

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTALYA – MERSİN ARASI HIZLI TREN PROJESİ GEÇKİ SEÇENEKLERİNİN
BELİRLENMESİ (1. KISIM: ANTALYA-OVACIK ARASI)**

Deniz Pınar ÖNDER

Cilt: 1

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2012

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTALYA – MERSİN ARASI HIZLI TREN PROJESİ GEÇKİ
SEÇENEKLERİNİN BELİRLENMESİ (1. KISIM: ANTALYA-OVACIK ARASI)**

Deniz Pınar ÖNDER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2012

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTALYA – MERSİN ARASI HIZLI TREN PROJESİ GEÇKİ
SEÇENEKLERİNİN BELİRLENMESİ (1. KISIM: ANTALYA-OVACIK ARASI)**

Deniz Pınar ÖNDER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 2008.02.0121.025 nolu proje olarak Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

2012

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTALYA – MERSİN ARASI HIZLI TREN PROJESİ GEÇKİ
SEÇENEKLERİNİN BELİRLENMESİ (1. KISIM: ANTALYA-OVACIK ARASI)

Deniz Pınar ÖNDER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez ../../2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (.....) not takdir edilerek
Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr.Yasemin LEVENTELİ
(Danışman)

Yrd.Doç.Dr. Bekir Taner SAN.....

Yrd.Doç.Dr. Nihat DİPOVA

ÖZET

ANTALYA – MERSİN ARASI HIZLI TREN PROJESİ GEÇKİ SEÇENEKLERİNİN BELİRLENMESİ (1. KISIM: ANTALYA-OVACIK ARASI)

Deniz Pınar ÖNDER

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Yasemin LEVENTELİ

Ekim 2012, 149 Sayfa

Antalya – Mersin (Çukurova) arasında hızlı tren gibi çağdaş bir ulaşım sistemine öteden beri gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında; Antalya-Mersin arasındaki bu ulaşım sorununun giderilmesine yönelik hızlı tren geçki seçeneklerinin önerilmesi ve önerilen bu geçki seçeneklerinin MEZE (Maliyet, Emniyet, Zaman, Estetik-Çevre) açısından irdelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda literatür taraması, arazi ve büro çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada bölgenin morfolojik ve jeolojik özellikleri göz önünde tutularak olası geçkiler (KUZEY ve GÜNEY) belirlenmiştir. Belirlenen KUZEY geçkisi 385 km, GÜNEY geçkisi ise 402 km'dir. GÜNEY geçki seçeneğine oranla daha kısa olmasına rağmen, KUZEY geçki seçeneğinin çok daha pahalı sanat yapıları (toplam uzunluğu 187 337 m olan 12 adet tünel) içermesi nedeniyle terk edilmiştir. Sonrasında GÜNEY geçkisine odaklanarak, geçkinin hidrojeolojik, mühendislik jeolojisi ve jeoteknik özellikleri detaylandırılmıştır. Toplam uzunluğu yaklaşık 60 km (59 431 m) olan 21 adet tünel, yine toplam uzunluğu 65 km olan 21 adet viyadük (yüksekliği ≥ 20 m) yer almaktadır. Ayrıca birçok yarma, yer yer aç-kapa tünel ve köprü de bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Antalya–Mersin, hızlı tren, tünel, mühendislik jeolojisi, jeoteknik

JÜRİ

Yrd. Doç. Dr. Yasemin LEVENTELİ

Yrd. Doç. Dr. Bekir Taner SAN

Yrd. Doç. Dr. Nihat DİPOVA

ABSTRACT

ROUTE SELECTION FOR A HIGH-SPEED RAIL PROJECT BETWEEN ANTALYA AND MERSİN (PART 1: FROM ANTALYA TO OVACIK)

Deniz Pınar ÖNDER

MSc. Thesis in, Department of Geological Engineering

Adviser: Asst. Prof. Dr. Yasemin LEVENTELİ

October 2012, 149 Pages

The necessity of a modern transportation system such as high-speed rail between Antalya and Mersin (Çukurova) has been continuing for a long time. It is aimed to eliminate this transportation problem; to determine alternative routes for high-speed rail and to examine these routes in terms of TESC (Time, Environment, Safety, Cost), in this thesis study. Literature review, field and office studies were performed, for this purpose. The alternative routes, the NORTH route and the SOUTH route, were determined based on morphological and geological characteristics of the region, in the first stage. The NORTH route is 385 km, the SOUTH route is 402 km. Although the NORTH route is shorter than the SOUTH one; it has been abandoned because it has much more expensive engineering structures such as 12 tunnels with 187 337 m length. After that, the hydrogeological, engineering geological and geotechnical properties of the SOUTH route were detailed. This route has 21 tunnels with 60 km (59 431 m) length and 21 viaducts ($h \geq 20$ m) with 65 km length. Besides, it has a lot of open cuts, cut and cover tunnels and bridges.

Keywords: Antalya–Mersin, high-speed rail, tunnel, engineering geology, geotechnics.

COMMITTEE

Asst. Prof. Dr. Yasemin LEVENTELİ

Asst. Prof. Dr. Bekir Taner SAN

Asst. Prof. Dr. Nihat DİPOVA

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım süresince beni yönlendirip tavsiyeleri ile bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen, her türlü desteği veren değerli hocam ve danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Yasemin LEVENTELİ'ye çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının her aşamasında bilgi ve deneyiminden yararlandığım Sayın Prof. Dr. İlyas YILMAZER'e teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım sırasında lojistik destek sağlayan Doç. Dr. Tolga ÇAN'a teşekkür ederim.

Kaynak erişiminde yardımlarını esirgemeyen MTA (Ankara) Jeoloji Müh. Sayın Dr. Selim ÖZALP'e teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca ve yüksek lisans öğretimim süresinde; ilk günden beri beni teşvik eden, bugünlere gelmemin en büyük etkeni olan, maddi ve manevi her türlü destekleriyle yanımda olan canım aileme; hayatımın anlamları olan, annem Zehra ÖNDER'e ve babam Zekai ÖNDER'e, arazi çalışmalarım yanımda olup tüm lokasyonlara bizi ulaştıran ve bu sürede espirileriyle beni güldüren canım kardeşim Ömer ÖNDER'e, bir aبلaya sahip olmanın mutluluğunu yaşatan, en ihtiyacım olan anlarda yanımda olan sırdaşım, canım ablam Sibel ÖNDER'e, varlığıyla hayatıma anlam katıp beni mutlu eden köpeğim COOPER'ıma sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca bana çok destek olan ve her an yardımına koşan arkadaşım Mustafa DURMAZ'a, bu sürede en çok ihtiyacım olduğunda hep yanımda olup yardımcı olan ve bana destek vererek manevi açıdan ayakta tutan Cem KARADAĞ'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, olumlu eleştirileriyle tez çalışmalarına yön veren sayın Yrd.Doç.Dr. Nihat DİPOVA ve sayın Yrd.Doç.Dr. Bekir Taner SAN'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışma Alanının Coğrafik ve Jeomorfolojik Durumu.....	6
1.2 Çalışma Alanının İklim Durumu.....	9
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	16
2.1 Çalışma Bölgesinin Genel Jeolojisi İle İlgili Kaynak Taramaları.....	16
2.2 Ulaşım Sistemleri ve Yer Seçimi İle İlgili Kaynak Taramaları.....	24
2.3 Türkiye’de Demiryolunun Tarihi Gelişimi.....	26
2.3.1 Cumhuriyet öncesi.....	26
2.3.2 Cumhuriyet sonrası.....	27
2.3.3 Günümüzde demiryolları.....	30
2.4 Tekray Hızlı Yolcu Treni.....	31
2.4.1 Avantajları.....	33
2.4.2 Dezavantajları	33
2.5 Karayolu Yolcu Taşımacılığı Genel Bilgi ve Veriler.....	34
2.6 Tünellerin Jeoteknik Etüdü.....	35
2.7 Öneri Geçki Alanının Genel Jeolojisi.....	38
2.8 Çalışma Alanının Yapısal Özellikleri.....	45
2.9 Çalışma Alanının Depremselliği.....	46
3. MATERYAL VE METOT	52
3.1 Materyal.....	52
3.2 Metot.....	52
3.2.1 Arazi öncesi çalışmalar	52
3.2.2 Arazi çalışmaları	52
3.2.3 Büro çalışmaları	53
4. BULGULAR	55

4.1 Çalışma Alanının Genel Jeolojisi.....	55
4.1.1 İstifsel ilişki.....	55
4.1.1.1 Triyas yerleşim yaşı karmaşık (Trk)	55
4.1.1.2 Kretase yerleşim yaşı karmaşık (Kk)	58
4.1.1.3 Paleosen yaşı tortullar (Pat)	58
4.1.1.4 Eosen yaşı tortullar (Eot)	60
4.1.1.5 Miyosen yaşı tortullar (Mit).....	60
4.1.1.6 Pliyosen yaşı tortullar (Plt)	60
4.1.1.7 Tufa (Pl-Qt).....	60
4.1.1.8 Kalış (Pl-Qk).....	63
4.1.1.9 Seki çökelleri (Qs).....	63
4.1.1.10 Yamaç molozu (Qy).....	63
4.1.1.11 Güncel Çökel (Qg)	63
4.1.1.12 Alüvyon (Qa)	66
4.1.1.13 Plaj çökelleri (Qp)	66
4.2 Kuzey Geçki Seçeneği.....	67
4.3 Güney (Öneri) Geçki Seçeneği.....	74
4.3.1 Öneri geçkinin hidrojeolojisi.....	74
4.3.2 Öneri geçkinin mühendislik jeolojisi	79
4.3.2.1 Triyas yerleşim yaşı karmaşık (Trk):	79
4.3.2.2 Kretase yerleşim yaşı karmaşık (Kk):	80
4.3.2.3 Paleosen yaşı tortullar (Pat):	83
4.3.2.4 Eosen yaşı tortullar (Eot):	83
4.3.2.5 Miyosen yaşı tortullar (Mit):.....	83
4.3.2.6 Pliyosen çökelim yaşı tortul istif (Plt):	83
4.3.2.7 Tufa (Pl-Qt):.....	84
4.3.2.8 Kalış (Pl-Qk):	84
4.3.2.9 Güncel birimler (Qg):.....	85
4.3.2.10 Seki çökelleri (Qs):	85
4.3.2.11 Yamaç molozu (Qy):.....	85
4.3.2.12 Akarsu çökeli (Qa):	85

4.3.3	Öneri geçkinin jeotekniği.....	85
4.3.3.1	Antalya – Alanya.....	87
4.3.3.1.1	Km 0+000 - 38+249.....	87
4.3.3.1.2	Km 38+249 – 39+346 (Tünel 1).....	88
4.3.3.1.3	Km 39+346 – 116+265.....	98
4.3.3.1.4	Km 116+265 – 117+679 (Tünel 2).....	107
4.3.3.1.5	Km 117+679 – 146+621.....	107
4.3.3.2	Alanya – Taşucu.....	108
4.3.3.2.1	Km 146+621 – 148+716 (Tünel 3).....	108
4.3.3.2.2	Km 148+716 – 158+914.....	112
4.3.3.2.3	Km 158+914 – 159+451 (Tünel 4).....	112
4.3.3.2.4	Km 159+451 – 163+187.....	112
4.3.3.2.5	Km 163+187 – 163+819 (Tünel 5).....	112
4.3.3.2.6	Km 163+819 – 177+839.....	113
4.3.3.2.7	Km 177+839 – 179+709 (Tünel 6).....	113
4.3.3.2.8	Km 179+709 – 185+775.....	113
4.3.3.2.9	Km 185+775 – 195+634 (Tünel 7).....	113
4.3.3.2.10	Km 195+634 – 197+868.....	114
4.3.3.2.11	Km 197+868 – 209+884 (Tünel 8).....	114
4.3.3.2.12	Km 209+884 – 212+503.....	114
4.3.3.2.13	Km 212-503 – 213+037 (Tünel 9).....	114
4.3.3.2.14	Km 213+037 – 215+926.....	115
4.3.3.2.15	Km 215+926 – 217+035 (Tünel 10).....	115
4.3.3.2.16	Km 217+035 – 217+535.....	115
4.3.3.2.17	Km 217+535 – 220+534 (Tünel 11).....	115
4.3.3.2.18	Km 220+534 – 224+611.....	116
4.3.3.2.19	Km 224+611 – 229+822 (Tünel 12).....	116

4.3.3.2.20	Km 229+822 – 255+842	116
4.3.3.2.21	Km 255+842 – 260+621 (Tünel 13)	117
4.3.3.2.22	Km 260+621 – 265+558	117
4.3.3.2.23	Km 265+558 – 266+759 (Tünel 14)	117
4.3.3.2.24	Km 266+759 – 271+368	118
4.3.3.2.25	Km 271+368 – 271+830 (Tünel 15)	118
4.3.3.2.26	Km 271+830 – 275+030	118
4.3.3.2.27	Km 275+030 – 278+780 (Tünel 16)	118
4.3.3.2.28	Km 278+780 – 279+500	118
4.3.3.2.29	Km 279+500 – 280+813 (Tünel 17)	119
4.3.3.2.30	Km 280+813 – 285+799	119
4.3.3.2.31	Km 285+799 – 289+814 (Tünel 18)	119
4.3.3.2.32	Km 289+814 – 291+628	120
4.3.3.2.33	Km 291+628 – 293+526 (Tünel 19)	120
4.3.3.2.34	Km 293+526 – 314+214	120
4.3.3.2.35	Km 314+214 – 316+112 (Tünel 20)	124
4.3.3.2.36	Km 316+112 – 317+899	124
4.3.3.2.37	Km 317+899 – 318+641 (Tünel 21)	124
4.3.3.2.38	Km 318+641 – 333+100	124
4.3.3.3	Taşucu – Mersin	125
4.3.3.3.1	Km 333+100 – 401+750	125
4.3.4	Öneri Geçkinin Genel Değerlendirmesi	125
4.3.5.	Kuzey ve Güney Geçkilerinin Karşılaştırılması	138
5. SONUÇLAR		139
6. KAYNAKLAR		139
7. EKLER		149

- Ek-I Farklı araştırmacılar tarafından yapılan stratigrafik çalışmaların korelasyonu (Ulu 1983)
- Ek-II Çalışma alanının genelleştirilmiş jeolojisi
- Ek-III Geçkinin boyuna profili
- Ek-IV Geçkinin enine profili
- Ek-V Geçkide yer alan tünellerin enine kesitleri
- Ek-VI T2 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri
- Ek-VII T3 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri
- Ek-VIII T4 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri
- Ek-IX T5 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-X T6 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XI T7 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XII T8 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XIII T9 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XIV T10 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XV T11 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XVI T12 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak dūřey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XVII T13 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak dūřey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XVIII T14 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak dūřey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XIX T15 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak dūřey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XX T16 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak dūřey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XXI T17 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak dūřey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XXII T18 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XXIII T19 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XXIV T20 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

Ek-XXV T21 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

ÖZGEÇMİş

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye ile gelişmiş ülkelerdeki ulaşım sistemlerinin dağılımı (DPT 2001).....	1
Şekil 1.2. Ülkemizde ulaşım sistemlerinin ağırlıklarının özellikle 1950 sonrasındaki değişimi (DPT 2001)	2
Şekil 1.3. Çift hatlı, elektrikli ve sinyalizasyonlu demiryolu ile 2x3 şeritli otoyol karşılaştırması (DPT 2001)	2
Şekil 1.4. Antalya-Mersin arası trafik hacim haritası (Anonim-1)	4
Şekil 1.5. Çalışma alanı ve geçki seçeneklerini içeren yerbulduru haritası	7
Şekil 1.6. Proje geçkisi boyunca donlu günler sayısı 40'ın altındadır (Anonim-4).....	14
Şekil 1.7. Proje geçkisi boyunca toprak don derinliği 60 mm'nin altındadır (Anonim-5).....	15
Şekil 2.1. Tekray hızlı yolcu treni	32
Şekil 2.2. Taşıt sınıflarının toplam trafik içindeki payları (KGM 2009)	34
Şekil 2.3. Toros kuşağında yeralan birliklerin yayılımını gösteren şematik harita (Özgül 1976)	39
Şekil 2.4. Aydıncık – Bozyazı (Mersin) arasındaki jeoloji haritası (Koç vd 2005).....	43
Şekil 2.5. Aydıncık – Bozyazı (Mersin) arasının jeoloji enine kesitleri (Koç vd 2005).....	44
Şekil 2.6. 1900 -2009 yılları arasında hasar yaratan deprem odak noktaları (Anonim-11).....	47
Şekil 2.7. Türkiye’de yeralan etkin fay kuşakları (Anonim-12)	48
Şekil 2.8. Türkiye ve çevresinde plaka tektoniği (Yılmaz vd 1999).....	50
Şekil 2.9. Afet İşleri Gen. Müd. tarafından hazırlatılan (1996) ve yürürlükte olan resmi deprem bölgeleri haritası	51
Şekil 4.1. Çalışma alanında gözlenen birimlerin stratigrafik dizilimi	56
Şekil 4.2. Triyas yerleşim yaşlı karmaşığa ait kristalize kireçtaşları (Trkk).....	57
Şekil 4.3. Triyas yerleşim yaşlı karmaşığa ait başkalaşım kayaçları (Trkb).....	58
Şekil 4.4. Jura – Kretase yaşlı kireçtaşları (J-Kt).....	59
Şekil 4.5. Paleosen çökelim yaşlı tortullar (Pat)	59

Şekil 4.6. Eosen çökelim yaşlı tortullar (Eot)	61
Şekil 4.7. Miyosen çökelim yaşlı tortul istif (Mit).....	61
Şekil 4.8. Pliyosen çökelim yaşlı tortullar (Plt)	62
Şekil 4.9. Antalya ve çevresinde görülen Pliyo-Kuvaterner yaşlı tufa	62
Şekil 4.10. Mersin yakınlarında görülen Pliyo-Kuvaterner yaşlı kalış	64
Şekil 4.11. Çalışma alanında gözlenen seki çökelleri	64
Şekil 4.12. Kuvaterner yaşlı yamaç molozu (Qy)	65
Şekil 4.13. Erdemli dolaylarında geniş yayılım gösteren güncel çökeller (Qg)	65
Şekil 4.14. Plaj çökelleri (Qp) ile ayırtlanamayan güncel çökeller (Qa-Qg)	66
Şekil 4.15. KUZEY ve GÜNEY geçkileri ve tünel yerleri	68
Şekil 4.16. Litolojik birimlerin su geçirimsizliğine (K, m/s) göre genel anlamda sınıflandırılması (Yılmaz vd 1999)	78
Şekil 4.17. Schmidt geri sıçrama değeri ve tek eksenli sıkışma dayanımı arasındaki ilişki (Deere ve Miller 1966, Hoek ve Bray 1977'den).....	81
Şekil 4.18. Geçki boyunca yeralan tünellerin geometrisi	87
Şekil 4.19. Tünel 1'in yer aldığı ana litolojinin (Trk) mühendislik özellikleri ve değiştirelileri.....	94
Şekil 4.20. Özgün GSI sınıflama sistemi (Hoek ve Brown 1997)	95
Şekil 4.21. Proje kapsamında kullanılan fiber donatılı betonun özellikleri	97
Şekil 4.22. Tünel 1'in yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri.....	98
Şekil 4.23. Tünel 1'de A2 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları	99
Şekil 4.24. Tünel 1'de A2 kaya destek sınıfında oluşacak düşey yer değiştirme miktarları	100
Şekil 4.25. Tünel 1'de A2 kaya destek sınıfında oluşacak yatay yer değiştirme miktarları	101
Şekil 4.26. Tünel 1'de A2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 1 değerleri	102
Şekil 4.27. Tünel 1'de A2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 3 değerleri	103

Şekil 4.28. Km 118+460 - 118+900 arasındaki yarma duraylılık analizi (63/180)	110
Şekil 4.29. Km 118+460 - 118+900 arasındaki yarma duraylılık analizi (63/360)	111
Şekil 4.30. Km 305+500 - 311+500 arasındaki yarma duraylılık analizi (63/170)	122
Şekil 4.31. Km 305+500 - 311+500 arasındaki yarma duraylılık analizi (63/350)	123

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Çalışma alanında yer alan belli başlı yükseklikler.....	8
Çizelge 1.2. Çalışma alanında yer alan belli başlı dereler	8
Çizelge 1.3. 1975 – 2010 yılları arasında Antalya için aylık ortalama ve en düşük – en yüksek sıcaklık verileri (Anonim-2).....	10
Çizelge 1.4. 1975 – 2010 yılları arasında Alanya için aylık ortalama ve en düşük – en yüksek sıcaklık verileri (Anonim-2).....	11
Çizelge 1.5. 1975 – 2010 yılları arasında Anamur için aylık ortalama ve en düşük – en yüksek sıcaklık verileri (Anonim-3).....	12
Çizelge 1.6. 1975 – 2010 yılları arasında Mersin için aylık ortalama ve en düşük – en yüksek sıcaklık verileri (Anonim-3).....	13
Çizelge 2.1. 1990 - 2001 yılı ulaştırma sistemlerinin yolcu taşımacılığındaki payı (Anonim-10).....	35
Çizelge 4.1. KUZEY geçkisi boyunca yeralan tünel ve yarmaların boyutları ve maliyetleri.....	69
Çizelge 4.2. KUZEY geçkisi boyunca yeralan köprülerin boyutları ve maliyetleri	71
Çizelge 4.3. KUZEY geçkisi tünellerinin kazı sınıfı ve maliyetleri	73
Çizelge 4.4. RQD ile kayacın mühendislik kalitesi arasındaki ilişkinin Deere (1968) tarafından tanımlanması (Ulusay 2001)	82
Çizelge 4.5. Çalışma alanında gözlenen birimlerin mühendislik özellikleri açısından değerlendirilmesi	82
Çizelge 4.6. T1 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değeri, sonuçları ve öneri destek sistemi	89
Çizelge 4.7. Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) 'ne göre kazı destek sınıfları (Bieniawski 1989).....	91
Çizelge 4.8. Farklı deprem bölgelerinde bulunan tünellerin yerdeğiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan sismik katsayılar.	96
Çizelge 4.9. Beton türleri ve mühendislik özellikleri	97
Çizelge 4.10. Taşıma gücü ve oturmalar açısından sınıflandırma	104
Çizelge 4.11. Yataklanma açısından da kayanın toprak zemine üstünlüğü	104
Çizelge 4.12. Kaya ve toprak türlerine göre emniyetli taşıma gücü (Craig 2004).....	105

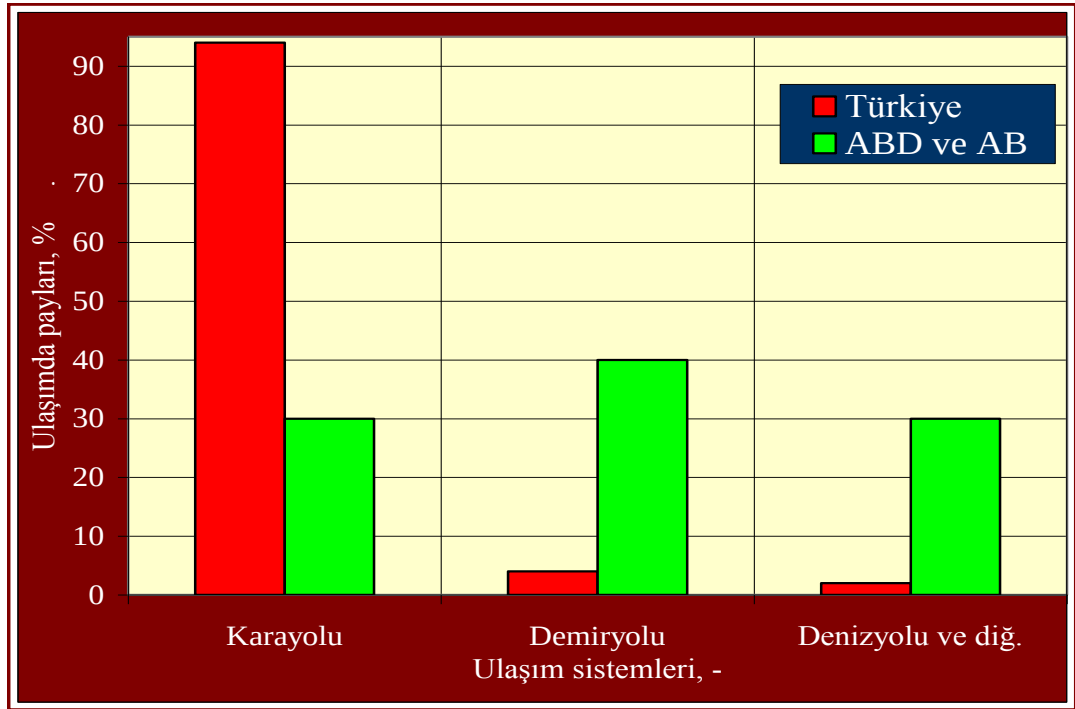
Çizelge 4.13. Temsili yapı yönetmeliği basınç değerleri (Craig 2004)	106
Çizelge 4.14. Kohezyonlu zeminlerin drenajsız kesme mukavemeti (Craig 2004)	107
Çizelge 4.15. Trkk’da açılan yarma için yapılan süreksizlik ölçümleri.....	109
Çizelge 4.16. Trkb’de açılan yarma için yapılan süreksizlik ölçümleri.....	121
Çizelge 4.17. Geçki boyunca yeralan tünel litolojileri ve Q, NATM ve RMR sistemlerine göre sınıflandırılması	127
Çizelge 4.18. Tünellerin yer aldığı ana litolojilerin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri.....	128
Çizelge 4.19. Tünel içerisinde yeralan litolojilerin Q-Sistemine göre sınıflandırılırken kullanılan değiştirgeler	130
Çizelge 4.20. Öneri geçkide yeralan tüneller hakkında genel veriler	131
Çizelge 4.21. Geçki boyunca yeralan tünel ve yarmaların boyutları ve maliyetleri	132
Çizelge 4.222. Geçki boyunca yeralan köprülerin boyutları ve maliyetleri	135
Çizelge 4.23. Her iki geçkinin maliyet açısından karşılaştırılması.....	138

1. GİRİŞ

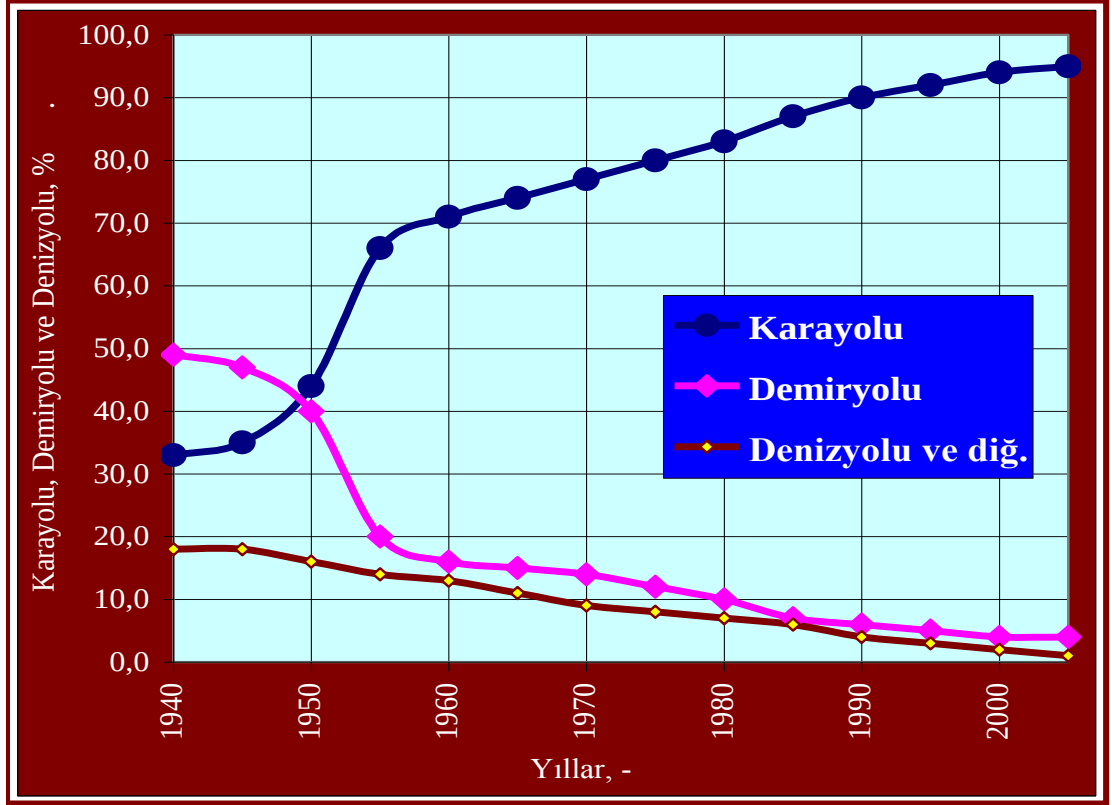
Ulaşım için yola gereksinim insanlık tarihi kadar eskidir. Dünyada ilk araç yolu M.Ö. 3500 yılında tekerleğin bulunması ile birlikte Mezopotamya’da ve ilk taş kaplamalı yol ise M.Ö. 1500 yılında Girit adasında yapılmıştır.

Buhar lokomotiflerinin 19. yüzyılın başlarında bulunması ile birlikte Amerika ve Avrupa ülkelerinde demiryolu gündeme gelmiştir. Bu tarihten itibaren, demiryolu projeleri geliştirilmiş ve son olarak Japonya’da MLX01 Maglev hızlı treni 581 km/saat hız yapabilmektedir.

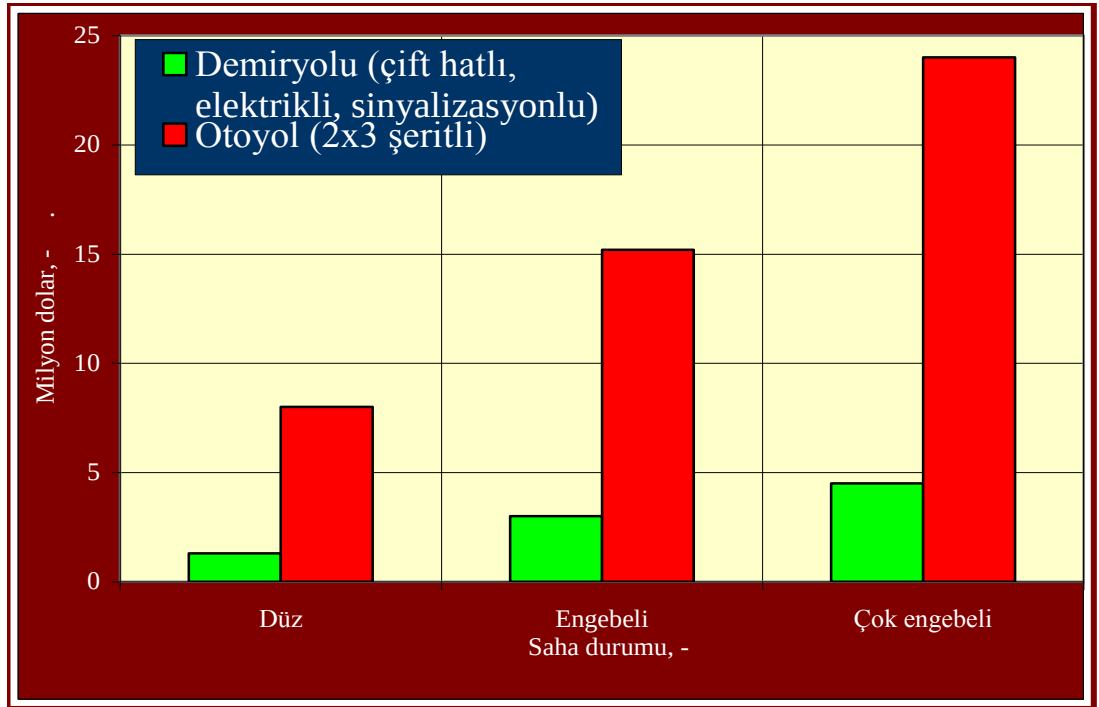
Anadolu gibi yüzey şekli olan gelişmiş ülkelerde demiryolu ve denizyolunun ulaşımındaki payı % 50’nin üzerindeyken, karayolunun payı % 40’ın altındadır (Şekil 1.1). Ancak, özellikle 1950 sonrası, ülkemizde demiryolu ve denizyolunun ulaşımındaki payı % 65’den % 5’e gerilemiş, karayolunun payı % 35’den % 95’e çıkarılmıştır (Şekil 1.2). Oysa, ulaşım sistemleri birbirinin rakibi değil tamamlayıcısıdır. Ancak, birbirlerine göre üstünlükleri yere özgü değişim sunarlar. Bu bağlamda hazırlanan Şekil 1.3 çift hatlı, elektrikli ve sinyalizasyonlu demiryolu ile 2x3 şeritli otoyol karşılaştırmasını sunmaktadır (DPT 2001).



Şekil 1.1. Türkiye ile gelişmiş ülkelerdeki ulaşım sistemlerinin dağılımı (DPT 2001)



Şekil 1.2. Ülkemizde ulaşım sistemlerinin ağırlıklarının özellikle 1950 sonrasındaki değişimi (DPT 2001)



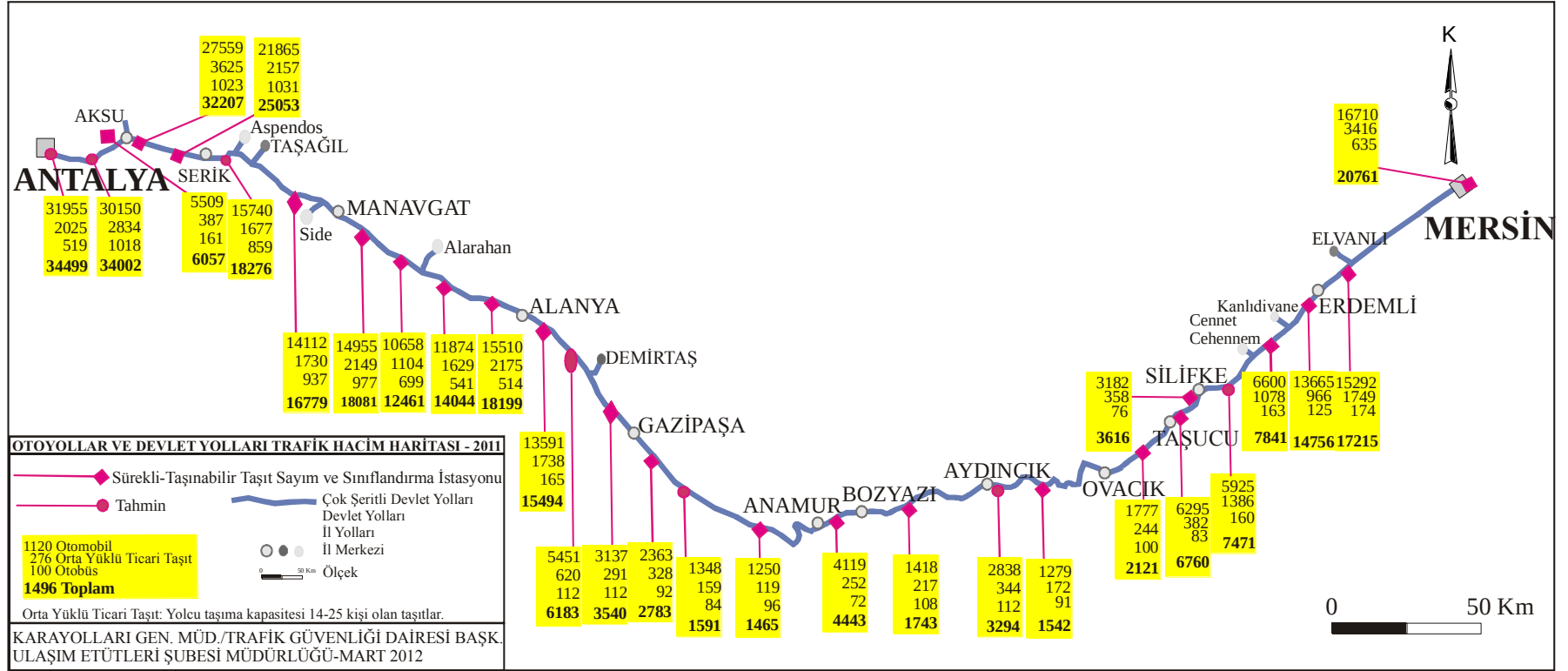
Şekil 1.3. Çift hatlı, elektrikli ve sinyalizasyonlu demiryolu ile 2x3 şeritli otoyol karşılaştırması (DPT 2001)

Antalya – Mersin (Çukurova) arasında arazinin çok engebeli olması nedeniyle ulaşım zor koşullarda gerçekleşmektedir. Hernekadar günümüzde karayolunda yer yer iyileştirmeler ve yer yer yeni geçkiler ile sorun azaltılmaya çalışılsa da, ihtiyaca cevap verememektedir. Bununla birlikte, çağdaş ulaşım araçlarının başında hızlı tren gelmektedir. Bu nedenle bölgenin gereksinimine cevap verecek bir hızlı tren projesi ve bu projenin olası geçki seçenekleri bu çalışmanın amacını oluşturmıştır.

Bu çalışmada geçki seçenekleri 3 aşamada incelenmiştir. Antalya-Alanya, Alanya – Taşucu, Taşucu – Mersin olarak. Antalya – Alanya ile Taşucu – Mersin arası çift hat ve Alanya – Taşucu arası tek hat olarak projelendirilmiştir. Bunun nedeni Antalya-Alanya ve Taşucu – Mersin arasında yolcu seyahat yoğunluğunun daha fazla olmasından dolayı daha sık yolcu taşımacılığının yapılmasının uygun olmasıdır.

Karayolları Genel Müdürlüğünden elde edilen veriler neticesinde Antalya-Mersin arasında ki Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri Şekil 1.4’de görüldüğü gibidir. Burada, Karayolları Genel Müdürlüğü resmi internet sitesinden elde edilen; otomobil, orta yüklü ticari taşıt (yolcu taşıma kapasitesi 14-25 kişi olan taşıtlar) ve otobüslerin nüfus olarak rakamsal Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri ve toplamı verilmiştir. Bu verilere göre Antalya – Alanya arasındaki toplam yolcu sayısı 245 152 kişi, Alanya – Taşucu arasındaki toplam yolcu sayısı 50 959 kişi, Taşucu – Mersin arasındaki toplam yolcu sayısı 78 420 kişi, Antalya – Mersin arasındaki toplam yolcu sayısı 352 277 kişi olduğu görülmektedir. Bu anlamda da hızlı tren hem trafik yoğunluğunu azaltacaktır hem de bu mesafelere arasında daha az bir zamanda ulaşım sağlanacaktır.

Şekil 1.5.’de çalışma alanı ve geçki seçeneklerini içeren yerbulduru haritası görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere, çalışma alanı içerisinde KUZEY ve GÜNEY olmak üzere olası iki geçki belirlenmiştir. KUZEY geçkisi 385 km, GÜNEY geçkisi ise 402 km’dir. Sözkonusu geçkiler Km 0+000 – 59+400 arası örtüşmekte, sonrasında ayrılmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda ve detayları ileriki bölümlerde verilecek olan, maliyet – emniyet – zaman – estetik çevre (MEZE) gerekçeleriyle, GÜNEY geçki seçeneği daha uygun görülmüş ve çalışmalar bu seçenek üzerinde yoğunlaştırılmıştır.



Şekil 1.4. Antalya-Mersin arası trafik hacim haritası (Anonim-1)

GÜNEY geçki seçeneği Antalya – Mersin arası Orta Toros Dağlarının eteğinde 402 km boyunca uzanmaktadır. İlk kesimi boyunca (Km 0+000 – 57+000) genellikle güncel örtü (Qg) ve bu örtü tarafından üzerlenmiş olan geç Tersiyer çökel kayaları üzerinde/içerisinde ilerlemektedir.

Bu kesimde genellikle viyadüklü geçişler tercih edilmektedir. Böylece doğanın korunması, viyadük altının ekilip biçilebilmesi, mevcut tarım, orman, köy, il ve devlet yollarının kolay geçişine olanak sağlanabilecektir.

Alanya – Gazipaşa arasında viyadüklü geçişler ağırlıklı olmakla birlikte tünelli geçişler de söz konusudur.

Gazipaşa – Anamur arasında derin dere ve yüksek dağlı yüzey şekli egemen olduğu için, uzun tüneller kaçınılmazdır. Ancak jeoteknik anlamda sorunsuzdurlar.

Anamur – Ovacık – Büyükeceli (Akkuyu) arasında tünel ve viyadük dengesi sağlanmaktadır. Bu geçişte tünellere sol taraftan (kuzey) temiz su gelişi söz konusudur. Bunların özel yöntemlerle temiz su olarak yakın ilçe ve beldelere sunulması öngörülmektedir.

Büyükeceli (Akkuyu)'den Silifke'ye kadar tünel ağırlıklı ve yüksek viyadüklü olarak ilerlenecektir. Burada da jeoteknik açıdan hiçbir sorun beklenmemektedir. Egemen jeolojik birim kristalize kireçtaşları ve başkalaşım kayalarıdır.

Silifke – Mersin arası ise; yatay konumlu Miyosen kireçtaşlarının egemen olduğu düşük derecede denize doğru eğimli yüzey şekli olan bölge içerisinde/üzerinde ilerlenecektir. Yoğun tarım yapılan birkaç vadi geçişi dışında, viyadüksüz ancak aç-kapa tünelleri yoğun olan bir geçki izlenmektedir.

Geçki boyunca tüm nehir ve akarsular dik ve dike yakın kesilmektedir. Hiçbir noktada viyadük ayaklarında taşınma sorunu yaşanmayacaktır. Bu durum geçki belirlenmesi sırasında sürekli göz önünde tutulmuştur. Bu nedenle, doğaya en az zarar veren köprülü ve tünelli geçişler tercih edilmiştir.

Öneri geçki morfolojik, mühendislik ve jeoteknik özelliklerinin yanısıra, nüfus dağılımı da göz önünde bulundurularak 3 aşamada incelenmiştir. Bunlar;

1. Antalya – Alanya
2. Alanya – Taşucu
3. Taşucu - Mersin

Antalya – Alanya ile Taşucu – Mersin arası çift hat ve Alanya – Taşucu arası tek hat olarak projelendirilmiştir. Ancak 402 kilometrelik hızlı tren projesinin Antalya – Ovacık arasında kalan bölümü bu tez çalışmasının temelini oluşturmuştur.

1.1 Çalışma Alanının Coğrafik ve Jeomorfolojik Durumu

Çalışma alanında yer alan yerleşim alanlarından başlıcaları; Antalya, Aksu, Serik, Manavgat, Avsallar, Türkler, Payallar, Konaklı, Alanya, Kahyalar, Demirtaş, Gazipaşa, Anamur, Bozyazı, Aydıncık, Ovacık, Taşucu, Silifke, Mersin’dir.

Akdeniz Bölgesi’nin morfolojik olarak en tipik özelliği Toros Dağlarının kıyıya paralel uzanması ve özellikle Anamur dolaylarında hemen kıyıdan başlamasıdır. İnceleme alanında en düşük rakım deniz seviyesinden başlayarak 0 metredir. Çalışma alanında yer alan belli başlı yükseklikler izelge 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.5. Çalışma alanı ve geçki seçeneklerini içeren yerbulduru haritası

Çizelge 1.1. Çalışma alanında yer alan belli başlı yükseklikler

NO	TEPE ADI	YÜKSEKLİK (m)	NO	TEPE ADI	YÜKSEKLİK (m)	NO	TEPE ADI	YÜKSEKLİK (m)
1	Gebekaya	201	31	Korudağı	405	61	Keçiyurdu	631
2	Sivri	217	32	Obruk	343	62	Hörç	633
3	Çanakçı	236	33	Azı	382	63	Tuzlu	223
4	Çamlıtaş	251	34	Asar	619	64	Dana	376
5	Yılanagözü	293	35	Bor	629	65	Davulcu	441
6	Zindan	251	36	Bağbelen	707	66	Şeytanini	337
7	Hörükce	409	37	Yalçı	472	67	Karacadolmuşu	216
8	Korcaklı	104	38	Çakallık	393	68	Göztaş	572
9	Eylerbeleni	138	39	Karadağ	596	69	Köyveri	285
10	Kaleli	337	40	Maloturağı	415	70	Taşlık	221
11	Antaşı	355	41	Divlek	481	71	Karasalma	350
12	Sakartaş	228	42	Soğukyan	579	72	Gergitaş	266
13	Tepebelen	353	43	Taşlı	630	73	Yusufları	362
14	Koca	342	44	Dandere	740	74	Çağır	326
15	Gökler	790	45	Tepeyatak	631	75	Andıl	435
16	Yassı	688	46	Şahinyuva	590	76	Boğaboynu	381
17	Kartal	256	47	Kale	757	77	Ziyaret	348
18	Aktaş	753	48	Asarkaya	556	78	Ömerkoca	374
19	Boz	901	49	Büyükmuhran	726	79	Kızılkaya	573
20	Yaslama	354	50	Masılan	1436	80	Ütük	634
21	Andızlı	545	51	Şadı	983	81	Belmebeleni	322
22	Göktaş	280	52	Dedebelen	1170	82	Sivribelen	137
23	Göztaş	283	53	Karaburun	889	83	Topuzlu	117
24	Bozbelen	146	54	Korucuk	625	84	Tay	123
25	Çakmak	214	55	Karakaya	641	85	Kıraç	124
26	Kilisbeleni	307	56	Dinlençik	218	86	Cemmet Obruğu	445
27	Kalpakkaya	166	57	Azır	841	87	Cehennem Obruğu	120
28	Gökkaklık	380	58	Çopu	592	88	Kayraç	277
29	Çömlekuçan	224	59	Hacet	718	89	Araburun	187
30	Dedebeleni	103	60	Beşerekaçığı	505	90	Makam	184

Çalışma alanında çoğu mevsimlik olmak üzere, irili ufaklı birçok akarsu bulunmaktadır. Bunların bazıları, batıdan doğuya olmak üzere Çizelge 1.2’de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Çalışma alanında yer alan belli başlı dereler

NO	DERE ADI	NO	DERE ADI	NO	DERE ADI	NO	DERE ADI	NO	DERE ADI
1	Aksu	16	Ayşecik	31	Çukurcah	46	Sipahili	61	Kemikli
2	Köprü	17	Çerkezli	32	Ölühasan	47	Iğdırkum	62	Karahanlı
3	Çengerler	18	Haytılıgür	33	Sultançayı	48	İncirkayağı	63	Öküzkayağı
4	Karaboynuz	19	Manavgat	34	Çiçek	49	Karahamur	64	Çakal
5	Başlar	20	Çenger	35	Anamur	50	Karailyas	65	Göksu
6	İşkilleri	21	Kavaklı	36	Katıncı	51	Höyük	66	Merdivensay
7	Sarsu	22	Kımlı	37	Araplar	52	Sığırçı	67	Karaim
8	Ak	23	Aktaş	38	Bozyazı	53	Sayboğaz	68	Gilindirez
9	Kargılı	24	Akrataş	39	Şırlankayağı	54	Derince	69	Bozkayak
10	Şarlavuk	25	Dim	40	Balıh	55	Kalemlik	70	Tahtaköprü
11	Kızıllar	26	Oba	41	Hasıl	56	Burunkışla	71	Karaçoban
12	Değirmen	27	Burunkuyu	42	Karmca	57	Kaynar	72	Kocakayak
13	Karaöz	28	Körgoca	43	Kozpınar	58	Elcek	73	Dutlukayak
14	Oluk	29	Delice	44	Kara	59	Eğripınar		
15	Altınbeşik	30	Gökceki	45	Tevekçenin	60	Zindan		

1.2 Çalışma Alanının İklim Durumu

Projenin tamamı, tünelli geçişlerin dışında, göreceli olarak düşük kotlardan ($h < 200$ m) geçmektedir. Toroslar'ın yükselti değerleri, iklimin de en önemli belirleyicisi olmaktadır. Çalışma alanında Akdeniz iklimi hakimdir. Akdeniz iklimi, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçen iklim türüdür. İklimsel anlamda da sıcak bölgeleri oluşturmaktadır. Toroslar'ın denize bakan yamaçlarında 800-1000 metre yüksekliğine kadar olan alanlarda görülür. Daha yüksek alanlarda ise Akdeniz dağ iklimi görülür. Kıyı boyunca kuzeye gidildikçe karakterinde değişiklikler görülmekle birlikte, kıyılar ve içeriye doğru uzanan grabenler boyunca görülür. Olanaklar ölçüsünde güneye bakan kuzey yamaçlardan geçilmeye çalışılmıştır.

Akdeniz iklimi, yaz sıcaklığı güneş ışınlarının düşme açısına, kuraklık ise alçalıcı hava hareketlerine bağlıdır. En sıcak ay ortalaması 34-45 °C, en soğuk ay ortalaması 8-10 °C'dir. Yıllık sıcaklık ortalaması 18 °C'dir. Kar yağışı ve don olayı çok ender görülür. En fazla yağış kışın, en az yağış yazın düşer. Kışın görülen yağışlar cephesel kökenlidir. Cephesel yağışlar en fazla bu iklimde görülür. Yıllık yağış miktarı yükseltiye göre değişir. Ortalama 600-1000 mm arasındadır. Yağış rejimi düzensizdir.

Bitki örtüsü maki'dir. Maki yaz kuraklığına dayanabilen; mersin, defne, kocayemiş, zeytin, zakkum, keçiboynuzu gibi kısa bodur ağaçlardan meydana gelen bir bitki topluluğudur.

Devlet Meteoroloji Müdürlüğü tarafından 1975-2010 yılları arasında yapılan ölçümler Çizelge 1.3.-1.6'da verilmiştir.

Donlu günler sayısı 40'ın altındayken (Şekil 1.6) toprak don derinliği de 80 mm'nin altındadır. Bu bağlamda da sorunsuz bir geçkidir (Şekil 1.7).

Çizelge 1.3. 1975 – 2010 yılları arasında Antalya için aylık ortalama ve en düşük – en yüksek sıcaklık verileri (Anonim-2)

ANTALYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2010)											
Ortalama Sıcaklık (°C)	9.6	10.0	12.4	15.9	20.4	25.4	28.4	28.0	24.5	19.7	14.3	10.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	15.0	15.4	18.1	21.5	26.1	31.4	34.6	34.4	31.4	26.9	21.0	16.4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	5.5	5.8	7.5	10.7	14.6	19.1	22.3	22.1	18.7	14.7	9.9	6.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	5.3	6.0	6.8	8.0	9.8	11.5	11.8	11.3	9.8	8.0	6.3	4.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.9	10.5	8.8	7.0	5.2	2.8	1.5	1.4	2.1	5.8	7.9	11.3
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m²)	226.9	138.6	99.7	61.2	32.0	9.1	5.6	5.1	15.6	85.5	171.5	269.0
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2010)*											
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.1	23.4	28.8	33.2	37.6	44.8	45.0	43.3	42.1	37.7	33.0	25.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.0	-4.0	-1.6	1.4	6.7	11.1	14.8	15.3	10.6	4.9	0.8	-1.9

Çizelge 1.4. 1975 – 2010 yılları arasında Alanya için aylık ortalama ve en düşük – en yüksek sıcaklık verileri (Anonim-2)

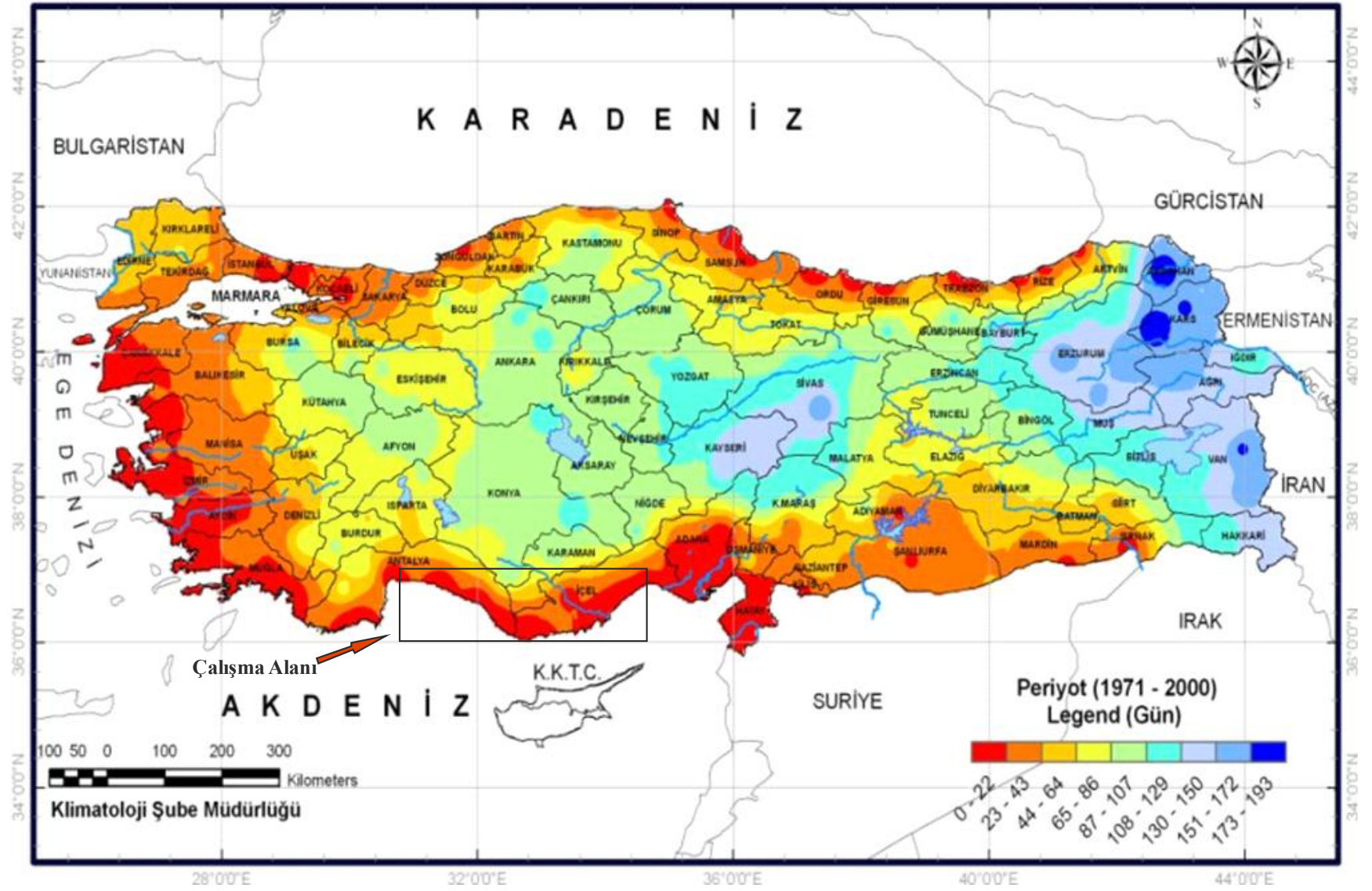
ALANYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2010)											
Ortalama Sıcaklık (°C)	11.8	11.8	13.9	17.0	21.0	25.1	27.9	28.1	25.6	21.4	16.6	13.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	16.2	16.3	18.3	21.1	24.7	28.7	31.6	32.1	30.3	26.6	21.6	17.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	8.7	8.5	10.2	13.1	16.9	20.7	23.5	23.9	21.5	17.6	13.1	10.2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.7	4.5	6.1	7.4	9.3	10.5	10.6	9.9	8.8	6.7	5.1	3.8
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	14.1	11.6	9.4	8.5	4.9	1.8	1.3	1.5	3.0	6.7	10.0	13.4
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m²)	211.8	146.4	98.6	68.7	35.2	10.5	15.5	9.1	18.9	100.7	190.5	241.5
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2010)*											
En Yüksek Sıcaklık (°C)	23.2	23.1	28.1	30.2	35.4	37.8	40.8	39.6	37.2	34.9	30.0	24.7
En Düşük Sıcaklık (°C)	0.6	-2.2	1.0	4.0	9.8	13.3	17.3	14.1	14.9	10.0	3.0	0.4

Çizelge 1.5. 1975 – 2010 yılları arasında Anamur için aylık ortalama ve en düşük – en yüksek sıcaklık verileri (Anonim-3)

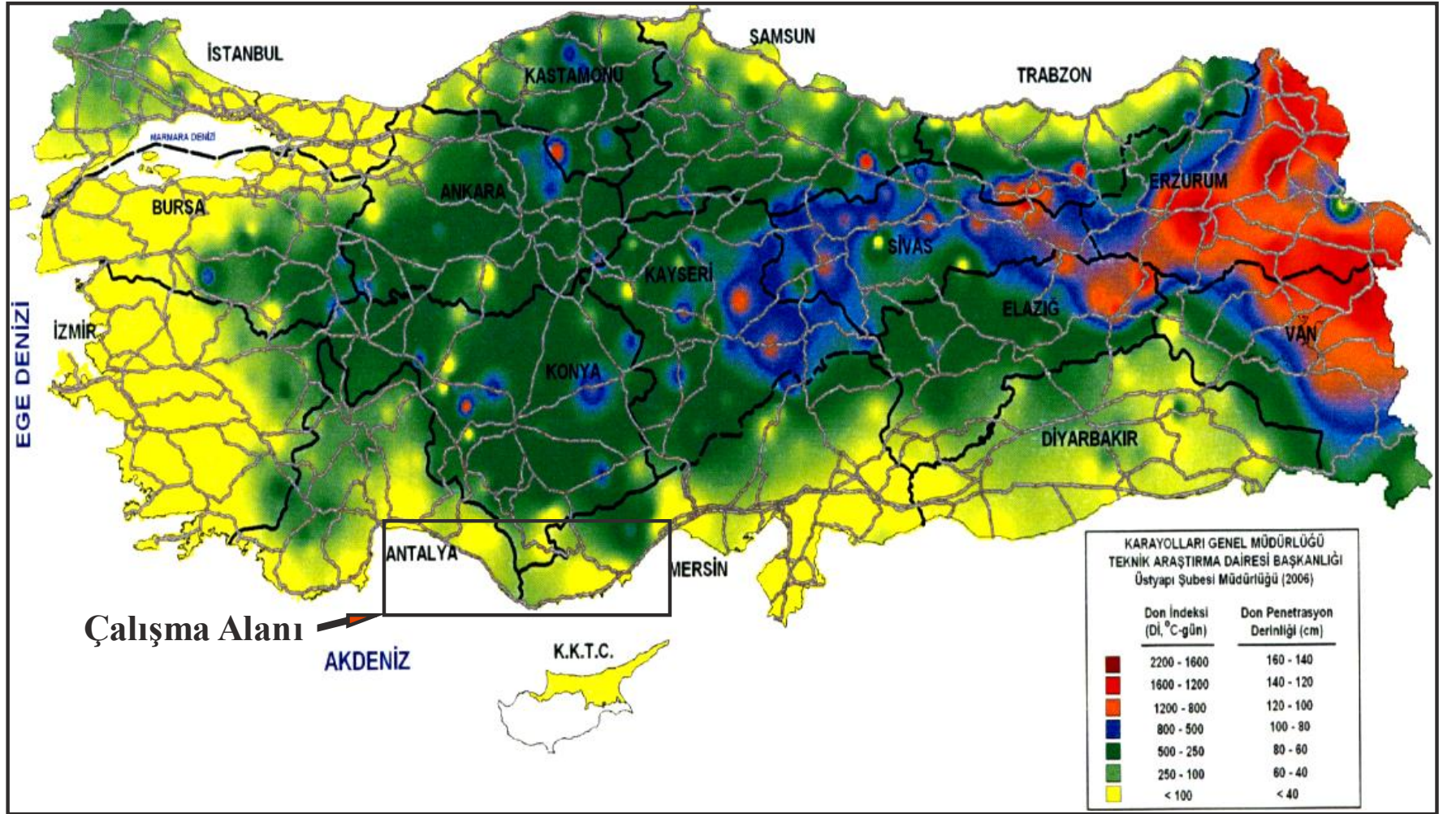
ANAMUR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2010)											
Ortalama Sıcaklık (°C)	11.3	11.4	13.4	16.7	20.7	24.9	28.0	28.0	25.1	21.1	16.3	12.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	15.6	15.9	18.2	21.3	25.3	29.6	32.7	33.0	30.9	26.9	21.6	17.3
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	8.2	8.0	9.5	12.4	15.9	20.0	23.2	23.2	20.2	16.9	12.9	9.7
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.6	5.5	6.8	8.1	9.6	10.7	10.8	10.7	10.0	8.0	6.2	4.4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.6	11.6	9.5	7.4	4.2	1.9	1.0	1.1	2.7	5.5	8.4	12.9
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m²)	197.7	141.6	88.3	53.6	24.6	6.5	1.0	4.7	17.1	69.5	143.6	200.4
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2010)*											
En Yüksek Sıcaklık (°C)	21.5	23.2	26.4	31.2	37.0	41.0	42.0	40.0	38.2	34.6	30.3	25.9
En Düşük Sıcaklık (°C)	0.3	-0.8	-0.7	3.6	8.6	12.2	16.2	15.8	10.8	8.2	2.3	1.2

Çizelge 1.6. 1975 – 2010 yılları arasında Mersin için aylık ortalama ve en düşük – en yüksek sıcaklık verileri (Anonim-3)

MERSİN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2010)											
Ortalama Sıcaklık (°C)	10.3	11.1	13.9	17.7	21.5	25.2	28.0	28.4	25.8	21.5	15.9	11.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	14.9	15.6	18.3	21.6	24.8	28.0	30.7	31.4	30.0	26.9	21.3	16.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	6.6	7.2	9.7	13.4	17.2	21.2	24.4	24.6	21.5	17.0	11.8	8.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	5.0	5.6	6.8	7.6	8.8	10.1	10.2	10.0	9.4	7.8	6.0	4.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	9.1	9.0	7.5	7.8	5.3	2.9	2.1	1.8	2.5	5.4	7.1	10.3
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m²)	98.1	78.0	52.8	39.2	22.7	10.2	11.9	6.9	9.6	4.3	8.6	132.8
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2010)*											
En Yüksek Sıcaklık (°C)	25.2	24.0	29.8	34.7	35.8	36.0	36.6	37.2	38.5	36.4	30.2	27.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.5	-3.6	-1.5	3.8	9.1	5.3	16.3	16.7	12.5	5.6	0.7	-3.0



Şekil 1.6. Proje geçkisi boyunca donlu günler sayısı 40'ın altındadır (Anonim-4)



Şekil 1.7. Proje geçkisi boyunca toprak don derinliği 60 mm'nin altındadır (Anonim-5)

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

2.1 Çalışma Bölgesinin Genel Jeolojisi İle İlgili Kaynak Taramaları

Yalçınlar (1969, 1973) Anamur, Ovacık ve Silifke dolayının jeolojisini ve özellikle fosilli Alt Paleozoyik serilerini incelemiştir. Ordovisiyen ve Silüriyen serileri ile bunların değişik stratigrafik seviyelerini ilk defa ayırtlamıştır. Fosilli Devoniyen ile denizel ve karasal Karbonifer yaşlı formasyonların iyi geliştiğini ve bu temel üzerine Kretase ve Miyosen'in diskordansla geldiğini saptamıştır. Ayrıca Kambro-Ordovisiyen ve Silüriyen birimlerinin Ovacık-Akdere arasında uzanan bir fay ile kesilmiş olabileceğini ileri sürmüştür.

Özgül ve Şaroğlu (1972) Yaptıkları çalışmada Torosların Kambriyen – Tersiyer aralığında oluşmuş kaya birimlerini kapsadığını belirtmişlerdir. Toros kuşağında stratigrafi özellikleri ve kapsadıkları kaya birimleri açısından birbirlerinden değişik havza koşullarını yansıtan "Birlik"lerin yer aldığını vurgulamışlardır. Yazarlar tarafından Bolkar dağı Birliği, Aladağ Birliği, Geyik dağı Birliği, Alanya Birliği, Bozkır Birliği ve Antalya Birliği olarak adlandırılan birliklerin kendilerine özgü ayırtman özelliklerini yitirmeden kuşak boyunca yüzlerce kilometre devamlılık gösterdiklerini açıklamışlardır. Birliklerin birbirleriyle anormal dokanaklı olduğunu ve çoğu yerde birbirleri üzerinde allokon örtüler oluşturduğunu bildirmişlerdir. Bolkar dağı, Aladağ, Geyik dağı ve Alanya Birliklerinin şelf türü karbonat ve kırıntılı kayaları; Bozkır ve Antalya birliklerinin şelf türü kaya bloklarının yanında ve daha çok, derin deniz çökellerini, bazik denizaltı volkanitlerini ve ofiyolitleri kapsadığını belirtmişlerdir.

Demirtaşlı (1976) Çalışmasında Orta ve Batı Toroslarda petrol bulguları içeren (Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı kireçtaşları) Teke Torosu kesiminde büyük ölçüde örtülü olduğunu saptamıştır. Sonuçta; Toros kuşağının her bölümünün petrol potansiyeli açısından ayrı bir önem taşıdığını ve özenle incelenmesi gerektiğini belirtmiştir.

Özgül (1976) çalışmasında Toroslar'ın Tersiyer-Kambriyen aralığında çökelmiş kaya birimlerini kapsadığını belirtmiştir. Kuşakta birbirlerinden değişik havza koşullarını yansıtan "birlikler" in yer aldığını vurgulamıştır. Bu birlikleri stratigrafi ve metamorfizma özellikleri, kapsadıkları kaya birimleri ve günümüzdeki yapısal

konumlarıyla birbirinden ayırmıştır. Birliklerin birbirleriyle anormal dokanaklı olarak kuşak boyunca yüzlerce kilometre yanal devamlılık gösterdiğini izleyerek, bunların çoğunlukla birbirleri üzerinde allokton örtüler oluşturduklarını belirtmiştir.

Gedik (1977) Kambriyen – Triyas arasına ait Konodont faunasını incelemiş; alt serinin, Alt Karbonifer veya Karbonifer öncesi; üst serinin Permo – Karbonifer olduğunu ve ayrıca Alanya Masifi'nin altındaki Permo – Triyas yaşlı metamorfik olmayan bir seri olan, Sedre Formasyonu'nun (Antalya Birliği) üzerinde, nap (Alanya Napı) şeklinde bulunduğunu ve Sedre Formasyonu'nun pencere olduğunu savunmuştur.

Demirtaşlı (1978) "Kuzey Kuşak" olarak adlandırdığı Silifke - Korucak ve dolayının jeolojisini incelemiştir. Jura kireçtaşlarının eski birimleri uyumsuz olarak örttüğünü, diğer "Kuşak"larda bulunmayan Karbonifer'in burada yenildiğini ve Üst Permiyen öncesinde kuzeyden güneye olan bindirme nedeniyle de Permiyen yaşlı kireçtaşının bütün yaşlı birimler üzerine uyumsuzlukla geldiğini ortaya koymuştur. Bu arada, bölgedeki birimlerin stratigrafik açıdan otokton ve post - tektonik seriler oluşturduğunu göstermiştir.

Demirtaşlı (1981) "Güney Kuşak" olarak adlandırdığı Silifke-Ovacık ve dolayının jeolojisini incelemiştir. Metamorfizma geçirmemiş tortul birimlerin stratigrafik açıdan otokton ve post - tektonik seriler oluşturduğunu, önemli açılı uyumsuzlukların Orta Devoniyen, Üst Permiyen ve Üst Jura tabanında yer aldığını, ayrıca Üst Permiyen ile denizel Alt Triyas çökelleri arasında bir geçiş zonu bulunduğunu ve Karbonifer'e bu bölgede rastlanmadığını belirlemiştir.

Demirtaşlı (1983) Orta Toros Kuşağının orta kesimini oluşturan Silifke ile Anamur arasındaki çalışmada altı jeotektonik kuşağı tanıtmıştır. (1) Otokton Güney Kuşak, (2) Ara Kuşak (Alt Otokton), (3) Kuzey Kuşak (Orta Allokton), (4) Alanya Birliği (Üst Allokton veya Hadim Napı), (5) Alanya Metamorfikleri, (6) İç Toros Ofiyolitleri. Bu Birliklerin stratigrafik istiflerinin her bir birlik için farklı paleocoğrafik özellikler gösterdiğini belirten yazar, güneydeki denizel karbonat havzalar oluşurken Ara ve Kuzey kuşakta Geç Triyas yaşlı karasal havzaların geliştiğinden söz etmektedir. Allokton Birliklerin yerleşmesi Variskan, Erken Alpin (Ön Kimmeriyen) ve Geç Alpin orojenezleri süresince geliştiğini, Kuzey Kuşak'ın, Ara Kuşak üzerine bindirmesi Geç Permiyen transgresyonundan önce oluştuğunu, daha sonra Ara Kuşak'ın Güney Kuşak

üzerine bindirmesi sonucu ise Orta-Üst Triyas zamanı boyunca büyük ölçekli napların geliştiğini belirtmiştir.

Özgül (1983) Orta Toroslar'ın batıda Kırkkavak fayı, doğuda ise Ecemiş fayı ile sınırlı alanda, her biri farklı stratigrafik, yapısal ve metamorfik özelliklere sahip Üst Paleozoyik ile Tersiyer yaş aralığındaki geniş kayaç topluluklarını kapsadığını belirtmiştir. Senoniye ve Lütésiye süresince tektonik olarak aşırı yüklenen bu kaya birliklerini; Geyikdağı, Aladağ, Bolcardağı, Bozkır, Antalya ve Alanya birlikleri olarak adlandırmıştır. Geyikdağı ile Alanya birlikleri arasında, platformun güneyindeki riftleşme okyanusal kabuğu oluşturmada kapandığını, platformun içinde Üst Senoniye ve Alt Tersiyer süresince yeni bir derinleşme olduğunu ve bu zaman sürecince okyanusal kabuk Geyikdağı ile Aladağ birlikleri arasında oluştuğunu rapor etmiştir. Okyanusal kabuğun Lütésiye süresince kuzeye doğru Aladağ birliğinin altına dalarak yitirildiğini belirten yazar, bu olaylarla ilişkili olarak Aladağ ve Bolkar Dağı birlikleri tektonik olarak güneye doğru arkalarında Bozkır birliğini de taşıyarak hareket ettiklerini belirtmiştir. Yazar, güneyde Aladağ birliğinin hareketini Antalya ve Alanya birlikleri üzerinde sürdürdüğünü belirterek Üst Lütésiye-Üst Eosen ile Miyosen'in post-tektonik transgresif kayaçlarla temsil edildiğini bildirmiştir.

Okay ve Özgül (1984) Alanya metamorfitlerinin batı kesiminde yaptıkları incelemelerinde üç metamorfik nap dilimi ayırt etmişler ve farklı istiflenme gösteren bu napların alttan üste doğru Mahmutlar napı, Sugözü napı ve Yumrudağ napı olarak adlandırmışlardır. Bunlardan Mahmutlar napının başlıca kuvarsit ve mermer arakatlı mikaşistlerden oluştuğu ve birimin çökelme yaşının Permiyen olduğunu belirtmişlerdir. Üzerine gelen Sugözü napı ise granatlı mikaşistler ve metabazit kökenli eklojit ve mavişist mercekleri içerdiği belirtilmiştir.

İnan (1985) "Antalya Travertenlerinin Oluşumu ve Özellikleri" adlı çalışmada travertenlerin oluş mekanizmasını incelemiştir. Buna göre; Traverten oluşumunu sağlayan kaynak sularının, KD-GB; KB-GD yönlü kırık ve D-B yönlü bindirme dokanaklarından çıkmış olabileceğini belirtmiştir. Travertenlerin, karasal ortamda ikincil CaCO_3 çökmesinin ürünü olduğunu; eski topografyanın şekli, içeriği, çökelme ortamındaki sıcaklık, derinlik ve karbonat yoğunluğuna göre farklı dört tip traverten oluşturduğunu vurgulamıştır. Travertenlerdeki boşlukların karstik olmadığını vurgulamıştır. Ayrıca Antalya ilindeki tarihi yerlerden Perge, Üçkapılar ve Kale'nin

tümünün 40x60 cm'lik bloklar halinde kesilmiş masif ve bitki dokulu masif traverten malzemesinden yapılmış olmasının, travertenlerin taşıyıcı malzemesi olarak da kullanılabileceğine dikkat çekmiştir.

Demirtaşlı vd (1986) Çalışmalarında Bolkardağları'nın İç Toros Kuşağının önemli bir bölümünü oluşturduğunu belirterek, yaşı Permien'den Üst Kretase'ye kadar çıkan Bolkar Grubu ile temsil edildiğini bildirmişlerdir. Bolkar Grubu formasyonlarının yeşil şist metamorfizmasına uğramış ve genellikle diyabaz intrüzyonları ile kesilmiş kristalize kireçtaşları ve şistlerden oluştuğunu belirtmişlerdir. Bolkar grubu formasyonlarının oluşturduğu İç Toros Kuşağı kuzeyinde bu kuşaktan Bolkar Bindirmesi ile ayrılan Ereğli-Ulukışla Havzası ayırtlanmıştır. Bolkar Grubunda dört formasyonun bulunduğunu bunların; Dedeköy formasyonu (Permien), Gerdekesayla formasyonu (Alt-Orta Triyas), Berendi kireçtaşı (Üst Triyas) ve Üçtepeler formasyonu (Jura-Üst Kretase) olup, ofiyolitik melanjin bu formasyonları tektonik olarak üzerlediğini saptamışlardır. Bolkar Grubu'nun diyabazik dayk ve sillerle, doğu kesiminde Horoz Vadisinde intrüzyon yaşı Paleosen olan Horoz graniti ile kesildiğini açıklamışlardır. Bolkar Grubu güneyinde, farklı stratigrafik ve tektonik gelişme göstermekte olup Dış Toros Kuşağına ait olan ve Özgül (1976) tarafından Aladağ Birliği olarak adlanan jeotektonik birim ayırtedilmiştir. Aladağ Birliğinin; metamorfik olmayan ve yaşı Permien'den Üst Kretase'ye kadar değişen Öşün formasyonu (Permien), Karagedik formasyonu (Triyas), Cehennemdere formasyonu (Jura-Kretase) ve Aslanköy formasyonunu (Üst Kretase) içerdiğini belirtmişlerdir. Aladağ Birliği ve üzerindeki Ofiyolit Napı birlikte, Bolkar Grubu üzerine güneyden kuzeye doğru ilerleyen bindirme boyunca yerleştiğini rapor etmişlerdir.

Okay (1989) Alanya metamorfitlerinin batı kesiminde farklı iki evrede gelişmiş bir metamorfizmadan bahsetmiştir. İlk evrede üst Kretase sırasında napların sadece birinde (Sugözü napı) mavişist ve eklojit fasiyesinde yüksek basınç/düşük sıcaklık metamorfizmasından, ikinci aşamada ise her üç napı da etkileyen yeşilşist fasiyesinde Barroviyen türü bir metamorfizmasından bahsetmiştir. Buna karşılık Alanya metamorfitlerinin doğu kesiminde yeşilşist fasiyesinden yüksek dereceli amfibolit fasiyesine kadar uzanan ve olasılıkla ilerleyen bir metamorfizmayı temsil eden, tek evreli Barroviyen tipi bir bölgesel metamorfizma belirlemiştir. Ayrıca bu kesimde metamorfitlerin iç yapısında naplı bir yapının varlığını işaret eden bulgulara

rastlanılmadığını; Alanya metamorfitlerinin doğu ve batı kesimlerinin birbirinden oldukça farklı metamorfizma ve yapı karakterine sahip olduğunu vurgulamıştır.

Dean vd (1993) Batı ve Orta Toroslar'da ki Kambriyen karbonatlarının (Çaltepe formasyonu) geniş yayımlı olduğunu bildirmişlerdir. Koyu gri renkli, ara tabakalı dolomitleri, gri, iyi tabakalı kireçtaşlarının takip ettiğini ve bunlarında üzerine kırmızı renkli nodüler mikritlerin geldiğini saptamışlardır. Bu durumun, Gondwana sınırının yok olmasına bağlı olarak şartların sık ve yüksek enerjiden daha derin ve sakin bir ortama doğru geliştiğini, karbonatları kalın (>1000 m.) kırıntılıların izlediğini ve Üst Kambriyen yaşlı birimlerin daha az gözlenebildiğini açıklamışlardır. Yazarlar, Ovacık-Silifke yakınında, Arenigiyen (Alt Ordovisiyen) yaşlı Seydişehir formasyonunun en alt seviyeleri Orta Kambriyen karbonatlarını uyumsuz olarak üzerlerken, Seydişehir'in kuzeyinde, formasyonun üst kesimi Üst Arenigiyen yaşlı karbonatlar tarafından uyumlu olarak üzerlediğini (Sabova formasyonu) belirtmektedirler.

İpek (1997) Orta Toros Kuşağı'nda, Ovacık-Işıklı (Silifke-Mersin) köyleri ve dolayında yapmış olduğu çalışmada; inceleme alanındaki birimlerin, Toros Orojenik Kuşağı'nın yerleşim bakımından en yaşlı tektono-stratigrafik birliği olan, Geyikdağı Tektonik Birliği'ne ait olduğunu bildirmektedir. Araştırmasında allokon konumlu ve stratigrafileri birbirinden farklı üç alt tektonik dilim ayırtlanmış olup, bunları güneyden kuzeye; Tisan, Ovacık ve Aydıncık tektono-stratigrafi dilimleri olarak isimlendirmektedir. Bölgede gözlenen Alt Kambriyen-Paleosen zaman aralığındaki birimlerin bindirme tektoniği etkisi altında kaldığını, bunun sonucunda GD'ya doğru itilmelerini sağlayan büyük ölçekli naplar ve daha küçük ölçekli bindirme ve ters fayların geliştiğini bildirmektedir. Bu tektonik stil içerisinde gelişen kıvrımların eksenlerinin de bindirme ve napların doğrultusuna paralel olduğunu saptamıştır. Bölgede saptanan yapısal unsurların, birimlerin KB-GD yönlü bir ana kompresyon etkisinde kalarak kuzeyden güneye doğru taşındığını işaret ettiğini belirtmektedir.

Koçyiğit ve Beyhan (1998) uzaktan algılama, hava fotoğrafları, çeşitli ölçeklerde jeolojik arazi haritalamaları ve ölçülü stratigrafik kesit çalışmalarını içeren günümüz neotektonik çalışmaları sonucunda Orta Anadolu Fay Zonu (OAFZ) olarak adlandırdıkları büyük sol yönlü kıta içi bir "transcurrent" yapının varlığını ortaya koymuşlardır. Bu kuşağın yaklaşık 730 km uzunluğunda, 2-80 km genişliğinde, kuzeydoğuda Düzyayla, güneybatıda Anamur arasında uzanmakta olup Anadolu

platosunu boydan boya kesen aktif sol yönlü doğrultu atımlı bir fay zone olduğunu bildirmektedirler. Doğu Akdeniz'in altına doğru devam edip Kıbrıs'ın batısına kadar gelen bu zoneun aynı zamanda Antalya ve Adana havzalarının da sınırını oluşturduğunu söylemektedirler. OAFZ'nun oldukça genç bir neotektonik yapı olup, "Ecemiş Koridoru" olarak adlandırılan eski bir paleotektonik yapının Pliyo-Kuvaterner'de aktif hale gelerek hem K-KD, hem de G-GB yönlerinde İç Toros Kenet Kuşağı boyunca oluştuğunu ileri sürmektedirler. OAFZ geometrik süreksizliklere dayanılarak, her biri doğrultu atım morfotektonik özelliklerini yansıtan birkaç güncel hareketle karakterize edilen 24 parçaya ayrıldığını belirtmektedirler. Anadolu Plakacığı üzerindeki bütün kıta içi fayları ve sınır faylarının K-KB_G-GD yönlü kısalma ve D-KD_B-GB yönlü gerilmeyi gösteren yapısal bir modeli işaret ettiği ve bunların Arap Plakası'nın Geç Erken Pliyosen'den beri kuzey yönlü hareketinin bir sonucu olduğunu rapor etmişlerdir.

Bozkaya ve Yalçın (2001) Antalya Birliği'nin Paleozoyik kesimi yaş, litoloji ve fillosilikat parajenezi açısından Toros kuşağının kuzeyinde yer alan Bolkardağı ve Aladağ birliklerinden farklı, buna karşın Geyikdağı Birliği ile büyük bir benzerlik gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu bulguların, Antalya ve Geyikdağı birliklerinin aynı yaş ve fasiyese sahip olduğu belirten araştırmacıların (Göncüoğlu ve Kozur 1999) görüşünü desteklediğini vurgulamışlardır. Ayrıca Geyikdağı Birliği'ne göre, Antalya Birliği'nin Paleozoyik kesiminin daha düşük, buna karşın Triyas yaşlı kesiminin daha yüksek diyajenez/metamorfizma derecesine sahip olduğunu söylemişlerdir. Mahmutlar Napı Toros kuşağının en güneyinde yer alan Antalya Birliği'nin, Yumrudağ Napı ise kuzeyde yer alan Bolkardağı veya Aladağ Birliği'nin metamorfik eşdeğeri olduğundan Antalya Birliği'nin diyajenez/metamorfizma derecesinin kuzeyden güneye doğru arttığı biçimindeki görüşlerin (Ulu 1983, Özgül 1984) doğruluğu; dokusal ve mineralojik açılımlar ile denetlendiğini, bu farklılığın çökeltme sırasındaki metamorfizmadan ziyade, Üst Kretase-Eosen sırasındaki tektonik etkinliklerle ilişkili olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Dipova (2002) Çalışmasında Antalya kıyı falezlerinin tufa türü kayalardan oluştuğunu belirtip; tufayı, fiziko-kimyasal ve biyogenik yolla oluşmuş kalsiyum karbonat çökeli olarak tanımlamıştır. Traverten teriminin de benzer bir terim olmakla birlikte, son zamanlarda yalnızca hidro-termal karbonat çökelleri için kullanıldığını vurgulamıştır. Diyajenez düzeyi önemsenmeksizin ılık su kalsiyum karbonat çökelleri için ise tufa teriminin tercih edildiğine dikkat çekmiştir. İncelemelerinde Antalya tufasında hakim

olarak biyojenik kökenin belirlenmesi ve ılık su çökeli olması nedeni ile tufa terimini uygun görmüştür.

Özgül ve Kozlu (2002) Doğu Toroslar'ın batı kesiminde yapmış oldukları çalışmada, Geyikdağı Birliği içindeki birimleri ayrıntılı olarak incelemiş ve adlandırmışlardır. Çalışma alanındaki birimlerin kaya türleri, fosil içerikleri ve alt-üst ilişkileri denştirildiğinde bu çalışma ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle inceleme alanındaki birimlerin adlamasında bu çalışmada yer alan adlandırmalar kullanılmıştır.

Özalp ve Demirkol (2003) Yaptıkları bu çalışma ile ilk kez Orta Toroslar'da, başlıca mavimsi renkli, kısmen metamorfe olmuş, kristalize kireçtaşı ve ince kırıntılardan oluşan Görbiyesdağı Birliği tanıtılmıştır. İnceleme alanındaki Geyikdağı Birliği içerisinde tektono-stratigrafik açıdan farklılıklar sunan Ovacık ve Araca tektonik dilimlerini ayırtlamışlardır. Geyikdağı Birliği'ne ait Ovacık Tektonik diliminde Orta Kambriyen - Üst Triyas zaman aralığında 10 adet; Araca Tektonik diliminde İnfrakambriyen – Üst Paleosen zaman aralığında 9 adet; Görbiyesdağı Birliği'nde Üst Kretase'de 1 adet Ofiyolitli Karışık; Örtü Çökeli olarak Miyosen'de 3 adet, Kuvaterner'de 5 adet olmak üzere toplam 29 adet kaya-stratigrafi birimini ayırtlayarak haritalamışlardır.

Koşun vd (2005) “Antalya Tufalarının Litofasiyes Özellikleri” adlı çalışmalarında dünyadaki bilinen en büyük tatlı su karbonat çökelim alanı olan Antalya tufa platosunun, coğrafi bilgi sistemi kullanarak yaptıkları çalışmalar sonucu belirlenmiş olan irili ufaklı 12 adet plato sisteminden oluştuğunu tanımlamışlardır. Bu 12 platonun 3 tanesinin, üst plato (Döşeme altı platosu), alt plato (Düden platosu) ve deniz altında bulunan ana platolar olduğunu, diğer 9 tanesinin ise büyük çoğunluğu Düden platosu bünyesinde olmak üzere üst ve alt platolar içerisinde bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışma ile Antalya tufaları bünyesinde, akarsu, bataklık, göl, şelale ve baraj ortamlarında çökelmiş olan 10 ayrı litofasiyes ayırtlamışlardır. Bunlar; 1. bitkilerin kalsiyum karbonatla kabuklanması sonucu oluşan fitoherm çatı taşı fasiyesi, 2. stromatolitik, varv şekilli tufa laminalarından oluşmuş fitoherm bağlam taşı fasiyesi, 3. çok ince karbonat sedimanlarının yerinde çökmesi ile oluşmuş, sert, iyi konsolide olmuş mikritik tufa fasiyesi, 4. fitoherm çatı taşı fasiyesinin bozunması sonucu oluşmuş detritik tufalardan oluşan fitoklastik tufa fasiyesi, 5. fitoherm bağlam taşlarının içerisinde ve birlikte, özellikle çalkantılı havuz ortamlarında oluşan ve genellikle

silindirik bir şekle sahip onkoidal tufa fasiyesi, 6. kum ve silt boyu detritik tufalardan oluşan intraklastik tufa fasiyesi, 7. başlıca göl, havuz ve bataklık ortamlarında oluşmuş, çok ince taneli karbonat sedimanlarından oluşan, konsolide olmamış mikrodetritik tufa fasiyesi, 8. Tufa döngüsünün erozyonal gerileme fazını yansıtan, karbonatça zengin toprakların oluşturduğu eski topraklar, 9. çağlayanların az yumuşak eğimli bölgelerinde ve akarsu kanalları içerisinde oluşmuş, sert, bezelye şekline benzeyen sargılı tanelerden oluşan pizolitik tufa fasiyesi ve 10. havza içi, küresel çakıllardan oluşan formasyon içi konglomera fasiyesi olarak belirtmişlerdir. Pedley (1990)' in çalışmasındaki tufa sınıflaması temel alınarak yaptıkları ayırtlamada, Pedley (1990) sınıflamasında yer almayan 3 yeni fasiyes tanımlanmıştır. Bunlar; mikritik tufa, pizolitik tufa ve formasyon içi konglomera fasiyesleridir.

Dipova (2005) Yaptığı bu çalışmada Antalya tufa platosunda ki zeminlerin temel özelliklerini incelemiştir. Çalışma bölgesinde ana kayaç olan tufadan başka iki ayrı zemin birimi daha tanımlamıştır. Bunlar; zayıf çimentolu karbonat kumu (çökebilen zemin) ve kırmızı topraklar (terra-rossa) olarak belirtmiştir. Çökebilen zeminler tufanın akarsu ve geçici göl ortamında çökelişi sırasında karbonat taneciklerin kalsiyum karbonat çimento ile çimentolanmasıyla oluştuğunu; kum ve silt boyutundaki tanelerin tufa içinden aşınma ve havza içinde taşınma ile ortaya çıktığını, su içindeki biyogenik ve fiziko-kimyasal yolla oluşan kalsiyum karbonat çökelişi, tanelerin dokanak noktalarında menisküs çimentolanmasına neden olduğunu ve sonuçta yüksek boşluk oranına sahip, zayıf çimentolu doymamış bir zemin ortaya çıktığını vurgulamıştır. Suya olan doygunlukta ve yük altında zayıf çimentonun eriyip ani çökmelere sebep olabileceğine değinmiştir. Antalya'da zemin etütleri esnasında mühendislik uygulamalarında standart yöntemlere uyulmasının gerçek zemin özelliklerinin gözden kaçmasını engelleyeceğine ve güvenliğin; zaman ve ekonomi faktöründen daha önemli olduğuna dikkat çekmiştir.

Dipova (2006a) Yaptığı çalışmada; Antalya tufasında gözlenen yatay ve yataya yakın tabakalanmanın, hakim çökeliş mekanizmasının gölsel çökeliş olduğunu ancak tünük kaynak yolu modelinin tufa oluşumu için başlangıç teşkil ettiğini vurgulamıştır. Bu modele göre yamaç aşağı akımda kurna şeklinde küçük basenlerin oluştuğunu, bu basenlerin çökellerle dolup birleşerek düzlük alanları oluşturduğunu belirtmiştir. Bu düzlüklerde sonradan daha geniş basenler gelişip kalın tabakalı gölsel çökelleri

oluşturabildiğini; oluşan düzlüklerde akarsu sistemlerinin gelişmesiyle örgülü ve menderesli nehir çökellerini oluşturduğunu belirtmiştir.

2.2 Ulaşım Sistemleri ve Yer Seçimi İle İlgili Kaynak Taramaları

Rabcewicz (1964), Sauer (1990), Arıoğlu vd (2002) Yeni Avusturya Tünel Açma Metodunu kısaca kazı bölgesi civarında, üç boyutta gerilme dağılımını kontrol altına almak, kazı sırasında oluşan “gevşeme ve deformasyonların minimize” edilmesi, “kayaç-zemin dayanımının korunması” olarak açıklamıştır. Belirtilen koşulların yerine getirilmesi için kazıdan hemen sonra erken taşıyıcılık sağlayabilecek (P.Beton+Çelik Hasır+Çelik Kafes İksa+Kaya Bulonu) ve çevre ortamı ile birlikte çalışacak taşıyıcı iksa sistemi oluşturmak, kazı faaliyetleri sırasında ve sonrasında oluşan tünel içi deformasyonların ve yüzey hareketlerinin devamlı ölçülmesinin ve değerlendirilmesinin; diğer yandan varsa, yüzeyde bina, karayolu ve köprü gibi hassas yapılarda oluşacak deformasyonların ve oluşabilecek yapı hasarlarının ölçülmesi ve izlenmesinin gerekliliğini vurgulamıştır.

Duman (1993) “Tarsus-Adana-Gaziantep (TAG) Tünel 2–Tünel 4 Arasının Mühendislik Jeolojisi” adlı çalışmasında araştırma bölgesindeki süreksizlik sistemlerinin fazla duraysızlık sorunu yaratacak özellikte olmadığını yani eklem sistemlerinin çoğunluğunun kuvars veya kalsitle dolgulu, pürüzlü ve devamlı olduğunu belirlemiştir. Yaklaşık olarak 350 adet eklem, tabakalanma ve şistozite ölçümleri yapmış ve bu süreksizliklerin tünel giriş-çıkış ağızlarındaki yarmalarda, tünel tavan ve yan yüzeylerinde kama tipi kayma, düzlemsel kayma, devrilme ve kopma durumları için kinematik incelemelerde kullanmıştır. Kinematik incelemeler sonucunda bazı küçük kama tipi ve düzlemsel kaymaların yanı sıra, sınır koşullarında kopma ve düşmeler meydana gelebileceğini belirlemiştir. Bu duraysızlık sorunlarının tünel içerisinde kaya bulonlaması ile tutturulabileceğini belirtmiştir. Tünel ağızlarında ise yamaç eğimleri yapılan incelemelere göre önerilmiş ve ayrıca püskürtme betonu da önerilerek yüzeysel döküntülerin tünel giriş çalışmalarını engellemesini ortadan kaldırdığını vurgulamıştır.

Özsan (1993) “Güledar Barajı Derivasyon Tünel Güzergahındaki (Çubuk-Ankara) Kaya Birimlerinin Mühendislik Jeolojisi İncelemesi” adlı çalışmasında Güledar barajının yapımı sırasında açılacak derivasyon tünelinin çapının 3 metre olduğunu belirlemiştir. Tünel güzergahındaki kaya birimlerinde alınacak destek önlemlerinin

saptanmasında Jeomekanik-RMR ve Q-Sistemi sınıflamalarını uygulamıştır. Jeomekanik-RMR sınıflaması 5-12 metre çapındaki tüneller için olduğundan ve Güledar barajı derivasyon tünelinin bu genişlikte açılmış olduğunu belirtmiştir ve RMR değeri ile bulunan kaya kalitesi ve gerekli destek sınıfını önermiştir.

Ulusay ve Aydan (1997) Yapılan bu çalışmada TBM ile yapılmış bir kazının, diğer kazı yöntemleri ile karşılaştırıldığında oldukça hızlı ve ekonomik olacağı ancak, zayıf ve ileri derecede eklemlili kaya kütleleri ile fay zonlarında gelişebilecek, blok düşmesi ve/veya kayması şeklindeki duraysızlık sorunlarının beklendiği tünellerde ise bunun, tersine bir durumla karşılaşılabilceğini belirtmiştir. Dolayısıyla TBM’ in kullanılabilmesi için duraylılık konusuna oldukça önem verilmesi gerektiğini, bu amaçla tünel kazısına başlanmadan önce seçilen güzergah boyunca zayıf zonların varlığının araştırılması ve özellikle blok gelişimi açısından en önemli faktörlerin başında gelen süreksizliklerin yönelimleri ile bunların fiziksel ve mekanik özellikleri ayrıntılı etütlerle belirlenmesi gerektiğini vurgulamıştır. Yapılmış olan etüt kapsamında son yıllarda üzerinde yeni teknolojilerin de geliştirildiği yönlendirilmiş karot alma çalışmalarına ağırlık verilmesini öngörmüştür.

Koçkar ve Akgün (2004) İnceleme alanındaki litolojik birimlerin Alanya Birliği’nin üyeleri olduğunu ve Alanya Birliği’nin, ilçe merkezinin 20 km doğusundan başlayarak batıya doğru uzanan kesimde üst üste duran üç metamorfik naptan oluştuğunu belirtmişlerdir. Farklı istiflenme ve metamorfizma gösteren bu naplar, yapısal konumlarına göre, alttan üste doğru Mahmutlar Formasyonu (alt nap), Sugözü Formasyonu (orta nap) ve Yumrudağ Grubu (üst nap) olarak adlandırmışlardır. Proje alanında, sadece Alanya Masifinin en üst seviyesi olan Yumrudağ Napına ait birimler gözlemlendiğini ve burada iki birim ayırtlandığını vurgulamışlardır. Bunlar çalışma alanının zeminini oluşturan başlıca kayaların Asmaca ve Cebireis Formasyonu üyesi rekristalize kireçtaşı, kalk şist, pelitik şist, grafit şist, meta-dolomitlerden ve bu birimlerin ardalanmalarından oluştuğunu belirtmişlerdir. Tünellerin zeminlerini oluşturan kaya kütleleri Q-Sistemi, RMR ve NATM’a göre sınıflandırılmış olup tünellerin projelendirilmesinde ve yapımında bu üç sınıflandırma sisteminin ilkelerini esas almışlardır. Kaya kütlelerinin dayanımlarının, deformasyon özelliklerinin (özellikle zayıf kalitedeki kaya kütlelerinin) ve kayma dayanımı parametrelerinin güvenilir bir biçimde belirlenebilmesi için Hoek-Brown güncelleştirilmiş ve basitleştirilmiş yenilme

ölçütü kullanılmış, proje alanındaki her sondaj bölümü için kaya kütlesi kalitesine göre Jeolojik Dayanım İndeksi değer aralığı ve deformasyon modülü saptamışlardır.

2.3 Türkiye’de Demiryolunun Tarihi Gelişimi

Avrupa ve Amerika’da büyük bir gelişme gösteren ve yeni bir ulaştırma sisteminin doğmasına sebep olan demiryolları 19. yüzyılın ortalarından itibaren bütün dünyada en önemli ulaşım aracı olma özelliğini kazanmaya başlamıştır. Dönemin en hızlı ve en güvenilir ulaşım aracı olan demiryolları, Osmanlı yöneticileri tarafından da yol sorununu çözecek bir çare olarak görülmüştür. Çünkü demiryolları Osmanlı Devleti için hem ekonomik, hem askeri, hem de siyasal yönden büyük önem taşımaktadır (Anonim-6).

Anadolu insanı buharlı lokomotifin ilk kullanılmasından 33 yıl sonra 1856 yılında demiryolu ile tanışır. Türkiye’de ilk demiryolu Sultan Abdülmecit zamanında, 1856’da bir İngiliz şirketine verilen imtiyazla İzmir-Aydın arasında 130 km. olarak inşa edilir. Yapımı 10 yıl süren bu hat 1866 yılında Sultan Abdülaziz zamanında tamamlanır (Anonim-6).

2.3.1 Cumhuriyet Öncesi

Türk Demiryolu tarihi, 1856 yılında başlar. İlk demiryolu hattı olan 130 km 'lik İzmir-Aydın hattına ilk kazma bir İngiliz şirketine verilen imtiyazla bu yılda vurulmuştur (Anonim-6).

1871 tarihinde saraydan çıkarılan bir irade ile Haydarpaşa-İzmit hattının devlet eliyle yapımına başlanmıştır ve 91 km’lik hat 1873 yılında bitirilmiştir. İmtiyaz verilen başka bir İngiliz şirketi de İzmir-Turgutlu-Afyon hattı ile Manisa-Bandırma hattının 98 km’lik kısmını 1865 yılında tamamlamıştır (Anonim-6).

1896 yılında yapım imtiyazı Baron Hirsch’e verilen 2000 km.lik şark demiryollarının milli sınırlar içerisinde kalan 336 km.lik İstanbul-Edirne ve Kırklareli- Alpulu kesiminin 1888’de bitirilerek işletmeye açılmasıyla da İstanbul, Avrupa demiryollarına bağlanmıştır (Anonim-6).

1856 - 1922 yılları arasında Osmanlı topraklarında şu hatlar yapılmıştır:

1. Rumeli Demiryolları 2383 km normal hat
2. Anadolu-Bağdat Demiryolları 2424 km normal hat
3. İzmir -Kasaba ve uzantısı 695 km normal hat
4. İzmir -Aydın ve şubeleri 610 km normal hat
5. Sam-Hama ve uzantısı 498 km dar ve normal hat
6. Yafa-Kudüs 86 km normal hat
7. Bursa-Mudanya 42 km dar hat
8. Ankara-Yahşihan 80 km dar hat

Toplam 8.619 km

Böylece, Cumhuriyet öncesi çeşitli yabancı şirketler tarafından inşa edilen demiryolu hattının 4000 km'lik bölümü, Cumhuriyetin ilanı ile belirlenen milli sınırlar içinde kalmıştır. Osmanlı İmparatorluğu'ndan genç Cumhuriyete, yabancı şirketlere ait 2.282 km'lik normal genişlikte hat ve 70 km. uzunluğunda dar hat ile devletin yönetiminde olan 1.378 km'lik normal genişlikte hat kalmıştır (Anonim-6).

2.3.2 Cumhuriyet Sonrası

Demiryolu Ağırlıklı Dönem (1923- 1950 Dönemi):

Cumhuriyet öncesi dönemde, yabancı şirketlere verilen imtiyazla, onların denetiminde ve ülke dışı ekonomilere, siyasi çıkarlara hizmet eder türde gerçekleştirilen demiryolları, Cumhuriyet sonrası dönemde milli çıkarlar doğrultusunda yapılandırılmış, kendine yeterli "milli ekonomi"nin yaratılması amaçlanarak, demiryollarının ülke kaynaklarını harekete geçirmesi hedeflenmiştir. Bu dönemin belirgin özelliği, 1932 ve 1936 yıllarında hazırlanan 1. ve 2. beş yıllık sanayileşme planlarında, demir-çelik, kömür ve makine gibi temel sanayilere öncelik verilmiş olmasıdır. Bu tür kitlesel yüklerin en ucuz biçimde taşınabilmesi açısından demiryolu yatırımlarına ağırlık verilmiştir (Anonim-6).

Atatürk Millet Meclisinin 1 Mart 1922 tarihli toplantısında: "İktisat hayatının faaliyet ve zindegisi ancak münakale vasıtalarının, yolların, şimendiferlerin, limanların hali ve

derecesile mütenasiptir" demiştir. Atatürk aynı tarihlerde gazetelere verdiği demeçte: "Memleketin bütün merkezleri yekdiğerine az zamanla şimendiferle bağlanacaktır. Mühim maden hazineleri açılacaktır. Memleketimizin baştan nihayete kadar harap manzarasını mamureye tahvil etmekten ibaret olan gayenin temel taşları her yerde gözleri tesrir edecektir" demiştir (Anonim-6).

Demiryolu yapımı İkinci Dünya Savaşı'na kadar büyük bir hızla sürdürüldü. Savaş nedeniyle 1940'dan sonra yavaşlamıştır. 1923-1950 yılları arasında yapılan 3.578 km'lik demiryolunun 3.208 km'si, 1940 yılına kadar tamamlanmıştır (Anonim-6).

Bu dönemde yapılan ana hatlar: Ankara-Kayseri-Sivas, Sivas-Erzurum (Kafkas hattı), Samsun-Kalın (Sivas), Irmak-Filyos (Zonguldak kömür hattı), Adana-Fevzipaşa-Diyarbakır (Bakır hattı), Sivas-Çetinkaya (Demir hattı)'dır. Cumhuriyet öncesinde demiryollarının % 70'i Ankara-Konya doğrultusunun batısında kalırken, Cumhuriyet devrinde yolların % 78.6'sı doğuda döşenmiş ve günümüz itibari ile batı ve doğuda % 46 ve % 54 gibi oransal dağılım elde edilmiştir (Anonim-6).

1950-1980 yılları arasında yılda sadece ortalama 30 km yeni hat yapılabildiştir. Ülkemiz ulaşım sistemi içerisinde karayolu-demiryolu yük taşıma paylarına bakıldığında, karayolu yük taşıma oranı % 94, demiryolu yük taşıma payı ise % 4'dür. Demiryollarının yük taşımacılığındaki payı son 50 yılda % 60 oranında gerilemiştir (Anonim-6).

Karayolu Ağırlıklı Dönem (1950 sonrası):

Osmanlı İmparatorluğu'ndan kalan karayolu mirası, 13.885 km bozuk satırlı dar şose ve 4.450 km toprak yol olmak üzere 18.335 km'lik yol ile 94 adet köprüden oluşmuştur (Anonim-6).

Karayollarının adeta altın çağı olan 1950 sonrası dönem ise: İlk Atılım Dönemi (1950-1963), Planlı Atılım Dönemi (1963-1980), 1983-1993 Ulaştırma Ana Planı Dönemi (1983-1986) ve Otoyollar Dönemi (1986-) olarak değerlendirilmektedir (Anonim-6).

Karayolu, 1950 yılına kadar uygulanan ulaşım politikalarında demiryolunu besleyecek, bütünleyecek bir sistem olarak görülmüştür. Ancak karayollarının demiryollarını bütünleyecek, destekleyecek biçimde geliştirilmesi gereken bir dönemde, Marshall

yardımıyla demiryolları adeta yok sayılarak karayolu yapımına başlanmıştır. ABD'nin Marshall yardımı ile Türk ekonomisi üzerinde etkin olduğu bu dönemde, özellikle tarım ve tüketim mallarına dayalı bir sanayileşme süreci iktisadi yapıya egemen olmuştur (Anonim-6).

1960 sonrası planlı kalkınma dönemlerinde, demiryolları için öngörülen hedeflere hiçbir zaman ulaşamamıştır. Bu politikaların sonucu olarak, 1950-1980 yılları arasında yılda sadece ortalama 30 km. yeni hat yapılabilmektedir. 1980'li yılların ortalarında ise, ülkemizde hızlı bir karayolu yapım seferberliği başlatılmış, otoyollar; GAP ve turizmden sonra ülkemizin 3. büyük projesi olarak kabul edilmiştir. Bu çerçevede 1990'lı yılların ortalarına kadar otobanlar için yılda yaklaşık 2 milyar \$'lık yatırım yapılmıştır. Buna karşılık, özellikle önemli demiryolu altyapı yatırımları konusunda her hangi bir projenin hayata geçirilmediği görülmektedir. Mevcut demiryollarının büyük bölümü yüz yılın başında inşaa edilen geometride kalmaya mahkum olmuştur. İdame yatırımları için ayrılan kaynaklarda yetersiz kalmıştır (Anonim-6).

Ayrıca, ülkemizde yapılmış tek ulusal ulaştırma planı olan, ulaştırma sistemimizin iyileştirilmesi yönünde bir adım olarak görülen, karayolu ulaşım payının % 72'den % 36'ya düşürülmesini hedefleyen "1983-1993 Ulaştırma Ana Planı" da uygulanmamıştır ve 1986 yılından sonra uygulamadan kaldırılmıştır. Bu plan hakkında genel bir değerlendirme yapıldığında bile çarpıcı sonuçlar elde edilmektedir. Örneğin; demiryollarının sadece yük taşımacılığındaki payının artırılması sonucunda, enerji tasarrufu, trafik kazası, yaralı ve ölü sayısı ile hava kirliliğinde azalma söz konusu olmaktadır. Demiryolunun yük taşımacılığındaki payının % 30'lara çıkarılması durumunda; on yıllık dönemde yaklaşık 1.500 kişinin ölümden, 16.000'nin yaralanmaktan kurtulacağı hesaplanmıştır (Anonim-6).

Sonuç olarak, 1950'li yıllardan sonra uygulanan karayolu ağırlıklı ulaşım politikaları sonucunda, 1950-1997 yılları arasında karayolu uzunluğu % 80 artarken, demiryolu uzunluğu sadece % 11 artmıştır. Ulaştırma sektörleri içindeki yatırım payları ise; 1960'lı yıllarda karayolu % 50, demiryolu % 30 pay alırken, 1985'den bu yana demiryolunun payı % 10'un altında kalmıştır (Anonim-6).

Bu ulaşım politikalarının doğal sonucu olarak ülkemiz ulaşım sistemi adeta tek bir sisteme dayandırılmıştır. Ülkemiz yolcu taşıma paylarına bakıldığında, karayolu yolcu taşıma payı % 96, demiryolu yolcu taşıma payı ise yalnızca % 2'dir. Demiryollarının, mevcut altyapı ve işletme koşullarının iyileştirilmemesi ve yeni koridorlar açılmaması nedeniyle yolcu taşımacılığındaki payı son 50 yılda % 38 oranında gerilemiştir. Diğer taraftan, 2002 yılında yaklaşık 14 milyon ton yük taşımacılığı gerçekleştirilmiş bulunmaktadır. Ülkemiz ulaşım sistemi içerisinde karayolu-demiryolu yük taşıma paylarına bakıldığında, karayolu yük taşıma oranı % 94, demiryolu yük taşıma payı ise % 4'dür. Demiryollarının yük taşımacılığındaki payı son 50 yılda % 60 oranında gerilemiştir (Anonim-6).

2.3.3 Günümüzde Demiryolları

Yüksek hızlı tren ile Türkiye hızlı tren teknolojisini kullanan ülkeler arasında Avrupa'da 6., dünyada 8. ülke olmuştur. TCDD 2003 yılında hızlı tren hatları döşemeye başlamıştır. Ankara, Eskişehir, İstanbul, Konya, İzmir, Sivas, Bursa gibi yolcu potansiyeli ve nüfus açısından ülkemizin büyük kentlerini birbirlerine bağlayacak olan koridorlarda hızlı tren hatlarının yapılması için çalışma başlatılmıştır. İlk hat, toplam uzunluğunun 533 km olması öngörülen İstanbul-Eskişehir-Ankara hattıdır. Hattın şu anda kullanımda olan Ankara-Eskişehir kısmı 245 km'den oluşmaktadır ve yolculuk süresi 95 dakikadır. Deneme seferleri 23 Nisan 2007, ticari seferler 13 Mart 2009'da başlamıştır. Hattın Eskişehir-İstanbul Hızlı Tren Hattı ve Marmaray'ın tamamlanmasıyla *dünyanın ilk kıtalar arası günlük tren seferleri gerçekleşmiş olacaktır*. Temeli 8 Temmuz 2006'da atılan Ankara-Konya Hızlı Tren Hattı'nın 24 Ağustos 2011 tarihinde ilk yolcu seferi yapılmıştır. Toplam 306 km'lik hattın 94 km'lik Ankara-Polatlı arasındaki kısmı, Ankara-Eskişehir projesi kapsamında yapılmıştır. 300 km/saat hıza uygun hat inşa edilmiştir. TCDD'nin şu anda aktif olarak kullanılan demiryolu uzunluğu 10 984 km'dir (Anonim-7).

Planlanan bazı hızlı tren hatları şu şekildedir:

- Ankara - Afyon - Uşak - İzmir (Kocahacılı'da Ankara-Konya hattından çatallanacak)
- Ankara - Kayseri (Yerköy'de Ankara - Sivas Line hattından çatallanacak)
- İstanbul - Bursa (Osmaneli'de Ankara-İstanbul hattından çatallanacak)
- Ankara - Bursa (İnönü'de Ankara-İstanbul hattından çatallanacak)
- İstanbul - Edirne - Kapıkule (Bulgaristan sınırı)
- Konya - Mersin - Tarsus - Adana
- Eskişehir - Afyon - Antalya
- Sivas - Erzincan - Erzurum - Kars
- Samsun - Ankara
- Ankara - Konya - Antalya
- İzmir - Afyon - Konya
- Kayseri - Konya - Antalya (Anonim-8).

Türkiye’de Hızlı Tren 2008-2013

İnşaatı devam eden hatlar

Ankara-İstanbul..	533km./3 saat
Ankara-Eskişehir..	245 km./1 saat 5 dakika
Ankara-Konya..	212 km./1 saat 15 dakika
İstanbul-Konya..	641 km./3 saat 30 dakika
Eskişehir-Konya..	360 km./1 saat 26 dakika
Ankara-Sivas..	466 km./3 saat

Uygulama projesi hazırlanan hatlar

Ankara-İzmir..	624 km./3 saat 20 dakika
Ankara-Afyon..	281 km./1 saat 20 dakika
Bandırma-Bursa-Osmaneli..	190 km./60 dakika
Ankara-Kayseri..	350 km./2 saat
Halkalı-Bulgaristan..	230 km./1 saat
Sivas-Erzincan-Erzurum-Kars..	710 km./5 saat (Anonim-8).

2.4 Tekray Hızlı Yolcu Treni

Tekray sistemi bir tek raya dayalı ulaştırma sistemidir. Terim ayrıca farklı olarak sistemin tabanını veya araçların böyle bir tabanda yol almasını tanımlamada da kullanılmaktadır. İlk olarak 1897 yılında metal raylar üzerinde tek bir ray sistemi üzerinde olarak gerçekleştirilmiştir. Tek ray sistemi diğer ulaşım sistemlerine göre araçlardan daha dar bir tekray sistemine sahiptir. Ulaştırma piyasasında hava alanı

transferlerinde ve bazı orta kapasiteli metro sistemlerinde kullanılan sistemlerdeki gibidir. Tekray araçları ilk bakışta diğer hafif raylı sistem araçlarına benzer ve insanlı ya da insansız araçlar olabilir. Ayrıca tek ray araçları tek rijit formatta da kurulabilirler tek eklemeli birimlerden oluşur. Tramvay ve hafif raylı sistemlerinden farklı olarak modern tek raylar her zaman yayalardan ve trafikten ayrıdır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Tekray hızlı yolcu treni

İlk tek ray 1820 yılında Ivan Elmanov tarafından Rusya’da yapılmıştır. 19. yüzyılın ilk kısmından itibaren geleneksel demiryollarına alternatif olarak tek ray denemeleri başlamıştır. 1821 yılında UK’da Henry Palmer tarafından ilk patent alınmıştır. Londra’nın güneydoğusundaki işçi Deptford Dockyard dizayn etmiştir. The Cheshunt hattı dünyanın ilk yolcu taşıyan tekrayı ve bunun yanında ilk demiryolu hattı Hertfordshire’dadır. Yüksek hızlı tek ray 1901 yılında Liverpool ile Manchester arasında olması önerilmiştir. 1910 yılında Brennan tekrayı Alaska’da kömür madenleri için kullanılması düşünülmüştür. Bu zaman boyunca ana tekraylar California’da Disneyland’da, Florida’da Walt Disney World’de Seattle’da, Japonya’da ve daha birçok yerde yapılmıştır (Anonim-9).

Dünyada 400’ü aşkın sayıda kurulu monorail sistemi mevcuttur. Her biri 30-40 yolcu taşıma kapasitesinde olan araçlar sadece 8 ton ağırlığındadır. Araçlar 3–4 metrelik yükseltilmiş hatta çalışacak, 250 km/s hız yapabilecek ve % 5’lik eğimleri kolaylıkla tırmanabilecektir. Bu nedenle Türkiye gibi zor coğrafi ve iklim koşullarına sahip ülkelerde kesintisiz, güvenli ve ekonomik hizmet verebilecektir. Demiryollarında en önemli güvenlik sorunları; aracın raydan çıkması ve iki aracın çarpışmasıdır. Ancak tekray trende, buji sistemi sayesinde aracının raydan çıkması ve kaza yapması

imkansızdır. Yükseltilmiş çift hat üzerinde çalışması da çarpışma olasılığını tamamen ortadan kaldırmıştır. Günlük yolcu taşıma kapasitesi diğer konvansiyonel hızlı trenlerle aynı olmasına rağmen, sistemin km maliyeti en az 4-5 kat daha düşüktür ve yapım süreleri çok kısadır. 40 yolcu taşıma kapasitesine sahip araçlar gerektiğinde eklenerek 80, 120 ve 160 yolcu taşıma kapasitesine artırılabilir (Anonim-9).

2.4.1 Avantajları

- Tek raylar alışlagelmişlerin dışında, yatay ve dikeyde küçük alanları gerektiren ray sistemlerindendir. Tek ray araçları tabandan daha geniştir ve tek ray sistemleri yaygınca yüksekte ve minimal kapladığı alan için direklere dayanmaktadır.
- Bir tek ray yolu eş kapasitede bilindik raylardan daha ucuzdur.
- Daha az kapladığı alandan ötürü diğer ray sistemlerinden daha çekicidir.
- Tekray sıralı-ayrılmış sistem şeklinde dizayn edilmiştir. Var olan ulaşım moduna engel olmazlar.
- Daha sessizdirler. Modern tekraylar beton yol üzerinde lastik araçlar kullanılmaktadırlar (Anonim-9).

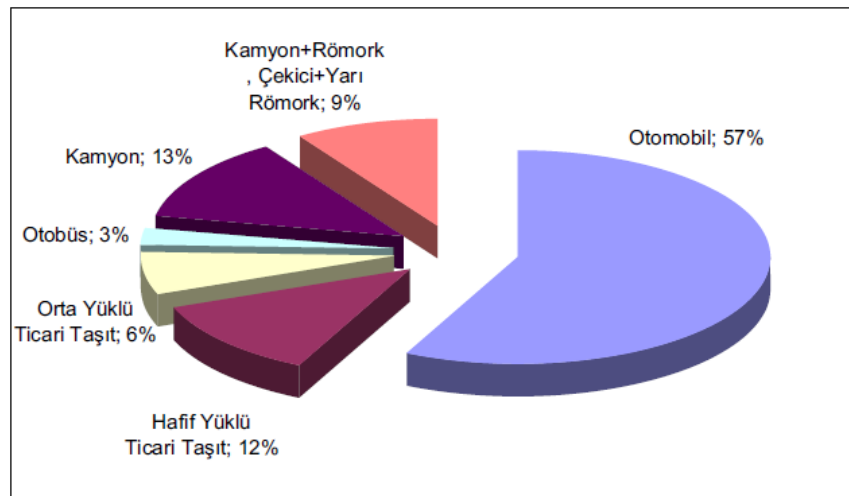
2.4.2 Dezavantajları

- Tekray araçları diğer tip demiryollarındaki altyapıyla uyumlu değildirler.
- Tekray yolları kesişim yerlerine kolayca uyum sağlamamaktadır.
- Tehlike anında yolcular hemen dışarı çıkamazlar. Çünkü yüksek tek ray araçları yerden yüksekte inşa edilirler ve sistemlerin hepsinde acil çıkışlar bulunmamaktadır. Yolcular kurtarma trenlerini beklemek zorundadırlar. Tek ray sistemleri yol üzerinde yeni yeni acil çıkış yerleri inşa ederek çözmeye başlamışlardır. Asma demiryolları bunu araç içinde uçak stilinde tahliye kayakları inşa ederek yapmaya başlamışlardır. Japon sistemleri başka bir tene kullanarak arızalı treni diğer istasyona kadar götürerek uygulamaktadır. Fakat henüz uygulanmamıştır.
- Tek ray altyapı ve araçları sık sık ayrı imalatçılar tarafından yapılır ve buda uyumsuz dizaynlar oluşturur (Anonim-9).

2.5 Karayolu Yolcu Taşımacılığı Genel Bilgi ve Veriler

Karayolları Genel Müdürlüğü Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı Ulaşım ve Maliyet Etütler Şubesi Müdürlüğü Yıllık Ortalama Günlük Trafik (YOGT) Değerlerini hesaplarırken daha gerçekçi değerler kullanmak açısından 50 adet sürekli sayım ve sınıflandırma istasyonu kurmuştur. Bu 50 adet istasyondan alınan aylık değişim katsayıları yaklaşık 1000 noktada seyyar her mevsim 7 gün süreyle yapılan kısa süreli trafik sayım değerlerinin, Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerlerine dönüştürülmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, Proje trafiğinin hesaplanmasında dikkate alınan trafik parametrelerinin tespit edilebilmesi için zirve saat değeri olarak, bir yıl içerisinde geçen en yüksek 30., 50., 100., ve 200. saat trafikleri ve yönsel dağılım oranlarını tespit etmektedir. Bu nedenle 50 adet sürekli sayım istasyonu sayısı 2009 yılı sonu itibarıyla 170 adede çıkartılarak trafik değerlerinin doğruluk hassasiyeti artırılmıştır (Karayolları Gen. Müd. 2009).

2008 yılında Devlet Yollarında trafiğin aylık ve mevsimlik değişimlerini incelemek amacıyla; Otomobil, Hafif Yüklü Ticari Taşıt, Orta Yüklü Ticari Taşıt, Otobüs, Kamyon ve Kamyon+Römork, Çekici+Yarı Römork olmak üzere 6 taşıt sınıfı ve toplam trafik için her istasyondan Aylık Ortalama Günlük Trafik ve Yıllık Ortalama Günlük Trafik bilgileri elde edilmiştir. Her bir taşıt sınıfının toplam trafik içindeki payları Şekil 2.2’de gösterilmektedir (Karayolları Gen. Müd. 2009).



Şekil 2.2. Taşıt sınıflarının toplam trafik içindeki payları (KGM 2009)

Çizelge 2.1’de Devlet İstatistik Enstitüsü’nün (DİE) 1990 - 2001 yılına kadar olan ulaştırma sistemlerinin yolcu taşımacılığındaki payı hakkındaki daha kapsamlı verileri verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere karayolu yolcu taşıma payı diğer ulaştırma sistemleri içerisinde her yıl en yüksek orana sahip olmuştur (Anonim-9).

Çizelge 2.1. 1990 - 2001 yılı ulaştırma sistemlerinin yolcu taşımacılığındaki payı (Anonim-10)

	Karayolu Payı	Demiryolu Payı	Denizyolu Payı	Havayolu Payı
1990	94.6	4.5	0.10	0.8
1995	94.8	3.5	0.04	1.2
1999	94.8	3.3	0.02	1.8
2000	95.2	3.0	0.02	1.8
2001	95.2	3.2	0.02	1.6

2.6 Tünellerin Jeoteknik Etüdü

Mühendislik yapılarının jeoteknik etüdünün; inşasından daha önemli olduğu, günümüzde kabul edilen bir gerçektir. Yıkılan veya hasara uğrayan yapıların %76’sı, yetersiz jeoteknik etütler sonucunda oluşmaktadır. Mühendislik yapısının tahmini maliyetinin % 2-7 tutarında bir jeoteknik etüt yapılması gerekliliği günümüzde benimsenmiştir. 1964 yılında inşaat mühendisleri odasında konferans veren kemer baraj uzmanı ve jeoteknikçi Portekizli Manuel Rocha "İyi etüt edilememiş sağlam bir kaya, iyi etüt edilmiş sağlam olmayan bir kayadan daha tehlikelidir " demiştir. (Timur 1994)

Tünel güzergahları kaya ve zemin formasyonlardan geçmektedir. Özellikle kaya zeminlerde etüt safhasında aşağıdaki özelliklerin saptanması gerekmektedir (Timur 1994).

- a. İçsel Gerilmesi
- b. Deformabilitesi
- c. Dirençleri (Mukavemet)
- d. Yapısı (Strüktürü)

Tünel ölçme uygulamaları genel anlamda; tünellerde kazıların yönlendirilmesi, tünel uygulamalarının kontrol edilmesi, tünel içi ve dışında oluşan deformasyonların

izlenmesi ve tünel i kaplama elemanlarının lme aracılığıyla kontrol altında tutulmasını kapsamaktadır (nltepe 2003).

Genellikle, tünel açılacak güzergahın topografyası, zemin koşulları ve açılacak tünelin geometrisi gibi parametreler değerlendirilerek tünel açma yöntemi ve buna bağlı olarak da kullanılacak lme yöntemleri belirlenmektedir (nltepe 2003).

İnşaat teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak ihtiyaçlara ve diğer koşullara bağlı olarak tünel uygulama yöntemleri ve buna ilişkin lme teknikleri de gelişmektedir. Günümüzde tünel uygulamaları kullanılan inşaat prensipleri açısından dört grup halinde incelenebilir. Bu gruplar;

- Aç-kapa metotla inşa edilen tüneller,
- Klasik metotla inşa edilen tüneller
- TBM Tünel Delme Makinesi ile inşa edilen tüneller
- Batırma Tünel (Immersed Tube) yöntemi olarak sıralanabilir (nltepe 2003).

Tünel açılımında günümüzde genellikle Yeni Avusturya Metodu (NATM) kullanılmaktadır. Bu metodun esasları yüzyılımızın başından beri bilinmesine rağmen, geniş çapta uygulamasına geçilmemiştir. Bilindiği gibi bu metodun esası dairesel tünel açıldıktan sonra radyal deformasyonlar oluşur ve tünel cidarındaki radyal basınçlar, radyal deformasyonlar arttıa, azalır. Tünel açıldıktan sonra hemen iksa yapılırsa (püskürtme beton) radyal basınçlar gelişmez, tünel iksası stabil olur (nltepe 2003).

Yeni Avusturya Metodu uygulamasında tünel açma makineleri ile dairesel kesitte amanın avantajları şöyledir: (nltepe 2003)

a- Tünel cidarı düzgün olduğundan formasyonun jeoteknik etüdü gerçekçi olur.

b- Dairesel kesitli tünel dikdörtgen kesitli tünelden daha az yeryüzünde çökmelere neden olur ve daha stabildir. Tünel açma makinesi ile açılan dairesel tünelde cidar düzgün ve örselenmemiş olduğundan, tünelin teorik iksa ve kaplama hesapları kolay yapılır ve güvenilir sonuçlar alınır.

Püskürtme betonun etkinliği, atıldığı yüzeye yapışabilirliğine bağlıdır. Yapışma konusunda yapılan araştırmalar, yüzeyle beton arasındaki bağın kayacın mineral bileşimine bağlı olduğu sonucunu vermiştir. Mika ve potasyum feldspat içeren yüzeyler çimento ile bağ kurulamaması nedeni ile zayıf bağ oluşturmaktadır. Gabro ise içindeki yüksek plajiyoklas nedeni ile yüksek adhezyon vermektedir. Bu husus önceden etüt edilmelidir (Ünlütepe 2003).

Tünel açılması esnasında rastlanan suların; tünel betonuna zararlı maddeler içerip içermediğini saptamak için kimyasal analizi yapılmalıdır. Her üç ayda bir bu analiz periyodik olarak yapılmalıdır. Yeraltı suyunun durumu (seviyesi) zamanla değiştiği için, yılın bütün aylarında bileşimi aynı kalmaz (Ünlütepe 2003).

Tünel Açma Makineleri (TBM)

Madencilik ve inşaat sektöründe yeraltı yapılarının önemi teknolojik gelişmelere paralel olarak gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle yerleşim merkezleri ve büyük şehirlerde elektrik, su, kanalizasyon, telefon, doğalgaz, tren yolu ve metro tünelleri gibi yapıların açılması sırasında, çevreye ve yer üstünde ki yapılara zarar vermemesi için kullanılacak kazı yönteminin seçimi son derece önemlidir.

Her ne kadar ilk yatırım maliyeti yüksek olsa da tam cepheli tünel açma makineleri (TBM) tasman gibi istenilmeyen yeraltı hareketlerini önleme kabiliyeti, daha sessiz, titreşimsiz ve hızlı çalışması nedeniyle günümüzde tercih edilen kazı makineleri haline gelmiştir (Çınar ve Feridunoğlu 1994).

Sert, orta sert, yumuşak ve akıcı formasyonlar için kullanılacak kafa dizaynları ve keski tipleri, makineyi dengeleme sistemleri, tahkimat sistemleri, çıkarılan pasayı taşıma sistemleri çeşitli yönlerden farklılıklar göstermektedir.

Açılacak yeraltı boşluğu boyunca geçilecek birimlerin önceden tespiti, kullanılacak makinenin seçiminde en önemli faktörlerden biri olmaktadır (Çınar ve Feridunoğlu 1994).

2.7 Öneri Geçki Alanının Genel Jeolojisi

Özgül (1976)'da Toroslar'ın temel jeoloji özellikleri irdelenmiş ve “Toroslar'ın Kambriyen-Tersiyer aralığında çökelmiş kaya birimlerini kapsadığı; kuşakta birbirlerinden değişik havza koşullarını yansıtan birliklerin yer aldığı; stratigrafi ve metamorfizma özellikleri, kapsadıkları kaya birimleri ve günümüzdeki yapısal konumlarıyla birbirlerinden ayrılan ve birbirleriyle anormal dokanaklı olarak kuşak boyunca yüzlerce kilometre yanal devamlılık gösteren ve çoğunlukla birbirleri üzerinde allohton örtüler oluşturan bu birliklerin yazar tarafından Bolkardağı Birliği, Aladağ Birliği, Geyikdağı Birliği, Alanya Birliği, Bozkır Birliği ve Antalya Birliği olarak adlandırıldığı” belirtilmiştir.

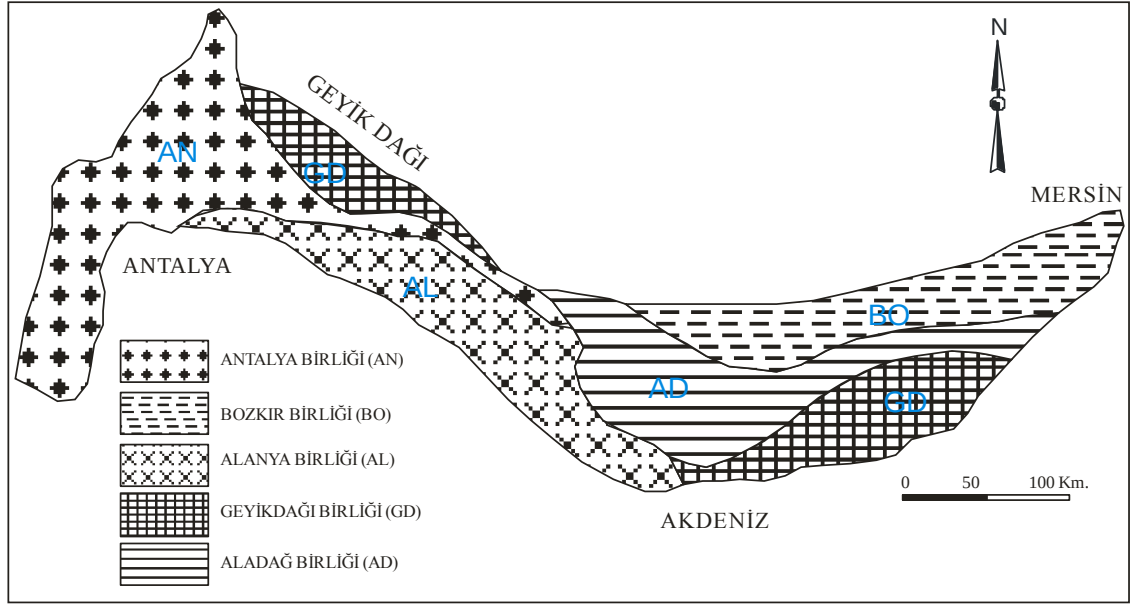
Şekil 2.3'de sözü edilen birliklerin çalışma alanındaki dağılımını gösteren harita verilmiştir. Öneri geçki boyunca Aladağ, Antalya, Alanya ve Geyikdağı birlikleri gözlenmektedir. Çalışma alanında gözlenen ve birbirleriyle tektonik dokanaklı olan bu birlikler Özgül (1976) tarafından şöyle tanımlanmışlardır:

Aladağ Birliği:

Birliğin adı Orta Toroslar'ın doğu kesiminde kuşağın en yüksek dağlarından biri olan Aladağ'dan alınmıştır. Üst Devoniyen - Üst Kretase aralığında oluşmuş karbonat ve kırıntılı kayaları kapsar.

Yüzeylemelerinin tümü alloktondur. Üst Devoniyen yaşta şeyl, kumtaşı, kuvarsit ve resifal kireçtaşı bu birliğin en yaşlı birimini oluşturur. Karbonifer benzer fasiyestedir. Permian kuvarsit arakatlı algi kireçtaşıyla temsil edilmiştir.

Permian'ın tabanında yer alan 20-30 m kalınlıkta ve yüzlerce kilometre yanal devamlılık gösteren Girvenalla'lı kireçtaşı bu birlik için ayırtman bir kılavuz seviye oluşturur. Triyas çoğunlukla oolitli kireçtaşı ile başlar; Jurasik ve Kretase karbonatlı kayalarla temsil edilmiştir.



Şekil 2.3. Toros kuşağında yeralan birliklerin yayılımını gösteren şematik harita (Özgül 1976)

Birliğin ayırtman özellikleri:

- Üst Devoniyen – Maastrichtiyen aralığında çökelmiş kaya birimlerini kapsar.
- Üst Devoniyen – Üst Kretase aralığı şelf türü karbonat ve kırıntılı kayalarla temsil edilmiştir. Maastrichtiyen olistostrom fasiyesinde kırıntılı kayaları kapsar.
- Üst Paleozoyik ve Mezozoyik süresince, Üst Triyas başlangıcı dışında, sürekli çökme vardır.
- Üst Triyas yer yer kalınlığı 500 m'yi bulan çakıltaşı birimini kapsar.
- Metamorfizma göstermez.
- Permien ve Triyas kayalarıyla kontrol edilen zengin çinko – kurşun cevher yataklarını kapsar.
- Karbonifer ve Alt Permien, kuşak boyunca yüzlerce kilometre çıplak gözle izlenebilen ayırtman biyozonları kapsar.
- Permien'de algler çok iyi gelişim gösterir.

— Birlik kuşak boyunca yüzeylediği her yerde allokton konumludur. Diğer birliklerin üzerinde yatay örtüler halinde görülmektedir.

Antalya Birliği:

Birliğin adı, yüzeylemelerinin yaygın olduğu Antalya ilinden alınmıştır. Antalya ili batısındaki yüzeylemeleri Lefevre (1967) tarafından *Antalya napları* olarak adlandırılmıştır. Antalya Birliği'nin kapsadığı kaya birimleri Brunn ve diğerleri (1971) tarafından Alakır Çayı, Tahtalı dağ ve Çatal tepe olmak üzere üç grupta toplanmıştır.

Alakır Çayı Gurubu. Üst Triyas yaşta çakmaklı kireçtaşı, bitkili kumtaşı ve radyolaritleri; yine Üst Triyas yaşta kireçtaşı arakatkılı bazik denizaltı volkanitlerini, ofiyolitleri ve Üst Kretase yaşta kırıntılı kayaları kapsar.

Tahtalı Dağ Gurubu. Kambriyen - Kretase aralığında çökelmiş şelf türü karbonat ve kırıntılı kayaları kapsar; bu özelliği ile Geyik dağı Birliği ile yakın benzerlik gösterir.

Çatal Tepe Gurubu. Üst Triyas yaşta killi kireçtaşı ve kumtaşı, Jurasik ve Kretase yaşta radyolarit arakatkılı neritik karbonatları kapsar.

Birliğin ayırtman özellikleri:

— Boyutları çakıl boyundan kilometrelere kadar değişen blok ve allokton kaya birimlerini kapsar.

— Sığ ve derin deniz çökellerine ait blokları bir arada bulundurur. Örneğin, Üst Triyas yaşta denizaltı volkanitleri ve pelajik çökellerin yanında aynı yaşta neritik kalın karbonatları kapsar.

— Ofiyolitleri kapsar.

— Geyikdağı Birliği'ne ait kaya birimlerini allokton olarak kapsar.

— Geyikdağı Birliği'nin Eosen yaşta olistostromu üzerinde alloktondur.

Alanya Birliği:

Birliğin adı, yüzeylemelerinin en iyi görüldüğü, Alanya ilçesinden alınmıştır. Başlıca Permien ve Triyas yaşta mermer ve yeşil şistleri kapsar. Gündoğmuş (Antalya),

Alanya, Anamur bölgesinde yüzeyler. Alanya dolayındaki yüzeylemeleri Blumenthal (1951) tarafından *Alanya Masifi* adı altında incelenmiştir. Bitlis masifi ve Keban dolayında yüzeyleyen metamorfitle de Alanya Birliği'nin ayırtman özelliklerini taşıdığından Özgül (1976) tarafından bu birliğin kapsamına sokulmuştur.

Birliğin ayırtman özellikleri:

— Permian, Triyas ve Alt Tersiyer yaşta kaya birimlerini kapsar. Jurasik ve Kretase kayalarının varlığı bilinmemektedir.

— Derinlikle artan metamorfizma gösterir. Permian ve Triyas mermer ve yeşil şistleri kapsar; Alt Tersiyer (Paleosen?, Eosen) kayaları transgresiftir, metamorfizma göstermez.

— Alanya ve Gündoğmuş bölgesinde Antalya Birliği üzerinde allokon örtüler oluşturur.

Geyik Dağı Birliği

Birliğin adı Orta Toroslar'ın batı kesiminde yer alan Geyik dağından alınmıştır. Kambriyen'den Tersiyer'e kadar hemen bütün sistemleri temsil eden kaya birimlerini kapsar. Orta ve Üst Kambriyen yaşta alacalı renkli, yumrulu kireçtaşı birimi birliğin yaşı saptanabilen en yaşlı birimini oluşturur (Dean ve Monod 1970, Özgül ve Gedik 1973). Yumrulu kireçtaşının tabanında uyumlu olarak yer alan dolomitli kireçtaşı ve daha alttaki şistlerde fosil bulunamamıştır.

Ordovisiyen şeyl, kumtaşı; Silüriyen taban çakıltası, graptolitli şeyl ve yumrulu kireçtaşı; Devoniyen kumtaşı, şeyl, dolomitli kireçtaşı ve resifal kireçtaşı; Karbonifer şeyl ara tabakalı kireçtaşı; Permian kuvarsit arakatlı algi kireçtaşı ile temsil edilmiştir. Liyas, Dogger, Malm, Alt Kretase kalın, ve neritik karbonatlı kayaları kapsar. Maastrichtiyen, Paleosen resifal kireçtaşıyla, Lütisiyen filiş fasiyesinde kayalarla temsil edilmiştir. Birliğin en üst birimini Üst Lütisiyen - Üst Eosen (?) olistostromu oluşturur. Batıdan doğuya doğru Beydağları, Sultan dağı, Anamas dağı, Geyik dağı, Hadim - Bozkır, Ovacık (Silifke), Aladağ doğusu, Feke, Saimbeyli, Tufanbeyli, Sarız (Kayseri) ve Munzur dağları dolaylarında yaygındır.

Birliğin ayırtman özellikleri:

— Kambriyen - Tersiyer aralığında oluşmuş kaya birimlerini kapsar. Kambriyen - Paleosen aralığı şelf türü karbonat ve kırıntılı kayalar, Alt Eosen - Lütésiyen fliş ve Üst Lütésiyen - Üst Eosen (?) olistostrom fasiyesinde kayalarla temsil edilmiştir.

— Epirojenik hareketler Kambriyen'den beri etkili olmuştur. Silüriyen, Permiyen, yer yer Triyas, Liyas, Dogger, Malm, Maastrihtiye ve Lütésiyen kayalarının tabanında uyumsuzluk görülür; yer yer boksit oluşuklarını kapsar.

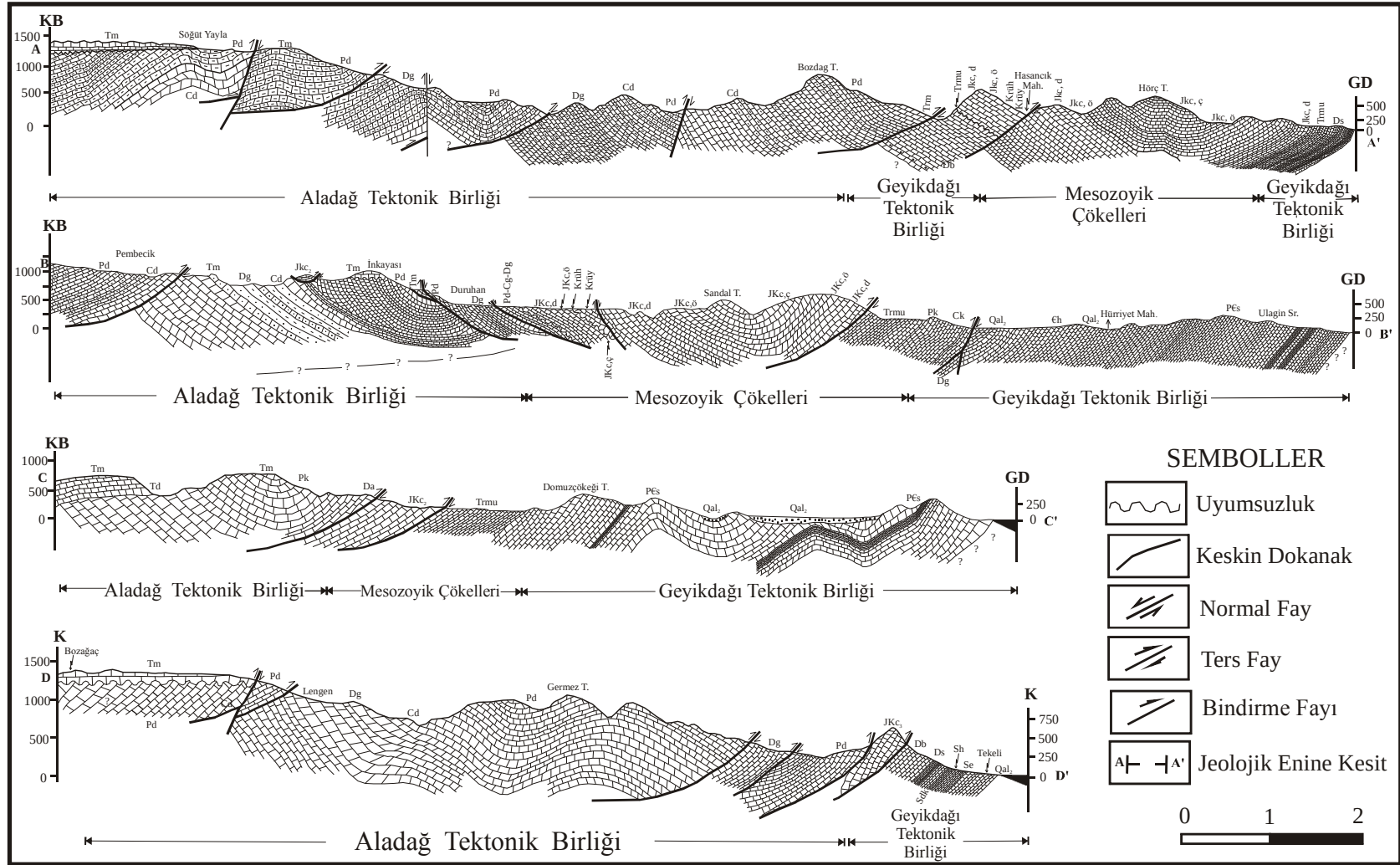
— Kuşağın kuzey kesiminde Üst Paleozoyik ve yer yer Triyas'ı kapsayan büyük bir stratigrafi boşluğu vardır; kuşağın güney kesiminde istiflenme kuzeye oranla daha eksiksizdir.

— Birliğin kapsadığı kaya birimleri (Orta - Üst Kambriyen yaşta olanlar da dahil) metamorfizma göstermemektedirler.

— Kuşağın çoğu kesimlerinde (Beydağları, Geyik dağı, Seydişehir, Hadim, Tufanbeyli dolayları) diğer birliklerin tabanında yer alır, onlara göre otokton konumludur; kuşağın bazı kesimlerinde ise alloktondur.

Bölgede birçok araştırmacı çalışmış ve farklı adlandırmalar yapmıştır. Ulu (1983)'nin derlediği bu stratigrafik korelasyon Ek I'de verilmiştir.

Söz konusu birliklerin Aydıncık – Bozyazı (Mersin) arasındaki dağılımı detaylarıyla gösteren jeolojik harita ve kesitler de Şekil 2.4 ve 2.5'de sunulmuştur (Koç vd 2005).



Şekil 2.5. Aydıncık – Bozyazı (Mersin) arasının jeoloji enine kesitleri (Koç vd 2005)

2.8 Çalışma Alanının Yapısal Özellikleri

Toroslar Kambriyen-Tersiyer aralığında çökelmiş kaya birimlerini kapsar. Kuşakta birbirlerinden değişik havza koşullarını yansıtan "birlikler" yer almaktadır. Özgül (1976) tarafından *Bolkar dağı Birliği*, *Aladağ Birliği*, *Geyik dağı Birliği*, *Alanya Birliği*, *Bozkır Birliği* ve *Antalya Birliği* olarak adlandırılmış olan bu birlikler stratigrafi ve metamorfizma özellikleri, kapsadıkları kaya birimleri ve günümüzdeki yapısal konumlarıyla birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Birlikler birbirleriyle anormal dokanaklı olarak kuşak boyunca yüzlerce kilometre yanal devamlılık gösterirler ve çoğunlukla birbirleri üzerinde allohton örtüler oluştururlar. Bolkar dağı, Aladağ, Geyik dağı ve Alanya birlikleri şelf türü karbonat ve kırıntılı kayaları kapsar. Bozkır ve Antalya birlikleri ise daha çok derin deniz çökellerini, ofiyolitleri ve bazik denizaltı volkanitlerini kapsar.

Çalışma alanı hem kuzeyden hem de güneyden gelen napların ortasında yer aldığı için oldukça karmaşık ve renkli yapısal konum arz eder. Allohton birimler kendi arasında Antalya, Alanya ve Aladağ birlikleri olmak üzere üç ayrı tektonik paket olarak gözlemlenir. Bölgede otokton birimlerin üzerine Geç Kretase'de ilk olarak Antalya Birliği'ne ait Belistir ofiyolitik melanjı ve onu takiben Kasımlar formasyonu ve İnasar formasyonundan oluşan ikinci ve üçüncü tektonik dilimler yerleşmiştir. Bölgedeki tektonik aktivite, Geç Kretase-Erken Paleosen zaman aralığında devam etmiş ve Antalya Birliği'nin üzerine Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalardan oluşan Alanya Birliği iki paket halinde yerleşmiştir.

Bölgede tektonik hareketlerin son bulmasıyla Lütasiyen başlarında bölge tekrar deniz basmasına uğramış ve bol nummulitli birimler bu zaman diliminde çökelmiştir. Geç Eosen'de ikinci naplaşma evresinin başlaması ile tüm bu birimlerin üzerine kuzeyden gelen Bozkır ve Aladağ Birliği bindirmiştir. Yöre, tektonizma bakımından oldukça hareketli dönemlere sahne olmuştur. Özellikle Geç Kretase ve Geç Eosen'de büyük naplaşma hareketleri gerçekleşmiştir.

Yapısal konumlarıyla Aladağ Birliği, Geyikdağı Birliği, Alanya Birliği, Bozkır Birliği ve Antalya Birliği birbirlerinden ayrılmaktadır. Bu birlikler birbirleriyle tektonik dokanaklıdır. Bu dokanaklar Toros Kuşağı boyunca yüzlerce kilometre yanal devamlılık

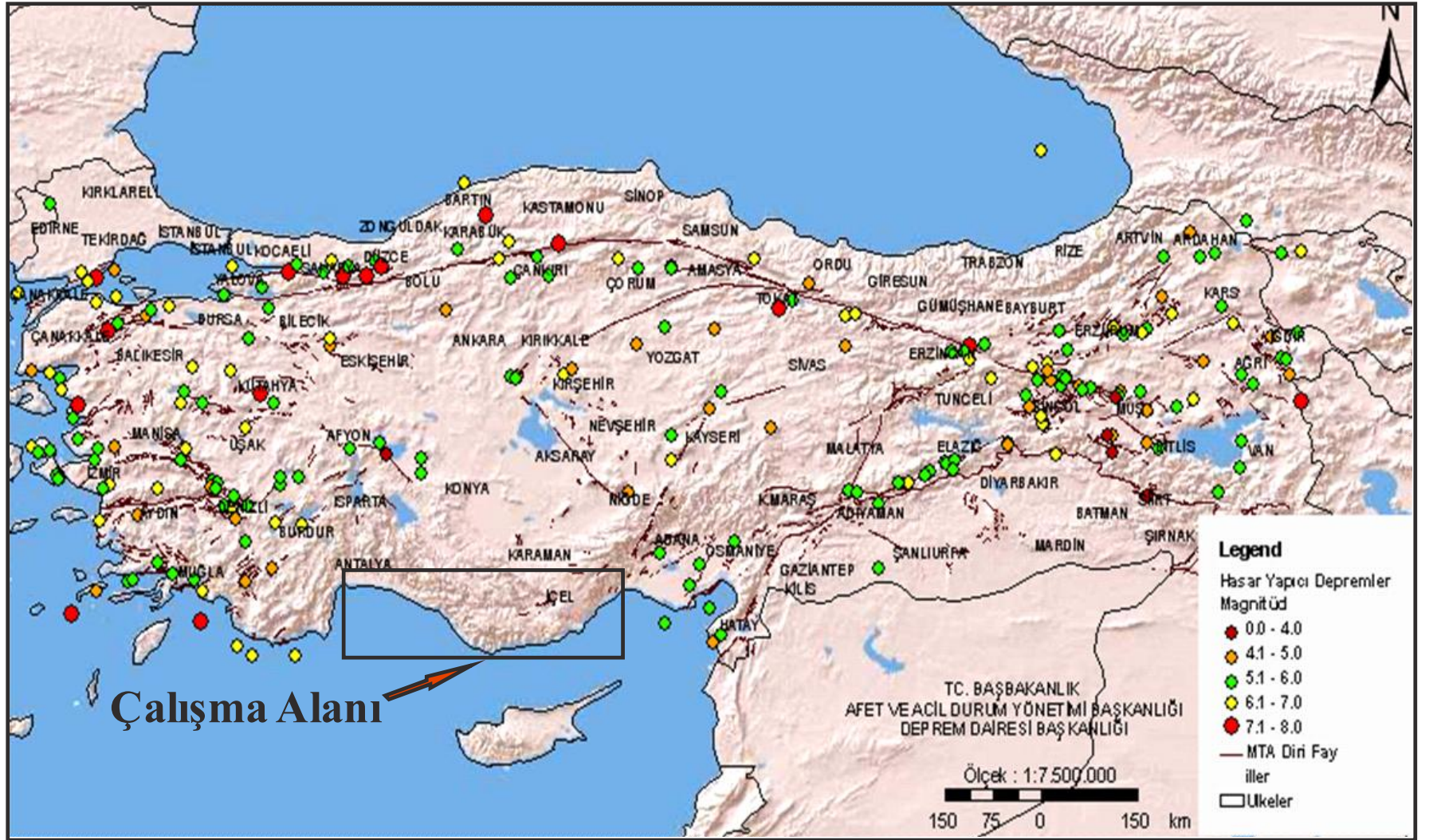
göstermekte ve çoğunlukla birbirleri üzerinde alloktan örtüler oluşturmaktadırlar. Aladağ ve Alanya Birlikleri'nin şelf türü karbonat ve kırıntılı kayaları kapsamakta, Bozkır ve Antalya Birlikleri ise daha çok derin deniz çökelleri ve ofiyolitleri ile bazik denizaltı volkanitlerini kapsamaktadır. Senoniyen-Alt Tersiyer hareketleriyle Alanya Birliği güneyden kuzeye, Antalya Birliği üzerine, Bozkır Birliği kuzeyden güneye, Lütesiyen hareketleriyle Antalya Birliği, sırtında Alanya Birliği'ni de taşıyarak güneyden kuzeye, Aladağ ve Bozkır Birlikleri de kuzeyden güneye, otokton konumlu Geyikdağı Birliği üzerine itilmişlerdir.

2.9 Çalışma Alanının Depremselliği

Çalışma alanı; T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından yayınlanan Türkiye Deprem Haritası'nda dar bir alanda 2., daha çok 3., 4. ve 5. derece Deprem Bölgeleri içinde kalmaktadır. Bu nedenle projelendirmede belirli bir sismik riskin göz önüne alınması ve ilgili yönetmeliklere uyulması gerekmektedir. Bütün bunlara karşın kaya üzerine konuşlandırılmış sanat yapılarına depremde dolayı zarar geldiğine örnek bulunamamıştır (Yılmaz 2012).

Çalışma alanını da içeren bölgede hasar yaratan depremler 1900 – 2009 arası için Şekil 2.6'da sunulmuştur. Buradan da görüldüğü gibi, çalışma alanı içerisinde hasar yaratan depremler sadece ovalardadır. Bunun ana nedeni ise ovalarda toprak kalınlığının 20 metrenin üzerinde olması ve/veya yeraltısu tablasına olan derinliğin 20 metreden az olması olarak değerlendirilebilir (Yılmaz 2002, Yılmaz vd 2002 ve 2004). Bu durumda deprem dalgaları uzun dalga boyunda (düşük frekansla) ilerler. Genlik büyür ve yapılar kolayca salınma girer.

Kısacası, kayanın egemen olduğu kesimlerde depremde dolayı hiçbir sorun beklenmezken ovalarda ise değişik boyutlarda sorunlar kaçınılmaz olabilmektedir. Ancak, söz konusu mühendislik yapısının genişliğinin dar olması ve daha çok ana kayaya oturtulan temel tiplerinin seçilecek olması nedeniyle bu sorunlar bertaraf edilebilecektir. Şekil 2.7'den de anlaşılacağı üzere çalışma alanı etkin (active) fay kuşaklarından uzaktadır. Söz konusu bu diri fay kuşaklarında ölçümler sürdürülmektedir (Demirtaş ve Yılmaz 1996). Çalışma alanına en yakın diri fay kuşağı Ölüdeniz fayı ve Güneydoğu Anadolu bindirme fay kuşaklarıdır.



Şekil 2.6. 1900 -2009 yılları arasında hasar yaratan deprem odak noktaları (Anonim-11)



Şekil 2.7. Türkiye’de yeralan etkin fay kuşakları (Anonim-12)

Yılmaz vd (2001, 2004b)'de de vurgulandığı gibi bu tür diri fay kuşaklarına girmek en doğrusudur. Girilmek zorunda kalırsa dik açıyla kesilmelidir ve kesinlikle;

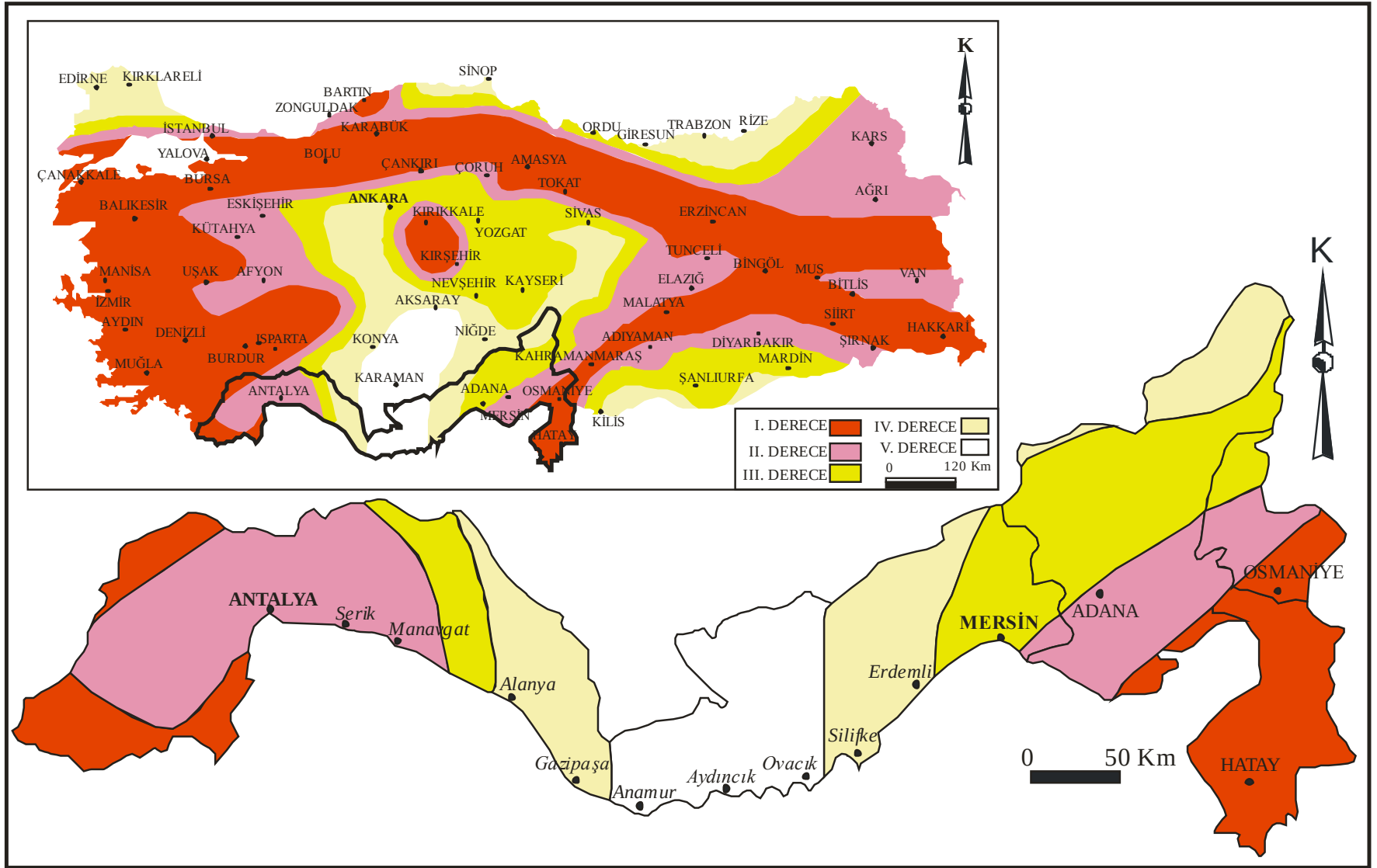
- (a) Tüneller yerini derin yarmalara ve
- (b) Köprüler yerlerini yüksek dolgulara bırakmalıdır.

Bu bilimsel ilkelere bu projede de uyulmuştur.

Bölgede etkin olmayan (ölü) faylar yaygındır. Ancak bunların yüzeydeki geniş ezik kuşakları aşınıp gittiğinden genellikle birkaç metre kalınlığında veya daha düşük kalınlıkta ezik kuşakları gözlenmektedir.

Geçkinin belirlenmesinde bu kuşaklar da göz önünde tutulmuştur. Diri fay geçişleri genellikle ova sınırları ve ova içerisi olduğu için ovalardan uzak ve kaya üzerinde/içerisinde kalınmaya çalışılmıştır.

Arap plakasının Anadolu'yu kuzeye iteklemesi ile oluşan kıta kabuğu kenar kuşağı Şekil 2.8'de sunulmuştur. Bugün için yürürlükte olan deprem kuşaklama haritası Şekil 2.9'da sunulmuştur. Kırmızıya boyanan kuşaklarda kaya üzerine yapılan binlerce yıllık yapılar bugün de ayaktadır (Örneğin ovadaki Fethiye 1957'de yerle bir olurken, fayın bitişiğindeki Kayaköy 3000 senedir ayaktadır), (Sözlü görüşme, Yılmaz 2011). Bu durum da bilimsel veriler göz önünde tutularak geçkilerin belirlenmesine çalışılmıştır.



Şekil 2.9. Afet İşleri Gen. Müd. tarafından hazırlatılan (1996) ve yürürlükte olan resmi deprem bölgeleri haritası

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Materyal olarak seçilen alan; Antalya-Mersin arasıdır. Bu tezin ana konusu Antalya-Mersin (Ovacık) arasında yapılması planlanan hızlı tren projesi için bölgenin mühendislik özelliklerinin çıkarılarak geçki seçeneklerinin belirlenmesidir.

Çalışma alanı Toros kuşağında yer almaktadır; ilk ve son kesimlerinde kıyı boyunca düşük kotlar katedilmekte ancak orta kesimlerde kıyıda yükselti yer yer 50 metreyi geçmektedir. Ancak genel olarak kuzeye doğru gidildikçe arazi daha engebeli bir yapı göstermektedir. İnceleme alanında başlıca yerleşim birimleri; Antalya, Aksu, Serik, Manavgat, Avsallar, Türkler, Payallar, Konaklı, Alanya, Kahyalar, Demirtaş, Gazipaşa, Anamur, Bozyazı, Aydıncık, Ovacık, Taşucu, Silifke, Mersin'dir.

Toroslar'ın yükselti değerleri, iklimin de en önemli belirleyicisi olmaktadır. Çalışma alanında yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçen Akdeniz iklimi hakimdir.

3.2 Metot

Çalışma aşağıda detayları verilen 3 aşamada yürütülmüştür. Bunlar; arazi öncesi çalışmalar, arazi çalışmaları, büro çalışmaları ve tez yazımıdır.

3.2.1 Arazi öncesi çalışmalar

Bu aşamada; hem çalışma alanı ve yakın çevresi hem de konu ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Çalışma alanı ve yakın çevresine ait MTA'nın yapmış olduğu 1/25.000 ölçekli jeolojik haritalar araştırılarak incelenmiş ve ön bilgiler edinilmiştir. Ayrıca bölgeye ait aynı ölçeğe sahip topografik haritalar da çalışmada kullanılmıştır. Elde edilen veriler sayısal ortama aktarılarak analiz için hazır hale getirilmiştir. Daha sonra gerçekleştirilecek olan arazi çalışmaları ile elde edilecek yeni bulgular ışığında sayısal ortamdaki bu veriler güncellenecektir.

3.2.2 Arazi çalışmaları

Antalya-Alanya-Gazipaşa-Anamur-Taşucu-Mersin arasında gerçekleştirilen arazi çalışmaları süresince, çalışma alanının 1/25.000 ölçekli topografik ve M.T.A'nın

hazırladığı jeolojik haritalar temel alınmıştır. Çalışmalar sırasında, bu jeolojik haritalar, amaca yönelik olarak sadeleştirilmiştir. Bütün birimlerin litolojik özellikleri, makro boyutta fosil içerikleri, birimler arasındaki dokanak ilişkileri ve süreksizlikleri; süreksizliklerin yönelimi, aralığı, açıklığı, devamlılığı, dolgu ve su durumu gibi temel özellikleri belirlenmiştir. Gerekli durumlarda kesitler çizilmiştir. Geniş kapsamlı süreksizlik araştırmalarının yanısıra uygun lokasyonlarda yerinde (arazide) kaya sertlik deneyi de yapılmıştır. Saha çalışmaları boyunca; Brunton jeolog pusulası (süreksizlik ölçümlerinde), jeolog çekici, Schmidt çekici (kayaçların sertliğinin belirlenmesinde) altimetre, şerit metre, lup, örnek kalemi, torba, fotoğraf makinası, kamera ve seyreltik Hidroklorik asit (HCl) arazi malzemeleri kullanılmıştır. Arazide gerçekleştirilen ölçüm sonuçları ve toplanan örnekler kayıt altına alınarak büro çalışmalarında kullanılmak üzere merkeze getirilmiştir.

3.2.3 Büro alışmaları

Bu aşamada saha ve arazi çalışmaları sonucunda elde edilen veriler kullanılarak şu çalışmalar gerçekleştirilmiştir;

- Çalışma alanının 1/25.000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritası, literatür ve arazi çalışmaları sonucunda sadeleştirilmiş ve sonrasında bölgeye ait jeolojik kesitler çizilmiştir.
- Bölgenin jeolojik haritası Arcview GIS 3.2 coğrafi bilgi sistemleri yazılımı ile sayısallaştırılmış ve analizleri gerçekleştirilmiştir.
- Ayrıca literatür ve arazi çalışmaları doğrultusunda birimlerin stratigrafik dizilimi oluşturulmuştur.
- İlk aşamada KUZEY ve GÜNEY geçkileri olmak üzere iki geçki seçeneğı üzerinde durulmuştur.
- İki geçki seçeneğine ilişkin karşılaştırmalar yapılmıştır.
- Proje bir bütün olarak düşünüldüğünde; morfolojik, mühendislik ve jeoteknik özellikleri, nüfus dağılımı göz önünde tutularak; Antalya – Alanya, Alanya – Taşucu ve Taşucu – Mersin olmak üzere 3 aşamada incelenmiştir.
- Çalışma alanının hidrojeolojik değerlendirmesi 3 alt grupta ele alınmıştır. Bunlar;

1-Yeraltısı seviyesinin yüzeye yakın olduğu ovalık alanlar

2-Temiz yeraltısuyunun, özellikle tünel geçişlerinde toplanmasına ve kullanıma sunulmasına olanak sağlayan dağlık kesimler

3-Akarsu geçişleri

- Dolgu yüksekliği ve yarma derinliği 10 m'nin altında tutulmaya çalışılmıştır. 10 metreden daha yüksek dolgularda **köprü**, 20 metreden daha yüksek dolgularda **viyadük**, 30 metreyi aşan yarmalarda da **aç-kapa tüneller**, derinliği 50 metreden daha fazla olan kesimlerde **tünel** olarak geçilmesi belirlenmiştir.
- Tünellerin hepsi dairesel kesitli olup, 6 metre genişliğindedir ve tünel açma makinesi ile (TBM) açılması planlanmıştır.
- Detay mühendislik hesaplamaları için, AutoCAD programında geçki çizilmiş; tünel-yarma, viyadük-köprü yerleri, uzunlukları ve derinlikleri belirlenmiştir.
- Bu çalışmada kaya kütle sınıflamalarından kullanımı yaygın olan Q Sistemi, RMR, Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi (NATM) kullanılmıştır.
- Kaya kütlelerinin dayanımının belirlenmesi amacıyla Hoek-Brown görgül yenilme ölçütünü temel alan RocLab programı kullanılmıştır.
- Tünellerdeki yatay, düşey ve toplam yer değiştirmelerin (deplasmanların) ve yapıya gelecek gerilmelerin hesaplanmasında Phase programı kullanılmıştır.
- Genel bir fikir vermesi amacı ile 2 lokasyonda (Trkk ve Trkb) olmak üzere, yarma yamaç duraylılık analizi yapılmıştır. Bunun için “Kinematik analiz” yöntemi kullanılmıştır. Dips programı kullanılarak düzlemsel, kama tipi ve devrilme tipi yenilmelerin olasılıkları belirlenmiştir.
- Tez içerisinde kullanılan şekiller Corel Draw programıyla çizilmiştir.
- Çizelgeler Excell'de hazırlanmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Çalışma Alanının Genel Jeolojisi

Büyük ölçekli mühendislik projelerinin ilk aşaması jeolojik modelin doğru oturtulmasıdır. Bu nedenle ele alınacak ilk konu çalışma alanının genel jeolojisi. Çalışma alanı; O25b1-b2, O26a1-a2-b1-b3-b4, O27a4-d1-d2-c1-c3-c4, O28d4, P28a1-a2-a3-b4-c1-c2, P29c1-c2-c3-c4-d1-d2-d3-d4, P30c1-c2-d1-d2-d4, P31b2-b3-b4-c1-d1-d2, P32a1-a2-a4, O32c1-c2-c4-d3, O33a3-a4-b3-d1 nolu paftaların dahil olduğu bir koridor boyunca Antalya'dan Mersin'e ulaşmaktadır. İnceleme alanının çok geniş olması nedeniyle, jeolojik tanımlamalar sırasında MTA tarafından yapılan 1/25.000 ölçekli jeolojik haritalar temel alınmıştır. Ancak bu çalışmada sunulan geçki jeolojisi tamamen bu proje kapsamında çalışılarak ortaya çıkarılmıştır. Tasarımda da bu yeni bulgular değerlendirmeye sokulmuştur.

4.1.1 İstifsel İlişki

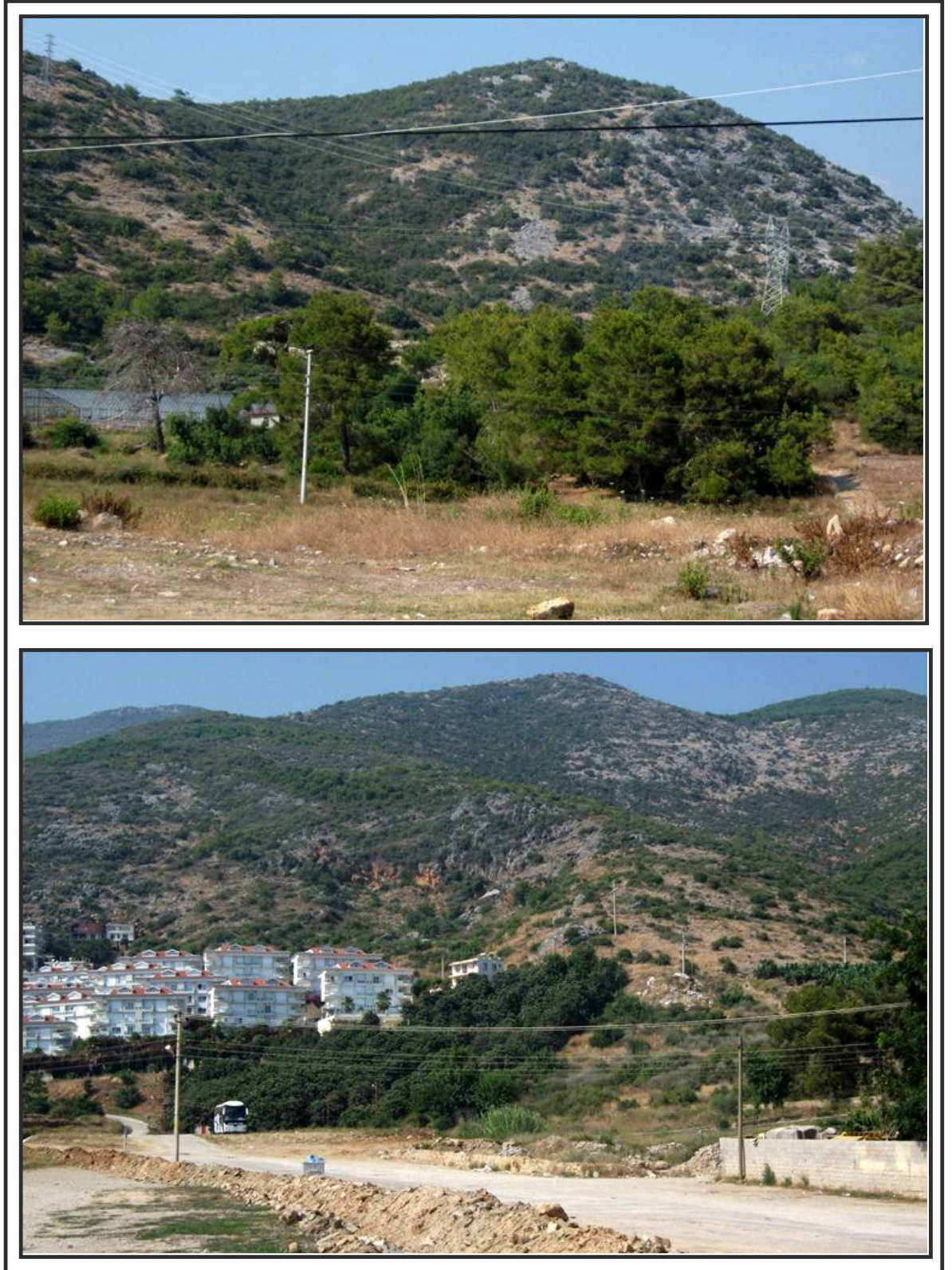
Literatür taraması ve sonrasında MTA tarafından yapılan 1/25.000 ölçekli jeolojik haritaların temel alınarak yapılan arazi çalışmaları sonucunda, geçki jeolojisi yeniden ortaya konmuş ve tasarımda da bu yeni bulgular kullanılmıştır. Bu verilerden yola çıkarak oluşturulan stratigrafik dikme kesit Şekil 4.1'de verilmiştir. Çalışma alanının genelleştirilmiş jeolojisi Ek II'de sunulmuştur.

4.1.1.1 Triyas yerleşim yaşlı karmaşık (Trk)

GÜNEY seçeneğinde ağırlıklı olarak Konaklı, Alanya, Gazipaşa, Anamur ve Bozyazı dolaylarında yüzlek veren bu birim, çalışma alanında temeli oluşturmaktadır. Ayrıca KUZEY seçeneğinde de oldukça geniş bir yayılım göstermektedir. Başlıca mermer, gnays, kuvarsit, mikaşist, amfibol şist ve migmatitten oluşmaktadır. Trkk; bu karmaşığa ait kristalize kireçtaşı (Şekil 4.2), Trkb; ağırlıklı olarak görülen şist (Şekil 4.3) gibi başkalaşım kayalarını temsil etmektedir. Trk ifadesi iki bileşenin ayırt edilemediği kesimlerde kullanılmıştır. Çalışma alanında oldukça geniş yüzlekleri bulunmaktadır. Bazı çalışmalarda yerli olarak tanımlansa da Anamur'da serpantinitle bindirmeli olarak gözlenmiştir.

ZAMAN	ÇAĞ	DÖNEM	A. DÖNEM	BELİRTEÇ	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
FANEROZOYİK (pN)	SENOZOYİK (Cz)	KUVATERNER (Q)	Holosen	Qp		Plaj çökelleri (Qp): Ağırıklı olarak, iyi çeşitlenmiş (well sorted) plaj kumundan oluşur.
				Qa		Akarsu çökelleri (Qa): Akarsu yataklarında çökelen yuvarlak ve yarı yuvarlak gereçtir.
				Qg		Güncel çökel (Qg): Ayrılanamamış Kuvaterner çökelleridir. Çok geniş dayanım aralığındadır. Yumuşaktan sert ve gevşekten sıkıya değişim sunar.
				Qy		Yamaç Molozu (Qy): Kireçtaşı ve benzeri yüksek dayanımlı kayaların eteklerine biriken güncel örtüdür. Genellikle gevşek - sıkı toprak aralığındadır.
			Pleyistosen	Qs		Seki çökeli (Qs): Eski akarsu çökelleri olup genellikle yatay konumda ve bir tür çakıl kayadır.
			Pliyosen	Pl-Qt		Pliyo-Kuvaterner yaşlı tortullar (Pl-Qt): Üst Pliyosende başlayıp Pleyistosen'de de çökelişini sürdüren tortullardır. Öneri geçkinin en batısındaki (Antalya ve yakınlarında) Tufa (Pl-Qt) ve en doğusunda (Mersin ve yakınlarında) Kaliş (Pl-Qk) ile temsil edilmektedir.
				Plt		Pliyosen çökeli (Plt): Genellikle dağlararası çukur çökelidir. Yüksek oksitlenme nedeniyle birim dokunaklardaki rengi kırmızıya çalar. Tabakalaşma yer yer iyi gelişmiştir. Eğimleri genellikle çökeliş ortamının taban eğimini yansıtmaktadır. Çökeliş havzası ortalamaya doğru yatay konumdadır.
		TERSİYER (T)	Miyosen	Mit		Miyosen tortul istif (Mit): Sığ deniz çökelidir. Dini fay kuşaklarında Pliyosene geçiş duraksamıştır. Ana bileşeni kumtaşı, kıltaşı, kalkerli çamurtaşı ve killi kireçtaşıdır. Fay kuşakları dışında ve havza ortalarında genellikle yatay konumdadır. Buharlaşmanın üst düzeyde olduğu kesimlerde birim yüzleklerinde kalılaşma sonucu sertgen (CaCO ₃ yoğunlaşması) oluşmuştur.
			Eosen	Eot		Eosen tortul istif (Eot): Çakıl kaya, kumtaşı, miltası ve killi kireçtaşı ana bileşenidir. Kumtaşı ve çakıl kaya bileşenleri orta - dayanımlı aralığındadır. Kalın tabakalı olup kil içeriği yok denecek kadar azdır. Kireçtaşı seviyeleri de yaygın olarak yüzeylenmektedir. Kumtaşı ocağı olarak kullanılabilir.
			Paleosen	Pat		Paleosen tortul istif (Pat): Kumtaşı, miltası ve şeyl ardalanmasından oluşmaktadır. Genellikle zayıf orta dayanımlı tortul kayalar içerir.
	MEZOZOYİK (Mz)	KRETASE	K	Kk		Kretase yerleşim yaşlı karmaşık (Kk): Kalker bloklu (Kkk) ve renkli (ofiyolitik) karmaşık (Kkr) olarak gözlenmektedir. Tektonotortul kesimlerinde sancı gerecinin kil içeriği yüksektir. Serpantinit ve split içeren kesimleri, pek çok araştırmacı tarafından ofiyolit olarak adlandırılmıştır. Kk içerisinde 1/25000 ölçekle haritalanabilir Jura ve Kretase yaşlı birimler de gözlenmiştir. Bu kesimler J-Kt olarak gösterilmiştir.
		TRİYAS	Tr	Trk		Triyas yerleşim yaşlı karmaşık (Trk): Yaşlı Tetis okyanusunun Üst Triyas'da kapanması sırasında oluşmuştur. Büyük ölçekli deniz dibi kaymalarıyla Üst Triyas öncesi birimler birbiriyle kanşarak bir karmaşık oluşturmuştur. Daha sonra, basınç etkin olmak üzere başkalaşım kayalarına dönüşmüşlerdir. Tüm Anadolu'da da yaygın bir birimdir. Trkk; bu karmaşığa ait kristalize kireçtaşı, Trkb; ağırıklı olarak görülen şist gibi başkalaşım kayalarını temsil etmektedir. Trk ifadesi iki bileşenin ayrı edilemediği kesimlerde kullanılmıştır. Mikaşist, amfibol şist ve kuvarzitler de gözlenmektedir. Mikaşistler dışında orta-yüksek dayanımlıdır. Mikaşistlerin killeşen aynışma ürünleri suyun varlığında sorun çıkarabilmektedir. Birim genellikle orta dayanımlı olup migmatitler yüksek dayanımlıdır. Çalışma alanında oldukça geniş yüzlekleri bulunmaktadır. Bazı çalışmalarda yerli olarak tanımlansa da Anamurda serpantinitlerle bindirmeli olarak gözlenmiştir.

Şekil 4.1. Çalışma alanında gözlenen birimlerin stratigrafik dizilimi



Şekil 4.2. Triyas yerleşim yaşı karmaşığa ait kristalize kireçtaşları (Trkk)

4.1.1.2 Kretase yerleşim yaşı karmaşık (Kk)

KUZEY seçeneğinin ikinci yarısından sonra geniş yayılım gösteren bu birim; GÜNEY seçeneğinde oldukça dar bir alanda, Aydınçık ve Taşucu dolaylarında, yüzlek vermektedir. Kalker bloklu (Kkk) ve renkli (ofiyolitik) karmaşık (Kkr) olarak gözlenen birimin, bu çalışmada haritalanan kısımları, Jura ve Kretase yaşı tortullar (J-Kt) olarak adlandırılmıştır ve kireçtaşlarından oluşur (Şekil 4.4). Genellikle, gri, bej renklerde, orta tabakalı oolitlik, gevşek ve yer yer mikro fosillidir. Tabakalı olmasına karşın kütleli görünüm sunmaktadır Karstlaşma ileri derecededir. Büyük mağaralar içermektedir. Açık gri, boz renklidir. Kireçtaşlarından türeyen güncel çökeller genellikle yamaç molozlarıdır.

4.1.1.3 Paleosen yaşı tortullar (Pat)

KUZEY seçeneğinde Km 200+000 ile Km 210+000 yakınlarında yüzlek vermektedir. GÜNEY seçeneğinde ise Tekeli ile Aydınçık dolaylarında, oldukça dar bir alanda yüzeylenmektedir. Kumtaşı, miltaşı ve şeyl ardalanmasından oluşmaktadır. Kumtaşı tabakaları arasında yer yer konglomeratik seviyelere rastlanılır. Bazı seviyelerde fosil içeren kumtaşları, orta tabakalıdır ve boylanması iyi olan yuvarlak tanelerden oluşmuştur (Şekil 4.5).



Şekil 4.3. Triyas yerleşim yaşı karmaşığa ait başkalaşım kayalar (Trkb)



Şekil 4.4. Jura – Kretase yaşlı kireçtaşları (J-Kt)



Şekil 4.5. Paleosen çökelim yaşlı tortullar (Pat)

4.1.1.4 Eosen yaşı tortullar (Eot)

KUZEY seçeneğinde gözlenmeyen bu birim, GÜNEY seçeneğinde Aydıncık ile Ovacık arasında yüzlek vermektedir. Genellikle çakılıkaya, kumtaşı, miltaşı ve killi kireçtaşı ana bileşenidir. İstif sarımsı iri çakıllı, kötü boyplanmalı, kalın katmanlı fosilsiz bir taban çakıl ile başlar; yer yer çapraz tabakalı kırıntılar ile devam eder, üst düzeylerde kalın ya da masif kireçtaşları yer alır. Çakıllar başlıca başkalaşım kayaçlarından oluşan Üst Triyas yaşı karmaşıktan türemedir. Tane boyları ortalama 2 - 3.5 cm arasındadır (Şekil 4.6).

4.1.1.5 Miyosen yaşı tortullar (Mit)

Her iki seçenekte de en geniş yüzlek verdiği alanlar Antalya – Konaklı ile Taşucu – Mersin arasında bulunmaktadır. Bunun yanısıra Kuzey seçeneğinin Km 260+000 dolaylarında da gözlenmektedir. Genel olarak boz renkli, farklı kalınlığa sahip, kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı-killi kireçtaşı aralanmalarından oluşur (Şekil 4.7).

4.1.1.6 Pliyosen yaşı tortullar (Plt)

Çalışma alanında oldukça dar bir kesimde, Antalya tufalarının doğusunda ve kuzeyinde yüzlemektedir. Az kırıntılı, boz renkli; bazen koyu mineralli, tuf çakıllı, ince kumtaşı ve çakıltaşı seviyeleri içermektedir (Şekil 4.8).

4.1.1.7 Tufa (Pl-Qt)

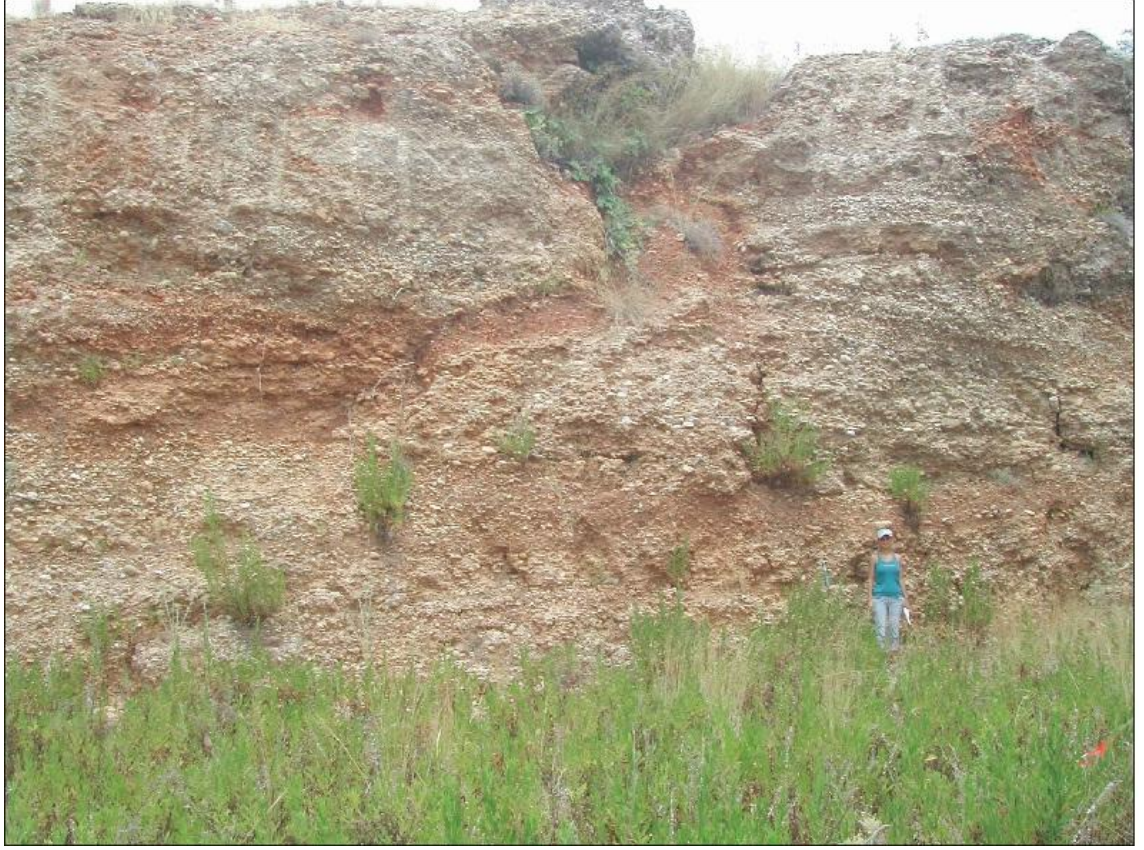
Çalışma alanında her iki geçkinin ilk kesimlerini oluşturan ve Km 0+000 – 4+000 arasında yüzlek veren tufa, Pliyo-Kuvaterner yaşlıdır. Tufalar, eski karbonatlı kayaçların atmosferik ve yeraltısularının etkisiyle çözünerek kalsiyum bikarbonatça zenginleştirdiği kaynak sularından itibaren karasal ortamlarda yeniden CaCO_3 çökeltmesiyle oluşan kayaçlardır (Şekil 4.9). Bunlar daha az oranda da silis bileşenli olabilmektedirler (Koşun vd 2005, Dipova ve Doyuran 2006b).



Şekil 4.6. Eosen çökelim yaşı tortullar (Eot)



Şekil 4.7. Miyosen çökelim yaşı tortul istif (Mit)



Şekil 4.8. Pliyosen çökelim yaşlı tortullar (Plt)



Şekil 4.9. Antalya ve çevresinde görülen Pliyo-Kuvaterner yaşlı tufa

4.1.1.8 Kaliş (Pl-Qk)

Çalışma alanının son kesimlerinde, Mersin ve yakınlarında görülen, karasal çökel kayadır (Şekil 4.10). Birçok araştırmacılar tarafından “kaliçi” olarak da adlandırılmıştır. Seki çökelleri, kireçtaşlarından türeyen eski yamaç molozları ve daha yaşlı birimlerin günlenme zonlarında ve üzerinde gözlenir. Yüzeye doğru genellikle sertken ve alt dokanağa doğru yüksek plastisiteli, parlak yüzeyli, dolgulu çatlaklı ve kalker yumrulu killi seviyelerden oluşan yumuşak seviyeler içerir. Sert kesim çok sayıda yatay ve yataya yakın ince çökelim bantlarından oluşup, yüzeye doğru kütleli görünüm kazanır. Bu durum kalsit ve diğer çözümlerin yüzeyde yeniden kristalleşerek iyi bir tutturucu görevi yapmasından kaynaklanmaktadır (Yılmaz 1991).

4.1.1.9 Seki çökelleri (Qs)

Kuvaterner yaşlı olan bu birim, GÜNEY seçeneğinde ağırlıklı olarak Manavgat dolaylarında yüzlek vermektedir (Şekil 4.11). Aksu, Manavgat başta olmak üzere dere yataklarında biriken eski alüvyonlardır. Triyas yerleşim yaşlı karmaşığa ait kireçtaşı, gabro, dolarit, radyolaritlerden oluşan çakıllar iyi yuvarlanmışlardır. Çoğunluğu tane tutturmalı olmasına karşın, kireçtaşı bileşenlerinin yoğun olduğu kesimlerde karbonat çimentolu seviyeler de gözlenmektedir.

4.1.1.10 Yamaç molozu (Qy)

Tanımı gereği köşeli, yarı köşeli, çakıl ve bloklar ana bileşenidir. Kristalen ve yüksek dayanımlı kayaların yamaçlarında gözlenmektedir. Kökeni ana kayaya bağlı olarak geniş yelpazede değişmektedir (Şekil 4.12).

4.1.1.11 Güncel Çökel (Qg)

Bu tanım ayırt edilemeyen güncel çökeller için kullanılmıştır. Türediği birimler ağırlıklı olarak Triyas yerleşim yaşlı karmaşık (Trk), Jura – Kretase yaşlı tortullar (J-Kt) ile Tersiyer yaşlı tortullardır (Pat, Eot, Mit) (Şekil 4.13).



Şekil 4.10. Mersin yakınlarında görülen Pliyo-Kuvaterner yaşlı kalış



Şekil 4.11. Çalışma alanında gözlenen seki çökelleri



Şekil 4.12. Kuvaterner yaşlı yamaç molozu (Qy)



Şekil 4.13. Erdemli dolaylarında geniş yayılım gösteren güncel çökeller (Qg)

4.1.1.12 Alüvyon (Qa)

Bu birim inceleme alanının düşük kottaki düzlüklerini oluşturan alüvyal dolgular olarak bulunmaktadır. Ana bileşenleri yarı yuvarlanmış çakıl, blok kum ve kilden oluşmaktadır. Temel litolojiye bağlı olarak değişik kireçtaşı türleri, kumtaşı, radyolarit, kuvarsit vb.'den türemiştir. İyi derecelenme gösterir. Kalınlığı 1 ile 50 m arasında değişmektedir (Şekil 4.14). En kalın olduğu yer Göksu ovasındadır.

4.1.1.13 Plaj çökelleri (Qp)

Deniz kenarı boyunca bant şeklinde uzanmakta olan birim kum ve kısmen çakılcıktan oluşmuştur. Yer yer çakıl yığınları kapsayabilmektedir. Bol çapraz tabakalı olup denize yakın kesimlerinde lamellibrans kavkılarını içerir (Bkz. Şek. 4.14).



Şekil 4.14. Plaj çökelleri (Qp) ile ayırtlanamayan güncel çökeller (Qa-Qg)

4.2 KUZHEY Geçki Seçeneği

Mevcut haritaların incelenmesi ve arazi çalışmaları sonucunda, çalışma alanı içerisinde KUZHEY ve GÜNEY olmak üzere olası iki geçki belirlenmiştir. KUZHEY geçkisi 385 km, GÜNEY geçkisi ise 402 km'dir. Sözkonusu geçkiler Km 0+000 – 59+400 arası örtüşmekte, sonrasında ayrılmaktadır (Bkz. Şek. 1.4 ve Ek. II).

Demiryolu gibi çizgisel bir mühendislik projesi için yer seçerken mümkün olan en kısa geçkinin tercih edilmesi kaçınılmazdır ancak tek başına yeterli değildir. Ayrıca aşağıda sunulan kriterlerin göz önünde tutulması gerekmektedir (Leventeli ve Yılmazer 2005);

- a. güneyyakaya yerleştirilmesi (buzlanma ve çözünmenin azaltılması, günüşiğinden daha uzun süre yararlanılması),
- b. düşük kotlardan geçilmesi (eğim),
- c. orman, tarım ve yerleşim alanları yerine çıplak sahalardan geçirilmesi,
- d. duraysız alanlardan uzak durulması,
- e. yapı doğal gereç alanlarından geçilmesi,
- f. özellikle güncel tektonik zonlardan uzak durulması,
- g. büyük yerleşim merkezlerine yakın geçilmesi,
- h. içme suyu barajları üzerinden (kanseri yapan ve geri dönüşümsüz olefin-parafin türevi bileşenler üreten) trafik kirliliğini suya vermemek için geçilmemesi,
- i. tarihi ve doğal anıtlara zarar vermeden yakınından geçilmesi,
- j. bataklık alanlardan uzak durulması veya bitişikteki yamaçlardan sağlanacak kaya dolgu koşullarının aranması ve
- k. tünel, köprü, altgeçit-üstgeçit-selgeçit (culvert) gibi, yolun pahalı bileşenlerinin en aza indirilmesi

GÜNEY geçki seçeneğine oranla daha kısa olmasına rağmen, KUZHEY geçki seçeneği temel olarak **a**, **b**, **c**, **g**, **f** ve **k** maddelerinde sunulan nedenlerden dolayı tercih edilmemiştir. Bu nedenle KUZHEY geçki seçeneği ile ilgili çalışmalar bu aşamadan sonra detaylandırılmamıştır. Heriki geçkideki tünel yerleri Şekil 4.15'de verilmiştir. Ayrıca Çizelge 4.1'de KUZHEY geçkisi boyunca yeralan tünel ve yarmaların boyutları ile maliyetleri, Çizelge 4.1'de köprülerin boyutları ve maliyetleri ve Çizelge 4.2'de tünellerin kazı sınıfları ve maliyetleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Bu hesaplamalarda Yılmazer Eğitim A.Ş.'nin uluslararası projelerde kullandıkları birim fiyatlar temel alınmıştır.



Şekil 4.15. KUZEY ve GÜNEY geçkileri ve tünel yerleri

Çizelge 4.1. KUZEY geçkisi boyunca yer alan tüneller ve yarmaların boyutları ve maliyetleri

No	İstasyon: KM.		Uzunluk (L), m	Siyah Kot, m	Kırmızı Kot, m	Derinlik (h), m	Alan, m ²	Hacim, m ³	Kazı Birim Maliyeti, \$/m ³	Maliyet, \$	Düşünceler
1	0+000	3+410	3410	50	48	3	26	67 134	8	537 075	
2	5+132	7+410	2278	74	28	46	2 484	4 243 914	8	33 951 312	
3	16+427	17+135	708	25	20	6	74	39 427	8	315 414	
4	18+213	20+386	2173	42	28	14	308	501 963	8	4 015 704	
5	27+159	31+192	4033	48	26	22	660	1 996 335	8	15 970 680	
6	38+249	39+346	1097	140	43	97	10 185	8 379 709	8	6 088 350	T1
7	40+047	42+196	2149	30	24	6	84	135 387	8	1 083 096	
8	43+449	44+253	804	86	60	26	884	533 052	8	4 264 416	
9	46+500	48+590	2090	122	86	36	1 584	2 482 920	8	19 863 360	
10	51+900	57+750	5850	66	53	13	273	1 197 788	8	9 582 300	
11	59+400	60+200	800	24	8	16	384	230 400	8	1 843 200	
12	67+300	79+250	11950	90	45	45	2 385	21 375 563	8	171 004 500	
13	95+150	101+115	5965	350	50	300	92 400	413 374 500	8	40 057 958	T2
14	102+900	103+700	800	150	50	100	10 800	6 480 000	8	5 372 400	T3
15	104+000	108+000	4000	95	55	40	1 920	5 760 000	8	9 495 717	

Çizelge 4.1. Devamı

No	İstasyon: KM.		Uzunluk (L), m	Siyah Kot, m	Kırmızı Kot, m	Derinlik (h), m	Alan, m ²	Hacim, m ³	Kazı Birim Maliyeti, \$/m ³	Maliyet, \$	Düşünceler
16	109+000	125+000	16000	380	60	320	104 960	1 259 520 000	8	118 192 800	T4
17	126+500	129+200	2700	115	70	45	2 385	4 829 625	8	38 637 000	
18	131+305	143+000	11695	220	90	130	17 940	157 356 225	8	86 391 550	T5
19	148+500	153+200	4700	210	100	110	12 980	45 754 500	8	34 719 135	T6
20	156+640	160+650	4010	170	100	70	5 460	16 420 950	8	29 622 071	T7
21	172+380	276+600	104220	1250	120	1130	1 285 940	100 515 500 100	8	769 878 351	T8
22	277+300	296+100	18800	420	110	310	98 580	1 389 978 000	8	126 251 400	T9
23	297+000	301+600	4600	550	135	415	175 545	605 630 250	8	30 891 300	T10
24	302+700	311+550	8850	210	130	80	7 040	46 728 000	8	65 375 393	T11
25	324+000	330+600	6600	230	110	120	15 360	76 032 000	8	44 322 300	T12
26	333+650	336+500	2850	130	90	40	1 920	4 104 000	8	72 828 926	
27	338+500	341+000	2500	110	90	20	560	1 050 000	8	88 762 793	
28	341+500	356+800	15300	135	90	45	2 385	27 367 875	8	2 963 700	
29											Top. Tün. Mal.
										1 832 282 201	1 357 163 008

Çizelge 4.2. KUZHEY geçkisi boyunca yeralan köprülerin boyutları ve maliyetleri

No	İstasyon: KM.		Uzunluk (L), m	Kırmızı Kot, m	Siyah Kot, m	Yükseklik (h), m	Ayak sayısı, -	L _{top} , -	Köprü Birim Maliyeti, \$/m	Maliyet, \$	Düşünceler
1	3+410	5+132	1 722	42	32	10	172	2 583	1 821	4 702 465	
2	7+410	16+427	9 017	12	7	5	902	6 763	1 588	10 740 762	
3	17+135	18+213	1 078	31	24	7	108	1 132	1 681	1 902 896	
4	20+386	27+159	6 773	19	14	5	677	5 080	1 588	8 067 781	
5	31+192	38+249	7 057	20	15	5	706	5 293	1 588	8 406 073	
6	39+346	40+047	701	36	28	8	70	841	1 728	1 453 271	
7	42+196	43+449	1 253	61	40	21	125	3 947	2 332	9 202 898	V1
8	44+253	46+500	2 247	47	38	9	225	3 033	1 774	5 381 583	
9	48+590	51+900	3 310	81	68	13	331	6 455	1 960	12 650 407	
10	57+750	59+400	1 650	36	20	16	165	3 960	2 099	8 313 339	
11	60+200	67+300	7 100	17	5	12	710	12 780	1 913	24 454 172	
12	79+250	95+150	15 900	50	15	35	1 590	83 475	2 982	248 934 470	V2
13	101+115	102+900	1 785	50	30	20	179	5 355	2 285	12 237 160	V3
14	103+700	104+000	300	55	40	15	30	675	2 053	1 385 683	
15	108+000	109+000	1 000	55	15	40	100	6 000	3 214	19 286 784	V4

Çizelge 4.2. Devamı

No	İstasyon: KM.		Uzunluk (L), m	Kırmızı Kot, m	Siyah Kot, m	Yükseklik (h), m	Ayak sayısı, -	L _{top} , -	Köprü Birim Maliyeti, \$/m	Maliyet, \$	Düşünceler
16	125+000	126+500	1 500	70	45	25	150	5 625	2 518	14 160 960	V5
17	129+200	131+305	2 105	85	45	40	211	12 630	3 214	40 598 680	V6
18	143+000	148+500	5 500	90	30	60	550	49 500	4 144	205 115 328	V7
19	153+200	156+640	3 440	100	40	60	344	30 960	4 144	128 290 314	V8
20	160+650	172+380	11 730	100	10	90	1 173	158 355	5 538	876 916 783	V9
21	276+600	277+300	700	125	100	25	70	2 625	2 518	6 608 448	V10
22	296+100	297+000	900	120	50	70	90	9 450	4 608	43 549 229	V11
23	301+600	302+700	1 100	135	90	45	110	7 425	3 447	25 592 371	V12
24	311+550	324+000	12 450	110	50	60	1 245	112 050	4 144	464 306 515	V13
25	330+600	333+650	3 050	110	90	20	305	9 150	2 285	20 909 434	V14
26	336+500	338+500	2 000	90	50	40	200	12 000	3 214	38 573 568	V15
27	341+000	341+500	500	90	40	50	50	3 750	3 679	13 796 640	V16
28	356+800	385+000	28 200	80	30	50	2 820	211 500	3 679	778 130 496	V17
Toplam Maliyet: 3 033 668 510											

Çizelge 4.3. KUZELY geçkisi tünellerinin kazı sınıfı ve maliyetleri

No	İstasyon: KM.		Uzunluk, m	Kaya kazı sınıfları, -	A2	B1	B2	Maliyet, \$	Düşünceler
				Ω Birim fiyat, \$/m	5550	6716	7387		
1	38+249	39+346	1 097		1 097			6 088 350	
2	95+150	101+115	5 965			5 965		40 057 958	Ω : Birim fiyatlar Yılmaz Egitim ve Mühendislik'in uluslararası uygulamalarından alınmiştir.
3	102+900	103+700	800			800		5 372 400	
4	109+000	125+000	16 000				16 000	118 192 800	
5	131+305	143+000	11 695				11 695	86 391 550	
6	148+500	153+200	4 700				4 700	34 719 135	
7	156+640	160+650	4 010				4 010	29 622 071	
8	172+380	276+600	104 220				104 220	769 878 351	
9	277+300	296+100	18 800			18 800		126 251 400	
10	297+000	301+600	4 600			4 600		30 891 300	
11	302+700	311+550	8 850				8 850	65 375 393	
12	324+000	330+600	6 600			6 600		44 322 300	
Toplam			187 337		1 097	36 765	149 475	1 357 163 006	
					6 088 350	246 895 358	1 104 179 299	1 357 163 006	

4.3 GÜNEY (Öneri) Geçki Seçeneği

Yukarıda sıralanan kriterler doğrultusunda, GÜNEY geçki seçeneği seçilmiş ve çalışmalar bu bölgede detaylandırılmıştır. Ayrıca bundan sonra bu geçki “Öneri Geçki” olarak anılacaktır.

4.3.1 Öneri Geçkinin Hidrojeolojisi

Proje geçkisinin 402 km uzunluğunda ve oldukça geniş olması nedeniyle, çalışma alanının hidrojeolojik değerlendirmesi 4 alt grupta ele alınmıştır. Bunlar;

1. Yeraltısı seviyesinin yüzeye yakın olduğu ovalık alanlar

Geçki boyunca sırası ile Aksu, Manavgat ve Göksu taşkın düzlükleri önemli ovalık alanları oluşturmaktadır.

Aksu ovası: Uzunluğu 163 km olan Aksu Çayı tarafından sulanır. Bu çayın debisi 140 m³/sn’dir. Isparta yakınlarındaki Akdağ (2276 m) kalker kütlesi ile kalker flişlerden oluşan Davras Dağı’ndan (2635 m) suyunu alan Aksu Çayı önce, güneydoğu doğrultusunda akar, Kovada Gölü’ne dökülüp yeraltı sularına karışarak ilerler.

Aşağı Gökdere Köyü’nün güneyinde Eğridir Gölü’nün sularıyla birleşir. Daha sonra güneye doğru akıp kendinden daha büyük olan Göksu Deresi ile birleşerek oldukça hızlı akışlı bir ırmak olarak güneye iner ve ovada daha çok genişleyerek, Aksu Ovası’nı sulayarak denize dökülür.

Manavgat ovası: Bu ırmağın debisi 155.5 m³/sn ve uzunluğu 93 km’dir. Batı Toroslar’a bağlı Şeytan Dağı’nın (2120 m) yamaçlarından kaynaklanan derelerin birleşmesiyle oluşur ve bir dirsek yaptıktan sonra güneybatıya yönelir; dağlık ve ormanlık alanlardan geçerken kanyon biçimli dar bir vadide akar. Oymapınar köyü yakınlarında daha az engebeli bir alana girer. Antalya bölgesindeki akarsuların en büyüğüdür.

Göksu ovası: Silifke yakınlarında denize dökülen Göksu nehrinin taşıdığı alüvyonlarla meydana gelmiştir. Delta üzerinde yer yer bataklık ve göllere rastlanmaktadır. Göksu nehri, Mersin ilinin en büyük akarsuyudur ve 268 km uzunluğundadır.

Göksu Nehri'nin minimum debisi 24.8 m³/s, maksimum debisi ise 1550 m³/s olarak gözlenmiş olup, yıllık ortalama akımı 3,5 milyar m³'dür (Akyatan 1993). İki kol halinde Geyik Dağları'nın suları ile beslenip Taşeli yaylalarından güneye inerek, Mut ilçesi yakınlarında birleşir ve derin vadiler oluşturduktan sonra Silifke şehir merkezinin tam ortasından geçip, taşıdığı alüvyonlarla meydana getirdiği Silifke Ovası'na suları ile hayat vererek Akdeniz'e dökülür.

2. Temiz yeraltısuyunun, özellikle tünel geçişlerinde toplanmasına ve kullanıma sunulmasına olanak sağlayan dağlık kesimler

Geçki boyunca, farklı derinlik ve uzunluğa sahip 21 adet tünel belirlenmiştir. Tünellerin çoğu Triyas yerleşim yaşı karmaşık içerisinde yer almaktadır. Burada ağırlıklı olarak kireçtaşları ve geçirimsiz birimlerle olan dokanakları sözkonusudur.

Yeraltısularının varlığı, diğer proje tünellerinin aksine, bu projede bölgeye bir katma değer sağlayacaktır. Çünkü, gerek kireçtaşlarından gerekse bu dokanaklardan gelecek temiz sular, tünellerin her iki kenarlarına yerleştirilecek kanallar aracılığı ile toplanıp, farklı amaçlarla (içme ve/veya sulama) yerleşim bölgelerine verilecektir.

Örneğin; Km 197+868 – 209+884 arasındaki T8 tünelinin uzunluğu 12016 m ve derinliği 801 m olup, tümüyle Triyas yerleşim yaşı karmaşığı (Trk) kesmektedir. Tünel boyunca karmaşığın her iki üyesi de (Trkk ve Trkb) gözlenmektedir.

Hem derin hem de uzun bir tünel olması, birimlerin geçirimli kireçtaşı ağırlıklı olması ve geçirimsiz birimlerle (şist gibi) olan dokanaklarının suyu iletmesi nedeniyle tünele bol miktarda su geleceği öngörülmüştür. Buradan kanallar yardımıyla toplanacak suyun, en yakındaki yerleşim yeri olan Anamur ve Bozyazı'ya verilmesi planlanmıştır.

3. Akarsu geçişleri

Geçki boyunca irili ufaklı birçok akarsu kesilmektedir. Bunların bir kısmı mevsimlik iken, bir kısmı da sürekli akış sergilemektedir. Debileri oldukça değişkendir; örneğin, Dim çayı 16 m³/sn, Anamur (Dragon) çayı 220 m³/sn, Köprü çayı 85.4 m³/sn, Kargılı çayı 4.5 m³/sn'dir.

4. Birimlerin hidrojeolojik özellikleri

Şekil 4.16’da, litolojik özellikler temel alınarak yapılan genelleştirilmiş hidrojeolojik tanımlamalar verilmiştir. Proje alanında yer alan birimlerin hidrojeolojik özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (Leventeli 2002).

Şist: Trk’nın bir bileşenidir. Hidrolik geçirimsiliği (K, m/s) 10^{-7} ile 10^{-10} arasında değişmektedir. Doğal olarak bu geçirimsilik derinlikle azalmaktadır. Birim, yeraltısuyu açısından oldukça fakirdir. Yağışların önemli bir bölümü yüzey akışlarına dönüşmektedir.

Mermer: Dolomitik kristalize kireçtaşları ve kalkıştlerden oluşan birim, Trk’nın önemli bileşenlerinden biridir. Hidrolik geçirimsiliği (K, m/s) 3×10^{-4} ile 2×10^{-6} arasında değişmektedir. Tepe – dağ tektaşlarında bu geçirimsilik göreceli olarak artmaktadır. Çalışma alanında, gözlenen önemli kaynaklar bu mermer tektaşlarının dokanaklarında ve alt kesimlerinde gözlenmektedir.

Kireçtaşları: Karstik ve çok girintili – çıkıntılı yüzey özellikleri yağışın tamamının yeraltısuyuna dönüşmesine olanak sağlamaktadır. 8×10^{-4} ile 6×10^{-6} arasında değişen hidrolik geçirimsiliğe (K, m/s) sahiptir. Buna göre yüksek geçirimli – geçirimli sınıfında yer almaktadır. Bölge, kireçtaşlarından oluşan sıradağ yükseltisi nedeniyle yüksek yağış almaktadır. Yağışlar daha çok kar şeklindedir.

Çakılkayaç seviyeleri: Bu kayaç türü Paleosen ve Eosen yaşlı tortullarda ve Pliyosen yaşlı göl çökellerinde görülmektedir. Şekil 6.1’den de anlaşılabileceği gibi, hidrolik geçirimsiliği (K, m/s) 5×10^{-5} ile 10^{-6} arasında değişmektedir.

Kumtaşı: Bu kayaç türü Paleosen yaşlı ve daha genç birimlerin önemli bir bileşenidir. Hidrolik geçirimsiliği (K, m/s) 10^{-5} ile 10^{-7} arasında değişmektedir. Pompajla su elde etmek açısından önemli seviyelerdir.

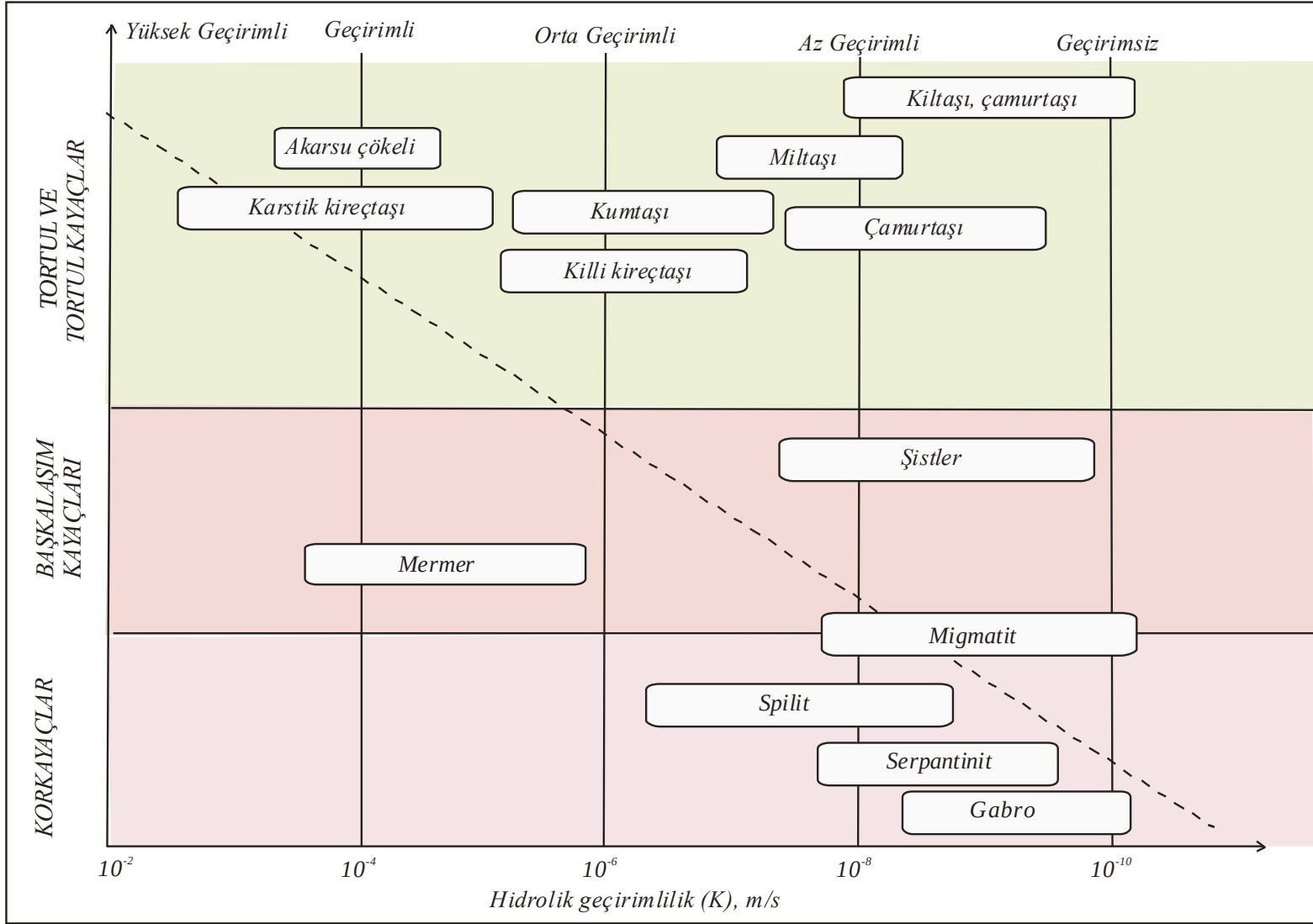
Miltaşı: Bu kayaç türü de Paleosen yaşlı ve daha genç birimlerde çok önemli oranda gözlenmektedir. Hidrolik geçirimsiliği (K, m/s) 3×10^{-7} ile 2×10^{-8} arasındadır. Buna göre az geçirimli olarak sınıflandırılmıştır.

Kiltaşı – çamurtaşı: Bu seviyeler yoğun olarak Miyosen yaşlı istifte görülmektedir. Az geçirimli – geçirimsiz ($9 \times 10^{-7} > K, m/s > 2 \times 10^{-10}$) olan bu seviyeler, yüksek geçirimli

kireçtaşlarını üzerlediği kesimlerde, kireçtaşları içerisinde basınçlı akifer özelliği oluşturmaktadır.

Güncel çökeller: Yan dere yataklarında gözlenen akarsu çökelleri (Qa) genellikle geçirimli – orta geçirimli iken ana akarsu yatağındaki çökeller yüksek geçirimlidir. Yan derelerdeki alüvyon kalınlığı 0 m ile 15 m arasında değişirken, ana dere içerisinde 4 m ile 50 m arasında değişmektedir. Seki çökelleri (Qs) ya da diğer adıyla eski alüvyonlar da, sahip oldukları 10^{-3} ile 10^{-5} m/sn arasındaki hidrolik geçirimlilik ile genellikle geçirimli olarak sınıflandırılabilir.

Yamaç molozu güncel çökellerin önemli bir bileşenidir. Hidrolik geçirimliliği (K, m/s) yukarıdan aşağıya düşmekle birlikte 10^{-3} ile 10^{-6} m/sn arasında değişmektedir. Yüzeyde yüksek geçirimliliğin ana nedeni gevşek olup ince taneli gercin aşağıya doğru yerçekiminin etkisi altında yıkanmasına olanak sağlamasıdır.



Şekil 4.16. Litolojik birimlerin su geçirirliğine (K, m/s) göre genel anlamda sınıflandırılması (Yılmaz vd 1999)

4.3.2 Öneri Geçkinin Mühendislik Jeolojisi

Bu bölümde geçki alanında karşılaşılan birimlerin mühendislik özellikleri verilmeye çalışılmıştır. Bu özellikler belirlenirken su-süreksizlik-kil (SSK) özellikleri başta olmak üzere dayanımları konusunda da gözlem ve pratik saha deneylerine dayalı olarak veri toplanmıştır. Ölçüm yapılabilen birimlerde Schmidt değerleri tespit edilmiştir. Birimlerin litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirmesi genellikle izafidir. Ancak sondaj verisi olmadığı için RQD tanımlamalarında, $RQD=115-3,3J_v$ (Bieniawski 1973) bağıntısından yararlanılmıştır. Birim hacim ağırlıkları (γ) da literatür verilerinden yola çıkılarak belirlenmiştir. Tek eksenli basınç dayanımlarının belirlenmesinde Şekil 4.17'den, kayaçların sınıflandırılmasında ise Çizelge 4.4'den yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5'de sunulmuştur. Bununla birlikte; birimlerin detaylı mühendislik özellikleri yaşlıdan gence olmak üzere aşağıda sunulmuştur.

4.3.2.1 Triyas yerleşim yaşlı karmaşık (Trk):

Genel olarak, Alanya – Anamur dolaylarında gözlenen bu birimle daha çok tünel geçkilerinde karşılaşılmaktadır. Kristalize kireçtaşı (Trkk) ve başkalaşım kayaçları (Trkb) temel olmak üzere iki alt üyeden oluşan birim, ayırtlanamadığı kesimlerde Trk olarak haritalanmıştır. Birim mikaşistler dışında orta-yüksek dayanımlıdır. Mikaşistlerin killeşen ayrışma ürünleri suyun varlığında sorun çıkarabilmektedir. Birim genellikle orta dayanımlı olup migmatitler yüksek dayanımlıdır.

Yüksek kesimleri oluşturan bu birimde yamaç duraylılığı, daha çok ana süreksizlik eğimi ile yamaç eğimi arasındaki ilişkiye bağlıdır. Ana süreksizliğin yamaç dışarı olduğu kesimlerde kaynak ve sızıntılar gözlenirken, yamaç eğimi de tabakalanma eğimine paraleldir. Yamaç içeri olan vadiler göreceli olarak daha duraylı olup, yüksek eğimli iken yamaç dışarı olan yerlerde düşük eğim gözlenmektedir. Kaynakların ve sızıntıların tamamı yamaç dışarı eğimli vadilerde görülmektedir (Leventeli 2002).

Trk

Birim masif ya da kalın tabakalı olarak tanımlanmıştır. Ancak bunun yanında düzensiz süreksizlikler de gözlenmektedir. Eklemler pürüzlü veya düzensiz/dalgalı olarak

tanımlanmıştır. RQD değerleri farklı iki tünel için alındığında 72 ile 80 arasında değişmiştir ve tanımlama “iyi” olarak yapılmıştır.

Bu birimde ölçülen Schmidth değerleri 50, 32, 29, 50, 56, 48, 39, 56, 60, 40’dır. Bu ölçümlerin sonucunda Schmidth değeri 46 olarak belirlenmiştir. Birim hacim ağırlığı (γ) da ortalama 26 kN/m³ alınmıştır. Tek eksenli basınç dayanımı 100 MPa olarak belirlenmiş; buna göre “yüksek dayanımlı” olarak sınıflandırılmıştır.

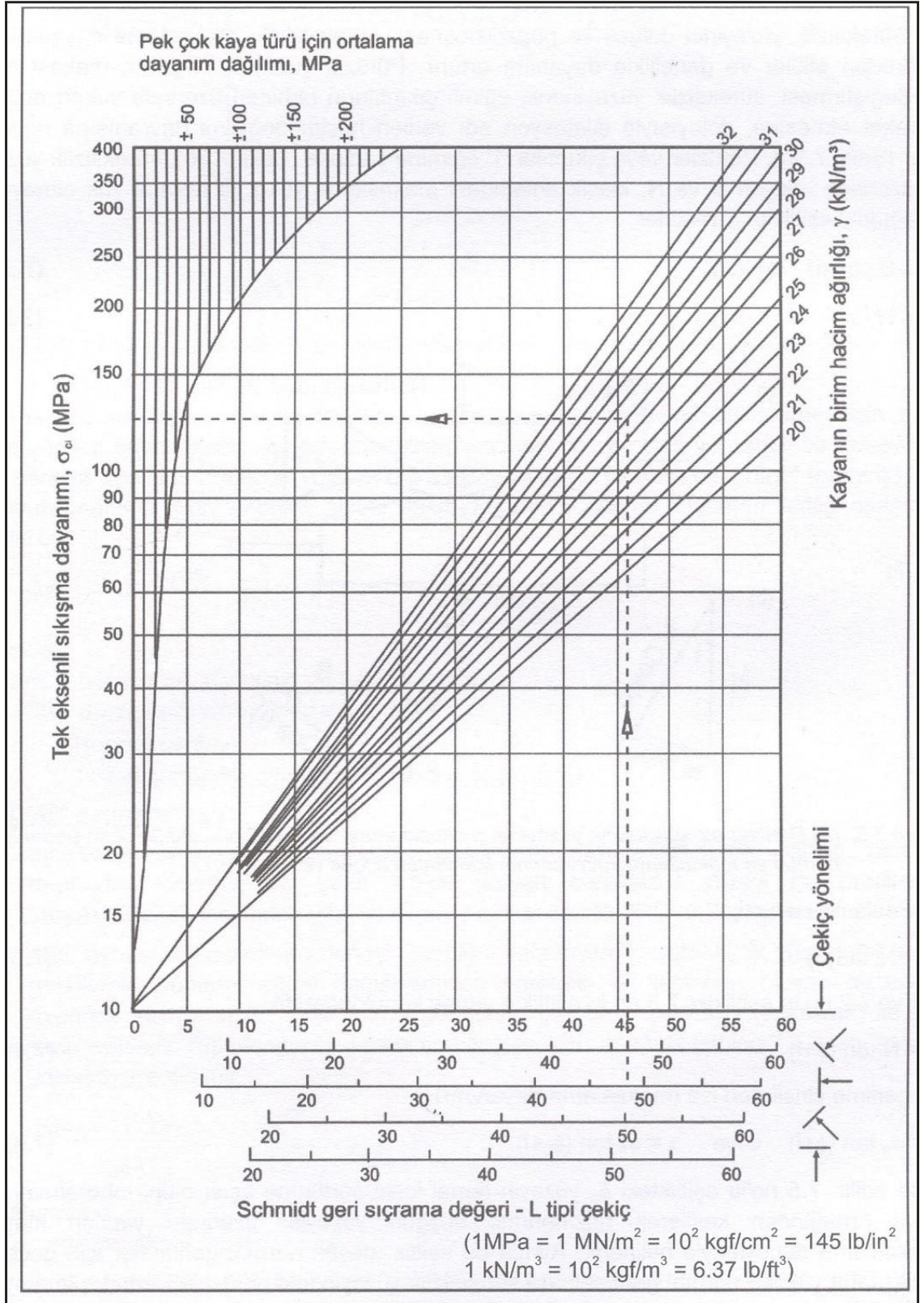
Trkb

Süreksizlik sayısı ölçüm yapılan lokasyonlarda farklılık göstermektedir. Bu nedenle tanımlamalarda kimi zaman tek kimi zaman iki süreksizlik sistemi ve bunların yanısıra düzensiz süreksizlik sistemleri de kaydedilmiştir. Süreksizlikler pürüzsüz ve dalgalı olmakla birlikte, yer yer kayma çizikli ve dalgalı olarak da gözlenebilmektedir. Genellikle kuru olmalarının yanısıra, yer yer orta akış nadiren de eklem yıkanmaları gözlenmektedir. Tünellerin çoğunda görülen bu birimin, RQD değerleri 50 ile 89 arasında değişmiştir ve tanımlama “iyi-orta” olarak yapılmıştır.

Bu birimde ölçülen Schmidth değerleri şunlardır: 29, 36, 32, 36, 54, 38, 52, 46, 42, 50. Bu ölçümlerin sonucunda Schmidth değeri 41.5 olarak belirlenmiştir. Birim hacim ağırlığı (γ) da 25 kN/m³ alınmıştır. Tek eksenli basınç dayanımı ise 78 MPa olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre “orta” olarak sınıflandırılmıştır.

4.3.2.2 Kretase yerleşim yaşlı karmaşık (Kk):

Çalışma alanında dar bir kesimde gözlenmektedir. Kretase yerleşim yaşlı karmaşığın (Kk) içerisinde yer alan Jura-Kretase yaşlı tortul birimler (J-Kt) genel olarak kireçtaşıdan oluşmaktadır. Geçki boyunca yapılması düşünülen tünellerden iki tanesi (T20 ile T21) bu birimi kesmektedir. Eklemler kayma çizikli ve dalgalıdır. Birim masif yada kalın tabakalı olarak tanımlanmıştır. Ancak bunun yanında düzensiz süreksizliklerde gözlenmektedir. Süreksizlikler genellikle kuru veya çok az akışlı olarak gözlenmiştir. Süreksizlik dolguları genellikle CaCO₃’lidir. Bu tip mineraller dayanımı arttırmaktadır. Yüksek oranda karstik özellik taşıması nedeniyle büyük mağaralar içermektedir ve yüksek geçirimlidir. RQD değerleri 62 ile 69 arasında değişmiştir ve tanımlama “orta” olarak yapılmıştır.



Şekil 4.17. Schmidt geri sıçrama değeri ve tek eksenli sıkışma dayanımı arasındaki ilişki (Deere ve Miller 1966, Hoek ve Bray 1977'den)

Çizelge 4.4. RQD ile kayacın mühendislik kalitesi arasındaki ilişkinin Deere (1968) tarafından tanımlanması (Ulusay 2001)

RQD (%)	Kaya Kalitesi
< 25	Çok zayıf
25 – 50	Zayıf
50 – 75	Orta
75 – 90	İyi
90 - 100	Çok iyi (mükemmel)

Çizelge 4.5. Çalışma alanında gözlenen birimlerin mühendislik özellikleri açısından değerlendirilmesi

	Trk	Trkb	J-Kt	Pat	Eot	Mit	Plt
RQD=115-3,3Jv	72 - 80	50-89	62-69	---	77-82	---	---
Değerlendirme	İYİ	İYİ-ORTA	ORTA	---	İYİ	---	---
Schmidt Değeri	46	41.5	36.9	24.1	32	---	---
Birim Hacim Ağırlığı (kN/m³)	26	25	25	22	24	---	---
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	100	78	60	28	40	---	---
Değerlendirme	YÜKSEK	ORTA	ORTA	DÜŞÜK	DÜŞÜK	ZAYIF-ORTA	ZAYIF-AŞIRI ZAYIF

Bu birimde ölçülen Schmidth değerleri şunlardır: 43, 25, 30, 54, 46, 22, 32, 48, 22, 47. Bu ölçümlerin sonucunda Schmidth değeri 36.9 olarak belirlenmiştir. Birim hacim ağırlığı (γ) 25 kN/m³ alınmış, tek eksenli basınç dayanımı 60 MPa olarak belirlenmiş ve “orta dayanımlı” olarak sınıflandırılmıştır.

4.3.2.3 Paleosen yaşı tortullar (Pat):

Açık gri, bej renklerde, farklı genişlikte tabakalardan oluşan birim kumtaşı, kilitaşı ve miltaşı ardalanmasını içerir. Çekiç darbesiyle parçalanıyor. Schmidt ölçüm değeri; 20, 22, 20, 27, 27, 24, 24, 30, 25, 22 şeklinde elde edilmiş ve ortalama değeri de 24.1 olarak belirlenmiştir. Birim hacim ağırlığı (γ) 22 kN/m³ alınmış, tek eksenli basınç dayanımı 28 MPa olarak belirlenmiş ve kayaç “düşük dayanımlı” olarak sınıflandırılmıştır.

4.3.2.4 Eosen yaşı tortullar (Eot):

Ana bileşeni çakılkaya, kumtaşı, miltaşı ve killi kireçtaşıdır. Kireçtaşı seviyeleri yaygın olarak yüzeylemektedir. Birim masif yada kalın tabakalı olarak tanımlanmıştır. Ancak bunun yanında düzensiz süreksizliklerde gözlenmektedir. Eklemler yer yer pürüzlü veya düzensiz/dalgalı, yer yer de pürüzsüz ve dalgalı olarak görülmektedir. Süreksizlikler içerisinde genellikle orta akış, nadiren de eklem yıkanmaları mevcuttur. RQD değeri 77 ile 82 arasında değişmiştir ve tanımlama “iyi” olarak yapılmıştır.

Bu birimde ölçülen Schmidt değeri şunlardır: 30, 28, 42, 36, 34, 20, 30, 32, 44, 24’dür. Bu ölçümlerin sonucunda Schmidt değeri 32 olarak belirlenmiştir. Birim hacim ağırlığı (γ) 24 kN/m³ alınmıştır. Tek eksenli basınç dayanımı 40 MPa olarak belirlenmiş; bu verilere göre kayaç “düşük dayanımlı” olarak sınıflandırılmıştır.

4.3.2.5 Miyosen yaşı tortullar (Mit):

Ana bileşeni kumtaşı, kilitaşı, kalkerli çamurtaşı ve killi kireçtaşıdır. Ana süreksizlik tipi tabakadır. Fay kuşakları dışında ve havza ortalarında genellikle yatay konumludur. Buharlaşmanın üst düzeyde olduğu kesimlerde birim yüzleklerinde kalılaşma sonucu sertgen (CaCO₃ yoğunlaşması) oluşmuştur. Kumtaşı seviyeleri zayıf - orta dayanımlı olarak sınıflandırılmıştır. Kalkerli seviyelerinde kalker oranına bağlı olarak dayanımı artabilmektedir.

4.3.2.6 Pliyosen çökelim yaşı tortul istif (Plt):

Genellikle dağlararası çukur çökelidir. Yüksek oksitlenme nedeniyle birim dokunaklardaki rengi kırmızıya çalar. Tabakalaşma yer yer iyi gelişmiştir. Eğimleri

genellikle çökelim ortamının taban eğimini yansıtmaktadır. Çökelim havzası ortalarına doğru yatay konumdadır. Bileşenleri çevre tepelerde yüzeylenen daha yaşlı birimlerden türemiştir ve çakıltası, kumtaşı çamurtaşıdır. Dayanımı aşırı zayıftan – zayıfa kadar değişmektedir.

4.3.2.7 Tufa (PI-Qt):

Bu birim, çökelme ortamına bağlı olarak sıkı dokulu masif, süngerimsi, bitki boşluklu olmak üzere değişimler göstermektedir. Nitekim, Dipova (2011)'de; tufa kayacının farklı doku özelliklerine sahip olduğu; 1 ile 100 MPa gibi çok geniş bir aralıkta değişen serbest basınç dayanımının olduğu bildirilmiştir. Kayaç birim hacim ağırlığının 1,2-2,5 t/m² arasında değiştiği, bu nedenle kayaç özelliği için genel kabullerle hareket edilemeyeceğini ve ayrıntılı deneysel çalışmaların gerekliliği vurgulanmıştır. Tabaka ve eklemlerin söz konusu olmadığı bir kaya ortamda “0” a yakın RQD değerleri elde edilebilmektedir. Bu durum RQD parametresinin sondaj yöntemine, kullanılan devir daim akışkanının cinsine ne kadar bağlı olduğunu göstermekle birlikte, bu yöntemin tufa ve benzeri kaya kütlelerinin tanımlanmasında kullanılabilirliğini de sorgulamamıza yol açmaktadır. Bir diğer zorluk ise süreksizliklerde yaşanmaktadır. Sınıflama sistemlerinde ağırlıklı yer tutan “süreksizliklerin konumu”, “süreksizliklerin aralığı”, “süreksizliklerin durumu” gibi bilgiler tufaya uygun olmamaktadır. Ayrıca tufanın karstik veya birincil boşluklarını bu sistemlerde değerlendirmek mümkün değildir (Dipova 2005).

4.3.2.8 Kaliş (PI-Qk):

Çalışma alanının son kesimlerinde, Mersin ve yakınlarında görülür. Zeminin çökme potansiyeli; gözeneklilik, birim hacim ağırlık ve tane boyutu ile doğrudan ilişkilidir. Yüksek boşluk oranı ve düşük birim hacim ağırlığına sahip silt-kum boyutu malzemelerde, yüzey suyunun ve yeraltı suyunun hareketi daha kolay olmaktadır. Bunun yanı sıra, yük artışı da tanelerin yeniden dizilmesinde ve çökme potansiyelinin artmasında rol oynayan en önemli faktörlerden biridir (Zorlu ve Kasapoğlu 2004). Kütleli görünümlüdür. Orta dayanımlı sert kısım ile yüksek plastisiteli yumuşak alt kısımdan (hardpan-softpan) oluşur. Üstte sert ve alta doğru yumuşak seviyelerden oluşan kalişinin mühendislik özellikleri düşey kesitte önemli değişiklikler sunarken, sert kısım göreceli olarak daha dayanımlıdır (Yılmaz 1991). Geçmiş yıllarda yapı taşı

olarak kullanılan sert kısım kuru olduğunda sağlam kaya görünümünde olmasına rağmen, kırmataş malzemesine karıştığında özellikle üst yapıda yağışlardan sonra kabarmalara neden olabileceğini belirtmişlerdir.

4.3.2.9 Güncel birimler (Qg):

Ayırılanamamış Kuvaterner çökelleridir. Çok geniş dayanım aralığındadır. Yumuşaktan serte ve gevşekten sıkıya değişim sunar. Genellikle killi kum (SC), siltli kum (SM) ve killi çakıl (GC) girişimi göstermektedir.

4.3.2.10 Seki çökelleri (Qs):

Pleyistosen yaşlı akarsu çökelleridir. Değişik kökenli malzemeler içermektedir. Genellikle GP – SP – GM ve SW özellik taşımaktadır. Sıkı – çok sıkı seviyeleri yaygındır. Kalkerce zengin seviyeleri zayıf kaya olarak da tanımlanabilir.

4.3.2.11 Yamaç molozu (Qy):

Birim ağırlıklı olarak kristalen kireçtaşlarından türemiştir. Birikintinin tabanına doğru kil ve silt oranı artmaktadır. Genellikle bloklu GW – SM olarak tanımlanabilir. Yüzeyde gevşek olan birim tabana doğru sıkılaşmaktadır. Birim orta sıkı olarak sınıflandırılmıştır. Her ne kadar birim kendi içerisinde duraylı olsa da, yüksek geçirimli olması nedeniyle birimin ince malzemesi yıkanarak aşağıda yoğunluk kazanmakta ve duraysızlık artmaktadır.

4.3.2.12 Akarsu çökeli (Qa):

Gevşek-sıkı, SW - GW, yer yer ML özellik taşır. Tane boyu dağılımına bakıldığında; akarsu vadi tabanlarında SW - GW çökeller yoğunluk kazanırken sellenme düzlüklerine doğru ML özellikli çökelin artış gösterdiği gözlenmektedir. Tamamı toprak kazı sınıfındadır.

4.3.3 Öneri Geçkinin Jeotekniği

Antalya-Mersin arasındaki bu hızlı tren projesi bir bütün olarak düşünüldüğünde; morfolojik, mühendislik, jeoteknik özellikleri ve nüfus dağılımı göz önünde tutularak;

Antalya – Alanya, Alanya – Taşucu ve Taşucu – Mersin olmak üzere 3 aşamada incelenmiştir. Her ne kadar bu tez çalışması esas olarak Antalya-Ovacık arasını alıyorsa da; proje bir bütün olarak ele alınmıştır ve 402 km boyunca elde edilen bulguların tamamı aşağıda sunulmuştur.

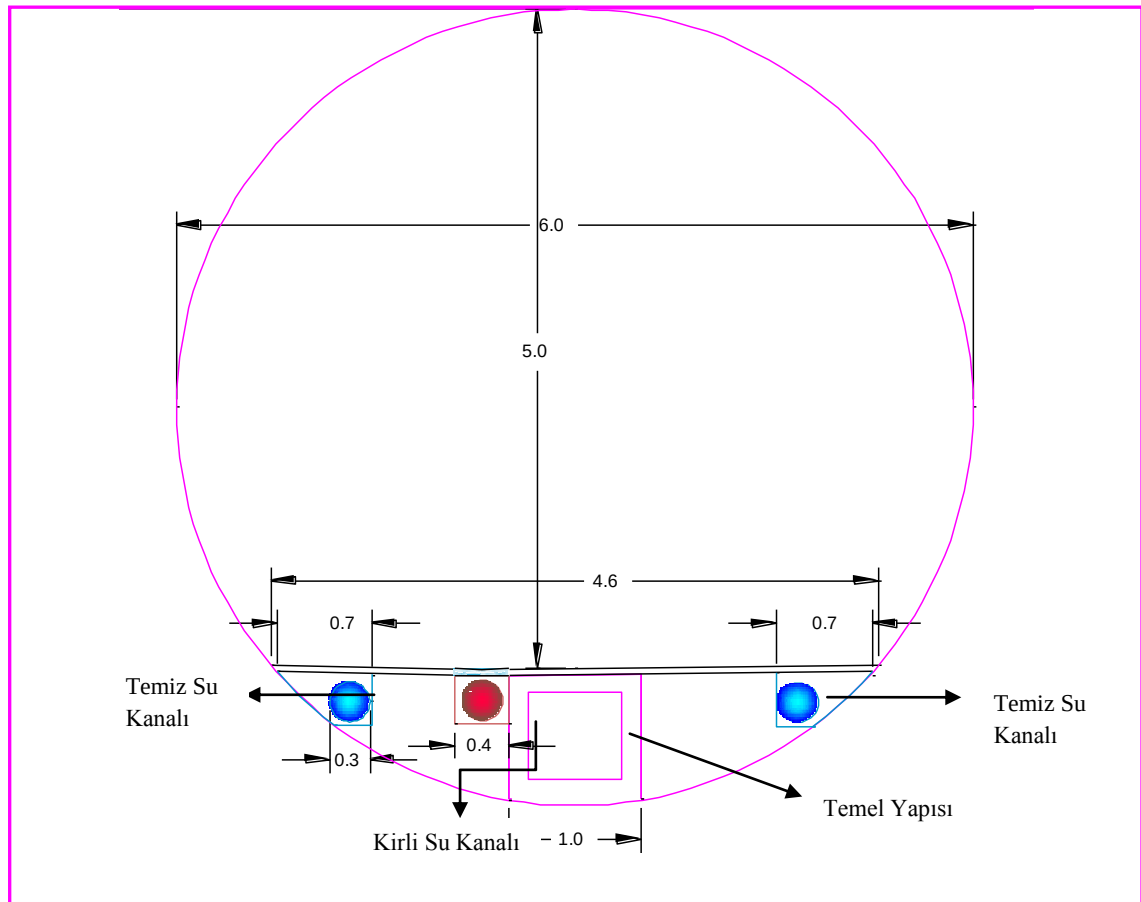
Geçkinin hem jeolojik hem de topoğrafik özelliklerini gösteren boyuna profil Ek III’de verilmiştir. Yine geçkideki sanat yapı (dolgu-köprü, tünel-yarma) yerlerinin gösterildiği enine profil de Ek IV’de sunulmuştur. Ayrıca Ek V’de tünellerin enine profilleri ve beraberinde mühendislik değıştirmeleri gösterilmiştir.

Tünel ve viyadükler geçki boyunca ana sanat yapılarını oluşturmaktadır. Bu nedenle jeoteknik incelemeler, her iki ana sanat yapısı için ayrı ayrı yapılmıştır. Ancak tekrardan kaçınmak amacıyla, detaylar sadece birinci tünel (Km 38+249 – 39+346) ve birinci viyadük için (Km 42+196 – 43+449) verilmiştir.

Farklı araştırmacılar tarafından önerilen çeşitli Kaya Kütle Sınıflandırma Sistemleri bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanımı yaygın olan Q ve RMR sistemleri ile NATM (Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi) kullanılmıştır.

Genel bir fikir vermesi amacı ile ilk (Km 118+460 – Km 118+900) ve son kesimlerde (Km 305+500 – Km 311+500) olmak üzere, 2 lokasyonda yarma yamaç duraylılık analizi yapılmıştır. Bunun için “Kinematik analiz” yöntemi kullanılmıştır.

Tünellerin tümünün, tünel açma makinesi ile dairesel kesitli olarak açılması planlanmıştır. Kesitin çapı 6 m, platformun yüksekliği 1 m, dolayısıyla platform ve tavan arasındaki yükseklik 5 m olarak belirlenmiştir (Şekil 4.18). Platform altında, 1 m’lik temelin yanısıra, 0.3 m genişliğinde iki adet temiz su kanalı, ortasında ise 0.4 m’lik pis su kanalı ve elektromekanik gereçlerin yerleştirilmesi uygun olacaktır. Tünel boyunca geçirimli birimlerden ya da dokanaklardan gelmesi olası yeraltısuyunun, temiz su kanalları aracılığıyla toplanıp, içme ve/veya sulama amaçlı kullanılması amaçlanmıştır. Pis su kanalı ise, sistemin işletilmesi sırasında dışarıdan gelebilecek suların toplanıp, sistemden uzaklaştırılması için yerleştirilmiştir.



Şekil 4.18. Geçki boyunca yeralan tünellerin geometrisi

4.3.3.1 Antalya – Alanya

4.3.3.1.1 Km 0+000 - 38+249

Km 6+000 – 7+500 arasındaki Pliyosen tepesi dışında genellikle ova niteliği taşıyan, yumuşak eğimli yüzey şekli içerisinde ilerlenmektedir. Dolgu yüksekliği ve yarma derinliği 10 m’nin altında tutulmaya çalışılmıştır. 10 metreden daha yüksek dolgularda köprü tercih edilirken, 30 metreyi aşan yarmalarda da aç-kapa tüneller tercih edilmiştir. Derinliği 50 metreden daha fazla olan kesimlerde tünel açma makinaları kullanılarak tüneller açılacaktır. Pliyosen ve Miyosen tabaka eğim açıları yaklaşık 10° olup, birimin en küçük içsel sürtünme açısı $15 (\phi, ^{\circ})$ ’den daha düşüktür. Bu nedenle tabaka kaymaları hiçbir koşulda beklenmemektedir. Sadece yüzey yıkamaları söz konusu olabilecektir. Bu kesimlerde de tel kafes, toprak çivisi ve yaklaşık 6 cm kalınlığında püskürtme beton uygulamaları yeterli olacaktır.

4.3.3.1.2 Km 38+249 – 39+346 (Tünel 1)

Uzunluğu 1097 m. ve ortalama derinliği 97 m. olan birinci tünel Triyas yerleşim yaşlı karmaşık (Trk) içerisinde açılacaktır. Kuvarsist-mikaşist ardalanması şeklinde izlenen Trk'da üç farklı süreksizlik sistemi ayırtlanmıştır. Bunlar kalınlığı 10 ile 30 cm. arasında değişen tabakalanma 0.20-3 m. arasında değişen süreksizliklerdir.

Bunun yanı sıra gelişigüzel dağılımı olan düzensiz süreksizliklerde mevcuttur. Bu tünel için yapılan Q sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile Q sistemine göre öneri destek sistemi Çizelge 4.6'da sunulmuştur.

Bundan sonraki tüneller için yapılan sınıflandırma sistemlerinde olduğu gibi, bu tünelin Q sınıflandırma sistemi için kullanılan RQD değeri sondaj verisi olmadığı için m³'deki süreksizlik sayısından (Jv) yola çıkarak "RQD=115-3.3Jv" bağıntısı kullanılmıştır. Diğer değişirgeler arazideki gözlemlere göre belirlenmiştir.

Bu verilere göre kaya kütle değeri (Q) 13.333 ve NATM kazı sınıfı A2 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7). RMR kaya sınıfı değerleri Bieniawski (1973)'ya göre belirlenmiş ve 67.3 bulunmuştur.

Bunun yanı sıra NATM kazı sınıfı belirlenirken Barton (1974)'da kullanılarak ortalaması alınmıştır. Elastisite modülü "Em=10^{(RMR-10)/40}" bağıntısı kullanılarak 27.09 GPa olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. T1 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değeri, sonuçları ve öneri destek sistemi

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf	80	Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta		
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik	3	
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler		
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütleli		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük,	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler	3	
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık > 3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)	1	
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem		
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Çizelge 4.6. (Devamı)

Sınıf	Eklemler	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)				
A	0.75	Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35° Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30° Az bozuşmuş eklem duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25° Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16° Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgu)				
F	4.0	25-30° Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24° Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16° Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12° Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgu)				
K	6,8	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve	12	
L	veya	6-24° killi dolgu bantları (kil egemen durum		
M	8-12	için G,H ve J dikkate alınmalıdır		
N	5.0	- Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	Kalın kil dolgu bantlı		
P	veya	6-24° (kil egemen durum için		
R	13-20	G,H ve J dikkate alınmalıdır		
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5	Yüzeye yakın, düşük stres,		
J	1.0	Orta stres, uygun stres koşulları		
K	0.5-2.0	Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,	0.5	
L	5-50	Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200	Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400	Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri	-	13.333	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı	-	A2	(bkz, Çiz.4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı	-	67.3	(Bieniawski, 1976; Jethwa ve diğ., 1982)
Em	Elastisite Modülü	GPa	27.09	$Em=10^{(RMR-10)/40}$
Q-Sistemine göre öneri destek sistemi				
Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	5.636	$B_{mu}=2 \cdot (ESR) \cdot Q_{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	1.000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	16.232	$Proof=(2/J_r)(Q-1/3)$ veya $Ss<3$ için $Proof=(2/3)(J_n0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2.900	$L=(2+0,15 \cdot B)/ESR$

Çizelge 4.7. Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) 'ne göre kazı destek sınıfları (Bieniawski 1989)

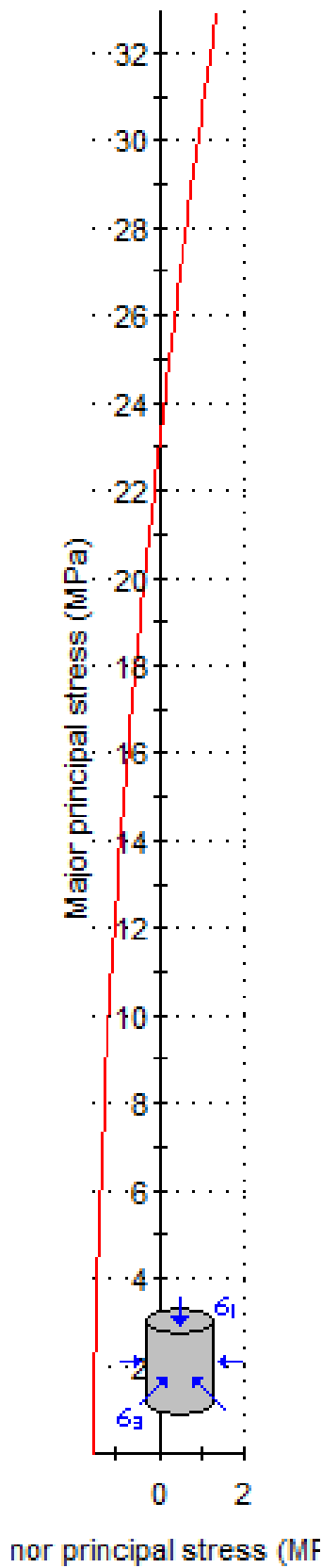
			Kaya Kütlesinin Davranışı	Su Etkisi	Kazı	Destek ve Zamanlaması
A	Duraylı olup elastik davranış gösterirler. Yerel destek uygulanmaması durumunda, yer yer sığ göçükler oluşabilir. Elastik deformasyonlar hızla azalır.	A1	Duraylı, küçük deformasyon olabilir.	Yoktur.	Tam ayna, büyük kazılarda üst yarı alt yarı kazısı ve delme-patlatma olabilir.	
		A2	Sonradan az sökülen kaya, küçük deformasyon,	Önemsizdir	Tam ayna, veya üst yarı alt yarı kazısı, delme-patlatma gerekecektir.	Bölgesel olarak tünel tavanında, yan duvarların üst kısmında gerekli olabilir.
B	Yapısal kenetlenme ve/veya çekme mukavemeti azlığından ötürü hızlı gevşeme ve ayrışmaya meyillidir. Boşluk dolaylarındaki ikincil gerilmeler, kaya kütlesinin mukavemetini biraz aşmakta, ancak bu mekanizma içeriye kadar ulaşmamaktadır. Destek yapımının gecikmesi durumunda çökmeler artar.	B1	Gevrektilir, küçük deformasyon, sökülmeler görülür.	Genellikle önemsizdir.	Üst yarı alt yarı kazısı, delme-patlatma gereklidir.	Bazı yerlerde sistematik, yersel olarak ön destekleme gerekebilir. Tehlikeli alanlar hemen desteklenir.
		B2	Çok gevrektilir, gevşemeler ve kopmalar meydana gelir.	Fazla su akışı görülebilir.	Üst yarı, alt yarı kazısı, genellikle yumşak patlatma ile yapılır.	Tavan, duvar ve aynada sistematik destekleme gereklidir.
		B3	Taneli kaya kütlesi, çimentolanma ve kohezyon azdır, dökülme görülür.	Fazla su akışı görülebilir.	Mekanik kazı yöntemleri kullanılır, taban kazısı ve bir taban beton kemeri gerekebilir.	Tavan, duvar ve aynada ve aynanın ilerletilmesinden önce monte edilecek sistematik destekleme gereklidir.

Çizelge 4.7. Devamı

			Kaya Kütlesinin Davranışı	Su Etkisi	Kazı	Destek ve Zamanlaması
C	Kaya kütleleri çatlamaya-dökülmeye eğilimlidir ve şişebilen bileşenleri vardır. Ayırışmış/bozmuş kayalar, gevşek/organik zeminler de bu gruba girer. Kaya kütlesinin özellikleri düşüktür. Davranış ve kendini tutma süreleri, su sızıntılarından önemli ölçüde etkilenirler. Aşırı gerilmeler altında kabuk atma, burkulma, kesme ve boşluğa doğru plastik hareket gibi zafiyet mekanizması oluşur. Plastisite ve viskozitesi, zamana bağlı belirgin deformasyonlara yol açar.	C1	Kırılgan kaya kütlesi, kaya fırlamaları görülür.	Fazla su akışı görülebilir.	Bölünmüş ve taban kazısı gereklidir. Düzgün patlatma veya mekanik yöntemlerle yapılabilir.	Kısa ama sık kaya bulonları, çelik hasır gereklidir. Jeolojik şartlara bağlı olarak taban kemeri betonu gerekebilir.
		C2	Baskılı kaya kütlesi, plastik davranışlı, yüksek kohezyonlu.	Sızıntılar ve su akışı var.	Üst yarı, alt yarı ve taban kazısı zorunludur. Püskürtme beton kaplaması gerekir.	Ayna duraylı olduğundan tüm kesit çevresinde sistematik destekleme ve taban kemeri gereklidir.
		C3	Çok baskılı kaya kütlesi, yüksek ve hızlı deformasyon, plastik zonlar	Önemli su sızıntıları ve su akışı var.	Üst yarı, alt yarı ve taban kazısı zorunludur. Yumşak patlatma veya mekanik kazı yöntemleri uygulanacaktır. Püskürtme beton kaplaması gerekir.	Tüm tünel desteği sistematik olarak, üst yarı ve alt yarı kazı aynasının daha fazla ilerletilmesinden önce uygulanır.
		C4	Akıcı kaya kütlesi, az kohezyon ve sürtünme, az plastik davranış gösteren zonlar.	Önemli su sızıntıları ve su akışı var.	Aynada duraylılık sorunları nedeniyle yan galeriler şeklinde bir alt bölünme gerekir. Kazı tünel ekskavatörü ile yapılır. Püskürtme beton kaplaması gerekir.	Tüm tünel desteği, iç hasır çelik tabakası hariç gerekir.
		C5	Çok kohezyonlu, kısa süreli duraylı kaya kütlesi.	Çok önemli su sızıntıları ve su akışı var.	Üst yarı, alt yarı ve taban kazısı olarak bölünmesi zorunludur. Kazı tünel ekskavatörü ile yapılır.	Tüm tünel desteği, iç hasır çelik tabakası hariç gerekir. Taban kemeri gereklidir.

Kaya kütlesinde süreksizliklerle sınırlanan kayaç malzemesi blokları, taze kayaç malzemesinden bozunmuş kayaca kadar değişik özellikler sergileyebilir. Kaya kütlelerinin belirli bir gerilim altındaki davranışı genellikle, kayaç malzemesine ait bloklarla süreksizlikler arasındaki etkileşim tarafından denetlenir. Farklı yönelimlerde gelişmiş çok sayıdaki süreksizlik tarafından bölünmüş kaya kütlelerinin davranışı, kayaç malzemesinin aksine, hem süreksizlikler hem de kayaç malzemesi tarafından denetlenir. Dolayısıyla kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özelliklerinin, kayaç malzemesiyle birlikte süreksizlikleri de içerecek boyutlardaki örnekler üzerinde belirlenmesi gerekir. Ancak bu çok kolay olmadığı için 1980'li yılların başında geliştirilen ve günümüze değin bazı değişikliklere de uğrayan Hoek-Brown yenilme ölçütü kaya kütlelerinin dayanımıyla ilgili mevcut kısıtlamaları önemli ölçüde gidermiştir. Bu nedenle bu çalışmada; kaya kütlelerinin dayanımının belirlenmesi amacıyla Hoek-Brown görgül yenilme ölçütünü temel alan RocLab programı kullanılmıştır. Şekil 4.19'da tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirelileri verilmiştir. Burada girdi olarak verilen tek eksenli basınç dayanımı arazide yapılan Schmidt çekici ölçümleri sonrasında, abak yardımı ile belirlenmiştir. Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) Şekil 4.20 kullanılarak belirlenmiştir. Kayaç malzemesine ait boyutsuz malzeme sabiti (m_i) kireçtaşları için farklı yaşlarda da olsa 10 olarak alınmıştır. Örselenme faktörü (D) 0 (sıfır) olarak alınmıştır. Çünkü tüm kazılar tünel açma makinaları kullanılarak açılacağından, örselenme beklenmemektedir. Sonrasında programa litolojilerin birim hacim ağırlıkları ile tünel derinlikleri girilmiştir. Bu verilere göre kohezyon (c , MPa) ve içsel sürtünme açısı (ϕ , °) ile kaya kütlesinin çekme dayanımı, kaya kütlesinin tek eksenli sıkışma dayanımı, tüm kaya kütlesinin sıkışma dayanımı ve kaya kütlesi deformasyon modülü ortaya çıkarılmıştır.

Tünellerdeki yer değiştirme (deplasman) miktarları ve yapıya gelecek gerilmelerin hesaplanmasında Phase programı kullanılmıştır. Geçki üzerinde yer alan tünellerin hepsi dairesel kesitli olup 6 metre genişliğinde tasarlanmıştır. Geçki boyunca II., III., IV. ve V. derecede deprem bölgeleri yer almaktadır. Ancak tüm tüneller için, güvenli tarafta kalabilmek adına, bulundukları deprem bölgeleri bir derece azaltılmış ve analizlerde sismik katsayı (deprensellik katsayısı) Çizelge 4.8'de olduğu gibi alınmıştır. Kazı sonrasında fiber donatılı beton (Fiber Reinforced Concrete) yeterli görülmüştür. Piyasada kullanılan beton türleri ve bu betonların mühendislik özellikleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 70 MPa
 GSI = 80 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

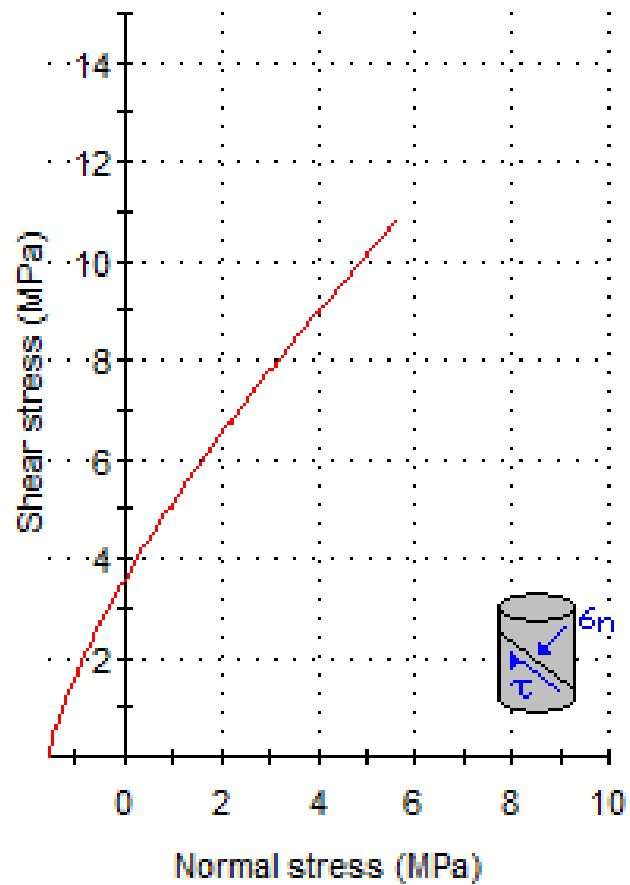
m_b = 4.895 s = 0.1084 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 3.512 MPa friction angle = 54.35 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -1.550 MPa
 uniaxial compressive strength = 23.013 MPa
 global strength = 26.772 MPa
 deformation modulus = 10564.17 MPa



Şekil 4.19. Tünel 1'in yer aldığı ana litolojinin (Trk) mühendislik özellikleri ve değıştirmeleri

JEOLÖJİK DAYANIM İNDEKSİ		SÜREKSİZLİK YÜZEY KOŞULU				
Kaya kütlesinin yapısını ve yüzey koşullarını tanımlayan harf kodları belirlenerek uygun kutu seçilir ve ortalama Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI)'nin değeri abaktaki konturlardan tayin edilir.		ÇOK İYİ Çok pürüzlü, taze ayrılmamış yüzeyler	İYİ Düz, çok az ayrılmış, demir oksit sıvımsı yüzeyler	ORTA Düz, orta derecede ayrılmış yüzeyler	ZAYIF Kaygan, sert veya köşeli parçalar içeren, dolguya sahip, çok ayrılmış yüzeyler	ÇOK ZAYIF Kaygan, yumuşak kil dolgulu, çok ayrılmış yüzeyler
YAPI		AZALAN YÜZEY KALİTESİ →				
	BLOKLU- 3 ortogonal süreksizlik setinin oluşturduğu kübik bloklu, çok iyi kenetlenmiş, örselenmemiş kaya kütlesi	80 B/Çİ	70 B/İ	60 B/O	50 B/Z	40 B/ÇZ
	ÇOK BLOKLU- Dört veya daha fazla sayıda süreksizlik setinin kesişmesiyle oluşmuş çok yüzeyli-köşeli bloklar içeren, kısmen örselenmiş kaya kütlesi	70 ÇB/Çİ	60 ÇB/İ	50 ÇB/O	40 ÇB/Z	30 ÇB/ÇZ
	BLOKLU/ÖRSELENMİŞ- Birbirini kesen çok sayıda süreksizliğin oluşturduğu köşeli bloklar içeren, kıvrılmış ve/veya faylanmaya maruz kalmış kaya kütlesi	60 BÖ/Çİ	50 BÖ/İ	40 BÖ/O	30 BÖ/Z	20 BÖ/ÇZ
	PARÇALANMIŞ- Köşeli ve yuvarlak kayaç parçalarının birlikteliğinden oluşan, zayıf kenetlenmiş, aşırı derecede kırıklı kaya kütlesi	50 P/Çİ	40 P/İ	30 P/O	20 P/Z	10 P/ÇZ

Şekil 4.20. Özgün GSI sınıflama sistemi (Hoek ve Brown 1997)

Çizelge 4.8. Farklı deprem bölgelerinde bulunan tünellerin yerdeğiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan sismik katsayılar.

TÜNEL	BULUNDUĞU DEPREM BÖLGESİ	ANALİZLERDE KABUL EDİLEN DEPREM BÖLGESİ	SİSMİK KATSAYI	
			YATAY	DÜŞEY
T1	2.derece	1.derece	0.4	0.2
T2	3.derece	2.derece	0.3	0.15
T3-T7	4.derece	3.derece	0.2	0.1
T8-T19	5.derece	4.derece	0.1	0.05
T20-T21	4.derece	3.derece	0.2	0.1

Bu proje kapsamında kullanılan fiber donatılı betonun özellikleri Şekil 4.21’de verilmiştir:

Donatının Özellikleri: 0.6 m aralıklarla, 0.162 m derinliklerde, 0.00474 m² çapında, Elastisite Modülü 200000 MPa, Poisson Oranı 0.25, Basınç ve Çekme Dayanımı 400 MPa.

Betonun özellikleri: 0.6 m kalınlık, Elastisite Modülü 30000 MPa, Poisson Oranı 0.15, Basınç Dayanımı 40 MPa ve Çekme Dayanımı 3 MPa.

Betonun standart basınç dayanımı 28 gün boyunca 20(+/-2)°C sıcaklıkta ve %100 nemli ortamda ve kireçli suda kür edilen, çapı 150 mm, boyu 300 mm olan silindir numunelerin eksenel basınç altındaki dayanımı olarak tanımlanır. Gerilme cinsinden ifade edilen dayanım, kırılma yükünün, silindir alanına bölünmesi ile elde edilir. Beton sınıfları beton (concrete) kelimesinin baş harfi olan "C" ile ifade edilir. Örneğin C20/25, 28 günlük karakteristik silindir basınç dayanımı 20 MPa yani 200 kgf/cm² olan betondur. Bu durumda, projede kullanılan beton C40/50 sınıfındadır.

Bu veriler ışığında, T1 tünelinin yeraldığı litolojik birimin (Trk) malzeme özellikleri Şekil 4.22’de görülebilmektedir. Sonrasında Phase2 programı ile yapılan analiz sonucunda elde edilen olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri de Şekil 4.23’de verilmiştir. Olası mutlak düşey yer değiştirme Şekil 4.24’de, yatay yer değiştirme Şekil 4.25’de, sigma1 değerleri Şekil 4.26’da ve sigma3 değerleri de Şekil 4.27’de sunulmuştur.

Çizelge 4.9. Beton türleri ve mühendislik özellikleri

Beton Sınıfı	Silindir Basınç Dayanımı (MPa)	Küp Basınç Dayanımı (MPa)	Eksenel Çekme Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)
C16/20	16.0	20.0	1.4	27000
C18/22	18.0	22.0	1.5	27500
C20/25	20.0	25.0	1.6	28000
C25/30	25.0	30.0	1.8	30000
C30/37	30.0	37.0	1.9	32000
C35/45	35.0	45.0	2.1	33000
C40/50	40.0	50.0	2.2	34000
C45/55	45.0	55.0	2.3	36000
C50/60	50.0	60.0	2.5	37000

Define Liner Properties

Fiber Reinforced Concrete

Name: Fiber Reinforced Concrete Color:

Liner Type: Reinforced Concrete

☒ Reinforcement

Common Types Common Types

Spacing (m): 0.6

Section Depth (m): 0.162

Area (m²): 0.00474

Moment of Inertia (m⁴): 2.22e-005

Young's Modulus (MPa): 200000

Poisson Ratio: 0.25

Compressive Strength (MPa): 400

Tensile Strength (MPa): 400

Weight (kg/m): 37.1

☐ Stage Concrete Properties

Define Factors...

☒ Concrete

Thickness (m): 0.2

Young's Modulus (MPa): 30000

Poisson Ratio: 0.15

Compressive Strength (MPa): 40

Tensile Strength (MPa): 3

Unit Weight (MN/m³): 0.024

Material Type: ☒ Elastic ☐ Plastic

☐ Include Weight in Analysis

☐ Sliding Gap

Strain at Locking: 5 %

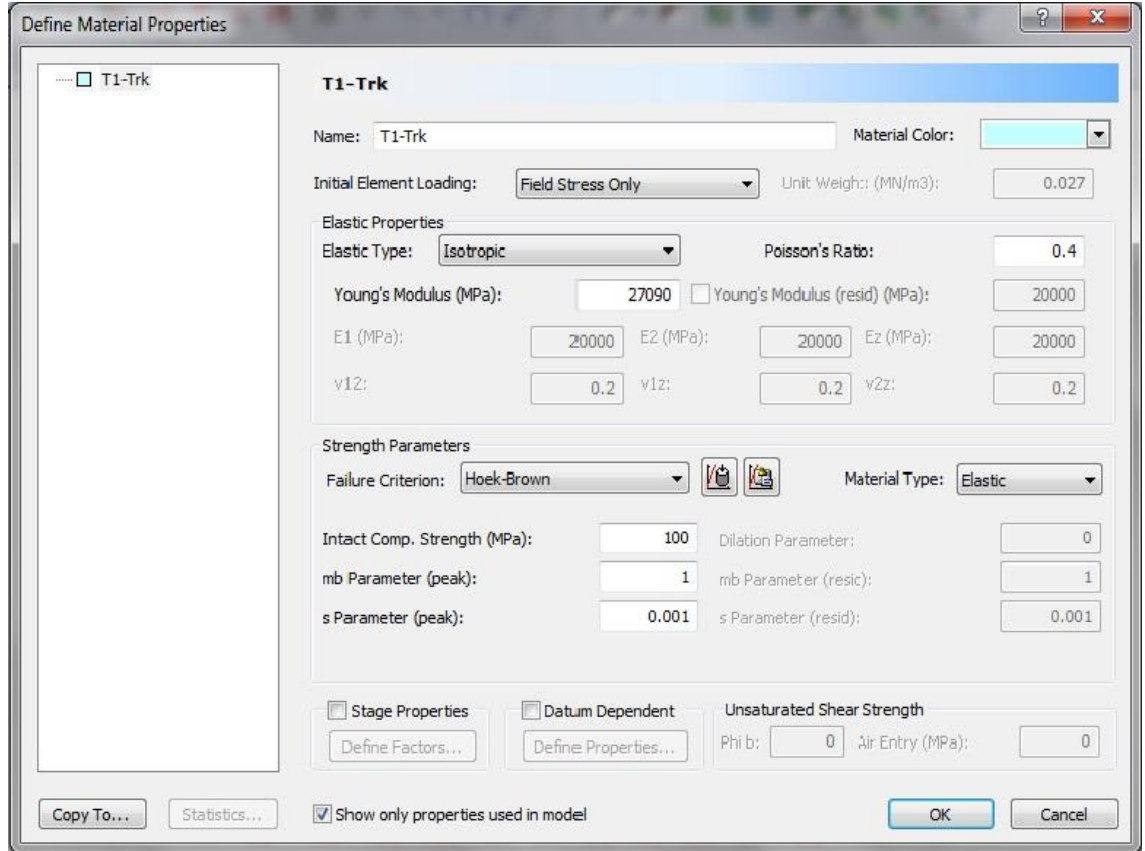
Beam Element Formulation: Timoshenko

Copy To...

☒ Show only properties used in model

OK Cancel

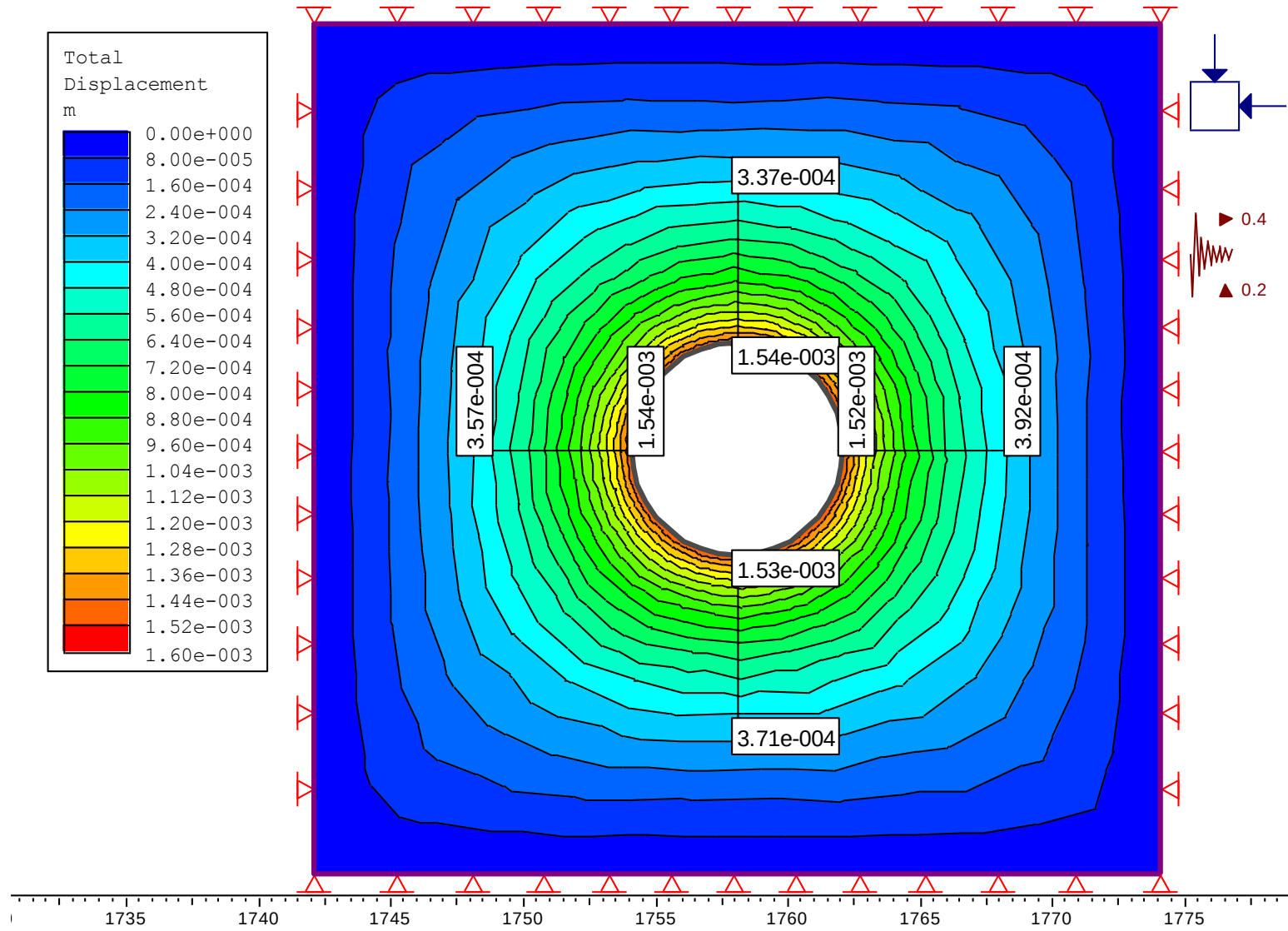
Şekil 4.21. Proje kapsamında kullanılan fiber donatılı betonun özellikleri



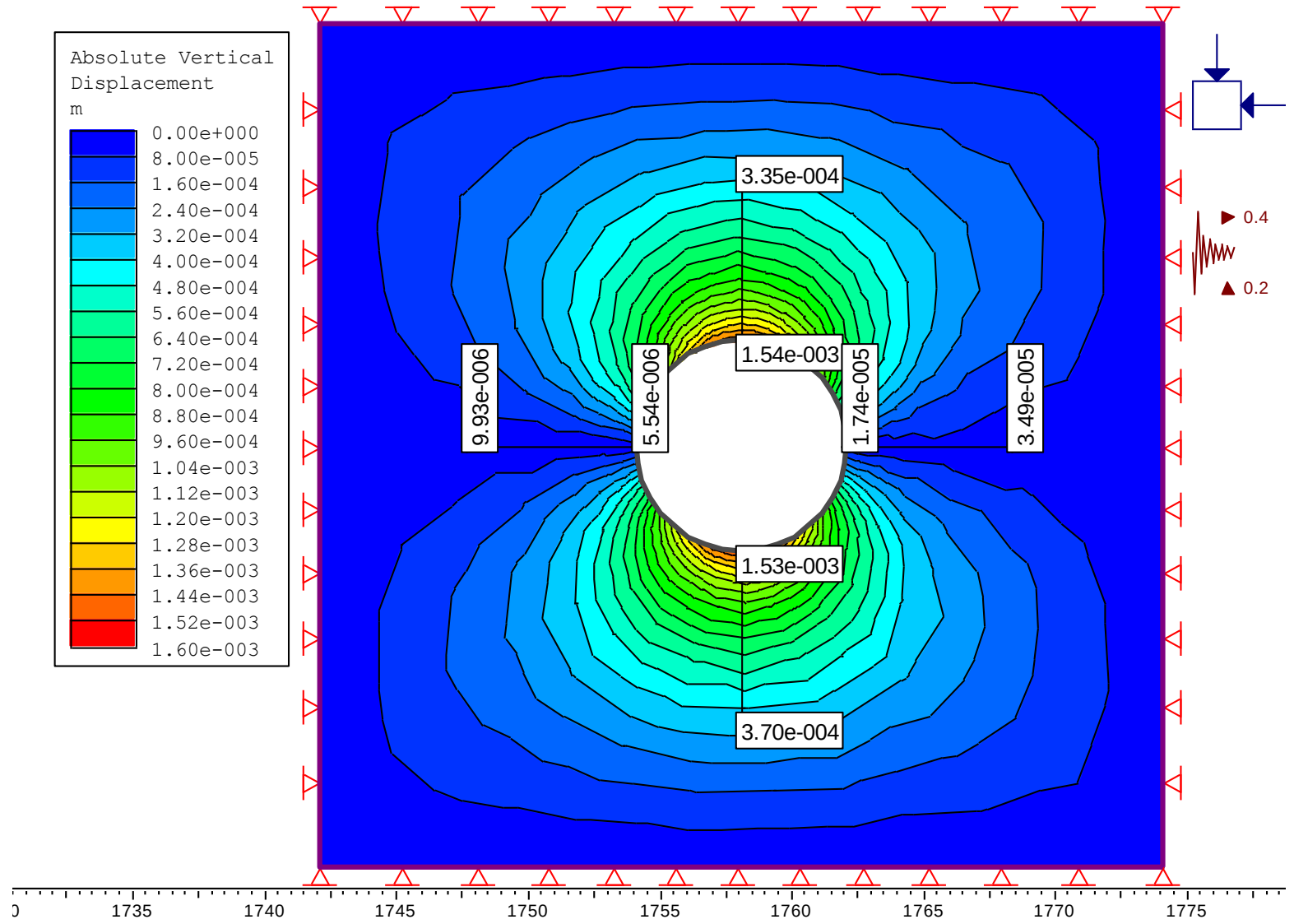
Şekil 4.22. Tünel 1'in yerdeğiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri

4.3.3.1.3 Km 39+346 – 116+265

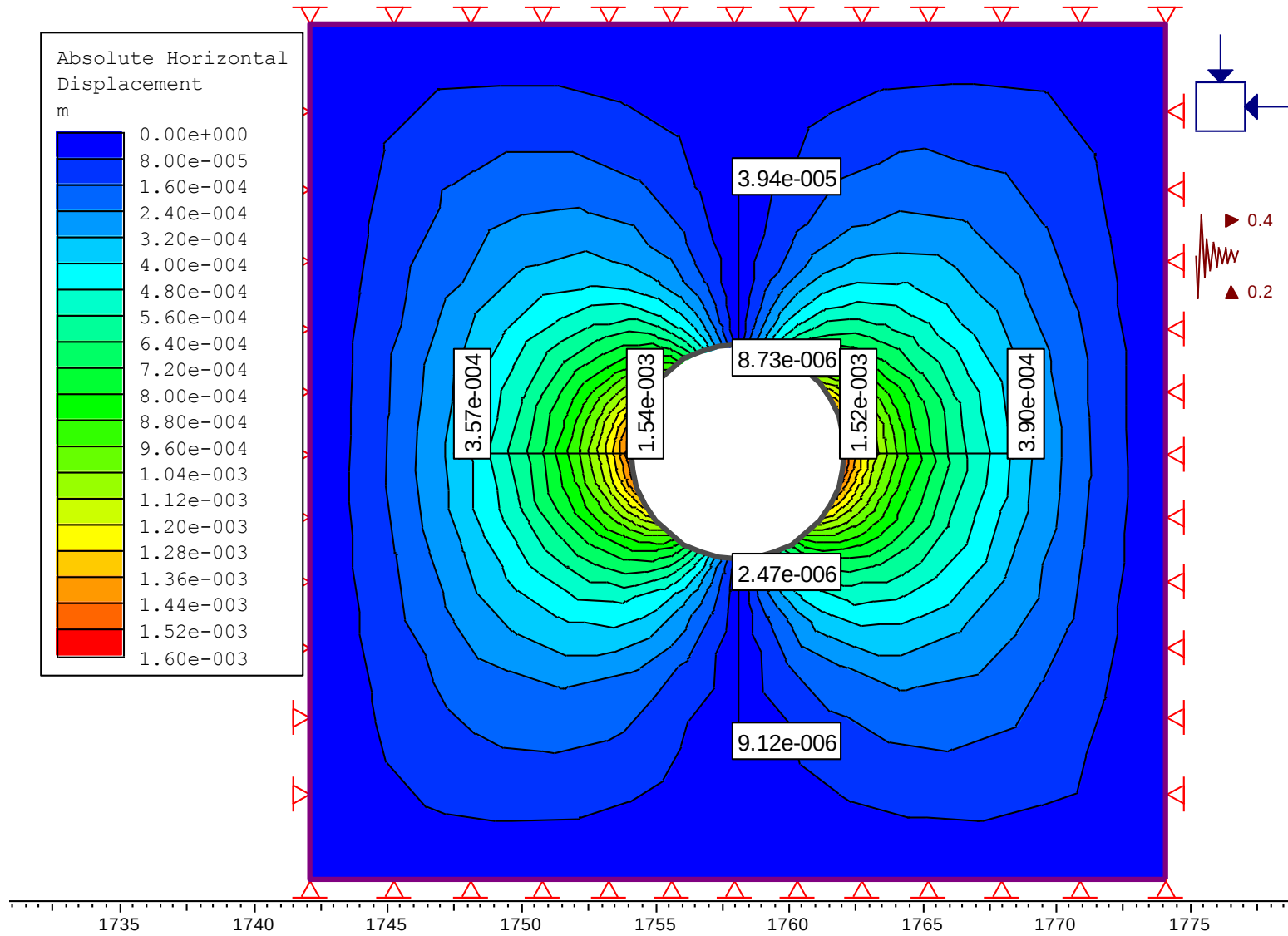
39+346 – 112+000 arası yumuşak bir morfolojiye sahiptir. Bu alanda temel olarak Miyosen yaşlı tortullar (Mit) ile güncel çökeller (Qg) gözlenmiştir. Alüvyonun ayırtılamadığı yerlerde Qa-Qg olarak sınıflandırılmıştır. Ek II'de görüldüğü gibi, genellikle yarma ya da aç-kapa tünelleri Miyosen yaşlı tortullara denk gelirken, köprü ve viyadükler güncel çökellerde yer almaktadır. Km 46+500 – 48+590 arasında uzunluğu 2090 m. ve derinliği 36 m. olan kısımda aç-kapa tünel uygun olacaktır. Bunun dışında kalan kesimlerdeki yükseltiler açık yarma olarak planlanmıştır. Bu çalışmada yüksekliği 20 m ve daha yukarda olan köprüler viyadük olarak tanımlanmıştır. 1253 m uzunluğunda ve 21 m yüksekliğindeki ilk viyadük Km 42+196 – 43+449 arasında yer almaktadır. Bu kesim ağırlıklı olarak güncel çökellerden oluşmuştur. Km 112+00 – 116+265 arasındaki yarmalar ise Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları içerisinde açılacaktır.



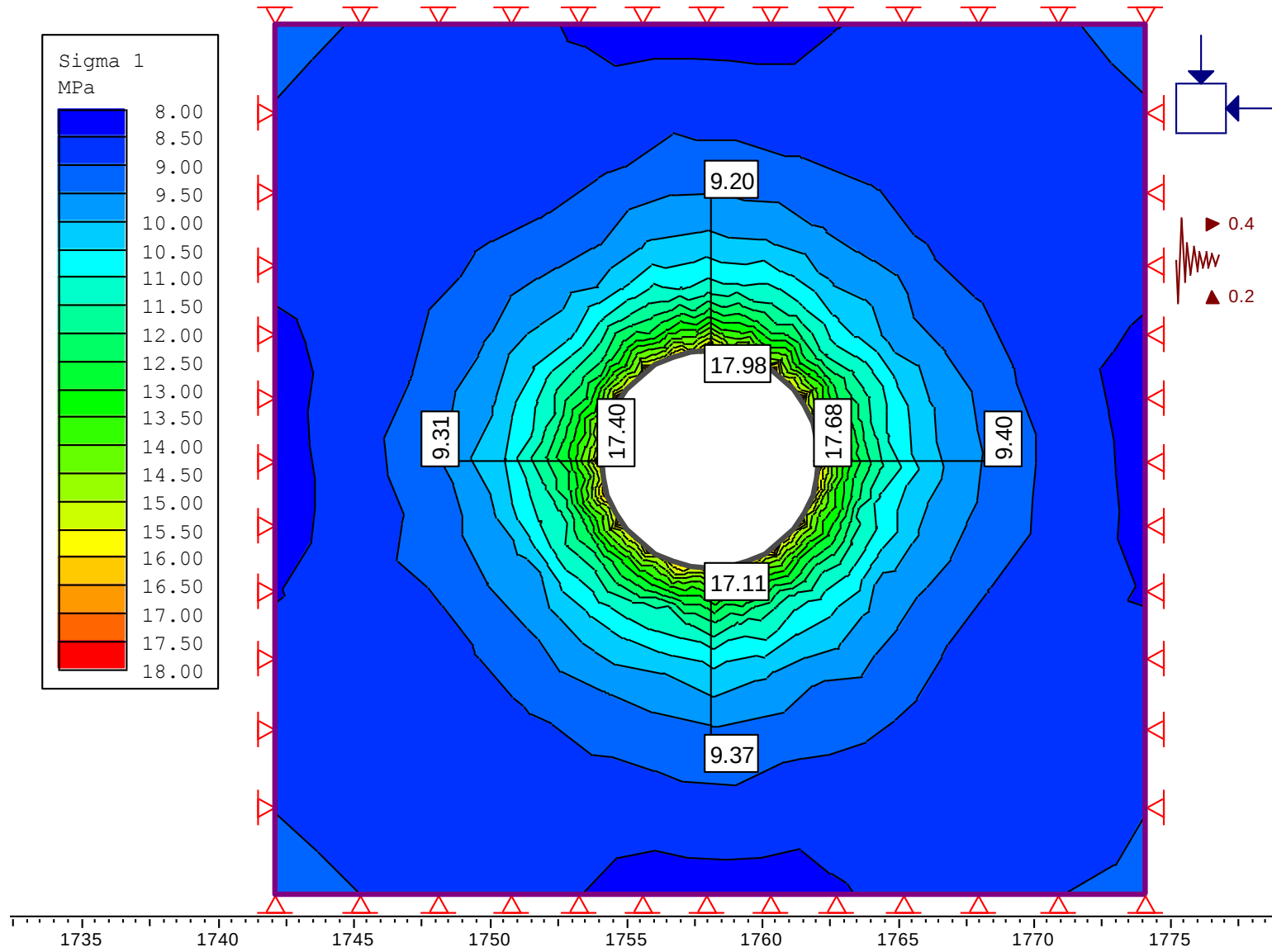
Şekil 4.23. Tünel 1’de A2 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları



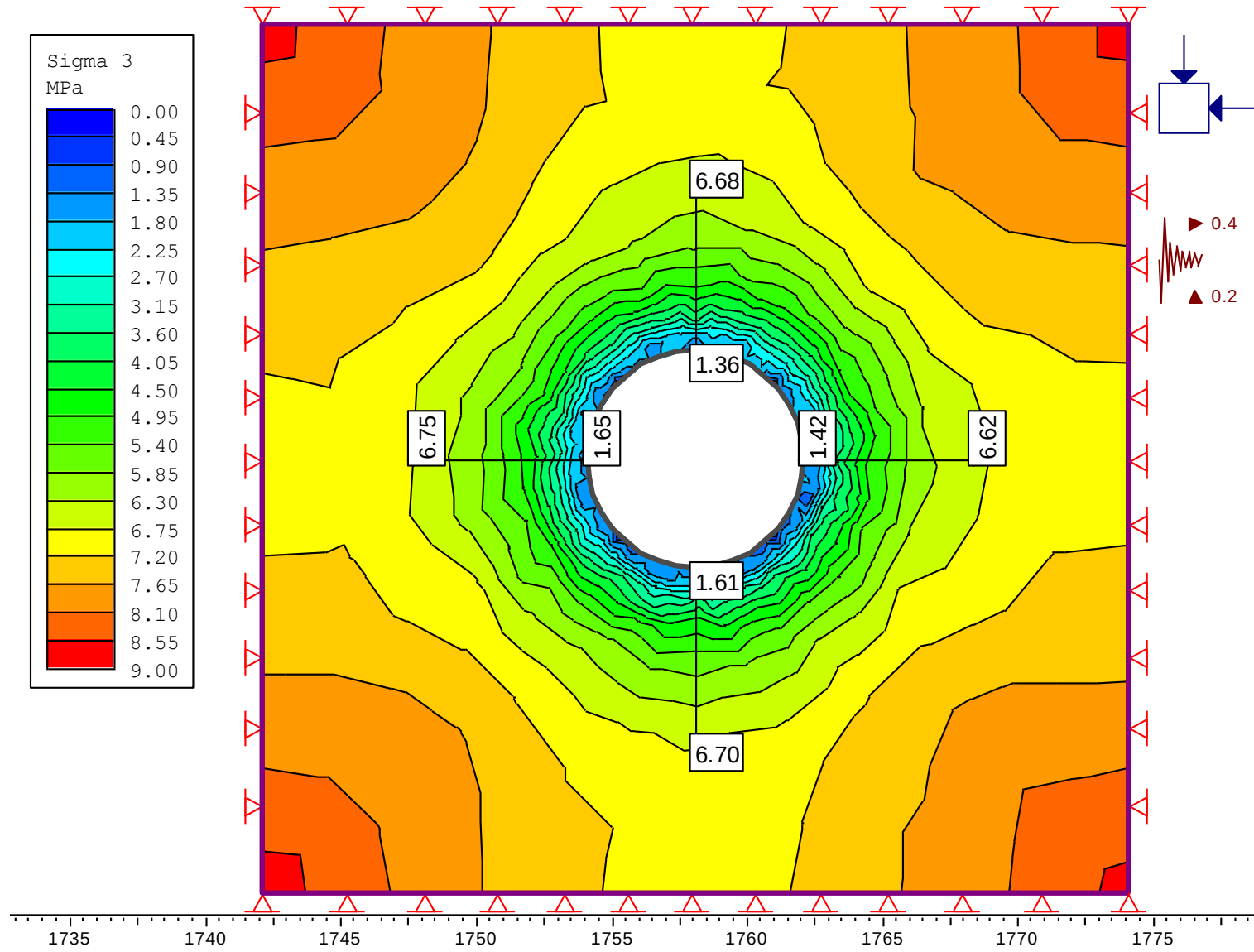
Şekil 4.24. Tünel 1’de A2 kaya destek sınıfında oluşacak düşey yer değiştirme miktarları



Şekil 4.25. Tünel 1’de A2 kaya destek sınıfında oluşacak yatay yer değiştirme miktarları



Şekil 4.26. Tünel 1’de A2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 1 değerleri



Şekil 4.27. Tünel 1’de A2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 3 değerleri

Köprülerde en çok göz önünde tutulacak konu taşıma gücü ve oturmalarıdır. Temel kazı yamaçlarının duraylılığı da ikinci derecede önem taşımaktadır. Bu bağlamda kaynakçada sunulan kaynaklardan (Hunt 1986, ASCE 1995, Craig 2004) da yararlanılmış ve belirli kümelerle ayrılarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.10). Yataklanma katsayısı yüksek kaya zeminlerden geçilmeye özen gösterilmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.10. Taşıma gücü ve oturmalar açısından sınıflandırma

Sınıfı	Açıklama
1	Çok sorunlu olup kazıklı (derin) temel zorunludur.
2	Sorunludur. Taban suyu yüzeye yakın veya yüzeyde olup derin temel gereklidir.
3	Az sorunludur. Sorunlar noktasal ölçektedir. Noktasal iyileştirmelerle yüzeysel temel yeterlidir.
4	Sorunsuzdur. Yüzeysel temel uygundur.
5	Taşıma gücü ve/veya oturmalar ile kazı yamaç duraylılığı açısından hiçbir sorun taşımamaktadır. Yüzeysel temel önerilir.

Çizelge 4.11. Yataklanma açısından da kayanın toprak zemine üstünlüğü

Zemin türü	Yataklanma Katsayısı (ks), t/m ³		
Gevşek kum	1000	-	2000
Orta sıkı kum	2000	-	5000
Sıkı kum	5000	-	10000
Sıkı kumlu çakıl	10000	-	15000
Yumuşak kil	500	-	1000
Katı kil	1000	-	1500
Sert kil	1500	-	3000
En zayıf kaya	>>50000		
$ks = q/\Delta H$ or $q = ks.\Delta H$, $q(t/m^2)$, $\Delta H (m)$, $ks (t/m^3)$ $ks = kp.Bt$ $ks = kp.(Bt+Bp)^2/2Bt$			

Ana ilke; temel, kaya üzerine oturuyorsa taşıma gücü sorunu olmayacağı, oturmalar az da olsa yapım sırasında tamamının alınacağı bilinmektedir. Bu bağlamda uluslararası kabüllere aşağıda değinilmiştir.

Çizelge 4.12’de kaya ve toprak türlerinin emniyetli taşıma gücü sunulmuştur (Bieniawski, 1989). Buna göre Kuşak I-IV’ün izin verilir (emniyetli) taşıma gücü (q_a , kN/m^2) sırasıyla; 600, 1000, 2000 ve 4000 olarak alınabilir.

Çizelge 4.12. Kaya ve toprak türlerine göre emniyetli taşıma gücü (Craig 2004)

ZEMİN TANIMLAMASI	ŞİKAGO 1995	ULUSAL YANGIN SİGORTALARI KOMİSYONU 1976	BOCA 1993	TEK DÜZENLİ BİNA YÖNETMELİĞİ 1991
Kil, çok yumuşak	25			100
Kil, yumuşak	75	100	100	100
Kil, olağan	125			
Kil, orta sıkı	175	100		
Kil, sıkı	210		140	200
Kum, kompakt ve temiz	300			
Kum, kompakt ve siltsi	240	140-400	140	
İnorganik Silt, kompakt	100			
Kum, gevşek ve ince	125		140	210
Kum, gevşek ve kahr, ya da kum çakıl karışımı, ya da kompakt ve ince			240	300
Çakıl, gevşek ve kompakt iri daneli kum	300		240	300
Kum-çakıl, kompakt			240	300
Sert kil tabakası, çimentolanmış kum, kahr kum	600	950	340	
Yumuşak kaya				
Sedimenter tabakalı kaya (sert şeyl, kumtaşı, silttaşı) > > > > > >			6000	1400
Ana kaya	9600	9600	6000	9600
Not: Değerler kPa 'a dönüştürülmüş ve yuvarlatılmıştır.				

Birçok şehirde bölgesel yapı yönetmeliği zemin tasarımlarında kullanmak için izin verilen zemin basıncı değerlerini öngörmektedir. Bu değerler genellikle yılların deneyimine dayanmaktadır, buna karşın bazı durumlarda tamamen başka bir şehrin yapı yönetmeliğini kullanırlar. Bu gibi değerler mühendislik ve yapı inşaatı kitaplarından da kullanılır. Bu isteğe bağlı zemin basıncı değerleri sıkça “varsayıma dayanan basınç” olarak adlandırılır.

Şuan çoğu yapı yönetmeliği; laboratuvar testi ve mühendislik değerlendirmeleri alternatif değerleri kullanmayı doğrularsa diğer zemin basınçlarını kabul edilebilir olarak öngörmektedir. Varsayıma dayanan basınçlar görsel zemin sınıflamalarını esas almaktadır.

Çizelge 4.13 temsili yapı yönetmeliği basınç değerlerini göstermektedir. Bu değerler öncelikle tanımlama amaçlıdır, genellikle hepsini bunun içinde kabul etmektedir ancak ikincil yapı bazı zemin araştırmalarının üstlenilmesini öngörmektedir.

Varsayımsal zemin basınçlarını kullanmadaki asıl sorun taban derinliğini, taban boyutunu, yeraltısu seviyesi yerini ya da potansiyel oturmayı yansıtmamaktadır. Kohezyonlu zeminlerin drenajsız kesme mukavemeti de Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Temsili yapı yönetmeliği basınç değerleri (Craig 2004)

q_a (kPa)	
Kaya (Temelden ayrılmamış kayaya inen yaklaşık değerler baz alınmıştır.)	
Sert magmatik ve Gnayssı	10.000
Sert kumtaşı ve kireçtaşı	4.000
Şist ve kayrak taşı	3.000
Sert şeyl ve çamurtaşı, yumuşak kumtaşı	2.000
Yumuşak şeyl ve çamurtaşı	1.000-600
Sert çalk ve yumuşak kireçtaşı	600
Kohezyonsuz Zeminler (Zemin batıksa değer ikiye bölünüştür.)	
Sıkı çakıl, kum ve çakıl	>600
Orta sıkı çakıl ya da kum ve çakıl	600-200
Gevşek çakıl ya da kum ve çakıl	<200
Sıkı kum	>300
Orta sıkı kum	300-100
Gevşek kum	<100
Kohezyonlu Zeminler (Uzun süre duyarlı konsolidasyon oturmaları.)	
Çok sıkı sürüntü kili ve sert kil	600-300
Sıkı kil	300-150
Tok kil	150-75
Gevşek kil ve silt	<75
Çok gevşek kil ve silt	Uygun Değil

Çizelge 4.14. Kohezyonlu zeminlerin drenajsız kesme mukavemeti (Craig 2004)

SÜREKLİLİK	C _u (kPa)	ARAZİ DAVRANIŞI
Sert	>300	Kırılgan
Çok sıkı	300-150	Kırılgan ya da çok sert
Sıkı	150-75	Elle kırılmaz
Tok	75-40	Elle kırılabilir
Gevşek	40-20	Elle kolayca dağılabilir
Çok gevşek	<20	Elle sıkıldığında akar

4.3.3.1.4 Km 116+265 – 117+679 (Tünel 2)

Uzunluğu 1414 m. ve ortalama derinliği 81 m. olan ikinci tünel de Triyas yerleşim yaşlı karmaşık (Trk) içerisinde açılacaktır.

Bu tünel için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek VI'da sunulmuştur. Görüldüğü gibi, kaya kütle değeri (Q) 5.4 ve NATM kazı sınıfı B1 olarak belirlenmiştir. RMR kaya sınıfı değeri 59.2 olarak bulunmuştur. Elastisite modülü 16.96 GPa olarak bulunmuştur.

Bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri ve olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile sigma₁ ve sigma₃ değerleri de Ek VI'da sunulmuştur.

4.3.3.1.5 Km 117+679 – 146+621

Bu kesimde güncel birimlerin yanı sıra Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalar da gözlenmektedir. Km 118+460 – 118+900 arasında 440 m. uzunluğunda ve 50 m. derinliğinde aç-kapa tüneli yer almaktadır. Bunun yanı sıra, bu kesimde derinliği 12 ve 31 m olan yarmalar da yer almaktadır.

Km 118+460 - 118+900 arasında 31 m derinlik ve 440 m uzunluğa sahip, Trkk da açılan yarma için yapılan süreksizlik ölçümleri Çizelge 4.15'de verilmiştir. Bu kesimdeki şevin eğim/eğim yönü 63/180 ve 63/360 olarak belirlenmiş ve her iki yamaç için ayrı ayrı analiz yapılmıştır (Şekil 4.28 ve Şekil 4.29).

Arazinin eğimin yüksek olması nedeniyle eğim en fazla 63° (2:1) alınmıştır; aksi takdirde yüzeyde iyileştirmeler yapmak gerekecektir. İçsel sürtünme açısı ise 32 (Φ,°).

Şekillerden de anlaşılacağı üzere; her iki yamaçta da düzlemsel ya da kama tipi yenilme beklemezken, devrilme tipi yenilmeler olasıdır. Bu durumda noktasal iyileştirmeler yapılarak, bu kesimler sorunsuzca geçilebilecektir. Bu kesimdeki köprülerin yüksekliği 18 metreyi geçmemektedir.

4.3.3.2 Alanya – Taşucu

4.3.3.2.1 Km 146+621 – 148+716 (Tünel 3)

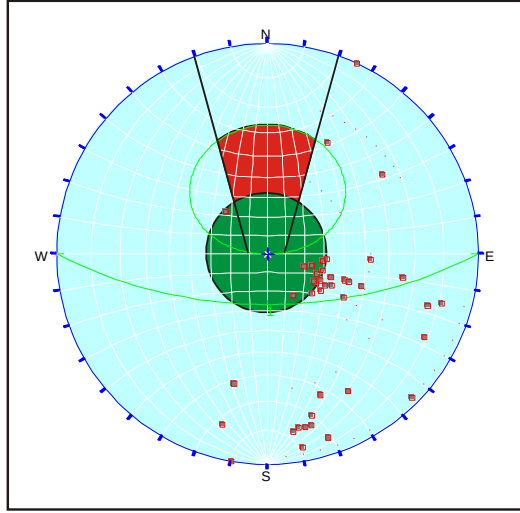
Alanya-Taşucu kesimindeki ilk tünel olan T3 Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalar (Trkb) içerisinde açılacaktır. Bu tünelin uzunluğu 2095 m. ve ortalama derinliği 66 m.'dir.

Bu tünel için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek VII'de sunulmuştur. Kaya kütle değeri (Q) 1.444 ve NATM kazı sınıfı B2 olarak belirlenmiştir. RMR kaya sınıfı değeri 47.3 olarak bulunmuştur. Elastisite modülü 8.57 GPa olarak bulunmuştur.

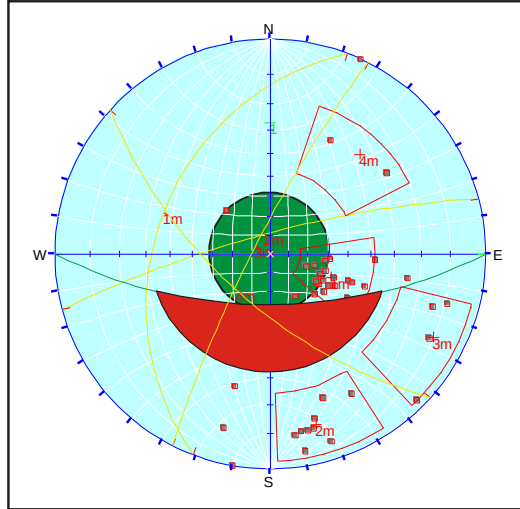
Tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değişirgeleri de, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri de, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile sigma1 ve sigma3 değerleri yine Ek VII'de sunulmuştur.

Çizelge 4.15. Trkk’da açılan yarma için yapılan süreksizlik ölçümleri

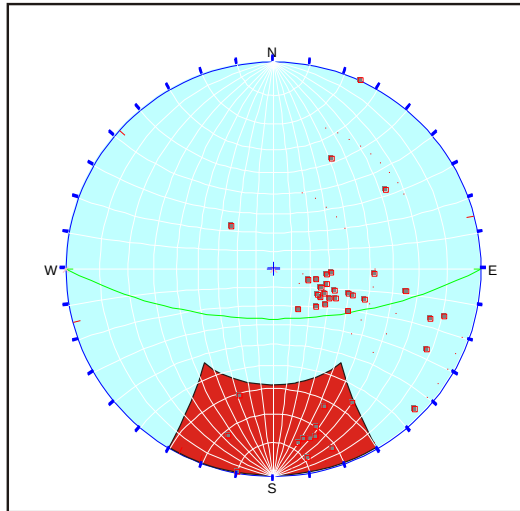
LOKASYON TANIMLAMASI	ARAZİ ÖLÇÜMÜ	EĞİM/EĞİM YÖNÜ
KM 118+460 - 118+900 arasında 31 m derinlik ve 440 m uzunluğa sahip Trkk'da açılan yarma alanında yapılan süreksizlik ölçümleri.	K45D/32GD	32/135
	K20D/35KB	35/290
	K30D/45KB	45/300
	K60D/26KB	26/330
	K32D/30KB	30/302
	K19D/42KB	42/289
	K28D/20KB	20/298
	K26D/37KB	37/296
	K29D/34KB	34/299
	K42D/31KB	31/312
	K15D/24KB	24/285
	K31D/28KB	28/301
	K27D/31KB	31/297
	K17D/30KB	30/287
	K22D/28KB	28/292
	K19D/44KB	44/289
	K05D/31KB	31/275
	K70D/71KB	71/340
	K78D/80KB	80/348
	K35B/67GB	67/235
	K72D/85KB	85/342
	K62B/62GB	62/208
	K03D/52KB	52/273
	K10D/66KB	66/280
	K75B/65KD	65/015
	K65B/90KB	90/205
	K16D/81KB	81/286
	K76D/80KB	80/346
	K75D/77KB	77/345
	K80B/90KD	90/010
	K80D/80KB	80/350
	K18D/77KB	77/288
	K28D/80KB	80/298
	K19D/50KB	50/289
	K35D/34KB	34/305
	K82D/81KB	81/352
	K45B/88KD	88/315
	K80D/86KB	86/350
	K75D/80KD	80/015
	K60D/74KB	74/330
	K07D/29KB	29/277



Düzlemsel Tipi Yenilme

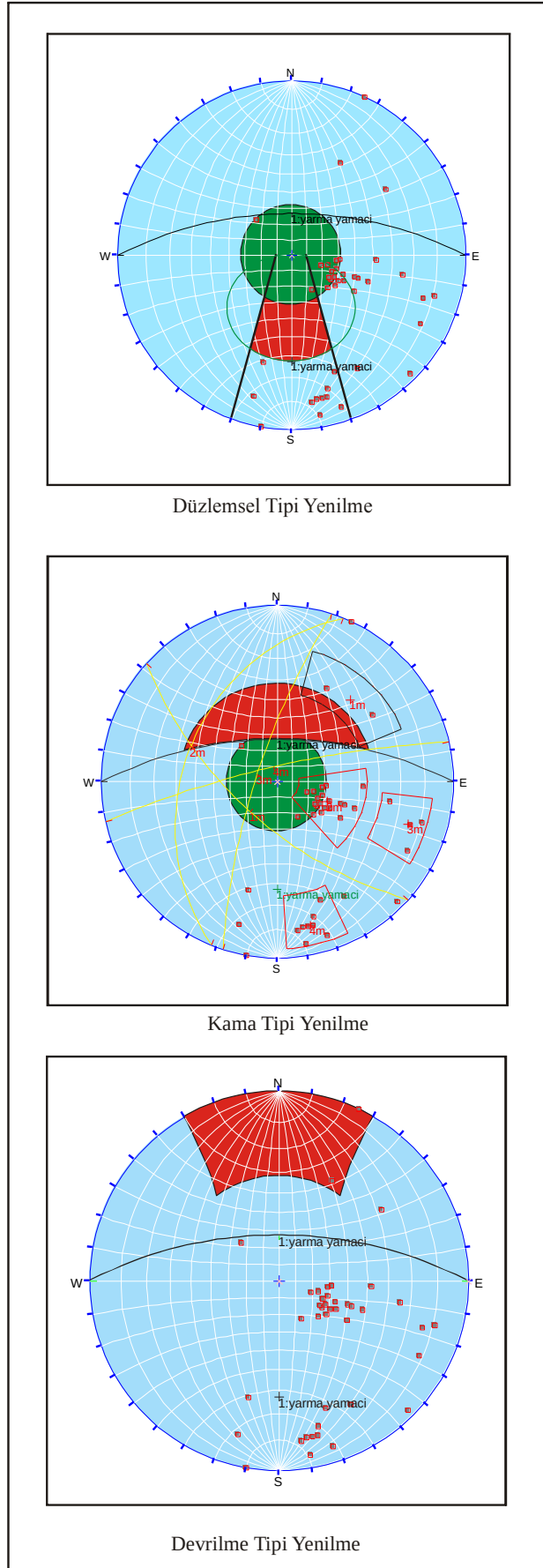


Kama Tipi Yenilme



Devrilme Tipi Yenilme

Şekil 4.28. Km 118+460 - 118+900 arasındaki yarma duraylılık analizi (63/180)



Şekil 4.29. Km 118+460 - 118+900 arasındaki yarma duraylılık analizi (63/360)

4.3.3.2.2 Km 148+716 – 158+914

Bu kesimde güncel birimler gözlenmeyip sağırlıklı olarak Triyas yerleşim yaşlı karmaşığın başkalaşım kayalarları (Trkb) yüzlek vermektedir. Km 156+800 – 158+000 arasında 1200 m. uzunluk ve 44 m. derinliğe sahip aç-kapa tünel ile Km 158+000 – 158+914 kesimlerinde 914 m. uzunluğa ve 29 m. yüksekliğe sahip 2. viyadük dikkat çekmektedir.

4.3.3.2.3 Km 158+914 – 159+451 (Tünel 4)

Yine Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb) içerisinde açılacak olan bu tünelin uzunluğu 537 m. ve ortalama derinliği 58 m'dir. Kaya kütle değeri (Q) 10.125 ve NATM kazı sınıfı A2 olarak belirlenmiştir. RMR kaya sınıfı değeri 64.8, elastisite modülü ise 23.49 GPa olarak bulunmuştur. Bu tünel için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değeri ve sonuçları ile öneri destek sistemi, tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değıştirgeleri, olası toplam yer değıştirme (deplasman) değeri, olası mutlak düşey ve yatay yer değıştirme ile sigma1 ve sigma3 değeri Ek VIII'de sunulmuştur.

4.3.3.2.4 Km 159+451 – 163+187

Bu kesimde 3736 m. uzunluğunda ve 9 m. yüksekliğinde köprü yer almaktadır. Köprü ayakları, burada yer alan güncel çökellerin sığ olması nedeniyle, Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb) üzerine oturtulacaktır.

4.3.3.2.5 Km 163+187 – 163+819 (Tünel 5)

T5 tünelinin uzunluğu 632 m. ve ortalama derinliği 82 m.'dir. Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb) içerisinde açılacaktır. Ek IX'da bu tünel için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değeri ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değıştirgeleri, olası toplam yer değıştirme (deplasman) değeri, olası mutlak düşey ve yatay yer değıştirme ile sigma1 ve sigma3 değeri verilmiştir. Kaya kütle değeri (Q) 13.185, NATM kazı sınıfı A2 ve RMR kaya sınıfı değeri 67.2 olarak bulunmuştur. Elastisite modülü 26.93 GPa olarak bulunmuştur.

4.3.3.2.6 Km 163+819 – 177+839

Bu kilometreler arasında ağırlıklı olarak Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb) temeli oluşturmaktadır. Ancak ovalık kesimlerde sıkı olmakla birlikte güncel birimler de yer almaktadır ve köprü ayakları ana kayaya yerleştirileceğinden herhangi bir jeoteknik sorun beklenmemektedir. Bu kesimde 14020 m. uzunluğunda ve 11 m. yüksekliğinde köprü ile geçilecektir.

4.3.3.2.7 Km 177+839 – 179+709 (Tünel 6)

Uzunluğu 1870 m. ve ortalama derinliği 123 m.'dir. Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb) içerisinde açılacaktır. Bu tünel için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değeri ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek X'da sunulmuştur. Kaya kütle değeri (Q) 1.500, NATM kazı sınıfı B2 ve RMR kaya sınıfı değeri ise 47.6 olarak kaydedilmiştir. Elastisite modülü 8.73 GPa olarak belirlenmiştir.

Bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değişimlerini, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerlerini, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerlerini de aynı ekte görmek mümkündür.

4.3.3.2.8 Km 179+709 – 185+775

Bu kesimde geçkinin tümünde Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb) yüzlek vermektedir. Burada uzunlukları 2091 m. ve 2575 m., yükseklikleri sırasıyla 19 m. ve 14 m. olan iki köprü yer almaktadır. Bunların bağlantılarını da 1400 m. uzunluğa ve 13 m. derinliğe sahip olan açık yarma sağlamaktadır.

4.3.3.2.9 Km 185+775 – 195+634 (Tünel 7)

Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb) içerisinde açılacak olan bu tünelin de uzunluğu 9859 m. ve ortalama derinliği 562 m.'dir. Yapılan çalışmalar sonucunda; kaya kütle değeri (Q) 1.988 ve NATM kazı sınıfı B2 olarak belirlenmiştir. Bunun yanısıra RMR kaya sınıfı değeri 50.2 ve elastisite modülü 10.11 GPa olarak bulunmuştur.

Bu tünel için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değeri ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek XI'de sunulmuştur. Devamında da, tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değişimleri verilmiştir. Ayrıca; olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri de eklenmiştir.

4.3.3.2.10 Km 195+634 – 197+868

Bu kesimde derin bir vadi kesilmektedir ve vadinin tabanını Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayaları (Trkb) oluşturmaktadır. Uzunluğu 2234 m. ve yüksekliği 44 m. olan 3. viyadük yer almaktadır.

4.3.3.2.11 Km 197+868 – 209+884 (Tünel 8)

Geçkideki en uzun ve en derin tünel olan T8'in uzunluğu 12016 m. ve derinliği 801 m.'dir. Bu tünel de Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayaları (Trkb) içerisinde açılacaktır. T8 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek XII'de sunulmuştur. Ek XII'den de görüldüğü gibi, kaya kütle değeri (Q) 2.000, NATM kazı sınıfı B2, RMR kaya sınıfı değeri ise 50.2 olarak belirlenmiştir. Elastisite modülü 10.14 GPa olarak bulunmuştur.

Aynı ekte, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve deştiirgelerinin yanısıra, olası toplam yer deştiirme (deplasman) değeri, olası mutlak düşey ve yatay yer deştiirme ile sigma1 ve sigma3 değeri de sunulmuştur.

4.3.3.2.12 Km 209+884 – 212+503

Geçki aynı birimde (Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayaları, Trkb) devam etmektedir. Burada uzunluğu 2619 m. ve yüksekliği 6 m. olan köprü yer almaktadır.

4.3.3.2.13 Km 212-503 – 213+037 (Tünel 9)

Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayaları (Trkb) içerisinde açılacak olan bu tünelin uzunluğu 534 m. ve ortalama derinliği 120 m.'dir. T9 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek XIII'de sunulmuştur. Devamında tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve deştiirgeleri, olası toplam yer deştiirme (deplasman) değeri, olası mutlak düşey ve yatay yer deştiirme ile sigma1 ve sigma3 değeri de verilmiştir.

Kaya kütle değeri (Q) 10.750 ve NATM kazı sınıfı A2 olarak belirlenmiştir. RMR kaya sınıfı değeri 65.4, elastisite modülü ise 24.23 GPa olarak bulunmuştur.

4.3.3.2.14 Km 213+037 – 215+926

Geçki Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayaçları (Trkb) devam etmektedir. Burada uzunluğu 2889 m. ve yüksekliği 22 m. olan 4. viyadük yer almaktadır.

4.3.3.2.15 Km 215+926 – 217+035 (Tünel 10)

Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayaçları (Trkb) içerisinde açılacak olan bu tünelin uzunluğu 1109 m. ve ortalama derinliği 97 m.'dir. T10 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek XIV'de sunulmuştur. Ekden de görüldüğü gibi, kaya kütle değeri (Q) 1.125 ve NATM kazı sınıfı B2 olarak belirlenmiştir. RMR kaya sınıfı değeri 45.1 olarak bulunmuştur. Elastisite modülü de 7.52 GPa olarak tespit edilmiştir.

Ek XIV'de bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve deştiirgeleri ile olası toplam yer deştiirme (deplasman) değeri, olası mutlak düşey ve yatay yer deştiirme ile sigma1 ve sigma3 değeri de sunulmuştur.

4.3.3.2.16 Km 217+035 – 217+535

500 m. uzunluğa sahip olan 5. viyadüğün yüksekliği 40 metredir. Ayakları bölgede geniş yüzlek veren Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayaçlarına (Trkb) yerleştirilecektir.

4.3.3.2.17 Km 217+535 – 220+534 (Tünel 11)

T11 tüneli de Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayaçları (Trkb) içerisinde açılacaktır. Bu tünelin uzunluğu 2999 m. ve ortalama derinliği 525 m.'dir. T11 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek XV'de sunulmuştur. Ekteki çizelgeden de görüldüğü gibi, kaya kütle değeri (Q) 1.875 ve NATM kazı sınıfı B2, RMR kaya sınıfı değeri ise 49.7 olarak bulunmuştur. Elastisite modülü 9.80 GPa olarak belirlenmiştir.

Tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve deştiirgeleri, olası toplam yer deştiirme (deplasman), olası mutlak düşey ve yatay yer deştiirme ile sigma1 ve sigma3 değeri de ekte sunulmuştur.

4.3.3.2.18 Km 220+534 – 224+611

Orta bölümünde oldukça sık yarmanın yer aldığı bu köprünün uzunluğu 4077 m. ve yüksekliği 9 m. olarak belirlenmiştir. Geçki alanında yine Triyas yerleşim yaşı başkalaşım kayalarına (Trkb) yüzeylemektedir.

4.3.3.2.19 Km 224+611 – 229+822 (Tünel 12)

T12 tünelinin uzunluğu 5211 m. ve ortalama derinliği 716 m.'dir. Bu tünel de Triyas yerleşim yaşı başkalaşım kayaları (Trkb) içerisinde açılacaktır. Yapılan analizler sonucunda, kaya kütle değeri (Q) 6.167, RMR kaya sınıfı değeri 60.4 ve NATM kazı sınıfı B1 olarak belirlenmiştir. Elastisite modülü 18.17 GPa olarak bulunmuştur.

T12 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek XVI'da sunulmuştur. Bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değişirgeleri de eklenmiştir. Ayrıca olası toplam yer değiştirme (deplasman), olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile sigma1 ve sigma3 değerleri de ekte görülebilmektedir.

4.3.3.2.20 Km 229+822 – 255+842

Bu kesimde yer alan sanat yapılarının lokasyonları, geçtiği birimler, uzunlukları, derinlik ve ya yükseklikleri aşağıda verilmiştir:

Viyadükler:

229+822 – 234+400	Qg	4578 m.	49 m. (6. Viyadük)
236+600 – 239+750	Pat	3150 m.	27 m. (7. Viyadük)
240+840 – 243+400	Qg, Pat, Eot	2560 m.	26 m. (8. Viyadük)
244+450 – 248+400	Pat, Qg	3950 m.	35 m. (9. Viyadük)
252+300 – 255+842	Trkb, Qg	3542 m.	45 m. (10. Viyadük)

Açık yarmalar:

234+400 – 236+600	Pat	2200 m.	27 m.
239+750 – 240+840	Pat	1090 m.	29 m.

Aç-kapa tüneller:

243+400 – 244+450	Pat	1050 m.	42 m.
248+400 – 252+300	Pat, Trkb	3900 m.	40 m.

4.3.3.2.21 Km 255+842 – 260+621 (Tünel 13)

T13 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek XVII’de sunulmuştur. Ekteki çizelgeden de görüldüğü gibi, kaya kütle değeri (Q) 1.975 ve NATM kazı sınıfı B2 olarak belirlenmiştir. RMR kaya sınıfı değeri 50.1 olarak bulunmuştur. Elastisite modülü 10.07 GPa olarak tespit edilmiştir.

T13 tünelinin uzunluğu 4779 m. ve ortalama derinliği 276 m.’dir. Bu tünel de Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb) içerisinde açılacaktır.

Bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değişirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman), olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile sigma1 ve sigma3 değerleri de ekte sunulmuştur.

4.3.3.2.22 Km 260+621 – 265+558

Uzunluğu 4937 m. ve ortalama yüksekliği 16 m. olan bu köprü 4 vadiyi kesmektedir. Köprü ayakları Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb), Jura-Kratese yaşlı tortullar (J-Kt) ve Paleosen yaşlı tortullar (Pat) içerisine yerleştirilecektir.

4.3.3.2.23 Km 265+558 – 266+759 (Tünel 14)

Uzunluğu 1201 m. ve ortalama derinliği 67 m. olan ve yine Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb) içerisinde açılacak olan bu tünelin kaya kütle değeri (Q) 1.660, NATM kazı sınıfı B2, RMR kaya sınıfı değeri de 48.6 olarak belirlenmiştir. Elastisite modülü 9.21 GPa olarak bulunmuştur.

T14 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek XVIII’de sunulmuştur. Ayrıca, tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değişirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman), olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile sigma1 ve sigma3 değerleri de eklenmiştir.

4.3.3.2.24 Km 266+759 – 271+368

Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb) içerisinde, uzunluğu 4609 m. ve yüksekliği 23 m. olan 11.viyadük yer almaktadır.

4.3.3.2.25 Km 271+368 – 271+830 (Tünel 15)

Bölgedeki en sık tünellerden biri olan T15 tünelinin uzunluğu 462 m. ve ortalama derinliği 60 m.'dir. Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb) içerisinde açılacaktır. T15 tüneli için yapılan analizlerde, kaya kütle değeri (Q) 5.800 ve NATM kazı sınıfı B1 olarak belirlenirken, RMR kaya sınıfı değeri 59.8 olarak bulunmuştur. Elastisite modülü 17.60 GPa'dır (Ek XIX).

Ayrıca, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değişimleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman), olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri de ekte sunulmuştur.

4.3.3.2.26 Km 271+830 – 275+030

Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb) ve Eosen yaşlı tortullar (Eot) içerisinde, uzunluğu 3200 m. ve yüksekliği 42 m. olan 12. viyadük yer almaktadır.

4.3.3.2.27 Km 275+030 – 278+780 (Tünel 16)

Kaya kütle değeri (Q) 1.925, NATM kazı sınıfı B2 ve RMR kaya sınıfı değeri 49.9 olarak belirlenen T16 tüneline, elastisite modülü 9.94 GPa olarak bulunmuştur (Ek XX). Tünelinin uzunluğu 3750 m. ve ortalama derinliği 257 m.'dir. Eosen tortul istifinin (Eot) kireçtaşı üyesi içerisinde açılacaktır.

Ek XX'de; bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değişimleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman), olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri de sunulmuştur.

4.3.3.2.28 Km 278+780 – 279+500

13. viyadüğün yer aldığı bu kesimde Eosen yaşlı tortullar (Eot) yüzeylemektedir. Bu viyadüğün uzunluğu 720 m. ve yüksekliği 23 metredir.

4.3.3.2.29 Km 279+500 – 280+813 (Tünel 17)

Eosen yaşlı tortul istifinin (Eot) kireçtaşı üyesinde açılacak olan bu tünelin uzunluğu 1313 m., ortalama derinliği 135 m., kaya kütle değeri (Q) 4.100, NATM kazı sınıfı B1, RMR kaya sınıfı değeri 56.7'dir. Elastisite modülü ise 14.71 GPa olarak belirlenmiştir.

T17 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek XXI'de sunulmuştur. Tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değişirgeleri de ekte verilmiştir. Ayrıca olası toplam yer değıştırme (deplasman), olası mutlak düşey ve yatay yer değıştırme ile σ_1 ve σ_3 değerleri de eklenmiştir.

4.3.3.2.30 Km 280+813 – 285+799

Bu kesimde tabanda Eosen yaşlı tortullar (Eot) ile Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb) yer almaktadır. Bununla birlikte yer yer vadi tabanlarında güncel çökeller de (Qg) görölmektedir. Uzunluğu 987 m. ve yüksekliği 28 metre olan 14. viyadük ile uzunluğu 1549 m. ve yüksekliği 20 m. olan 15. viyadük bu geçki boyunca yer almaktadır.

Ayrıca 1450 m. uzunluğa ve 12 m. yüksekliğe sahip olan köprünün yanı sıra; uzunlukları 500'er m. ve derinlikleri 23 ve 24 m. olan iki açık yarma da bulunmaktadır.

4.3.3.2.31 Km 285+799 – 289+814 (Tünel 18)

T18 tünelinin uzunluğu 4015 m. ve ortalama derinliği 180 m.'dir. Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalarları (Trkb) içerisinde açılacaktır. Yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek XXII'de sunulmuştur. Ekteki çizelgeden de göröldüğü gibi, kaya kütle değeri (Q) 1.450 ve NATM kazı sınıfı B2 olarak belirlenmiştir. RMR kaya sınıfı değeri ise 47.3 olarak tespit edilmiştir. Elastisite modülü 8.58 GPa olarak bulunmuştur.

Ayrıca ekte; bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değıştırirgeleri, olası toplam yer değıştırme (deplasman), olası mutlak düşey ve yatay yer değıştırme ile σ_1 ve σ_3 değerleri de sunulmuştur.

4.3.3.2.32 Km 289+814 – 291+628

1814 m. uzunluğa ve 22 m. yüksekliğe sahip olan 16. viyadük bu kesimde yer almaktadır. Geçkinin Ovacık dolaylarında yer alan bu kesimde vadi tabanında alüvyonlar ve Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalar (Trkb) bulunmaktadır.

4.3.3.2.33 Km 291+628 – 293+526 (Tünel 19)

Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalar (Trkb) içerisinde açılacak olan son tüneldir. Uzunluğu 1898 m. ve ortalama derinliği 223 m.'dir. Yapılan analizler sonucunda, kaya kütle değeri (Q) 6.083, NATM kazı sınıfı B1 ve RMR kaya sınıfı değeri 60.2 olarak bulunmuştur. Elastisite modülü ise 18.04 GPa olarak belirlenmiştir.

T19 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değişimleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman), olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri Ek XXIII'de sunulmuştur.

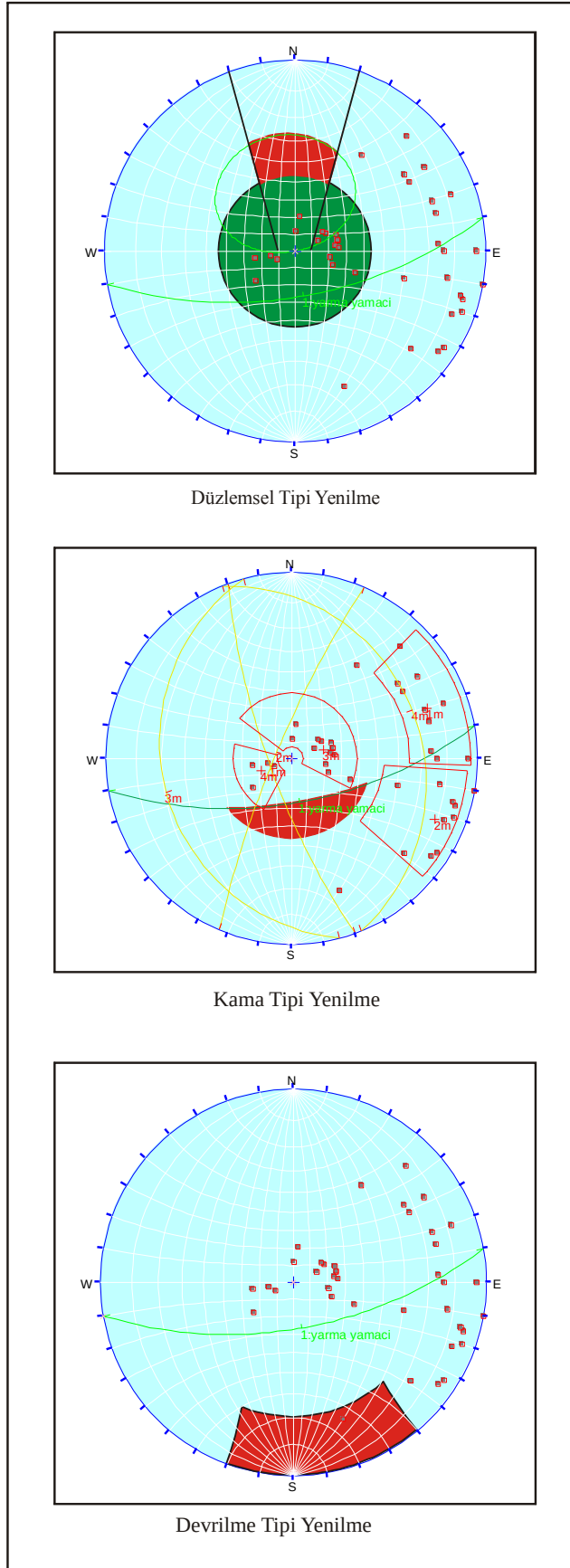
4.3.3.2.34 Km 293+526 – 314+214

Geçki boyunca tümüyle Triyas yerleşim yaşlı başkalaşım kayalar (Trkb) yüzlek vermektedir. Bu kesimde en önemli sanat yapısı olarak 4000 m. uzunluğa ve 20 m. yüksekliğe sahip olan 17. viyadük belirlenmiştir. Uzunlukları sırasıyla 1500 m. ve 814 m., yükseklikleri sırasıyla 15 m. ve 10 m. olan iki köprü yer almaktadır. Ayrıca yine sırasıyla uzunlukları 5700 m. ve 400 m.; derinlikleri 28 m. ve 5 m. olan iki açık yarmanın yanı sıra 6000 m. uzunluğa ve 36 m. derinliğe sahip bir adet aç-kapa tünel bulunmaktadır.

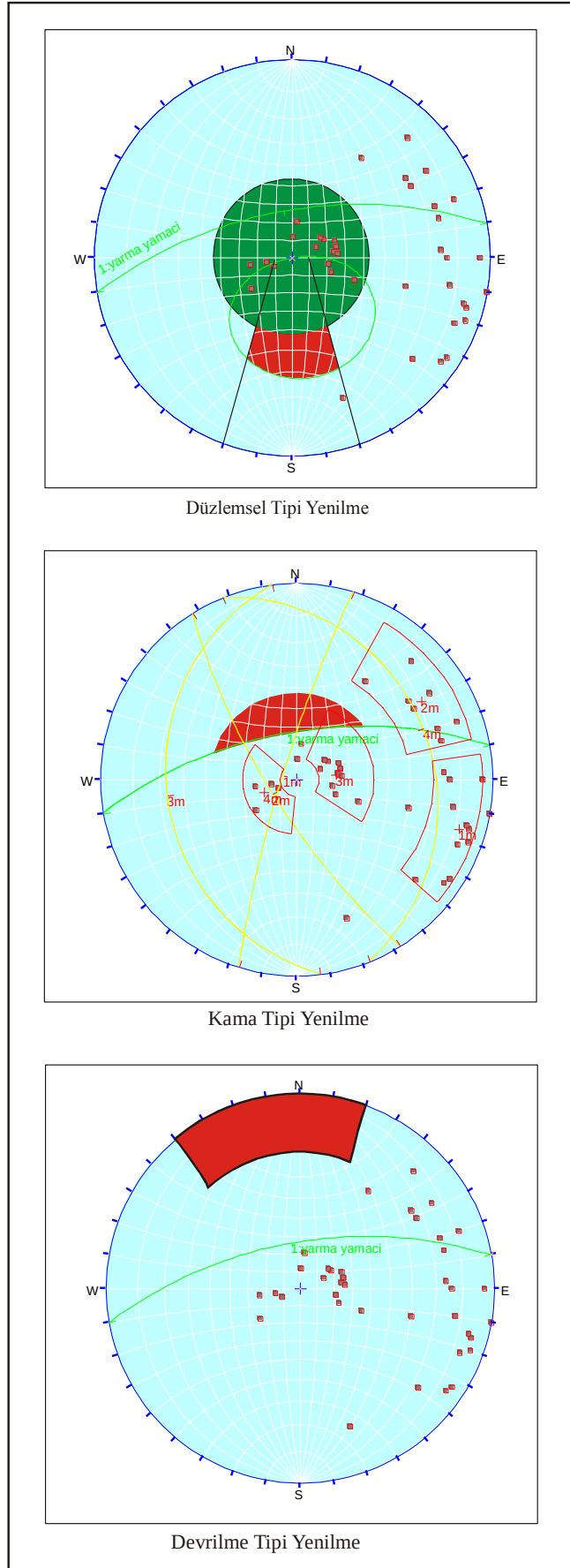
Yine bu kesimde, Km 305+500 - 311+500 arasında 36 m derinlik ve 6000 m uzunluğa sahip, Trkb'de açılan yarma için yamaç duraylılık analizi yapılmıştır. Bunun için de "Kinematik analiz" yöntemi kullanılmıştır. Bu yarma için yapılan süreksizlik ölçümleri Çizelge 4.16'de verilmiştir. Bu kesimdeki şevin eğim/eğim yönü 63/170 ve 63/350 olarak belirlenmiş ve her iki yamaç için ayrı ayrı analiz yapılmıştır (Şekil 4.30 ve Şekil 4.31). İçsel sürtünme açısı ise 42° (Φ). Şekillerden de anlaşılacağı üzere; her iki yamaçta da neredeyse herhangi bir yenilme beklenmemektedir.

Çizelge 4.16. Trkb’de açılan yarma için yapılan süreksizlik ölçümleri

LOKASYON TANIMLAMASI	ARAZİ ÖLÇÜMÜ	EĞİM/EĞİM YÖNÜ
KM 305+500 - 311+500 arasında 36 m derinlik ve 6000 m uzunluğa sahip Trkb'de açılan yarma alanında yapılan süreksizlik ölçümleri.	K22B/26GB	26/248
	K20D/37KB	290/37
	K37B/29KD	29/053
	K14B/26GB	26/256
	K20D/24KB	24/290
	K11B/24KD	24/081
	K30B/21GB	21/240
	K03B/24GB	24/262
	K05B/26GB	26/265
	K35B/12KD	12/065
	K35B/20GB	20/235
	K24B/15GB	15/246
	K15B/26GB	26/255
	K83B/21GB	21/187
	K88B/12GB	12/182
	K10B/15KD	15/080
	K10D/21KB	21/280
	K70D/74KB	74/340
	K31B/70GB	70/239
	K20B/75GB	75/250
	K35D/85KB	85/305
	K40D/77KB	77/310
	K35B/70GB	70/235
	K33B/78GB	78/237
	K10D/78KB	78/280
	K46B/80GB	80/224
	K20B/82GB	82/250
	K03B/74GB	74/267
	K55B/75GB	63/215
	K15B/75GB	75/255
	KG0/87B	87/270
	K33D/86KB	86/303
	K16D/85KB	85/286
	KG0/76B	76/270
	K15D/84KB	84/285
	K20D/86KB	86/290
	K10D/90KB	90/280
	K22D/83KB	83/292
	K14D/61KB	61/284



Şekil 4.30. Km 305+500 - 311+500 arasındaki yarma duraylılık analizi (63/170)



Şekil 4.31. Km 305+500 - 311+500 arasındaki yarma duraylılık analizi (63/350)

4.3.3.2.35 Km 314+214 – 316+112 (Tünel 20)

T20 tünelinin uzunluğu 1898 m. ve ortalama derinliği 150 m.'dir. Kretase yerleşim yaşlı karmaşığın (Kk) içerisinde gözlenen Jura-Kretase yaşlı tortulların (J-Kt) kireçtaşı üyesinde yer almaktadır. T20 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek XXIV'de sunulmuştur. Çizelgeden de görüldüğü gibi, kaya kütle değeri (Q) 1.860, NATM kazı sınıfı B2 ve. RMR kaya sınıfı değeri 49.6 olarak belirlenmiştir. Elastisite modülü 9.76 GPa olarak bulunmuştur.

Ek XXIV'de bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgelerini, olası toplam yer değiştirme (deplasman), olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerlerini de görmek mümkündür.

4.3.3.2.36 Km 316+112 – 317+899

Jura-Kretase tortullarının (J-Kt) yüzlek verdiği bu kesimde 1787 m. uzunluğa ve 14 m. yüksekliğe sahip köprü yer almaktadır.

4.3.3.2.37 Km 317+899 – 318+641 (Tünel 21)

Geçkinin son tüneli olan T21 Kretase yerleşim yaşlı karmaşığın (Kk) içerisinde gözlenen Jura-Kretase yaşlı tortulların (J-Kt) kireçtaşı üyesinde yer almaktadır. Uzunluğu 742 m. ve ortalama derinliği 82 m.'dir. T21 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi Ek XXV'de sunulmuştur. Ekteki çizelgeden de görüldüğü gibi kaya kütle değeri (Q) 1.438 ve NATM kazı sınıfı B2 olarak belirlenmiştir. Ayrıca RMR kaya sınıfı değeri 47.3 ile elastisite modülü değeri 8.54 GPa olarak bulunmuştur.

Bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirgeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman), olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri de ekte görülebilmektedir.

4.3.3.2.38 Km 318+641 – 333+100

Geçkinin 2. bölümünde yer alan son viyadüğün (18. Viyadük) uzunluğu 14459 m. ve yüksekliği 20 metredir. Bu kesimde Jura-Kretase tortullarının (J-Kt) yanı sıra Miyosen yaşlı tortullarda (Mit) yer almaktadır.

4.3.3.3 Taşucu – Mersin

4.3.3.3.1 Km 333+100 – 401+750

Geçkinin bu son bölümünde çok daha yumuşak bir topografyaya sahip alan geçilmektedir. Yüksek yerleri Miyosen yaşlı tortullar (Mit) oluşturmaktadır. Ovalarda ve vadi tabanlarında daha çok alüvyonlar gözlenmektedir.

Geçkinin son bölümü olan Mersin dolaylarında (Km 375+000 – 401+750) ise Pliyo-Kuvaterner yaşlı Kaliş (Pl-Qk) yer almaktadır. Bu kesimde tünel geçkisi bulunmamaktadır. Mevcut sanat yapıları aşağıda verilmiştir:

Viyadükler:

349+100 – 349+500	Mit	400 m.	34 m. (19. Viyadük)
352+800 – 354+300	Mit	1500 m.	20 m. (20. Viyadük)
377+050 – 378+100	Pl-Qk	1050 m.	29 m. (21. Viyadük)

Aç-kapa tüneller:

347+300 – 349+100	Mit	1800 m.	41 m.
349+500 – 350+400	Mit	900 m.	36 m.
354+300 – 357+480	Mit	3180 m.	38 m.

Ayrıca bu alanda farklı uzunluk ve derinliğe sahip açık yarmaların yanı sıra yine farklı uzunluk ve yüksekliğe sahip köprüler de yer almaktadır.

4.3.4 Öneri Geçkinin Genel Değerlendirmesi

Eklerdeki çizelge, harita ve profillerde geçki boyunca yeralan litolojik birimleri, geçkinin kot ve eğim değişimini, tünellerin geometrik özelliklerinin yanısıra içinde açıldıkları litolojilerin mühendislik özelliklerini görmek mümkündür.

Bununla birlikte; geçki boyunca ana sanat yapısını oluşturan tünel çalışmalarında elde edilen bulguların genel özeti aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.17’de geçki boyunca yeralan tünel litolojileri ve Q, NATM ve RMR sistemlerine göre sınıflandırılması verilmiştir. Çizelge 4.18’de Tünellerin yer aldığı ana litolojilerin mühendislik özellikleri ve değıştirmeleri sunulmuştur.

Çizelge 4.19’da Tünel içerisinde yeralan litolojilerin Q-Sisteminde göre sınıflandırılırken kullanılan değıştirmeler görülebilmektedir. Ayrıca geçki boyunca yer alan tüneller, kazı sınıfı ve yaklaşık maliyetleri hakkında genel bilgiler Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Son olarak; geçki boyunca belirlenen tünel, yarma ve köprülerin lokasyonları, uzunlukları, derinlikleri, yükseklikleri ve yaklaşık maliyetleri Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22’de sunulmuştur. Bu hesaplamalarda Yılmaz Eğitim A.Ş.’nin uluslararası projelerde kullandıkları birim fiyatlar temel alınmıştır.

Çizelge 4.17. Geçki boyunca yeralan tünellerin litolojileri ve Q, NATM ve RMR sistemlerine göre sınıflandırılması

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
LİTOLOJİ	Trk	Trk	Trkb	Trkb	Trkb	Trkb	Trkb	Trkb	Trkb	Trkb
Q	13.333	5.4	1.444	10.125	13.185	1.500	1.998	2.000	10.750	1.125
NATM	A2	B1	B2	A2	A2	B2	B2	B2	A2	B2
RMR	67.3	59.2	47.3	64.8	67.2	47.6	50.2	10.14	65.4	45.1

Çizelge 4.17. Devamı

	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21
LİTOLOJİ	Trkb	Trkb	Trkb	Trkb	Trkb	Eot	Eot	Trkb	Trkb	J-Kt	J-Kt
Q	1.875	6.167	1.975	1.660	5.800	1.925	4.100	1.450	6.083	1.860	1.438
NATM	B2	B1	B2	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B2
RMR	49.7	60.4	50.1	48.6	59.8	49.9	56.7	47.3	60.2	49.6	47.3

Çizelge 4.18. Tünellerin yer aldığı ana litolojilerin mühendislik özellikleri ve değıştirmeleri

TÜNEL	LİTOLOJİK BİRİM	TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI (sigci, MPa)	JEOLojİK DAYANIM İNDEKSİ (GSI)	MALZEME SABİTİ (mi, BOYUTSUZ)	ÖRSELENME FAKTÖRÜ (D)	ELASTİSİTE MODÜLÜ (Ei, MPa)	(mb)	(s)	(a)
1	Trk	70	80	10	0	12000	4.895	0.1084	0.501
2	Trk	70	80	10	0	12000	4.895	0.1084	0.501
3	Trkb	50	70	10	0	12000	3.425	0.0357	0.501
4	Trkb	50	80	10	0	12000	4.895	0.1084	0.501
5	Trkb	50	80	10	0	12000	4.895	0.1084	0.501
6	Trkb	50	60	10	0	12000	2.397	0.0117	0.503
7	Trkb	50	70	10	0	12000	3.425	0.0357	0.501
8	Trkb	50	60	10	0	12000	2.397	0.0117	0.503
9	Trkb	50	80	10	0	12000	4.895	0.1084	0.501
10	Trkb	50	70	10	0	12000	3.425	0.0357	0.501
11	Trkb	50	80	10	0	12000	4.895	0.1084	0.501
12	Trkb	50	80	10	0	12000	4.895	0.1084	0.501
13	Trkb	50	80	10	0	12000	4.895	0.1084	0.501
14	Trkb	50	80	10	0	12000	4.895	0.1084	0.501
15	Trkb	50	80	10	0	12000	4.895	0.1084	0.501
16	Eot	40	80	10	0	12000	4.895	0.1084	0.501
17	Eot	40	80	10	0	12000	4.895	0.1084	0.501
18	Trkb	50	70	10	0	12000	3.425	0.0357	0.501
19	Trkb	50	80	10	0	12000	4.895	0.1084	0.501
20	J-Kt	60	80	10	0	12000	4.895	0.1084	0.501
21	J-Kt	60	60	10	0	12000	2.397	0.0117	0.503

Çizelge 4.18. Devamı

TÜNEL	LİTOLOJİK BİRİM	KOHEZYON (c, MPa)	İÇSEL SÜRTÜNME AÇISI (ϕ , °)	TÜM KAYA KÜTLESİNİN ÇEKME DAYANIMI (MPa)	TEK EKSENLİ SIKIŞMA DAYANIMI (MPa)	TÜM KAYA KÜTLESİNİN SIKIŞMA DAYANIMI (MPa)	DEFORMASYON MODÜLÜ (MPa)
1	Trk	3.512	54.35	-1,550	23.013	26.772	10564.17
2	Trk	3.485	54.91	-1,550	23.013	26.772	10564.17
3	Trkb	1.388	54.61	-0,521	9.401	14.051	8793.77
4	Trkb	2.486	55.02	-1,107	16.438	19.123	10564.17
5	Trkb	2.525	53.91	-1,107	16.438	19.123	10564.17
6	Trkb	0.996	49.86	-0,245	5.350	10.918	6240.00
7	Trkb	2.549	41.48	-0,521	9.401	14.051	8793.77
8	Trkb	2.419	36.11	-0,245	5.350	10.918	6240.00
9	Trkb	2.598	52.42	-1,107	16.438	19.123	10564.17
10	Trkb	1.466	52.78	-0,521	9.401	14.051	8793.77
11	Trkb	3.472	44.18	-1,107	16.438	19.123	10564.17
12	Trkb	3.861	42.03	-1,107	16.438	19.123	10564.17
13	Trkb	2.934	48.22	-1,107	16.438	19.123	10564.17
14	Trkb	2.500	54.58	-1,107	16.438	19.123	10564.17
15	Trkb	2.474	55.43	-1,107	16.438	19.123	10564.17
16	Eot	2.404	47.57	-0,885	13.150	15.298	10564.17
17	Eot	2.148	51.06	-0,885	13.150	15.298	10564.17
18	Trkb	1.679	49.29	-0,521	9.401	14.051	8793.77
19	Trkb	2.817	49.42	-1,107	16.438	19.123	10564.17
20	J-Kt	3.129	52.25	-1,328	19.726	22.947	10564.17
21	J-Kt	1.005	53.41	-0,294	6.421	13.101	6240.00

Çizelge 4.19. Tünel içerisinde yeralan litolojilerin Q-Sisteminde göre sınıflandırılırken kullanılan değıştirgeler

	RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF
T1	80	3	3	12	1	0,5
T2	72	3	3	8	0,6	1
T3	65	4	2	9	0,6	1,5
T4	81	3	3	8	1	1
T5	89	3	2	9	1	0,5
T6	60	6	1,5	12	0,6	0,5
T7	53	4	1,5	12	0,6	0,5
T8	60	6	2	12	0,6	0,5
T9	86	3	3	8	1	1
T10	75	4	1,5	10	1	2,5
T11	50	3	1,5	8	0,6	1
T12	74	3	1,5	8	1	0,7
T13	79	3	1,5	12	0,6	1
T14	83	3	1,5	10	1	2,5
T15	87	3	3	6	1	2,5
T16	77	3	1,5	12	0,6	1
T17	82	3	2	8	0,6	1
T18	58	4	2	12	0,6	1
T19	73	3	2	8	1	1
T20	62	3	1,5	10	0,6	1
T21	69	6	1,5	12	1	1

Çizelge 4.20. Öneri geçkide yer alan tüneller hakkında genel veriler

No	İstasyon: KM.		Uzunluk, m	Kaya kazı sınıfları, -	A2	B1	B2	Maliyet, \$	Düşünceler
				Ω Birim fiyat, \$/m	5550	6716	7387		
1	38+249	39+346	1 097		1 097			6 088 350	Ω : Birim fiyatlar Yılmaz Egitim ve Mühendislik'in uluslararası uygulamalarından alınmiştir.
2	116+265	117+679	1 414			1 414		9 495 717	
3	146+621	148+716	2 095				2 095	15 475 870	
4	158+914	159+451	537			537		3 606 224	
5	163+187	163+819	632		632			3 507 600	
6	177+839	179+709	1 870				1 870	13 813 784	
7	185+775	195+634	9 859				9 859	72 828 926	
8	197+868	209+884	12 016				12 016	88 762 793	
9	212+503	213+037	534		534			2 963 700	
10	215+926	217+035	1 109				1 109	8 192 238	
11	217+535	220+534	2 999				2 999	22 153 763	
12	224+611	229+822	5 211			5 211		34 994 471	
13	255+842	260+621	4 779				4 779	35 302 712	
14	265+558	266+759	1 201				1 201	8 871 847	
15	271+368	271+830	462			462		3 102 561	
16	275+030	278+780	3 750				3 750	27 701 438	
17	279+500	280+813	1 313			1 313		8 817 452	
18	285+799	289+814	4 015				4 015	29 659 006	
19	291+628	293+526	1 898			1 898		12 746 019	
20	314+214	316+112	1 898				1 898	14 020 621	
21	317+899	318+641	742				742	5 481 191	
Toplam			59 431		2 263	10 835	46 333	427 586 280	

Çizelge 4.21. Geçki boyunca yer alan tüneller ve yarmaların boyutları ve maliyetleri

No	İstasyon: KM.		Uzunluk (L), m	Siyah Kot, m	Kırmızı Kot, m	Derinlik (h), m	Alan, m ²	Hacim, m ³	Kazı Birim Maliyeti, \$/m ³	Maliyet, \$	Düşünceler
1	0+000	3+410	3410	50	48	3	26	67 134	8	537 075	
2	5+132	7+410	2278	74	28	46	2 484	4 243 914	8	33 951 312	
3	16+427	17+135	708	25	20	6	74	39 427	8	315 414	
4	18+213	20+386	2173	42	28	14	308	501 963	8	4 015 704	
5	27+159	31+192	4033	48	26	22	660	1 996 335	8	15 970 680	
6	38+249	39+346	1097	140	43	97	10 185	8 379 709	8	6 088 350	T1
7	40+047	42+196	2149	30	24	6	84	135 387	8	1 083 096	
8	43+449	44+253	804	86	60	26	884	533 052	8	4 264 416	
9	46+500	48+590	2090	122	86	36	1 584	2 482 920	8	19 863 360	
10	51+900	57+750	5850	66	53	13	273	1 197 788	8	9 582 300	
11	59+400	88+300	28900	24	8	16	384	8 323 200	8	66 585 600	
12	89+100	97+400	8300	40	20	20	560	3 486 000	8	27 888 000	
13	98+850	103+600	4750	59	42	17	425	1 514 063	8	12 112 500	
14	104+400	113+750	9350	36	13	23	713	4 999 913	8	39 999 300	
15	116+265	117+679	1414	130	49	81	7 209	7 645 145	8	9 495 717	T2
16	118+460	118+900	440	70	20	50	2 900	957 000	8	7 656 000	
17	120+400	137+100	16700	17	5	12	240	3 006 000	8	24 048 000	
18	139+200	140+300	1100	78	47	31	1 209	997 425	8	7 979 400	
19	146+621	148+716	2095	116	50	66	4 884	7 673 985	8	15 475 870	T3
20	150+600	155+750	5150	18	8	10	180	695 250	8	5 562 000	
21	156+800	158+000	1200	80	36	44	2 288	2 059 200	8	16 473 600	

Çizelge 4.21. Devamı

No	İstasyon: KM.		Uzunluk (L), m	Siyah Kot, m	Kırmızı Kot, m	Derinlik (h), m	Alan, m ²	Hacim, m ³	Kazı Birim Maliyeti, \$/m ³	Maliyet, \$	Düşünceler
22	158+914	159+451	537	81	23	58	3 828	1 541 727	8	3 606 224	T4
23	163+187	163+819	632	91	9	82	7 380	3 498 120	8	3 507 600	T5
24	177+839	179+709	1870	283	160	123	16 113	22 598 483	8	13 813 784	T6
25	181+800	183+200	1400	191	178	13	273	286 650	8	2 293 200	
26	185+775	195+634	9859	705	143	562	320 340	2 368 674 045	8	72 828 926	T7
27	197+868	209+884	12016	898	97	801	648 009	5 839 857 108	8	88 762 793	T8
28	212+503	213+037	534	230	110	120	15 360	6 151 680	8	2 963 700	T9
29	215+926	217+035	1109	182	85	97	10 185	8 471 374	8	8 192 238	T10
30	217+535	220+534	2999	620	95	525	279 825	629 396 381	8	22 153 763	T11
31	224+611	229+822	5211	760	44	716	518 384	2 025 974 268	8	34 994 471	T12
32	234+400	236+600	2200	47	20	27	945	1 559 250	8	12 474 000	
33	239+750	240+840	1090	79	50	29	1 073	877 178	8	7 017 420	
34	243+400	244+450	1050	112	70	42	2 100	1 653 750	8	13 230 000	
35	248+400	252+300	3900	70	30	40	1 920	5 616 000	8	44 928 000	
36	255+842	260+621	4779	349	73	276	78 384	280 947 852	8	35 302 712	T13
37	265+558	266+759	1201	127	60	67	5 025	4 526 269	8	8 871 847	T14
38	271+368	271+830	462	90	30	60	4 080	1 413 720	8	3 102 561	T15
39	275+030	278+780	3750	360	103	257	68 105	191 545 313	8	27 701 438	T16
40	279+500	280+813	1313	180	45	135	19 305	19 010 599	8	8 817 452	T17
41	281+800	282+300	500	38	15	23	713	267 375	8	2 139 000	
42	283+750	284+250	500	43	19	24	768	288 000	8	40 000 000	

Çizelge 4.21. Devamı

No	İstasyon: KM.		Uzunluk (L), m	Siyah Kot, m	Kırmızı Kot, m	Derinlik (h), m	Alan, m ²	Hacim, m ³	Kazı Birim Maliyeti, \$/m ³	Maliyet, \$	Düşünceler
43	285+799	289+814	4015	219	39	180	33 840	101 900 700	8	29 659 006	T18
44	291+628	293+526	1898	253	30	223	51 513	73 328 756	8	12 746 019	T19
45	295+800	301+500	5700	39	11	28	1 008	4 309 200	8	34 473 600	
46	305+500	311+500	6000	132	96	36	1 584	7 128 000	8	28 000 000	
47	313+000	313+400	400	52	47	5	65	19 500	8	156 000	
48	314+214	316+112	1898	195	45	150	23 700	33 736 950	8	14 020 621	T20
49	317+899	318+641	742	90	8	82	7 380	4 106 970	8	5 481 191	T21
50	333+100	346+300	13200	16	4	12	240	2 376 000	8	19 008 000	
51	347+300	349+100	1800	88	47	41	2 009	2 712 150	8	21 697 200	
52	349+500	350+400	900	75	39	36	1 584	1 069 200	8	8 553 600	
53	351+400	352+800	1400	65	48	17	425	446 250	8	3 570 000	
54	354+300	357+480	3180	106	68	38	1 748	4 168 980	8	33 351 840	
55	360+200	362+050	1850	31	24	7	105	145 688	8	1 165 500	
56	362+700	369+750	7050	15	1	14	308	1 628 550	8	13 028 400	
57	372+700	373+800	1100	73	60	13	273	225 225	8	1 801 800	
58	376+400	377+050	650	70	55	15	345	168 188	8	1 345 500	
59	378+100	383+520	5420	62	47	15	345	1 402 425	8	11 219 400	
60	389+650	393+220	3570	60	52	8	128	342 720	8	2 741 760	
61	394+020	401+750	7730	54	42	12	240	1 391 400	8	11 131 200	
										Top. Tün. Mal.	
										1 038 799 460	427 586 280

Çizelge 4.222. Geçki boyunca yer alan köprülerin boyutları ve maliyetleri

No	İstasyon: KM.		Uzunluk (L), m	Kırmızı Kot, m	Siyah Kot, m	Yükseklik (h), m	Ayak sayısı, -	L _{top} , -	Köprü Birim Maliyeti, \$/m	Maliyet, \$	Düşünceler
1	3+410	5+132	1 722	42	32	10	172	2 583	1 821	4 702 465	
2	7+410	16+427	9 017	12	7	5	902	6 763	1 588	10 740 762	
3	17+135	18+213	1 078	31	24	7	108	1 132	1 681	1 902 896	
4	20+386	27+159	6 773	19	14	5	677	5 080	1 588	8 067 781	
5	31+192	38+249	7 057	20	15	5	706	5 293	1 588	8 406 073	
6	39+346	40+047	701	36	28	8	70	841	1 728	1 453 271	
7	42+196	43+449	1 253	61	40	21	125	3 947	2 332	9 202 898	V1
8	44+253	46+500	2 247	47	38	9	225	3 033	1 774	5 381 583	
9	48+590	51+900	3 310	81	68	13	331	6 455	1 960	12 650 407	
10	57+750	59+400	1 650	36	20	16	165	3 960	2 099	8 313 339	
11	88+300	89+100	800	15	2	13	80	1 560	1 960	3 057 500	
12	97+400	98+850	1 450	23	10	13	145	2 828	1 960	5 541 719	
13	103+600	104+400	800	36	18	18	80	2 160	2 192	4 735 273	
14	113+750	116+265	2 515	23	12	11	252	4 150	1 867	7 747 616	
15	117+679	118+460	781	29	11	18	78	2 109	2 192	4 622 810	
16	118+900	120+400	1 500	30	24	6	84	1 350	1 635	2 206 829	
17	137+100	139+200	2 100	21	16	5	65	1 575	1 588	2 501 453	
18	140+300	146+621	6 321	24	11	13	273	12 326	1 960	24 158 073	
19	148+716	150+600	1 884	16	9	7	105	1 978	1 681	3 325 655	
20	155+750	156+800	1 050	21	5	16	384	2 520	2 099	5 290 307	
21	158+000	158+914	914	35	6	29	1 073	3 976	2 703	10 748 289	V2

Çizelge 4.22. Devamı

No	İstasyon: KM.		Uzunluk (L), m	Kırmızı Kot, m	Siyah Kot, m	Yükseklik (h), m	Ayak sayısı, -	L _{top} , -	Köprü Birim Maliyeti, \$/m	Maliyet, \$	Düşünceler
22	159+451	163+187	3 736	19	10	9	153	5 044	1 774	8 947 750	
23	163+819	177+839	14 020	88	77	11	209	23 133	1 867	43 189 496	
24	179+709	181+800	2 091	169	150	19	513	5 959	2 239	13 341 316	
25	183+200	185+775	2 575	203	189	14	308	5 408	2 006	10 849 608	
26	195+634	197+868	2 234	56	12	44	2 288	14 744	3 400	50 135 678	V3
27	209+884	212+503	2 619	135	129	6	84	2 357	1 635	3 853 123	
28	213+037	215+926	2 889	82	60	22	660	9 534	2 378	22 672 206	V4
29	217+035	217+535	500	130	90	40	1 920	3 000	3 214	9 643 392	V5
30	220+534	224+611	4 077	18	9	9	153	5 504	1 774	9 764 448	
31	229+822	234+400	4 578	74	25	49	2 793	33 648	3 633	122 232 161	V6
32	236+600	239+750	3 150	50	23	27	945	12 758	2 610	33 302 586	V7
33	240+840	243+400	2 560	37	11	26	884	9 984	2 564	25 598 657	V8
34	244+450	248+400	3 950	46	11	35	1 505	20 738	2 982	61 842 211	V9
35	252+300	255+842	3 542	52	7	45	2 385	23 909	3 447	82 407 435	V10
36	260+621	265+558	4 937	26	10	16	384	11 849	2 099	24 874 518	
37	266+759	271+368	4 609	30	8	23	686	15 555	2 401	37 353 806	V11
38	271+830	275+030	3 200	74	32	42	2 100	20 160	3 307	66 677 023	V12
39	278+780	279+500	720	25	2	23	713	2 484	2 425	6 022 647	V13
40	280+813	281+800	987	30	2	28	1 008	4 145	2 657	11 013 897	V14
41	282+300	283+750	1 450	14	2	12	240	2 610	1 913	4 994 162	
42	284+250	285+799	1 549	23	3	20	560	4 647	2 285	10 619 250	V15

Çizelge 4.22. Devamı

No	İstasyon: KM.		Uzunluk (L), m	Kırmızı Kot, m	Siyah Kot, m	Yükseklik (h), m	Ayak sayısı, -	L _{top} , -	Köprü Birim Maliyeti, \$/m	Maliyet, \$	Düşünceler
43	289+814	291+628	1 814	45	23	22	660	5 986	2 378	14 235 854	V16
44	293+526	295+800	2 274	17	6	11	209	3 752	1 867	7 005 201	
45	301+500	305+500	4 000	45	25	20	560	12 000	2 285	27 422 208	V17
46	311+500	313+000	1 500	53	38	15	345	3 375	2 053	6 928 416	
47	313+400	314+214	814	50	40	10	180	1 221	1 821	2 222 884	
48	316+112	317+899	1 787	35	21	14	308	3 753	2 006	7 529 417	
49	318+641	333+100	14 459	29	9	20	560	43 377	2 285	99 124 426	V18
50	346+300	347+300	1 000	42	25	17	425	2 550	2 146	5 471 770	
51	349+100	349+500	400	44	10	34	1 428	2 040	2 936	5 988 787	V19
52	350+400	351+400	1 000	44	31	13	273	1 950	1 960	3 821 875	
53	352+800	354+300	1 500	40	20	20	560	4 500	2 285	10 283 328	V20
54	357+480	360+200	2 720	36	25	11	209	4 488	1 867	8 379 132	
55	362+050	362+700	650	21	5	16	384	1 560	2 099	3 274 952	
56	369+750	372+700	2 950	35	20	15	345	6 638	2 053	13 625 885	
57	373+800	376+400	2 600	57	42	15	345	5 850	2 053	12 009 254	
58	377+050	378+100	1 050	54	25	29	1 073	4 568	2 703	12 347 597	V21
59	383+520	389+650	6 130	41	32	9	153	8 276	1 774	14 681 399	
60	393+220	394+020	800	45	36	9	153	1 080	1 774	1 916 006	
61	401+750										
Toplam: 1 060 360 759											

4.3.5. KUZHEY ve GÜNEY Geçkilerinin Karşılaştırılması

KUZHEY ve GÜNEY olmak üzere belirlenen bu iki geçki Km 0+000 – 59+400 arası örtüşmekte, sonrasında ayrılmaktadır. KUZHEY geçkisi 385 km, GÜNEY geçkisi ise 402 km'dir.

KUZHEY Geçkisi toplam 187 337 m olmak üzere 12 tünel, toplam uzunluğu 93 113 m olan 17 viyadük içermektedir. GÜNEY geçkisi ise, toplam uzunluğu 59 431 m olan 21 adet tünel, yine toplam uzunluğu 65 km olan 21 adet viyadük yer almaktadır.

Ayrıca her iki geçkide de birçok yarma, yer yer aç-kapa tünel ve köprü de bulunmaktadır.

Çizelge 4.23'de her iki geçki maliyet açısından karşılaştırılmıştır. Çizelgeden görüldüğü gibi, GÜNEY geçkisi KUZHEY geçkisinin yarısından daha az bir fiyata inşa edilebilecektir.

Çizelge 4.23. Her iki geçkinin maliyet açısından karşılaştırılması

Maliyetler, \$		
	KUZHEY Geçkisi	GÜNEY Geçkisi
Yarma	475 119 193	611 213 180
Tünel	1 357 163 008	427 586 280
Köprüler	3 033 668 510	1 060 360 759
EMekanik	48 000 000	50 000 000
Ray ve benzeri	154 000 000	160 000 000
Kamulaştırma	7 700 000	8 000 000
Toplam	5 075 650 711	2 317 160 219

5. SONUÇLAR

Akdeniz Bölgesi'nde 21. yüzyıla yakışır, çağdaş bir ulaşım sisteminin hayata geçirilmesi bu tezin temel amacını oluşturmuştur. Bunun için değişik seçenekler çalışılmış; bu seçenekler; (a) jeolojik, (b) hidrojeolojik, (c) mühendislik jeolojisi ve (d) jeoteknik açıdan iredelenerek önce ikiye daha sonra bire düşürülmüştür.

Bu çalışma ile mevcut ulaşım sistemine oranla daha kısa ve daha güvenli bir hızlı tren geçkisi belirlenmiştir. Öncelikle KUZHEY ve GÜNEY olmak üzere iki seçenek üzerinde durulmuştur. KUZHEY geçkisi; üst kotlardan geçmesi, buzlanma riskinin olması, yüksek eğim içermesi, yerleşim merkezlerinden uzakta olması, dolayısıyla oldukça pahalı bağlantı yollarına gereksinim duyulması, başta tünel olmak üzere köprü, altgeçit-üstgeçit-selgeçit gibi pahalı yol bileşenlerinin ağırlıklı olması nedeniyle terk edilmiş ve GÜNEY geçkisi detaylı olarak çalışılmıştır.

Bu geçki alanı hidrojeolojik açıdan 3 bölüme ayrılmıştır;

1. Yeraltısu seviyesinin yüzeye yakın olduğu ovalık alanlar
2. Temiz yeraltısuyunun, özellikle tünel geçişlerinde toplanmasına ve kullanıma sunulmasına olanak sağlayan dağlık kesimler
3. Akarsu geçişleri

Çalışma alanında gözlenen birimlerin mühendislik özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

	Trk	Trkb	J-Kt	Pat	Eot	Mit	Plt
RQD=115-3,3Jv	72 - 80	50-89	62-69	---	77-82	---	---
Değerlendirme	İYİ	İYİ-ORTA	ORTA	---	İYİ	---	---
Schmidt Değeri	46	41.5	36.9	24.1	32	---	---
Birim Hacim Ağırlığı (kN/m³)	26	25	25	22	24	---	---
Tek Eksenli BasınçDayanımı (MPa)	100	78	60	28	40	---	---
Değerlendirme	YÜKSEK	ORTA	ORTA	DÜŞÜK	DÜŞÜK	ZAYIF-ORTA	ZAYIF-AŞIRI ZAYIF

Tünel alanlarında yapılan çalışmalarda mevcut kayaçların NATM' a göre A2, B1 ve B2 kazı destek sınıflarında olduğu belirlenmiştir. Buna göre kaya kütlelerinin davranışı; “sonradan az sökülün kaya-küçük deformasyon”, “gevrek-küçük deformasyon - sökülmeler görülür” ve “çok gevrek, gevşemeler ve kopmalar meydana gelir” şeklinde sınıflandırılmıştır. Suyun tünellere etkisi “önemsizdir”, “genellikle önemsizdir” ve “fazla su akışı görülebilir” olarak tespit edilmiştir. Genellikle “üst yarı alt yarı kazısı, delme-patlatma” ve “sistemik destekleme” gereklidir.

402 km uzunluğundaki GÜNEY geçkide, toplam uzunluğu yaklaşık 60 km (59 431 m) olan 21 adet tünel, yine toplam uzunluğu 65 km olan 21 adet viyadük (yüksekliği ≥ 20 m) yer almaktadır. Ayrıca birçok yarma, yer yer aç-kapa tünel ve köprü de bulunmaktadır.

Öneri geçki morfolojik, mühendislik ve jeoteknik özelliklerinin yanı sıra, nüfus dağılımı da göz önünde bulundurularak 3 aşamada incelenmiştir. Bunlar; Antalya – Alanya, Alanya – Taşucu ve Taşucu - Mersin. Antalya – Alanya ile Taşucu – Mersin arası çift hat ve Alanya – Taşucu arası tek hat olarak düşünülmüştür.

Elde edilen bulgular; projenin gerçekleştirilmesi aşamasında, projeciye çok sayıda veri sağlayacaktır. Bununla birlikte; bu çalışma ile temel olarak fizibilite aşaması tamamlanmış olup, proje aşamasında özellikle yeraltı çalışmaları, sondaj ya da jeofizik gibi yöntemlerle, daha da detaylandırılması gerekmektedir.

Projenin hayata geçmesi ile bölge; yüksek standartlı, konforlu ve ülke trafik ağından üst düzeyde trafik çekebilen, çevreye olumsuz etkisi ve yapım - işletme - bakım onarım maliyeti en az olan çağdaş bir ulaşım kavuşmuş olacaktır.

6. KAYNAKLAR

ANONİMLER

Anonim-1: KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 2011. İnternet Sitesi.

[www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Trafik/trafikhacimharitasi/trafik hacim 2011.](http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Trafik/trafikhacimharitasi/trafik%20hacim%202011.pdf)

Anonim-2: ANTALYA DEVLET METEOROLOJİ BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ, 2011.

[http://antalya.meteor.gov.tr/merkezler-tanitim.aspx?m=1,](http://antalya.meteor.gov.tr/merkezler-tanitim.aspx?m=1)

[http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx.](http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx) İnternet Sitesi.

Anonim-3: MERSİN DEVLET METEOROLOJİ BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ, 2011. İnternet Sitesi.

<http://www.mgm.gov.tr/tahmin/il-ve-ilceler.aspx?m=MERSIN>

Anonim-4: METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ ARAŞTIRMA DAİRESİ BAŞKANLIĞI

KLİMATOLOJİ ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ, 2012. [www.mgm.gov.tr/kurumsal_birimler.](http://www.mgm.gov.tr/kurumsal_birimler)

İnternet Sitesi.

Anonim-5: KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ TEKNİK ARAŞTIRMA DAİRESİ

BAŞKANLIĞI ÜST YAPI ŞUBE MÜDRÜLÜĞÜ, 2006. İnternet Sitesi.

<http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Baskanliklar/BaskanliklarTeknikArastirma>

Anonim-6: TÜRKİYE CUMHURİYETİ DEVLET DEMİRYOLLARI, 2012. İnternet Sitesi.

www.tcdd.gov.tr

Anonim-7: tr.wikipedia.org/wiki/Yuksek_Hızlı_Tren, 2012. İnternet Sitesi.

Anonim-8: tr.wikipedia.org/wiki/Türkiye_Cumhuriyeti_Devlet_Demiryolları, 2012. İnternet

Sitesi.

Anonim-9: en.wikipedia.org/wiki/Monorail, 2012. İnternet Sitesi.

Anonim-10: DEVLET İSTATİSTİK ENSTİTÜSÜ, 2001. [www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do.](http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do)

İnternet Sitesi.

Anonim-11: T.C. BAŞBAKANLIK AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ DEPREM

DAİRESİ BAŞKANLIĞI, 2012.

[http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Shared/Default.aspx.](http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Shared/Default.aspx) İnternet Sitesi.

- Anonim-12: MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 2011. Türkiye Diri Fay Haritası. http://www.mta.gov.tr/v2.0/default.php?id=diri_fay_haritalari. İnternet Sitesi.
- AKYATAN, A. 1993. Göksu havzası ve delta üzerindeki DSİ projeleri. *Uluslararası Göksu Deltası Çevresel Kalkınma Semineri DHKD Bildiri Metinleri*, 35.
- ARIOĞLU, B., YÜKSEL, A., KURTULDU, S. ve ARIOĞLU, E., 2002. İzmir metro projesinde yeni Avusturya tünel açma metodu uygulamaları, *Yapı Dünyası*, 73, 35-49, İstanbul.
- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, 1995. Minimum design loads for buildings and other structures. ASCE 7-95, Washington, DC, 236 pp.
- BIENIAWSKI, Z.T. 1973. Engineering classification of rock masses. *Transactions of South African Institution of Civil Engineers*, 15 (12): 335-344.
- BIENIAWSKI, Z.T. 1976. Rock mass classification in rock engineering. *In Exploration for Rock Engineering, Proc. of the Symp. (Edited by Bieniawski Z.T.)* Cape Town, Balkema, 1, 97-106.
- BIENIAWSKI, Z.T. 1989. Engineering Rock Mass Classification. John Wiley and Sons, BS 8004, Codes for Bearing Capacity of Soils. Newyork, 237 pp.
- BLUMENTHAL, M.M. 1951. Batı Toroslarda Alanya Ard Ülkesinde Jeolojik Araştırmalar. *M.T.A. Yayınları*, Fransızca (Türkçe özetli), 5, 134.
- BOZKAYA, Ö. ve YALÇIN, H. 2001. Antalya Birliği'nin diyajenez/metamorfizmasına ilişkin mineralojik açılımlar, Alanya-Gazipaşa, Orta Toroslar. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 54: 54-47.
- BRUNN, J.H., DUMONT, J.F., GRACIANSKY, P.C., GUTNIE, M., JUTEAU, T., MONOD, O. and POISSON, A. 1971. Outline of the Geology of the Western Taurides in "Geology and History of Turkey". Guidebook for the 13th Fieald Session of PESL, Tripoli, A.S. Campbell Ed. 225-255.
- CRAIG, R.F. 2004. Craig's Soil Mechanics: Solution Manual (7th edition). Taylor and Francis, (ISBN: 978-0-415-32703-9), London & New York, 447 pp.

- ÇINAR, M. ve FERİDUNOĞLU, C. 1994. Tünel açma makineleri (TBM). *Ulaşım da yer altı kanunları, 1.Sempozyum 1-3 Aralık, TMMOB Maden Müh. Odası yayını*, 343-367.
- DEAN, W.T., MARTIN, F., MONOD, O., GÜL, M.A., BOZDOĞAN, N. ve ÖZGÜL, N. 1993. Early Palaeozoic evolution of the Gondwana land margin in the Western and Central Taurides, Turkey. *Proceedings of Ozan Sungurlu Symposium, Tectonics and Hydrocarbon Potential of Anatolia and Surrounding Regions, S.Turgut (ed.)*, Ankara, 262-272.
- DEAN, W.T. and MONOD, O. 1970. The lower paleozoic stratigraphy and faunas of the taurus mountains near Beyşehir, Turkey. 1. *Stratigraphy, Bull. Brit. Mus. Nat. Hist.* 19 (8): 411-426.
- DEERE, D.U. and MILLER, R.L. 1966. Engineering Classification and Index Properties of Intact Rock. Department Of Civil Engineering, University of Illinois, pp. 90-101, Urbana.
- DEERE, D.U. 1968. Geologic considerations, in: Chapter 1. Rock Mechanics in Engineering Practice, K.G. Stagg and O.C. Zienkiewicz (eds.), Wiley, pp. 1-20, New York.
- DEMİRTAŞ, R. ve YILMAZ, R. 1996. Türkiye'nin sismotektoniği. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Yayını, Ankara, 915.
- DEMİRTAŞLI, E. 1976. Toros Kuşağı'nın petrol potansiyeli; *Türkiye 3. Petrol Kongresi*, 3: 39-52.
- DEMİRTAŞLI, E. 1978. Toros kuşağının batı ve orta kısımlarının jeolojik evriminde yeni veriler. *Türkiye Jeoloji 32. Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Bildiri Özetleri, s.14.
- DEMİRTAŞLI, E. 1981. Summary of the paleozoic stratigraphy and variscan events in the taurus belt. *IGCP, Newsletter*, 5 (3): 44-57, Ankara.
- DEMİRTAŞLI, E. 1983. Stratigraphy and tectonics of the area between Silifke and Anamur, central taurus mountains. *Geology of the Taurus Belt in: Geology of the Belt Symposium* (Eds. By O. Tekeli and C. Göncüoğlu), Proceedings, MTA Spec. Publ. 101-118.

- DEMİRTAŞLI, E., GEDİK, İ. ve İMİK, M. 1986. Ermenek batısında, Göktepe-Dumlugöze ve Tepebaşı arasında kalan bölgenin jeolojisi. *MTA Raporu*, MTA Genel Müdürlüğü Ankara, 8753.
- DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI, 2001. Ulaştırma 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Demiryolu Ulaştırması Alt Komisyonu Raporu. DPT: 2580, ÖİK: 592, ISBN 975, 19. 2728-5 (basılı nüsha), 50.
- DİPOVA, N. 2002. Antalya kıyı düzlüklerinin oluşumu ve geoteknik özellikleri. *IV. Kıyı Mühendisliği Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 24-27 Ekim, 2: 429-442.
- DİPOVA, N. 2005. Antalya tufa platosu üzerindeki zemin birimlerinin mühendislik özellikleri. *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi*, 22-24 Eylül, 1: 508.
- DİPOVA, N. ve Doyuran V. 2006a. Characterization of the Antalya (Turkey) tufa deposits. *Carbonates and Evaporites*. 21 (2): 144-160.
- DİPOVA, N. ve Doyuran V. 2006b. Assesment of the collapse mechanisms of tufa deposits. *Engineering Geology*, 83, 332-342.
- DİPOVA, N. 2011. The engineering properties of tufa in Antalya area, SW Turkey. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, DOI: 10-1144/1470-9236/08-091, 44, 123-134.
- DUMAN, T.Y. 1993. Tarsus-Adana-Gaziantep otoyolu (TAG) tünel 2-tünel+ arasının mühendislik jeolojisi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Müh. Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, ss. 100.
- GEDİK, İ. 1977. Orta toroslarda konodont biyografisi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 20, 35-48.
- GÖNCÜOĞLU, Y. and KOZUR, H.W. 1999. Upper cambrian and lower ordovician conodonts from the Antalya Unit in the Alanya tectonic window, Southern Turkey. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.* 10, 593-604.
- HOEK, E. and BRAY, J.W. 1977. Rock Slope Engineering (2nd edition). Stephen Austin and Sons Ltd, Hertford, Institution of Mining and Metallurgy, London, 402 pp.

- HOEK, E. and BROWN, E.T. 1997. Practical estimates of rock mass strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 34 (8): 1165-1186.
- HUNT, R.E. 1986. Geotechnical Engineering Analysis and Foundation. McGraw-Hill Company, 729 pp.
- İNAN N. 1985. Antalya travertenlerinin oluşumu ve özellikleri. *TMMOB Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 24 (3): 31-37.
- İPEK, M. 1997. Ovacık-Işık (Silifke-Mersin) bölgesinin tektono-stratigrafisi. Çukurova Üniv. Fen Bil. Enst. Jeoloji Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, ss.105.
- JETHWA, L., DUBE, A.K., SINGH B. and MITHAL R.S. 1982. Evaluation of methods for tunnel support design in squeezing rock conditions. *Proc. 4th Int. Congr. Int. Assoc. Eng. Geol.* New Delhi, 5, 125-134.
- KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ STRATEJİ GELİŞTİRME DAİRE BAŞKANLIĞI ULAŞIM VE MALİYET ETÜTLERİ ŞUBESİ MÜDÜRLÜĞÜ, 2009. Devlet yolları trafik akımı özellikleri ve trafik parametreleri; mevsimsel faktörler, K faktörü, yönsel dağılım, Aralık, 68.
- KOÇ, H., ÜNLÜGENÇ, U.C. ve ÖZER, E. 2005. Aydıncık - Bozyazı (Mersin) arasının tektono-stratigrafik incelemesi, Orta Toroslar, Türkiye. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 48 (1): 4-6.
- KOÇKAR, M.K. ve AKGÜN, H. 2004. Iıksu tünellerinin jeoteknik değerlendirmesi. *İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi*, 214 (24): 3191-3214.
- KOÇYİĞİT A. ve BEYHAN A. 1998. A new intracontinental transcurrent structure: the central anatolian fault zone, Turkey. *Tectonophysics*, 284, 317–336.
- KOŞUN E., SARIGÜL A. ve VAROL B. 2005. Antalya tufalarının litofasiyes özellikleri. *MTA Dergisi*, 130, 57-70.
- LAMA, R.D. and VUTUKURI, V.S. 1978. Handbook and Mechanical Properties of Rock. Trans. Tech. Publ. Switzerland, 2, pp. 481.
- LEF'EVRE, R. 1967. Nouvel element de la geologie du taurus lycien les nnappes D'Antalya (Turquie). *C.R.A.S. Paris, se. D*, 263, 1365-1368.

- LEVENTELİ, Y. 2002. Mühendislik projelerinde jeoloji ve jeotekniğin önemi: Ecemiş fay kuşağı, Adana – Niğde (doktora tezi, basılmış). Çukurova Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, Adana, ss. 183.
- OKAY, A. 1989. An exoic eclogite/blueschist slice in a barrovian-style metamorphic terrain, Alanya nappes, southern Turkey. *Journal of Petrology*, 30 (1): 107-132.
- OKAY, A. ve ÖZGÜL, N. 1984. HP/LT Metamorphism and the structure of the Alanya massif, southern Turkey. *An Allochthonous Composite Tectonic Sheet, Robertson, A.H.F. & Dixon, T.E., ed. The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean, Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 14*, 429-439.
- ÖZALP, S. ve DEMİRKOL C. 2003. Orta Toroslar'da Büyükeceli (Gülner)-Yeşilovacık (Silifke) dolayının tektono-stratigrafi birimleri. *Yerbilimleri (Geosound)* ISSN 1019-1002, 42, 1-24.
- ÖZGÜL, N. ve GEDİK, İ. 1973. Orta Toroslar'da alt paleozoyik yaşta Çaltepe kireçtaşı ve Seydişehir Formasyonu'nun stratigrafisi ve konadont faunası hakkında yeni bilgiler. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, Ankara, 16 (2): 39-52.
- ÖZGÜL, N. ve KOZLU, H. 2002. Kozan-Feke (Doğu Toroslar) yöresinin stratigrafisi ve konumu ile ilgili bulgular. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 14 (1), 1-36.
- ÖZGÜL, N. 1976. Toroslar'ın bazı temel jeoloji özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 19 (1): 65-78.
- ÖZGÜL, N. 1983. Geology of the taurus (between Hadim and Alanya). *Field Guide Book for the Int. Symp. on the Geology of the Taurus Belt*, Ankara, 78-91.
- ÖZGÜL, N. 1984. Alanya tektonik penceresi ve batı kesiminin jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Ketin Sempozyumu*, 97-120.
- ÖZSAN, A. 1993. Güledar barajı derivasyon tünel güzergahındaki (Çubuk-Ankara) kaya birimlerinin mühendislik jeolojisi incelemesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 36 (1): 75-82.
- PEDLEY, H.M. 1990. Classification and environmental models of cool freshwater tufas. *Sedimentary Geology*, 68 (2): 143-154.

- RABCEWIZK, L. 1964. The New Austrian Tunnelling Method. *Water Power*, November, 16 (11): 453-457.
- SAUER, G. 1990. NATM in soft ground. *World Tunnelling*, November, 3 (6): 1-20.
- TİMUR, E. 1994. Tünel mühendisliğinde jeoteknik etüd ve uygulamada karşılaşılan bazı problemler. *Ulaşım da yer altı kanunları. 1.Sempozyum 1-3 Aralık, TMMOB Maden Mühendisleri Odası yayını*, 193-210.
- ULU, Ü. 1983. Sugözü-Gazipaşa (Antalya) alanının jeoloji incelemesi. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını*, Ocak, Ankara, 17, 3-7.
- ULUSAY, R. ve AYDAN, Ö. 1997. Tünel açma makinalarıyla yapılan kazı işlemlerinin olumlu ve olumsuz yönlerinin değerlendirilmesi: Takisato tüneli (Japonya) örneği. *Jeoloji Mühendisliği*, Kasım, 51, 51-61.
- ULUSAY, R. 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları:38, Ankara, ss. 385.
- ÜNLÜTEPE A. 2003. Tünel inşaatları sırasında uygulanan ölçme yöntemleri ve bu yöntemlerin değişik tünelcilik metodları için karşılaştırılması. *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Mühendislik Ölçmeleri Komisyonu ve Yıldız Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 1. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu 30-31 Ekim, İstanbul*, 451-466.
- YALÇINLAR, İ. 1969. Strüktürel Morfoloji Cilt:II. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları: 878, İstanbul.
- YALÇINLAR, İ. 1973. Observations sur la fauna du primarie ancien dans la region mediterrannee de la Turquie. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, Ankara, 16, 101-109.
- YILMAZER, İ. 1991 Yumuşakgen (softpan) ve sertgen (hardpan) bileşenlerinden oluşan kalışın jeolojik ve jeoteknik özellikleri. *V. Ulusal KM Sempozyumu*, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- YILMAZER, İ., YILMAZER, Ö., ÖZKÖK, D. ve GÖKÇEKUŞ, H. 1999. Jeoteknik Tasarıma Giriş. Yılmaz Eğitim ve Mühendislik, ss. 210.

- YILMAZER, İ., YILMAZER, Ö. and ELVERDİ L. 2001. How to orient a linear engineering structure with respect to an active fault. *Motorway and Pipeline Proceedings of the Fourth International Turkish Geology Symposium*, September 24-28 Adana, 142.
- YILMAZER, İ. and YILMAZER, Ö. 2002. Earthquake zones can be used as natural resources, Turkey. *International Environmental Conference on Environmental Problems of the Mediterranean Region*, 12 - 15 April, Near East University, Nicosia, North Cyprus, 412.
- YILMAZER, İ., YILMAZER, Ö., ÖZVAN, A. and BİÇEK, C. 2004a. Why the earthquake disasters occur only in fertile soil grounds, Turkey. *Proceedings of the 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology*, 14-20 April Thessaloniki, Greece, 2, 667-669.
- YILMAZER, İ., YILMAZER, Ö., ÖZVAN, A. and BİÇEK, C. 2004b. Alignment selection criteria for pipelines and motorways. *Proceedings of the 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology*, 14-20 April, Thessaloniki, Greece, 2, 1034-1037.
- YILMAZER, İ. 2012. Gizlenen Deprem Gerçekleri. Yılmazzer Eğitim ve Mühendislik Ltd. Ankara, ss.278
- ZORLU, K. ve KASAPOĞLU, K. E. 2004. Adana yöresindeki kalışlerde iç yapı çökme potansiyelinin tahminine yönelik görgül bir yaklaşım. *Yerbilimleri, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 29, 133-141.

7. EKLER

I. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan stratigrafik çalışmaların korelasyonu (Ulu 1983)

STRATİGRAFİ KORELASYONU ÇİZELGESİ - Stratigrafik Correlation Chart - ÜMİT ULU (1983)

[illegible]

II. Çalışma alanının genelleştirilmiş jeolojisi
(Ek II Cilt: 2'nin içindedir)

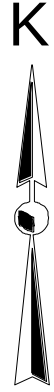
ANTALYA MERSİN ARASI HIZLI TREN PROJESİ

GEÇKİ SEÇENEKLERİNİN BELİRLENMESİ

(1. KISIM: ANTALYA - OVACIK ARASI)

LİTOLOJİ

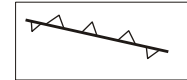
Trk	Trk: Triyas yerleşim yaşlı karmaşık
Trkk	Trkk: Triyas yerleşim yaşlı karmaşığa ait kristalize kireçtaşı
Trkb	Trkk: Triyas yerleşim yaşlı karmaşığa ait başkalaşım kayalarları
Eot	Eot: Eosen yaşlı tortullar
J-Kt	J-Kt: Jura ve Kretase yaşlı tortullar
Mit	Mit: Miyosen yaşlı tortullar
Pat	Pat: Paleosen yaşlı tortullar
Plt	Plt: Pliyosen yaşlı tortullar
Pl-Qk	Pl-Qk: Kalk
Pl-Qt	Pl-Qt: Tufa
Qa	Qa: Alüvyon
Qp	Qp: Plaj çökelleri
Qs	Qs: Seki çökelleri
Qy	Qy: Yamaç molozu
Qa-Qg	Qa-Qg: Ayırtlanamayan güncel çökeller
Qp-Qa	Qp-Qa: Ayırtlanamayan güncel çökeller



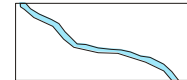
AÇIKLAMALAR



Fay



Bindirme



Dere



KUZEY Geçkisi



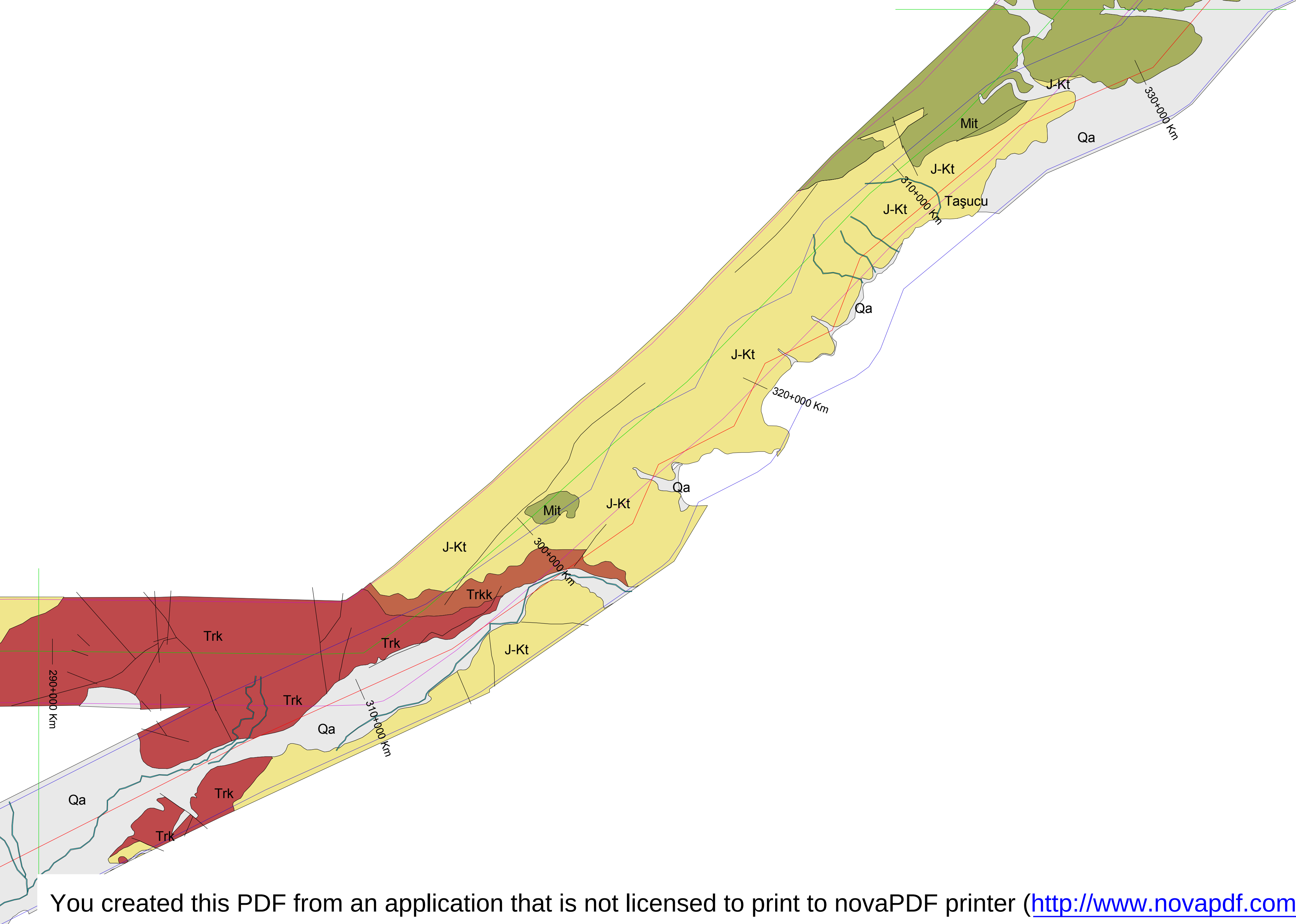
GÜNEY Geçkisi

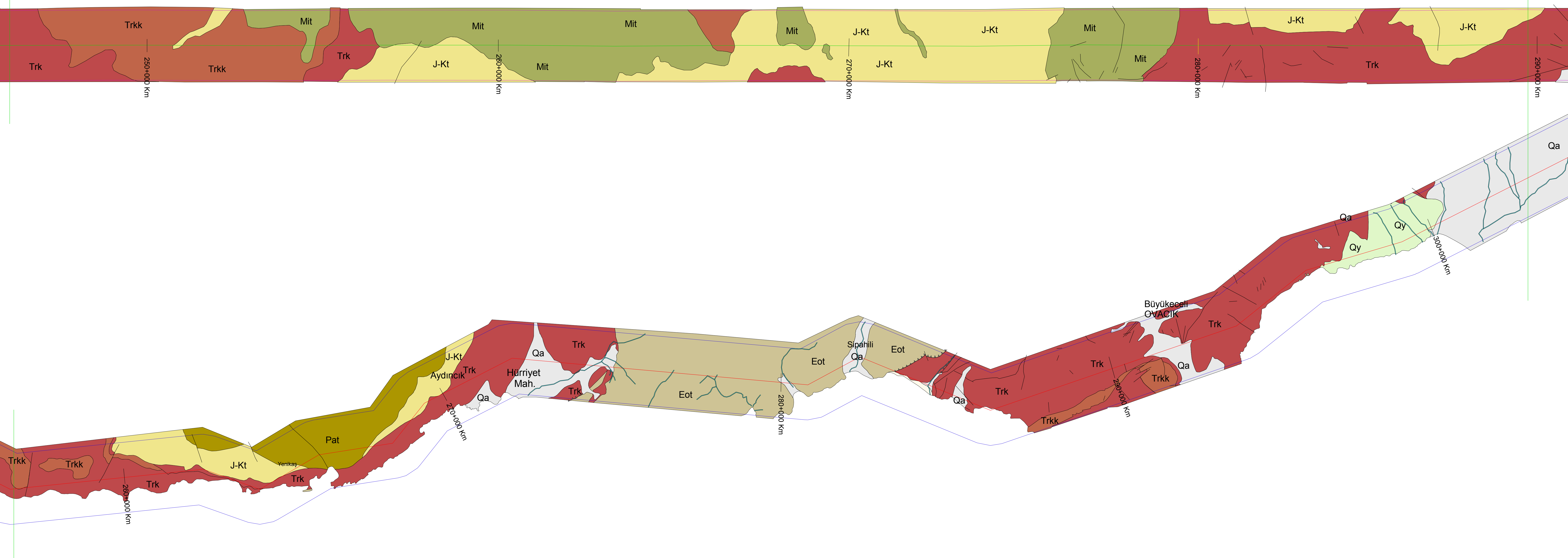
ÖLÇEK:

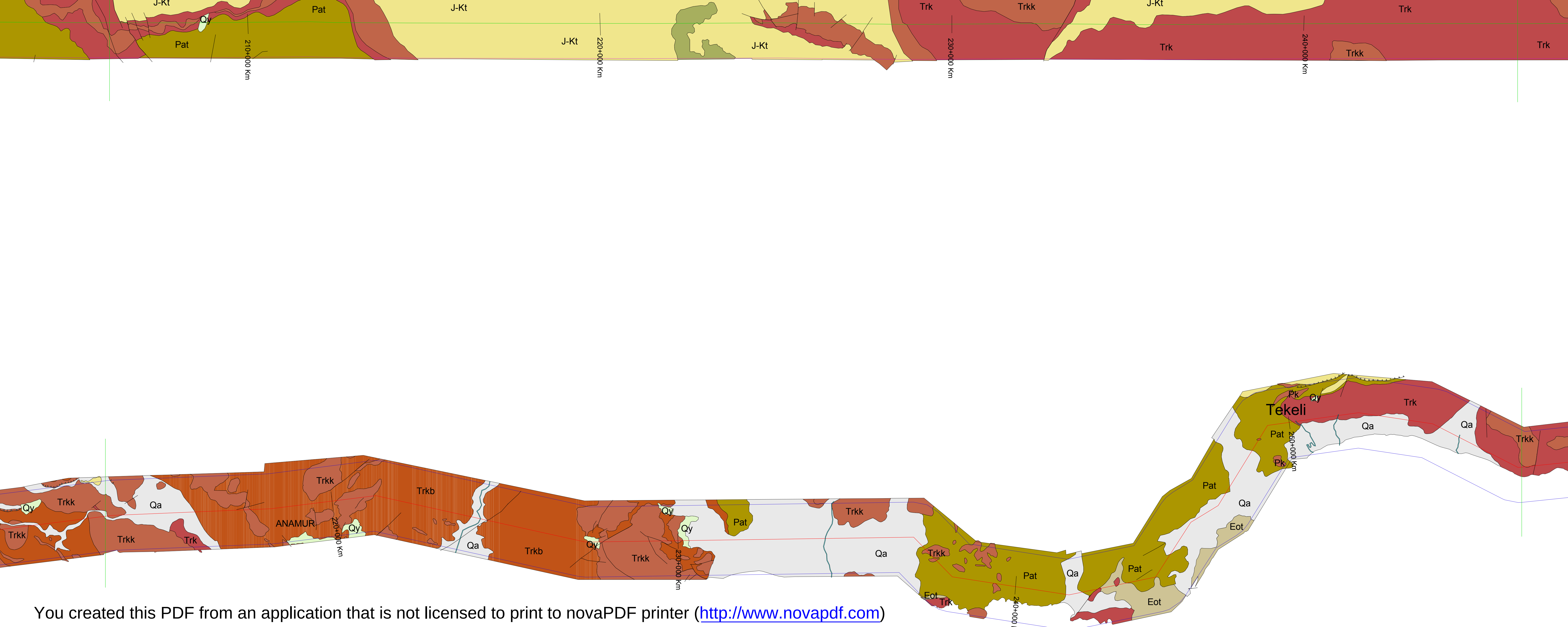
1/25000 ölçekli topoğrafik harita temel alınmıştır.

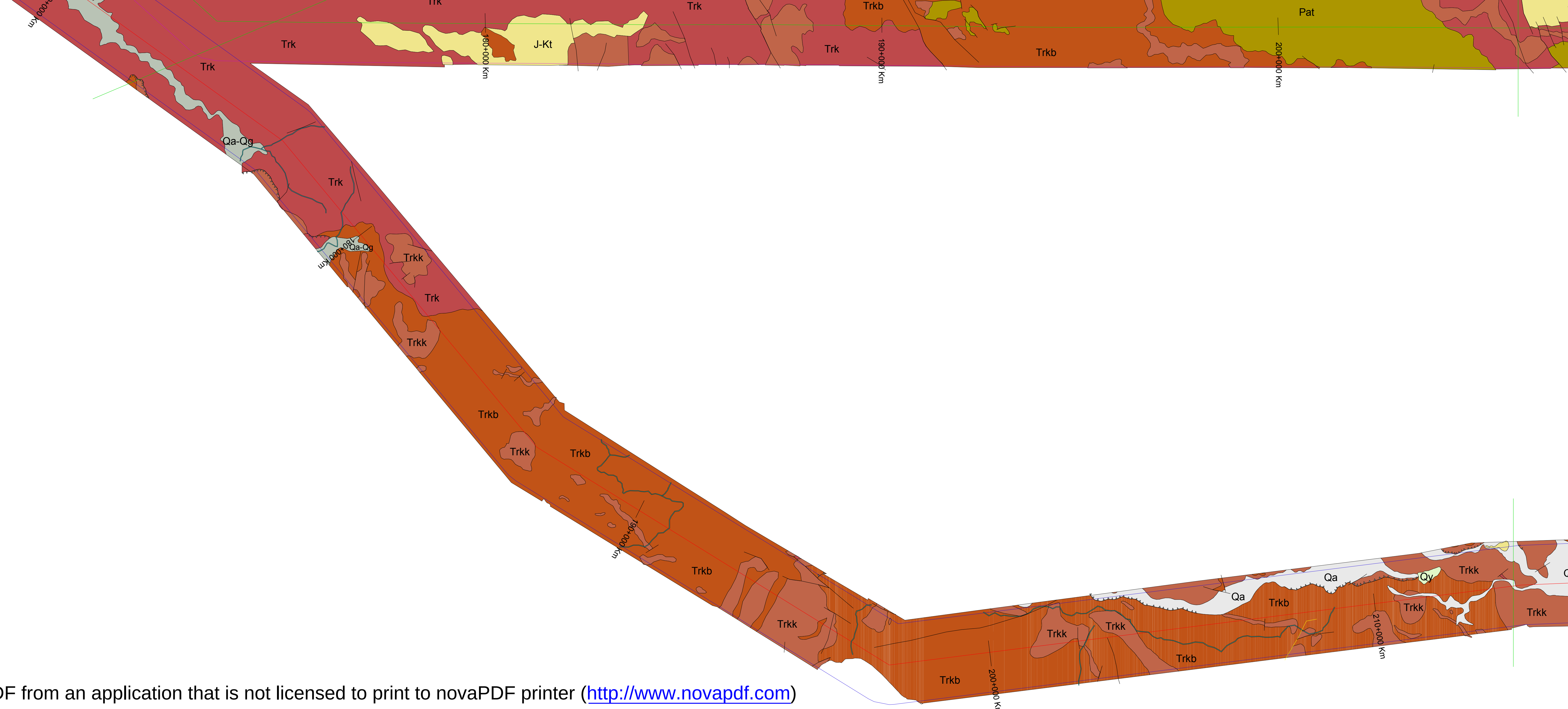


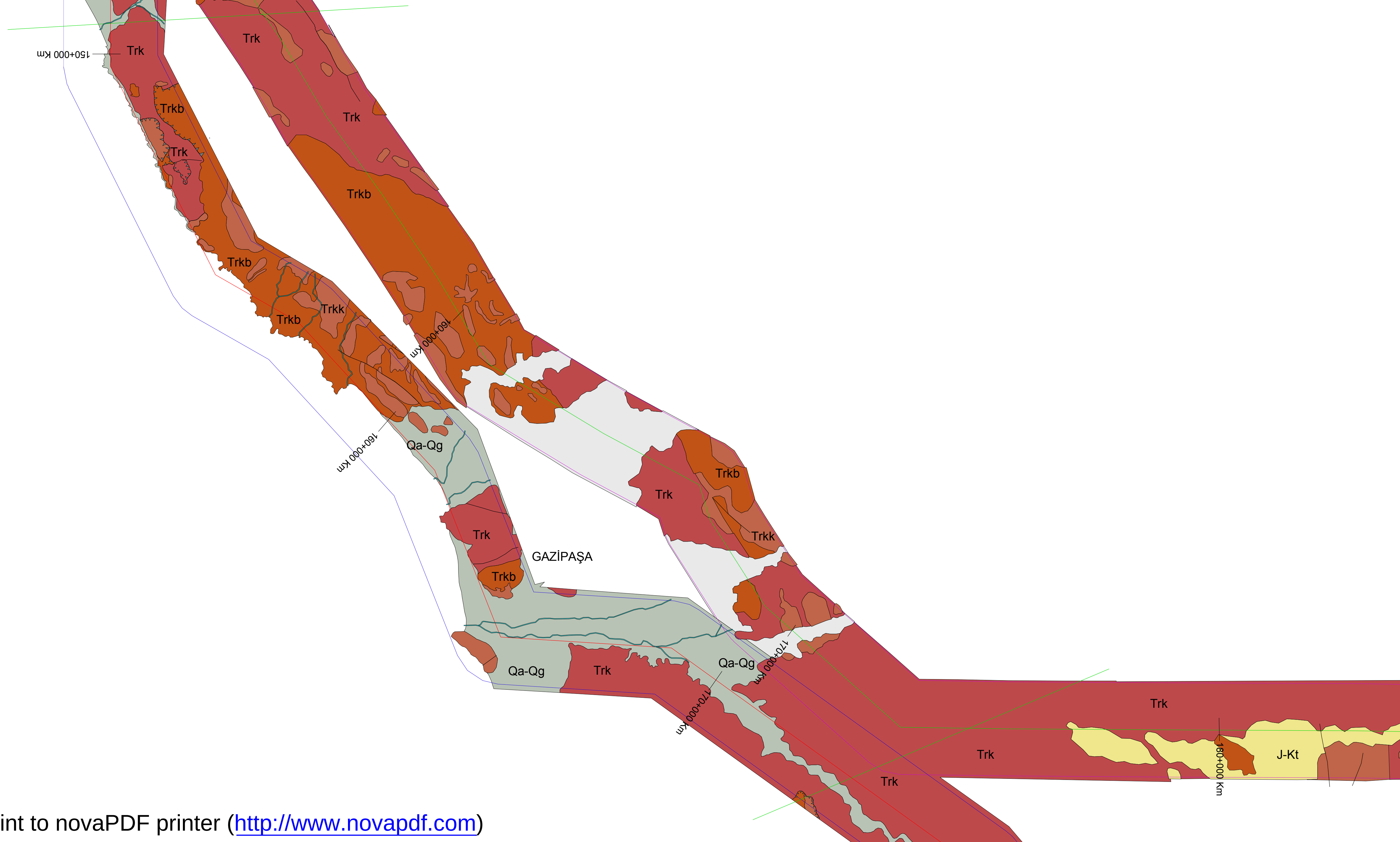


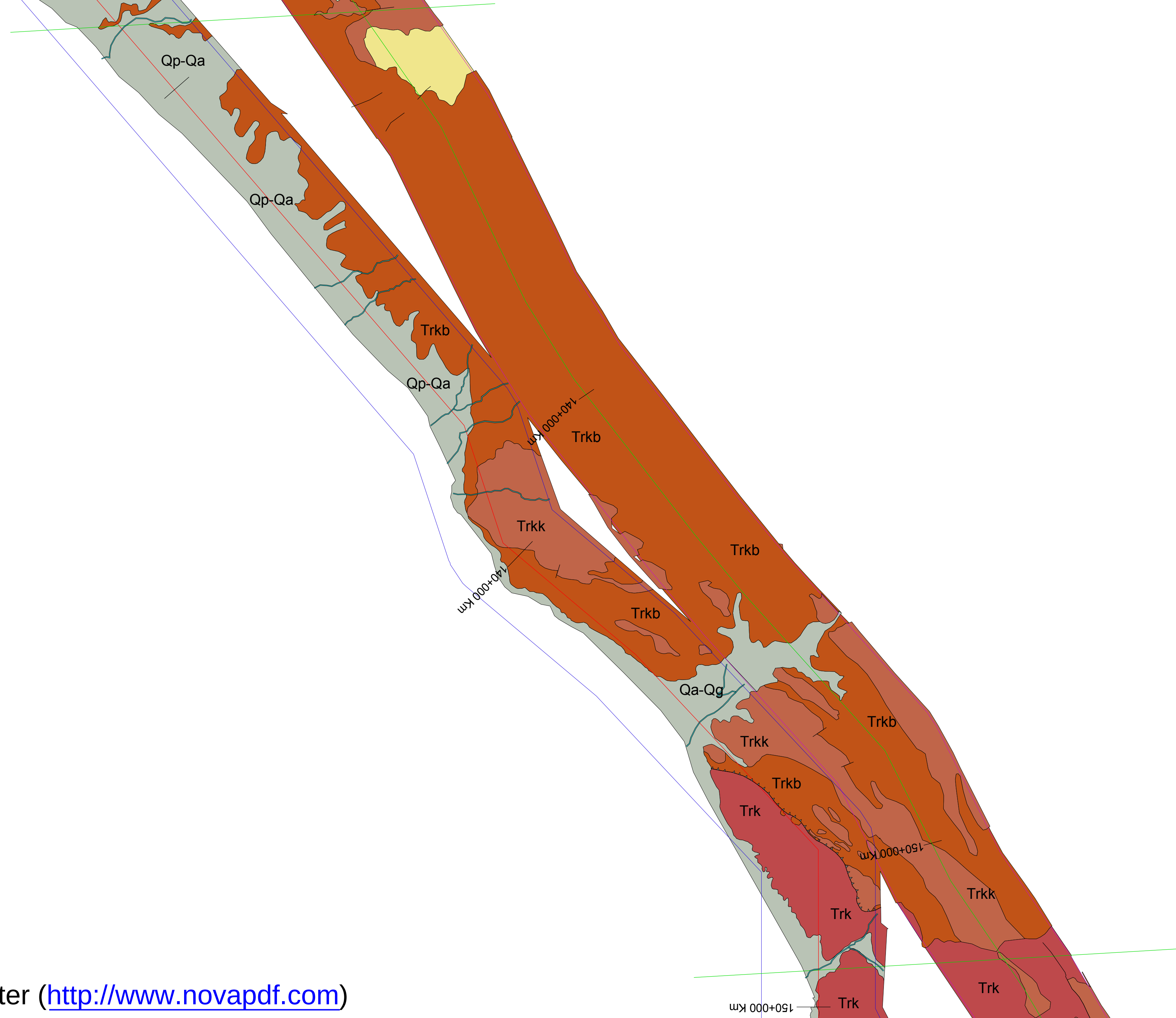


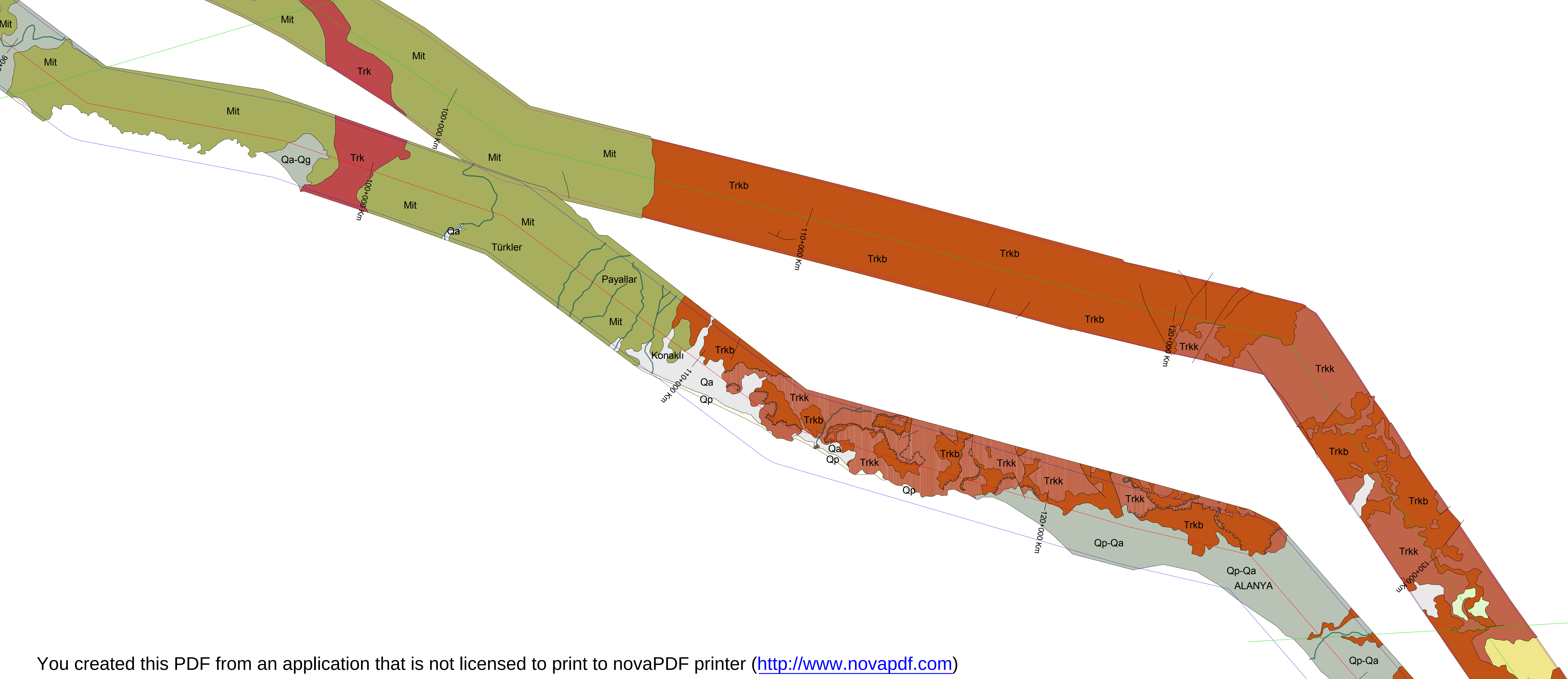


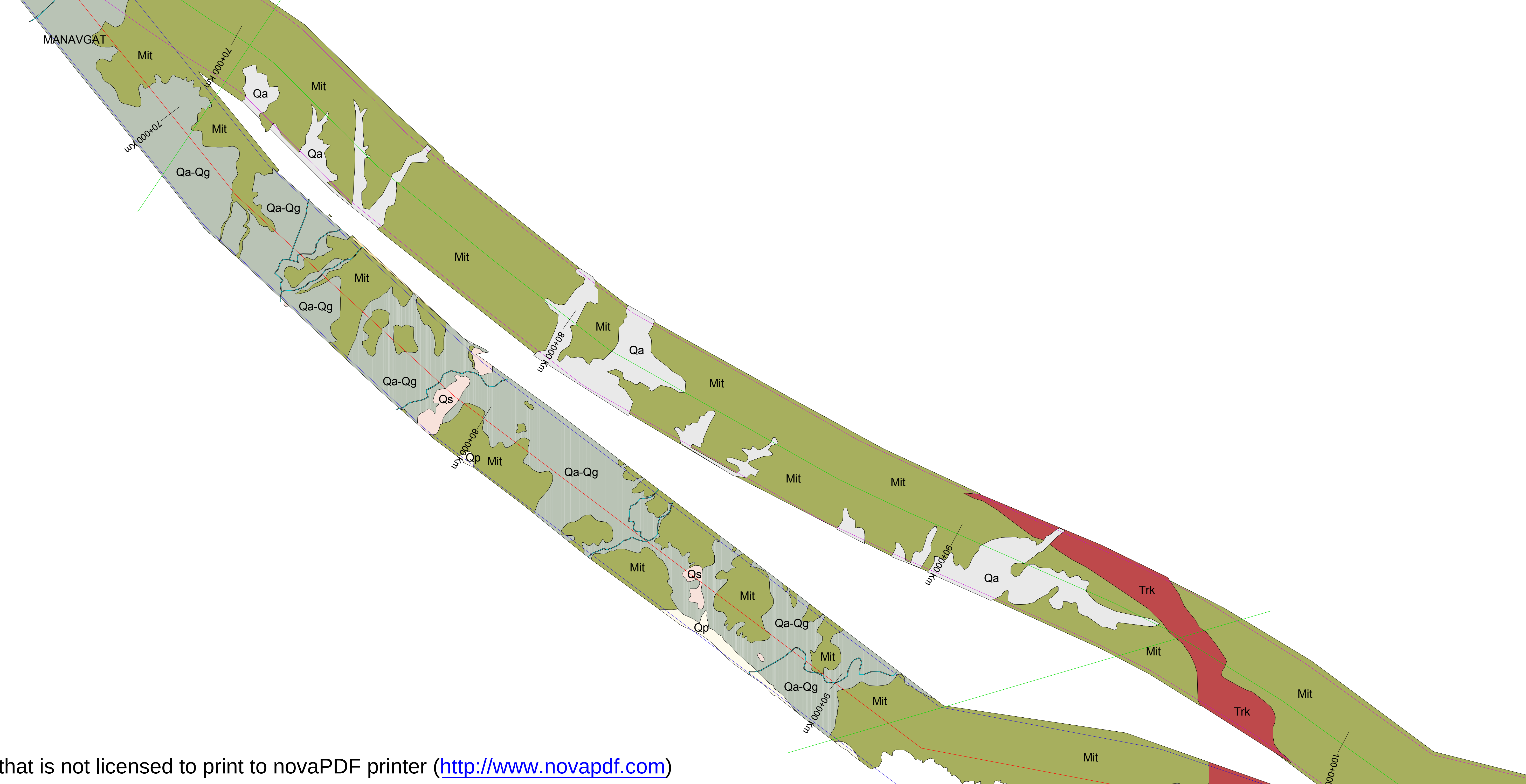




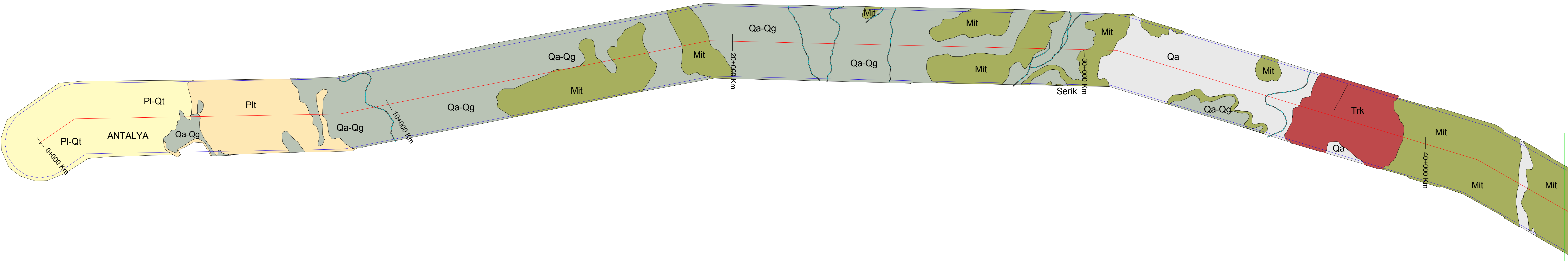


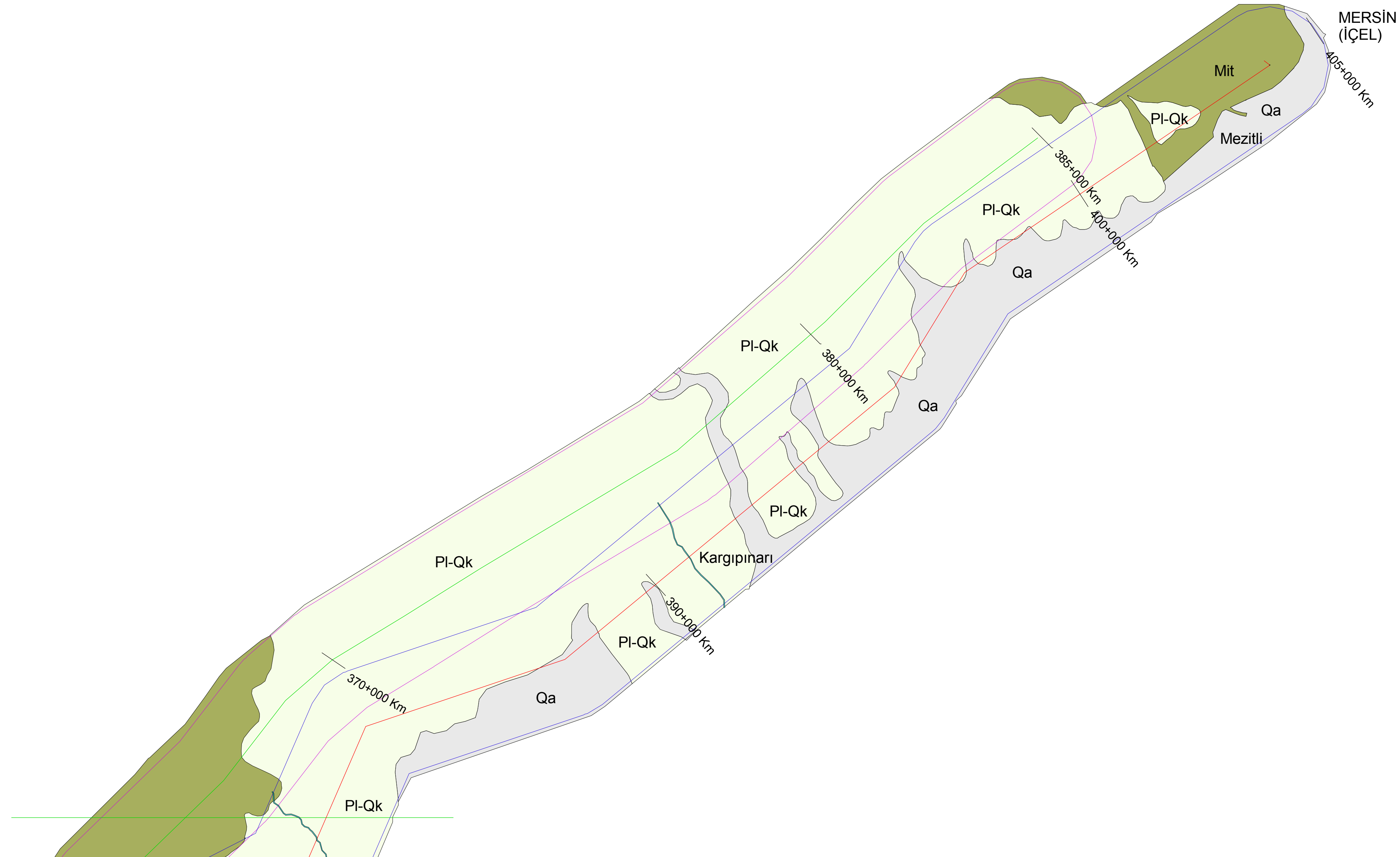












III. Geçkinin boyuna profili
(Ek III Cilt: 2'nin içindedir)

IV. Geçkinin enine profili
(Ek IV Cilt: 2'nin içindedir)

V. Gekide yeralan tünellerin enine kesitleri
(Ek V Cilt: 2'nin içindedir)

- VI.** T2 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

T2 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması, değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf	72	Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta		
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ? 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik	3	
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler		
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütlesi		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük,	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler	3	
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)	0,6	
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem		
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Eklem Alterasyon,		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş eklem duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvama,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçaları ve	8	
L	veya		killi dolgu bantları (kil egemen durum		
M	8-12		için G,H ve J dikkate alınmalıdır		
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı		
P	veya		(kil egemen durum için		
R	13-20		G,H ve J dikkate alınmalıdır		
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları	1	
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	5,400	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B1	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	59,2	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	16,96	$E_m=10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	3,926	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q^{0.4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	1,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	21,939	$Proof = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $Ss < 3$ için $Proof = (2/3)(J_n 0.5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2 + 0.15 \cdot B)/ESR$

Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 70 MPa
GSI = 80 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

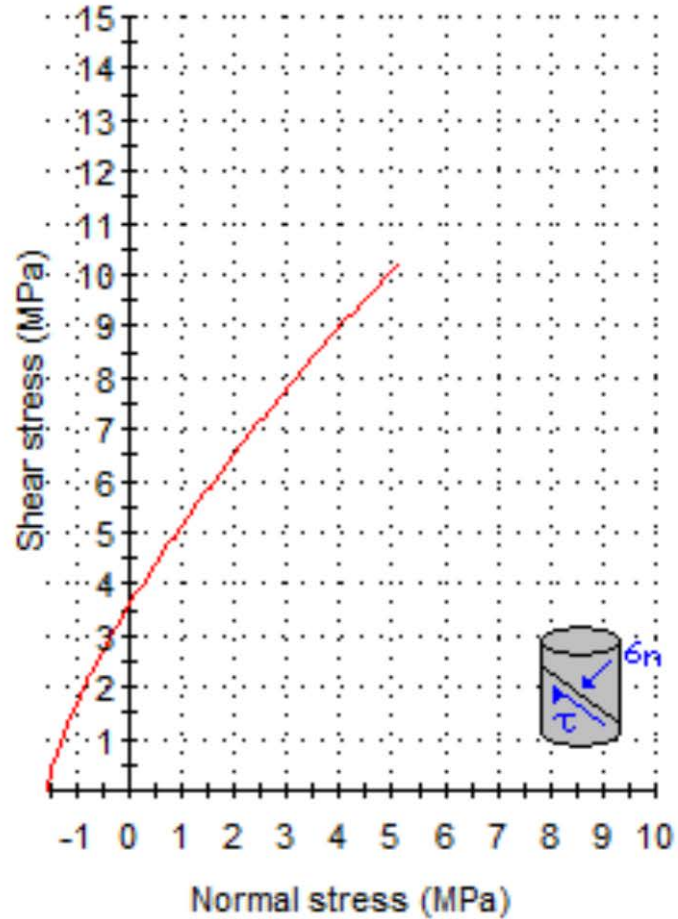
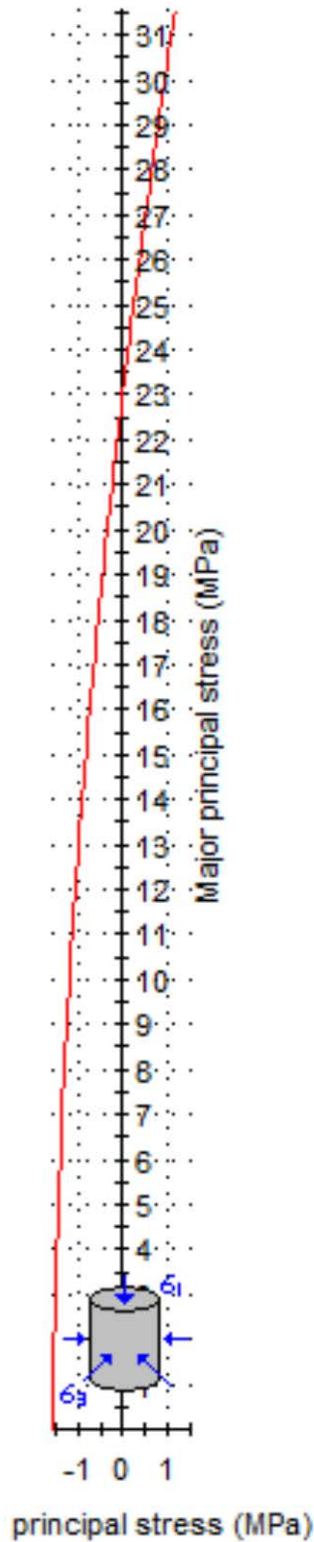
m_b = 4.895 s = 0.1084 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 3.485 MPa friction angle = 54.91 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -1.550 MPa
uniaxial compressive strength = 23.013 MPa
global strength = 26.772 MPa
deformation modulus = 10564.17 MPa



Tünel 2'nin yer aldığı ana litolojinin (Trk) mühendislik özellikleri ve değerleri

Define Material Properties

☐ T2-Trk

T2-Trk

Name: T2-Trk Material Color:

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m³): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.4

Young's Modulus (MPa): 16960 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 Ez (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown ☐ ☐ Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 70 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 4.895 mb Parameter (resid): 1

s Parameter (peak): 0.1084 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

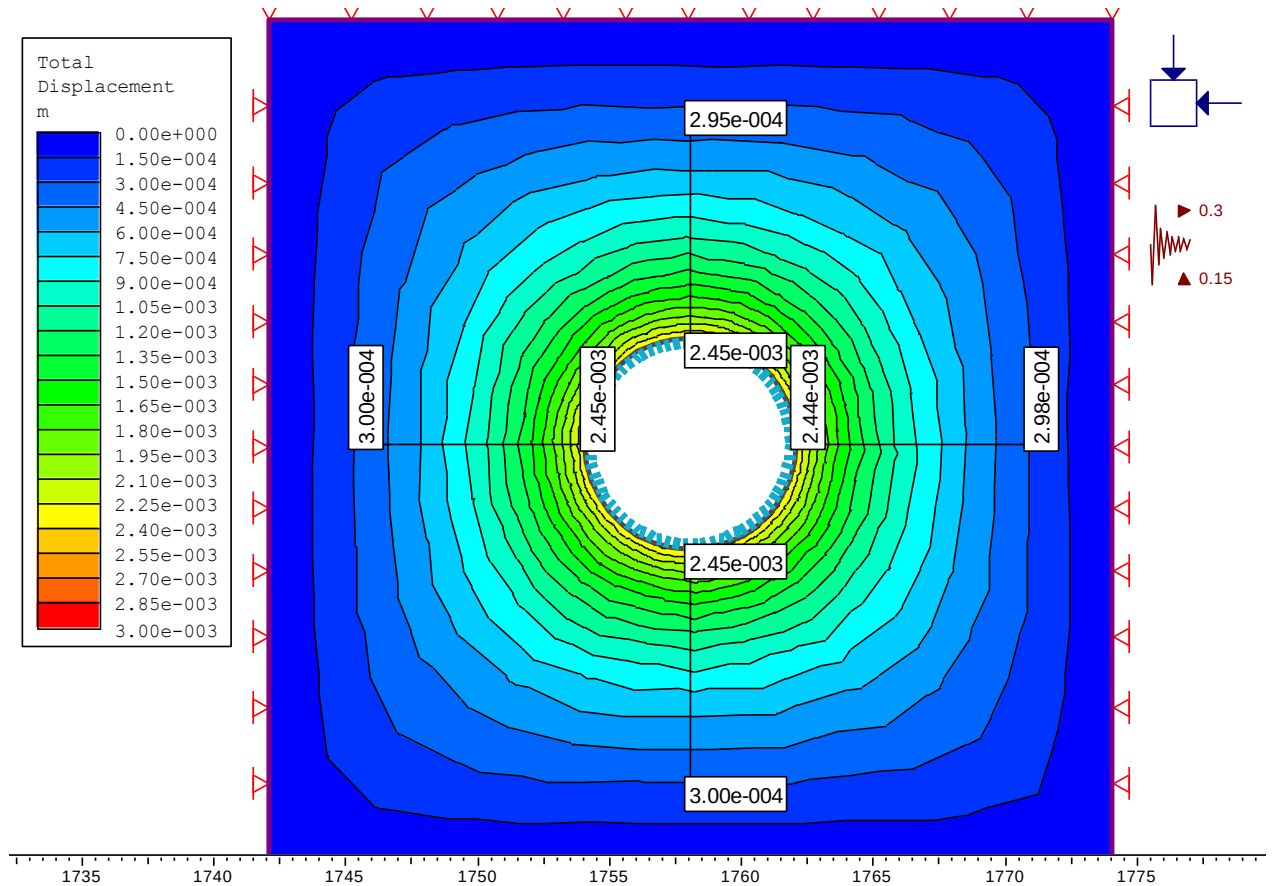
Define Factors... Define Properties...

Unsaturated Shear Strength

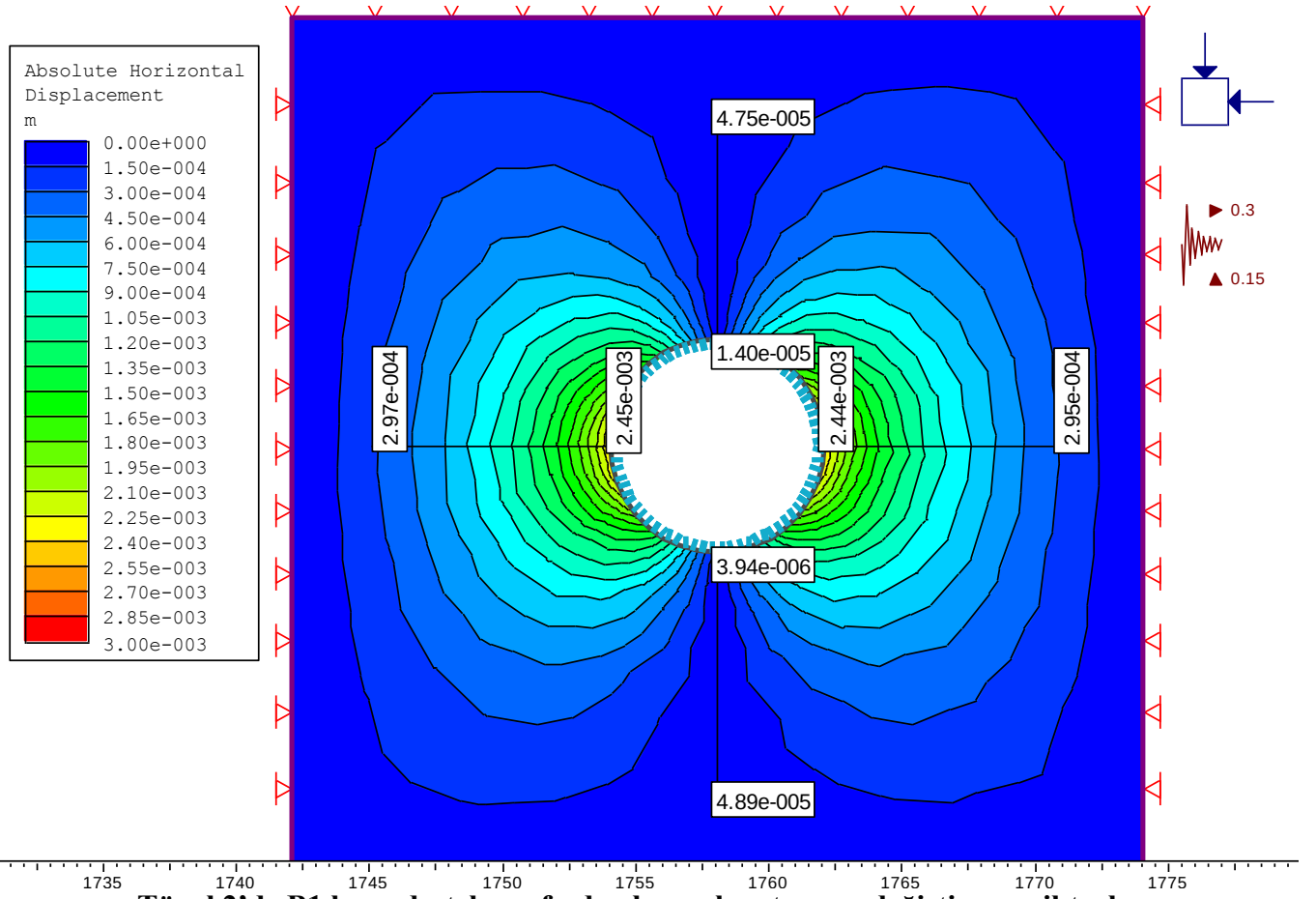
Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

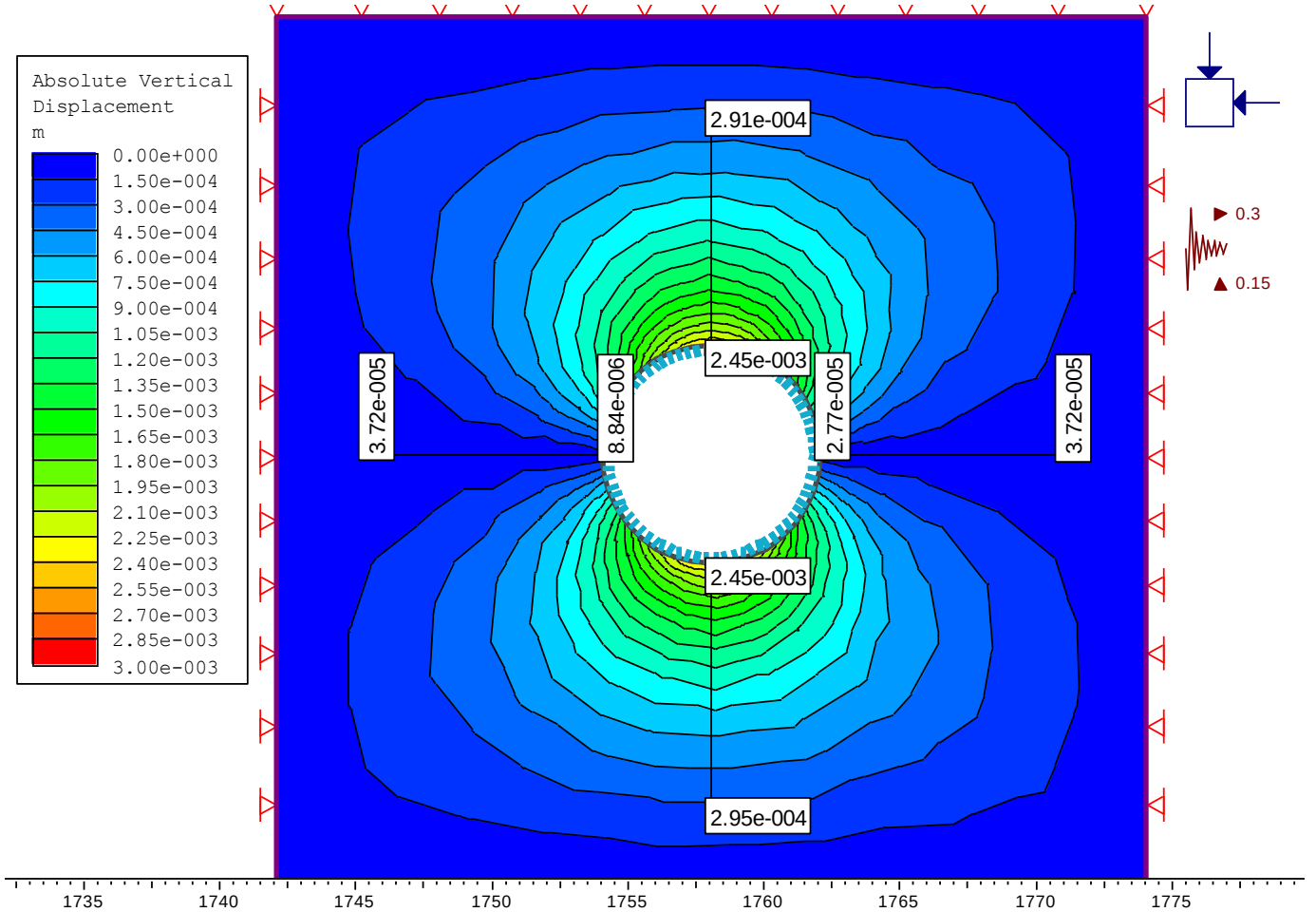
Tünel 2'nin yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri



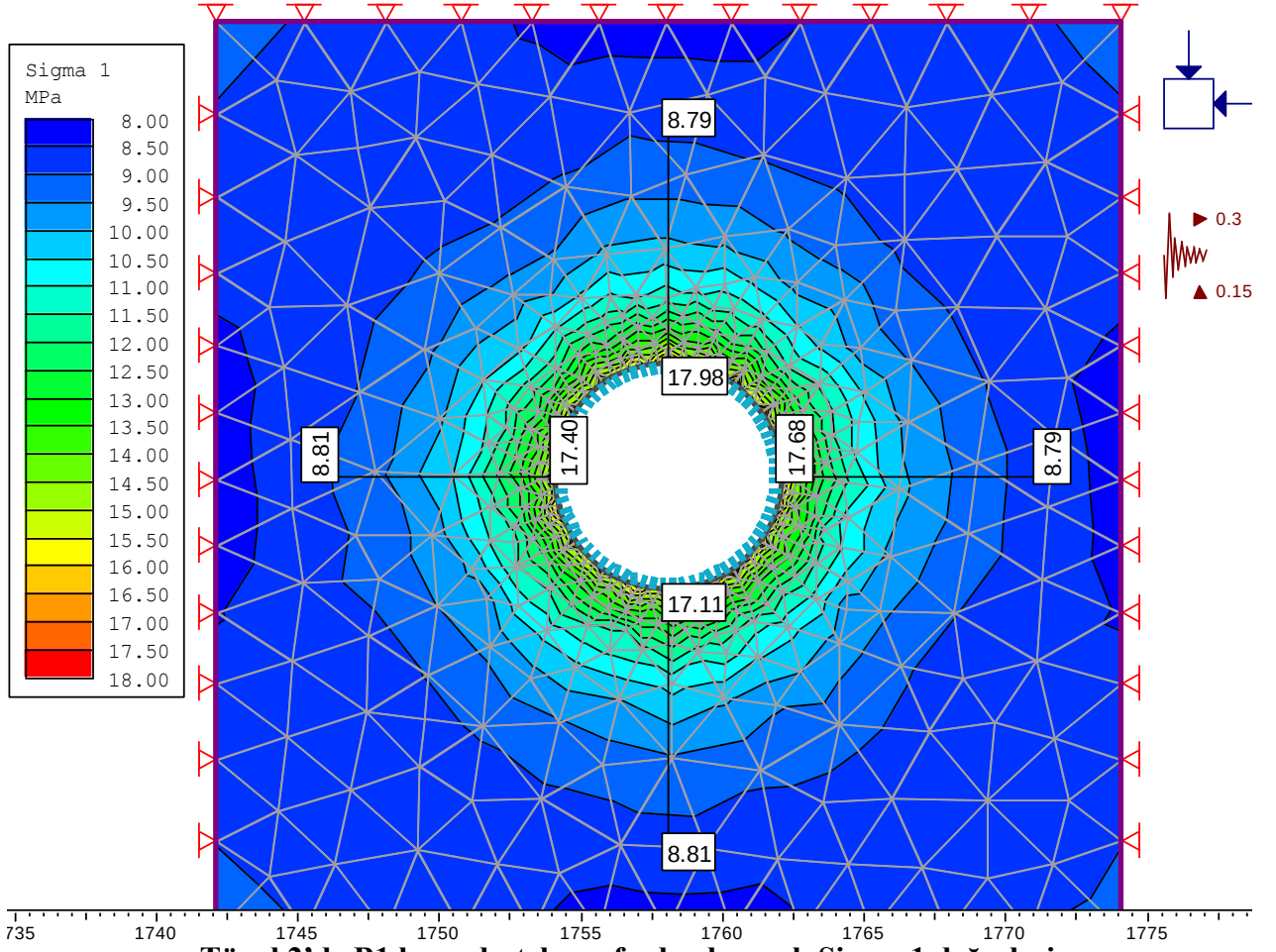
Tünel 2'de B1 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları



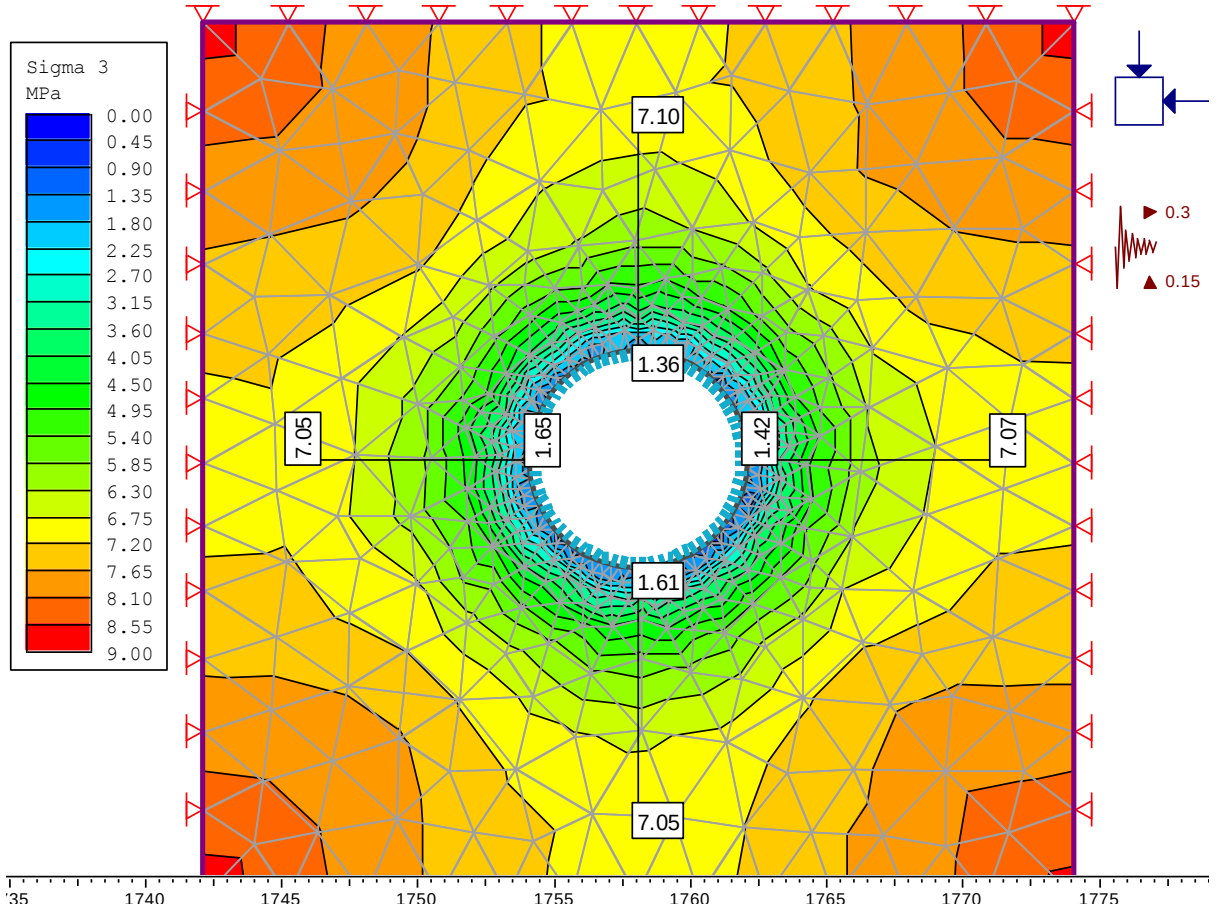
Tünel 2'de B1 kaya destek sınıfında oluşacak yatay yer değiştirme miktarları



Tünel 2'de B1 kaya destek sınıfında oluşacak düşey yer değiştirme miktarları



Tünel 2'de B1 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 1 değerleri



Tünel 2'de B1 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 3 değerleri

VII. T3 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

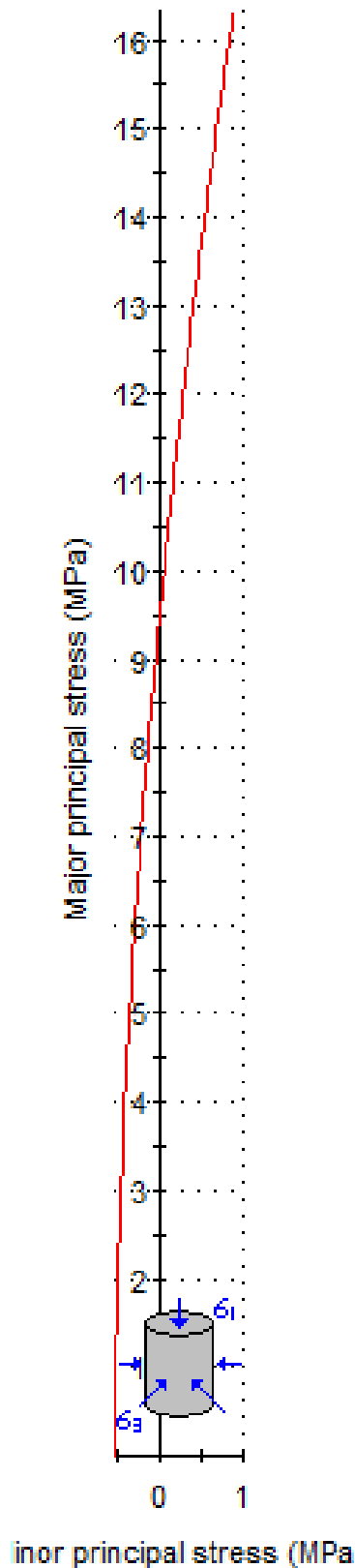
T3 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf	65	Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta		
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ? 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik	4	
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler		
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütlesi		
Kesişim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük,	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler	2	
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgah		
C	2	Pürüzsüz, dalgah		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgah		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)	0,6	
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem		
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Eklem Alterasyon,	Tanımlama		Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş eklem duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvamalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktar ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve	9	
L	veya		killi dolgu bantları (kil egemen durum		
M	8-12		için G,H ve J dikkate alınmalıdır		
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt -		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı		
P	veya		(kil egemen durum için		
R	13-20		G,H ve J dikkate alınmalıdır		
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF	Tanımlama		Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5	Yüzeye yakın, düşük stres,			
J	1.0	Orta stres, uygun stres koşulları			
K	0.5-2.0	Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		1,5	
L	5-50	Masif kayalarda >1 saat için			
M	50-200	Masif kayalarda birkaç dakikadan			
N	200-400	Masif kayalarda önemli kaya			
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	1,444	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B2	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	47,3	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	8,57	$Em=10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	2,317	$B_{mu}=2 \cdot (ESR) \cdot Q_{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	2,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	58,976	$Proof=(2/J_r)(Q-1/3)$ veya $Ss<3$ için $Proof=(2/3)(J_n0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L=(2+0,15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa
 GSI = 70 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

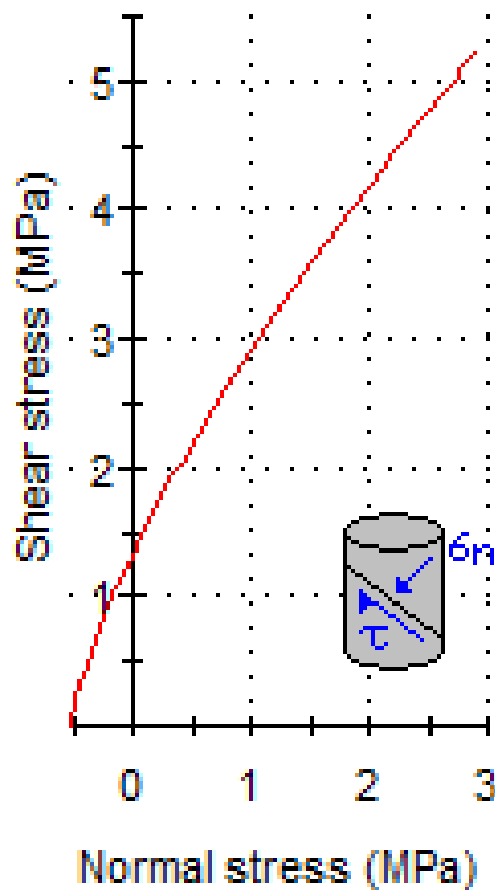
m_b = 3.425 s = 0.0357 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 1.388 MPa friction angle = 54.61 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.521 MPa
 uniaxial compressive strength = 9.401 MPa
 global strength = 14.051 MPa
 deformation modulus = 8793.77 MPa



Tünel 3'ün yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değişirgeleri

Define Material Properties

..... ☒ T3-Trkb

T3-Trkb

Name: T3-Trkb Material Color: Material Color

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m3): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 8570 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 Ez (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 50 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 3.425 mb Parameter (resid): 1

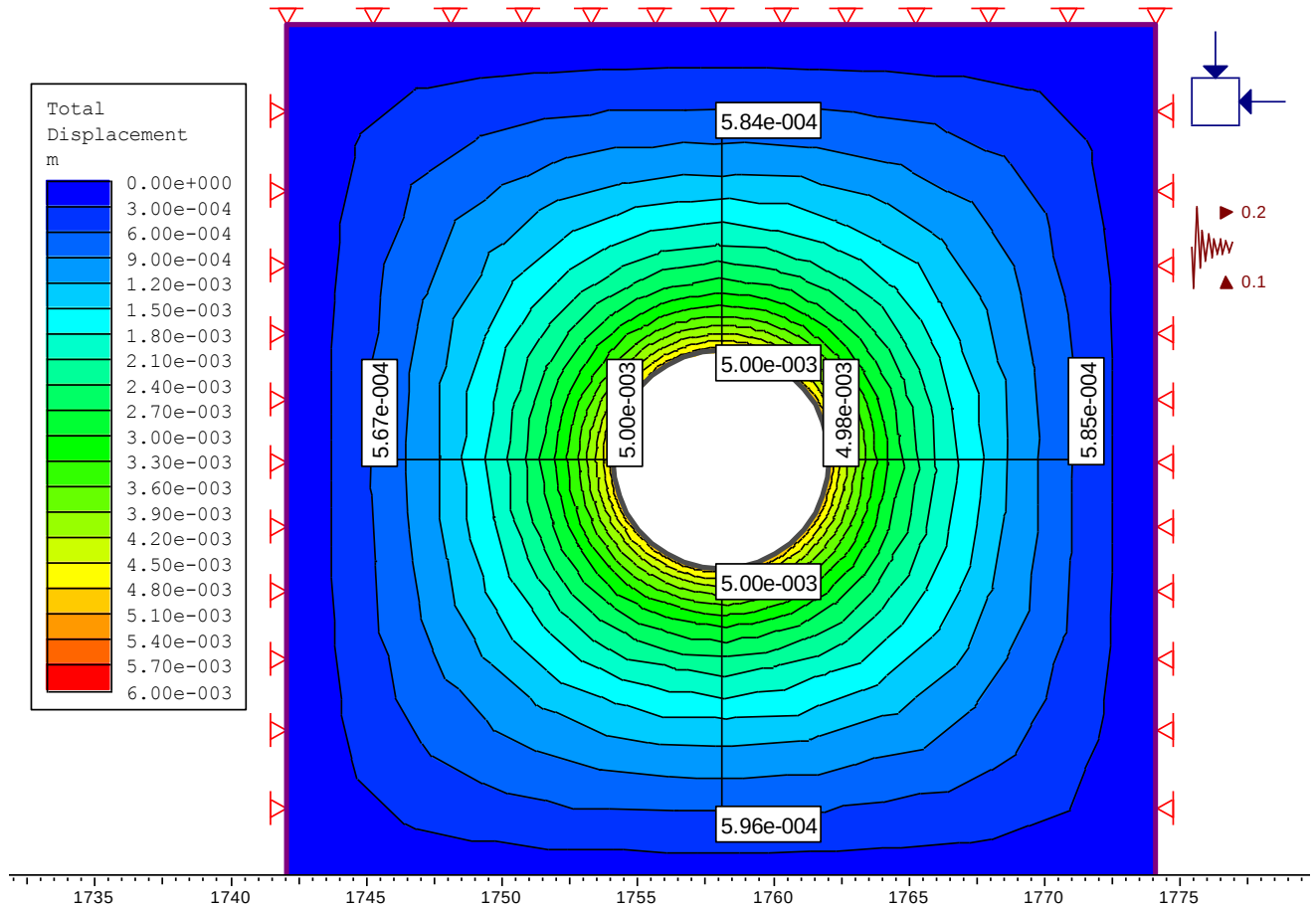
s Parameter (peak): 0.0357 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent **Unsaturated Shear Strength**

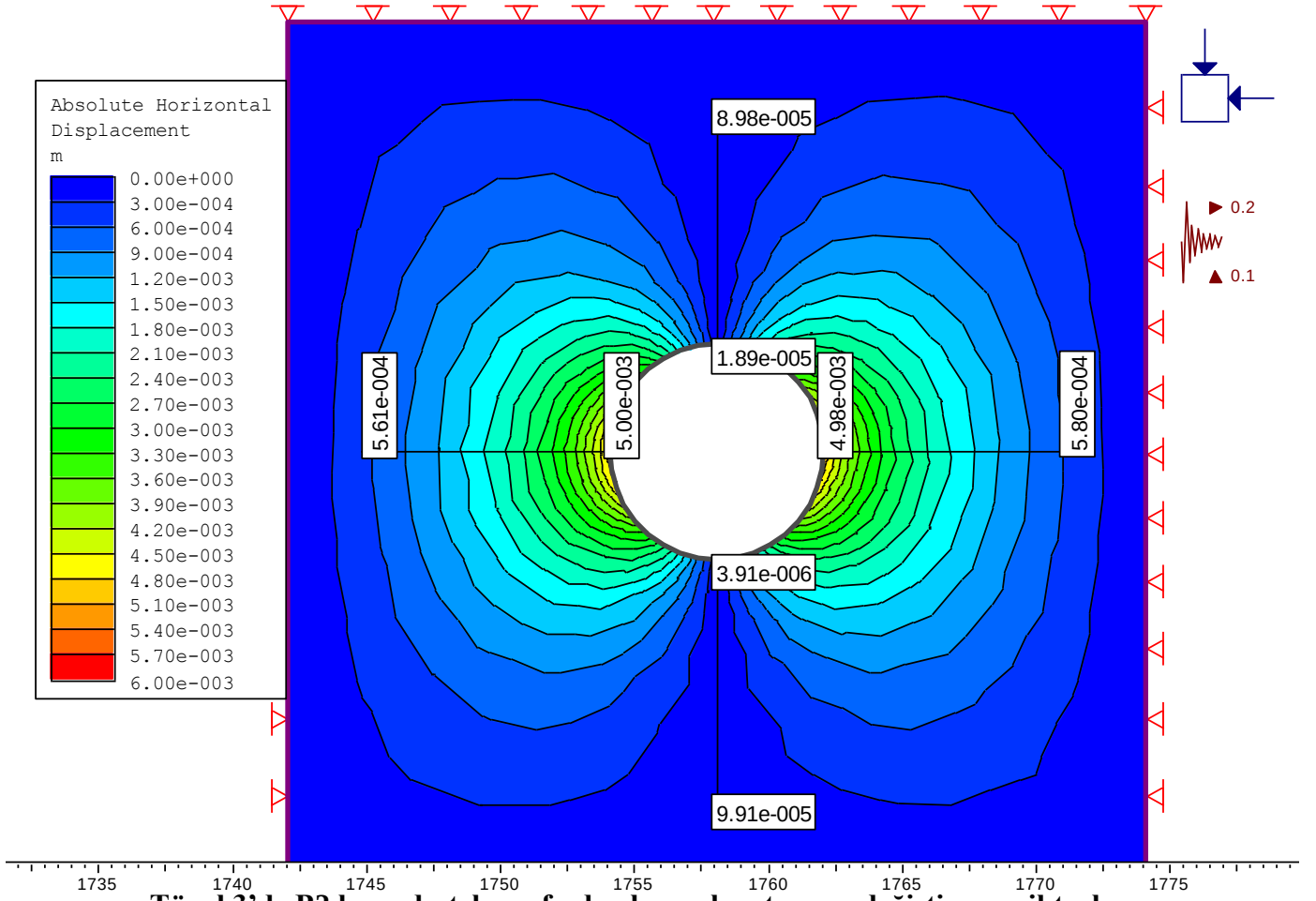
Define Factors... Define Properties... Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

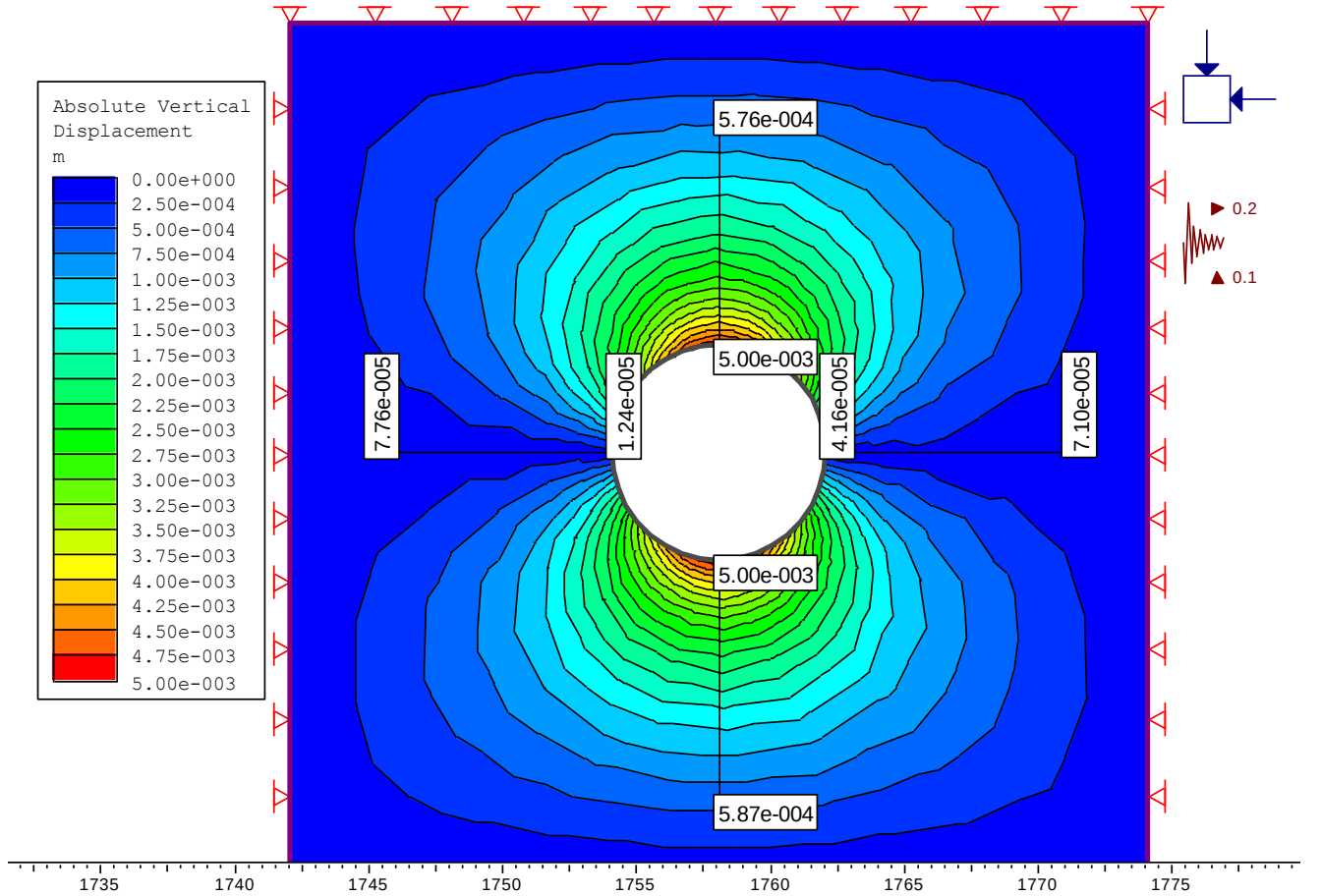
Tünel 3'ün yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri



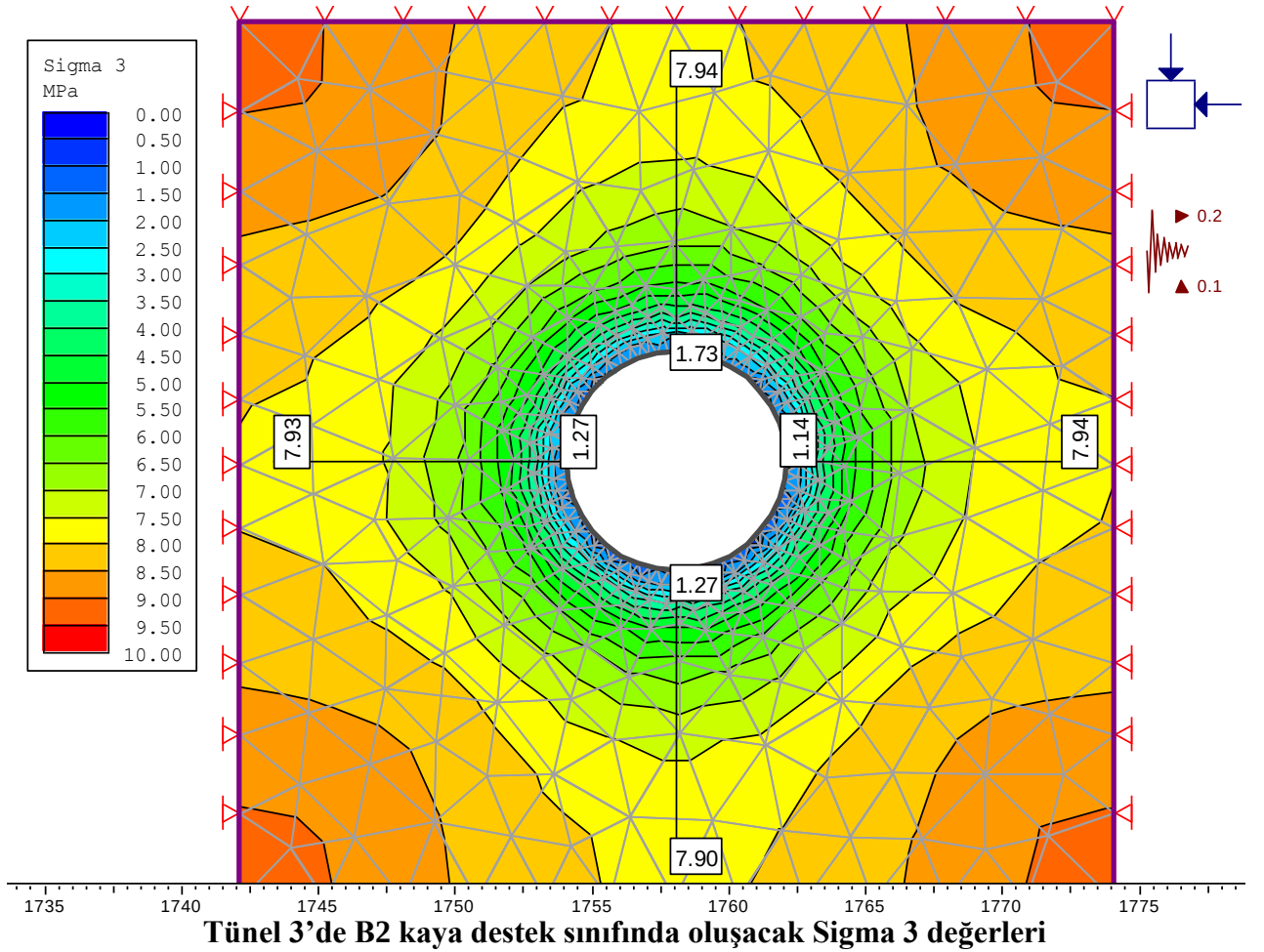
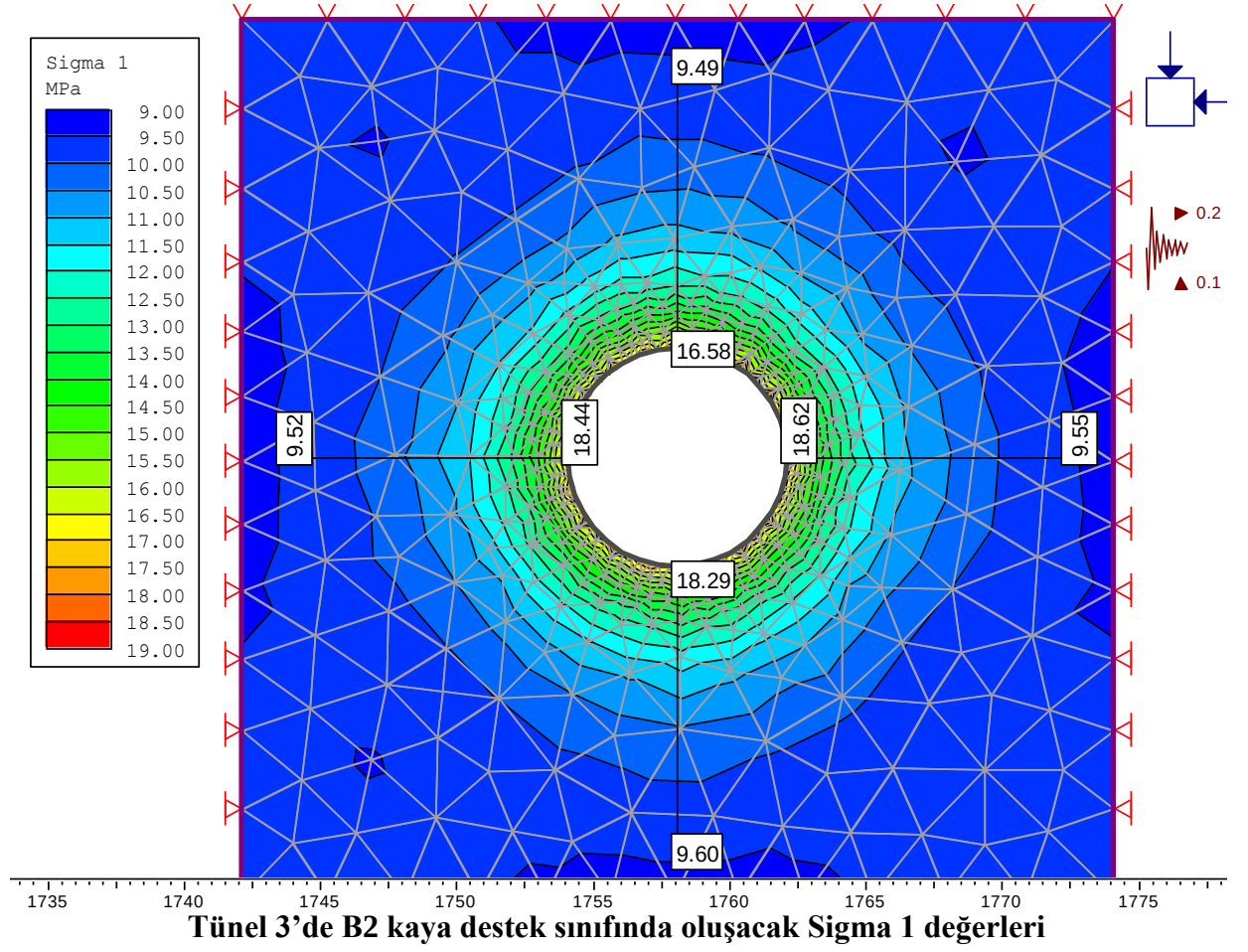
Tünel 3'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları



Tünel 3'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak yatay yer değiştirme miktarları



Tünel 3'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak düşey yer değiştirme miktarları



VIII. T4 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

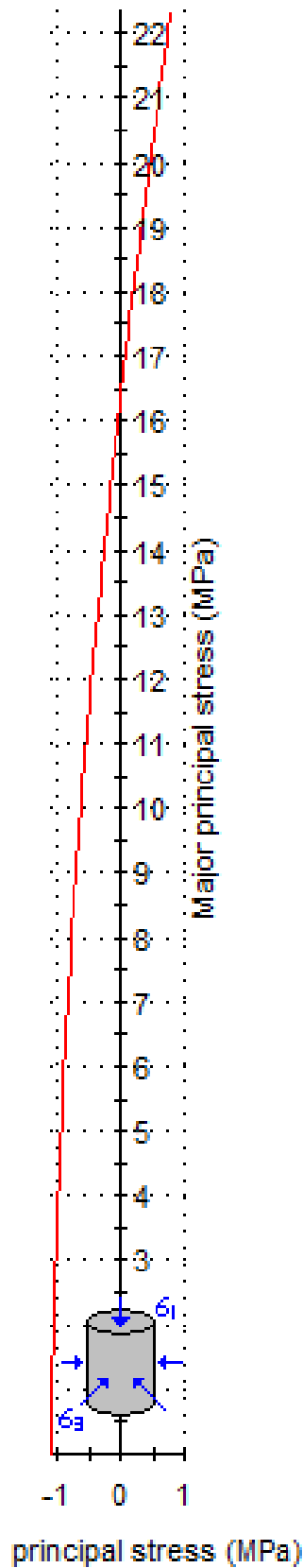
T4 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf	81	Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta		
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ? 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik	3	
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler		
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütlesi		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük,	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler	3	
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)	1	
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem		
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Eklem Alterasyon,		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş eklem duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvamalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve	8	
L	veya		killi dolgu bantları (kil egemen durum		
M	8-12		için G,H ve J dikkate alınmalıdır		
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı		
P	veya		(kil egemen durum için		
R	13-20		G,H ve J dikkate alınmalıdır		
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları	1	
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	10,125	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	A2	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	64,8	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	23,49	$E_m=10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	5,049	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q_0,4$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	1,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	17,792	$Proof = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $Ss < 3$ için $Proof = (2/3)(J_n 0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2+0,15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa
 GSI = 80 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

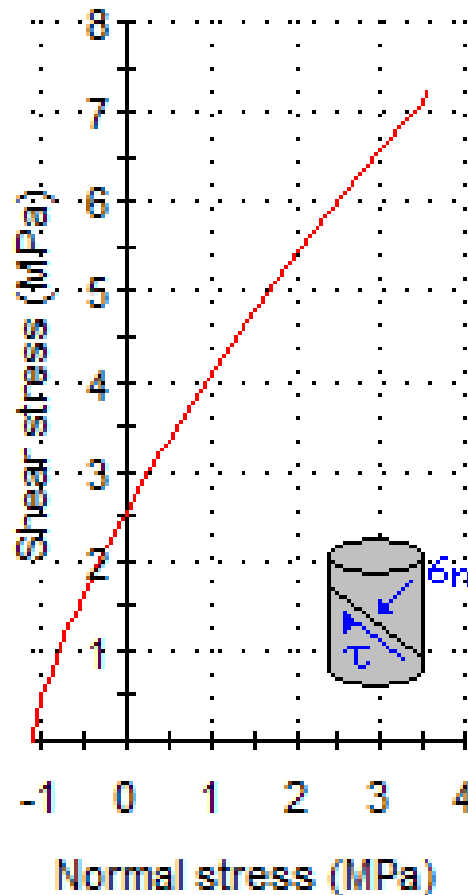
m_b = 4.895 s = 0.1084 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 2.486 MPa friction angle = 55.02 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -1.107 MPa
 uniaxial compressive strength = 16.438 MPa
 global strength = 19.123 MPa
 deformation modulus = 10564.17 MPa



Tünel 4'ün yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değıştirgeleri

Define Material Properties

T4-Trkb

Name: T4-Trkb Material Color: ■

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m³): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 23490 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 E3 (MPa): 20000

ν_{12} : 0.2 ν_{13} : 0.2 ν_{23} : 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown ☐ ☐ Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 50 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 4.895 mb Parameter (resid): 1

s Parameter (peak): 0.1084 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

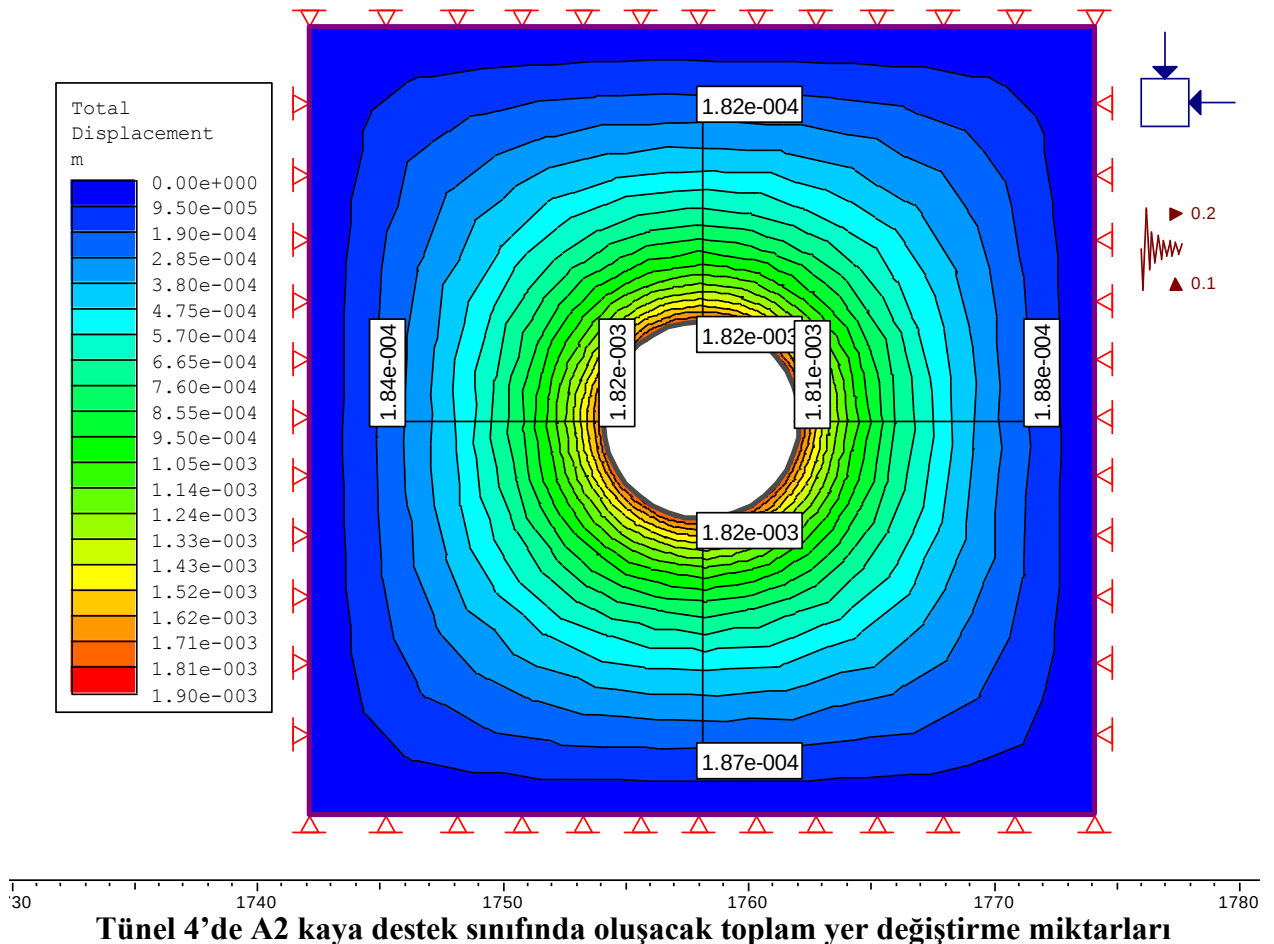
Define Factors... Define Properties...

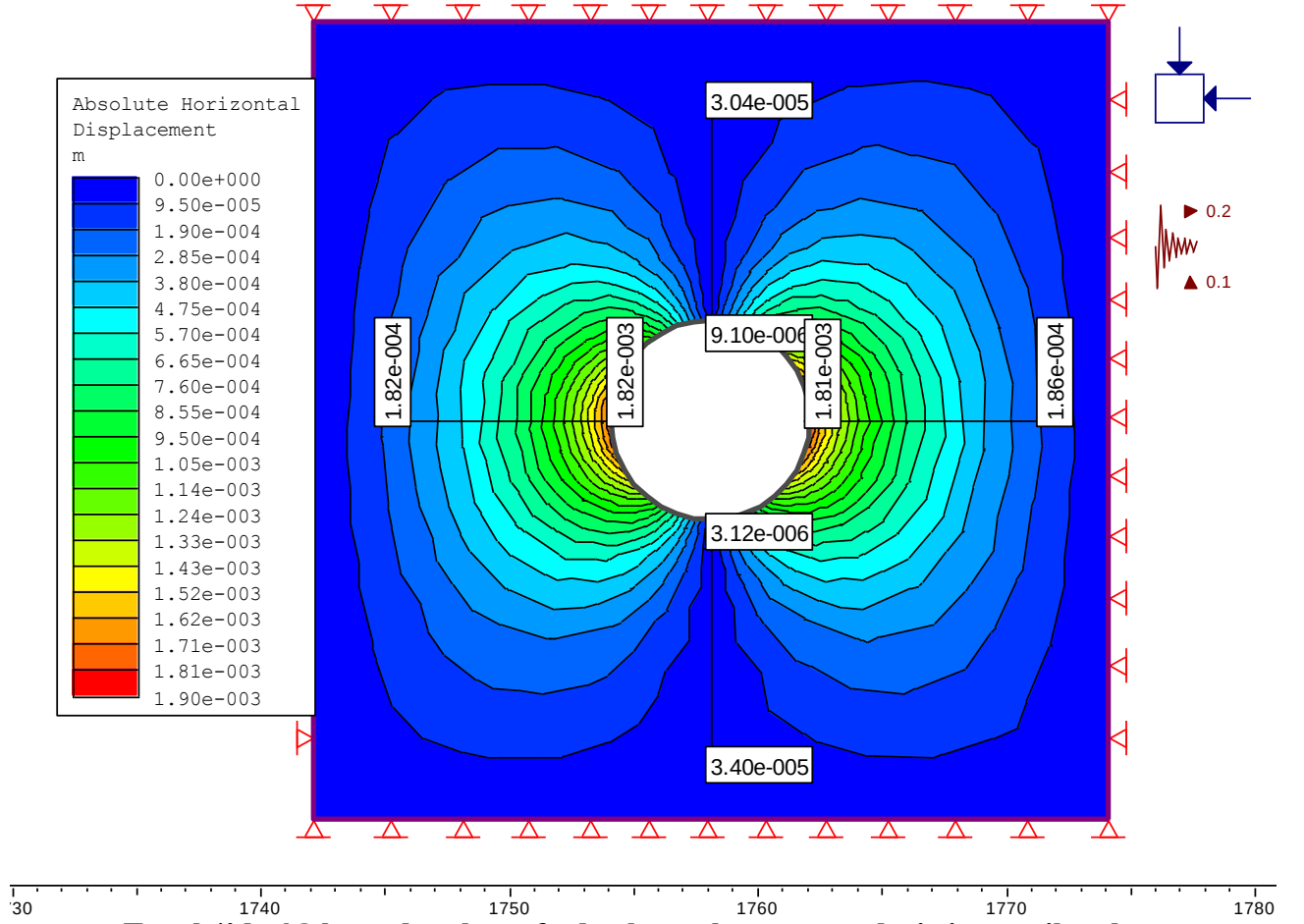
Unsaturated Shear Strength

Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

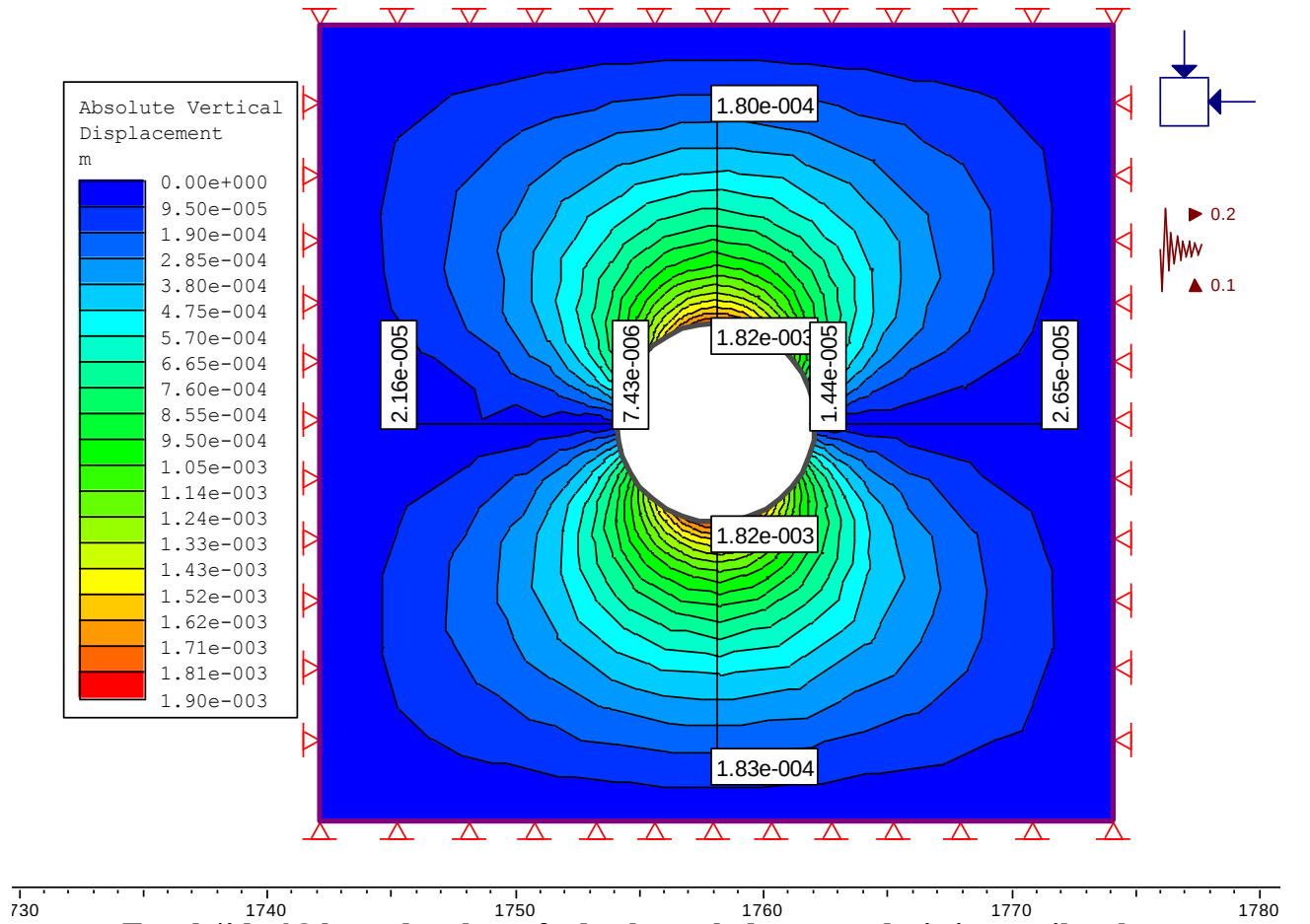
Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

Tünel 4'ün yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri

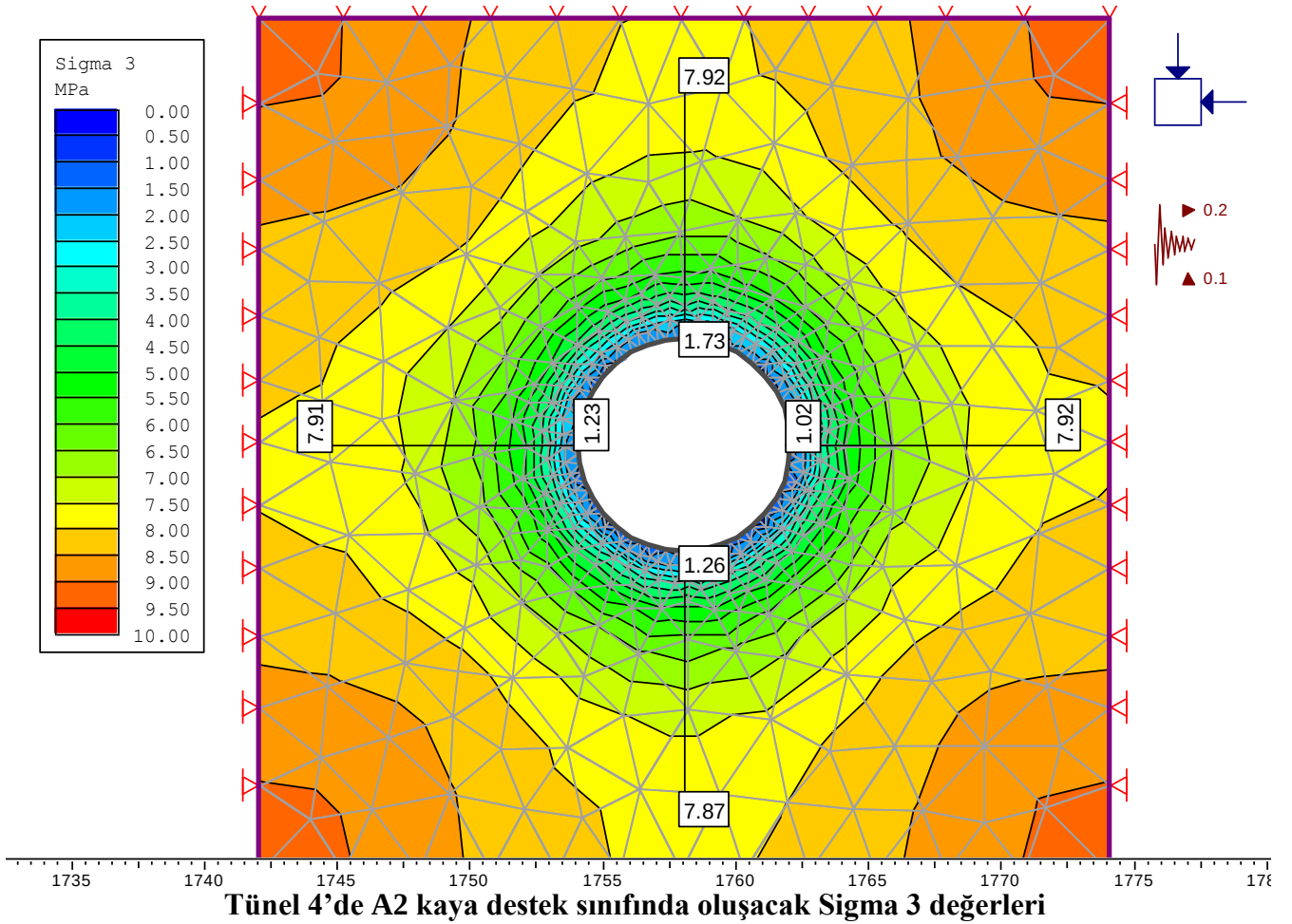
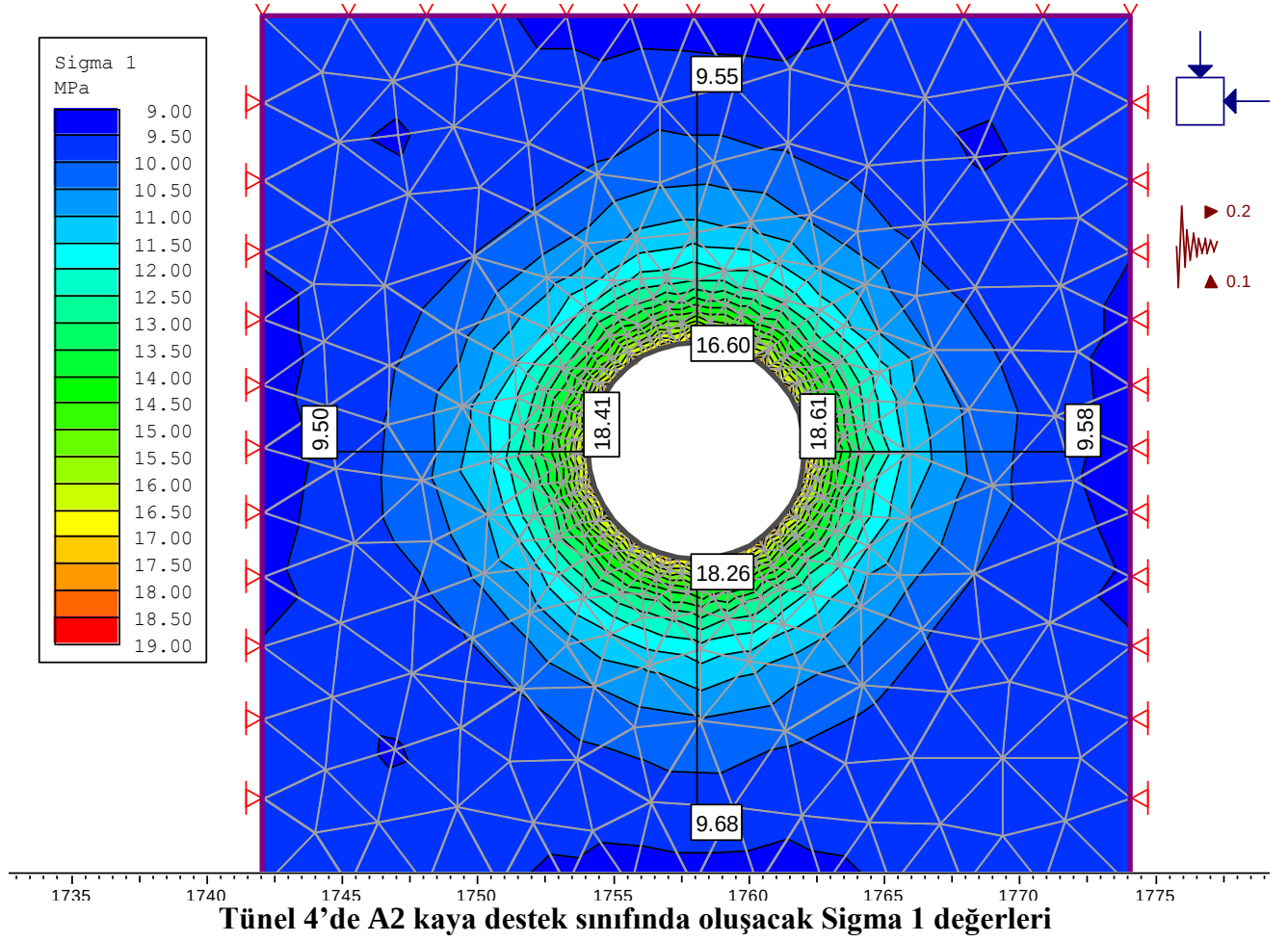




Tünel 4'de A2 kaya destek sınıfında oluşacak yatay yer değiştirme miktarları



Tünel 4'de A2 kaya destek sınıfında oluşacak düşey yer değiştirme miktarları



- IX.** T5 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

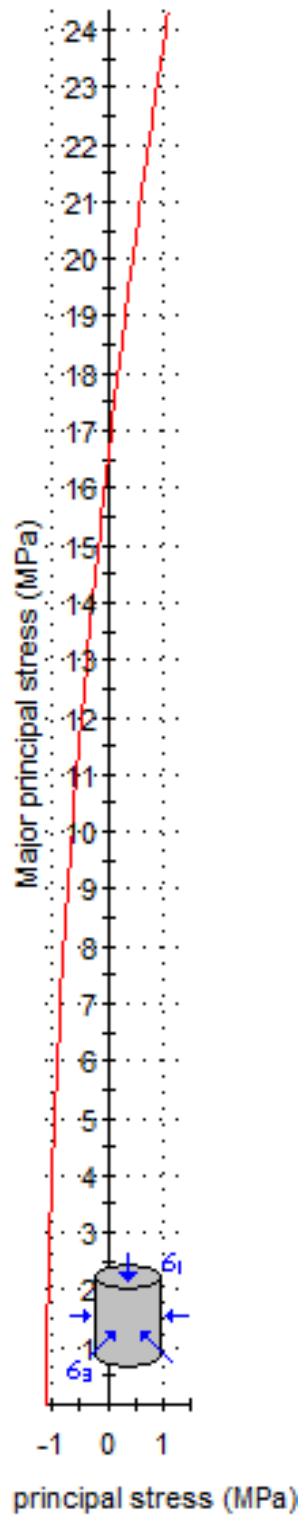
T5 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf	89	Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta		
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ? 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik	3	
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler		
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütlesi		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük,	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler	2	
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgah		
C	2	Pürüzsüz, dalgah		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgah		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kahm kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)	1	
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem		
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Eklem Alterasyon,		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş eklem duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve	9	
L	veya		killi dolgu bantları (kil egemen durum		
M	8-12		için G,H ve J dikkate alınmalıdır		
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı		
P	veya		(kil egemen durum için		
R	13-20		G,H ve J dikkate alınmalıdır		
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeğe yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları		
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,	0,5	
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	13,185	$(RQD/J_r) * (J_r/J_a) * (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	A2	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	67,2	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	26,93	$Em=10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B, H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	5,611	$B_{mu}=2*(ESR)*Q^{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	1,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	24,439	$Proof=(2/J_r)(Q-1/3)$ veya $Ss<3$ için $Proof=(2/3)(J_n0,5)*(1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L=(2+0,15*B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa
 GSI = 80 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

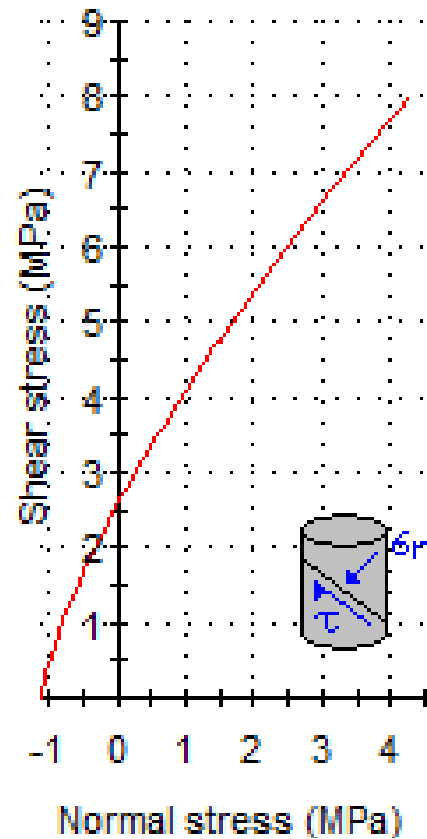
m_b = 4.895 s = 0.1084 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 2.525 MPa friction angle = 53.91 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -1.107 MPa
 uniaxial compressive strength = 16.438 MPa
 global strength = 19.123 MPa
 deformation modulus = 10564.17 MPa



Tünel 5'in yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değişirgeleri

Define Material Properties

..... ☒ T5-Trkb

T5-Trkb

Name: T5-Trkb Material Color:

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m³): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 26930 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 E3 (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 50 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 4.895 mb Parameter (resid): 1

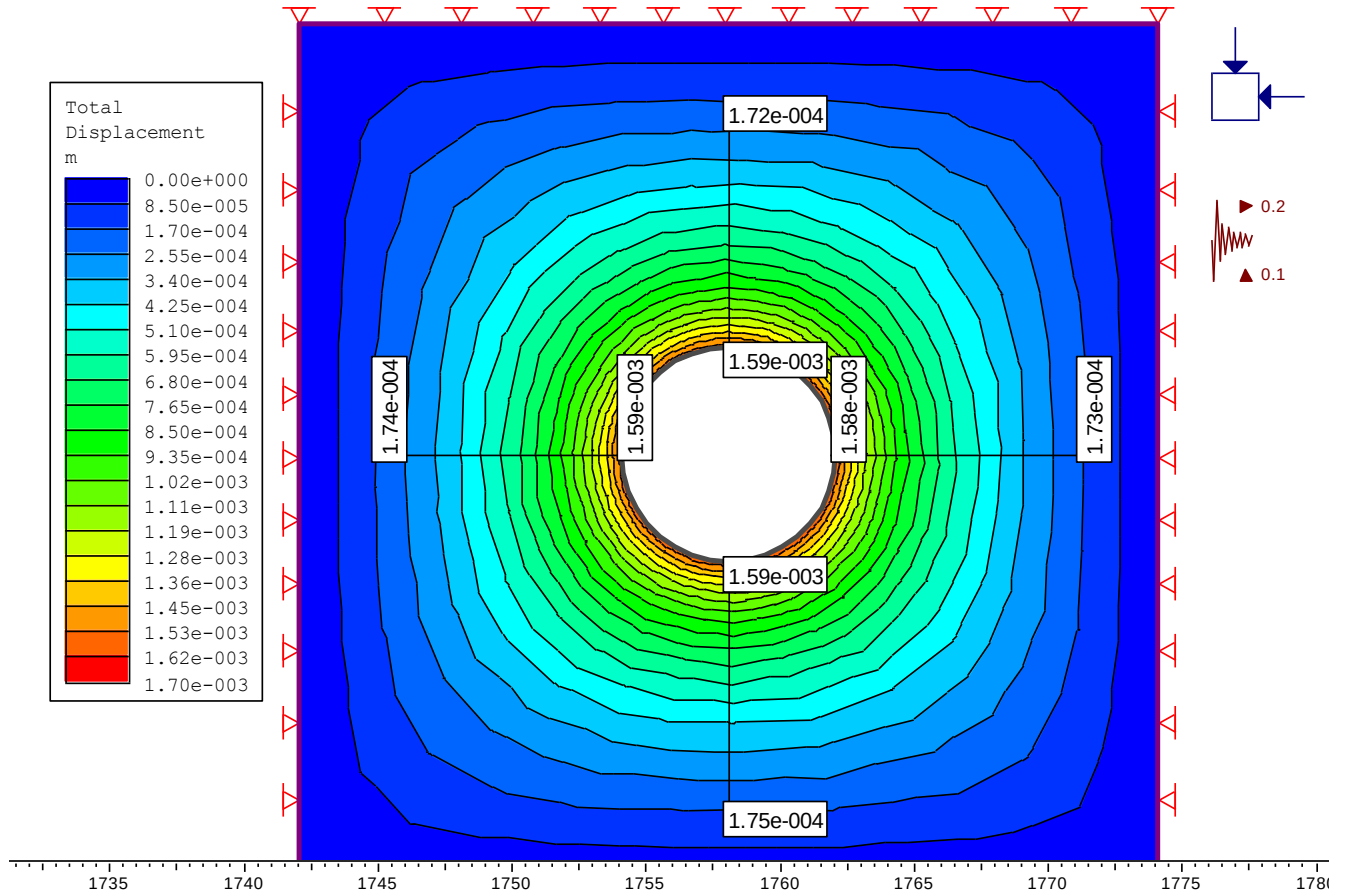
s Parameter (peak): 0.1084 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent ☐ Unsaturated Shear Strength

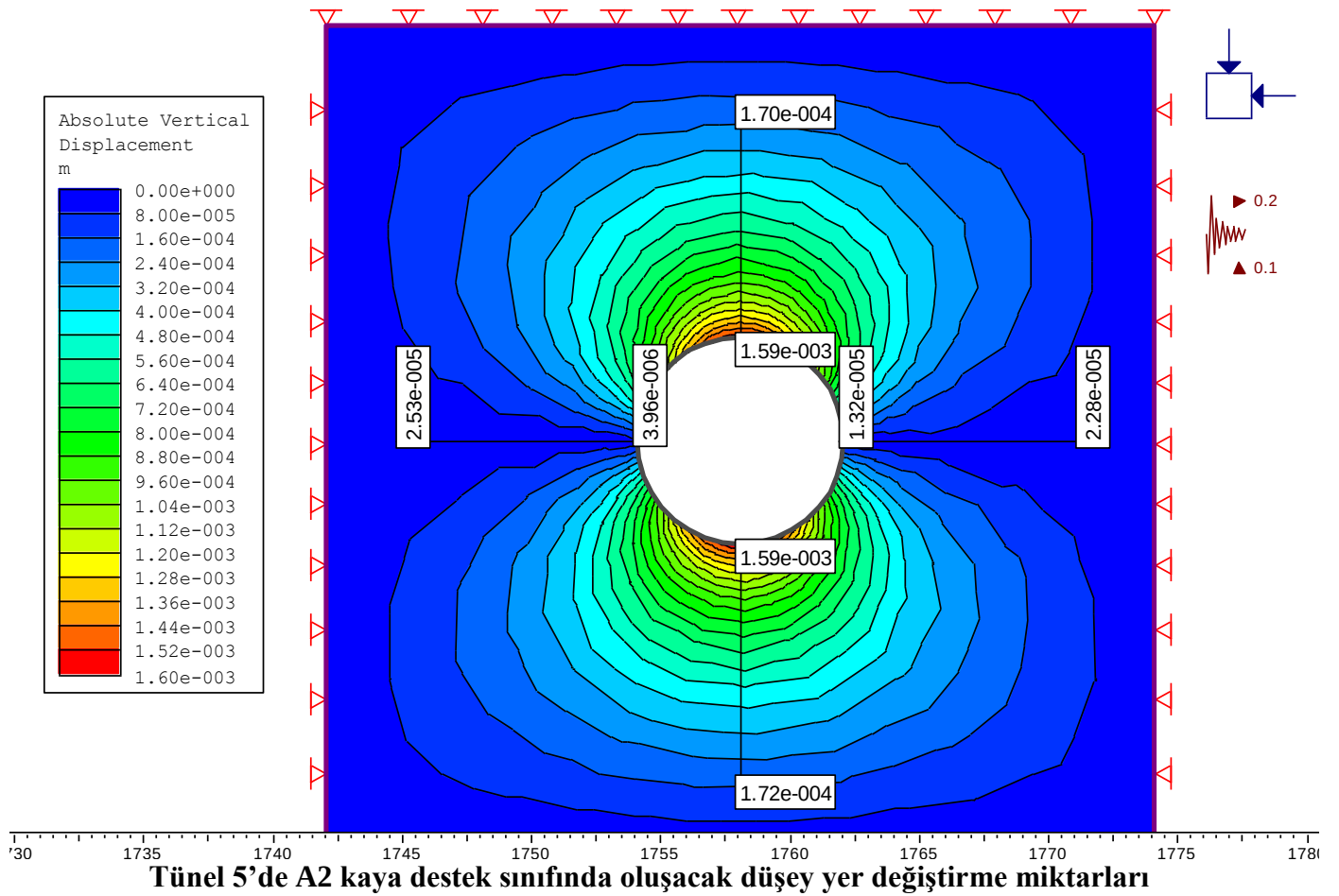
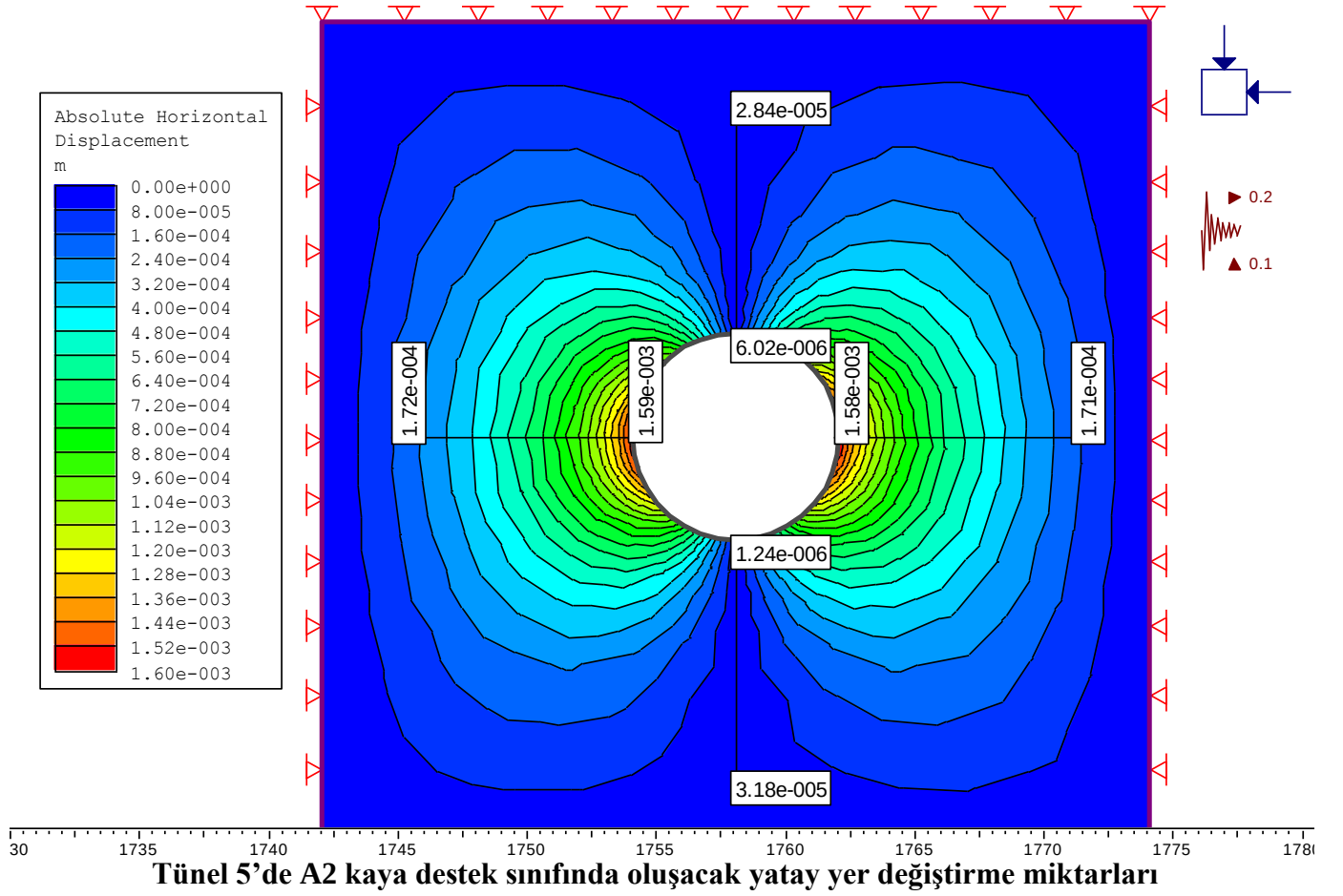
Define Factors... Define Properties... Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

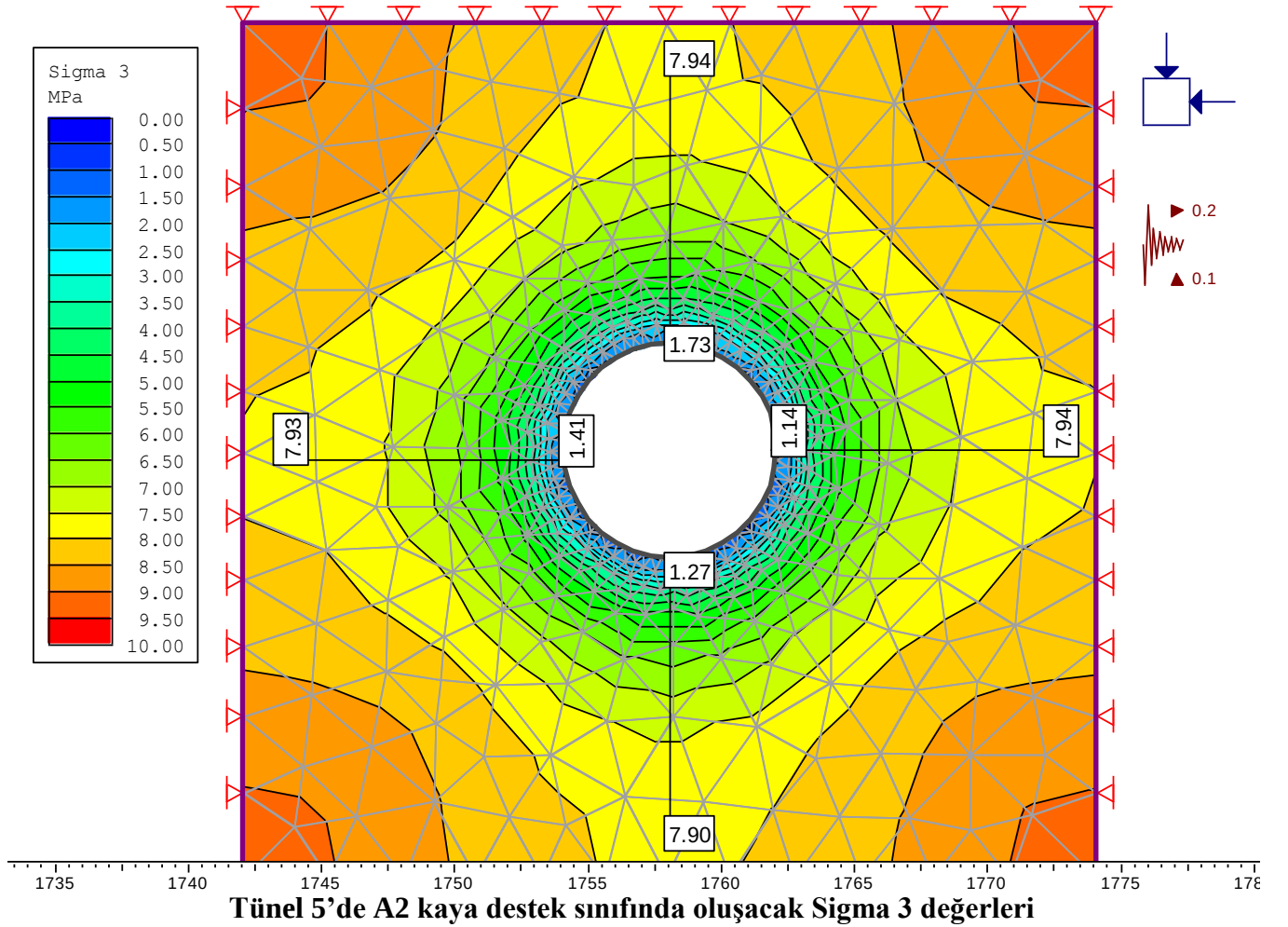
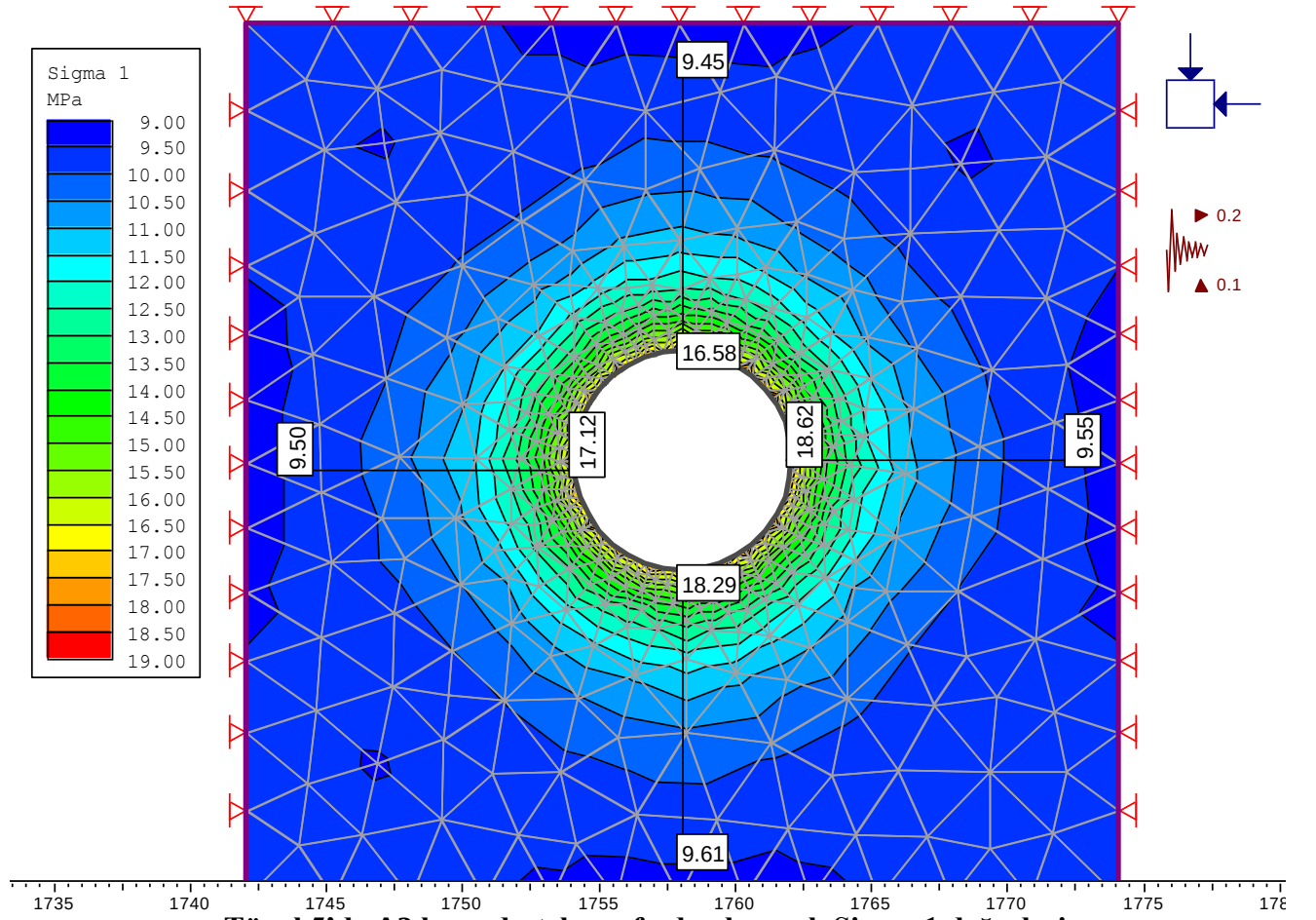
Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

Tünel 5'in yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri



Tünel 5'de A2 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları





- X.** T6 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

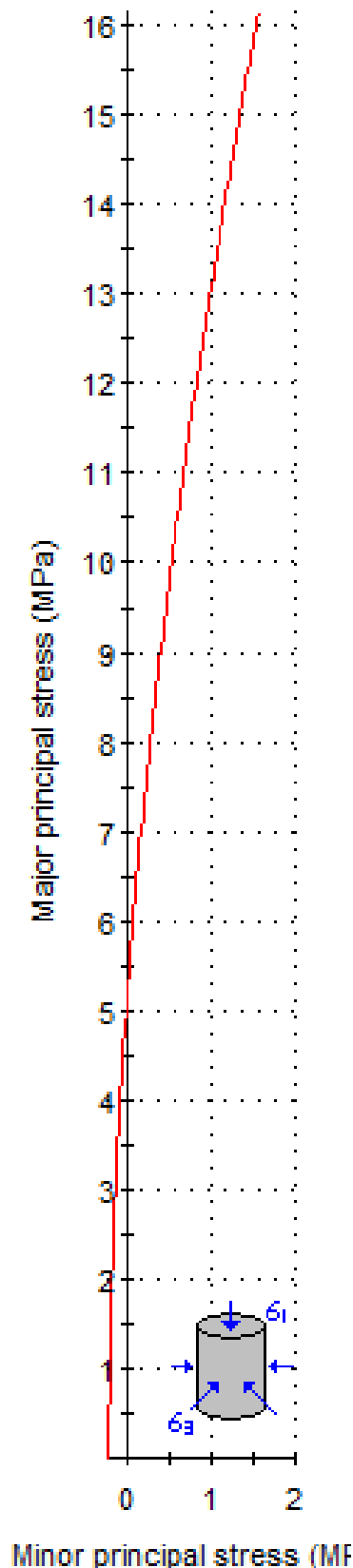
T6 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirilmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta	60	
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler		
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler	6	
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütlesi		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı	1,5	
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)		
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem	0,6	
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Eklem Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş eklem duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvama,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrılmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)	12	
L	veya				
M	8-12				
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)		
P	veya				
R	13-20				
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzece yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları		
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,	0,5	
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	1,500	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B2	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	47,6	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	8,73	$Em = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	2,352	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q^{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	2,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	95,103	$Proof = (2/J_r)(Q - 1/3)$ veya $Ss < 3$ için $Proof = (2/3)(J_n 0,5) \cdot (1/J_r)(Q - 1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2 + 0,15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa
 GSI = 60 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

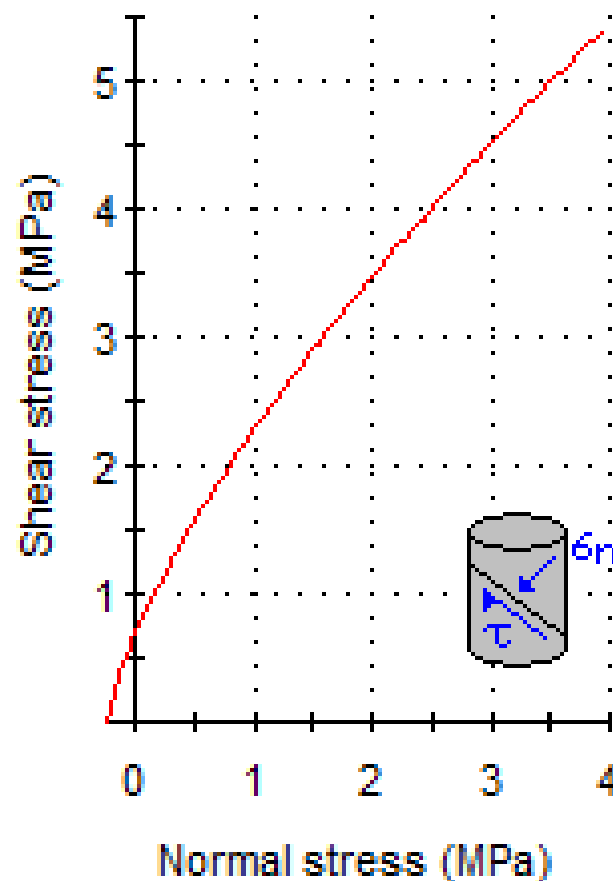
m_b = 2.397 s = 0.0117 a = 0.503

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.996 MPa friction angle = 49.86 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.245 MPa
 uniaxial compressive strength = 5.350 MPa
 global strength = 10.918 MPa
 deformation modulus = 6240.00 MPa



Tünel 6'nın yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değişirgeleri

Define Material Properties

----- T6-Trkb

T6-Trkb

Name: T6-Trkb Material Color: ■

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m³): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 8730 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 Ez (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown ☐ ☐ Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 50 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 2.397 mb Parameter (resid): 1

s Parameter (peak): 0.0117 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

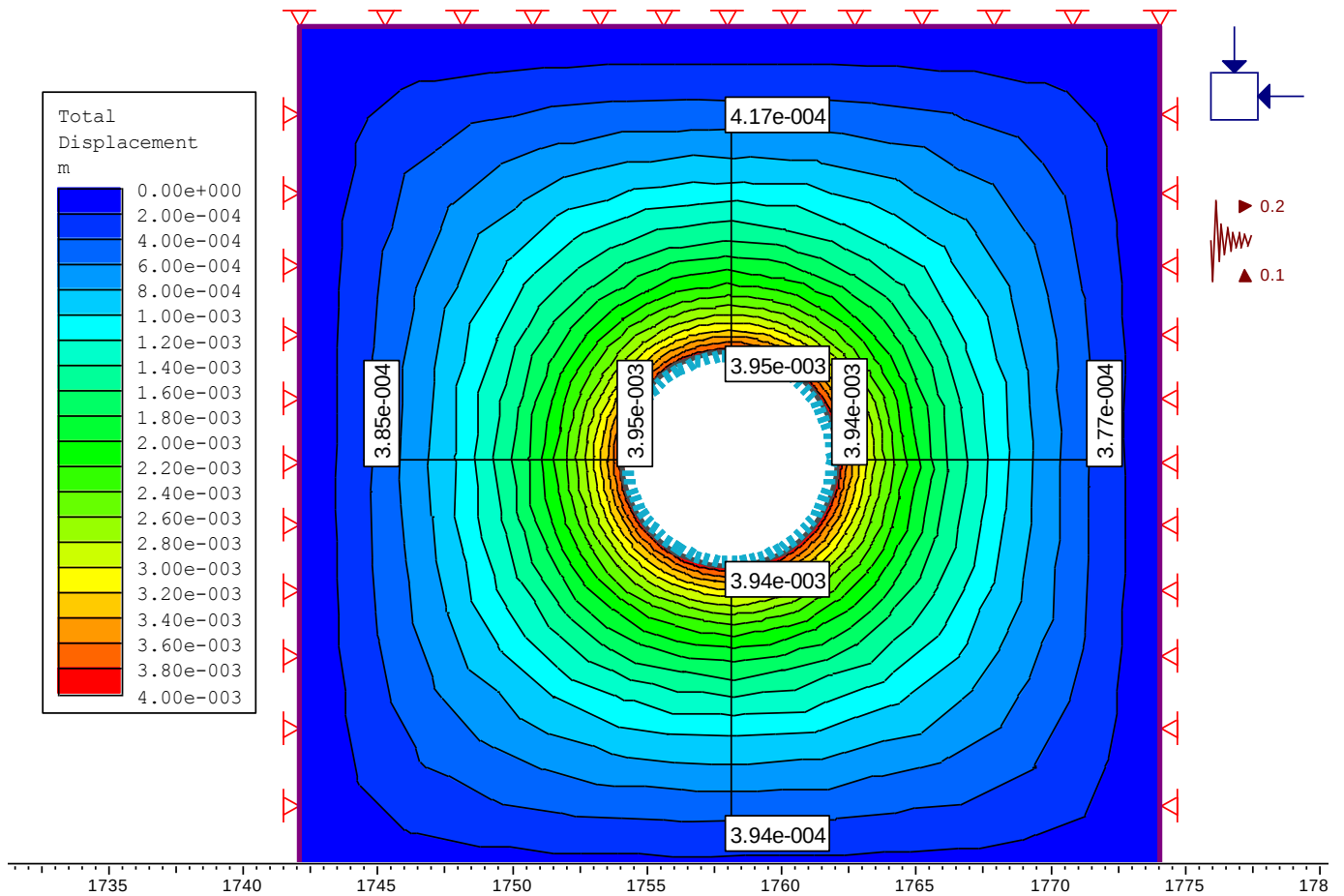
Define Factors... Define Properties...

Unsaturated Shear Strength

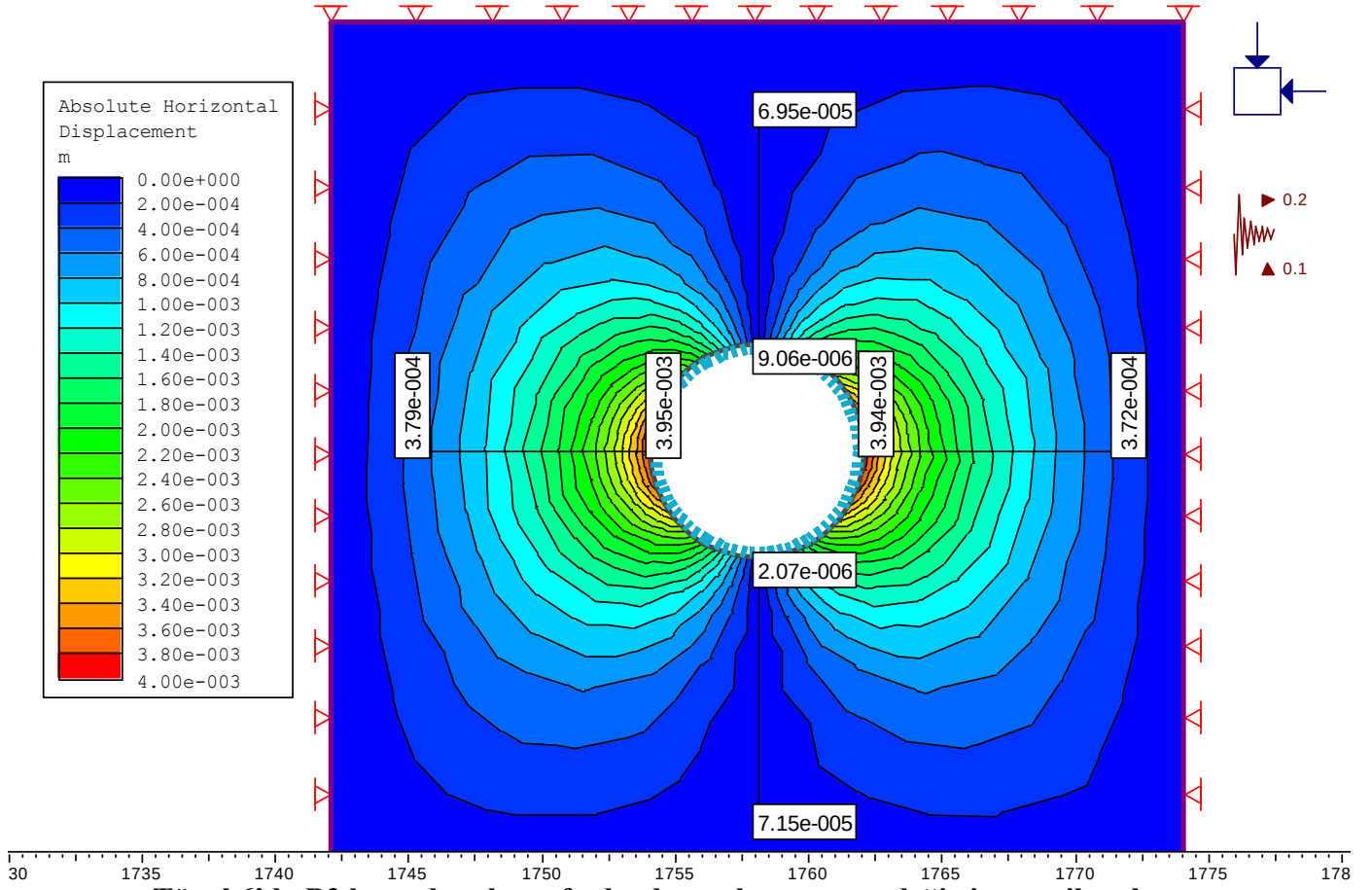
Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

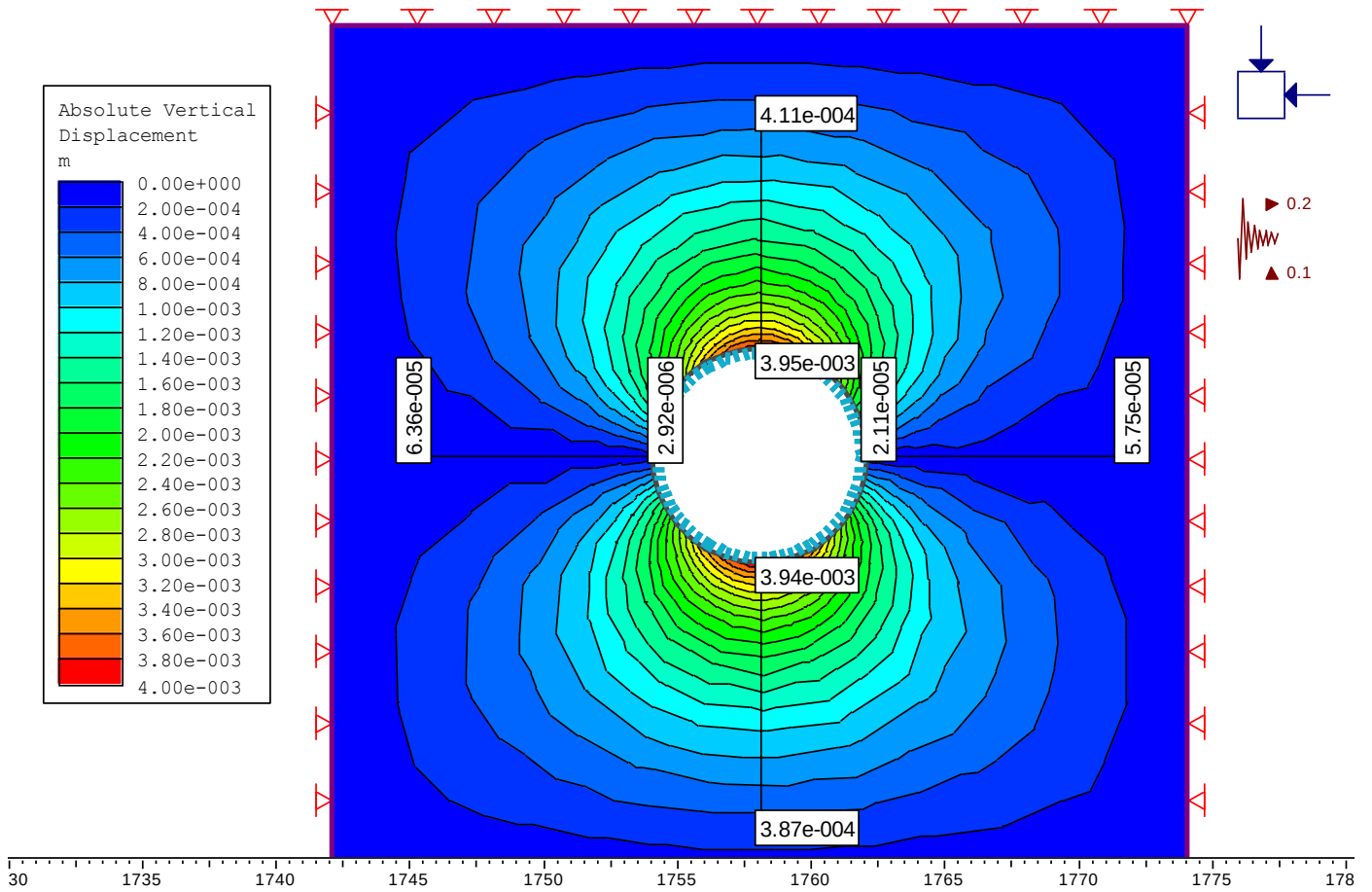
Tünel 6'nın yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri



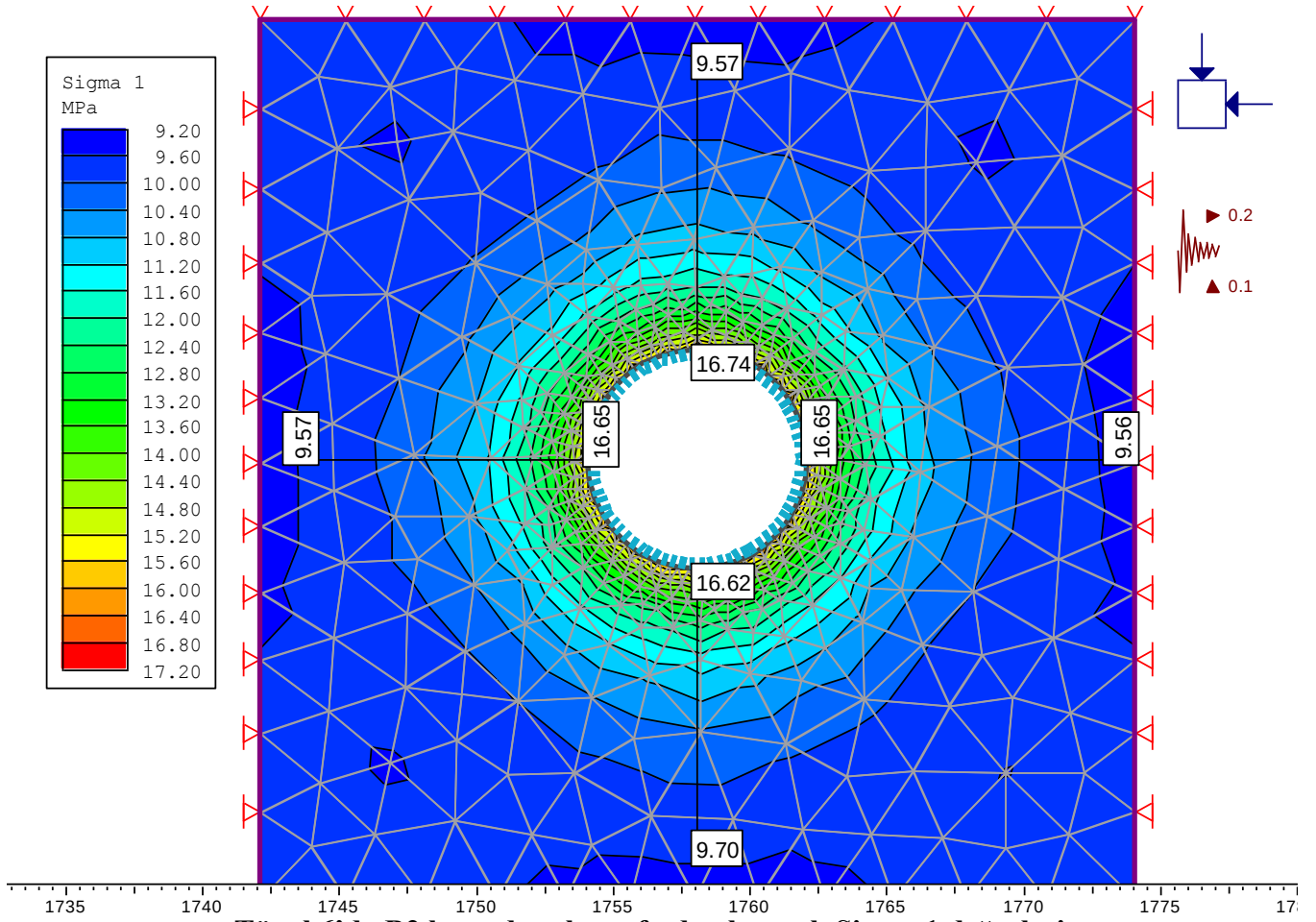
Tünel 6'da B2 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları



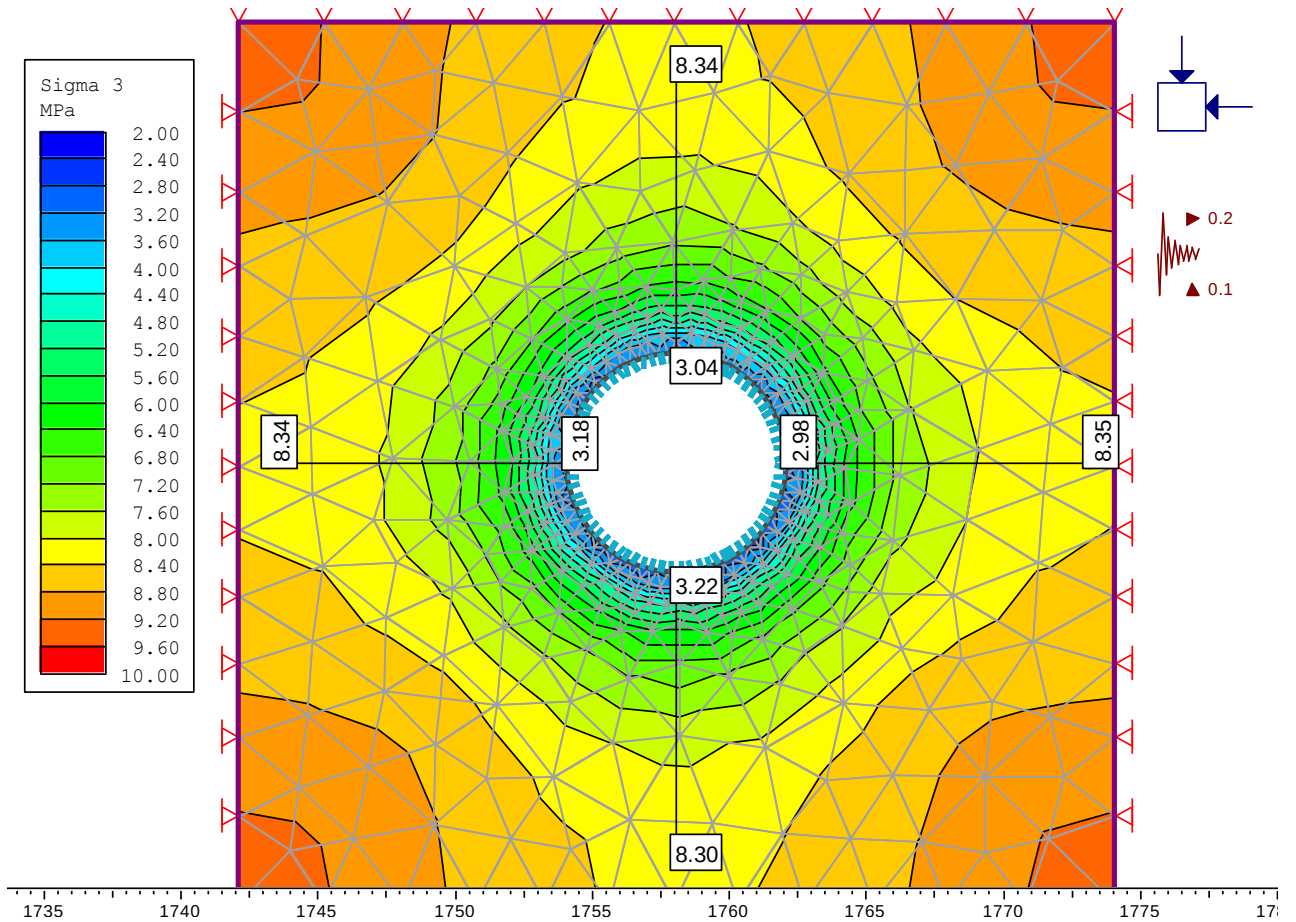
Tünel 6'da B2 kaya destek sınıfında oluşacak yatay yer değiştirme miktarları



Tünel 6'da B2 kaya destek sınıfında oluşacak düşey yer değiştirme miktarları



Tünel 6'da B2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 1 değerleri



Tünel 6'da B2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 3 değerleri

- XI.** T7 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

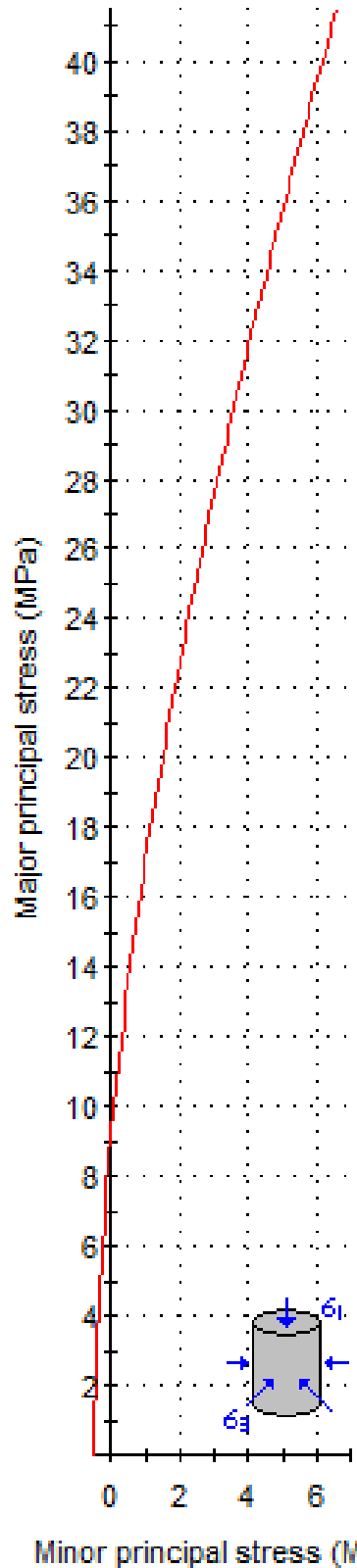
T7 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirilmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta	53	
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler		
D	4	İki süreksizlik seti	4	
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütlesi		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülüğü, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı	1,5	
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)		
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem	0,6	
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Eklem Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş eklem duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)	12	
L	veya				
M	8-12				
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)		
P	veya				
R	13-20				
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları		
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,	0,5	
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	1,988	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B2	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	50,2	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	10,11	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	2,632	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q_{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	2,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	70,699	$Proof = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $Ss < 3$ için $Proof = (2/3)(J_n 0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2+0,15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa
 GSI = 70 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

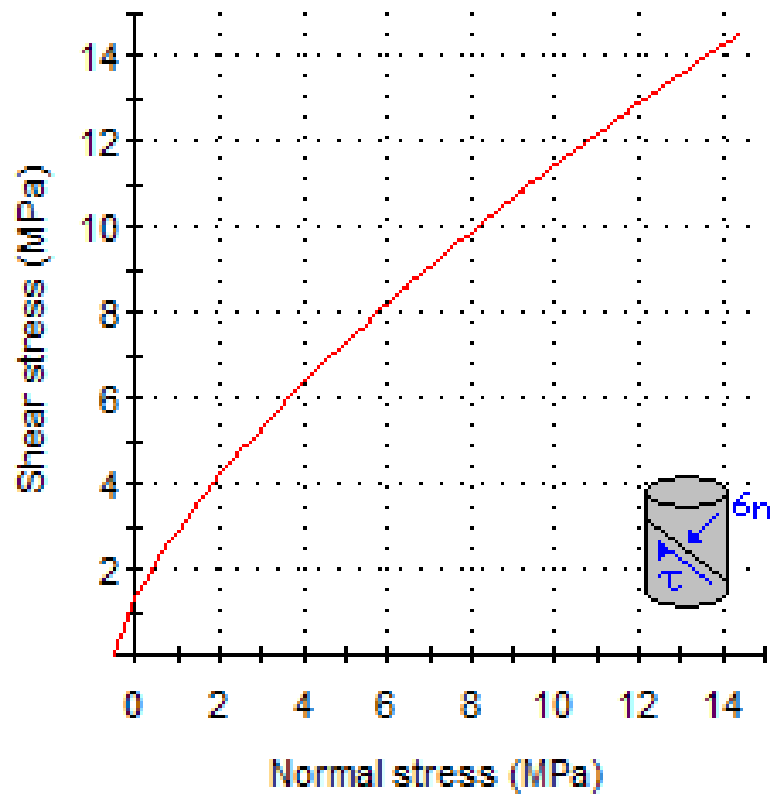
m_b = 3.425 s = 0.0357 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 2.549 MPa friction angle = 41.48 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.521 MPa
 uniaxial compressive strength = 9.401 MPa
 global strength = 14.051 MPa
 deformation modulus = 8793.77 MPa



Tünel 7'nin yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değişirgeleri

Define Material Properties

T7-Trkb

Name: T7-Trkb Material Color:

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m3): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 10110 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 E3 (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown ☐ ☐ Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 50 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 3.425 mb Parameter (resid): 1

s Parameter (peak): 0.0357 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

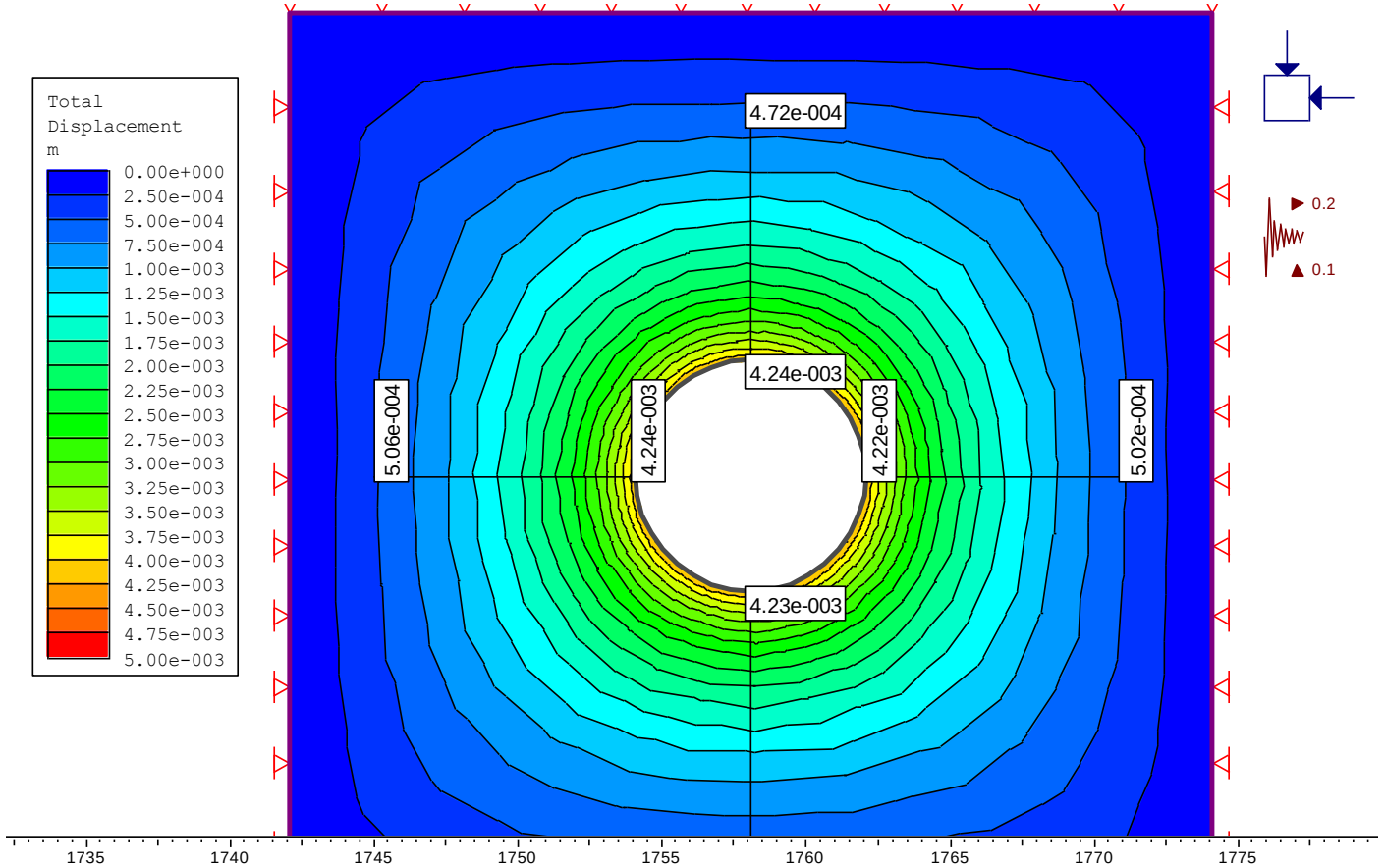
Define Factors... Define Properties...

Unsaturated Shear Strength

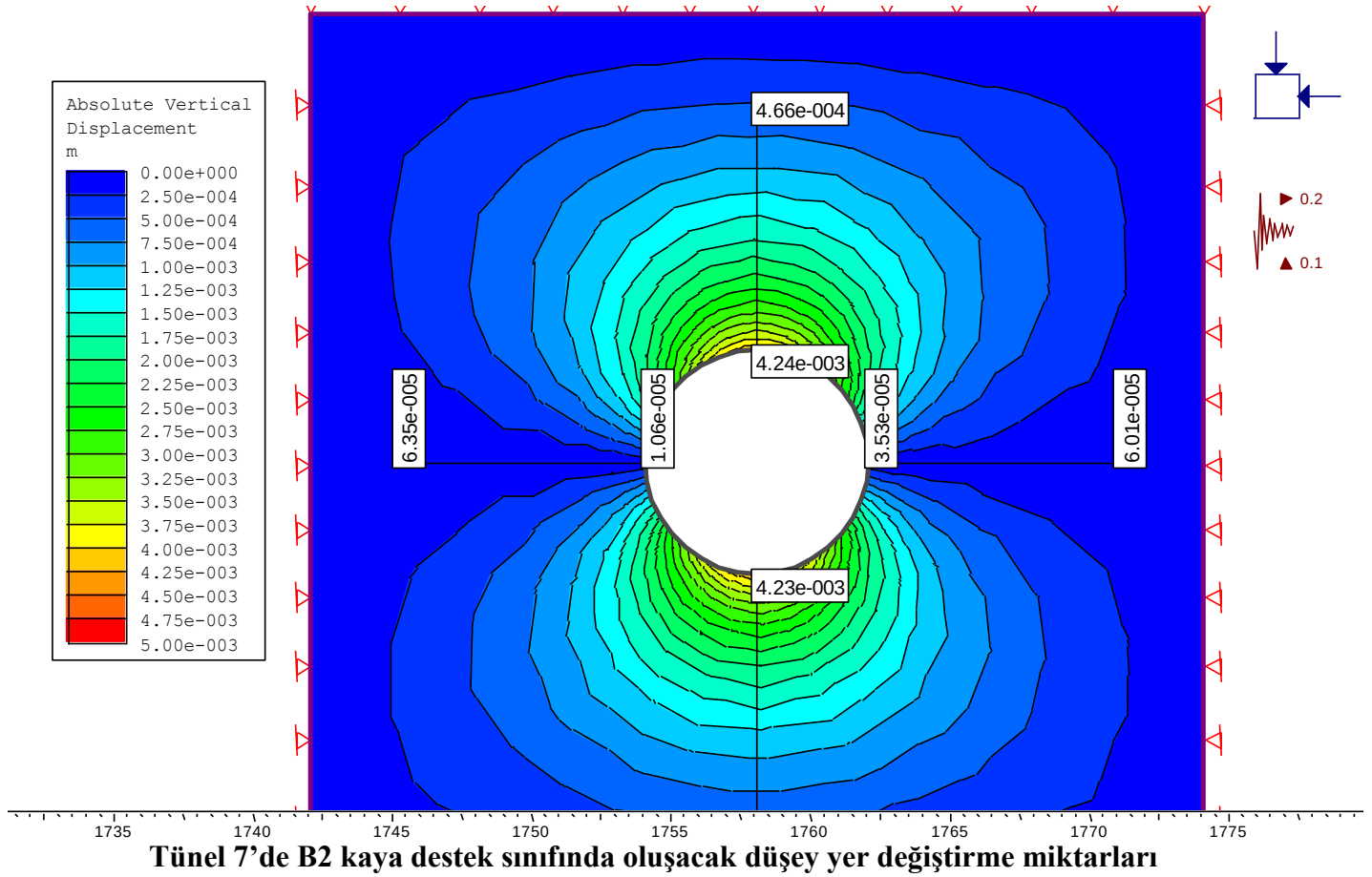
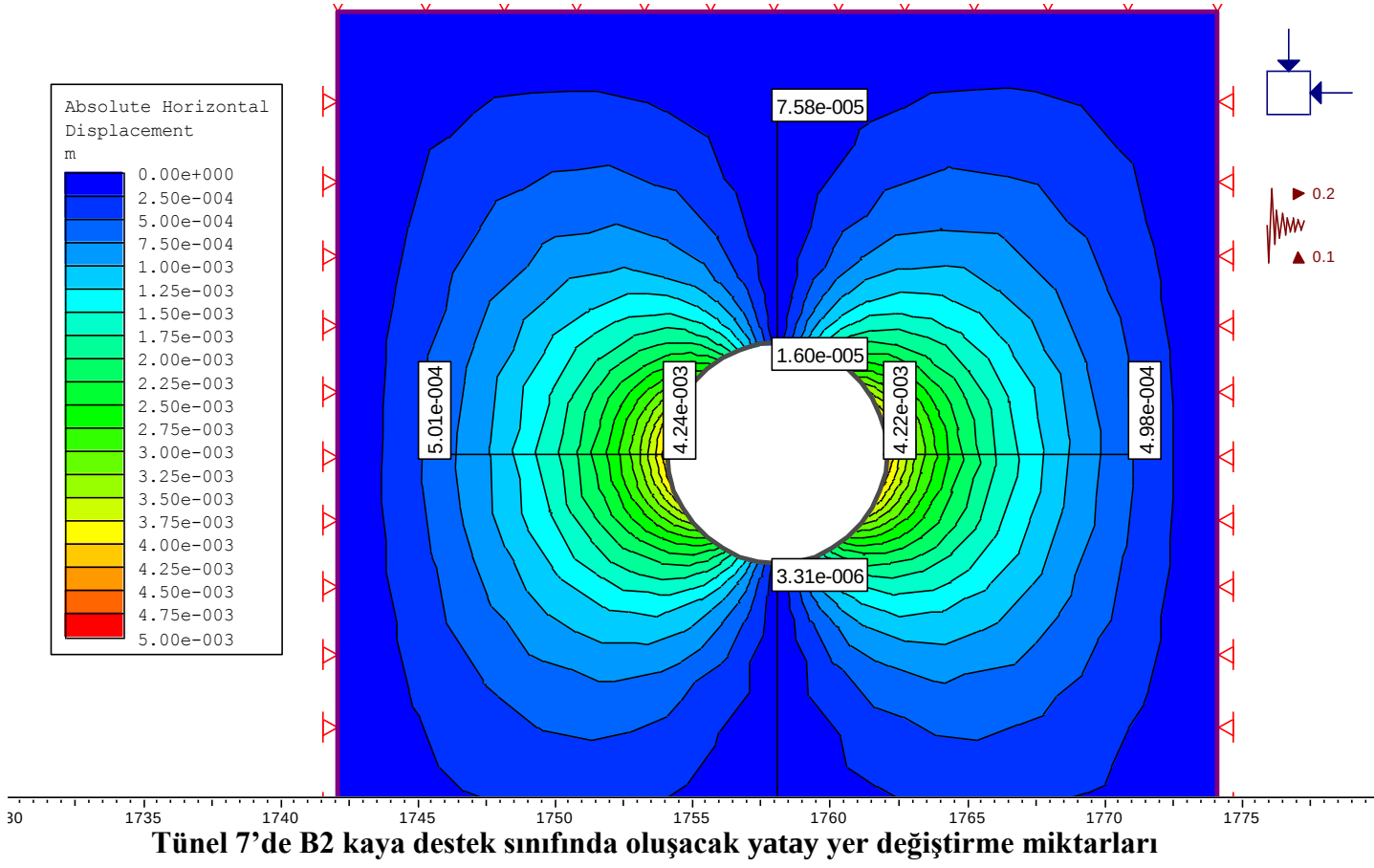
Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

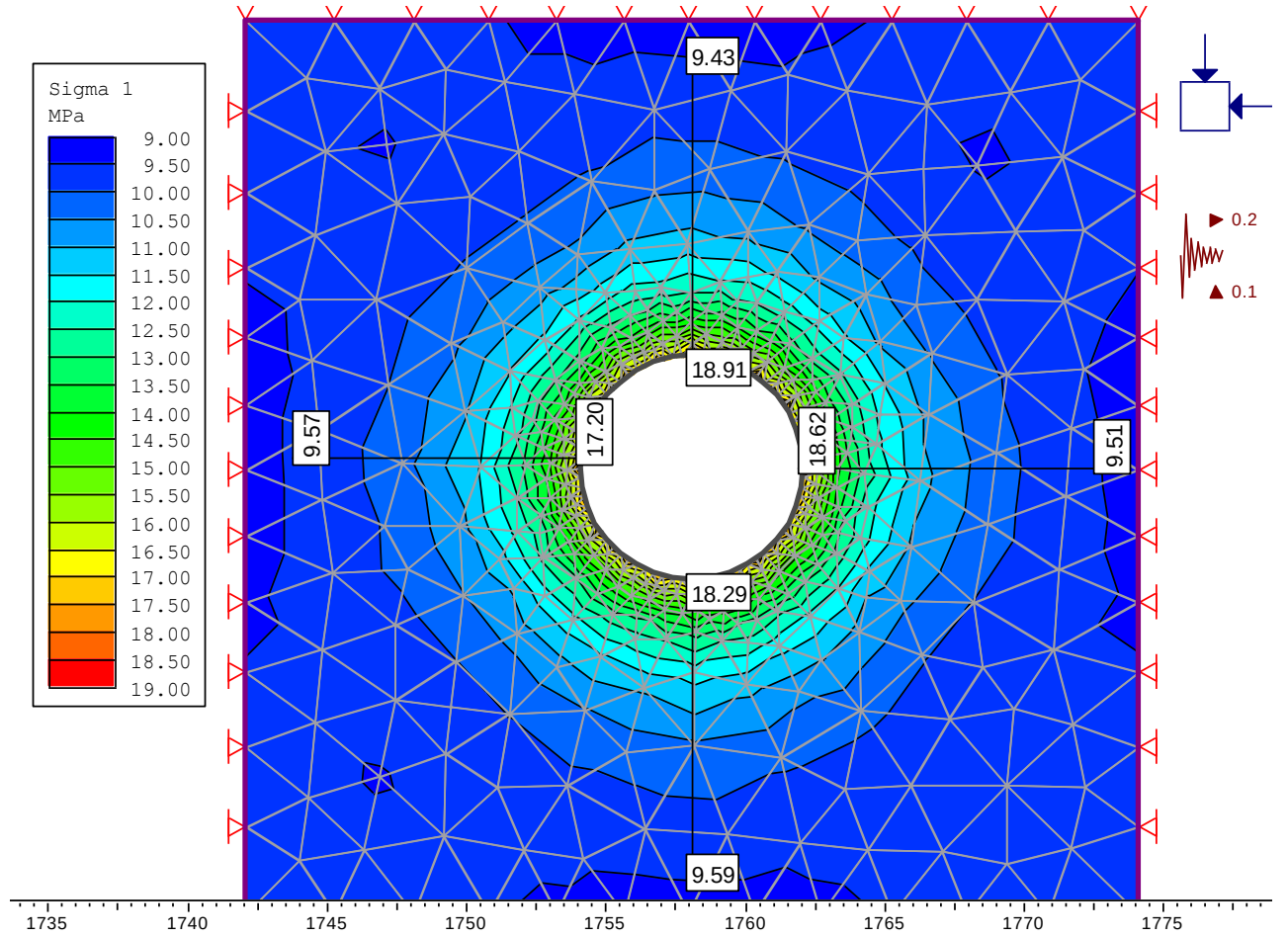
Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

Tünel 7'nin yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri

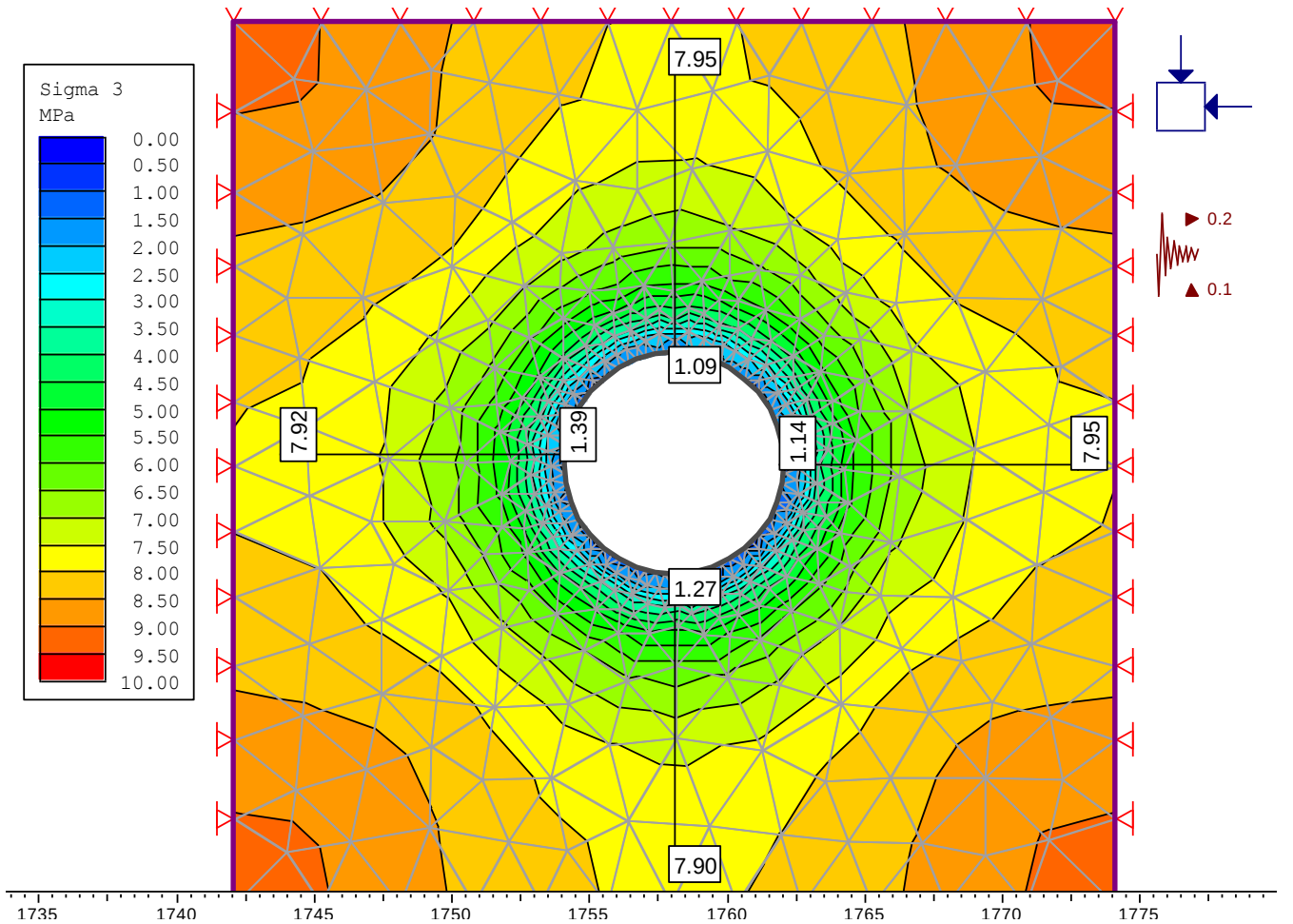


Tünel 7'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları





Tünel 7'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 1 değerleri



Tünel 7'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 3 değerleri

XII. T8 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

T8 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirilmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta	60	
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler		
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler	6	
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütlesi		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı	2	
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)		
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem	0,6	
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

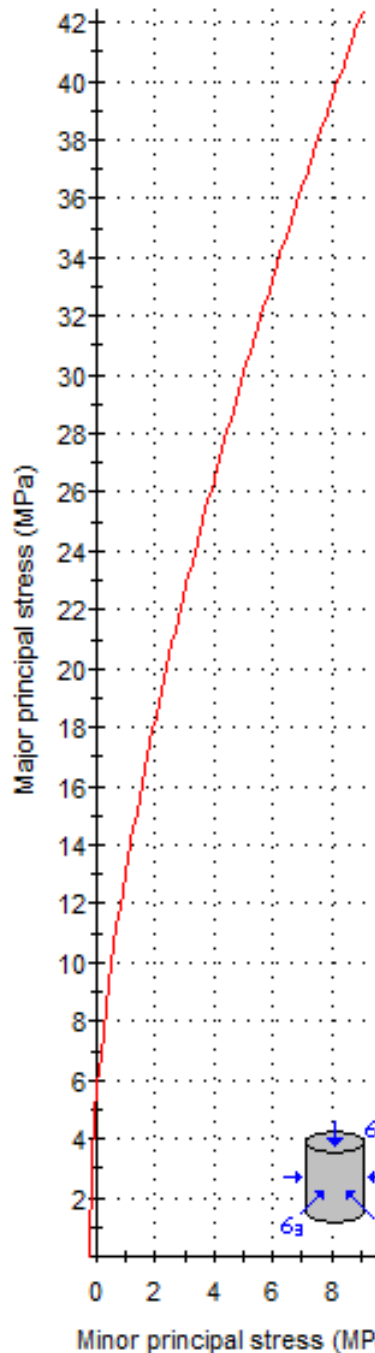
Sınıf	Ekleme Alterasyon, Ja	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgu yok, sadece leke şeklinde)				
A	0.75	Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35° Bozuma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30° Az bozmuş ekleme duvarları, kilsiz.		
D	3.0	20-25° Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16° Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgu)				
F	4.0	25-30° Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24° Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16° Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12° Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgu)				
K	6,8	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)	12	
L	veya			
M	8-12			
N	5.0	-		
O	10,13	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)		
P	veya			
R	13-20			

Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5	Yüzeğe yakın, düşük stres,		
J	1.0	Orta stres, uygun stres koşulları		
K	0.5-2.0	Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,	0,5	
L	5-50	Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200	Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400	Masif kayalarda önemli kaya patlamaları ve dinamik deformasyonlar		

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri	-	2,000	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı	-	B2	(bkz. Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı	-	50,2	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü	GPa	10,14	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B, H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	2,639	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q^{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	2,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	64,805	$Proof = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $Ss < 3$ için $Proof = (2/3)(J_n 0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2 + 0,15 \cdot B) / ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa

GSI = 60 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0

intact modulus (Ei) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

m_b = 2.397 s = 0.0117 a = 0.503

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 2.419 MPa friction angle = 36.11 deg

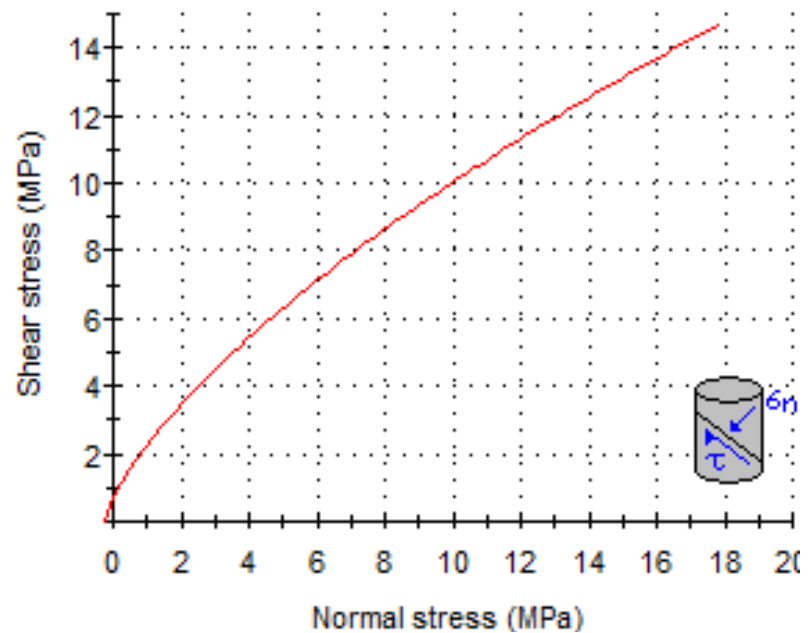
Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.245 MPa

uniaxial compressive strength = 5.350 MPa

global strength = 10.918 MPa

deformation modulus = 6240.00 MPa



Tünel 8'nin yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değerleri

Define Material Properties

Material Name: T8-Trkb

Material Color: ■

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m3): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 10140 Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 E3 (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 50 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 2.397 mb Parameter (resid): 1

s Parameter (peak): 0.0117 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

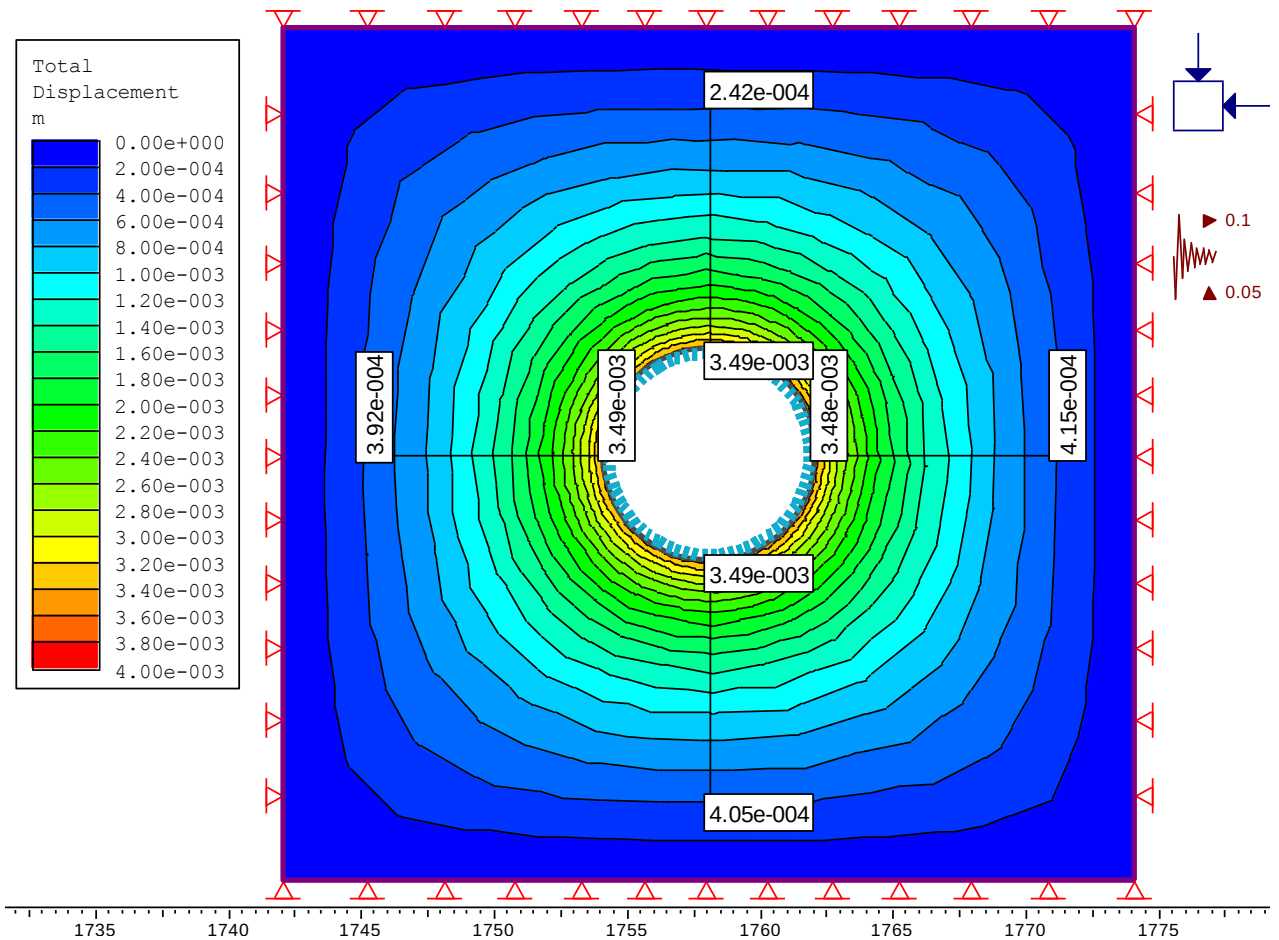
Define Factors... Define Properties...

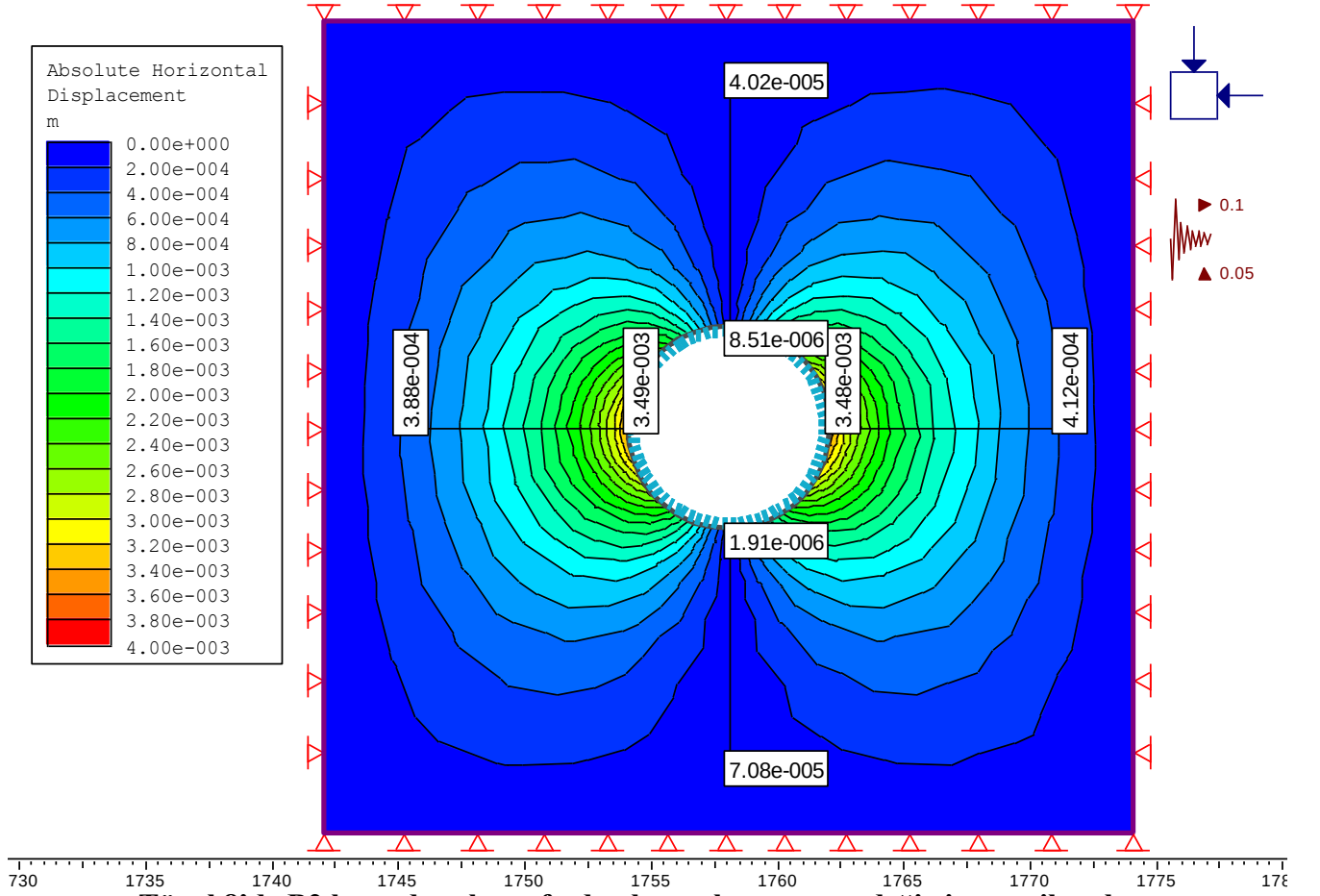
Unsaturated Shear Strength

Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

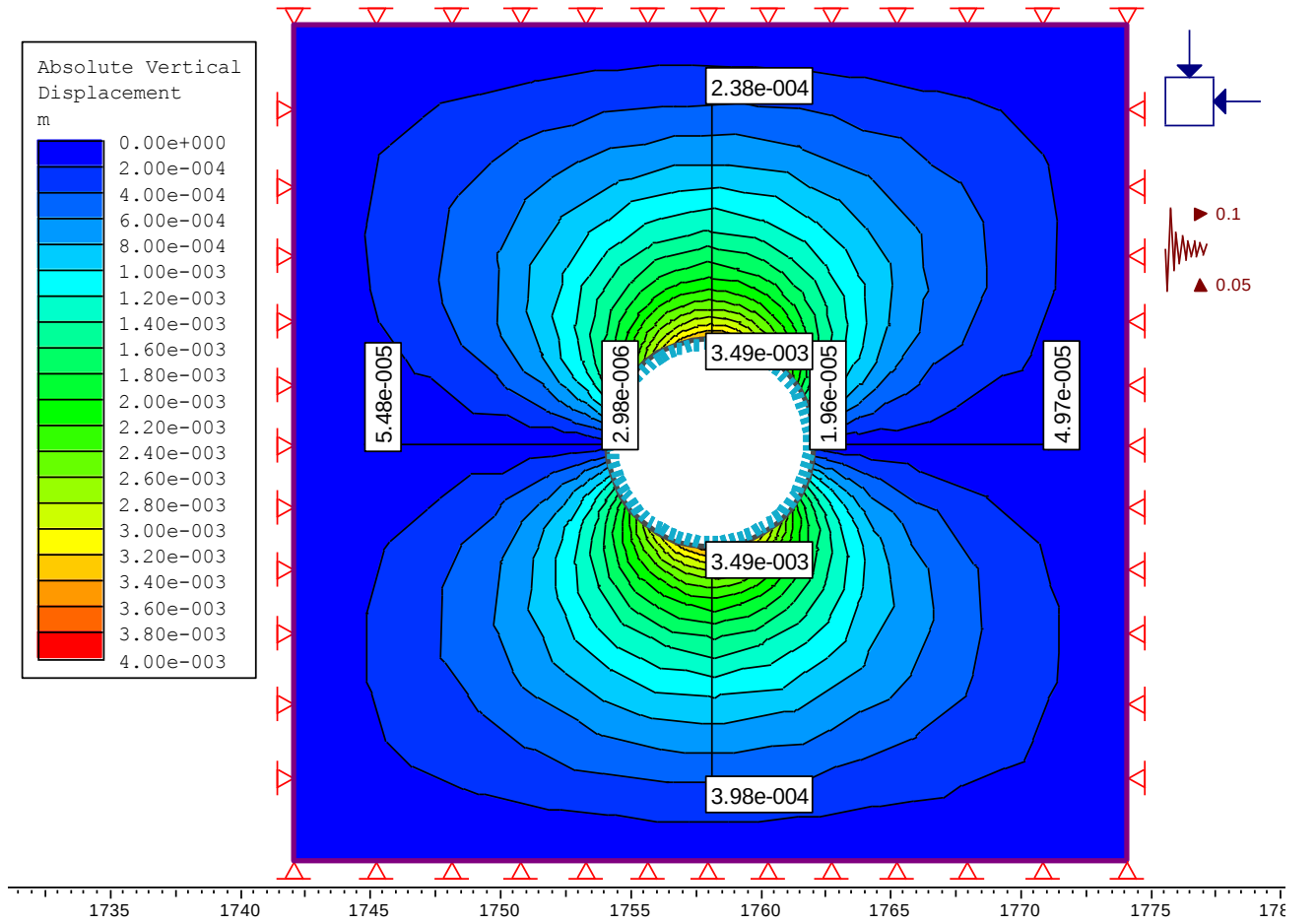
Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

Tünel 8'in yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri

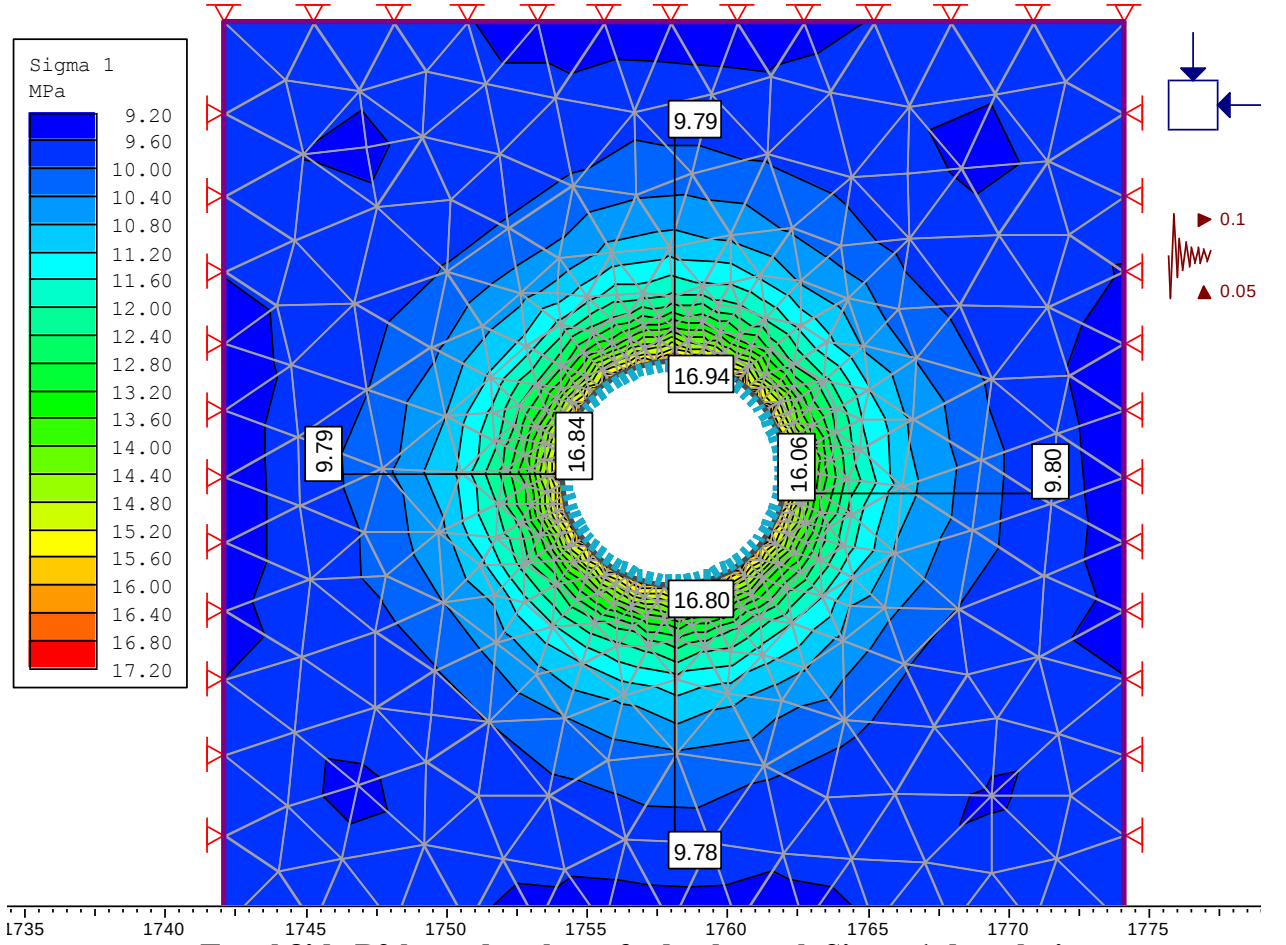




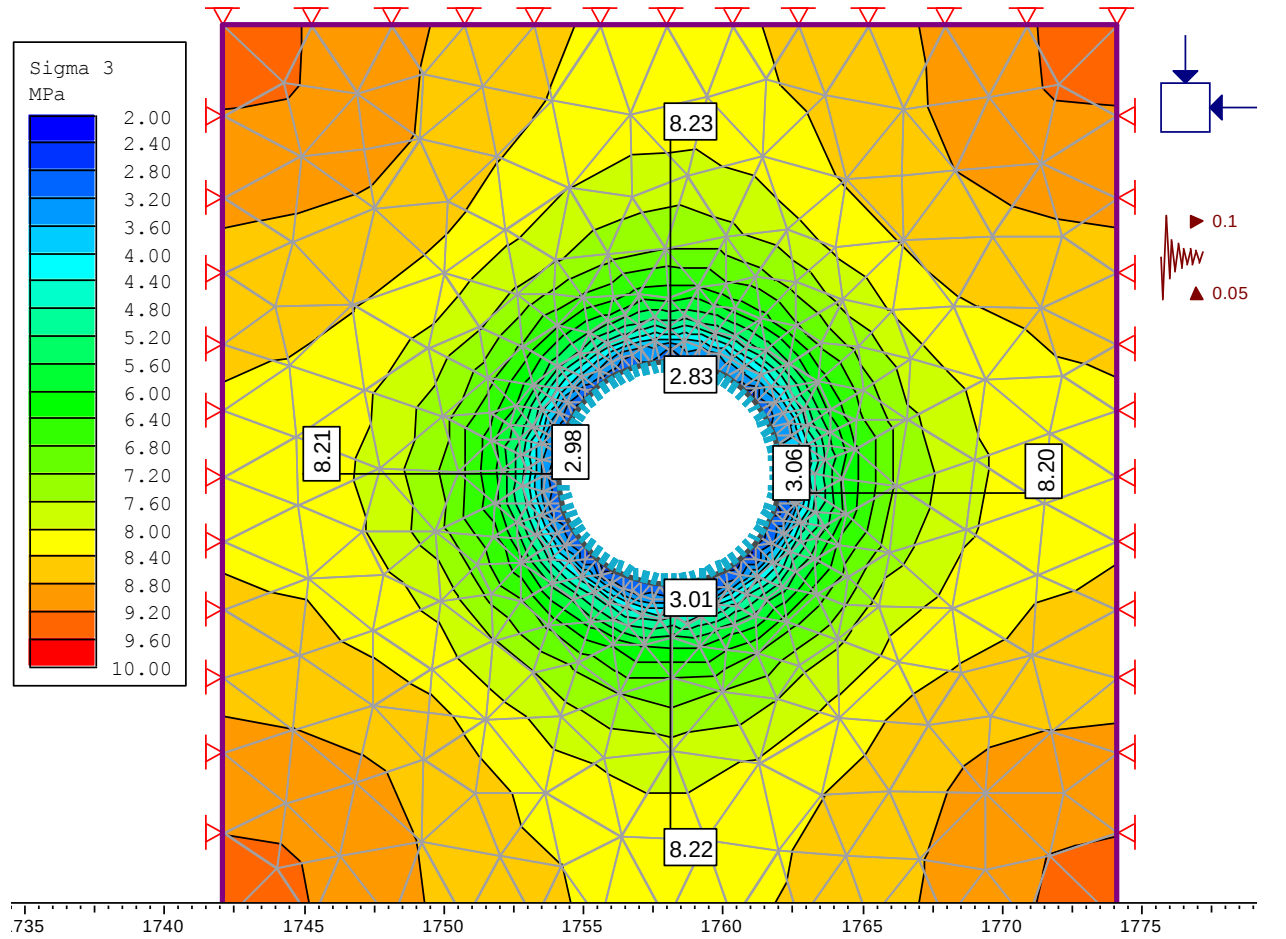
Tünel 8'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak yatay yer değiştirme miktarları



Tünel 8'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak düşey yer değiştirme miktarları



Tünel 8'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 1 değerleri



Tünel 8'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 3 değerleri

XIII. T9 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

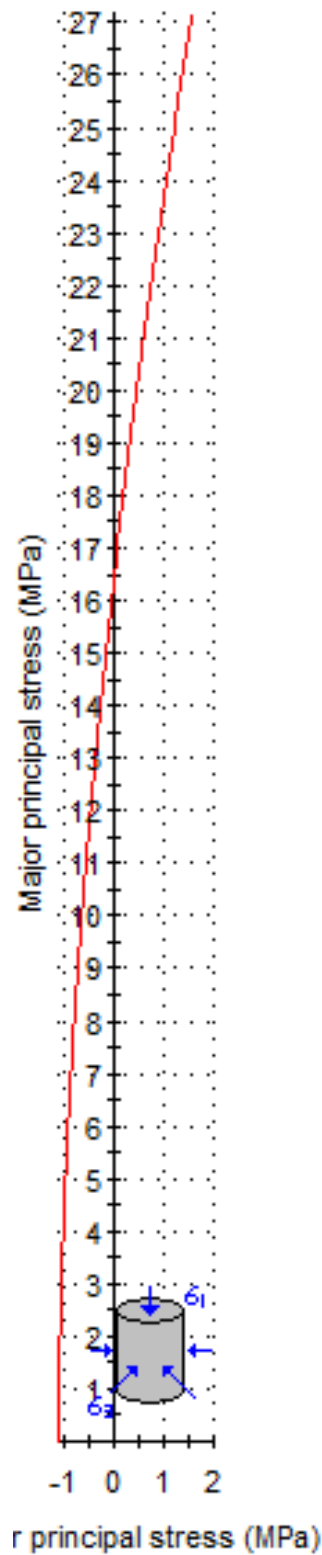
T9 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirilmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta		
D	75-90	İyi	86	
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler	3	
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütlesi		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı	3	
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)	1	
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem		
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Ekleme Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş ekleme duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgu)					
K	6,8	6-24°	Ayrılmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)	8	
L	veya				
M	8-12				
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)		
P	veya				
R	13-20				
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları	1	
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	10,750	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	A2	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	65,4	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	24,23	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	5,171	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q^{0.4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	1,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	17,440	$Proof = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $Ss < 3$ için $Proof = (2/3)(J_n 0.5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2+0.15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa
 GSI = 80 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

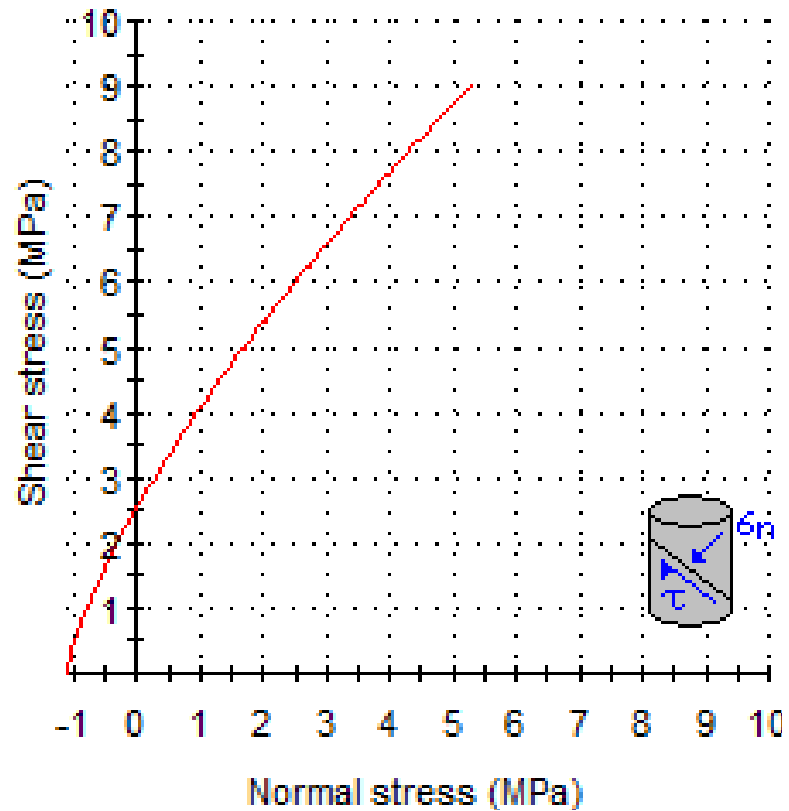
m_b = 4.895 s = 0.1084 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 2.598 MPa friction angle = 52.42 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -1.107 MPa
 uniaxial compressive strength = 16.438 MPa
 global strength = 19.123 MPa
 deformation modulus = 10564.17 MPa



Tünel 9'un yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değişirgeleri

Define Material Properties

T9-Trkb

Name: Material Color:

Initial Element Loading: Unit Weight: (MN/m3):

Elastic Properties

Elastic Type: Poisson's Ratio:

Young's Modulus (MPa): Young's Modulus (resid) (MPa):

E1 (MPa): E2 (MPa): Ez (MPa):

v12: v13: v23:

Strength Parameters

Failure Criterion: Material Type:

Intact Comp. Strength (MPa): Dilation Parameter:

mb Parameter (peak): mb Parameter (resid):

s Parameter (peak): s Parameter (resid):

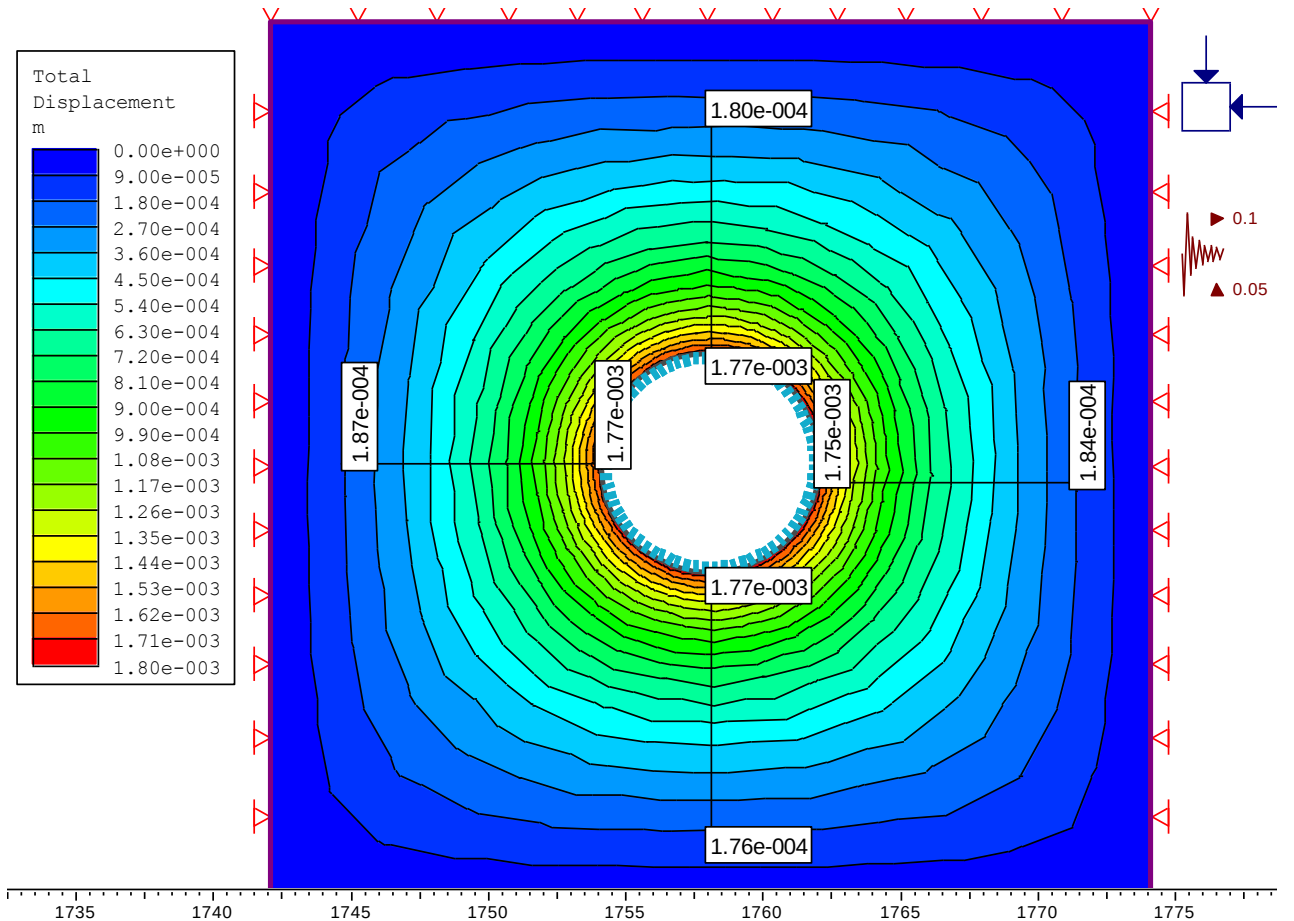
☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

Unsaturated Shear Strength

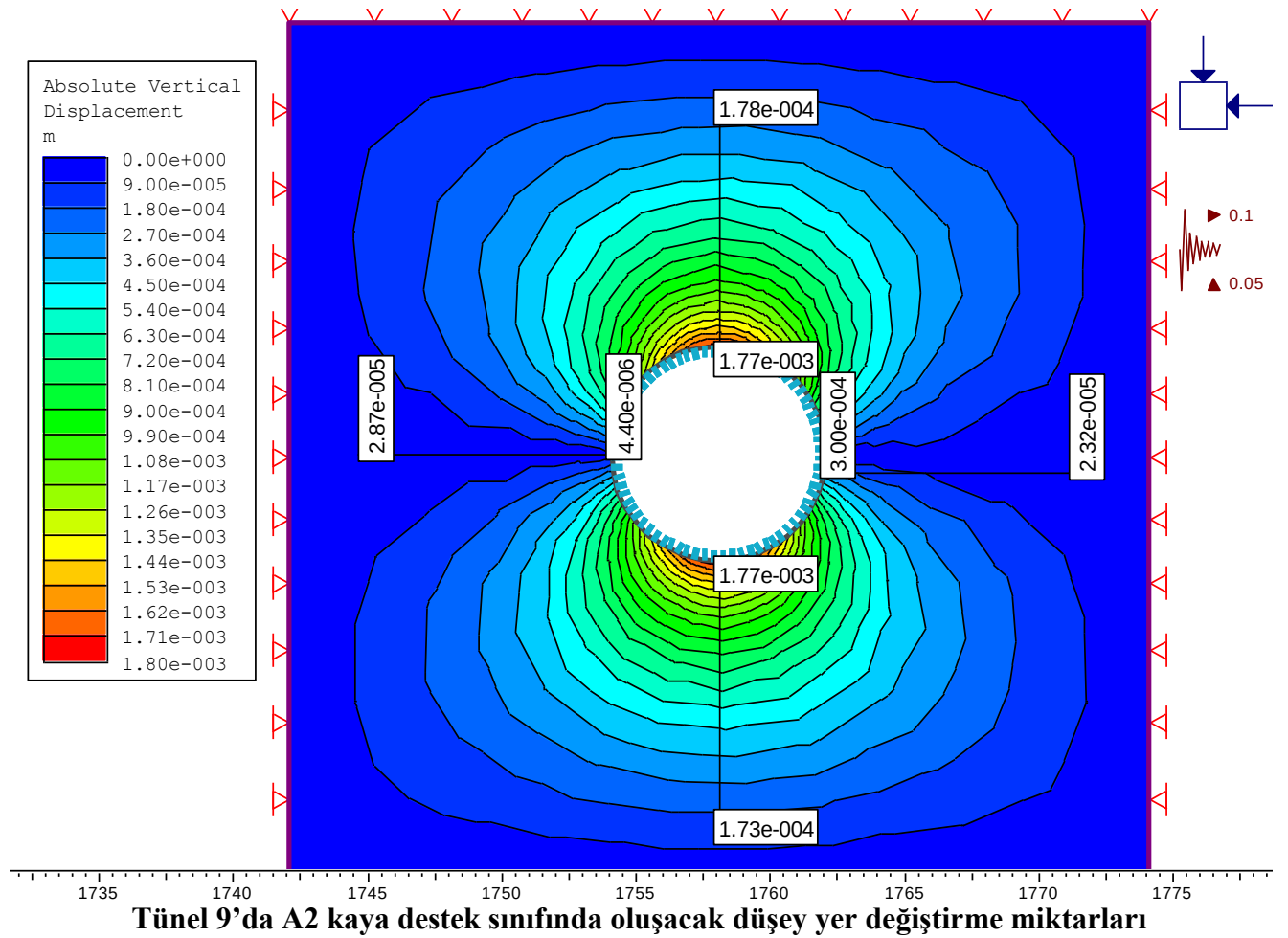
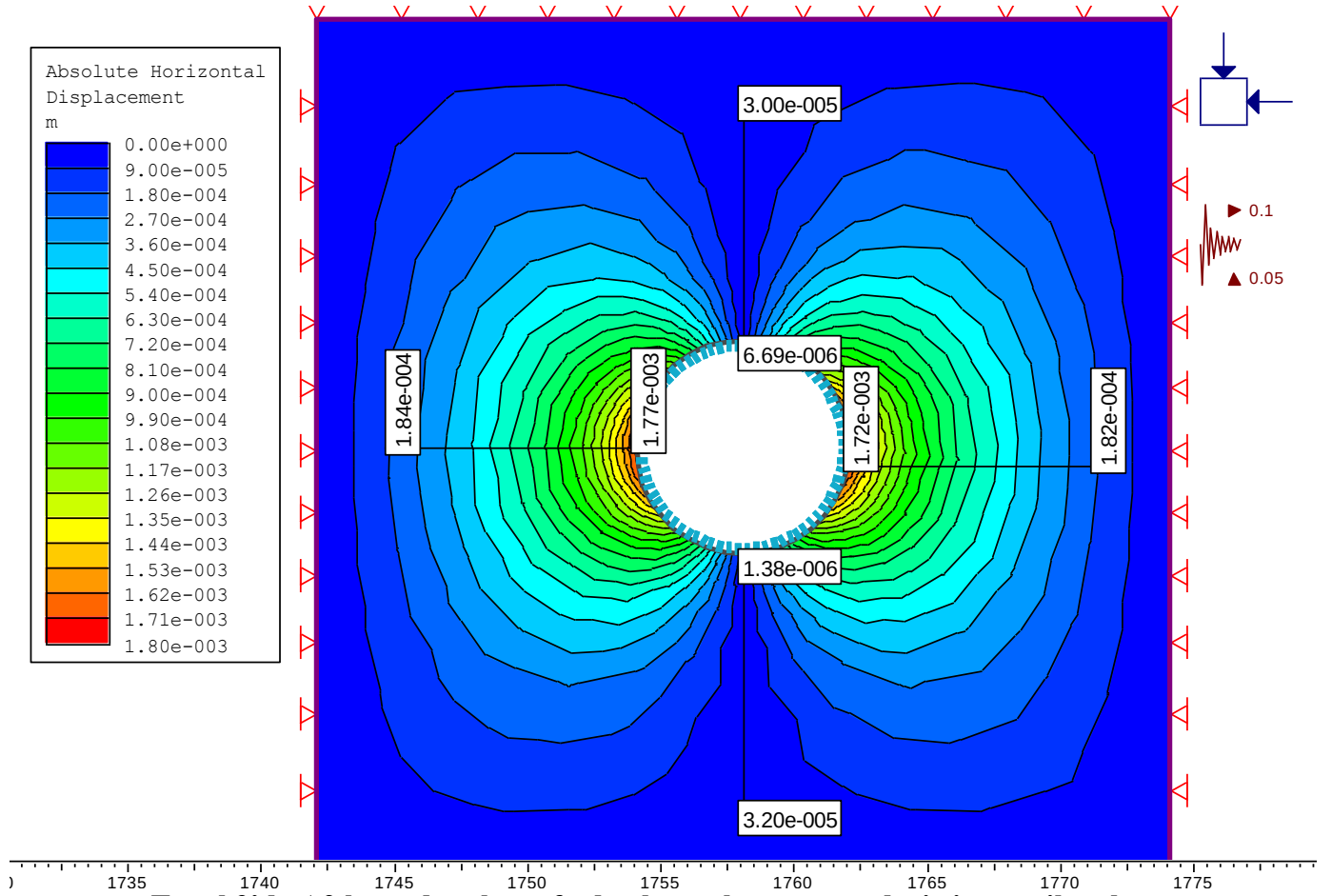
Phi b: Air Entry (MPa):

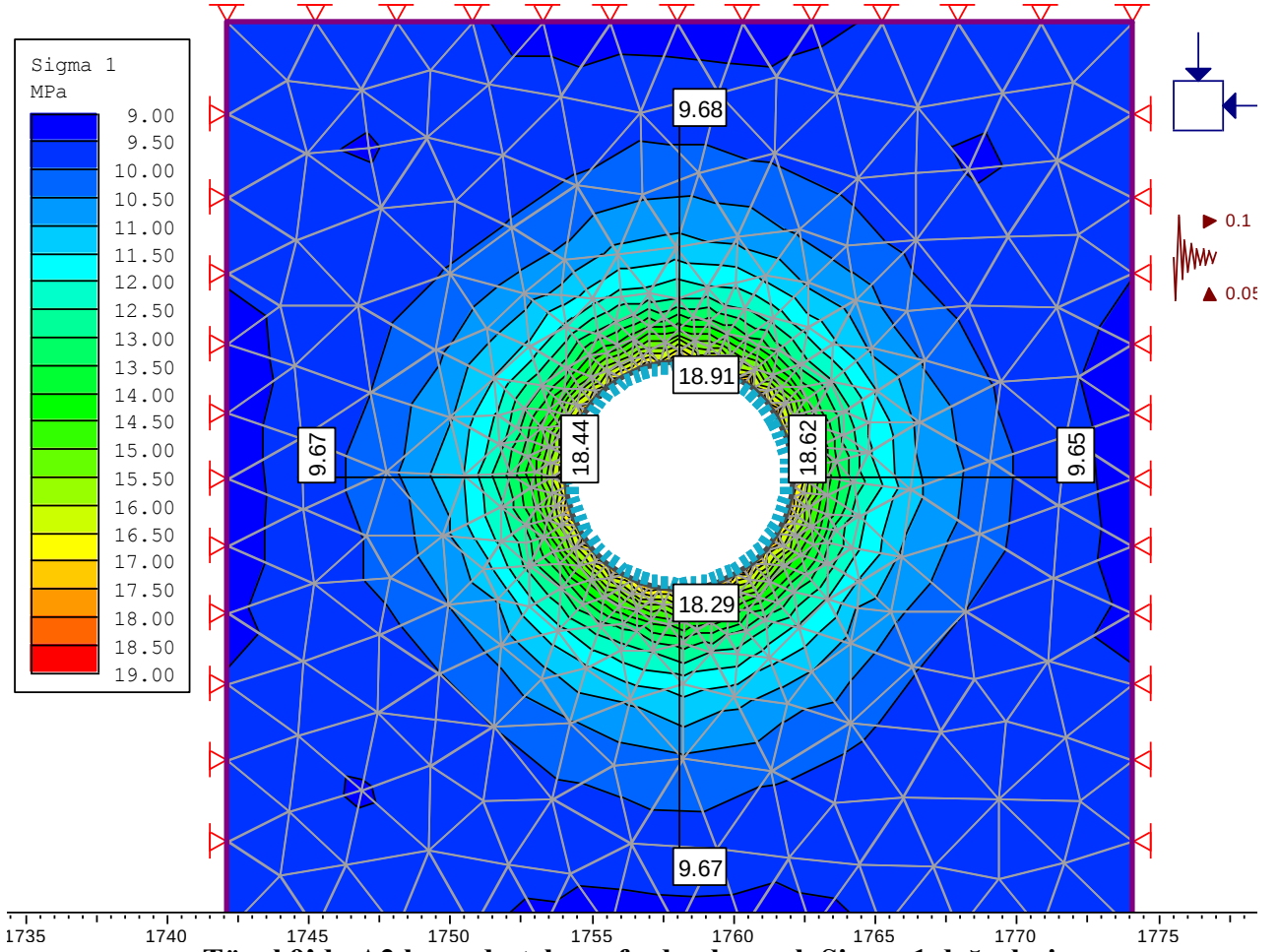
☐ Show only properties used in model

Tünel 9'un yer değıştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri

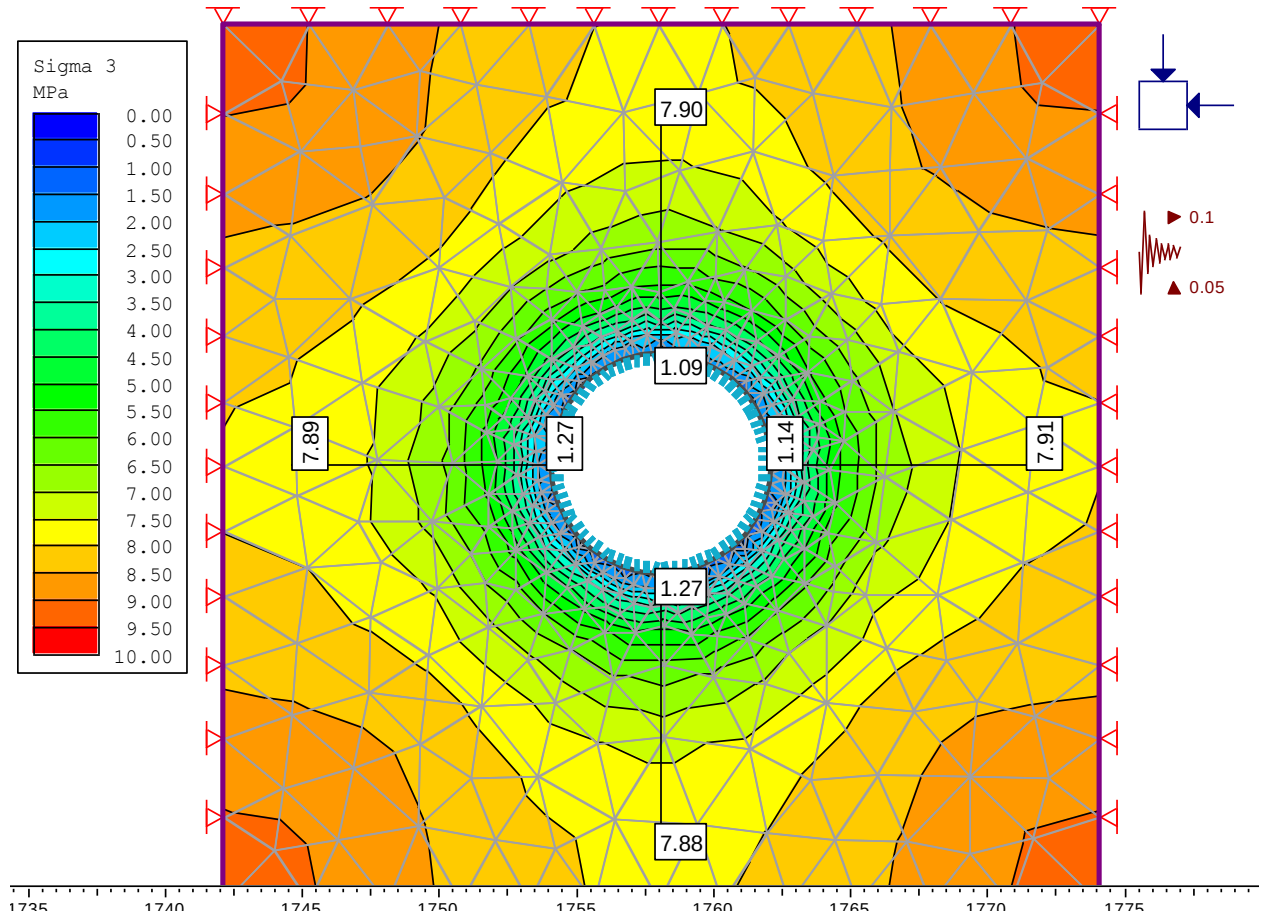


Tünel 9'da A2 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değıştirme miktarları





Tünel 9'da A2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 1 değerleri



Tünel 9'da A2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 3 değerleri

XIV. T10 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

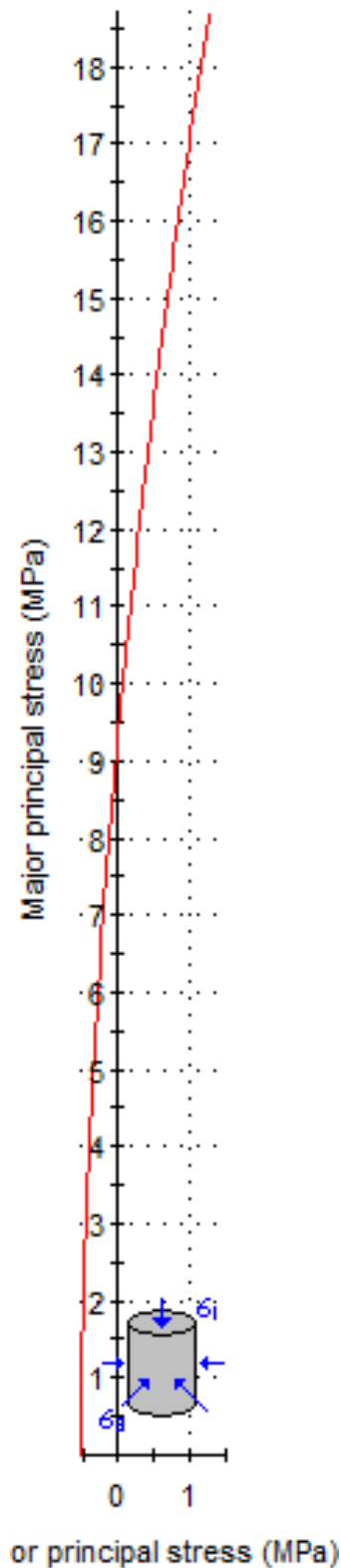
T10 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirilmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta	75	
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler		
D	4	İki süreksizlik seti	4	
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütlesi		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülüğü, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı	1,5	
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)	1	
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem		
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Ekleme Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş ekleme duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)	10	
L	veya				
M	8-12				
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)		
P	veya				
R	13-20				
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,	2,5	
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları		
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	1,125	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B2	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	45,1	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	7,52	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	2,096	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q_0,4$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	2,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	85,467	$P_{roof} = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $S_s < 3$ için $P_{roof} = (2/3)(J_n 0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2+0,15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa
 GSI = 70 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

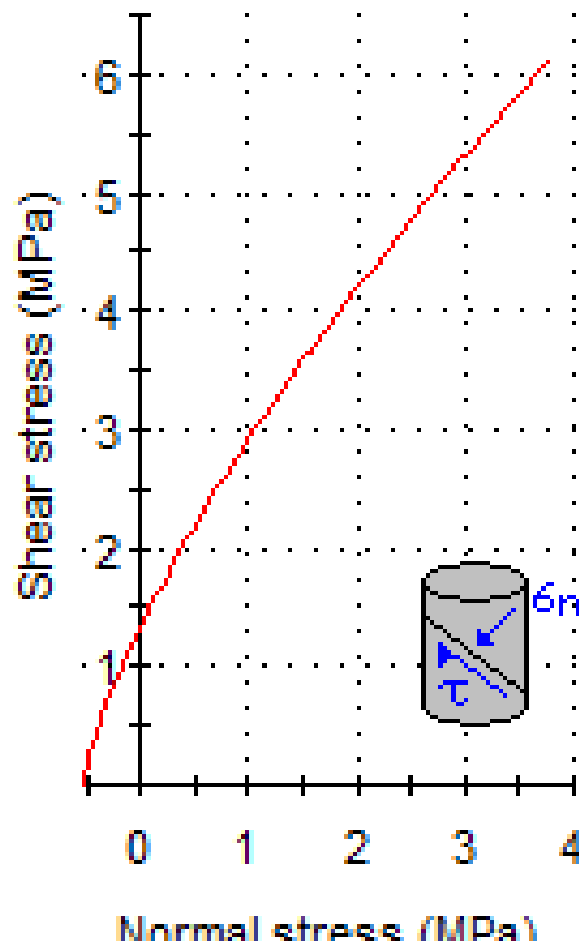
m_b = 3.425 s = 0.0357 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 1.466 MPa friction angle = 52.78 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.521 MPa
 uniaxial compressive strength = 9.401 MPa
 global strength = 14.051 MPa
 deformation modulus = 8793.77 MPa



Tünel 10'un yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değıştirgeleri

Define Material Properties

T10-Trkb

Name: T10-Trkb Material Color: ■

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m3): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 7520 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 Ez (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 50 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 3.425 mb Parameter (resid): 1

s Parameter (peak): 0.0357 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

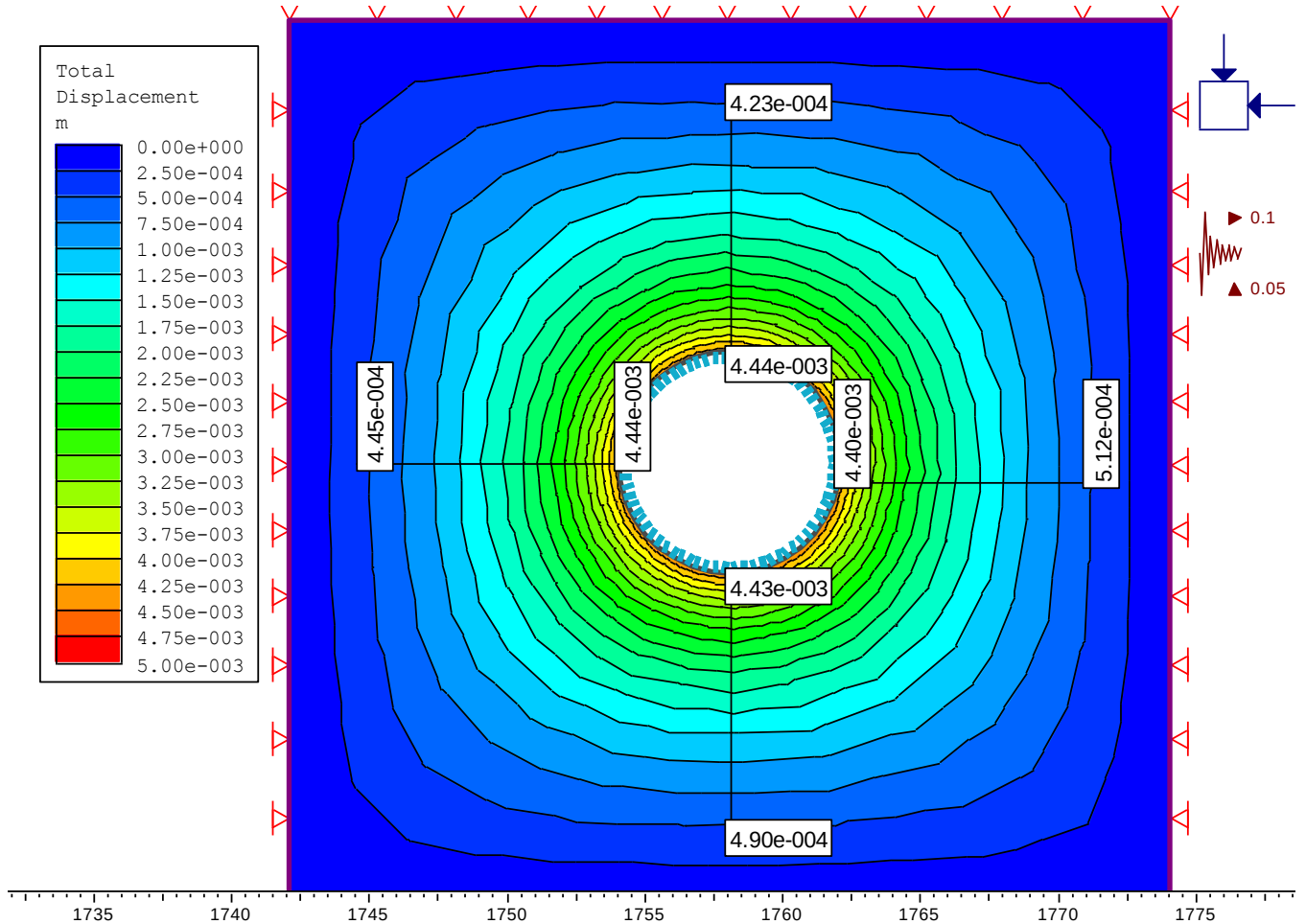
Define Factors... Define Properties...

Unsaturated Shear Strength

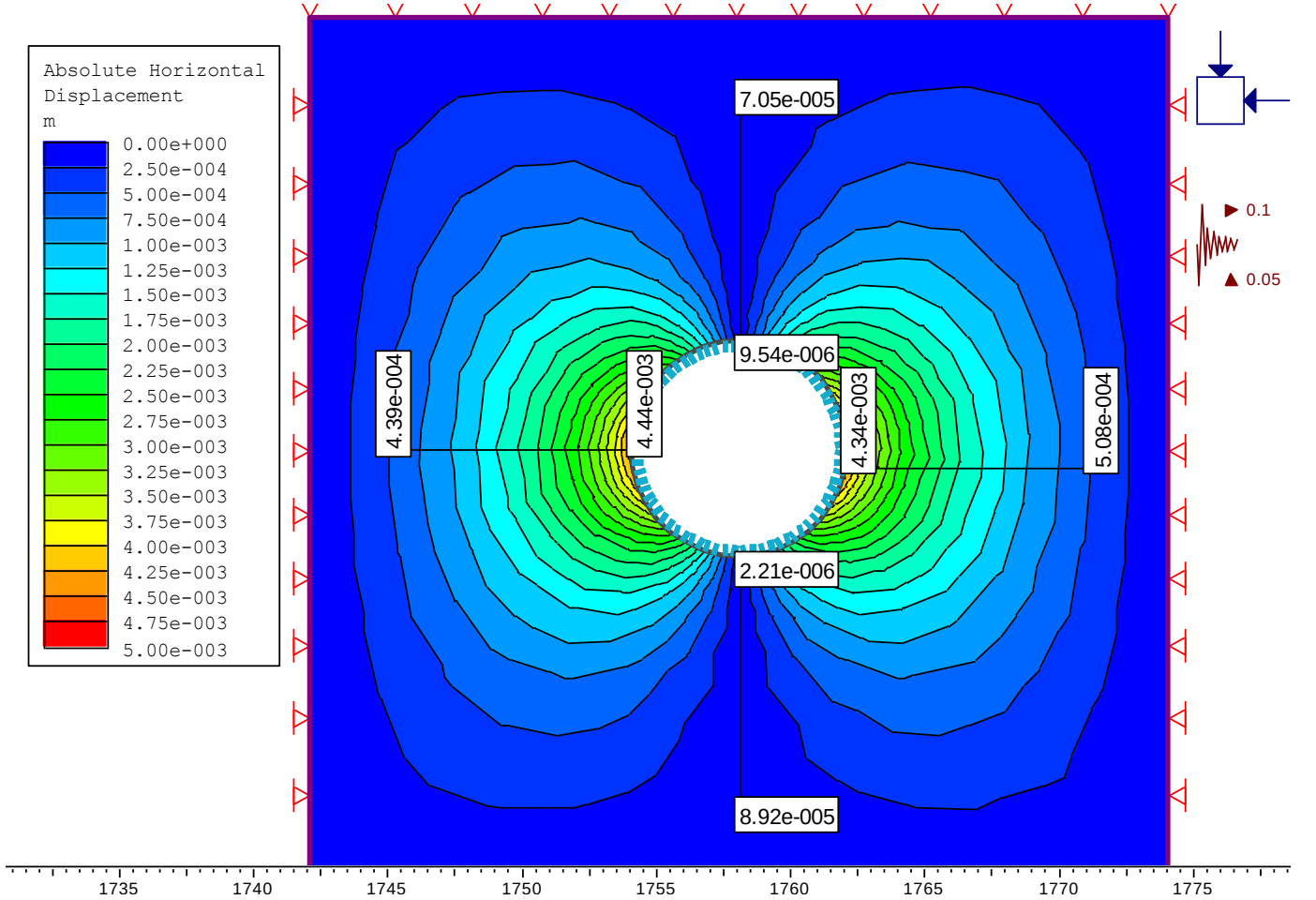
Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

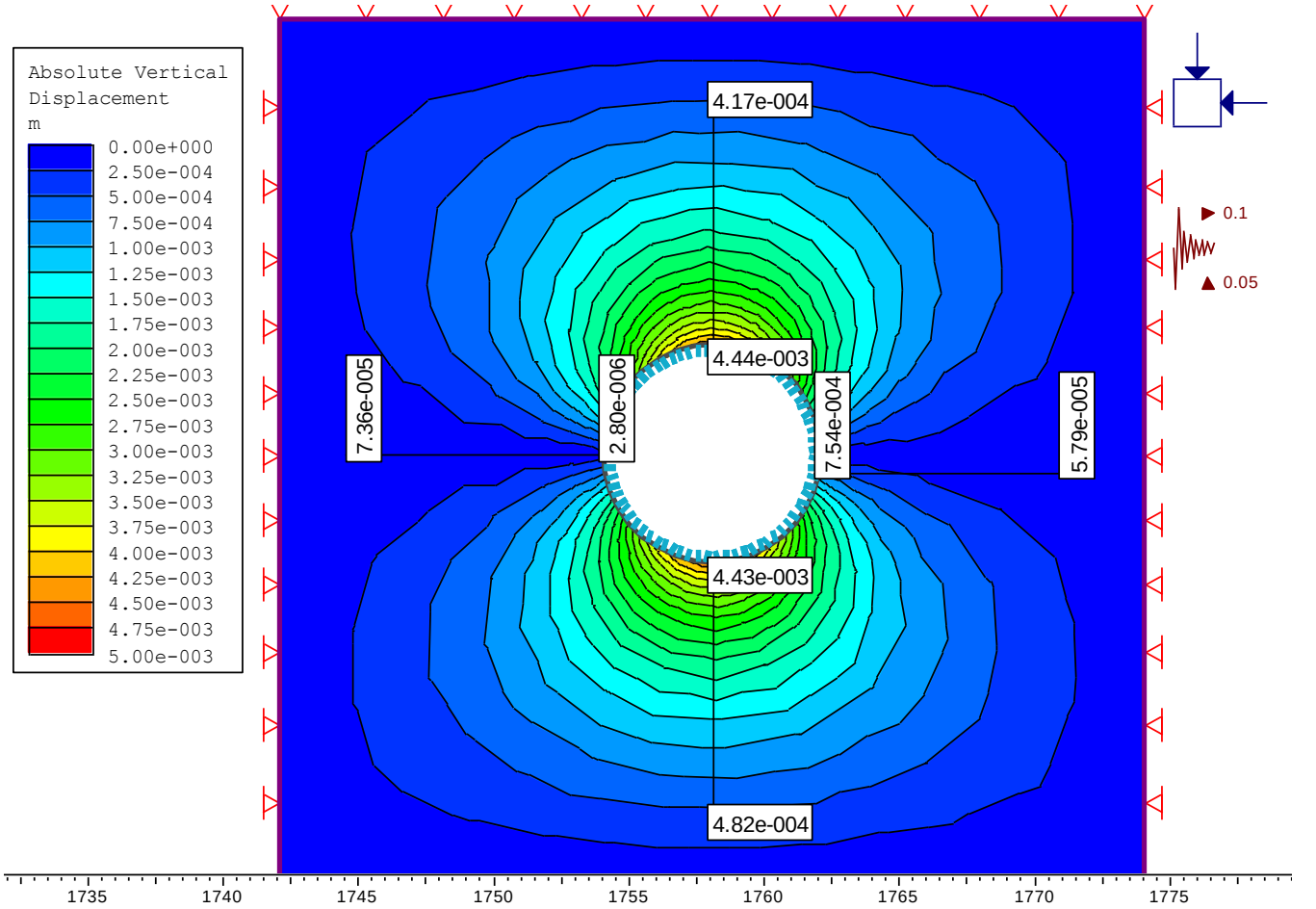
Tünel 10'un yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri



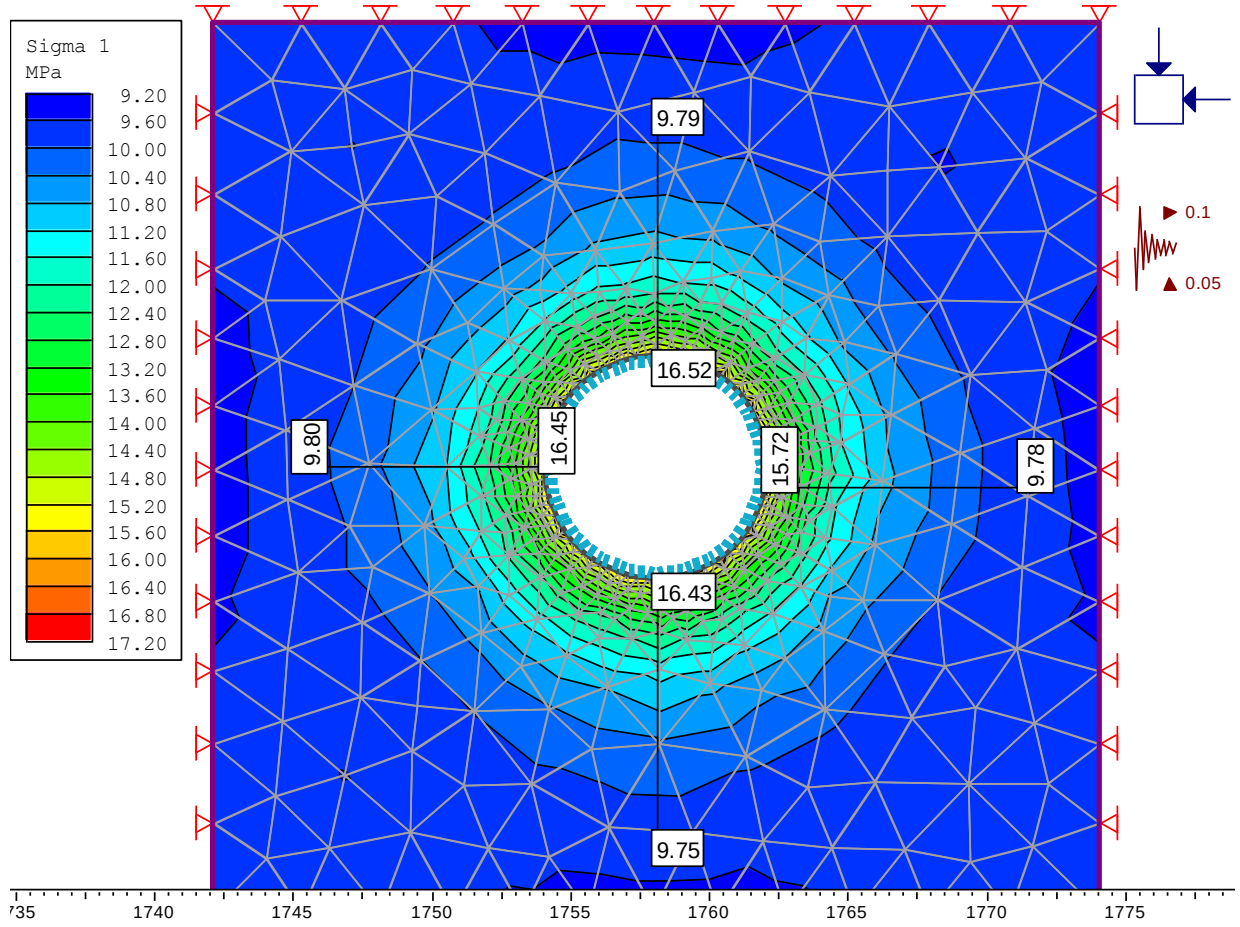
Tünel 10'da B2 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları



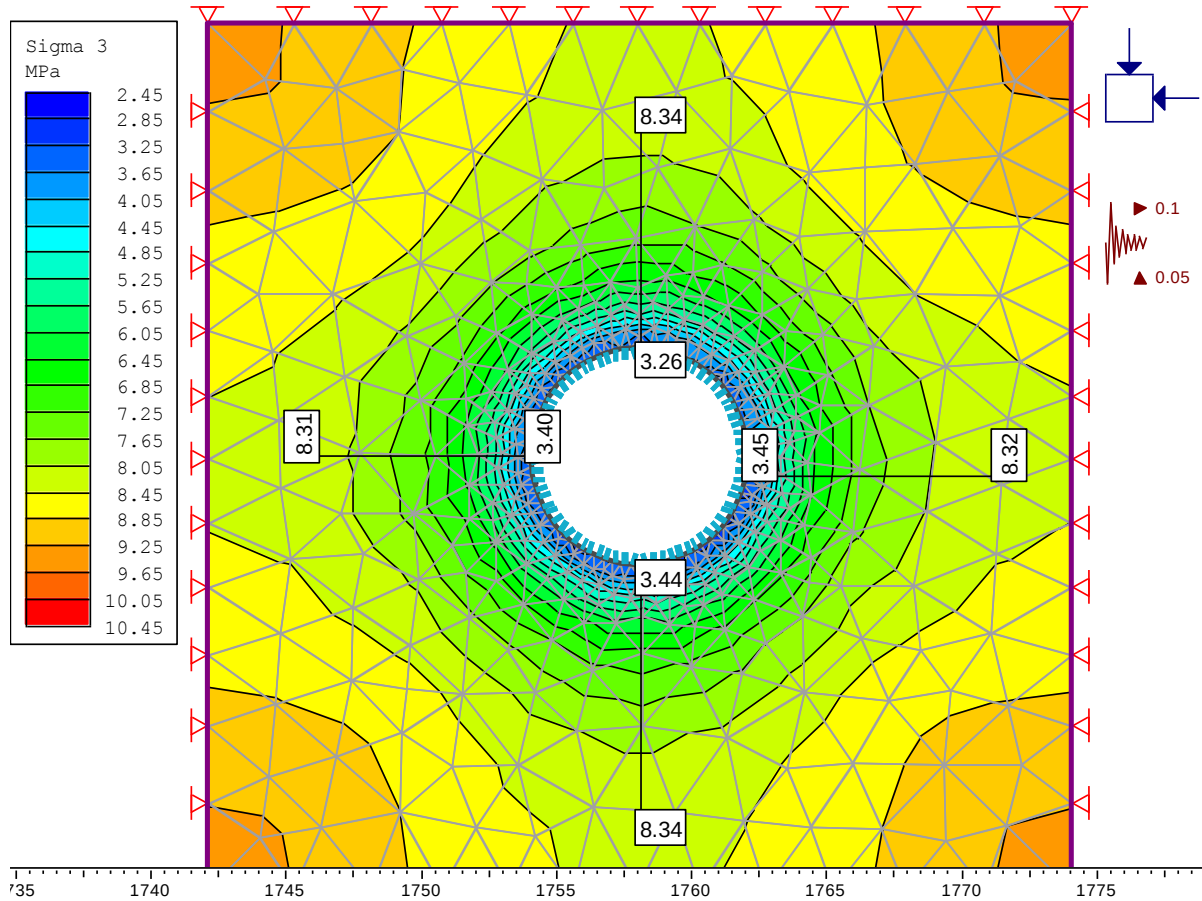
Tünel 10'da B2 kaya destek sınıfında oluşacak yatay yer değiştirme miktarları



Tünel 10'da B2 kaya destek sınıfında oluşacak düşey yer değiştirme miktarları



Tünel 10'da B2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 1 değerleri



Tünel 10'da B2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 3 değerleri

XV. T11 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

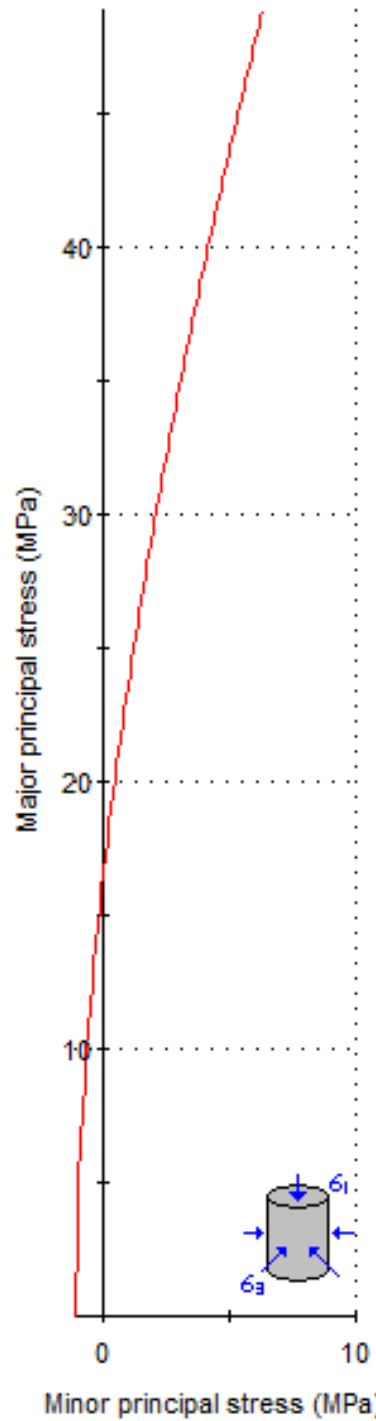
T11 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirilmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta	50	
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler	3	
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütlesi		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel	1,5	
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)		
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem	0,6	
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Eklem Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş eklem duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır	8	
L	veya				
M	8-12				
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır		
P	veya				
R	13-20				
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları	1	
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	1,875	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B2	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	49,7	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	9,80	$Em = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	2,572	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q_{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	1,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	62,428	$Proof = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $Ss < 3$ için $Proof = (2/3)(J_n 0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2+0,15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa
 GSI = 80 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

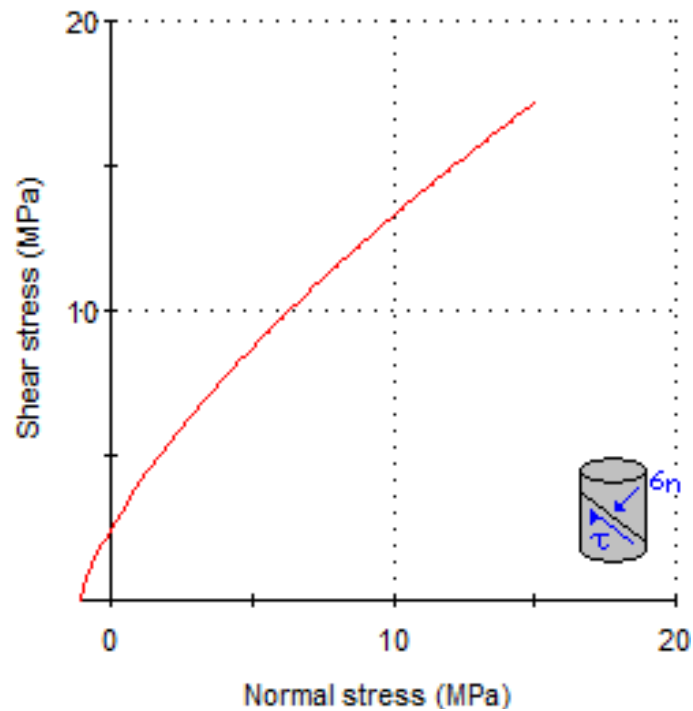
m_b = 4.895 s = 0.1084 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 3.472 MPa friction angle = 44.18 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -1.107 MPa
 uniaxial compressive strength = 16.438 MPa
 global strength = 19.123 MPa
 deformation modulus = 10564.17 MPa



Tünel 11'in yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değerleri

Define Material Properties

----- **T11-Trkb**

T11-Trkb

Name: T11-Trkb Material Color: █

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m3): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 9800 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 E3 (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown ☐ ☐ Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 50 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 4.895 mb Parameter (resid): 1

s Parameter (peak): 0.1084 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

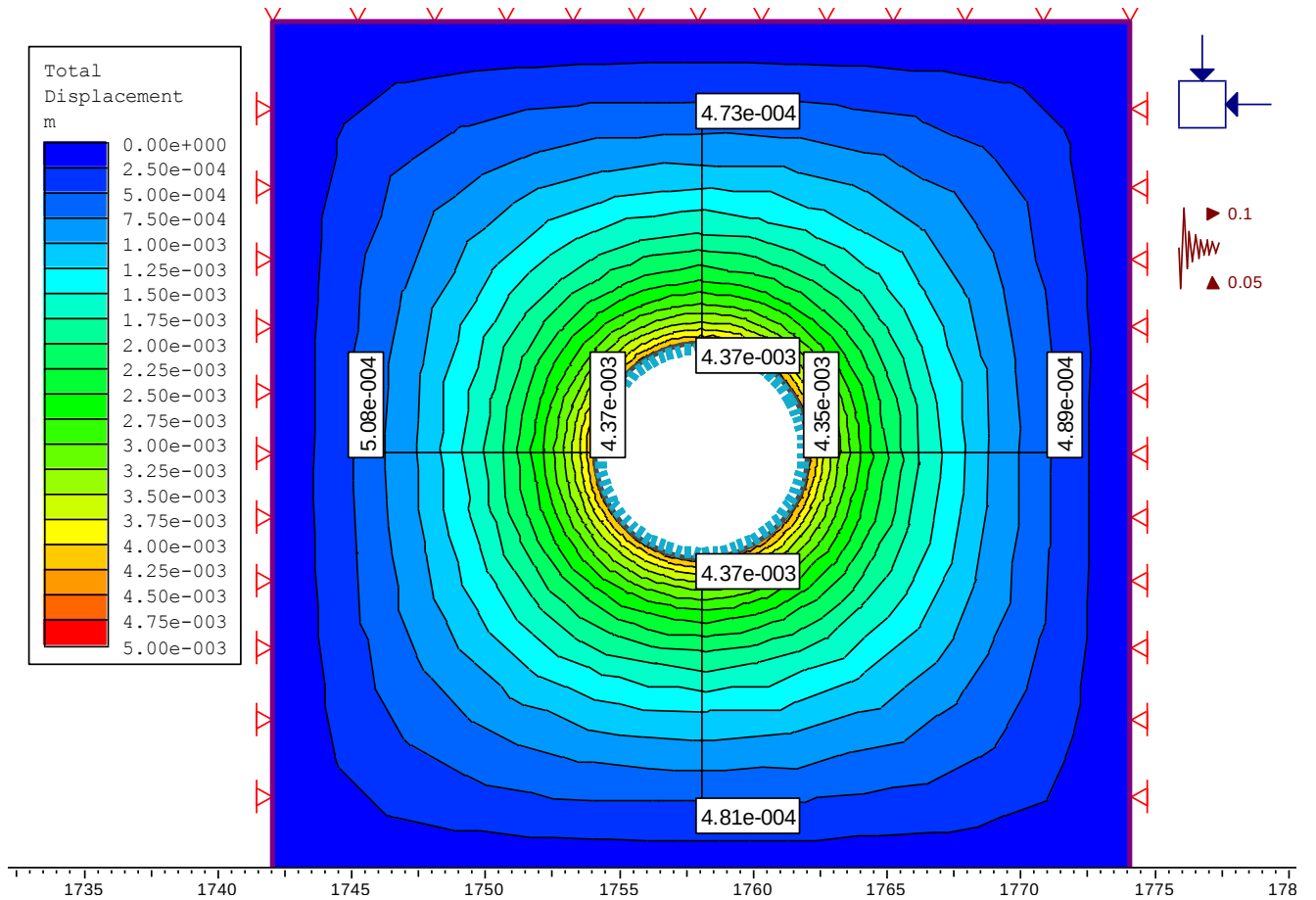
Define Factors... Define Properties...

Unsaturated Shear Strength

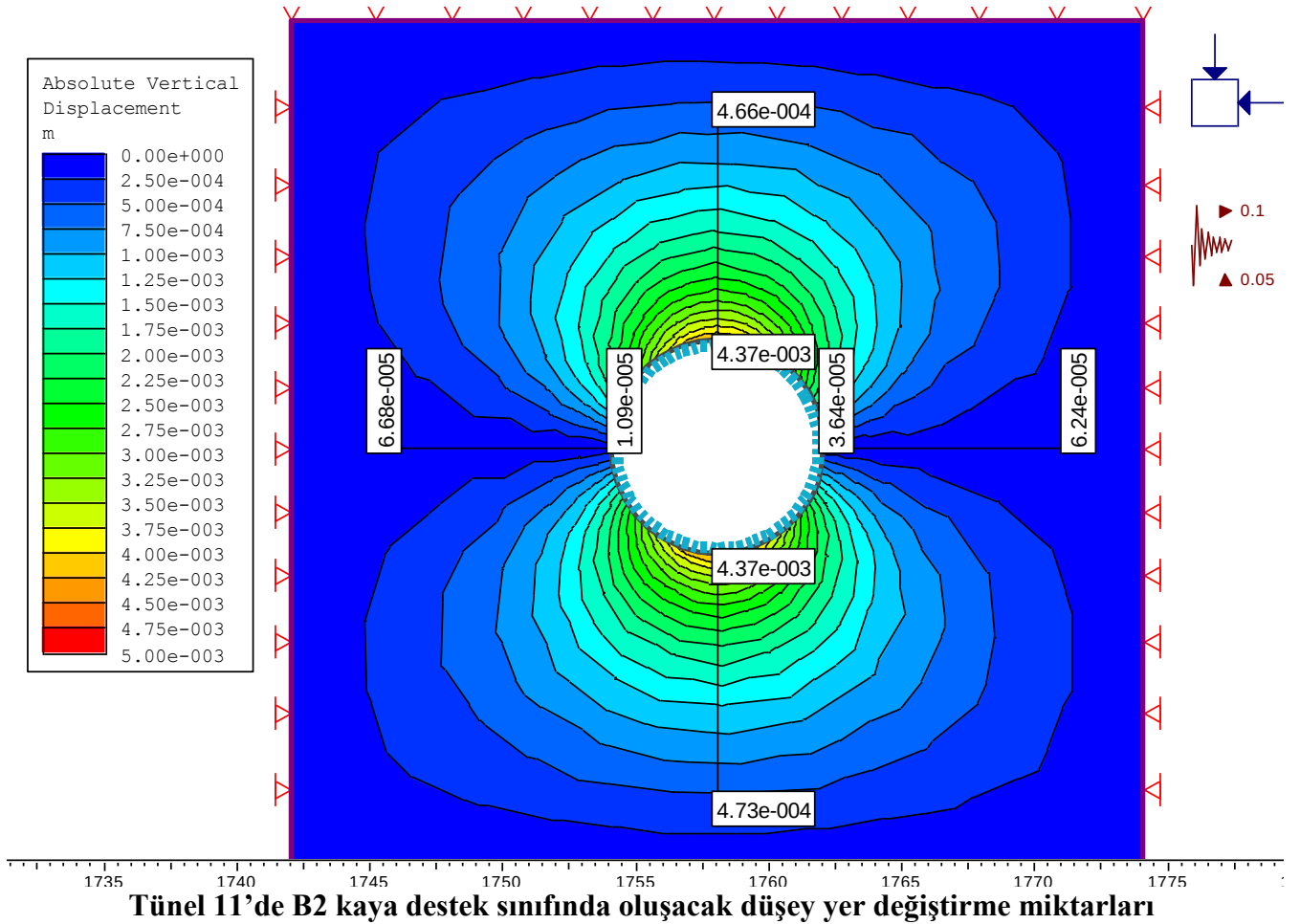
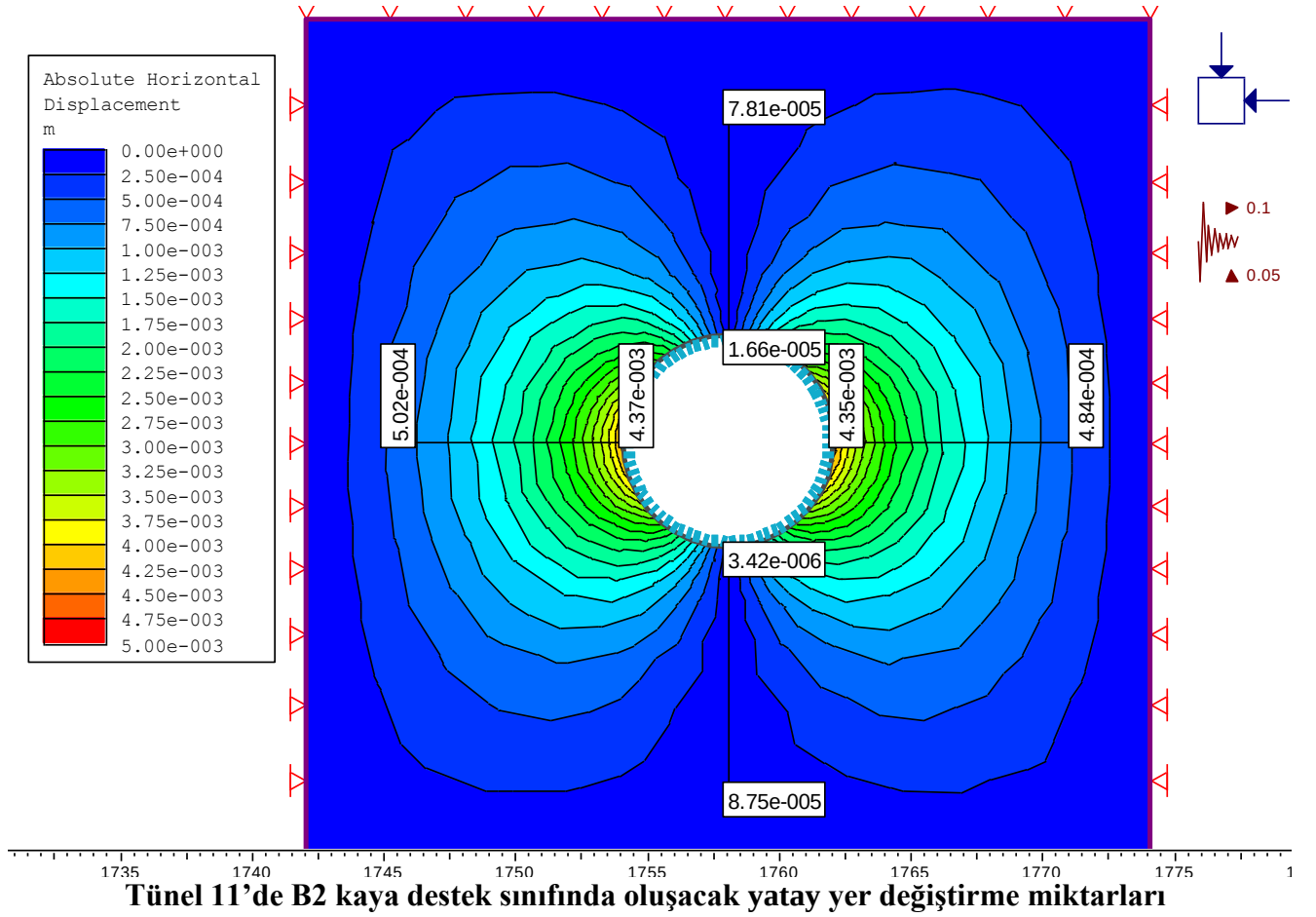
Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

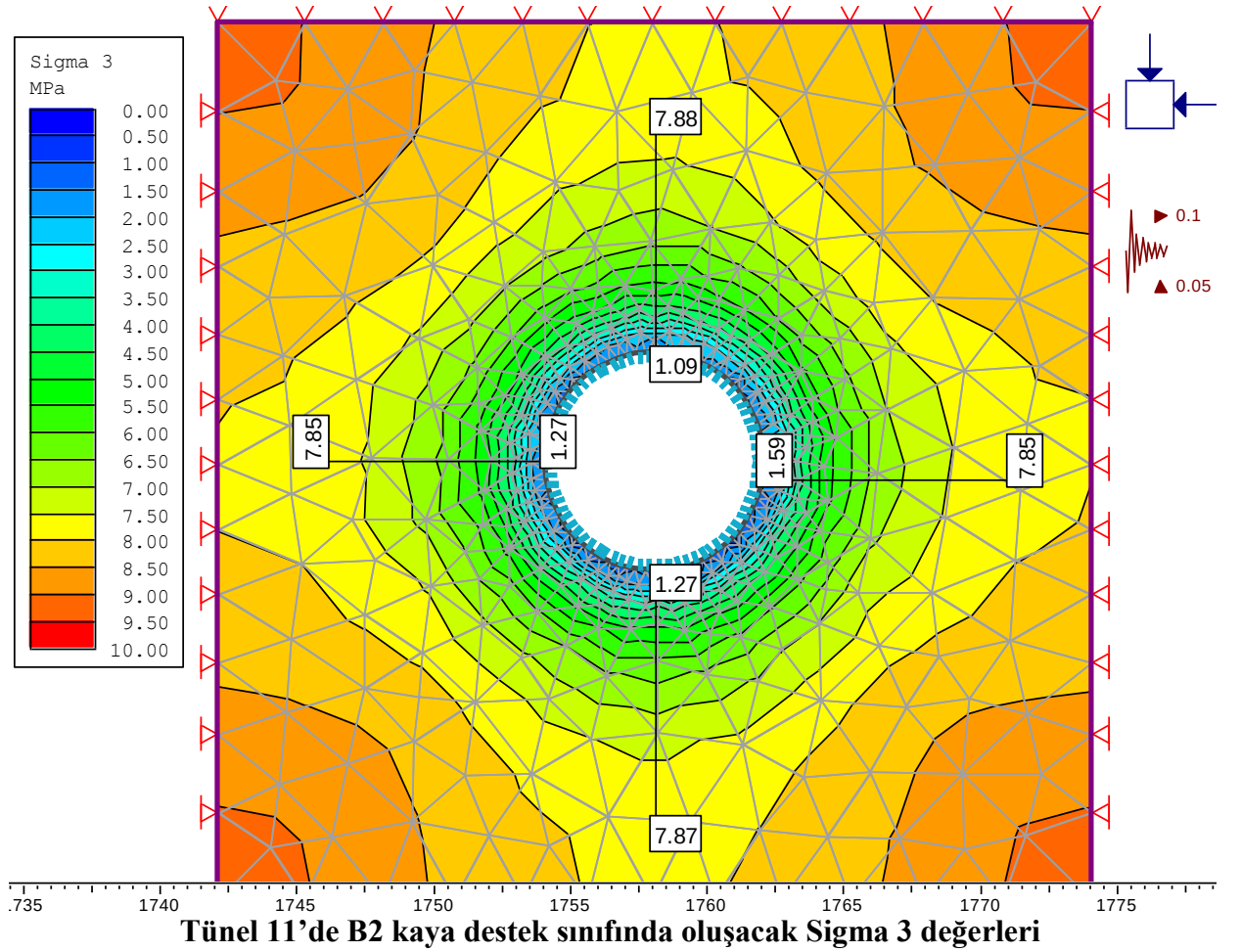
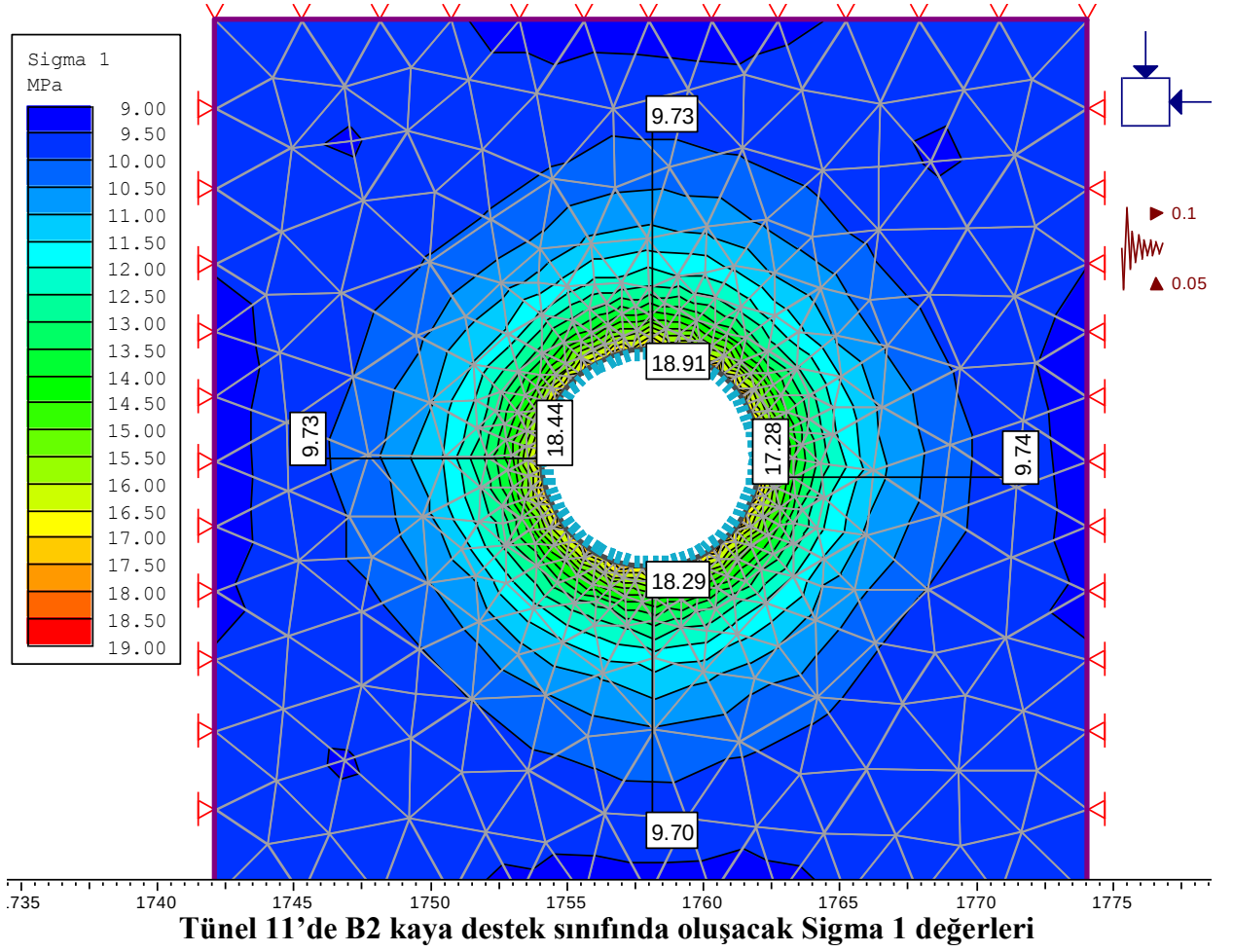
Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

Tünel 11'in yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri



Tünel 11'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları





XVI. T12 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

T12 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirilmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta	74	
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler	3	
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütlesi		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülüğü, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel	1,5	
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)	1	
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem		
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Ekleme Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş ekleme duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)	8	
L	veya				
M	8-12				
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)		
P	veya				
R	13-20				
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları		
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,	0,75	
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	6,167	$(RQD/J_n) \cdot (J_a/J_w) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B1	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	60,4	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	18,17	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	4,140	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q_{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	1,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	41,979	$P_{roof} = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $Ss < 3$ için $P_{roof} = (2/3)(J_n 0.5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2 + 0.15 \cdot B)/ESR$

Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa
GSI = 80 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

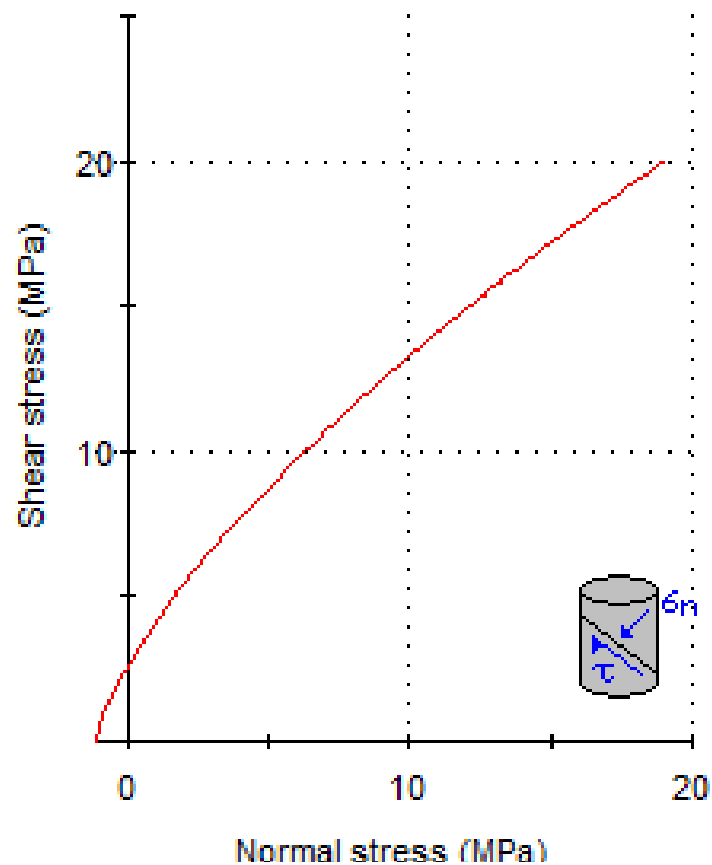
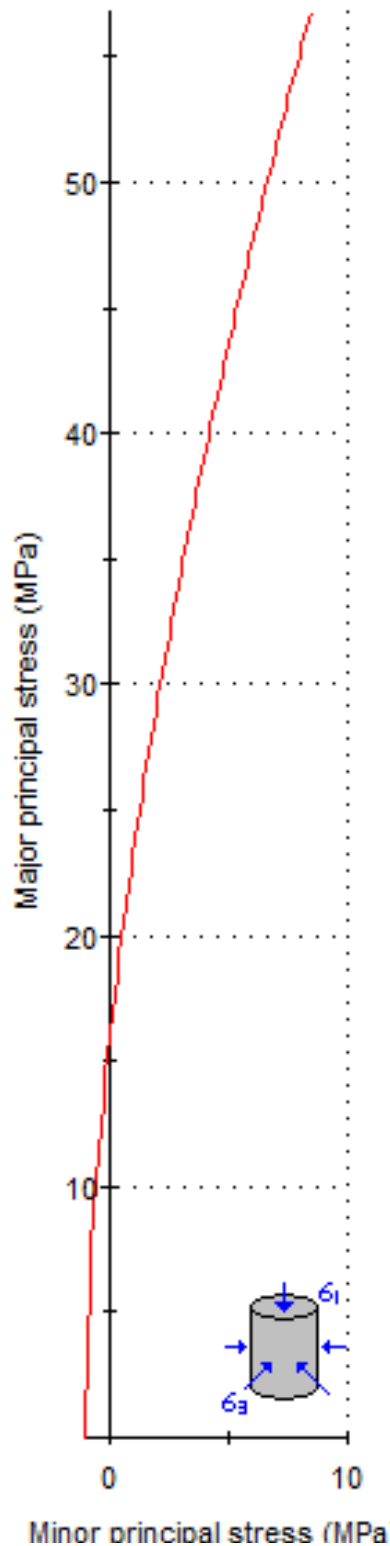
m_b = 4.895 s = 0.1084 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 3.861 MPa friction angle = 42.03 de

Rock Mass Parameters

tensile strength = -1.107 MPa
uniaxial compressive strength = 16.438 MPa
global strength = 19.123 MPa
deformation modulus = 10564.17 MPa



Tünel 12'nin yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değıştirgeleri

Define Material Properties

T12-Trkb

Name: T12-Trkb Material Color: █

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m³): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 18170 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 Ez (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown ☐ ☐ Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 50 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 4.895 mb Parameter (resid): 1

s Parameter (peak): 0.1084 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

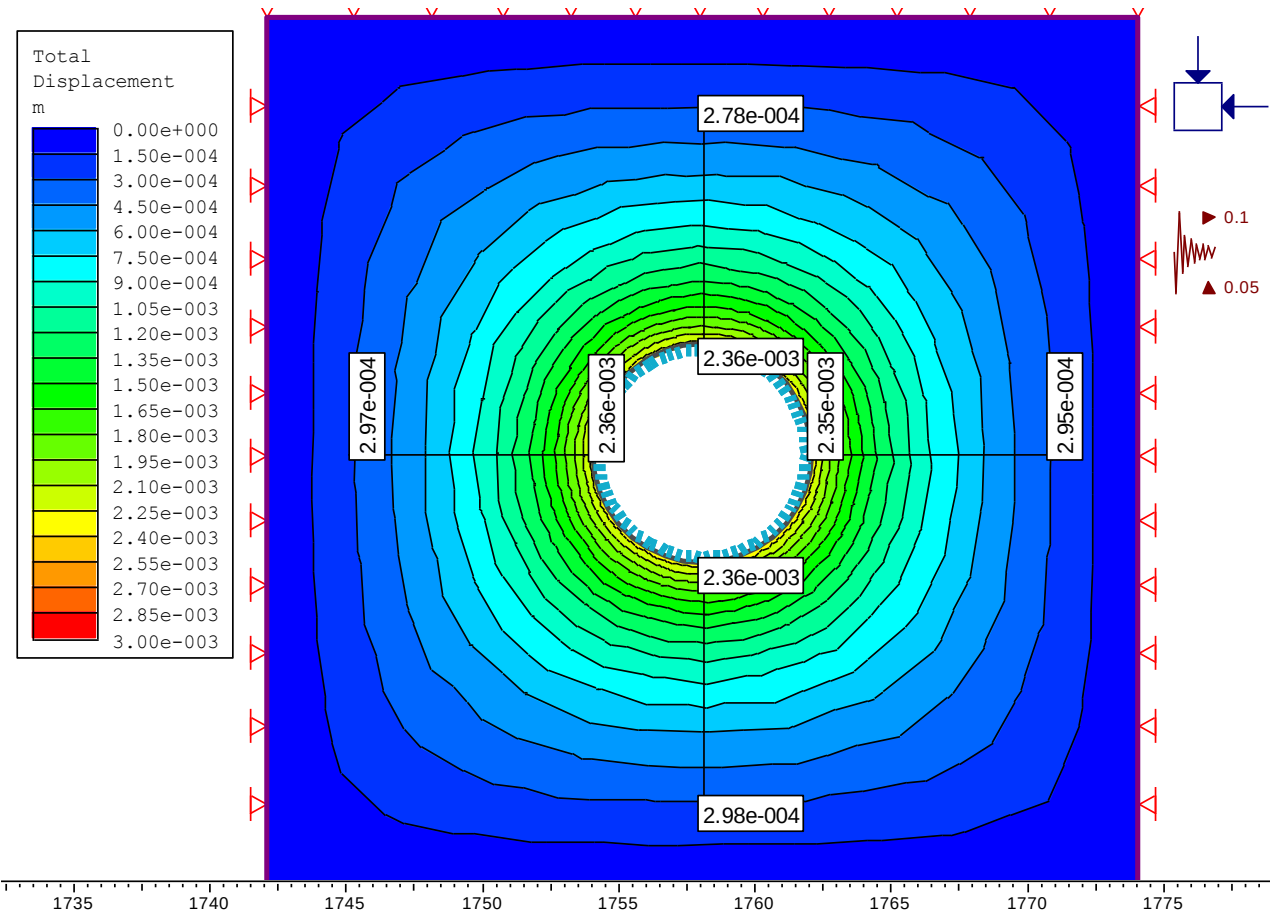
Define Factors... Define Properties...

Unsaturated Shear Strength

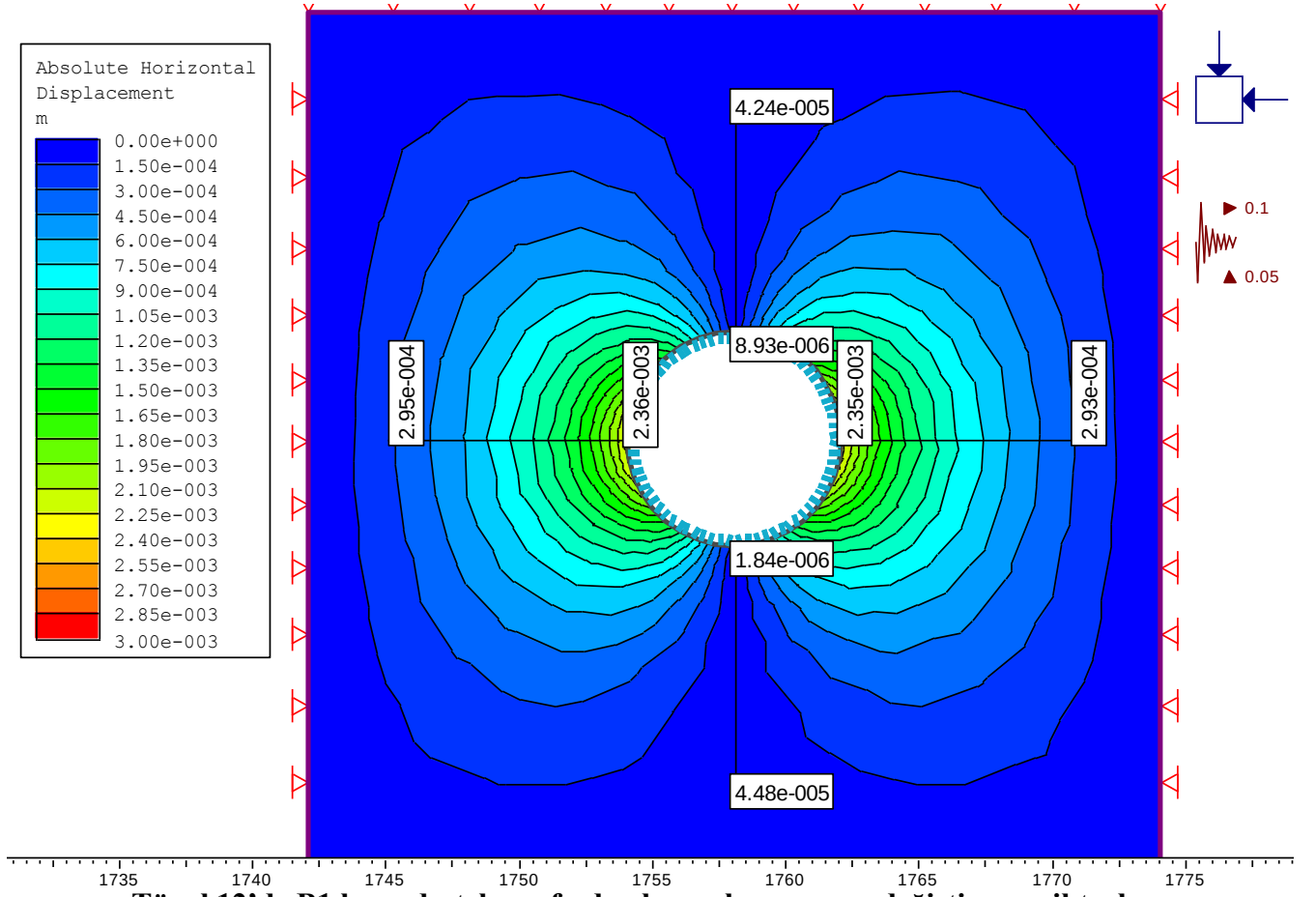
Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

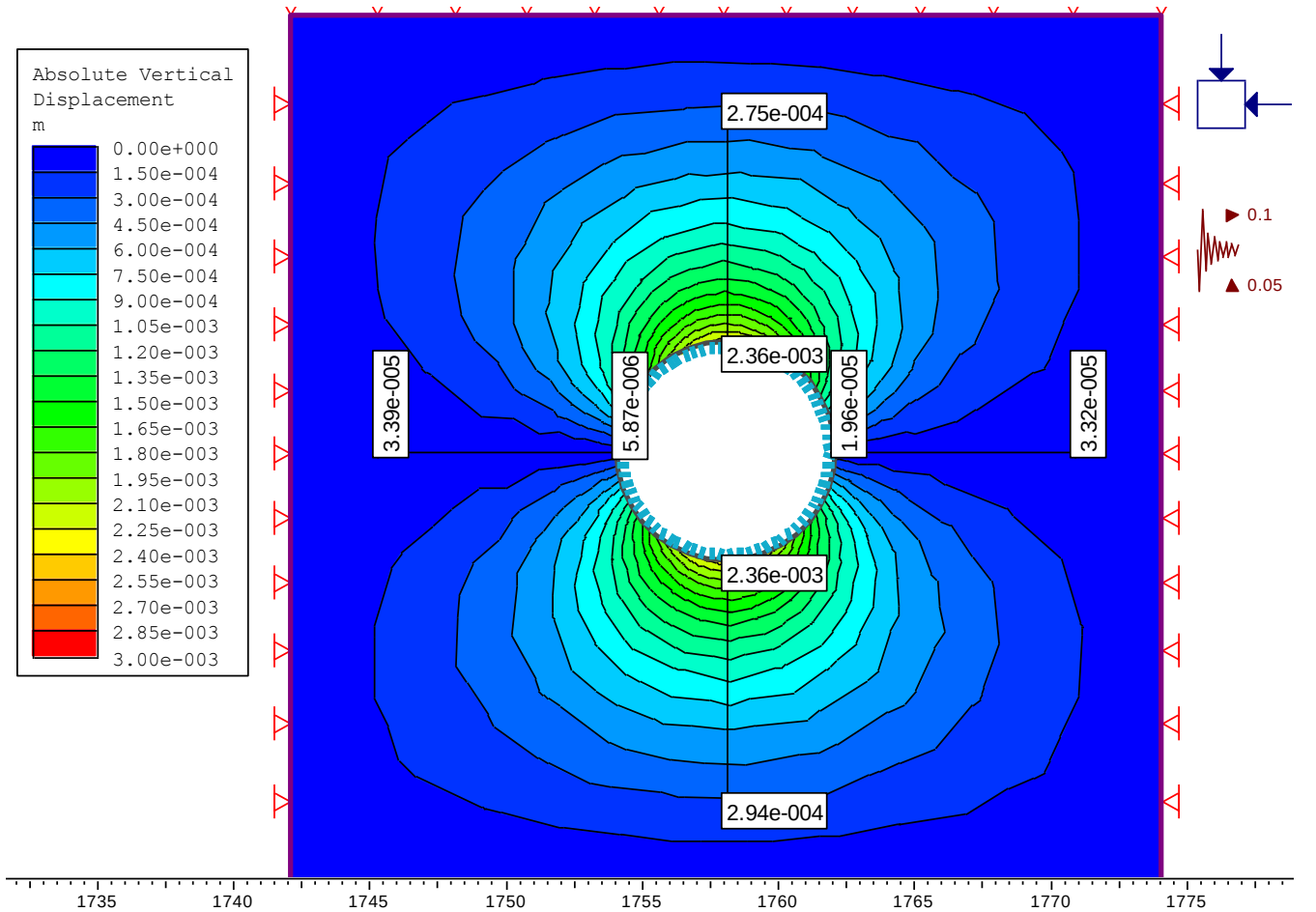
Tünel 12'nin yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri



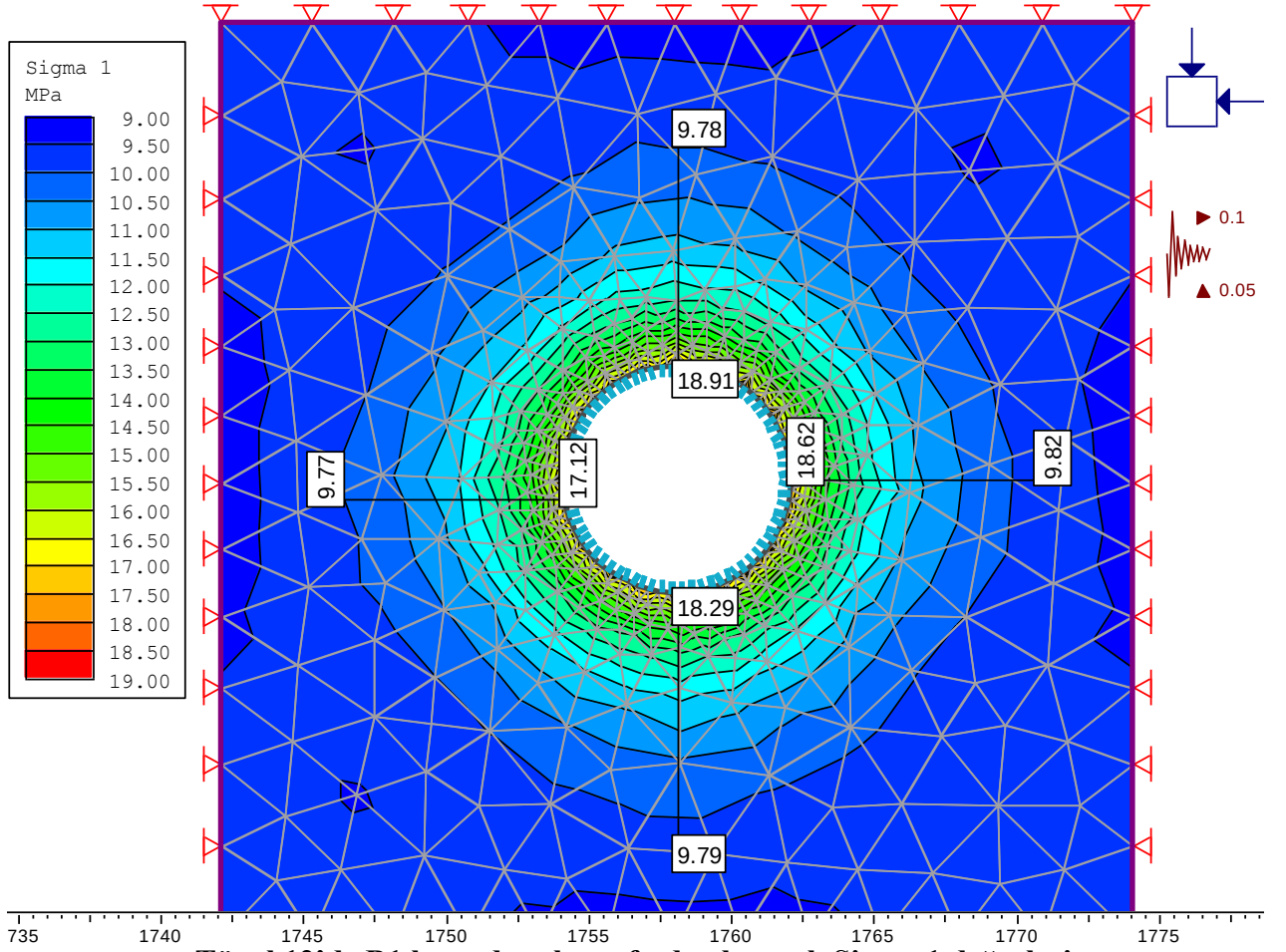
Tünel 12'de B1 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları



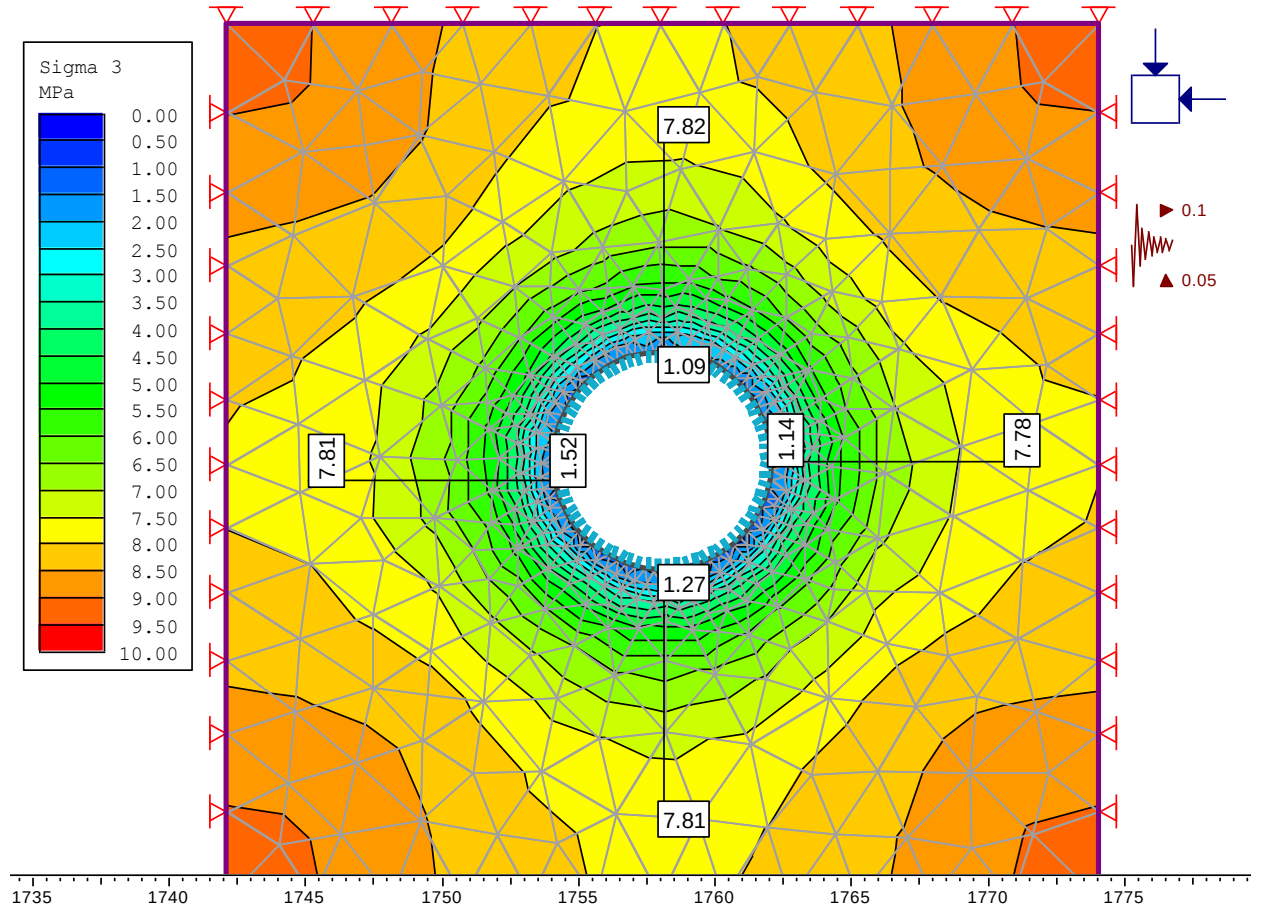
Tünel 12'de B1 kaya destek sınıfında oluşacak yatay yer değiştirme miktarları



Tünel 12'de B1 kaya destek sınıfında oluşacak düşey yer değiştirme miktarları



Tünel 12'de B1 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 1 değerleri



Tünel 12'de B1 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 3 değerleri

XVII. T13 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

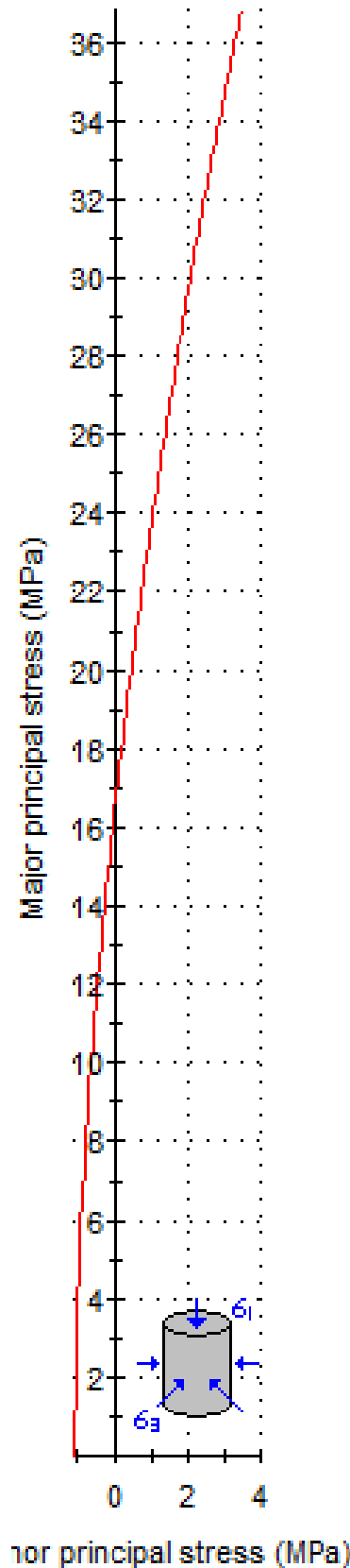
T13 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirilmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta		
D	75-90	İyi	79	
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler	3	
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütlesi		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel	1,5	
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)	0,6	
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem		
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Ekleme Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş ekleme duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrılmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)	12	
L	veya				
M	8-12				
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)		
P	veya				
R	13-20				
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları	1	
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	1,975	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B2	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	50,1	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	10,07	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	2,626	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q^{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	1,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	61,356	$P_{roof} = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $S_s < 3$ için $P_{roof} = (2/3)(J_n 0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2+0,15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa
 GSI = 80 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

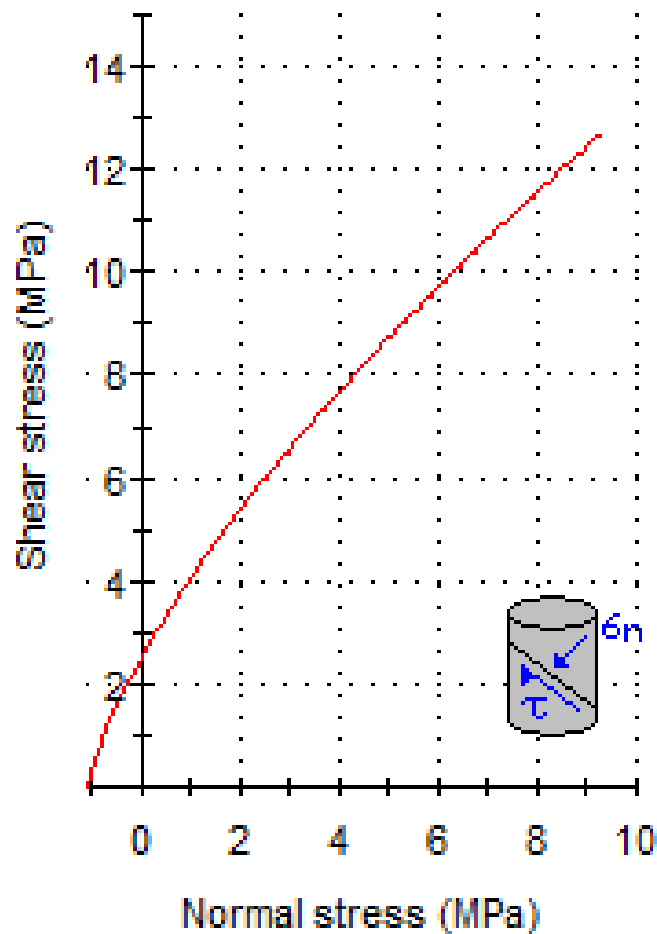
m_b = 4.895 s = 0.1084 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 2.934 MPa friction angle = 48.22 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -1.107 MPa
 uniaxial compressive strength = 16.438 MPa
 global strength = 19.123 MPa
 deformation modulus = 10564.17 MPa



Tünel 13'ün yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değerleri

Define Material Properties

..... ☒ T13-Trkb

T13-Trkb

Name: T13-Trkb Material Color:

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m3): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 10070 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 Ez (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 50 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 4.895 mb Parameter (resid): 1

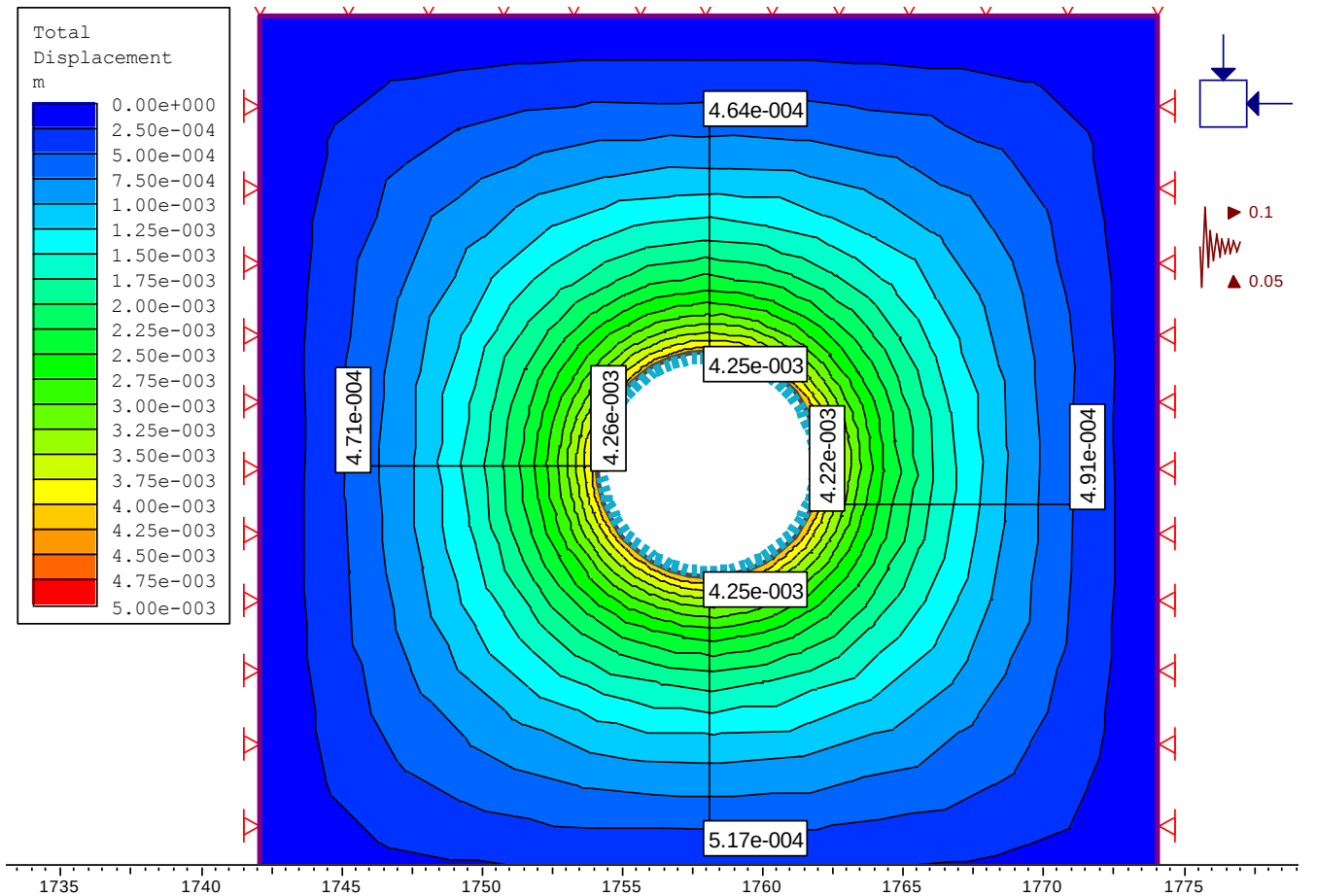
s Parameter (peak): 0.1084 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent **Unsaturated Shear Strength**

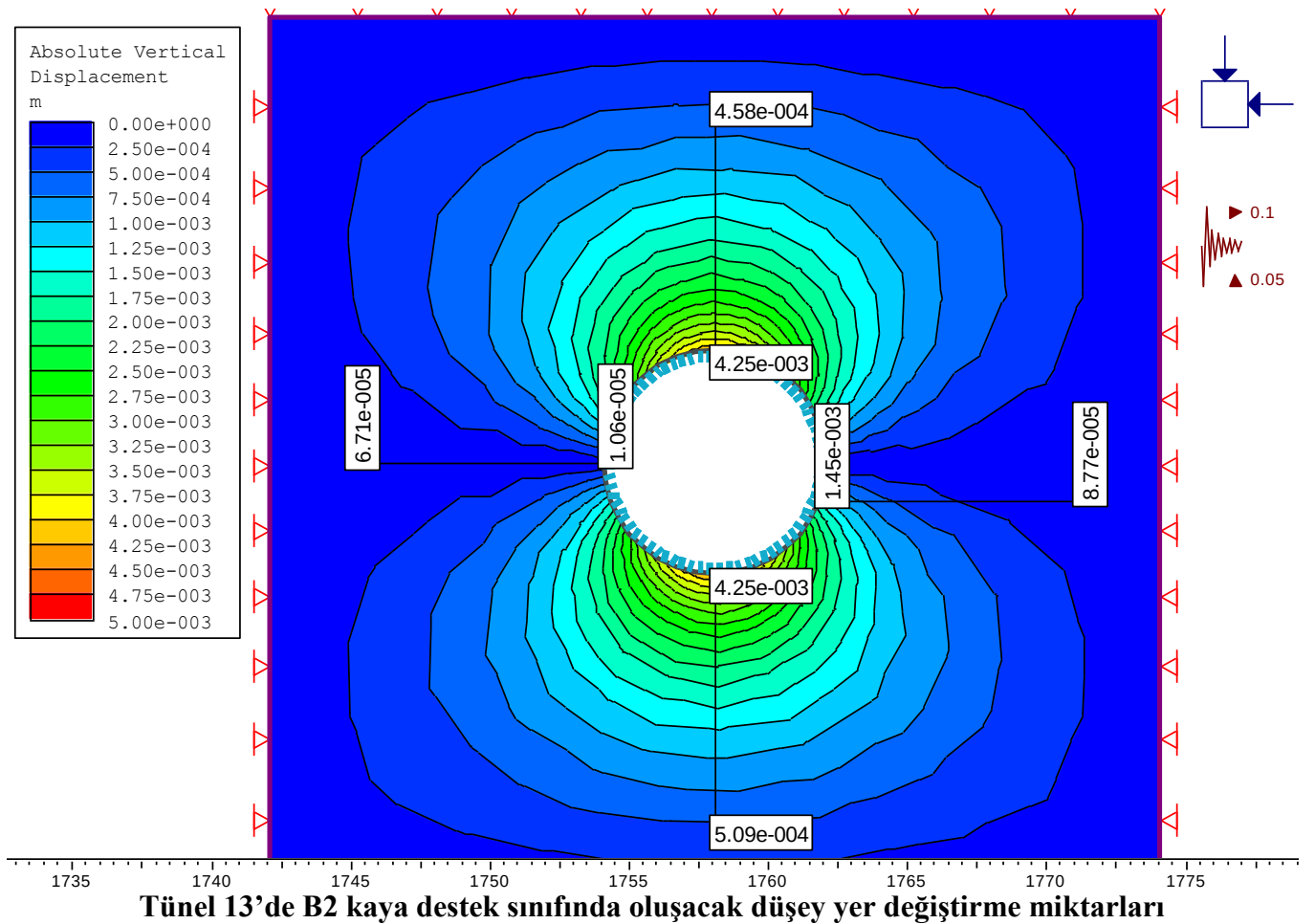
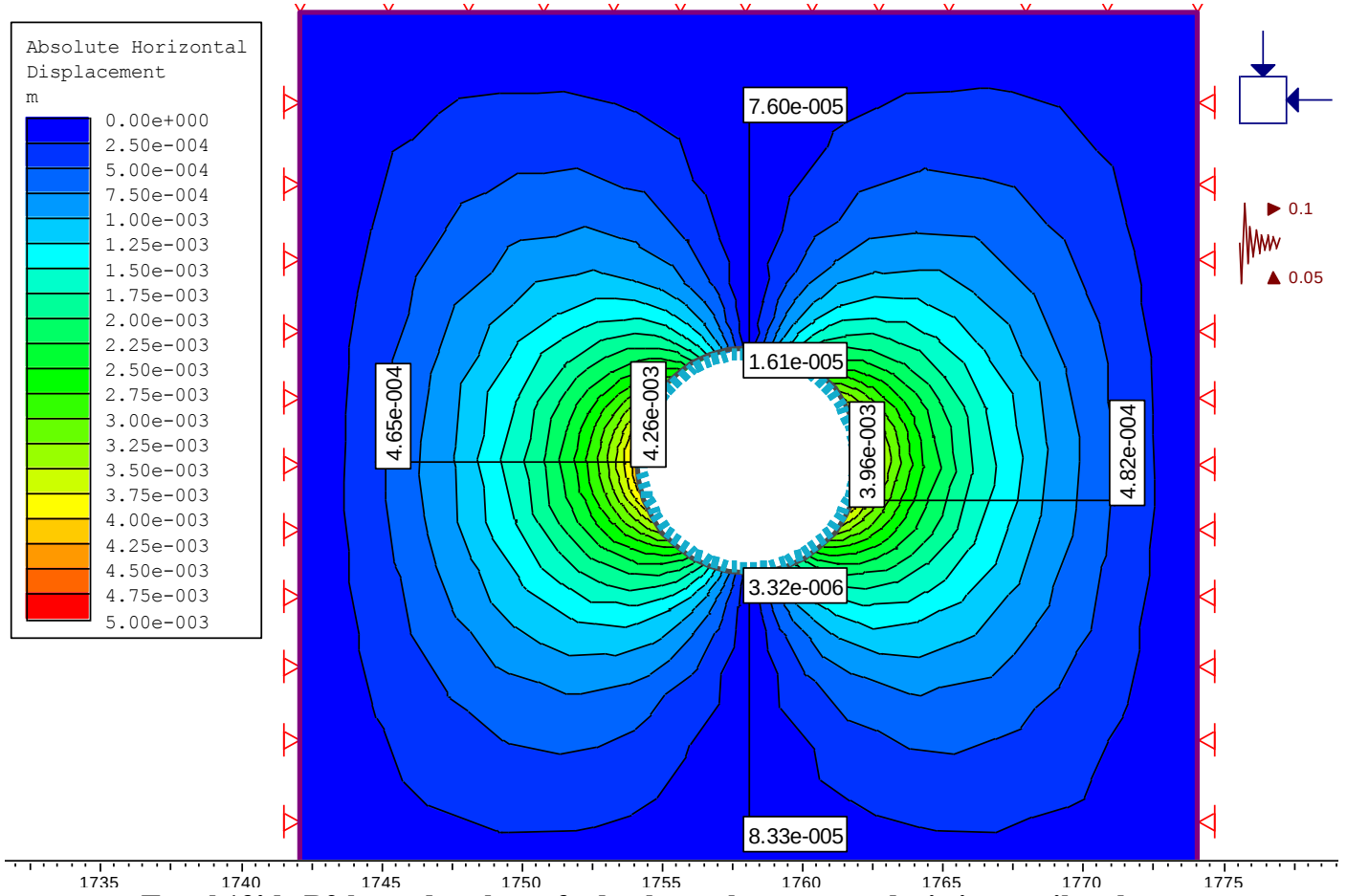
Define Factors... Define Properties... Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

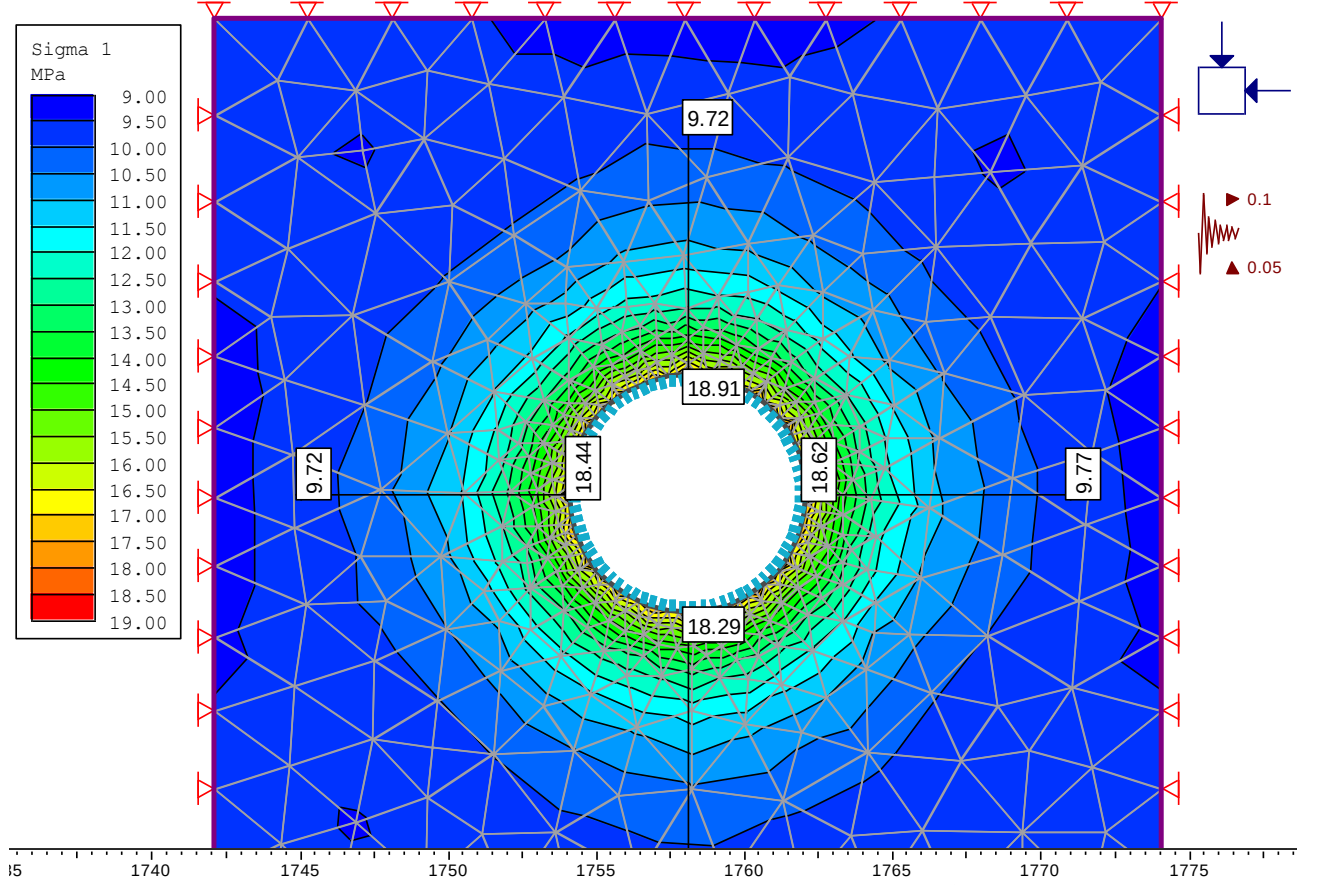
Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

Tünel 13'ün yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri

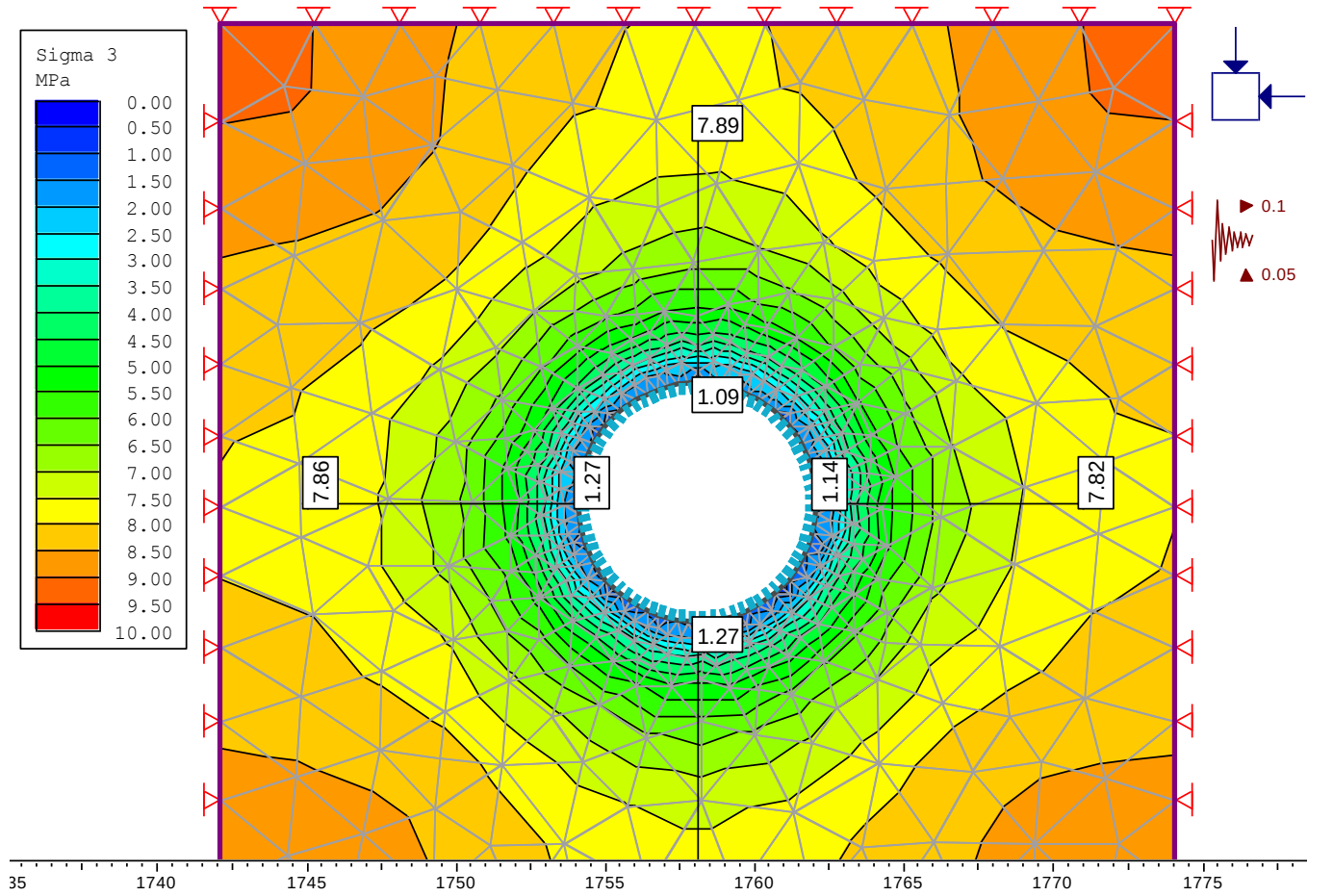


Tünel 13'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları





Tünel 13'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 1 değerleri



Tünel 13'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 3 değerleri

XVIII. T14 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

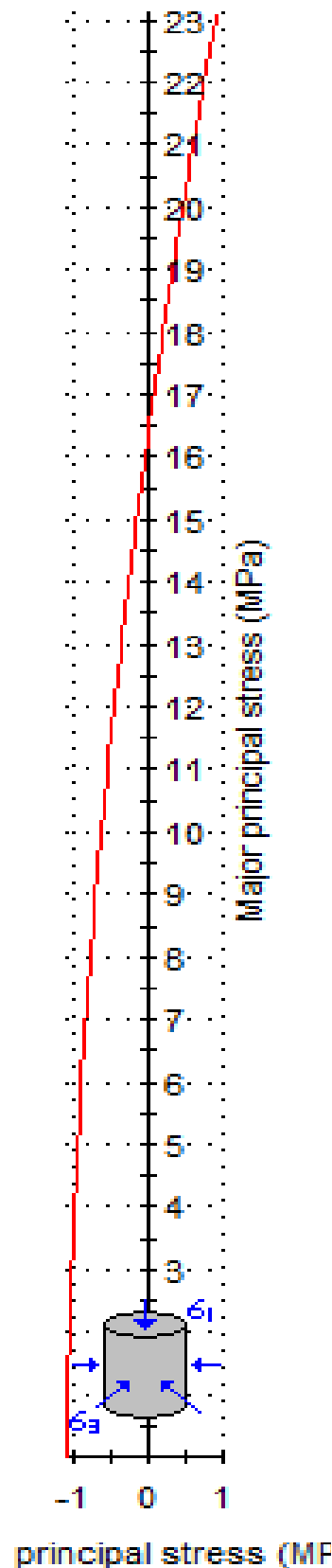
T14 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirilmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta		
D	75-90	İyi	83	
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler	3	
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütlesi		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülüğü, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı	1,5	
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)	1	
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem		
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Ekleme Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş ekleme duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)	10	
L	veya				
M	8-12				
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)		
P	veya				
R	13-20				
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,	2,5	
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları		
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	1,660	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B2	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	48,6	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	9,21	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	2,449	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q^{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	1,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	65,014	$P_{roof} = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $S_s < 3$ için $P_{roof} = (2/3)(J_n 0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2+0,15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa
 GSI = 80 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

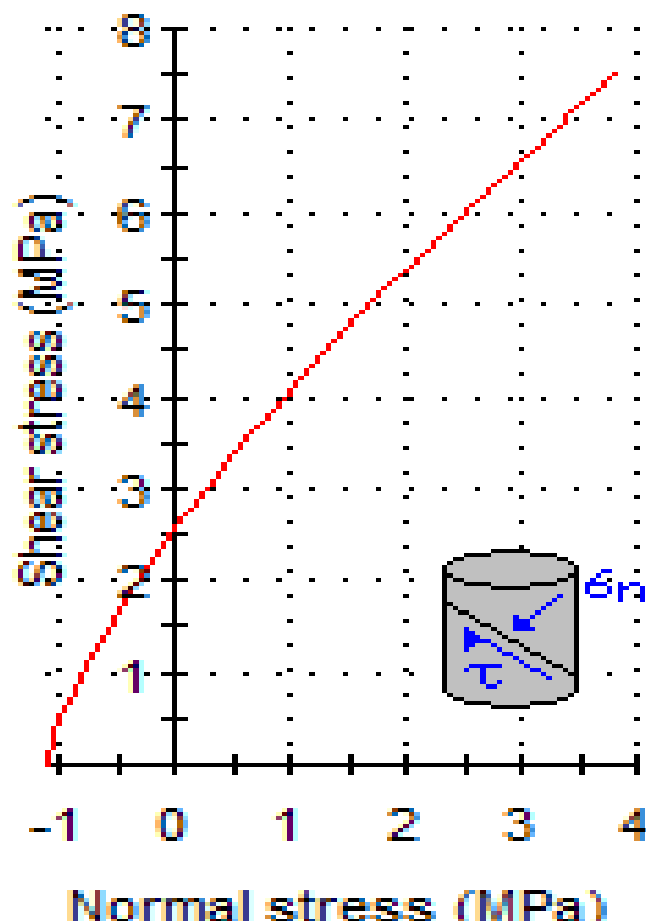
m_b = 4.895 s = 0.1084 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 2.500 MPa friction angle = 54.58 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -1.107 MPa
 uniaxial compressive strength = 16.438 MPa
 global strength = 19.123 MPa
 deformation modulus = 10564.17 MPa



Tünel 14'ün yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değerleri

Define Material Properties

T14-Trkb

Name: T14-Trkb Material Color: ■

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m³): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 9210 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 Ez (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown ☐ ☐ Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 50 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 4.895 mb Parameter (resid): 1

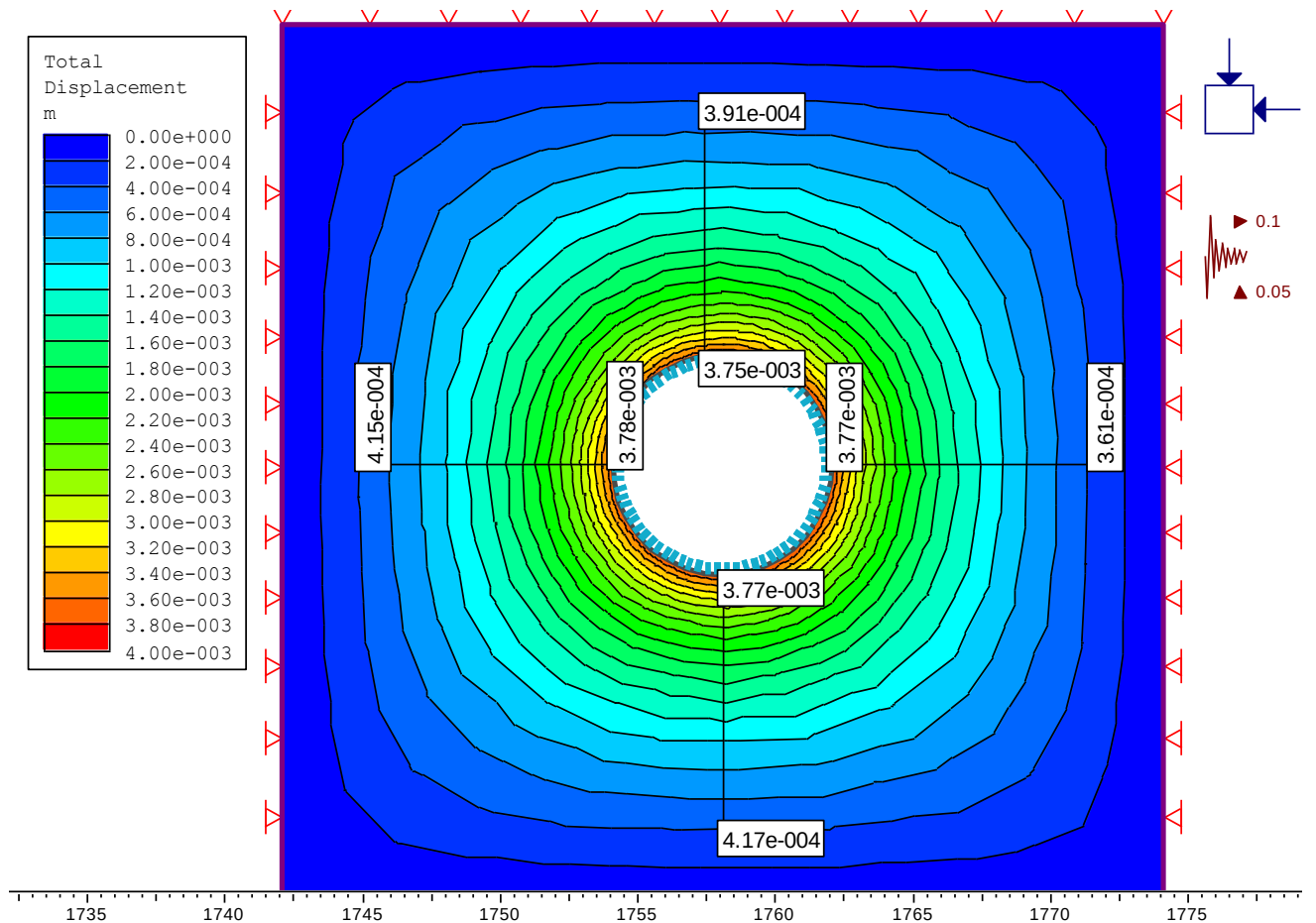
s Parameter (peak): 0.1084 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent ☐ Unsaturated Shear Strength

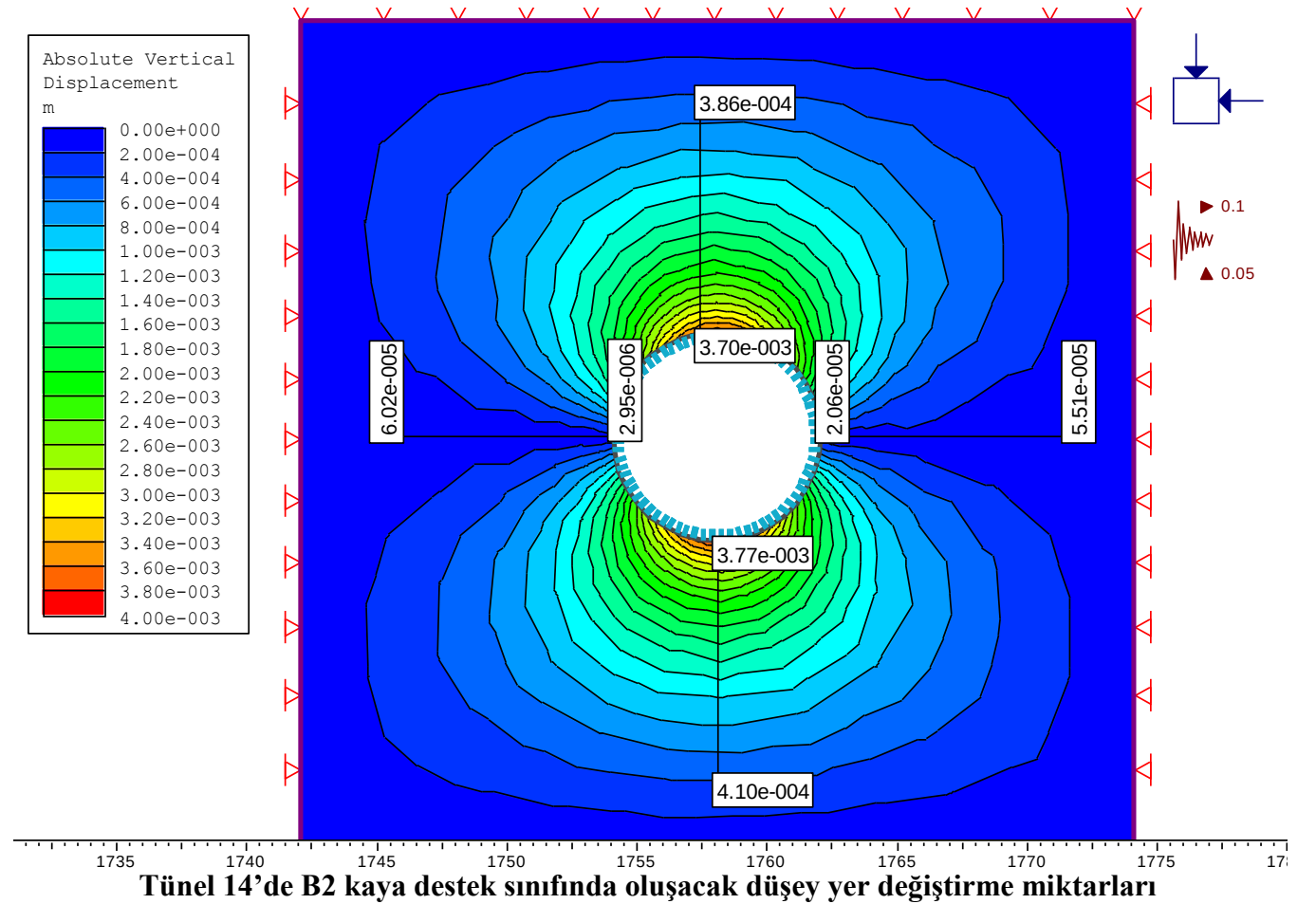
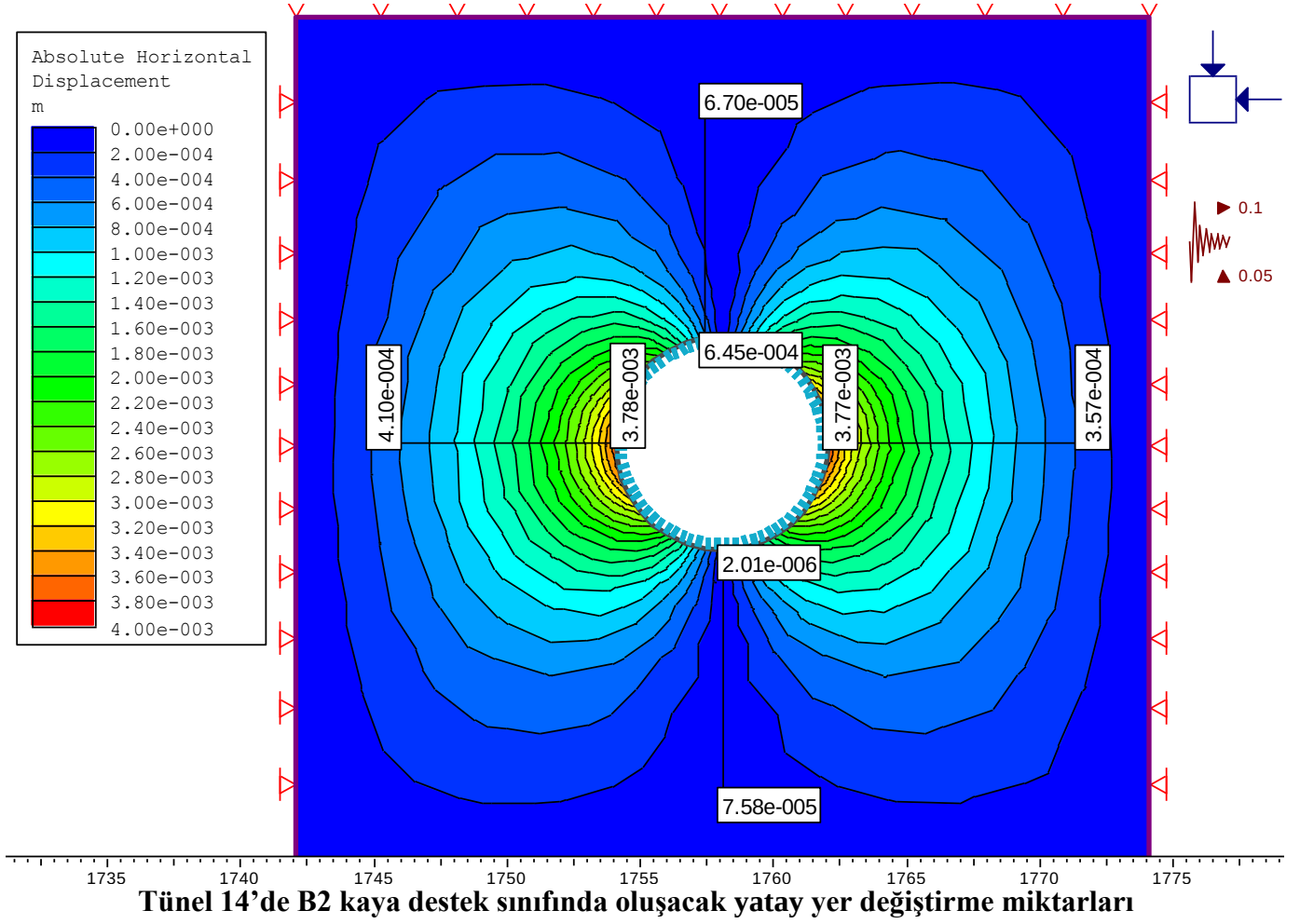
Define Factors... Define Properties... Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

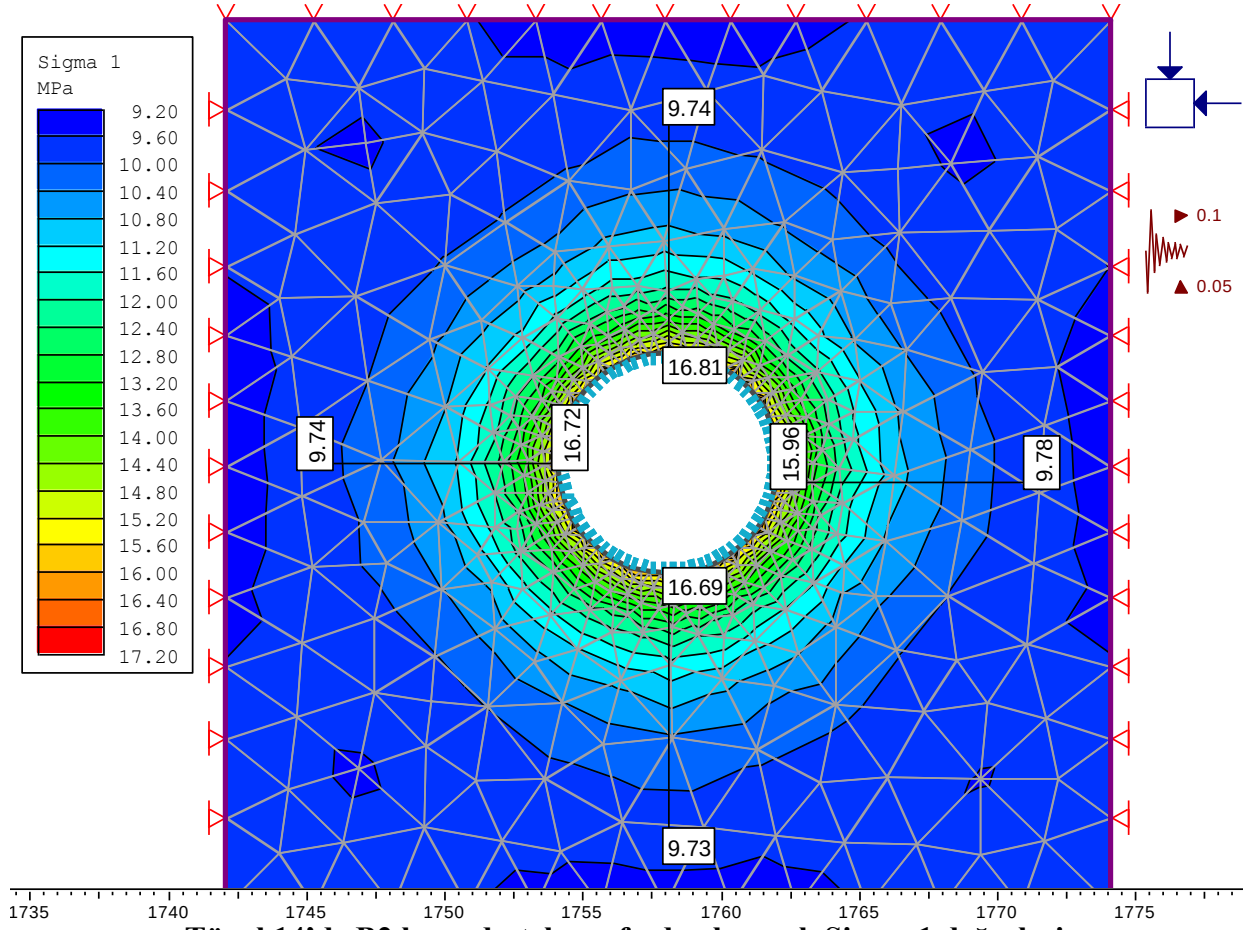
Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

Tünel 14'ün yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri

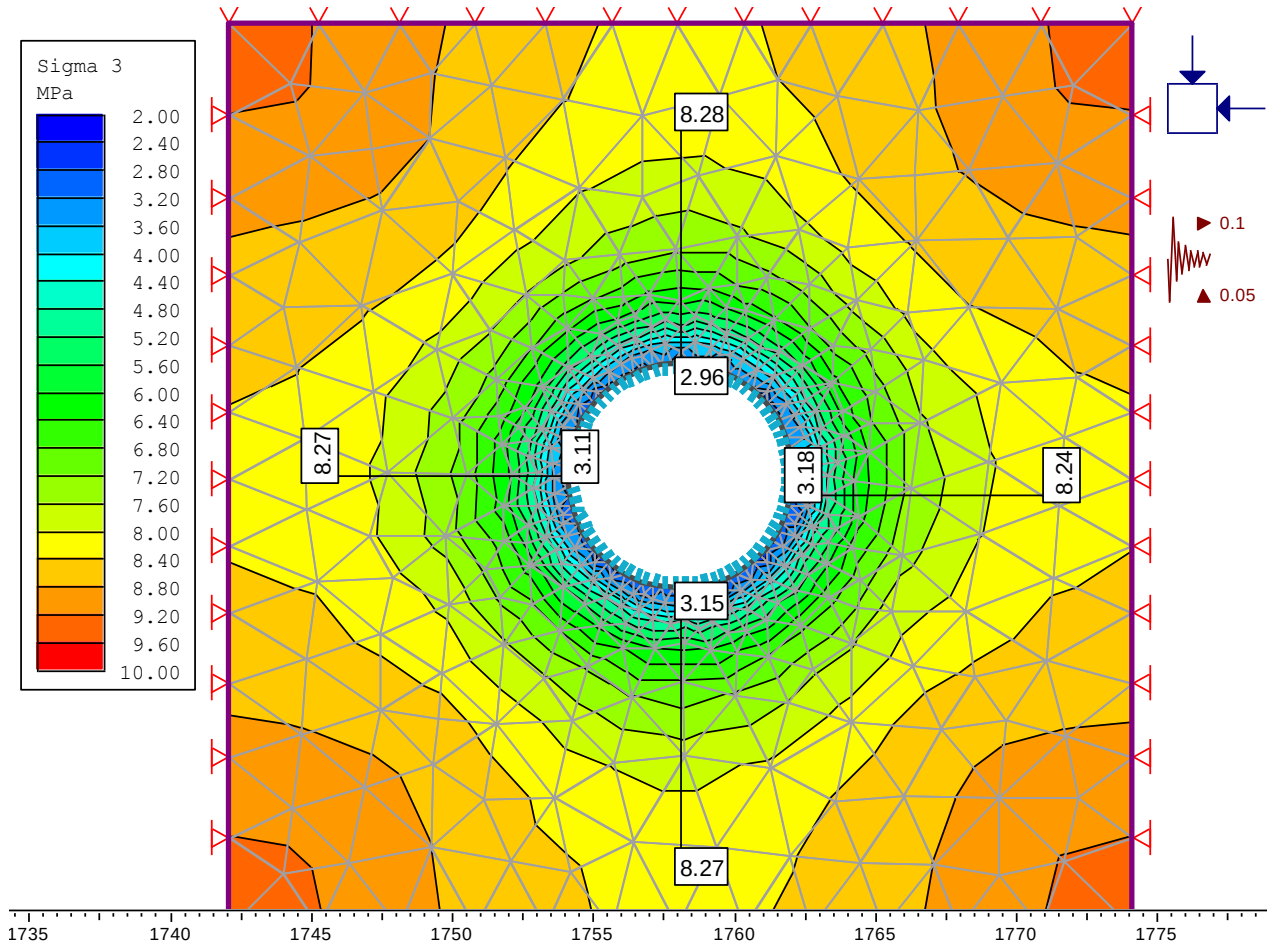


Tünel 14'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları





Tünel 14'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 1 değerleri



Tünel 14'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 3 değerleri

XIX. T15 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

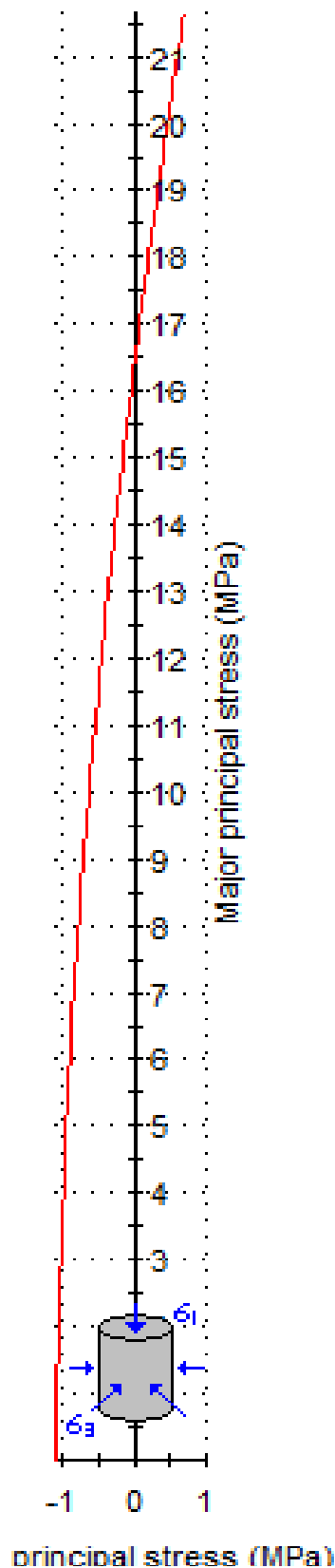
T15 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirilmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta		
D	75-90	İyi	87	
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler	3	
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütleli		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülüğü, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı	3	
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)	1	
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem		
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Ekleme Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş ekleme duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)	6	
L	veya				
M	8-12				
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)		
P	veya				
R	13-20				
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,	2,5	
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları		
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	5,800	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B1	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	59,8	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	17,60	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	4,040	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q^{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	1,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	21,423	$P_{roof} = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $S_s < 3$ için $P_{roof} = (2/3)(J_n 0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2+0,15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa

GSI = 80 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0

intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

m_b = 4.895 s = 0.1084 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 2.474 MPa friction angle = 55.43 deg

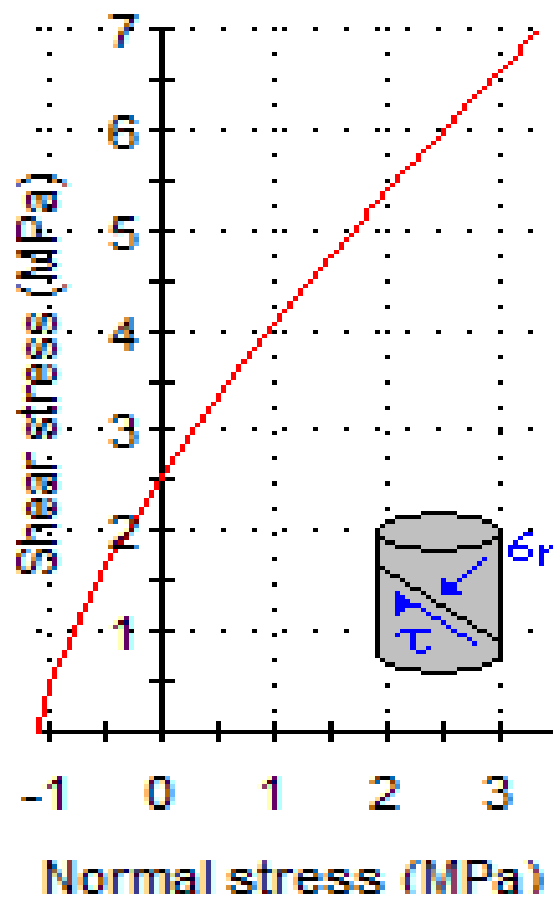
Rock Mass Parameters

tensile strength = -1.107 MPa

uniaxial compressive strength = 16.438 MPa

global strength = 19.123 MPa

deformation modulus = 10564.17 MPa



Tünel 15'in yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değerleri

Define Material Properties

T15-Trkb

Name: T15-Trkb Material Color: █

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m³): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 17600 Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 Ez (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 50 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 4.895 mb Parameter (resid): 1

s Parameter (peak): 0.1084 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

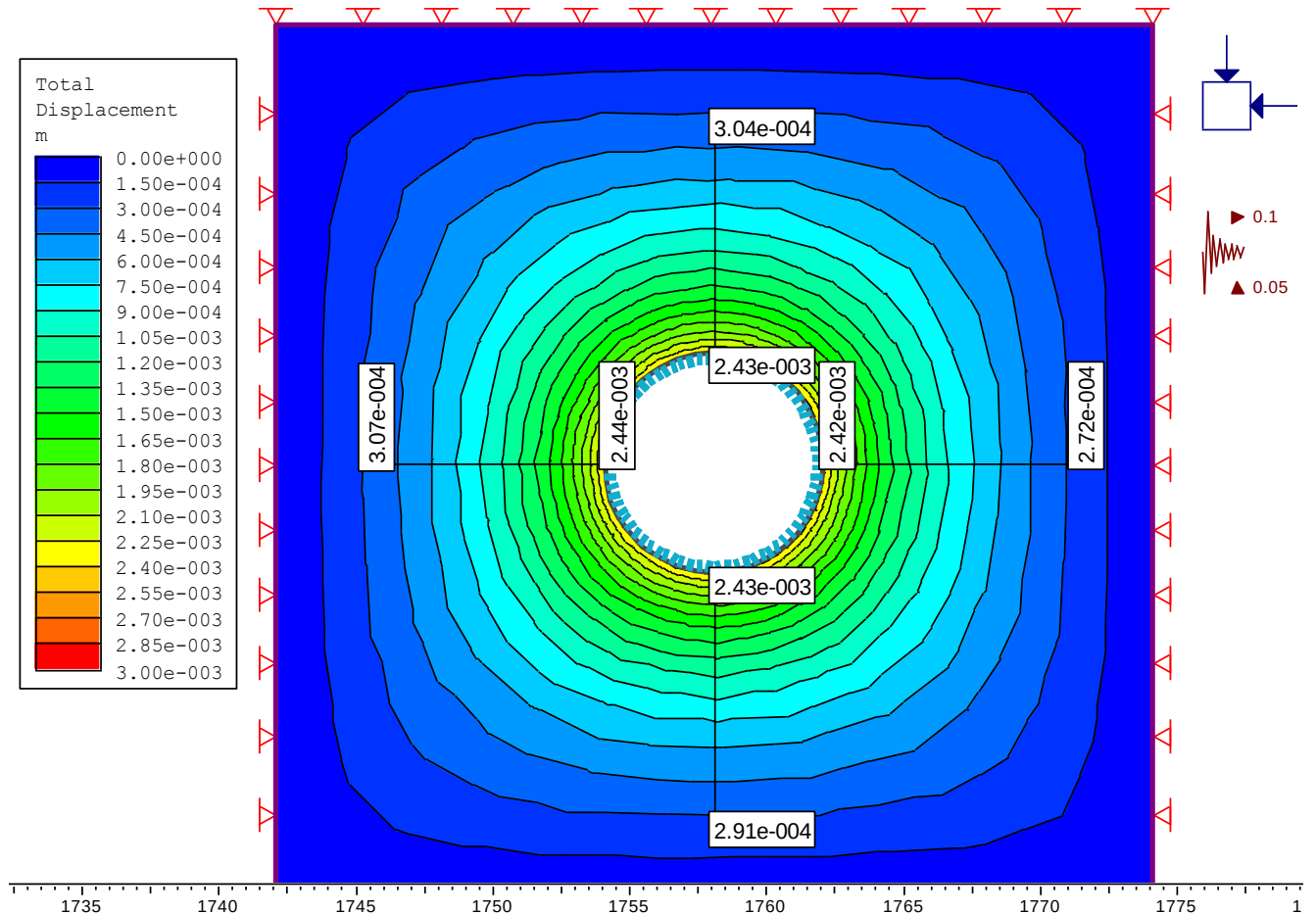
Define Factors... Define Properties...

Unsaturated Shear Strength

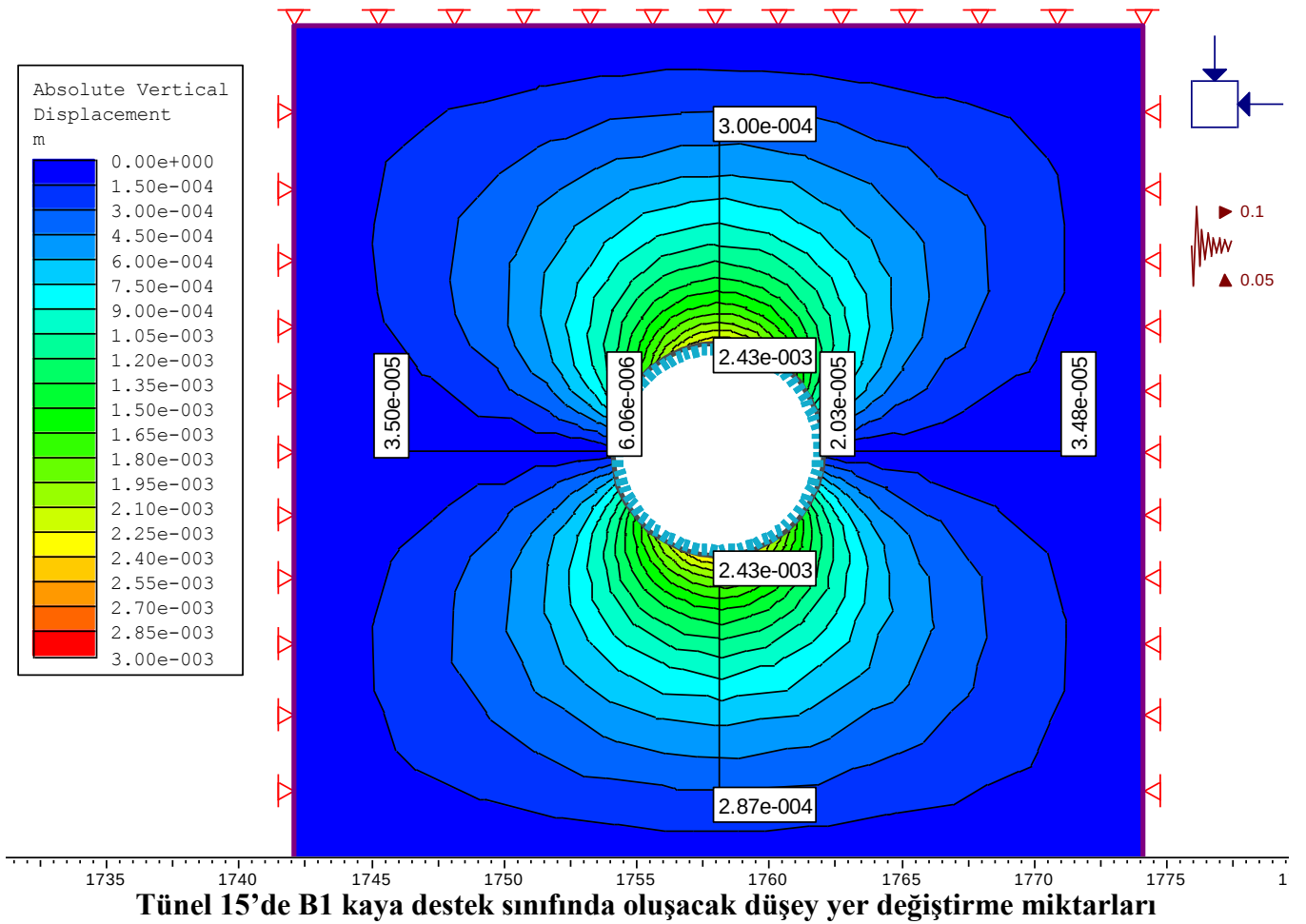
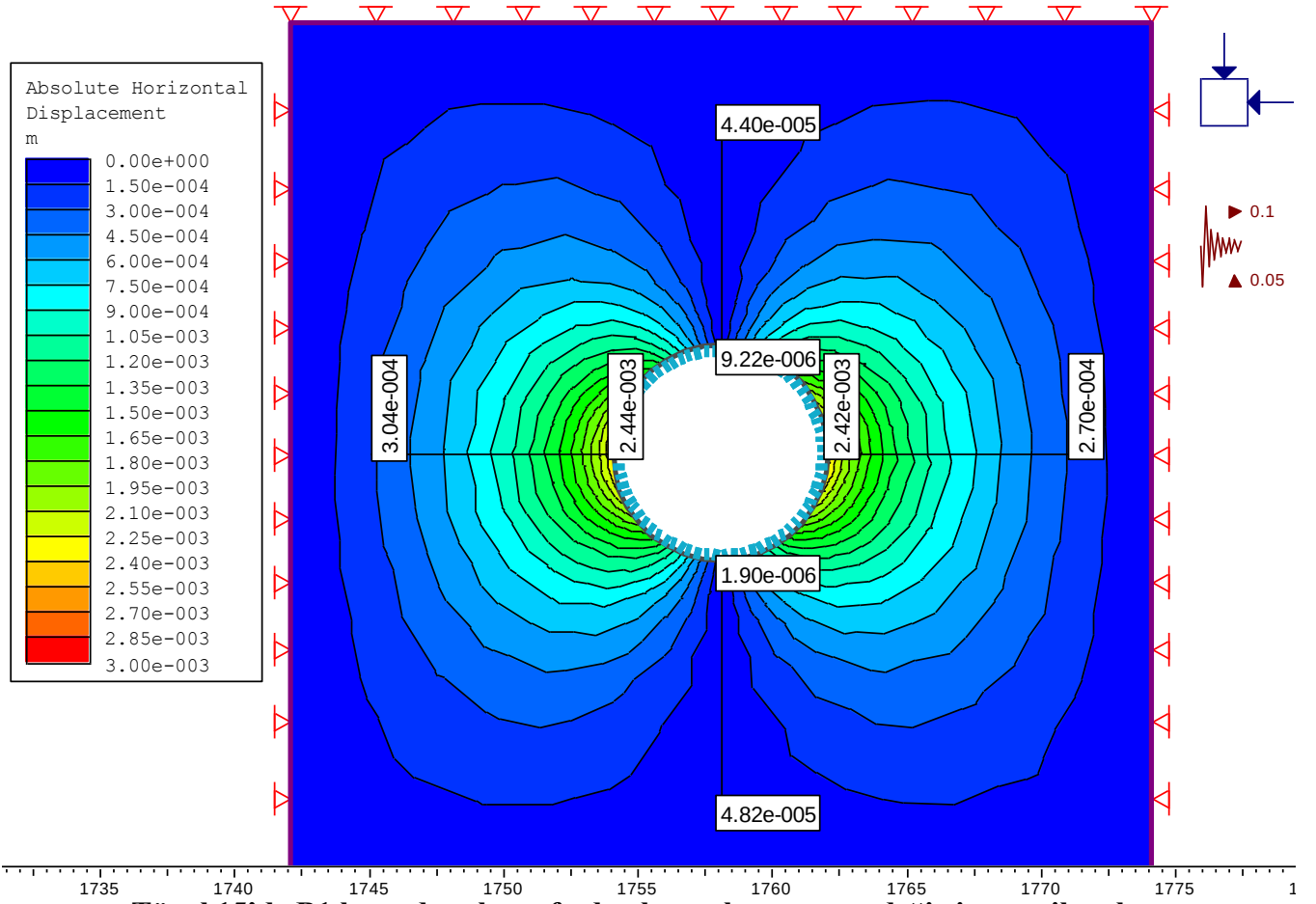
Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

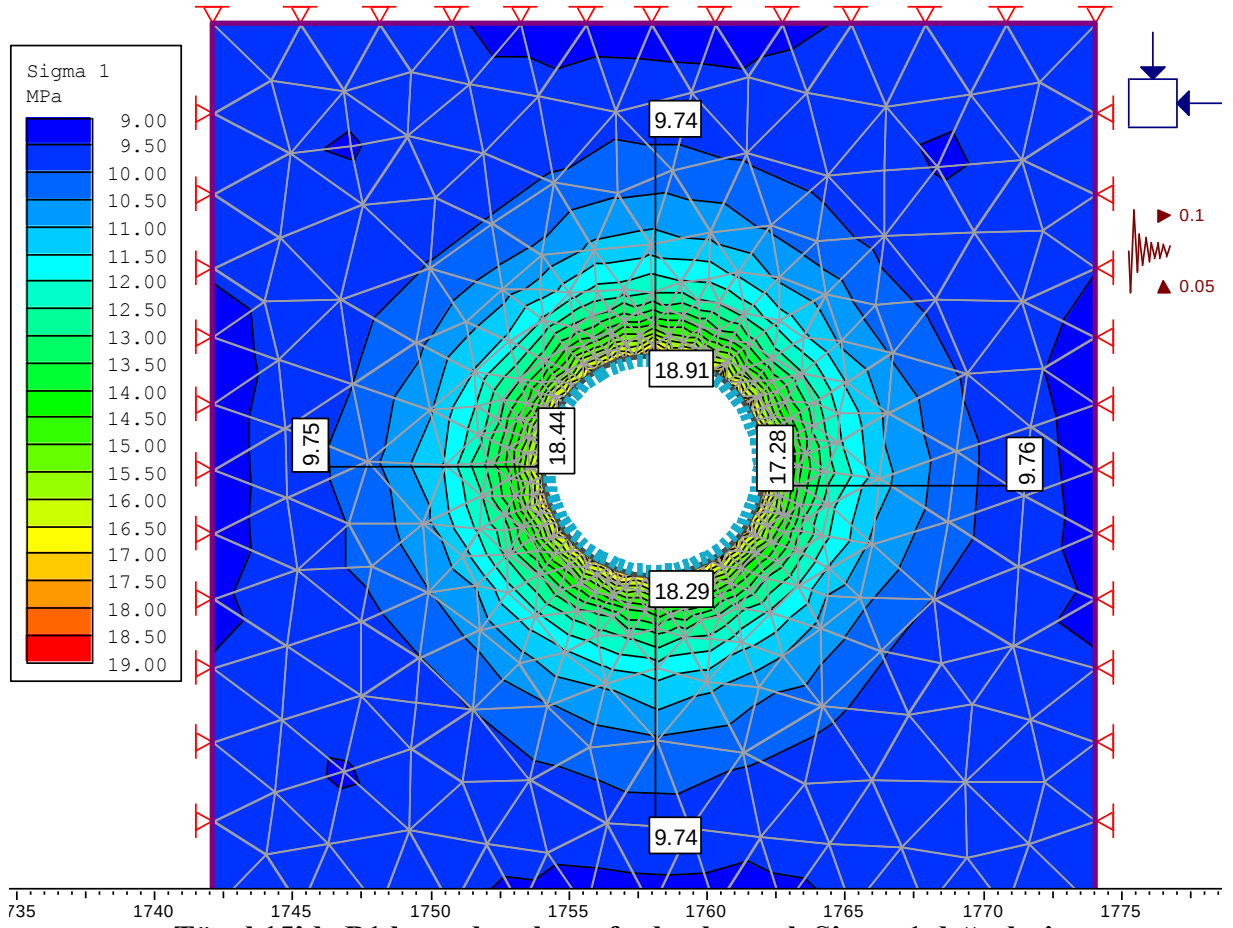
Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

Tünel 15'in yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri

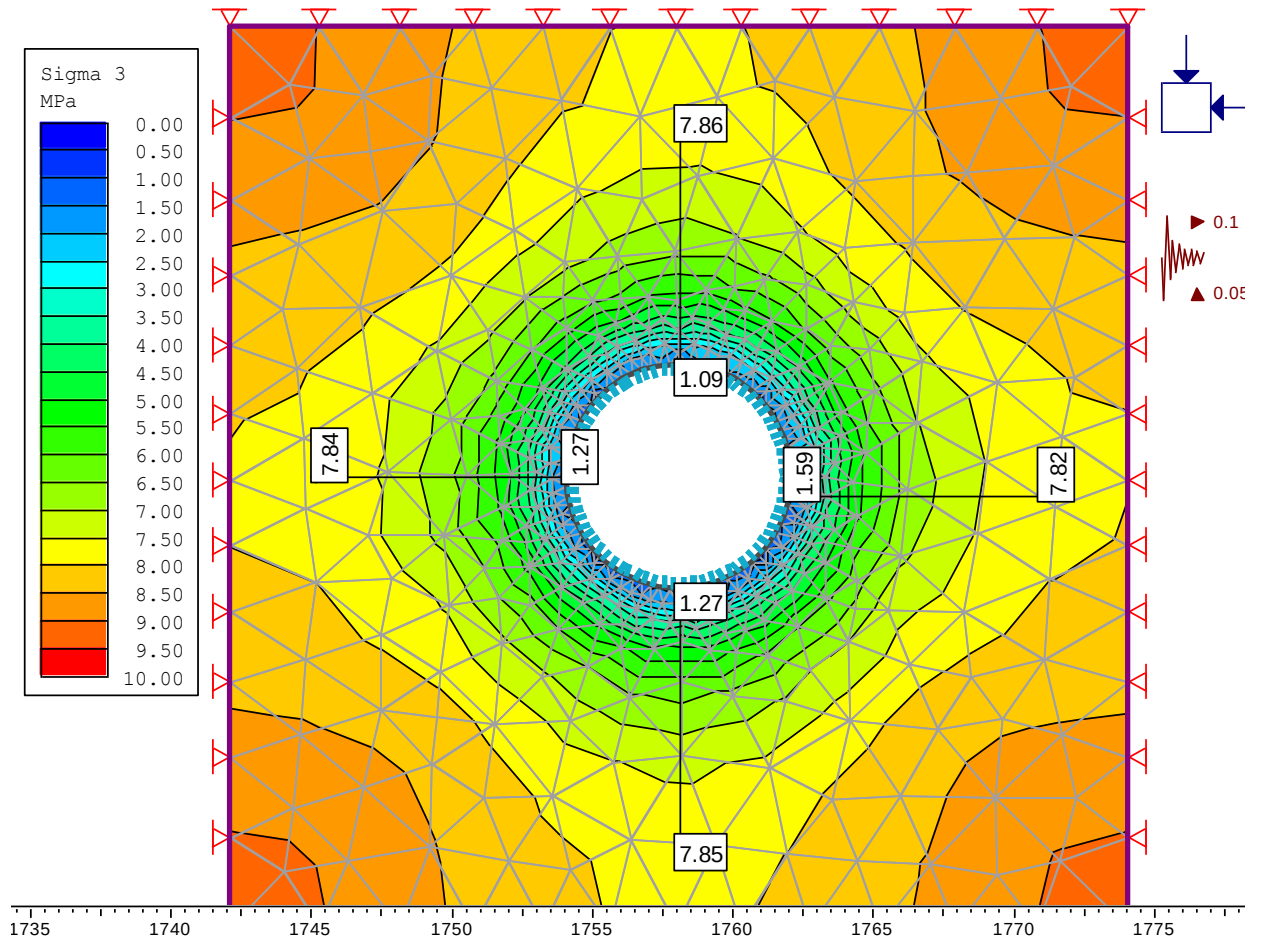


Tünel 15'de B1 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları





Tünel 15'de B1 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 1 değerleri



Tünel 15'de B1 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 3 değerleri

XX. T16 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

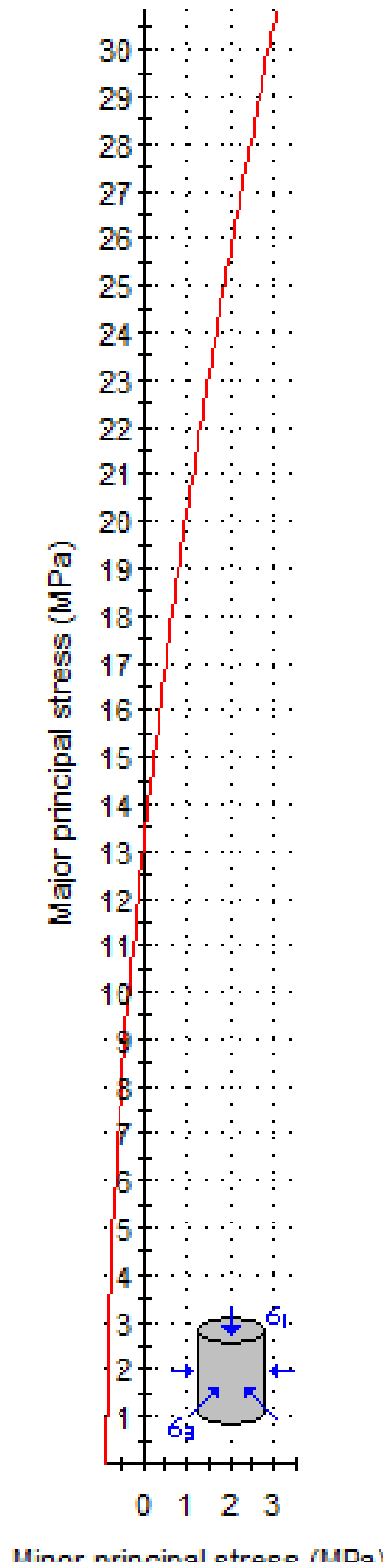
T16 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirilmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta		
D	75-90	İyi	77	
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler	3	
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütle		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel	1,5	
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)		
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem	0,6	
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Ekleme Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş ekleme duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6.8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)	12	
L	veya				
M	8-12				
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)		
P	veya				
R	13-20				
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları	1	
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	1,925	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B2	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	49,9	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	9,94	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	2,599	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q^{0.4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	1,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	61,883	$P_{roof} = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $S_s < 3$ için $P_{roof} = (2/3)(J_n 0.5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2+0.15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 40 MPa
 GSI = 80 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

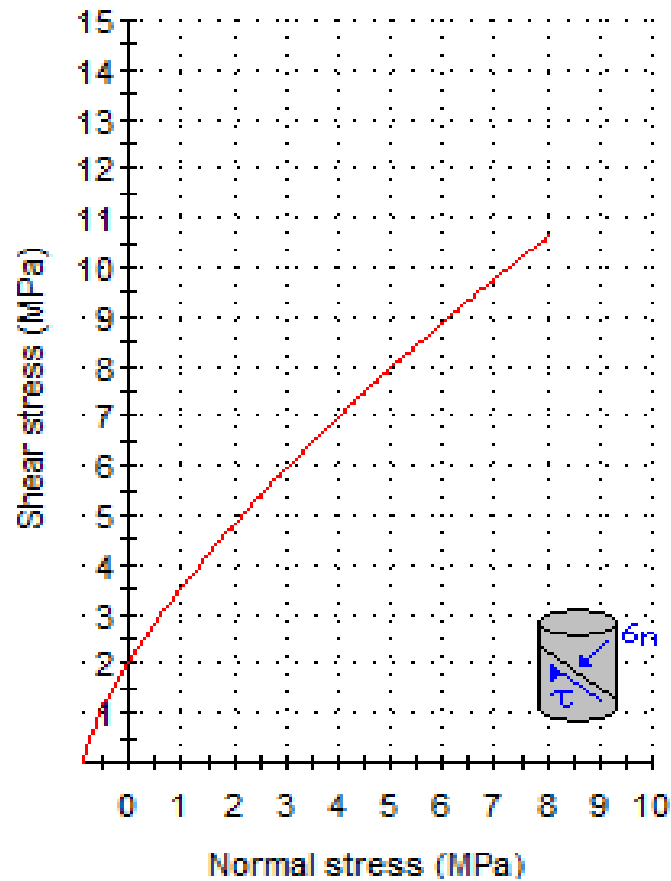
m_b = 4.895 s = 0.1084 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 2.404 MPa friction angle = 47.57 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.885 MPa
 uniaxial compressive strength = 13.150 MPa
 global strength = 15.298 MPa
 deformation modulus = 10564.17 MPa



Tünel 16'nın yer aldığı ana litolojinin (Eot) mühendislik özellikleri ve değerleri

Define Material Properties

T16-Eot

Name: T16-Eot Material Color:

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m³): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.2

Young's Modulus (MPa): 9940 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 Ez (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 40 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 4.895 mb Parameter (resid): 1

s Parameter (peak): 0.1084 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

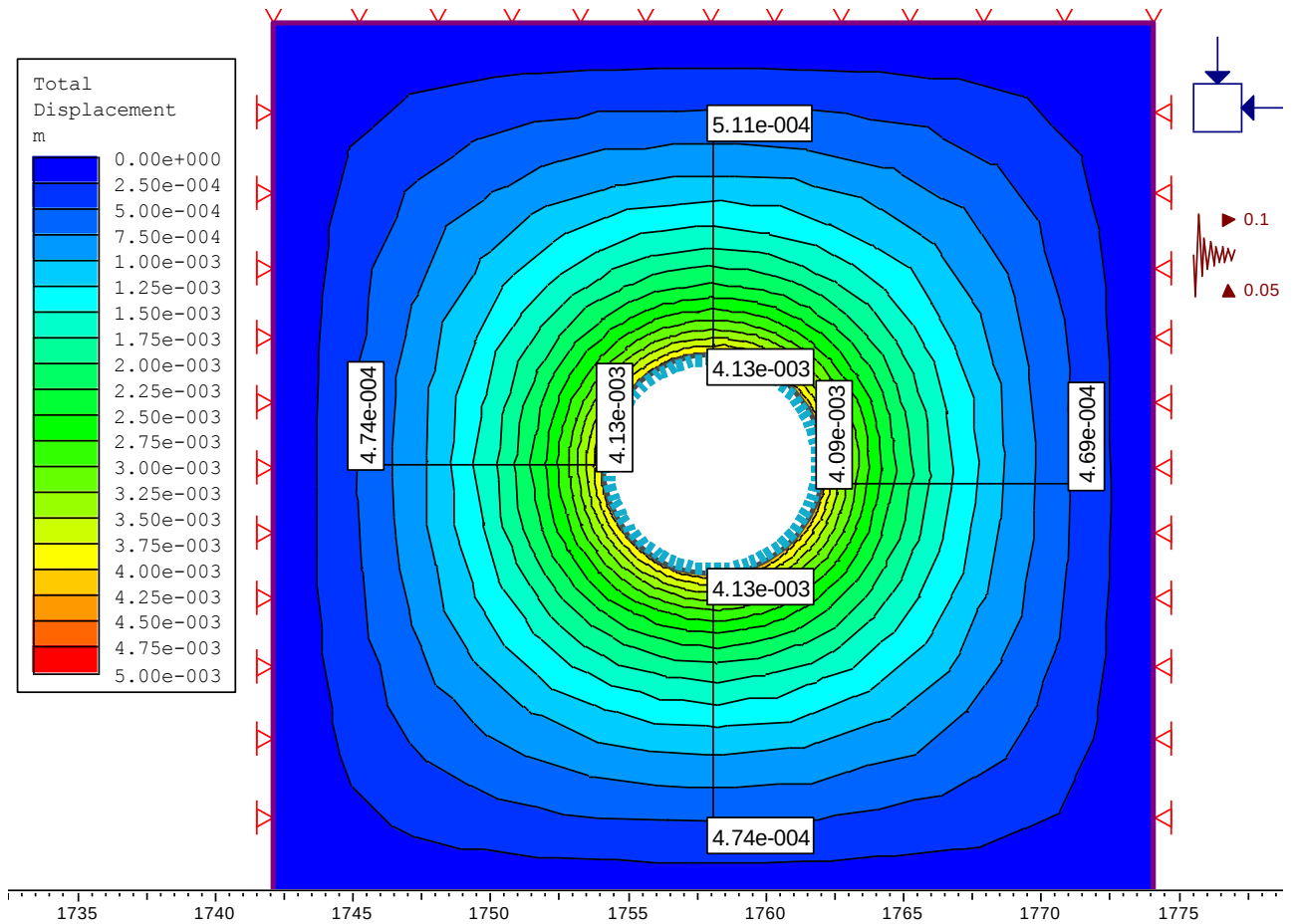
Define Factors... Define Properties...

Unsaturated Shear Strength

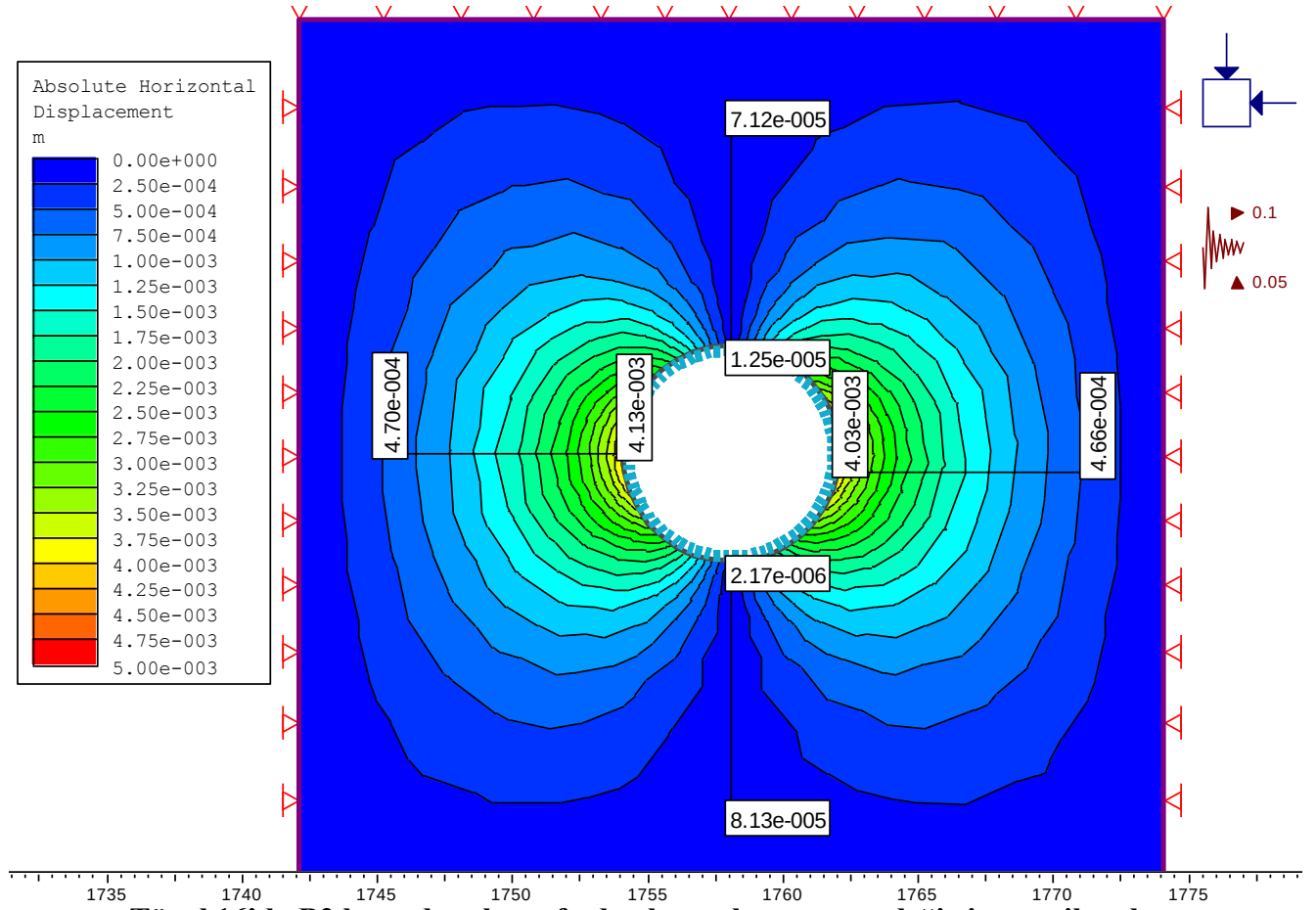
Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

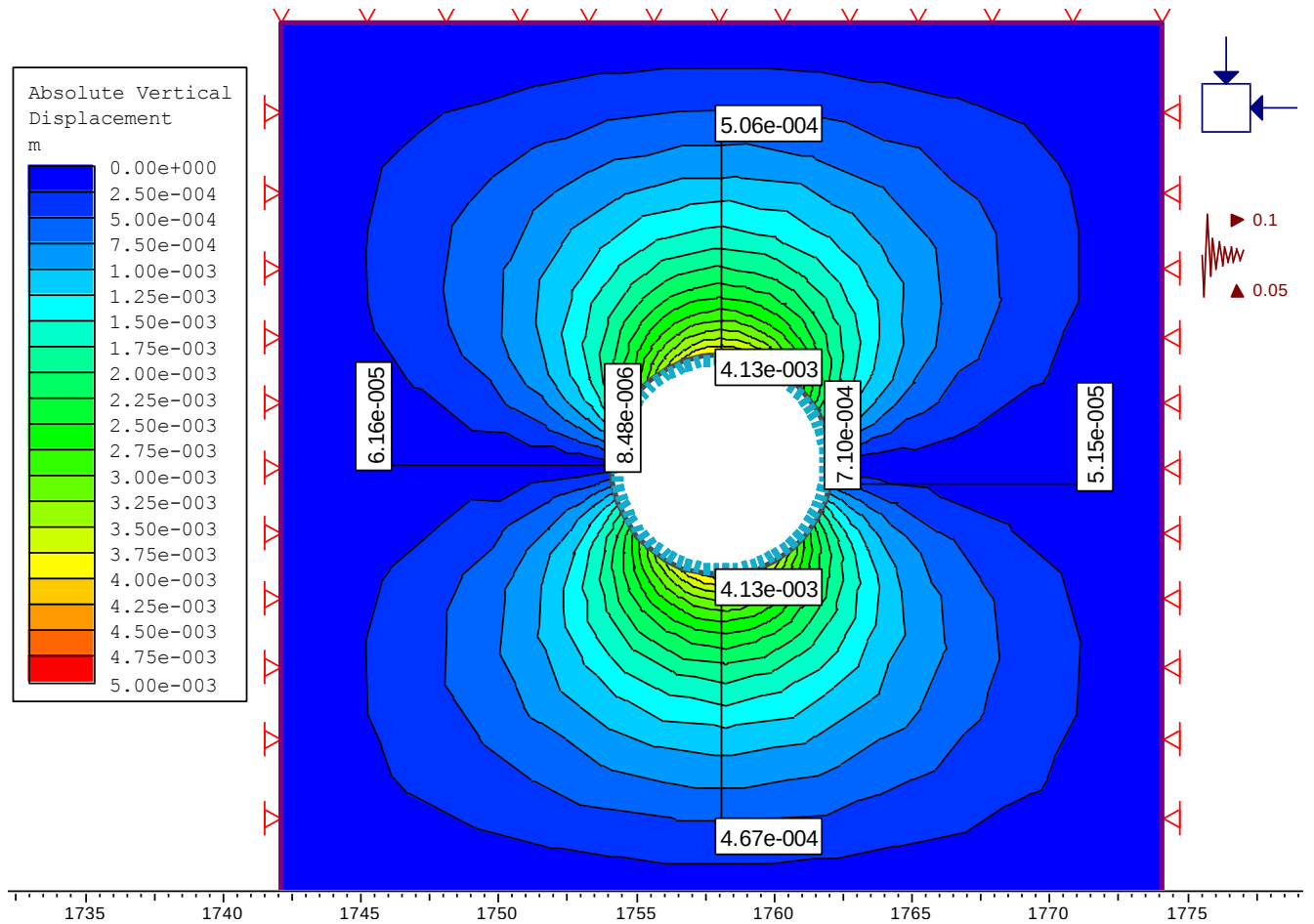
Tünel 16'nın yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri



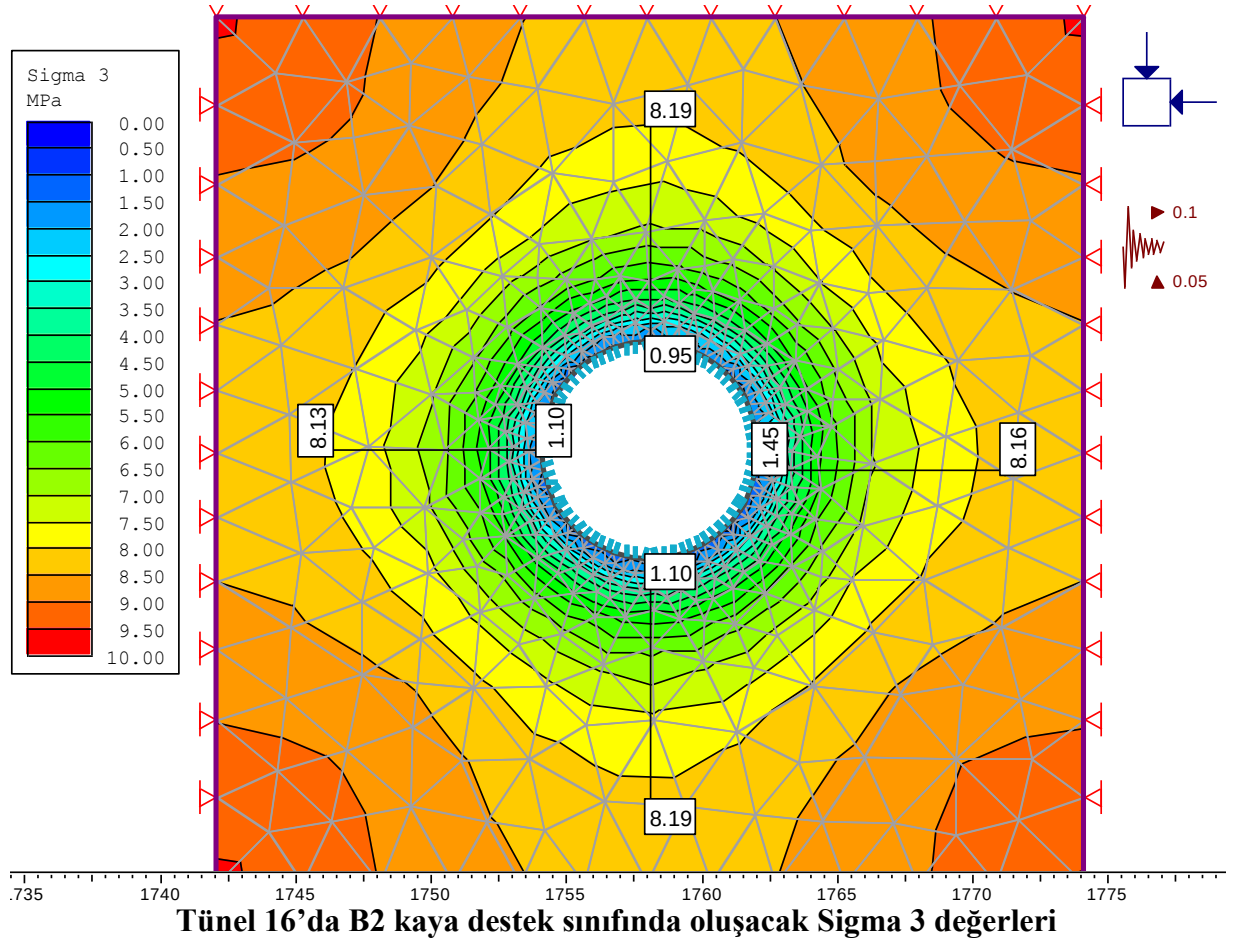
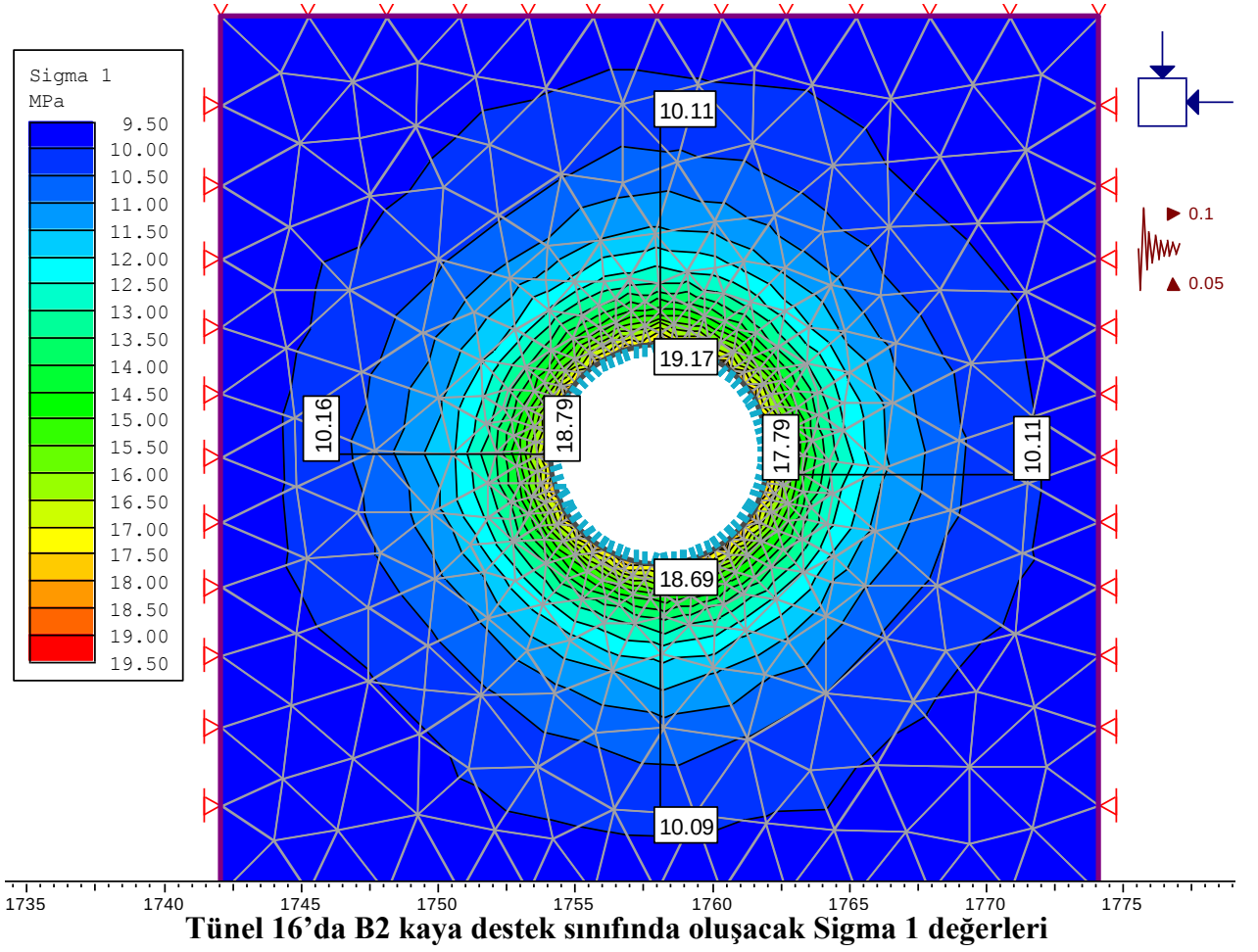
Tünel 16'da B2 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları



Tünel 16'da B2 kaya destek sınıfında oluşacak yatay yer değiştirme miktarları



Tünel 16'da B2 kaya destek sınıfında oluşacak düşey yer değiştirme miktarları



XXI. T17 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

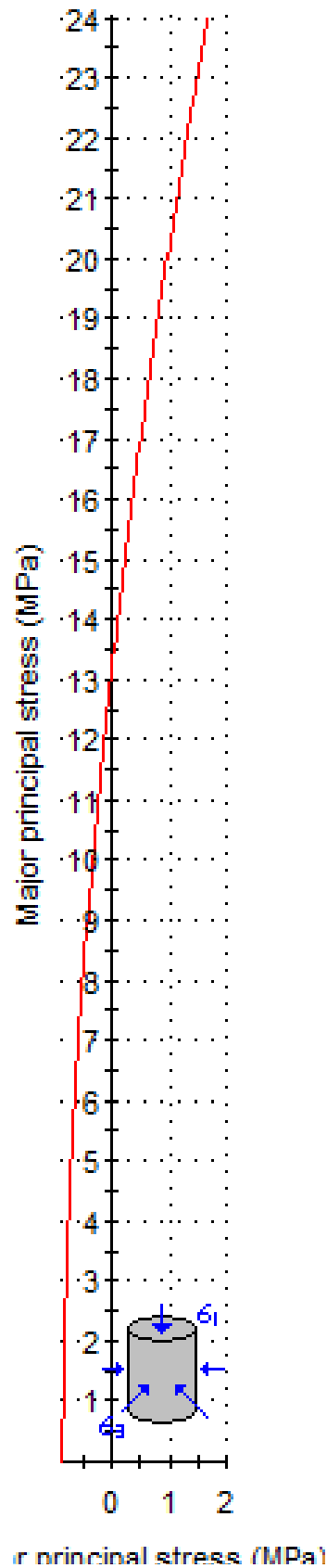
T17 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate alınmayan RQD değerlendirmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv (Bieniawski) bağıntısından yararlanılmıştır
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta		
D	75-90	İyi	82	
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler	3	
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütleli		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı	2	
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)		
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem	0,6	
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Eklem Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş eklem duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır	8	
L	veya				
M	8-12				
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır		
P	veya				
R	13-20				
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları	1	
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	4,100	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B1	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	56,7	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	14,71	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	3,517	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q^{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	1,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	36,073	$P_{roof} = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $S_s < 3$ için $P_{roof} = (2/3)(J_n 0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2+0,15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 40 MPa
 GSI = 80 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

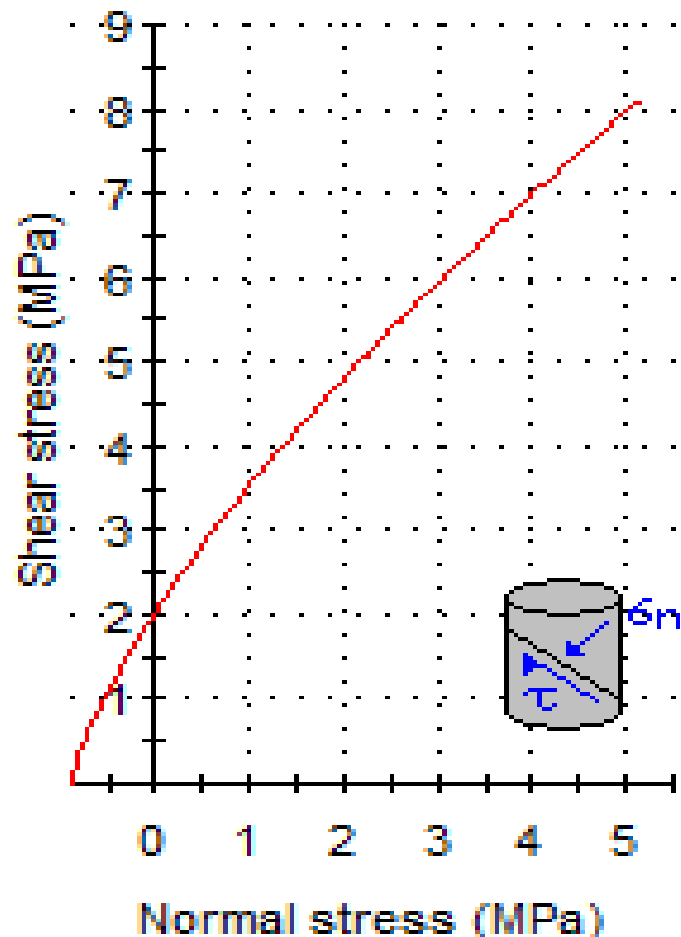
m_b = 4.895 s = 0.1084 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 2.148 MPa friction angle = 51.06 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.885 MPa
 uniaxial compressive strength = 13.150 MPa
 global strength = 15.298 MPa
 deformation modulus = 10564.17 MPa



Tünel 17'nin yer aldığı ana litolojinin (Eot) mühendislik özellikleri ve değişirgeleri

Define Material Properties

☐ T17-Eot

T17-Eot

Name: T17-Eot Material Color:

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m³): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.2

Young's Modulus (MPa): 14710 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 Ez (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 40 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 4.895 mb Parameter (resid): 1

s Parameter (peak): 0.1084 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

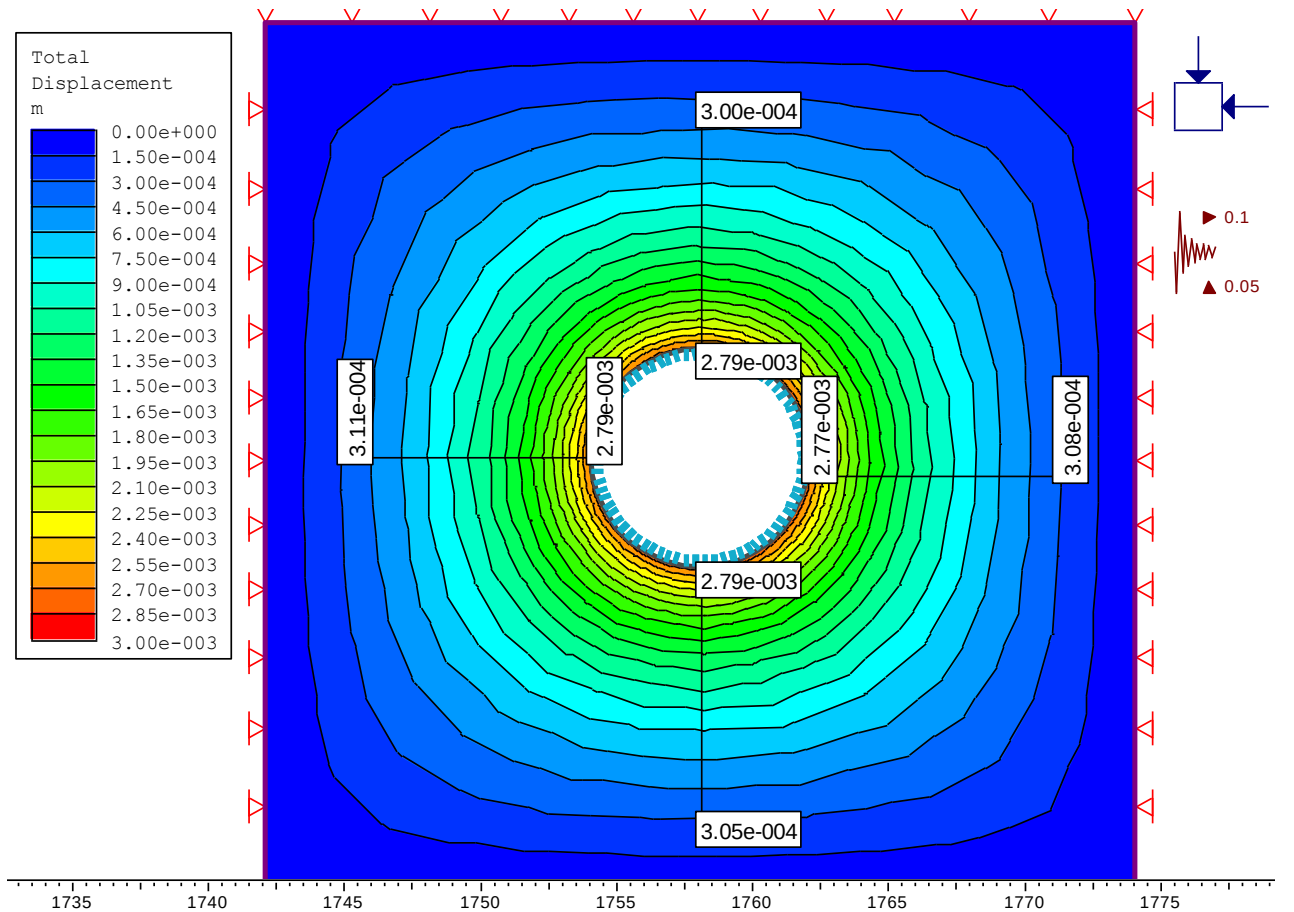
Define Factors... Define Properties...

Unsaturated Shear Strength

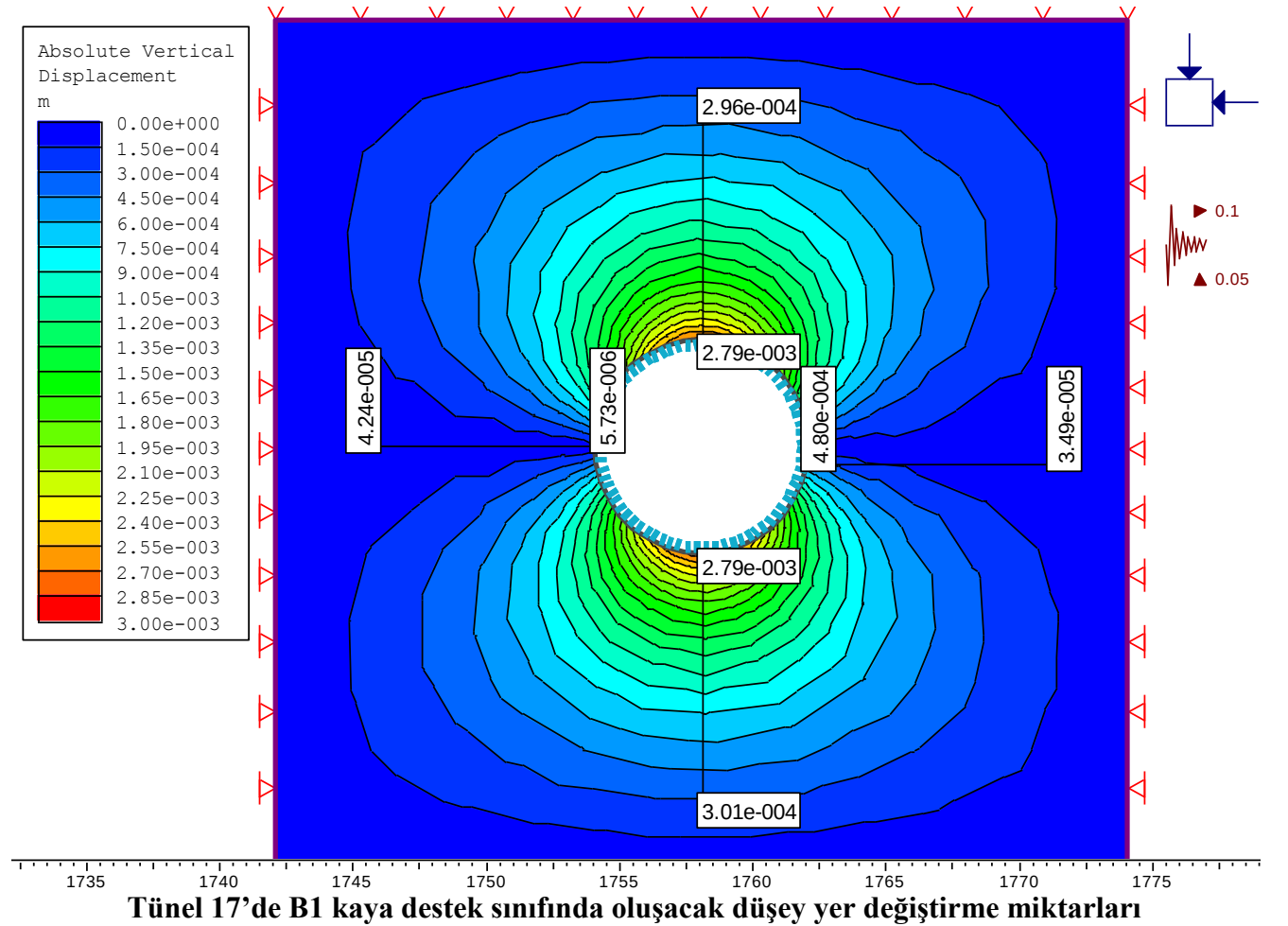
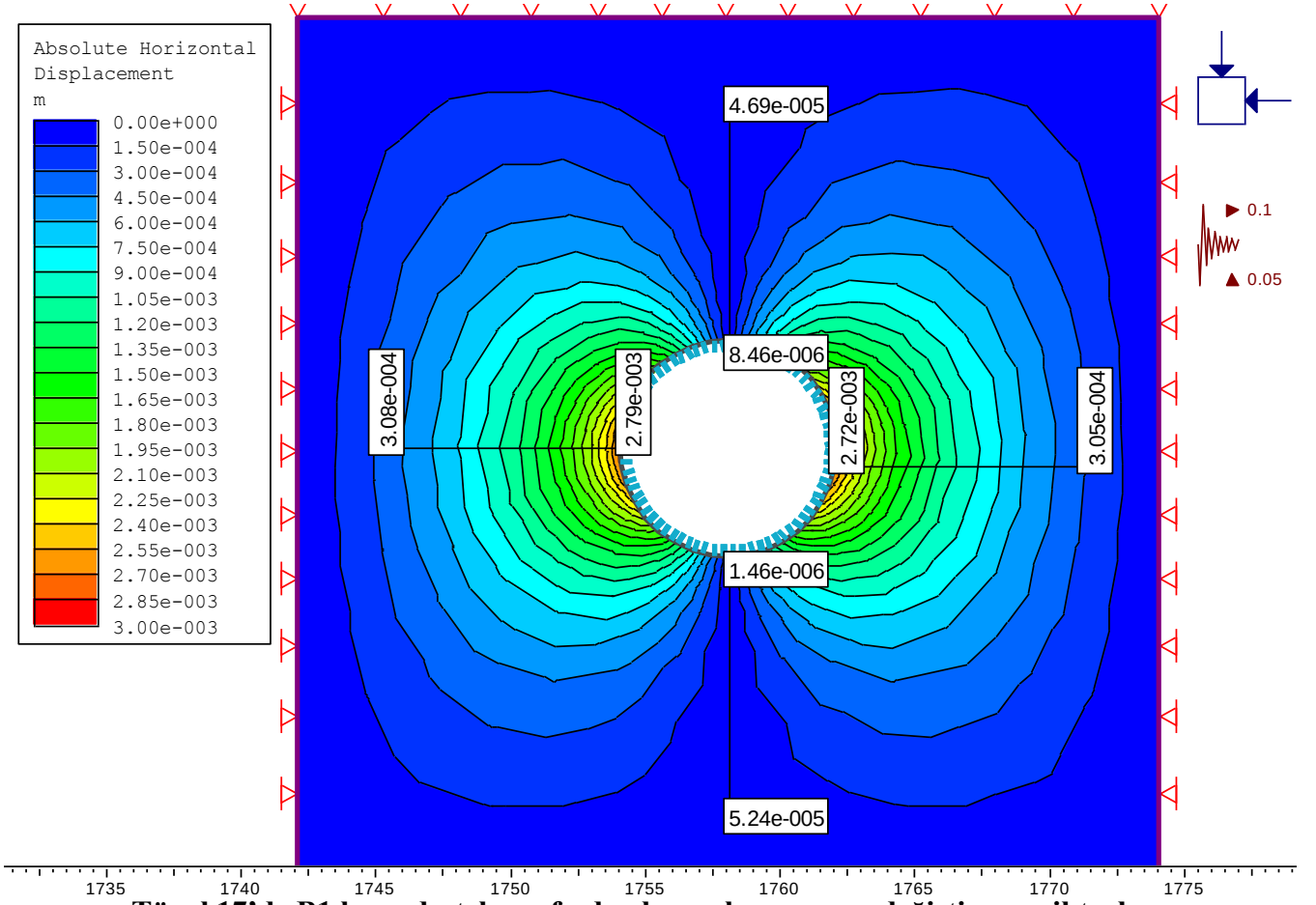
Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

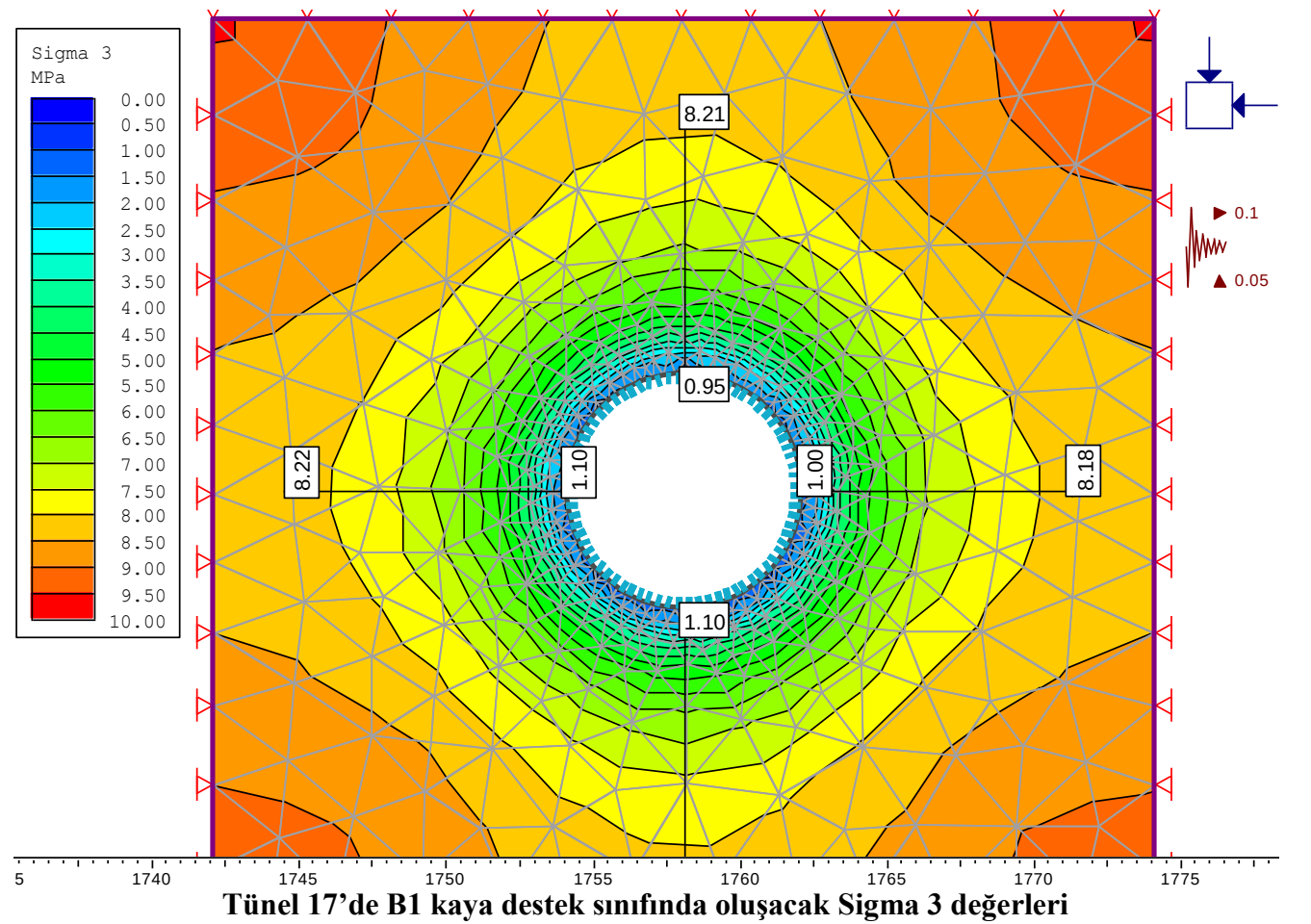
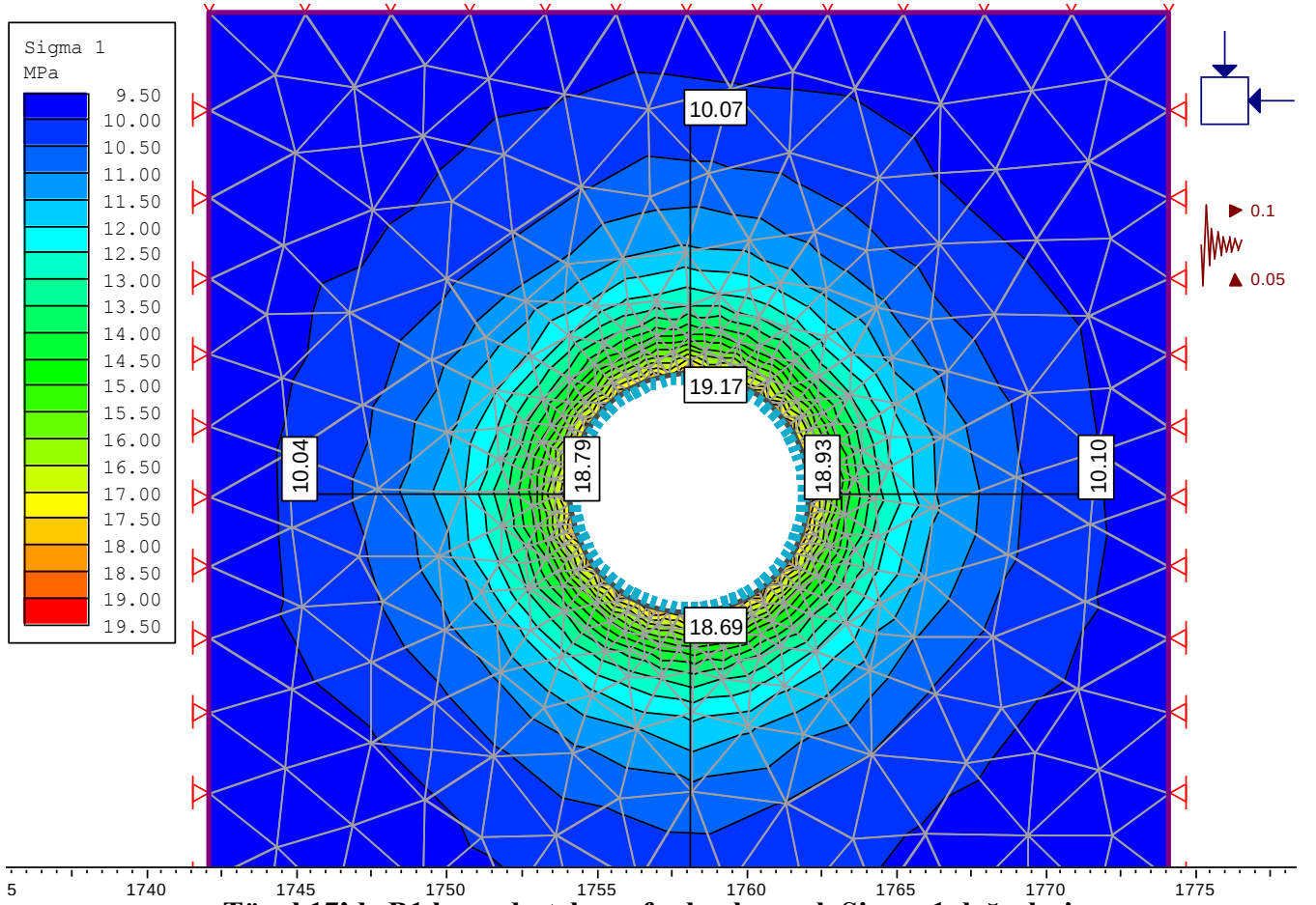
Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

Tünel 17'nin yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri



Tünel 17'de B1 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları





XXII. T18 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

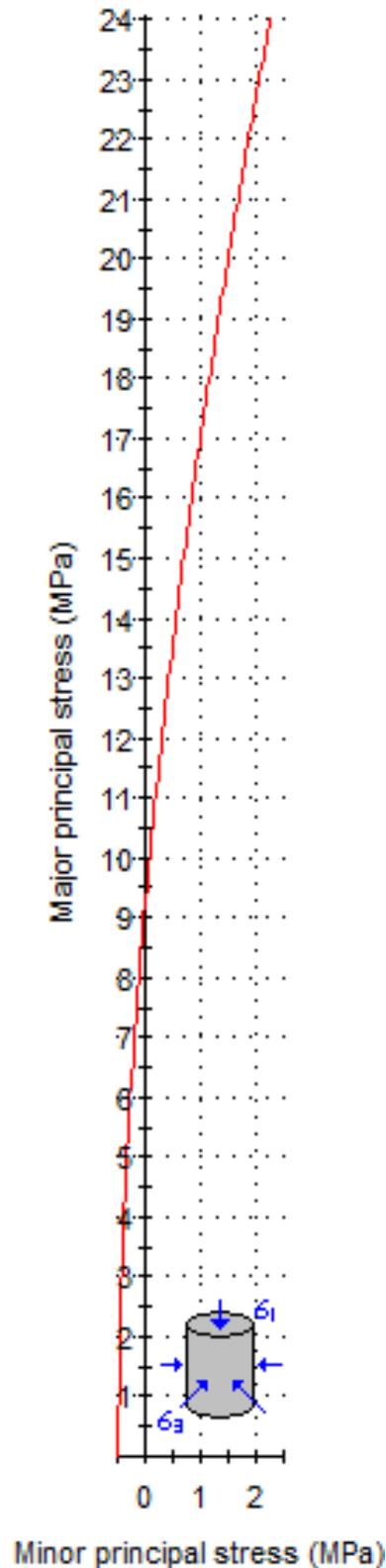
T18 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate alınmayan RQD değerlendirmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv (Bieniawski) bağıntısından yararlanılmıştır
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta	58	
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler		
D	4	İki süreksizlik seti	4	
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütleli		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı	2	
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)		
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem	0,6	
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Ekleme Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş ekleme duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)	12	
L	veya				
M	8-12				
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)		
P	veya				
R	13-20				
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları	1	
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	1,450	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B2	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	47,3	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	8,58	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	2,320	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q^{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	2,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	58,901	$Proof = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $Ss < 3$ için $Proof = (2/3)(J_n 0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2+0,15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa
 GSI = 70 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

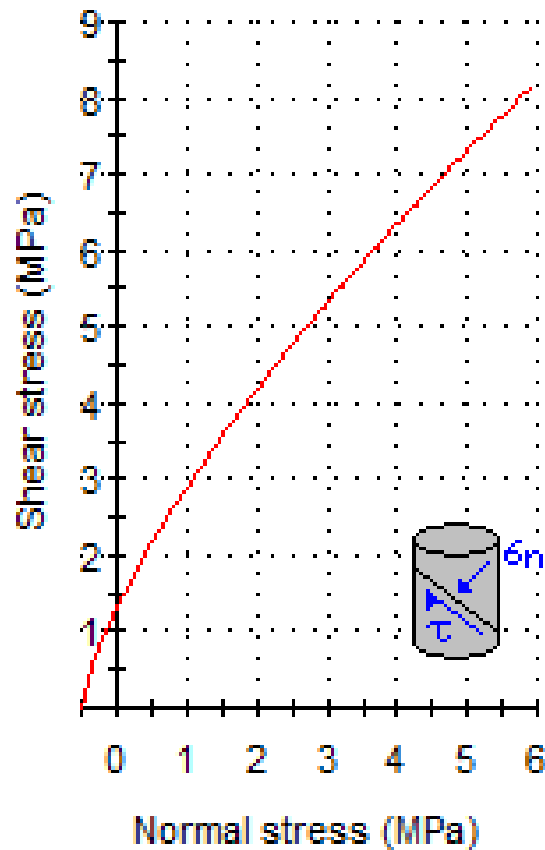
m_b = 3.425 s = 0.0357 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 1.679 MPa friction angle = 49.29 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.521 MPa
 uniaxial compressive strength = 9.401 MPa
 global strength = 14.051 MPa
 deformation modulus = 8793.77 MPa



Tünel 18'in yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değıştirmeleri

Define Material Properties

T18-Trkb

Name: T18-Trkb Material Color: ■

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m³): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 8580 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 Ez (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown ☐ ☐ Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 50 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 3.425 mb Parameter (resid): 1

s Parameter (peak): 0.0357 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

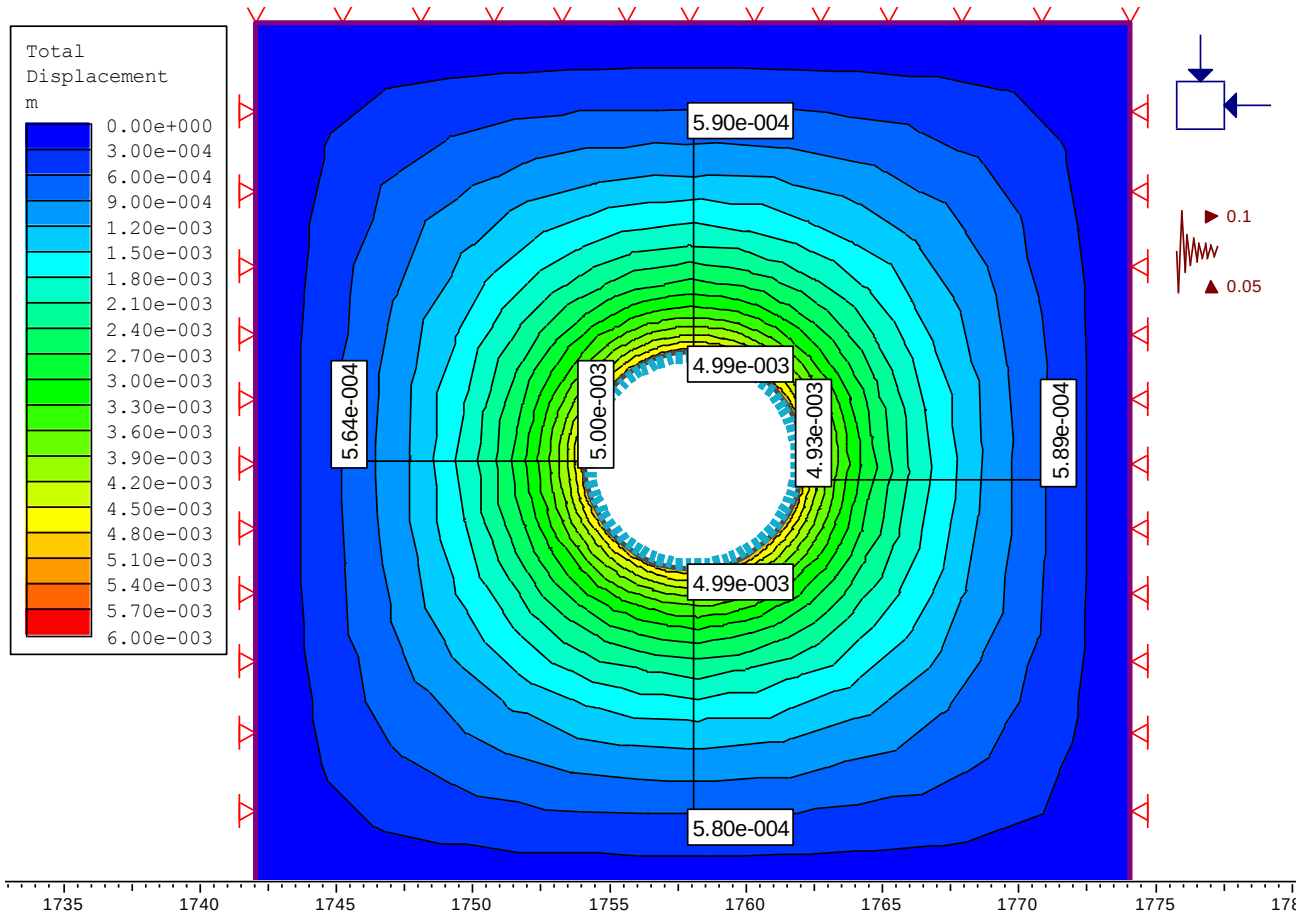
Define Factors... Define Properties...

Unsaturated Shear Strength

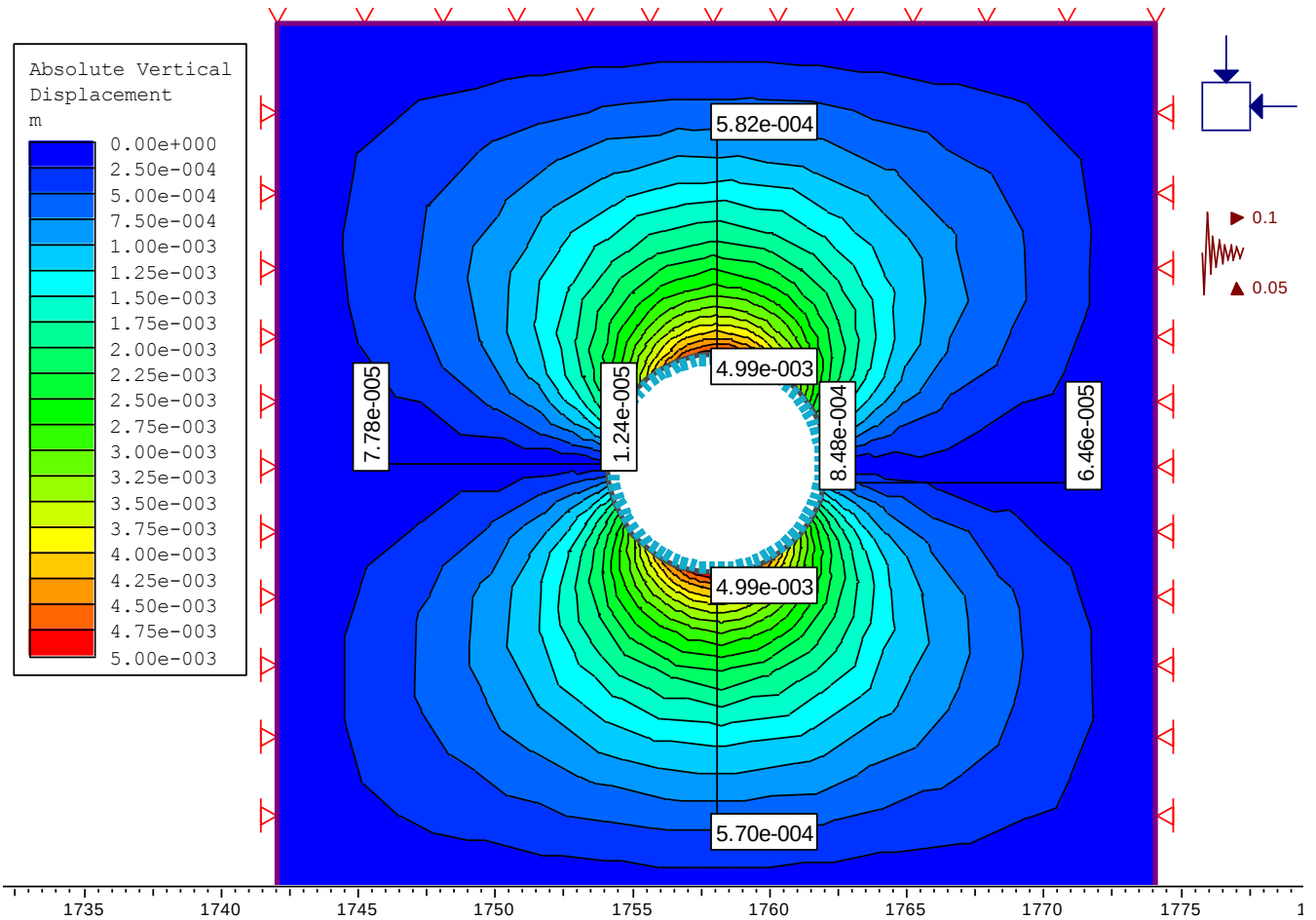
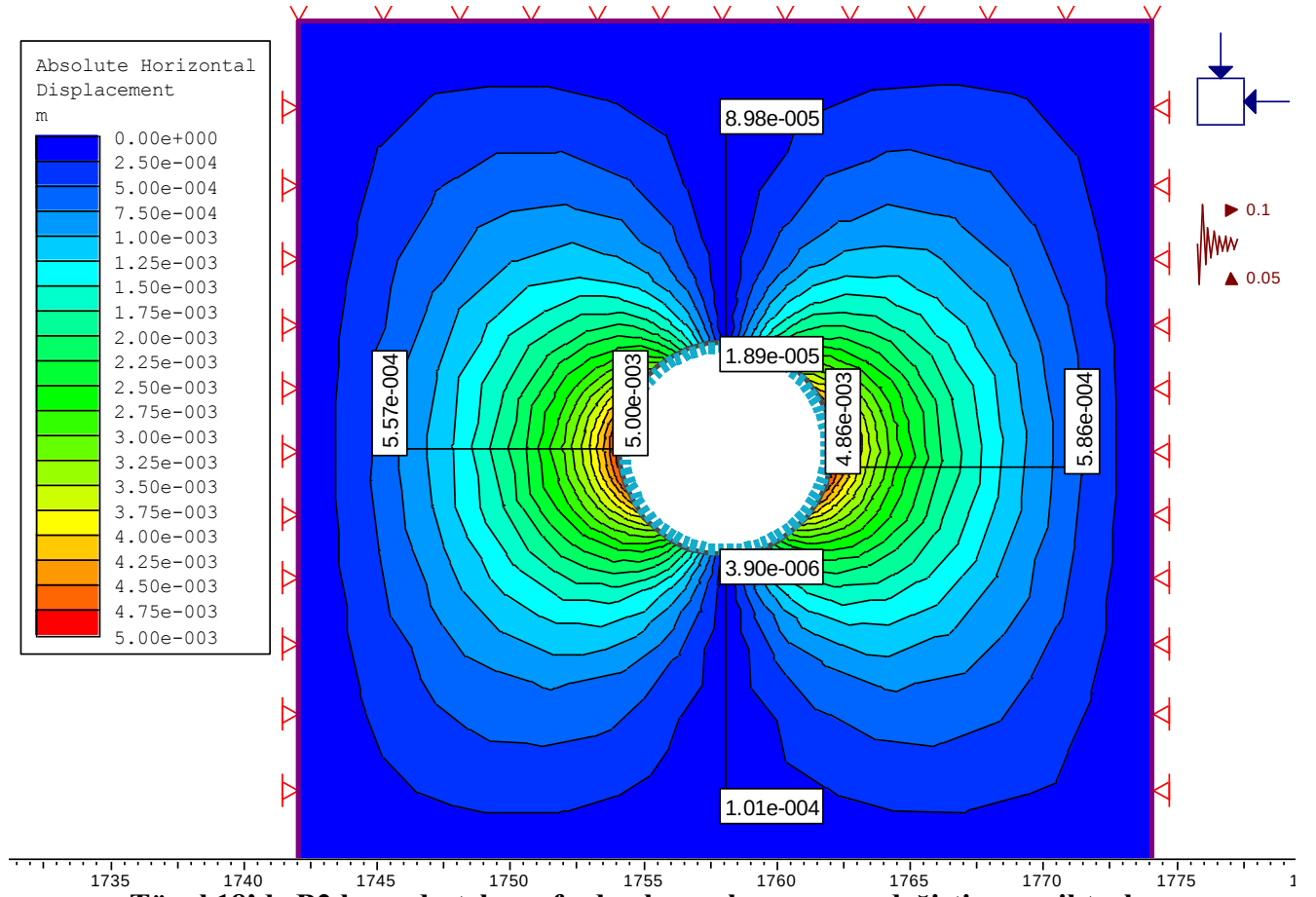
Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

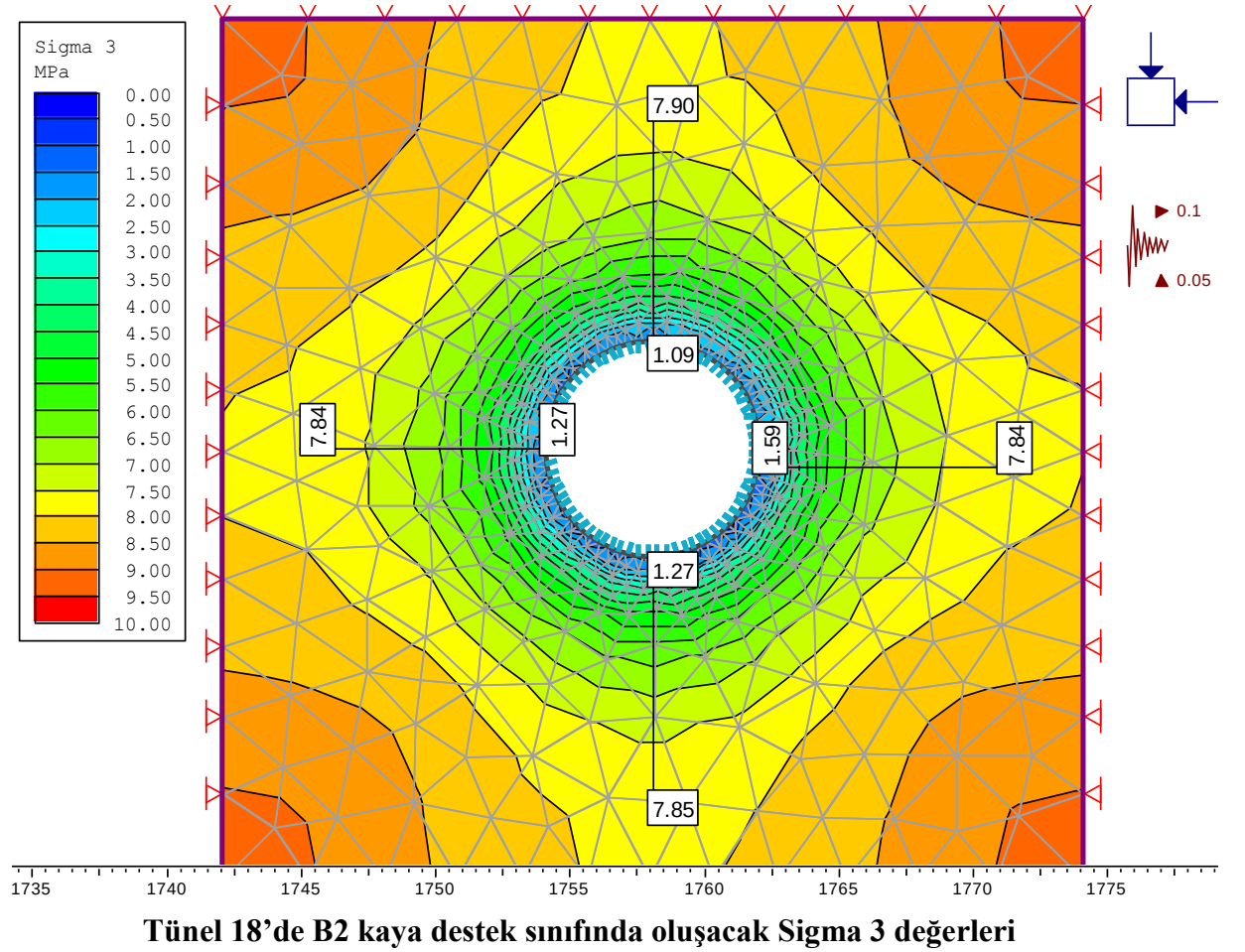
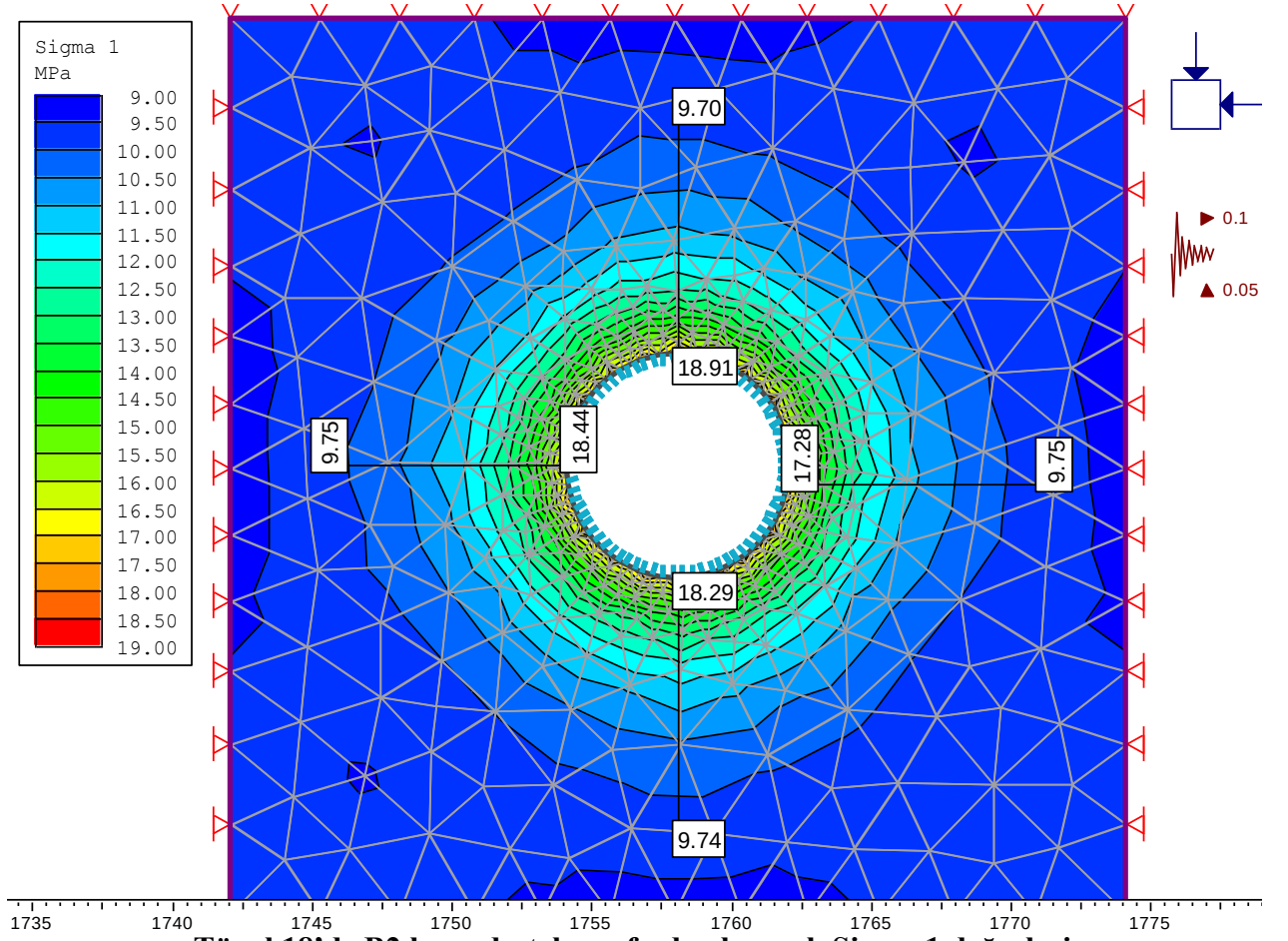
Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

Tünel 18'in yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri



Tünel 18'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları





XXIII. T19 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

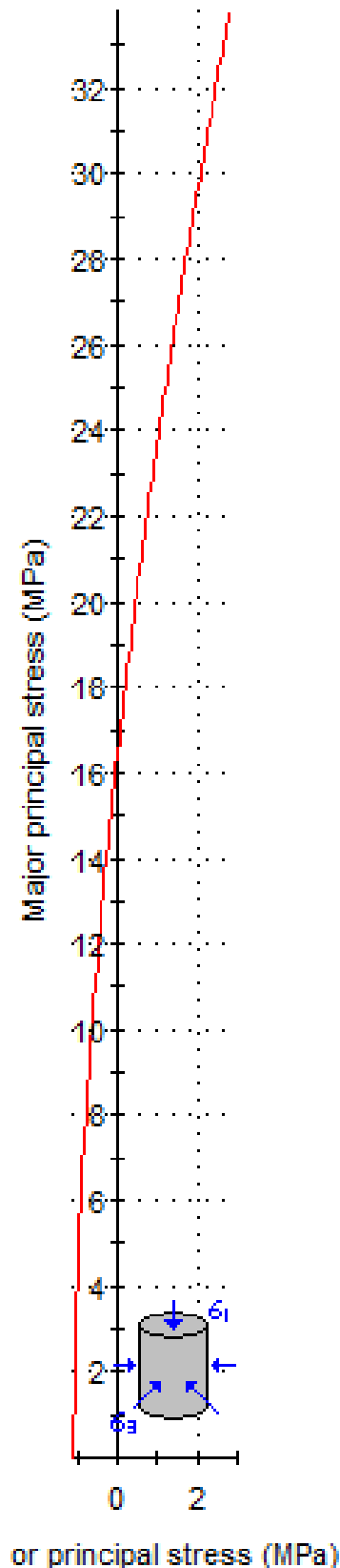
T19 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate almayan RQD değerlendirilmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta	73	
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler	3	
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütle		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı	2	
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı		
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)	1	
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem		
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Eklem Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş eklem duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrılmış, ufalanmış kaya parçalı ve	8	
L	veya		killi dolgu bantları (kil egemen durum		
M	8-12		için G,H ve J dikkate alınmalıdır		
N	5.0		Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı		
P	veya		(kil egemen durum için		
R	13-20		G,H ve J dikkate alınmalıdır		
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları	1	
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	6,083	$(RQD/J_n) \cdot (J_a/J_w) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B1	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	60,2	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	18,04	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	4,118	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q^{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	1,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	31,627	$P_{roof} = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $S_s < 3$ için $P_{roof} = (2/3)(J_n 0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2+0,15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 50 MPa
 GSI = 80 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

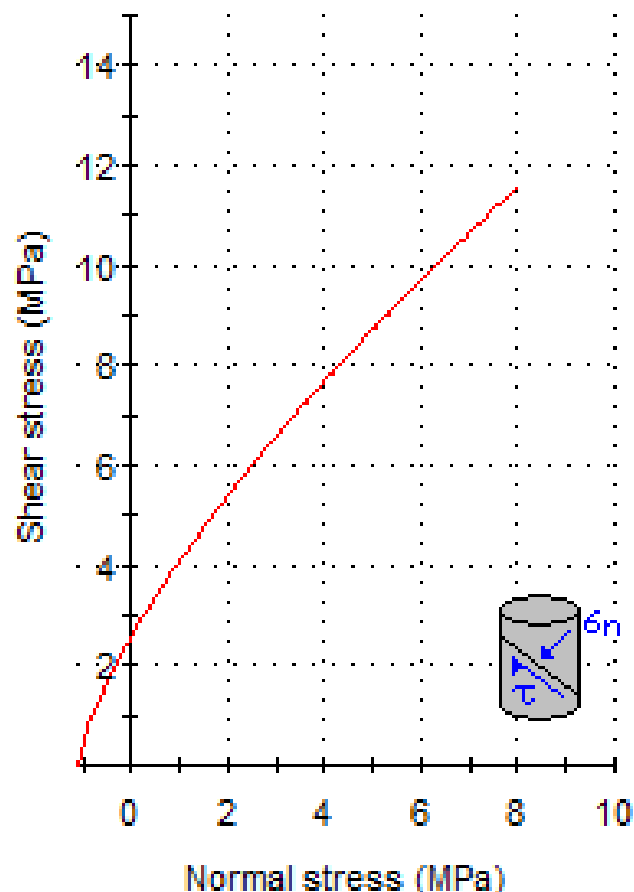
m_b = 4.895 s = 0.1084 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 2.817 MPa friction angle = 49.42 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -1.107 MPa
 uniaxial compressive strength = 16.438 MPa
 global strength = 19.123 MPa
 deformation modulus = 10564.17 MPa



Tünel 19'un yer aldığı ana litolojinin (Trkb) mühendislik özellikleri ve değerleri

Define Material Properties

----- ☒ T19-Trkb

T19-Trkb

Name: T19-Trkb Material Color:

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m³): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.3

Young's Modulus (MPa): 18040 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 E3 (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 50 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 4.895 mb Parameter (resid): 1

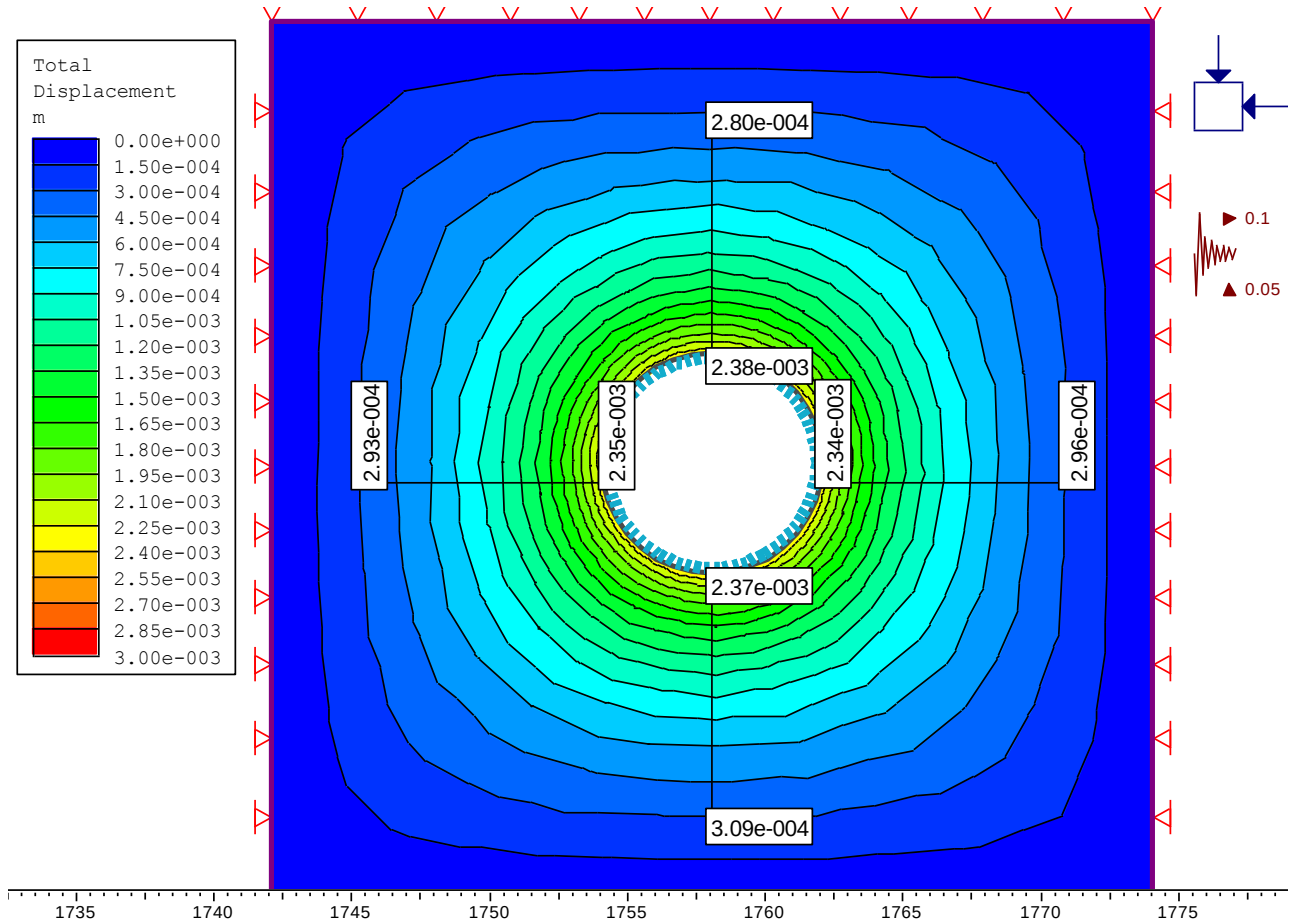
s Parameter (peak): 0.1084 s Parameter (resid): 0.001

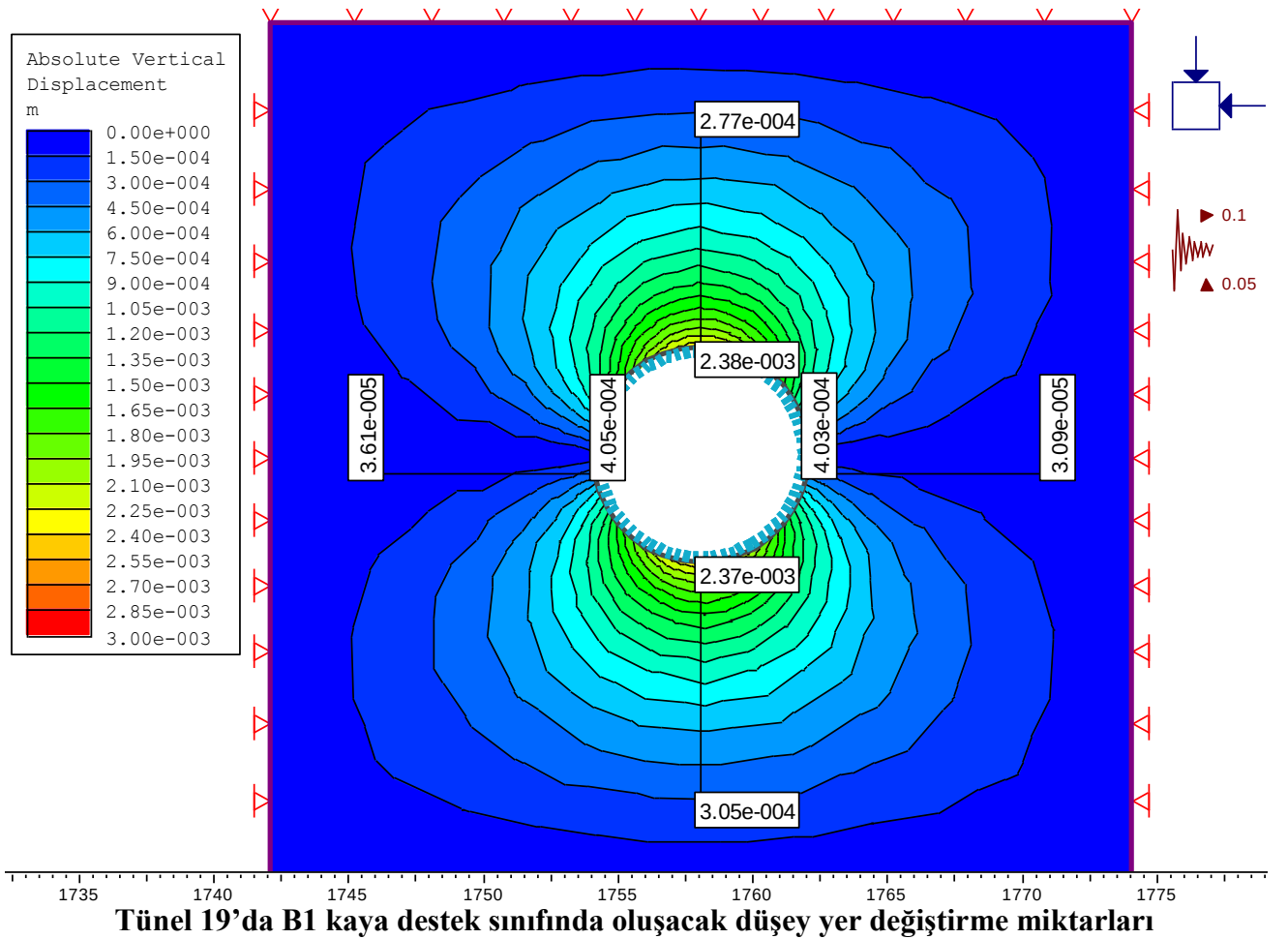
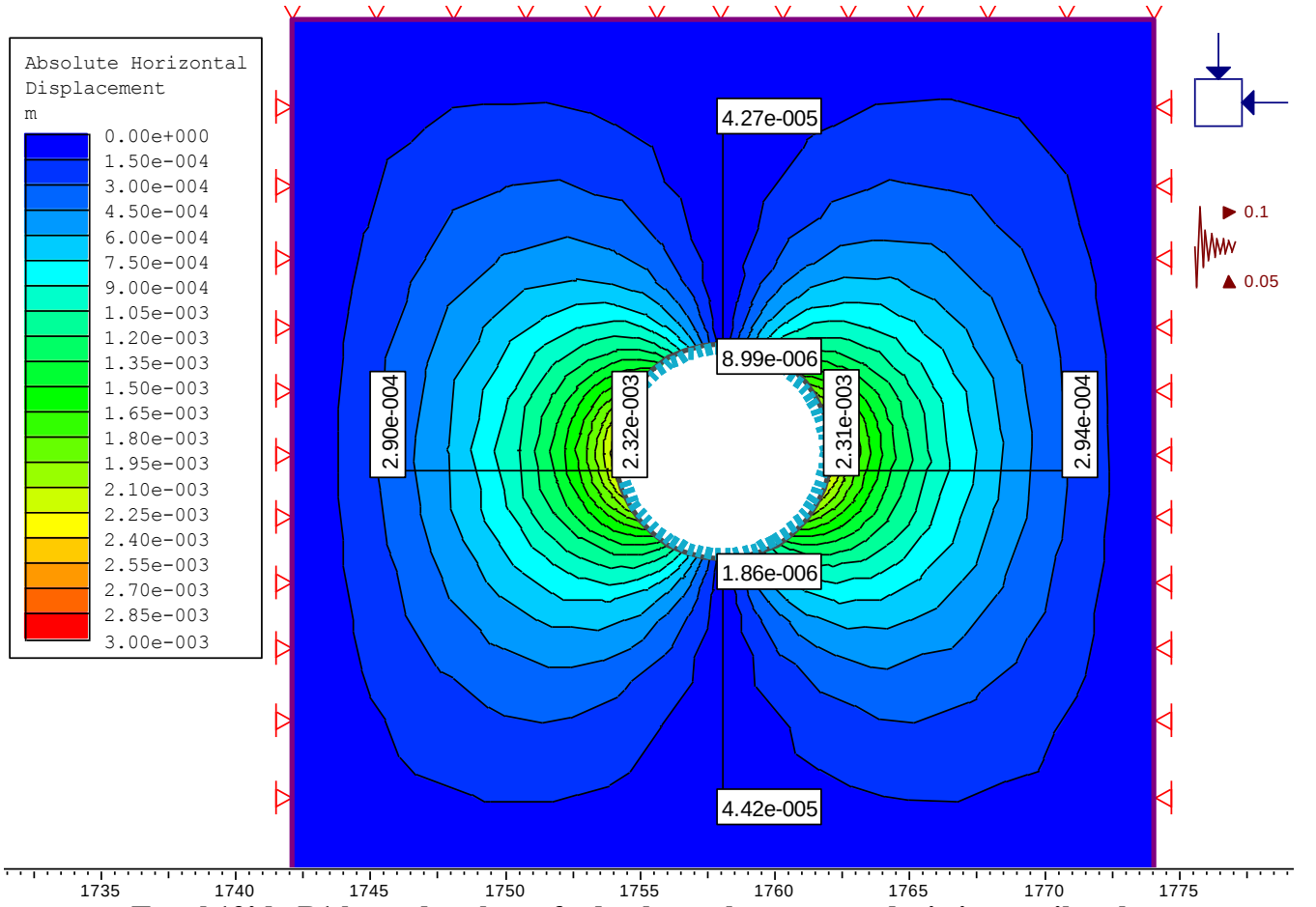
☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent **Unsaturated Shear Strength**

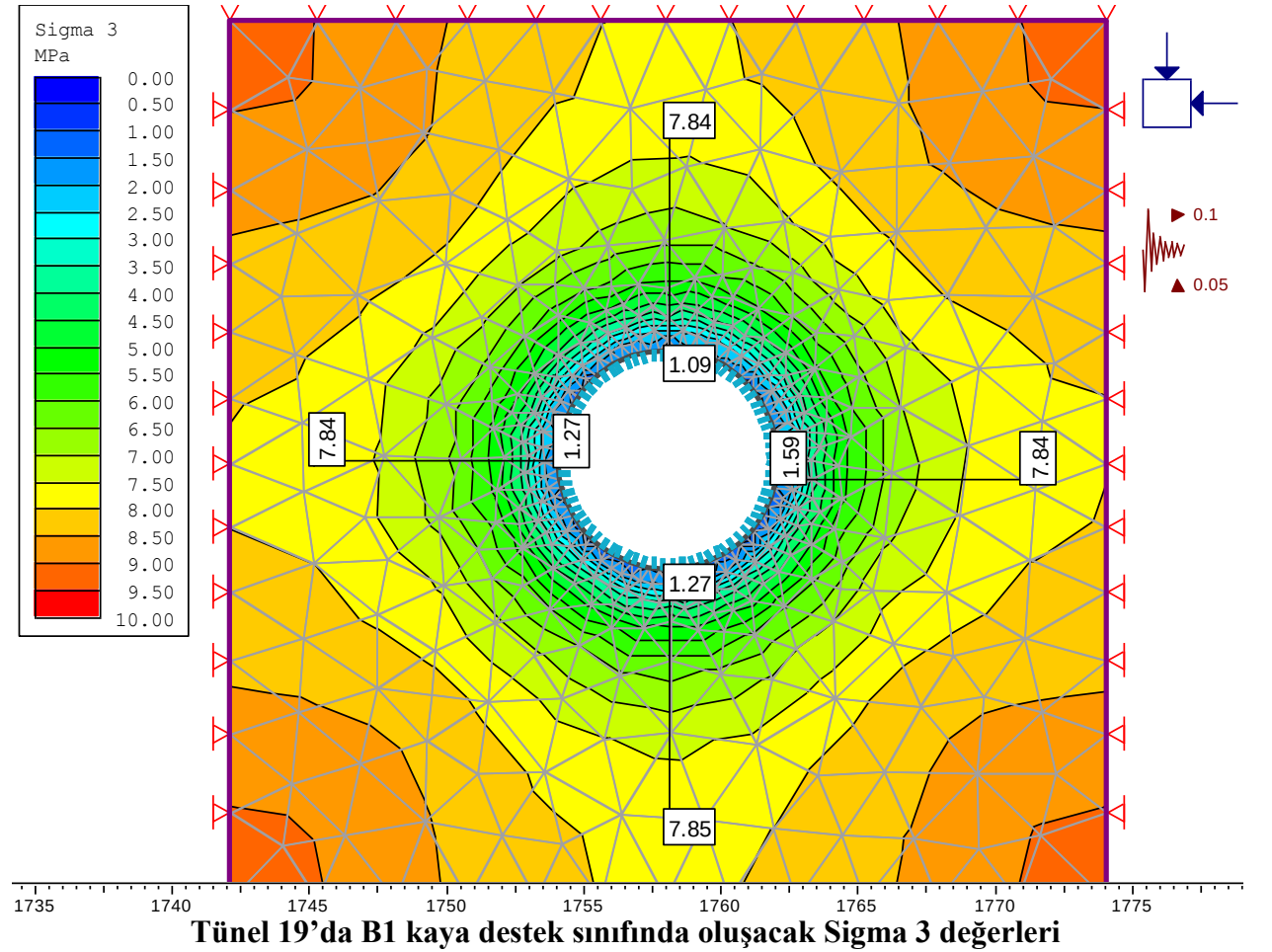
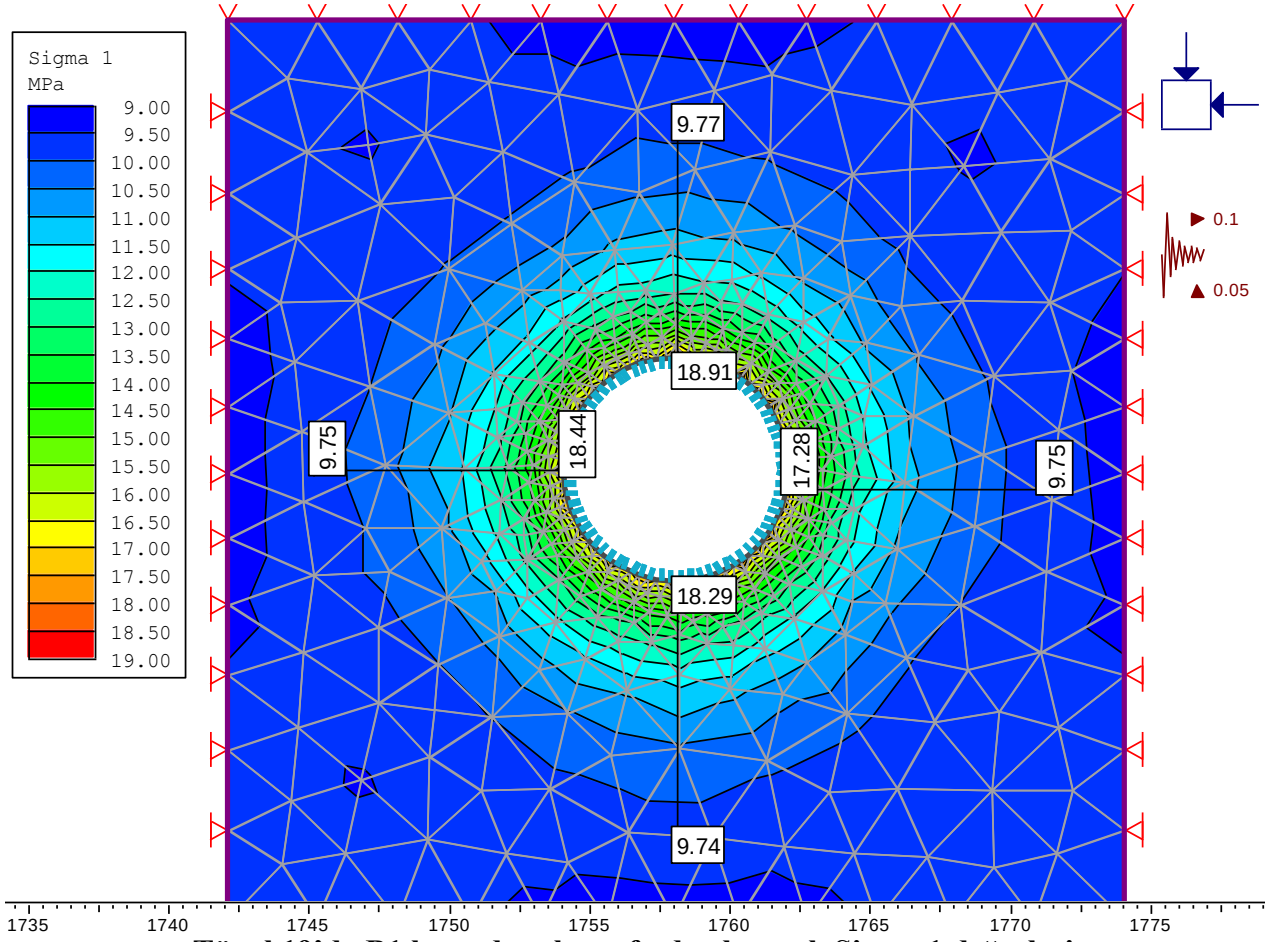
Define Factors... Define Properties... Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

Tünel 19'un yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri







XXIV. T20 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

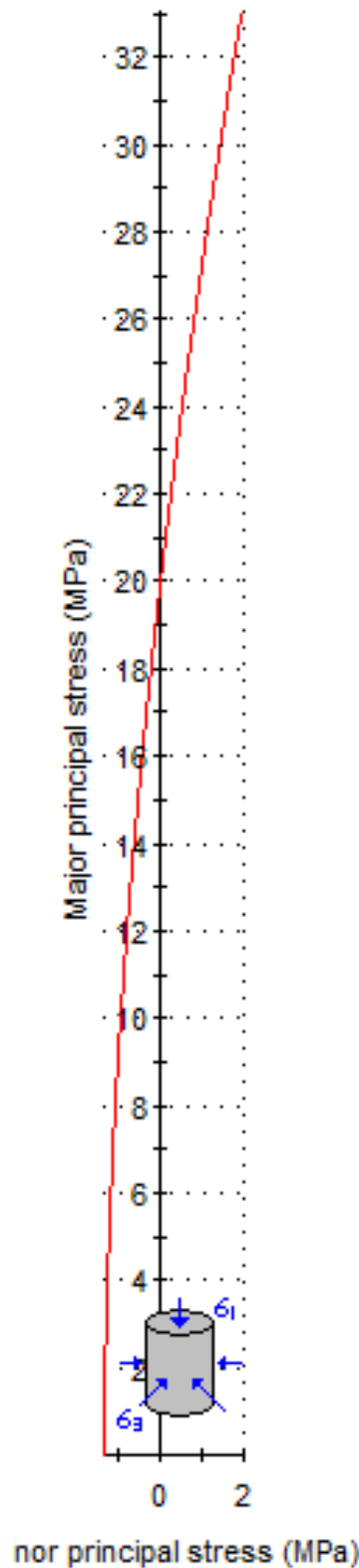
T20 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate alınmayan RQD değerlendirmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv (Bieniawski) bağıntısından yararlanılmıştır
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta	62	
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler	3	
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler		
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütleli		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı	1,5	
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)		
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem	0,6	
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Ekleme Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgusu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş ekleme duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgulu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgulu)					
K	6,8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)	10	
L	veya				
M	8-12				
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)		
P	veya				
R	13-20				
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları	1	
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	1,860	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B2	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	49,6	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	9,76	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	2,564	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q^{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	1,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	62,595	$P_{roof} = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $S_s < 3$ için $P_{roof} = (2/3)(J_n 0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2+0,15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 60 MPa
 GSI = 80 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

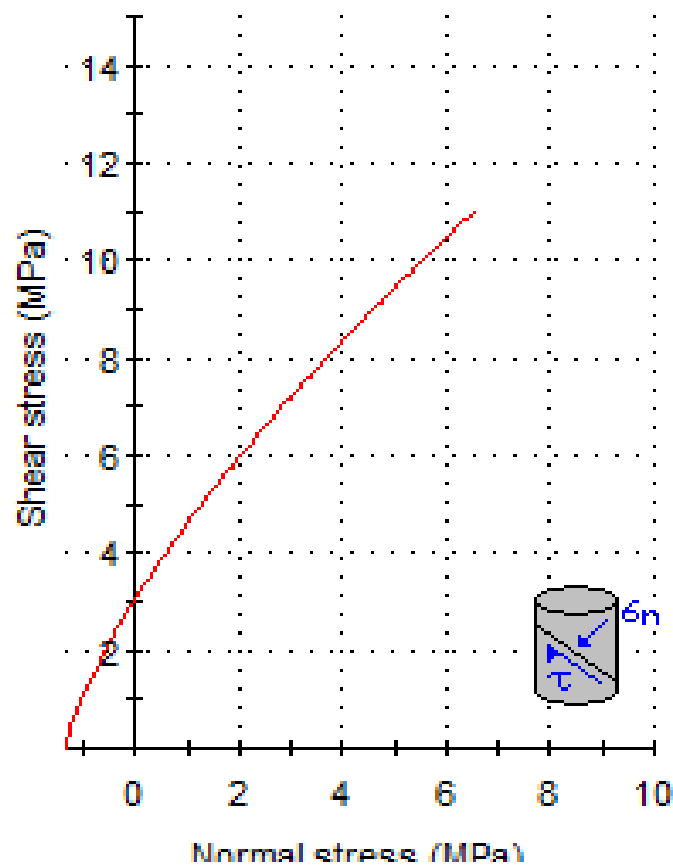
m_b = 4.895 s = 0.1084 a = 0.501

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 3.129 MPa friction angle = 52.25 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -1.328 MPa
 uniaxial compressive strength = 19.726 MPa
 global strength = 22.947 MPa
 deformation modulus = 10564.17 MPa



Tünel 20'nin yer aldığı ana litolojinin (J-Kt) mühendislik özellikleri ve değişirgeleri

Define Material Properties

..... ☒ T20-J-Kt

T20-J-Kt

Name: T20-J-Kt Material Color:

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m³): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.4

Young's Modulus (MPa): 9760 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 Ez (MPa): 20000

v12: 0.2 v13: 0.2 v23: 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 60 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 4.895 mb Parameter (resid): 1

s Parameter (peak): 0.1084 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

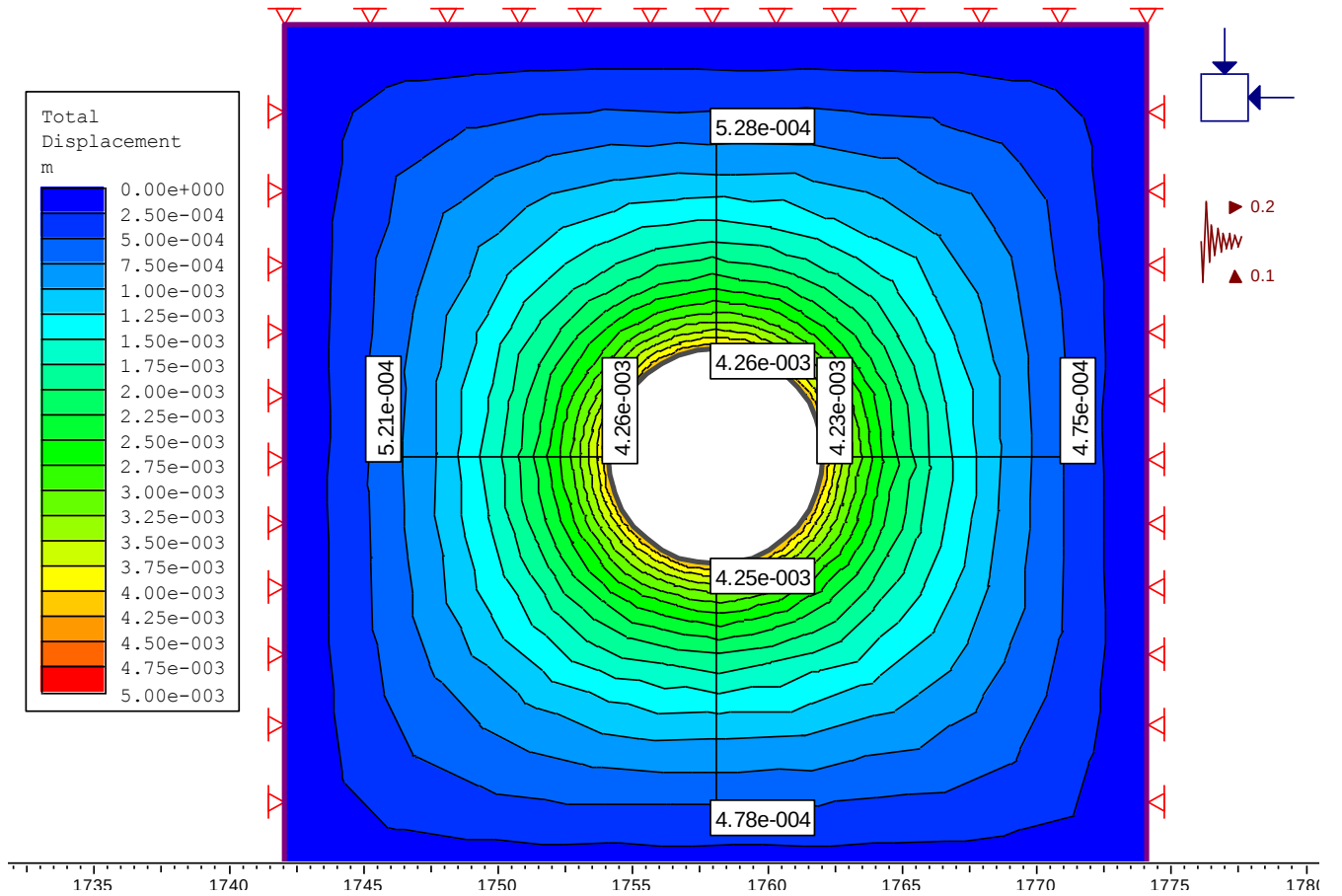
Define Factors... Define Properties...

Unsaturated Shear Strength

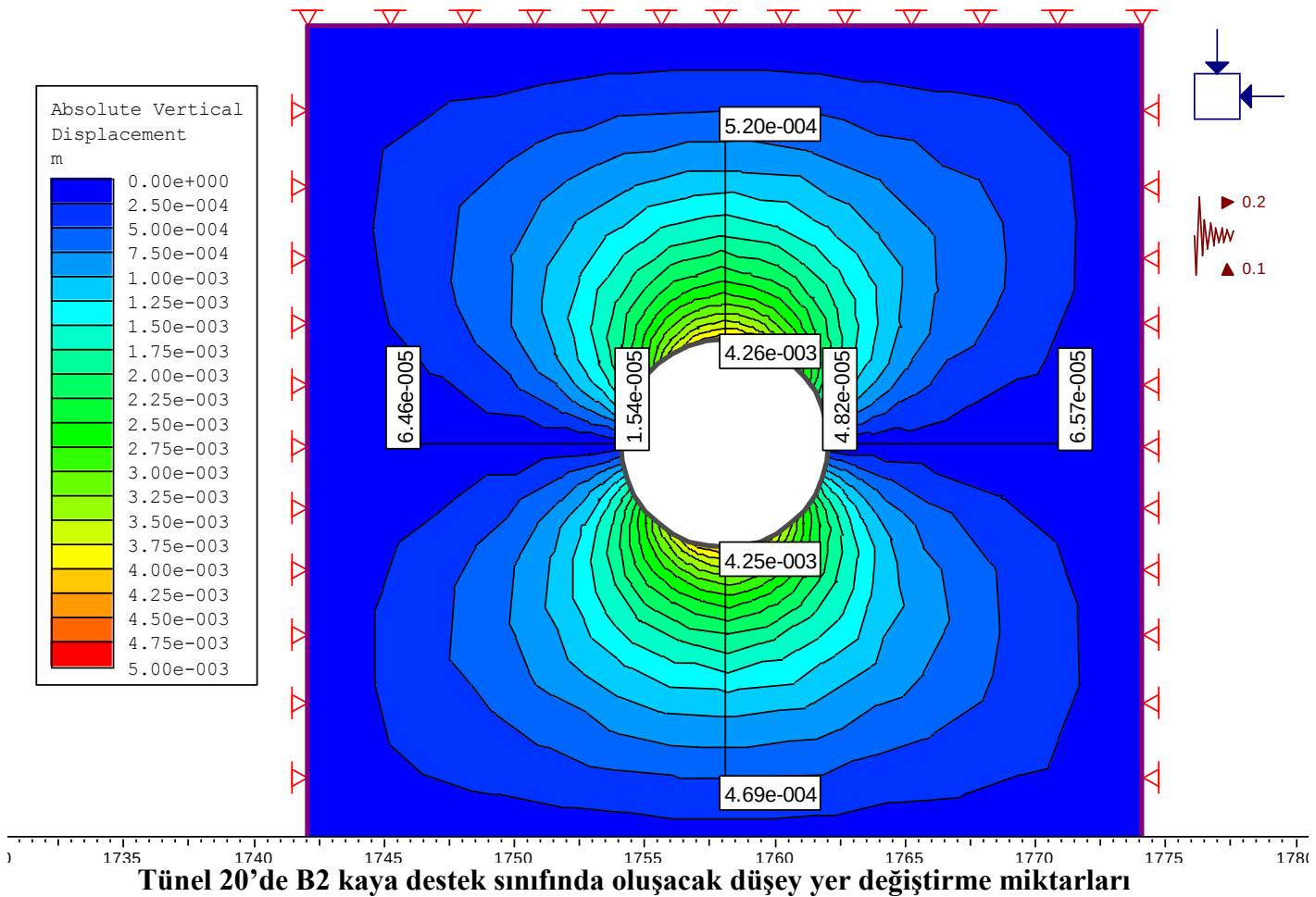
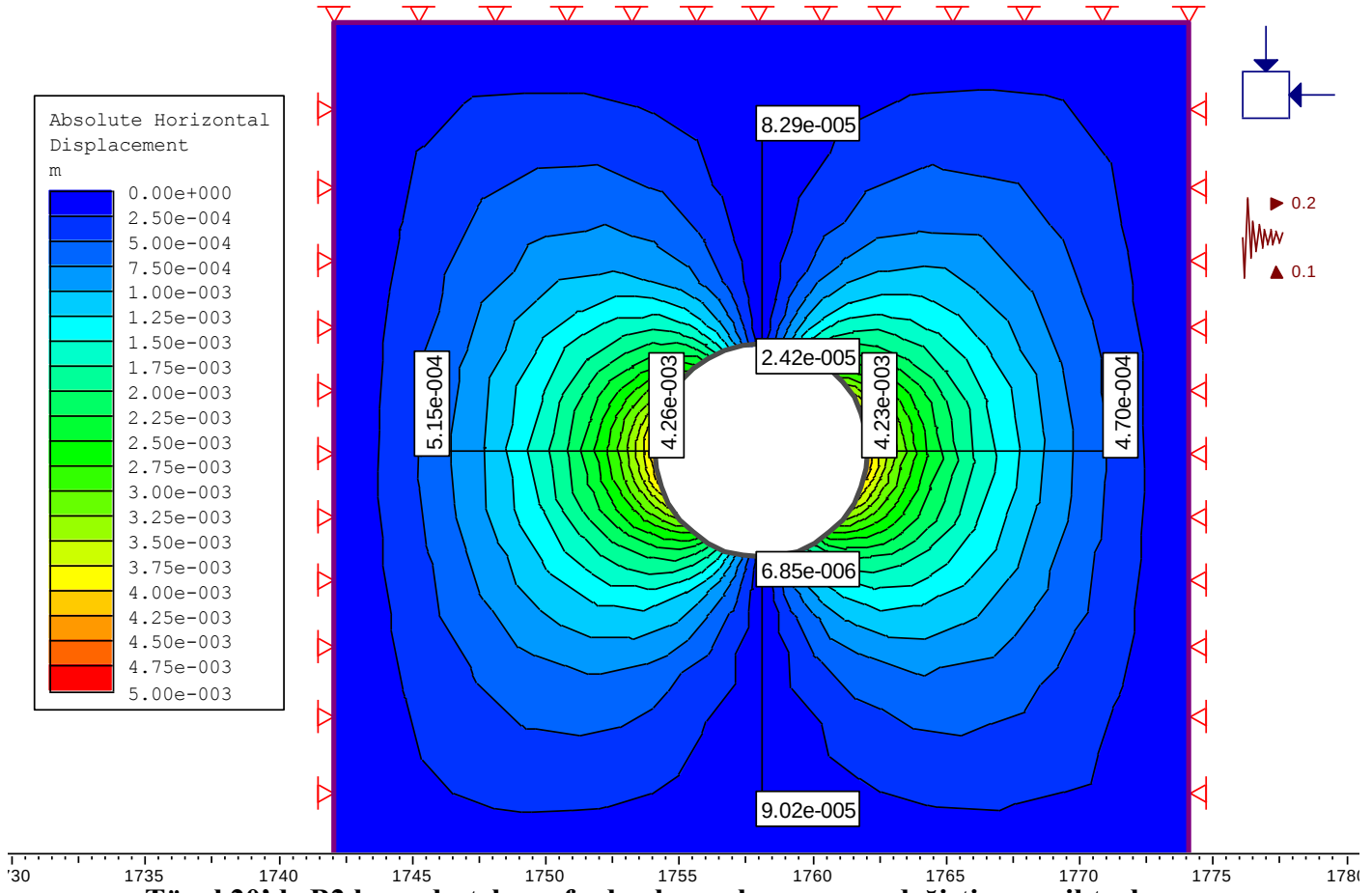
Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

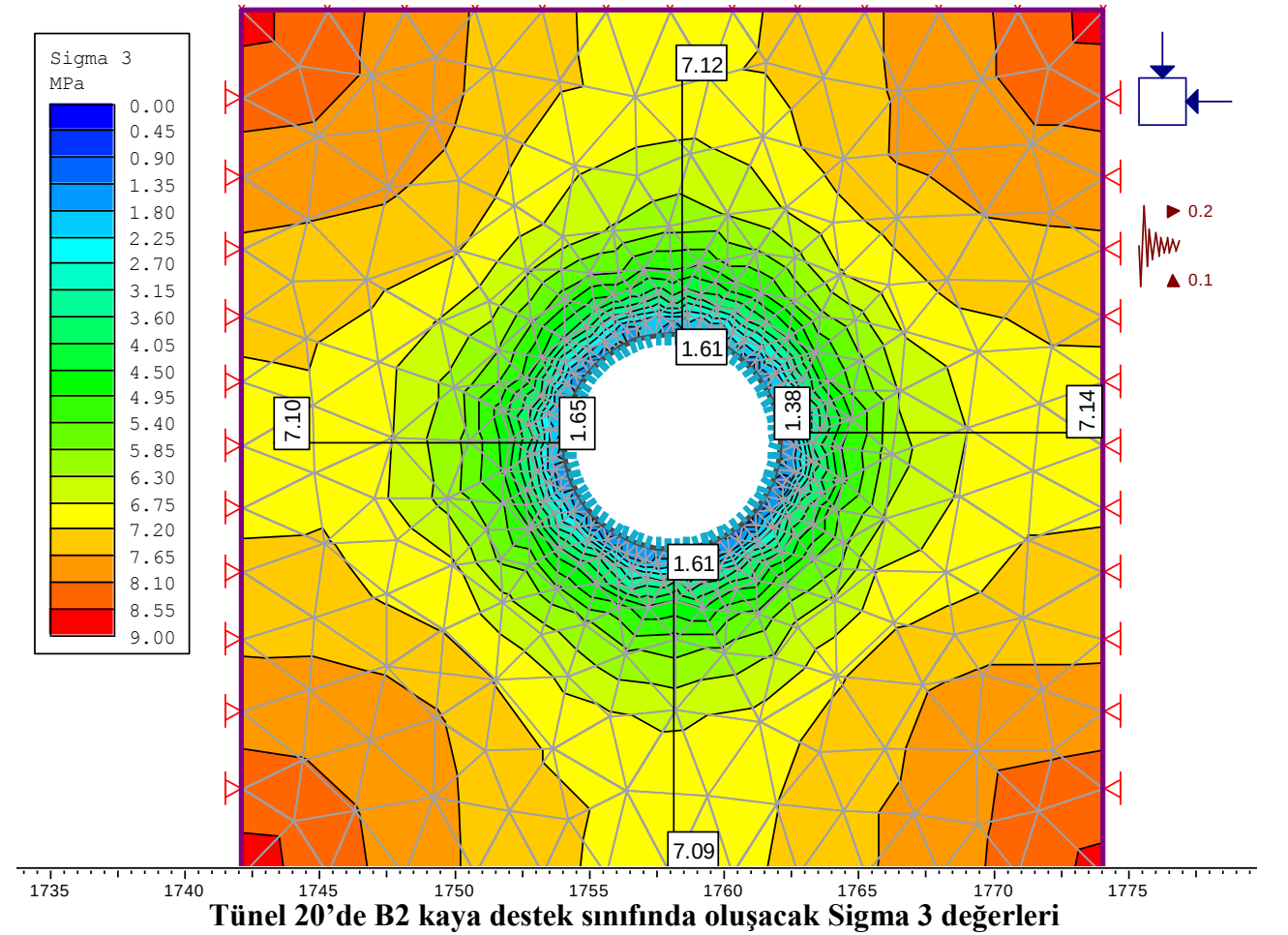
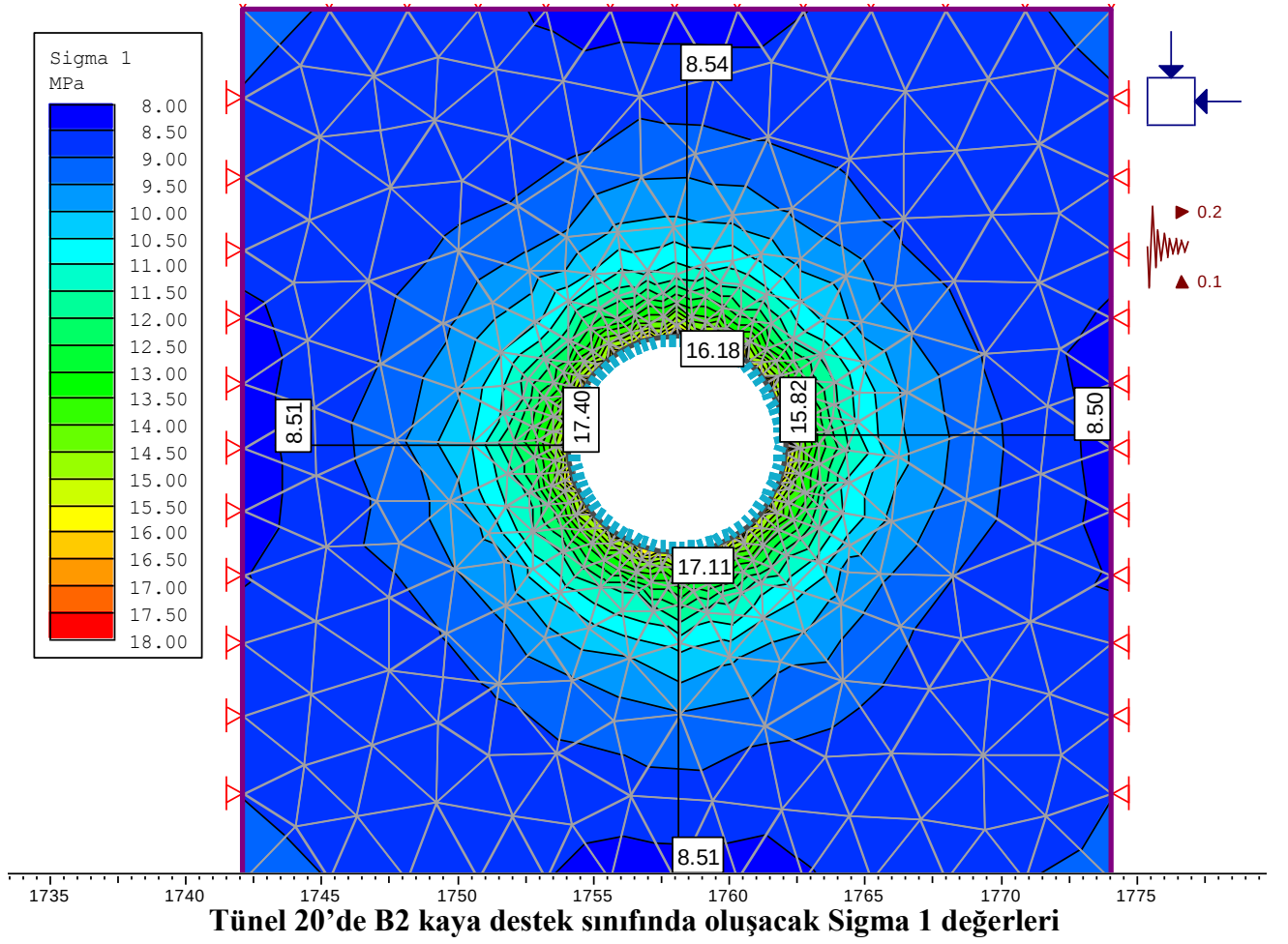
Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

Tünel 20'nin yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri



Tünel 20'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak toplam yer değiştirme miktarları





XXV. T21 tüneli için yapılan Q sınıflandırma sistemine göre; kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları ile öneri destek sistemi, bu tünelin yer aldığı ana litolojinin mühendislik özellikleri ve değiştirmeleri, olası toplam yer değiştirme (deplasman) değerleri, olası mutlak düşey ve yatay yer değiştirme ile σ_1 ve σ_3 değerleri

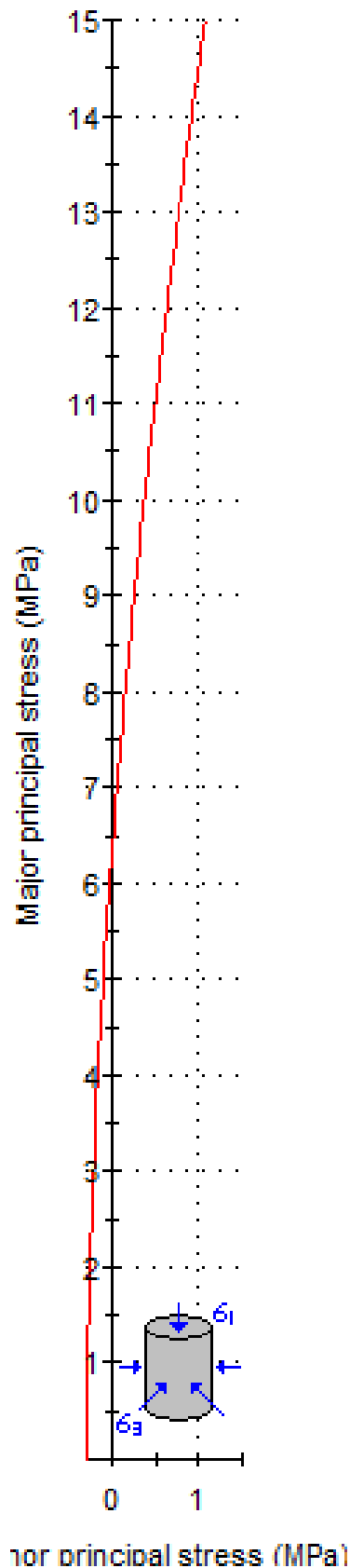
T21 için Q-Sistemine göre kaya kütle sınıflaması değer ve sonuçları

Sınıf	RQD, %	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0-25	Çok Zayıf		Birim litolojisi, gevrekliği, süreksizlik sıklığı ve dolgu malzemesi özellikleri ile süreksizlik yönelimini dikkate alınmayan RQD değerlendirmesi çoğunca izafidir. Sondaj verisi olmayan bu kesimde RQD=115-3,3Jv (Bieniawski) bağıntısından yararlanılmıştır
B	25-50	Zayıf		
C	50-75	Orta	69	
D	75-90	İyi		
E	90-100	Çok İyi		
RQD ≥ 10 olup 5'in katları olarak seçilir				
Sınıf	Eklem Set Sayısı, Jn	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	0.5 - 1.0	Masif, birkaç süreksizlik		
B	2	Bir süreksizlik seti		
C	3	Bir set + Düzensiz süreksizlikler		
D	4	İki süreksizlik seti		
E	6	İki set + Düzensiz süreksizlikler	6	
F	9	Üç süreksizlik seti		
G	12	Üç set + Düzensiz süreksizlikler		
H	15	Dört ve daha fazla set / Çok eklemli		
J	20	Tamamen ezilmiş kaya kütleli		
Kesim için (3.0*Jn) ve b) Portaller için (2.0*Jn)				
Sınıf	Eklem Pürüzlülük, Jr	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması ve b) <10cm kayma için duvar teması				
A	4	Devamsız Süreksizlikler		
B	3	Pürüzlü veya düzensiz/dalgalı		
C	2	Pürüzsüz, dalgalı		
D	1.5	Kayma çizikli, dalgalı	1,5	
E	1.5	Pürüzlü veya düzensiz/düzlemsel		
F	1.0	Düzensiz/düzlemsel		
G	0.5	Kayma çizikli/düzlemsel		
Tanımlamalar küçük ve orta ölçekte geçerlidir				
c) Duvar teması yok				
H	1.0	Kalın kil mineral içerikli		
J	1.0	Kumlu, çakıllı veya kaya parça dolgu		
Ortalama Aralık >3m ise Jr değeri 1.0 artırılır				
Sınıf	Su Durumu, Jw	Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
A	1.0	Kuru veya çok az akış (<5 l/min)	1	
B	0.66	Orta akış veya basınç, nadiren eklem		
C	0.5	Yüksek akış veya basınç		
D	0.33	Yüksek akış veya basınç, önemli		
E	0.2-0.1	Zaman içinde azalan çok yüksek		
F	0.1-0.05	Zaman içinde önemli oranda		
C ve F sınıfları kaba tahminlerdir. Drenaj önlemi varsa Jw değeri artırılabilir				

Sınıf	Ekleme Alterasyon, Ja		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
a) Duvar teması var (mineral dolgu yok, sadece leke şeklinde)					
A	0.75		Geçirimsiz mineral dolgu, sıkı-kapalı		
B	1.0	25-35°	Bozuşma yok, sadece yüzey lekeleri		
C	2.0	25-30°	Az bozuşmuş ekleme duvarları, kilsiz,		
D	3.0	20-25°	Siltli, kumlu ve kil sıvımalı,		
E	4.0	8-16°	Yumuşayan, veya düşük sürtünme		
b) Duvar teması <10cm için var (ince mineral dolgu)					
F	4.0	25-30°	Kumlu, kil içermeyen ve		
G	6.0	16-24°	Yumuşamayan, aşırı önyüklemeli kil		
H	8.0	12-16°	Yumuşayan, orta/az önyüklemeli kil		
J	8-12	6-12°	Şişen kil; kil miktarı ve su içeriğine		
c) Duvar teması yok, (kalın mineral dolgu)					
K	6,8	6-24°	Ayrışmış, ufalanmış kaya parçalı ve killi dolgu bantları (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)	12	
L	veya				
M	8-12				
N	5.0	-	Yumuşamayan az kil içerikli, silt-		
O	10,13	6-24°	Kalın kil dolgu bantlı (kil egemen durum için G,H ve J dikkate alınmalıdır)		
P	veya				
R	13-20				
Sınıf	Stres İndirgeme Değeri, SRF		Tanımlama	Tasarıma Esas Alınan Değer	Açıklamalar
H	2.5		Yüzeye yakın, düşük stres,		
J	1.0		Orta stres, uygun stres koşulları	1	
K	0.5-2.0		Yüksek stres, gergin yapı, duraylı,		
L	5-50		Masif kayalarda >1 saat için		
M	50-200		Masif kayalarda birkaç dakikadan		
N	200-400		Masif kayalarda önemli kaya		
Sembol	Tanım		Birim	Değer	Açıklama
Q	Kaya Kütle Değeri		-	1,438	$(RQD/J_n) \cdot (J_r/J_a) \cdot (J_w/SRF)$
NATM	NATM Kazı Sınıfı Karşılığı		-	B2	(bkz, Çiz. 4.7)
RMR	RMR Kaya Sınıfı Karşılığı		-	47,3	(Bieniawski 1976, Jethwa vd 1982)
Em	Elastisite Modülü		GPa	8,54	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$

Q-Sistemine göre öneri destek sistemi

Sembol	Tanım	Birim	Değer	Açıklama
B	Tünel Genişliği veya Yüksekliği		6	Projelendirilen genişlik, m
ESR	Tünel Kazı Sınıfı		1	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
ED	Eşdeğer Tünel Boyutu	B,H/ESR	6	Enerji santralleri, karayolu veya demiryolu, portaller ve tünel kesişimleri
-	Öneri Destek Kategorisi	-		
B _{mu}	En Yüksek Desteksiz Genişlik	m	2,312	$B_{mu} = 2 \cdot (ESR) \cdot Q_{0,4}$
Ss	Süreksizlik Sayısı	-	2,000	Ölçülebilen süreksizlik set sayısı
P _{roof}	Daimi Destek Basıncı	kPa	96,462	$Proof = (2/J_r)(Q-1/3)$ veya $Ss < 3$ için $Proof = (2/3)(J_n 0,5) \cdot (1/J_r)(Q-1/3)$
L	Öneri Kaya Bulon Uzunluğu	m	2,900	$L = (2+0,15 \cdot B)/ESR$



Analysis of Rock Strength using RocLab

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 60 MPa
 GSI = 60 m_i = 10 Disturbance factor (D) = 0
 intact modulus (E_i) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

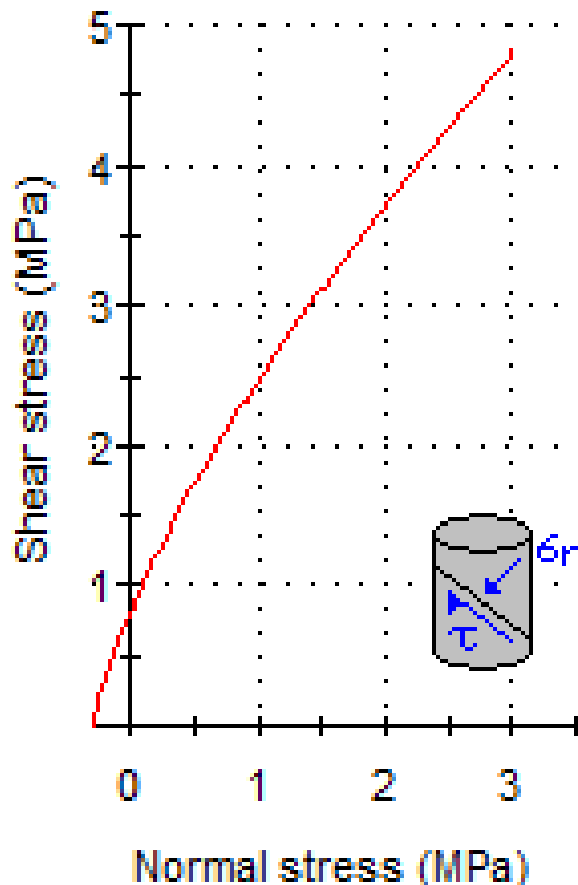
m_b = 2.397 s = 0.0117 a = 0.503

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 1.005 MPa friction angle = 53.41 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.294 MPa
 uniaxial compressive strength = 6.421 MPa
 global strength = 13.101 MPa
 deformation modulus = 6240.00 MPa



Tünel 21'in yer aldığı ana litolojinin (J-Kt) mühendislik özellikleri ve değıştirmeleri

Define Material Properties

..... ☒ T21-J-Kt

T21-J-Kt

Name: T21-J-Kt Material Color: T21-J-Kt

Initial Element Loading: Field Stress Only Unit Weight: (MN/m3): 0.027

Elastic Properties

Elastic Type: Isotropic Poisson's Ratio: 0.4

Young's Modulus (MPa): 8540 ☐ Young's Modulus (resid) (MPa): 20000

E1 (MPa): 20000 E2 (MPa): 20000 E3 (MPa): 20000

ν_{12} : 0.2 ν_{13} : 0.2 ν_{23} : 0.2

Strength Parameters

Failure Criterion: Hoek-Brown Material Type: Elastic

Intact Comp. Strength (MPa): 60 Dilation Parameter: 0

mb Parameter (peak): 2.397 mb Parameter (resid): 1

s Parameter (peak): 0.0117 s Parameter (resid): 0.001

☐ Stage Properties ☐ Datum Dependent

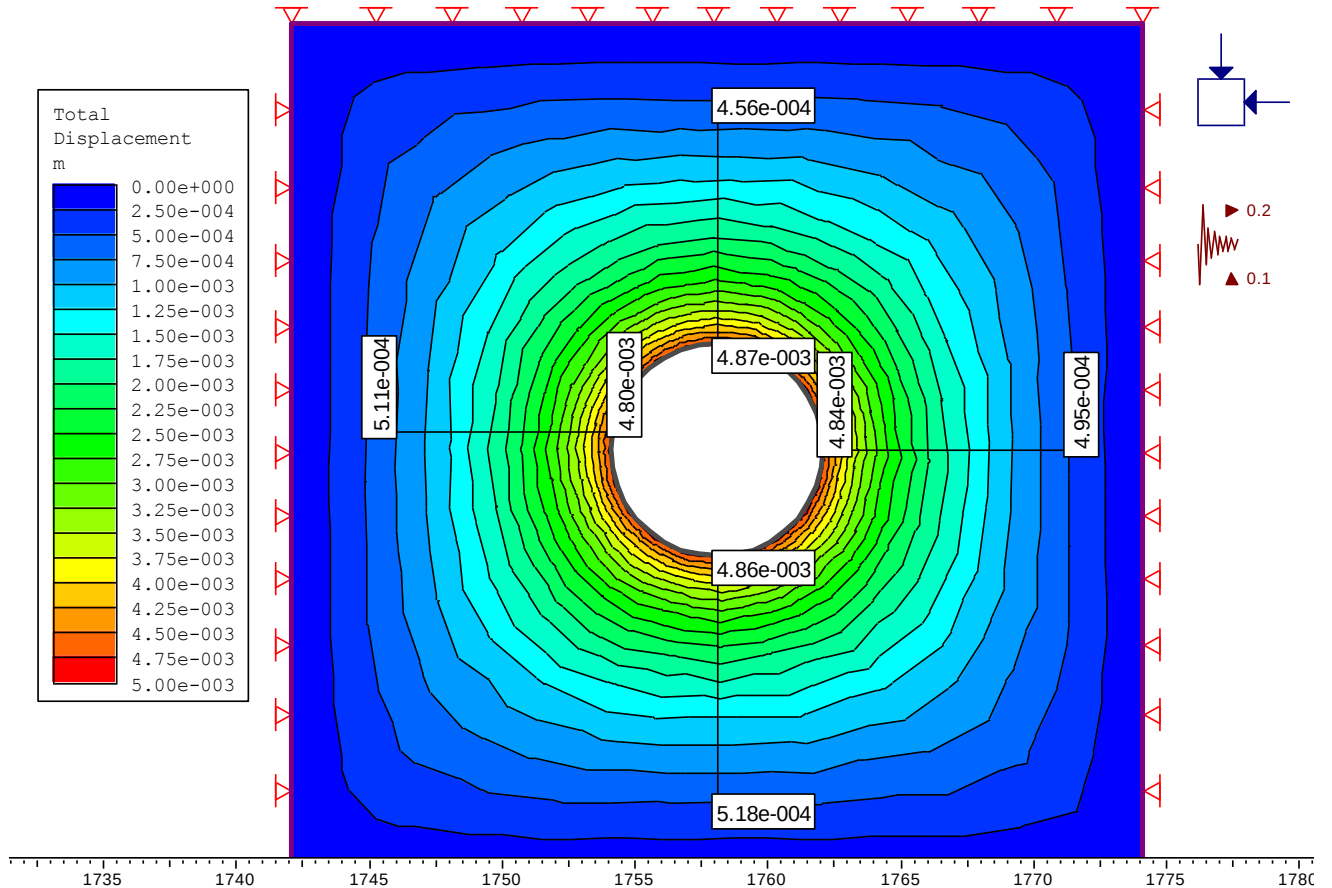
Define Factors... Define Properties...

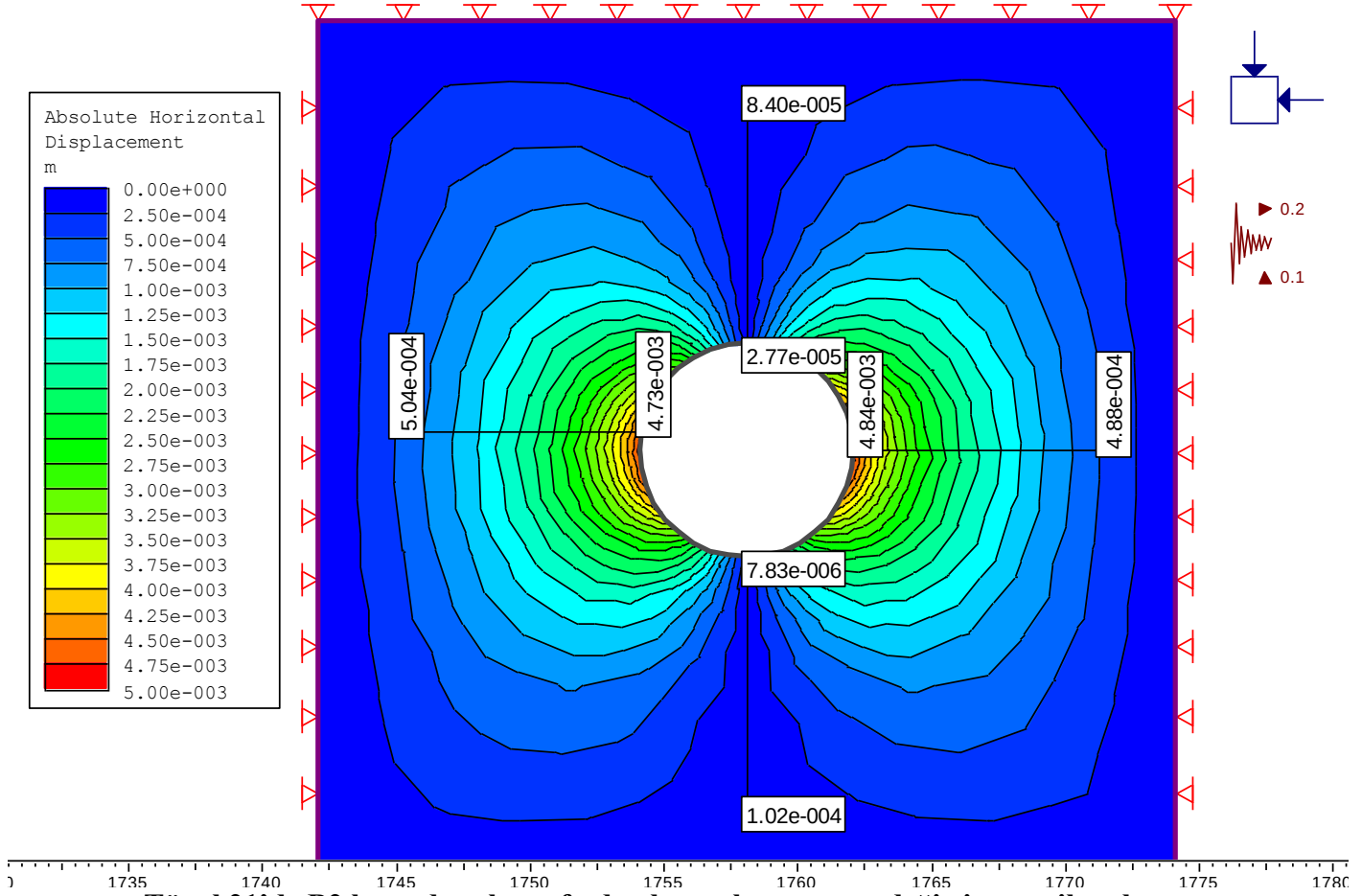
Unsaturated Shear Strength

Phi b: 0 Air Entry (MPa): 0

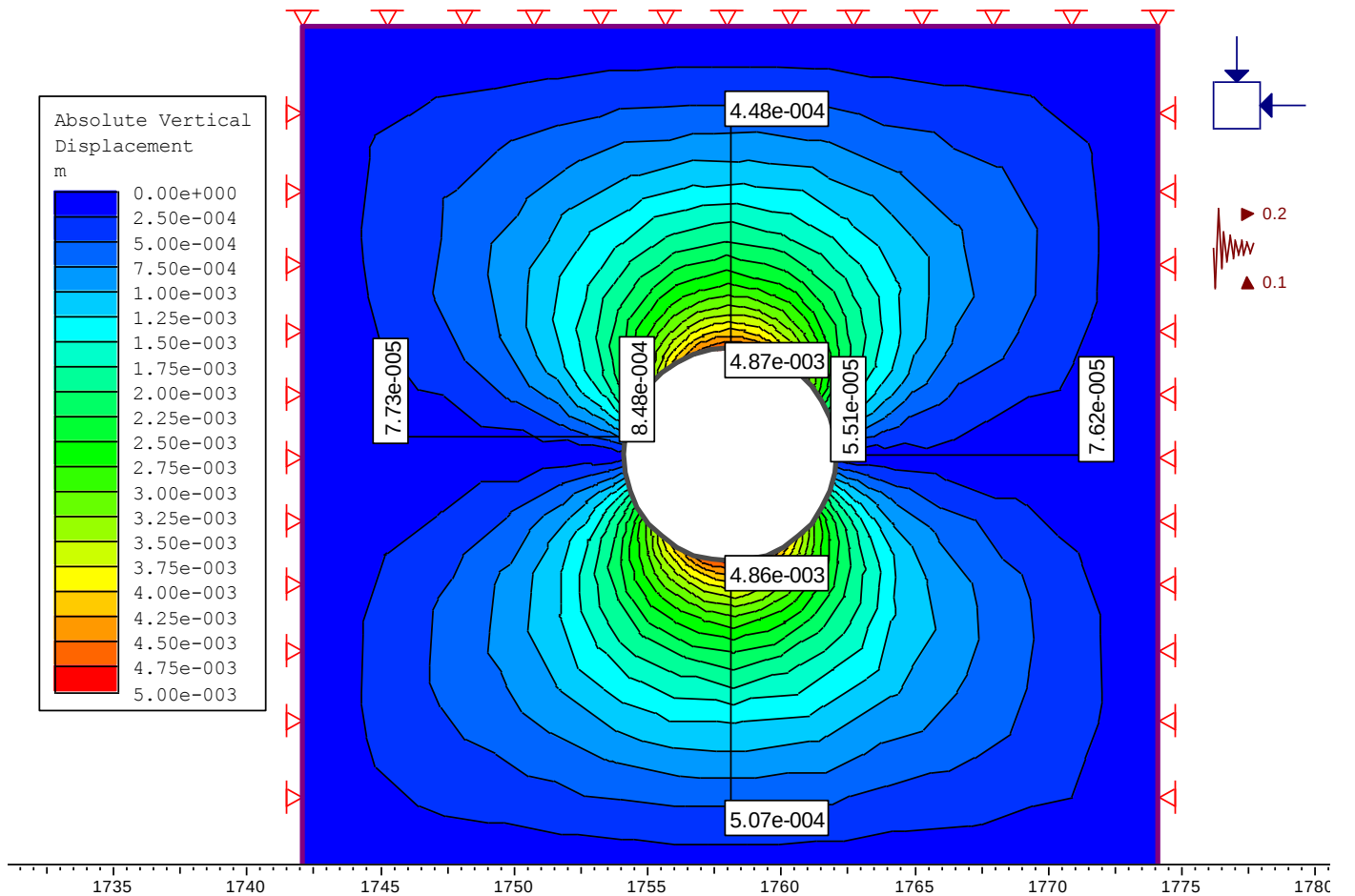
Copy To... Statistics... ☒ Show only properties used in model OK Cancel

Tünel 21'in yer değiştirme ve gerilme analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri

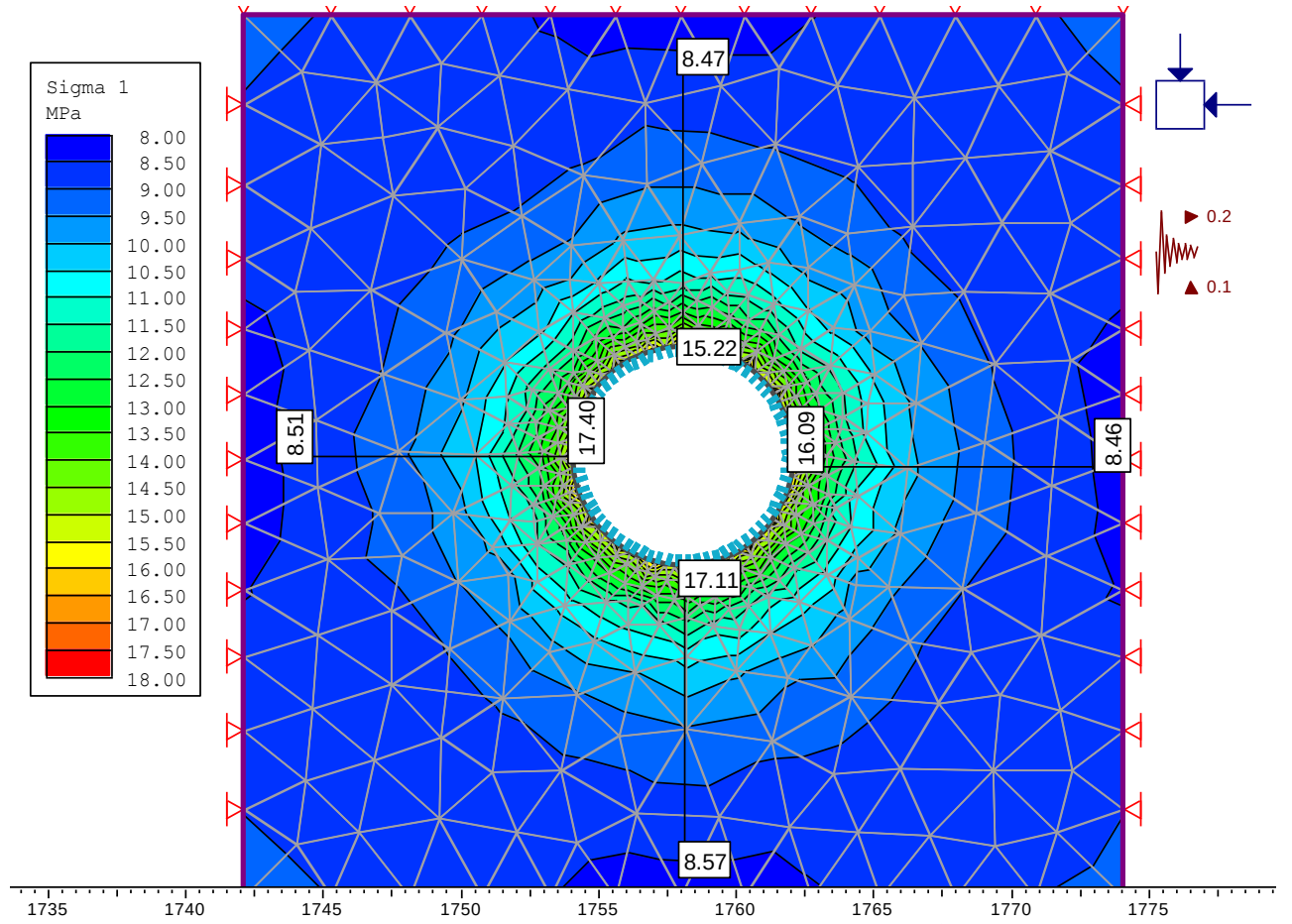




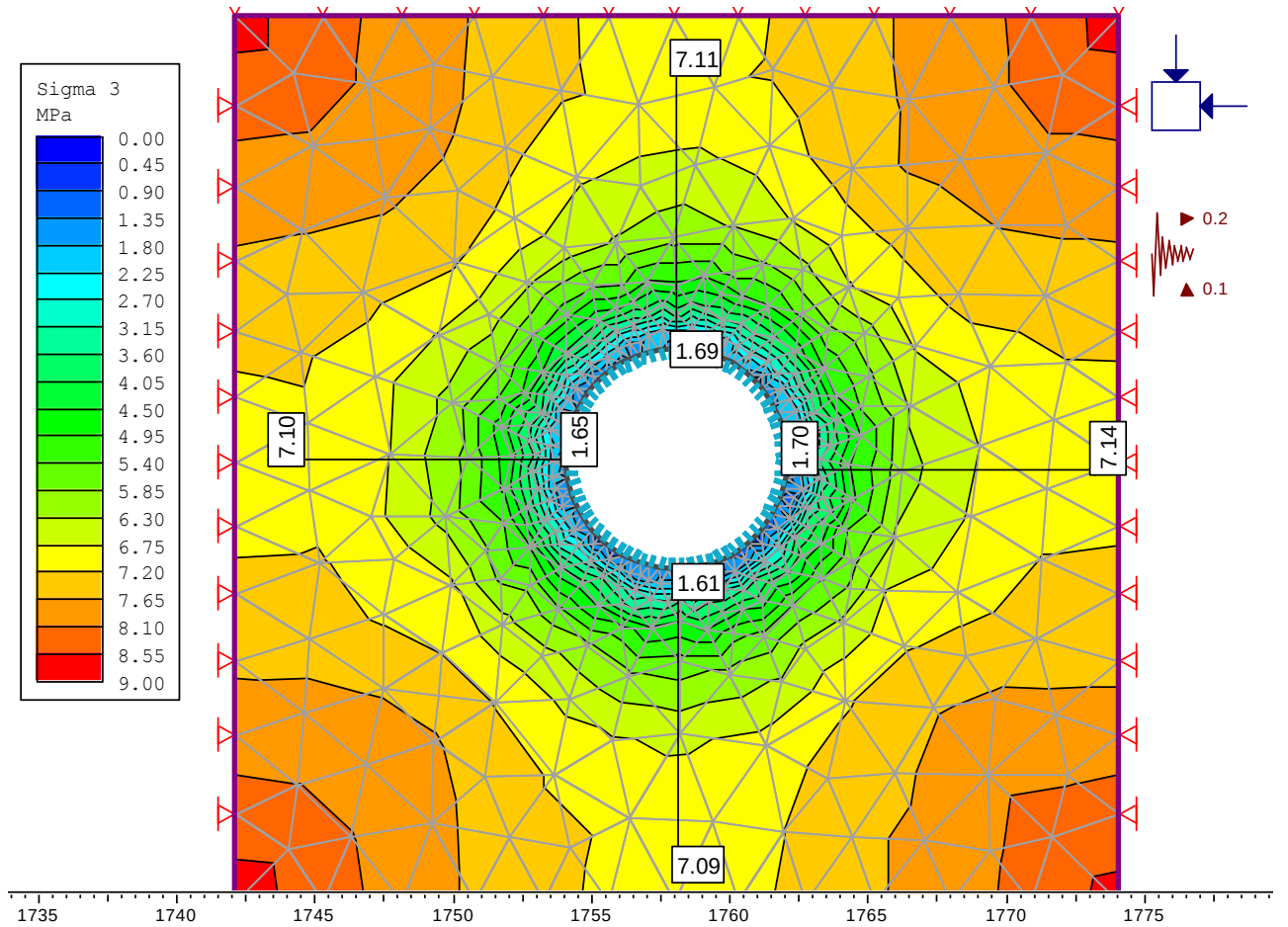
Tünel 21’de B2 kaya destek sınıfında oluşacak yatay yer değiştirme miktarları



Tünel 21’de B2 kaya destek sınıfında oluşacak düşey yer değiştirme miktarları



Tünel 21'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 1 değerleri



Tünel 21'de B2 kaya destek sınıfında oluşacak Sigma 3 değerleri

ÖZGEÇMİŞ

Deniz Pınar ÖNDER, 1983 yılında Tatvan’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İzmir’de tamamladı. 2002 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden 2006 yılında Jeoloji Mühendisi ünvanını alarak mezun oldu. 2010 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı.