

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MELEN PROJESİ KAPSAMINDA CENDERE I, CENDERE II VE KAĞITHANE
TÜNELLERİ AÇIMINDA HİDROLİK KIRICI VE DELME-PATLATMA YÖNTEMİ
PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Darkhan IMANBEKOV

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Maden Mühendisliği Programı

OCAK 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MELEN PROJESİ KAPSAMINDA CENDERE I, CENDERE II VE KAĞITHANE
TÜNELLERİ AÇIMINDA HİDROLİK KIRICI VE DELME-PATLATMA YÖNTEMİ
PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Darkhan IMANBEKOV
(505101003)**

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Maden Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cengiz KUZU

OCAK 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 505101003 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Darkhan IMANBEKOV**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**MELEN PROJESİ KAPSAMINDA CENDERE I, CENDERE II VE KAĞITHANE TÜNELLERİ AÇIMINDA HİDROLİK KIRICI VE DELME-PATLATMA YÖNTEMİ PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Cengiz KUZU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Hasan ERGİN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ataç BAŞÇETİN
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi: 19 Aralık 2011
Savunma Tarihi: 23 Ocak 2012

ÖNSÖZ

Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı' ndaki Maden Mühendisliği Programı için Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu tez çalışması sırasında ve öncesinde, tüm bilgi birikimi ve tecrübesini benden esirgemeyen ve her konuda bana yardımcı olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cengiz KUZU'ya sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin'de görev alan ve tez çalışmamda bana büyük yardımları olan Jeoloji Yüksek Mühendisi Serkan DAĞLIOĞLU'ya, Jeoloji Mühendisi Sayın Özgür AYÇİLE'e, Maden Mühendisi Sayın Orhan ARPA'ya, Jeoloji Mühendisi Sayın Mehmet ZENGİN'e sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca, günlere gelmemde bana büyük destek olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Aralık 2011

Darkhan IMANBEKOV
(Maden Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
SEMBOL LİSTESİ	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1 Arazi çalışmaları	5
2.2 Tünel güzergahının jeolojisi	5
2.3 Mekanik sondajlar	8
2.4 Laboratuvar deneyleri.....	8
2.5 Presiyometre deneyi.....	9
3. JEOTEKNİK DEĞERLENDİRMELER	11
3.1 Tünel geometrisi.....	11
3.2 Tünel Güzergahının Jeoteknik Değerlendirilmesi.....	11
3.2.1 Km 0+050.000 deki OK-1 Sondajı	11
3.2.2 Güzergahın Km 1+000.000 sindeki OK-2 ve OK-3 Sondajı	12
3.2.3 Güzergahın Km 2+150.000 sindeki OK-6 sondajı.....	15
3.2.4 Güzergahın Km 2+305.000 sindeki OK-7 sondajı.....	16
3.2.5 Güzergahın Km 3+212.392 sindeki OK-8 sondajı.....	17
3.3 Depremsellik	18
4. TÜNEL AÇIMINDAKİ ALTERNATİF YÖNTEMLERİN (DELME – PATLATMA / MEKANİZE KAZI) KARŞILAŞTIRILMASI.....	23
4.1 Delme – patlatma Yöntemi	23
4.1.1 Tünel inşaatı ön tasarımı.....	23
4.1.2 Risk analizi.....	26
4.1.3 Delme - patlatma işlerinin uygulaması.....	29
4.1.3.1 Delme işleri	30
4.1.3.2 Kayaç tipi ve sağlamlığı.....	30
4.1.3.3 Kesit Alanı.....	30
4.1.3.4 Delik boyu.....	30
4.1.3.5 Delik sayısı.....	31
4.1.3.6 Delik çapı.....	32
4.1.3.7 Delik düzeni.....	33
4.1.4 Delme performansı ve maliyeti.....	33
4.1.4.1 Performans değerleri.....	33
4.1.4.2 Maliyetler.....	35
4.1.5 Patlatma işleri.....	37

4.1.5.1 Patlatma performansı ve maliyeti.....	37
4.1.5.2 Performans değerleri.....	37
4.1.5.3 Patlayıcı Maliyeti.....	40
4.1.5.4 İşçilik Maliyeti.....	40
4.1.6 Havalandırma ve maliyeti.....	44
4.1.7 Nakliyat ve maliyeti.....	45
4.1.8 Tahkimat ve maliyeti.....	49
4.2 Mekanize kazı yöntemi.....	58
4.2.1 Mekanize kazı performansı.....	58
4.2.2 Kazı ve maliyeti.....	62
4.2.3 Havalandırma ve maliyeti.....	63
4.2.4 Nakliyat ve maliyeti.....	65
4.2.5 Tahkimat ve maliyeti.....	68
5. SONUÇ.....	75
KAYNAKLAR.....	79
EKLER.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	109

KISALTMALAR

SPT	: Standart Penetrasyon Deneyi
YSS	: Yeraltı Su Seviyesi
TCR	: Toplam Karot Oranları
SCR	: Sağlam Karot Oranı
RQD	: Kaya Kalite Tanımı
LL	: Likit Limit
PL	: Plastik Limit
Pİ	: Plastisite İndisi
NONEL	: Non elektrik
USBM	: Alternatif Patlatma Hasar Kriteri Normu
DIN	: Deutsches Institute für Normung
PPV	: Parçacık Hızı
SRF	: Gerilme Azaltma Faktörüdür.
RMCI	: Kaya Kütlesi Kazılabilirlik İndeksi
WRBI	: Zayıf Kaya Kırılabilirlik İndeksi
BPI	: Disk Makaslama Dayanım İndeksi
GSI	: Jeolojik Dayanım İndeksi
SD	: Ölçekli Mesafe

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Sondaj koordinatları, derinlikleri ve yeraltısuyu seviyeleri.	8
Çizelge 2.2 : Sınıflandırma deneyleri.	8
Çizelge 2.3 : Serbest basma deney sonuçları.....	9
Çizelge 2.4 : OK-2 Sondajına ait presiometre deney sonuçları.....	9
Çizelge 2.5 : OK-3 Sondajına ait presiometre deney sonuçları.....	10
Çizelge 2.6 : OK-6 Sondajına ait presiometre deney sonuçları.....	10
Çizelge 3.1 : OK-2 Sondajına ait presiometre deney sonuçları.....	13
Çizelge 3.2 : OK-3 Sondajına ait presiometre deney sonuçları.....	13
Çizelge 3.3 : km 0+830.000 deki OK-2 Sondajında geçilen killere ait jeoteknik parametreler.....	14
Çizelge 3.4 : OK-3 sondajında geçilen killere ait jeoteknik parametreler.....	14
Çizelge 3.5 : OK-6 sondajına ait presiometre deney sonuçları.....	16
Çizelge 3.6 : Zemin sınıfı ve spektrum karakteristik periyotları.....	18
Çizelge 3.7 : Zemin grupları.....	19
Çizelge 3.8 : OK-2 Sondajına ait Jeoteknik Parametreler	20
Çizelge 3.9 : OK-3 Sondajına ait Jeoteknik Parametreler	21
Çizelge 4.1 : Ateşlemede Ön Tasarımlarda Kullanılabilecek Patlayıcı Maddeler	24
Çizelge 4.2 : Ateşlemede Kullanılabilecek Kapsüller (Ürün Katalogları)	24
Çizelge 4.3 : Orta Sert Formasyon için 1 atımdaki patlayıcı madde tüketimi.....	25
Çizelge 4.4 : Tünel güzergahı boyunca yerleşim birimlerinin tünel hattına olan mesafeleri.	26
Çizelge 4.5 : Söz konusu Tünel İnşaatı İçin Farklı Yaklaşımlara Göre Gecikme Başına Kullanılacak Patlayıcı Madde Miktarının Tahmini.....	28
Çizelge 4.6 : Tasarım Modelindeki Gecikme Başına Şarj Miktarına Göre PPV Tahmini	29
Çizelge 4.7 : Tünel kesit alanı ve delik sayısının zeminle olan ilişkisi.	32
Çizelge 4.8 : Atlas Copco Rocket Boomer 282'in Özellikleri.	35
Çizelge 4.9 : Kullanılan patlayıcının özellikleri.	37
Çizelge 4.10 : Üfleyici fanın özellikleri.	44
Çizelge 4.11 : Q sınıflandırması ile tahkimat tipi seçimi.	51
Çizelge 4.12 : Maliyetler.	57
Çizelge 4.13 : Üfleyici fanın özellikleri.	64
Çizelge 4.14 : Q sınıflandırması ile tahkimat tipi seçimi.	68
Çizelge 4.15 : Maliyetler.	73
Çizelge 5.1 : Günlük ortalama ilerleme hızı.....	75
Çizelge 5.2 : Delme – patlatma yöntemi ve mekanize kazı yönteminin maliyetleri... ..	76
Çizelge A.1 : Tünel ayna jeolojisi haritasında kullanılan semboller.....	76

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Proje Alanı.....	1
Şekil 1.2 : Kayaç sağlamlığı ve yöntem kullanımı.	2
Şekil 2.1 : İstanbul Grubu genel stratigrafi kesiti.	7
Şekil 4.1 : Nonel kapsül kullanılan patlatmadaki ayna paterni.	25
Şekil 4.2 : Tünel kesit alanı ve delik çapının delik sayısı ile ilişkisi	31
Şekil 4.3 : Atlas Copco Rocket Boomer 282'nin Çalışma anındaki görünüşü.	34
Şekil 4.4 : Atlas Copco Rocket Boomer 282'in görünüşü	34
Şekil 4.5 : Patlayıcıyı görünüşü	38
Şekil 4.6 : Atım paterni.....	39
Şekil 4.7 : Aynanın patlayıcı maddeyle doldurulup patlatmaya hazırlama anı	40
Şekil 4.8 : V tipi orta çekme	42
Şekil 4.9 : Ateşleme paterni ve delgi planı	43
Şekil 4.10 : Selnikel RUR 630 model üfleyici fanın görünüşü.	44
Şekil 4.11 : Lastikli loader KAWASAKİ 80 ZV ve kamyon AXOR 06 YAD 69. ...	46
Şekil 4.12 : Komatsu Kiricinin Görünüşü..	47
Şekil 4.13 : Tip I boy ve en kesiti ve üstten görünümü..	51
Şekil 4.14 : Tip II boy ve en kesiti ve üstten görünümü.....	52
Şekil 4.15 : Tip III boy ve en kesiti ve üstten görünümü..	53
Şekil 4.16 : Tip IV boy ve en kesiti ve üstten görünümü..	54
Şekil 4.17 : Tip V boy ve en kesiti ve üstten görünümü..	55
Şekil 4.18 : Delme – Patlatma yöntemi için yapılan işlere göre zaman dağılımı.....	57
Şekil 4.19 : Delme – Patlatma yöntemi için yapılan işlere göre maliyetler dağılımı.. ..	57
Şekil 4.20 : Hidrolik kırıcı ve elemanları..	59
Şekil 4.21 : Komatsu Kiricinin Görünüşü..	62
Şekil 4.22 : Komatsu Kiricinin Çalışma anındaki Görünüşü.	62
Şekil 4.23 : Selnikel RUR 630 model üfleyici fanın görünüşü..	64
Şekil 4.24 : Lastikli loader KAWASAKİ 80 ZV ve kamyon AXOR 06 YAD 69....	65
Şekil 4.25 : Tip V boy ve en kesiti ve üstten görünümü.	69
Şekil 4.26 : İksa uygulaması.....	70
Şekil 4.27 : Püskürtme beton uygulaması.....	71
Şekil 4.28 : Çelik hasır uygulaması.	71
Şekil 4.29 : Mekanize kazı yöntemi için yapılan işlere göre zaman dağılımı	73
Şekil 4.30 : Mekanize kazı yöntemi için yapılan işlere göre maliyetler dağılımı	74
Şekil A.2 : Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası	83
Şekil A.3 : Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası	84
Şekil A.4 : Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası	85
Şekil A.5 : Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası	86
Şekil A.6 : Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası	87
Şekil A.7 : Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası	88

Şekil A.8 : Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası	89
Şekil B.1 : Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.....	90
Şekil B.2 : Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.....	91
Şekil B.3 : Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.....	92
Şekil B.4 : Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.....	93
Şekil B.5 : Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.....	94
Şekil B.6 : Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.....	95
Şekil B.7 : Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.....	96
Şekil C.1 : Parçacık hızı değerleri ölçümü Türkiye standartına göre.....	97
Şekil C.2 : Parçacık hızı değerleri ölçümü ABD standartına göre	98
Şekil C.3 : Parçacık hızı değerleri ölçümü Alman standartına göre.....	99
Şekil C.4 : Parçacık hızı değerleri ölçümü Türkiye standartına göre	100
Şekil C.5 : Parçacık hızı değerleri ölçümü ABD standartına göre	101
Şekil C.6 : Parçacık hızı değerleri ölçümü Alman standartına göre.....	102
Şekil D.1 : OK 1 Sondaj Logu	103
Şekil D.2 : OK 2 Sondaj Logu	104
Şekil D.3 : OK 6 Sondaj Logu	105
Şekil D.4 : OK 7 Sondaj Logu	106
Şekil D.5 : OK 8 Sondaj Logu	107

SEMBOL LİSTESİ

Si	: Kaya Kütle Kohezyonu
ϕ	: Kaya Kütlesinin İçsel Sürtünme Açısı
p	: Birim Hacim A�ırlı�ı
p_n	: Doğal Birim Hacim Ağırlık
E_m	: Net Limit Basınç
E_n	: Menard Modülü
$\dot{I}_{s(50)}$	: Nokta Yükleme Dayanımı
σ_c	: Serbest Basma Dayanımı
PL	: Net Limit Basınç
J_n	: Eklem Takımı Sayısı
J_r	: Eklem Pürüzlülük Sayısı
J_a	: Eklem Alterasyon Sayısı
J_w	: Eklem Su Azaltma Faktörü
IBR	: Net kazı hızı
P	: Hidrolik Kırıcının Gücü
σ_c	: Tek Eksenli Sıkı�ma Dayanımı

MELEN PROJESİ KAPSAMINDA CENDERE I, CENDERE II VE KAĞITHANE TÜNELLERİ AÇIMINDA HİDROLİK KIRICI VE DELME-PATLATMA YÖNTEMİ PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

ÖZET

Dünyanın nadide şehirlerinden biri olan İstanbul, aynı zamanda bir su medeniyeti olmuştur. Romalılar, Bizanslar ve Osmanlı dönemlerinde su temini alanında önemli çalışmalar yapıldığı gibi Cumhuriyet döneminde de çok ciddi çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan önemli birisi, İstanbulun 2040 yılına kadarki içme suyu ihtiyacını karşılamak üzere geliştirilmiş olan "Melen İçme Suyu Projesidir ". İstanbul'un nüfusu gün geçtikçe artmakta ve bununla beraber şehrin su sorunu da giderek ciddi bir hal almaktadır. Bu sorunu çözmek amacıyla İstanbulun 170 km doğundaki Melen Çayın'dan İstanbul'daki su dağıtım barajlarına 185 km lik boru hattı ile su getirilmesi için Melen Çayı Projesi hazırlanmıştır. Çalışmaya konu olan Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünelleri de bu proje kapsamında yer almaktadır. Osmankuyu Tüneli'nin bir ucu "Cendere – I Tüneli Giriş" diğer ucu ise "Cendere – II Tüneli Çıkış " adıyla anılmakta ve bu tünellerin ağzı Ayazağa Köyü kuzeydoğusunda bulunmaktadır. Tünellerin diğer ağzı ise Kağıthane'de olup "Kağıthane Tüneli Giriş" ve "Kağıthane Tüneli Çıkış" olarak adlandırılmaktadır.Öncelikle tünel açımında kullanılan kazı yöntemi olarak delme - patlatma yöntemi ve mekanize kazı yönteminin teknik yönleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Delme - patlatma işleri ve mekanize kazı işleri ve bunların performansına ait gözlemler bu çalışmaların esasını teşkil etmektedir. Bu çalışmalar ayrıca maliyetler bakımından da incelenmiş bulunmaktadır. Delme ve patlatma işleri ve mekanize kazı işleri sonucu ortaya çıkan birim maliyetler de hesaplanmıştır. Daha sonra bu tünel kazılarında yapılması gereken diğer temel işler olan havalandırma, nakliyat ve tahkimat konularında önemle durulmuş, işletmede yapılan uygulamalar gözlemlenmiştir. Ayrıca bu başlıklar kapsamındada gerekli birim maliyet hesapları da yapılmıştır. Denemelerde, sismik kayıtlarda en çok kullanılan kriter olan parçacık hızı - frekans ilişkisi kriterine göre tam cephe patlatmada hasar eşikleri aşılmamıştır.

**INVESTIGATION OF PERFORMANCE IN TUNNEL EXCAVATION
METHODS LIKE A DRILLING AND BLASTING AND IMPACT HAMMER
EXCAVATION UNDER THE SCOPE OF MELEN PROJECT IN CENDERE
I,CENDERE II VE KAĞITHANE TUNNELS**

SUMMARY

Istanbul, which is one of the fabulous cities in the world, has been a water civilization at the same time well. Many remarkable works have been realised to supply water during Republican Period as well as Roman, Byzantine, and Ottoman eras. One of the important ones is “Melen Water Supply Project” which was developed to meet the domestic water demand of Istanbul city until 2040. The population of Istanbul is increasing day by day and nevertheless the water problem of the city is getting serious. Melen River Project was prepared for solving this problem so the water of Melen River which is 170 km south of Istanbul planned to be earned to the dams in Istanbul with a 185 km long pipeline. Cendere I, Cendere II and Kağıthane Tunnels which is the subject of this study is under the scope of this project. One of the opening of the Osmankuyu Tunnel which is called "Cendere – I Giris" and other opening which is called " Cendere – II Tunel Cıkıs " is at northeast of Ayazaga Koyu. Another of the openings of the Kagithane tunnel which is called "Kagithane Tunel Giris" and other opening which is called "Kagithane Tunel Cikis" is at Kagithane. Tunnel excavations started from this openings to join.

First of all in this study, the basic works in tunnel excavations such as ventilation, transportation and support was investigated and the applications about this topics were observed in tunnel. Also under these topics necessary unit cost calculations were done. After this, the drilling and blasting and mechanical excavation was investigated and compared as a tunnel excavation method. Site investigations were done to obtain the informations for drilling and blasting and mechanical excavation methods of works and their performance and these informations were presented in this study. The units costs of drilling and blasting and mechanical excavation works were calculated and compared. In conclusion, the peak particle velocity - frequency criteria which is the most used one, in full face shots is not above the damage level.

1.GİRİŞ

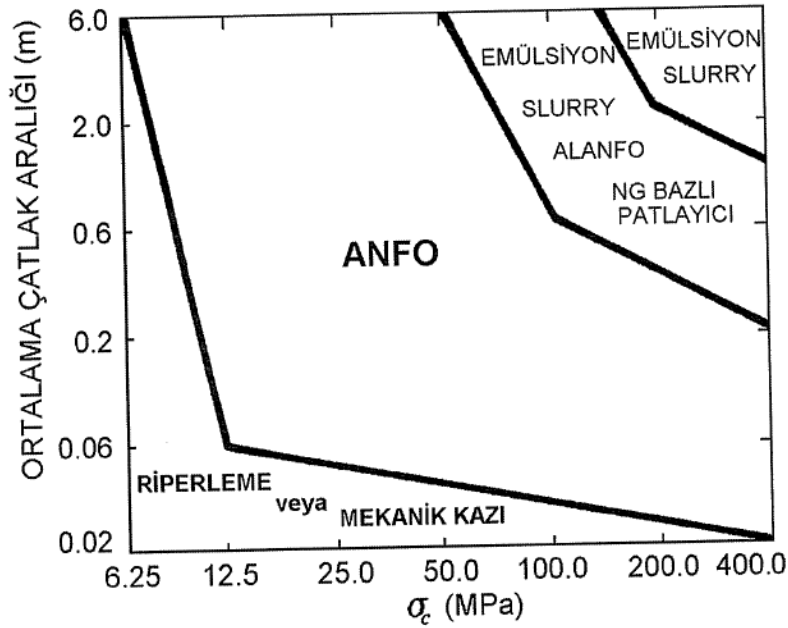
"Melen Projesi olarak adlandırılan projeyle genel olarak İstanbul Avrupa Yakası başta olmak üzere tüm İstanbul'un 2040 yılına kadar olan su sorununu çözmek amaçlanmıştır. İstanbul'un yaklaşık 170 km doğusundaki Melen Suyu 185 km'lik boru hattı ile Düzce'den İstanbul'a taşınacaktır. Bu gelen boru hattının bir kısmı yeraltından, diğer kısmı yeryüzünden geçecektir. Bunun için projede yer yer tünel inşasına gerek görülmüştür. "Melen Sistemi Proje Alanı". İstanbul Sınırları içerisindeki bölgelere ek olarak Bolu, Düzce, Sakarya ve Kocaeli illeri içerisindeki bölgeleri de Şekil 1.1'de görüldüğü gibi kapsamaktadır (Melen Sistemi 2. Merhale Projesi. 2000). Kuzey yönüne doğru akarak Karadeniz'e dökülen Melen Çayı'nın suyu, nehir ağzının yaklaşık 7 km akış yukarısında yerleştirilen ve nehir en kesiti boyunca inşa edilecek regülatör ile alınacaktır. Daha sonra 1.7 km uzunluğundaki terfi hattı ile Melen Pompa İstasyonu'ndan Melen Terfi Deposu'na basılacak olan su, oradan yaklaşık 129.6 km uzunluğunda isale hattı ve 3.8 km uzunluğunda Şile-Alaçalı Tüneli ile Alaçalı Barajı'na taşınacaktır. Buradan da yaklaşık 8 km'lik Alaçalı Ömerli-Hamidiye tünelleri ve 9.3 km'lik isale hattı ile Cumhuriyet -Arıtma Tesisi'ne iletilecektir. Arıtılmış su 3.8 km'lik terfi hattı ile Cumhuriyet Pompa İstasyonu'ndan Cumhuriyet Terfi Deposu'na ve daha sonra Avrupa yakasında mevcut olan Kağıthane Arıtma ve Dağıtım Merkezine beton kondüvi boru hatları ve tüneller (Bekleme: 1383 m Beykoz: 2755 m, Ortaçeşme: 983 m, Boğaziçi: 5551 m, Ayazağa: 2577 m) aracılığıyla iletilecektir. (Melen Sistemi 2. Merhale Projesi. 2000).



Şekil 1.1 : Proje Alanı

Melen Sistemi 2 Merhale Projesinde belirtildiği gibi proje alanı belirgin topoğrafik özellikler ile tanımlanabilir. En belirgin ve ilginç olanı, Asya ve Avrupa kıtaları arasındaki İstanbul'u ve proje alanını ikiye ayıran İstanbul Boğazı'dır. Tünel güzergahı planı ise EK (F.1-F.7)' de verilmiştir.

Bu çalışmada tünel açımı için uygulanan delme – patlatma ve mekanize kazı yöntemleri incelenerek, delme – patlatma ve mekanize kazı yöntemleri işlerinin maliyet, performans ve çevresel etki analizi yapılmaktadır. Bilindiği üzere delme – patlatma yada mekanik kazının yöntem olarak seçiminde kayaç sağlamlığı önemli rol oynamaktadır. Şekil 1.2'de bu yönde kayaç sağlamlığı ve kullanılan yöntem hakkında genel bir gösterim sunulmaktadır. Bu bakımdan kayaç şartlarına göre mekanik kazı veya delme – patlatma yöntemlerinden biri seçilmektedir.



Şekil 1.2 : Kayaç sağlamlığı ve yöntem kullanımı (Jimeno, 1995)

Bu seçimde bölüm 5.3' te belirtilen Q sınıflandırması sonucu mekanik kazıya geçilmekte veya delme – patlatma yöntemi ile devam edilmektedir. Bunun için EK (A.1 – A.8), EK (B.1–B.7)'de gösterildiği gibi bir seri yerinde jeomekanik incelemeler yapılması gerekmektedir. Patlatmaların çevresel etkisine konu olan Ayazağa tünellerinden bir bölümünün Ayazağa Köyü bir diğer bölümünde Kağıthane (İski Genel Müdürlüğü) yerleşim alanının altından geçmesi patlatma kaynaklı titreşimler nedeniyle yapılan çalışmaların çevresel etkileri önem arz etmekte ve bu kısımlardaki patlatma çalışmaları için farklı uygulamalar gerekebilmektedir.

Bu nedenle söz konusu yerleşim alanları altından geçilirken üst yarı ve alt yarı delik dizaynı - patlatma uygulanmıştır. Açılacak olan tünellerin bir kısmında Ayazağa'da olduğu gibi delme - patlatma yöntemi kullanılacaktır. Tüm şehir içi tünellerde olduğu gibi burada da patlatma kaynaklı titreşimlerin ve bunun etkileri söz konusu olup bu etkilerin minimize edilmesi gerekir. Tez çalışmasının yapıldığı dönemde iş organizasyonu bakımından daha basit bir süreç göstermesi bakımından tam cephe patlatmalı uygulamaya tekrar geçilmiştir. Bunun realizasyonunda şok tüplü ateşleme sistemi kullanılarak aynı anda patlatılan patlayıcı miktarına önemli ölçüde sıralama getirilerek titreşim seviyelerinin çok aşağılara çekilmesi mümkün olmuştur. Bu durum atım sürelerini arttırmış ise de hasar limitlerinin altında kalması ve yerleşimlerin üst yarı –alt yarı uygulamasına göre daha az olması nedeniyle bir problem çıkarmamıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Arazi Çalışmaları

Tünel güzergahları boyunca geçilen zemin ve kayaların jeolojik ve jeoteknik özelliklerinin tespiti amacıyla, 6 noktada toplam 153.40 m mekanik sondaj yapılmıştır.

Sondajlar sırasında geçilen zemin ortamlarında 1.5 m aralıklarla SPT (Standart Penetrasyon Deneyi) deneyleri yapılmıştır. Kaya ortamlarda ise, karotiyer ile ilerlenilerek, karot numune alınmıştır.

Tünel güzergahı boyunca yapılan mekanik sondajlar EK E.1’ de verilen vaziyet planı üzerine işaretlenmiştir.

2.2 Tünel Güzergahının Jeolojisi

İncelenen Kağıthane-Osmankuyu tünel güzergahı boyunca yapılan sondajlardan ve yüzeyleyen mostralarda, bu bölgede temel kayayı oluşturan: yer yer şeyl aratabakalı kumtaşları ile şeylden oluşan istif izlenmiştir. Bu istif (Kaya, 1978) Trakya Formasyonu olarak adlanmış ve ayırtlanmıştır. İncelenen güzergah boyunca yapılan sondajlarda gözlendiği gibi Trakya Formasyonu Kuşdili Formasyonu tarafından açılı uyumsuz olarak örtülür. Kuşdili Formasyonu Geç Kuvaterner döneminde gelişmiş ve egemen olarak kil ve çamurdan oluşmuş bir birimdir (Meriç, 1991). Ayrıntıda, yeşilimsi koyu gri-siyah renkli, kavrık, kumlu, siltli-mikalı, plastik-çok yumuşak-katı zemin nitelikli killerden yapılmış olan formasyonun genel geometrisi kara yönünde incelen bir kama şeklindedir ve görünür kalınlığı 19.50 m den fazladır. İncelenen tünel güzergahının 0+800.000 ile 1+000.00 km leri arasında yapılan OK-2 ve OK-3 nolu mekanik sondajlarda, (Bu sondajlar ve bu çalışmada adı geçen diğer tüm sondaj loglaları EK (D.1-D.5) sunulmaktadır) dolgu malzemesi altında kuyu sonuna kadar, koyu yeşil-gri-kahverenkli kum-çakıl mercekli, kumlu, siltli, plastik, yumuşak-orta katı killeri kesilmiştir. (İSKİ, Kağıthane – Osmankuyu Tüneli Etüt Raporu, 2007)

Tünel güzergahının 2+100.000 ile 2+300.00 km leri arasında yapılan OK-6 ve OK-7 nolu mekanik sondajlarda, kalınlığı 5.00-19.00 m olan dolgu malzemesi kesilmiştir. Dolgu altında kuyu sonuna kadar, Trakya Formasyonu'na ait, kızılımsı kahve-sarımsı kahve-gri renkli,sık kırıklı-çatlaklı, çatlaklar arası okside olmuş, çok zayıf kaliteli kaya özelliğindeki kumtaşları kesilmiştir. (İSKİ, Kağıthane – Osmankuyu Tüneli Etüt Raporu, 2007)

Tünel güzergahının bitiş noktası olan 3+212.392 km de yapılan OK-8 nolu sondajda, yüzeyden kuyu sonuna kadar Trakya Formasyonu'na ait birimler kesilmiştir.17.00 m ye kadar kesilen şeyller, yeşilimsi kahverenkli, üst kesimleri ileri derecede ayrışmış, laminalı sık kırıklı çatlaklı,çok zayıf kaliteli kaya özelliğindedir. 17.00 m den sonra kesilen kumtaşları ise, kahve-gri renkli, sık kırıklı-çatlaklı, çok zayıf kaliteli kaya özelliğindedir. 17.00 m den sonra kesilen kumtaşları ise, kahve gri renkli, sık kırıklı-çatlaklı, çok zayıf kaliteli kaya özelliği taşımaktadır. (İSKİ, Kağıthane – Osmankuyu Tüneli Etüt Raporu, 2007)

İncelenen güzergahta yapılan sondajlardan, yeraltısuyu seviyesinin 5.00 m ile 11.80 m ler arasında değıştiğı görülmüştür. İstanbul Grubu genel stratigrafi kesiti Şekil 2.1'de verilmiştir.

YAŞ		GRUP	FORMASYON	SİMGE	KAYA TÜRÜ ve AÇIKLAMALAR		
PALEOZOYİK	NEOJEN		BELGRAD	Plq		Gevşek-çimentolanmamış, bloklu, çakıl-kum-kil (örgülü akarsu)	
	KARBONİFER	İSTANBUL	TRAKYA	k2		Kırınblı-masif Kireçtaşı (Kalsitüridit)	
						Kırınblı Kireçtaşı ara yüzeyli, Kumtaşı-Çamurtaşı ardışımı	
			BALTALIMANI	k1		Fosfat yumrulu radyolaritli ÇÖRT (lilit) (açık-derin deniz)	
	DEVONİYEN		TUZLA	d4		Yumrulu Kireçtaşı, (kireçtaşı-çamurtaşı ardışımı) (Şelf)	
	KARTAL		d2-3		Fosilli çamurtaşı ve masif/kırınblı kireçtaşı-çamurtaşı ardışımı		
	DOLAYIBA		Sd1		Fosilli masif /tabakalı Kireçtaşı (resif ve as ortamları)		
	SİLÜRİYEN		GÖZDAĞ	Os1		Kuvars Arenit mercekli, lamine çamurtaşı (lagün-sığ denizel)	
	ORDOVİSİYEN		AYDOS	O2		Kuvars Arenit ve Kuvars konglomerası (kırı-çakıl)	
			KURTKÖY	O1		Çakıltası-Kumtaşı-Çamurtaşı ardalanması (karasal) / Bazik derinlik magmatikler	

Şekil 2.1 : İstanbul Grubu genel stratigrafi kesiti (Eriş, 2009).

2.3 Mekanik Sondajlar

İSKİ, Kağıthane-Osmankuyu Tünel güzergahı boyunca yapılan sondajlar sırasında geçilen zemin ortamlarında 1.5 m aralıklı olarak SPT deneyleri yaptırılmıştır. Kaya ortamlarda ise karotiyer ile ilerlenilerek, karot numunesi alınmıştır.

Tünel güzergahı boyunca yapılan sondajların koordinatları, sondaj derinlikleri ve yeraltısuyu seviyeleri Çizelge 2.1’ de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Sondaj koordinatları, derinlikleri ve yeraltısuyu seviyeleri. (İSKİ, Kağıthane – Osmankuyu Tüneli Etüt Raporu, 2007)

Sondaj N ₀	Koordinatlar		z [m]	Sondaj Derinlik [m]	YSS Derinlik [m]
	x	y			
OK-1	4554092.1	414645.15	30	25	8.4
OK2	4553652.69	414167.4	11	15.45	5
OK-3	4553513.5	414190.11	9.5	15.45	5.2
OK-6	455260.42	413485.47	28	25.5	8.5
OK-7	4552460.81	413453.27	47	32	11.8
OK-8	4551660.55	413053.37	98.3	40	Kuyu Kapalı

2.4 Laboratuvar Deneyleri

İSKİ, Kağıthane-Osmankuyu tünel güzergahında yapılan sondajlarda geçilen zemin ve kaya ortamlardan alınan SPT ve karot numuneleri üzerinde laboratuvar deneyleri yaptırılmıştır.

Sahada SPT numuneleri üzerinde yaptırılan sınıflandırma deneyleri Çizelge2.2’de ve serbest basma deney sonuçları Çizelge 2.3’te verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Sınıflandırma deneyleri

Sondaj N ₀	Numune N ₀	Derinlik	Tabii Rutubet %	Sıvılık İndisi	Zemin Sınıfı
OK – 2	UD1	9.50-10.00	-	-	-
	SPT7	13.50- 13.95	24.16	0.52	CL
OK – 3	SPT2	3.00-3.45	19.01	0.37	SC
	SPT7	10.50- 10.95	25.6	1.19	SC

Çizelge 2.3 : Serbest basma deney sonuçları.

Sondaj N ₀	Numune N ₀	Derinlik	Serbest Basma Deneyi [Mpa]	Doğal Birim Hacim Ağırlığı [kN/m ³]
OK-7	KAROT	28.50- 29.00	10.48	24.85
OK-8	KAROT	35.50- 36.00	30.71	26.71
	KAROT	37.00- 38.00	31.63	26.14

2.5 Presiyometre Deneyi

İSKİ, Osmankuyu tünel güzergahında yapılan sondajlardan OK-2, OK-3 ve OK-6 nolu sondaj kuyularında toplam 17 adet presiyometre deneyi yapılmıştır. Presiyometre deney sonuçları, Çizelge 2.4, 2.5, ve 2.6’ da sunulmuştur.

Presiyometre deneyi, zeminlerin deformasyon modülü (Em) ve son limit durumunun (PL*) yerinde ölçümü için uygulanan bir arazi deneyidir. (Menard, 1956). Deneyin esası, kuyu içinde kaplanmamış alana bir radyal (yanal) basınç uygulanmasıdır.

Çizelge 2.4 : OK-2 Sondajına ait presiyometre deney sonuçları.

OK-2 Sondajı				
d(m)	Elastite Modülü	Net Limit Basıncı	E/PL*	Litoloji
	E [kPa]	PL* [kPa]		
5	2354	157	15	Kil
7	4609	235	20	
9	3825	275	14	
11	6374	382	17	
13	7159	392	18	
15	5982	451	13	

Çizelge 2.5 : OK-3 Sondajına ait presiyometre deney sonuçları.

OK-3 Sondajı				
d(m)	Elastiste Modülü	Net Limit Basıncı	E/PL*	Litoloji
	E [kPa]	PL* [kPa]		
4	1667	88	19	Kil
6	2452	132	19	
8	2452	123	20	
10	2452	123	20	Kum
12	2550	147	17	
14	2746	167	16	

Çizelge 2.6 : OK-6 Sondajına ait presiyometre deney sonuçları.

OK-6 Sondajı				
d(m)	Elastiste Modülü	Net Limit Basıncı	E/PL*	Litoloji
	E [kPa]	PL* [kPa]		
16	3334	235	14	Dolgu
18	47366	2746	17	
20	60507	2942	21	
22	62272	2452	25	Kumtaşı
24	88064	2452	36	

3. JEOTEKNİK DEĞERLENDİRMELER

Bu bölümde, İSKİ, Kağıthane – Osmankuyu Tünel Güzergahı'nın mekanik sondaj ve laboratuvar deney sonuçlarına göre jeoteknik değerlendirmeler yapılmıştır.

Bu bölüm kapsamında aşağıdaki bilgiler sunulmuştur.

-Tünel geometrisi

-Tünel hattında geçilen birimlere ait jeoteknik parametreler

3.1 Tünel geometrisi

İSKİ Kağıthane – Osmankuyu Tünel güzergahı ~3.2 [km] den oluşmaktadır. Bu güzergah boyunca 6 noktada mekanik sondaj çalışması yapılmıştır.

Tünel üzerindeki örtü yüksekliği ~5 [m] ile ~ 77 [m] arasında değişmekte olup, dairesel tünel kesitinin çapı 5.50 [m] civarındadır.

3.2 Tünel Güzergahının Jeoteknik Değerlendirilmesi

3.2.1 Km 0+050.000 deki ok-1 sondajı

Tünel Güzergahında km 0+050.000 de yapılan OK-1 sondajında, yüzeyden itibaren kuyu sonu olan 25.0 [m] ye kadar, Trakya Formasyonu'nun üstte sarımsı kahverenkli-altta gri renkli, ince tane boyutlu, sık kırıklı çatlaklı,çatlaklar arası okside olmuş, çok zayıf kaya (RQD=% 0-16) nitelikli kumtaşı kesilmiştir.

Kumtaşlarına ait sırayla Toplam Karot Oranları (TCR), Sağlam Karot Oranı (SCR), Kaya Kalite Tanımı (RQD),aşağıda sırayla verilmiştir.

TCR = % 9 - 45

SCR = % 0 – 45

RQD = % 0 – 16

OK-1 sondajında tünel akarkot eksenine ~17.0 [m] (z=29.42 [m]) civarındadır. Ancak sahada Trakya Formasyonu'nun kumtaşlarının çok sık kırıklı- çatlaklı olması nedeniyle, sağlam karot numune alınamamıştır.

Kumtaşları, serbest basma dayanımına göre, orta sağlam – sağlam kaya niteliği taşımaktadır .

OK-1 sondajlarında ağız kotundan itibaren Yeraltı Su Seviyesi (YSS) 8.40 [m] de yeraltı suyu tespit edilmiştir.

Söz konusu “Kağıthane-Osmankuyu Tüneli” güzergahında km 0+050.000 de yapılan OK-1 sondajında ağız kotundan itibaren ~ 17.2 [m] derindeki akarkot seviyesindeki, sık kırıklı çatlaklı, orta sağlam kaya nitelikli kumtaşlarına ait kaya kütle parametreleri aşağıda verilmiştir.

Kaya kütle kohezyonu, $S_i = 89$ [kPa]

Kaya kütleinin içsel sürtünme açısı, $\phi \geq 45^\circ$

Birim Hacim Ağırlığı, $p = 23$ [kN/m³]

3.2.2 Güzergahın km 0+800.000 ile km 1+000.000 deki ok-2 ve ok-3 sondajı

Kemerburgaz Ayazağa Yolu ile Kağıthane Deresi arasındaki km 0 + 800.000 ile km 1+000.000 ler arasında geçilen güzergah boyunca, açık kazı yöntemi ile ilerlenilecektir. Bu kesimde yapılan OK-2 ve OK-3 sondajlarında, akarkot seviyesi ekseni ~5.0 – 7.5 [m] dir.

Bu bölgede yapılan sondajlarda yüzeyden itibaren 2.0 – 3.5 [m] lere kadar dolgu zemin geçilmiştir. Bu dolgu zemin altında, kuyu sonu olan 15.45 [m] ye kadar Kuşdili Formasyonu’nun kum ve çakıl mercekli, koyu grimsi – yeşil renkli, siltli, mikalı seyrek ince tane boyutlu kumlu, düşük plastisiteli, killeri yer almaktadır. Bu killere ait sınıflandırma deney sonuçları aşağıda verilmiştir.

Zemin Sınıfı: CL, Düşük Plastisiteli (TS 1500/2000)

Çakıl: %0, Kum: %19, İ.Miz.:%81

Likit Limit (LL): %27-31

Plastik Limit (PL): %16-17

Plastisite İndisi (PI): %10-14

Kuşdili Formasyonu’nun kum mercekli killeri SPT-N₃₀ değerleri, 4-6 darbe arasında değişmektedir. Killer, yumuşak-orta katı zemin, kum mercekleri ise, gevşek zemin nitelikliindedir.

OK-2 ve OK-3 sondajlarında, 2.0 m aralıklar ile presiyometre deneyleri yapılmıştır.

Presiyometre deney sonuçları Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : OK-2 Sondajına ait presiyometre deney sonuçları.

D(m)	OK-2 Elastisite Modülü E [kPa]	OK-2 Net Limit Basıncı PL* [kpa]	E/PL*	kıvam	Litoloji
5	2354	157	15	yumuşak	kil
7	4609	235	20	yumuşak	
9	3825	275	14	yumuşak	
11	6374	382	17	Orta katı	
13	7159	392	18	Orta katı	
15	5982	451	13	Orta katı	

Çizelge 3.2 : OK-3 Sondajına ait presiyometre deney sonuçları.

D(m)	OK-2 Elastisite Modülü E [kPa]	OK-2 Net Limit Basıncı PL* [kpa]	E/PL*	kıvam	Litoloji
4	1667	88	19	yumuşak	kil
6	2452	132	19	yumuşak	
8	2452	123	20	yumuşak	
10	2452	123	20	Gevşek	kum
12	2550	147	17	Gevşek	
14	2746	167	16	Gevşek	

İncelenen güzergahın km 0+800.000 ile km 1+000,000 ler arasında yapılan 2 mekanik sondaj çalışmasına göre akarkot seviyesi ve üzerindeki Kuşdili Formasyonu’nun yumuşak – orta katı zemin nitelikli killerin arazi (SPT, Presiyometre) ve laboratuvar deney sonuçlarına göre belirlenen jeoteknik parametreler Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.3 : OK-2 Sondajında geçilen killere ait jeoteknik parametreler.

OK-2 Sondajına ait Jeoteknik Parametreler		
Zemin sınıfı [TS 1500]	CL	
SPT-N ₃₀ [darbe]	5-8	
Kayma Direnci. C _u [kPa]	50	
Kayma Direnci Açısı. ϕ [kPa]	0-11	
Doğal Birim Hacim Ağırlık. p_n [kN/m ³]	16	
	min-max	Akarkot Seviyesi
Net Limit Basınç. PL [kPa]	157-451	235
Kayma direnci. C _u [kPa]	16-82	45

Çizelge 3.4 : OK-3 sondajında geçilen killere ait jeoteknik parametreler.

OK-3 Sondajına ait Jeoteknik Parametreler		
Zemin sınıfı [TS 1500]	CL	
SPT-N ₃₀ [darbe]	4-5	
Doğal Birim Hacim Ağırlık. p_n [kN/m ³]	16	
	min-max	Akarkot Seviyesi
Net Limit Basınç. PL [kPa]	88-167	130
Kayma direnci. C _u [kPa]	16-20	18.5

OK-2 ve OK-3 sondajlarında ağız kotundan itibaren (YSS) 5.0-5.2 [m] ler de yeraltısuyu tespit edilmiştir.

Kağıthane-Osmankuyu Tünel güzergahının km 0+800.000 ile km 1+000.000 ler arasında geçilen Kuşdili Formasyonu'nun kum ve çaklı mercekli, koyu grimsi-yeşil renkli, siltli, mikalı, ince tane boyutlu kumlu, düşük plastisiteli killerin, deprem yükleri altında, hem zemin büyütmesi, hemde sıvılaşma riski yüksektir . Bu nedenle, güzergahın bu kesiminde yüzeyden itibaren 9-10 [m] lik kesimde zemin ıslahı yapılması önerilir.

3.2.3 Güzergahın km 2+150.000 sindeki ok-6 sondajı

Guzergahın km 2+150.000 sinde açık kazı yöntemi ile ilerlenilecektir. Bu hatta yapılan OK-6 sondajında yüzeyden itibaren 19.0 [m] ye kadar, yerel hafriyat malzemesi, kil ve çöplerden oluşan, dolgu zemin geçilmiştir. Bu bölgede tünel akarkot eksenine, sondaj ağız kotundan itibaren ~ 12.0 [m] derinliği olup, bu seviyede dolgu zemin yer almaktadır.

Bu tür dolgu zeminler yapılaşma açısından sakıncalıdır. Bu nedenle, boru hattının dolgu zeminde iyileştirilme yapılarak veya boru güzergahının alttaki taban kayaya kazıklı temelleri ile taşıtarak geçirilmesi gereklidir.

OK-6 sondajında, 19.0 [m] lik dolgu zemin altında, 22.50 [m] ye kadar Trakya Formasyonu'nun kızıl-kızılımsı kahverenkli, ileri derecede ayrılmış,ayrışmadan dolayı taneleri serbestleşmiş ve zemin özelliği kazanmış, sıkı zemin nitelikli , ayrılmış kumtaşlarına yer almaktadır.Bu ayrışma zonu altında,kuyu sonu olan 25.50 [m] ye kadar,gri renkli, ince tane boyutlu, sık kırıklı-çatlaklı, çatlaklar arası okside olmuş, çok zayıf kaya kaliteli kumyaşları izlenmiştir (RQD=%0)

OK-6 sondajında ağız kotundan itibaren (YSS) 8.50 [m] de yeraltısuyu tespit edilmiştir.

OK-6 sondajında, çöp dolgusunun alt sınırından itibaren Trakya Formasyonu'nun kumtaşlarına kadar, 2.0 [m] aralıklar ile presiyometre deneyleri yapılmıştır. Presiyometre deney sonuçları Çizelge 3.5'te verilmiştir.

İncelenen güzergahın km 2+150.000 sinde yapılan OK-6 mekanik sondajına göre, dolgu zemin altındaki Trakya Formasyonu'nun ileri derecede ayrılmış, sıkı – çok sıkı zemin nitelikli kumtaşlarına ait jeoteknik parametreler aşağıda verilmiştir.

Kayma Direnci Açısı, $\phi = 35^0$

Doğal Birim Hacim Ağırlık, $p_n=20$ [kN/m³]

Net Limit Basınç, $E_m= 2500$ [kPa]

Menard Modülü, $E_n=60$ [Mpa]

Çizelge 3.5 : OK-6 sondajına ait presiometre deney sonuçları.

d [m]	OK-6 Elastite Modülü E[kPa]	OK-6 Net Limit Basıncı PL*[kPa]	E/PL*	kıvam	Litoloji
16	3.4	235	14	genç dolgu	Dolgu
18	47	2745	17	eski dolgu	
20	60.5	2942	21	Kaya Kum	Ayrışma Zonu
22	62.3	>2500	25	Kaya Kum	
24	88	>2500	36	Kaya	Zayıf Kaya

3.2.4 Güzergahın km 2+305.000 sindeki ok-7 sondajı

Tünel Guzergahında km 2+305.000 de yapılan OK-7 sondajında, yuzeyden itibaren 5.0 m derinliğinde, kumtaşı-şeyllerden yapılmış yol dolgusu kesilmiştir. Bu yol dolgusu altında kuyu sonu olan 32.0 m ye kadar, sarımsı açık kahve gri renkli, ince tane boyutlu, sık kırıklı çatlaklı, çatlaklar arası okside olmuş, çok zayıf kaya kaliteli ($RQD_{ort}=\%10$) kumtaşları yer almaktadır.

Kumtaşlarına ait sırayla Toplam Karot Oranları (TCR), Sağlam Karot Oranı (SCR), Kaya kalite Tanımı (RQD), aşağıda sırayla verilmiştir.

$$TCR = \% 13 - 100 (\% 62)$$

$$SCR = \% 0 - 80 (\% 29)$$

$$RQD = \% 0 - 30 (\% 10)$$

OK-7 sondajında ağız kotundan itibaren (YSS) 11.80 [m] de yeraltısuyu tespit edilmiştir.

OK-7 sondajında tünel akarkot eksenini ~ 24.2 [m]'dır. Bu akarkot seviyesi altındaki Trakya Formasyonu'nun sık kırıklı- çatlaklı kumtaşlarından alınan karot nümüneleri üzerinde yaptırılan mekanik deney sonuçları aşağıda verilmiştir.

$$\text{Nokta Yükleme Dayanımı, } \dot{I}_{s(50)} = 4.67 \text{ [Mpa]}$$

$$\text{Serbest Basma Dayanımı, } \sigma_c = 10.48 \text{ [Mpa]}$$

Birim Hacim Ağırlık, $p=24.85 \text{ [kN/m}^3\text{]}$

Kumtaşları, serbest basma dayanımına göre, zayıf kaya niteliği taşımaktadır .

Söz konusu "Kağıthane-Osmankuyu Tüneli" güzergahında km 2+305,000 de yapılan OK-7 sondajında ağız kotundan itibaren $\sim 24.2 \text{ [m]}$ derindeki akarkot seviyesindeki, sık kırıklı çatlaklı, zayıf kaya nitelikli kumtaşlarına ait kaya kütle parametreleri aşağıda verilmiştir.

Kaya kütle kohezyonu, $S_i=74 \text{ [kpa]}$

Kaya kütlelerinin içsel sürtünme açısı, $\phi = 43^\circ$

Birim Hacim Ağırlığı, $p = 24.85 \text{ [kN/m}^3\text{]}$

3.2.5 Güzergahın km 3+212.392 sindeki ok-8 sondajı

Tünel Güzergahının sonunda km 3+212.392 de yapılan OK-8 sondajında, yüzeyden itibaren ilk 2.0 m lik kesimde, yeşilmiş kahverenkli, çok katı zemin nitelikli, ileri derecede ayrılmış, şeyl tabakası geçilmiştir (SPT- N_{30} , 27 darbe). Bu ayrışma zonu altında, kuyu sonu olan 40.0 m ye kadar şeyl-kumtaşı ardışımı kesilmiştir.

Şeyller, yeşilimsi kahve renkli, mikalı, laminalı, sık kırıklı-çatlaklı, çatlaklar arası okside olmuş, yer yer ileri derecede ayrılmış, çok zayıf kaya kalitelidir (RQD = % 0-11).

Kumataşları, kahve-gri renkli, mikalı, kuvars çakıllı, sık kırıklı-çatlaklı, çatlaklar arası okside olmuş, yer yer kalsit dolgulu ve çok zayıf-zayıf kaya niteliklidir (RQD= % 0-35).

OK -8 sondajında tünel akarkot eksenini $\sim 31.50 \text{ [m]}$ ($z= 66.94 \text{ m}$) dır. Bu akarkot seviyesi altındaki Trakya Formasyonu' nun sık kırıklı-çatlaklı kumtaşlarından alınan karot numuneleri üzerinde yaptırılan mekanik deney sonuçları aşağıda verilmiştir.

Serbest Basma Dayanımı, $\sigma_c= 30.7-31.6 \text{ [Mpa]}$

Birim Hacim Ağırlık, $p=26 \text{ [kN/m}^3\text{]}$

Kumtaşları, serbest basma dayanımına göre, orta sağlam kaya niteliği taşımaktadır.

Söz konusu "Kağıthane-Osmankuyu Tüneli" güzergahında km 3+212.392 de yapılan OK-8 sondajında ağız kotundan itibaren $\sim 31.5 \text{ m}$ derindeki akarkot seviyesindeki, sık kırıklı çatlaklı, zayıf kaya nitelikli kumtaşlarına ait kaya kütle parametreleri aşağıda verilmiştir.

Kaya kütle kohezyonu, $S_i = 138$ [kPa]

Kaya kütlelerinin içsel sürtünme açısı, $\phi \geq 45^\circ$

Birim Hacim Ağırlığı, $p = 26$ [kN/m³]

3.3 Depremsellik

Bakanlar Kurulu'nun 18.4.1996 gün ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe giren yönetmeliğe göre, İSKİ Kağıthane – Osmankuyu Tünel güzergahı 2. derece Deprem bölgesinde kalmaktadır . Deprem yönetmeliğine göre 2. derecede deprem bölgesinde, etkin yer ivme katsayısının en az $A_0=0.30$ alınması gereklidir.

Deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki 2007 yönetmeliği esas alındığında, tünel güzergahı boyunca geçilecek formasyonlara ait zemin grubu, zemin sınıfı ve spektrum karakteristik periyotları aşağıdaki Çizelgede 3.6' da verilmiştir. Çizelge 3.7' de ise zemin grupları verilmiştir. (İSKİ, Kağıthane – Osmankuyu Tüneli Etüt Raporu, 2007)

Çizelgede 3.6: Zemin sınıfı ve spektrum karakteristik periyotları .

Formasyon	Zemin grubu	Zemin sınıfı	Spektrum Karakteristik Peryotları	
			T_A	T_B
Trakya Formasyonu Kumtaşı-şeyl	A	Z1	0.10 s	0.30 s
Kuşdili Formasyonu Kum mercekli,yumuşak-orta katı killer	B	Z4	0.20 s	0.90 s

Kağıthane-Osmankuyu Tüneli güzergahının km 0+800.000 ile km 1+000,000 ler arasında geçilen Kuşdili Formasyonu'nun kum ve çakıl mercekli killerin, deprem yükleri altında, hem zemin büyütmesi, hemde sıvılaşma riski yüksektir .

Çizelge 3.7: Zemin grupları.

Zemin grubu	Zemin grubu tanımı	Standart Penetrasyon [N ₃₀]	Serbest Basınç Direnci [kPa]	S Dalgası Hızı [m/s]
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar,sert çimentolu tortul kayalar...	--	> 1000	> 1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl...	> 50	--	> 700
	3. Sert kil ve siltli kil...	> 32	> 400	> 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar...	--	500 - 1000	700 - 1000
	2.Sıkı kum çakıl..	30 - 50	--	400 - 700
	3. Çok katı kil ve siltli kil...	16 - 32	200 – 400	300 - 700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar...	--	< 500	400 - 700
	2. Orta sıkı kum çakıl...	10-30.	--	200 - 400
	3. Katı kil ve siltli kil...	Aug-16	100 – 200	200 - 300
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakalı...	--	--	< 200
	2. Gevşek kum...	< 10	--	< 200
	3. Yumuşak kil, siltli kil...	< 8	< 100	< 200

İSKİ Kağıthane – Osmankuyu Tüneli~ 3.157 [km] den oluşmaktadır. Bu güzergah boyunca 6 noktada toplam 153.40 [m] mekanik sondaj yapılmıştır. Ancak, güzergah içinde belirlenen bazı sondaj noktalarının Askeri bölgeye girmesi ve bu bölgelerden izin alınamaması nedeniyle, sondaj yapılamamıştır.

Tünel üzerindeki örtü yüksekliği ~5 [m] ile ~77 [m] arasında değişmekte olup, dairesel tünel kesitinin çapı $\phi=5.50$ [m] civarındadır.

İncelenen Kağıthane-Osmankuyu tünel güzergahı boyunca yapılan sondajlardan ve yüzeyleyen mostralarda, Trakya Formasyonu’nun yer yer şeyl aratabakalı kumataşları ile şeylden oluşan istifi izlenmiştir. İncelenen güzergah boyunca yapılan

sondajlarda gözlendiği gibi Trakya Formasyonu Kuşdili Formasyonu tarafından açılı uyumsuz olarak örtülür. Kuşdili Formasyonu Geç Kuvaterner döneminde gelişmiş ve egemen olarak kil ve çamurdan oluşmuş bir birimdir. Güzergah boyunca bazı lokasyondarda kalınlığı 2.0 [m] ile 19.0 [m] arasında değişen yapay dolgu zemin geçilmiştir.

Söz konusu güzergahın km 0+050.000 de yapılan OK-1 sondajında ağız kotundan itibaren ~17.2 [m] derindeki akarkot seviyesindeki, sık kırıklı çatlaklı, orta sağlam kaya nitelikli kumtaşlarına ait kaya kütle parametreleri aşağıda verilmiştir.

Kaya kütle kohezyonu, $S_i = 89$ kPa, Kaya kütlelerinin içsel sürtünme açısı, $\phi \geq 45^\circ$

Birim Hacim Ağırlığı, $p = 23$ [kN/m³]

İncelenen güzergahın km 0+800.000 ile km 1+000.000 ler arasında yapılan 2 mekanik sondaj çalışmasına göre akarkot seviyesi ve üzeründeki Kuşdili Formasyonu'nun “yumuşak-orta katı zemin nitelikli killere” ait jeoteknik parametreler aşağıdaki Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9’ da verilmiştir.

Çizelge 3.8 : OK-2 Sondajına ait Jeoteknik Parametreler.

km 0+830.000 deki OK-2 Sondajına ait Jeoteknik Parametreler		
Zemin sınıfı [TS 1500]	CL	
SPT-N ₃₀ [darbe]	5-8	
Kayma direnci. Cu [kPa]	50	
Kayma direnci Açısı. ϕ [kPa]	0-11	
Doğal Birim Hacim Ağırlık. p_n [kN/m ³]	16	
	min-max	Akarkot Seviyesi
Net Limit Basınç. PL (kPa)	157-451	235
Kayma direnci. Cu (kPa)	16-82	45

Çizelge 3.9 : OK-3 Sondajına ait Jeoteknik Parametreler.

km 0+830.000 deki OK-3 Sondajına ait Jeoteknik Parametreler		
Zemin sınıfı [TS 1500]	CL	
SPT-N ₃₀ [darbe]	4 – 5	
Doğal Birim Hacim Ağırlık p _n [kN/m ³]	16	
	min-max	Akarkot Seviyesi
Net Limit Basınç. PL [kPa]	88-167	130
Kayma direnci. Cu [kPa]	16-20	18.5

Kağıthane – Osmankuyu tüneli güzergahının km 0+800.000 ile km 1+000.000 ler arasında geçilen Kuşdili Formasyonu’nun kum ve çaklı mercekli, koyu grimsi - yeşil renkli, siltli, mikalı, ince tane boyutlu kumlu, düşük plastisiteli killerin, deprem yükleri altında, hem zemin büyütmesi, hemde sıvılaşma riski yüksektir. Bu nedenle, güzergahın bu kesiminde yüzeyden itibaren 9-10 [m] lik kesimde zemin ıslahı yapılması önerilir.

Guzergahın km 2+150.000 sinde açık kazı yöntemi ile ilerlenilecektir. Bu hatta yapılan OK-6 sondajında yüzeyden itibaren 19.0 [m] ye kadar,yerel hafriyat malzemesi, kil ve çöplerden oluşan,dolgu zemin geçilmiştir. Bu bölgede tünel akarkot ekseni, sondaj ağız kotundan itibaren~12.0 [m]derinliği olup, bu seviyede dolgu zemin yer almaktadır. Bu tür dolgu zeminler yapılaşma açısından sakıncalıdır. Bu nedenle boru hattının dolgu zeminde iyileştirilme yapılarak veya boru güzergahının alttaki taban kayaya kazıklı temelleri ile taşıtarak geçirilmesi gereklidir

Güzergahın km 2+150.000 sinde OK-6 mekanik sondajına göre, dolgu zemin altındaki Trakya Formasyonu’nun ileri derecede ayrılmış, sıkı – çok sıkı zemin nitelikli kumtaşlarına ait jeoteknik parametreler aşağıda verilmiştir.

Kayma Direnci Açısı, $\phi = 35^0$

Doğal Birim Hacim Ağırlık, p_n=20 [kN/m³]

Net Limit Basınç, PL= 2500 [kPa]

Söz konusu ” Kağıthane-Osmankuyu Tüneli” güzergahında km 2+305.000 de yapılan OK-7 sondajında ağız kotundan itibaren ~24.2 [m] derindeki akarkot seviyesindeki, sık kırıklı çatlaklı, zayıf kaya nitelikli kumataşlarına ait kaya kütle parametreleri aşağıda verilmiştir.

Kaya kütle kohezyonu, Si =74 [kPa]

Kaya kütlelerinin içsel sürtünme açısı, $\phi \geq 43^0$

Birim Hacim Ağırlığı, p = 24.85[kN/m³]

Söz konusu ” Kağıthane-Osmankuyu Tüneli” güzergahında km 3+212.392 de yapılan OK-8 sondajında ağız kotundan itibaren ~31.5 [m] derindeki akarkot seviyesindeki, sık kırıklı çatlaklı, zayıf kaya nitelikli kumtaşlarına ait kaya kütle parametreleri aşağıda verilmiştir.

Kaya kütle kohezyonu, Si =138 [kPa]

Kaya kütlelerinin içsel sürtünme açısı, $\phi \geq 45^0$

Birim Hacim Ağırlığı, p = 26 [kN/m³]

Kağıthane – Osmankuyu Tüneli güzergahının km 0+800.000 ile km 1+000.000 ler arasında geçilen Kuşdili Formasyonu’nun kum ve çakıl mercekli, koyu grimsi-yeşil renkli, siltli, mikalı, ince tane boyutlu kumlu, düşük plastisiteli killerin, deprem yükleri altında, hemzemin büyütmesi, hemde sıvılaşma riski yüksektir . Bu nedenle, hattın bu kesiminde özellikle tünel altındaki ilk 9-10 [m] zemin ıslahı yapılmalı.

4.TÜNEL AÇIMINDAKİ ALTERNATİF YÖNTEMLERİN (DELME-PATLATMA / MEKANİZE KAZI) KARŞILAŞTIRILMASI.

Bu bölümde söz konusu Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin’de klasik kazı (delme - patlatma) ile mekanize kazı yöntemlerinin ayrı ayrı incelenmesi ve karşılaştırılması yapılacaktır.

4.1 Delme – Patlatma Yöntemi

Bu bölümde Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin’de yapılan delme – patlatma yöntemi için havalandırma tahkimat nakliyat ve kazı gibi temel işlemlerin teknik ve maliyetler açısından incelenmesi yapılmıştır

4.1.1 “Büyük İstanbul İçmesuyu II.Merhale Projesi-Melen Sistemi S.P №6 Cumhuriyet Terfi Deposu Kağıthane Arası Boru Hattı ve İsale Tünel İnşaatı Ön Tasarımı”

Bu amaçla çalışılan yerin yakınlarındaki patlatma kaynaklı çevresel etkiyi özellikle titreşim etkisini tolere edilebilir sınırlarda tutabilmek için çeşitli uygulama şekilleri üzerinde ön çalışmalar yapılmıştır.

Çalışma kapsamında orta-sert formasyon için titreşim risk bölgeleri baz alınarak ön tasarım geliştirilmiş ve aşağıda detayları verilmiştir.

Tasarımda V tipi Orta Çekme Dizaynı kullanılmış ve orta büyüklükteki tünellerde 38-48 mm aralığında kullanılan delik çaplarından olan 43 [mm]’lik delik çapı seçilmiştir. Ortalama 200 [cm/atım] ilerleme öngörülmüştür. (Tarık, 2009)

Tünel patlatma ön tasarımındaki faaliyetlerin kapasitesi, yerel tedarik ve depolama olanakları ve Firma koşulları dikkate alınarak, Çizelge 4.1’de verilen patlayıcı maddelerin seçenekli olarak kullanılabileceği öngörülmüştür Ateşlemenin ise Çizelge 4.2’ de verilen elektrikli ve NONEL kapsüllerle yapılabileceği öngörülmüştür.

Atımlar sırasında oluşabilecek rahatsızlık ve çevresel sorunları minimize etmek amacıyla, gecikme başına şarjın en azda tutulmasına özen gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 : Ateşlemede Ön Tasarımlarda Kullanılabilecek Patlayıcı Maddeler.

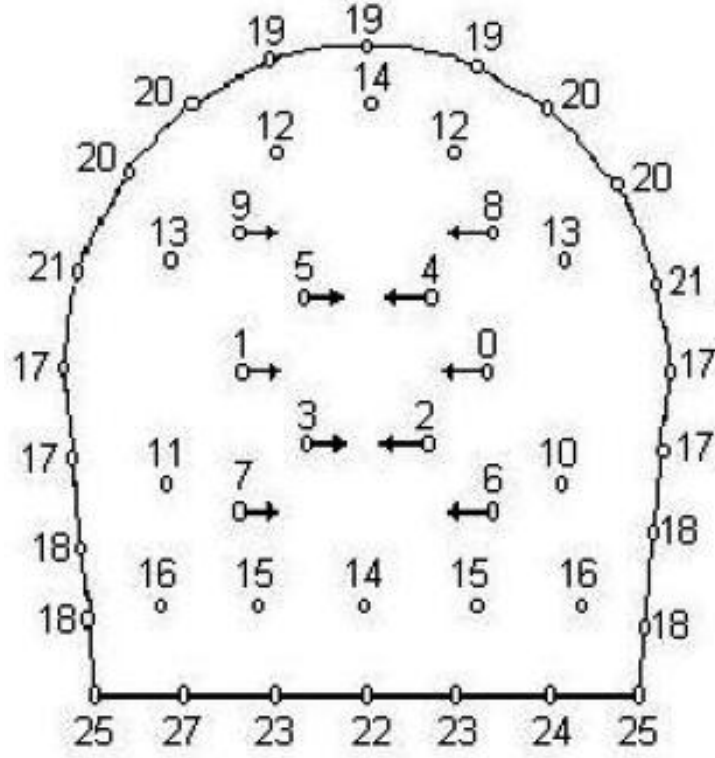
Patlayıcı Madde Adı	Boyutlar	Kartuş ağırlığı [gr]	Yoğunluk [gr/cm ³]	Detonasyon Hızı [m/s]
Orica-Powergel Magnum 365	32 x 200	193	1.2	6437
Orica-Powergel Trimex	19 x 735	220	1.1	4300
Nitro Makdnx-Nobelex-TG	32 x 440	400	1.1 - 1.15	>5000
Yavaşçalar-Yavex TM Gold 150	34 x 360	400	1.23	5000-5500
Jelatinit Dinamit (Barutsan)	25 x 200	150	1.2	6500-7200

Çizelge 4.2 : Ateşlemede Kullanılabilecek Kapsüller.

Ateşleme Sistemi	Gecikme Adedi
Elektrikli Gecikmeli Kapsül	16
Elektriksiz Kapsül Exel MS (Orica-Nitro)	29
Elektriksiz Kapsül Noneldet - MS (NİTROMAK dnx)	20
Elektriksiz Kapsül Exel LP (Orica-Nitro)	26
Elektriksiz Kapsül Noneldet - LP (NİTROMAK dnx)	25

Söz konusu yerin patlatma ön tasarımı yapılırken, tünel boyutları, delik çapı, uzunluğu ve çalışma sahasındaki kaya birimlerinin mekanik özellikleri de dikkate alınarak orta-sert olarak kategorize edilen kaya birimlerine uygulanmak üzere Hedeflenen profile uygun patlatma ön tasarımı geliştirilmiştir. Tasarımda Orta Çekme delik dizaynı kullanılmıştır. Dizaynda kullanılan tüm delikler 43 mm çapındadır. Çevre deliklerinin şarcı diğer deliklerden farklı olarak yapılacaktır.

Tünelin geleneksel yöntemler kullanılarak açılacak olan kısmı için orta-sert formasyonlarda uygulanacak Düzgün Patlatma için yapılan tasarımda 56 adet delik planlanmıştır. Ateşlemede ise elektriksiz gecikmeli (NONEL sistemi = şok tüplü ateşleme sistemi) kapsüllerin kullanılması ön görülmüştür. Nonel kapsülü kullanılan patlatmadaki ayna paterni Şekil 4.1’de verilmektedir



Şekil 4.1 : Nonel kapsülü kullanılan patlatmadaki delik paterni.

22 m² kesit alanına sahip tunelin Orta Sert formasyon paterninde kullanılacak patlayıcı madde (Çizelge 4.3) miktarı, Çizelge 4.1’de yer alan örnek patlayıcı madde karakteristikleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Aynı zamanda metreküp başına kullanılacak patlayıcı madde miktarı (ölgül şarj) da hesaplanmıştır. (Dick, 1983)

Çizelge 4.3 : Orta Sert Formasyon için 1 atımdaki patlayıcı madde tüketimi.

Delik Tipi	Delik sayısı	Delikdeki kartuş sayısı	Kartuş ağırlığı. [kg]	Delik Başına Şarj Miktarı [kg]	Toplam Şarj Miktarı [kg]
Tarama	20	8	0.19	1.544	30.88
Kesme	8	8	0.19	1.544	12.352
Taban	7	8	0.19	1.544	10.808
Çevre	21	4	0.19	0.772	16.212
Boş	0				
Toplam	56				70.252
			Ölgül Şarj [kg/m ³]		1.5

4.1.2 Risk analizi

Bu araştırma kapsamında, çalışılacak tünel inşaatında yapılacak patlatmalı kazıların nedeniyle mevcut meskenlerde hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olmayacağı konusunda titreşim ölçümlerine dayalı risk analizi yapılarak bir ön değerlendirme yapılmıştır. Analizde mümkün olan en uygun parametreler kullanılarak en olumlu durumda oluşabilecek sarsıntı etkilerinin kabul edilebilir olup olmadığı tahkik edilmiştir. Titreşim açısından risk yaratabilecek bölgelerde bulunan binaların tünel hattına en yakın mesafesi yaklaşık olarak 41m civarında olduğu tespit edilmiş ve diğer binaların mesafeleride çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.4 : Tünel güzergahı boyundaki yerleşimlerin tünel hattına olan mesafeleri.

Betonarme Bina [m]	57.06
Su Deposu [m]	52.80
Eğitim Binası [m]	53.76
İdari Bina [m]	46.14
Yemekhane [m]	43.42
Prefabrik Bina [m]	69.63
Prefabrik Bina [m]	83.19
Betonarme Bina [m]	80.81
Trakya Çiftlik Binası [m]	65.95
REM Dış Hekimleri Fabrikası [m]	42.43
Nural Gıda Binası [m]	41.00

“ Büyük İstanbul İçmesuyu II.Merhale Projesi-Melen Sistemi S.P. №6 Cumhuriyet Terfi Deposu Kağıthane Arası Boru Hattı ve İsale Tünel İnşaatı’nda yapılacak patlatmalardan kaynaklanacak titreşimlerin, söz konusu tünel hattına en yakın 41 m mesafede bulunan yapılarda hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olmayacağı konusunda yapılan risk analizinde: Kahriman ve arkadaşlarının söz konusu sahasındaki hakim formasyonlara benzer özellik gösteren İstanbul Metrosu ve Büyük İstanbul İçmesuyu II. Merhale Projesi-Melen Sistemi güzergahları için geliştirdikleri aşağıda (4.1)’de verilen eşitlikler kullanılmıştır”

$$\text{İstanbul Metrosu: } PPV=600 \cdot SD^{-1,22} \quad (4.1)$$

$$\text{Melen Sistemi: } PPV=235 \cdot SD^{-1,03}$$

Burda: $SD = D / \overline{W}$ SD = ölçekli mesafe (scaled distance)

Bu formüller, benzer kaya birimi içeren bir sahada titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda, herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşimin hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede (Kabul edilebilir limitlerdeki bir sapma ile) kullanılabilecektir.

Araştırma sahasına yönelik olarak yapılan risk analizinde, yukarıda verilen formüller ile DIN 4150 Alman Normu ve ABD Madencilik Bürosu'nun (USBM) Alternatif Patlatma Hasar Kriteri Normu ve T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yöntemi Yönetmeliği'nin orta derecede frekanslar için eşik hasar limitleri kullanılmıştır. Bu hasar limitlerine göre, yukarıda verilen formül kullanılarak söz konusu tünel güzergahında gelecekte yapılacak patlatmalarda, tünel hattına en yakın 41m. mesafede bulunan yapılarda, verilen hasar başlangıç limitlerinin aşılmaması için gecikme başına kullanılacak en yüksek patlayıcı madde miktarları Çizelge 4.5'teki gibi tahmin edilmiştir. (DIN 4150-3, 1999), (Çevre ve Orman Bakanlığı Mevzuatı, 2005)

Çizelge 4.5 : Gecikme Başına Kullanılacak Patlayıcı Madde Miktarının Tahmini.

Mesafe [m]	İstanbul Metrosu ve Melen Sistemi eşitliklerine göre sorgulama	Gecikme Başına Kullanılacak En Yüksek Patlayıcı Madde Miktarı [W] [kg]		
	Istanbul metrosu	Çevresel Gürültü [19mm/s]	USBM [13 mm/s]	DIN4150 [8 mm/s]
	Melen sistemi			
30	$PPV=600 \times SD^{-1,22}$	5.6 kg	2.4 kg	0.7 kg
	$PPV=235 \times SD^{-1,03}$	17.8	5.9	1.4
41	$PPV=600 \times SD^{-1,22}$	14.2	5.6	1.7
	$PPV=235 \times SD^{-1,03}$	45.4	15	3.7
50	$PPV=600 \times SD^{-1,22}$	25.7	10.1	3.1
	$PPV=235 \times SD^{-1,03}$	82.3	27.3	6.6
60	$PPV=600 \times SD^{-1,22}$	44.4	17.5	5.3
	$PPV=235 \times SD^{-1,03}$	142.2	47.1	11.4
70	$PPV=600 \times SD^{-1,22}$	70.5	27.7	8.4
	$PPV=235 \times SD^{-1,03}$	225.8	74.8	18.2
80	$PPV=600 \times SD^{-1,22}$	105.3	41.4	12.5
	$PPV=235 \times SD^{-1,03}$	337.1	111.6	27.1
90	$PPV=600 \times SD^{-1,22}$	149.9	58.9	17.9
	$PPV=235 \times SD^{-1,03}$	480	158.9	38.6

Buna ilaveten, yukarıda verilen formüller kullanılarak, söz konusu tünel kazısı için önerilen patlatma tasarım modelinde hesaplanan gecikme başına kullanılacak patlayıcı madde miktarının yapılacak patlatmalarda kullanılması durumunda, elde edilecek maksimum parçacık hızı (PPV) Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 : Tasarımda Gecikme Başına Şarj Miktarına Göre PPV Tahmini.

Mesafe (m)	Gecikme Başına Kullanılacak En Yüksek Patlayıcı Madde Miktarı (W) (kg)	Kullanılan Yaklaşımlar	Tahmini PPV [mm/sn]
41 (En Yakın Mesafe)	1.544	İstanbul Metrosu Denklemi	8.4
41 (En Yakın Mesafe)	1.544	Melen Sistemi Denklemi	6.4

Çizelge 4.6’da görüldüğü üzere, hesaplanan 8.4 ve 6.4 [mm/sn]’lik Maksimum Parçacık Hızı değerleri, ABD Madencilik Bürosu’nun (USBM) Alternatif Patlatma Hasar Kriteri Normu ve T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yöntemi Yönetmeliğinin fiziki hasar yapılar üzerindeki verilen eşik hasar limitlerinden daha düşüktür. En muhafazakar limitler öngören DIN 4150 Alman Normu’nun orta derecede frekanslar için belirlenen 8 [mm/sn]’lik eşik hasar limiti değerine ise yakın değerlerdedir.

4.1.3 Delme – Patlatma işlerinin uygulaması.

Delme patlatma ile tünel açılmasında patlatma dizaynı bakımından kullanılan birçok yöntem vardır. Bunlardan bir tanesi tam cephe delme patlatma metodudur. Bu yöntemde bir defada bütün ayna planlanan gecikme düzenlenmesine göre patlatılmakta ve istenen ilerleme sağlanmaktadır. Ancak formasyonun sağlam olduğu yerlerde büyük çaplı tünellerde de tam cephe delme patlatma metodu uygulanabilmektedir(Bhandari, 1997).

Genelde Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünelleri gibi 22 m² kesitine sahip orta büyüklük (20 - 60 m²) grubunun alt sınırında kalan tüneller için tam cepheli patlatma ile kazı yapılması sıkça karşılaşılan bir uygulamadır. Ancak buradaki gibi yerleşim alanlarına yakın olan uygulamalarda çevresel etkiler bakımından bu uygulama şeklinde güçlükler çıkabilmektedir. Güzergahtaki ve bunun yakınındaki binalara az zarar vermek ve çevre sakinlerini rahatsız etmemek için tünelin yerleşim alanına yakın bölümü geçilirken, tam cephe delme patlatmada gecikmeli , şok tüplü kapsul kullanılarak aynı anda patlayan patlayıcıya sınırlama getirilmek suretiyle bir uygulama yapılmaktadır.

Uygulamalarda küçük kesitli tünellerde ($4 - 6 \text{ m}^2$ veya $6 - 20 \text{ m}^2$ lik küçük kesitli tünel kesitleri) orta çekme kullanmaktan vazgeçmek mümkün ise de genelde özellikle büyük kesitli tünellerde Orta Çekme kullanımı vazgeçilmez olmaktadır. Ayrıca büyük kesitler için aynanın parçalara bölünüp parça parça patlatıldığı uygulamalarda mevcuttur bu uygulamalarda aynanın bölünmüş parçasının durumuna göre Orta Çekme içerir veya içermez. (Cengiz Kuzu patlatma teknolojisi ve uygulaması ders notları, 2005)

4.1.3.1 Delme işleri

Bu bölümde delme işi ile ilgili temel özelliklerden kayaç tipi, kesit alanı, delik boyu, delik sayısı, delik çapı, delik düzenine ve delme performansına ve ayrıca delme işinin ortaya çıkardığı maliyet hesaplarına yer verilmiştir.

4.1.3.2 Kayaç tipi ve sağlamlığı

Kazı sırasında oldukça önemli olan faktör kayacın cinsidir. Büyük bir ilerleme için kayacın cinsi kesit alanının şeklini belirlemektedir. İlerleme sırasında arkada kalan formasyon fazladan tahkimat gerektirmeden kendini güvenli bir şekilde tutabiliyorsa kesit alanı dikdörtgen olabilir. Eğer formasyon stabil değilse kesit alanı yay veya at nalı şeklini alabilir. Nitekim bu uygulamada kayaç özelliklerinin dikkate alınmasıyla ilerleme miktarı, tahkimat türü ve tünel en kesidinin şekli 4.6'da belirlenmiştir. Bölüm 4.2'de görüleceği gibi Q sınıflandırmasına ve DSI'nin bu kayaç sınıflandırmasına dayandırarak aldığı karar gereği 1.5 [m] olarak öngörülmüştür.

4.1.3.3 Kesit alanı

Tünel açımında kesit alanı tünelin kullanım amacına (metro inşaatı, su tüneli, karayolu tüneli, yer altı deposu, askeri amaçlı tüneller) uygun olarak seçilir. Nitekim buradaki uygulamada $22 \text{ [m}^2\text{]}$ bir kesit alanı ihtiyaçları karşılamak bakımından uygun görülmüştür.

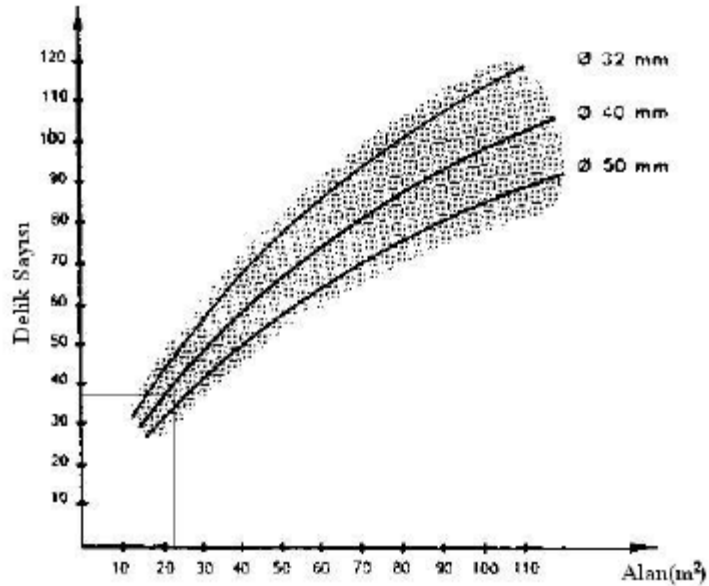
4.1.3.4 Delik boyu

Delik boyu genellikle patlatılan kayacın türüne bağlı olarak değişir. Yumuşak ve bol çatlaklı kayaçlarda delik boyları ve kullanılan patlayıcı miktarı düşmektedir. Bunun tersi de doğrudur. Delik boylarının belirlenmesinde rol oynayan bir diğer faktör iş akışıdır. İlerlemeler genellikle delik boyundan $300-400 \text{ [mm]}$ azdır. Tavan kontrolü de delik boyu üzerinde etkili olmakta ve ilerlemeler kötü şartlarda 0.5 [m] 'ye kadar

düşebilmektedir. Gerçekleşen ilerleme miktarları (yani verimlilik) genellikle delik boyunun yüzde [%]50 – [%]90'ı arasında değişmektedir (Bhandari, 1997). İleriki konularda Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerine ait kazı verimliliği hesaplanacaktır.

4.1.3.5 Delik sayısı

Delik sayısının bağlı olduğu faktörler şöyledir: tünelin kesit alanı, istenilen yığın şekli, kayacın cinsi, gerek duyulan parçalanma derecesi ve deliğin boyutları. Birim ayna alanı için gerek duyulan delik sayısı küçük tünel kesitlerinde daha fazladır. Aynı zamanda küçük kesitlerde deliklerin büyük bir kısmı orta çekmenin yapıldığı alanda toplanmıştır. Kalan delikler ise çevre deliklerini oluşturmaktadır (Bhandari, 1997). Tünelin kesit alanı ile delik sayısı arasındaki bağlantı aşağıdaki Şekil 4.2’de verilmiştir (Gustafsson, 1981). Çalışmaların yapıldığı tünellerde buradan alınan değerlere göre 22 [m²] kesit için 38 adet delik öngörülmüştür.



Şekil 4.2 : Tünel kesit alanı ve delik çapının delik sayısı ile ilişkisi (Bhandari, 1997)

Diğer yandan Whittaker ve Frith'in önerilerine göre Çizelge 4.7’de 25 [m²] çaplı kesitte Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerine benzer şartlar için 45 - 50 adet delik öngörülmektedir. 22 [m²] için ise bu değerlerin daha da düşeceği ve Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünelleri örneğine benzerlik göstereceği görülmektedir.

Çizelge 4.7 Tünel kesit alanı ve delik sayısının zeminle olan ilişkisi(Olofsson, 1982)

Tünel Kesit Alanı (m ²)	Ayna Başına Gerekli Olan Delik Sayısı	
	Zayıf Kaya	Sağlam Kaya
10	23-27	35-50
<u>25</u>	<u>45-50</u>	<u>60-70</u>
50	75-85	95-110

Burada yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen özgül patlayıcı miktarları tam cephe için 0.78 [kg/m³], bulunmuş olup bu miktarlar literatürdeki (Olofsson, 1982) miktarlarla uygunluk göstermektedir.

4.1.3.6 Delik çapı

Delik çapları delme verimi ve öngörülen parçalanma derecesine uygun olacak kadar büyük olmalıdır. Delik çapı ne kadar patlayıcı kullanılacağını belirler. Bu bakımdan deliğin fazla patlayıcı alması her zaman istenilen bir durum değildir. Bu husus deliğin etki alanının ne olacağını da belirler. Örneğin profil delikleri tam kesit şarj edildiklerinde fazla kazıya neden olabilirler. Birçok formasyonda ortaya çıkan en önemli problem delik boyu kadar ilerlemenin yapılamamasıdır. Dolayısıyla belirtilen sorunu çözmede delik çapı önemli rol oynayabilir. Çünkü çap ne kadar büyükse yerleştirilecek patlayıcı miktarı da o kadar fazladır ve ayrıca büyük çaplı delikler açarak delinecek delik sayısı ve delik metresi de aşağılara çekilmiş olur. Delik çapını etkileyen bir diğer faktör de formasyonun durumudur. Ancak bazı formasyonlarda toplam delme zamanı delik çapının büyük olmasından dolayı en aza indirilememektedir. Delik çapının ne kadar olacağına ait kararı verirken formasyonun durumu mutlaka değerlendirilmelidir. Deliklerin çapları genelde 26-50 [mm] arasında değişmektedir (Bhandari, 1997). Ancak gerek parça boyutu ve fazla kazıyı önleme gerekse çevresel etkileri bakımından gecikmeli patlatma teknikleri ile birlikte küçük delik çaplarına uygulamalarda sıkça rastlanmaktadır. Tüm bu hususların dikkate alınarak değerlendirilmesinden sonra Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin’de 43 [mm]'lik delik çapı seçilmiştir.

4.1.3.7 Delik düzeni

Delik düzeni oluřturulurken dikkat edilmesi gereken hususlar; kesit alanı, kayaç ve delme parametreleri, ekipman ve iřçilerin kabiliyetleridir

4.1.4 Delme performansı ve maliyeti

Bu bölümde delme işinin performans bilgisi verilmiştir. Delme performansına ait bilgiler kullanılan delici makinenin özellikleri, atım paternlerine ait delik sayılar ile bu atımlardaki spesifik delme miktarlarından oluşmaktadır. Delme maliyeti hesabı ise delme işlerinin etüdünde önemli bir yeri olan bir diğerkonu olup, maliyet kalemleri arasında aylık bit masrafı, işçilik ve delici makineye ait masraflar yer almaktadır.

4.1.4.1 Performans değerkleri

Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünelleri'nde kullanılan delici Jumbo Atlas Copco Rocket Boomer 282. Çizelge 4.8'de deliciye ait teknik özellikler ve Şekil 4.4'te delicinin yandan görünüşü ve Şekil 4.3'te delicinin çalışma anındaki görünüşü sunulmaktadır. Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin'de kullanılan delik dizaynında toplam delik sayısı 38 adet olarak gerçekleşmiştir. Orta çekmedeki delikler Kama Tipi Orta Çekme (V Tipi Orta Çekme) yöntemiyle delinmiştir. Deliklerin boyları orta çekmelerde 2.6 [m] diğerkeliklerde 2.0 [m]' dir

Formasyon zayıfladıkça delik boyları azalmaktadır. Deliklerin apı 43 [mm]'dır. İlerleme miktarları ve delik boylarının Q kaya sınıflandırmasına göre değışmesi görölmekle birlikte, bu çalışmada geçilen formasyonların IV grup kaya sınıfına ait olması nedeniyle, yapılan atımlarda yalnızca Tip IV tahkimat sistemi ve 2.0 [m]'lik ilerlemeler seçilmiştir. Bu gruptaki her bir atıma ait delik paternleri ve delik sınıflandırmaları (orta çekme, tarama ve çevre)



Şekil 4.3 : Atlas Copco Rocket Boomer 282'nin Çalışma anındaki görünüşü.



Şekil 4.4 : Atlas Copco Rocket Boomer 282'in görünüşü.

Çizelge 4.8 : Atlas Copco Rocket Boomer 282'in Özellikleri

Çalışma Kesiti	8-31 [m ²]
Tabanca	1*COP 1838ME/COP 1838HF
Besleme	1*BMH 2831 - BMN 2849
Kol	1*BU2S
Delme Sistemi	Dinamik Kontrol Sistemi
Uzunluk	11700 mm (BMH 2843 ile)
Genişlik	1700 [mm]
Yükseklik	2100 [mm]
Dönme Yançapı	2800/ 4400 [mm]
Ağırlık	9300 [kg]
Güç	55 [kW]

Diğer yandan söz konusu delici ile delme işinin, "iş - zaman etüdü" yapılmış ve bir deliğin delinme süresi olarak kronometraj ölçümü sonucu ortalama 45 [saniye] bulunmuştur. Bir delikten diğer deliğe delici kolunun hareketi ve diğer deliği delmeye başlaması arasında geçen süre ise ortalama 35 [sn] olarak ölçülmüştür. Bir delik için ortalama harcanan süre 35 [sn]+ 45 [sn] ve dolayısıyla 80 [sn] olarak

hesaplanmıştır. Buna göre saatte 81 m delik delme hızına erişmek mümkündür. Aynada delinen ortalama delik sayısının 38 adet olduğu dikkate alınırsa 3040 [sn] yani 50.7 [dakika] sürmektedir. Buna duraksamalar da katılınca 1 [saat] bulan bir zaman dilimi delme işi için ayrılmaktadır. Gerçekleşen arızalar bu süreye katılmamıştır.

4.1.4.2 Maliyetler

Çalışmada delme işinin maliyeti ile ilgili kalemlerin ortalamaları alınarak ortalama maliyet hesap edilmiştir. Gözlemlerden anlaşılabileceği üzere ayna başına düşen ortalama 38 [adet] delik düşmektedir. Bir ayna duraksamalar dahil toplam 1 [saatte] delinmektedir. Ortalama 20 aynada bir bit değiştirilmektedir. Ortalama günlük ilerleme 4.04 [m], 1 [ayda] 28 [gün] çalışılmaktadır.

Bir bitin ömrü: 20 [ayna] * 1 [saat/ayna] = 20 [saat]

1 aydaki delme süresi: 28 [gün/ay] * 2 [saat/gün] = 56 [saat/ay]

Bitin Fiyatı: 175 [YTL]

Aylık bit masrafı:

- $(\text{Aydaki delme süresi} / \text{Bitin ömrü}) * \text{Bitin Fiyatı} = (56 \text{ saat/ay} / 20 \text{ sabit}) * 175$
 $[\text{YTL/bit}] = 490 [\text{YTL/ay}]$

İşçilik Maliyeti:

- Bir işçi maaşı (brüt): 2500 [YTL/ay]
- 2 işçi delme işinde çalışmaktadır.
- İşçilik Maliyeti $= 2 * 2500 [\text{YTL/ay}] = 5000 [\text{YTL /ay}]$

Delici makina masrafı:

- Delici makinenin aylık yağ masrafı: 70 [YTL]'dır
- Delici makinenin amortismanı ve sermaye maliyeti.

Makinenin ömrü 10 [yıl]'dır.

Amortisman oranı [%] 10 olarak alınmıştır.

Sermaye maliyeti oranı [%] 10 olarak alınmıştır.

Makinenin alım fiyatı 902000 [YTL]'dır

Yıllık amortisman değeri $= 902000 * 0.20 = 180400 [\text{YTL/yıl}] = 15033 [\text{YTL/ay}]$

- Makinenin enerji masrafı: $55 [\text{kW}] * 2 [\text{sa/gün}] * 28 [\text{gün}] * 0.81 [\text{Ykr/kWh}] = 2495 [\text{Ykr}] \Rightarrow 25 [\text{YTL}]$
- Aylık bakım masrafı: 600 [YTL]

Aylık delme maliyeti: $490 [\text{YTL}] (\text{Bitin fiyatı}) + 5000 [\text{YTL}] (\text{İşçilik Maliyeti}) + 70 [\text{YTL}] (\text{Delici makinenin aylık yağ masrafı}) + 25 [\text{YTL}] (\text{Makinenin enerji masrafı}) + 15033 [\text{YTL}] (\text{Yıllık amortisman değeri}) + 600 [\text{YTL}] (\text{Aylık bakım masrafı}) = 21218 [\text{YTL}]$

Günlük delme maliyeti: $21218 [\text{YTL}] / 28 [\text{gün}] = 757.7 [\text{YTL/gün}]$

İlerleme başına delme maliyeti: $757.7 [\text{YTL}] / 4.04 [\text{m}] = 187.5 [\text{YTL/m}]$

4.1.5 Patlatma işleri

Bu bölümde patlatma performansı ve maliyeti konularına, patlatma işleri ile ilgili özelliklere yer verilmiştir.

4.1.5.1 Patlatma performansı ve maliyet

Patlatma performans ve maliyet konusu içerisinde, öncelikle performans açısından Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin’de yapılan atımlara ait spesifik şarj, anlık ateşlenen patlayıcı miktarı, her atımda kullanılan toplam şarj miktarları ve daha sonra atımlara ait ilerleme miktarları verilmiştir. Maliyetler ise patlayıcı maliyeti, kapsül maliyeti ve işçilik maliyeti kalemleri olarak hesaplanmıştır.

4.1.5.2 Performans değerleri

Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin’de Orica Firması’nın Powergel Magnum 365 (Emülsiyon) tipi patlayıcısı kullanılmaktadır. Patlayıcının özellikleri Çizelge 4.9’da, resmi de Şekil 4.5’te verilmiştir.

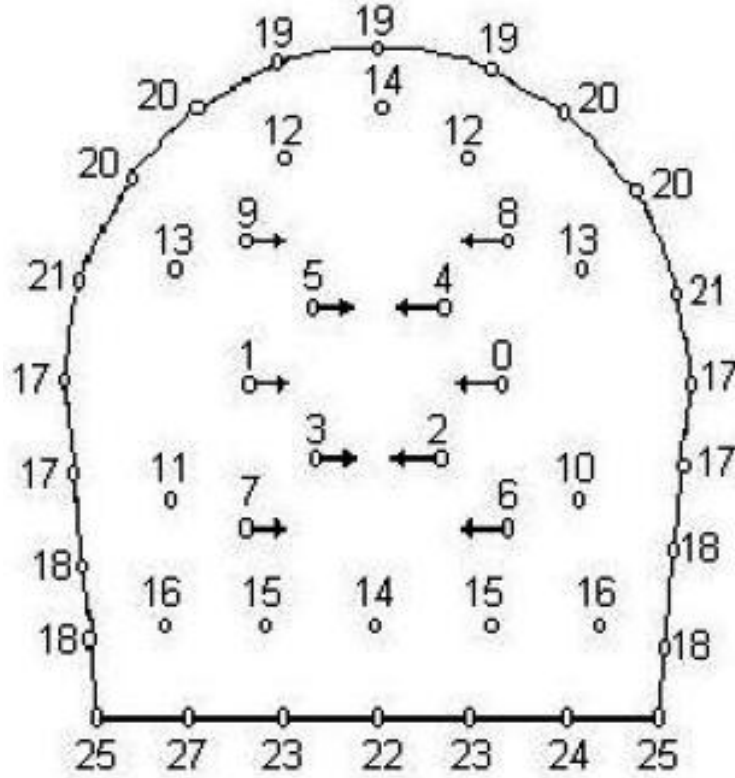
Çizelge 4.9 : Kullanılan patlayıcının özellikleri.

Boyutları	34*400 [mm]
Ağırlığı	436 [gr]
İdeal Patlama Hızı	6437 [m/s]
İdeal Patlama Basıncı	121400 [atm]
İdeal Patlama Isısı	2943° [K]
Yoğunluk	1.20 [g/cm ³]
Suya Dayanıklılığı	Mükemmel
Patlama Entalpisi	4433 [kJ/kg]



Şekil 4.5 : Patalyıcının görünüşü.

Atım paterninin gösterildiği tünel kesitinde (Şekil 4.6) her bir delik üzerinde bulunan numaralar kapsül gecikme sıralarını vermekte olup ayrıca her bir deliğin sayısı da detay olarak gösterilmektedir. Patlatma sırasında Excel MS kapsülleri kullanılacaktır. 25 ms gecikme aralığına sahip kapsüllerin patlatma sırası, orta çekme, tarama ve taban delikleri, çevre delikleri şeklinde olacaktır. Bu şekilde gecikmeli kapsül kullanılması, patlamadan doğan ses ve vibrasyonu en aza indirecektir. Ayrıca çevresel performansa ait değerlendirme amaçlı parçacık hızı değerleri ölçülmüştür EK (C.1-C.6)' da örnek olarak iki adet ölçüm değeri ve bunların ulusal ABD ve Alman standartlarına göre irdelemesi görülmektedir. Burada aynı anda patlatılan maximum patlayıcı miktarı 0.436 [kg] ve titreşim süreleri ≈ 8 [sn] (kapsül gecikme tablosu) ve PPV değerleri maximum 3.34 [mm/s] ve 3.09 [mm/s] kadar olup hasar limitlerinin altındadır. Ancak insanların duyum eşiği daha aşağıda olması nedeniyle bu atımlar insanlar tarafından hissedilebilmektedir.



Şekil 4.6 : Atım paterni

Orta Çekme delik dizaynı patlatmada tüm aynada ortalama olarak tanesi 0.436 [kg]'dan 177.06 [kartuş] yani 77.2 [kg] Powergel Emülsiyon 365 tipi patlayıcı kullanılmaktadır. Şekil 4.7' de Aynanın patlayıcı maddeyle doldurulup patlatmaya hazırlama anı gösterilmektedir. Buna göre bir atımın ortalama spesifik şarjı ≈ 1.5 kg olmaktadır. Yanlış patlayıcı madde veya uygun patlayıcı madde, uygun olmayan biçimde kullanıldığında sonuçlar tehlikeli ve üretim verimi düşük olur. (Dick, 1983)

Bu nedenle patlayıcı, maddelerin birbirleriyle karşılaştırılmasında, seçim ve kullanılmasında göz önüne alınan bazı özellikler: gücü, patlatma hızı, yoğunluğu, suya dayanıklılığı, gaz özellikleri, patlatma ısısı, özgül gaz hacmi ve hassasiyeti. (Tamrock, 1984), (Hemphill, 1981), (Wilmington, 1977)

Ateşleme kaynakları fitil, elektrikli ve elektriksiz kapsülüdür. Fitiller uzaktan ateşleme yapabilmek için kullanılır. Bugün dünyada kullanılan ateşleme yöntemlerini, elektrikle ve elektriksiz ateşleme olarak iki gruba ayırmak mümkündür. En yaygın olarak kullanılan yöntem elektrikli kapsüllerle ateşlemedir. En büyük yararı çok sayıda deliği, uzaktan emniyetle ateşleyebilmektir. Halen kullanılan ateşleme yöntemleri: Normal fitil- adi kapsül, Elektrikli kapsüller (gecikmesiz ve gecikmeli), Patlayıcı (infilaklı) fitil ve gecikme rölerli, Patlayıcı sıvanmış şok tüpü (NONEL). (Tarık, 2009)



Şekil 4.7: Aynanın patlayıcı maddeyle doldurulup patlatmaya hazırlama anı.

4.1.5.3 Patlayıcı maliyeti:

- Patlayıcının bir kilogramı 6.15 [YTL]' dır.
- Patlayıcı maliyeti: $77.2 \text{ [kg]} * 6.15 \text{ [YTL/kg]} = 474.78 \text{ [YTL]}$ elde edilir.

Kapsül Maliyeti:

Fitil 0.40 [YTL/m]

- Fitil maliyeti: $= 70 \text{ [m]} * 0.40 = 28 \text{ [YTL]}$ ' dır.
- Kullanılan kapsül adedi = 77 [adet] kapsül
- Kapsülün bir tanesi 2.50 [YTL] dır.
- Kapsül maliyeti: $77 \text{ [adet]} * 2.50 \text{ [YTL /adet]} = 192.5 \text{ [YTL]}$ olur.

4.1.5.4 İşçilik maliyeti:

- 2 işçi ve 1 ateşçi çalışmaktadır.
- İşçinin aldığı maaş ayda (brüt) 2500 [YTL] dir

İşçinin günlük aldığı ücret: $2500 \text{ [YTL]} / 28 \text{ [gün]} = 89 \text{ [YTL/gün]}$

İşçilik maliyeti: $3 * 89 \text{ [YTL/gün]} = 267.8 \text{ [YTL/gün]}$

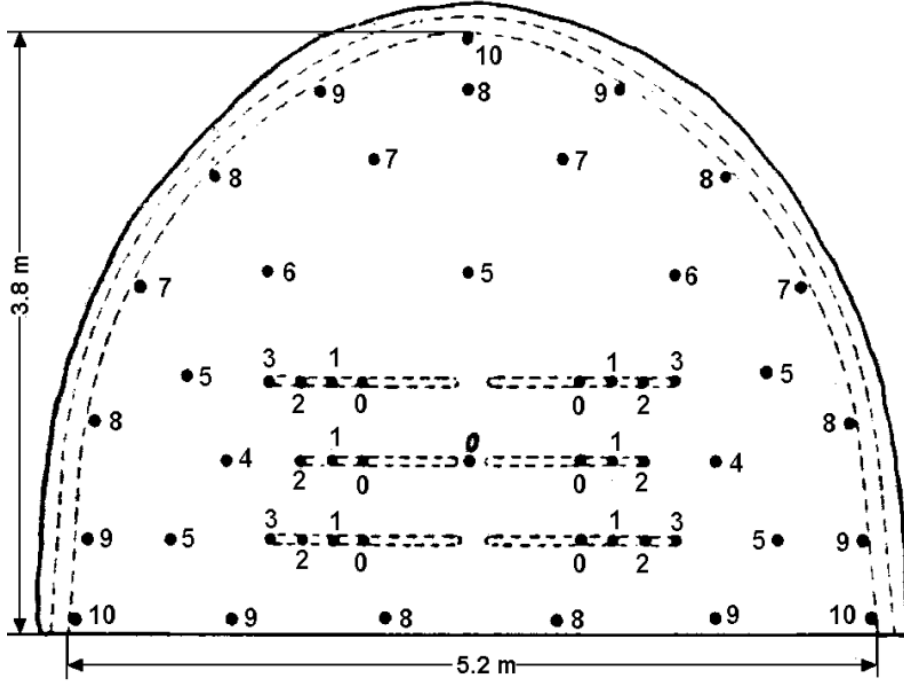
Günlük patlatma maliyeti: $474.78 \text{ [YTL]} (\text{Patlayıcı maliyeti}) + 192.5 \text{ [YTL]} (\text{Kapsül maliyeti}) + 267.8 \text{ [YTL/gün]} (\text{İşçilik maliyeti}) + 28 \text{ [YTL]} (\text{Fital maliyeti}) = 963.08 \text{ [YTL/gün]}$

İlerleme başına patlatma maliyeti $963.08 \text{ [YTL]} / 4.04 \text{ [m]} \Rightarrow 238.4 \text{ [YTL/m]}$ hesaplanır

Orta çekmeler patlatma esnasında, aynada serbest olan tek yüzeye ilave olarak yeni serbest yüzeyler oluşturmak ve aynanın daha rahat alınmasını sağlamak amacıyla delinen deliklerden oluşmaktadır. Delme yoluyla açılan iki tür orta çekme düzeni vardır. Bunlar açılı orta çekme düzeni, paralel orta çekme delik düzenidir. Potkabaç çekerek açılan orta çekme düzenleri de mevcuttur. Bölüm 4.1.3 değinildiği gibi orta çekme deliklerine doldurulan patlayıcının diğer deliklerden önce patlatılması esastır. Bu ise gecikmeli ateşleme ile sağlanır. Bazı hallerde patlatma sonucu oluşacak pasanın istenilen bölgeye yığılabilmesi için açılı orta çekme deliklerinin açılması gerekebilmektedir. Ancak kesit dar ve açılı orta çekme delikleri açılmayacak durumdaysa, paralel orta çekme düzeni kullanılır. Paralel deliklerle oluşturulan orta çekmelerin çeşitli uygulama şekilleri vardır (örneğin büyük boş delik üzerine kırma) ve genel olarak eğik deliklerle açılan orta çekmelerden daha fazla ilerlemeye olanak sağlarlar. Makine ile kömür ve bunun gibi kolay kesilebilen formasyonlarda yapılan orta çekmede, makineyle yarı oluşturularak (potkabaç çekilerek) serbest yüzey oluşturulur ve dolu delikler patlatıldıklarında bu yarığa doğru kırma gerçekleşir. (Tarık, 2009)

Açılı olarak (eğik deliklerle) düzenlenen orta çekmelerde, orta çekme delikleri kayacın aynadan dışarı doğru hareketine olanak sağlayacak şekilde çeşitli açılarla delinebilir. Bu düzenle paralel orta çekme düzenine kıyasla beher metre ilerleme için daha az delik ve daha az patlayıcı yeterli olabilmektedir. Ancak açılı orta çekme uygulanabilmesi için büyük galeri kesitleri daha uygundur. Ayrıca açılı deliklerin delinmesi güç olup tecrübeli işçilere gereksinim vardır. Bu düzende; orta çekme delikleri eğik olarak delindiklerinden aynadaki diğer deliklere göre (örneğin tarama ve profil delikleri) daha uzundurlar. Açılı orta çekme türleri şöyle sıralanabilir: V ya da Kama tipi orta çekme, Piramit orta çekme, Yelpaze tipi orta çekme ve Çekiç tipi orta çekme (Bhandari, 1997).

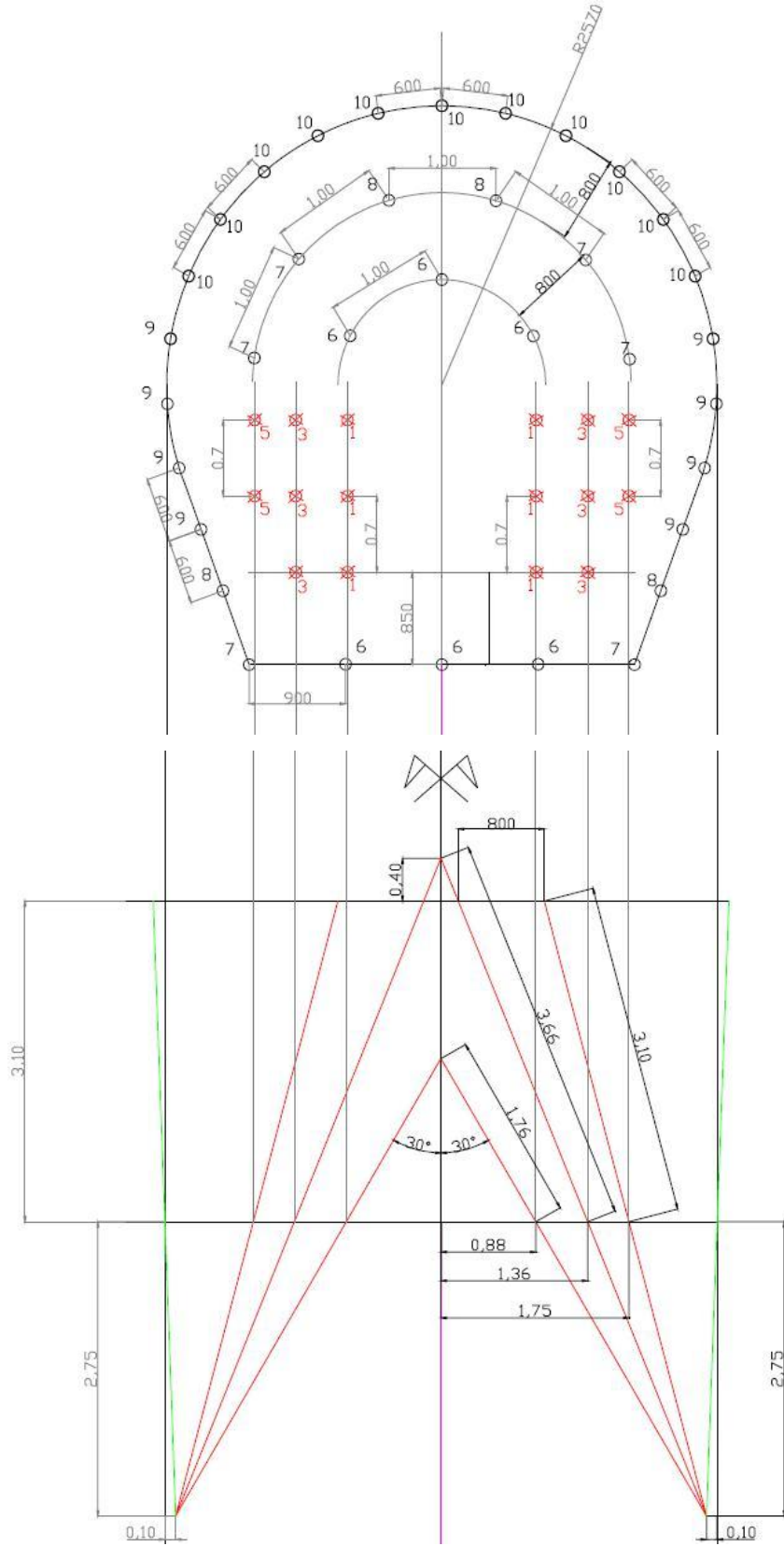
V tipi orta çekmede Şekil 4.8' de görüldüğü gibi aynı açıyla delinmiş delik sıralarının kesiştiği bir delik düzeni söz konusudur.



Şekil 4.8. : V tipi orta çekme

Bu tip orta çekmede delinen açılı delikler simetriktir. V tipi orta çekmede kolay parçalanen kayalarda az deliğe ihtiyaç duyulur. V tipi orta çekmenin dezavantajı kısa ilerlemelerin yapılıyor olmasıdır. Orta çekmeler kayadaki çatlaklılığa göre dizayn edilmelidir (çatlaklar yataysa yatay orta çekmeler gibi). Sağlam kayalarda daha karmaşık delik düzenleri oluşturulabilir. Bu tür durumlarda V tipi orta çekme delikleri yatay olarak bir seri halinde ard arda açılabilir. Tünelin genişliği yüksekliğinden fazla ise düşey V tipi orta çekme delikleri kullanılarak serbest yüzey oluşturulur (Kuzu, C., patlatma teknolojisi ve uygulaması ders notları, 2005).

Bu bilgilere uygun olarak Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin'de eğik deliklerle oluşturulmuş V Tipi (Kama Tipi) yani Orta Çekme delik dizaynı kullanılması kararlaştırılmıştır. Şekil 4.9'da Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin'deki Ateşleme Paterni ve Delgi Planı gösterilmektedir.



Şekil 4.9 : Ateşleme Paterni ve Delgi Planı.(Melen Sistemi 2 Merhale Projesi, 2000)

Bölüm 4.5’te açıklandığı üzere tavan kontrolünü sağlamak için büyük ilerlemeler (Q sınıflandırılması ve İlerleme Miktarı İlişkisi) öngörülmemiş olup ve söz konusu

ilerlemeler için tünel genişliği de uygundur. (Genel kural: Kama tipi orta çekmelerdeki ilerlemeler tünel genişliğinin % 45-50'si kadardır) (Olofsson, 1988). İlerleme miktarları ise EK (A.2-A.8) deki özetlenen çalışmaları takiben yapılmaktadır.

4.1.6 Havalandırma ve maliyeti

Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin'de havalandırma kompresöre bağlı üfleyici bir fan ve birbirini takip eden (seri çalışan) 20'şer metrelik vantüplerle yapılmaktadır. Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerine girişinde bulunan fan ve kompresör tünel için gerekli havayı tünele basmaktadır. Kullanılan üfleyici fan Şekil 4.10 'da görüldüğü üzere Selnikel RUR 630 modeldir. Çizelge 4.10'da üfleyici fanın özellikleri verilmiştir.



Şekil 4.10 : Selnikel RUR 630 model üfleyici fanın görünüşü.

Çizelge 4.10 : Üfleyici fanın özellikleri

Özellikler	Değerleri
Hava Debisi	60000 [m ³ /saat]
Toplam Basınç	553 [mmSS]
Elektrik Motorunun Gücü	55 [kW]
Motor Devri	1500 [d/dak]

Havalandırmanın maliyet hesabı için göz önünde alınacak maliyet oluşturuu unsurları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

Vantüp masrafı:

- Kullanılan vantüpün bir metresi 25.5 [YTL] dir.
- Bir günde ortalama 4.04 [m] ilerleme sağlanmaktadır.
- Günlük vantüp masrafı: $4.04 [m] * 25.5-[YTL/m] = 103.02 [YTL]$ Vantilatör kullanım masrafı:
- Vantilatör günde 24 saat çalışmaktadır.
- Günlük vantilatör kullanım masrafı: $55 [kW] * 24 [saat] * 0.81 [YTL/kWh] = 1069 [YTL]$
- Yıllık vantilatör kullanım masrafı: $1069 * 365 = 390185 [YTL]$

Toplam maliyet:

- Günlük havalandırma masrafı: $103.02 [YTL] + 1069 [YTL] = 1172 [YTL/gün]$
- Ortalama ilerleme 4.04 [m/gün] dür.
- Havalandırma Masrafı: $1172 [YTL/ gün] /4.04 [m/gün] = 290 [YTL/m]$

İşçilik için gereken iş gücü payı yapılan işin süresinin kısalığı göz önüne alınarak ihmal edilmiştir.

4.1.7 Nakliyat ve maliyeti

Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin’de iki tür nakliye yapılmaktadır. Bunlardan ilki, atım sonrası ortaya çıkan pasanın uzaklaştırılması için yapılan nakliyattır. Diğer nakliyat işi ise, patlatmada alınamayan kısımların Şekil 4.12’de görülen kırıcı ile alınmasından sonra ortaya çıkan pasanın uzaklaştırılması işi için yapılan nakliyattır. Ancak bu son anılan nakliyat işinin maliyetleri çok düşük olduğundan hesaplamalarda ihmal edilmiştir. Döküm sahasının Cendere II giriş ağzına uzaklığı yaklaşık 8 km dır. Kullanılan kamyonlar Şekil 4.11’da kamyon AXOR 06 YAD 69 ve kamyon AXOR 06 DE 0705 kamyonlardır.

Yükleyiciler ise Şekil 4.11’de görülen lastikli loader KAWASAKİ 80 ZV. yükleyicileridir

Nakliyenin maliyeti hesap edilirse;

- 1 kamyon 5 kepçe ile dolmaktadır ve kepçe doluiken 1,3 [m³] kabarmış pasa taşımaktadır.
- Tünel kesiti ortalama 22 [m²] dir.
- Ortalama ilerleme 4.04 [m] dir.
- Kamyon dolu iken 6.5 [m³] kabarmış pasa taşımaktadır ve iki adet kamyon bir atımlık pasa için çalışmaktadır.



Şekil 4.11 : Lastikli loader KAWASAKİ 80 ZV ve kamyon AXOR 06 YAD 69.

Kamyonlar en fazla 250 [m] uzaklıktaki ceplerde durmakta loder ise aynadan pasayı alıp cepteki kamyona yükleme işlemi yapmaktadır. 250 [m] lik mesafeyi loder yaklaşık 5 dakika içinde almaktadır. Atım sonrası ortaya çıkan pasanın nakliyat süresi yaklaşık üç buçuk saat sürmektedir.



Şekil 4.12 : Komatsu Kırıcının Görünüşü.

- Günlük alınan hacim: $4.04 \text{ [m]} \times 22 \text{ [m}^2\text{]} = 88.88 \text{ [m}^3\text{]}$
- Kabarma faktörüne çarpar olursak : $88.88 \text{ [m}^3\text{]} \times 1.3 \text{ [m}^3\text{]} = 115.544 \text{ [m}^3\text{]}$
- $115.544 \text{ [m}^3\text{]} / 6,5 \text{ [m}^3\text{]} = 18$ adet kamyon dolmaktadır.
- 2 kamyon 9 sefer yapmaktadır
- Yükleyici 90 kez taşıma ve yükleme işlemi yapmaktadır.

Nakliyatın maliyetini hesaplamak için gerekli olan kalemler işçilik ve mazot, kamyon ve loderlerin amortismanı olarak öngörülmüştür.

Loder boş iken 100 [km] de 10 [lt] dolu iken de 100 [km] de 15 [lt] mazot yakmaktadır.

Kamyonlar ise boş iken 100 [km] de 13 [lt] dolu iken de 100 [km] de 20 [lt] mazot yakmaktadır.

Daha önce belirtildiği gibi günlük yapılan nakliyatta loderler 90 dolu ve 90 boş sefer yapmakta, iki adet olan kamyonlardan biri de 9 dolu ve 9 boş sefer yapmaktadır.

Mazotun litresi 3.5 [YTL/lt]'dir.

Tünelini oluşturmak için iki taraftan zıt yönde kazı işlemi yapılmaktadır. Hesaplamalar Osankuyu Tüneli'nin Ayazağa Köyü tarafından kazılan Cendere 2 kısmı içindir.

- Yakılan mazotun maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Ayna 250 [m] ilerleyken.

$$\text{Loder yaktığı mazot} = (90 * 250 \text{ [m]} * 10 \text{ [lt]} / 100 \text{ [km]}) + (90 * 250 \text{ [m]} * 15 \text{ [lt]} / 100 \text{ [km]}) = 5.7 \text{ [lt]}$$

$$\text{Kamyonun yaktığı mazot} = 2 * [(9 * 8000 \text{ [m]} * 13 \text{ [lt]} / 100 \text{ [km]}) + (9 * 8000 \text{ [m]} * 20 \text{ [lt]} / 100 \text{ [km]})] = 47.52 \text{ [lt]}$$

$$\text{Toplama}_{250} = 5.7 \text{ [lt]} + 47.52 \text{ [lt]} = 53.22 \text{ [lt]}$$

$$\text{m İlerleme Başına Mazot Maliyeti: } (53.22 \text{ [lt]} * 3.5 \text{ [YTL/lt]}) / 4.04 \text{ [m]} = 46.1 \text{ [YTL/m]}$$

- Kamyonun amortismanı ve sermaye maliyeti.

Makinenin ömrü 10 [yıl]'dır.

Amortisman oranı % 10 olarak alınmıştır.

Sermaye maliyeti oranı %10 olarak alınmıştır.

Makinenin alım fiyatı 105,000.[YTL]'dir.

İki Adet Kamyon bulunmaktadır.

$$\text{Yıllık amortisman değeri} = 2 * 105,000 \text{ [YTL]} * 0.20 = 42000 \text{ [YTL/yıl]} \Rightarrow 120 \text{ [YTL/gün]} \Rightarrow 29.7 \text{ [YTL/ m]}$$

- Loderin amortismanı ve sermaye maliyeti.

Makinenin ömrü 10 [yıl]'dır.

Amortisman oranı [%]10 olarak alınmıştır.

Sermaye maliyeti oranı [%]10 olarak alınmıştır.

Makinenin alım fiyatı 264,000 [YTL]'dir.

$$\text{Yıllık amortisman değeri} = 264,000 \text{ [YTL]} * 0.20 = 52800 \text{ [YTL/yıl]} \Rightarrow 150.8 \text{ [YTL/gün]} \Rightarrow 37.3 \text{ [YTL/m]}$$

- İşçilik Maliyeti

Günlük nakliyat süresi yaklaşık 6 saattir.

1 Loder operatörü ve 2 kamyon şoförü olmak üzere 3 işçi çalışmaktadır.

İşçilik maliyeti = ((2500 [YTL/ay] * 3) / 720 [saat/ay]) * 6 [saat] = 62.5 [YTL] => 15.47 [YTL/m]

Toplam Nakliyat Maliyeti = 46.1 [YTL/m] (m İlerleme Başına Mazot Maliyeti) + 29.7 [YTL/ m] (Kamyonların Yıllık amortisman değeri) + 37.3 [YTL/m] (Loderin Yıllık amortisman değeri) + 15.47 [YTL /m] (İşçilik maliyeti) =128.57 [YTL/m]

4.1.8 Tahkimat ve maliyeti

Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin’de DSİ tarafından Tip I, Tip II, Tip III, Tip IV ve Tip V olmak üzere beş ayrı tipte öngörölmüş olan tahkimatların içinde bulunulan formasyon bakımından en uygun olanı kullanılmaktadır. Uygunluk bu tiplerin tünelin geçeceği zemin şartlarına göre belirlenmektedir. Bunun için kaya sınıflandırması çalışması gereklidir. Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin’de kaya sınıflandırması için tünellerde gerekli destek sistemini, sistemin ayakta durma süresini ve bir ayna için maksimum ilerleme miktarını belirlemek ve en başta da delme – patlatma veya mekanik kazı yöntemini seçme kararını vermek amacıyla Barton’un Q sistemi kullanılmaktadır (Chakraborty, 1998., Barton. 1974., Harrison and Hudson Freig, 2000).

Buna göre Çizelge 4.10’da belirtilen V’ nci sınıf için mekanik kazı ve I – IV sınıflar için delme – patlatma yöntemi seçilmektedir. EK: (A.1 – A.8) EK: (B.1 – B.7)

Q sistemine göre yapılacak sınıflandırmanın sonucunda seçilecek tahkimat tipi ve ilerleme miktarı hususunda bir seçim yapılır. Bunun için ise Q sistemindeki altı değişken incelenerek puanlama yapılması gerekmektedir (Ulusay., Sönmez, 2007).

Bu değişkenler:

A- RQD

B- Eklem (süreksizlik) seti sayısı

C- En kötü eklem (süreksizliğin) pürüzlülüğü

D- En kötü eklem içindeki alterasyon ya da dolgu derecesi

E- Su akışı

F- Gerilme durumudur.

Buna göre Q-değeri veya (Norwegian Geotechnical Institute) sistemi olarak adlandırılan kaya kütlesi sınıflama sistemi 70’li yılların başlarında Barton vd. (1974)

tarafından özellikle tünel tasarımı için geliştirilmiştir. Kaya tünelcilik kalitesi Q, birbirinden bağımsız 6 parametrenin fonksiyonu olarak aşağıdaki (4.1) ifadeden hesaplanmaktadır.

$$Q=RQD/J_n * J_r/J_a * J_w /SRF \quad (4.1)$$

Formülü kullanılarak hesaplanır. Burada:

RQD : Kaya kalite göstergesi

J_n : Eklem takımı sayısı

J_r : Eklem pürüzlülük sayısı

J_a : Eklem alterasyon sayısı

J_w : Eklem su azaltma faktörü

SRF : Gerilme azaltma faktörüdür.

Eşitlik 4.1’ de “RQD/ J_n ” kaya kütlelerinin yapısını ve blok boyutunu, “ J_r/J_a ” dolgu veya dolgusuz süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülük ve süreksizlik karakteristiklerini dolayısıyla makaslama dayanımını ve “ J_w /SRF ” etkin gerilme koşullarını temsil etmektedir. Bu sistem, mevcut tünellerden elde edilen 1000’ den fazla vakaya ait deneyimler esas alınarak geliştirilmiştir.

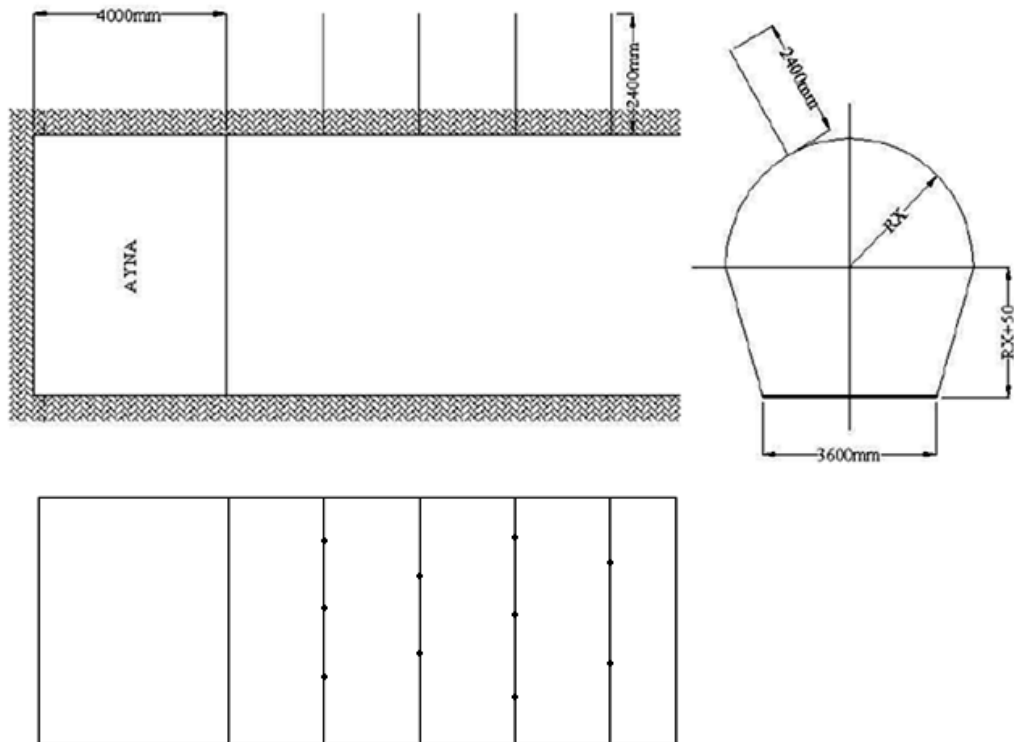
Kaya sınıflandırması için tünellerde gerekli destek sistemini, sistemin ayakta durma süresini ve bir ayna için maksimum ilerleme miktarını belirlemek ve en başta da delme – patlatma veya mekanik kazı yöntemini seçme kararını vermek amacıyla Barton’un Q sistemi kullanılmaktadır.

Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi, kullanılacak tahkimat tipi farklı aralıktaki Q değerlerine göre değişim göstermektedir.

Çizelge 4.11 : Q sınıflandırması ile tahkimat tipi seçimi

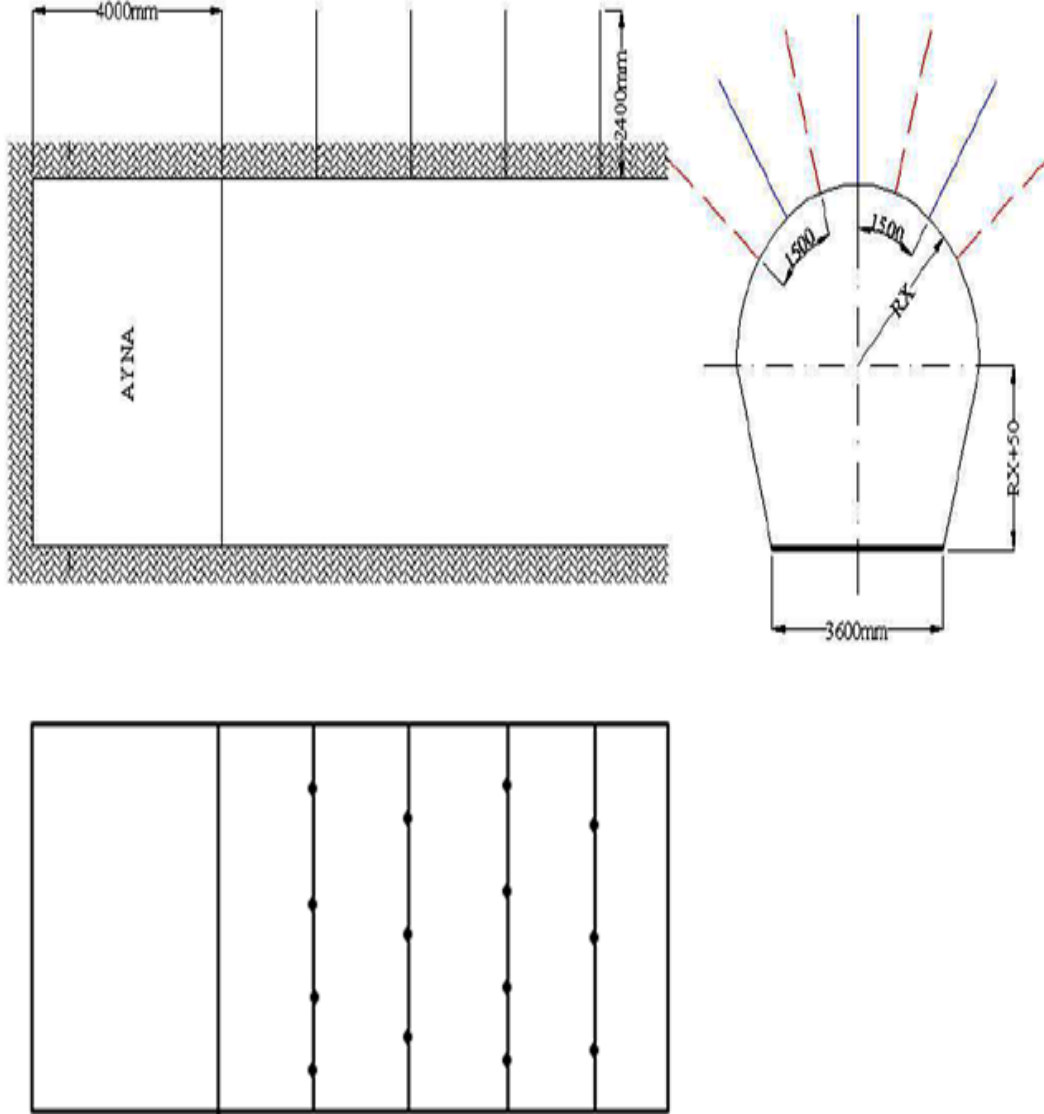
Q Değeri	Kaya Sınıfı İsimlendirmesi	DSİ'nin Tahkimat Sınıfları	İzin Verilen İlerleme	Çalışma Türü
$1,0 < Q$	I	Tip I	4 m	Delme - patlatma
$0,4 < Q < 1,0$	II	Tip II	4 m	
$0.1 < Q < 0.4$	III	Tip III	3 m	
$0.04 < Q < 0.1$	IV	Tip IV	1,5 m	
$Q < 0.04$	V	Tip V	1,5 m	Mekanik

Çizelge 4.11'den görüldüğü gibi Tip I tahkimat sisteminde (Şekil 4.13) delme - patlatmada önerilen ilerleme miktarı 4 [m]'dir. Gerektiğinde 2.4 [m] uzunluğundaki kaya bulunu 10 [m] tünel uzunluğunda en çok 10 adet olacak şekilde saplanır. Taban grobetonu ortalama 50 [mm] kalınlığındadır.



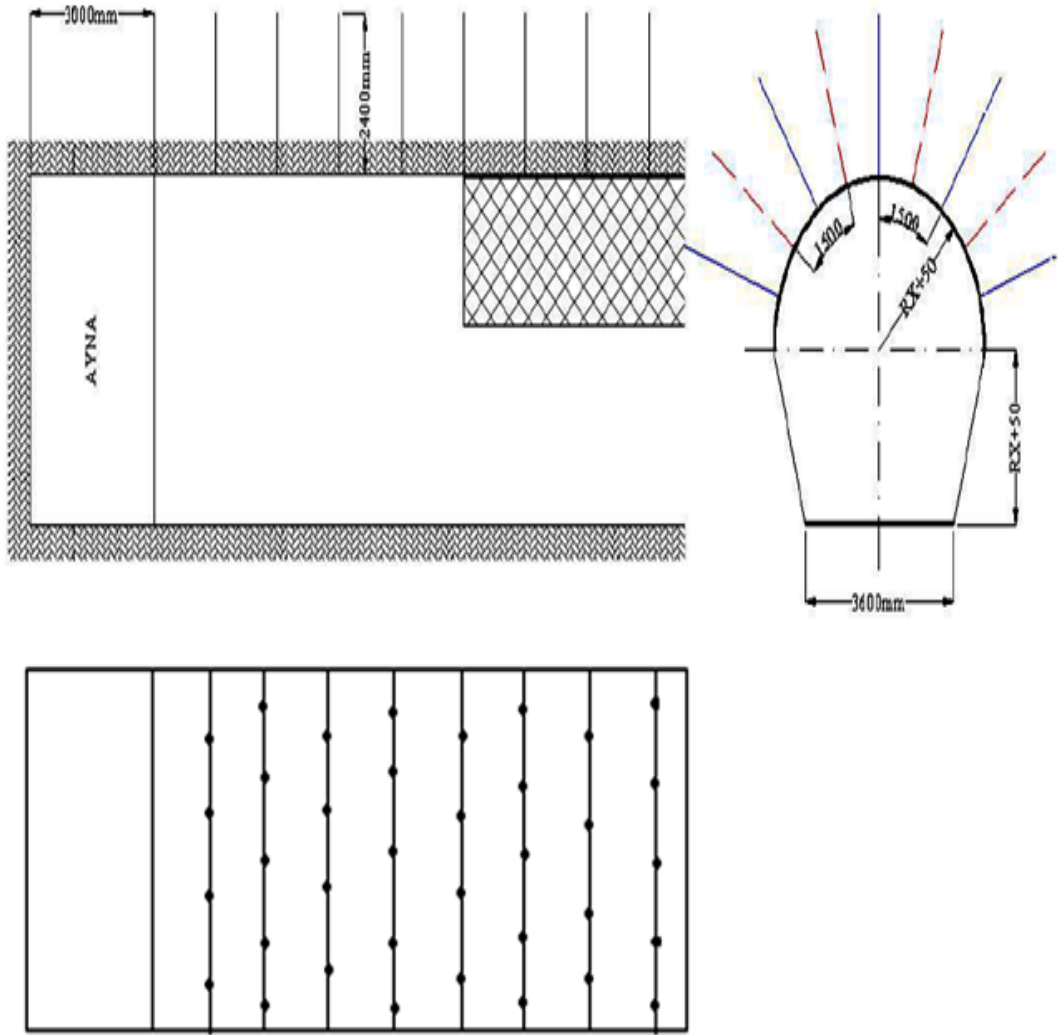
Şekil 4.13 : Tip I boy ve en kesiti ve üstten görünümü.

Çizelge 4.11'den görüldüğü gibi Tip II tahkimat sisteminde (Şekil 4.14) delme - patlatmada önerilen ilerleme miktarı 4 [m]'dir. 3-4 adet 2.4 [m] uzunluğunda şaşırtmalı kaya bulon, boyuna 1.5 [m] aralık bırakılarak atılır. Taban grobetonu ortalama 50 [mm] kalınlığındadır.



Şekil 4.14 : Tip II boy ve en kesiti ve üstten görünümü.

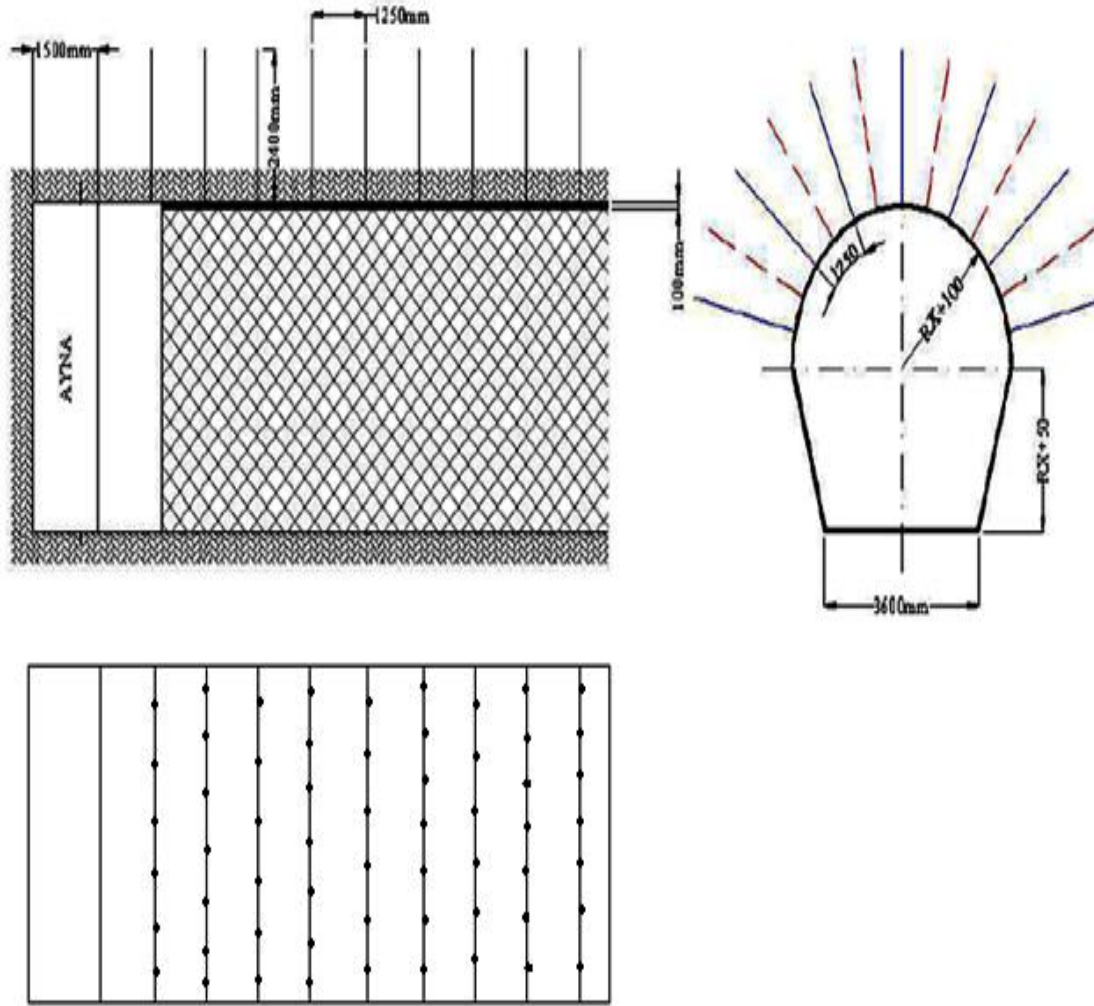
Çizelge 4.11'den görüldüğü gibi Tip III tahkimat sisteminde (Şekil 4.15) delme - patlatmada önerilen ilerleme miktarı 3 [m]'dir. 4-5 adet 2.4 [m] uzunluğunda, boyuna 1.5 [m] aralıklı kaya bulonu atılır. Üst yarıda ayrıca 50 [mm] kalınlığında püskürtme beton kullanılır. Çizelge 4.11'de görüldüğü gibi, kullanılacak tahkimat tipi farklı aralıktaki Q değerlerine göre değişim göstermektedir.



Şekil 4.15 : Tip III boy ve en kesiti ve üstten görünümü.

Yine Çizelge 4.11' den görüldüğü gibi Tip IV tahkimat sisteminde (Şekil 4.16) delme - patlatmada önerilen ilerleme miktarı 1.5 [m]'dir. 6-7 adet 2.4 [m] uzunluğunda, boyuna 1,5 [m] aralıklı şaşırtmalı kaya bulonu atılır.

Ayrıca 100 [mm] kalınlığında püskürtme beton kullanılır. RI 188 çelik hasır üst yarıyı saracak şekilde bulonlara bağlanarak kazı yüzeyine çivilenir. Çizelge 4.11'de görüldüğü gibi, kullanılacak tahkimat tipi farklı aralıktaki Q değerlerine göre değişim göstermektedir.

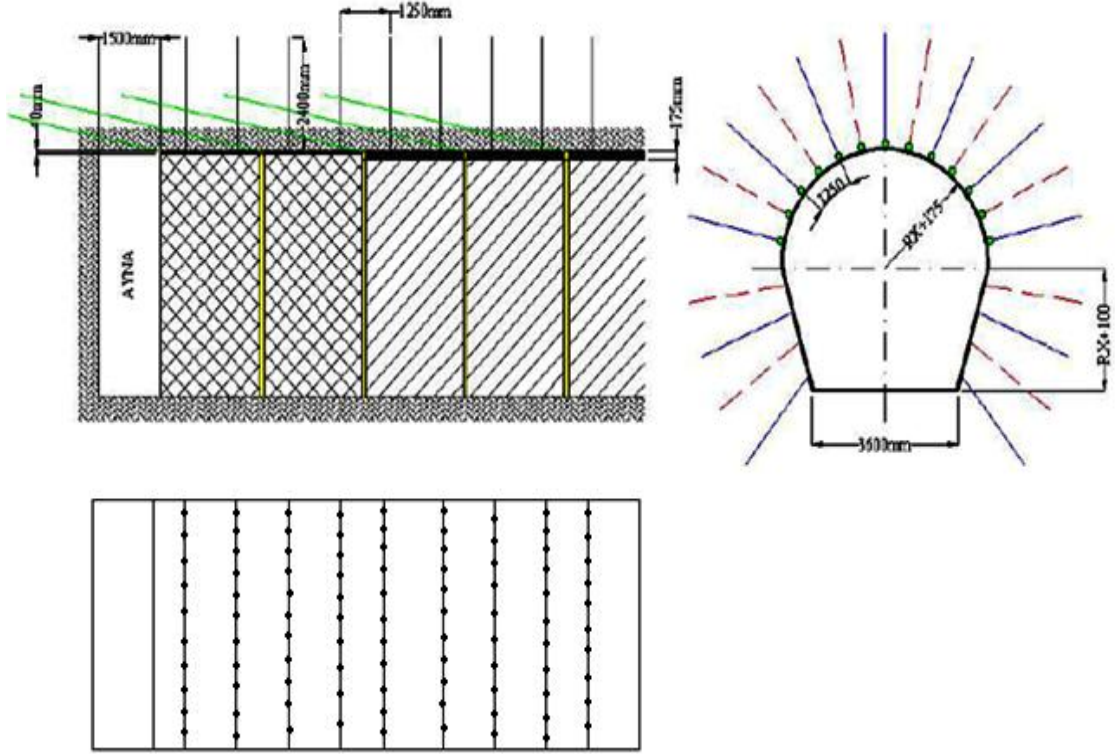


Şekil 4.16 : Tip IV boy ve en kesiti ve üstten görünümü.

En son olarak Çizelge 4.11' den görüldüğü gibi Tip V tahkimat sisteminde (Şekil 4.17) delme - patlatmada önerilen ilerleme miktarı 1.5 [m]'dir. 10-11 adet 2.4 [m] uzunluğunda, boyuna 1.5 [m] aralıklı şaşırtmalı kaya bulonu atılır. IPG - 100 dört parçalı çelik kuşak 2.5 [m] ara ile döşenir.

Ayrıca 175 [mm] kalınlığında püskürtme beton kullanılır. İki sıra RI 188 çelik hasır bulonlara bağlanarak kazı yüzeyine çivilenir. 6 [m] uzunluğunda ve 26 [mm] çapında kendinden delgili süren kullanılır.

Çizelge 4.11'de görüldüğü gibi, kullanılacak tahkimat tipi farklı aralıktaki Q değerlerine göre değişim göstermektedir.



Şekil 4.17 : Tip V boy ve en kesiti ve üstten görünümü.

Kullanılan Tip IV tahkimatların maliyetleri hesaplanacak olursa bulon, püskürtme beton, çelik hasır ve işçilik maliyetlerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu unsurlar ile yapılan maliyet hesabında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır.

- Bulon (tavan civatası) maliyetleri:
- Günlük ortalama ilerleme 4.04 [m]

4.04 metrede 17 adet bulon kullanılmaktadır.

Bulonun adedi 22.49 [YTL] 'dir.

Bulon maliyeti: 17 [adet] * 22.49. [YTL / adet] = 382.33 [YTL/m]

- Püskürtme Beton maliyeti:

Tahkimatın iç çevresi: $3.14 * 2.6 [m] + (2.6 [m] + 0.5 [m]) * 2 * 1/ \sqrt{3} = 15.41 [m]$

100 [mm] et kalınlığında püskürtme beton atılmaktadır.

Püskürtme betonun [m³]'ü 95 [YTL]'dir.

Püskürtme Beton Maliyeti : $15.41 \text{ m} * 4.04 \text{ m} * 0.1 \text{ m} * 95.-\text{YTL}/\text{m}^3 = 591.4 [\text{YTL}]$

- Çelik Hasır maliyeti:

Tahkimatın iç çevresi 15.41 [m]'dir.

Çelik hasırın [m²]'si 2 [YTL]'dir.

Çelik Hasır Maliyeti : $15.41 [\text{m}] * 4.04 [\text{m}] * 2 [\text{YTL}/\text{m}^2] = 124.52 [\text{YTL}/\text{m}]$

- İşçilik maslıyeti:

1 işçinin aldığı brüt maaş 2500 [YTL/ay]' dır.

Günlük tahkimatın kurulumu yaklaşık 8 [saat] sürmektedir.

Tahkimat kurulumu için 4 işçi çalışmaktadır.

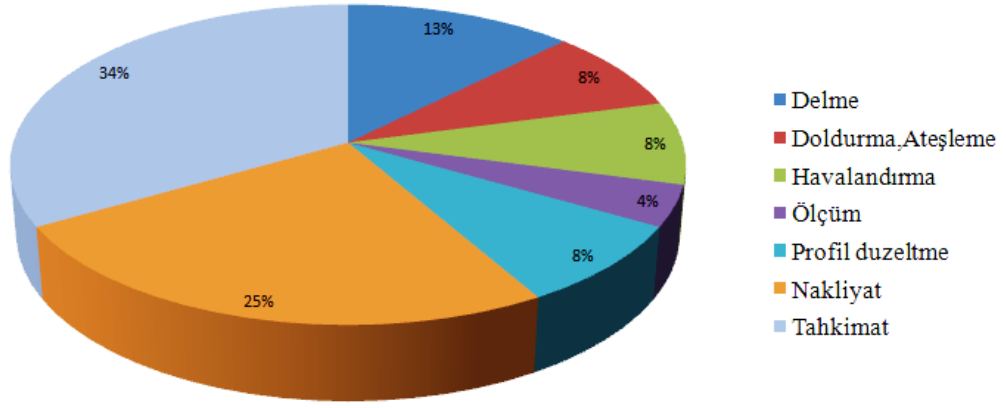
İşçilik Maliyeti : $(2500 [\text{YTL}/\text{ay}] / 720 [\text{saat}/\text{ay}]) * 8 [\text{saat}] * 4 = 111.2 [\text{YTL}/\text{m}]$

Toplam Tahkimat Maliyeti: $382.33 [\text{YTL}] (\text{Bulon maliyeti}) + 591.4 [\text{YTL}] (\text{Püskürtme Beton Maliyeti}) + 124.52 [\text{YTL}] (\text{Çelik Hasır Maliyeti}) + 111.2 [\text{YTL}/\text{m}] (\text{İşçilik Maliyeti}) = 1209.45 [\text{YTL}/\text{m}]$

Delme – patlatma yönteminde tünelcilik açısından önemli olan delme ve patlatma, havalandırma, nakliyat, tahkimat konuları incelenmiş ve her kaleme ait maliyet hesapları yapılmıştır. Hesaplamalar sonucu elde edilen maliyetlerin değerleri Çizelge 4.12’de sunulmuştur. Maliyetler [m] ilerleme başına düşen maliyetlerdir. Şekil 4.19’da ayrıca dairesel grafikte [m] ilerleme başına düşen maliyetlerin dağılımı verilmiştir ve Şekil 4.18’de delme – patlatma yöntemi için yapılan işlere göre zaman dağılımı dairesel grafikte verilmiştir .

Delme – patlatma işinin gün içindeki seyri:

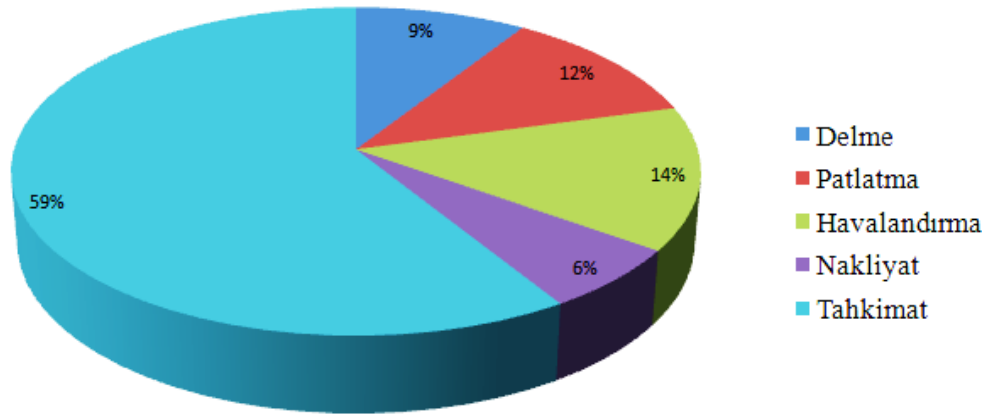
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00
Delme	■											■												■
Doldurma, Ateşleme		■											■											
Havalandırma			■											■										
Pasa nakli				■	■	■	■								■	■	■	■						
Profil düzeltme							■											■						
Bulon yerleştirme								■												■				
Çelik hasır									■												■			
Püskürtme beton										■	■	■										■	■	■
Ölçüm																			■					



Şekil 4.18 : Delme – Patlatma yöntemi için yapılan işlere göre zaman dağılımı, [saat]

Çizelge 4.12: Maliyetler

Delme maliyeti	187.5 [YTL/m]
Patlatma maliyeti	238.4 [YTL/m]
Havalandırma maliyeti	290 [YTL/m]
Nakliyat maliyeti	128.57 [YTL/m]
Tahkimat maliyeti	1209.45 [YTL/ m]
Toplam maliyet	2053.92 [YTL/m]



Şekil 4.19 : Delme – Patlatma yöntemi için yapılan işlere göre maliyetler dağılımı [YTL/m]

4.2 Mekanize Kazı Yöntemi

Mekanize kazı yönteminde temel işler kazı, havalandırma, nakliyat ve tahkimat işleri olup bu temel işlemler aşağıda ayrı ayrı teknik ve maliyetler açısından ele alınmaktadır.

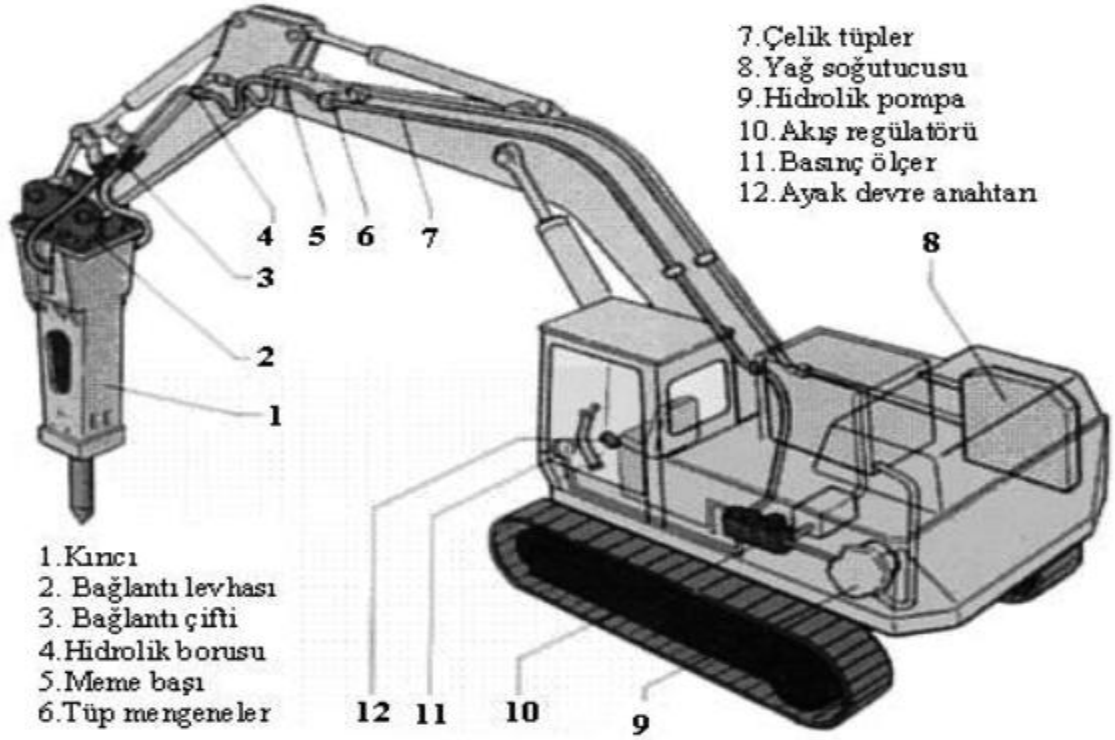
4.2.1 Mekanize kazı performansı

Mekanize kazı işinde kullanılan ana eleman Hidrolik kırıcıdır. Hidrolik kırıcının performansına ait bilgiler en başta kullanılan kırıcının fabrikasyon özelliklerine bağlı olup bu tarz çalışmanın maliyet performansı ise bit tüketimi, işçilik ve diğer işletim masraflarına bağlıdır.

Hidrolik kırıcılar maden ve inşaat mühendisliğinin uğraşı alanındaki bir çok işlerde kullanılır, bu alanlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Jeolojik süreksizliklerin varlığı ile zayıflamış olan formasyonlarda farklı kesitlerde galeri, tünel sürülmesi işlerinde,
- Ekskavatör ve ters kepçelerin kazamayacağı sert formasyonlarda hendek kazımı işlerinde,
- Taş ocaklarında ve açık maden işletmelerinde aşırı büyük kaya bloklarının ikincil kırma işlerinde.

Hidrolik kırıcılar son yıllarda özellikle tünel kazıları, şev kazıları, metro inşaatları, temel kazıları gibi madencilik ve inşaat sektörlerinde önemli kullanım alanları bulmuştur. Modern hidrolik kırıcıların yapıları oldukça basittir. Serbestçe hareket eden piston darbe enerjisini, çok kısa bir sürede gerekli hacimdeki yağı sağlayan bir akümülatörden almaktadır. Bu akümülatör devamlı olarak hidrolik pompa yardımı ile şarj edilmektedir. Bir çok kırıcı Şekil 4.21'den de görüldüğü gibi herhangi bir ekskavatöre monte edilebilir. Hidrolik kırıcı ve elemanları Şekil 4.20'deki gibidir. Bir kepçeli ekskavatörün kepçesinin sökülüp yerine bir darbeli kırıcı ünitesinin yerleştirilmesi ile faaliyete geçirilebilen hidrolik kırıcılar 1964 yılından beri madencilik, inşaat ve tünel sektöründe artan bir ivmeyle başarıyla kullanılmaktadır. (Bilgin, 1989)



Şekil 4.20 : Hidrolik kırıcı ve elemanları.

Şekil 4.20' den görüldüğü gibi piston ile kırıcı uç arasında darbe enerjisini ileten bir yağ yastığı vardır. Bu yastık, kırıcı uçta aşırı stres birikmelerini önliyerek yüksek darbe hızlarını mümkün kılar. Pistondaki kinetik enerji yağda strain enerjisine dönüşür, yağda basınç yükselir ve kırıcı uç ileri giderken biriken basınç tekrar kinetik enerjiye dönüşür. Eski tip pnömatik kırıcılarda darbe enerjisinin piston ağırlığına oranı 2 iken, bu oran elde edilen yüksek hızlar nedeni ile hidrolik kırıcıda 8'e yükselmiştir. Bu nedenle hidrolik kırıcılar, pnömatik kırıcılara göre 20 defa daha güçlü olabilmektedir.

Bilindiği gibi tünel – galeri açma işlerinde de kazıyı takip eden havalandırma, nakliyat, tahkimat gibi elemanter işler söz konusudur. Bu bakımdan Delme – Patlatma işinde olduğu gibi kazı performansı buradaki diğer elemanter işler tarafından da etkilenmektedir. Yani patlatma veya kazı işinin tüm vardya içindeki zamansal oranı sınırlı kalmaktadır. Delme – patlatmada performans işi ilerleme miktarı / delinen delik boyu ifadesiyle basit hesaplanabilirken burada hesaplama için çeşitli formülasyonlar geliştirilmiştir.

Bunlardan bir tanesi Nuh Bilgin vd. tarafından İstanbul Metrosu için yapılan kazılardan elde edilen hidrolik kırıcıların net kırma hızının (4.2) formülünden hesaplanabildiği bir eşitlik önerilmektedir.

$$IBR = 4.24P(RMCI)^{-0.567} \quad (4.2)$$

$$RMCI = \sigma_c (RQD/100)^{2/3} \quad (4.3)$$

Burada:

IBR: net kazı hızı [m^3/h]

P : hidrolik kırıcının gücü [HP]

RMCI : kaya kütlesi kazılabilirlik indeksi [MPa]

σ_c : tek eksenli sıkışma dayanımı [MPa]

RQD : kayaç kalite göstergesi [%]

RQD ve tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri küçükken, RMCI da çok küçük değerler almakta ve bu değerleri küçükken, RMCI da çok küçük değerler almakta ve bu değerlere karşılık gelen net ilerleme hızı darbeli kırıcılar için yüksek olmaktadır. Bu durum, aslında kırıcının süreksizliklerden faydalanarak daha fazla söküm yapabildiği anlamına gelmektedir (sık süreksizlik içeren bir kaya birimi bu haliyle düşük RQD'ye sahiptir). Daha yüksek güce sahip bir makine kullanılırsa daha fazla üretim yapılacağı açıktır. Ayrıca, hem makine gücü fazla hem RQD düşük ve hem de tek eksenli sıkışma dayanımı düşükse, çok daha fazla kayaç sökülebileceği de anlaşılmaktadır. RQD'nin çok düşük olması hatta sıfır olması demek zemin ortamında çalışıyor demektir. Zemin ortamları akıcıdır ve kırıcı ünite burada sadece küreme işlemi yapar, parçalama işi yapamaz. Bu da kendi kendine akan bir ortam olacağı için, ancak zemin çivileri çakılarak ve bu çivilerin içine çimento enjeksiyonu ile ortam sağlamlaştırıldıktan sonra parçalama işlemi gerçekleştirilebilecektir.

Cendere I tüneline kullanılabilecek komatsu BL71B kırıcının gücü, P=25 [HP]

Ayazağa bölgesi için tek eksenli sıkışma dayanımı, $\sigma_c=65,47$ [Mpa]

Kayaç kalite göstergesi EK (B.1- B.6)' ya göre, RQD=25 %

Formül (4.3)'e göre $RMCI = 65.47 \times \left(\frac{25}{100}\right)^{2/3} = 25.9$ [MPa]

Formül (4.2)'e göre $IBR = 4.24 \times 25 \times (25.9)^{-0.567} = 16.7 \text{ [m}^3/\text{h]}$

Buna göre Cendere I tüneline Kullanılan komatsu BL71B kırıcının net kazı hızı 16.7 [m³/h]. Havalandırma, nakliyat, tahkimat gibi diğer işlerden dolayı kazı işinin tüm vardiya içindeki zamansal oranı sınırlı ve bundan dolayı hidrolik kırıcı beklemek zorunda kalmaktadır.

Eğer bir kazı projesinde HK kullanılmaya karar verilirse ilgili formasyon için taşıyıcı ünite (ekskavatör) ve kırıcı ünitelerden oluşan uygun bir HK seçimi başarılı bir kazı gerçekleştirmek için önemlidir. Seçilen HK'nın açılacak tünel kesitlerinde aktif manevra yapabilecek kadar hafif ve küçük ancak kayacı darbelerle parçalarken yeterli baskı kuvvetlerini verebilecek ve stabilitesi bozulmayacak kadar ağır ve masif olması gerekmektedir. Ayrıca ekskavatöre uygun ağırlıkta bir kırıcı ünite ya da kırıcı üniteye uygun ağırlıkta bir ekskavatör seçilmesi de başarılı bir işlem için birincil koşuldur. (Tunçdemir, 2007).

Kırıcıların verimliliğine etki eden faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Tünel kesiti,
- Tünel içinde bulunan makinelerin yeterli sayıda olup olmadıkları,
- Kırıcı ucun takılı olduğu makinenin tasarımı (paletli ya da tekerlekli olması),
- Kullanılan kırıcı ucun ağırlığının üzerine takılan makineye uygun olup olmadığı,
- Kırıcı ucun, kırılacak olan yüzeye ideal konum ve açıda darbe yapıp yapmadığı,
- Kullanılan kırıcı ucun ağırlığının ve gücünün kırılacak olan kayaya uygun olup olmadığı,
- Kırılacak kayanın malzeme ve kütle özellikleri,
- Kırıcı ucun sağlamlığı

Cendere I, Cendere II giriş ve Kağıthane Tünelleri'nde kullanılan Hidrolik kırıcı Kırıcılı lastikli ekskavatör KOMATSU PV160.



Şekil 4.21 : Komatsu kırıcının görünüşü



Şekil 4.22 : Komatsu kırıcının çalışma anındaki görünüşü

4.2.2 Kazı ve maliyet

Çalışmada kırma işinin maliyeti ile ilgili kalemlerin ortalamaları alınarak ortalama maliyet hesap edilmiştir. Hidrolik kırıcının kazıcı ucunun ömrü makinenin yıllık amortismanı değeri olarak hesaplanmıştır. Hidrolik kırıcı kendisini 10 yılda amortize

ederse hidrolik kırıcının kazıcı ucunun da kendisini amortize etme süreside 10 yıldır. Makine 1 ayda 28 gün çalışılmaktadır.

- 1 aydaki kırma süresi: $28 \text{ [gün/ay]} * 6 \text{ [sa/gün]} = 168 \text{ [sa/ay]}$
- Günlük ortalama ilerleme: 2.5 m

İşçilik Maliyeti:

- Bir işçi maaşı (brüt): 2500 [YTL/ay]
- 1 işçi kırma işinde çalışmaktadır.
- İşçilik Maliyeti = $1 * 2500 \text{ [YTL/ay]} = 2500 \text{ [YTL /ay]}$
- Hidrolik Kırıcının aylık yağ masrafı: 90 [YTL]'dir
- Hidrolik Kırıcının amortismanı ve sermaye maliyeti.

Makinenin ömrü 10 [yıl]'dır.

Amortisman oranı [%]10 olarak alınmıştır.

Sermaye maliyeti oranı [%]10 olarak alınmıştır.

Makinenin alım fiyatı 198.000 [YTL]'dir

Yıllık amortisman değeri = $198.000 * 0,20 = 39600 \text{ [YTL/yıl]} = 3300 \text{ [YTL/ay]}$

- Aylık bakım masrafı: 600 [YTL]
- Traktörün aylık mazot masrafı: 750 [YTL]

Aylık kırma maliyeti: $2500 \text{ [YTL]} \text{ (İşçilik Maliyeti)} + 90 \text{ [YTL]} \text{ (Delici makinenin aylık yağ masrafı)} + 3300 \text{ [YTL/ay]} \text{ (Yıllık amortisman değeri)} + 600 \text{ [YTL]} \text{ (Aylık bakım masrafı)} + 750 \text{ [YTL]} \text{ (Traktörün aylık mazot masrafı)} = 7240 \text{ [YTL]}$

Günlük kırma maliyeti: $7240 \text{ [YTL]} / 28 \text{ [gün]} = 258.57 \text{ [YTL/gün]}$

Kırma maliyeti: $231.78 \text{ [YTL]} / 2.5 \text{ [m]} = 103.43 \text{ [YTL/m]}$

4.2.3 Havalandırma ve maliyeti

Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin’de havalandırma kompresöre bağlı üfleyici bir fan ve birbirini takip eden (seri çalışan) 20’şer metrelik vantüplerle yapılmaktadır. Cendere II giriş olarak adlandırılan tünelin girişinde bulunan fan ve kompresör tünel için gerekli havayı tünele basmaktadır. Kullanılan üfleyici fan

Şekil 4.23'te görüldüğü üzere Selnikel RUR 630 modeldir. Çizelge 4.13'te üfleyici fanın özellikleri verilmiştir.



Şekil 4.23 : Selnikel RUR 630 model üfleyici fanın görünüşü.

Çizelge 4.13 : Üfleyici fanın özellikleri

Özellikler	Değerleri
Hava Debisi	60000 [m ³ /saat]
Toplam Basınç	553 [mmSS]
Elektrik Motorunun Gücü	55 [kW]
Motor Devri	1500 [d/dak]

Havalandırmanın maliyet hesabı için göz önünde alınacak maliyet oluşturuç unsurları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

Vantüp masrafı:

- Kullanılan vantüpün bir metresi 25.5 [YTL]' dir.
- Bir günde ortalama 2.5 [m] ilerleme sağlanmaktadır.
- Günlük vantüp masrafı: 2.5 [m] * 25.5 [YTL/m] = 63.75 [YTL]
- Vantilatör kullanım masrafı:

- Vantilatör günde 24 [saat] çalışmaktadır.
- Günlük vantilatör kullanım masrafı: $55 \text{ [kW]} * 24 \text{ [saat]} * 0.81 \text{ [YTL/kWh]} = 1069 \text{ [YTL]}$
- Yıllık vantilatör kullanım masrafı: $1069 * 360 = 390185$

Toplam maliyet:

- Günlük havalandırma masrafı: $63.75 \text{ [YTL]} \text{ (Günlük vantüp masrafı)} + 1069 \text{ [YTL]} \text{ (Günlük vantilatör kullanım masrafı)} = 1132.7 \text{ [YTL/gün]}$
- Ortalama ilerleme 2.5 [m/gün] dür.
- Havalandırma Masrafı: $1132.7 \text{ [YTL/ gün]} / 2.5 \text{ [m/gün]} = 453.1 \text{ [YTL/m]}$

İşçilik için gereken iş gücü payı yapılan işin süresinin kısalığı göz önüne alınarak ihmal edilmiştir.

4.2.4 Nakliyat ve maliyeti

Cendere I, Cendere II giriş ve Kağıthane Tünellerin’de Mekanize Kazı sonrası ortaya çıkan pasanın uzaklaştırılması için yapılan nakliyat. Kullanılan kamyonlar Şekil 4.24’te KAMYON AXOR 06 YAD 69 ve KAMYON AXOR 06 DE 0705 kamyonlardır. Yükleyiciler ise Şekil 4.24’te görülen LASTİKLİ LOADER KAWASAKİ 80 ZV yükleyicileridir. Bu nakliye ekipmanı Delme – Patlatma yönteminde kullanılanla aynı ekipmandır.



Şekil 4.24 : Lastikli loader KAWASAKİ 80 ZV ve kamyon AXOR 06 YAD 69.

Nakliyenin maliyeti hesap edilirse:

- 1 kamyon 5 kepçe ile dolmaktadır ve kepçe doluiken 1,3 [m³]kabarmış pasa taşımaktadır.
- Tünel kesiti ortalama 22 [m²]dir.
- Günlük ortalama ilerleme 2.5 [m].
- Kamyon dolu iken 6.5 [m³] kabarmış pasa taşımaktadır ve iki adet kamyon çalışmaktadır.

Mekanize kazıda alınan hacim: 2.5 [m] x 22 [m²]=55 [m³]

Kabarma faktörüne çarpar olursak : 55 [m³] x 1.3 [m³] = 71.5 [m³]

71.5 [m³] / 6.5 [m³]= 11 [adet] kamyon dolmaktadır.

1'nci Kamyon 5 sefer yapmaktadır ve 2' nci Kamyon 6 sefer yapmaktadır. Yükleyici 55 kez taşıma ve yükleme işlemi yapmaktadır.

Kamyonlar en fazla 250 [m] uzaklıktaki ceplerde durmakta loder ise aynadan pasayı alıp cepteki kamyonu yükleme işlemi yapmaktadır. 250 [m]'lik mesafeyi loder yaklaşık 5 [dakika] içinde almaktadır. Atım sonrası ortaya çıkan pasanın nakliyat süresi yaklaşık iki buçuk saat sürmektedir.

Nakliyatın maliyetini hesaplamak için gerekli olan kalemler işçilik ve mazot, kamyon ve loderler amortismanı olarak öngörülmüştür.

Loder boş iken 100 [km] de 10 [lt] dolu iken de 100 [km]'de 15 [lt] mazot yakmaktadır.

Kamyonlar ise boş iken 100 [km]'de 13 [lt] dolu iken de 100 [km]'de 20 [lt] mazot yakmaktadır.

Daha önce belirtildiği gibi mekanizede yapılan nakliyatta loderler 20 dolu ve 20 boş sefer yapmakta, iki adet olan kamyonlardan biri de 2 dolu ve 2 boş sefer yapmaktadır.

Mazotun litresi 3.5 [YTL]'dir.

- Yakılan mazotun maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Ayna 250 [m] ilerleyken.

$$\text{Loder yaktığı mazot} = (55 * 250 \text{ [m]} * 10 \text{ [lt]} / 100 \text{ [km]}) + (55 * 250 \text{ [m]} * 15 \text{ [lt]} / 100 \text{ [km]}) = 3.4 \text{ [lt]}$$

$$\text{Kamyonun yaktığı mazot} = [(5 * 8000 \text{ [m]} * 13 \text{ [lt]} / 100 \text{ [km]}) + (5 * 8000 \text{ [m]} * 20 \text{ [lt]} / 100 \text{ [km]})] + [(6 * 8000 \text{ [m]} * 13 \text{ [lt]} / 100 \text{ [km]}) + (6 * 8000 \text{ [m]} * 20 \text{ [lt]} / 100 \text{ [km]})] = 29 \text{ [lt]}$$

$$\text{Toplama}_{250} = 3.4 \text{ [lt]} + 29 \text{ [lt]} = 32.4 \text{ [lt]}$$

$$\text{[m] İlerleme Başına Mazot Maliyeti: } (32.4 \text{ [lt]} * 3.5 \text{ [YTL/lt]}) / 2.5 \text{ [m]} = 45.4 \text{ [YTL/m]}$$

- Kamyonun amortismanı ve sermaye maliyeti

Makinenin ömrü 10 [yıl]'dır.

Amortisman oranı % 10 olarak alınmıştır.

Sermaye maliyeti oranı % 10 olarak alınmıştır.

Makinenin alım fiyatı 105,000 [YTL]'dir.

İki Adet Kamyon bulunmaktadır.

$$\text{Yıllık amortisman değeri} = 2 * 105,000. \text{ [YTL]} * 0.20 = 42000 \text{ [YTL/yıl]} \Rightarrow 120. \text{ [YTL/gün]} \Rightarrow 48 \text{ [YTL/ m]}$$

- Loderın amortismanı ve sermaye maliyeti

Makinenin ömrü 10 [yıl]'dır.

Amortisman oranı % 10 olarak alınmıştır.

Sermaye maliyeti oranı % 10 olarak alınmıştır.

Makinenin alım fiyatı 264,000.[YTL]'dir.

$$\text{Yıllık amortisman değeri} = 264,000 * 0.20 = 52800. \text{ [YTL/yıl]} \Rightarrow 150.8 \text{ [YTL/gün]} \Rightarrow 60.3 \text{ [YTL/m]}$$

- İşçilik Maliyeti

Nakliyat süresi yaklaşık 4 saattir.

1 Loder operatörü ve 2 kamyon şoförü olmak üzere 3 işçi çalışmaktadır.

$$\text{İşçilik maliyeti} = ((2500. \text{ [YTL/ay]} * 3) / 720 \text{ [saat/ay]}) * 4 \text{ [saat]} = 41.7 \text{ [YTL]} \Rightarrow 16.7 \text{ [YTL /m]}$$

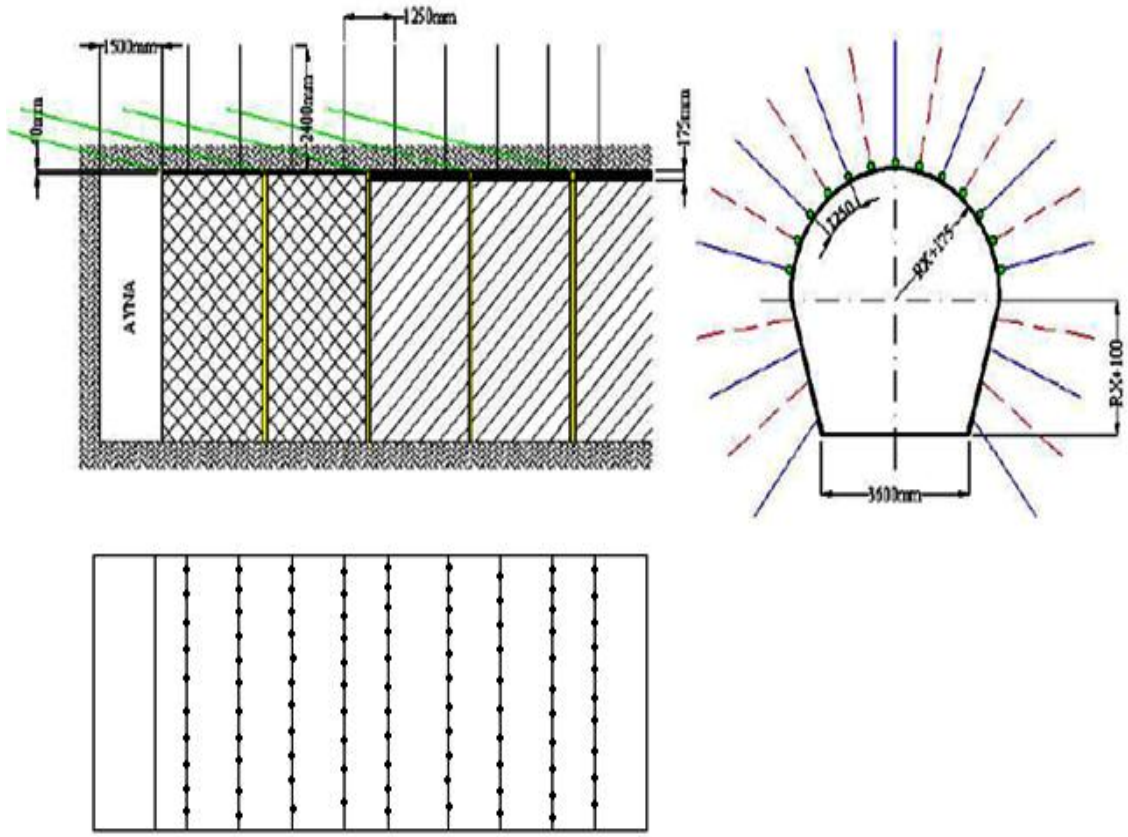
Toplam Nakliyat Maliyeti = 45.4 [YTL/m] (İlerleme Başına Mazot Maliyeti) + 48 [YTL/ m] (Kamyonların yıllık amortisman değeri)+ 60.3 [YTL/m] (Loderin yıllık amortisman değeri) + 16.7 [YTL /m] (İşçilik maliyeti) = 170.4 [YTL/m]

4.2.5 Tahkimat ve maliyeti

En son olarak Çizelge 4.14'ten görüldüğü gibi Tip V tahkimat sisteminde (Şekil 4.25) mekanize kazıda önerilen ilerleme miktarı 1.5 [m]'dir. Bunun için 1.20 [m] aralığında İksa (tahkimat elemanı, demir bağ) kurulmakta ve 10-11 adet 2.4 [m] uzunluğunda, boyuna 1.5 [m] aralıklı şaşırtmalı kaya bulonu atılmaktadır. Ayrıca 175 [mm] kalınlığında püskürtme beton kullanılır. İki sıra RI 188 çelik hasır bulonlara bağlanarak kazı yüzeyine çivilenir. Her iki metrede bir 4 [m] uzunluğunda ve 26 [mm] çapında kendinden delgili süren kullanılır.

Çizelge 4.14 : Q sınıflandırması ile tahkimat tipi seçimi

Q Değeri	Kaya Sınıfı İsimlendirmesi	DSİ'nin Tahkimat Sınıfları	İzin Verilen İlerleme	Çalışma Türü
1,0 < Q	I	Tip I	4 m	Delme - patlatma
0,4 < Q < 1,0	II	Tip II	4 m	
0.1 < Q < 0.4	III	Tip III	3 m	
0.04 < Q < 0.1	IV	Tip IV	1,5 m	
Q < 0.04	V	Tip V	1,5 m	Mekanik



Şekil 4.25 : Tip V boy ve en kesiti ve üstten görünümü.

Mekanize Kazıda Kullanılan Tip V tahkimatların maliyetleri hesaplanacak olursa bulon, püskürtme beton, demir bağ, çelik hasır ve işçilik maliyetlerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu unsurlar ile yapılan maliyet hesabında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır.

- İksa (demir bağ) maliyetleri:

Aşağıda Şekil 4.26’da İksa uygulaması verilmiştir.

2.5 metrede 2 adet iksa kullanılmaktadır

İksanın adedi 109 [YTL]’dir.

İksa maliyeti: $2 * 109 \text{ [YTL/adet]} = 218 \text{ [YTL/m]}$



Şekil 4.26 : İksa uygulaması.

Bulon (tavan civatası) maliyetleri:

- Ortalama günlük ilerleme : 2.5 [m]

2.5 metrede 18 adet bulon kullanılmaktadır.

Bulonun adedi 22.49 [YTL]'dir.

Bulon maliyeti: 18 adet * 22.49 [YTL/adet] = 404.82 [YTL/m]

- Püskürtme Beton maliyeti:

Aşağıda Şekil 4.27'de püskürtme beton uygulaması verilmiştir.

Tahkimatın iç çevresi: $3.14 * 2.6 [m] + (2.6 [m] + 0.5 [m]) * 2 * 1/ \sqrt{3} = 15.41 [m]$

175 [mm] et kalınlığında püskürtme beton atılmaktadır.

Püskürtme betonun [m^3]'ü 95 [YTL]'dir.

Püskürtme Beton Maliyeti: $15.41 [m] * 2.5 [m] * 0.175 [m] * 95 [YTL/m^3] = 640.5 [YTL/m]$



Şekil 4.27 : Püskürtme beton uygulaması.

- Çelik Hasır maliyeti:

Aşağıda Şekil 4.28’de Çelik hasır uygulaması verilmiştir.

Tahkimatın iç çevresi 15.41 [m]’dir.

Çelik hasırın [m²]’si 2 [YTL]’dir.

Çelik Hasır Maliyeti : (15.41 [m] * 2.5 [m] * 2 [YTL/m²]) * 2 = 154 [YTL/ m]



Şekil 4.28 : Çelik hasır uygulaması.

- 4 [m] uzunluğunda ve 26 [mm] çapında kendinden delgili süren maliyeti:

4 [m] uzunluğunda ve 26 [mm] çapında kendinden delgili süren adedi 48 [YTL/adet]'dir

Her 2.5 metrede bir 4 [m] uzunluğunda 14 adet süren çakılıyor

Süren Maliyeti: 14 adet * 48 [YTL/adet] = 672 [YTL/ m]

- İşçilik maliyeti:

1 işçinin aldığı brüt maaş 2500 [YTL/ay]' dir. Tahkimatın kurulumu yaklaşık 14 [saat] sürmektedir.

Tahkimat kurulumu için 4 işçi çalışmaktadır.

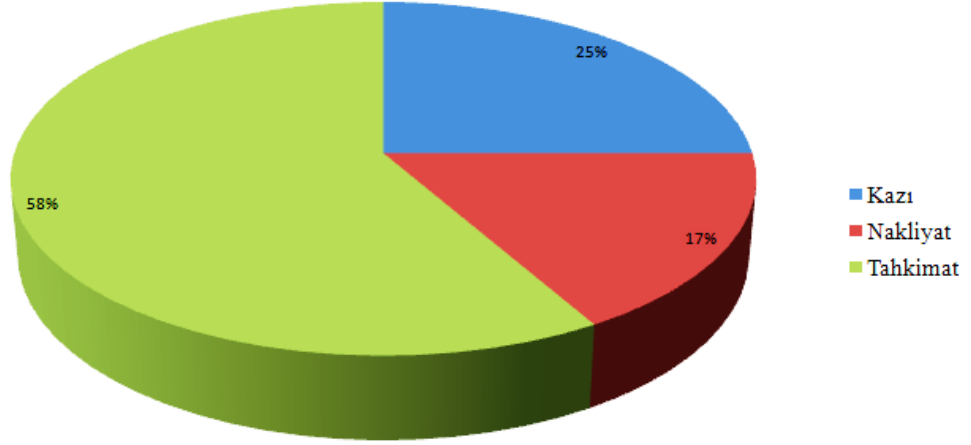
İşçilik Maliyeti : (2500 [YTL/ay] / 720 [saat/ay]) * 14 [saat] *4 = 194.5 [YTL/m]

Toplam Tahkimat Maliyeti : 218 [YTL/m] (İksa maliyeti) + 404.82 [YTL/ m] (Bulon maliyeti) + 640.5 [YTL/ m] (Püskürtme Beton Maliyeti) + 154 [YTL/ m] (Çelik Hasır Maliyeti) + 194.5 [YTL/m] (İşçilik Maliyeti) + 672 [YTL/ m] (kendinden delgili süren) = 2283.32 [YTL/ m]

Mekanize kazı yönteminde tünelcilik açısından önemli olan kazı, havalandırma, nakliyat, tahkimat konuları incelenmiş ve her kaleme ait maliyet hesapları yapılmıştır. Hesaplamalar sonucu elde edilen maliyetlerin değerleri Çizelge 4.15'te sunulmuştur. Maliyetler [m] ilerleme başına düşen maliyetlerdir. Şekil 4.30'da ayrıca dairesel grafikte [m] ilerleme başına düşen maliyetlerin dağılımı verilmiştir ve Şekil 4.29'da delme – patlatma yöntemi için yapılan işlere göre zaman dağılımı dairesel grafikte verilmiştir .

Mekanize kazı işinin gün içindeki seyri:

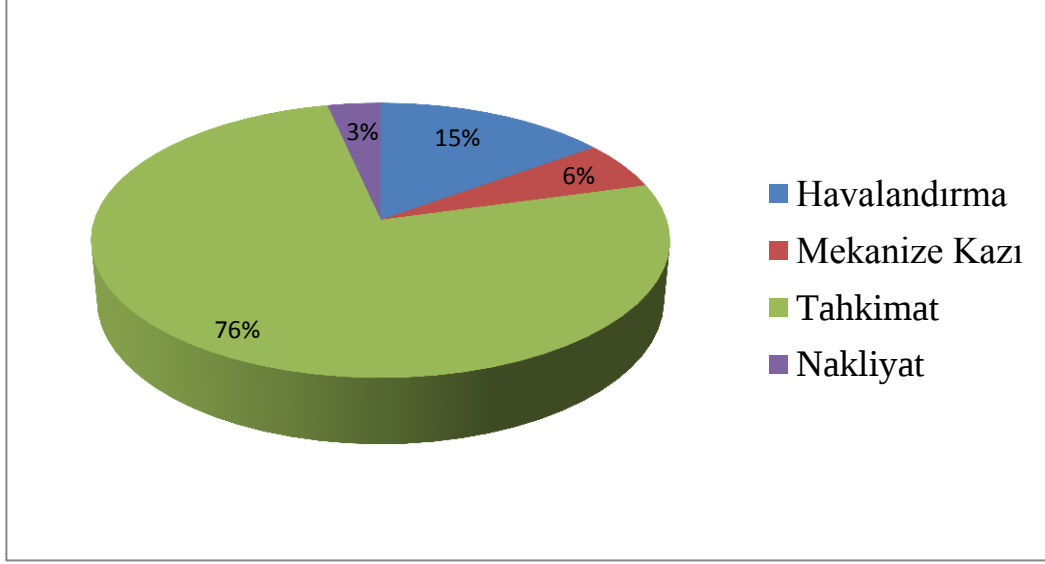
	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00
Kazı																								
Pasa nakli																								
Püskürtme beton																								
Bulon yerleştirme																								
İksa Montaj																								
Süren																								
Çelik hasır																								



Şekil 4.29 : Mekanize kazı yöntemi için yapılan işlere göre zaman dağılımı
[saat]

Çizelge 4.15 : Maliyetler

Havalandırma maliyeti	453.1 [YTL/m]
Mekanize Kazı maliyeti	103.43 [YTL/m]
Nakliyat maliyeti	170.4 [YTL/m]
Tahkimat maliyeti	2283.32 [YTL/m]
Toplam maliyeti	3010.25 [YTL/m]



Şekil 4.30 : Mekanize kazı yöntemi için yapılan işlere göre maliyetler dağılımı

[YTL/m]

5. SONUÇ

Söz konusu Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünellerin’de toplam uzunluğu 3.157 [km] ve şimdiye kadar 1.730 [km] tamamlanmıştır onun 0.743 [km]’si delme-patlatma yöntemiyle ve 0.986 [km]’si ise mekanik kazı yöntemi ile açılmıştır. Tezin yapıldığı tarih itibarile daha 1.427 [km] tünel açımı yapılacaktır. Buralarda da yöntem seçimi tamamlanan kısımlarda olduğu gibi Q sınıflandırmasına göre yapılacaktır. Buraya kadar yapılan açıklamalardan da faydalanılarak aşağıdaki karşılaştırmayı yapmak mümkündür. İlgili bölümler de de belirtildiği gibi her iki yöntemin de ilerleme miktarları, tavan kontrolü ve bununla ilgili temel işler bakımından sınırlı olmaktadır. Ancak Çizelge 5.2’den varılan sonuca göre Delme – patlatma yönteminin Mekanize kazı yöntemine göre daha fazla ilerlemelerin gerçekleştirildiği görülmektedir.

Çizelge 5.1 : Delme – patlatma yöntemi ve Mekanize kazı yönteminin maliyetleri.

	Delme - patlatma yöntemi	Mekanize Kazı
Havalandırma maliyeti (YTL/m)	290	453.1
Nakliyat maliyeti (YTL/m)	128.57	170.4
Tahkimat maliyeti (YTL/m)	1209.45	2283.32
Kazı (YTL/m)	425.9	103.43
Toplam (YTL/m)	2053.92	3010.25
İlerleme ort(m)	4.04	2.5

Çizelge 5.2 : Günlük ortalama ilerleme hızı.

	Cendere 1 tunel çıkış	Kağıthane tunel giriş
	Mekanik kazı (m)	Delme Patlatma (m)
27.09.2011	2.2	4.5
28.09.2011	2.7	3.2
29.09.2011	2.5	3.35
30.09.2011	2.55	4
1.10.2011	2.5	4.45
3.10.2011	2.45	4
4.10.2011	2.75	4
5.10.2011	2.25	4.5
6.10.2011	2.8	4.5
7.10.2011	2.8	4.7
8.10.2011	2.3	3.75
10.10.2011	2.4	3.2
11.10.2011	2.1	4
12.10.2011	2	3.35
13.10.2011	2.8	4.3
14.10.2011	2.7	4.7
15.10.2011	2	4.0
17.10.2011	2.1	4.25
ort ilerleme	2.5	4.04

Mekanik Kazının öne çıkan özellikleri:

Tip V tahkimat sisteminin kullanılması ve buna bağlı olarak 1.1[m] İksa aralığı, 17.5 [cm] beton kalınlığı, çift sıra çelik hasır, yüksek kaya bulonu yoğunluğu, 4 [m]'lik 26 [mm] çaplı delgi süreni kullanılması ile 2.5 [m/gün] ortalama ilerleme hızına ulaşılabilir.

Delme – Patlatmanın öne çıkan özellikleri ise:

Tip IV tahkimat sisteminin kullanılması ve buna bağlı olarak İksa kullanılmaması, tek sıra çelik hasır kullanımı, 10 [cm] kalınlığında püskürtme beton kullanımı ve sonuçta 4.04 [m/gün] hızına ulaşılabilir.

Maliyetler bakımından:

Delme – patlatma yönteminin ilerleme hızı bakımından Mekanize kazı yöntemine göre üstünlüğü yanında Çizelge 5.1'den de görüldüğü gibi metre başına maliyetler bakımından da elverişli olduğu görülmektedir.

Çevresel etkileri bakımından:

Mekanize kazı yönteminin çevresel etkileri titreşim bakımından bir olumsuzluğu olmamakla birlikte Delme – patlatma yönteminin potansiyel olarak titreşim bakımından etkileri tamamen sıfırlanamamaktadır. Ancak burada olduğu gibi kontrollü patlatma tekniklerinin uygulamasıyla titreşimlerin hasar yaratabilecek eşiklerin çok altına çekilmesi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak Delme – patlatma yöntemi ilerleme hızı ve maliyetler yönünden elverişli olmakla beraber jeolojik şartların tavan kontrolünü güçleştirdiği yerlerde Mekanize Kazı yöntemine geçilmektedir.

Ancak her iki yöntem içinde:

- Destek hizmetleri (Şaftlar, işçi barakaları, şantiye büroları, otomobil gibi çeşitli araç vd türden destek hizmetleri)
- Proje hizmetleri
- Çeşitli harçlar
- İdari hizmetler

vd türden hizmetler için yapılacak üdemelerin de ihale verirken dikkate alınması gerekli olup bunun için ise tüm projenin maliyetinin %30 kadar bir maliyetin de göz önüne alınması gereklidir. (mütaahit ile yapılan ikili görüşme, 2011)

KAYNAKLAR

- Bhandari, S., Balkema, A., Rotterdam., Brookfield.,** 1997: Engineering Rock Blasting Operations.
- Bilgin, N., Dincer, T., Copur, H.,** 2002 : The performance of impact hammers from Schmidt hammer rebound values in Istanbul tunnel drivages. *Tunnelling and Underground Space Technology* Vol.17, pp. 237–247.
- Bigin, N.,** 1989: İnşaat ve Maden Mühendisleri için Uygulamalı Kazı Mekaniği, pp. 170-177.
- Bilgin, N., Kuzu, C., Eskikaya, S.,** 1997: Cutting Performance of Rock Hummers and Roadheaders in İstanbul Metro Drivages, pp. 455-460.
- Çevre ve Orman Bakanlığı Mevzuatı.,** 2005: 25862 sayılı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC), 5. Bölüm Madde 29/a, Ankara.
- Dick, R., Larry, R., D' Andrea, D.,** 1983: Explosives and Blasting Procedures Manual, Bureau of Mines, Usa, pp.105-106.
- DIN 4150-3.,** 1999: Structural vibration-effects of vibration on structures. *Deutsches Institute für Normung*, Germany.
- Dupont Explosives Products Division.,** 1977: Blasters Handbook, Wilmington, Delaware, USA, pp. 494-495.
- Gustafsson, R.,** 1973: Swedish Blasting Technique, Published by SPI, Gothenburg, Sweden, pp. 323-325.
- Harrison, P., HudsonFREig, J.,** 2000: Engineering Rock Mechanics. Pergamon (part 1-2).
- Hemphill, G.,** 1981: Blasting Operations, Mc-Graw Hill, New York, pp. 258-259.
- Jimeno, C., Jimeno, E., Balkema, A., Brookfield., Netherlands.,** 1995: Drilling and Blasting of Rock .
- Kuzu, C.,** 2005: Patlatma Teknolojisi ve Uygulaması Ders Notları.

- Melen Sistemi 2 Merhale Projesi .**, 2000: Büyük İstanbul İçmesuyu II.Merhale Projesi-Melen Sistemi S.P. №6 Cumhuriyet Terfi Deposu Kağıthane Arası Boru Hattı ve İsale Tünel İnşaatı Patlatmalı Kazı Ön Tasarımı.
- Olofsson, S. O.**, 1982: Applied Explosives Technology For Construction and Mining. Applex Publisher, Sweden, pp. 304-305.
- Olofsson, S. O.**, 1988: Applied Explosives Technology For Construction and Mining, Applex,Arla Sweden.
- Reşat, U., Harun S.**, 2007 : Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri, pp. 143-158.
- Tarık, Ö.**, 2009: Patlatma Teknolojisi, pp. 16-64.
- Tunçdemir, H.**, 2007 : Hidrolik Kırıcıların Performans Tahmini ve Seçim kriterleri, Ulaşımında Yeraltı Kazıları 2 Sempozyumu, pp. 215-226.
- Tamrock**, 1984: Handbook on Surface Drilling and Blasting, Painofaktorit, Finland, pp. 310-311.
- Zhang, J., Balkema, A., Rotterdam., Holmberg, R.**, 2000: Explosives and Blasting Technique, pp.335-341.

EKLER

EK A.1 : Tünel ayna jeolojisi haritasında kullanılan Semboller.

EK A.2 – A.8 : Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritaları.

EK B.1 – B.7 : Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritaları.

EK C.1 : Parçacık hızı değerleri ölçümü Türkiye standartına göre.

EK C.2 : Parçacık hızı değerleri ölçümü ABD standartına göre.

EK C.3 : Parçacık hızı değerleri ölçümü Alman standartına göre.

EK C.4 : Parçacık hızı değerleri ölçümü Türkiye standartına göre.

EK C.5 : Parçacık hızı değerleri ölçümü ABD standartına göre.

EK C.6 : Parçacık hızı değerleri ölçümü Alman standartına göre.

EK D.1 : OK 1 Sondaj Logu.

EK D.2 : OK 2 Sondaj Logu.

EK D.3 : OK 6 Sondaj Logu.

EK D.4 : OK 7 Sondaj Logu.

EK D.5 : OK 8 Sondaj Logu.

EK E.1: Tünel güzergahı boyunca yapılan mekanik sondajlar planı.

EK F.1 – F.8 : Tünel güzergahı planı.

EK A.1**DAYANIM/STRENGTH:**

EW: Aşırı zayıf / Extremely weak

VW: Çok zayıf / Very weak

W: Zayıf / Weak

MS: Orta dayanımlı / Medium strong

S: Dayanımlı / Strong

VS: Çok dayanımlı / Very strong

GÜNLEME (G) / WEATHERİNG (W.):

CW: Tamamen G. / Completely W.

HW: Oldukça G. / Highly Weathered

MW: Orta Derecede G. / Moderately W.

SW: Az Günlenmiş / Slightly W.

F: Taze / fresh

KAYAÇ TÜRLERİ / ROCK TYPES:

Qtz: Kuvars / Quartz

sst: Kumtaşı / Sandstone

csst: Kalkerli kumtaşı

slt: Kayraktaşı / Slate

slst: Silttaşı / Silstone

fst: Şeyl

SÜREKSİZLİKLER

F: Fay / Fault

J: Eklem / Joint

FR: Çatlak / Fracture

B: Tabakalanma / Bedding

S: Ezik küşak / Shear zone

RENKLER / COLORS:

B: Kahverengi / Brown

C: Krem / Cream

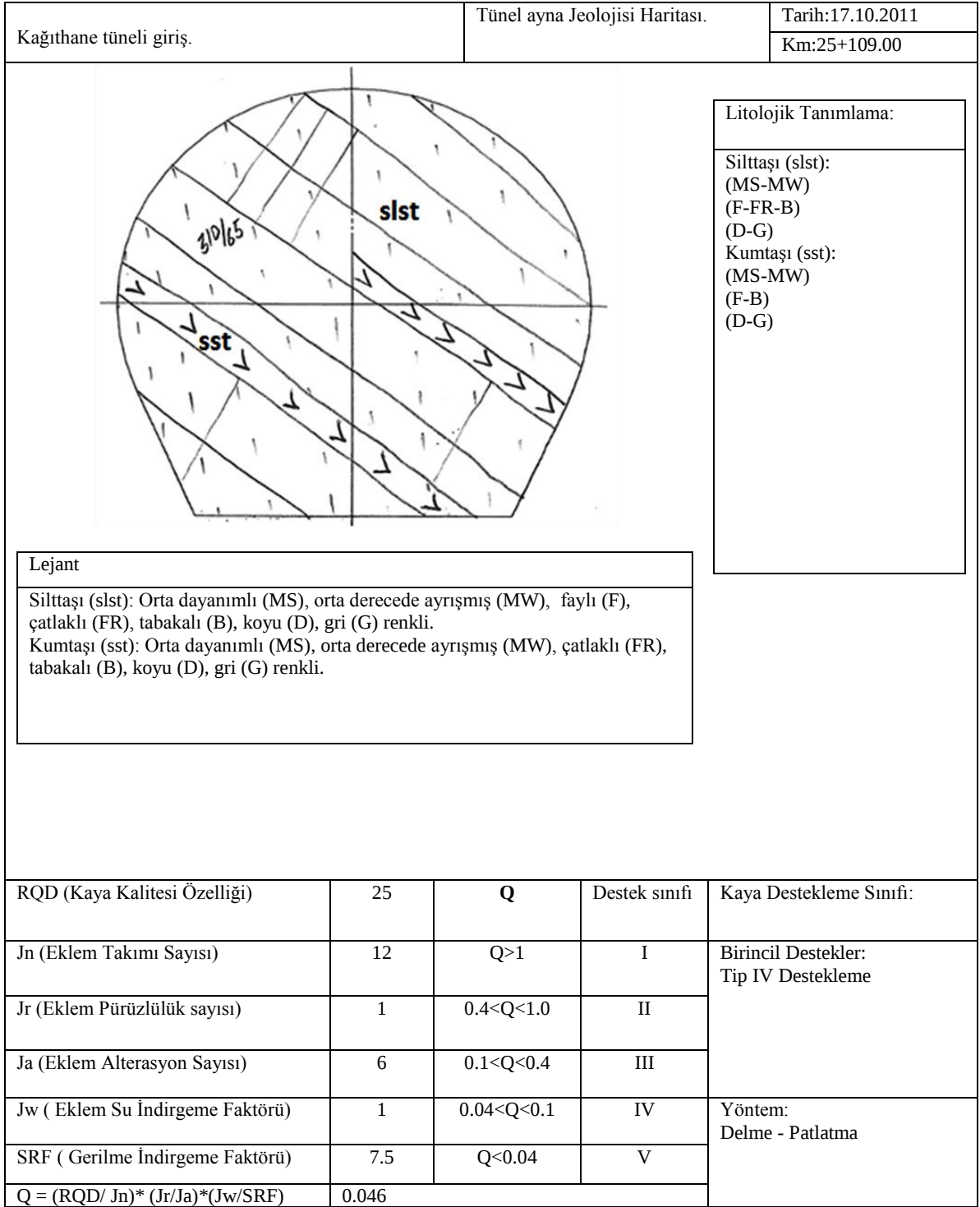
D: Koyu / Dark

G: Gri, grimsi / Grey, greyish

L: Açık / Light

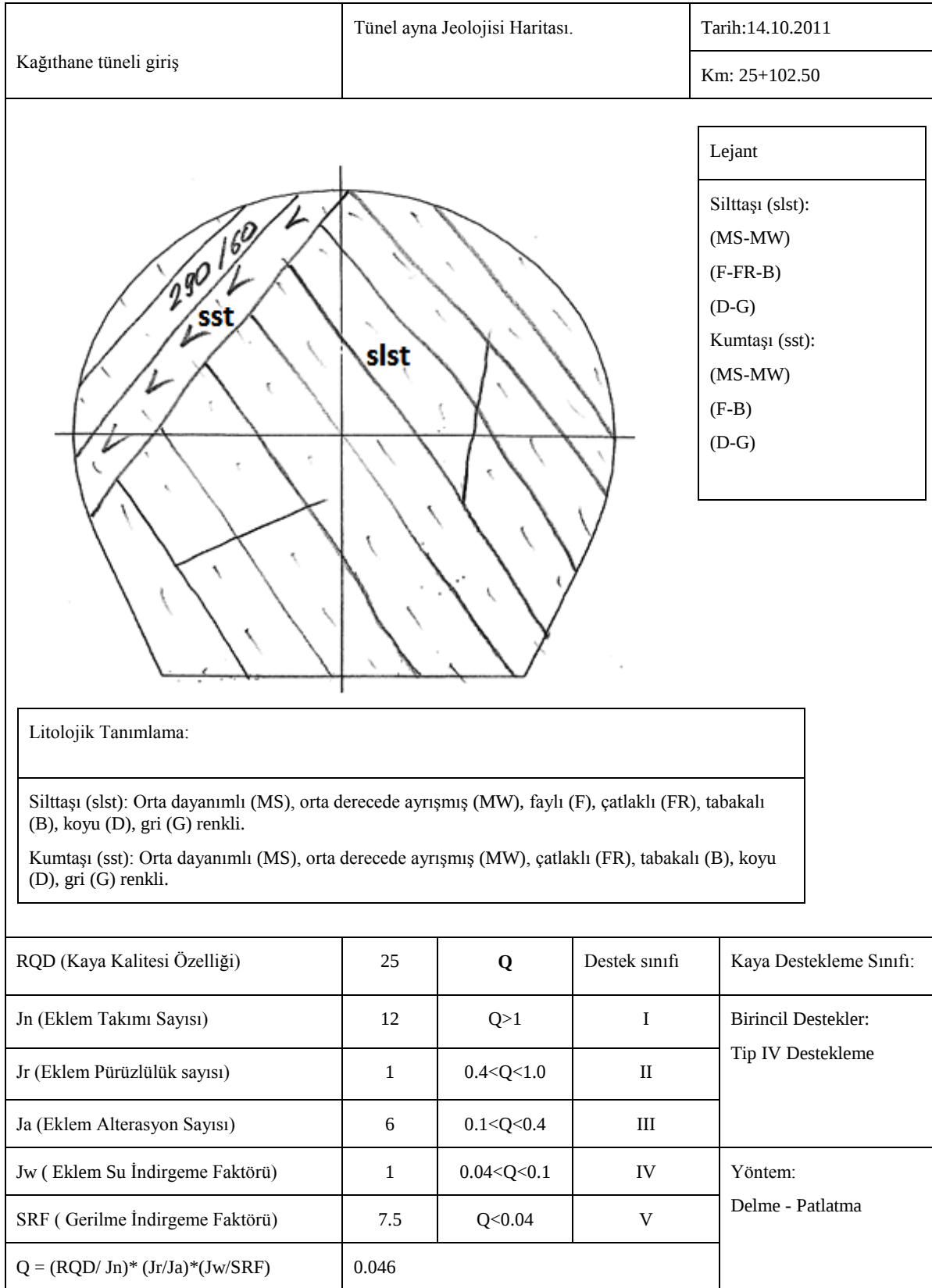
Çizelge A.1: Tünel ayna jeolojisi haritasında kullanılan semboller.

EK A.2



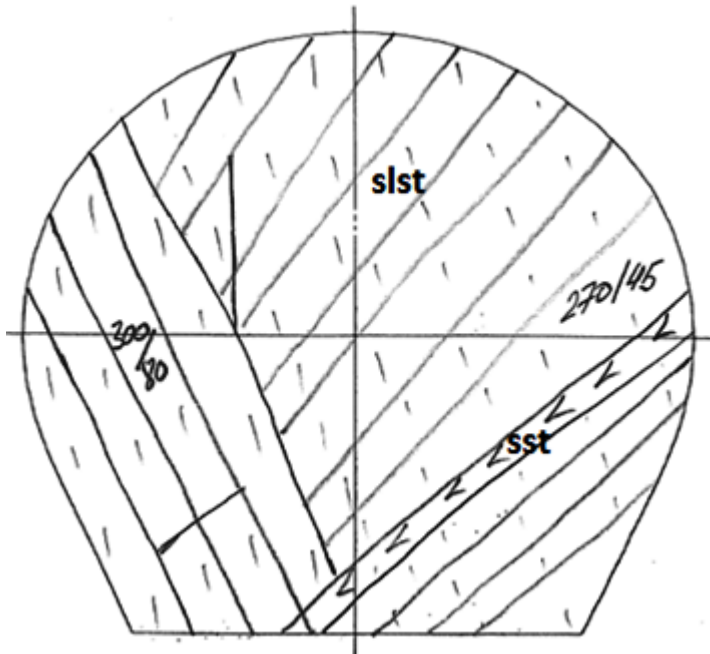
Şekil A.2: Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.

EK A.3



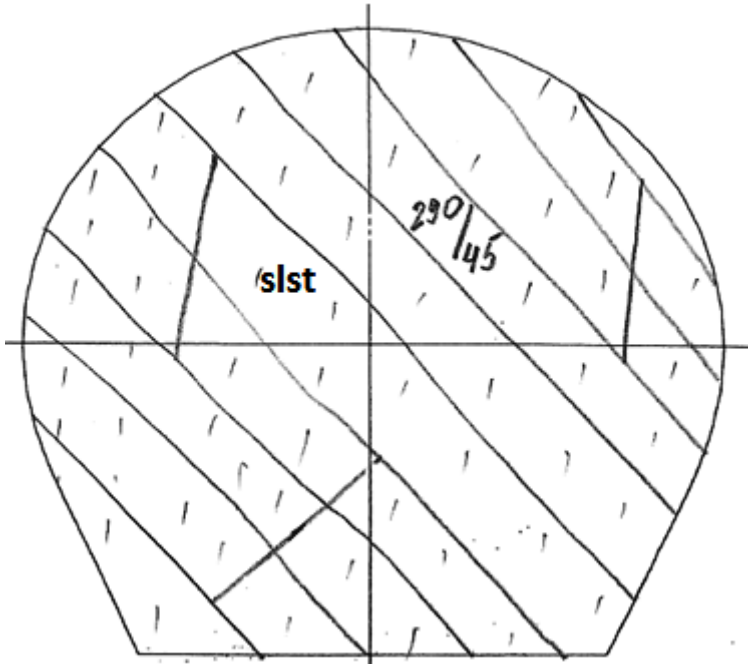
Şekil A.3: Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.

EK A.4

Kağıthane tüneli giriş.	Tünel ayna Jeolojisi Haritası.	Tarih:11.10.2011		
		Km:25+093.50		
		Litolojik Tanımlama: Silttaşı (slst): (MS-MW) (F-FR-B) (D - G) Kumtaşı (sst): (MS-MW) (F-B) (D -G)		
Lejant Silttaşı (slst): Orta dayanımlı (MS), orta derecede ayrılmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli. Kumtaşı (sst): Orta dayanımlı (MS), orta derecede ayrılmış (MW), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli.				
RQD (Kaya Kalitesi Özelliği)	25	Q	Destek sınıfı	Kaya Destekleme Sınıfı:
Jn (Eklem Takımı Sayısı)	12	Q>1	I	Birincil Destekler: Tip IV Destekleme
Jr (Eklem Pürüzlülük sayısı)	1	0.4<Q<1.0	II	
Ja (Eklem Alterasyon Sayısı)	6	0.1<Q<0.4	III	
Jw (Eklem Su İndirgeme Faktörü)	1	0.04<Q<0.1	IV	Yöntem: Delme - Patlatma
SRF (Gerilme İndirgeme Faktörü)	7.5	Q<0.04	V	
Q = (RQD/ Jn)* (Jr/Ja)*(Jw/SRF)		0.046		

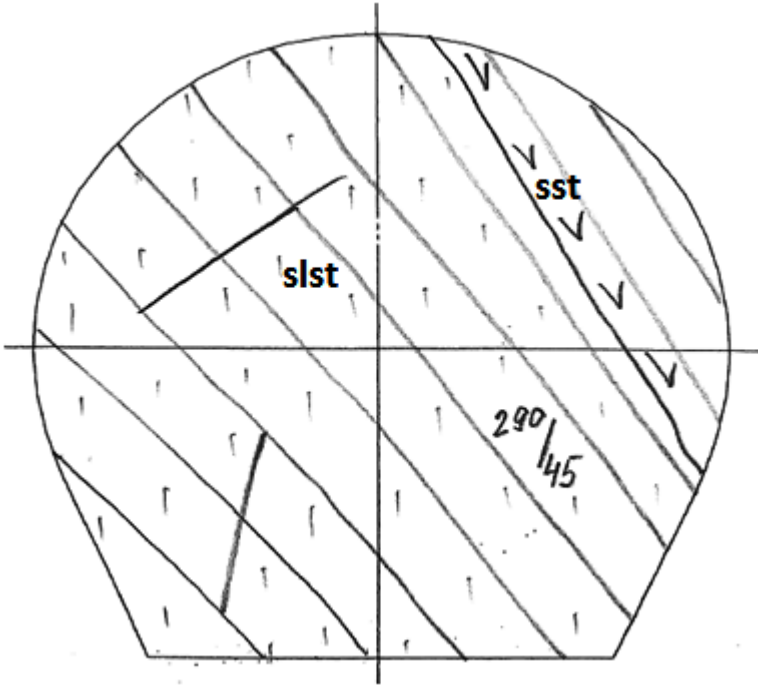
Şekil A.4: Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.

EK A.5

Kağıthane tüneli giriş	Tünel ayna Jeolojisi Haritası.	Tarih:07.10.2011		
		Km: 25+115.00		
		Lejant Silttaşı (slst): (MS-MW) (F-FR-B) (D-G)		
Litolojik Tanımlama: Silttaşı (slst): Orta dayanımlı (MS), orta derecede ayrılmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli.				
RQD (Kaya Kalitesi Özelliği)	25	Q	Destek sınıfı	Kaya Destekleme Sınıfı:
Jn (Eklem Takımı Sayısı)	12	Q>1	I	Birincil Destekler: Tip IV Destekleme
Jr (Eklem Pürüzlülük sayısı)	1	0.4<Q<1.0	II	
Ja (Eklem Alterasyon Sayısı)	6	0.1<Q<0.4	III	
Jw (Eklem Su İndirgeme Faktörü)	1	0.04<Q<0.1	IV	Yöntem: Delme - Patlatma
SRF (Gerilme İndirgeme Faktörü)	7.5	Q<0.04	V	
Q = (RQD/ Jn)* (Jr/Ja)*(Jw/SRF)	0.046			

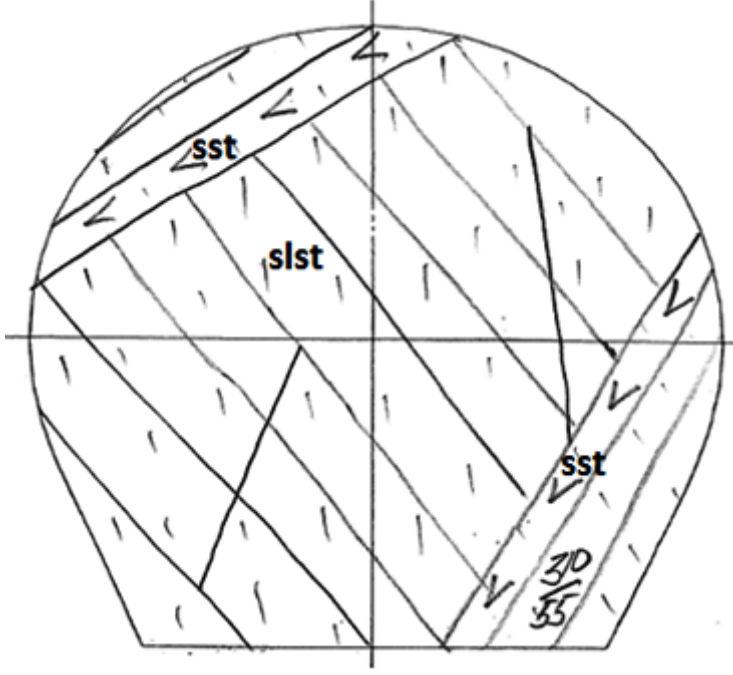
Şekil A.5: Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.

EK A.6

Kağıthane tüneli giriş	Tünel ayna Jeolojisi Haritası.	Tarih: 03.10.2011		
		Km: 25+087.50		
		Lejant Silttaşı (slst): (MS-MW) (F-FR-B) (D-G) Kumtaşı (sst): (MS-MW) (F-B) (D-G)		
Litolojik Tanımlama: Silttaşı (slst): Orta dayanımlı (MS), orta derecede ayrılmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli. Kumtaşı (sst): Orta dayanımlı (MS), orta derecede ayrılmış (MW), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli.				
RQD (Kaya Kalitesi Özelliği)	25	Q	Destek sınıfı	Kaya Destekleme Sınıfı:
Jn (Eklem Takımı Sayısı)	12	Q>1	I	Birincil Destekler: Tip IV Destekleme
Jr (Eklem Pürüzlülük sayısı)	1	0.4<Q<1.0	II	
Ja (Eklem Alterasyon Sayısı)	6	0.1<Q<0.4	III	
Jw (Eklem Su İndirgeme Faktörü)	1	0.04<Q<0.1	IV	Yöntem: Delme - Patlatma
SRF (Gerilme İndirgeme Faktörü)	7.5	Q<0.04	V	
Q = (RQD/ Jn)* (Jr/Ja)*(Jw/SRF)	0.046			

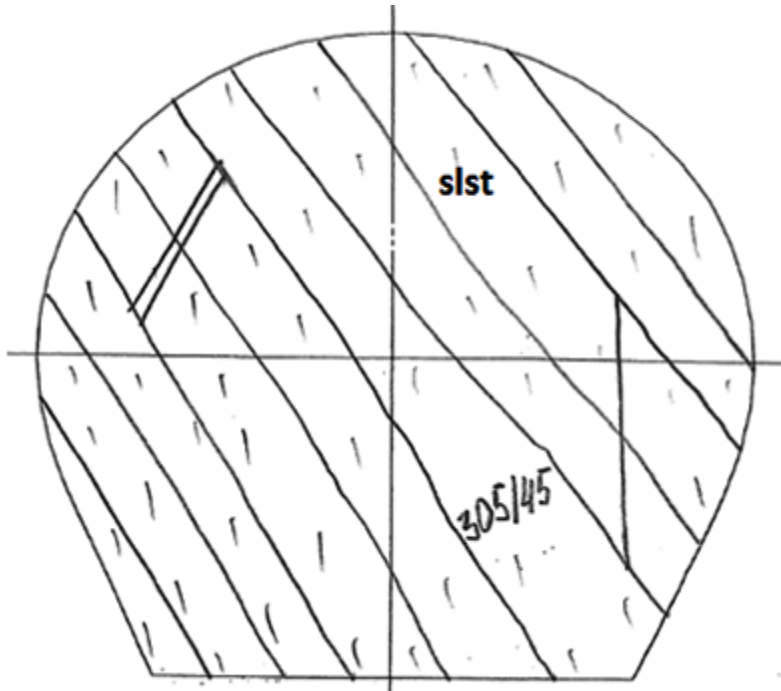
Şekil A.6: Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.

EK A.7

Kağıthane tüneli giriş	Tünel ayna Jeolojisi Haritası.	Tarih:29.09.2011			
		Km: 25+081.65			
		<table><tr><td>Lejant</td></tr><tr><td>Silttaşı (slst): (MS-MW) (F-FR-B) (D-G)</td></tr><tr><td>Kumtaşı (sst): (MS-MW) (F-B) (D-G)</td></tr></table>	Lejant	Silttaşı (slst): (MS-MW) (F-FR-B) (D-G)	Kumtaşı (sst): (MS-MW) (F-B) (D-G)
Lejant					
Silttaşı (slst): (MS-MW) (F-FR-B) (D-G)					
Kumtaşı (sst): (MS-MW) (F-B) (D-G)					
<table><tr><td>Litolojik Tanımlama:</td></tr><tr><td>Silttaşı (slst): Orta dayanımlı (MS), orta derecede ayrılmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli. Kumtaşı (sst): Orta dayanımlı (MS), orta derecede ayrılmış (MW), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli.</td></tr></table>			Litolojik Tanımlama:	Silttaşı (slst): Orta dayanımlı (MS), orta derecede ayrılmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli. Kumtaşı (sst): Orta dayanımlı (MS), orta derecede ayrılmış (MW), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli.	
Litolojik Tanımlama:					
Silttaşı (slst): Orta dayanımlı (MS), orta derecede ayrılmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli. Kumtaşı (sst): Orta dayanımlı (MS), orta derecede ayrılmış (MW), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli.					
RQD (Kaya Kalitesi Özelliği)	25	Q	Destek sınıfı	Kaya Destekleme Sınıfı:	
Jn (Eklem Takımı Sayısı)	12	$Q>1$	I	Birincil Destekler: Tip IV Destekleme	
Jr (Eklem Pürüzlülük sayısı)	1	$0.4<Q<1.0$	II		
Ja (Eklem Alterasyon Sayısı)	6	$0.1<Q<0.4$	III		
Jw (Eklem Su İndirgeme Faktörü)	1	$0.04<Q<0.1$	IV	Yöntem: Delme - Patlatma	
SRF (Gerilme İndirgeme Faktörü)	7.5	$Q<0.04$	V		
$Q = (RQD/ J_n) * (J_r/J_a) * (J_w/SRF)$	0.046				

Şekil A.7: Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.

EK A.8

Kağıthane tüneli giriş	Tünel ayna Jeolojisi Haritası.	Tarih: 27.09.2011						
		Km: 25+074.50						
		<table><tr><td>Lejant</td></tr><tr><td>Silttaşı (slst): (MS-MW) (F-FR-B) (D-G)</td></tr></table>	Lejant	Silttaşı (slst): (MS-MW) (F-FR-B) (D-G)				
Lejant								
Silttaşı (slst): (MS-MW) (F-FR-B) (D-G)								
<table><tr><td colspan="3">Litolojik Tanımlama:</td></tr><tr><td colspan="3">Silttaşı (slst): Orta dayanımlı (MS), orta derecede ayrışmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli.</td></tr></table>			Litolojik Tanımlama:			Silttaşı (slst): Orta dayanımlı (MS), orta derecede ayrışmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli.		
Litolojik Tanımlama:								
Silttaşı (slst): Orta dayanımlı (MS), orta derecede ayrışmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli.								
RQD (Kaya Kalitesi Özelliği)	25	Q	Destek sınıfı	Kaya Destekleme Sınıfı:				
Jn (Eklem Takımı Sayısı)	12	Q>1	I	Birincil Destekler: Tip IV Destekleme				
Jr (Eklem Pürüzlülük sayısı)	1	0.4<Q<1.0	II					
Ja (Eklem Alterasyon Sayısı)	6	0.1<Q<0.4	III					
Jw (Eklem Su İndirgeme Faktörü)	1	0.04<Q<0.1	IV	Yöntem: Delme - Patlatma				
SRF (Gerilme İndirgeme Faktörü)	7.5	Q<0.04	V					
Q = (RQD/ Jn)* (Jr/Ja)*(Jw/SRF)	0.046							

Şekil A.8: Delme – patlatma yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.

EK B.1

Cendere tüneli çıkış	Tünel ayna Jeolojisi Haritası.	Tarih:11.10.2011
		Km:24+938.00

Litolojik Tanımlama:

Silttaşı (slst):
(W-MW)
(F-FR-B)
(D-G)

Lejant

Silttaşı (slst) : Zayıf (W), orta derecede ayrılmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli.

RQD (Kaya Kalitesi Özelliği)	20	Q	Destek sınıfı	Kaya Destekleme Sınıfı:
Jn (Eklem Takımı Sayısı)	12	Q>1	I	Birincil Destekler: Tip V Destekleme sistemi.
Jr (Eklem Pürüzlülük sayısı)	1	0.4<Q<1.0	II	
Ja (Eklem Alterasyon Sayısı)	6	0.1<Q<0.4	III	
Jw (Eklem Su İndirgeme Faktörü)	1	0.04<Q<0.1	IV	Yöntem: Mekanize Kazı
SRF (Gerilme İndirgeme Faktörü)	7.5	Q<0.04	V	
Q = (RQD/ Jn)* (Jr/Ja)*(Jw/SRF)	0.037			

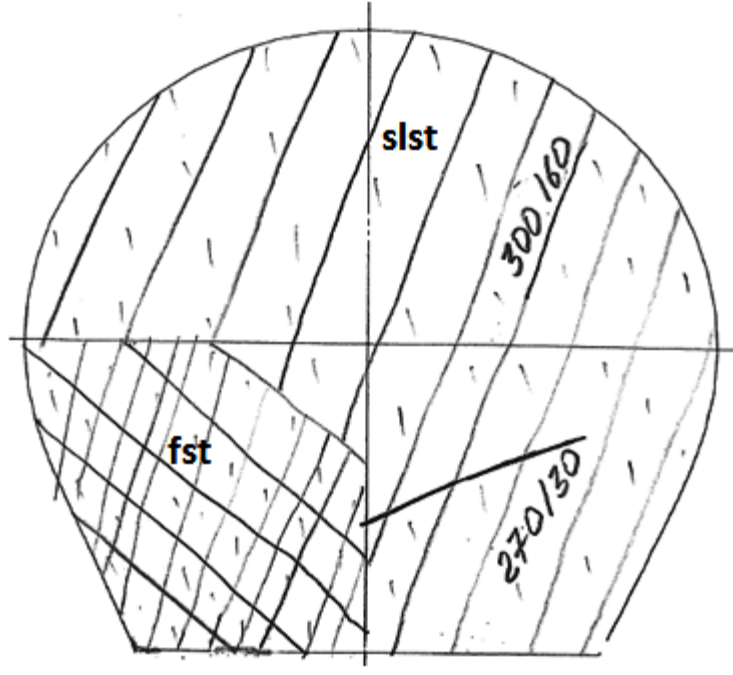
Şekil B.1: Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.

EK B.2

Kağıthane tüneli giriş	Tünel ayna Jeolojisi Haritası.			Tarih:7.10.2011
				Km: 24+944.00
Lejant Silttaşı (slst): (W-MW) (F-FR-B) (D-G)				
Litolojik Tanımlama: Silttaşı (slst): Zayıf (W), orta derecede ayrılmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli.				
RQD (Kaya Kalitesi Özelliği)	25	Q	Destek sınıfı	Kaya Destekleme Sınıfı:
Jn (Eklem Takımı Sayısı)	12	Q>1	I	Birincil Destekler: Tip V Destekleme sistemi.
Jr (Eklem Pürüzlülük sayısı)	1	0.4<Q<1.0	II	
Ja (Eklem Alterasyon Sayısı)	6	0.1<Q<0.4	III	
Jw (Eklem Su İndirgeme Faktörü)	1	0.04<Q<0.1	IV	Yöntem: Mekanize Kazı
SRF (Gerilme İndirgeme Faktörü)	7.5	Q<0.04	V	
Q = (RQD/ Jn)* (Jr/Ja)*(Jw/SRF)	0.037			

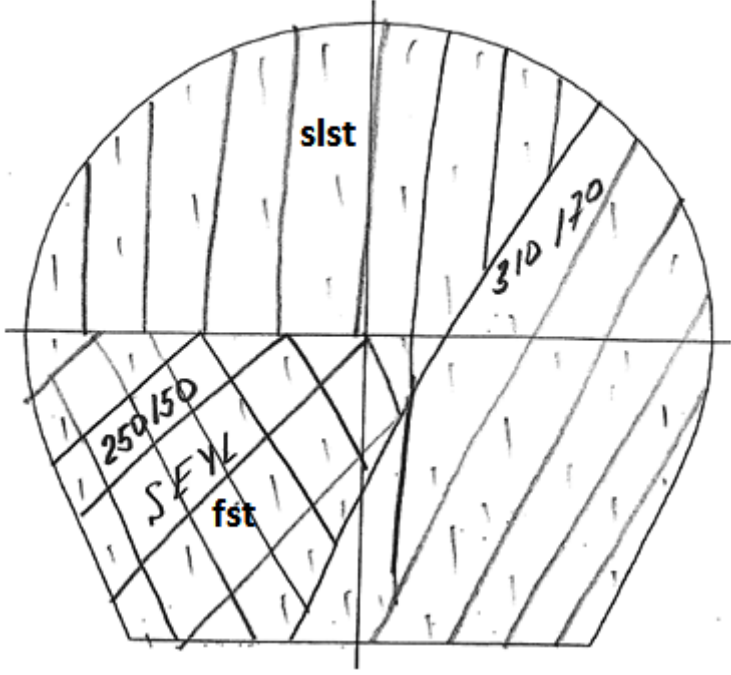
Şekil B.2: Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.

EK B. 3

Cendere tüneli çıkış	Tünel ayna Jeolojisi Haritası.	Tarih: 05.10.2011		
		Km:24+949.55		
		Litolojik Tanımlama: Silttaşı (slst): (W-MW) (F-FR-B) (D-G) Şeyl (fst): (W-HW) (S-FR) (D-G)		
Lejant Silttaşı (slst): Zayıf (W), orta derecede ayrışmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli. Şeyl (fst): Zayıf (W), oldukça ayrışmış (HW), ezik (S), çatlaklı (FR) , koyu (D), gri (G) renkli.				
RQD (Kaya Kalitesi Özelliği)	20	Q	Destek sınıfı	Kaya Destekleme Sınıfı:
Jn (Eklem Takımı Sayısı)	12	$Q>1$	I	Birincil Destekler: Tip V Destekleme sistemi.
Jr (Eklem Pürüzlülük sayısı)	1	$0.4<Q<1.0$	II	
Ja (Eklem Alterasyon Sayısı)	6	$0.1<Q<0.4$	III	
Jw (Eklem Su İndirgeme Faktörü)	1	$0.04<Q<0.1$	IV	Yöntem: Mekanize Kazı
SRF (Gerilme İndirgeme Faktörü)	7.5	$Q<0.04$	V	
$Q = (RQD/ J_n) * (J_r/J_a)*(J_w/SRF)$	0.037			

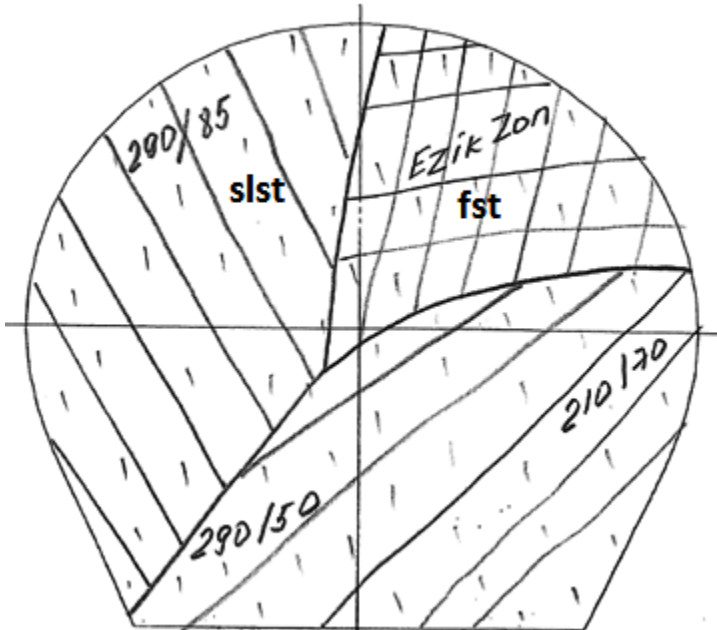
Şekil B.3: Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.

EK B.4

Kağıthane tüneli giriş	Tünel ayna Jeolojisi Haritası.	Tarih:3.10.2011		
		Km: 24+955.35		
		Lejant		
		Silttaşı (slst): (W-MW) (F-FR-B) (D-G) Şeyl (fst): (W-HW) (S-FR) (D-G)		
Litolojik Tanımlama:				
Silttaşı (slst) :Zayıf (W), orta derecede ayrılmış (MW), faylı (F) çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli. Şeyl (fst): Zayıf (W), oldukça ayrılmış (HW), ezik (S), çatlaklı (FR), koyu (D), gri (G) renkli.				
RQD (Kaya Kalitesi Özelliği)	25	Q	Destek sınıfı	Kaya Destekleme Sınıfı:
Jn (Eklem Takımı Sayısı)	12	$Q>1$	I	Birincil Destekler: Tip V Destekleme sistemi.
Jr (Eklem Pürüzlülük sayısı)	1	$0.4<Q<1.0$	II	
Ja (Eklem Alterasyon Sayısı)	6	$0.1<Q<0.4$	III	
Jw (Eklem Su İndirgeme Faktörü)	1	$0.04<Q<0.1$	IV	Yöntem: Mekanize Kazı
SRF (Gerilme İndirgeme Faktörü)	7.5	$Q<0.04$	V	
$Q = (RQD/ J_n)*(J_r/J_a)*(J_w/SRF)$	0.037			

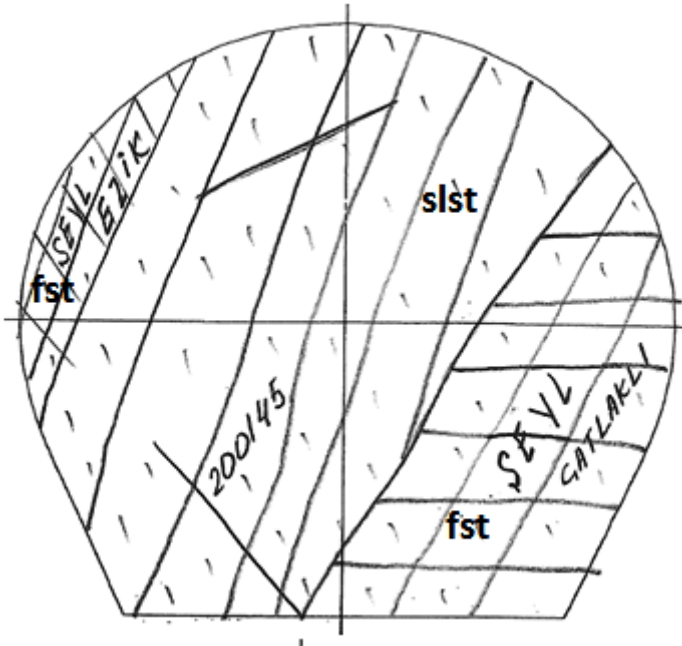
Şekil B.4: Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.

EK B.5

Cendere tüneli çıkış	Tünel ayna Jeolojisi Haritası.	Tarih:29.09.2011		
		Km:24+961.15		
		Litolojik Tanımlama: Silttaşı (slst): (W-MW) (F-FR-B) (D-G) Şeyl (fst): (W-HW) (S-FR) (D-G)		
Lejant Silttaşı (slst): Zayıf (W), orta derecede ayrılmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli. Şeyl (fst): Zayıf (W), oldukça ayrılmış (HW), ezik (S), çatlaklı (FR), koyu (D), gri (G) renkli.				
RQD (Kaya Kalitesi Özelliği)	20	Q	Destek sınıfı	Kaya Destekleme Sınıfı:
Jn (Eklem Takımı Sayısı)	12	$Q>1$	I	Birincil Destekler: Tip V Destekleme sistemi.
Jr (Eklem Pürüzlülük sayısı)	1	$0.4<Q<1.0$	II	
Ja (Eklem Alterasyon Sayısı)	6	$0.1<Q<0.4$	III	
Jw (Eklem Su İndirgeme Faktörü)	1	$0.04<Q<0.1$	IV	Yöntem: Mekanize Kazı
SRF (Gerilme İndirgeme Faktörü)	7.5	$Q<0.04$	V	
$Q = (RQD/ Jn) * (Jr/Ja)*(Jw/SRF)$	0.037			

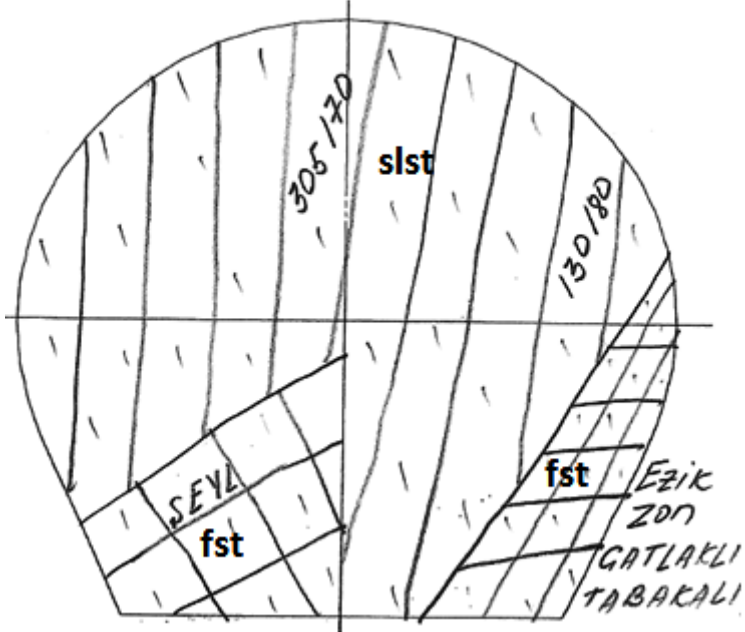
Şekil B.5: Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.

EK B.6

Kağıthane tüneli giriş	Tünel ayna Jeolojisi Haritası.	Tarih:27.09.2011		
		Km: 24+967.00		
		Lejant Silttaşı (slst): (W-MW) (F-FR-B) (D-G) Şeyl (fst): (W-HW) (S-FR) (D-G)		
Litolojik Tanımlama: Silttaşı (slst): Zayıf (W), orta derecede ayrılmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli. Şeyl (fst): Zayıf (W), oldukça ayrılmış (HW), ezik (S), çatlaklı (FR), koyu (D), gri (G) renkli.				
RQD (Kaya Kalitesi Özelliği)	25	Q	Destek sınıfı	Kaya Destekleme Sınıfı:
Jn (Eklem Takımı Sayısı)	12	Q>1	I	Birincil Destekler: Tip V Destekleme sistemi.
Jr (Eklem Pürüzlülük sayısı)	1	0.4<Q<1.0	II	
Ja (Eklem Alterasyon Sayısı)	6	0.1<Q<0.4	III	
Jw (Eklem Su İndirgeme Faktörü)	1	0.04<Q<0.1	IV	Yöntem: Mekanize Kazı
SRF (Gerilme İndirgeme Faktörü)	7.5	Q<0.04	V	
Q = (RQD/ Jn)* (Jr/Ja)*(Jw/SRF)	0.037			

Şekil B.6: Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.

EK B.7

Kağıthane tüneli giriş	Tünel ayna Jeolojisi Haritası.	Tarih:24.09.2011		
		Km: 24+974.10		
		Lejant Silttaşı (slst): (W-MW) (F-FR-B) (D-G) Şeyl (fst): (W-HW) (S-FR) (D-G)		
Litolojik Tanımlama: Silttaşı (slst):Zayıf (W), orta derecede ayrılmış (MW), faylı (F), çatlaklı (FR), tabakalı (B), koyu (D), gri (G) renkli. Şeyl (fst): Zayıf (W), oldukça ayrılmış (HW), ezik (S), çatlaklı (FR), koyu (D), gri (G) renkli.				
RQD (Kaya Kalitesi Özelliği)	25	Q	Destek sınıfı	Kaya Destekleme Sınıfı:
Jn (Eklem Takımı Sayısı)	12	Q>1	I	Birincil Destekler: Tip V Destekleme sistemi.
Jr (Eklem Pürüzlülük sayısı)	1	0.4<Q<1.0	II	
Ja (Eklem Alterasyon Sayısı)	6	0.1<Q<0.4	III	
Jw (Eklem Su İndirgeme Faktörü)	1	0.04<Q<0.1	IV	Yöntem: Mekanize Kazı
SRF (Gerilme İndirgeme Faktörü)	7.5	Q<0.04	V	
Q = (RQD/ Jn)*(Jr/Ja)*(Jw/SRF)	0.037			

Şekil B.7: Mekanize kazı yöntemi için tünel ayna jeolojisi haritası.

EK C.1

Date/Time Tran at 16:31:59 October 4, 2011
 Trigger Source Geo: 0.510 mm/s
 Range Geo: 254 mm/s
 Record Time 11.25 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
 Job Number: 1

Serial Number BE12532 V 8.12-8.0 MiniMate Plus
 Battery Level 6.4 Volts
 Calibration June 29, 2007 by InstanTel Inc.
 File Name N532DYPK.LB0

Notes

Location:
 Client:
 User Name:
 General:

Extended Notes

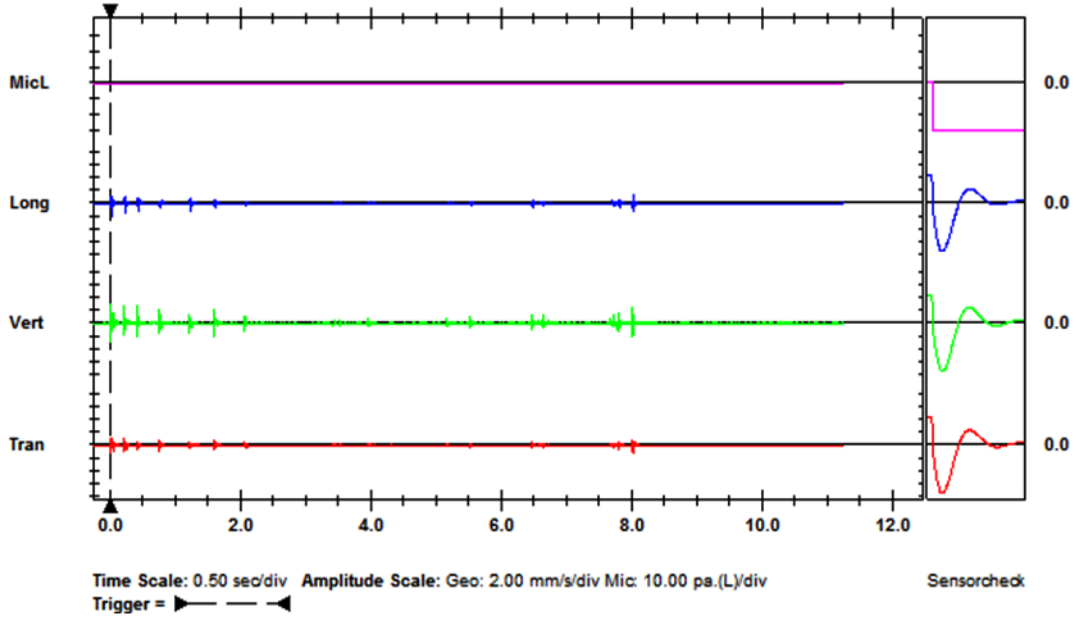
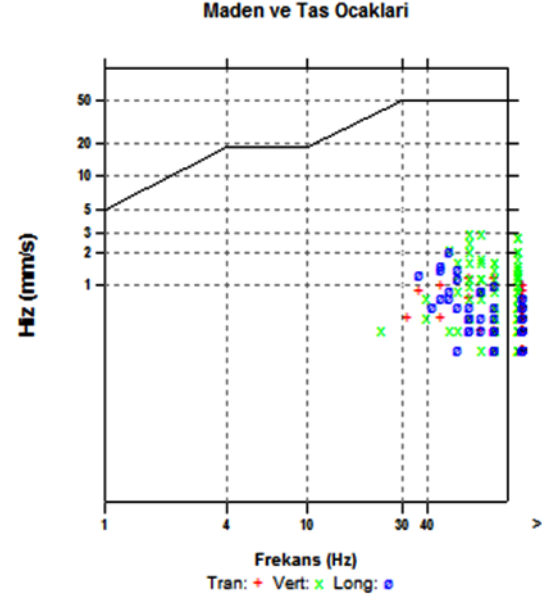
Post Event Notes

Microphone Linear Weighting
 PSPL <0.500 pa.(L) at -0.243 sec
 ZC Freq N/A
 Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	1.14	3.05	2.03	mm/s
ZC Freq	85	73	51	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.012	0.003	0.031	sec
Peak Acceleration	0.0795	0.172	0.0928	g
Peak Displacement	0.00347	0.00738	0.00608	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.6	7.4	Hz
Overswing Ratio	3.8	3.5	4.1	

Peak Vector Sum 3.09 mm/s at 0.003 sec

N/A: Not Applicable



Şekil C.1: Parçacık hızı değerleri ölçümü Türkiye standartına göre.

EK C.2

Date/Time Tran at 16:31:59 October 4, 2011
 Trigger Source Geo: 0.510 mm/s
 Range Geo :254 mm/s
 Record Time 11.25 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
 Job Number: 1

Serial Number BE12532 V 8.12-8.0 MiniMate Plus
 Battery Level 6.4 Volts
 Calibration June 29, 2007 by Instanetel Inc.
 File Name N532DYPK.LB0

Notes

Location:

Client:

User Name:

General:

Extended Notes

Post Event Notes

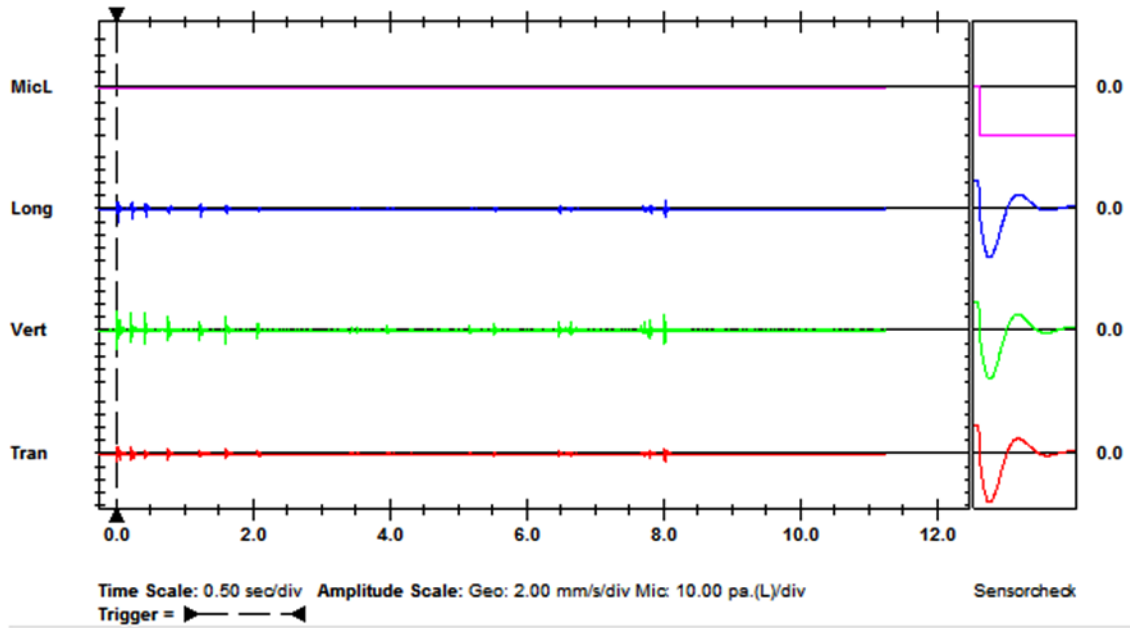
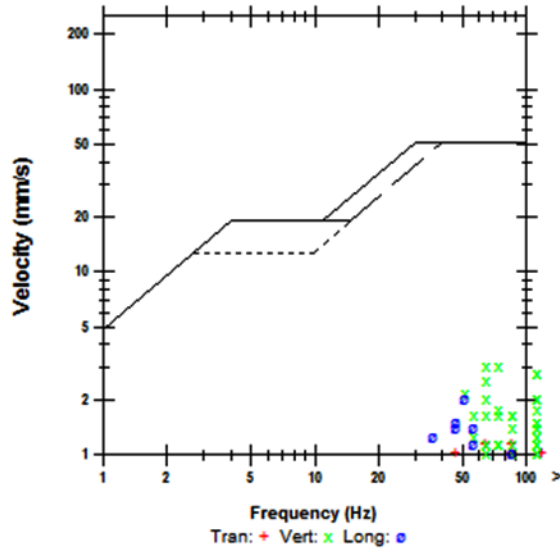
Microphone Linear Weighting
 PSPL <0.500 pa.(L) at -0.243 sec
 ZC Freq N/A
 Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	1.14	3.05	2.03	mm/s
ZC Freq	85	73	51	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.012	0.003	0.031	sec
Peak Acceleration	0.0795	0.172	0.0928	g
Peak Displacement	0.00347	0.00738	0.00608	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.6	7.4	Hz
Overswing Ratio	3.8	3.5	4.1	

Peak Vector Sum 3.09 mm/s at 0.003 sec

N/A: Not Applicable

USBM RI8507 And OSMRE



Şekil C.2 : Parçacık hızı değerleri ölçümü ABD standartına göre.

EK C.3

Date/Time Tran at 16:31:59 October 4, 2011
 Trigger Source Geo: 0.510 mm/s
 Range Geo: 254 mm/s
 Record Time 11.25 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
 Job Number: 1

Serial Number BE12532 V 8.12-8.0 MiniMate Plus
 Battery Level 6.4 Volts
 Calibration June 29, 2007 by Instanetel Inc.
 File Name N532DYPK.LB0

Notes

Location:
 Client:
 User Name:
 General:

Extended Notes

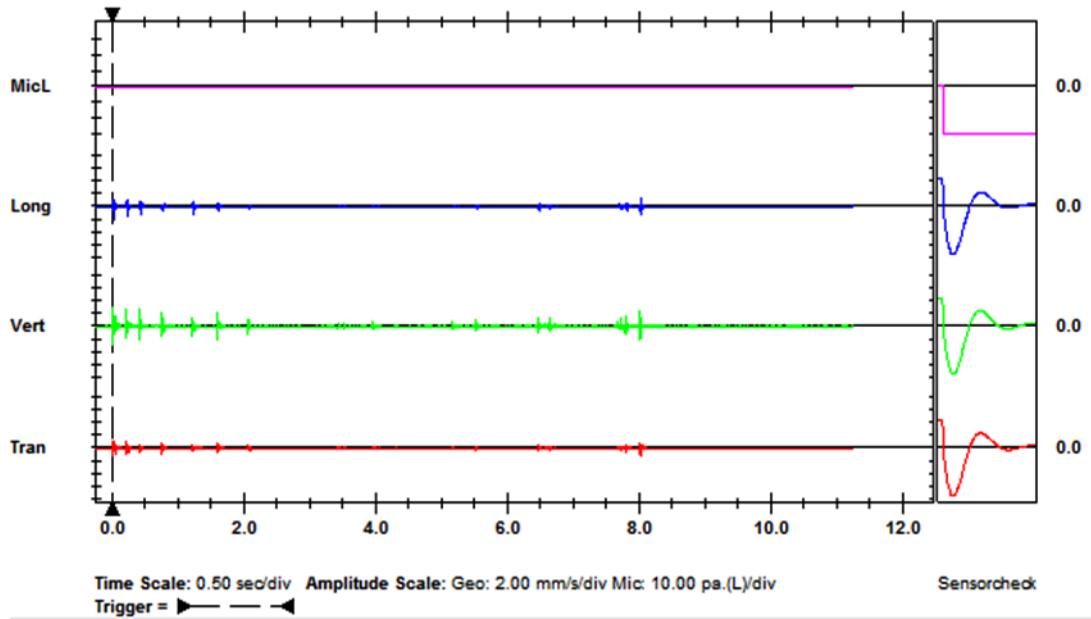
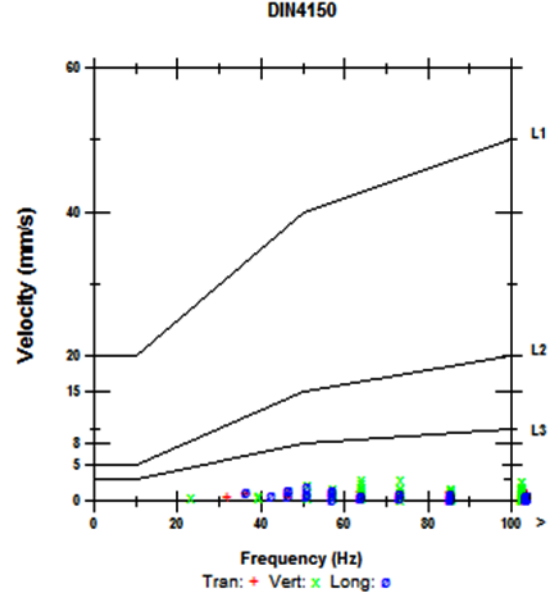
Post Event Notes

Microphone Linear Weighting
 PSPL <0.500 pa.(L) at -0.243 sec
 ZC Freq N/A
 Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	1.14	3.05	2.03	mm/s
ZC Freq	85	73	51	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.012	0.003	0.031	sec
Peak Acceleration	0.0795	0.172	0.0928	g
Peak Displacement	0.00347	0.00738	0.00808	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.6	7.4	Hz
Overswing Ratio	3.8	3.5	4.1	

Peak Vector Sum 3.09 mm/s at 0.003 sec

N/A: Not Applicable



Şekil C.3 : Parçacık hızı değerleri ölçümü Alman standartına göre.

EK C.4

Date/Time Tran at 16:31:46 October 4, 2011
 Trigger Source Geo: 0.510 mm/s
 Range Geo :254 mm/s
 Record Time 13.25 sec (Auto=5Sec) at 1024 sps
 Job Number: 1

Serial Number BE6518 V 3.74-3.74 MiniMate Plus
 Battery Level 6.4 Volts
 Calibration May 29, 2009 by InstanTel Inc.
 File Name H518DYPK.KY0
 Scaled Distance 10.0 (100.0 m, 100.0 kg)

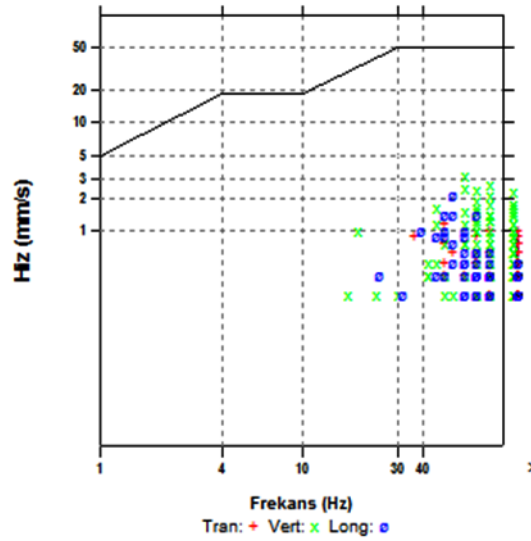
Notes

Maden ve Tas Ocaklari

Post Event Notes

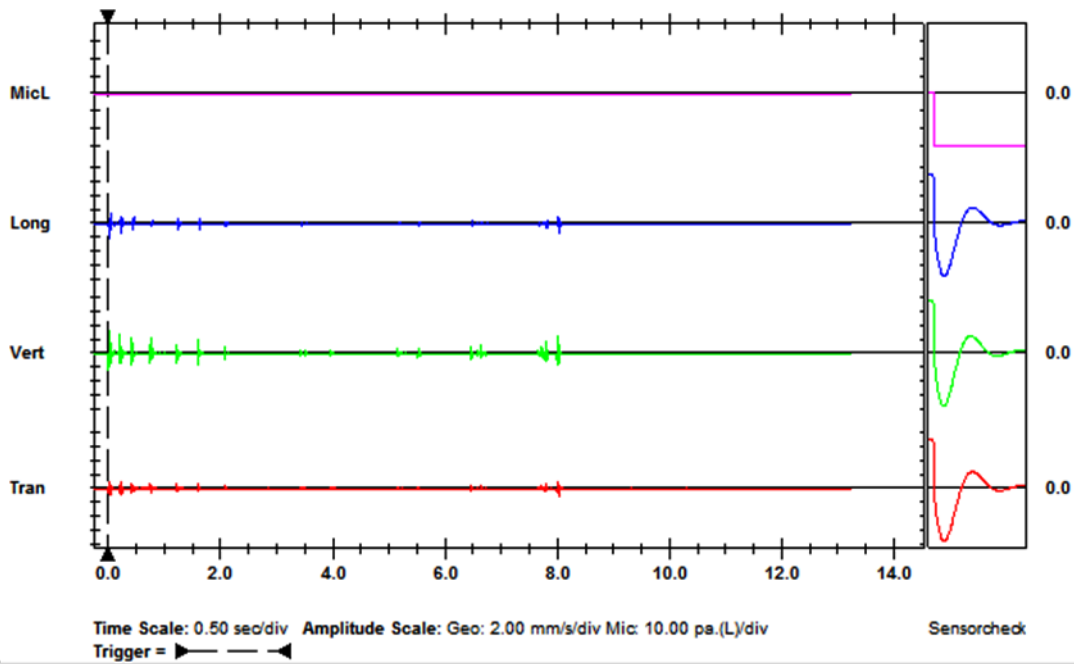
Microphone Linear Weighting
 PSPL <0.500 pa.(L) at -0.123 sec
 ZC Freq N/A
 Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	1.14	3.30	2.16	mm/s
ZC Freq	51	64	57	Hz
Time (Rel. to Trig)	8.032	0.009	0.030	sec
Peak Acceleration	0.0795	0.172	0.0795	g
Peak Displacement	0.00384	0.00738	0.00608	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.2	7.5	7.2	Hz
Overswing Ratio	3.8	3.6	3.9	



Peak Vector Sum 3.34 mm/s at 0.009 sec

N/A: Not Applicable



Şekil C.4 : Parçacık hızı değerleri ölçümü Türkiye standartına göre.

EK C.5

Date/Time Tran at 16:31:59 October 4, 2011
 Trigger Source Geo: 0.510 mm/s
 Range Geo: 254 mm/s
 Record Time 11.25 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps
 Job Number: 1

Serial Number BE12532 V 8.12-8.0 MiniMate Plus
 Battery Level 6.4 Volts
 Calibration June 29, 2007 by Instanet Inc.
 File Name N532DYPK.LB0

Notes

Location:
 Client:
 User Name:
 General:

Extended Notes

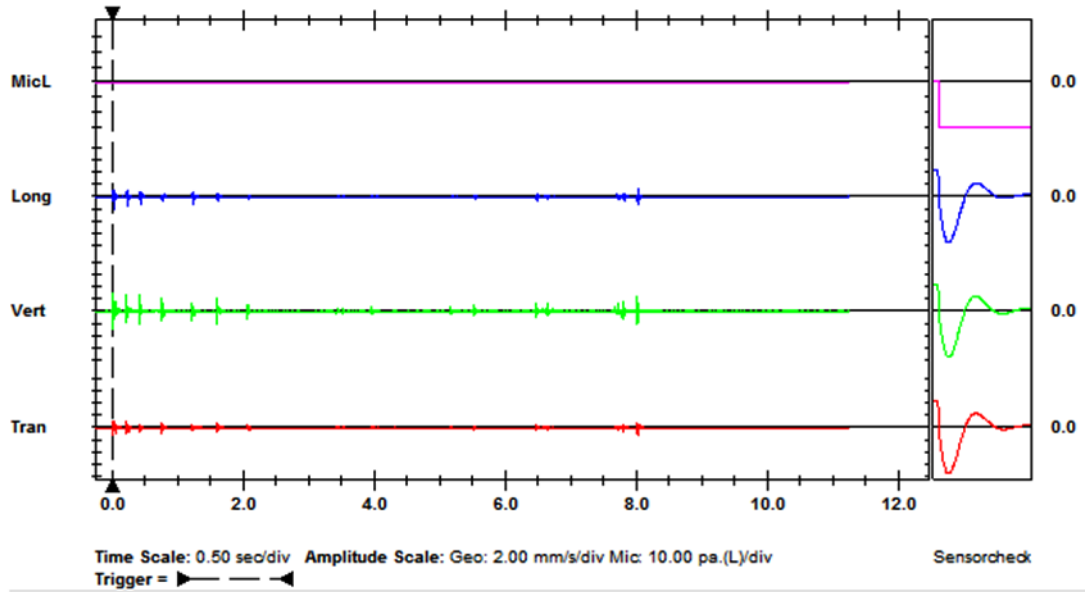
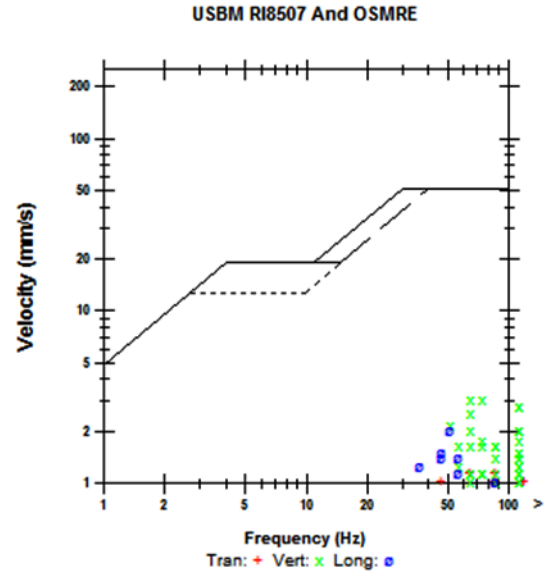
Post Event Notes

Microphone Linear Weighting
 PSPL <0.500 pa.(L) at -0.243 sec
 ZC Freq N/A
 Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	1.14	3.05	2.03	mm/s
ZC Freq	85	73	51	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.012	0.003	0.031	sec
Peak Acceleration	0.0795	0.172	0.0928	g
Peak Displacement	0.00347	0.00738	0.00608	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.6	7.4	Hz
Overswing Ratio	3.8	3.5	4.1	

Peak Vector Sum 3.09 mm/s at 0.003 sec

N/A: Not Applicable



Şekil C.5 : Parçacık hızı değerleri ölçümü ABD standartına göre.

EK C.6

Date/Time Tran at 16:31:46 October 4, 2011
 Trigger Source Geo: 0.510 mm/s
 Range Geo: 254 mm/s
 Record Time 13.25 sec (Auto=5Sec) at 1024 sps
 Job Number: 1

Serial Number BE6518 V 3.74-3.74 MiniMate Plus
 Battery Level 6.4 Volts
 Calibration May 29, 2009 by Instatel Inc.
 File Name H518DYPK.KY0
 Scaled Distance 10.0 (100.0 m, 100.0 kg)

Notes

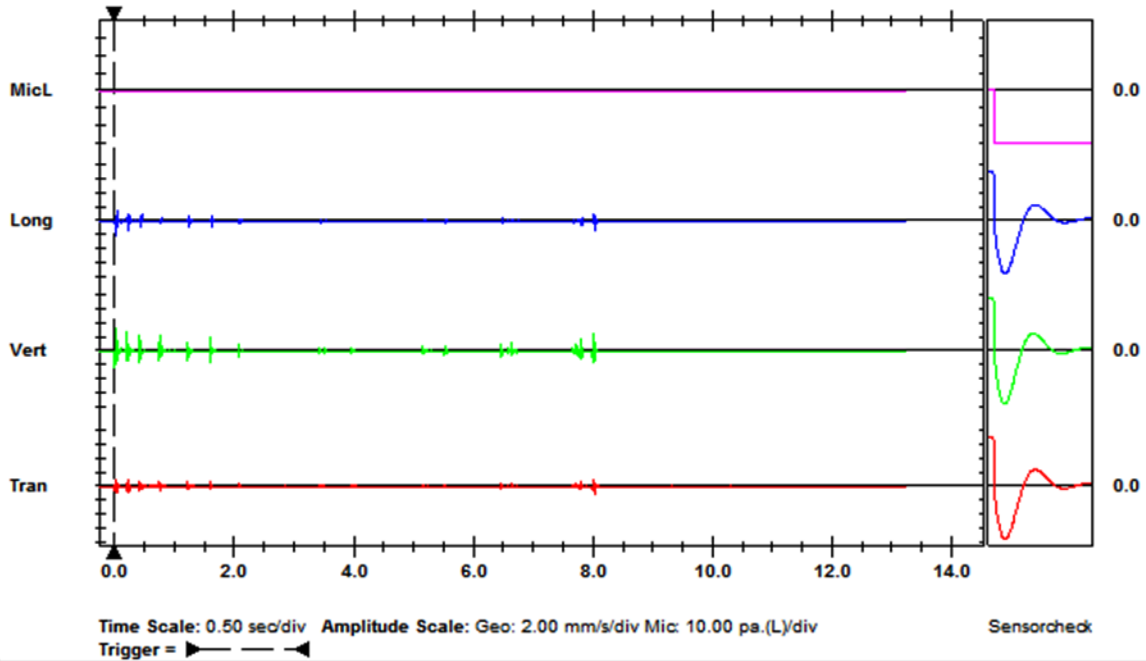
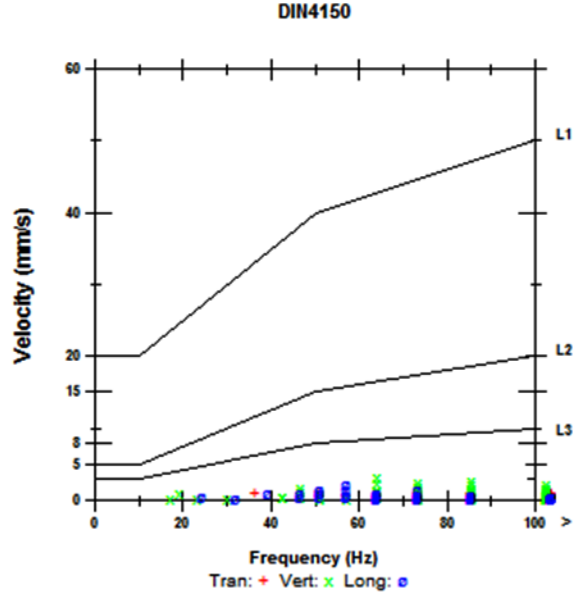
Post Event Notes

Microphone Linear Weighting
 PSPL <0.500 pa.(L) at -0.123 sec
 ZC Freq N/A
 Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

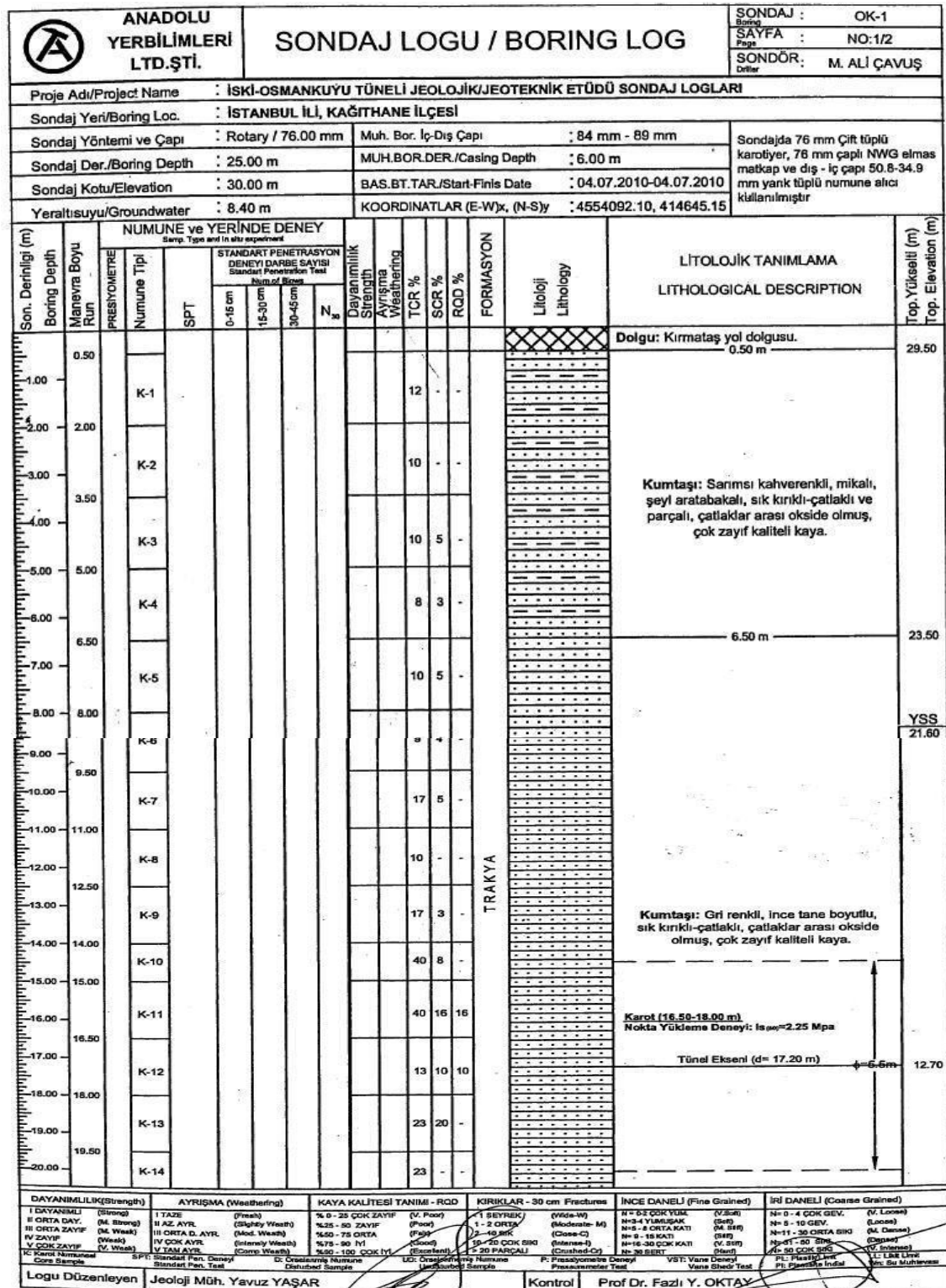
	Tran	Vert	Long	
PPV	1.14	3.30	2.16	mm/s
ZC Freq	51	64	57	Hz
Time (Rel. to Trig)	8.032	0.009	0.030	sec
Peak Acceleration	0.0795	0.172	0.0795	g
Peak Displacement	0.00384	0.00738	0.00808	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.2	7.5	7.2	Hz
Overswing Ratio	3.8	3.6	3.9	

Peak Vector Sum 3.34 mm/s at 0.009 sec

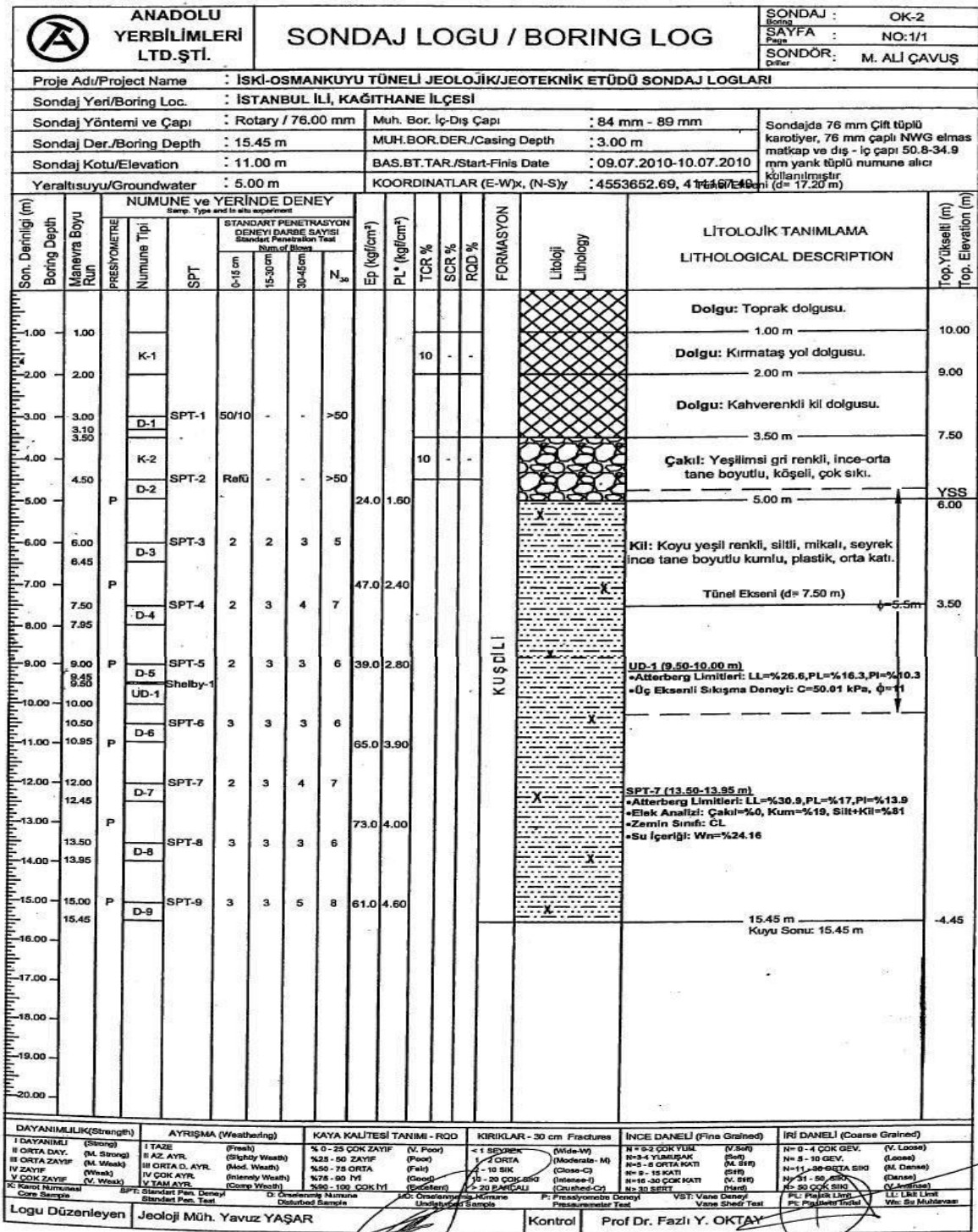
N/A: Not Applicable



Şekil C.6 : Parçacık hızı değerleri ölçümü Alman standartına göre.



Şekil D.1 : OK 1 Sondaj Logu.



Şekil D.2 : OK 2 Sondaj Logu.

ANADOLU

YERBİLİMLERİ
LTD.ŞTİ.

SONDAJ LOGU / BORING LOG

SONDAJ : OK-6
SAYFA : NO:1/2
SONDÖR : Erdinç ÇETİN
DİRİT :

Proje Adı/Project Name : İSKİ-OSMANKUYU TUNELİ JEOLojİK/GEOTEKNİK ETÜDÜ SONDAJ LOGLARI

Sondaj Yeri/Boring Loc. : İSTANBUL İLİ, KAĞITHANE İLÇESİ

Sondaj Yöntemi ve Çapı : Rotary / 76.00 mm Muh. Bor. İç-Çış Çapı : 84 mm - 89 mm

Sondaj Der./Boring Depth : 25.50 m MUH.BOR.DER./Casing Depth : 16.50 m

Sondaj Kotu/Elevation : 28.00 m BAS.BT.TAR./Start-Finish Date : 23.07.2010-24.07.2010

Yeraltısuyu/Groundwater : 8.50 m KOORDİNATLAR (E-W)x, (N-S)y : 4552604.42, 413485.47

Sondajda 76 mm Çift tüplü karotiyer, 76 mm çaplı NWG elmas matkap ve diş - iç çapı 50.8-34.9 mm yank tüplü numune alıcı kullanılmıştır

Son. Derinliği (m) Boring Depth	Manevra Boyu Run	NUMUNE ve YERİNDE DENey										Litoloji Lithology	LİTOLOJİK TANIMLAMA LITHOLOGICAL DESCRIPTION	Top. Yükselti (m) Top. Elevation					
		PRESİYOMETRİ	Numune Tipi	SPT	STANDART PENETRASYON DENeyİ DARBİ SAYISI Standard Penetration Test Num. of Blows				Ep (kgf/cm ²)	PL* (kgf/cm ²)	TCR %				SCR %	RQD %	FORMASYON		
					0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	N ₆₀											
1.00	1.50		K-1								17	-	-						
2.00			K-2								17	-	-						
3.00	3.00		SPT-1	4	4	6	10												
3.50			D-1																
4.00			K-3								33	-	-						
4.50			K-4								23	-	-						
5.00			K-5								15	-	-						
6.00			K-6								27	-	-						
7.00			K-7								17	-	-						
7.50			K-8								23	-	-						
8.00			K-9								27	-	-						
9.00	9.00		K-10								43	-	-						
10.00			K-11						34.0	2.40	57	-	-						
11.00			P																
12.00			K-12																
13.00			K-13																
14.00			K-14																
15.00			K-15																
16.00	16.50		SPT-2	3	4	5	9		483	28.0									
17.00			D-2																
18.00	18.00		SPT-3	13	14	18	32		617	30.0									
19.00			D-3																
20.00	20.00		P																

Dolgu: Yerel hafriyat malzemesi,
kil-çöp dolgusu

Tünel Eksen (d=12.0 m)

5.6m

19.00 m
Kumtaşı: Kızıl-kızılımsı; kahverenkli, ileri
derecede ayrılmış, ayrılmadan dolayı
taneleri serbestleşmiş ve zemin özelliği
kazanmış, sıkı.

DAYANIMLILIK(Strength)	AYRIŞMA (Weathering)	KAYA KALİTESİ TANIMI - RQD	KIRIKLAR - 30 cm-Parçalar	İNCE DANELİ (Fine Grained)	İRİ DANELİ (Coarse Grained)
I DAYANIMLI (Strong)	I TAZE (Fresh)	% 0-25 ÇOK ZAYIF (V. Poor)	< 1 SEVREK (Moderate-M)	N=03 ÇOK YILM (V. Soft)	N=04 ÇOK GEV. (V. Loose)
II ORTA DAY. (M. Strong)	II AZ AYR. (Slightly Weath)	%25-50 ZAYIF (Poor)	1-2 ORTA (Close-C)	N=3-4 YUMUŞAK (Soft)	N=5-10 GEV. (Loose)
III ORTA ZAYIF (Weak)	III ORTA D. AYR. (Mod. Weath)	%50-75 ORTA (Fair)	2-10 BİR (Intense-I)	N=5-8 ORTA KATI (Stiff)	N=11-30 ORTA SIKI (M. Dense)
IV ZAYIF (V. Weak)	IV ÇOK AYR. (Comp Weath)	%75-90 İYİ (Good)	10-20 ÇOK SIKI (Crushed-Cr)	N=9-15 KATI (Hard)	N=31-50 SIKI (V. Dense)
K Karot Numune Core Sample	SPT: Standard Pen. Deneyi Standard Pen. Test	B: Özetleyici Numune Disturbed Sample	UC: Özetleyici Numune Undisturbed Sample	P: Presiyometre Deneyi Pressiometer Test	VST: Vane Deneyi Vane Shear Test
Logu Düzenleyen	Jeoloji Müh. Yavuz YAŞAR		Kontrol	Prof Dr. Fazlı Y. OKTAY	PL: Plajifik Linye PL: Plajifik Linye

Şekil D.3 : OK 6 Sondaj Logu.

EK D.4

ANADOLU YERBİLİMLERİ LTD.ŞTİ.		SONDAJ LOGU / BORING LOG										SONDAJ : OK-7 SAYFA : NO:2/2 SONDÖR : M. ALİ ÇAVUŞ					
Son. Derinliği (m) Boring Depth (m)	Manevra Boyu Run	NUMUNE ve YERİNDE DENEY Samp. Type and In situ experiment						Dayanım Strength	Ayrışma Weathering	TCR %	SCR %	RQD %	FORMASYON	Litoj Lithology	LİTOLOJİK TANIMLAMA LITHOLOGICAL DESCRIPTION	Top.Yükseli (m) Top.Elevation(m)	
		PRESYOMETRE	Numune Tipi	SPT	STANDART PENETRASYON DENEYİ DARBE SAYISI Standard Penetration Test												N ₆₀
					00-15 cm	15-30 cm	30-45 cm										
21.00			K-13							27	5	-	TRAKYA		Kumtaşı: Sarımsı açık kahverengli, ince tane boyutlu, sık kırıklı-çatlaklı, çatlaklar arası okside olmuş, çok zayıf kaliteli kaya.	25.50	
21.50																	
22.00			K-14							20	-	-					
23.00																	
23.50			K-15							20	-	-					
24.00																	
24.50			K-16							13	5	-				Kumtaşı: Gri renkli, ince tane boyutlu, sık kırıklı-çatlaklı, çatlaklar arası okside olmuş, çok zayıf-zayıf kaliteli kaya.	22.60
25.00																	
25.50			K-17							67	17	-					
26.00																	
26.50			K-18							67	57	27					
27.00																	
27.50																	
28.00			K-19							47	20	7					
28.50																	
29.00			K-20							53	22	10					
29.50																	
30.00																	
30.50																	
31.00																	
31.50																	
32.00																	
32.50																	
33.00																	
33.50																	
34.00																	
34.50																	
35.00																	
35.50																	
36.00																	
36.50																	
37.00																	
37.50																	
38.00																	
38.50																	
39.00																	
39.50																	
40.00																	
40.50																	
41.00																	
41.50																	
42.00																	
42.50																	
43.00																	
43.50																	
44.00																	
44.50																	
45.00																	

Logu Düzenleyen: Jeoloji Müh. Yavuz YAŞAR

Şekil D.4 : OK 7 Sondaj Logu.

EK D.5

ANADOLU YERBİLİMLERİ LTD.ŞTİ.										SONDAJ LOGU / BORING LOG										SONDAJ : OK-8	
										SAYFA : NO:2/2		SONDÖR : M. ALİ ÇAVUŞ									
NUMUNE ve YERİNDE DENEY										FORMASYON										LİTOLOJİK TANIMLAMA	
Camp. Type and in situ experiment																				LITHOLOGICAL DESCRIPTION	
STANDART PENETRASYON DENEYİ DARBİ SAYISI																					
Standard Penetration Test																					
Num. of Blows																					
00-15 cm																					
15-30 cm																					
30-45 cm																					
N ₆₀																					
Dayanım																					
Strength																					
Ayrışma																					
Weathering																					
TCR %																					
SCR %																					
RQD %																					
Litoji																					
Lithology																					
Top. Yükseli (m)																				Top Elevation (m)	
Boring Depth (m)																					
Manivra Boyu																					
Run																					
PRESİYOMETRE																					
Numune Tipi																					
SPT																					
20.50	K-16									67	10	7									
21.00	K-17									100	22	22									
21.50	K-18									100	15	-									
22.00	K-19									100	18	-									
22.50	K-20									100	-	-									
23.00	K-21									100	8	-									
23.50	K-22									100	-	-									
24.00	K-23									100	14	-									
24.50	K-24									100	4	-									
25.00	K-25									100	-	-									
25.50	K-26									100	20	15									
26.00	K-27									91	11	-									
26.50	K-28									91	6	-									
27.00	K-29									91	-	-									
27.50	K-30									91	15	9									
28.00	K-31									91	12	9									
28.50	K-32									100	20	15									
29.00	K-33									100	70	35									
29.50	K-34									100	25	10									
30.00	K-35									100	5	-									
30.50																					
31.00																					
31.50																					
32.00																					
32.50																					
33.00																					
33.50																					
34.00																					
34.50																					
35.00																					
35.50																					
36.00																					
36.50																					
37.00																					
37.50																					
38.00																					
38.50																					
39.00																					
39.50																					
40.00																					
40.50																					
41.00																					
41.50																					
42.00																					
42.50																					
43.00																					
43.50																					
44.00																					
44.50																					
45.00																					
Logu Düzenleyen										Jeoloji Müh. Yavuz YAŞAR											

Şekil D.5 : OK 8 Sondaj Logu.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Darkhan IMANBEKOV

Doğum Yeri ve Tarihi: Kazakistan, 11.07.1987

E-Posta: darkhan _turcey @mail.ru

Lisans: Karagandı Devlet Teknik Üniversitesi