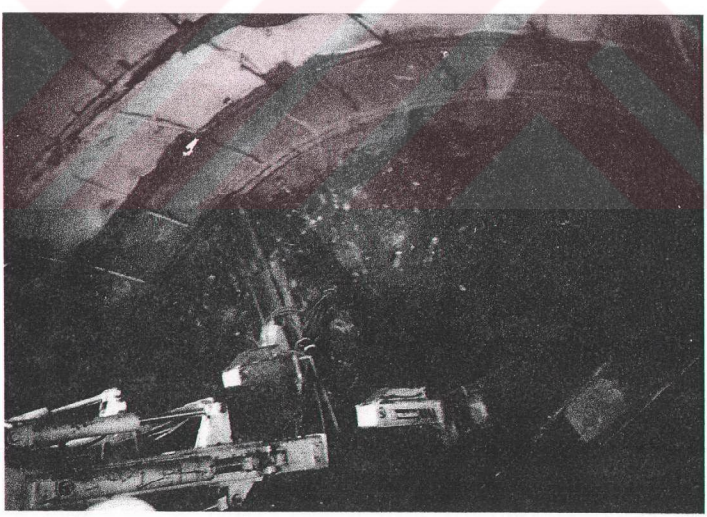
Değerlendirme sonucu		Birimi	Değeri	Açıklamalar
Destek önerisi için kullanılan Q değeri			0.34	ÇOK ZAYIF KAYA
Blok boyutu		(RQD/Jn)	0.833	RQD= 10
Bloklar arası makaslama dayanımı		(Jr/Ja)	1.5	Jn= 12
Görünür sürtünme açısı		°	56.37	Jr= 1.5
Aktif gerilme		(Jw/SRF)	0.275	Ja= 1
SRF		-	3.6332	Jw= 0.66
SRF Bileşenleri	SRFh (gerilme etkisinde)	-	3.619	
	SRFh (yapı etkisinde)	-	0.0142	
Qh	Gerilme etkisi baskın	-	0.344	
SRFn (makaslama ve zayıflık zonu)		-	2.1683	
Qn		-	0.576	
Ortalama Elastisite Modülü		GPa	1.83	25*logQ
Destek basıncı		kPa	187.4	
Maksimum desteksiz tavan açıklığı		-	1.4	
Tavan için Q değeri		-	0.34	
Tavan için destek kategorisi (27A)	Gerilmiş kaya bulonları 1 m aralıklarla yerleştirilmeli. Ortalama bulon uzunluğu 3.80m'dir. 200-400 mm kalınlığında donatısız beton kemerler kullanılmalı. olup hasır çelik yerleştirilmelidir. 75-100 mm kalınlığında püskürtme beton gerekir.			
Tünel duvarı için Q değeri			0.85	Orijinal Q*2.5
Duvar için destek kategorisi (27B)	3.5 m ortalama uzunluğunda 1.0 m aralıklarla yerleştirilmiş gerilmemiş kaya bulonları. Çelik hasır ile donatılı püskürtme beton 50-75 mm kalınlığında uygulanmalıdır.			

Çizelge 4. 16. Diyojen tüneli SK.6 için Q sınıflaması

Değerlendirme sonucu		Birimi	Değeri	Açıklamalar
Destek önerisi için kullanılan Q değeri			2.90	ZAYIF KAYA
Blok boyutu		(RQD/Jn)	3.75	RQD= 45
Bloklar arası makaslama dayanımı		(Jr/Ja)	1	Jn= 12
Görünür sürtünme açısı		°	45.05	Jr= 1
Aktif gerilme		(Jw/SRF)	0.79	Ja= 1
SRF		-	0.8368	Jw= 0.66
SRF Bileşenleri	SRFh (gerilme etkisinde)	-	0.7587	
	SRFh (yapı etkisinde)	-	0.0781	
Qh	Gerilme etkisi baskın	-	4.481	
SRFn (makaslama ve zayıflık zonu)		-	1.2654	
Qn		-	2.962	
Ortalama Elastisite Modülü		GPa	11.55	25*logQ
Destek basıncı		kPa	137.5	
Maksimum desteksiz tavan açıklığı		-	3.2	
Tavan için Q değeri		-	2.9	
Tavan için destek kategorisi (23B)	Gerilmiş kaya bulonları 1-1.5 m aralıklarla yerleştirilmeli. Ortalama bulon uzunluğu 3.80 m olup hasır çelik yerleştirilmelidir. 50-100 mm kalınlığında püskürtme beton gerekir.			
Tünel duvarı için Q değeri			7.2	Orijinal Q*2.5
Duvar için destek kategorisi (18C)	25-75 mm kalınlığında püskürtme beton direk olarak tünel duvarına uygulanacaktır.			

4.1.7.4. Diyojen Tünelinde NATM Sınıflaması

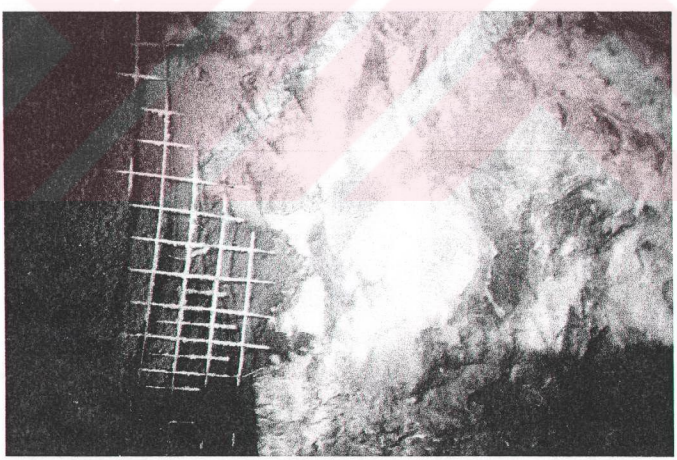
Diyojen tünelinde elde edilen jeoteknik veriler, gerekli saha ve yerinde yapılan incelemeler sonucunda tünel hattı boyunca karşılaşılan kaya kütleleri için gerekli destekleme sınıfı ve elemanları belirlenerek NATM'a göre Doğuş A.Ş. tarafından KGM adına yapılmıştır. Diyojen tünelinde NATM' uygulaması Ö NORM B 2203 (1994)' göre yapılmıştır. Buna göre tünel kazısı süresince kaya kütleleri genel olarak tünel hattı boyunca C2 (baskılı), B3 (taneli), ve B2 (çok gevrek) kaya sınıflarına göre destekleme elemanları seçilerek gerekli destekleme yapıldıktan sonra kazı ayna ilerlemesi sağlanmıştır. Diyojen tünelinde destekleme elemanı olarak püskürtme beton, kaya bulonu, çelik hasır, çelik iksa ve gerekli görülen kısımlarda tünel tavanında aşırı dökülme ve sökülmelere karşı gecici kemerlenme sağlamak için çelik süren borular kullanılmıştır (Şekil 4.28, 4.29 ve 4.30)



Şekil 4.28. Diyojen tünelinde uygulanan destekleme elemanlarının genel bir görünümü



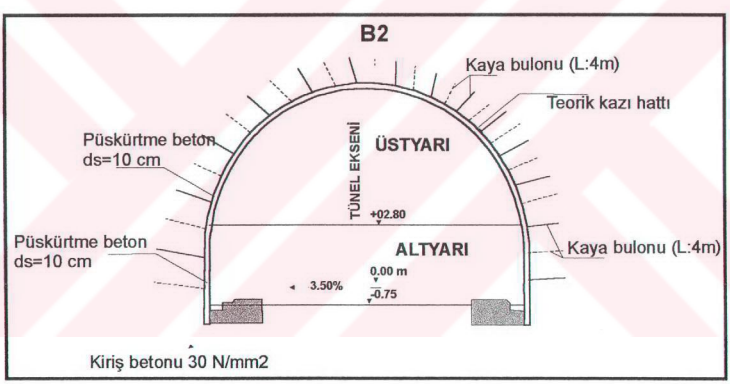
Şekil 4. 29. Diyojen tünelinde destekleme elemanı olarak kullanılan püskürtme beton ve kaya bulonu uygulaması



Şekil 4. 30. Diyojen tünelinde destekleme elemanı olarak kullanılan püskürtme beton ve çelik hasır uygulaması

4.1.7.4.(1). B2 Kaya Sınıfı

Çok gevrek kaya kütlesi olarak tanımlanan kısımlarda kazı tünel kesitine bağlı olarak alt yarı ve üst yarı olmak üzere ikiye bölünmüştür. Raunt uzunluğu desteksiz kalma süresi, desteksiz açıklığa bağlı olarak belirlenmiştir. Buna göre Üst yarı kazısında 2.5 m alt yarı kazısında ise 3'lik bir ilerleme sağlanmıştır. Kazı genellikle yumuşak patlatma ile yapılmıştır. Üst yarıda tünel tavanı ve yan duvarlarda destekleme elemanı olarak 10 cm püskürtme beton , çelik hasır ve 20 mm çapında 4 m uzunluğunda SN bulon kullanılmıştır . Altyarıda ise 5 cm püskürtme beton ve 20 mm çapında 4 m uzunluğunda SN bulon kullanılmıştır (Şekil 4.31).

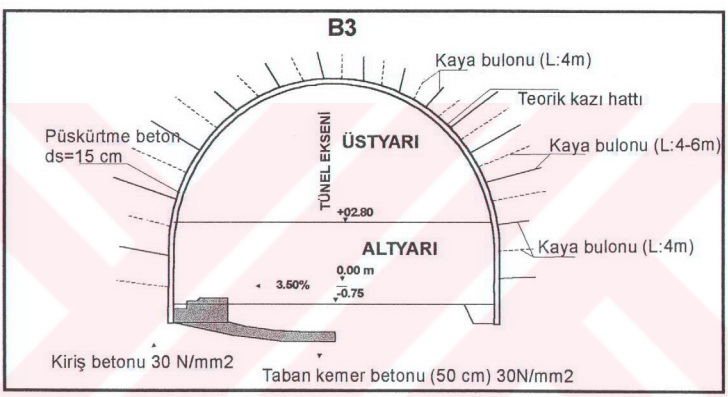


Şekil 4. 21. Ö NORM B 2203 (1994)'e göre B2 kaya sınıfının kesiti

4.1.7.4.(2). B3 Kaya Sınıfı

"Taneli" kaya kütlesi olarak tanımlanan bu kaya sınıfında, kazı tünel kesitine bağlı olarak alt yarı ve üst yarı olmak üzere ikiye bölünmüştür. Ancak topuk görevini görsün diye aynadaki pasanın bir kısmı bırakılmaktadır ve ayna yüzeyine 5 cm kalınlığında ön püskürtme beton uygulanmaktadır. Raunt uzunluğu üst yarı kazısında 2 m alt yarıda ise 2.5 m'lik ilerleme sağlanmıştır. Kazı genellikle sert kısımlarda

yumuşak patlatma ve dökülen yumuşak kısımlarda ise kazı makinaları ile yapılmıştır. Destekleme elemanı olarak üst yarıda çelik iksa, çelik hasır, 15 cm kalınlığında püskürtme beton ve 20 mm çapında 4-6 m uzunluğunda SN bulon kullanılmıştır. Yer yer üst yarıda süren uygulaması yapılmıştır. Alt yarıda ise çelik hasır, 15 cm kalınlığında püskürtme beton ve 20 mm çapında 4 m uzunluğunda SN bulon kullanılmıştır. Yumuşak olarak nitelendirilen kısımlarda taban kazısı ve taban beton kemeri uygulaması yapılmıştır (Şekil 4.32).

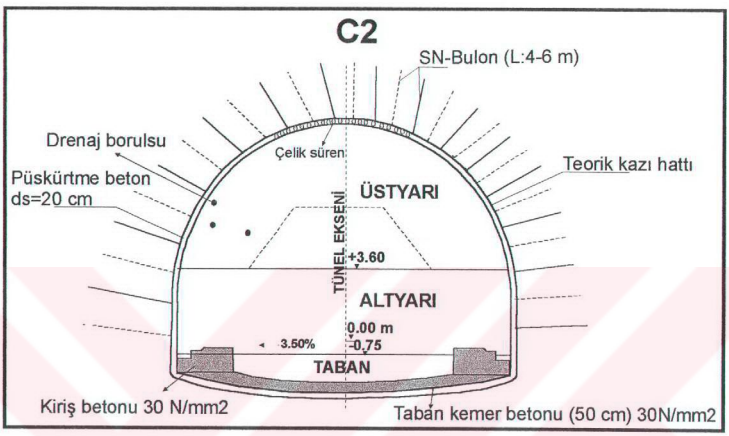


Şekil 4. 32. Ö NORM B 2203 (1994)'e göre B3 kaya sınıfının kesiti

4.1.7.4.(3). C2 Kaya Sınıfı

"Baskılı" kaya kütlesi olarak tanımlanan bu kaya sınıfında kazı üst yarı ve alt yarı kazısı olarak bölünmüştür. Aynadaki pasa tavan desteklemesi bittikten sonra kaldırılmakta ve aynaya 5 cm kalınlığında ön püskürtme beton uygulanmaktadır. Raunt uzunluğu üst yarı kazısında 1.5 m alt yarıda ise 2 m'lik ilerleme şeklindedir. Kazı genellikle sert kısımlarda yumuşak patlatma ve dökülen yumuşak kısımlarda ise kazı makinaları ile yapılmıştır. Destekleme elemanı olarak üst yarıda çelik süren çelik iksa, çelik hasır, 20 cm kalınlığında püskürtme beton ve 20 mm çapında 6 m uzunluğunda SN bulon kullanılmıştır. Alt yarıda ise çelik hasır, 15 cm kalınlığında

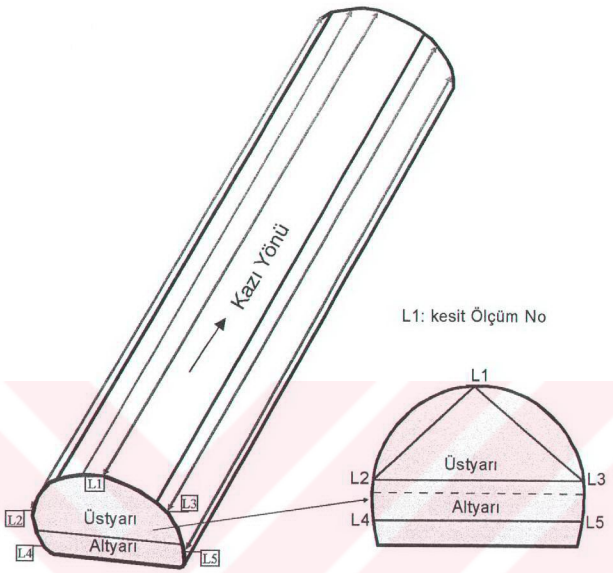
püskürtme beton ve 20 mm çapında 4 m uzunluğunda SN bulon kullanılmıştır. Taban kazısı ve taban beton kemeri uygulaması yapılmıştır (Şekil 4.33).



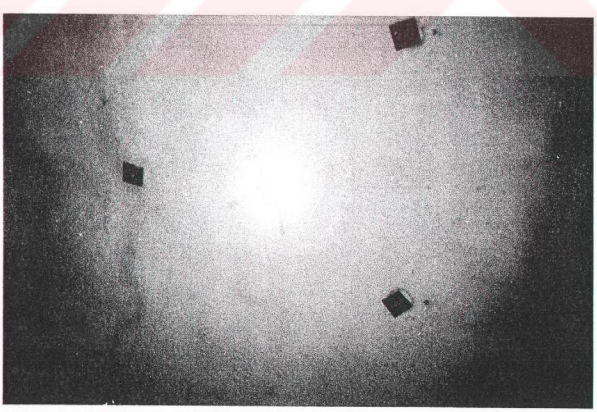
Şekil 4. 33. Ö NORM B 2203 (1994)'e göre C2 kaya sınıfının kesiti

4.1.8. Diyojen Tünelinde Konverjan Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi

Yaklaşık 2 km uzunluğundaki Diyojen tünelindeki konverjan ölçümleri Doğuş A.Ş ve Pustiler Ltd. Şti. tarafından tünel üst yarısına (L1, L2 ve L3) ve alt yarısına (L4 ve L5) konan konverjanmetreler kullanılarak; L1-L2, L2-L3, L1-L3 ve L4-L5 yönlerinde teodolit ve şerit metre yardımıyla bir yıllık bir zaman süresince yapılmıştır (Şekil 4.34 ve 4.35). Konverjan verileri Doğuş A.Ş ve Pustiler Ltd. Şti.'den alınarak değerlendirmeler bilgisayar ortamında yapılmıştır. Bu ölçümlerde konverjanların yönü belirlenemediğinden konverjan ölçümleri büyüklük olarak ifade edilmiştir. Her ölçüm noktası için konverjan ölçüm değerleri kümülatif olarak hesaplanmıştır (Ek. 3).



Şekil 4.34. Diyojen tüneli güzergahı boyunca ölçüm kesitlerinin gösterimi



Şekil 4.35. Diyojen tünelinde konverjan ölçümlerinde kullanılan konverjanmetre

Tünel içerisinde açıldığı birimlerin özelliklerinin yanı sıra konverjan değerlerindeki değişimlere bağlı olarak, konverjan değerlerinin daha net anlaşılabilmesi için tünel hattı 9 farklı zona (KM.35+100 – KM.35+260, KM.35+260 – 35+480, KM.35+480 – KM.35+700, KM.35+700 – KM.35+960, KM.36+020 – KM.36+520, KM.36+520 – KM.36+620, KM.36+620 – KM.36+740, KM.36+740 – KM.36+920, KM.36+920 – KM.37+100) ayrılarak incelenmiştir. Elde edilen konverjan ölçüm verileri kullanılarak tünel hattı boyunca grafiksel analizler yapılarak konverjan ölçüm değerlerinin yüksek olduğu noktaların zamana bağlı olarak değişimler ortaya konmuştur. Konverjan değerlerindeki değişimlere göre bu değerlendirmeler esnasında Ek 4'de verilmiş olan tünel ayna haritalarından elde edilen tünel jeoloji kesitinden yararlanılmıştır.

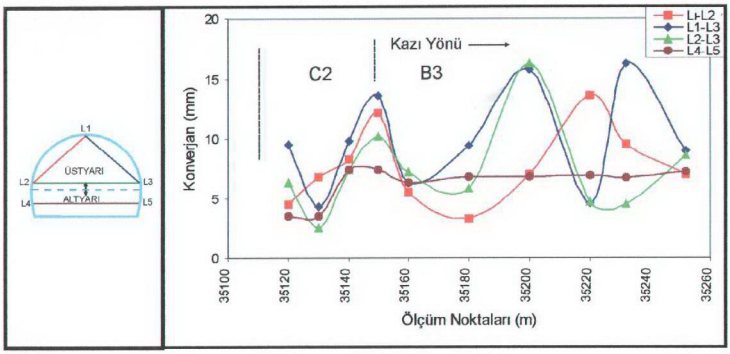
4.1.8.1. KM.35+100 – KM.35+260

Tünelin giriş bölümünde yer alan bu kısım iki farklı dayanım özelliği gösteren C2 ve B3 kaya sınıfına ait kayaçları içermektedir (Ek. 4). C2 kaya sınıfı daha ezik ve az dayanım özelliğine sahip olmasından dolayı bu kısımda daha fazla destekleme uygulanmıştır. Bundan dolayı bu bölgede ölçülen konverjan değerleri düşük çıkmıştır. KM.35+100 – KM.35+260 arasında gelişen konverjanlar incelendiğinde jeolojik birimdeki değişikliklere (kumtaşı-şeyl ardalanması) bağlı olarak, yeraltısuyu ve ezik zonların etkisi gözlenmektedir (Şekil 4.36.a) (Ek. 4).

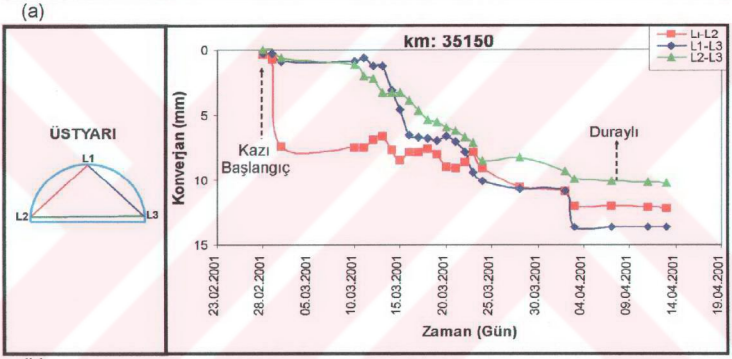
KM.35+150 C2 ve B3 kaya sınıfı sınırında yer almaktadır. Bu kesimde 14 mm'lik bir konverjan değeri ölçülmüştür. Bu noktada başlangıçta L1-L2 yönünde konverjan değerlerinde hızlı bir artış gözlenmiş, daha sonra zamanla L1-L3 ve L2-L3 yönlerinde benzer şekilde bir konverjan değerlerinde bir artış gözlenmiştir (Şekil 4.36.b).

KM.35+200 özellikle tünel sağ omuzunda L1-L3 ve L2-L3 yönlerinde 15 mm'lik bir konverjan değeri ölçülmüştür (Şekil 4.36.c). Tünelin bu bölgede sağ yan omuzda eziklık zonuna girmesi ve yeraltısuyu etkisinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Ek. 4). Bu noktada L1-L3 ve L2-L3 yönlerinde zamanla konverjan değerinde daha fazla bir artış olmuştur (Şekil 4.36.c). KM.35+150 ve KM.35+200'de

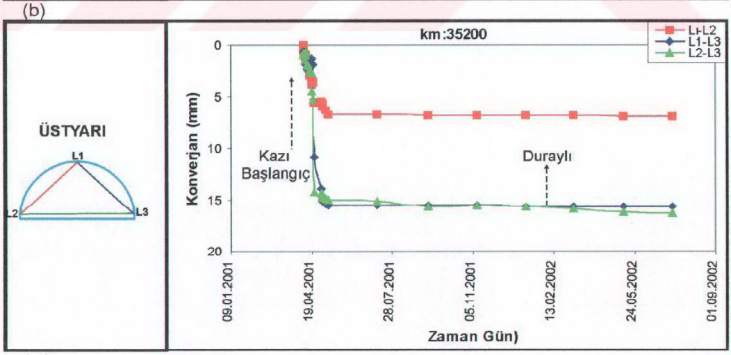
zamanla her üç yönde de konverjan değerlerindeki artış başlangıçta hızlı bir şekilde artış gösterirken zamanla azalarak sabit bir değere ulaşmıştır. Bu bölgede nihai yerdeğiştirme değeri maksimum 17 mm olarak tahmin edilmektedir (Şekil 4.36.b ve 4.36.c).



(a)



(b)



(c)

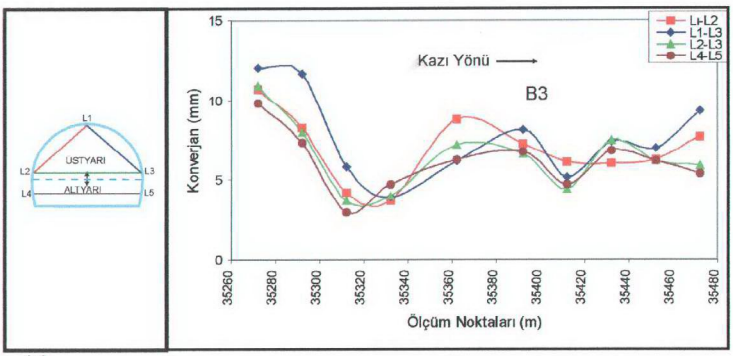
Şekil 4.36. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.35+100 – KM.35+260)

4.1.8.2. KM.35+260 – KM.35+480

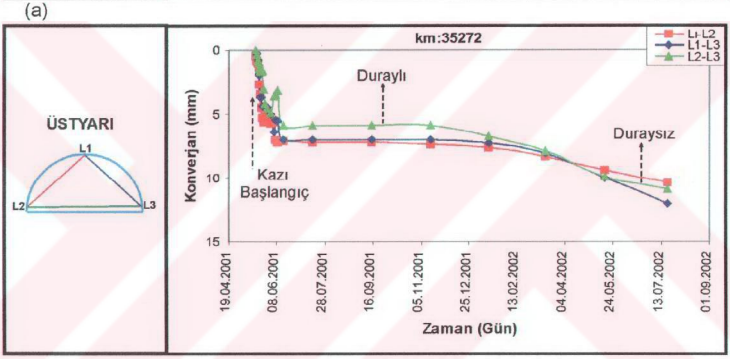
Sadece B3 kaya sınıfına dahil birimlerin gözlendiği bu kısımda gelişen konverjanların kumtaşı şeyl ardalanmasından ziyade yeraltısuyu ve ezik zonlardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Konverjan değerleri değişken olmakla beraber en yüksek konverjan değeri KM.35+272'de 12 mm olarak ölçülmüştür (Ek. 4) (Şekil 4. 37.a).

KM.35+272'de tünelin tavanında büyük konverjan değerine neden olan ezik zon ve yeraltısuyu etkisi tespit edilmiştir. Bu noktada başlangıçta L1-L2, L2-L3, L2-L3 yönlerinde 8 mm'lik bir konverjan değeri gelişmiş daha sonra yapılan ölçümler sonucunda 10 ay boyunca konverjan değerlerinde fazla bir değişim gözlenmemiştir. Ancak 10'nuncu ayın sonunda bu bölgede tekrar bir konverjan değerinde bir artış meydana gelmiş ve 10 mm'ye ulaşmıştır. Bu bölgede bulunan yeraltısuyu ve ezik zonun tünel üzerine yaptığı baskıdan dolayı tekrar bir konverjan değerinde bir artış olduğu düşünülmüştür. Bu kesime ek püskürtme betonu ve kaya bulonu uygulaması ile konverjan değerlerindeki artışın azaltılarak sabit bir değere ulaştırılabileceği düşünülmektedir (Ek. 4) (Şekil 4.37.b).

KM.35+272'de konverjan değerlerinin ölçümüne devam edilmediği için bu noktada nihai deformasyon değerinin tahmini tam olarak yapılmamakla birlikte ek desteklemeler yapıldıktan sonra maksimum 12-13 mm gibi bir değer alacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4. 37.b).



(a)



(b)

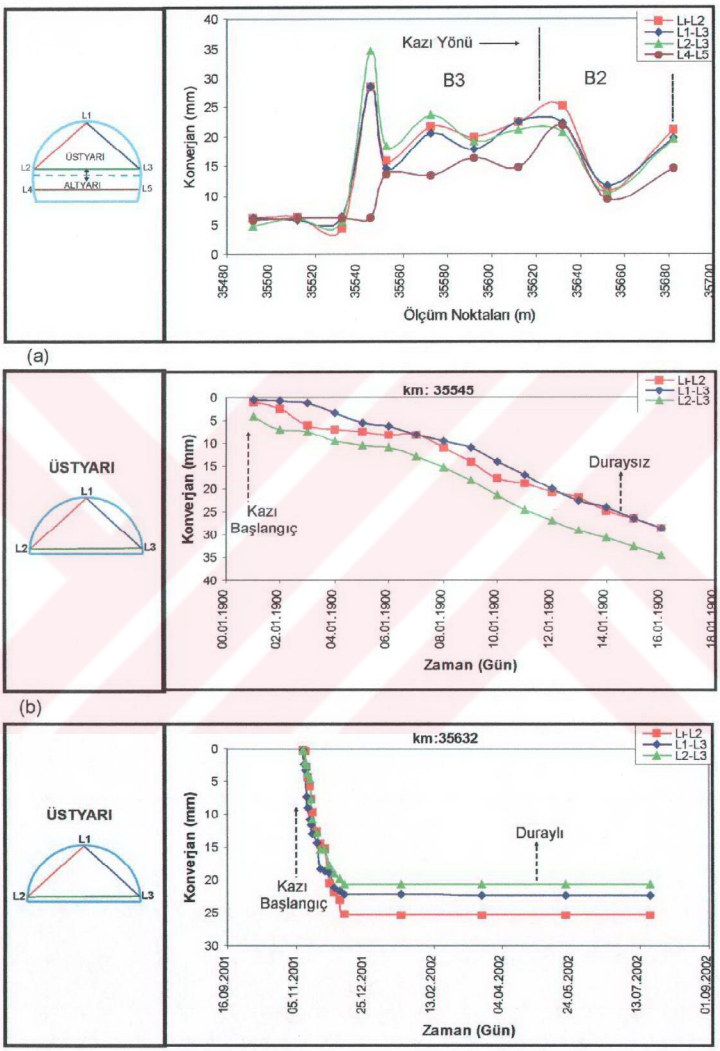
Şekil 4.37. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.35+260 – KM.35+480)

4.1.8.3. KM.35+480 – KM.35+700

Kiltaşı-kumtaşı alterasyonu, ezik zon ve yeraltısuyunun yeraldığı bu bölgede tünel desteklemesi B2 ve B3 kaya sınıfına göre yapılmıştır. Bu bölümde üç eziklik zonu ve yeraltısuyu nedeniyle en yüksek konverjan değerleri KM.35+545'te 35 mm, KM.35+632'de 25 mm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.38.a) (Ek. 4).

KM.35+545'de zamanla sürekli bir şekilde konverjan değerlerindeki artış devam etmiş ve 18 günde konverjan değeri 35 mm'ye ulaşmıştır. Ezik zonu oluşturan kilin şisme özelliği göstermesi nedeniyle bünyesine aldığı sudan dolayı bu zonların olduğu kesimlerde konverjan miktarının yüksek çıktığı tahmin edilmektedir. Bu noktada sabit veya azalan bir konverjan değerine ulaşılamadığından tünel duraylılığı açısından ek destekleme (püskürtme beton ve kaya bulonu) elemanlarının uygulanması gerekmektedir. Ek desteklemeler ile konverjan ölçümlerinin tekrar yapılarak konverjan değerlerinde bir azalma ve sabit bir değere ulaşıncaya kadar devam edilmesi gerekmektedir (Şekil 4.38. b) (Ek. 4).

KM.35+632'de başlangıçta zamanla konverjan değerinde her üç yönde de (L1-L2, L2-L3 ve L1-L3) hızlı bir şekilde artarak 25 mm'lik bir değere ulaşmıştır. Yine bu bölgede ezik zon ve yeraltısuyu etkisinden dolayı böyle bir artışın meydana geldiği düşünülmektedir. Daha sonra yapılan ölçümlerde konverjan değeri sabit bir değere ulaşmıştır. Bu bölgede oluşabilecek nihai yerdeğiştirme değeri 27 mm olarak tahmin edilmektedir. (Şekil 4.38. c) (Ek.4).



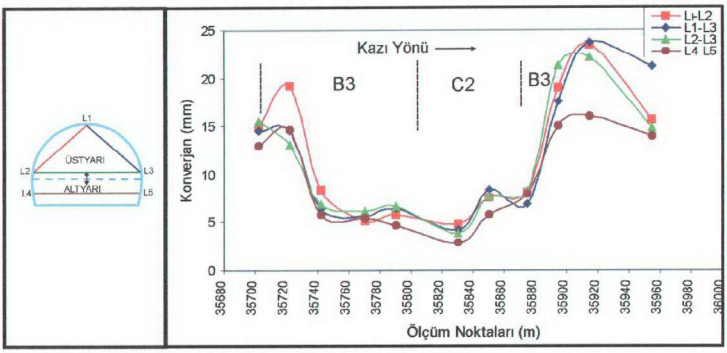
Şekil 4.38. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.35+480 – KM.35+700)

4.1.8.4. KM.35+700 – KM.35+960

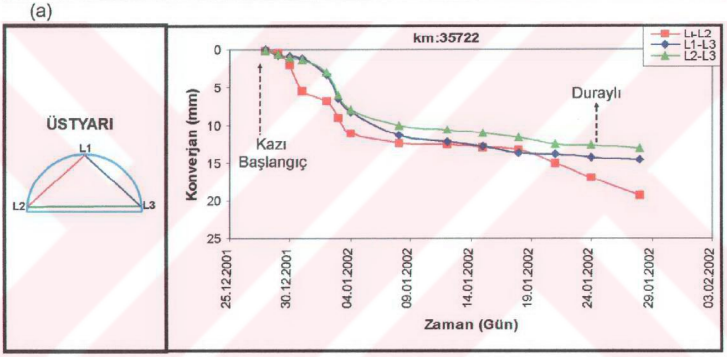
Bu bölümde kiltaşı-kumtaşı ve tünel sol yan duvarından sağ yan duvarına doğru uzanan fay ve faya bağlı olarak gelişen kırık çatlak ve tünel içerisine doğru akan bir yeraltısuyu varlığı gözlenmiştir. Tünel desteklemesi B3 ve C2 kaya destekleme sınıfına göre yapılmıştır. Bu KM'ler arasında C2 destekleme sınıfında destekleme elemanlarının sayısı ve miktarı B3'e göre daha fazla olduğundan yüksek konverjan değerleri B3 destekleme sınıfının bulunduğu alanlarda daha fazla gözlenmiştir. En yüksek konverjan değeri KM.35+722'de 18 mm, KM.35+915'de 23 mm'lik bir konverjan değeri gözlenmiştir (Şekil 4.39.a) (Ek.4).

KM.35+722'de zamanla her üç yöndede (L1-L2, L2-L3 ve L1-L3) zamanla artan bir konverjan değeri gözlenmektedir. Burada ilk 10 günde 12-13 mm'lik bir konverjan değeri gözlenirken, daha sonra zamanla artmaya devam ederek 18 mm'ye ulaşmıştır. Zamanla L1-L3, L2-L3 yönünde hareket sabit bir değere ulaşırken. L1-L2 yönünde hareketin halen devam ettiği gözlenmiştir. Bu durum sol yan duvarda fay'ında etkisi ile konverjan değerinde artışın devam ettiği gözlenmiştir. Bu bölgede tahmin edilen nihai yerdeğiştirme L1-L3 ve L2-L3 yönünde yaklaşık 17 mm'dir. L1-L2 yönünde ise ölçüm değerleri sabit bir değere ulaşamadığından dolayı tam bir tahminde bulunulamamıştır. Tünelin bu sol yan duvarınada (L1-L2) püskürtme beton ve kaya bulonu uygulaması ile ek bazı desteklemelerin yapılması uygun olacaktır (Şekil 4.39. b) (Ek. 4).

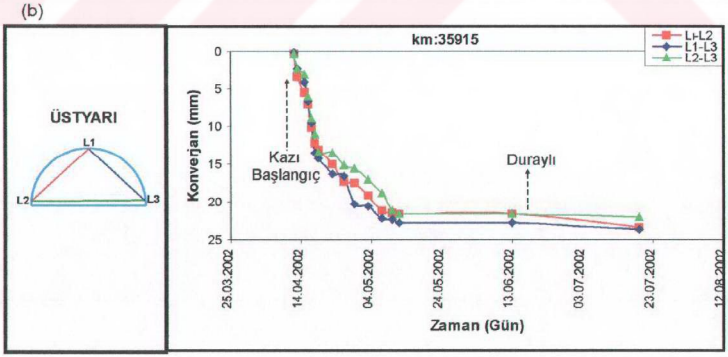
KM.35+915'de başlangıçta her üç yönde hızlı bir şekilde konverjan miktarında artış meydana gelerek 15 mm'ye ulaşmıştır. Daha sonra konverjan miktarı yavaş bir şekilde artış göstererek 23 mm'lik bir konverjan değeri ulaşmış ve zamanla konverjanlar sabit bir değere ulaşmışlardır. Bu kesimde yine fay ve kıvrımlanmanın etkisiyle bu miktarda bir konverjan değerinin oluştuğu tahmin edilmiştir. Nihai yerdeğiştirme değerinin zamanla maksimum 25 mm olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. (Şekil 4.39.c).



(a)



(b)



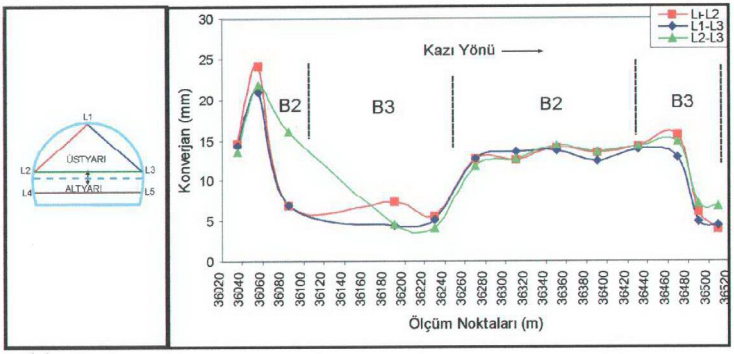
(c)

Şekil 4.39. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.35+700 – KM.35+960)

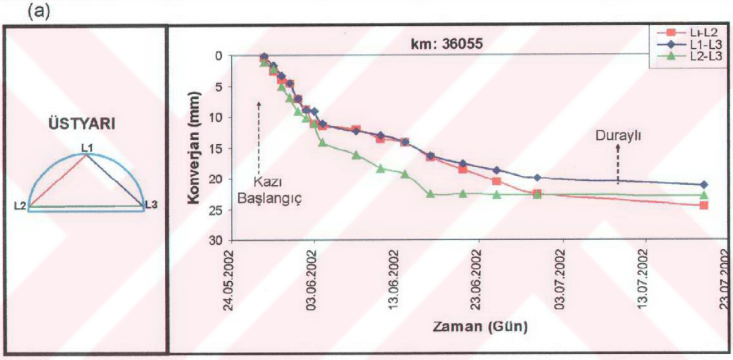
4.1.8.5. KM.36+020 – KM.36+520

Tünelin bu bölümünde kumtaşı-kiltaşı ardalanması, kireçtaşı, ezik zonlar, fay ve yeraltısuyu gözlenmektedir. Bu birimlerin bulunduğu kesimlerde B2, B3 ve C2 kaya sınıfını temsil eden destekleme elemanları uygulanmıştır. Bu bölümde en yüksek konverjan değeri kumtaşı - kiltaşı ardalanmasının bulunduğu kesimde 25 mm'olarak ölçülmüştür. C2 ve B3 kaya sınıfına ait bölümlerde yeraltısuyu, fay ve ezik zonlar olmasından dolayı ek kaya bulonu ve püskürtme beton uygulaması yapıldığından B2 kaya sınıfı olarak belirtilen kesimlere göre daha az konverjan değeri ölçülmüştür. Özellikle kiltaşı - kumtaşı sınırında yer alan ezik zon ile fay zonu daha önceden yüzeyden yapılan sondajlarla tespit edildiğinden bu kesimlere tünel kazısı yaklaşıldığında kaya destek sınıfı değiştirilerek daha fazla destekleme elemanı ve miktarının uygulandığı (kaya bulonu, püskürtme beton, çelik iksa ve yer yer tünel tavanına çelik süren borular) kaya sınıfı uygulanarak tünel duraylılığını tehdit edecek fayın, ezik zonun ve yeraltısuyunun etkisi en aza indirilmiştir (Şekil 4.40. a) (Ek. 4).

KM.36+055'te ilk 10 günde her üç yönde (L1-L2, L2-L3 ve L1-L3) başlangıçta yaklaşık 14 mm'lik bir konverjan değeri gözlenirken daha sonraki 1 aylık dönemde ise 10 mm'lik konverjan değeri ölçülmüş ve toplam konverjan miktarı yaklaşık 25 mm olarak belirlenmiştir. Daha sonra devam eden konverjan ölçümleri sonucunda konverjan miktarında fazla bir değişim olmadığı ve sabit bir değere ulaştığı gözlenmiştir. Bu kesimde oluşabilecek nihai yerdeğiştirme değerinin maksimum 27 mm olacağı tahmin edilmektedir. (Şekil 4.40. b). (Ek. 4).



(a)



(b)

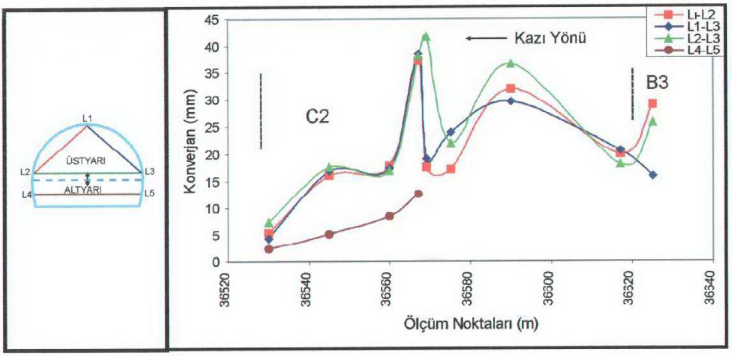
Şekil 4.40. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.36+020 – KM.36+520)

4.1.8.6. KM.36+520 – KM.36+620

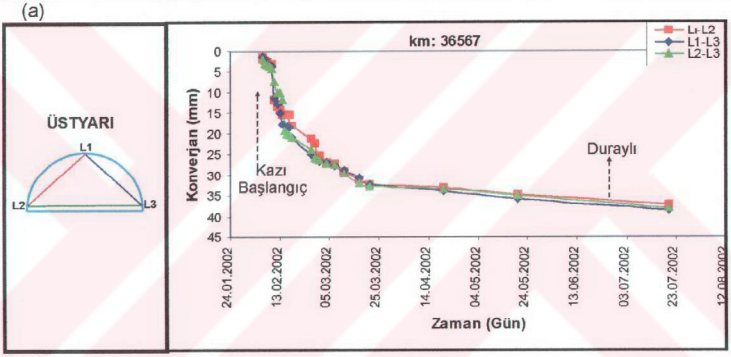
Bu KM'ler arasında kumtaşı-kiltaşı birimi ile fay, ezik zon ve yeraltısuyunun etkisi gözlenmektedir. Bu bölümde C2 ve C3 kaya sınıfını temsil eden destekleme elemanları kullanılmıştır. En yüksek konverjan değerleri kireçtaşı ile kumtaşı kiltaşı sınırında yeralan fay zonunun yeraldığı KM.36+567'de yaklaşık 42 mm, KM.36+590'da 35 mm olarak ölçülmüştür. Bu bölümde yer alan fay zonundan dolayı C2 kaya sınıfını temsil eden kesimde tünel üst yarı kazısı iki pilot tünel olacak şekilde bölünerek ek bulonlama ve püskürtme beton uygulaması ile tünel ilerlemesi sağlanmıştır (Şekil 4.41.a) (Ek.4).

En yüksek konverjan değerinin gözlendiği KM.36+567'de başlangıçta hızlı bir şekilde artarak devam eden konverjan değerleri gözlenirken, zamanla her üç yönde de (L1-L2, L2-L3, L1-L3) konverjan değerlerdeki artış azalarak sabit bir değere ulaşmıştır. Bu noktada tahmin edilen nihai yerdeğiştirme değeri maksimum 45 mm'dir (Şekil 4.41.b).

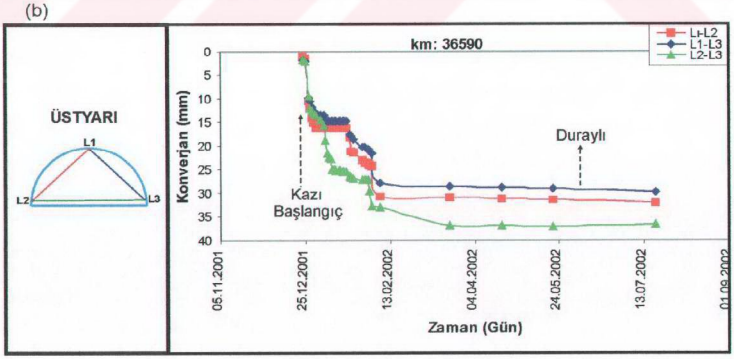
KM.36+590'da konverjan değeri 1-1.5 aylık bir süre içerisinde artarak 25-30 mm'lik bir konverjan değerine ulaşmıştır. L1-L2 ve L1-L3 yönünde konverjan değerleri zamanla sabit bir değere ulaşırken, L2-L3 yönünde (tünel sağ yan omuz) özellikle fayın bu kesimde etkisinden dolayı konverjan değeri daha da artarak 35 mm olarak gözlenmiştir. Ancak zamanla bu kesimde yapılan ek desteklemelerden (kazı ilerlemesi üst yarıda ikiye ayrılarak iki pilot tünel şeklide ilerleme yapılmış, kaya bulonu ve püskürtme beton çelik iksa ve çelik süren boru uygulaması yapılmıştır). dolayı artış hızı azalarak sabit bir değere ulaşmıştır. L1-L2, L1-L3 yönünde oluşabilecek nihai yerdeğiştirme değeri ise maksimum 38 mm olarak tahmin edilmektedir (Şekil 4. 41. b ve c) (Ek. 4).



(a)



(b)



(c)

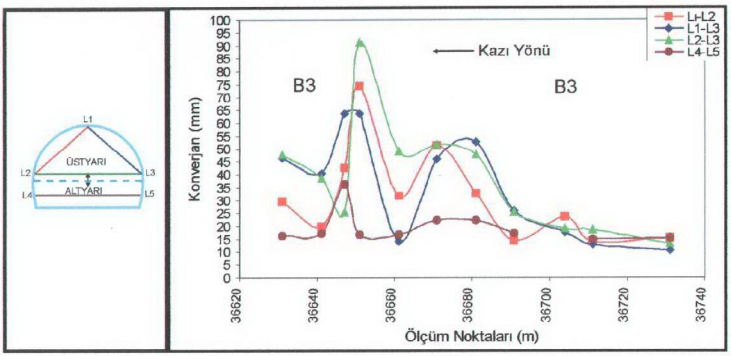
Şekil 4.41. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.36+520 – KM.36+620).

4.1.8.7. KM.36+620 – KM.36+740

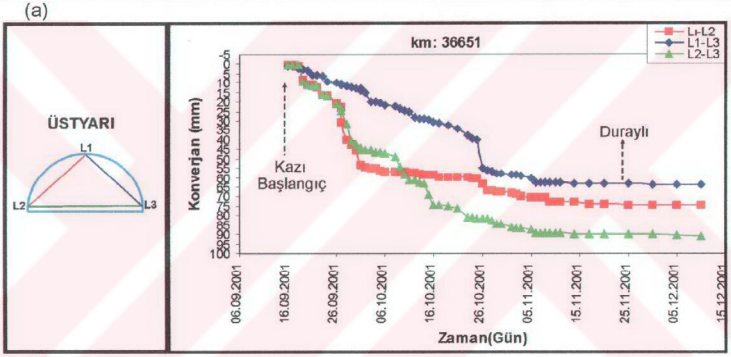
Kumtaşı-kiltaşı ardalanmasının yer aldığı bu kesim eziklik zonları ve yeraltısuyundan oldukça fazla etkilenmiş, tektonik kuvvetlerin etkisi altında kalmıştır. Tünel tavan ve sol yan duvarda (L1-L2) kısmında kil zonu etkisi gözlenmiştir. B3 kaya sınıfına göre tünel desteklemesi yapılmıştır. Kil zonunun bulunduğu KM.36+651'de yeraltısuyu etkisiyle yaklaşık 90 mm'lik bir konverjan değeri gözlenmiştir. Yine bu bölgede tünel tavan ve yan duvarlarında oluşan konverjanlar nedeniyle yer yer boyuna ve oblik çatlaklar gözlenmiştir. KM.36+671'de yaklaşık 45 mm'lik bir konverjan değeri gözlenmiştir. Bu kısımda çatlaklardan etkisiyle konverjan değerlerinin yüksek çıkmasından dolayı bu bölgelere ek püskürtme beton, kaya bulonu, çelik iksa ve tünel tavanında çelik süren borular uygulanarak tünel durayhlığı sağlanmaya çalışılmıştır (Şekil 4.42.a) (Ek. 4).

KM.36+651'de L1-L2, L2-L3 yönünde konverjan değerleri başlangıçta ezik zonun ve yeraltısuyunun etkisi ile zamana bağlı olarak artarak 60-65 mm gibi bir değere ulaşırken, L1-L3 yönündeki konverjan değeri göreceli daha uzun bir zaman peryodunda artış göstermiştir. L2-L3 yönündeki konverjan değeri L1-L2 ve L1-L3 yönündeki konverjan değerlerine göre daha fazla bir artış göstererek yaklaşık 90 mm'lik bir konverjan değerine ulaştıktan sonra sabit bir değere ulaşmıştır. Bu noktada oluşabilecek nihai yerdeğiştirme değeri maksimum 93 mm olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4.42. b) (Ek. 4).

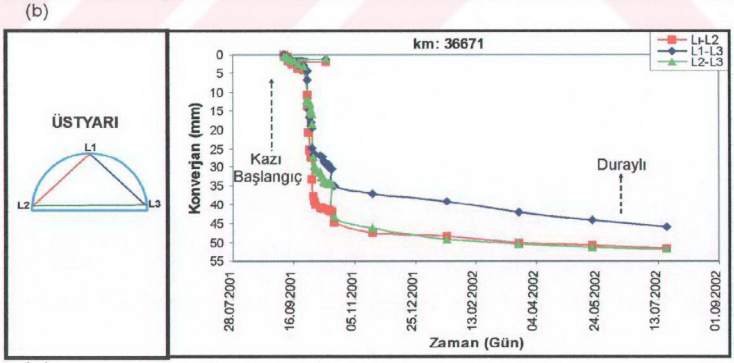
KM.36+671'de yeraltısuyu ve ezik zonların etkisiyle başlangıçta L1-L3 yönünde zamanla başlangıçta 35 mm'lik bir konverjan değeri gözlenirken, L1-L2, L2-L3 yönünde ise zamanla 47 mm'lik bir konverjan değeri gözlenmiştir. Her üç yöndede konverjanlar zamanla sabit bir değere ulaşmıştır. L1-L3 yönünde nihai yerdeğiştirme miktarı 42 mm, L1-L2 ve L2-L3 yönünde ise 55 mm olarak tahmin edilmektedir (Şekil 42.c) (Ek. 4).



(a)



(b)



(c)

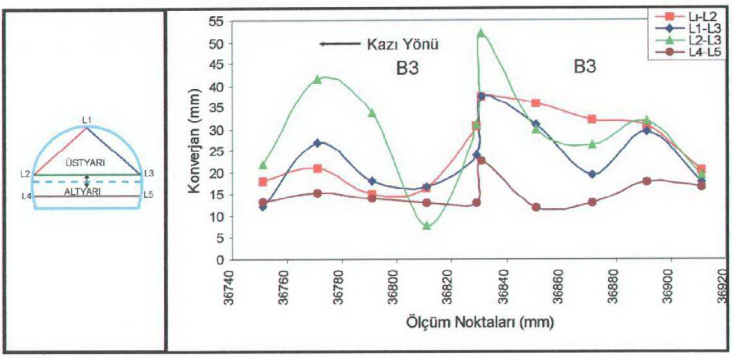
Şekil 4.42. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (Km.36+620 – KM.36+740)

4.1.8.8. KM.36+740 – KM.36+920

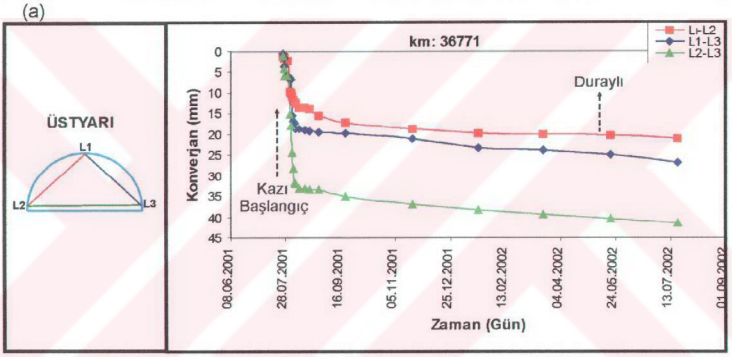
Tünelin bu kesiminde kumtaşı–kiltaşı, ardalanması şeklinde görülmekle birlikte ezik zonlar ve yeraltısuyu etkisi gözlenmektedir. B3 kaya sınıfına göre tünel desteklemesi yapılmıştır. En yüksek konverjan değeri KM.36+771'de L2-L3 yönünde yaklaşık 42 mm, KM.36+831'de L2-L3 yönünde olarak ölçülmüştür (Şekil 4.43.a) (Ek.4).

KM.36+771'de konverjan ölçüm değeri başlangıçta her üç yönde de (L1-L2, L1-L3 ve L2-L3) hızlı bir artışla 15 mm'lik bir konverjan değerine ulaşmıştır. Daha sonra L1-L2 ve L1-L3 yönünde konverjan değerlerindeki artış azalarak 30 mm gibi sabit bir değere ulaşmıştır. Bu noktada oluşabilecek nihai konverjan değeri 33 mm olarak tahmin edilmektedir. L2-L3 yönünde konverjan değerlerindeki artış diğer yönlere göre daha fazla artarak 42 mm'lik bir konverjan değerine ulaşmıştır. Bu bölgede özellikle tüneli kesen eziklik zonu ve yeraltısuyunun yanı sıra tektonik kuvvetlerden dolayı artış olduğu tahmin edilmektedir. Nihai yerdeğiştirme değeri 45 mm olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.43.b) (Ek: 4).

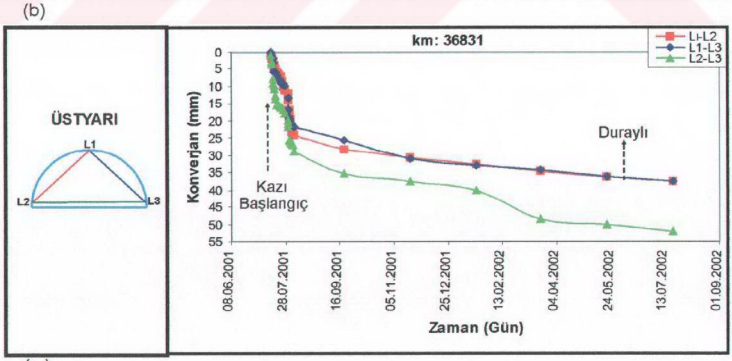
Benzer şekilde KM.36+831'de konverjan değerleri her üç yönde artışlar gösterirken, 25 mm gibi bir değere ulaşmıştır. Daha sonra L1-L2 ve L1-L3 yönünde konverjan değerlerindeki artış azalarak devam etmiş ve 38 mm gibi sabit bir değere ulaşmıştır. Bu noktada oluşabilecek nihai yerdeğiştirme değeri 40 mm olarak tahmin edilmektedir. L2-L3 yönünde konverjan değerlerindeki artış diğer yönlere göre daha fazla artarak 53 mm'lik bir konverjan değerine ulaşmıştır. Bu bölgede özellikle tüneli kesen eziklik zonu ve yeraltısuyunun yanı sıra tektonik kuvvetlerden dolayı artış olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca nihai yerdeğiştirme değerleri 55 mm olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.43. c) (Ek: 4).



(a)



(b)



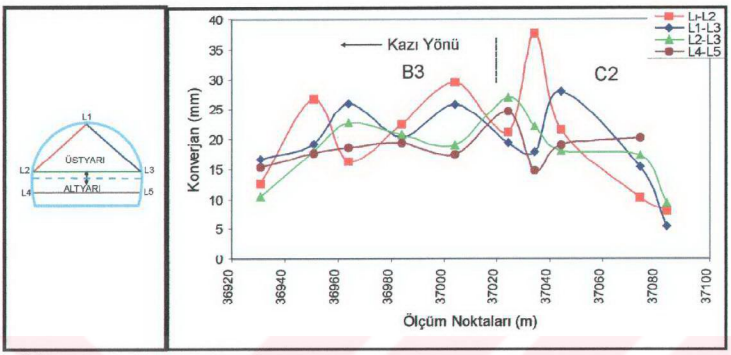
(c)

Şekil 4.43. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.36+740 – KM.36+920)

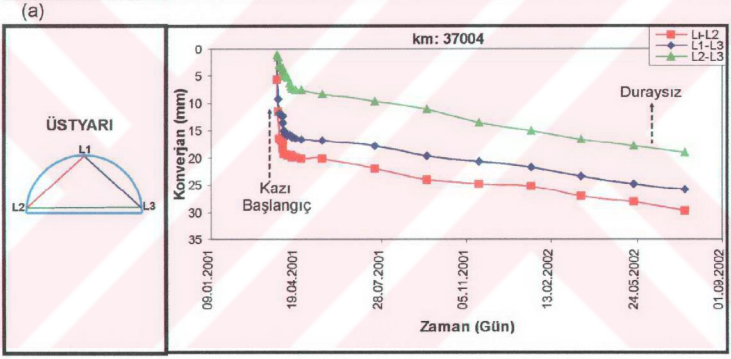
4.1.8.9. KM.36+920 – KM.37+100

Tünelin çıkış kısmına (Boyabat) yakın bu alanda yine yeraltısuyu ve ezik zonların etkisi gözlenmektedir. Tünelin bu kesiminde C2 ve B3 kaya sınıfını temsil eden kaya destekleme elemanları kullanılmıştır. En yüksek konverjan değeri KM. 37+004'de 37 mm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.44.a) (Ek. 4).

KM.37+004'da başlangıçta L2-L3 yönüne göre L1-L2, L1-L3 yönünde zamanla konverjan değerinde daha hızlı bir artış gözlenmektedir. Burada özellikle ezik zon ve yeraltısuyunun etkisinden dolayı tünel taç kısmından dolayı konverjanlarda artış olduğu tahmin edilmektedir. Her üç yöndede konverjan değerlerindeki ölçümler belirli bir zaman devam etmiş ve daha sonra ölçümlere devam edilmediğinden dolayı konverjanların hangi değere ulaşacağı tahmini yapılamamıştır. Eğer konverjan değerlerdeki artış bu şekilde devam ederse tünel duraylılığı için problem olacağından bu kesime ek püskürtme beton ve kaya bulonu uygulaması yapılması yararlı olacaktır (Şekil 4.44.b) (Ek: 4).



(a)



(b)

Şekil 4.44. Diyojen tüneli konverjan ölçüm grafikleri ve zamana bağlı değişimleri (KM.36+920 – KM.37+100)

4.2. Kırkgeçit-1 Tüneli (Pozantı-Ankara)

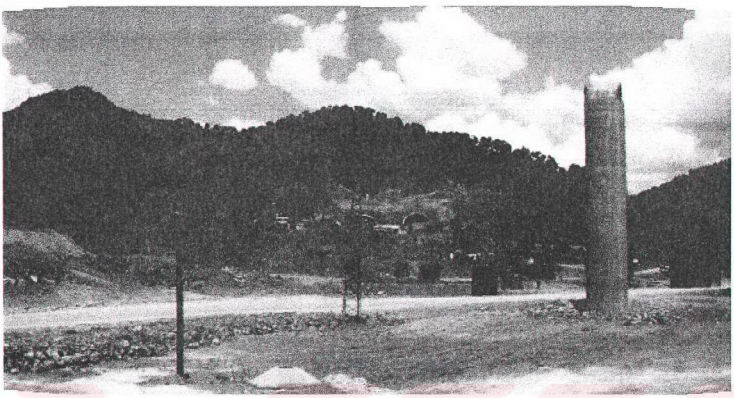
Halen yapımı devam eden 330 km uzunluğundaki Ankara-Pozantı Otoyolu Projesi kapsamında, Çiftehan-Pozantı kesiminin 33 km'lik kısmının inşaası Tekfen-Tubin-Özdemir ortak girişimi tarafından yürütülmektedir. Proje kapsamında Kırkgeçit deresi sağ yamacında KM.20+100 – KM.20+603 arasında kalan yaklaşık 503 m uzunluğundaki Kırkgeçit-1 tüneli inşa edilmektedir (Şekil 4.45 ve 4.46). Kırkgeçit-1 tüneli 3 şeritli gidiş, 3 şeritli geliş olmak üzere çift tüplü olarak açılmıştır. Geliş ve gidiş tüplerinin eksenleri arasındaki mesafe 30 m bırakılmıştır. Tünelin toplam enine kazı açıklığı 17.5 m'yi aşmakta, ancak destekleme ve iç kaplama betonunun bitmesiyle ile bu açıklık 15 m'ye kadar düşmektedir (Şekil 4.47). Tünelin arazi topografyası Kırkgeçit deresini yönlendiren kayalık bir burun şeklinde olup, arazi kotu 890-1025 m arasında değişmektedir.

Yapımına 25.10.2002 tarihinde başlanan Kırkgeçit-1 tünelinin tünel kazısı giriş-çıkış kısımlarında aynı anda başlatılarak, kazı çalışmaları tamamlanmış olup, kemer betonu çalışmaları devam etmektedir.

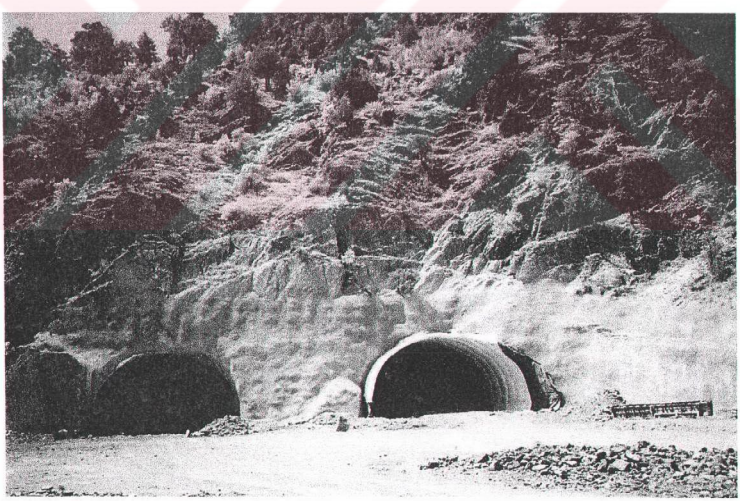
Tünel kazısı ve tahkimatı Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi (NATM) (Rabcewicz, 1964) felsefesine göre dizayn edilmiştir. Tünel kazısı düzgün-kesme patlatma tekniği kullanılarak üst yarı ve alt yarı olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Destekleme elemanları olarak püskürtme beton, kaya bulonu, çelik iksa, enjeksiyonlu süren, çelik hasır ve mini kazıklar kullanılmıştır.

4.2.1. Genel Jeoloji

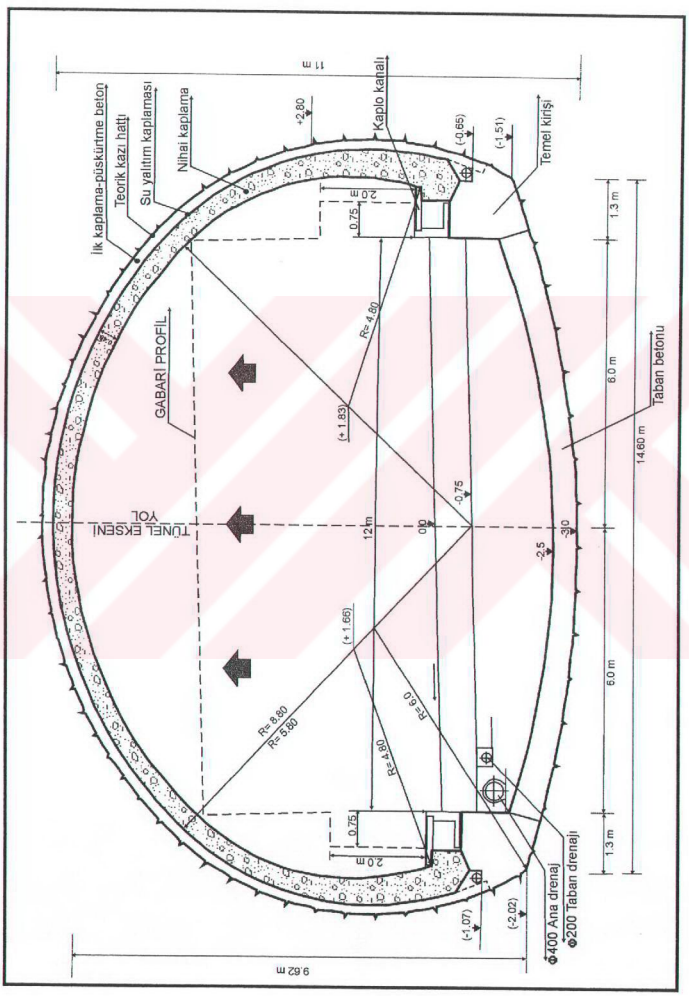
İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeolojisine ilişkin bilgiler Çevikbaş (1991) ve Uçar (1997)'dan alınmıştır. Araştırmacılar Paleozoyik'ten Kuvaternere kadar değişen yaşlarda tortul, volkanik, metamorfik ve ofiyolitik birimlerin varlığından söz ederler. İnceleme alanında en altta Permiyen yaşlı, Bolkar mermer ve şiştleri; bunun üzerine Geç Kretase yaşlı alttan itibaren sırasıyla Alihoca ofiyoliti ve Madenköy ofiyolitik melanjı, Ömerli ve Kalkankaya formasyonları; daha sonra Paleosen yaşlı Yağbağ, Tabaklı ve Ardıçlı formasyonları gelmekte en üstte ise Plio-Kuvaternere ait taraçalar gelmektedir (Şekil 4.48).



Şekil 4.45. Kırkgeçit-1 tünelinin çıkış (Pozantı) portalından genel bir görünüm



Şekil 4.46. Kırkgeçit-1 tünelinin giriş (Ankara) portalından genel bir görünüm



Şekil 4.47. Kırkgeçit-1 tünel kesiti (KGM, 2001)

4.2.1.1. Bolkar Mermeri ve Şisti (Pbm-ş)

Demirtaşlı ve diğ. (1975) birimi Bolkar grubu altında dört farklı formasyon ayırarak incelemişlerdir. Bu birim çok kalın olup dolomitik kristalize kireçtaşı, mermer ve bunlarla yer yer ardalanan şistlerden oluşmaktadır. Kalın mermer istifinin değişik kesimlerinde şistler yaygın olarak gözlenip kısmen de kireçtaşı tabakaları arasında ince bantlar şeklinde ardalanır. Bolkar mermer ve şistleri, Karıncadağı ve Karasivri tepe arasında gözlenmekte ve formasyonun tüm özelliklerini yansıtmaktadır (Uçar, 1997).

Bolkardağ mermerlerinin tabanı çalışma alanı içinde gözlenememektedir. Üzerine ise Madenköy ofiyolitli karışığı gelir. Birimin tabanı görülmediği için kesin kalınlık belirtilmemekle beraber, Kızıltepe civarında 3000 m kotlarında yüzeylenmesinden dolayı muhtemel kalınlığı 3000 m olarak tahmin edilmektedir. Şistler mermerlerin orta ve üst kesimlerinde yeralır ve Irmaközü derede ortalama kalınlığı 250 m'dir (Çevikbaş, 1991).

Bolkar mermerinin ayrışmış yüzeyi, genellikle kirli beyaz ve açık gri, yer yer koyu gri olmakla beraber, taze kırık yüzeyi kirli beyaz, krem, gri yer yer açık kahve renklerde gözlenmektedir. Genellikle az gözenekli, seyrek olarak iri kristalli olan Bolkar mermeri bölgede oldukça sert, sağlam, keskin köşeli kırıklı ve dayanımlı olmasından dolayı son derece sarp ve yüksek morfolojiler sunmaktadır (Uçar, 1997). Şist üyesi genellikle alacalı renklerde olup, serisit ve kuvarsşistler yaygındır. Genellikle çok ince yapraklanmalı, kırılma klivajlı ve tektonize oluşu nedeniyle aşırı derecede ezilmiş durumda izlenmektedir (Çevikbaş, 1991).

Birimi oluşturan koyu gri, kalın tabakalı kristalize kireçtaşı arasında izlenen sarımsı bej renkli az metamorfik kiltaşı seviyeleri bol fosillidir. Demirtaşlı ve diğ. (1975)'in Triyas yaşlı kabul ettikleri birim içinden alınan yaş Permiyendir. *Nankinella* sp., Stafellidae, *Mizzia* sp., Gymnocdiaceae gibi Elde edilen mikrofosillerden yararlanılarak birimin yaşı Üst Permiyen olarak belirlenmiştir. Bolkardağı mermeri Toros kuşağının ilksel olarak duraylı olan bir karbonat platformunda çökeldiği düşünülmektedir (Çevikbaş, 1991).

4.2.1.2. Alihoca Ofiyolit Kompleksi (Kao)

Genel olarak çalışma alanının orta kesimlerinde yüzeylenen Alihoca ofiyolit kompleksi Şişman ve Şenocak (1981) tarafından adlandırılmıştır.

Özellikle Katrancı Köyünün doğu ve batısında geniş alanlar boyunca yüzlekler veren Alihoca ofiyolit kompleksinin bilhassa Katrancı köyünün doğusunda kalan kesimlerde serpantinit ve peridodit, batısında kalan bölgelerde ise, gabro ve diyabaz daykları egemendir. Buna karşın Kömürlük tepe ve dolaylarında birim oldukça fazla oranda alterasyon geçirmiş olup, serpantinleşmeli-manyezitleşmeli olarak gözlenmektedir (Uçar, 1997) .

Alihoca Ofiyolit kompleksi özellikle Karınca dağının kuzey ve batı kesimlerinde yüzeylenen, Bolkar mermer ve şistleri ve Kalkankaya formasyonu üzerine tektonik bir dokanakla gelmektedir. Geç Kretase yaşlı Ömerli formasyonu Alihoca ofiyoliti üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Uçar, 1997). Bu formasyonun bölgeye geçiş yaşı Çevikbaş (1991)'a göre Üst Kretase sonu (Alt Maestrihtiyen) olarak belirlenmiştir.

Birim çalışma alanı içerisinde grimsi koyu yeşil, siyahımsı yeşil, yer yer bordomsu gri renklerde gözlenmektedir. Alihoca ofiyolitleri içerisinde başlıca peridodit, gabro, serpantinit ve diyabaz daykları ile yer yer yastık lavlar bulunmaktadır. Birim genel olarak oldukça etkin bir çok tektonik deformasyondan etkilendiğinden az dayanımlıdır. Alihoca ofiyolit kompleksi içerisinde yer alan diyabaz daykları ile gabro ve serpantinleşmemiş peridoditler gibi bazik ve ultrabazik kökenli kayaçların dayanımları oldukça fazladır. Peridodit genellikle koyu yeşil, siyahımsı yeşil renkli çok kırık ve çatlaklıdır. Kırık ve çatlaklar çok belirgin bir biçimde serpantinleşmiştir. Ayrıca peridoditler içerisindeki harzburjit, lerzolit ve dünitler gözlenmektedir. Gabro yeşilimsi gri, yer yer siyah renkli birimde değişik tane boyu mineraller bulunmaktadır. Diyabaz koyu gri yeşilimsi renkli yaklaşık 3 cm ile 2 m arasındaki kalınlıklara erişen boyutlarda dayklar halinde bulunmaktadır.

Serpantinit genellikle bordo, yeşilimsi gri ve yeşil renkli ve çok kırıklı-çatlaklı bir görünüm sunmaktadır. Birim genel olarak az dayanımlı olmasından dolayı yüzeylendiği kesimlerde oldukça yumuşak topografyalar sunmaktadır. Birim

içerisinde haritalanmayacak boyutta olmasına rağmen yer yer kristalize kireçtaşlarından oluşan olistolitler'de gözlenmektedir (Uçar, 1997).

4.2.1.3. Madenköy Ofiyolitik Melanjı (Kam)

Değişik litolojilerin karışımından oluşan ofiyolit bloklu birim Çevikbaş, (1991) tarafından Madenköy ofiyolitik melanjı olarak isimlendirilmiştir. Demirtaşlı ve diğ. (1973) birimi "Bolkar kuzeyindeki ofiyolitik melanj" olarak, Çalapkulu (1976) ise "Alihoca Ofiyolitik birimi ", Şisman ve Şenocak (1981) "Karmaşık kayalar" adı altında incelemişlerdir.

Madenköy ofiyolitli melanjı Karataş doğusunda Bolkar mermerleri ve şistleri ile uyumlu olup, üzerine ise açısal uyumsuz olarak Kalkankaya formasyonu gelir. Alttaki şistlerle ofiyolitli karışığın dokanağı uyumlu gibidir (Çevikbaş, 1991).

Çalışma alanının kuzeyinde yaygın olarak yüzeylenen Madenköy ofiyolitli karışığı şist, peridotit, gabro, serpantinit, diyabaz, metadiyabaz, silişleşmiş kaya ile mermer ve kristalize kireçtaşı bloklarının karışımından meydana gelir. Serpantinitler genellikle yeşil renkli olup tektonik etkiler nedeniyle minolitleşmiştir. Peridotit koyu yeşilimsi siyah olup, her yerde serpantinite dönüşmüştür. Genellikle melanjın taban kısımlarında gözlenen şistler ise açık-koyu yeşil, yer yer mavimsi renklerde gözlenmektedir (Çevikbaş, 1991).

Melanj içindeki kireçtaşı bloklarının yaşından (Triyas-Jura) ve Alihoca ofiyolit kompleksi üzerinde Maestrihtiyen yaşlı birimin uyumsuz bulunmasından dolayı, Madenköy ofiyolitli melanjının oluşumu elde edilen stratigrafik verilere göre geniş anlamda Geç Kretase sürecinde gelişmiştir (Çevikbaş, 1991).

Ofiyolitli melanjın bölgeye yerleşimini Demirtaşlı ve diğ. (1973), Çalapkulu (1976), Şisman ve Şenocak (1981) gibi araştırmacılar Geç Kretase öncesi olarak bildirmişlerdir. Özgül (1976) bu karmaşık kayaları Bozkır birliğine dahil etmiş ve bu birliğin kuzeyden güneye doğru Bolkar birliği üzerine bindirdiğini ileri sürmüştür (Uçar, 1997).

4.2.1.4. Ömerli Formasyonu (Kö)

Genellikle türbiditik kumtaşı, killi ve kristalize kireçtaşı ardalanmasından oluşan birim Çevikbaş (1991) tarafından Ömerli formasyonu olarak adlandırılmıştır. Demirtaşlı ve diğ. (1975) bu birimi Ulukışla volkanitleri içinde olistolit olarak tanımlamışlardır. Ömerli formasyonu Karaboyun tepe ve Kale tepe kesimlerinde oldukca belirgin yüzlekler vermektedir (Uçar, 1997).

Ömerli formasyonu alttaki Ardıçlı formasyonu üzerine bindirmeli olarak gelir. Birimin tabanındaki kırmızı bordo renkli kireçtaşları arasında yer yer izlenen volkanik litolojiler tektonik etkiler nedeniyle karışmış ve alt dokanağı iyice parçalanmıştır. Ardıçlı formasyonunun lav ve aglomeraları ile Ünlükaya formasyonunun lavları Ömerli formasyonunun üzerine uyumlu olarak gelir Ömerli formasyonunun kalınlığı tip kesitinde 230 m ölçülmüştür (Çevikbaş, 1991).

Ömerli formasyonunu tip kesitinde en altta kırmızı bordo renkli, orta-kalın tabakalı mikritik kireçtaşı ile başlar ve mavimsi gri orta tabakalı kireçtaşı, şeyl ve türbiditik kireçtaşına geçer. Kumtaşı çok kalın yada masif tabakalanmalı, taze kırık rengi mavimsi gri, çürüme rengi serimsı gri olup türbiditik özelliktedir. Alt kesimlerinde koyu renkli ince çört bantları bulunur. Orta kesimlerde koyu renkli ince tabakalanmalı şeyl ile ardalanan kalın türbiditik kumtaşı yaygındır. Yer yer mavimsi gri rekristalize kireçtaşı tabakaları ile ardalanmalıdır. Mavimsi gri kalın tabakalı kireçtaşı içinde tabakalanmaya uyumlu sil şeklinde koyu gri yeşilimsi bazalt sili ve lavı gözlenir. Ömerli formasyonu üst kesimlerinde orta tabakalı yeşilimsi gri bol *Globotruncana* içeren mikritik kireçtaşı hakimdir (Çevikbaş, 1991).

Ömerli Formasyonunun alt ve orta kesimlerinden Globotruncanidae, Globigerinacea, *Rositafornicata* (FLUMMER), *Ganserina* sp., *Globotruncana bulloides* (VOGLER), üst kesimlerdeki mikritik kireçtaşlarından da *Rosita* cf. *Consuta* (CUSHMAN), *Globotruncanita* cf. *Stuarti* (de'Lapporent), *Globotruncanella* sp., *Globotruncana* sp., *Rugoglobigerina* sp., *Hetorohelix* sp., mikrofosilleri bulunmuştur. Formasyonun gerek alt ve orta bölümlerinden, gerekse en üst kesiminden elde edilen tüm bu mikroformlar Maestrihtiyen yaşını vermiştir (Çevikbaş, 1991).

Bu formasyon Ulukışla-Çamardı açık şelf ortamının en derin kesiminde çökelmiş olup, kuzey bölümdeki havzanın tabanını oluşturmaktadır (Çevikbaş, 1991).

4.2.1.5. Kalkankaya Formasyonu (Kk)

Kireçtaşı, çakıllı kumlu kireçtaşı ve seyrek olarak çakıltaşlarından oluşan birim ilk olarak Blumenthal (1956) tarafından adlandırılmıştır. Daha sonraki çalışmalarda Demirtaşlı ve diğ. (1973), Çalapkulu (1976), Çevikbaş ve Öztunalı (1992) aynı ismi kullanmışlardır. Kalkankaya Formasyonu inceleme alanının güneyinde geniş yüzlekler vermektedir. Birim yüzeylendiği alanlarda genellikle çok eğimli, bazı kesimlerde ise dike yakın tabaka eğimleri sunmaktadır.

Kalkankaya formasyonunun kalınlığı 200-300 m olarak ölçülmüştür. Alihoca ofiyoliti çalışma alanında Kalkankaya formasyonunu tektonik olarak üzerlemektedir. Kalkankaya formasyonu ise Bolkar mermer ve şistleri ile Madenköy ofiyolitli melanjı üzerinde tektonik dokanaklıdır. Yağbağ formasyonu Kalkankaya formasyonunu uyumlu bir dokanakla üzerler.

Birim genellikle kireçtaşı, kumlu-çakıllı kireçtaşı, kumlu çakıltaşı ve çakıltaşından oluşmaktadır. Birimin bazı seviyelerinde ise mercan, lamellibranş ve alg türü organizma kalıntılarına sahip resifal karakterli kireçtaşları gözlenmektedir. Bu seviyelerde birim, açık gri – krem renkli, oldukça sert, sağlam, keskin köşeli kırıklı ve bol eklemli, tabaka sınırları ondüleli ve çoğunlukla orta kalın tabakalanmalıdır. Kalkankaya formasyonunun özellikle taban kesimlerindeki çakıllı kumtaşı ve çakıltaşı seviyeleri, kırmızımsı koyu kahve, yer yer eflatunumsu-bordo renktedir (Uçar, 1997).

Çevikbaş ve Öztunalı (1992) tarafından birimin yaşı Geç Maestrihtiyen-erken Paleosen olarak belirlenmiştir. Bölgede karasal malzeme geliminin bol olması nedeniyle yanal devamlılık göstermeyen resifal kireçtaşlarının varlığının ortaya konulmuş olması, ayrıca birimin bölgedeki paleocoğrafik konumu ve içerdiği fosil kapsamı dikkate alındığında Kalkankaya formasyonu, genellikle sığ deniz ve kısmen şelf ortamında çökelmiş olmalıdır (Uçar , 1997).

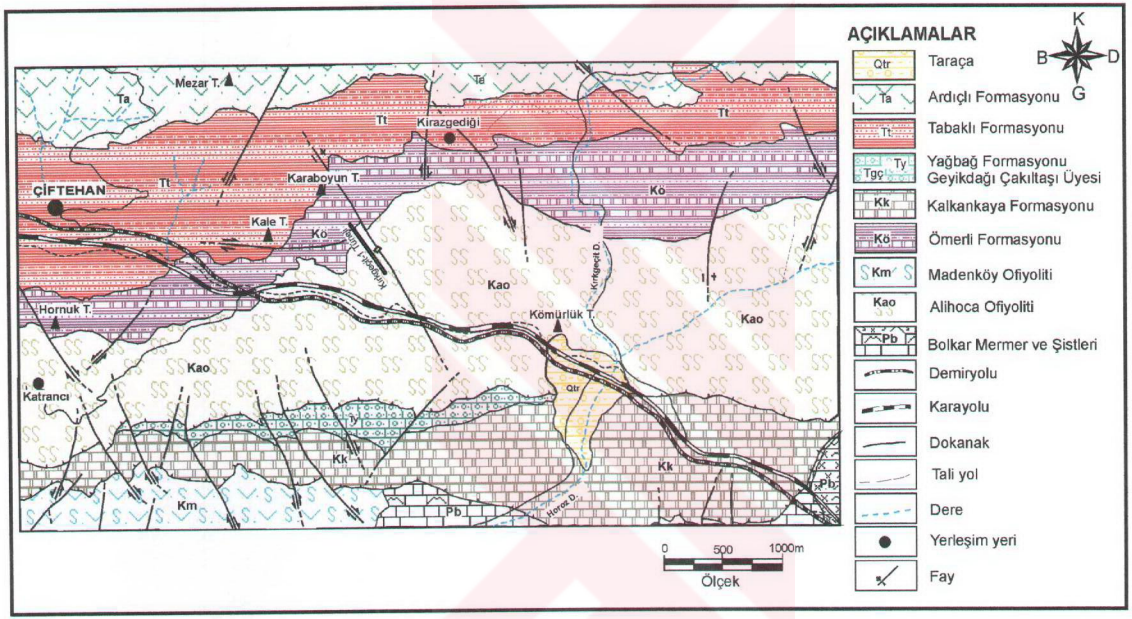
4.2.1.6. Yağbağ Formasyonu (Ty)

Siyah renkli, bitümlü, ince-orta tabakalı yer yer kumlu kireçtaşından oluşan Yağbağ formasyonu ilk kez Çevikbaş ve Öztunalı (1991) tarafından adlandırılmıştır. Yağbağ dere çevresinde yaklaşık 50 m kalınlık sunar. Katrancı köyü güneyinden başlayıp, Kevinniboyun sırtına kadar uzanan doğu-batı yönlü bir şerit halinde yayılım gösterir (Çevikbaş, 1991).

Yağbağ derenin batı yamacında Madenköy ofiyolitli karışığı ve bunu kesen dasitik bileşimli daykla birlikte Yağbağ formasyonu üzerine güneyden kuzeye doğru bindirmeli olarak gelir. Kalkankaya kuzeyinde üzerine kalın tabakalanmalı, Lütesiyen yaşlı Şaçkayası kireçtaşı gelir. Maden vadisi içinde devam eden birimin üzeri yamaç molozu ile örtülü olması nedeniyle tabanı gözlenememiştir (Çevikbaş, 1991).

Horoz deresinin batısında yer alan birim siyah renkli, ince-orta tabakalı, üste doğru koyu gri kirli sarı renkli bol fosilli kireçtaşına geçer. Siyah ve bitümlü olmaları ve bol lamellibranch kavkıları içermeleri nedeniyle karakteristiktir. Horoz köy yolu sapağında ince tabakalı siyah renkli kireçtaşı birimi üstte doğru çakıltaşına geçer. Geyikdağı çakıltaşı üyesi genellikle kırmızımsı-kahverengi ve kırmızımsı siyah renkleri ile ayırt edilebilmektedir. Çakıltaşı ve daha az çakıllı kumtaşlarından oluşan birim oldukça sert, sağlam, yer yer kalın tabakalardan oluşmaktadır (Çevikbaş, 1991).

Birimin siyah renkli killi kireçtaşından derlenen örneklerden elde edilen; *Globorotalia* sp. *Globigerina* sp. mikrofosillerine göre Paleosen yaşı bulunmuştur. Ancak Üst Maestrihtiyen –Alt Paleosen yaşlı Kalkankaya formasyonu ile uyumlu olması nedeniyle Alt-Orta Paleosen yaşlı kabul edilebilir. Güney bölümde dar bir alanda yüzeylenen, siyah renkli bitümlü olan bu kireçtaşı birimi havzanın derin kesimlerinde çökelmiş olduğu düşünülmektedir (Çevikbaş, 1991).



Şekil 4.48. Kırkgeçit-1 tüneli ve yakın civarının genel jeoloji haritası (Uçar, 1997'den değiştirilerek)

4.2.1.7. Tabaklı Formasyonu (Tt)

İlk olarak Ketin ve Akarsu (1965) tarafından Ulukışla havzasında volkanik lav, tüf yatakları ile bunlar arasında yer alan kumtaşı-şeyl-marn ve ince kireçtaşı tabakalarından oluşan birime Tabaklı formasyonu adı verilmiştir. Demirtaşlı ve diğ. (1975), Ereğli (Konya) havzasında birim Halkapınar formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Tabaklı Formasyonu Ömerli köyü güneyinde ve Alihoca yolunda Kırkgeçit formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir. Alihoca kuzeyinde yanal olarak incelenen ve Kırkgeçit Formasyonunun tabanında bulunan kırmızı renkli pelajik Çiftehan üyesi üzerine açısal uyumsuzlukla gelir. Çiftehan ve Ömerli köyü civarında Tabaklı formasyonu üstüne tedrici geçişle Ardıçlı formasyonu gelir. Alihoca kuzeyinde alttaki Kırkgeçit formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen Tabaklı formasyonunun Tabaklı köyü civarındaki yaklaşık kalınlığı 800-1000 m arasındadır. Kırkgeçit dere batısında ise birimde çok belirgin bir incelme görülmekte ve kalınlık 50 m'ye kadar düşmektedir (Çevikbaş, 1991).

Çiftehan şehir merkezi ve çevresinde tipik olarak gözlenen formasyon, genel olarak bazaltik lav, yastık lav, volkanik kumtaşı, şeyl, kiltaşı, aglomera ve kireçtaşı gibi tabakalardan oluşur. Ömerli köyü yolu ve Kırkgeçit derede yeşilimsi sarı, çubuğumsu ayrışmalı, laminalı, şeyl üzerine uyumlu olarak bazalt düzeyi gelir. Tabanda koyu gri, masif, akma yapılı bazalt ile başlayan formasyon daha sonra yastık lav (5 m kalınlıkta) yeşilimsi gri volkanik malzeme, kumtaşı-şeyl şeklinde devam eder. Ömerli köyü güneydoğusunda kumtaşı, kumlu kireçtaşı, şeyl, kiltaşı ardalanımı egemen olup, bunun kalınlığı batıya doğru artar (Çevikbaş, 1991).

Tabaklı formasyonunun tabanındaki (Kırkgeçit dere) şeyl ve sarımsı kiltaşlarından elde edilen *Abathomhalus Mayarcensis* BOLLI (ROMANIYE), *Globotruncanidae* (ROMANIYE), *Globorotalia Uncinata* BOLLI, *Globorotalia* sp., *Discorbis* gibi fosil topluluğuna göre yaşı Alt-Orta Paleosendir. Ulukışla-Çamardı havzasının derin kesimlerinde volkano-sedimanter birimlerin ardalanması şeklinde oluşmuştur. Havzada volkanizmanın aktif olduğu dönemlerde volkanik birimler hakim olarak çökelmiştir (Çevikbaş, 1991).

4.2.1.8. Ardıçlı Formasyonu (Ta)

Andezit, trakiandezit, andezitik lav, yastık lav ve spilit yapılışlı bu birim, ilk olarak Çevikbaş ve Öztunalı (1992) tarafından Ardıçlı formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim adını en yaygın olarak gözlendiği Ardıçlı Köyünden almıştır. Çalışma alanında genellikle Mezartepe civarında geniş yüzlekler vermektedir.

Tabaklı formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen bu birimin görünür yaklaşık kalınlığı 1000-1500 m olarak ölçülmüştür.

Ardıçlı formasyonu andezit, bazalt, aglomera ve tortul birimlerin ardalanmasından oluşmuştur. Genellikle lav ve aglomeralar gri pembe renklidir. Lavların çoğunluğu andezit ve trakiandezit bileşimdedir. Andezitik kökenli formasyon içinde yer yer bazik lav ve aglomera gibi arakatkılar gözlenmektedir (Çevikbaş, 1991).

Andezitlerin ayrışmış yüzeyi grimsi-yeşilimsi- kırmızımsı kahve renkli, buna karşın taze kırık yüzeyi yeşilimsi gri ve siyahımsı gri renklidir. Andezitlerin bozunmaya uğramış kısımları az dayanımlı, küt köşeli ve çok gözenekli bir görünüm sunarken, bozunmamış kısımları ise daha çok dayanımlı, sert, sağlam, göreceli keskin köşeli, kırıklı ve bol eklemli–faylanmalı bir görünüm sunmaktadır. Trakiandezitler genellikle kirli sarımsı, boz ve kırmızımsı kahverengimsi, pembe renk tonlarındadır. Trakiandezitler andezitlere nazaran daha az bozunmaya uğramışlardır. Ardıçlı formasyonunda yer alan diğer kayaç türlerinden yastık lav, bazalt ve spilitler genellikle siyahımsı, koyu kahve ve koyu yeşilimsi renklerde gözlenmekte olup, Ardıçlı formasyonu içerisindeki en sert, sağlam ve gözenekli seviyeleri oluşturmaktadırlar (Uçar, 1997).

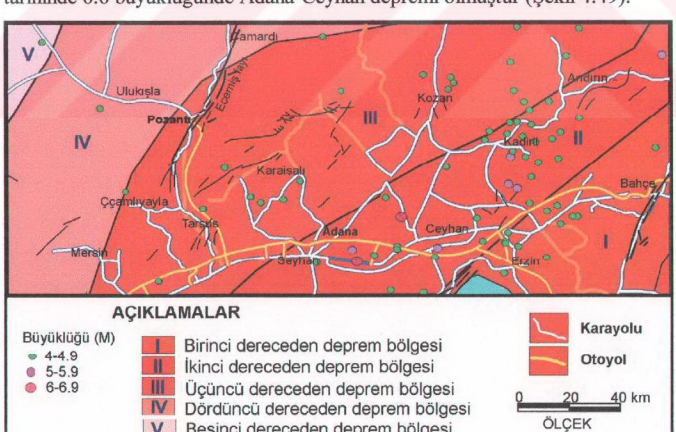
Bu formasyonun çarpışma sonrası Üst Paleosen döneminde etkili olan deniz altı volkanizmasının ürünü olarak geliştiği belirtilmiştir (Çevikbaş, 1991). Uçar (1997)'ye göre ise yastık lav içermesi ve mikritik dokulu kireçtaşlarını bünyesinde barındırmasından dolayı deniz altında oluştuğu, ayrıca okyanusal levhaların çarpışması sonucu ada yayı volkanizması ürünü bir çok litolojiyi bünyesinde bulundurmasından dolayı genel olarak deniz altı volkanizması yer yer ise karasal bir volkanizma sonucunda oluştuğu belirtilmektedir.

4.2.1.9. Taraca (Qtr)

Akarsular tarafından oluşturulmuş altta ince-orta taneli 50-60 cm kalınlıkta bir çakıllı seviye ile başlayıp, irili ufaklı çakıl ve bloklardan oluşan ve birbirlerine gevşek karbonat çimento ile tutturulmuş, kısmen boşluklu ve yer yer tabakalı seviyeler ile son bulur. Çakıllar çoğunlukla temele ait Bolkardağı mermerlerinden türemiştir.

4.2.2. Depremsellik

Ankara Pozantı Otoyolunun Çiftehan-Pozantı kesimi www.sayisalgrafik.com (2004) tarafından hazırlanan faylara uzaklığına bağlı olarak Türkiye deprem bölgeleri haritasına göre IV. derecede deprem bölgesinde yeralmaktadır. Toros kuşağını KD-GB yönünde kesen Ecemiş fayı otoyolu Pozantı kesiminde kesmektedir. Bundan dolayı çalışmalarda Ecemiş fayının göz önüne alınarak yatay yer ivmesinin 0.3 g alınması daha uygun olacaktır. Bölgede en son 27.06.1998 tarihinde 6.6 büyüklüğünde Adana-Ceyhan depremi olmuştur (Şekil 4.49).



Şekil 4.49. Kırkgeçit-1 tüneli ve yakın çevresinin depremselliği (Sayısalgrafik, 2004'den değiştirilerek)

4.2.3. Mühendislik Jeolojisi

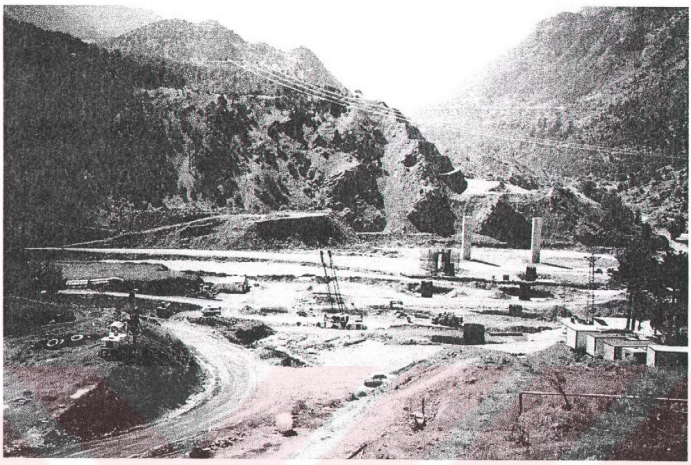
Ankara-Pozantı kesiminde yeralan Kırkgeçit tüneli Kretase-Kuvaterner zaman aralığını temsil eden çökel kayaçlar içerisinde açılmıştır. Bu birimler Üst Kretase yaşlı Ömerli formasyonunun tabanında yer alan biyomikritik kireçtaşı ve fliş fasiyesi ile Alihoca ofiyoliti içerisinde yer alan ofiyolitik melanj, mikrogabro-bazalt ve Kuvaterner yaşlı alüvyon ile yamaç molozudur (Ek 5).

4.2.3.1. Ofiyolitik Melanj (Ko)

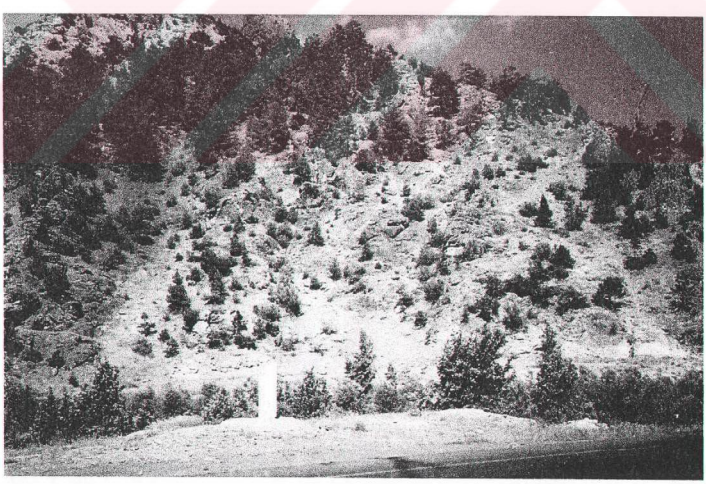
Ofiyolitik Melanj bölgede Kretase yaşlı birimlerin tabanında yer alan ofiyolitik melanj, serpantinleşmiş peridotit, gabro diyabaz, bazalt, tüfit, radyolarit, pelajik çörtlü kireçtaşlarını içerir. Birim çalışma alanı içerisinde grimsi koyu yeşil, siyahımsı yeşil renklerde gözlenmektedir (Şekil 4.50). Bünyesindeki çakıl ve blokların çoğu kaynak havzanın temel kayaçlarına (büyük olasılıkla Permiyen) aittir. Birim içerisinde yer yer serpantinleşmiş yüzeyler gözlenmektedir. Deer ve Miller (1966)'ya göre birim zayıf-orta dayanımlıdır.

4.2.3.2. Mikrogabro ve Bazaltik Aglomera (Km)

Bazik volkaniklerle başlayan istif, kiltaşı, silttaşı ve kumtaşı aratabakalarıyla ve kahverenkli volkanik elemanlı çamurtaşı, kırmızı bordo renkli ince-orta katmanlı biyomikritik kireçtaşlarıyla devam eder (Şekil 4.51). Bazaltlar siyahımsı koyu gri renklidir yer yer soğuma boşluklarının görüldüğü kayaç orta dayanımlı (Deer, 1966), az-orta ayrışmıştır. Mikrogabrolar ise yesilimsi bir renk sunmakta orta ve yer yer ileri derecede ayrışma gözlenmektedir. Deer ve Miller (1966)'ya göre orta dayanımlıdır. Oldukça kırıklı ve çatlaklı bir yapı sunmaktadır.



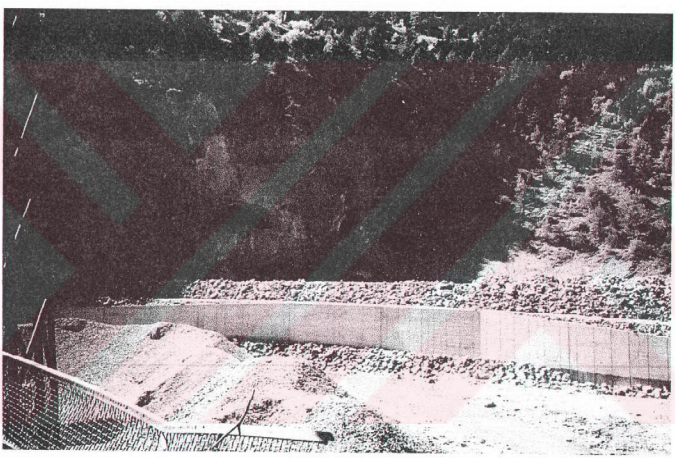
Şekil 4.50. Kırkgeçit-1 tünelinin güneydoğu kesiminde yer alan ofiyolitik melanjdan bir görüntü



Şekil 4.51. Kırkgeçit-1 tünelinin içerisinde açıldığı mikrogabro ve bazaltın genel görünümü

4.2.3.3. Biyomikritik Kireçtaşı (Kk)

Kırkgeçit-1 tünelinin kuzey girişinde yeralan Biyomikritik kireçtaşları bordo renkli ince ve orta tabakalı sağlam ve dike yakın eğimli (80°) bir yapı sunmaktadır. Biyomikritik kireçtaşlarında çok sayıda çatlak içerir, çatlaklar genelde kalsit dolguludur (Şekil 4.52). Biyomikritik kireçtaşlarında açık tabaka çatlakları veya çamurtaşı merceklerinin varlığından dolayı karot almak oldukca zordur. Deer ve Miller (1966)'ya göre orta dayanımlı kayaç olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4. 52. Kırkgeçit-1 tüneli giriş portalında bulunan biyomikritik kirteçtaşlarının görünümü

4.2.3.4. Fliş Fasiyesi (Kf)

Fliş birimine tünelin giriş bölümününden önce rastlanmaktadır. Kırmızı-bordo renkli mikritik kireçtaşları ile başlar. Daha sonra grimsi koyu gri renkli kumtaşı, silt ve kil taşları ile ardalanmalı devam eder. Tabakalanma genellikle yamaç

eğimini yansıtmaktadır (Şekil 4.53). Bu birimde kiltaşı ve çamurtaşı bileşenlerinin fazla olmasından dolayı heyelana neden olabilecek büyük ölçekli duraysızlık kütleleri içermektedir. Deer ve Miller (1966)'ya göre zayıf kaya olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.53. Kırkgeçit-1 tüneli fliş, biyomikritik kireçtaşı, mikrogabro ve milonit zonunun görünümü

4.2.3.5. Yamaç Molozu (Qy)

Tünelin giriş ve çıkış portalerine yakın kısımlarda yamaç molozu gözlenmektedir Yamaç molozunun tabanına doğru kil ve mil oranı artmaktadır. Genellikle bloklu GW-SM olarak tanımlanabilir. Yüzeyde gevşek olan birim tabana doğru sıkılaşmaktadır

4.2.3.6. Alüvyon (Qa)

Kırkgecit deresi yakın civarında alüvyon malzemesi gözlenmektedir. Alüvyonun ana bileşenleri yarı yuvarlanmış çakıl, blok, kum ve siltten oluşmaktadır. Genel olarak taneler ofiyolit, kireçtaşı, kumtaşı, radyolarit ve kuvarstan türemiştir.

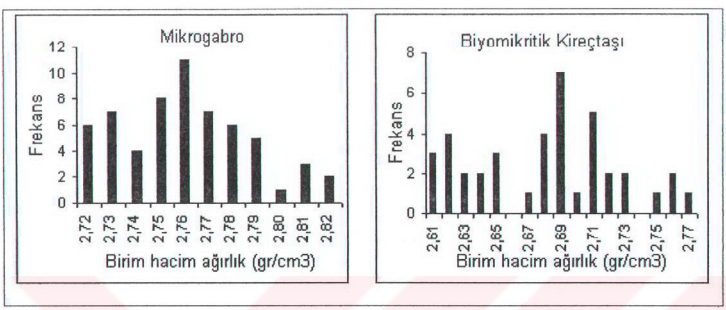
4.2.3.7. Laboratuar Deneyleri

Kırkgeçit tünelindeki biyomikritik kireçtaşı ve mikrogabrodan alınan blok örneklerden yararlanılarak NX boyutunda karot örnekler elde edilmiş ve bu örnekler üzerinde Hacettepe ve Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarlarında deneylere tabii tutularak her bir kayaç için fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. ISRM (1981)'den yararlanılarak kayaçların kuru birim hacim ağırlık, tek eksenli sıkışma dayanımı, üç eksenli sıkışma dayanımı, çekme (Brazilian) deneyleri yapılmıştır. Arazide Schmidt çekici ile kayaçların tek eksenli basınç dayanımları çeşitli yönlerden uygulanarak belirlenmeye çalışılmıştır. Kayaçların elastik parametrelerinin belirlenmesi için deneyler yapılarak elastisite modülü (E) ve poison oranı (ν) değerleri elde edilmiştir. Laboratuvarda elde edilen paremetrelerden yararlanılarak istatistiksel değerlendirmeler ile karşılaştırmalar yapılmıştır.

4.2.3.7.(1). Kuru Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Kırkgeçit-1 tüneli içerisindeki biyomikritik kireçtaşlarından 40 adet, mikrogabrodan ise 60 adet karot örnek üzerinde birim hacim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Birim hacim ağırlık değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları hesaplanarak belirlenmiştir. Her birim için birim hacim ağırlık değerinin dağılım frekansı grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.54). Elde edilen verilere göre birim hacim

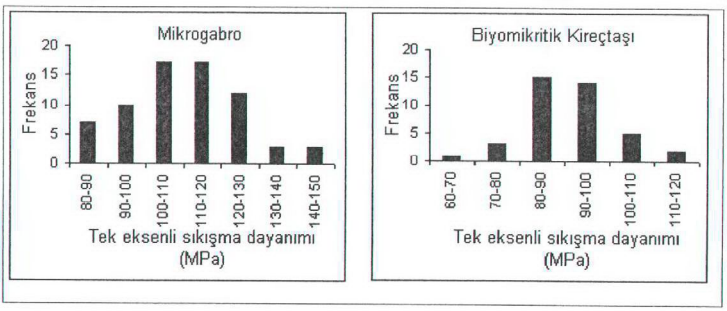
ağırlık biyomikritik kireçtaşı için ortalama 2.68 gr/cm^3 (26.29KN/m^3), mikrogabro için ise 2.76 gr/cm^3 (27 KN/m^3) bulunmuştur (Çizelge 4.17).



Şekil 4.54. Kırkgeçit-1 tüneli mikrogabro ve biyomikritik kireçtaşının birim hacim ağırlık değerleri histogramı

4.2.3.7.(2). Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi

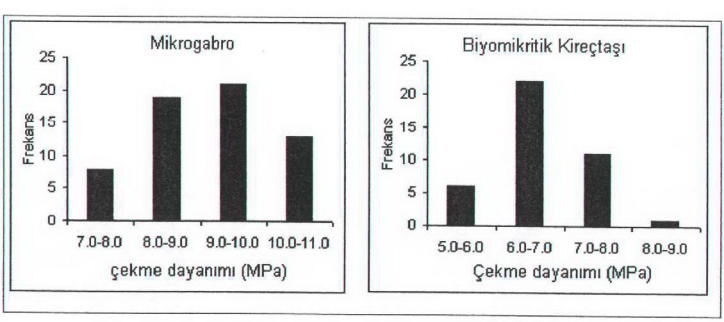
Kırkgeçit-1 tünelindeki mikrogabrodan 70 ve biyomikritik kireçtaşlarından alınan 40 adet örnek üzerinde disk makaslama indeksi deneyi (BPI) yapılarak kayaçların tek eksenli basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu kayaçların tek eksenli dayanımları ile ilgili istatistiki bilgiler Çizelge 4.17'de verilmiştir. Bu verilere göre, ortalama tek eksenli basınç dayanımı biyomikritik kireçtaşları için 90.85 MPa ve mikrogabro için 110.31 MPa olarak belirlenmiştir. Ayrıca Her birim için tek eksenli sıkışma dayanımı değerinin dağılım frekansı grafikleri çizilmiştir (Şekil 4. 55). Deer ve Miller (1966)' ya göre biyomikritik kireçtaşları orta-yüksek dayanımlı, mikrogabro ise yüksek dayanımlı olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 4.55. Kırkgeçit-1 tüneli mikrogabro ve biyomikritik kireçtaşının tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri histogramı

4.2.3.7.(3). Çekme Dayanımı (Dolaylı Yöntem) Deneyi

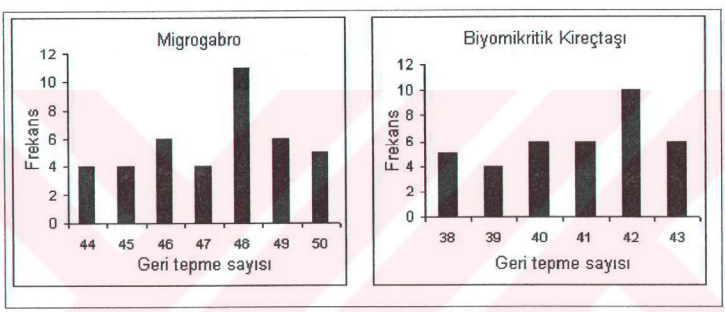
Biyomikritik kireçtaşlarından 41 adet ve mikrogabrolardan 61 adet karot numunesi üzerinde Brazilian çekme dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Her bir kayacın çekme dayanımı ile ilgili istatistiksel değerlendirmeler yapılarak, frekans dağılım grafikleri oluşturulmuştur. (Şekil 4.56) Deneylerden elde edilen ortalama çekme dayanımı değeri biyomikritik kireçtaşları için 6.66 MPa, mikrogabro için 9.18 MPa olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.17).



Şekil 4.56. Kırkgeçit-1 tünelinin mikrogabro ve biyomikritik kireçtaşının çekme dayanımı değerleri histogramı

4.2.3.7.4 Schmidt Sertlik Çekici Deneyi

Kırkgeçit-1 tüneli içerisinde biyomikritik kireçtaşı ve mikrogabrolar üzerine çok sayıda Schmidt çekici deneyi yapılmıştır. Her bir kayaç için Schmidt çekici frekans dağılımı histogramı çizilmiştir (Şekil 4. 57). Kayaçların istatistiksel analizine göre ortalama Schmidt çekici geri çekme sayıları mikrogabrolar için 47 çok sert kaya, biyomikritik kireçtaşları için 40 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.17).



Şekil 4.57. Kırkgeçit-1 tünelinin mikrogabro ve biyomikritik kireçtaşının Schmidt çekici geri sıçrama değerleri histogramı

Arazide yapılan Schmidt çekici deneyleri sonucunda elde edilen geri sıçrama sertlik değerlerine göre biyomikritik kireçtaşları için tek eksenli sıkışma dayanımı 83 MPa, mikrogabro için ise 120 MPa olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değerler laboratuarda elde edilen tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerine oldukça yakın bir değer vermektedir.

4.2.3.7.5. Poison Oranı ve Elastisite Modülü Deneyi

Kırkgeçit-1 tünelindeki için NX boyutundaki karot örnekler üzerine yapıştırılan birim deformasyon ölçerler kullanılarak eksenel birim deformasyon (ε_a)

ve çapsal birim deformasyon (ε_d) değerlerinden poison oranı (ν) ve Teğet (E_t), Ortalama (E_{av}), Kiriş (E_s) elastisite modülü değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Kırkgeçit-1 tüneli mikrogabro ve biyomikritik kireçtaşının bazı mühendislik paremetrelerinin istatistiksel sonuçları

KIRKGEÇİT-1 TÜNELİ (POZANTI)					
ÖZELLİK	MİKROGABRO				
	Deney Sayısı	En Büyük	En Küçük	Ortalama	Standart Sapma
Birim Hacim Ağırlık (γ) (gr/cm^3)	60	2.82	2.72	2.76	0.03
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (MPa)	70	146.41	83.78	110.31	15.16
İndirekt Çekme Dayanımı (MPa)	61	10.97	7.01	9.18	0.99
Schmidt Çekici Geri Tepme Sayısı	39	50	44	47	1.86
Poison Oranı (ν)				0.23	
Teğet Modülü (E_t) (GPa)				11.3	
Ortalama Modül (E_{av}) (GPa)				11.8	
Kiriş Modülü (E_s) (GPa)				10.9	
ÖZELLİK	BİYOMİKRİTİK KİREÇTAŞI				
	Deney Sayısı	En Büyük	En Küçük	Ortalama	Standart Sapma
Birim Hacim Ağırlık (γ) (gr/cm^3)	40	2.77	2.61	2.68	0.04
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (MPa)	40	113.69	65.84	90.85	10.82
İndirekt Çekme Dayanımı (MPa)	41	8.42	5.58	6.66	0.66
Schmidt Çekici Geri Tepme Sayısı	37	43	38	40	1.66
Poison Oranı (ν)				0.25	
Teğet Modülü (E_t) (GPa)				11.8	
Ortalama Modül (E_{av}) (GPa)				12.2	
Kiriş Modülü (E_s) (GPa)				12.6	

4.2.3.7.6. Üç Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi

Tünel içerisinden alınan NX boyutundaki karot örnekler üzerine hem biyomikritik kireçtaşları hemde mikrogabro için farklı hücre basınçları (σ_3) uygulanarak üç eksenli sıkışma dayanımı değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.18). Bu değerler'den yararlanılarak Hoek-Brown yenilme ölçüttündeki parametreler belirlenmiştir.

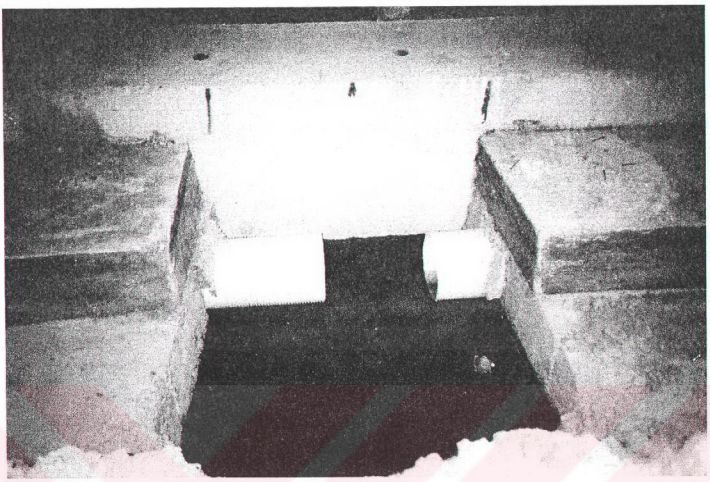
Çizelge 4.18. Kırkgeçit-1 tüneli biyomikritik kireçtaşı ve mikrogabronun üç eksenli sıkışma dayanımı sonuçları

KIRKGEÇİT-1 TÜNELİ (POZANTI)		
MİKROGABRO		
Yanal Basınç σ_3 (Mpa)	Eksenel Gerilim Mpa $\sigma_1=(F/A)*10^{-3}$	Yenilme Düzleminin Açısı (ϕ^0)
0.00	105.00	80
0.50	112.40	81
1.00	118.80	82
1.50	124.50	81
2.00	129.00	80
2.50	137.50	79
3.00	140.40	80

4.2.4. Hidrojeoloji

İnceleme alanı ve yakın civarında Çakıt suyu, Kırkgeçit deresi ve Çiftehan deresi bulunmaktadır. Kırkgeçit geçkisi boyunca derenin dar olduğu bölümlerde sel dağınaklık sistemi kurulacaktır (Akduman, 2003). Bölgede yer alan killi yamaç örtüsü yüksek kil içeriğinden dolayı az geçirimli ($k>10^{-6}$ m/sn) özellik taşımaktadır. Biyomikritik kireçtaşları bol kırıklı ve çatlaklı yapısından dolayı yarı geçirgen bir ($k>10^{-4}$ m/sn) özellik taşımaktadır. Mikrogabro ve bazaltların bulunduğu kesimde az geçirimli-geçirimsiz ($k>10^{-5}$ m/sn) özellik taşımaktadır. Serpantinden türeyen killi kütleler bu birimlerdeki geçirimliliği azaltmaktadır.

Kırkgeçit deresine paralel açılacak olan Kırkgeçit-1 tünelinde yeraltısuyu önemli bir problem yaratmamaktadır. Tünelin giriş ve çıkış kesimlerin de bir miktar su sızıntısı gözlenmiştir. Buralardaki su girdisi 1 l/dak aşmamaktadır. Özellikle fay zonu ve kırık ve çatlaklar arasında bir miktar su sızıntısı gözlenmiştir. Bu kesimlere yapılan drenajlarla suyun koruyucu memranın altından tünel dışına atılması sağlanmıştır (Şekil 4.58). Tünelin diğer kesimlerinde tünelin duraylılığına etkileyecek bir su girdisine rastlanmamıştır.



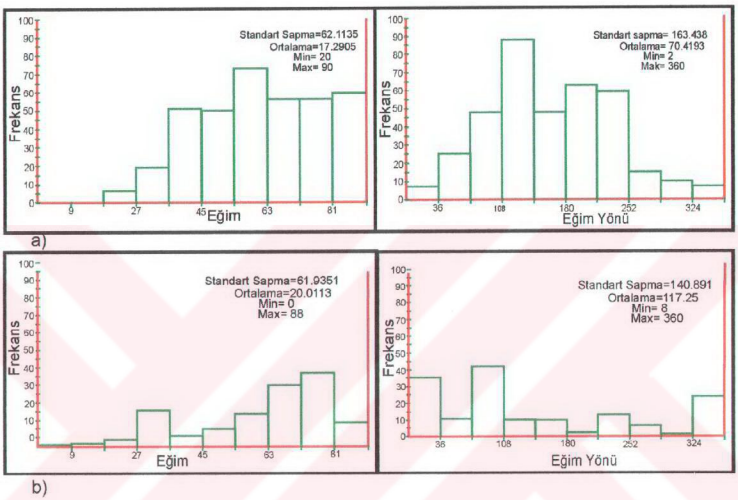
Şekil 4.58. Kırkgeçit-1 tüneli içerisinde suyun PVC boruları ile dışarıya atılması

4.2.5. Süreksizlik Çalışmaları

Süreksizlik çalışmaları ISRM (1978)'e uygun olarak tünel güzergahında belirli bir hat boyunca çizgi tarama yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Seçilen hat boyunca mikrogabrodan sol tüp'te 198, sağ tüpten 176 adet, biyomikritik kireçtaşlarından ise sol tüpte 88, sağ tüpte 66 adet eklem ve tabakalanmadan oluşan süreksizlik ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümler sırasında süreksizliklerin, türü, eğim, eğim yönü, pürüzlülük, JRC, aralık, açıklık, dolgu türü, dayanım, su durumu, renk ve bozunma özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır (Ek. 6). Elde edilen bu özellikler Q ve RMR gibi kaya kütle sınıflama sistemlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

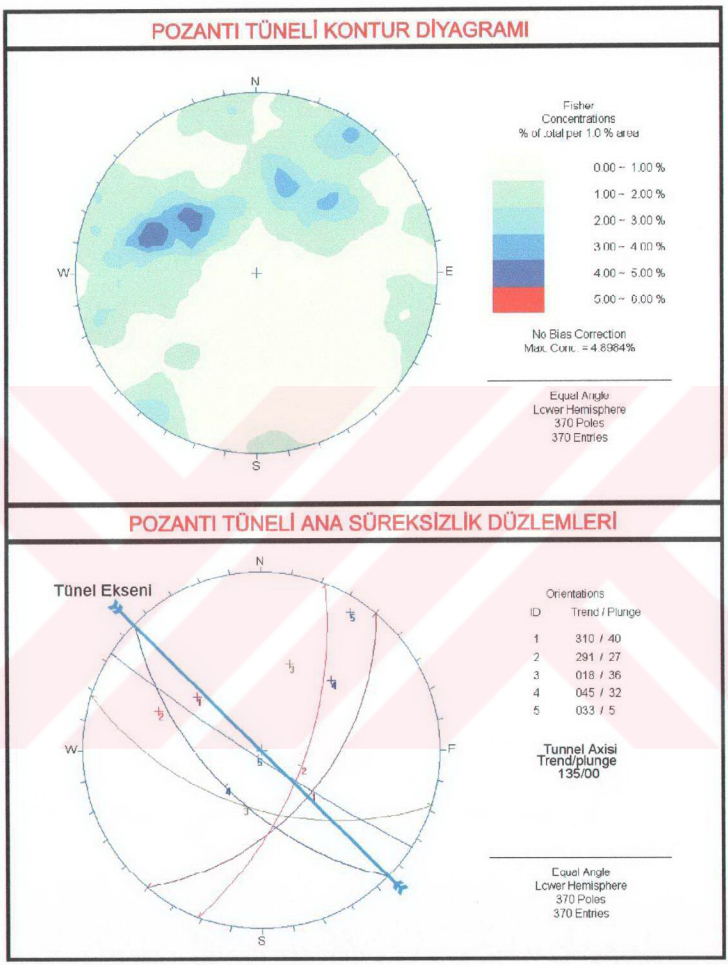
Alınan süreksizlik verileri DIPS 5.0 (Rocscience, 2003) programı kullanılarak gerekli analizler yapılmıştır. Yapılan bu analizlere göre; Kırkgeçit-1 (Pozantı) tünelinde mikrogabro ve biyomikritik kireçtaşlarından elde edilen yapısal değerlerden yararlanılarak süreksizliklerin eğim ve eğim yönü dağılım histogramları çizilmiştir. Mikrogabro için süreksizliklerin yönelimi genelde 36-252° arasında değişirken, eğim değerleri ise çoğunlukla 27-90° arasında değişmektedir (Şekil 4.59.

a). Biyomikritik kireçtaşları için süreksizliklerin yönelimi genellikle değişken bir yapı sunmakla birlikte 0-108° arasında değişirken, eğim değerleri ise 27-90° arasında bir dağılım sunmaktadır (Şekil 4.59. b).

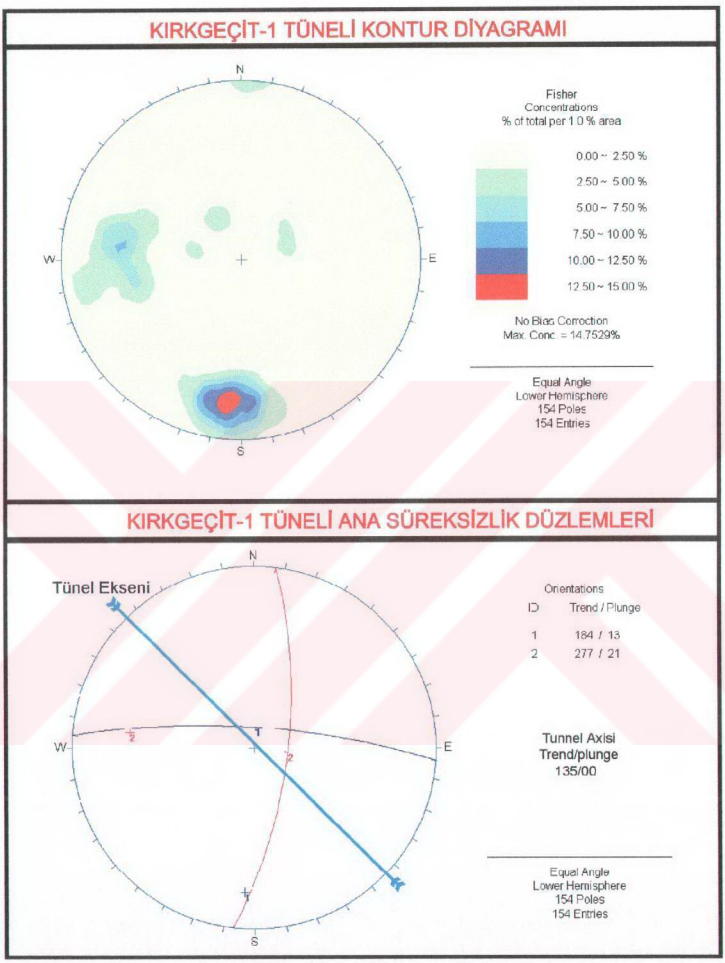


Şekil 4.59. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli içerisinde a) mikrogabro, b) biyomikritik kireçtaşı biriminden ölçülen süreksizliklerin eğim ve eğim yönü dağılım histogramları

Eğim ve eğim yönlerinden yararlanılarak her birim için kontur diyagramları hazırlanmıştır. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli boyunca ana eklem sistemlerinin eğim/eğim yönü mikrogabro için 310/10, 291/27, 018/36, 045/32, 033/5 şeklinde beş bölgede yoğunluk gösterirken, biyomikritik kireçtaşları için, 184/13, 277/21 şeklinde 2 bölgede yoğunluk göstermektedir (Şekil 4.60 ve 4.61).



Şekil 4.60. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli güzargahı boyunca mikrogabro biriminde ölçülen süreksizliklerin kontur diyagramı



Şekil 4.61. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli güzargahı boyunca biyomikritik kireçtaşı biriminde ölçülen süreksizliklerin kontur diyagramı

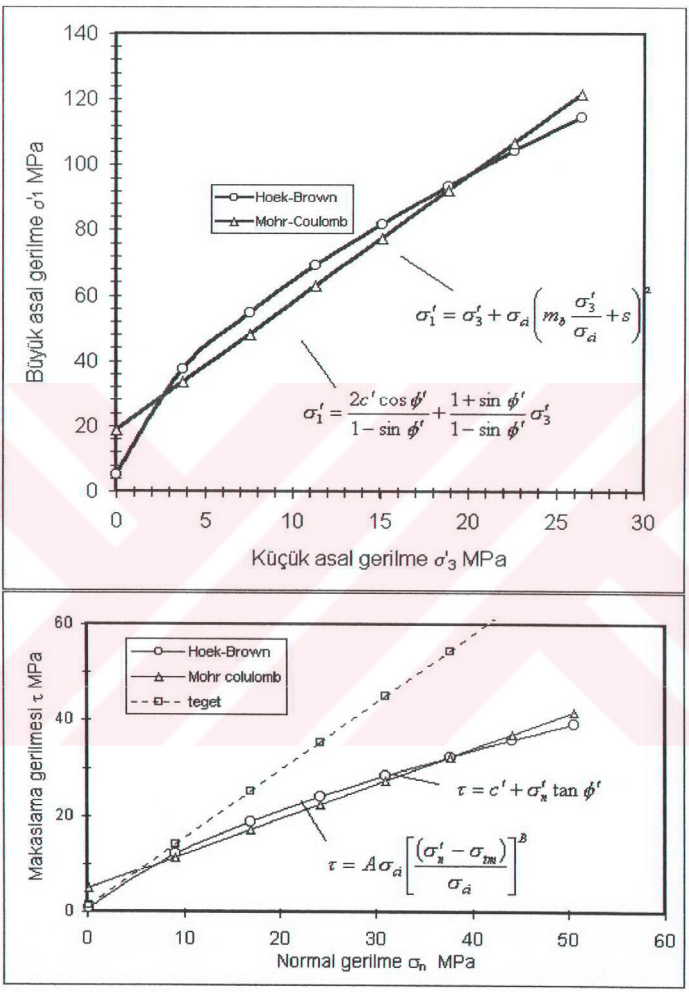
4.2.6. Kaya Kütlesi Özellikleri

Kırkgeçit (Pozantı) tünelindeki mikrogabro ve biyomikritik kireçtaşının kaya kütlesi kayma direnci parametrelerinin belirlenmesi amacıyla bölüm 3.1'de ayrıntılı bir şekilde verilen Hoek ve Brown (1997), Hoek ve diğ. (2001), Sönmez ve Ulusay (1999), Hoek ve diğ. (2002)'den yararlanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan girdi ve çıktı parametreleri her bir birim için ayrı ayrı Çizelge 4.19'da verilmiştir.

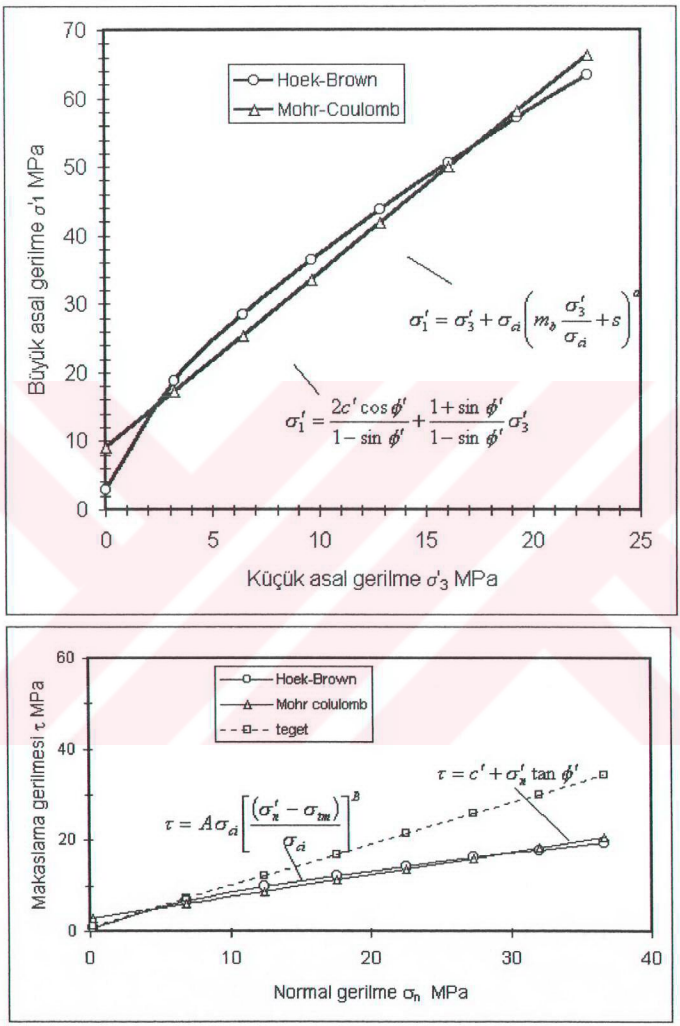
Çizelge 4.19. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tünelinde kaya kütlesi dayanım ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan girdi ve çıktı parametreleri

Kaya Kütle Özellikleri	Mikrogabro	Biyomikritik Kireçtaşı
Deney sayısı	7	7
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (σ_{ci}) (Mpa)	105.61	90
Hoek-Brown Sabiti (mi)	24.91	9.3
Determinasyon Katsayısı (r^2)	0.99	-
Örselenme Derecesi (D)	0.5	0.5
Hacimsel Eklem Sayısı (J_v)	1.42	2.5
Yapısal Özellik Puanı (SR)	75	64
Süreksizlik Yüzey Koşulu (SCR)	8	8
Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)	54	49
Kaya Kütle Sabiti (a)	0.5	0.5
Kaya Kütle Sabiti (s)	0.002	0.001
Kaya Kütlesi Sabiti (m_b)	2.79	0.82
Malzeme Sabiti (A)	0.65	0.41
Malzeme Sabiti (B)	0.71	0.69
Kohezyon (c) (Mpa)	4.77	2.84
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)	36°	26°
Çekme Dayanımı (σ_{tm}) (Mpa)	-0.08	-0.12
Sıkışma Dayanımı (σ_{cm}) (Mpa)	18.81	9.07
Elastisite Modülü (E) (Mpa)	12589	8956
$K = \sigma_{yatay}/\sigma_{düşey}$	3.89	2.55

Tek eksenli sıkışma dayanımı, Hoek-Brown sabiti (m_i) ve determinasyon katsayısı (r^2) değerleri hoek ve Brown (1997) tarafından önerilen eşitlikler ve üç eksenli sıkışma dayanımı deneyi sonuçlarından elde edilmiştir. biyomikritik kireçtaşı ve mikrogabro için GSI değeri Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından ortaya konan Jv, SR ve SCR değerleri kullanılarak Çizelge 3.2'den belirlenmiştir. Kırkgeçit tünelindeki mikrogabro, ve biyomikritik kireçtaşı için analitik çözümlemelerde kullanılan parametreler σ_1-σ_3 ve σ_n-τ grafikleri ile gösterilmiştir (Şekil 4.62,63)



Şekil 4.62. Kırkgeçit-1 tünelindeki mikrogabronun simule edilmiş üç eksenli sıkışma deneyi sonuçları



Şekil 4.63. Kırkgeçit-1 tünelindeki biyomikritik kireçtaşının simule edilmiş üç eksenli sıkışma deneyi sonuçları

4.2.7. Tünel Destek Tasarımı İçin Genelleştirilmiş Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemleri

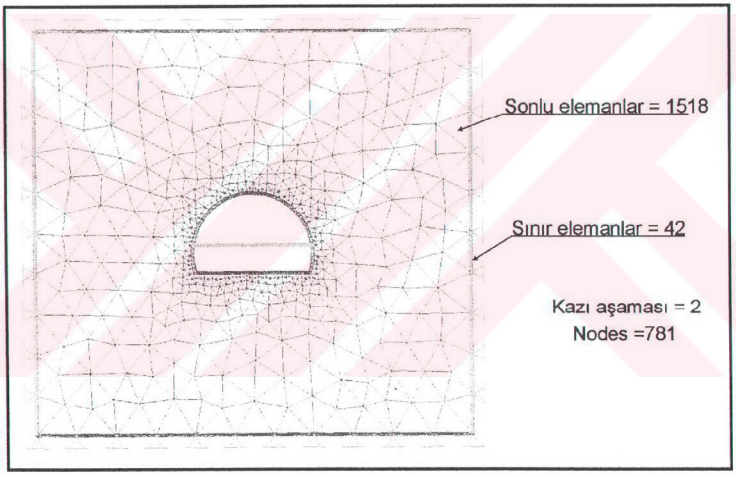
4.2.7.1. Kırkgeçit-1 Tünelindeki Analitik Yaklaşımlar

Kırkgeçit tünel güzergahı boyunca analitik yaklaşımlarda iki boyutlu, ortamda çalışan, sonlu elemanlar ve sınır elemanlar yönteminin ayrı ayrı veya birlikte kullanıldığı ayrıntısı bölüm 3.2.6.1'de verilmiş olan Phases^2 2D (Rocscience, 2003) programı kullanılmıştır. KM.20+100 – Km.20+650 arasında toplam 503 m uzunluğundaki Kırkgeçit-1 tüneli, örtü kalınlığına bağlı olarak 3 bölüme ayrılarak KM.20+100 – KM20+225, Km.20+225- KM.20+530, ve KM.20+530 – KM.20+650 arası modellenmiştir. Modellemeler yapılırken Kaya kütlesi; plastik, homojen, izotrop ve linear kabul edilmiştir. Yenilme ölçütü olarak Hoek-Brown yenilme ölçütü seçilmiştir. Tünel dış sınır şartları tünel kazı (ayna) açıklığının iki katı alınmıştır. Modellemeler esnasında, Kaya kütlesinin tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c) , poison oranı (ν) ve birim hacim ağırlık (γ) değerleri için Çizelge 4.17'de verilen laboratuvar verilerinden, elastisite modülü (E), Hoek-Brown sabiti (mb), Hoek-Brown sabiti (s), değerleri ise Çizelge 4.19'da verilen Hoek- Brown yenilme kriterinden elde edilen değerlerden yararlanılmıştır. Ayrıca analizler esnasında kullanılan k faktörünün derinlikle (H) değişimi Çan (1999)'un vermiş olduğu Şekil 3.2'den yararlanılarak belirlenmiştir.

Dranaz tünelinin Phase^2 2D programında modellenmesi Şekil 4.47'de verilmiş olan tünel kesitinden yararlanılarak yapılmıştır (Şekil 4.64).Tünel kazısı alt yarı ve üst yarı olmak üzere iki aşamalı kazı şeklinde modellenmiştir. Tünelin örtü kalınlığına bağlı olarak modellemeler esnasında tünel kazısı yapıldıktan sonra herhangi bir destekleme elemanı olmaksızın ve tünel tavan ve yan duvarlarına kaya bulonu ve püskürtme beton uygulaması yapıldıktan sonra tünel üzerine etkiyen asal gerilme değerleri, güvenlik faktörü ile toplam yerdeğiştirme miktarı belirlenmiştir. Güvenlik faktörü değerlendirmesinde grafiklerde **"x"** işareti makaslama ygerilmelerini, **"o"** işareti ise çekme gerilmelerini göstermektedir. Kaya bulonu uygulaması tünelin kemerlenme etkisi göz önüne alınarak tünel üzerine etki edecek gerilmelerin %

30'una ulaştıktan sonra yapılmıştır. Destekleme esnasında kaya bulonu ve püskürtme beton uygulaması alt yarı ve üst yarıda farklı oranlarda uygulanmıştır. Uygulamalar esnasında, kaya bulonu için kalık taşıma yükü 0.01 MN, maksimum taşıma yükü ise 0.2 MN olarak alınmıştır.

Phase^2 2D programının özelliğine bağlı olarak analizlerde tünel üzerine etkiyen Sigma 1 (σ_1), Sigma 3 (σ_3) asal gerilme değerleri MPa olarak elde edilmektedir. Toplam yerdeğiştirme değerleri ise m olarak elde edilmektedir. Ancak yorumlamalarda kolaylık sağlaması açısından elde edilen yerdeğiştirme değerleri mm olarak ifade edilmiştir.



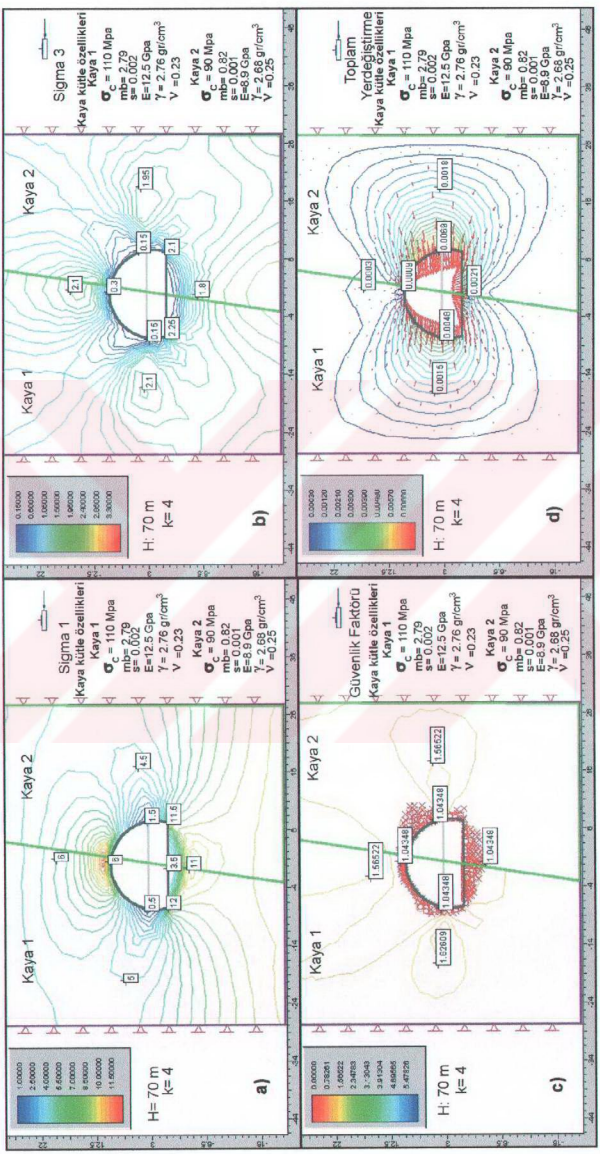
Şekil 4.64. Dranaz tünel kesitinin sınır koşullarının Phases^2 2D programında modellenmesi

4.2.7.1.(1). Kırkgeçit-1 Tüneli KM.20+100 – KM.20+225 Arası Analitik Yaklaşımlar

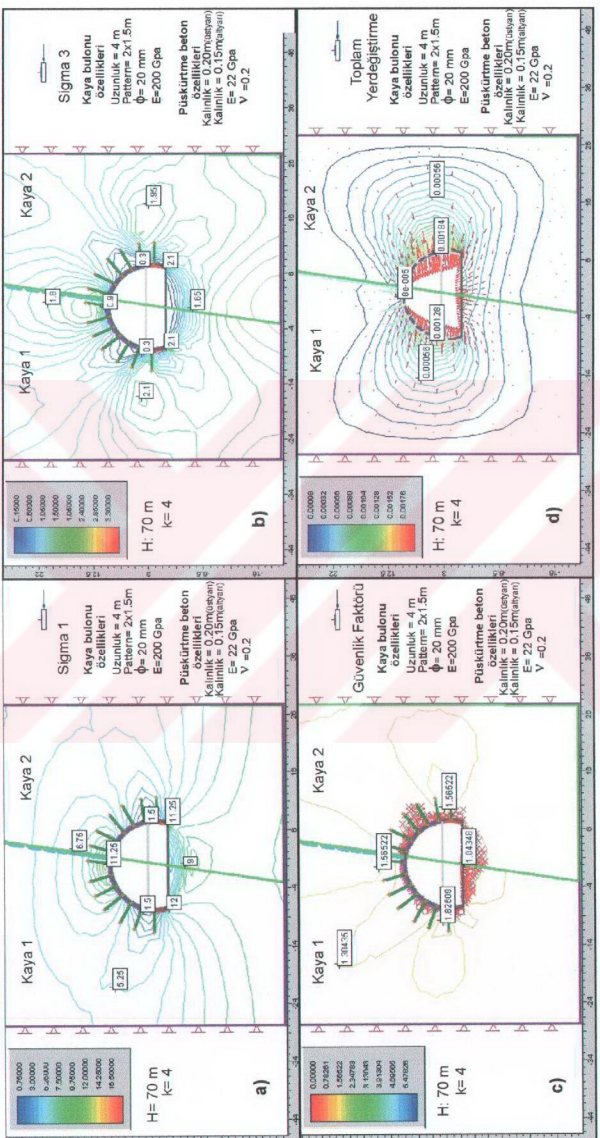
Tünelin bu bölümünde k faktörü 4 alınarak modellemeler yapılmıştır. İki farklı birimin etkisinde olan tünelin bu bölümünde, modellemeler esnasında

maksimum asal gerilme (σ_1) tünel tavanında 6 MPa, ve taban köşe noktalarında 11.5-12 MPa, yan duvarlarda ise 0.5-1.5 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 4.65.a). Minimum asal gerilme (σ_3) tünel taban köşe noktalarında 2.1-2.25 MPa, tünel tavanında ise 0.3 MPa'lık bir değer bulunmuştur (Şekil 4.65.b). Güvenlik faktörü değerine göreçekme gerilmelerine bağlı olarak yenilmelerin tünel yan duvarlarında gerçekleştiği gözlenmektedir. (Sekil 4.65c). Tünelde gelişen maksimum yerdeğiştirme miktarı 6.9 mm ile tünel yan duvarlarında geliştiği gözlenmiştir (Sekil 4.65.d).

Tünelin hem üst yarısına hem de alt yarısına toplam 11adet kaya bulonu ve tünel üst yarısına 20 cm ile alt yarısına 15 mm püskürtme betonu uygulanarak modellendiğinde, maksimum asal gerilme (σ_1) tünel taç kısmında 11.25 MPa, ve taban köşe noktalarında 11.25-12 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 4.66.a). Minimum asal gerilme (σ_3) tünel taban köşe noktalarında 2.1 MPa, ve tünel tavan noktasında ise 0.9 MPa'lık bir değer gözlenmiştir (Şekil 4.66.b). Tünelde uygulanan püskürtme beton ve kaya bulonundan sonra tünel üzerindeki yenilmelerin daha çok tünel taban köşe noktasında (kaya 2) olacağı gözlenmiştir (Sekil 4.66.c). Tünelde gelişen maksimum yerdeğiştirme miktarı azalarak tünel yan duvarlarında 1.8 mm olarak belirlenmiştir (Sekil 4.66.d).



Şekil 4.65. Kırkgeçit-1 tüneli KM.20+100 – KM.20+225 arasında k= 4 olması durumunda (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı

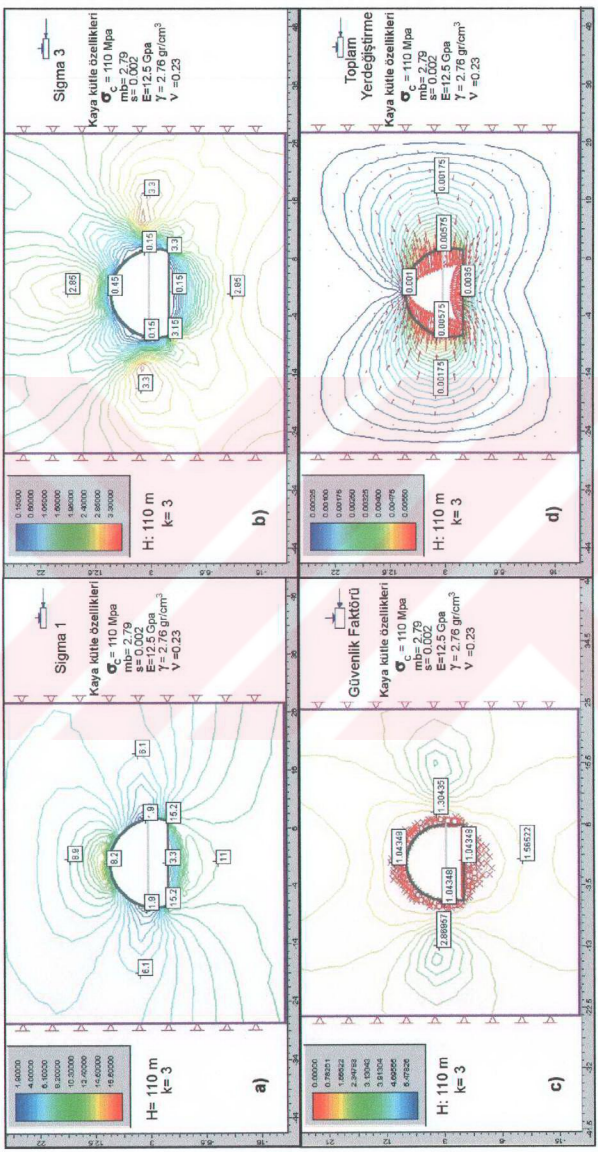


Şekil 4.66. Kırkgeçit-1 tüneli KM.20+100 – KM.20+225 arasının kaya bulonu ve püskürtme beton ile desteklenmesinden sonra (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı

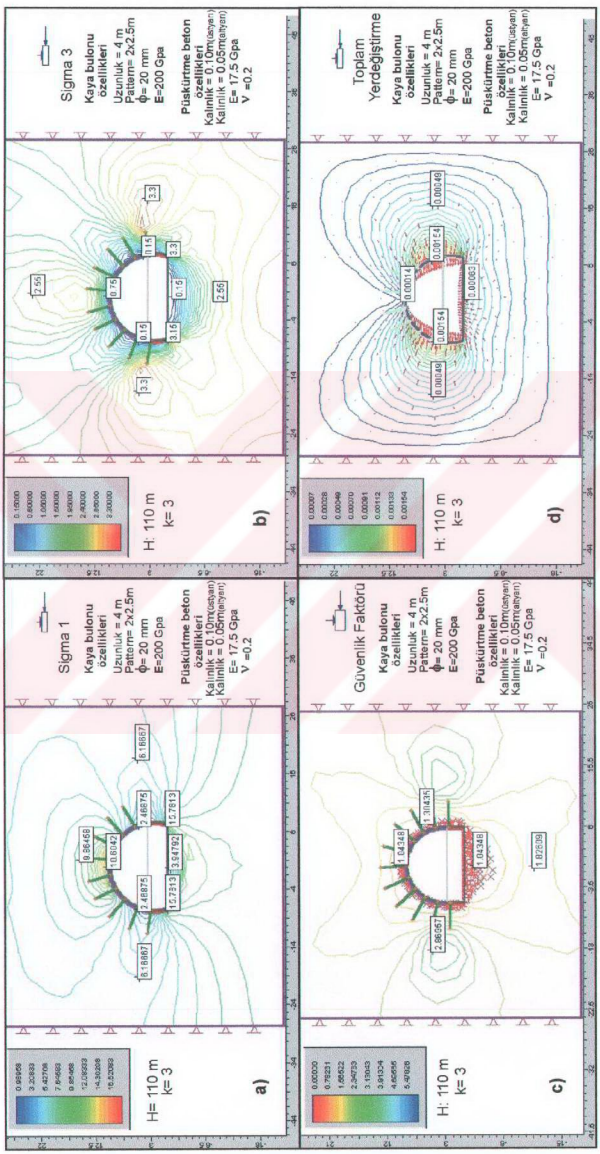
4.2.7.1.(2). Kırkgeçit-1 Tüneli KM.20+225 – KM.20+530 Arası Analitik Yaklaşımlar

Tünelin bu bölümünde k faktörü 3 alınarak modellemeler yapılmıştır. Modellemeler sonucunda maksimum asal gerilme (σ_1) tünel tavan kısmında 8.2 MPa, ve taban köşe noktalarında 15.2 MPa, olarak bulunmuştur (Şekil 4.67.a). Minimum asal gerilme (σ_3) tünel taban köşe noktalarında 3.15-3.3 MPa, tünel tavan noktasında ise 0.45 MPa'lık bir değer bulunmuştur (Şekil 4.67.b). Güvenlik faktörü değerine göre tünel üzerinde makaslama gerilmeleri nedeniyle tavanda çekme gerilmeleri nedeniyle ise tünel yan duvarlarında yenilme zonunun etkisi vardır (Sekil 4.67.c). Tünelde gelişen maksimum yerdeğiştirme miktarı 5.7 mm ile tünel yan duvarlarında geliştiği gözlenmiştir (Sekil 4.67.d).

Tünelin hem üst yarısına hemde alt yarısına toplam 13 adet kaya bulonu ve tünel üst yarısına 10 cm ile alt yarısına 5 mm püskürtme betonu uygulanarak modellendiğinde, maksimum asal gerilme (σ_1) tünel tavan kısmında 10.6 MPa, ve taban köşe noktalarında 15.78 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 4.68.a). Minimum asal gerilme (σ_3) tünel taban köşe noktalarında 3.3 MPa, ve tünel taç noktasında ise 0.75 MPa'lık bir değer gözlenmiştir (Şekil 4.68.b). Tünelde uygulanan püskürtme beton ve kaya bulonundan sonrada tünelde yenilme taban noktasında olacağı gözlenmektedir (Sekil 4.68.c). Tünelde gelişen maksimum yerdeğiştirme miktarı azalarak tünel yan duvarlarında 1.54 mm olarak belirlenmiştir (Sekil 4.68 .d).



Şekil 4.67. Kırkgeçit-1 tüneli KM.20+225 – KM.20+530 arasında k= 3 olması durumunda (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı

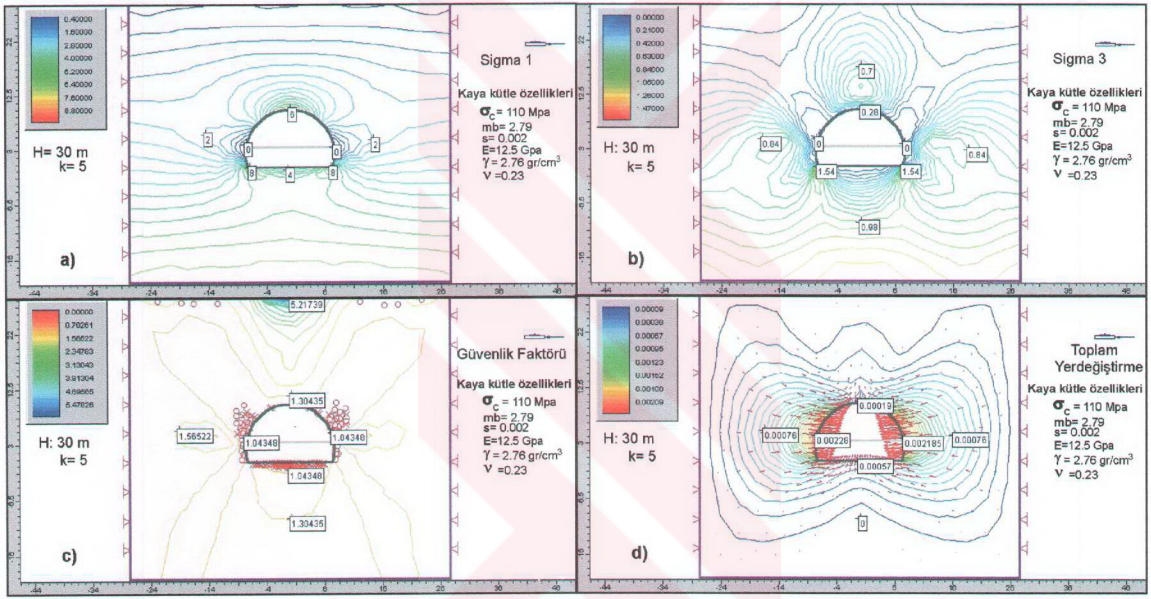


Şekil 4.68. Kırkgeçit-1 tüneli KM.20+225 – KM.20+530 arasının kaya bulonu ve püskürtme beton ile desteklenmesinden sonra (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı

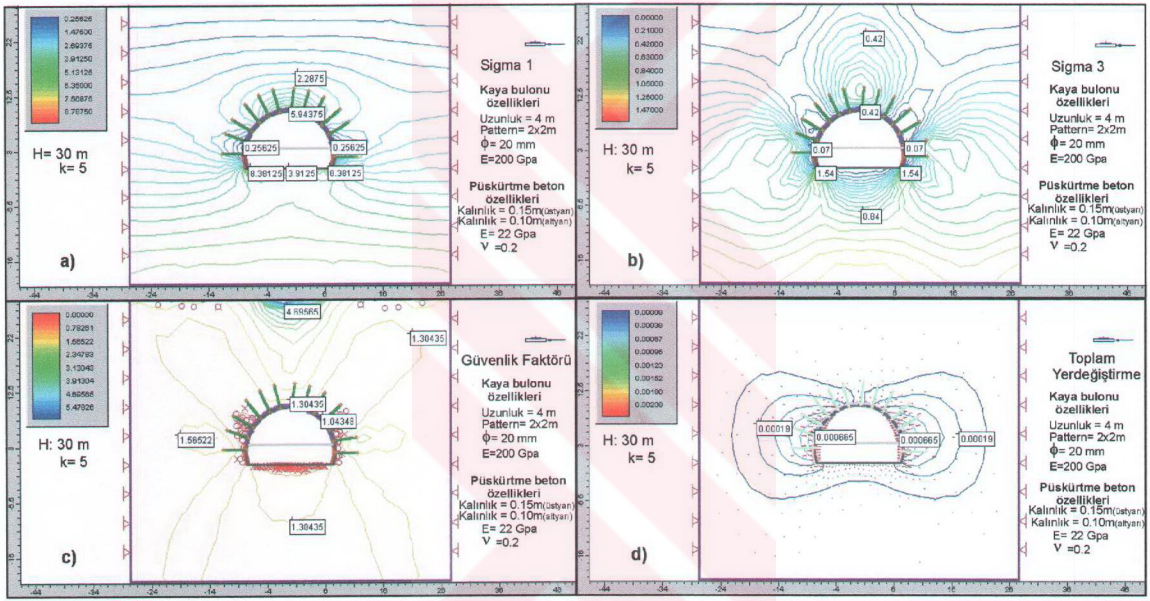
4.2.7.1.(3). Kırkgeçit-1 Tüneli KM.20+530 – KM.20+650 Arası Analitik Yaklaşımlar

Tünelin bu bölümünde k faktörü 5 alınarak modellemeler yapılmıştır. Modellemeler sonucunda maksimum asal gerilme (σ_1) tünel tavan kısmında 6 MPa, ve taban köşe noktalarında 8 MPa, olarak bulunmuştur (Şekil 4.69.a). Minimum asal gerilme (σ_3) tünel taban köşe noktalarında 1.54 MPa, tünel tavan noktasında ise 0.28 MPa'lık bir değer bulunmuştur (Şekil 4.69.b). Güvenlik faktörü değerine göre tünel üzerindeki yenilmeler genel olarak çekme gerilmeleri nedeniyle tünel yan duvarında gerçekleşeçeği gözlenmektedir (Sekil 4.69.c). Tünelde gelişen maksimum yerdeğiştirme miktarı 2.2 mm ile tünel yan duvarlarında geliştiği gözlenmiştir (Sekil 4.69.d).

Tünelin hem üst yarısına hemde alt yarısına toplam 13 adet kaya bulonu ve tünel üst yarısına 15 cm ile alt yarısına 10 mm püskürtme betonu uygulanarak modellendiğinde, maksimum asal gerilme (σ_1) tünel tavan kısmında 6 MPa, ve taban köşe noktalarında 8.4 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 4.70.a). Minimum asal gerilme (σ_3) tünel taban köşe noktalarında 1.54 MPa, ve tünel taç noktasında ise 0.42 MPa'lık bir değer gözlenmiştir (Şekil 4.70.b). Tünelde uygulanan püskürtme beton ve kaya bulonuna rağmen tünelde yan duvarlarda yenilmelerin süreksizliklere bağlı olarak geliştiği gözlenmiştir (Sekil 4.70.c). Tünelde gelişen maksimum yerdeğiştirme miktarı azalarak tünel yan duvarlarında 0.6 mm olarak belirlenmiştir (Sekil 4.70.d).



Şekil 4.69. Kırkgeçit-1 tüneli KM.20+530 – KM.20+650 arasında k= 5 olması durumunda (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı



Şekil 4.70. Kırkgeçit-1 tüneli KM.20+530 – KM.20+650 arasının kaya bulonu ve püskürtme beton ile desteklenmesinden sonra (a) σ_1, (b) σ_3, (c) güvenlik faktörü ve (d) toplam yerdeğiştirme değerlerinin dağılımı

4.2.7.2. Kırkgeçit-1 Tüneli RMR Sınıflaması

Ankara-Pozantı Otoyolu kapsamında yapılmakta olan Kırkgeçit-1 tüneli RMR sınıflaması için Zetaş (2001) tarafından yapılan 2 (SK.1, SK.2) ayrı lokasyondan alınan sondaj loglarından yararlanılmıştır (EK.7). Her bir sondaj lokasyonu için RMR girdi paremetreleri tek eksenli sıkışma dayanımı, RQD , süreksizlik sıklığı ve süreksizlik durumu gibi parametreler Bieniawski (1989)' un önerdiği grafiklerden ve çizelgeden yararlanılarak elde edilmiştir (Çizelge 4.20).

Elde edilen bu girdi parametreleri kullanılarak ClassesX programında her sondaj noktası için RMR ve Temel RMR değerleri belirlenmiştir. Elde edilen bu verilere göre SK.1 için elde edilen temel RMR değeri ve toplam RMR değerleri için **"İYİ KAYA"** olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.21). SK.2 için temel RMR değeri için **"ORTA KAYA"** toplam RMR değeri için ise **"ZAYIF KAYA"** olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.22). Bu sınıflamalar göz önüne alınarak desteksiz tünel açıklığı, kazı yöntemi, destekleme sistemi ve kullanılan destekleme elemanları ayrıntılı olarak Çizelge 4.21 ve 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli RMR girdi parametreleri

KIRKGEÇİT-1 (POZANTI) TÜNELİ		
Özellikler	**SK-1**	**SK-2**
Tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa)	90	110
RQD (%)	78	38
Süreksizlik Sıklığı (m)	0.2-0.3	0.1-0.2
Süreksizlik Durumu		
Devamlılık (m)	>1 (6)	1-3 (4)
Açıklık (mm)	0.1-1 (4)	>5 (0)
Pürüzlülük	Pürüzlü (5)	Düz (1)
Dolgu (mm)	Yok (6)	>5 (2)
Bozunma	Az Boz. (3)	Orta der. Boz (3)
Yeraltısuyu Durumu	Islak	Islak
Süreksizlik Yönlenmesi (°)	Eğim Yön. (45-90°)	Eğim ters Yön. (45-90°)

Çizelge 4.21. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli SK.1 için RMR değerlendirmesi

Değerlendirme	**RMR değeri**	**Tanımlama**
Sağlam kaya dayanımı	8.6	ORTA
Karot kalite değeri (RQD)	15.2	İyi
Süreksizlik sıklığı	8.3	ORTA
Süreksizlik durumu	26	İYİ
Yeraltısuyu durumu	7	ORTA
Süreksizlik yönlenmesi	0	ÇOK UYGUN
	Toplam RMR	Temel RMR
RMR	65.1	65.1
Kaya kütlesi sınıfı	II	II
Sınıf tanımlaması	**İYİ KAYA**	**İYİ KAYA**
Ortalama dayanma zamanı	8 m açıklık için 6ay	
Kaya kütlesi kohezyonu, (kPa)	-	300-400
Kaya kütlesi sürtünme açısı	-	35-45°
Kaya yükü yüksekliği, (m)	3.14	-
Destek yükü, (Mpa)	0.018	-
Elastik modülü (Em; GPa)	30.19	
Maksimum tünel açıklığı	9 hafta dayanma süresi ile 15.65 m	
Desteksiz tünel açıklığı, (m)	3.41	
Kazı yöntemi	İlerleme tam ayna. patlatma yapmak için aynadan 20 m önce destekleme yapılmış olmalı.	
Destekleme sistemi	3 m uzunluğunda tamamı çimentolu 20 mm çapında kaya blonları, tavanda ve yan duvarda 2.5 m aralıklarla yerleştirilmeli. Taç kısımda hasır celik püskürtme beton ile birlikte kullanılmalıdır.	
Püskürtme beton	Taç kısma 50 mm	
Çelik iksa	Gerek yok	

Çizelge 4.22. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli SK.2 için RMR değerlendirmesi

Değerlendirme	**RMR değeri**	**Tanımlama**
Sağlam kaya dayanımı	10	İYİ
Karot kalite değeri (RQD)	7.8	ZAYIF
Süreksizlik sıklığı	7.2	ZAYIF
Süreksizlik durumu	9.3	ZAYIF
Yeraltısuyu durumu	7	ORTA
Süreksizlik yönlenmesi	-5	ZAYIF
	Toplam RMR	Temel RMR
RMR	36.3	41.3
Kaya kütlesi sınıfı	IV	III
Sınıf tanımlaması	**ZAYIF KAYA**	**ORTA KAYA**
Ortalama dayanma zamanı	2.5 m açıklık için 10 saat	
Kaya kütlesi kohezyonu, (kPa)	-	200-300
Kaya kütlesi sürtünme açısı	-	25-35°
Kaya yükü yüksekliği, (m)	5.73	-
Destek yükü, (Mpa)	0.154	-
Elastik modülü (Em; GPa)	2.186	
Maksimum tünel açıklığı	5.5 saat dayanma süresi ile 5.42 m	
Desteksiz tünel açıklığı, (m)	1.51	
Kazı yöntemi	İlerleme üst yarı ve alt yarı kazısı. İlerleme 1.0-1.5 m aralıklarla olmalı patlatma yapmak için aynadan 10 m önce destekleme yapılmış olmalı	
Destekleme sistemi	4-5 m uzunluğunda tamamı çimentolu 20 mm çapında kaya bulonları, tavanda ve yan duvarda 1.0-1.5 m aralıklarla yerleştirilmeli. Hasır celik püskürtme beton ile birlikte kullanılmalıdır.	
Püskürtme beton	Tavanda 100-150 mm, yan duvarda 100 mm kalınlığında	
Çelik iksa	Gerektiğinde 1.5 m aralıklarla hafif çelik iksa kullanılabilir.	

4.2.7.3. Kırkgeçit Tüneli Q Sınıflaması

Q sınıflaması için Zetaş (2001) tarafından yapılan 2 ayrı lokasyondan alınan sondaj logları ve arazi gözlemlerinden yararlanılarak, tanımlamalamalara ve destek sisteminin seçimine gidilmiştir (EK. 7). Q sistemine göre eklem takım sayısı SK. 1 için iki eklem takımı ve gelişi güzel eklemler, SK. 2 için iki eklem takımı ve gelişigüzel eklemler; Süreksizlik pürüzlülüğü için SK. 1 kontak halinde, pürüzlü veya düzensiz, düzlemsel, SK. 2 için düz dalgalı; süreksizlik yüzeylerinin ayrışma derecesi için, SK.1 ve SK 2 altere olmamış eklem yüzeyleri, yüzeysel kirlenme tanımları kullanılmıştır. SRF değeri maksimum ve minimum asal gerilme değerlerine göre belirlenmiştir. Her sondaj lokasyonu için ESR: 1 olarak alınmıştır. Su azaltma faktörü için yine her sondaj lokasyonu için orta derecede su gelişi veya basınç, yer yer eklem dolgularının yıkanması tanımı kullanılmıştır.

Tünel hattı boyunca elde edilen bu verilerden yararlanılarak ClassesX programında Q sistemine göre SK.1 **"İYİ KAYA"** ve SK.2 **"ORTA KAYA"** olarak tanımlanmıştır. Bu sınıflamalardan yola çıkılarak tünel içerisinde hem tavan için hemde yan duvarlar için destek kategorileri belirlenmiştir (Çizelge 4.23 ve 4.24).

Çizelge 4.23. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli SK.1 için Q sınıflaması

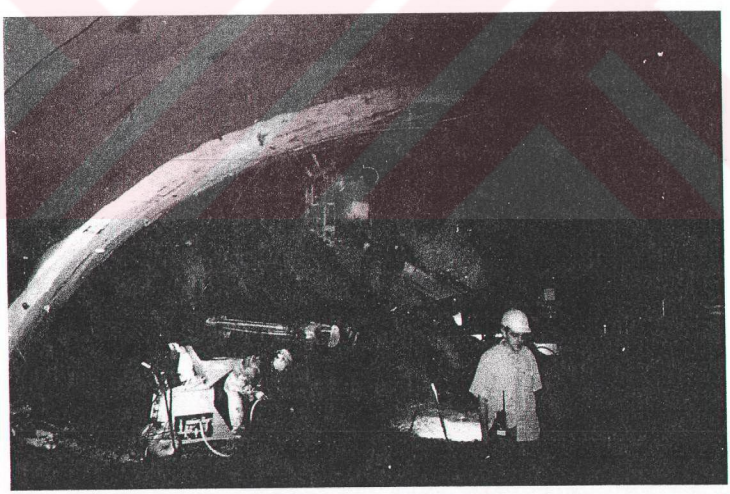
Değerlendirme sonucu		Birimi	Değeri	Açıklamalar
Destek önerisi için kullanılan Q değeri			18.6	İYİ KAYA
Blok boyutu		(RQD/Jn)	13	RQD= 78
Bloklar arası makaslama dayanımı		(Jr/Ja)	1.5	Jn= 6
Görünür sürtünme açısı		°	56.3	Jr= 1.5
Aktif gerilme		(Jw/SRF)	0.954	Ja= 1
SRF		-	0.691	Jw= 0.66
SRF Bileşenleri	SRFh (gerilme etkisinde)	-	0.4989	-
	SRFh (yapı etkisinde)	-	0.1217	-
Qh	Gerilme etkisi baskın	-	20.73	-
SRFn (makaslama ve zayıflık zonu)		-	0.6913	
Qn		-	18.60	
Ortalama Elastisite Modülü		GPa	31.73	25*logQ
Destek basıncı		kPa	16.4	
Maksimum desteksiz tavan açıklığı		-	-	
Tavan için Q değeri		-	18.6	
Tavan için destek kategorisi (13A)	Gerilmemiş kaya bulonları 1.5-2.0 m aralıklarla yerleştirilmeli. Ortalama bulon uzunluğu 3.80 m dir. Ara noktalarda hasır çelik bu bulonlara tutturulmalı.			
Tünel duvarı için Q değeri			93	Orijinal Q*2.5
Duvar için destek kategorisi	Destekleme gerekmektedir. 2.5-3.0 m aralıklarla yerleştirilmiş gerilmemiş kaya bulonlarının kullanılması tercih edilebilir			

Çizelge 4.24. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli SK.2 için Q sınıflaması

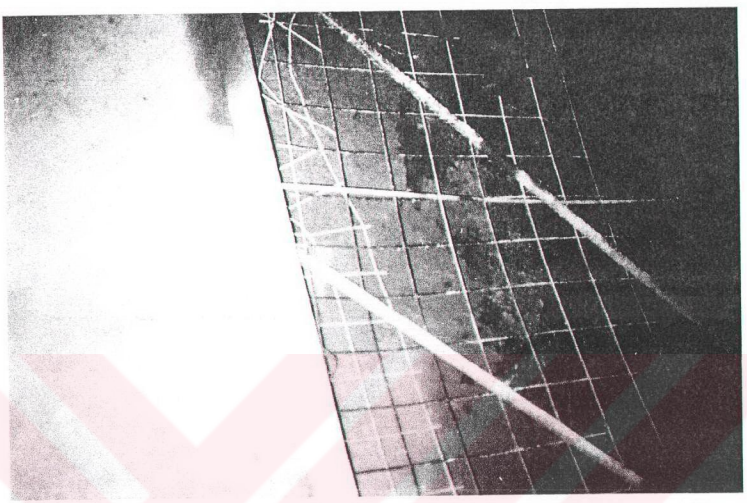
Değerlendirme sonucu		Birimi	Değeri	Açıklamalar
Destek önerisi için kullanılan Q değeri			6.3	ORTA KAYA
Blok boyutu		(RQD/Jn)	3.1	RQD= 38
Bloklar arası makaslama dayanımı		(Jr/Ja)	3	Jn= 12
Görünür sürtünme açısı		°	71.6	Jr= 3
Aktif gerilme		(Jw/SRF)	0.671	Ja= 1
SRF		-	0.983	Jw= 0.66
SRF Bileşenleri	SRFh (gerilme etkisinde)	-	0.9826	-
	SRFh (yapı etkisinde)	-	0.1616	-
Qh	Gerilme etkisi baskın	-	11.51	-
SRFn (makaslama ve zayıflık zonu)		-	0.9835	
Qn		-	6.3	
Ortalama Elastisite Modülü		GPa	19.98	25*logQ
Destek basıncı		kPa	35.4	
Maksimum desteksiz tavan açıklığı		-	-	
Tavan için Q değeri		-	6.3	
Tavan için destek kategorisi (18A)	Gerdirmeli 1.5-2 m aralıklı bulonlama. Ortalama bulon boyu 3.50 m.			
Tünel duvarı için Q değeri			15.7	Orijinal Q*2.5
Duvar için destek kategorisi (13C)	Gerdirmesiz enjeksiyonlu 1.5-2 m aralıklı blonlama 50 mm püskürtme beton			

4.2.7.4. Kırkgeçit-1 Tünelinde NATM Sınıflaması

Kırkgeçit-1 tünelinde elde edilen jeoteknik veriler, gerekli saha ve yerinde yapılan incelemeler sonucunda Tefken A.Ş. tarafından tünel hattı boyunca karşılaşılan kaya kütleleri için NATM'a göre gerekli destekleme sınıfı ve elemanları belirlenmiştir. Kırkgeçit-1 tünelinde NATM uygulaması Ö NORM B 2203 (1994)' göre yapılmıştır. Buna göre tünel kazısı süresince kaya kütleleri genel olarak tünel hattı boyunca B3 (taneli) ve B2 (çok gevrek) kaya sınıflarına göre destekleme elemanları seçilerek gerekli tahkimat yapıldıktan sonra kazı ayna ilerlemesi sağlanmıştır Kırkgeçit tünelinde destekleme elemanı olarak püskürtme beton, kaya bulonu, çelik hasır, çelik iksa ve gerekli görülen kısımlarda tünel tavanında aşırı dökülme ve sökülmelere karşı gecici kemerlenme sağlamak için çelik süren borular kullanılmıştır (Şekil 4. 71 ve 4.72).



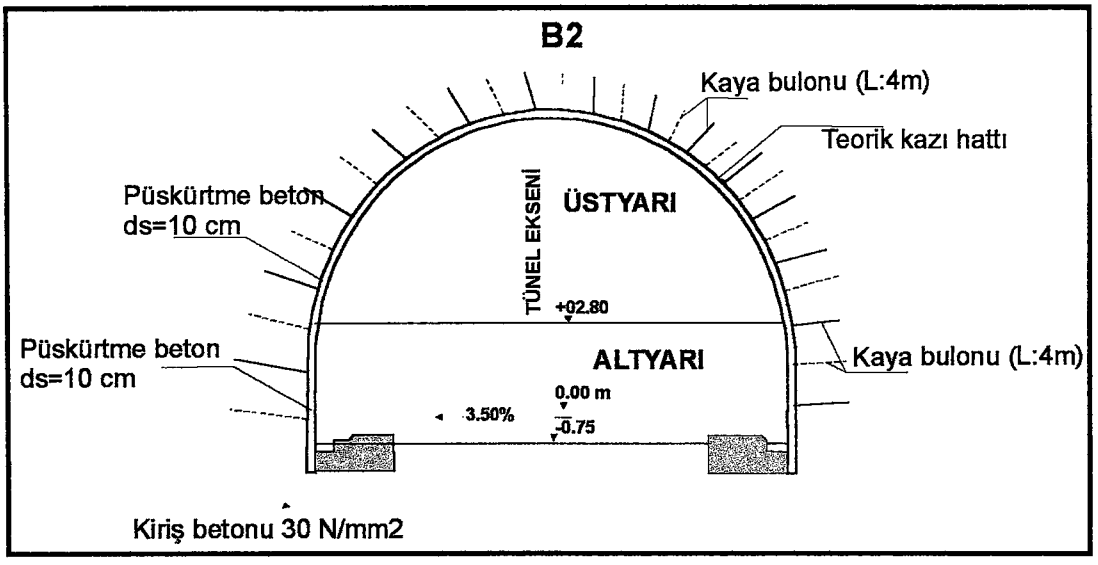
Şekil 4.71. Kırkgeçit-1 tünelinde uygulanan destekleme elemanlarının genel bir görünümü



Şekil 4.72. Kırkgeçit-1 tünelinde destekleme elemanı olarak püskürtme beton, çelik hasır ve çelik iksa'dan bir görüntü

4.2.7.4.(1). B2 Kaya Sınıfı

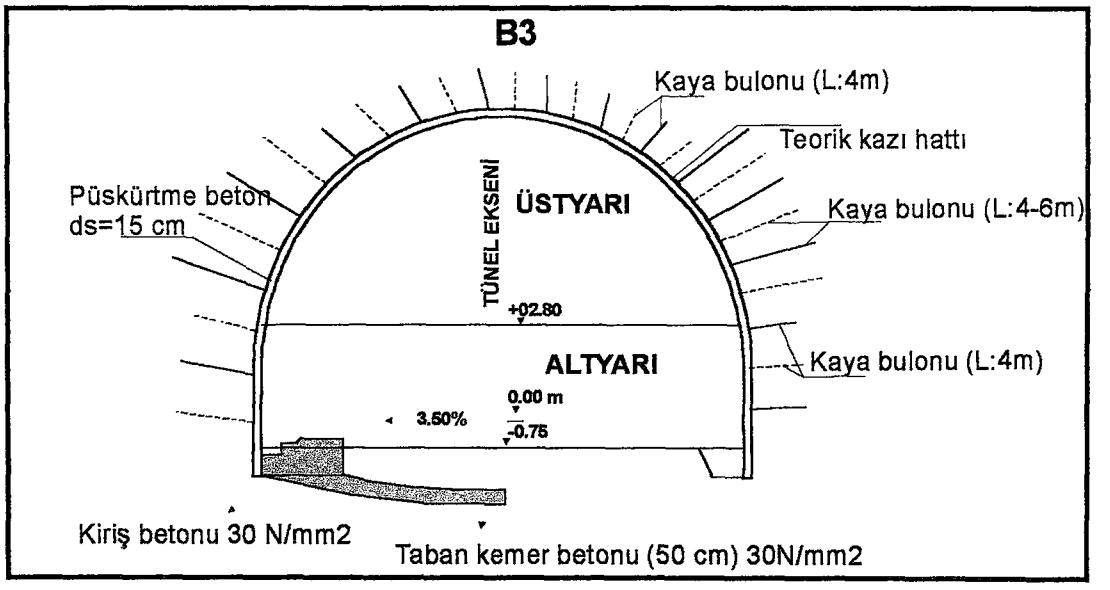
Çok gevrek kaya kütlesi olarak tanımlanan kısımlarda kazı tünel kesitine bağlı olarak alt yarı ve üst yarı olmak üzere ikiye bölünmüştür. Raunt uzunluğu desteksiz kalma süresi, desteksiz açıklığa bağlı olarak belirlenmiştir. Buna göre Üst yarı kazısında 2.5 m alt yarı kazısında ise 3 m'lik bir ilerleme sağlanmıştır. Kazı genellikle yumuşak patlatma ile yapılmıştır. Üst yarıda tünel tavanı ve yan duvarlarda destekleme elemanı olarak 10 cm püskürtme beton , çelik hasır ve 20 mm çapında 4 m uzunluğunda SN bulon kullanılmıştır. Alt yarıda ise 5 cm püskürtme beton ve 20 mm çapında 4 m uzunluğunda SN bulon kullanılmıştır (Şekil 4.73).



Şekil 4.73. Ö NORM B 2203 (1994)'e göre B2 kaya sınıfının kesiti

4.2.7.4.(2). B3 Kaya Sınıfı

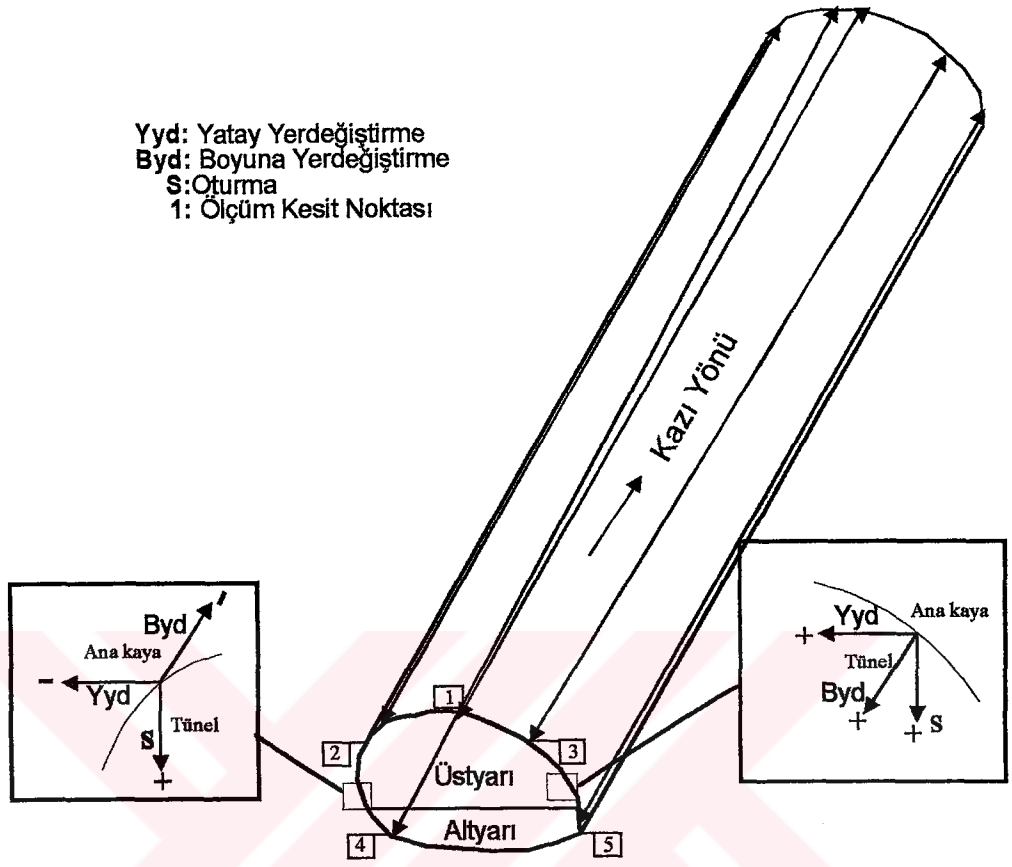
"Taneli" kaya kütlesi olarak tanımlanan bu kaya sınıfında, kazı tünel kesitine bağlı olarak alt yarı ve üst yarı olmak üzere ikiye bölünmüştür. Ancak topuk görevini görsün diye aynadaki pasanın bir kısmı bırakılmaktadır ve ayna yüzeyine 5 cm kalınlığında ön püskürtme beton uygulanmaktadır. Raunt uzunluğu üst yarı kazısında 2 m alt yarıda ise 2.5 m'lik ilerleme sağlanmıştır. Kazı genellikle sert kısımlarda yumuşak patlatma ve dökülen yumuşak kısımlarda ise kazı makinaları ile yapılmıştır. Destekleme elemanı olarak üst yarıda çelik iksa, çelik hasır, 15 cm kalınlığında püskürtme beton ve 20 mm çapında 4-6 m uzunluğunda SN bulon kullanılmıştır. Yer yer üst yarıda süren uygulaması yapılmıştır. Alt yarıda ise çelik hasır, 15 cm kalınlığında püskürtme beton ve 20 mm çapında 4 m uzunluğunda SN bulon kullanılmıştır. Yumuşak olarak nitelendirilen kısımlarda taban kazısı ve taban beton kemeri uygulaması yapılmıştır (Şekil 4.74).



Şekil 4.74. Ö NORM B 2203 (1994)'e göre B3 kaya sınıfının kesiti

4.2.8. Kırkgeçit-1 Tünelinde Yerdeğiştirme Ölçüm Verilerinin Değerlendirilmesi

Yaklaşık 580 m uzunluğundaki Kırkgeçit tüneli sağ ve sol olmak üzere iki ayrı tüp şeklinde inşa edilmiştir. Tünellerde deformasyon izlemeleri NATM'ın ana prensibini oluşturmaktadır. Tünel içerisindeki deformasyon ölçümlerinde "Üç Boyutlu Optik Deformasyon İzleme" yöntemi kullanılarak Tefken A.Ş. tarafından yapılmıştır. Her iki tüp için deformasyon ölçümleri bir yıl boyunca sistematik bir şekilde devam etmiştir. Sol ve sağ tübe tünel zemin özelliklerine bağlı olarak değişen aralıklarla ölçüm noktaları belirlenmiştir. Her bir ölçüm noktasının kesiti beş noktadan oluşmakta olup 1,2 ve 3 nolu noktalar tünel üst yarısında yer almakta, 4 ve 5 nolu noktalar ise tünel alt yarısında yer almaktadır (Şekil 4.75). Bu tez kapsamında Tefken A.Ş.'den alınan yerdeğiştirme verileri bilgisayar ortamına aktarılarak grafiksel analizler yapılmıştır.



Şekil 4.75. Kırkgeçit-1 tüneli güzergahı boyunca ölçüm kesitlerinin gösterimi

Kırkgeçit tünelinde zemin özelliklerine bağlı olarak zemin içerisine monte edilen deformasyon pimlerinin ucuna takılan reflektörler kullanılarak teodolit adı verilen aletlerle, üç boyutlu, optik olarak gözlenen yatay yerdeğiştirmeler, boyuna yerdeğiştirmeler ve oturma değerleri tünelin üç boyutlu deformasyon izlemesi yapılmıştır (Şekil 4.76). Kırkgeçit tünelinde bir yıllık bir süreç içerisinde her bir tüpe ait deformasyon ölçüm verileri alınmış ve bu verilerin grafiksel değerlendirmesi yapılmıştır. Her ölçümün o anki deformasyonu gösterdiği bilindiğinden, deformasyon ölçümleri kümülatif olarak hesaplanmıştır. Bundan sonra matematiksel eşitliklerden yararlanılarak yerdeğiştirme açısı (Yda), yerdeğiştirme vektörü (ydv), boyuna yerdeğiştirme ve oturma değerlerinden hesaplanmıştır (Ek 7).

Yda = Atan (Byd / S) * (180 / π)

Yda= Yerdeğiştirme Açısı,

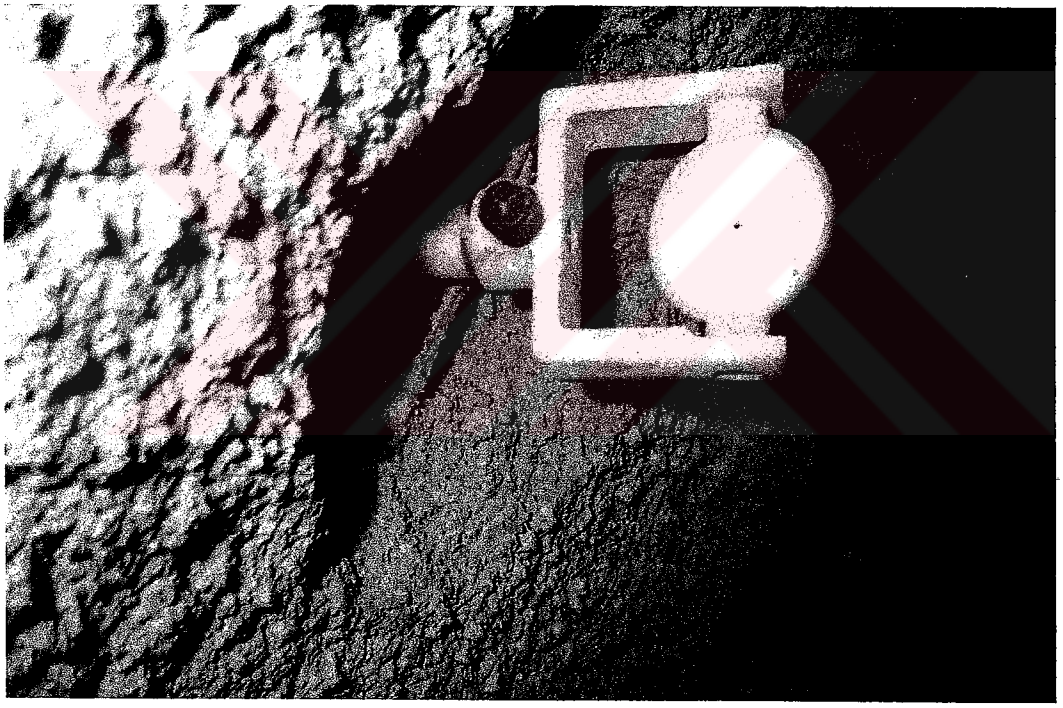
Byd= Boyuna Yerdeğiştirme (mm),

S= Oturma (mm).

Ydv= SQRT ($(Byd)^2 + (S)^2$

Ydv= Yerdeğiştirme Vektörü (mm)

Oturmalar mutlak değer olarak alınmıştır. Bütün değerleri grafik üzerinde göstermenin zorluğu nedeniyle her bir tüp'te yapılan ölçüm sayısı ve ölçüm zaman aralığına bağlı olarak belli zaman aralığındaki ölçüm değerleri kullanılmıştır. Yatay yer değiştirme, yer değiştirme açısı ve yer değiştirme vektörü değerlerinin, farklı zamana ait değerleri ölçüm noktalarına karşı işaretlenmiştir.



Şekil 4.76.Kırkgeçit-1 tünelinde yerdeğiştirme ölçüm noktasındaki reflektörden bir görüntü

Kırkgeçit-1 tünelinin sağ ve sol tüp içerisinde yapılan deformasyon ölçüm verilerinden elde edilen yerdeğiştirme vektörü, yerdeğiştirme açısı ve yatay yerdeğiştirme grafiklerinin değerlendirmesi Ek 8'de verilen Tünel aynasındaki gözlemlere dayanarak çizilen jeolojik kesitten yararlanılarak yorumlamalara gidilmiştir.

4.2.8.1. Sol Tüp

sadece tünel metresi Kırkgeçit tüneli kazısı süresince sol tüp'te 620-520 m'leri arasında mikrogabro-bazalt birimlerinin yanısıra yeraltısuyu ve çoğunlukla ezik zonlar, 520-170 m'leri arasında mikrogabro ve yer yer yeraltısuyu ve ezik zonlar, 170-140 m'leri arasında ise fay ve/veya ezik zonlar ve biyomikritik kireçtaşı gözlenmiştir. Tünelde B3 ve B2 kaya sınıfını temsil eden destekleme elemanları kullanılmıştır (Ek. 8).

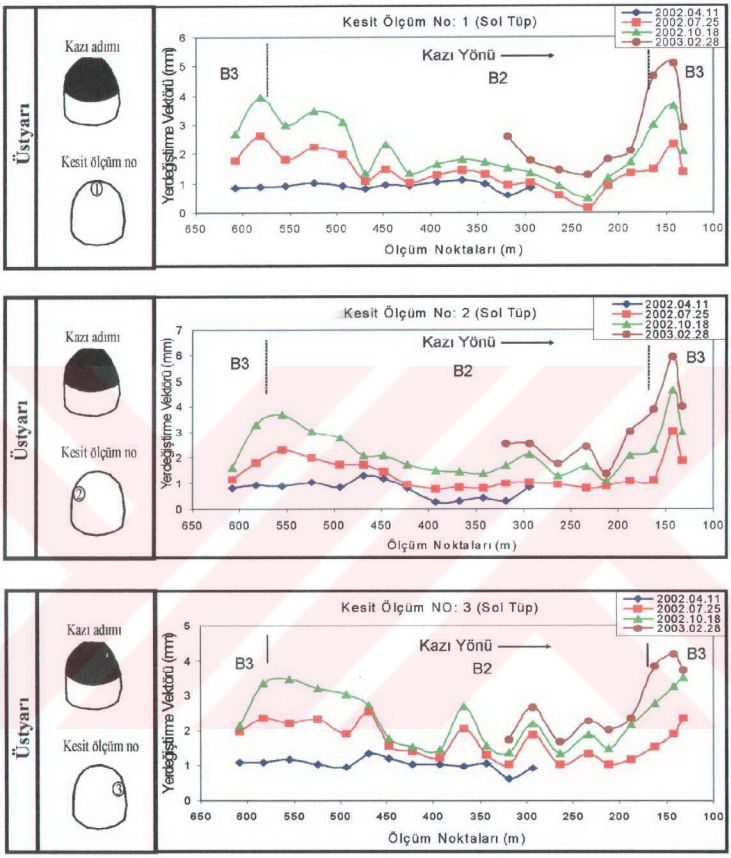
Sol tüpte ölçülen oturma ve boyuna yerdeğiştirme değerlerinden yararlanılarak elde edilen yerdeğişim vektör değeri 1,2,3 nolu kesit ölçüm noktalarındaki grafiklerinde zamanla artış göstermektedir. Tünelin üst yarısında 140-200 m'leri arasında 4-6 mm, 200-450 m'leri arasında 2-2.5 mm, 450-600 m'leri arasında ise 3-3.5 mm'lik bir yerdeğiştirme vektör değeri ölçülmüştür. Özellikle 140-200 m'leri arasında fay zonu ve yeraltısuyu nedeniyle vektör değerleri diğer kısımlara göre yüksek çıkmıştır. Bu bölgedeki yer alan fay zonu yüzeysel gözlemlerle daha önceden tespit edildiğinden bu kesimde tünel kazısında herhangi bir duraysızlık problemi ile karşılaşılmaması için ek desteklemeler (püskürtme beton ve kaya bulonu) uygulanmıştır (Şekil 4.77) (Ek: 8). Tünel alt yarısında ise en yüksek yerdeğiştirme vektör değeri 140-200 m'leri arasında 1.3 mm olarak ölçülmüştür. Bu değerler tünel duraylılığı açısından herhangi bir problem yaratmayacak büyüklüktedir (Şekil 4.78).

Yatay yerdeğiştirme değerleri 200-140 m'leri arasında tünel üst yarısında 1,2 ve 3 nolu kesit ölçüm noktalarında kireçtaşı ve mikrogabro sınırında yer alan ezik zondan dolayı maksimum 3-4 mm'lik, tünel alt yarısında 4 ve 5 nolu kesit ölçüm noktalarında ise maksimum 0.8 mm'lik bir yatay yerdeğiştirme değeri gözlenmiştir. 200-600 m' leri arasında 1, 2 ve 4 nolu kesit ölçüm noktalarında genelde pozitif bir yatay yerdeğiştirme değeri gözlendiğinden dolayı ana kayadan tünel içerisine doğru bir hareket gözlenmekte iken, 3 ve 5 nolu kesit ölçüm noktalarında ise tam tersi negatif bir yatay yerdeğiştirme değeri gösterdiğinden dolayı tünelden ana kayaya doğru bir hareket gözlenmiştir. Bu değerlere göre tünelin bu bölgesinde genel olarak yatay yerdeğiştirme'nin tünel sol yan duvarından (kesit ölçüm no 2,4) sağ yan duvarına (kesit ölçüm no 3,5) doğru olduğunu söyleyebiliriz. 200-150 m'leri arasında

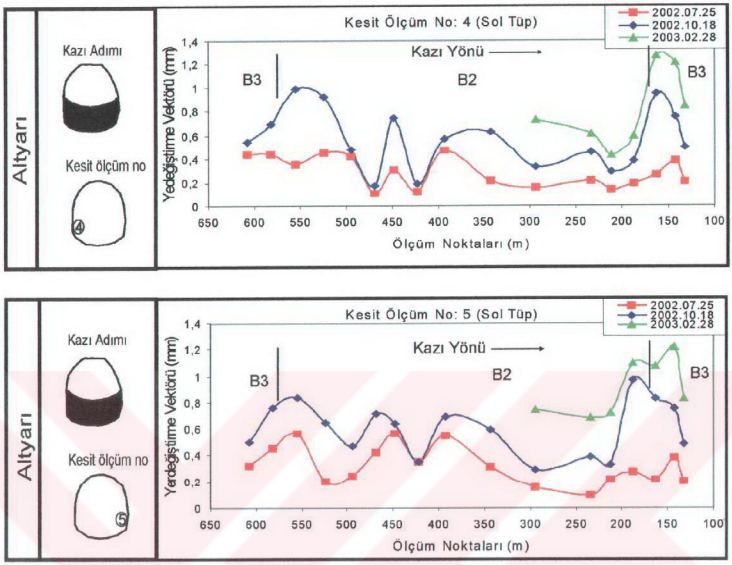
yer alan fay zonundan dolayı tüm ölçüm kesit noktalarında pozitif (tünel içerisine doğru) bir yatay yerdeğiştirme değeri gözlenmiştir (Şekil 4.79 ve 4.80) (Ek.8).

Tünel içerisinde ölçülen oturma değerleri pozitif olarak kabul edildiğinden boyuna yerdeğiştirmelerin değişimi zayıf kayadan sağlam kayaya veya sağlam kayadan zayıf kayaya yaklaşılmasına bağlı olarak kazı yönüne veya kazı yönüne karşı değişiklikleri göstermektedir. Oturma ve boyuna yerdeğiştirme değerlerine bağlı olarak elde edilen yerdeğiştirme açısı tünel içerisinde sağlam kayadan zayıf kayaya geçişlerde pozitif (kazı yönüne karşı), zayıf kayadan sağlam kayaya yaklaşıldığında negatif (kazı yönünde) bir yerdeğiştirme değeri sunmaktadır. Kırkgeçit-1 tüneli içerisinde genelde bütün ölçüm noktalarında bu özelliğe uygun yerdeğiştirme açısı değişimleri gözlenmiştir. Bu değişimler tünelin kazısının yapıldığı kireçtaşı, fay zonu, mikrogabro, bazalt ve ezik zonların dağılımına bağlı olarak değişmektedir (Şekil 4.81 ve 4.82) (Ek. 8).

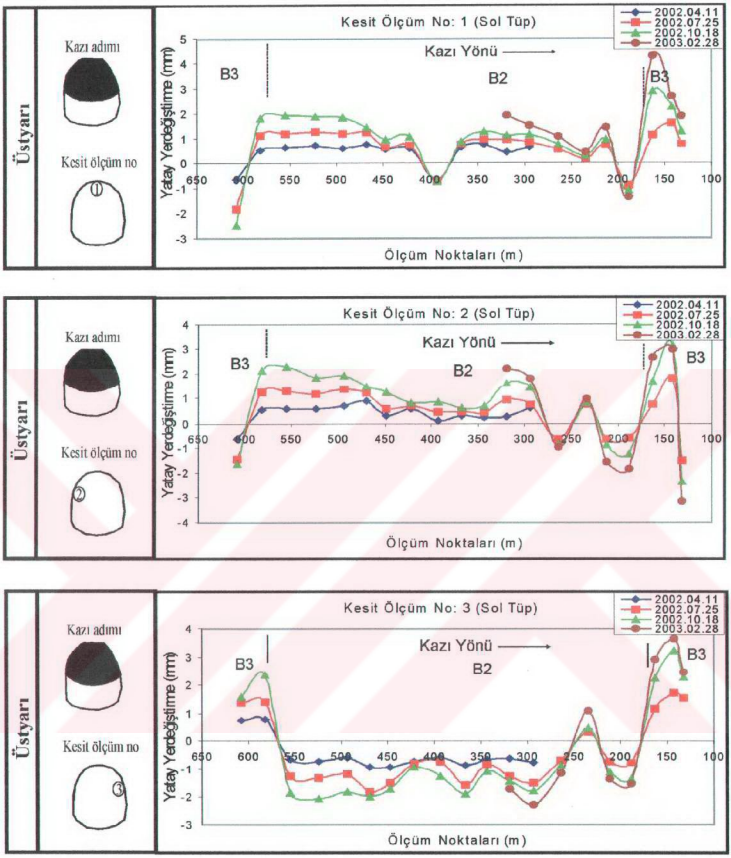
Genel olarak yer değiştirme açısı değerleri mikrogabro-bazalt, ezik zon/ fay zonu ve yeraltısuyu etkisinde bulunan 600- 500, 450-400, 420-170-150 m'leri arasında tüm kesit ölçüm noktalarında negatif bir yerdeğiştirme açısı değeri gözlendiğinden dolayı kazı yönüne doğru bir hareketi (zayıf kayadan sağlam kayaya yaklaşma) gözlemlenmiştir. Mikrogabro ve kireçtaşı biriminin yeraldığı 500-450, 420-370, 210-170 m'leri arasında ise pozitif yani kazı yönünün tersi (sağlam kayadan zayıf kayaya yaklaşma) bir hareket söz konusudur. Ancak ezik zonlar tünel kesiti içerisindeki dağılımları tünel sağ (ölçüm kesit no 3 ve5) ve sol yan (kesit ölçüm no.2 ve 4) duvarlarında, taç (kesit ölçüm no 1) kısımda her zaman aynı şekilde dağılım göstermemektedir. Buda tünel yan duvarlarında farklı yerdeğiştirme açılarının oluşmasına neden olabilmektedir. Örneğin yerdeğiştirme açıları 2 ve 4 nolu kesit ölçüm noktalarının yeraldığı sol yan duvarda 400-420 m'leri arasında üst yarıda negatif yerdeğiştirme açısı, alt yarıda ise pozitif yerdeğiştirme açısı değeri göstermiştir. Bu durum ezik zonların üst yarı ve alt yarıda farklı dağılım göstermesinden kaynaklanmaktadır. Boyuna yerdeğiştirmelerin oturmaya oranının az olması durumunda yerdeğiştirme açısı değeri düşük, fazla olması durumunda yüksek yerdeğiştirme açısı değeri gözlenmektedir. Bu durum sol yan duvarda 350. m'de sağ yan duvarda 200-220 m'leri arasında gözlenmiştir (Şekil 4.81 ve 4.82) (Ek. 8).



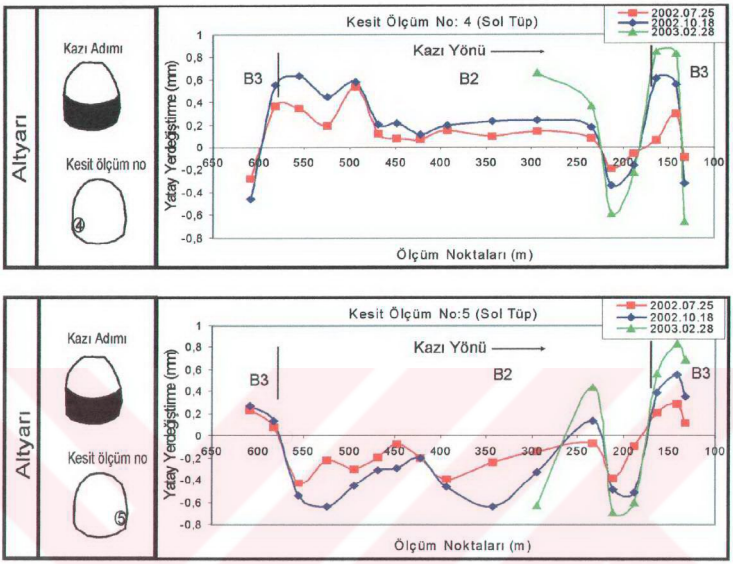
Şekil 4.77. 1., 2. ve 3. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme vektörü-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sol tüp, KM.20+100 -20+600)



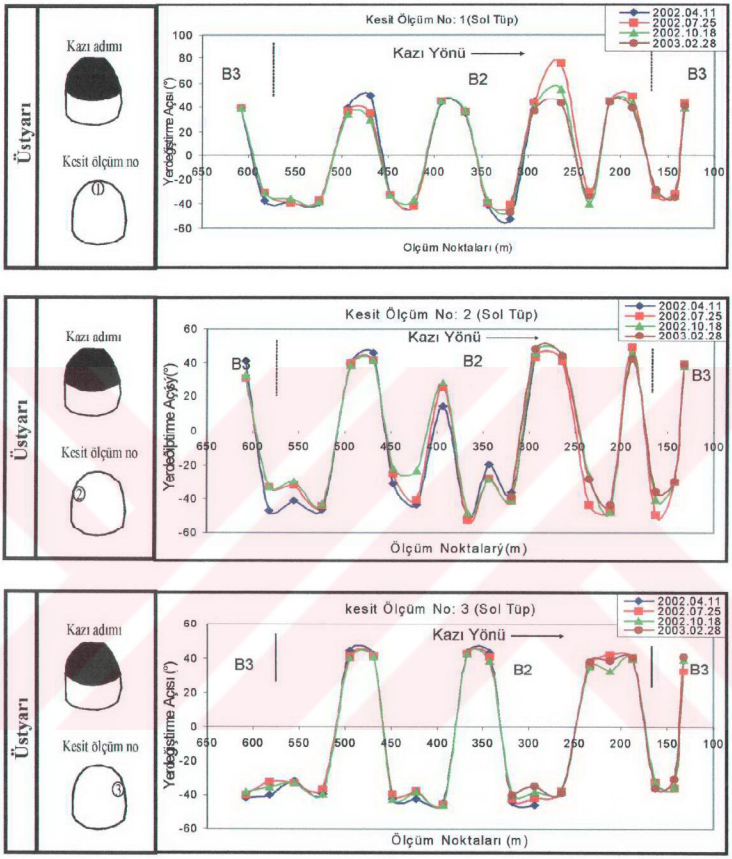
Şekil 4.78. 4. ve 5. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme vektörü-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sol tüp, KM.20+100 -20+600)



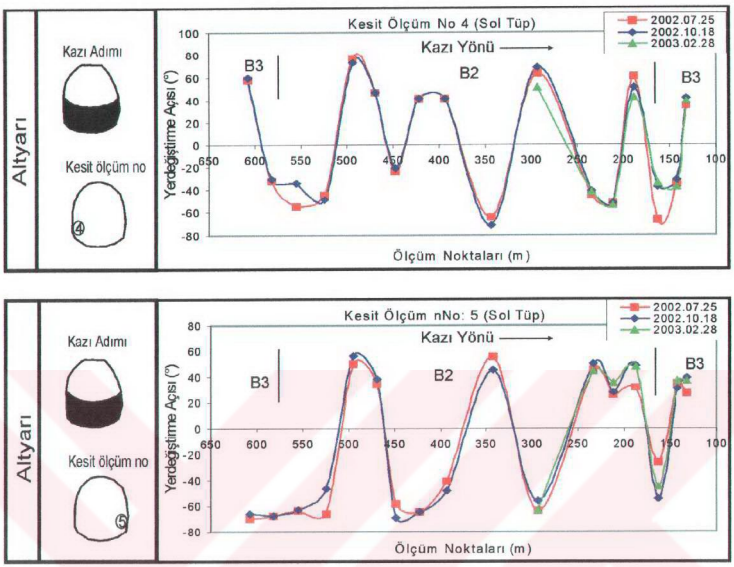
Şekil 4.79. 1., 2. ve 3. kesit ölçüm noktalarında yatay yerdeğiştirme-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sol tüp, KM.20+100 -20+600)



Şekil 4.80. 4. ve 5. kesit ölçüm noktalarında yatay yerdeğiştirme-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sol tüp, KM.20+100 -20+600)



Şekil 4.81. 1., 2. ve 3. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme açısı-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sol tüp, KM.20+100 -20+600)



Şekil 4.82. 4. ve 5. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme açısı-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sol tüp, KM.20+100 -20+600)

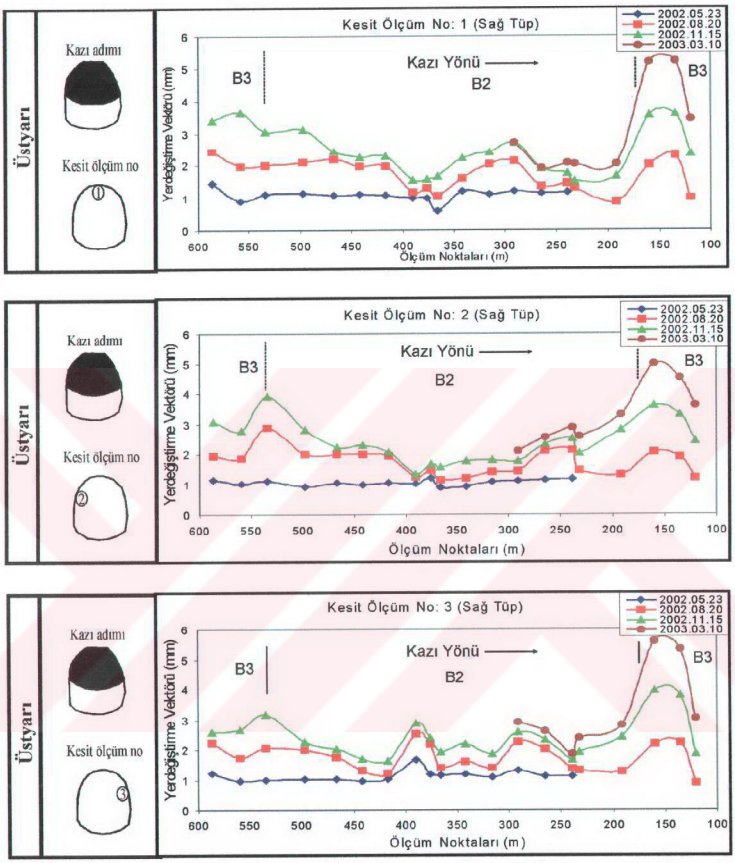
4.2.8.2. Sağ tüp

Kırkgeçit-1 tüneli kazısı süresince sağ tüp'te 590-505 m'leri arasında mikrogabro-bazalt birimlerinin yanısıra yeraltısuyu ve çoğunlukla ezik zonlar, 505-170 m'leri arasında mikrogabro ve yer yer yeraltısuyu ve ezik zonlar, 170-125 m'leri arasında ise fay ve/veya ezik zonlar ve biyomikritik kireçtaşı gözlenmiştir (Ek. 8). Sağ tüp'te yerdeğişim vektör değeri fay zonu ve yeraltısuyu nedeniyle tünelin üst yarısında 125-200 m'leri arasında 5-5.5 mm, 200-500 m'leri arasında 2-3 mm, 500-590 m'leri arasında ise 3.5-4 mm'lik bir yerdeğiştirme değeri ölçülmüştür. Tünel alt yarısında ise en yüksek yerdeğiştirme vektör değeri 125-200 m'leri arasında 1.6 mm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.83 ve 4.84).

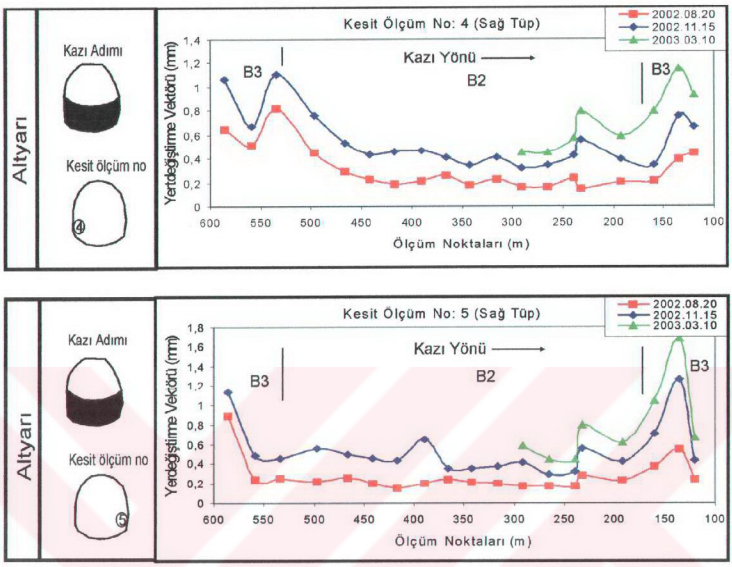
Yatay yerdeğiştirme değerleri 125-200 m'leri arasında 5 mm'lik bir yer değiştirme değeri göstermektedir. 1 nolu kesit ölçüm noktasında yersel olarak bazı değişiklikler göstermektedir. 590-520, 480-400, 380-250, 240-215 ve 150-120 m'leri arasında genelde pozitif bir yatay yerdeğiştirme değeri gösterdiğinden dolayı tünel içerisine doğru bir hareket söz konusudur. 520-480, 400-380, 250240 ve 200-150 m'leri arasında negatif bir yatay yerdeğiştirmeden dolayı tünel dışına doğru bir hareket söz konusudur (Şekil 4.85). Kesit ölçüm no.2 ve 4'te 590-520, 460-125 m'leri arasında pozitif (tünel içerisine doğru bir hareket), 520-460 m'leri arasında ise negatif (tünel dışına doğru bir hareket) bir yerdeğiştirme değeri gözlenmiştir. kesit ölçüm no. 3 ve 5'te 570-380, 325-240 ve 200-125 m'leri arasında negatif (tünel dışına doğru bir hareket) bir yatay yerdeğiştirme, 380-325 m'leri arasında ise pozitif (tünel içerisine doğru bir hareket) bir yerdeğiştirme değeri gözlenmiştir. Bu değerlere göre tünelin bu bölgesinde genel olarak yatay yerdeğiştirmenin tünel sol yan duvarından sağ yan duvarına doğru olduğunu söyleyebiliriz. 200-150 m'leri arasında yer alan fay zonundan sol yan duvarda tünel içerisine doğru, taç ve sağ yan duvarda ise tünel dışına doğru bir yatay yerdeğiştirme değeri göstermektedir (Şekil 4.85 ve 4.86) (Ek. 8).

Yerdeğiştirme açısı değeri kesit ölçüm no. 1, 2, 4'te mikrogabro-bazalt, ezik zon/ fay zonu ve yeraltısuyu etkisinde bulunan 590- 480, 350-280 ve 170-125 m'leri arasında negatif bir yerdeğiştirme açısı değeri gözlendiğinden dolayı kazı yönüne

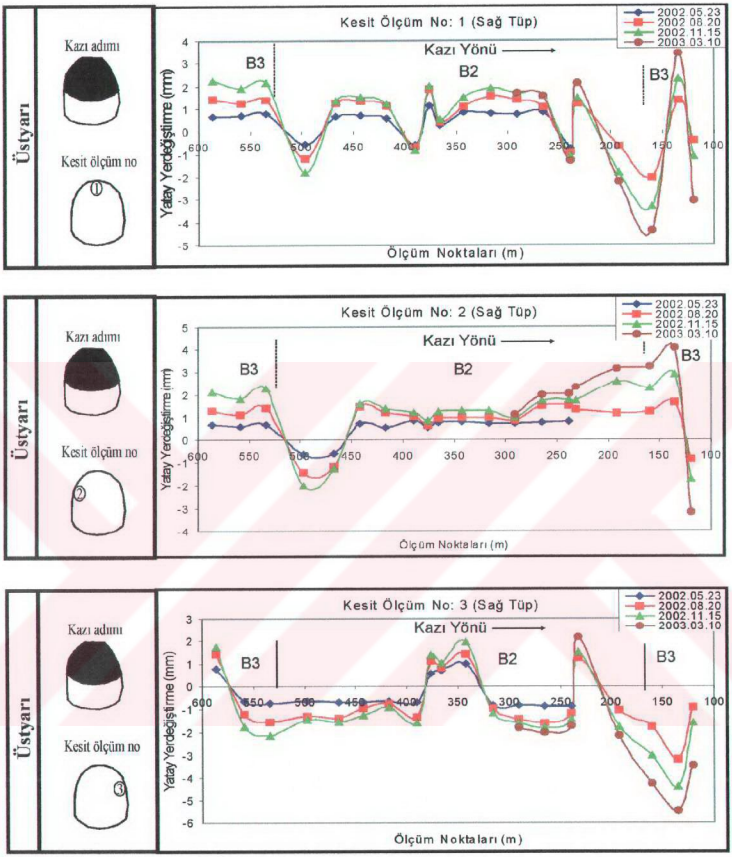
doğru bir hareketi (Zayıf zeminden sağlam zemine yaklaşma) göstermektedir. Mikrogabro ve yer yer ezik zonların bulunduğu 480-350 ve 280-170 m'leri arasında ise tam tersine kazı yönünün tersi (pozitif) bir hareket söz konusudur. 3 ve 5 nolu kesit ölçüm noktalarında ise 590-520, 400-370, 330-250 ve 170-125 m'leri arasında negatif bir yerdeğiştirme açısı değeri gözlendiğinden dolayı kazı yönüne doğru bir hareketi (zayıf zeminden sağlam zemine yaklaşma) göstermektedir. 520-400, 375-330 ve 250-175 m'leri arasında ise tam tersine kazı yönünün tersi (pozitif) bir hareket gözlenmiştir (Şekil 4.87 ve 4.88) (Ek. 8).



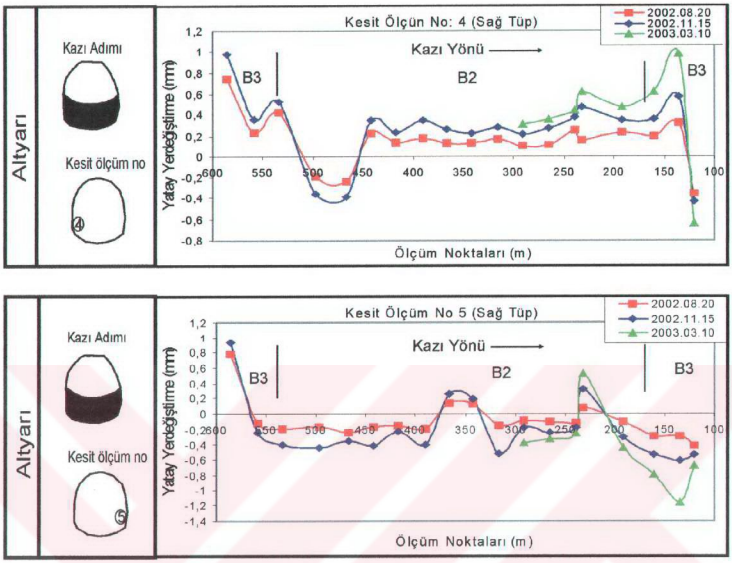
Şekil 4.83. 1., 2. ve 3. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme vektörü-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sağ tüp, KM.20+100 -20+650)



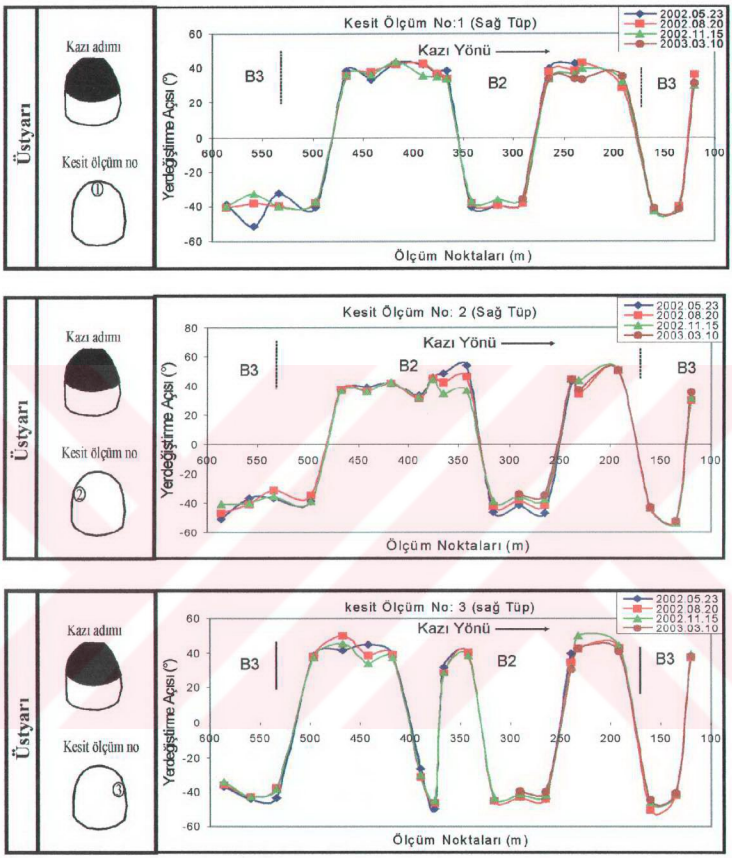
Şekil 4.84. 4. ve 5. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme vektörü-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sağ tüp, KM.20+100 -20+650)



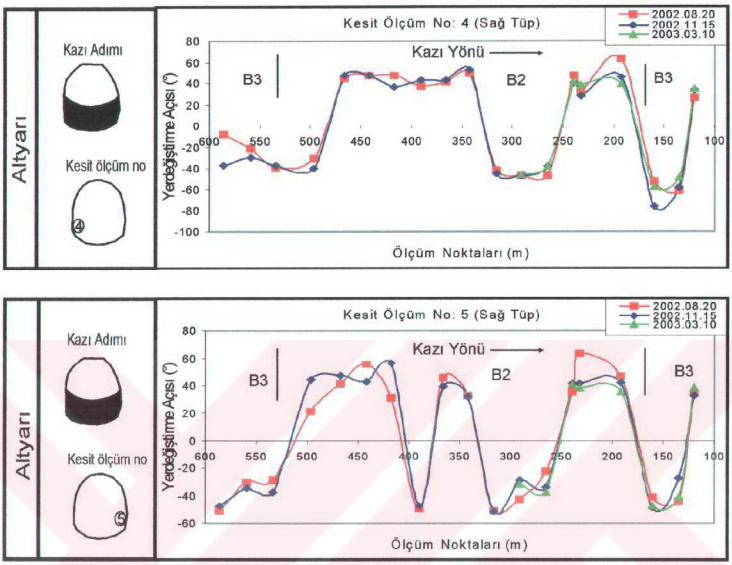
Şekil 4.85. 1., 2. ve 3. kesit ölçüm noktalarında yatay yerdeğiştirme-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sağ tüp, KM.20+100 -20+650)



Şekil 4.86. 4. ve 5. kesit ölçüm noktalarında yatay yerdeğiştirme-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sağ tüp, KM.20+100 -20+650)



Şekil 4.87. 1., 2. ve 3. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme açısı-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sağ tüp, KM.20+100 -20+650)



Şekil 4.88. 4. ve 5. kesit ölçüm noktalarında yerdeğiştirme açısı-ölçüm noktalarının zamana bağlı grafikleri (Sağ tüp, KM.20+100 -20+650)

5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

5.1. Tartışma

İncelemeye konu olan tünellerden Diyojen (Sinop) tüneli Jura yaşlı çakıltaşından oluşan Bürnük formasyonu, Akkaya kireçtaşı ve Üst Kretase yaşlı fliş fasiyesinden (kumtaşı kiltaşı ardalanmalı) oluşan Çağlayan formasyonu içerisinde açılmıştır. Kırkgeçit-1 (Pozantı) tüneli ise Üst Kretase yaşlı mikrogabro, bazalt, tüf ve aglomeralardan oluşan Alihoca Ofiyoliti ile biyomikritik kireçtaşlarının yer aldığı Ömerli formasyonu içerisinde açılmıştır. Her iki tünel açımında ölçme ve gözleme dayanan NATM uygulanmıştır. Ancak Diyojen tünelinin daha az dayanımlı sedimanter kayaçlar içerisinde, Kırkgeçit-1 tünelinin ise daha dayanımlı, ancak bol kırıklı çatlaklı volkanik kayaçlar içerisinde açılmış olması ve her iki tünelde de farklı deformasyon ölçüm sistemlerinin uygulanması nedeniyle farklı jeoteknik sonuçlara ulaşılmıştır. Her iki tünelde birimlerin mühendislik özellikleri, deformasyon özellikleri ve kaya kütle sınıfları karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

5.1.1. Mühendislik Özellikleri

İncelemeye konu olan tünellerde mikrogabro, biyomikritik kireçtaşı, kumtaşı ve kireçtaşı birimleri için yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda tek eksenli sıkışma dayanımına göre, mikrogabro yüksek dayanımlı, biyomikritik kireçtaşı ve kireçtaşı orta dayanımlı, kumtaşı ise düşük dayanımlı kayaç olarak tanımlanmıştır. Kumtaşının dayanımı en az birim olması nedeniyle poison oranı yüksek çıkarken elastisite modülü diğer kayaç gruplarının hemen hemen yarısına eşit bir değerde elde edilmiştir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Diyojen ve Kırkgeçit-1 tünellerindeki kayaç gruplarının mühendislik özelliklerinin ortalama değerlerinin karşılaştırılması

ÖZELLİK	Diyojen Tüneli		Kırkgeçit-1 Tüneli	
	Kumtaşı	Kireçtaşı	Mikrogabro	Kireçtaşı
Birim Hacim Ağırlık (γ) (gr/cm^3)	2.33	2.65	**2.76**	2.68
Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (MPa)	50.58	93.64	**110.31**	90.85
İndirekt Çekme Dayanımı (MPa)	2.68	7.56	**9.18**	6.66
Schmidt Çekici Geri Tepme Sayısı	35	43	**47**	40
Poison Oranı (ν)	**0.27**	0.24	0.23	0.25
Teğet Modülü (E_t) (GPa)	6.3	**12.4**	11.3	11.8
Ortalama Modül (E_{av}) (GPa)	6.6	**12.68**	11.8	12.2
Kiriş Modülü (E_s) (GPa)	6	**13.2**	10.9	12.6

5.1.2. Analitik Yaklaşımlar

Analitik yaklaşımlarda gerek doğal gerilmeler için olsun gerekse ikincil gerilmeler olsun bir çok varsayım ve kabullere dayandırılmaktadır. Diyojen ve Kırkgeçit-1 tünelinde yenilme ölçütü olarak Hoek-Brown yenilme ölçütü seçilmiştir. Tünellerde yapılan analizlerde modellemeler yapılırken kaya kütlesi; plastik, homojen, izotrop ve linear kabul edilmiştir. Bu kabuller göz önüne alınarak tünellerde oluşacak σ_1, σ_3 ve ve toplam yerdeğişitirmeler belirlenmiştir. En yüksek yerdeğiştirmelerin tünel yan duvarlarında geliştiği gözlenmiştir (Çizelge 5.2 ve 5.3).

Diyojen tünelinde destekleme yapılmadan önce gelişen en yüksek yerdeğiştirme miktarı tavan için KM.35400 – KM.36040'da 7 mm, tünel yan duvarlarda ise KM.36040 – KM.36480'de 13.2 mm ve taban köşe noktalarında ise KM.35400 – Km.36040'ta 9 mm olarak gerçekleşmiştir. Kırkgeçit-1 tünelinde destekleme yapılmadan önce gelişen en yüksek yerdeğiştirme miktarı tavan için KM. 20+225 – KM.20+530'da 1 mm, tünel yan duvarlarda ise KM.20100 – KM.20+225'te 6.9 mm ve taban köşe noktalarında ise Km.20225 – KM.20+530'da 3.5 mm olarak gerçekleşmiştir.Destekleme elemanları (kaya bulonu ve püskürtme beton) uygulandıktan sonra yerdeğiştirme değerlerinde belirgin bir düşüş gözlenmiştir (Çizelge 5.2 ve 5.3).

Çizelge 5.2. Diyojen tünelinde, tünel desteklenmeden ve desteklendikten sonra gelişen σ_1 ve σ_3 asal gerilmeler ve toplam Yerdeğiştirmeler

DİYOJEN TÜNELİ		KM.35100–KM.35400		KM.35400 - KM.36040		KM.36040–KM.36480		KM.36480-KM.37100	
Lokasyon	Parametre	Desteksiz	Destekten sonra	Desteksiz	Destekten sonra	Desteksiz	Destekten sonra	Desteksiz	Destekten sonra
Tavan	σ_1 (MPa)	4.2	8.6	4	9.25	4.8	10	3.6	6.25
	σ_3 (MPa)	0.3	1.05	0.3	1.2	0.2	1.63	0.26	0.63
	Toplam Yerdeğiştirme (mm)	3	0	7	**1**	3.6	0	0.2	0
Yan duvarlar	σ_1 (MPa)	1.45	1.62	2	3.4-3.9	2.4	2.5	0.6	0.62
	σ_3 (MPa)	0	0.15	0	0.4	0.2	-0.07	0	0.07
	Toplam Yerdeğiştirme (mm)	11	2.7	11.5	2.5	**13.2**	**3.3**	5.2	1.25
Taban	σ_1 (MPa)	7.5	7.6	10.5	9.7-10.3	10.2-13.8	10-12.5	5.7	5.62
	σ_3 (MPa)	1.35	1.65	1.35	3.2-3.4	2.2-3.2	2.5-3.3	1-1.1	1-1.2
	Toplam Yerdeğiştirme (mm)	8.5	0.9	**9**	**1.5**	6	1.6	2.5	0

Çizelge 5.3. Kırkgeçit-1 tünelinde, tünel desteklenmeden ve desteklendikten sonra gelişen σ_1 ve σ_3 asal gerilme ve toplam yerdeğiştirmeler

KIRKGEÇİT-1 TÜNELİ		KM.20+100–KM.20+225		KM.20+225-KM.20+530		KM.20+530-KM.20+650	
Lokasyon	Parametre	Desteksiz	Destekten sonra	Desteksiz	Destekten sonra	Desteksiz	Destekten sonra
Tavan	σ_1 (MPa)	6	11.25	8.2	10.6	6	6
	σ_3 (MPa)	0.3	0.9	0.45	0.75	0.28	0.42
	Toplam Yerdeğiştirme (mm)	0.9	0	**1**	**0.1**	0.1	0
Yan duvarlar	σ_1 (MPa)	1.5	1.5	1.9	2.46	0	0.25
	σ_3 (MPa)	0.15	0.3	0.15	0.15	0	0.07
	Toplam Yerdeğiştirme (mm)	**6.9**	**1.8**	5.7	1.54	2.2	0.6
Taban	σ_1 (MPa)	11.5-12	11.25-12	15.2	15.78	8	8.4
	σ_3 (MPa)	2.1-2.25	2.1	3.15-3.3	3.3	1.54	1.54
	Toplam Yerdeğiştirme (mm)	2.1	0	**3.5**	**0.6**	0.5	0

5.1.3. Ampirik Yöntemler (RMR ve Q) ve NATM Değerlendirmesi

Büyük mühendislik projelerinin uygulanması sırasında kaya kütle sınıflamalarının seçimi ve uygulamasında büyük önem taşımaktadır. Çizelge 5.4'de Diyojen ve Kırıkgeçit-1 Tünellerinde sondaj verilerinden yararlanılarak elde edilen ampirik yöntemlerden RMR ve Q kaya kütle sınıflama sistemlerinin sonuçları verilmiştir. Her iki tünelde de benzer kaya kütle sınıflamalarının elde edildiği sonuçlar olsa da, bazı sondaj noktalarında elde edilen verilerin çok farklı olduğu göze çarpmaktadır. Bu sonuçlarda sınıflama sistemlerinin birbirlerine göre farklı avantaj ve dezavantajlara sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Her iki tünelde NATM göre kaya sınıflarına ayrılarak desteklemesi de yapılmıştır. Diyojen tünelinde C2, B3 ve B2 kaya sınıfına göre destekleme yapılmıştır. Kırkgeçit-1 tünelinde ise B2 ve B3 kaya sınıfına göre destekleme yapılmıştır. NATM'a göre desteklemesi yapılmış olan her iki tünel için RMR ve Q sınıflama sistemine göre tünel güzergahındaki karşılıkları ve tahkimat sistemine göre karşılaştırması Çizelge 5.5'te verilmiştir. Her üç sistemin önerdiği kazı metodu, ilerleme uzunluğu, yaklaşık olarak benzer kaya gruplarında uygulanacak tahkimat elemanları birbirlerinden oldukça büyük farklılıklar göstermektedir. Buna göre NATM tünel kazısı alt yarı ve üst yarı olmak üzere iki aşamada yapılmıştır. Her üç sistemde önerilen püskürtme beton kalınlığı ile kaya bulonu uzunluğu bir birinden farklıdır. NATM'da RMR ve Q sistemine göre tünel tavanına çelik süren borular ile taban betonu uygulaması ek önlem olarak önerilmektedir. Ayrıca NATM sisteminde tünel kazısı sırasında sürekli olarak deformasyonların izlenerek, gerekirse yerinde yapılan gözlemlerle ortaya konan jeolojik veriler karşılaştırılarak tünel içinde uygulanan, kazı tahkimat sisteminde değişiklikler yapılabilmektedir. Bu avantajlı durumda öncelikle emniyet, sonrasında da ekonomiklik ve uygulanabilirlik daha etkin bir şekilde sağlanabilmektedir.

Çizelge 5.4. Diyojen ve Kırkgeçit-1 tüneli için önerilen RMR ve Q sistemi için belirlenen kaya sınıfları

	Sondaj No	RMR	Q
Kırkgeçit-1 Tüneli	SK-1 (Kireçtaşı)	İyi kaya	İyi kaya
	SK-2 (Mikrogabro)	Zayıf kaya	Orta kaya
Diyojen Tüneli	SK-1 (Filiş)	Zayıf kaya	Zayıf kaya
	SK-2 (Filiş)	Zayıf kaya	Çok Zayıf kaya
	SK-5 (Filiş)	Zayıf kaya	Çok Zayıf kaya
	SK-6 (Filiş)	Zayıf kaya	Zayıf kaya
	SK-3 (Çakılkaya)	Orta kaya	Çok Zayıf kaya
	SK-4 (Kireçtaşı)	Orta kaya	İyi kaya

Çizelge 5. 5. Diyojen ve Kırkgeçit-1 tünelinde uygulanan NATM ile önerilen RMR ve Q sınıflama sistemine göre tünel güzergahındaki karşılıkları ve destekleme sistemine göre karşılaştırması

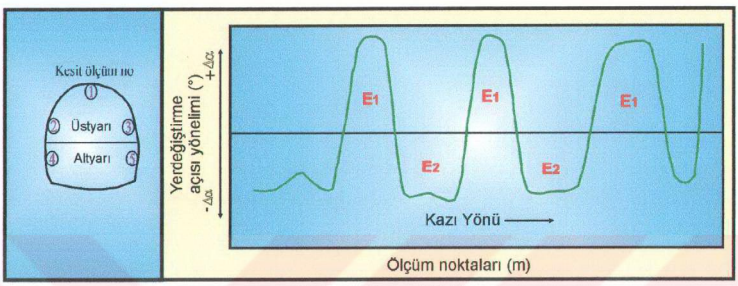
SİSTEM	TANIMLAMA	KAZI VE DESTEK SİSTEMLERİ
RMR	İYİ KAYA	İlerleme tam ayna. Patlatma yapmak için aynadan 20 m önce destekleme yapılmış olmalı, 3 m uzunluğunda tamamı çimentolu 20 mm çapında kaya blonları, tavanda ve yan duvarda 2.5 m aralıklarla yerleştirilmeli. Taç kısımda hasır celik püskürtme beton ile birlikte kullanılmalıdır. Taç kısma 50 mm püskürtme beton.
	ORTA KAYA	İlerleme 1.5-3.0 m aralıklarla olmalı, patlatma yapmak için aynadan 10 m önce destekleme yapılmış olmalı, 4-6 m uzunluğunda tamamı çimentolu 20 mm çapında kaya bulonları, tavanda ve yan duvarda 1.5-2.0 m aralıklarla yerleştirilip püskürtme beton ve çelik hasır ile birlikte kullanılmalıdır. Tavanda 50-100 mm yan duvarlarda 30 mm kalınlığında püskürtme beton
	ZAYIF KAYA	İlerleme üst yarı ve alt yarı kazısı. İlerleme 1.0-1.5 m aralıklarla olmalı patlatma yapmak için aynadan 10 m önce destekleme yapılmış olmalı, 4-5 m uzunluğunda tamamı çimentolu 20 mm çapında kaya bulonları, tavanda ve yan duvarda 1.0-1.5 m aralıklarla yerleştirilmeli. Hasır celik püskürtme beton ile birlikte kullanılmalıdır. Tavanda 100-150 mm, yan duvarda 100 mm kalınlığında püskürtme beton. Gerektiğinde 1.5 m aralıklarla hafif çelik iksa kullanılabilir.
Q	İYİ KAYA	Tavan için gerilmemiş kaya bulonları 1.5-2.0 m aralıklarla yerleştirilmeli. Ortalama bulon uzunluğu 3.80 m dir. Ara noktalarda hasır çelik bu bulonlara tutturulmalı. Duvar için destekleme gerekmektedir. 2.5-3.0 m aralıklarla yerleştirilmiş gerilmemiş kaya bulonlarının kullanılması tercih edilebilir
	ORTA KAYA	Tavan için gerdirmeli 1.5-2 m aralıklı bulonlama. Ortalama bulon boyu 3.50 m. Duvar için gerdirmesiz enjeksiyonlu 1.5-2 m aralıklı bulonlama 50 mm püskürtme beton
	ZAYIF KAYA	Tavan için gerilmiş kaya bulonları 1-1.5 m aralıklarla yerleştirilmeli. Ortalama bulon uzunluğu 3.80 m olup, hasır çelik yerleştirilmelidir. 50-100 mm kalınlığında püskürtme beton gerekir. Duvar için 25-75 mm kalınlığında püskürtme beton direk olarak tünel duvarına uygulanacaktır.
	ÇOK ZAYIF KAYA	Tavan için gerilmiş kaya bulonları 1 m aralıklarla yerleştirilmeli. Ortalama bulon uzunluğu 3.80 m'dir. Püskürtme beton ile desteklenmiş hasır çelik kullanılmalı. 75-100 mm kalınlığında püskürtme beton gereklidir. Duvar için3.5 m uzunluğunda 1-1.5 m aralıklarla yerleştirilmiş gerilmiş kaya bulonları ve 50-100 mm kalınlığında püskürtme beton çelik hasır ile tünel duvarına uygulanacaktır.
NATM	B2	Üst yarı kazısında 2.5 m alt yarı kazısında ise 3'lik bir ilerleme, kazı genellikle yumuşak patlatma ile yapılmıştır. Üst yarıda tünel tavanı ve yan duvarlarda destekleme elemanı olarak 10 cm püskürtme beton , çelik hasır ve 20 mm çapında 4 m uzunluğunda SN bulon alt yarıda ise 5 cm püskürtme beton ve 20 mm çapında 4 m uzunluğunda SN bulon uygulaması
	B3	Ayna yüzeyine 5 cm kalınlığında ön püskürtme beton uygulaması, raunt uzunluğu üst yarı kazısında 2 m alt yarıda ise 2.5 m'lik ilerleme kazı genellikle sert kısımlarda yumuşak patlatma ve dökülen yumuşak kısımlarda ise kazı makinaları ile destekleme elemanı olarak üst yarıda çelik iksa, çelik hasır, 15 cm kalınlığında püskürtme beton ve 20 mm çapında 4-6 m uzunluğunda SN bulon yer yer üst yarıda süren uygulaması, alt yarıda ise çelik hasır, 15 cm kalınlığında püskürtme beton ve 20 mm çapında 4 m uzunluğunda SN bulon, taban kazısı ve taban beton kemeri uygulaması
	C2	Aynaya 5 cm kalınlığında ön püskürtme beton uygulanmakta, raunt uzunluğu üst yarı kazısında 1.5 m alt yarıda ise 2 m'lik ilerleme, kazı genellikle sert kısımlarda yumuşak patlatma ve dökülen yumuşak kısımlarda ise kazı makinaları ile destekleme elemanı olarak üst yarıda çelik süren çelik iksa, çelik hasır, 20 cm kalınlığında püskürtme beton ve 20 mm çapında 6 m uzunluğunda SN bulon uygulaması alt yarıda ise çelik hasır, 15 cm kalınlığında püskürtme beton ve 20 mm çapında 4 m uzunluğunda SN bulon taban kazısı ve taban beton kemeri uygulaması

5.1.4. Diyojen ve Kırkgeçit-1 Tünellerinde Oluşan Deformasyon Modelleri

NATM'ın en önemli özelliğini oluşturan tünel içerisindeki deformasyonların ölçülmesi RMR ve Q gibi diğer kaya kütle sınıflama sistemlerine göre oldukca önemli bir avantaj sağlamıştır. Diyojen tüneli ile Kırkgeçit-1 tüneli ölçme ve gözleme dayanan NATM kaya kütle sınıflama sistemi kullanılarak açılmıştır. Bundan dolayı her iki tünelde de kazı öncesi-sırasında-sonrasında gelişebilecek deformasyonların belirlenmesine çalışılmıştır. Diyojen tünelinde deformasyon ölçümleri konverjanlar kullanılarak L1-L2, L2-L3, L1-L3 ve L4-L5 yönlerinde yapılmıştır (Şekil 4.34). Yapılan konverjan ölçümler için tünel içerisinde konverjanların toplam miktarı belirlenmesine karşın, hangi yönde bir hareketin olduğu tam olarak belirlenememiştir. Diyojen tünelinde en yüksek konverjan değeri KM.36+651'de 95 mm ölçülmüştür. Ancak ölçülen bu konverjan değeri ile yerdeğiştirmenin hangi yönde olduğu tahmin edilememiştir, sadece kaba tahminlerde bulunabilmektedir. Kırkgeçit-1 tünelinde yapılan deformasyon ölçümleri için üç boyutlu optik izleme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle tünel içerisinde 1, 2, 3, 4, 5 kesit ölçüm noktalarında yapılan deformasyon ölçümleri ile yatay yerdeğiştirme, oturma, boyuna yerdeğiştirme değerleri elde edilmiş ve bunlara bağlı olarak yerdeğiştirme vektörü ile yerdeğiştirme açısı değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4.75). Yapılan ölçümlerle tünel içerisinde her bir kesit ölçüm noktasında hangi yönde bir yerdeğiştirmenin olduğu kesin bir şekilde belirlenmiştir. En yüksek yerdeğiştirme değeri hem sağ hemde sol tünel'de 150. metrede fay zonunun olduğu noktada maksimum 6 mm olarak bulunmuştur.

Kırkgeçit tünelinde oturma ve boyuna yerdeğiştirme değerlerinden yararlanılarak elde edilen yerdeğiştirme açısı kullanılarak tünel kazı aynasının 1.5 katı kadar ilerisine kadar karşılaşılacak kaya kütlesi için önceden tahminlere gidilmiştir. Kırkgeçit-1 tünelinde Yda değerlerinin negatif ve pozitif olduğu durumlar göz önüne alınarak Schubert ve Steindorfer (1997)'de sık sık sertliği değişen kaya kütlesi içerisinde tünel açıldığında oluşan vektör yönlenmelerinin değişimi ile ilgili ortaya koyduğu modele benzer modeller elde edilmiştir (Şekil 5.1). Açının negatif olduğu durumlarda (kazı yönünde bir hareket) zayıf kayadan (E2)

sert kayaya (E1) yaklaşılmakta iken açının pozitif olduğu durumlarda (kazı yönünün tersi bir hareket) ise tam tersine sert kayadan zayıf kayaya yaklaşıldığı belirgin olarak ortaya konabilmektedir.

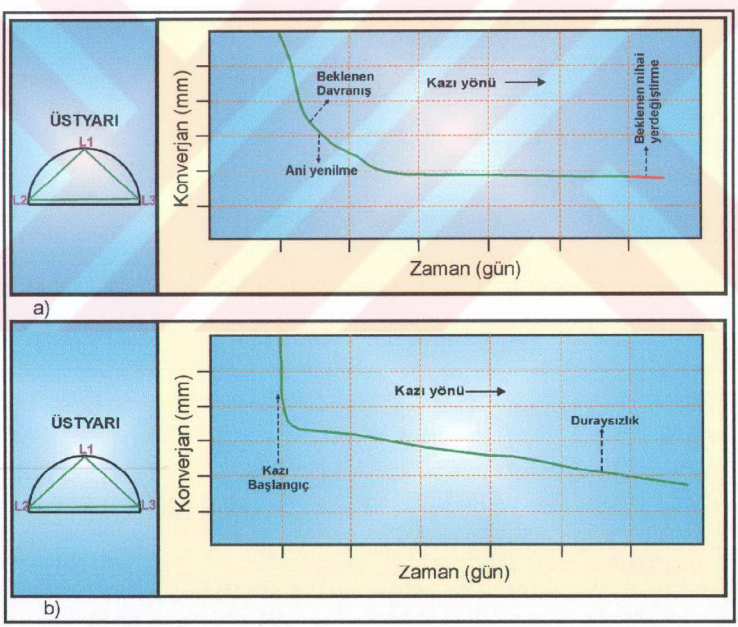


E= Elastisite modülü $E_1 > E_2$

Şekil 5.1. Yerdeğiştirme açısının Kırkgeçit-1 tünel hattı boyunca değişiminin modellenmesi

Diyojen tünelinde konverjan ölçümleri tünel kazı kesiti 9 farklı zona ayrılarak (KM.35+150 – KM.35+260, KM.35+260 – KM.35+480, KM.35+480 – KM.35+700, KM.35+700 – KM.35+960, KM.36+020 – KM.36+520, KM.36+520 – KM.36+620, KM.36+620 – KM.36+740, KM.36+740 – KM.36+920, KM.36+920 – KM.37+100) yapılmıştır. Her bir zonda gözlenen en yüksek konverjan ölçüm değerlerinin zamana bağlı değişimleri belirlenmiştir. Bu zonlarda tünel içerisinde gelişen en yüksek konverjan değerleri her ölçüm noktası için belirlenmiştir. Belirlenen en yüksek konverjan değerlerine sahip noktalarda konverjanların zamana bağlı değişimleri ortaya konmuştur. Bu değişimlere göre KM.35+150, KM.35+200, KM.35+632, KM.35+722, KM.35+915, KM.36+055, KM.36+567, KM.36+590, KM.36+651, KM.36+671, KM.36+771 ve KM.36+813'te zamana bağlı grafiklerde L1-L2, L1-L3 ve L2-L3 yönlerinde başlangıçta konverjanlarda hızlı bir artış, ancak zamanla devam eden ölçümler sonucunda konverjan değerlerinin sabit bir değere yaklaşarak durağan hale geldiği gözlenmiştir. Düzenli olarak yapılan deformasyon ölçümleri sonucunda en yüksek deformasyon değerlerinin gözlendiği noktaların zamana bağlı değişimlerinin Şekil 5.2.a'da verildiği gibi modellenerek nihai yerdeğiştirme tahminlerinin yapılabileceği düşünülmüştür. KM.35+272, KM.35+545 ve

KM.37+004 noktalarda konverjan değerleri sabit bir değere yaklaşmadığından dolayı bu noktalarda nihai yerdeğiştirme tahminleri tam olarak yapılamamıştır. Çünkü burada (tünel kazısı sırasında) nihai yerdeğiştirmelerin tahminine yönelik bir çalışma yapılmadığından bu noktalarda deformasyonlardaki artış devam etmesine rağmen ölçümler belirli bir süre sonra yapılmadığı gözlenmiştir. Eğer bu noktalarda deformasyon ölçümlerine devam edilebilseydi belirli bir süre sonra bu noktalardada deformasyonlar sabit bir değere yaklaşarak duraylı hale geleceği tahmini diğer noktalarda elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak yapılabilir (Şekil 5.2.b). Bundan dolayı bu noktalarda nihai yerdeğiştirmelerin tahmini için eğrinin duraylı hale geldiği zamana kadar ölçümlerin devam etmesi gerekmektedir.



Şekil 5.2. Diyojen tünelinde konverjan ölçümler kullanılarak zamana bağlı olarak gelişen deformasyonların modellenmesi ve nihai yerdeğiştirmelerin tahmini

5.2. Sonuçlar

1. Bu çalışmayla bir kez daha farklı kayaç grupları içinde açılmış olan tünellerde uygulanacak, kayaç sınıfları, kazı tipi ve tahkimat sisteminin belirlenmesinde uygulanan farklı tipteki yöntemlerin (ampirik: RMR, Q; analitik: Phases^2 2D; gözleme dayalı: NATM) biribirlerine göre farklı sonuçlar vereceğini göstermiştir.
2. Tabakalı özelliğinden dolayı doğal olarak sedimanter kayaçlarda (Diyojen Tüneli fliş seviyesi) büyük deformasyonlar beklenirken, nispeten sağlam olduğu düşünülen volkanik kayaçlarda da (Kırkgeçit-1 tüneli mikrogabro seviyeleri) ezik zonlar, yoğun eklem düzlemleri, yer altı suyu gibi nedenlerden dolayı yüksek deformasyonlar gözlenebilmektedir.
3. RMR ve Q sistemi gibi ampirik yöntemlerden elde edilen parametrelere bağlı olarak kaya kütle sınıfları, tahkimat sistemleri, kazı tipleri belirlenebilmektedir. Bu uygulamalarda görüldüğü gibi zaman zaman aynı kayaç grubu üzerindeki uygulamalarda oldukça farklı sonuçlara ulaşılması projelendirme aşamasında karışıklıklara neden olmaktadır. Bu sistemlere dayanılarak yapılan uygulamalar kayaç gruplarının anizotropik olması durumunda aksiliklere, gecikmelere neden olabileceği sonucu açıkça anlaşılmaktadır.
4. Phases^2 gibi bilgisayar programlarına dayanılarak mühendislik yapılarında analitik çözümlemeler de yapılabilmektedir. Yersel olarak belli kabullenmelere dayanılarak yapılan detay kuramsal hesaplamalar arazi koşullarına pratik bir şekilde kolayca aktarılamamaktadır.
5. Hem Diyojen hem de Kırkgeçit-1 tüneli uygulamalarında, ölçüme ve gözleme dayanan NATM metodunun diğer sistemlere belirgin bir üstünlük sağladığı sonucuna varılmıştır. Proje aşamasında önerilen kazı sistemleri, kayaç sınıflama sistemleri ve uygulanan destek sistemleri, kazı sırasında sürekli kontrol edilmektedir. Gerekli yerlerde ek destek elemanlarına başvurma imkanı sağlanmıştır. Ek olarak kazı sonrasında da devam eden deformasyon

ölçümleri etkin bir kontrol mekanizmasını sağlamakta ve yer değiştirme açısı hesaplamaları ile kazı ilerisindeki kayaç tahminine imkan sağlamaktadır.

6. Hem Diyojen hem de Kırkgeçit-1 tüneli NATM sistemine göre açılmış olsada farklı şirketler tarafından açılması, uygulamada çalışan mühendislerin özelliği nedeniyle farklı deformasyon izleme yöntemleri seçilmiştir. Diyojen tünelinde sadece kaba tahminler yapılabilirken, Kırkgeçit-1'de deformasyonun hem büyüklüğü hem de yönü konusunda sağlıklı bilgiler elde edilebilmektedir.
7. NATM deformasyon değerlendirmeleri ile nihai deformasyon tahminlerinin yapılabileceği öngörülmektedir. Bunun için büyük deformasyon ölçülmüş alanlarda deformasyonun zamana bağlı değişimi grafiklerinden yola çıkılarak duraylılığın sağlandığı alanların belirlenmesi gerekmektedir. Diyojen tüpünde yapılan uygulamalarda bazı bölgelerde duraylılık sağlanmadan bazı bölgelerde deformasyon ölçümlerin sona erdirildiği tespit edilmiştir. Uygulamalarda zaman zaman bu ve benzeri yanlış kararlar saha deneyimi ve sistem deneyimi fazla olan çalışanların önemini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

AKDUMAN, L., 2003. Otoyol Bileşenlerinin Seçiminde Seldağınaklık Sisteminin Önemi: Pozantı-E5-Ereğli Kavşağı Otoyolu. Ç.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, Adana, 145s (Yayınlanmamış).

BARKA, A., ve diğ. 1993. Sinop Yarımadası'nın Jeolojisi ve Tektonik Evrimi. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, 4, 24s.

BARTON, N., LIEN, R., and LUNDE, J., 1974. Engineering Classification of Rock Massesfor the Design of Tunnel Support. Rock Mech. 6(4), 189-239.

BAŞ, H., 1986. Sinop Volkanitlerinin Petrolojisi ve Jeokimyası. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, Ankara, 29, (1), 143-156.

BIENIAWSKI, Z. T., 1976. Rock Mass Classification in Rock Enginering. In Exploration For Rock Engineering, A.A. Balkema, Cape Town, 97-106.

BIENIAWSKI, Z. T., 1989. Engineering Rock Mass Classification. John Wiley and Sons, 237pp.

BLUMENTHAL, M., 1940. Gökırmak ve Karadeniz Arasındaki Pontid Silsilelerinin Jeolojisi Hakkında Rapor. M.T.A., Derleme, Ankara, No: 1067.

BLUMENTHAL, M., 1956.Yüksek Bolkardağı'nın Kuzeykenar Bölgelerinin ve Batı Uzantılarının Jeolojisi. MTA Yayını, Ankara, Seri D., Joe. Hrt. Mat., no: 7.

BROWN, E.T. ve HOEK, E., 1978. Trends in Relationships Between Measured Rock in Situ Stresses and Depth. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. And Geomech. Abstr. 15, 211-215.

ÇALAPKULU, F., 1976. Bolkardağ Maden Yatağının Jeokimyasal İncelemesi. E.Ü. Yerbilimleri Fakültesi, Doçentlik Tezi, 146s (yayınlanmamış).

ÇAN, T., 1999. Bilecik-Osmaniye Karayolu Tünellerinin Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Açıdan Değerlendirilmesi. Ç.Ü. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, Adana, 152s.

ÇEVİKBAŞ, A., 1991. Ulukışla-Çamardı (Niğde) Tersiyer Havzasının Jeodinamik Evrimi ve Maden Yatakları Yönünde önemi. İ.Ü.Müh.Fak.Jeoloji Müh. Böl., Doktora tezi, İstanbul, 235s.

ÇEVİKBAŞ, A ve ÖZTUNALI, Ö., 1991. Ulukışla- Çamardı (Niğde) Havzasının Maden Yatakları; Jeoloji Mühendisliği, Ankara, 39, 22-40.

ÇEVİKBAŞ, A., ve ÖZTUNALI, Ö., 1992. Ulukışla-Çamardı (Niğde) Maestrihtiyen Sonrası Çökel Havzasının Jeolojisi. M.T.A. Dergisi, Ankara 114, 155-172.

DEERE, D.U., and MILLER, R.P., 1966. Engineering Classification and Index Properties of Rock. Technical Report no. AFNL-TR-65-116, Albuquerque, NM: Air Force Weapons Laboratory.

DEMİRTAŞLI, E., BİLGİN,A.Z., ERENLER, F., IŞIKLAR, S., SANLI, D.Y., SELİM, M., TURHAN, N., 1973. Bolkardağlarının Jeolojisi. Cumhuriyetin 50. yılı Yer Bilimleri Kongresi Tebliğler, MTA yayını, Ankara, 608s.

DEMİRTAŞLI, E., TURHAN, N., BİLGİN,A.Z., SELİM, M., 1975. Bolkar Dağlarının Jeolojisi. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri, Ankara, 42-58.

FRANKLİN, J. and DUSSEAULT, M. B., 1991. Rock Engineering Applications Uluslarası baskı, McGraw Hill (Singapore), 354pp.

GEDİK, A. VE KORKMAZ, S., 1984. Sinop Havzasının Jeolojisi ve Petrol Olanakları. Jeoloji Mühendisliği TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayın organı, Ankara, 19, 53-79.

GEDİK, K., ÖZBUDAK, N., İZTAN, H., KORKMAZ, S., ve AĞRIDAĞ, D.S., 1981. Sinop Havzasının Jeolojisi ve Petrol Olanakları ile İlgili Ön Sonuçlar. Türkiye Jeoloji Kurulrayı, 35. Bil. Tek. Kurul. Bil. Özetleri, Ankara, 35-36.

GEODATA, 1997. Integrated Tunnel Measuring System and DEDALOS. Geotecnical Measurements in Mining and Civil Engineering Ltd., Austria, 46 pp.

GRIMSTAD, E., and BARTON, N., 1993. Updating the Q System for NMT.Proc. Int. Symp. On Sprayed Concrete-Modern Use of Wet Mix Sprayed Concrete for Underground Suppotr, Oslo, Norwegian Concrete Association. Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support. Rock Mech. 6(4), 189-239.

HERGET, G., 1988. Stresses in Rock. Roterdam/Balkema/Brookfield, 179p.

HOEK, E. and BROWN, E.T., 1980a. Underground Excavation in Rock. London, Institution of Mining and Metallurgy 527 pp.

HOEK, E. AND BROWN, E.T., 1980b. Empirical Strength Criterion for Rock Masses. J. Geotech. Engng Div., ASCE 106 (GT9), 1013-1035.

HOEK, E., Wood, D. And SHAH, S., 1992. A Modified Hoek-Brown Criterion for Jointed Rock Masses. Proc. Rock Characterization, Symp.Int. Soc. Rock Mech. Eurock 92 (ed.J.A.Hudson), London, Brit. Geol. Soc. 209-214.

HOEK, E., KAISER, P. K. and BAWDEN, W. F., 1995. Support of Underground Excavation in Hard Rock. Roterdam, Balkema 214.

HOEK, E. AND BROWN, E.T., 1997. Practical Estimates or Rock Mass Strength. Intnl. J. Rock Mech. and Mining Sci. and Geomechanics Abstracts, 34 (8), 1165-1186.

HOEK, E., MARINOS, P. And BENISSI, M., 1998. Applicability of the Geological Strength Index (GSI) Classification for Very Weak and Sheared Rock Masses: The Case of the Athens Schist formation. Bulletion of Engineering Geology and Environment, 57, 151-160.

HOEK, E., 2002. Course Note For Rock Engineering in Manuel of Phase^2 2D Software.

HOEK, E., CARRANZA-TORRES, C.T., and CORKUM, B., 2002. Hoek-Brown Failure Criterion:2002 edition. Proceedings of the North American Rock Mechanics Society Meeting, Toronto, Canada, 1-6.

ISRM, 1978. International Society for Rock Mechanics, Comission on Standardization of Laboratory and Field Test: Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock masses. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 15, 319-368.

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

KAHYAOĞLU, H., 1998. TAG Otoyolu Özelinde Tünel İşleri ve YATAY. 4. Ulaştırma Kongresi Bildiriler Kitabı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Denizli, 3-4-5 Haziran 49-63.

KENDORSKI, F.S., CUMMINGS, R.A., BIENIAWSKI, Z.T., and SKINNER, E.H., 1983. Rock Mass Classification for Block Caving Mine Drift Support. Proc. 5 th International Congress on Rock Mechanics, ISRM, Melbourne, B51-B63.

KETİN, İ., ve GÜMÜŞ, A., 1963. Sinop-Ayancık Arasında III. Bölgeye Dahil Sahaların Jeolojisi. Türkiye Petrolleri A. O. Arşiv, Ankara, no:288.

KETİN, İ. VE AKARSU, İ., (1965). Ulukışla Tersiyer Havzasının Jeolojik Etüdü Hakkında Rapor. T.P.A.O. rap; 339 (Yayınlanmamış).

KGM, 2000. Dranaz Tüneli Tip Kesiti. Sinop-Boyabat Devlet Yolu Etüd Proje Mühendislik Hizmetleri, Karayolları 7. Bölge Müdürlüğü.

KGM, 2001. Kırkgeçit-1 Tüneli Tip Kesiti. Ankara-Pozantı otoyolu çiftehan-Pozantı Kesimi Proje ve Mühendislik Hizmetleri, Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü.

KORKMAZ, S., 1983.Boyabat (Sinop) Kuzeydoğu yöresinin Petrol Yönünden Jeolojik ve Jeokimyasal İncelemesi. K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 193 s.

LAUBSCHER, D.H., 1977. Geomechanics Clasification of Jointed Rock Masses-Mining Application. Trans. Inst. Min. Metall., A1-A7, 86pp.

MARINOS, P., and HOEK, E., 2001. Estimating the Geotechnical Properties of Heterogeneous Rock Masses Such as Flysch. Bulletin of Engineering Geology and Environment, 60, 85-92.

ÖZGÜL, N., 1976. Torosların Bazı Temel Özellikleri. Türkiye Jeol. Kur. Bült., Ankara, 19, 65-78.

ÖNORM B 2203, 1 Oktober, 1994.

ÖZKAN, İ. ve ÜNAL, E., 1996. Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemleri Üzerine Kritik Bir Değerlendirme, 3. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Türk Ulusal Kaya Mek. Der., Ankara, 181-193.

RABCEWİCZ, L., 1964. The New Austrian Tunneling Method. Water Power, 453-457.

ROCSCIENCE, 2003. Toronto, http://www.rocscience.com

SARI, A., 1990. Boyabat (Sinop) Kuzeydoğusunun Petrol İmkanlarının İncelenmesi. Ankara Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.

SARI, A., 1994. Boyabat (Sinop) Yöresi (Triyas-Kretase) Birimlerinin Organik Fasiyes İncelemesi. Türkiye Jeoloji Bülteni, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, 37, (2), 111-118.

SAUER, G., 1997. NATM in Soft Ground, World Tunneling. 3,(6), 431-437.

WWW.sayısalgrafik.com.tr

SCHUBERT, P. and VAVROVSKY, G. M., 1994. Interpretation of Monitoring Results. World Tunneling, WT Review, 351-356.

SCHUBERT, W. and BUDİL, A., 1995. The Importance of Longitudinal Deformation in Tunnel Excavation, Proc. 8th Int. Congress on Rock Mechanics (ISRM), Balkema, Rotterdam, 3, 1411-1414.

SCHUBER, W. and STEİNDORFER, A., 1995. Advanced Monitoring Data Evaluation For Tunnels in Poor Rock. 8th Congress On Rock Mechanics, A.A. Balkema, Tokyo 1420-1424.

SCHUBER, W. and STEİNDORFER, A., 1996. Selective Displacement Monitoring During Tunnel Excavation. Felsbau 14, (2), 93 – 97.

SELLNER, P., and STEİNDORFER, A., 2000. Prediction of Displacement in Tunneling. Felsbau, 18(2), 22-26.

SCHUBERT, W., STEINDORFER, A., and BUTTON, A.E., 2002. Displacement Monitoring in Tunneling-an Overview. Felsbau, 20(2), pp.7-15.

SHEOREY, P.R., 1994. A Theory For in Situ Stresses in Isotropic and Transversely Isotropic Rock. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Ve geomech. Abstr. 31(1), 23-34.

SKİNNER, B. J. ve Porter, S. C., 1995. The Dynamic Earth, 3. Baskı, Singapore,

SONEL, N., SARI, A., COŞKUN, B., ve TOZLU, E., 1989. Boyabat (Sinop)Havzası Ekinveren Fayının Petrol Aramalarındaki Önemi. Türkiye Jeoloji Bülteni, Ankara, 32, 39-49.

SÖNMEZ, H. and ULUSAY, R., 1999. Modification to the Geological Strength Index (GSI) and Their Applicability to Stability of Slopes. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, (36), 743-760.

SÖNMEZ, H., and ULUSAY, R., 2002. A Discussion on the Hoek-Brown Failure Criterion and Suggested Modifications to the Criterion Verified by Slope Stability Case Study. Yerbilimleri, Ankara, 26, 77-99.

SPEKTRA-JEOTEK, 1999. Diyojen Tüneli Sondaj Logları. Sinop-Boyabat Yolu, 80s.

STEİNDORFER, A. and SCHUBERT, W., 1997. Application of New Methods of Monitoring Data Analysis for Short Term Prediction in tunneling. Tunnels for People, World Tunnel Kongress, J. A. A. Balkema, Vienna, 65-69.

ŞİŞMAN, N., VE ŞENOCAK, H., (1981). Bolkardağ Yöresinin Jeolojisi ve Maden yatakları. M.T.A. rap. 7202, Ankara (yayınlanmamış).

TERZAGHI, K., 1946. Rock Defects and Loads on Tunnel Supports in R.V. Proctor, and T.L. White, Rock Tunneling with Steel Supports. Commercial Shearing and Stamping Co., Youngstown, Ohio.

TEKFEN MÜHENDİSLİK A. Ş., 2002. Ankara-Pozantı Otoyolu Çiftehan-Pozantı Kesimi Kırkgeçit-7 Tüneli Jeoteknik Kesin Proje Raporu. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü (5. Bölge Müdürlüğü), 52s.

UÇAR, L., 1997. Gülek-Pozantı-Kamışlı Dolayının Stratigrafik ve Sedimanter Petrografik İncelemesi. Çukurova Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü,Doktora tezi, Adana, 472s (yayınlanmamış).

UlUSAY, R., ve Sönmez, H., 2002. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 60, 243s.

VARDAR, M. ve ERİŞ, İ., 2002. Kırkgeçit-7 Tünel, Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik Raporu. İ.T.Ü., Maden Fakültesi 28s.

WICKHAM, G.E., TIEDEMANN, H.R., and SKINNER, E.H., 1972. Support Determination Based on Geologic Predictions. In Proc. North American Rapid Excav. Tunneling conf. Chicago, (eds K.S. Lane and L.A. Garfield), Newyork: Soc. Min. Eng. Am. Inst. Min. Metall.Petrolm. Engrs, 43-64.

YILMAZER, İ., ÖZKÖK, D., ve DOĞAN, Ü., (1997a). Significance of Water-Discontinuity-Clay (WDC). Proceedings International Symposium on Engineering Geology and the Environment, Athens, 457-462.

YILMAZER, İ., ÖZKÖK, D., LEVENTELİ, Y., UĞUREL, N., DEMİRCİ, M., DİRİCAN, C., GENÇCAN, A., ÖZBAY, S., KABA, M., VE DOĞRUEL, Z., 1998. Kesinleşmiş Yol Güzergahı Mühendislik Jeolojisi, Malzeme Ocakları Araştırması ve Diyojen Tünelinin Mühendislik Jeolojisi Raporu. Sinop Boyabat Yolu Etüd Proje Mühendislik Hizmetleri İşi, Protek A.Ş., Ankara, 84s.

YILMAZER, İ., ÖZKÖK, D., LEVENTELİ, Y., UĞUREL, N., DEMİRCİ, M., DİRİCAN, C., YILMAZER, Ö., 1999. Kesinleşmiş Yol Geçkisi (km.48+000-55+0009 Jeolojik-Jeoteknik Araştırma Raporu. Sinop Boyabat Yolu Etüd Proje Mühendislik Hizmetleri İşi, protek A.Ş. Ankara, 48s.

ZETAŞ, 2001. Kırkgeçit-1 Tüneli Sondaj Logları. Çiftehan-Pozantı Otoyolu, 14s.

ÖZGEÇMİŞ

1970 yılında Elbistan'da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Elbistan'da tamamladım. Lise öğrenimimi Ankara'da tamamladıktan sonra 1989 yılında Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne girdim ve 1995 yılında mezun oldum. 1995-1996 yılları arasında Tarsus-Adana-Gaziantep (TAG) otoyolundaki tünel inşaatında jeoloji mühendisi olarak görev yaptım. 1997 yılında Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladım. 1998 yılında Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünün açmış olduğu Araştırma Görevliliği sınavını kazandım. 1999 yılında yüksek lisans eğitimimi tamamladım ve aynı yıl Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde doktora eğitimine başladım. Halen Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak doktora eğitimime devam etmekteyim.

EKLER

EK.2

Diyojen (Sinop) tünel güzergahında yapılan süreksizlik ölçüm verileri

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: Diyojen Tüneli						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 1	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
5	T	22	280	3	3	0.5	0.1	5			R4	1	Acık sarı	2	Flis
27	T	44	231	3	3	0.4	0.2	5			R4	3	Acık sarı	2	Flis
27	E	5	202	2	3	0.35	1	5			R5	1	Acık sarı	1	Flis
44	T	86	23	2	3	0.6	2	6			R4	2	Acık sarı	2	Flis
44	E	56	14	3	4	0.5	1	6			R4	4	Acık sarı	2	Flis
44	E	57	22	4	5	0.7	3	6			R4	3	Acık sarı	2	Flis
50	T	65	23	4	3	0.5	1	6			R5	1	Acık sarı	1	Flis
50	E	65	23	2	3	0.6	4	4			R4	1	Acık sarı	2	Flis
66	T	71	16	3	3	0.6	1	4			R4	2	Kovu gri	2	Flis
66	F	62	248	2	7	-	25	5			R2	4	Kovu gri	3	Flis
78	T	59	22	3	5	0.6	1	4			R3	1	Acık sarı	3	Flis
78	T	62	22	2	3	0.6	2	4			R3	2	Acık sarı	3	Flis
78	E	50	17	3	6	1.2	5	5			R5	3	Acık sarı	1	Flis
94	T	71	14	3	5	0.5	2	6			R4	3	Kovu gri	3	Flis
94	E	69	14	2	5	1.1	5	5			R3	4	Kovu gri	3	Flis
110	T	56	14	2	5	0.5	1	5			R4	4	Acık sarı	2	Flis
125	T	61	22	4	3	0.5	1	5			R4	1	Acık sarı	2	Flis
125	E	73	23	2	3	1.0	10	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
140	T	82	17	3	3	1.5	2	6			R4	1	Acık sarı	3	Flis
140	T	63	19	2	3	0.6	3	6			R3	4	Acık sarı	3	Flis
150	E	73	23	3	3	1.5	8	5			R2	3	Acık sarı	3	Flis
150	T	89	21	2	3	0.4	2	6			R4	3	Acık sarı	2	Flis
172	T	30	120	3	3	0.4	2	5			R4	3	Acık sarı	2	Flis
172	E	42	170	3	3	0.7	2	6			R5	3	Acık sarı	1	Flis
188	T	66	180	2	5	0.5	3	6			R4	3	Acık sarı	2	Flis
188	E	29	5	2	3	0.5	3	6			R3	2	Acık sarı	3	Flis
200	T	85	135	3	3	0.5	1	5			R4	2	Acık sarı	2	Flis
200	E	16	186	2	3	0.6	0.2	5			R4	1	Acık sarı	2	Flis
200	E	28	140	3	4	0.4	1	5			R3	5	Kovu gri	3	Flis
215	T	33	146	2	5	0.5	2	5			R4	2	Acık sarı	2	Flis
215	E	47	315	3	3	0.6	1	5			R2	3	Acık sarı	3	Flis
234	T	16	55	3	3	0.4	3	6			R4	2	Acık sarı	2	Flis
234	E	33	91	2	3	0.5	1	6			R4	1	Acık sarı	2	Flis
250	T	45	350	2	3	0.4	4	6			R4	3	Kovu gri	2	Flis
250	E	22	15	4	3	0.35	1	6			R4	3	Acık sarı	2	Flis
274	T	45	15	2	3	0.6	2	4			R4	1	Acık sarı	2	Flis
274	E	35	328	3	5	0.5	2	4			R4	3	Acık sarı	2	Flis
274	E	75	315	3	3	0.7	1	5			R4	3	Acık sarı	2	Flis

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: Diyojen Tüneli						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK						Sayfa No: 2	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
285	T	12	330	2	3	0.5	2	5			R4	3	Acık sarı	2	Flis
285	E	33	22	3	3	0.6	2	6			R4	2	Acık sarı	2	Flis
302	E	42	31	3	3	0.6	3	6			R4	4	Acık sarı	2	Flis
302	T	35	329	2	6	0.4	3	6			R3	3	Kovu gri	3	Flis
317	T	38	11	3	4	0.4	2	5			R3	3	Kovu gri	3	Flis
317	E	50	350	3	5	1.0	1	5			R3	4	Acık sarı	2	Flis
331	T	46	11	3	3	0.5	1	5			R4	2	Acık sarı	2	Flis
331	E	28	320	3	3	0.7	2	6			R4	2	Acık sarı	2	Flis
331	E	6	201	3	3	0.5	2	6			R4	1	Acık sarı	2	Flis
345	T	28	202	2	3	0.6	2	6			R4	3	Acık sarı	2	Flis
345	E	29	188	3	5	0.6	3	6			R4	2	Acık sarı	2	Flis
358	T	33	211	3	4	0.4	2	6			R4	1	Acık sarı	2	Flis
358	E	48	152	3	5	0.4	5	5			R3	2	Acık sarı	3	Flis
375	T	44	210	3	5	0.5	2	5			R3	3	Acık sarı	3	Flis
375	E	43	169	3	5	0.5	1	5			R2	4	Kovu gri	4	Flis
394	T	36	162	2	4	0.6	2	6			R3	2	Acık sarı	3	Flis
394	E	42	160	3	4	0.7	2	6			R4	3	Acık sarı	3	Flis
408	T	42	162	3	4	0.4	3	6			R3	2	Acık sarı	3	Flis
408	T	60	162	3	3	0.6	2	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
408	E	78	145	3	3	0.5	2	5			R3	3	Acık sarı	3	Flis
424	E	72	173	4	3	0.7	2	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
424	T	55	155	3	3	0.5	8	6			R4	2	Acık sarı	3	Flis
433	T	81	176	3	3	0.6	2	6			R2	3	Kovu gri	3	Flis
433	E	48	162	4	3	0.6	2	5			R3	3	Acık sarı	3	Flis
433	E	61	160	3	5	0.5	1	5			R3	3	Acık sarı	2	Flis
451	F	88	259	4	7	-	10	5			R3	2	Acık sarı	2	Flis
451	T	46	159	3	3	0.4	1	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
469	T	58	176	3	3	0.4	2	6			R3	3	Kovu gri	3	Flis
469	E	28	182	3	3	0.5	2	4			R4	1	Acık sarı	2	Flis
483	T	48	205	3	3	0.6	2	4			R4	2	Acık sarı	2	Flis
483	E	4	215	3	3	0.6	3	4			R3	1	Acık sarı	3	Flis
498	T	6	221	3	3	0.4	2	6			R3	3	Kovu gri	3	Flis
498	E	5	220	3	3	0.4	5	6			R2	2	Kovu gri	4	Flis
512	T	6	222	3	5	0.5	2	6			R3	3	Kovu gri	3	Flis
512	E	5	204	2	5	0.5	1	6			R2	3	Kovu gri	3	Flis
525	T	44	202	2	5	0.6	2	6			R2	4	Kovu gri	2	Flis
525	E	22	280	3	4	0.7	2	6			R3	2	Acık sarı	4	Flis
525	E	44	231	3	4	0.4	3	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: Diyojen Tüneli						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 3	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
538	T	5	202	3	3	0.6	2	5			R4	1	Acık sarı	3	Flis
538	E	86	23	3	3	0.5	2	5			R4	2	Acık sarı	3	Flis
554	T	56	14	3	3	0.5	5	5			R3	4	Kovu gri	3	Flis
554	E	65	23	3	5	0.6	2	6			R2	3	Kovu gri	4	Flis
571	T	57	22	4	4	0.5	2	6			R3	1	Acık sarı	3	Flis
571	E	71	16	3	3	0.5	3	6			R3	2	Kovu gri	3	Flis
589	T	62	248	3	3	0.7	2	6			R2	4	Kovu gri	4	Flis
589	E	59	22	3	2	0.8	5	6			R3	1	Acık sarı	3	Flis
589	T	62	22	3	2	0.5	2	6			R3	2	Acık sarı	3	Flis
600	T	50	17	3	3	0.4	3	5			R4	3	Acık sarı	3	Flis
600	E	71	14	3	3	0.5	8	5			R4	3	Acık sarı	3	Flis
600	E	69	14	3	3	0.6	10	5			R3	4	Kovu gri	4	Flis
617	T	56	14	3	5	0.6	3	6			R3	4	Kovu gri	3	Flis
617	E	61	22	3	4	0.4	2	6			R4	1	Acık sarı	2	Flis
633	E	73	23	3	5	0.4	5	5			R4	3	Acık sarı	3	Flis
633	T	82	17	3	5	0.5	2	5			R4	4	Acık sarı	3	Flis
648	T	63	19	3	5	0.5	1	5			R3	2	Kovu gri	4	Flis
648	E	73	23	2	4	0.6	2	6			R4	3	Acık sarı	3	Flis
664	T	89	21	3	4	0.7	2	6			R3	3	Kovu gri	3	Flis
664	F	63	245	3	4	0.4	3	6			R3	3	Kovu gri	3	Flis
695	T	59	22	3	3	0.6	2	6			R3	2	Acık sarı	3	Flis
695	E	62	22	3	3	0.5	2	5			R3	2	Acık sarı	3	Flis
710	T	50	17	4	3	0.7	2	6			R4	3	Acık sarı	3	Flis
710	E	71	14	3	3	0.5	8	6			R4	3	Acık sarı	3	Flis
710	E	69	14	3	3	0.6	2	6			R3	4	Kovu gri	4	Flis
739	T	56	14	4	3	0.6	2	5			R3	4	Kovu gri	4	Flis
739	E	61	22	3	3	0.5	2	4			R3	1	Acık sarı	3	Flis
750	T	73	23	3	3	0.6	2	4			R3	3	Acık sarı	3	Flis
750	E	82	17	3	3	0.6	3	4			R4	1	Acık sarı	3	Flis
766	T	63	19	3	3	0.4	2	6			R3	4	Kovu gri	4	Flis
766	E	73	23	3	3	0.4	5	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
783	T	89	21	3	5	0.5	2	6			R3	3	Kovu gri	4	Flis
783	E	35	404	5	3	0.8	6	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
799	T	88	20	3	3	0.4	2	6			R4	2	Acık sarı	3	Flis
831	T	40	180	3	3	0.5	2	4			R3	3	Acık sarı	3	Flis
831	T	54	142	3	3	0.6	2	4			R2	2	Acık sarı	3	Flis

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: Diyojen Tüneli						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 4	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
842	F	85	144	3	3	0.6	3	4			R3	3	Koyu gri	3	Flis
842	E	86	142	3	3	0.4	2	6			R3	3	Açık sarı	3	Flis
857	E	16	84	3	3	0.4	5	6			R2	2	Kırmızı	3	Flis
857	E	82	70	3	5	0.5	2	6			R3	3	Kırmızı	3	Flis
871	E	55	90	5	3	0.8	6	6			R2	2	Kırmızı	2	Flis
871	T	35	30	3	3	0.4	2	6			R3	3	Kırmızı	2	Flis
871	E	86	242	5	4	0.9	12	5			R2	2	Kırmızı	3	Flis
889	E	85	65	3	3	0.5	2	4			R2	2	Kırmızı	3	Flis
800	E	55	350	3	3	0.6	2	4			R3	3	Kırmızı	3	Flis
800	T	60	240	3	3	0.6	3	4			R2	2	Kırmızı	3	Flis
928	E	88	20	3	3	0.4	2	6			R3	4	Kırmızı	4	Flis
928	E	82	201	3	3	0.4	5	6			R2	4	Kırmızı	4	Flis
941	E	48	201	3	5	0.5	2	6			R3	3	Kırmızı	3	Flis
941	E	57	21	3	3	0.5	2	4			R3	2	Kırmızı	3	Flis
941	E	84	179	3	3	0.6	2	4			R3	3	Kırmızı	3	Flis
965	T	80	339	3	3	0.6	3	4			R3	2	Kırmızı	4	Flis
965	E	74	132	3	3	0.4	2	6			R2	4	Kırmızı	3	Flis
978	E	87	110	3	3	0.4	5	6			R2	3	Kırmızı	3	Flis
978	E	85	207	3	5	0.5	2	6			R2	4	Kırmızı	4	Flis
978	E	72	210	5	3	0.8	6	6			R2	4	Kırmızı	4	Flis
10	T	49	74	3	3	0.5	2	4			R3	1	Açık sarı	3	Flis
10	E	78	263	3	3	0.6	2	4			R3	2	Açık sarı	3	Flis
27	T	40	14	3	3	0.6	3	4			R3	3	Koyu gri	3	Flis
27	F	56	348	3	3	0.4	2	6			R4	3	Açık sarı	2	Flis
27	E	64	64	3	3	0.4	5	6			R3	4	Koyu gri	3	Flis
40	T	85	240	3	5	0.5	2	6			R4	4	Koyu gri	3	Flis
40	E	78	60	5	3	0.8	6	6			R4	2	Açık sarı	3	Flis
55	T	40	330	3	3	0.5	2	4			R3	1	Açık sarı	3	Flis
55	E	85	130	3	3	0.6	2	4			R3	2	Açık sarı	3	Flis
68	T	41	125	3	3	0.6	3	4			R4	3	Açık sarı	3	Flis
68	E	25	35	3	3	0.4	2	6			R4	3	Açık sarı	3	Flis
82	T	40	220	3	3	0.4	5	6			R3	4	Koyu gri	3	Flis
82	E	61	210	3	5	0.5	2	6			R4	4	Koyu gri	3	Flis
98	T	35	200	5	3	0.8	6	6			R4	1	Açık sarı	3	Flis
98	T	31	195	3	3	0.4	2	6			R3	1	Açık sarı	3	Flis
98	E	58	15	5	4	0.9	10	5			R3	2	Açık sarı	3	Flis
525	E	22	280	3	4	0.7	2	6			R3	2	Açık sarı	4	Flis
525	E	44	231	3	4	0.4	3	6			R3	3	Açık sarı	3	Flis

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: Diyojen Tüneli						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 5	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
112	T	63	205	3	3	0.5	2	4			R4	3	Acık sarı	3	Flis
112	E	68	220	3	3	0.6	2	4			R4	3	Acık sarı	3	Flis
128	T	63	235	3	3	0.6	3	4			R3	4	Koyu gri	4	Flis
128	E	15	30	3	3	0.4	2	6			R4	4	Koyu gri	3	Flis
140	T	85	205	3	3	0.4	5	6			R4	2	Acık sarı	3	Flis
140	E	65	31	3	4	0.5	8	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
152	T	85	144	3	3	0.6	2	4			R3	3	Acık sarı	3	Flis
152	E	86	142	3	3	0.6	3	4			R3	3	Acık sarı	3	Flis
152	E	16	84	3	3	0.4	12	6			R3	2	Acık sarı	3	Flis
168	T	82	70	2	3	0.4	5	6			R2	3	Koyu gri	4	Flis
168	E	55	99	3	4	0.5	8	6			R2	2	Koyu gri	4	Flis
180	T	35	30	3	3	0.5	2	4			R3	3	Acık sarı	3	Flis
180	E	86	242	4	3	0.6	2	4			R3	2	Acık sarı	3	Flis
196	F	85	65	3	3	-	33	4			R3	2	Acık sarı	3	Flis
196	T	55	350	3	3	0.4	2	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
214	T	60	240	2	3	0.4	5	6			R3	2	Koyu gri	3	Flis
214	E	30	82	3	5	0.5	2	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
230	T	45	95	5	3	0.8	6	6			R4	1	Acık sarı	2	Flis
230	E	38	125	3	3	0.4	20	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
248	T	34	132	4	4	0.9	2	5			R3	3	Acık sarı	3	Flis
248	E	40	130	3	3	0.5	10	4			R3	2	Acık sarı	3	Flis
270	E	16	314	3	3	0.6	2	4			R3	3	Acık sarı	3	Flis
270	E	14	300	3	3	0.6	3	4			R3	3	Acık sarı	3	Flis
292	T	16	317	3	3	0.4	2	6			R2	4	Koyu gri	4	Flis
292	E	14	300	4	3	0.4	8	6			R2	4	Koyu gri	4	Flis
308	T	62	85	3	3	0.6	2	4			R3	3	Acık sarı	3	Flis
308	E	57	305	3	3	0.6	3	4			R3	3	Acık sarı	3	Flis
308	E	57	310	4	3	0.4	2	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
327	T	16	286	3	3	0.5	2	4			R2	4	Koyu gri	4	Flis
327	E	37	115	4	3	0.6	22	4			R3	3	Acık sarı	3	Flis
341	T	63	85	3	3	0.6	3	4			R3	3	Acık sarı	3	Flis
341	E	23	130	3	3	0.4	12	6			R3	2	Acık sarı	3	Flis
359	E	16	288	3	3	0.4	5	6			R3	3	Koyu gri	3	Flis
359	E	25	288	3	5	0.5	2	6			R2	3	Koyu gri	4	Flis
359	T	72	343	4	3	0.8	6	6			R2	4	Koyu gri	2	Flis
384	T	38	125	3	3	0.4	2	6			R3	4	Koyu gri	2	Flis

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: Diyojen Tüneli						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 6	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
384	E	64	175	5	4	0.9	12	5			R3	3	Acık sarı	3	Flis
400	T	30	108	3	3	0.5	2	4			R3	3	Acık sarı	3	Flis
400	E	50	345	3	3	0.6	2	4			R4	3	Acık sarı	3	Flis
415	T	58	170	3	3	0.6	3	4			R4	3	Acık sarı	3	Flis
415	E	34	47	3	3	0.4	8	6			R4	3	Acık sarı	3	Flis
427	T	66	285	3	3	0.4	5	6			R3	3	Koyu gri	3	Flis
427	E	45	10	3	3	0.6	2	4			R3	4	Koyu gri	3	Flis
427	E	53	130	3	3	0.6	3	4			R3	3	Acık sarı	3	Flis
439	T	50	340	2	3	0.4	2	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
439	E	31	305	3	3	0.4	5	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
450	T	85	215	2	4	0.5	8	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
450	E	80	170	3	3	0.6	2	4			R2	4	Koyu gri	4	Flis
450	E	76	193	3	3	0.6	3	4			R2	4	Koyu gri	4	Flis
476	T	66	205	3	3	0.4	2	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
476	E	62	35	3	3	0.6	14	4			R3	2	Acık sarı	3	Flis
476	E	18	130	3	3	0.6	8	4			R3	2	Acık sarı	3	Flis
492	T	62	235	3	3	0.4	2	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
492	E	74	232	3	3	0.6	2	4			R2	3	Koyu gri	4	Flis
492	E	40	230	3	3	0.6	3	4			R2	3	Koyu gri	4	Flis
512	T	24	40	3	3	0.4	2	6			R3	4	Acık sarı	3	Flis
512	T	84	320	3	3	0.4	5	6			R3	3	Acık sarı	3	Flis
525	E	76	145	3	4	0.5	8	6			R2	3	Acık sarı	3	Flis
525	T	48	235	3	3	0.6	2	4			R3	3	Acık sarı	4	Flis
525	E	25	320	3	3	0.6	13	4			R3	4	Koyu gri	3	Flis
525	E	34	45	3	3	0.4	2	6			R2	4	Koyu gri	4	Flis
536	T	68	70	3	3	0.6	3	5			R2	4	Koyu gri	3	Flis
536	E	65	245	3	3	0.4	2	6			R3	4	Koyu gri	3	Flis
547	T	67	85	3	3	0.4	5	6			R3	3	Koyu gri	3	Flis
547	E	40	170	3	4	0.5	8	6			R3	3	Koyu gri	3	Flis
547	E	80	320	3	3	0.6	2	5			R2	4	Koyu gri	4	Flis
560	T	45	225	3	3	0.6	3	5			R2	4	Koyu gri	4	Flis
560	E	32	352	3	5	0.7	10	5			R2	4	Koyu gri	4	Flis
560	E	57	70	3	5	0.5	6	5			R2	4	Koyu gri	4	Flis

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: Diyojen Tüneli						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 7		
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürtüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
6	T	89	201	3	3	0.4	2	6			R5	3	Acık gri	1	Kct
6	E	88	20	3	3	0.4	5	6			R3	4	Acık	2	Kct
6	E	82	201	3	4	0.5	8	6			R4	4	Acık gri	2	Kct
17	T	83	204	3	3	0.6	2	5			R4	1	Acık gri	2	Kct
17	E	62	207	3	3	0.6	3	5			R4	2	Acık gri	1	Kct
25	T	56	189	4	3	0.8	6	6			R4	3	Acık gri	2	Kct
25	E	48	201	3	3	0.4	20	6			R4	3	Acık gri	2	Kct
33	T	57	21	4	4	0.9	2	5			R4	2	Acık gri	2	Kct
33	E	84	179	3	3	0.5	10	4			R5	3	Acık gri	1	Kct
40	T	49	91	3	3	0.6	2	4			R4	2	Acık gri	2	Kct
40	E	45	156	2	2	0.6	2	5			R5	2	Acık gri	1	Kct
51	T	30	335	2	3	0.5	2	5			R4	2	Acık gri	2	Kct
51	E	80	339	3	3	0.6	2	4			R5	2	Acık gri	1	Kct
51	E	79	212	3	3	0.6	3	4			R4	1	Acık gri	2	Kct
64	E	47	353	3	3	0.4	20	6			R5	2	Acık gri	1	Kct
64	T	54	142	3	3	0.6	2	4			R5	1	Acık gri	1	Kct
78	T	85	345	3	3	0.6	3	4			R4	1	Acık gri	2	Kct
78	E	29	199	3	3	0.4	2	6			R4	2	Acık gri	2	Kct
78	E	11	125	3	3	0.4	5	6			R4	1	Acık gri	1	Kct
78	E	18	130	3	4	0.5	8	6			R4	1	Acık gri	1	Kct
94	T	26	205	4	3	0.6	2	6			R5	2	Acık gri	2	Kct
94	E	33	170	4	5	1.2	8	6			R3	3	Acık	3	Kct
106	F	35	125	4	7	-	28	5			R2	4	Acık	4	Kct
106	E	75	170	3	3	0.5	2	4			R3	3	Acık gri	3	Kct
117	T	60	200	3	3	0.6	2	4			R4	3	Acık gri	3	Kct
117	F	50	140	3	3	0.6	3	4			R2	5	Acık	4	Kct
128	T	30	210	3	3	0.4	2	6			R3	4	Acık gri	3	Kct
128	E	62	140	3	3	0.4	5	6			R4	3	Acık gri	3	Kct
128	E	38	130	3	5	0.5	2	6			R4	3	Acık gri	3	Kct
144	E	40	130	5	3	0.8	6	6			R4	3	Acık gri	2	Kct
144	E	55	20	3	3	0.4	2	6			R4	2	Acık gri	2	Kct
166	T	47	200	2	4	0.9	12	5			R4	2	Acık gri	2	Kct
166	E	53	165	3	3	0.5	2	4			R5	2	Acık gri	2	Kct
166	E	41	133	3	3	0.6	2	4			R4	2	Acık gri	2	Kct
180	E	34	300	3	3	0.6	3	4			R3	2	Acık gri	2	Kct
180	E	28	203	4	3	0.4	2	6			R4	3	Acık gri	2	Kct

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: Diyojen Tüneli						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 8	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
198	T	37	98	3	3	0.4	5	6			R4	2	Acık gri	2	Kct
198	E	63	88	3	3	0.6	2	4			R4	2	Acık gri	2	Kct
198	E	68	115	3	3	0.6	3	4			R4	3	Acık gri	2	Kct
210	E	62	93	3	3	0.4	2	6			R5	1	Acık gri	1	Kct
210	E	65	95	4	5	0.6	5	6			R4	2	Acık gri	2	Kct
210	T	82	300	3	3	0.5	2	6			R4	3	Acık gri	2	Kct
222	E	53	97	3	3	0.4	3	5			R4	3	Acık gri	2	Kct
222	F	30	247	4	7	-	25	5			R4	3	Acık gri	2	Kct
222	F	30	125	4	3	-	20	4			R2	5	Acık	4	Kct
230	E	73	216	3	3	0.6	3	4			R3	4	Acık gri	3	Kct
230	T	52	145	3	3	0.4	2	6			R4	2	Acık gri	3	Kct
238	E	45	115	4	3	0.4	5	6			R4	3	Acık gri	2	Kct
238	E	75	135	3	4	0.5	8	6			R4	3	Acık gri	2	Kct
250	T	15	170	3	3	0.6	2	4			R4	2	Acık gri	2	Kct
250	E	30	180	3	3	0.6	3	4			R4	2	Acık gri	2	Kct
250	E	12	165	3	3	0.4	2	6			R5	1	Acık gri	1	Kct
250	E	12	185	4	3	0.8	6	6			R5	4	Acık gri	1	Kct
261	T	65	175	3	3	0.4	20	6			R4	1	Acık gri	2	Kct
261	E	25	200	5	4	0.9	2	5			R4	4	Acık gri	2	Kct
275	T	11	320	3	3	0.5	10	4			R4	3	Acık gri	3	Kct
275	E	8	110	3	3	0.6	2	4			R4	3	Acık gri	3	Kct
275	E	8	160	4	5	0.8	8	5			R4	2	Acık gri	2	Kct
284	E	10	162	4	6	0.8	10	5			R4	2	Acık gri	2	Kct
284	E	8	90	4	5	1.2	5	6			R5	1	Acık gri	1	Kct
296	T	12	91	3	6	0.4	2	6			R4	1	Acık gri	1	Kct
296	E	10	90	4	7	0.8	6	5			R4	2	Acık gri	2	Kct
296	E	8	110	4	5	1.0	6	6			R5	2	Acık gri	2	Kct
305	T	8	140	3	4	0.5	2	6			R4	3	Acık gri	2	Kct
305	E	5	156	4	5	0.6	8	6			R4	2	Acık gri	2	Kct
305	E	30	170	4	5	0.7	10	5			R4	2	Acık gri	2	Kct
327	T	48	90	3	3	0.6	3	5			R3	2	Acık	2	Kct
327	E	70	316	3	3	0.4	2	6			R3	3	Acık gri	2	Kct
327	E	46	161	3	3	0.6	2	4			R3	3	Acık gri	2	Kct
327	E	61	164	3	3	0.6	3	4			R3	2	Acık gri	3	Kct
327	E	50	210	3	3	0.4	2	6			R4	3	Acık gri	2	Kct
336	T	17	340	3	3	0.4	5	6			R4	3	Acık gri	3	Kct

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: Diyojen Tüneli						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK						Sayfa No: 9	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
336	T	56	286	3	4	0.5	8	6			R3	4	Acık gri	3	Kct
344	E	80	339	4	5	0.8	10	5			R3	4	Acık gri	3	Kct
344	E	53	302	4	5	0.8	6	5			R2	4	Acık	4	Kct
344	E	52	315	5	3	0.8	6	6			R3	3	Acık gri	3	Kct
351	T	50	90	3	3	0.4	20	6			R2	2	Acık	4	Kct
351	E	88	20	5	4	0.9	2	5			R3	3	Acık	3	Kct
351	E	82	201	3	3	0.5	10	4			R2	4	Acık gri	4	Kct
358	E	5	95	3	3	0.6	2	4			R3	5	Acık	3	Kct
358	T	30	180		2	0.5	2	6			R3	5	Acık	4	Kct
358	E	65	175		4	1.0	14	6			R2	5	Acık	4	Kct

EK.3

Diyojen (Sinop) tünel güzergahında yapılan Konverjan ölçüm verileri

	Diyojen Tüneli KM.35100 - KM.35260			
	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L4-L5
35120	4,42	9,54	6,35	3,46
35130	6,76	4,26	2,49	3,53
35140	8,27	9,76	7,39	7,42
35150	12,12	13,62	10,23	7,42
35160	5,55	6,35	7,14	6,31
35180	3,29	9,46	5,82	6,82
35200	6,96	15,68	16,25	6,82
35220	13,6	4,57	4,64	6,87
35232	9,49	16,26	4,5	6,69
35252	7,02	8,98	8,58	7,22

	Diyojen Tüneli KM.35260 - KM.35480			
	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L4-L5
35272	10,67	12,05	10,9	9,8
35292	8,3	11,66	7,98	7,35
35312	4,25	5,84	3,74	2,99
35332	3,73	3,96	3,97	4,74
35362	8,78	6,18	7,2	6,23
35392	7,3	8,17	6,59	6,77
35412	6,15	5,162	4,41	4,75
35432	6,04	7,4	7,49	6,85
35452	6,27	7	6,2	6,2
35472	7,75	9,29	5,93	5,39

	Diyojen Tüneli KM.35480 - KM.35700			
	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L4-L5
35492	6,14	6,26	4,86	5,76
35512	6,45	5,87	6,12	6,12
35532	4,46	6,45	5,71	6,29
35545	28,61	28,57	34,52	6,29
35552	15,91	14,54	18,37	13,5
35572	21,79	20,49	23,7	13,46
35592	20,03	17,81	19,19	16,29
35612	22,47	22,46	21,2	14,75
35632	25,31	22,29	20,68	21,95
35652	10,84	11,6	10,45	9,32
35682	21,14	19,79	19,57	14,58

	Diyojen Tüneli KM.35700 - KM.35960			
	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L4-L5
35702	14,92	14,5	15,56	12,96
35722	19,23	14,52	13,09	14,7
35742	8,4	6,32	6,87	5,75
35770	5,22	5,7	6,1	5,4
35790	5,81	6,38	6,63	4,74
35830	4,86	4,21	3,87	2,88
35850	7,52	8,45	7,71	5,81
35875	8,12	6,85	8,24	7,98
35895	18,98	17,52	21,23	15,08
35915	23,38	23,69	22,08	15,98
35955	15,68	21,15	14,81	14

	Diyojen Tüneli KM.36020 - KM.36520		
	L1-L2	L1-L3	L2-L3
36035	14,58	14,31	13,43
36055	24,11	21,02	21,77
36085	6,94	6,85	16,1
36190	7,3	4,41	4,57
36230	5,6	5,23	4,2
36270	12,69	12,62	11,74
36310	12,49	13,51	12,7
36350	14,07	13,67	14,42
36390	13,34	12,28	13,48
36430	14,18	13,71	14,16
36470	15,66	12,81	14,8
36490	6,08	4,9	7,04
36510	4,02	4,49	6,73

	Diyojen Tüneli KM.36520 - KM.36620			
	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L4-L5
36530	5,32	4,38	7,26	2,43
36545	16,04	16,8	17,58	5,27
36560	17,74	17,34	16,96	8,4
36567	37,18	38,53	37,99	12,6
36569	17,528	19,12	41,82	
36575	17,07	24,09	22,12	
36590	32,04	29,67	36,67	
36617	19,97	20,62	17,97	
36625	28,91	15,84	25,66	

	Diyojen Tüneli KM.36620 - KM.36740			
	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L4-L5
36631	29,53	46,14	47,66	16,5
36641	20	40,68	38,84	17,48
36647	42,84	63,47	25,47	36,16
36651	74,51	63,76	91,32	16,95
36661	31,85	14,1	49,24	16,95
36671	51,44	45,92	51,82	22,16
36681	32,89	52,51	47,5	22,16
36691	14,63	26	25,61	17,25
36704	23,7	17,57	19,24	
36711	14,05	12,72	18,55	15,09
36731	15,28	10,53	13,1	15,38

	Diyojen Tüneli KM.36740 - KM.36920			
	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L4-L5
36751	18,11	12,16	21,84	13,25
36771	21,12	26,95	41,54	15,39
36791	14,98	17,98	33,63	14,04
36811	16,34	16,84	7,71	12,87
36829	30,7	24,08	30,96	12,87
36831	37,42	37,6	52,05	22,77
36851	35,76	31,07	29,91	11,76
36871	32,1	19,49	26,47	12,82
36891	30,79	29,351	31,91	17,71
36911	20,58	17,77	19,51	16,73

	Diyojen Tüneli KM.35700 - KM.35960			
	L1-L2	L1-L3	L2-L3	L4-L5
36931	12,54	16,68	10,46	15,43
36951	26,73	19,22	18,05	17,58
36964	16,31	26,1	22,63	18,61
36984	22,54	20,44	20,74	19,4
37004	29,6	25,83	19,03	17,53
37024	21,14	19,33	27	24,64
37034	37,71	17,92	22,2	14,8
37044	21,57	28	18	19,03
37074	10,22	15,35	17,29	20,26
37084	7,98	5,41	9,23	

EK.6

Kırkgeçit-1 tünel güzergahında yapılan süreksizlik ölçüm verileri

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sağ Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 1	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
0.8	E	75	300	4	5	1.0	30	5			R3	1	GY	2	Gabro
0.8	E	74	40	4	3	0.7	40	5			R3	1	GY	2	Gabro
0.8	E	80	323	4	3	1.0	30	5			R3	1	GY	2	Gabro
2.3	E	70	35	4	7	0.8	30	5			R3	1	GY	2	Gabro
2.3	E	63	325	4	5	0.7	25	5			R3	1	GY-Ka	2	Gabro
3.8	E	85	305	4	5	0.6	50	5			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
3.8	E	80	300	4	4	0.6	30	5			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
3.8	E	80	205	3	5	1.0	20	5			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
5.2	E	63	235	3	6	1.1	20	5			R3	1	GY-Ka	2	Gabro
6.7	E	80	165	4	7	0.85	35	5			R3	1	GY-Ka	2	Gabro
6.7	E	55	105	4	7	0.70	40	5			R3	1	GY-Ka	2	Gabro
6.7	E	80	225	4	6	0.90	30	5			R3	1	GY-Ka	2	Gabro
9.2	E	75	215	4	5	1.0	25	6			R3	3	GY-Ka	2	Gabro
9.2	E	77	170	4	4	0.8	30	6			R3	3	GY-Ka	2	Gabro
9.2	E	55	103	3	3	0.8	30	6			R3	3	GY-Ka	2	Gabro
12.7	E	80	235	4	6	0.7	30	5			R3	4	GY-Ka	3	Gabro
12.7	E	65	255	4	6	0.7	20	5			R3	4	GY-Ka	3	Gabro
12.7	E	80	85	4	6	0.8	20	5			R3	4	GY-Ka	3	Gabro
12.7	E	65	155	4	5	0.6	45	5			R3	4	GY-Ka	3	Gabro
14.5	E	75	140	4	5	1.0	40	5			R3	4	GY-Ka	3	Gabro
14.5	E	64	205	4	5	1.0	40	5			R3	4	GY-Ka	3	Gabro
17.8	E	75	195	4	7	0.4	20	5			R3	4	GY-Ka	3	Gabro
21	E	45	160	4	5	0.4	24	6			R2-R3	4	GY-Ka	3	Gabro
21	E	65	230	4	5	0.8	14	6			R2-R3	4	GY-Ka	3	Gabro
25.4	E	34	160	3	3	0.5	20	6			R2-R3	1	GY-Ka	2	Gabro
28	E	80	70	3	3	0.6	5	6			R3	1	GY-Ka	2	Gabro
28	E	90	40	4	6	0.8	20	5			R3	1	GY-Ka	2	Gabro
28	E	55	116	4	6	0.8	12	5			R3	3	GY-Ka	2	Gabro
33.7	E	40	160	4	7	0.75	9	5			R3	3	GY-Ka	3	Gabro
33.7	E	47	135	3	2	0.3	2	5			R3	4	GY-Ka	3	Gabro
38.2	E	90	305	4	3	0.4	3	5			R3	4	GY	3	Gabro
38.2	E	27	130	4	3	0.4	5	6			R2-R3	4	GY	3	Gabro
38.2	E	52	125	4	3	0.8	10	5			R2-R3	4	GY	2	Gabro
43	E	37	117	4	3	0.4	5	6			R2-R3	4	GY	2	Gabro
43	E	50	245	4	3	0.6	3	5			R3	4	GY	2	Gabro
46.5	E	80	107	4	5	0.75	14	6			R3	4	GY	2	Gabro

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sağ Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 2	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
46.5	E	75	125	4	4	0.85	10	6			R3	4	GY-Ka	3	Gabro
51	E	75	35	3	3	0.5	13	6			R2-R3	4	GY-Ka	3	Gabro
51	E	80	100	3	3	0.6	10	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
51	E	90	303	4	5	0.7	5	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
57.7	E	80	145	4	5	0.5	4	5			R3	3	GY-Ka	3	Gabro
61.4	E	37	102	4	9	0.5	100	6			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
61.4	E	75	125	4	5	0.8	3	6			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
66	E	90	250	4	5	0.6	2	6			R3	4	GY-Ka	3	Gabro
72	E	50	55	4	7	1.0	10	6			R2-R3	4	GY-Ka	3	Gabro
72	E	77	175	4	7	1.0	5	6			R2-R3	4	GY-Ka	3	Gabro
77.8	E	90	220	4	6	0.6	4	5			R2-R3	3	GY	3	Gabro
83.2	E	30	210	4	6	1.0	12	6			R2-R3	4	GY	3	Gabro
83.2	E	85	355	4	5	0.8	3	6			R2-R3	4	GY	3	Gabro
91	E	75	173	3	4	0.8	2	6			R3	3	GY	3	Gabro
91	E	50	203	3	3	0.4	2	5			R3	3	GY	3	Gabro
91	E	50	170	3	3	0.5	3	5			R3	3	GY	3	Gabro
98.3	E	52	130	3	3	0.4	2	6			R2-R3	3	GY	3	Gabro
98.3	E	37	242	3	3	0.4	4	6			R2-R3	3	GY	3	Gabro
107	E	50	223	3	3	0.45	3	6			R3	3	GY	3	Gabro
107	E	70	75	3	3	0.8	4	6			R3	4	GY-Ka	3	Gabro
116.8	E	50	125	3	5	0.5	3	6			R2-R3	4	GY-Ka	3	Gabro
116.8	E	62	180	4	5	1.5	3	6			R2-R3	4	GY-Ka	3	Gabro
121	E	48	134	4	5	0.2	5	6			R2-R3	4	GY-Ka	3	Gabro
126.7	E	73	180	3	3	0.2	3	6			R2-R3	4	GY	3	Gabro
126.7	E	74	136	3	3	0.5	3	6			R3	4	GY	3	Gabro
130	E	45	125	4	9	0.6	10	6			R2-R3	2	GY	4	Gabro
130	E	50	140	4	5	0.9	6	5			R2-R3	2	GY	3	Gabro
138.5	E	35	140	4	5	0.6	8	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
138.5	E	60	220	4	8	0.5	20	6			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
138.5	E	80	60	4	8	1.3	18	6			R3	3	GY-Ka	3	Gabro
141	E	82	196	3	3	-	2	5			R4	2	GY-Ka	2	Gabro
141	E	60	92	3	3	0.8	5	5			R4	2	GY-Ka	2	Gabro
146	E	74	200	4	3	0.5	5	5			R3-R4	3	GY	2	Gabro
146	E	59	112	4	5	0.6	11	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
153	E	70	110	4	7	0.9	10	5			R3	3	GY	3	Gabro
153	E	82	42	4	5	0.4	1	5			R4	2	GY	3.	Gabro

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sağ Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 3	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
153	E	62	144	4	5	1.7	3	5			R4	2	GY	3	Gabro
160	E	65	130	3	3	0.8	-	2			R3-R4	2	GY-Ka	2	Gabro
160	E	60	90	4	7	1.5	25	5			R3	3	GY-Ka	3	Gabro
164.7	E	40	120	4	7	0.5	30	6			R3	3	GY-Ka	3	Gabro
172	E	50	190	4	6	0.75	12	6			R3-R4	2	GY-Ka	2	Gabro
172	E	40	210	3	3	-	2	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
180	E	70	232	3	3	0.3	-	2			R3-R4	3	GY	3	Gabro
180	E	50	128	3	3	0.4	-	2			R3-R4	3	GY	3	Gabro
180	E	70	98	4	5	0.1	10	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
185.4	E	60	220	3	3	0.3	3	5			R3-R4	3	GY	2	Gabro
185.4	E	65	110	3	3	0.4	5	5			R3-R4	3	GY	2	Gabro
193	E	50	260	3	4	1.0	5	5			R3-R4	3	GY	2	Gabro
193	E	40	120	3	5	2.0	3	5			R3-R4	2	GY	3	Gabro
202	E	70	100	3	3	-	-	2			R3-R4	2	GY	3	Gabro
202	E	60	220	4	5	2.0	3	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
202	E	50	132	4	6	1.6	1.0	5			R3	5	GY	3	Gabro
205.3	E	40	320	4	7	0.9	10	5			R3	4	GY	3	Gabro
205.3	E	54	142	4	6	1.5	2	5			R3	4	GY	3	Gabro
213	E	65	248	4	6	2.0	9	5			R3	5	GY	3	Gabro
213	E	40	228	4	7	2.0	13	5			R3	5	GY	3	Gabro
221	E	50	245	3	5	0.45	5	5			R3-R4	4	GY	3	Gabro
221	E	45	250	3	6	1.0	7	5			R3-R4	4	GY	3	Gabro
221	E	50	130	4	7	0.8	12	5			R3-R4	4	GY	3	Gabro
228.5	E	70	90	4	7	1.4	8	5			R3-R4	4	GY	3	Gabro
228.5	E	50	110	4	6	0.7	3	5			R3-R4	4	GY	3	Gabro
240	E	42	115	3	3	0.7	4	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
240	E	40	240	4	3	0.7	4	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
247.6	E	60	100	4	3	1.0	1	2			R3-R4	3	GY	3	Gabro
255	E	50	218	4	3	0.6	2	2			R3-R4	4	GY	3	Gabro
255	E	85	70	4	5	0.5	6	5			R3-R4	4	GY	3	Gabro
255	E	40	120	4	5	0.4	8	5			R3-R4	4	GY	3	Gabro
262	E	60	70	4	8	1.0	5	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
262	E	64	180	4	8	1.5	12	5			R3-R4	3	GY	2	Gabro
269.2	E	64	80	4	7	1.0	14	5			R3-R4	3	GY	2	Gabro
269.2	E	70	80	4	7	0.4	8	5			R3-R4	3	GY	2	Gabro
281	E	30	210	4	7	2.0	6	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sağ Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 4	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
281	E	70	230	4	6	1.2	5	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
281	E	60	110	4	7	1.1	5	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
288.5	E	45	120	4	7	1.5	10	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
288.5	E	80	32	4	6	1.5	8	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
288.5	E	65	130	4	6	2.0	15	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
296	E	60	345	4	7	0.5	2	6			R3-R4	3	GY	2	Gabro
296	E	60	130	3	5	0.9	3	6			R3-R4	4	GY	3	Gabro
304.8	E	75	94	3	6	0.6	6	6			R3-R4	4	GY	3	Gabro
304.8	E	50	32	4	7	0.7	6	6			R3-R4	3	GY	3	Gabro
310	E	54	100	4	7	1.0	5	6			R3-R4	3	GY	3	Gabro
317	E	62	250	4	6	0.9	4	6			R3-R4	4	GY	3	Gabro
317	E	70	110	3	3	0.1	12	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
317	E	50	110	4	3	1.3	24	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
325	E	62	20	4	3	1.5	15	2			R3-R4	3	GY	3	Gabro
325	E	80	220	4	3	2.4	12	2			R3-R4	3	GY	3	Gabro
333	E	60	90	4	5	1.2	12	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
333	E	80	220	4	5	0.8	10	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
342.5	E	62	110	4	8	0.8	8	5			R3-R4	2	GY	3	Gabro
342.5	E	50	210	4	8	1.0	8	5			R3-R4	2	GY	2	Gabro
350	E	50	140	4	7	0.8	2	5			R3-R4	2	GY	2	Gabro
350	E	51	68	4	7	0.8	10	5			R3-R4	3	GY	2	Gabro
356	E	70	110	4	7	1.5	3	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
356	E	65	110	4	6	1.5	5	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
356	E	50	190	4	7	1.2	4	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
363.4	E	65	110	4	7	1.2	5	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
363.4	E	45	190	4	6	0.9	4	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
371	E	75	110	4	6	0.9	10	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
371	E	50	90	4	7	1.5	3	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
371	E	60	200	3	5	1.5	3	5			R3-R4	2	GY	3	Gabro
371	E	82	28	3	6	2.0	2	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
377	E	80	360	4	7	0.6	5	5			R4	2	GY	2	Gabro
377	E	40	120	4	7	1.0	1	5			R4	3	GY	2	Gabro
382	E	30	160	4	6	1.0	10	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
382	E	25	225	3	3	1.4	4	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
393.6	E	45	150	4	3	1.5	5	6			R3-R4	3	GY	3	Gabro
396.6	E	50	100	4	3	1.8	5	6			R3-R4	3	GY	3	Gabro

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sağ Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 5	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
403	E	60	115	4	3	1.5	4	6			R4	3	GY	3	Gabro
403	E	55	180	4	5	0.8	5	6			R4	3	GY	3	Gabro
403	E	85	200	4	5	0.8	4	6			R4	3	GY	3	Gabro
409.5	E	48	170	4	8	0.8	3	6			R3-R4	3	GY	3	Gabro
409.5	E	55	135	4	8	1.0	8	6			R3-R4	3	GY	2	Gabro
417	E	83	205	4	7	1.6	12	5			R3-R4	4	GY	2	Gabro
417	E	62	40	4	7	2.2	17	5			R3-R4	4	GY	2	Gabro
420	E	72	208	4	7	2.0	13	5			R3-R4	4	GY	3	Gabro
420	E	42	132	4	6	2.0	12	5			R3-R4	4	GY	3	Gabro
420	E	60	66	4	7	1.5	15	5			R3-R4	4	GY	3	Gabro
423	E	82	40	4	6	3	10	6			R3	3	GY	3	Gabro
423	E	46	108	4	6	2	8	6			R3	3	GY	3	Gabro
423	E	60	186	4	7	0.6	12	5			R3	2	GY	3	Gabro
427.5	E	50	228	4	7	1.8	12	5			R3	2	GY	3	Gabro
427.5	E	70	50	4	5	1.1	14	5			R3	2	GY	3	Gabro
430	E	60	124	4	5	0.9	5	6			R3	2	GY	3	Gabro
430	E	45	138	4	5	0.9	5	6			R3	3	GY-Ka	2	Gabro
430	E	60	40	4	6	1.5	6	6			R3	3	GY-Ka	2	Gabro
434.3	E	85	78	4	6	1.5	14	5			R3	2	GY-Ka	2	Gabro
434.3	E	40	80	3	6	1.2	3	5			R3	2	GY-Ka	2	Gabro
434.3	E	40	174	3	3	1.0	2	6			R3	2	GY-Ka	2	Gabro
438.2	E	68	100	3	3	1.0	2	6			R3	2	GY-Ka	2	Gabro
438.2	E	80	82	3	3	0.6	3	6			R3	3	GY-Ka	3	Gabro
438.2	E	62	110	3	3	0.6	3	6			R3	3	GY-Ka	3	Gabro
440	E	70	239	3	3	1.8	3	5			R3	3	GY-Ka	3	Gabro
440	E	80	170	4	5	2.1	16	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
440	E	59	200	4	5	2.0	12	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
445	E	45	160	4	5	2.0	14	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
445	E	65	230	4	7	1.5	15	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
445	E	60	190	4	7	1.5	10	6			R2-R3	4	GY-Ka	4	Gabro
445	E	85	230	4	6	0.8	9	6			R2-R3	4	GY-Ka	4	Gabro
445	E	80	100	4	6	0.8	9	6			R2-R3	4	GY-Ka	4	Gabro
1.5	E	88	3	3	3	1.2	2	6			R3	1	K	3	Kct
1.5	E	70	32	3	3	1.5	3	6			R3	1	K	3	Kct
2.64	E	85	340	4	5	0.6	8	6			R3	2	K	3	Kct
2.64	E	85	80	3	5	0.8	8	6			R3	3	K	3	Kct

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sağ Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 6	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
2.64	E	69	120	3	6	0.8	10	6			R3	3	K	3	Kct
4.0	E	70	82	4	5	1.0	8	6			R3	3	K	3	Kct
4.0	E	62	110	4	5	1.0	16	5			R3	3	K	3	Kct
4.0	E	40	42	4	7	0.5	18	5			R3	3	K	3	Kct
4.0	E	85	185	4	7	0.9	20	5			R3	3	K	3	Kct
4.0	E	50	35	4	7	1.5	20	6			R3	3	K	3	Kct
4.0	E	40	30	4	7	1.2	16	6			R3	3	K	3	Kct
5.5	E	65	94	3	3	1.7	3	2			R3	2	K	3	Kct
5.5	E	80	10	3	3	2.0	3	2			R3-R4	2	K	3	Kct
5.5	E	63	94	3	3	1.0	5	5			R3-R4	2	K	3	Kct
5.5	E	80	13	3	5	0.8	3	5			R3-R4	1	K	3	Kct
7.0	E	80	350	4	3	1.0	2	2			R3-R4	1	K	3	Kct
7.0	E	75	10	4	3	1.0	5	6			R3-R4	1	K	3	Kct
7.0	E	60	110	4	3	2.3	5	6			R3-R4	3	K	3	Kct
7.0	E	75	31	3	5	2.3	4	5			R3-R4	3	K	3	Kct
9.5	E	38	222	3	5	1.4	3	5			R3-R4	3	K	3	Kct
9.5	E	76	90	3	6	0.6	3	2			R3-R4	2	K	3	Kct
9.5	E	56	80	3	6	0.6	3	2			R3-R4	2	K	3	Kct
2.64	E	69	120	3	6	0.8	10	6			R3	3	K	3	Kct
4.0	E	70	82	4	5	1.0	8	6			R3	3	K	3	Kct
4.0	E	62	110	4	5	1.0	16	5			R3	3	K	3	Kct
4.0	E	40	42	4	7	0.5	18	5			R3	3	K	3	Kct
4.0	E	85	185	4	7	0.9	20	5			R3	3	K	3	Kct
4.0	E	50	35	4	7	1.5	20	6			R3	3	K	3	Kct
4.0	E	40	30	4	7	1.2	16	6			R3	3	K	3	Kct
5.5	E	65	94	3	3	1.7	3	2			R3	2	K	3	Kct
5.5	E	80	10	3	3	2.0	3	2			R3-R4	2	K	3	Kct
5.5	E	63	94	3	3	1.0	5	5			R3-R4	2	K	3	Kct
5.5	E	80	13	3	5	0.8	3	5			R3-R4	1	K	3	Kct
7.0	E	80	350	4	3	1.0	2	2			R3-R4	1	K	3	Kct
7.0	E	75	10	4	3	1.0	5	6			R3-R4	1	K	3	Kct
7.0	E	60	110	4	3	2.3	5	6			R3-R4	3	K	3	Kct
7.0	E	75	31	3	5	2.3	4	5			R3-R4	3	K	3	Kct
9.5	E	38	222	3	5	1.4	3	5			R3-R4	3	K	3	Kct
9.5	E	76	90	3	6	0.6	3	2			R3-R4	2	K	3	Kct
9.5	E	56	80	3	6	0.6	3	2			R3-R4	2	K	3	Kct

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sağ Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 7	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
17	E	75	10	4	7	1.5	2	5			R3-R4	3	K	3	Kct
17	E	60	75	4	7	0.5	3	5			R3-R4	3	K	3	Kct
18.5	E	75	20	4	6	0.4	4	6			R3	4	K	2	Kct
18.5	E	85	180	4	6	1.0	4	6			R3	4	K	2	Kct
18.5	E	85	80	4	5	1.0	3	6			R3-R4	3	K	3	Kct
20	E	30	115	4	5	0.8	54	6			R3-R4	3	K	3	Kct
20	E	74	358	4	5	1.1	55	6			R3-R4	3	K	3	Kct
20	E	72	88	3	5	0.6	11	6			R3-R4	3	K	3	Kct
20	E	50	248	3	6	0.9	10	6			R3-R4	4	K	3	Kct
21.5	E	35	105	3	6	0.4	2	5			R3-R4	4	K	2	Kct
21.5	E	34	100	3	7	1.7	34	5			R3-R4	2	K	2	Kct
21.5	E	76	10	3	7	0.8	4	6			R3-R4	3	K	2	Kct
21.5	E	55	240	4	7	1.5	25	6			R3-R4	3	K	3	Kct
23	E	30	108	4	7	0.5	30	6			R3-R4	3	K	3	Kct
23	E	76	10	4	3	0.75	12	6			R3-R4	3	K	2	Kct
23	E	72	108	4	3	1.2	15	5			R3-R4	3	K	3	Kct
23	E	50	55	4	3	0.3	10	2			R3-R4	3	K	3	Kct
26	E	75	14	4	5	0.4	10	2			R3-R4	3	K	3	Kct
26	E	70	104	4	5	1.0	10	5			R3-R4	3	K	3	Kct
26	E	50	55	4	5	0.3	3	5			R3	3	K	3	Kct
26	E	30	98	4	4	1.4	5	5			R3	4	K	3	Kct
26	E	75	10	4	4	1.0	5	2			R3	4	K	3	Kct
27.5	E	78	16	4	5	2.0	3	2			R3	4	K	3	Kct
27.5	E	68	100	4	7	1.1	5	2			R3	4	K	3	Kct
27.5	E	47	60	4	6	2.0	3	5			R3	4	K	4	Kct
27.5	E	75	20	4	7	1.6	1.0	5			R3	4	K	4	Kct

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sol Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 8	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
1.5	E	65	60	4	3	1.1	30	5			R3	3	K	3	Kct
1.5	E	65	100	4	3	0.9	20	5			R3	3	K	3	Kct
1.5	E	88	330	4	3	1.5	15	5			R3	2	K	3	Kct
1.5	E	88	0	4	5	1.7	15	5			R3	2	K	3	Kct
3	E	64	90	3	5	3	20	6			R3	2	K	3	Kct
3	E	80	1	3	4	1.0	12	6			R3	2	K	3	Kct
4.5	E	72	100	4	5	0.5	10	6			R3	3	K	2	Kct
4.5	E	42	10	3	4	0.5	12	5			R3	3	K	3	Kct
4.5	E	78	3	4	6	0.8	9	5			R3	3	K	3	Kct
6	E	80	140	4	6	0.7	8	6			R3	3	K	3	Kct
6	E	60	92	3	6	1.0	2	6			R3	3	K	2	Kct
6	E	59	120	3	3	1.5	5	5			R3-R4	3	K	3	Kct
6	E	80	350	3	3	2	5	5			R3-R4	3	K	3	Kct
7.5	E	55	113	4	3	0.8	2	6			R3-R4	3	K	2	Kct
7.5	E	73	360	4	4	0.5	6	5			R3-R4	3	K	3	Kct
7.5	E	52	220	4	4	0.5	6	5			R3-R4	2	K	3	Kct
9	E	54	110	4	5	0.6	6	6			R3-R4	2	K	2	Kct
9	E	24	92	4	5	1.0	4	6			R3-R4	3	K	3	Kct
9	E	78	350	4	7	0.5	2	6			R3-R4	2	K	3	Kct
10.5	E	72	356	3	5	0.5	3	6			R3-R4	1	K	2	Kct
10.5	E	52	102	3	7	0.5	5	6			R3-R4	1	K	2	Kct
10.5	E	75	90	3	7	0.4	3	6			R3-R4	2	K	2	Kct
10.5	E	80	350	3	4	0.4	2	6			R3-R4	2	K	2	Kct
10.5	E	62	262	3	4	0.8	10	6			R3-R4	2	K	3	Kct
12	E	70	360	3	5	0.7	3	6			R3-R4	2	K	3	Kct
12	E	80	350	4	6	1.0	-	6			R3-R4	2	K	3	Kct
12	E	60	85	4	6	0.4	10	6			R3-R4	2	K	3	Kct
13.5	E	70	360	4	5	0.7	3	6			R3-R4	3	K	3	Kct
13.5	E	80	10	3	5	0.7	2	6			R3-R4	3	K	3	Kct
13.5	E	80	360	3	5	1.0	3	6			R3-R4	3	K	3	Kct
15	E	70	6	3	3	1.0	4	6			R3-R4	3	K	3	Kct
15	E	72	252	3	3	0.4	4	6			R3-R4	3	K	3	Kct
15	E	68	290	3	3	0.3	2	6			R3-R4	2	K	3	Kct
15	E	16	85	4	5	0.6	8	5			R3-R4	3	K	3	Kct
16.5	E	60	100	4	5	0.6	3	6			R3-R4	3	K	3	Kct
16.5	E	80	100	4	7	1.5	10	6			R3-R4	3	K	3	Kct

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sol Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 9	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
16.5	E	70	80	4	3	0.8	10	5			R3-R4	3	K	3	Kct
16.5	E	70	360	3	3	2	16	5			R3-R4	3	K	3	Kct
18	E	66	2	4	6	1.2	13	6			R3	3	K	3	Kct
18	E	72	105	4	6	1.0	5	6			R3	4	K	3	Kct
18	E	72	270	4	5	1.0	5	6			R3	4	K	3	Kct
19.5	E	80	70	4	4	0.6	5	6			R3	4	K	3	Kct
19.5	E	70	350	4	5	0.5	10	6			R3	4	K	3	Kct
19.5	E	60	240	4	5	0.9	20	6			R3	4	K	3	Kct
21	E	72	358	3	6	1.0	5	5			R3-R4	2	K	3	Kct
21	E	88	80	4	7	0.8	5	6			R3-R4	2	K	3	Kct
21	E	50	216	4	7	1.4	5	6			R3-R4	2	K	3	Kct
21	E	10	172	4	6	0.7	4	6			R3-R4	2	K	3	Kct
22.5	E	70	10	3	3	0.7	3	5			R3-R4	2	K	3	Kct
22.5	E	30	150	4	3	0.7	4	5			R3-R4	2	K	3	Kct
22.5	E	75	70	4	3	1.0	3	5			R3-R4	2	K	3	Kct
22.5	E	30	240	4	3	0.6	2	6			R3-R4	2	K	3	Kct
24	E	72	356	4	5	0.5	3	6			R3	3	K	3	Kct
24	E	80	246	4	5	0.4	3	6			R3	3	K	3	Kct
24	E	70	90	4	8	1.0	8	5			R3	3	K	2	Kct
24	E	48	220	4	8	1.5	6	5			R3	2	K	3	Kct
24	E	20	140	4	7	1.0	6	6			R3	2	K	3	Kct
25.5	E	65	70	4	7	0.4	5	6			R3	2	K	3	Kct
25.5	E	60	110	4	7	2.0	8	6			R3	3	K	3	Kct
25.5	E	80	5	4	6	1.2	8	6			R3	3	K	3	Kct
25.5	E	30	160	3	7	1.1	20	6			R3-R4	3	K	2	Kct
25.5	E	40	220	3	5	0.8	20	6			R3-R4	3	K	2	Kct
27	E	23	90	3	3	0.8	10	6			R3-R4	3	K	2	Kct
27	E	20	180	3	3	1.0	1.2	6			R3	3	K	3	Kct
27	E	75	360	4	5	1.0	10	6			R3	2	K	3	Kct
27	E	82	90	4	5	1.0	5	6			R3	3	K	3	Kct
27	E	30	360	3	6		8	5			R3	3	K	3	Kct
27	E	80	80	4	7	2	8	5			R3	3	K	3	Kct
28.5	E	30	150	4	7	0.6	10	6			R3-R4	3	K	3	Kct
28.5	E	60	80	4	6	0.7	8	6			R3-R4	3	K	3	Kct
28.5	E	30	150	3	3	1.0	16	6			R3-R4	3	K	3	Kct
28.5	E	80	360	4	3	0.9	18	6			R3-R4	2	K	3	Kct

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sol Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK						Sayfa No: 10	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
28.5	E	70	100	4	3	0.1	20	6			R3-R4	2	K	3	Kct
28.5	E	30	260	4	3	1.3	20	6			R3-R4	3	K	3	Kct
30	E	80	360	4	5	1.5	16	6			R3-R4	3	K	3	Kct
30	E	30	150	4	5	2.4	10	6			R3-R4	3	K	3	Kct
30	E	60	80	4	8	1.2	10	5			R3	3	K	3	Kct
30	E	30	260	4	8	0.8	20	5			R3	3	K	3	Kct
30	E	70	100	4	7	0.8	8	5			R3	3	K	2	Kct
31.5	E	80	360	4	7	0.8	6	5			R3	3	K	2	Kct
31.5	E	70	100	4	5	1.1	6	5			R3	3	K	2	Kct
31.5	E	30	260	4	5	0.9	5	5			R3	3	K	3	Kct
31.5	E	30	150	4	5	0.9	10	5			R3	4	K	3	Kct
33	E	30	150	4	6	1.5	16	5			R3	4	K	3	Kct
33	E	80	360	4	6	1.5	20	5			R3	4	K	3	Kct
33	E	70	100	4	7	0.5	22	5			R3	4	K	3	Kct
33	E	30	260	4.	7	0.7	18	5			R3	4	K	3	Kct
33	E	60	80	4	7	0.7	16	5			R3	4	K	3	Kct
1.5	E	60	210	4	5	0.8	10	6			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
1.5	E	90	115	4	4	1.0	10	6			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
1.5	E	80	190	3	5	1.0	12	6			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
3	E	28	100	3	6	1.0	20	5			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
3	E	80	160	4	7	0.8	10	6			R3	1	GY-Ka	3	Gabro
3	E	80	290	4	7	1.0	10	6			R3	1	GY-Ka	3	Gabro
3	E	45	225	4	6	1.0	20	5			R3	1	GY-Ka	3	Gabro
5.5	E	75	277	4	5	1.0	10	6			R3	1	GY-Ka	3	Gabro
5.5	E	70	242	4	4	1.5	15	5			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
8	E	88	120	3	3	1.0	10	6			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
8	E	50	195	4	6	0.8	10	6			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
8	E	35	120	4	6	1.2	20	5			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
11.8	E	30	180	4	6	1.0	10	6			R3	1	GY-Ka	3	Gabro
11.8	E	55	225	4	5	1.0	13	5			R3	1	GY-Ka	3	Gabro
14	E	50	195	4	5	1.0	10	6			R3	1	GY-Ka	3	Gabro
14	E	80	275	4	5	0.8	10	6			R3	1	GY-Ka	3	Gabro
14	E	75	290	4	7	1.0	10	6			R3	1	GY-Ka	3	Gabro
18	E	75	295	4	5	1.0	13	6			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
18	E	60	170	4	5	1.5	6	5			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
18	E	90	210	4	6	1.0	10	6			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sol Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 11	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
21.5	E	73	355	4	6	1.0	8	5			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
21.5	E	70	315	4	6	0.6	8	5			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
24	E	85	275	3	5	1.0	12	5			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
24	E	73	292	4	5	1.0	8	6			R2-R3	2	GY-Ka	3	Gabro
24	E	55	160	4	5	0.8	8	6			R2-R3	2	GY-Ka	3	Gabro
26.5	E	65	265	3	3	0.8	8	6			R2-R3	2	GY-Ka	3	Gabro
26.5	E	35	140	3	3	1.0	11	5			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
29	E	90	175	4	9	0.8	10	6			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
29	E	65	355	4	5	0.8	12	5			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
29	E	45	150	4	5	1.3	12	5			R2-R3	1	GY-Ka	2	Gabro
34.4	E	80	312	4	8	1.4	12	5			R2-R3	1	GY-Ka	2	Gabro
34.4	E	60	125	4	8	1.0	10	6			R2-R3	1	GY-Ka	3	Gabro
34.4	E	67	270	4	6	0.8	10	6			R3	1	GY-Ka	3	Gabro
39	E	75	205	4	6	0.7	10	6			R3	3	GY-Ka	3	Gabro
39	E	54	160	4	7	0.6	5	6			R3	3	GY	3	Gabro
39	E	75	280	4	7	1.0	5	6			R3	3	GY	3	Gabro
43.5	E	60	350	4	5	0.8	7	5			R3	1	GY	3	Gabro
43.5	E	40	145	4	5	0.6	7	5			R3	1	GY	3	Gabro
50	E	35	198	4	5	0.7	4	6			R3	1	GY	3	Gabro
50	E	85	220	4	6	1.0	4	6			R3	2	GY	3	Gabro
50	E	40	165	4	6	0.7	3	6			R3	2	GY	3	Gabro
56.6	E	60	130	4	7	0.7	10	5			R3	2	GY	3	Gabro
56.6	E	90	255	4	7	0.9	5	5			R3	2	GY	3	Gabro
56.6	E	85	275	4	7	1.2	10	6			R3	2	GY	3	Gabro
60	E	87	110	4	5	1.0	10	5			R3	3	GY	3	Gabro
60	E	90	255	4	5	1.0	10	5			R3	2	GY	3	Gabro
60	E	90	195	4	5	1.0	5	5			R3	2	GY	3	Gabro
64.5	E	30	200	4	7	0.8	5	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
64.5	E	46	200	4	6	0.8	5	6			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
71	E	45	195	4	6	0.8	4	6			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
71	E	90	102	4	7	1.2	7	6			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
71	E	90	172	3	5	1.4	8	6			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
75	E	85	160	3	6	0.6	12	6			R3	2	GY	3	Gabro
75	E	50	215	4	7	1.0	20	6			R3	2	GY	3	Gabro
75	E	60	243	4	7	1.0	5	6			R3	2	GY	3	Gabro
82.5	E	80	210	4	6	0.8	5	6			R3	2	GY	3	Gabro

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sol Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 12	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
82.5	E	60	110	3	3	0.8	5	6			R3	2	GY	3	Gabro
86	E	90	110	4	3	1.2	10	6			R3	3	GY	3	Gabro
91	E	53	125	4	3	1.5	10	6			R3	3	GY	3	Gabro
91	E	90	215	4	3	1.2	7	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
91	E	65	210	4	5	1.0	7	5			R2-R3	2	GY-Ka	3	Gabro
98.2	E	63	145	4	5	0.8	7	5			R2-R3	2	GY-Ka	3	Gabro
98.2	E	70	190	4	8	0.8	8	5			R3	3	GY	3	Gabro
105	E	90	170	4	8	0.7	8	5			R3	2	GY	3	Gabro
105	E	55	235	4	7	1.0	8	5			R3	2	GY	3	Gabro
105	E	90	215	4	7	1.0	10	6			R3	2	GY	3	Gabro
113	E	90	220	4	3	1.0	10	5			R3	2	GY	3	Gabro
113	E	70	190	4	5	1.0	10	5			R3	2	GY	3	Gabro
119.5	E	90	170	4	7	0.5	10	5			R3	2	GY	3	Gabro
119.5	E	50	135	4	5	1.0	5	5			R3	2	GY	3	Gabro
119.5	E	60	172	4	5	1.5	5	5			R3	2	GY	3	Gabro
127	E	50	200	3	3	1.5	5	5			R3	1	GY	3	Gabro
127	E	90	100	4	7	1.2	8	6			R3	1	GY	3	Gabro
134	E	60	115	4	7	0.8	4	6			R3-R4	1	GY	3	Gabro
134	E	37	230	4	6	0.8	3	6			R3-R4	2	GY	3	Gabro
138.6	E	90	110	3	3	0.5	3	6			R3-R4	2	GY	3	Gabro
138.6	E	55	205	3	3	0.6	8	6			R3-R4	2	GY	3	Gabro
151	E	90	110	3	3	1.0	8	6			R3-R4	2	GY	3	Gabro
151	E	27	240	4	5	1.0	8	6			R4	3	GY	2	Gabro
151	E	80	100	3	3	1.3	10	6			R4	1	GY	2	Gabro
163	E	60	210	3	3	2	10	55			R3-R4	1	GY	2	Gabro
163	E	33	200	4	4	1.8	5	5			R3-R4	2	GY	3	Gabro
169	E	55	205	3	4	1.8	3	5			R3-R4	2	GY	3	Gabro
169	E	67	190	3	3	1.2	3	6			R3	1	GY	3	Gabro
169	E	90	188	3	5	1.0	3	6			R3	1	GY	3	Gabro
178.5	E	60	200	4	3	1.0	3	6			R3-R4	1	GY	3	Gabro
178.5	E	90	190	3	3	0.8	2	6			R3-R4	2	GY	3	Gabro
178.5	E	75	275	3	3	0.8	2	6			R3	2	GY	3	Gabro
184	E	80	90	3	5	0.6	8	6			R3	2	GY	3	Gabro
184	E	90	182	3	6	0.6	8	6			R3	2	GY	3	Gabro
193	E	65	190	4	7	1.0	8	6			R3	2	GY	3	Gabro
193	E	37	220	4	7	1.0	5	5			R3-R4	2	GY	3	Gabro

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sol Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 13	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
193	E	80	170	4	6	1.2	4	5			R3-R4	2	GY	2	Gabro
202.5	E	40	253	3	3	0.6	4	5			R3-R4	2	GY	2	Gabro
202.5	E	86	154	4	3	0.6	2	5			R3-R4	2	GY	2	Gabro
202.5	E	87	157	4	3	0.6	5	6			R3-R4	2	GY	3	Gabro
209	E	55	220	4	3	1.0	5	6			R3-R4	2	GY	3	Gabro
209	E	90	114	4	5	0.8	3	6			R3-R4	1	GY	3	Gabro
217	E	75	250	4	5	0.5	3	6			R3	1	GY	3	Gabro
217	E	40	90	4	5	0.4	2	6			R3	1	GY	3	Gabro
225.8	E	60	238	4	4	1.0	2	6			R3	2	GY	3	Gabro
225.8	E	65	220	3	3	0.6	4	5			R3	1	GY	3	Gabro
238	E	57	250	4	6	1.5	3	5			R3-R4	1	GY	2	Gabro
238	E	80	250	4	6	1.2	1	6			R3-R4	1	GY	2	Gabro
246	E	55	215	4	6	1.0	2	6			R3-R4	2	GY	2	Gabro
246	E	46	200	4	5	0.8	8	5			R3-R4	2	GY	3	Gabro
253	E	80	250	4	5	0.7	10	5			R3-R4	1	GY	3	Gabro
253	E	44	220	4	5	0.8	2	5			R3	1	GY	3	Gabro
260	E	83	120	4	5	0.8	2	6			R3	1	GY	3	Gabro
260	E	55	193	4	5	1.0	10	6			R3	1	GY	3	Gabro
266	E	36	200	3	5	0.6	2	6			R3-R4	2	GY	2	Gabro
266	E	68	154	3	6	0.6	3	6			R3-R4	2	GY	2	Gabro
272.5	E	85	130	4	7	1.0	3	5			R3-R4	2	GY	3	Gabro
272.5	E	82	170	4	7	0.8	10	5			R3	1	GY	2	Gabro
279	E	82	216	4	6	0.8	5	5			R3	2	GY	2	Gabro
279	E	75	210	3	3	1.1	5	6			R3-R4	1	GY	2	Gabro
279	E	82	125	4	3	0.6	10	6			R3-R4	1	GY	3	Gabro
288	E	25	155	4	3	1.0	10	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
288	E	30	135	4	3	0.6	2	5			R3-R4	3	GY	2	Gabro
294.4	E	30	140	4	5	0.8	2	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
294.4	E	68	98	4	5	1.5	5	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
302	E	55	240	4	7	1.2	5	6			R3-R4	3	GY	3	Gabro
302	E	22	162	4	5	1.4	8	6			R3-R4	2	GY	2	Gabro
302	E	55	90	4	5	1.4	8	6			R3-R4	3	GY	3	Gabro
307.8	E	70	130	4	5	1.0	10	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
307.8	E	30	85	4	6	0.6	2	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
317	E	60	230	4	6	1.0	2	6			R3-R4	3	GY	3	Gabro
317	E	40	170	4	7	0.6	3	6			R3-R4	3	GY	3	Gabro

Ü

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sol Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 14	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
324	E	40	98	4	7	0.8	3	6			R3-R4	3	GY	3	Gabro
324	E	64	196	4	7	1.0	3	5			R3-R4	4	GY	3	Gabro
330	E	40	110	4	7	1.0	3	6			R3-R4	3	GY	3	Gabro
330	E	32	138	4	6	1.0	10	6			R3-R4	3	GY	3	Gabro
336	E	60	114	4	7	1.0	10	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
336	E	52	80	4	7	0.8	3	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
342.5	E	32	275	4	6	1.0	2	6			R4	4	GY	3	Gabro
342.5	E	40	135	3	7	0.6	2	5			R4	4	GY	3	Gabro
342.5	E	80	92	4	5	0.6	3	6			R4	3	GY	3	Gabro
350	E	30	130	4	5	0.8	10	5			R4	3	GY	3	Gabro
350	E	70	110	4	5	1.0	5	5			R3-R4	3	GY	3	Gabro
357.2	E	60	230	4	3	1.0	4	6			R3-R4	3	GY	3	Gabro
357.2	E	70	80	4	3	1.0	3	6			R3-R4	4	GY	3	Gabro
363	E	40	150	3	5	0.6	3	6			R3-R4	4	GY	3	Gabro
363	E	60	70	3	6	1.1	3	6			R3-R4	4	GY	3	Gabro
363	E	70	220	4	7	1.0	10	5			R3-R4	4	GY	3	Gabro
369	E	80	210	4	7	1.0	2	6			R3-R4	4	GY	3	Gabro
369	E	82	50	4	6	0.8	3	6			R3-R4	4	GY	3	Gabro
376.5	E	45	255	3	3	1.0	2	6			R3	4	GY	3	Gabro
376.5	E	74	2	4	3	1.5	20	5			R3	4	GY	3	Gabro
380	E	76	82	4	3	1.0	2	6			R3	4	GY	3	Gabro
380	E	82	260	4	3	0.6	8	5			R3	4	GY	3	Gabro
380	E	20	230	4	5	1.0	10	6			R3	4	GY	3	Gabro
387	E	68	40	4	5	0.8	2	6			R3	4	GY	3	Gabro
387	E	65	120	4	4	0.8	3	6			R3	4	GY	3	Gabro
387	E	80	210	4	3	0.8	3	6			R3	4	GY	3	Gabro
392.5	E	70	120	4	7	1.0	10	5			R3	4	GY	3	Gabro
392.5	E	80	70	4	5	1.0	30	5			R3	4	GY	4	Gabro
395	E	60	230	4	5	0.6	2	6			R3	4	GY	3	Gabro
395	E	70	80	4	5	0.6	3	6			R3	4	GY	3	Gabro
395	E	50	130	4	6	0.8	3	6			R3	4	GY	3	Gabro
398	E	80	90	4	6	1.1	10	5			R2-R3	4	GY	3	Gabro
398	E	85	220	4	7	1.0	3	6			R2-R3	4	GY	3	Gabro
401	E	50	320	4	7	0.8	3	6			R2-R3	4	GY	3	Gabro
401	E	50	150	4	7	1.5	4	5			R2-R3	4	GY	3	Gabro
407	E	70	140	3	5	1.0	5	5			R2-R3	3	GY	3	Gabro

Tarih: 12/08/03			Lokasyon: T1 Tüneli Sol Tüp						Logu Yapan: Ahmet ÖZBEK					Sayfa No: 15	
Mesafe (m)	Tür	Eğim (derece)	Eğim Yönü (derece)	Pürüzlülük	JRC	Aralık (m)	Açıklık (mm)	Dolgu Türü	Dalgalılık Boyu	Dalgalılık yüksekliği	Dayanım	Su Durumu	Renk	Bozunma	Litoloji
407	E	90	30	3	6	0.6	5	5			R2-R3	3	GY	3	Gabro
407	E	80	210	4	7	0.6	6	6			R2-R3	3	GY	3	Gabro
410	E	50	110	4	7	0.8	5	5			R2-R3	3	GY	3	Gabro
410	E	60	130	4	6	1.0	10	5			R2-R3	3	GY	3	Gabro
410	E	40	220	3	3	1.0	10	5			R2-R3	3	GY	3	Gabro
413.5	E	80	70	4	3	1.5	3	6			R2-R3	4	GY	3	Gabro
413.5	E	60	110	4	3	1.5	2	5			R2-R3	4	GY	3	Gabro
418	E	70	110	4	3	1.1	5	5			R2-R3	4	GY-Ka	3	Gabro
418	E	58	199	4	5	0.8	4	6			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
418	E	70	342	4	5	1.0	3	5			R2-R3	2	GY-Ka	3	Gabro
421	E	40	170	4	5	0.8	3	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
421	E	45	210	4	5	0.8	2	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
424	E	55	75	4	7	2.0	5	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
424	E	64	50	4	7	1.0	5	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
424	E	50	118	3	3	1.5	3	5			R2-R3	2	GY-Ka	3	Gabro
426.5	E	56	228	3	3	2.0	10	5			R2-R3	2	GY-Ka	3	Gabro
426.5	E	60	40	4	7	0.5	6	6			R2-R3	2	GY-Ka	3	Gabro
430	E	60	130	4	7	0.7	15	5			R2-R3	2	GY-Ka	3	Gabro
430	E	40	240	4	6	0.7	20	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
430	E	90	210	3	3	1.5	20	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
434	E	50	67	4	3	1.0	10	5			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
434	E	40	57	4	3	0.8	5	6			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
437.5	E	85	240	4	3	0.8	10	6			R2-R3	3	GY-Ka	3	Gabro
437.5	E	45	80	4	5	1.01.0	12	5			R2	3	GY-Ka	3	Gabro
440	E	45	150	4	5	1.5	12	5			R2	3	GY-Ka	3	Gabro
440	E	70	220	4	7	1.8	10	5			R2	4	GY-Ka	3	Gabro
440	E	80	190	4	5	1.0	20	5			R2	4	GY-Ka	3	Gabro
443	E	64	142	4	5	1.5	25	5			R2	4	GY-Ka	3	Gabro
443	E	88	155	4	5	1.5	10	5			R2	4	GY-Ka	4	Gabro
443	E	60	106	4	6	1.0	20	5			R2	4	GY-Ka	4	Gabro

EK.7

Kırkgeçit-1 tünel güzergahında yapılan yerdeğiştirme ölçüm verileri

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10608	1	2002.04.11	-0,66	-0,656	0,54	0,66	39,309335	0,85276022
10582	1	2002.04.11	-0,704	0,524	-0,542	0,704	-37,611251	0,8884706
10555	1	2002.04.11	-0,724	0,646	-0,572	0,724	-38,330116	0,92269171
10524	1	2002.04.11	-0,802	0,715	-0,654	0,802	-39,215794	1,03485265
10494	1	2002.04.11	-0,715	0,602	0,588	0,715	39,4531152	0,9257262
10469	1	2002.04.11	-0,535	0,749	0,642	0,535	50,2198883	0,83569672
10448	1	2002.04.11	-0,807	0,55	-0,511	0,807	-32,35878	0,95518061
10422	1	2002.04.11	-0,697	0,616	-0,62	0,697	-41,675069	0,93284993
10393	1	2002.04.11	-0,759	-0,659	0,736	0,759	44,1409736	1,05724973
10367	1	2002.04.11	-0,905	0,627	0,646	0,905	35,5377235	1,11190872
10343	1	2002.04.11	-0,756	0,758	-0,652	0,756	-40,796279	0,99831859
10319	1	2002.04.11	-0,354	0,458	-0,463	0,354	-52,625916	0,58282502
10294	1	2002.04.11	-0,614	0,627	0,617	0,614	45,1625275	0,87045103

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10608	1	2002.07.25	-1,37	-1,837	1,125	1,37	39,411721	1,77271684
10582	1	2002.07.25	-2,27	1,104	-1,313	2,27	-30,060933	2,6223785
10555	1	2002.07.25	-1,408	1,218	-1,163	1,408	-39,576577	1,82620727
10524	1	2002.07.25	-1,789	1,277	-1,336	1,789	-36,770498	2,23280474
10494	1	2002.07.25	-1,597	1,182	1,18	1,597	36,4786475	1,98565077
10469	1	2002.07.25	-0,888	1,223	0,617	0,888	34,8099859	1,08131078
10448	1	2002.07.25	-1,248	0,632	-0,773	1,248	-31,789819	1,46800307
10422	1	2002.07.25	-0,76	0,726	-0,69	0,76	-42,257565	1,0264989
10393	1	2002.07.25	-0,913	-0,664	0,918	0,913	45,179364	1,29471734
10367	1	2002.07.25	-1,186	0,748	0,853	1,186	35,7427254	1,46089185
10343	1	2002.07.25	-1,02	0,966	-0,838	1,02	-39,425439	1,32009242
10319	1	2002.07.25	-0,729	0,973	-0,635	0,729	-41,078522	0,96678126
10294	1	2002.07.25	-0,734	0,828	0,722	0,734	44,5503779	1,02958244
10264	1	2002.07.25	-0,143	0,57	0,568	0,143	75,9073386	0,58572434
10234	1	2002.07.25	-0,139	0,18	-0,078	0,139	-29,31387	0,15938946
10212	1	2002.07.25	-0,648	0,723	0,653	0,648	45,2431343	0,91995272
10188	1	2002.07.25	-0,873	-0,89	1,016	0,873	49,3541358	1,33954657
10163	1	2002.07.25	-1,243	1,103	-0,804	1,243	-32,912371	1,48035975
10142	1	2002.07.25	-1,989	1,594	-1,203	1,989	-31,182471	2,3245064
10132	1	2002.07.25	-0,994	0,769	0,947	0,994	43,6350137	1,37289657

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10608	1	2002.10.18	-2,097	-2,484	1,73	2,097	39,5422711	2,71851228
10582	1	2002.10.18	-3,377	1,783	-2,074	3,377	-31,572362	3,96302978
10555	1	2002.10.18	-2,4	1,901	-1,782	2,4	-36,612447	2,98923468
10524	1	2002.10.18	-2,704	1,891	-2,144	2,704	-38,430361	3,45084801
10494	1	2002.10.18	-2,556	1,831	1,735	2,556	34,1857951	3,08923308
10469	1	2002.10.18	-1,173	1,46	0,651	1,173	29,0444388	1,34154016
10448	1	2002.10.18	-1,965	0,96	-1,268	1,965	-32,850508	2,33859979
10422	1	2002.10.18	-1,08	1,096	-0,806	1,08	-36,752476	1,3476038
10393	1	2002.10.18	-1,156	-0,732	1,158	1,156	45,0723707	1,6362457
10367	1	2002.10.18	-1,455	0,898	1,103	1,455	37,1837288	1,8258242
10343	1	2002.10.18	-1,356	1,262	-1,058	1,356	-37,981892	1,71991279
10319	1	2002.10.18	-1,063	1,118	-1,064	1,063	-45,049776	1,50401629
10294	1	2002.10.18	-1,034	1,142	0,87	1,034	40,0973378	1,3513164
10264	1	2002.10.18	-0,534	0,76	0,756	0,534	54,7923353	0,92557658
10234	1	2002.10.18	-0,383	0,284	-0,321	0,383	-39,987322	0,49972993
10212	1	2002.10.18	-0,836	0,95	0,844	0,836	45,295798	1,18795286
10188	1	2002.10.18	-1,256	-1,07	1,162	1,256	42,7954372	1,71107569
10163	1	2002.10.18	-2,607	2,869	-1,49	2,607	-29,764704	3,0027569
10142	1	2002.10.18	-3,012	2,732	-2,008	3,012	-33,707156	3,61997348
10132	1	2002.10.18	-1,623	1,282	1,313	1,623	38,992477	2,08760581

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10319	1	2003.02.28	-1,786	1,935	-1,909	1,786	-46,930363	2,61420676
10294	1	2003.02.28	-1,424	1,538	1,05	1,424	36,4220264	1,7692586
10264	1	2003.02.28	-1,044	1,075	1	1,044	43,7890167	1,44566109
10234	1	2003.02.28	-1,076	0,438	-0,715	1,076	-33,621008	1,29189822
10212	1	2003.02.28	-1,302	1,445	1,265	1,302	44,1966181	1,81533165
10188	1	2003.02.28	-1,628	-1,345	1,342	1,628	39,5196233	2,10982179
10163	1	2003.02.28	-4,117	4,289	-2,17	4,117	-27,807042	4,65387892

10142	1	2003.02.28	-4,161	3,68	-2,88	4,161	-34,706303	5,06046648
10132	1	2003.02.28	-2,199	1,894	1,907	2,199	40,952995	2,91071297

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10608	2	2002.04.11	-0,594	0,664	-0,52	0,594	-41,220477	0,78945298
10582	2	2002.04.11	-0,622	-0,524	0,656	0,622	46,547539	0,90400221
10555	2	2002.04.11	-0,67	-0,58	0,58	0,67	40,9025461	0,88617154
10524	2	2002.04.11	-0,718	-0,589	0,752	0,718	46,348469	1,03972496
10494	2	2002.04.11	-0,654	0,677	-0,55	0,654	-40,083438	0,85452677
10469	2	2002.04.11	-0,908	0,901	-0,924	0,908	-45,523466	1,29546903
10448	2	2002.04.11	-1,015	-0,295	0,613	1,015	31,1452838	1,18574618
10422	2	2002.04.11	-0,592	-0,59	-0,557	0,592	-43,277177	0,81284254
10393	2	2002.04.11	-0,27	0,11	-0,068	0,27	-14,143232	0,27843132
10367	2	2002.04.11	-0,182	-0,291	-0,225	0,182	-51,056873	0,28939419
10343	2	2002.04.11	-0,393	-0,207	-0,14	0,393	-19,617578	0,4171918
10319	2	2002.04.11	-0,245	-0,247	0,179	0,245	36,1706586	0,3034238
10294	2	2002.04.11	-0,615	0,625	-0,587	0,615	-43,687712	0,85017292

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10608	2	2002.07.25	-1	-1,437	0,601	1	31,0215938	1,16670519
10582	2	2002.07.25	-1,505	1,245	-0,968	1,505	-32,765304	1,789427
10555	2	2002.07.25	-1,962	1,291	-1,201	1,962	-31,488034	2,30040105
10524	2	2002.07.25	-1,453	1,182	-1,4	1,453	-43,958027	2,01772372
10494	2	2002.07.25	-1,331	1,357	1,118	1,331	40,0495531	1,73824193
10469	2	2002.07.25	-1,286	1,201	1,149	1,286	41,8009634	1,72452805
10448	2	2002.07.25	-1,321	0,581	-0,605	1,321	-24,619615	1,45295079
10422	2	2002.07.25	-0,723	0,678	-0,609	0,723	-40,128571	0,94530947
10393	2	2002.07.25	-0,698	0,465	0,334	0,698	25,5845526	0,77379584
10367	2	2002.07.25	-0,515	0,47	-0,655	0,515	-51,849748	0,83321666
10343	2	2002.07.25	-0,715	0,437	-0,371	0,715	-27,437856	0,80552219
10319	2	2002.07.25	-0,746	0,942	-0,643	0,746	-40,779721	0,98486801
10294	2	2002.07.25	-0,766	0,742	0,72	0,766	43,2488671	1,051264
10264	2	2002.07.25	-0,723	-0,67	0,624	0,723	40,8172021	0,95504188
10234	2	2002.07.25	-0,588	0,734	-0,549	0,588	-43,057308	0,80445323
10212	2	2002.07.25	-0,621	-0,671	-0,64	0,621	-45,886496	0,89176286
10188	2	2002.07.25	-0,715	-0,634	0,825	0,715	49,1105137	1,09171883
10163	2	2002.07.25	-0,736	0,754	-0,85	0,736	-49,136199	1,12436471
10142	2	2002.07.25	-2,645	1,817	-1,509	2,645	-29,720275	3,0451775
10132	2	2002.07.25	-1,464	-1,55	1,205	1,464	39,4773802	1,89613317

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10608	2	2002.10.18	-1,343	-1,66	0,871	1,343	32,9820663	1,60071547
10582	2	2002.10.18	-2,786	2,137	-1,805	2,786	-32,955193	3,31961157
10555	2	2002.10.18	-3,233	2,292	-1,808	3,233	-29,230175	3,70420747
10524	2	2002.10.18	-2,233	1,864	-2,068	2,233	-42,82474	3,04350341
10494	2	2002.10.18	-2,161	1,926	1,726	2,161	38,6340984	2,76568201
10469	2	2002.10.18	-1,539	1,485	1,375	1,539	41,7999809	2,06376985
10448	2	2002.10.18	-1,92	1,254	-0,77	1,92	-21,863926	2,0686469
10422	2	2002.10.18	-1,581	0,806	-0,675	1,581	-23,131542	1,71906544
10393	2	2002.10.18	-1,313	0,873	0,704	1,313	28,2134753	1,48982717
10367	2	2002.10.18	-0,97	0,606	-1,074	0,97	-47,937035	1,44719591
10343	2	2002.10.18	-1,23	0,697	-0,656	1,23	-28,086726	1,394
10319	2	2002.10.18	-1,287	1,599	-1,083	1,287	-40,100667	1,68203983
10294	2	2002.10.18	-1,474	1,468	1,51	1,474	45,7143777	2,11016018
10264	2	2002.10.18	-0,945	-0,848	0,927	0,945	44,4716412	1,32376508
10234	2	2002.10.18	-1,485	0,835	-0,731	1,485	-26,222283	1,65516948
10212	2	2002.10.18	-0,761	-0,915	-0,82	0,761	-47,16109	1,11871399
10188	2	2002.10.18	-1,467	-1,261	1,462	1,467	44,9249674	2,07111878
10163	2	2002.10.18	-1,754	1,682	-1,504	1,754	-40,632652	2,31052635
10142	2	2002.10.18	-4,0098	3,129	-2,273	4,0098	-29,562205	4,60923259
10132	2	2002.10.18	-2,376	-2,368	1,847	2,376	37,8791586	3,00944929

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10319	2	2003.02.28	-1,972	2,223	-1,578	1,972	-38,686506	2,5256421
10294	2	2003.02.28	-1,696	1,792	1,87	1,696	47,8177258	2,52454273
10264	2	2003.02.28	-1,267	-0,988	1,214	1,267	43,7984173	1,75473217
10234	2	2003.02.28	-2,121	0,977	-1,136	2,121	-28,187632	2,40606255
10212	2	2003.02.28	-1,019	-1,591	-0,95	1,019	-43,014802	1,39314787

10188	2	2003.02.28	-2,254	-1,845	2,046	2,254	42,2520618	3,04411432
10163	2	2003.02.28	-3,158	2,642	-2,253	3,158	-35,523065	3,87930058
10142	2	2003.02.28	-5,14	2,96	-2,93	5,14	-29,699879	5,91646009
10132	2	2003.02.28	-3,107	-3,148	2,504	3,107	38,8858224	3,99042166

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10608	3	2002.04.11	-0,813	0,75	-0,716	0,813	-41,390995	1,08333974
10582	3	2002.04.11	-0,838	0,77	-0,695	0,838	-39,690927	1,0887006
10555	3	2002.04.11	-0,995	-0,643	-0,617	0,995	-31,819203	1,17077496
10524	3	2002.04.11	-0,808	-0,719	-0,661	0,808	-39,305471	1,04392768
10494	3	2002.04.11	-0,689	-0,575	0,68	0,689	44,6459685	0,9680501
10469	3	2002.04.11	-1,011	-0,939	0,91	1,011	42,0116415	1,36022829
10448	3	2002.04.11	-0,892	-0,918	-0,812	0,892	-42,333492	1,20623712
10422	3	2002.04.11	-0,78	-0,722	-0,706	0,78	-42,170512	1,05206274
10393	3	2002.04.11	-0,739	-0,587	-0,732	0,739	-44,750037	1,04016585
10367	3	2002.04.11	-0,709	-0,871	0,674	0,709	43,5723971	0,97824179
10343	3	2002.04.11	-0,774	-0,638	0,732	0,774	43,4245382	1,06531685
10319	3	2002.04.11	-0,439	-0,614	-0,42	0,439	-43,755078	0,60755329
10294	3	2002.04.11	-0,657	-0,754	-0,665	0,657	-45,369718	0,93481228

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10608	3	2002.07.25	-1,525	1,384	-1,263	1,525	-39,651544	1,98009949
10582	3	2002.07.25	-1,991	1,404	-1,268	1,991	-32,508151	2,3604883
10555	3	2002.07.25	-1,86	-1,247	-1,208	1,86	-33,018946	2,21785121
10524	3	2002.07.25	-1,866	-1,312	-1,381	1,866	-36,523131	2,32144718
10494	3	2002.07.25	-1,439	-1,173	1,268	1,439	41,4064448	1,91795334
10469	3	2002.07.25	-1,912	-1,821	1,7	1,912	41,6620993	2,55846516
10448	3	2002.07.25	-1,218	-1,49	-0,994	1,218	-39,237499	1,57211959
10422	3	2002.07.25	-1,118	-0,81	-0,857	1,118	-37,490882	1,40867775
10393	3	2002.07.25	-0,877	-0,713	-0,878	0,877	-45,055488	1,2409726
10367	3	2002.07.25	-1,497	-1,565	1,397	1,497	43,0427956	2,04758834
10343	3	2002.07.25	-0,992	-0,83	0,857	0,992	40,8448118	1,31092067
10319	3	2002.07.25	-0,776	-1,233	-0,708	0,776	-42,397916	1,05044752
10294	3	2002.07.25	-1,392	-1,506	-1,246	1,392	-41,853417	1,86820234
10264	3	2002.07.25	-0,83	-0,678	-0,64	0,83	-37,654343	1,04809351
10234	3	2002.07.25	-0,397	0,31	0,295	0,397	36,6336172	0,49460489
10212	3	2002.07.25	-0,78	-0,728	0,704	0,78	42,0896137	1,05072166
10188	3	2002.07.25	-0,895	-0,744	0,76	0,895	40,3571102	1,17414863
10163	3	2002.07.25	-1,301	1,157	-0,823	1,301	-32,333441	1,5394577
10142	3	2002.07.25	-1,544	1,716	-1,117	1,544	-35,901893	1,90568229
10132	3	2002.07.25	-1,732	1,535	1,091	1,732	32,2234745	2,0469746

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10608	3	2002.10.18	-1,668	1,583	-1,31	1,668	-38,164436	2,12092527
10582	3	2002.10.18	-2,71	2,338	-1,938	2,71	-35,587706	3,33165785
10555	3	2002.10.18	-2,896	-1,859	-1,877	2,896	-32,965411	3,45107882
10524	3	2002.10.18	-2,468	-2,04	-2,021	2,468	-39,333359	3,18990047
10494	3	2002.10.18	-2,295	-1,822	1,976	2,295	40,7491807	3,02846512
10469	3	2002.10.18	-2,065	-1,99	1,793	2,065	40,9879364	2,73478957
10448	3	2002.10.18	-1,308	-1,708	-1,189	1,308	-42,292949	1,76764957
10422	3	2002.10.18	-1,22	-0,936	-0,954	1,22	-38,043528	1,54871431
10393	3	2002.10.18	-1,033	-1,264	-1,049	1,033	-45,463353	1,47223979
10367	3	2002.10.18	-1,993	-1,865	1,827	1,993	42,5333114	2,7036971
10343	3	2002.10.18	-1,23	-1,086	0,993	1,23	38,934268	1,58080644
10319	3	2002.10.18	-1,057	-1,422	-0,888	1,057	-40,054379	1,38050462
10294	3	2002.10.18	-1,714	-1,759	-1,351	1,714	-38,265097	2,18242915
10264	3	2002.10.18	-1,06	-0,88	-0,819	1,06	-37,710281	1,33953761
10234	3	2002.10.18	-0,909	0,46	0,637	0,909	35,0393852	1,10997748
10212	3	2002.10.18	-1,264	-1,107	0,801	1,264	32,3789534	1,49642808
10188	3	2002.10.18	-1,655	-1,371	1,39	1,655	40,0465014	2,16127856
10163	3	2002.10.18	-2,341	2,267	-1,5	2,341	-32,666352	2,78033829
10142	3	2002.10.18	-2,659	3,232	-1,868	2,659	-35,106596	3,24956997
10132	3	2002.10.18	-2,452	2,28	2,01	2,452	39,3627646	3,17055263

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10319	3	2003.02.28	-1,329	-1,702	-1,108	1,329	-39,838487	1,73029044
10294	3	2003.02.28	-2,182	-2,263	-1,513	2,182	-34,75508	2,65523878
10264	3	2003.02.28	-1,312	-1,139	-1,05	1,312	-38,690072	1,68042971

10234	3	2003.02.28	-1,205	1,08	0,941	1,205	38,0060027	1,52889045
10212	3	2003.02.28	-1,581	-1,363	1,266	1,581	38,7059379	2,02541773
10188	3	2003.02.28	-1,805	-1,521	1,54	1,805	40,4908602	2,37268308
10163	3	2003.02.28	-3,101	2,915	-2,26	3,101	-36,102762	3,83716054
10142	3	2003.02.28	-3,604	3,66	-2,136	3,604	-30,669702	4,1894286
10132	3	2003.02.28	-2,562	2,46	2,21	2,562	40,801981	3,38348105

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10608	4	2002.07.25	0,232	-0,275	0,371	0,232	58,0101457	0,43756714
10582	4	2002.07.25	0,372	0,363	-0,235	0,372	-32,297812	0,44001023
10555	4	2002.07.25	0,206	0,344	-0,29	0,206	-54,639815	0,35571899
10524	4	2002.07.25	0,33	0,2	-0,319	0,33	-44,05131	0,45897821
10494	4	2002.07.25	0,09	0,54	0,411	0,09	77,6878253	0,42073864
10469	4	2002.07.25	0,075	0,13	0,08	0,075	46,8713721	0,10965856
10448	4	2002.07.25	0,28	0,084	-0,12	0,28	-23,210357	0,30463092
10422	4	2002.07.25	0,09	0,075	0,08	0,09	41,6546565	0,12041595
10393	4	2002.07.25	0,356	0,155	0,312	0,356	41,2523835	0,47337089
10343	4	2002.07.25	0,094	0,098	-0,194	0,094	-64,180674	0,21557365
10294	4	2002.07.25	0,07	0,14	0,14	0,07	63,4671239	0,15652476
10234	4	2002.07.25	0,152	0,08	-0,15	0,152	-44,643195	0,21355093
10212	4	2002.07.25	0,085	-0,185	-0,108	0,085	-51,822216	0,13743726
10188	4	2002.07.25	0,092	-0,059	0,164	0,092	60,7394301	0,18804255
10163	4	2002.07.25	0,104	0,062	-0,24	0,104	-66,605073	0,26156452
10142	4	2002.07.25	0,311	0,288	-0,214	0,311	-34,549488	0,37751424
10132	4	2002.07.25	0,173	-0,09	0,117	0,173	34,0877931	0,20884923

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10608	4	2002.10.18	0,277	-0,458	0,47	0,277	59,5167035	0,54555385
10582	4	2002.10.18	0,602	0,557	-0,355	0,602	-30,543379	0,69887696
10555	4	2002.10.18	0,831	0,636	-0,55	0,831	-33,515701	0,99652446
10524	4	2002.10.18	0,617	0,45	-0,694	0,617	-48,385866	0,92861456
10494	4	2002.10.18	0,142	0,58	0,455	0,142	72,7043462	0,47664347
10469	4	2002.10.18	0,12	0,208	0,128	0,12	46,8713721	0,1754537
10448	4	2002.10.18	0,7	0,21	-0,265	0,7	-20,745751	0,7484818
10422	4	2002.10.18	0,144	0,12	0,128	0,144	41,6546565	0,19266551
10393	4	2002.10.18	0,428	0,195	0,376	0,428	41,3204046	0,56970168
10343	4	2002.10.18	0,206	0,234	-0,594	0,206	-70,909333	0,62870661
10294	4	2002.10.18	0,12	0,24	0,31	0,12	68,8736562	0,3324154
10234	4	2002.10.18	0,342	0,18	-0,295	0,342	-40,800856	0,45165141
10212	4	2002.10.18	0,18	-0,336	-0,228	0,18	-51,736065	0,29048924
10188	4	2002.10.18	0,243	-0,16	0,297	0,243	50,7363143	0,3837421
10163	4	2002.10.18	0,756	0,61	-0,58	0,756	-37,514286	0,95285676
10142	4	2002.10.18	0,643	0,553	-0,388	0,643	-31,123461	0,75099467
10132	4	2002.10.18	0,37	-0,321	0,328	0,37	41,5776329	0,49445323

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10294	4	2003.02.28	0,46	0,66	0,57	0,46	51,1217781	0,7324616
10234	4	2003.02.28	0,456	0,36	-0,407	0,456	-41,771487	0,611216
10212	4	2003.02.28	0,257	-0,586	-0,348	0,257	-53,581082	0,43261184
10188	4	2003.02.28	0,443	-0,222	0,401	0,443	42,1725179	0,59753661
10163	4	2003.02.28	1,052	0,845	-0,7	1,052	-33,656827	1,26360753
10142	4	2003.02.28	0,971	0,827	-0,725	0,971	-36,765604	1,21180279
10132	4	2003.02.28	0,661	-0,658	0,526	0,661	38,5310447	0,84474671

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10608	5	2002.07.25	0,11	0,238	-0,304	0,11	-70,143303	0,32328934
10582	5	2002.07.25	0,174	0,08	-0,42	0,174	-67,530707	0,45461632
10555	5	2002.07.25	0,252	-0,43	-0,505	0,252	-63,512548	0,56438373
10524	5	2002.07.25	0,082	-0,217	-0,182	0,082	-65,779428	0,19961964
10494	5	2002.07.25	0,155	-0,302	0,187	0,155	50,3709813	0,2428868
10469	5	2002.07.25	0,35	-0,194	0,24	0,35	34,4564573	0,4243819
10448	5	2002.07.25	0,294	-0,08	-0,48	0,294	-58,542209	0,56288187
10422	5	2002.07.25	0,15	-0,199	-0,32	0,15	-64,918076	0,35341194
10393	5	2002.07.25	0,42	-0,394	-0,36	0,42	-40,621888	0,55317267
10343	5	2002.07.25	0,18	-0,24	0,26	0,18	55,3328979	0,31622777
10294	5	2002.07.25	-0,07	-0,14	-0,14	0,07	-63,467124	0,15652476
10234	5	2002.07.25	0,07	-0,07	0,07	0,07	45,0228247	0,09899495
10212	5	2002.07.25	0,197	-0,379	0,097	0,197	26,2282761	0,21958597

10188	5	2002.07.25	0,233	-0,095	0,145	0,233	31,9109085	0,27443396
10163	5	2002.07.25	0,192	0,204	-0,094	0,192	-26,098831	0,21377558
10142	5	2002.07.25	0,311	0,288	0,214	0,311	34,5494879	0,37751424
10132	5	2002.07.25	0,178	0,12	0,091	0,178	27,0914856	0,19991248

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10608	5	2002.10.18	0,203	0,271	-0,454	0,203	-65,942265	0,49731781
10582	5	2002.10.18	0,29	0,14	-0,7	0,29	-67,530707	0,75769387
10555	5	2002.10.18	0,373	-0,542	-0,745	0,373	-63,436354	0,83315905
10524	5	2002.10.18	0,447	-0,642	-0,474	0,447	-46,702876	0,65152513
10494	5	2002.10.18	0,261	-0,452	0,389	0,261	56,1687936	0,46844637
10469	5	2002.10.18	0,56	-0,31	0,44	0,56	38,1765805	0,71217975
10448	5	2002.10.18	0,228	-0,29	-0,6	0,228	-69,228305	0,6418598
10422	5	2002.10.18	0,15	-0,2	-0,32	0,15	-64,918076	0,35341194
10393	5	2002.10.18	0,46	-0,46	-0,52	0,46	-48,528133	0,6942622
10343	5	2002.10.18	0,42	-0,64	0,42	0,42	45,0228247	0,5939697
10294	5	2002.10.18	0,16	-0,33	-0,24	0,16	-56,338494	0,2884441
10234	5	2002.10.18	0,25	0,14	0,3	0,25	50,2198883	0,39051248
10212	5	2002.10.18	0,287	-0,485	0,152	0,287	27,9205973	0,32476607
10188	5	2002.10.18	0,643	-0,515	0,725	0,643	48,4548563	0,96905831
10163	5	2002.10.18	0,479	0,384	-0,677	0,479	-54,747079	0,829319
10142	5	2002.10.18	0,643	0,553	0,388	0,643	31,1234609	0,75099467
10132	5	2002.10.18	0,375	0,351	0,302	0,375	38,8653549	0,48148624

Lokasyon	Sol tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
10294	5	2003.02.28	0,34	-0,63	-0,66	0,34	-62,776497	0,74242845
10234	5	2003.02.28	0,49	0,44	0,48	0,49	44,4318678	0,68593003
10212	5	2003.02.28	0,59	-0,695	0,422	0,59	35,5924497	0,72538541
10188	5	2003.02.28	0,733	-0,605	0,815	0,733	48,0565764	1,09613594
10163	5	2003.02.28	0,752	0,564	-0,767	0,752	-45,588884	1,07414757
10142	5	2003.02.28	0,971	0,827	0,725	0,971	36,7656044	1,21180279
10132	5	2003.02.28	0,662	0,688	0,5	0,662	37,0820761	0,82960473

Lokasyon	Sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20586	1	2002.05.23	-1,127	0,665	-0,909	1,127	-38,908196	1,44789848
20559	1	2002.05.23	-0,547	0,703	-0,69	0,547	-51,62042	0,88051633
20534	1	2002.05.23	-0,942	0,792	-0,594	0,942	-32,250784	1,11364267
20497	1	2002.05.23	-0,856	-0,564	-0,734	0,856	-40,632916	1,12760454
20467	1	2002.05.23	-0,849	0,636	0,672	0,849	38,3817572	1,08276729
20442	1	2002.05.23	-0,929	0,694	0,61	0,929	33,3065893	1,11136898
20417	1	2002.05.23	-0,783	0,565	0,726	0,783	42,8585018	1,06778509
20390	1	2002.05.23	-0,737	-0,595	0,658	0,737	41,7799354	0,98799443
20376	1	2002.05.23	-0,787	1,14	0,58	0,787	36,4077755	0,97763439
20366	1	2002.05.23	-0,458	0,276	0,36	0,458	38,1876343	0,58254957
20342	1	2002.05.23	-0,91	0,827	-0,789	0,91	-40,947125	1,20441729
20316	1	2002.05.23	-0,849	0,791	-0,702	0,849	-39,605897	1,10163742
20291	1	2002.05.23	-0,933	0,762	-0,731	0,933	-38,097804	1,18526368
20265	1	2002.05.23	-0,869	0,816	0,713	0,869	39,388275	1,1240685
20239	1	2002.05.23	-0,857	-0,771	0,78	0,857	42,328407	1,15881362

Lokasyon	sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20586	1	2002.08.20	-1,843	1,441	-1,569	1,843	-40,429222	2,42041525
20559	1	2002.08.20	-1,537	1,245	-1,21	1,537	-38,230897	1,95613624
20534	1	2002.08.20	-1,541	1,406	-1,275	1,541	-39,623927	2,0000765
20497	1	2002.08.20	-1,659	-1,17	-1,289	1,659	-37,865477	2,10090504
20467	1	2002.08.20	-1,792	1,25	1,275	1,792	35,4496526	2,19929284
20442	1	2002.08.20	-1,567	1,333	1,217	1,567	37,8536499	1,98408115
20417	1	2002.08.20	-1,47	1,148	1,318	1,47	41,9006015	1,97434141
20390	1	2002.08.20	-0,855	-0,677	0,778	0,855	42,3218168	1,15598832
20376	1	2002.08.20	-1,04	1,855	0,777	1,04	36,7826215	1,29820222
20366	1	2002.08.20	-0,869	0,413	0,58	0,869	33,7375909	1,04477797
20342	1	2002.08.20	-1,262	1,095	-1,004	1,262	-38,523975	1,61265619
20316	1	2002.08.20	-1,57	1,555	-1,286	1,57	-39,341134	2,02945707
20291	1	2002.08.20	-1,672	1,388	-1,327	1,672	-38,457131	2,13459903
20265	1	2002.08.20	-1,08	1,059	0,833	1,08	37,661962	1,36392412
20239	1	2002.08.20	-1,143	-0,932	0,906	1,143	38,4216135	1,45852151
20232	1	2002.08.20	-0,944	1,213	0,885	0,944	43,1742773	1,29397102
20192	1	2002.08.20	-0,75	-0,667	0,413	0,75	28,8547397	0,85619449

20160	1	2002.08.20	-1,474	-2,025	-1,349	1,474	-42,486187	1,99811836
20135	1	2002.08.20	-1,741	1,339	-1,457	1,741	-39,945383	2,27022686
20120	1	2002.08.20	-0,8	-0,433	0,578	0,8	35,8662939	0,98695694

Lokasyon	sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20586	1	2002.11.15	-2,591	2,242	-2,196	2,591	-40,303349	3,39642415
20559	1	2002.11.15	-3,045	1,902	-1,96	3,045	-32,78512	3,62127395
20534	1	2002.11.15	-2,321	2,15	-1,966	2,321	-40,286647	3,04174243
20497	1	2002.11.15	-2,482	-1,778	-1,886	2,482	-37,249035	3,11726162
20467	1	2002.11.15	-1,954	1,343	1,439	1,954	36,3877926	2,42669261
20442	1	2002.11.15	-1,806	1,523	1,33	1,806	36,3876452	2,24288564
20417	1	2002.11.15	-1,64	1,223	1,558	1,64	43,5532789	2,26207073
20390	1	2002.11.15	-1,251	-0,836	0,898	1,251	35,6898516	1,53993669
20376	1	2002.11.15	-1,29	1,98	0,909	1,29	35,1883223	1,5780941
20366	1	2002.11.15	-1,381	0,539	0,93	1,381	33,9745359	1,66495075
20342	1	2002.11.15	-1,762	1,525	-1,344	1,762	-37,354223	2,2160731
20316	1	2002.11.15	-1,947	1,91	-1,406	1,947	-35,852605	2,40159218
20291	1	2002.11.15	-2,203	1,67	-1,585	2,203	-35,752138	2,71393331
20265	1	2002.11.15	-1,595	1,551	1,073	1,595	33,9470071	1,92233036
20239	1	2002.11.15	-1,429	-1,118	1,032	1,429	35,8543656	1,76268687
20232	1	2002.11.15	-1,174	1,471	0,965	1,174	39,4393833	1,51970425
20192	1	2002.11.15	-1,41	-1,843	0,886	1,41	32,1602762	1,66526154
20160	1	2002.11.15	-2,604	-3,309	-2,399	2,604	-42,675229	3,54062382
20135	1	2002.11.15	-2,719	2,272	-2,318	2,719	-40,468749	3,57296585
20120	1	2002.11.15	-2,035	-1,144	1,171	2,035	29,9325874	2,34786414

Lokasyon	sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20291	1	2003.03.10	-2,203	1,67	-1,585	2,203	-35,752138	2,71393331
20265	1	2003.03.10	-1,595	1,551	1,073	1,595	33,9470071	1,92233036
20239	1	2003.03.10	-1,717	-1,304	1,158	1,717	34,0142363	2,0710029
20232	1	2003.03.10	-1,693	2,114	1,105	1,693	33,1487889	2,02170077
20192	1	2003.03.10	-1,673	-2,203	1,166	1,673	34,8923188	2,03923638
20160	1	2003.03.10	-3,912	-4,36	-3,399	3,912	-41,007024	5,18236867
20135	1	2003.03.10	-3,885	3,397	-3,453	3,885	-41,651909	5,19773354
20120	1	2003.03.10	-2,923	-3,059	1,748	2,923	30,8957507	3,40579403

Lokasyon	Sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20586	2	2002.05.23	-0,731	0,68	-0,883	0,731	-50,405571	1,1463202
20559	2	2002.05.23	-0,818	0,589	-0,614	0,818	-36,911017	1,02280008
20534	2	2002.05.23	-0,909	0,701	-0,67	0,909	-36,41141	1,12923912
20497	2	2002.05.23	-0,725	-0,627	-0,577	0,725	-38,534487	0,92658189
20467	2	2002.05.23	-0,824	-0,614	0,635	0,824	37,6380443	1,0402889
20442	2	2002.05.23	-0,758	0,723	0,618	0,758	39,210357	0,97800204
20417	2	2002.05.23	-0,773	0,57	0,7	0,773	42,1842011	1,04284659
20390	2	2002.05.23	-0,853	0,848	0,564	0,853	33,4894871	1,02259718
20376	2	2002.05.23	-0,851	0,582	0,884	0,851	46,1130216	1,22705216
20366	2	2002.05.23	-0,588	0,782	0,662	0,588	48,4124991	0,88543097
20342	2	2002.05.23	-0,544	0,809	0,752	0,544	54,1453121	0,92813792
20316	2	2002.05.23	-0,751	0,74	-0,773	0,751	-45,850291	1,07774301
20291	2	2002.05.23	-0,838	0,751	-0,734	0,838	-41,23586	1,1140018
20265	2	2002.05.23	-0,795	0,789	-0,84	0,795	-46,600174	1,15655739
20239	2	2002.05.23	-0,844	0,81	0,802	0,844	43,5604182	1,1642766

Lokasyon	sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20586	2	2002.08.20	-1,327	1,317	-1,415	1,327	-46,86194	1,93988505
20559	2	2002.08.20	-1,418	1,143	-1,204	1,418	-40,354486	1,86019891
20534	2	2002.08.20	-2,451	1,418	-1,498	2,451	-31,448345	2,87252589
20497	2	2002.08.20	-1,631	-1,414	-1,137	1,631	-34,898752	1,98819768
20467	2	2002.08.20	-1,562	-1,161	1,23	1,562	38,2381191	1,9881509
20442	2	2002.08.20	-1,601	1,458	1,188	1,601	36,5953059	1,99362609
20417	2	2002.08.20	-1,444	1,23	1,31	1,444	42,2357966	1,94967587
20390	2	2002.08.20	-1,062	1,032	0,654	1,062	31,6416005	1,24722091
20376	2	2002.08.20	-1,03	0,65	1,04	1,03	45,2997541	1,46372812
20366	2	2002.08.20	-0,829	0,968	0,77	0,829	42,9086083	1,13143316
20342	2	2002.08.20	-0,828	0,997	0,867	0,828	46,3415706	1,19886321
20316	2	2002.08.20	-1,042	0,984	-0,933	1,042	-41,86228	1,39866115
20291	2	2002.08.20	-1,141	0,874	-0,884	1,141	-37,786212	1,44337694
20265	2	2002.08.20	-1,566	1,5	-1,378	1,566	-41,367099	2,08596261

20239	2	2002.08.20	-1,532	1,515	1,496	1,532	44,3413197	2,14127065
20232	2	2002.08.20	-1,235	1,342	0,829	1,235	33,8888672	1,48743605
20192	2	2002.08.20	-0,842	1,157	1,025	0,842	50,6238114	1,32649501
20160	2	2002.08.20	-1,499	1,27	-1,405	1,499	-43,167916	2,05451357
20135	2	2002.08.20	-1,152	1,627	-1,516	1,152	-52,795764	1,90403781
20120	2	2002.08.20	-1,04	-0,84	0,6	1,04	29,9968465	1,20066648

Lokasyon	sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20586	2	2002.11.15	-2,35	2,109	-2,012	2,35	-40,589731	3,09364575
20559	2	2002.11.15	-2,126	1,813	-1,788	2,126	-40,084693	2,77791649
20534	2	2002.11.15	-3,173	2,267	-2,257	3,173	-35,442751	3,89383847
20497	2	2002.11.15	-2,197	-2,006	-1,774	2,197	-38,939392	2,82380683
20467	2	2002.11.15	-1,778	-1,241	1,338	1,778	36,9813405	2,22520291
20442	2	2002.11.15	1,85	1,583	1,348	1,85	36,0972014	2,28901813
20417	2	2002.11.15	-1,534	1,38	1,4	1,534	42,4065348	2,07681391
20390	2	2002.11.15	-1,152	1,212	0,714	1,152	31,8064143	1,35532284
20376	2	2002.11.15	-1,188	0,871	1,187	1,188	44,9986879	1,67937875
20366	2	2002.11.15	-1,304	1,248	0,905	1,304	34,7789912	1,58727471
20342	2	2002.11.15	-1,429	1,317	1,067	1,429	36,7664532	1,78340405
20316	2	2002.11.15	-1,407	1,289	-1,133	1,407	-38,862785	1,80647115
20291	2	2002.11.15	-1,444	0,997	-1,034	1,444	-35,623241	1,77603266
20265	2	2002.11.15	-1,836	1,74	-1,414	1,836	-37,620828	2,31738905
20239	2	2002.11.15	-1,796	1,763	1,766	1,796	44,5400328	2,51880368
20232	2	2002.11.15	-1,478	1,719	1,412	1,478	43,7139036	2,04407143
20192	2	2002.11.15	-1,772	2,594	2,2	1,772	51,1760798	2,82488655
20160	2	2002.11.15	-2,639	2,284	-2,445	2,639	-42,836431	3,59754722
20135	2	2002.11.15	-1,994	2,895	-2,646	1,994	-53,025556	3,31320872
20120	2	2002.11.15	-2,07	-1,706	1,248	2,07	31,1014813	2,41710653

Lokasyon	sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20291	2	2003.03.10	-1,747	1,12	-1,184	1,747	-34,144109	2,11041821
20265	2	2003.03.10	-2,106	1,98	-1,45	2,106	-34,565285	2,55689969
20239	2	2003.03.10	-2,06	2,012	2,036	2,06	44,6869408	2,89635909
20232	2	2003.03.10	-2,059	2,349	1,56	2,059	37,1682081	2,58323073
20192	2	2003.03.10	-2,092	3,138	2,556	2,092	50,7265452	3,30296836
20160	2	2003.03.10	-3,659	3,214	-3,395	3,659	-42,87841	4,99142324
20135	2	2003.03.10	-2,779	4,035	-3,571	2,779	-52,135899	4,5249179
20120	2	2003.03.10	-2,961	-3,175	2,077	2,961	35,0656016	3,61682872

Lokasyon	Sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20586	3	2002.05.23	-0,961	0,811	-0,725	0,961	-37,050506	1,2038048
20559	3	2002.05.23	-0,678	-0,645	-0,654	0,678	-43,990056	0,94201911
20534	3	2002.05.23	-0,723	-0,715	-0,682	0,723	-43,350475	0,99390794
20497	3	2002.05.23	-0,794	-0,625	0,63	0,794	38,4497656	1,01357585
20467	3	2002.05.23	-0,751	-0,669	0,666	0,751	41,5882589	1,00377139
20442	3	2002.05.23	-0,685	-0,699	0,681	0,685	44,8549632	0,965912
20417	3	2002.05.23	-0,773	-0,62	0,637	0,773	39,5106718	1,00164764
20390	3	2002.05.23	-1,504	-0,693	-0,744	1,504	-26,334071	1,67796067
20376	3	2002.05.23	-0,773	0,57	-0,896	0,773	-49,23986	1,18336174
20366	3	2002.05.23	-0,968	0,7	0,608	0,968	32,1491941	1,14310454
20342	3	2002.05.23	-0,91	1,005	0,774	0,91	40,4032908	1,19464472
20316	3	2002.05.23	-0,764	-0,803	-0,764	0,764	-45,022825	1,08045916
20291	3	2002.05.23	-0,969	-0,794	-0,886	0,969	-42,459595	1,31299543
20265	3	2002.05.23	-0,792	-0,856	-0,764	0,792	-43,991384	1,10043628
20239	3	2002.05.23	-0,864	-0,872	0,713	0,864	39,5505725	1,12020757

Lokasyon	sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20586	3	2002.08.20	-1,82	1,431	-1,303	1,82	-35,618223	2,23834962
20559	3	2002.08.20	-1,287	-1,196	-1,191	1,287	-42,803118	1,75352502
20534	3	2002.08.20	-1,641	-1,534	-1,25	1,641	-37,316554	2,06285748
20497	3	2002.08.20	-1,59	-1,27	1,239	1,59	37,9465732	2,01574329
20467	3	2002.08.20	-1,125	-1,367	1,347	1,125	50,1571559	1,75500256
20442	3	2002.08.20	-1,017	-0,936	0,817	1,017	38,7960842	1,30452213
20417	3	2002.08.20	-0,941	-0,72	0,764	0,941	39,093041	1,21209612
20390	3	2002.08.20	-2,165	-1,326	-1,328	2,165	-31,540731	2,53984429
20376	3	2002.08.20	-1,524	1,15	-1,577	1,524	-46,002483	2,19305837
20366	3	2002.08.20	-1,24	0,842	0,672	1,24	28,4692682	1,41038434
20342	3	2002.08.20	-1,214	1,422	1,038	1,214	40,5518185	1,59726015

20316	3	2002.08.20	-1,004	-0,948	-0,998	1,004	-44,851022	1,41563413
20291	3	2002.08.20	-1,675	-1,429	-1,543	1,675	-42,672719	2,27738315
20265	3	2002.08.20	-1,469	-1,573	-1,401	1,469	-43,66486	2,02996601
20239	3	2002.08.20	-1,136	-1,139	0,793	1,136	34,9351932	1,38540427
20232	3	2002.08.20	-0,954	1,274	0,88	0,954	42,7110807	1,29788906
20192	3	2002.08.20	-0,94	-1,025	0,879	0,94	43,1011615	1,28695027
20160	3	2002.08.20	-1,427	-1,78	-1,683	1,427	-49,730911	2,20653983
20135	3	2002.08.20	-1,684	-3,207	-1,486	1,684	-41,446928	2,2458967
20120	3	2002.08.20	-0,709	-0,889	0,55	0,709	37,8213547	0,89731878

Lokasyon	sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20586	3	2002.11.15	-2,132	1,724	-1,444	2,132	-34,12702	2,57498738
20559	3	2002.11.15	-1,953	-1,771	-1,785	1,953	-42,44816	2,64583333
20534	3	2002.11.15	-2,51	-2,15	-1,965	2,51	-38,075577	3,18768333
20497	3	2002.11.15	-1,793	-1,462	1,385	1,793	37,703349	2,26562883
20467	3	2002.11.15	-1,431	-1,529	1,456	1,431	45,5192172	2,04149382
20442	3	2002.11.15	-1,415	-1,231	0,963	1,415	34,2552131	1,71160568
20417	3	2002.11.15	-1,304	-0,879	1,004	1,304	37,6131326	1,64573145
20390	3	2002.11.15	-2,489	-1,608	-1,448	2,489	-30,204434	2,87955292
20376	3	2002.11.15	-1,687	1,402	-1,676	1,687	-44,835322	2,37801283
20366	3	2002.11.15	-1,7	1,047	0,928	1,7	28,6438686	1,93679736
20342	3	2002.11.15	-1,704	1,942	1,368	1,704	38,7777443	2,18518649
20316	3	2002.11.15	-1,369	-1,138	-1,293	1,369	-43,386647	1,88308523
20291	3	2002.11.15	-1,969	-1,606	-1,699	1,969	-40,810763	2,60068491
20265	3	2002.11.15	-1,737	-1,792	-1,539	1,737	-41,562346	2,32070894
20239	3	2002.11.15	-1,409	-1,421	0,874	1,409	31,827383	1,6580582
20232	3	2002.11.15	-1,234	1,533	1,472	1,234	50,0517583	1,92081753
20192	3	2002.11.15	-1,724	-1,767	1,691	1,724	44,4688976	2,4148824
20160	3	2002.11.15	-2,779	-3,018	-2,835	2,779	-45,594625	3,96989496
20135	3	2002.11.15	-2,882	-4,385	-2,466	2,882	-40,57271	3,79303045
20120	3	2002.11.15	-1,435	-1,574	1,182	1,435	39,4980813	1,85912587

Lokasyon	sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20291	3	2003.03.10	-2,263	-1,783	-1,855	2,263	-39,361714	2,92612269
20265	3	2003.03.10	-2,016	-2,011	-1,677	2,016	-39,77538	2,62232435
20239	3	2003.03.10	-1,591	-1,703	0,955	1,591	30,9900579	1,85561472
20232	3	2003.03.10	-1,753	2,175	1,611	1,753	42,604484	2,38082549
20192	3	2003.03.10	-2,14	-2,159	1,847	2,14	40,817648	2,82683728
20160	3	2003.03.10	-4,029	-4,248	-3,9	4,029	-44,090267	5,60739164
20135	3	2003.03.10	-4,047	-5,45	-3,466	4,047	-40,59855	5,32835481
20120	3	2003.03.10	-2,401	-3,463	1,896	2,401	38,3165509	3,05934911

Lokasyon	Sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20586	4	2002.08.20	0,64	0,74	-0,096	0,64	-8,5350925	0,64715995
20559	4	2002.08.20	0,482	0,233	-0,182	0,482	-20,696696	0,51521646
20534	4	2002.08.20	0,634	0,42	-0,514	0,634	-39,052363	0,81618135
20497	4	2002.08.20	0,39	-0,186	-0,23	0,39	-30,545191	0,45276926
20467	4	2002.08.20	0,211	-0,241	0,211	0,211	45,0228247	0,29839906
20442	4	2002.08.20	0,154	0,221	0,166	0,154	47,1714994	0,22643321
20417	4	2002.08.20	0,126	0,142	0,139	0,126	47,832734	0,18760864
20390	4	2002.08.20	0,172	0,18	0,129	0,172	36,8885986	0,215
20366	4	2002.08.20	0,196	0,132	0,173	0,196	41,4543481	0,26142877
20342	4	2002.08.20	0,115	0,133	0,136	0,115	49,8077829	0,1781039
20316	4	2002.08.20	0,17	0,17	-0,15	0,17	-41,444676	0,22671568
20291	4	2002.08.20	0,109	0,105	-0,117	0,109	-47,051176	0,15990622
20265	4	2002.08.20	0,114	0,113	-0,123	0,114	-47,198672	0,1677051
20239	4	2002.08.20	0,163	0,249	0,178	0,163	47,5428207	0,24135658
20232	4	2002.08.20	0,126	0,154	0,08	0,126	32,4287466	0,14925147
20192	4	2002.08.20	0,09	0,23	0,18	0,09	63,4671239	0,20124612
20160	4	2002.08.20	0,129	0,196	-0,169	0,129	-52,671716	0,21260762
20135	4	2002.08.20	0,188	0,315	-0,341	0,188	-61,162195	0,38939055
20120	4	2002.08.20	0,4	-0,36	0,195	0,4	26,0024157	0,445

Lokasyon	Sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20586	4	2002.11.15	0,85	0,97	-0,646	0,85	-37,25372	1,06762166
20559	4	2002.11.15	-0,582	0,357	-0,328	0,582	-29,419387	0,66806287
20534	4	2002.11.15	0,886	0,522	-0,665	0,886	-36,909297	1,10780007
20497	4	2002.11.15	0,59	-0,355	-0,483	0,59	-39,325204	0,76248869

20467	4	2002.11.15	0,359	-0,383	0,391	0,359	47,467202	0,53081258
20442	4	2002.11.15	0,296	0,347	0,32	0,296	47,2551309	0,43590825
20417	4	2002.11.15	0,369	0,229	0,275	0,369	36,714208	0,46020213
20390	4	2002.11.15	0,341	0,346	0,317	0,341	42,9328755	0,46558565
20366	4	2002.11.15	0,297	0,262	0,277	0,297	43,0262512	0,4061256
20342	4	2002.11.15	0,205	0,224	0,271	0,205	52,9208697	0,33980288
20316	4	2002.11.15	0,286	0,277	-0,292	0,286	-45,617871	0,40872974
20291	4	2002.11.15	0,219	0,215	-0,235	0,219	-47,042248	0,32122578
20265	4	2002.11.15	0,272	0,268	-0,213	0,272	-38,083385	0,34547504
20239	4	2002.11.15	0,327	0,374	0,273	0,327	39,8774516	0,42597887
20232	4	2002.11.15	0,49	0,464	0,265	0,49	28,419654	0,55706822
20192	4	2002.11.15	0,278	0,35	0,28	0,278	45,2282892	0,39456812
20160	4	2002.11.15	0,085	0,356	-0,335	0,085	-75,801147	0,34561539
20135	4	2002.11.15	0,391	0,571	-0,639	0,391	-58,567495	0,74913417
20120	4	2002.11.15	0,555	-0,435	0,363	0,555	33,2036882	0,66316966

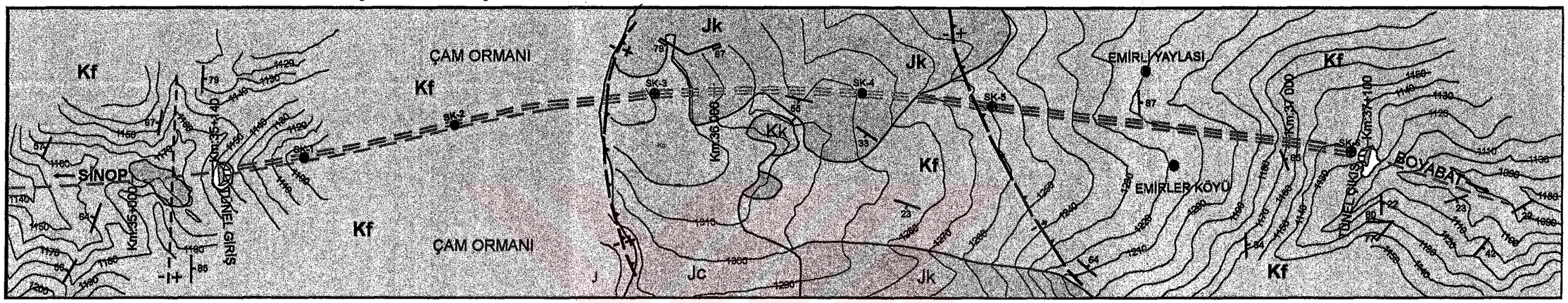
Lokasyon	Sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20291	4	2003.03.10	0,313	0,309	-0,327	0,313	-46,276606	0,4526566
20265	4	2003.03.10	0,357	0,355	-0,28	0,357	-38,126906	0,45370585
20239	4	2003.03.10	0,432	0,444	0,38	0,432	41,3567818	0,57534685
20232	4	2003.03.10	0,623	0,616	0,486	0,623	37,9769142	0,79014239
20192	4	2003.03.10	0,454	0,472	0,37	0,454	39,1991481	0,58567568
20160	4	2003.03.10	0,426	0,62	-0,673	0,426	-57,695986	0,79649545
20135	4	2003.03.10	0,76	0,972	-0,861	0,76	-48,589965	1,14844286
20120	4	2003.03.10	0,77	-0,64	0,531	0,77	34,6080946	0,93534005

Lokasyon	Sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20586	5	2002.08.20	0,562	0,782	-0,691	0,562	-50,903864	0,89068794
20559	5	2002.08.20	0,215	-0,111	-0,123	0,215	-29,788674	0,2476974
20534	5	2002.08.20	0,218	-0,19	-0,118	0,218	-28,44041	0,24788707
20497	5	2002.08.20	0,207	-0,165	0,081	0,207	21,3814618	0,2222836
20467	5	2002.08.20	0,198	-0,235	0,175	0,198	41,4925188	0,26425177
20442	5	2002.08.20	0,116	-0,17	0,171	0,116	55,8768271	0,20663252
20417	5	2002.08.20	0,133	-0,152	0,082	0,133	31,6716052	0,1562466
20390	5	2002.08.20	0,134	-0,195	-0,154	0,134	-48,997336	0,20413721
20366	5	2002.08.20	0,166	0,142	0,172	0,166	46,0403185	0,23903975
20342	5	2002.08.20	0,176	0,134	0,114	0,176	32,9489347	0,20969502
20316	5	2002.08.20	0,131	-0,145	-0,158	0,131	-50,362932	0,20524376
20291	5	2002.08.20	0,126	-0,087	-0,114	0,126	-42,158968	0,16991763
20265	5	2002.08.20	0,155	-0,101	-0,062	0,155	-21,812467	0,16694011
20239	5	2002.08.20	0,143	-0,11	0,103	0,143	35,7825812	0,1762328
20232	5	2002.08.20	0,127	0,079	0,258	0,127	63,823728	0,28756391
20192	5	2002.08.20	0,16	-0,1	0,17	0,16	46,7594096	0,23345235
20160	5	2002.08.20	0,28	-0,29	-0,243	0,28	-40,974084	0,37074115
20135	5	2002.08.20	0,401	-0,293	-0,378	0,401	-43,330798	0,55107622
20120	5	2002.08.20	0,202	-0,414	0,138	0,202	34,3570693	0,24463851

Lokasyon	Sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20586	5	2002.11.15	0,77	0,936	-0,827	0,77	-47,06799	1,12996858
20559	5	2002.11.15	0,405	-0,246	-0,273	0,405	-34,000125	0,4884199
20534	5	2002.11.15	0,363	-0,407	-0,272	0,363	-36,863323	0,45360004
20497	5	2002.11.15	-0,402	-0,444	0,391	0,402	44,2277013	0,56078962
20467	5	2002.11.15	0,338	-0,358	0,365	0,338	47,2234084	0,49746256
20442	5	2002.11.15	0,337	-0,414	0,313	0,337	42,9071762	0,4599326
20417	5	2002.11.15	0,243	-0,231	0,363	0,243	56,2293036	0,4368272
20390	5	2002.11.15	0,439	-0,404	-0,475	0,439	-47,279529	0,64679672
20366	5	2002.11.15	0,275	0,254	0,225	0,275	39,309335	0,35531676
20342	5	2002.11.15	0,297	0,19	0,189	0,297	32,4876622	0,35203693
20316	5	2002.11.15	0,23	-0,519	-0,291	0,23	-51,704143	0,37091913
20291	5	2002.11.15	0,359	-0,171	-0,198	0,359	-28,89279	0,40998171
20265	5	2002.11.15	0,245	-0,235	-0,162	0,245	-33,490632	0,29371585
20239	5	2002.11.15	0,243	-0,178	0,214	0,243	41,3900143	0,32379778
20232	5	2002.11.15	0,418	0,319	0,365	0,418	41,148509	0,55493153
20192	5	2002.11.15	0,313	-0,304	0,285	0,313	42,3406773	0,42331312
20160	5	2002.11.15	0,465	-0,53	-0,529	0,465	-48,708672	0,70431953
20135	5	2002.11.15	1,124	-0,613	-0,57	1,124	-26,904	1,26026823
20120	5	2002.11.15	0,361	-0,539	0,234	0,361	32,9679981	0,43020576

Lokasyon	Sağ tüp							
Ölçüm Kesiti (m)	Ölçüm Noktası	Tarih	Oturma	Yatay Yerdeğiştirme	Boyuna Yerdeğiştirme	Mutlak Oturma	Yerdeğiştirme Açısı	Yerdeğiştirme Bileşkesi
20291	5	2003.03.10	0,501	-0,381	-0,307	0,501	-31,51488	0,58757978
20265	5	2003.03.10	0,357	-0,328	-0,272	0,357	-37,322869	0,44881288
20239	5	2003.03.10	0,338	-0,247	0,292	0,338	40,844616	0,44666318
20232	5	2003.03.10	0,626	0,525	0,496	0,626	38,4103936	0,79868141
20192	5	2003.03.10	0,503	-0,444	0,365	0,503	35,9846126	0,62147727
20160	5	2003.03.10	0,705	-0,79	-0,76	0,705	-47,173942	1,03664121
20135	5	2003.03.10	1,271	-1,152	-1,102	1,271	-40,947153	1,68221431
20120	5	2003.03.10	0,526	-0,669	0,414	0,526	38,2246799	0,6693818

DİYOJEN (SİNOP) TÜNELİ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ HARİTASI



AÇIKLAMALAR

	Qg	**Alüvyon**
Çağlayan Formasyonu	Kf	**Fliş Fasiyesi** Kumtaşı-siltaşı ve kiltaşı ardalanması genellikle zayıf dayanımlı kayaç
Akkaya Kireçtaşı	Jk	**Kireçtaşı** Kalsirudit, kalkarenit ve kalsilutit ve kalkerli çamurtaşı, masif görünümlü, orta dayanımlı kayaç.
Bürnük Formasyonu	Jc	**Çakıltaşı** Kırmızı renkli, yer yer killi zonlar mevcut, kötü boylanmış kalkerli çakıllar içeren, orta dayanımlı kayaç.

Dokanak Sınırı

Bindirme Zonu

Olası Fay

Tabaka Doğrultu ve Eğim

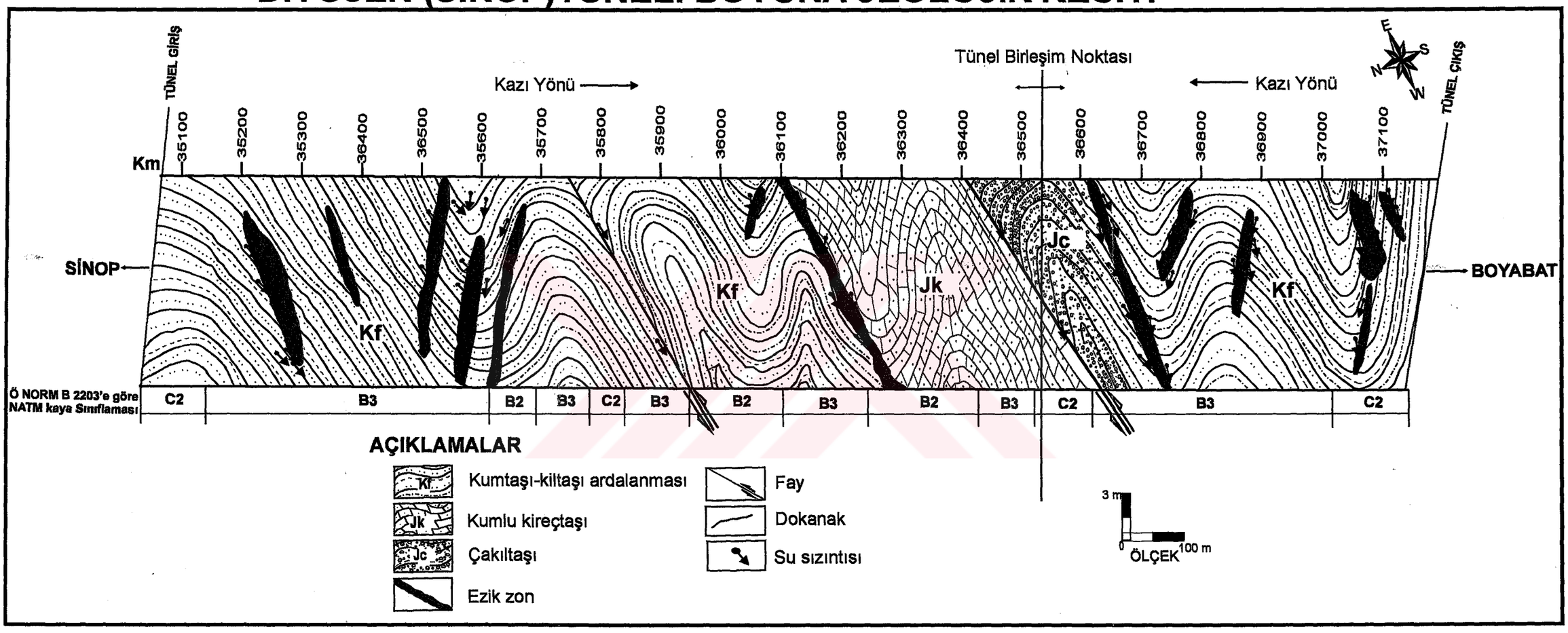
Sondaj Yeri

Yerleşim Yeri

0 40 80 120 m
Ölçek

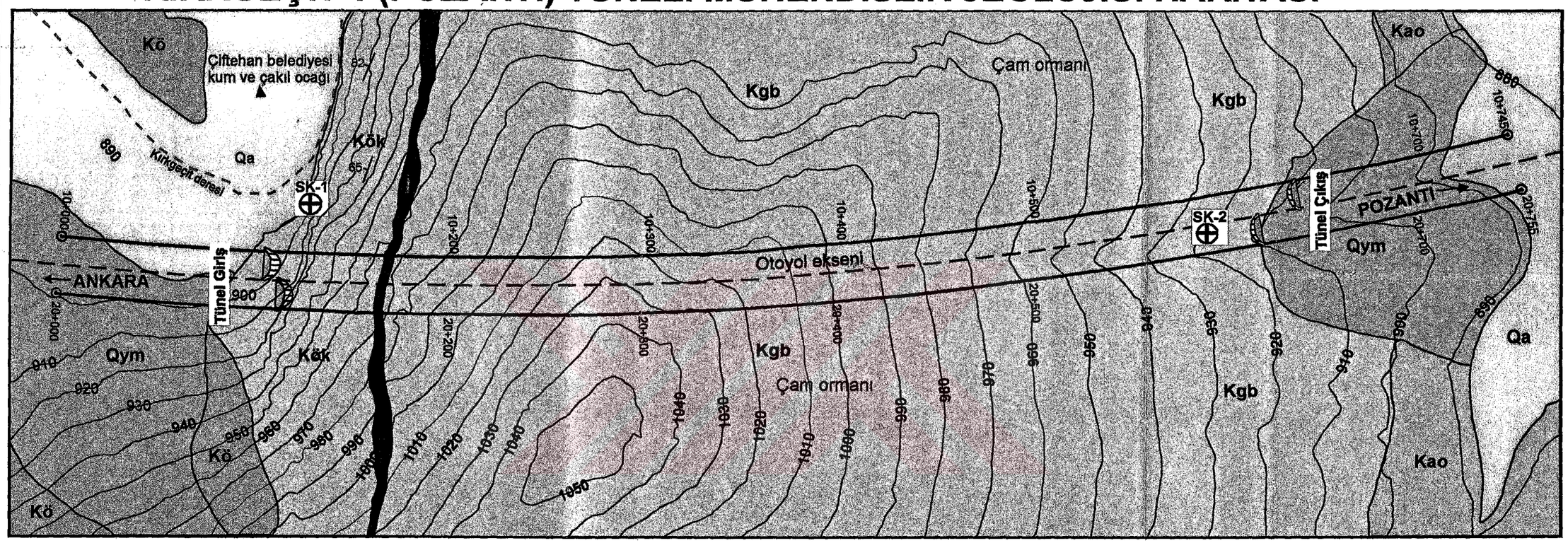
EK.1

DİYOJEN (SİNOP)TÜNELİ BOYUNA JEOLOJİK KESİTİ



EK.4

KIRKGEÇİT-1 (POZANTI) TÜNELİ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ HARİTASI



AÇIKLAMALAR

- **Qa** — **Alüvyon**
- **Qym** — **Yamaç molozu**
- **Çamurtaşı** — Volkanik elemanlı aşırı kırıklı, ufalanmış kaya

Ömerli Formasyonu

- **Kö** — **Fliş Fasiyesi**: Kumtaşı, silttaşı, kiltaşı marn ardalanmalı, orta dayanımlı
- **Kök** — **Biyomikritik Kireçtaşı**: Bordo renkli, orta ince tabakalı, ayrışmamış dayanımlı

Alihoca Ofiyoliti

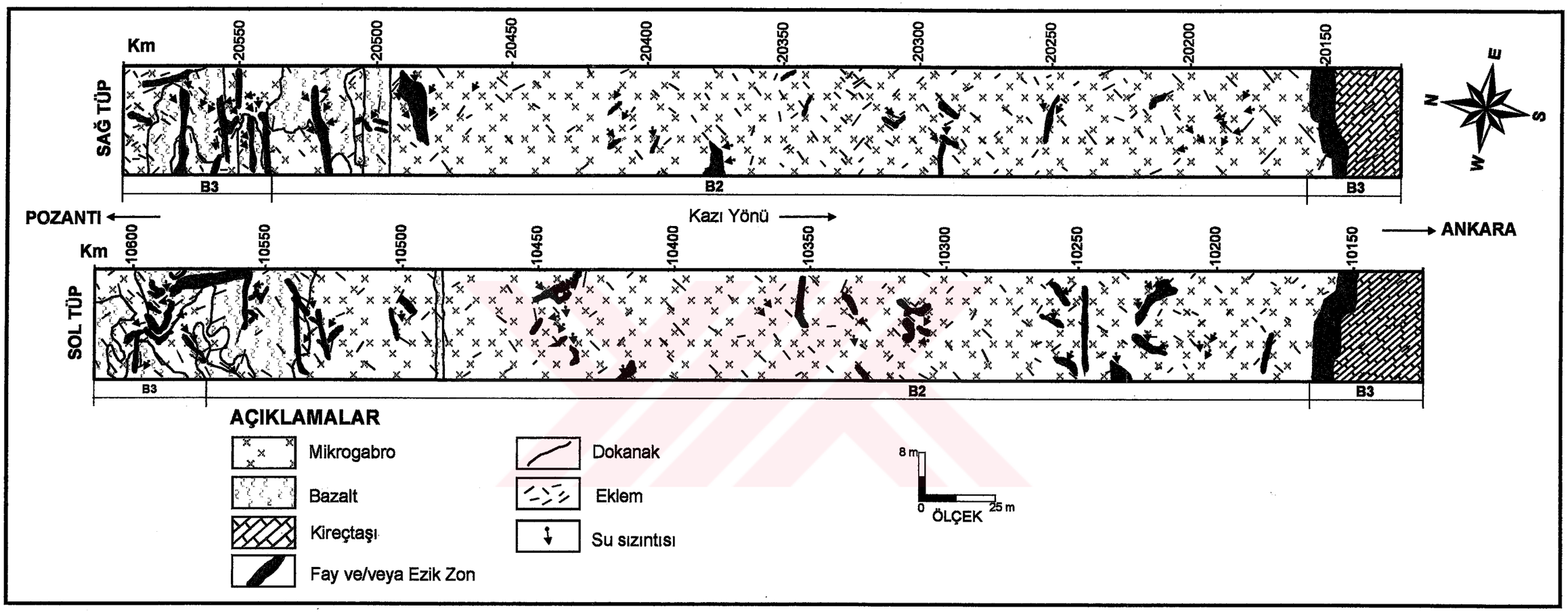
- **Kgb** — **Mikrogabro-Bazalt, tüf ve aglomeraları**: Yeşilimsi gri renkli, yer yer ayrışmış, orta dayanımlı
- **KaO** — **Ofiyolitik melanj**: Koyu yesil renkli ezilmiş ve ayrışmış, zayıf dayanımlı

- **Dokanak sınırı**
- **Bindirme zonu**
- **Tabaka doğrultu ve eğimi** (22)
- **Sondaj Kuyusu** (SK-2)

0 20 40 m
Ölçek

EK.5

KIRKGEÇİT-1 (POZANTI) TÜNELİ BOYUNA JEOLOJİK KESİTİ



EK.8