

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MELEN PROJESİ KAPSAMINDA AYAZAĞA
TÜNELLERİNDE DELME – PATLATMA İLE TÜNEL
AÇIMINDAKİ TEKNOLOJİK VE ÇEVRESEL
PERFORMANSIN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Erim GÜÇLÜ

Anabilim Dalı: MADEN MÜHENDİSLİĞİ

Programı: MADEN MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MELEN PROJESİ KAPSAMINDA AYAZAĞA TÜNELLERİNDE DELME –
PATLATMA İLE TÜNEL AÇIMINDAKİ TEKNOLOJİK VE ÇEVRESEL
PERFORMANSIN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Erim GÜÇLÜ
(505041005)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Mayıs 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Haziran 2008**

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Cengiz KUZU
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Gündüz ÖKTEN (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Mustafa ERDOĞAN (İ.T.Ü.)

HAZİRAN 2008

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca tüm bilgi birikimi ve tecrübesini benden esirgemeyen ve daima yönlendirici olan danışman hocam Sayın Doç.Dr. Cengiz KUZU'ya;

Osmankuyu Tüneli'nin açılmasında görev alan ve tez çalışmamda bana büyük yardımları olan Dr. Jeoloji Müh. Sayın Nezih YAVUZ'a, Jeoloji Mühendisi Sayın Özgür AYÇİL'e;

Eksiklerimin giderilmesinde bana çok yarındı olan Prof.Dr. Sayın Mustafa ERDOĞAN'a ve Prof.Dr. Sayın Gündüz ÖKTEN'e;

Hayatımın her döneminde yanımda olan aileme ve bana her konuda yardımcı olan çalışma arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs, 2008

Erim GÜÇLÜ

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Jeolojik Özellikler	5
2.2. Jeoteknik Veriler	7
2.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPD)	8
2.2.2. Sabit Seviyeli Geçirgenlik Deneyi	9
2.2.3. Parker Deneyi	9
2.2.4. Serbest Basınç Tayini Testi	10
2.2.5. Yeraltı Su Seviyesi	11
3. TÜNEL AÇIMINDA TEMEL İŞLER	13
3.1. Havalandırma	13
3.2. Nakliyat	15
3.3. Tahkimat	19
3.4. Kazı	25
3.4.1. Delme İşleri	26
3.4.1.1. Delme İşleri İle İlgili Temel Özellikler	26
3.4.1.1.1. Delik Düzeni	26
3.4.1.1.2. Kayaç Tipi ve Sağlamlılığı	26
3.4.1.1.3. Delik Çapı	27
3.4.1.1.4. Delik Boyu	27
3.4.1.1.5. Delik Sayısı	28
3.4.1.2. Delme Performansı ve Maliyet	29
3.4.1.2.1. Performans Değerleri	29
3.4.1.2.2. Maliyet	33
3.4.2. Patlatma İşleri	34
3.4.2.1. Patlatma İşleri İle İlgili Özellikler	35
3.4.2.2. Patlatma Performansı ve Maliyet	36
3.4.2.2.1. Performans Değerleri	37
3.4.2.2.2. Maliyet	40
4. GENEL BİLGİLER	43

4.1. Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler: Yer Sarsıntıları, Yer Sarsıntılarının Özellikleri ve Değerlendirilmesi	43
4.2. Tünelde Yapılan Atımların Çevresel Etkileri	57
5. SONUÇLAR	67
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	99

TABLO LİSTESİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1: Standart Penetrasyon Deneyi Sonuçları	8
Tablo 2.2: Derinliğe Bağlı olarak Uygulanacak Basınç Miktarları.....	10
Tablo 2.3: Serbest Basınç Deneyi Sonuçları	11
Tablo 2.4: Serbest Basınç Deneyi Sonuçları	11
Tablo 2.5: Yeraltı Su Seviyesi Değerleri	12
Tablo 3.1: Üfleyici Fanın Özellikleri	14
Tablo 3.2: Q Sınıflandırması ile Tahkimat Tipi Seçimi	21
Tablo 3.3: Kesit Alanı ve Delik Sayısının Zeminle Olan İlişkisi	29
Tablo 3.4: Atlas Copco Boomer 281'in Özellikleri.....	31
Tablo 3.5: Atım Paternlerine Ait Delik Sayıları.....	32
Tablo 3.6: Spesifik Delme Miktarları.....	33
Tablo 3.7: Kullanılan Patlayıcının Özellikleri.....	37
Tablo 3.8: Atımlara Ait Patlayıcı Miktarları, Anlık Patlayan Patlayıcı Miktarları ve Spesifik Şarj Miktarları.....	39
Tablo 3.9: Atımlar Sonucu İlerlemeler.....	40
Tablo 4.1: Crandell'in Çalışmaları Sonucu Sunduğu Öneriler.....	45
Tablo 4.2: Langerfors, Kihlstrom ve Westerberg'in Parçacık Hızı Kriteri.....	46
Tablo 4.3: Edwards ve Northwood'un Parçacık Hızı Kriteri.....	46
Tablo 4.4: USBM'in Parçacık Hızı Kriteri.....	46
Tablo 4.5: Uzaklığa Bağlı Olarak İzin Verilebilen Maksimum Parçacık Hızı Değerleri.....	51
Tablo 4.6: Uzaklığa Bağlı Ölçekli Mesafe Değerleri.....	54
Tablo 4.7: Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlama Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri.....	56
Tablo 4.8: Atımlara Ait Ölçüm Değerleri.....	62
Tablo 5.1: Maliyetler.....	67

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Proje Alanı.....	1
Şekil 1.2 : Osmankuyu Tüneli hattı uydu görüntüsü.....	3
Şekil 1.3 : Osmankuyu Tüneli profil ve plan görünüşü.....	4
Şekil 3.1 : Selnikel marka üfleyici fanın görünüşü.....	13
Şekil 3.2 : Komatsu kırıcının görünüşü.....	15
Şekil 3.3 : Man Markalı 26-240 Modelli Kamyon.....	16
Şekil 3.4 : CAT 936 Model Loder.....	16
Şekil 3.5 : Tip I boy ve en kesiti.....	21
Şekil 3.6 : Tip II boy ve en kesiti.....	22
Şekil 3.7 : Tip III boy ve en kesiti.....	22
Şekil 3.8 : Püskürtme beton uygulaması.....	23
Şekil 3.9 : Tip IV boy ve en kesiti.....	23
Şekil 3.10 : Tip V boy ve en kesiti.....	24
Şekil 3.11 : Kesit alanı ve delik çapının delik sayısı ile bağlantısı.....	28
Şekil 3.12 : Atlas Copco Rocket Boomer 281'in görünüşü.....	30
Şekil 3.13 : Tünel kesit alanı ve spesifik delgi arasındaki ilişki.....	33
Şekil 3.14 : V tipi orta çekme	36
Şekil 3.15 : Patlayıcının görünüşü.....	37
Şekil 4.1 : Parçacık hızı – Frekans ilişkisine bağlı güvenli patlatma kriteri.....	47
Şekil 4.2 : Hız ve yer değiştirmenin kombinasyonunu kullanarak evler için patlatma titreşimlerinin güvenli seviyeleri.....	48
Şekil 4.3 : Sarsıntılarla ilgili düzenlemeler.....	50
Şekil 4.4 : Frekans - Maksimum parçacık hızı ilişkisi.....	55
Şekil 4.5 : Titreşimlerin ölçümünden bir görünüm.....	59
Şekil 4.6 : Nonel kapsül kullanılan patlatmaya ait parçacık hızı zaman grafiği.....	60
Şekil 4.7 : Nonel kapsül kullanılan patlatmadaki ayna paterni.....	60
Şekil 4.8 : Elektrikli kapsül kullanılan patlatmaya ait parçacık hızı zaman grafiği	61
Şekil 4.9 : Elektrikli kapsül kullanılan patlatmadaki ayna paterni.....	61
Şekil 4.10 : Üst yarı atımına ait ayna paterni.....	63
Şekil 4.11 : Alt yarıya ait ayna paterni.....	63
Şekil 4.12 : Üst yarı atımına ait parçacık hızı zaman grafiği.....	64
Şekil 4.13 : Alt yarı atımına ait parçacık hızı zaman grafiği.....	64
Şekil 4.14 : Tüm yöntemlere ait sismik kayıtlar.....	65
Şekil 4.15 : Atım süreleri ve pik parçacık hızı bakımından atımlar ve insani tepkiler arasındaki ilişki.....	66
Şekil 5.1 : Tam Cephe Patlatma için maliyetlerin yapılan işlere göre dağılım....	68
Şekil 5.2 : Kısmi Cephe Patlatma için maliyetlerin yapılan işlere göre dağılım.	68

MELEN PROJESİ KAPSAMINDA AYAZAĞA TÜNELLERİNDE DELME – PATLATMA İLE TUNEL AÇIMINDAKİ TEKNOLOJİK VE ÇEVRESEL PERFORMANSIN İNCELENMESİ

ÖZET

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 Çayı'ndan İstanbul'daki su dağıtım barajlarına 185 km lik boru hattı ile su getirilmesi için Melen Çayı Projesi hazırlanmıştır. Çalışmaya konu olan Osmankuyu Tüneli de bu proje kapsamında yer almaktadır. Osmankuyu Tüneli'nin bir ucu "Osmankuyu Giriş" adıyla anılmakta ve tünelin bu ağzı Ayazağa Köyü kuzeydoğusunda bulunmaktadır. Tünelin diğer ağzı ise Kagıthane'de olup "Osmankuyu Çıkış" olarak adlandırılmaktadır. Tünel kazısı bu iki ağızdan başlayıp birleştirilmek üzere sürdürülmüştür.

Çalışmada öncelikle tünel kazılarında yapılması gereken temel işler olan havalandırma, nakliyat ve tahkimat konularında önemle durulmuş, işletmede yapılan uygulamalar gözlemlenmiştir. Ayrıca bu başlıklar kapsamında gerekli birim maliyet hesapları da yapılmıştır. Daha sonra ise tünel açımında kullanılan kazı yöntemi olarak delme – patlatma yöntemi incelenmiştir. Delme ve patlatma işleri ve bunların performansına ait gözlemlerde yapılarak bu çalışmada sunulmuştur. Delme ve patlatma işleri sonucu ortaya çıkan birim maliyetler de hesaplanmıştır.

Başlangıçta tünelde uygulanan patlatma şekli tam cephe patlatması olarak seçilmiştir. Ancak çalışmalar esnasında Osmankuyu Tüneli'nin bir kısmının Ayazağa Köyü yerleşim biriminin altından geçmesi nedeniyle, tünelde yapılan patlatmaların bölge sakinlerini rahatsız ettiği görülmüştür. Tam cephe patlatma yönteminde atıma ait parametreler değiştirilmesi denenmiş ise de bölgede yaşayanların rahatsızlıklarının devam ettiği görülmüştür. Bu nedenle tam cephe patlatma yöntemi yerine, bu bölümün altından geçilirken kısmi cephe patlatma yöntemi uygulanmakta ve bir birim ilerleme için büyük bir atım yerine iki küçük atım yapılarak rahatsızlık önlenmeye çalışılmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde öncelikle patlatma kaynaklı titreşimlerin hasar kriterlerinin gelişiminden ve Türkiye ile diğer ülkelerde uygulanan hasar kriterlerinden bahsedilmiştir. Osmankuyu Tüneli açılırken yapılan patlatmalar sırasında sismik kayıtlar alınmış ve hem tam cephe patlatma yöntemi hem de kısmi cephe patlatma yöntemi açısından atımlara ait kayıtlar değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak; tam cephe atım parametrelerinde yapılan değişikliklere rağmen yeterli çevresel performans elde edilememesi üzerine kısmi cepheli patlatma yöntemine geçilmiştir. Denemelerde, sismik kayıtlarda en çok kullanılan kriter olan parçacık hızı – frekans ilişkisi kriterine göre ne tam cephe patlatma da ne de kısmi cephe patlatma da hasar eşikleri aşılmamıştır. Ancak tam cephe patlatmalara kıyasla kısmi cephe patlatmalardaki atım süreleri yaklaşık %25-50 oranında azalmış ve bu azalma da bölge sakinlerinin tepkilerinin azalmasıyla doğru orantılı olmuştur.

INVESTIGATION OF TECHNOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE IN TUNNEL EXCAVATION WITH DRILLING AND BLASTING UNDER THE SCOPE OF MELEN PROJECT IN AYAZAGA TUNNELS

SUMMARY

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 carried to the dams in Istanbul with a 185 km long pipeline. Osmankuyu Tunnel 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 “Osmankuyu Giris” is at northeast of Ayazaga Koyu. The other opening which is called “Osmankuyu Cikis” is at Kagithane. Tunnel excavations started from this two 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 was investigated as a tunnel excavation method. Site investigations were done to obtain the informations for drilling and blasting works and their performance and these informations were presented in this study. The units costs of drilling and blasting works were calculated.

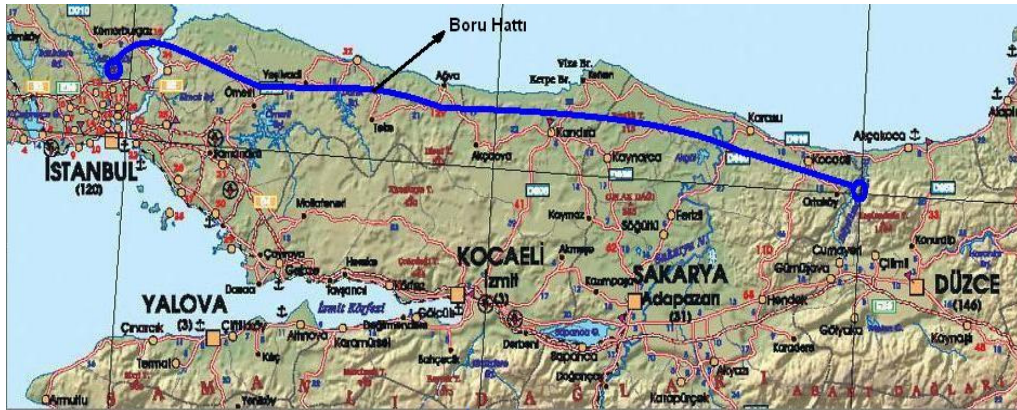
At the beginning, the blasting method was selected as full face blasting. But then during the studies, the blasts in the tunnel were disturbed the people in Ayazaga Koyu because some part of the Osmankuyu tunnel was passing under this residential place. Although the blasting parameters changed in full face blasting method, the disturbance was still going on. Because of this reason, partial face blasting method was selected instead of full face blasting while this part of the tunnel were being passed. Disturbance wanted to be decreased by passing these part of tunnel with two small blasts instead of a huge blast for a unit advance. In this part of the study, the evolution of damage criterias for blast induced vibrations and the criterias used in Turkey and other countries were mentioned. Sismic records were taken while Osmankuyu tunnel was being opened by blasts and both full face shots and partial face shots records were evaluated.

In conclusion, although the blasting parameters were changed in full face shots, environmental performance was not sufficient so partial face blasting method was applied. According to the peak particle velocity – frequency criteria which is the most used one, both full face and partial face shots are not above the damage level. But the durations of shots in partial face blasting is 25-50 percent shorter than full face blasting. So the reactions of the people living in this region were decreased directly proportional to the durations of shots.

1. GİRİŞ

Gün geçtikçe nüfusu artan İstanbul ciddi bir su sorunu ile karşı karşıya gelmektedir. Özellikle 2007 yılı yaz aylarında bu sorun kendini iyiden iyiye göstermiştir. “Melen Projesi olarak adlandırılan projeye 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 İl 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**).

Melen Sistemi 2 Merhale Projesinde (2000) 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.



Şekil 1.1: Proje Alanı

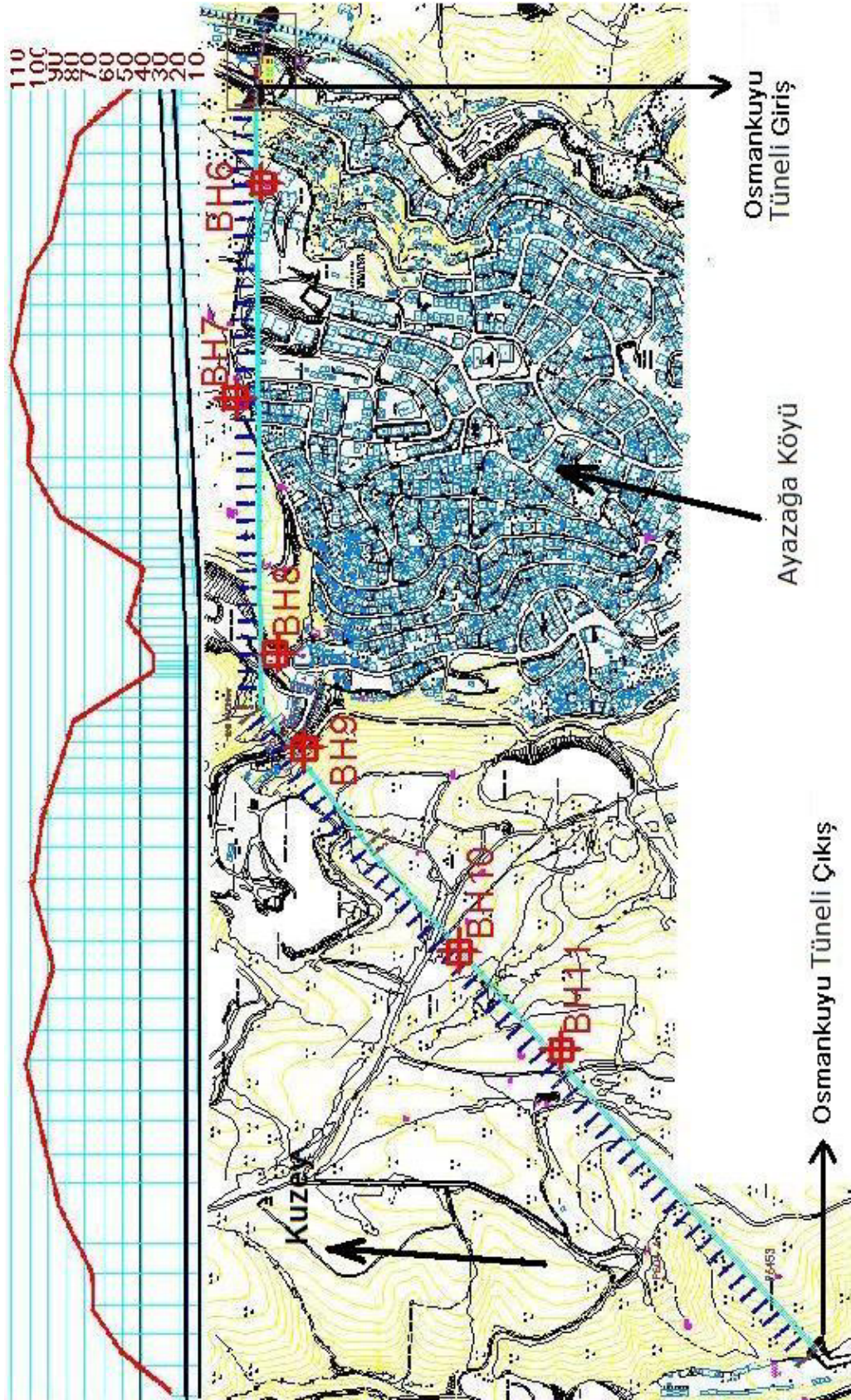
Kuzey yönüne doğru akarak Karadeniz’e dökülen Melen Çayı’nın suyu, nehir ağzının yaklaşık 7 km akış yukarısında yerleştirilen ve nehir en kesiti boyunca inşa edilecek regülatör ile alınacaktır. Daha sonra, 1,7 km uzunluğundaki terfi hattı ile Melen Pompa İstasyonu’ndan Melen Terfi Deposu’na basılacak 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 Merkezi'ne beton kondüvi, boru hatları ve tüneller (Bekleme: 1383 m, Beykoz: 2755 m, Ortaçeşme: 983 m, Boğaziçi: 5551 m, Ayazağa: 2577 m) aracılığıyla iletilecektir. **(Güçlü, E., diğerleri, B.,2007)”**

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 **(Özer Ü., diğerleri,2007), (Kahriman A., diğerleri,2007)**. Bu çalışmada tünel açımı için uygulanan delme – patlatma yöntemleri incelenerek, delme ve patlatma işlerinin maliyet, performans ve çevresel etki analizi yapılmaktadır. Patlatmaların çevresel etkisine konu olan Ayazağa tünellerinden bir bölümünün Ayazağa Köyü yerleşim alanının altından geçmesi patlatma kaynaklı titreşim nedeniyle önem arz etmekte ve bu kısımlardaki patlatma çalışmaları için farklı uygulamalar gerekebilmektedir. Bu nedenle söz konusu yerleşim alanları altından geçilirken kısmi cephe delme – patlatma uygulanmıştır. Yerleşim alanları uzağındaki tünel açma çalışmalarında tam cephe patlatma yöntemine devam edilmiştir. Çalışmada tam cepheli patlatma ile kısmi cepheli patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin çevresel etkileri ve hasar sınırını geçip geçmediği ayrıca incelenmektedir **(Güçlü, E., diğerleri,2007)**. Çalışmalar Ayazağa Tünelleri'nin bir bölümü olarak nitelendirilen ve bir kısmı Ayazağa Köyü'nün altından geçen Osmankuyu Tüneli'nde yapılmış olup bu güzergahın uydu fotoğrafı Şekil 1.2'de, plan ve Profil görünümü Şekil 1.3'te verilmektedir.



Şekil 1.2: Osmankuyu Tüneli Hattı Uydu Görüntüsü



Şekil 1.3: Osmankuyu Tüneli profil ve plan görünüşü

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Jeolojik Özellikler

İnceleme alanı ve dolayında en altta Karbonifer yaşlı,derin deniz fasiyesini belirten fliş niteliğindeki ince tabakalı ve laminalı şeyl, mercekssel çakıltası ve türbiditik kumtaşı ardaalanmasından oluşın Trakya formasyonu bulunur.

Trakya formasyonu üzerine Pliyosen yaşlı, az tutturulmuş çakıllı, kumlu siltli killi Belgrad formasyonu uyumsuz olarak gelir. Bu birim, genellikle bölgedeki tepelerde örtüler şeklinde görülür.

Bölgenin en genç çökeli ise Kuvaterner yaşlı alüvyon olup dere yataklarında görölmektedir. Alüvyonlar, Geç Kuvaterner’de İstanbul yarımadasında mevcut olan çeşitli akarsu ortamlarında depolanmış, gevşek blok-çakıl-kum-kil den yapılmış çökellerdir. Genelde çapraz tabakalı ve devresel çökeller şeklinde olup kalınlıkları ve kendilerini oluşturan malzeme çevrelerine ve akarsuların fiziksel ve geometrik özelliklerine bağılıdır. Bu birim de Holosen yaşlıdır. Çakıl, kum ve kilden oluşın birim, pekişmemiş gevşek bir litolojiyi karakterize eder.

Tünellerin açıldığı Trakya formasyonu yanal ve düşey yönlerde değişim gösteren kalın şeyl, grovak ve litik konglomera ardışıklı istiften yapılı olup hakim olarak fliş fasiyesindedir.

Formasyon boğazın batısında; Sarıyer, Zekeriyaköy, Boğazköy, Arnavutköy, Şamlar, İkitelli, Mahmutbey, Edirnekapı, Sirkeci, Yenikapı, Ortaköy, ve Ayazağa çevrelerinde geniş yayılım gösterir.

Trakya formasyonu, büyük kısmıyla şeyl ve az olarak da polijenik konglomera, kalkerli şeyl, kireçtaşı, kuvars konglomera ve kuvarslı kumtaşından yapılmıştır. Formasyonun büyük kısmını oluşturan şeyller genellikle koyu gri ve yeşilimsi gri, sarımsı gri, yersel olarak soluk kırmızı pembe ayrışma renklidir. Şeyller içinde çok

ince laminealı silttaşından çok kaba konglomeralara kadar türbidit oluşukları bulunur. Birim içinde orta-iyi arası boylanmış ve çok kötü boylanmış iki grovak çeşidi yer alır. En çok görülen birinci tip grovaklar; yeşilimsi gri, sıkı, yarı yuvarlaklaşmış kuvars, koyu renkli çört, taş kırıntıları, mika ve feldspattan yapıldır. Taneler ikincil büyüme, silis çimento ve kil hamuru ile bağlanmışdır. Ayrılmış örnekleri grimsi sarı ile soluk kahve arasında gözenekli, demirle boyanmış, bol mikalı ve dirençsizdir. Grovaklar bitevil devamlı dereceli ve laminealı tabakalanma gösterir. Şeyl ile nöbetleşmelerindeki grovaklar yatay ve düşey tane derecelenmesi, keskin alt sınır, taban yapıları, oluşuk arası şeyl parçaları, tane yönelimi, buruşma yapısı, yarıma lineasyonu, küçük ölçekte çapraz stratigrafikasyon gibi özellikleriyle türbidit akıntı çökelleridir. Alttan üste doğru laminealı tabaklanma gösteren grovaklar, akıntı içyapılar bakımından fakirdir. Çok kötü boylanmış, grovaklar koyu yeşilimsi gri, zeytini yeşil, gri, sarımsı gri, ayrışma renkli ve düşük dokusal olgunluktadır. Bileşen taneler çoğunlukla kaya parçası, kuvars, mika, feldspat kırıntısıdır. Bu tip kayaçlar, genellikle masif iç yapısız, 16-64 cm tabaka kalınlığı sınırları içinde ince şeyllerle ara katkılı olabilir. Litik grovaklar ve bunlarla ardışıklı şeyller iyi korunmuş bitki kalıntıları ve bitkisel yığılımları kapsar.

Konglomeralar kısmen klavuz seviye özelliğindedir. Bunlar genellikle açık yeşilimsi, gri ve grimsi sarı ile soluk kahverengi arasında ayrışma renkli, polijenik çok kötü ile orta arası boylanmalıdır. Bileşen taneler çok ince çakılcıkla ufak blok arasında yarı yuvarlanmış, beyaz kuvarslı damarlar, koyu renkli çörtler, lidit, iyi yuvarlaklaşmış mikaşist, oluşuk arası şeyl, grovak ve kireçtaşıdır. Türbiditler morfolojik olarak kumtaşı, kesitlerinin altında ve içinde merceksele, kalın şeyl kesitlerinde çizgisel kanal dolgusu oluşuklar, bolluk ve kalınlıkları üste doğru azalıp kaba kumtaşı, laminealı kumtaşı ve silttaşı yoluyla şeyle geçer.

Birimin ana kısmını meydana getiren şeyller homojen olup koyu gri renklidir. Yeşilimsi gri, açık zeytini gri, grimsi sarı ve yersel olarak da beyaz morumsu ve kırmızımsı renklerde ayrışır. Kesitin üstüne doğru şeyller kalkerli ve fosillidir.

Formasyon alttaki Baltalimanı formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir. Üstten ise genç birimlerle açılı uyumsuzlukla örtülür. Yaklaşık kalınlığı 700 m.dir. Bazı iz fosilleri birim içinde yer alır. Formasyonun yaşı Alt Karbonifer (Vizeen)'dir.

Fliş veya molas niteliğindeki Trakya formasyonu önce Hersiniyen orojenezi döneminde ve daha sonra Alpin orojenezi döneminde şiddetle deforme olmuş, kırılmış, kırılmış, farklı doğrultularda çatlak sistemleri ve kayma düzlemleriyle parçalanmıştır. Mühendislik özellikleri açısından çoğunlukla sorunsuz olan bu formasyon, birbiriyle yatay ve düşeyde sık geçişleri bulunan, genellikle gri kahverengi- mavimsi gri renkli ince orta taneli, sık eklemlili, ince-orta tabakalı, yüzeye yakın kesimlerde fiziksel ayrışmanın fazla olduğu zayıf-orta sağlam kaya özellikleri göstermektedir.

Yapısal hareketlere bağlı şişleşme, paralanma, makaslama ve ezilme zonları yaygın olarak görülür. Bir diğer yapısal bozukluk nedeni, formasyon içerisine sil ve dayk şeklinde yerleşmiş diyabaz ve andezit gibi volkanik sokulumlar civarında oluşan birincil özelliklerini yitirmiş kuşaklardır. Anılan zonlarda ve çevrelerinde, bu zonların büyüklüğüne bağlı olarak alterasyon kuşakları gelişmektedir. Geçmiş dönemlerde yapılan sondaj verilerinde 30 m.'ye varan alterasyon zonlarının varlığından söz edilmektedir. Koyu gri siyah grafitik şişt yapısındaki bu seviyeler, Trakya formasyonu içerisindeki makaslama zonlarında gelişmiş anakayanın alterasyona uğrayarak tümüyle birincil özelliklerini yitirdiği çok zayıf kaya ile sert kil ya da çok sıkı çakıllı kum arasında ortam özelliği taşımaktadır. Bu zonlar civarında kaya kalitesi düşmekte ve formasyon zemin gibi davranabilmektedir.

2.2. Jeoteknik Veriler

Devlet Su İşleri, Melen Projesi II. Merhale kapsamında yer alan Sözleşme Paketi 6'ya dahil, Ayazağa-Kağıthane arasını tünel ile geçilmesini kapsayan iletim güzergahı (km 20+710-22+750) konusunda aşağıda belirtilen nedenlerle; Melen Mühendislik ve Müşavirlik Hizmetleri Girişim Grubu'ndan alternatif güzergah çalışması istenmiştir.

- Proje yapımı safhasında bulunmayan, fakat bugün güzergah yanına kadar yayılmış çok katlı binalar,
- Mezarlığın güzergâh üzerine yayılması,

- Projedeki dik meyillerin derin yarmaların çevredeki yüksek binaları tehlikeye sokması,
- Orman Bakanlığı’nca “Koruma Ormanı” ilan edilen ormanın tahrip edilmesi.

Bu sebeplerden dolayı, arazide ve proje dökümanları üzerinde yapılan incelemeler sonucunda, bölgenin tek boru yerine, projenin diğer safhalarına da hizmet edecek kapasitede ve içinden daha fazla borunun geçebileceği bir tünelin açılması uygun bulunmuştur.

Böylece belirlenen tünel güzergâhı boyunca, zemin ve kaya koşullarının araştırılması için Melen Mühendislik ve Müşavirlik Hizmetleri Girişim Grubu tarafından sondajlar önerilmiş ve bu sondajlar DSİ tarafından açılmış, jeoteknik veri raporu hazırlanmıştır. Raporda Standart Penetrasyon Deneyi, Sabit Seviyeli Geçirgenlik Deneyi ve Paker deneyi ve laboratuvar deneylerinden Serbest Basınç Deneyi’ne yer verilmiştir. Ayrıca yer altı su seviyesi ölçülmüştür. Tünel güzergahı boyunca altı adet sondaj yapılmış ve BH6, BH7, BH8, BH9, BH10, BH11 olarak numaralandırılmıştır.

2.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPD)

Bu deney BH8 No.lu sondaj kuyusunda uygulanmıştır. Standart penetrasyon deneyleri zemin veya bozulmuş kaya seviyelerinde yapılır. Deneyler, manuel tokmaklarla yapılmıştır. Birbirini takip eden 150 mm uzunluğundaki 3 adet SPT tüpünü çakmak için gerekli vuruş sayısı elde edilir. Eğer numune alıcı 450 mm’den az çakılırsa, tam çakılan ikinci 150 mm’deki vuruş sayısı ve tamamlanamayan üçüncü 150 mm’deki vuruş sayısı toplanarak, toplam çakılan derinlik ile beraber kuyu loglarına yazılır. SPT deneyi sonuçları Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1: Standart penetrasyon deneyi sonuçları (Melen Sistemi 2. Merhale Projesi, 2000).

Kuyu No.	Derinlik (m)	SPT		
		15 cm	15cm	15cm
BH8	1,50 – 1,95	7	11	18
BH8	3,50 – 3,95	14	15	29

2.2.2. Sabit Seviyeli Geçirgenlik Deneyi

Sabit seviyeli geçirgenlik deneyleri, BH6 No.lu kuyuda uygulanmıştır. Sabit seviyeli geçirgenlik deneyinde suyun sabit bir sütun şeklinde zemin içerisine akımı sağlanır. Temiz su kullanılması gerekmektedir. Eğer yer altı su seviyesi sabit değilse veya borulardaki sürtünme kayıpları fazla ise geçirgenlik deneyi başarılı olmaz. Bu tarz geçirgenlik deneyi yüksek akımların beklendiği, kum ve çakıl gibi akımların 100 l/dakika'yı aştığı birimlerde uygulanır. Bu durumda kuyudaki muhafaza borusu örselenmiş zemin ile hemyüz olacak şekilde indirilir ve kuyuda su doldurularak deney yapılır. Suyun akış oranı sabit bir su sütunu sağlanana kadar ayarlanmalıdır. Deneyde bu olaya düzenli akış oranı sağlanıncaya kadar devam edilir.

Geçirgenlik katsayısı, k (m/sn) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır:

$$k = \frac{q}{F \times H_c} \quad (2.1)$$

Q: akış hızı (m³/sn)

F: Su alma faktörü (m)

H_c: Yeraltı su seviyesi üstündeki sabit seviye (m)

Su alma faktörü F, BS 5930:1999'daki ilgili formüller yardımıyla hesaplanır.

2.2.3. Pakar Deneyi

Bölgenin geçirimsizliği hakkında bilgi edinmek için, açılan sondaj kuyularında, uygun kaya şartlarında, 2 m'lik zonlarda Pakar Deneyleri yapılmıştır. Deneylerde uygulanacak basınç miktarı, DSİ standardına göre verilmiştir. Tablo 2.2'de, derinliğe bağlı olarak uygulanacak basınç miktarları görülmektedir.

Tablo 2.2: Derinliğe Bağlı Olarak Uygulanacak Basınç Miktarları

Derinlik (m)	Uygulanacak Basınç (atm)
0,00 – 4,00	2
4,00 – 10,00	2 – 4 – 2
10,00 – 20,00	2 – 4 – 6 – 4 – 2
20,00 – 30,00	2 – 4 – 6 – 8 – 6 – 4 – 2
>30,00	2 – 4 – 6 – 8 – 10 – 8 – 6 – 4 – 2

Geçirgenlik hesaplanırken her kademe için ayrı ayrı Lujyon ve geçirgenlik değerleri hesaplanır. Basit bir kural olarak 1 Lujyon birimi 100 m’lik su sütunu altında 1 dakikada 1 metre uzunluğundaki zondan litre cinsinden kaçan su miktarıdır. Lujyon kuyu çapını standartlaştırmamıştır ancak genelde 76 mm’yi esas almıştır. Her kademe için Lujyon değerleri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$L = \left(\frac{100}{l} \right) \times \left(\frac{q}{h} \right) \quad (2.2.)$$

L: Lujyon değerleri

L: Deney kesiminin uzunluğu (m)

q: Akış (m³/sn)

h: Toplam su sütunu (m)

2.2.4. Serbest Basınç Tayini Testi

Sondaj kuyularından alınan karot numuneler üzerinde, DSİ XIV. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol Laboratuvarı’nda, Serbest Basınç Tayini testleri yapılmıştır. Deney sonuçlarının özeti Tablo 2.3 ve Tablo 2.4’de verilmiştir.

Tablo 2.3: Serbest Basınç Deneyi Sonuçları BH6 – BH8 (Melen Sistemi 2. Merhale Projesi, 2000)

Kuyu No.	Derinlik (m)	Serbest Basınç Değeri (kgf/cm ²)	Kuyu No.	Derinlik (m)	Serbest Basınç Değeri (kgf/cm ²)
BH6	23,40 – 23,60	547,3	BH7	96,33 – 96,50	470,1
BH6	30,04 – 30,60	810,9	BH7	106,70 – 106,95	229,0
BH7	20,65 – 20,87	193,7	BH7	119,30 – 119,50	624,4
BH7	33,60 – 33,90	453,6	BH8	11,30 – 11,70	517,0
BH7	42,00 – 42,20	707,5	BH8	13,50 – 14,00	417,6
BH7	50,40 – 50,80	404,3	BH8	18,90 – 19,50	1156,6
BH7	60,00 – 60,25	297,0	BH8	30,10 – 30,30	538,6
BH7	72,05 – 72,35	340,4	BH8	41,00 – 41,20	422,2
BH7	82,65 – 82,90	152,7			

Tablo 2.4: Serbest Basınç Deneyi Sonuçları BH9 – BH12 (Melen Sistemi 2. Merhale Projesi, 2000)

Kuyu No.	Derinlik (m)	Serbest Basınç Değeri (kgf/cm ²)	Kuyu No.	Derinlik (m)	Serbest Basınç Değeri (kgf/cm ²)
BH9	23,55 – 23,75	192,4	BH11	31.50 – 31.80	469,9
BH9	27,00 – 27,40	301,6	BH11	62.50 – 62.85	173,5
BH9	35,65 – 35,95	555,4	BH11	88.30 – 88.50	303,2
BH10	34,50 – 34,70	980,7	BH11	100.70 – 100.85	572,5
BH10	46,20 – 46,40	479,6	BH12	9.60 – 9.65	227,4
BH10	56,65 – 57,00	1116,0	BH12	24.80 – 25.30	985,4
BH10	57,45 – 57,80	1132,5	BH12	56.00 – 56.25	1096,4
BH11	9,60 – 9,80	140,3	BH12	60.00 – 60.20	1437,1
BH11	26,00 – 26,20	490,2			

2.2.5. Yer altı su seviyesi

Yeraltı su seviyesi değerleri, Ayazağa – Osmankuyu Tüneli Jeoteknik Veri Raporu No: 13214/01’ de gün gün belirtilen değerlerin ortalaması alınarak Tablo 2.5’de verilmiştir.

Tablo 2.5: Yeraltı Su Seviyesi Değerleri (**Melen Sistemi 2. Merhale Projesi, 2000**)

Kuyu No.	Yeraltı Su Seviyesi (m)
BH6	6,44
BH7	10,76
BH8	4,66
BH9	5,70
BH10	13,05
BH11	12,43
BH12	23,11

3. TÜNEL AIMINDAKİ TEMEL İŞLER

Bu bölümde Osmankuyu Tüneli'nde yapılan havalandırma tahkimat nakliyat ve kazı işleri teknik ve mali açıdan incelenmiştir.

2.3. Havalandırma

Osmankuyu Tüneli'nde havalandırma kompresöre baēlı üfleyici bir fan ve birbirini takip eden (seri çalışan) 20'şer metrelik vantplerle yapılmaktadır. Osmankuyu giriş olarak adlandırılan tünelin girişinde bulunan fan ve kompresör tünel için gerekli havayı tünele basmaktadır. Kullanılan fleyici fan Şekil 3.1'de görldēü üzere Selnikel RUR 630 modeldir. Tablo 3.1'de üfleyici fanın özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.1: Selnikel RUR 630 model üfleyici fanın görünüşü

Tablo 3.1: Üfleyici fanın özellikleri

Hava Debisi	27500 m ³ /saat
Toplam Basınç	553 mmSS
Elektrik Motorunun Gücü	75 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 17,5.-YTL'dir.
- Bir günde ortalama 1,72 m ilerleme sağlanmaktadır.
- Günlük vantüp masrafı: $1,72 \text{ m} * 17,5\text{-YTL/m} = 30\text{-YTL}$

Vantilatör kullanım masrafı:

- Vantilatör günde 24 saat çalışmaktadır.
- Günlük vantilatör kullanım masrafı: $75\text{kW} * 24 \text{ saat} * 0,661\text{-Ykr/kWh} = 12\text{-YTL}$

Toplam maliyet:

- Günlük havalandırma masrafı: $30\text{-YTL} + 12\text{-YTL} = 42\text{-YTL/gün}$
- Ortalama ilerleme 1,72 m/gün'dür.
- Havalandırma Masrafı: $42\text{-YTL/gün} / 1,72 \text{ m/gün} = 24\text{-YTL/m}$

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

2.4. Nakliyat

Osmankuyu Tüneli'nde iki tür nakliye yapılmaktadır. Bunlardan ilki, atım sonrası ortaya çıkan pasanın uzaklaştırılması için yapılan nakliyattır. Diğer nakliyat işi ise, patlatmada alınamayan kısımların Şekil 3.2'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 Osmankuyu giriş ağzına uzaklığı yaklaşık 1 km'dir. Kullanılan kamyonlar Şekil 3.3'te MAN marka 26-240 modelli kamyonlardır. Yükleyiciler ise Şekil 3.4'te görülen CAT marka 936 model loderlerdir.

Nakliyenin maliyeti hesap edilirse;

- 1 kamyon 5 kepçe ile dolmaktadır ve kepçe dolu iken $1,3 \text{ m}^3$ kabarmış pasa taşımaktadır.
- Tünel kesiti ortalama 22 m^2 'dir.



Şekil 3.2: Komatsu kırıcının görünüşü

- Kısmi cephe patlatmada ortalama ilerleme $1,72 \text{ m}$ 'dir.
- Kamyon dolu iken $6,5 \text{ m}^3$ kabarmış pasa taşımaktadır ve iki adet kamyon bir atımlık pasa için çalışmaktadır.



Şekil 3.3: MAN markalı 26-240 modelli kamyon



Şekil 3.4: CAT marka 936 model loder

Atımda alınan hacim : $1,72 \text{ m} \times 22 \text{ m}^2 = 37.84 \text{ m}^3$

$37,84 \text{ m}^3 / 6,5 \text{ m}^3 = 6$ adet kamyon dolmaktadır.

2 Kamyon 3 sefer yapmaktadır.

Yükleyici 30 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 olarak öngörülmüştür. Kamyon ve loderler amortisman sürelerini doldurdukları için maliyete kalem olarak eklenmemişlerdir.

Loder boş iken 100 km'de 10 l, dolu iken de 100 km'de 15 l mazot yakmaktadır.

Kamyonlar ise boş iken 100 km'de 13 l, dolu iken de 100 km'de 20 l mazot yakmaktadır.

Daha önce belirtildiği gibi bir atım sonrası yapılan nakliyatta loderler 30 dolu ve 30 boş sefer yapmakta, iki adet olan kamyonlardan biri de 3 dolu ve 3 boş sefer yapmaktadır. Mazotun litresi 2,7 YTL'dir.

Tünelini oluşturmak için iki taraftan zıt yönde kazı işlemi yapılmaktadır. Yaklaşık 2 km olan tünelin 1 km'lik kısmı Kağıthane tarafından, kalan kısmı ise Ayazağa Köyü tarafından kazılmaktadır. Hesaplamalar Osmankuyu Tüneli'nin Ayazağa Köyü tarafından kazılan kısmı içindir. Her cep oluşturuldukça yakılan mazotun maliyet hesabı değişmektedir.

- Mazotun gideri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Ayna 250 m ilerleyken,

$$\text{Loder yaktığı mazot} = (30 * 250 \text{ m} * 10 \text{ l}/100 \text{ km}) + (30 * 250 \text{ m} * 15 \text{ l}/100 \text{ km}) = 1,875 \text{ l}$$

$$\text{Kamyonun yaktığı mazot} = 2 * [(3 * 1000 \text{ m} * 13 \text{ l}/100 \text{ km}) + (3 * 1000 \text{ m} * 20 \text{ l}/100 \text{ km})] = 1,98 \text{ l}$$

$$\text{Toplam}_{250} = 1,875 \text{ l} + 1,98 \text{ l} = 3,855 \text{ l}$$

Ayna 500 m ilerleyken,

Loder yaktığı mazot = $(30 * 250 \text{ m} * 10 \text{ l}/100 \text{ km}) + (30 * 250 \text{ m} * 15 \text{ l}/100 \text{ km}) = 1,875 \text{ l}$

Kamyonun yaktığı mazot = $2 * [(3 * 1250 \text{ m} * 13 \text{ l}/100 \text{ km}) + (3 * 1250 \text{ m} * 20 \text{ l}/100 \text{ km})] = 2,46 \text{ l}$

Toplam₅₀₀ = $1,875 \text{ l} + 2,46 \text{ l} = 4,335 \text{ l}$

Ayna 750 m ilerleyken,

Loder yaktığı mazot = $(30 * 250 \text{ m} * 10 \text{ l}/100 \text{ km}) + (30 * 250 \text{ m} * 15 \text{ lt}/100 \text{ km}) = 1,875 \text{ l}$

Kamyonun yaktığı mazot = $2 * [(3 * 1500 \text{ m} * 13 \text{ l}/100 \text{ km}) + (3 * 1500 \text{ m} * 20 \text{ l}/100 \text{ km})] = 2,97 \text{ l}$

Toplam₇₅₀ = $1,875 \text{ l} + 2,97 \text{ l} = 4,845 \text{ l}$

Ayna 1000 m ilerleyken,

Loder yaktığı mazot = $(30 * 250 \text{ m} * 10 \text{ l}/100\text{km}) + (30 * 250 \text{ m} * 15 \text{ l}/100\text{km}) = 1,875 \text{ l}$

Kamyonun yaktığı mazot = $2 * [(3 * 1750 \text{ m} * 13 \text{ l}/100 \text{ km}) + (3 * 1750 \text{ m} * 20 \text{ l}/100 \text{ km})] = 3,46 \text{ l}$

Toplam₁₀₀₀ = $1,875 \text{ l} + 3,46 \text{ l} = 5,335 \text{ l}$

Toplam_{ORT} = $(3,855 \text{ l} + 4,335 \text{ l} + 4,845 \text{ l} + 5,335 \text{ l}) / 4 = 4,59 \text{ l}$

m İlerleme Başına Mazot Maliyeti: $(4,59 \text{ l} * 2,7\text{-YTL}/\text{l}) / 1,72 \text{ m} = 7,2\text{-YTL}/\text{m}$

- Kamyonun amortismanı

Makinenin ömrü 10 yıl'dır.

Faiz %10 olarak alınmıştır.

Makinenin alım fiyatı 30000 YTL'dir.

İki Adet Kamyon bulunmaktadır.

$$\text{Yıllık amortisman değeri} = 2 * 30000.-\text{YTL} * 0,20 = 12000.-\text{YTL/yıl} = 32,87.-\text{YTL/gün} = 19,11.-\text{YTL/m}$$

- Loderin amortismanı

Makinenin ömrü 10 yıl'dır.

Faiz %10 olarak alınmıştır.

Makinenin alım fiyatı 37500 YTL'dir.

$$\text{Yıllık amortisman değeri} = 37500 * 0,20 = 7500.-\text{YTL/yıl} = 20,54.-\text{YTL/gün} = 11,94.-\text{YTL/m}$$

- İşçilik Maliyeti

Nakiyat süresi yaklaşık iki buçuk saattir.

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

$$\text{İşçilik maliyeti} = ((1500.-\text{YTL/ay} * 3) / 720 \text{ saat/ay}) * 2,5 \text{ saat} = 15,62.-\text{YTL} = 9,08.-\text{YTL/m}$$

$$\text{Toplam Nakiyat Maliyeti} = 7,2.-\text{YTL/m} + 19,11.-\text{YTL/m} + 11,94.-\text{YTL/m} + 15,62.-\text{YTL/m} = 53,87.-\text{YTL/m}$$

2.5. Tahkimat

Osmankuyu Tüneli'nde DSİ tarafından Tip I, Tip II, Tip III, Tip IV ve Tip V olmak üzere beş ayrı tipte öngörülmüş olan tahkimatların uygun olanı kullanılmaktadır. Uygunluk bu tiplerin tünelin geçeceği zemin şartlarına göre belirlenmektedir. Bunun için kaya sınıflandırması çalışması gereklidir. Osmankuyu tünelinde kaya sınıflandırması için tünellerde gerekli destek sistemini, sistemin ayakta durma süresini ve bir ayna için maksimum ilerleme miktarını belirlemek amacıyla Barton'un Q sistemi kullanılmaktadır (Barton, 1974; Harrison and HudsonFREig, 2000; Chakraborty, 1998).

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,R., 1994). Bu değişkenler:

A- RQD

B- Eklem (süreksizlik) seti sayısı

C- En kötü eklem (süreksizliğin) pürüzlülüğü

D- En kötü eklem içindeki alterasyon ya da doldu derecesi

E- Su akışı

F- Gerilme durumudur.

Q-değeri;

$$Q=RQD/J_n * J_r/J_a * J_w/SRF \quad (3.1)$$

Formülü kullanılarak hesaplanır:

RQD : Kaya Kalite İndeksi

J_n : Eklem Seti Sayısı

J_r : Eklem Pürüzlülük Değeri

J_a : Eklem Ayırışma(alterasyon) Değeri

J_w : Eklem Suyu Azaltma Faktörü

SRF : Gerilme Azaltma Faktörü olarak verilmiştir.

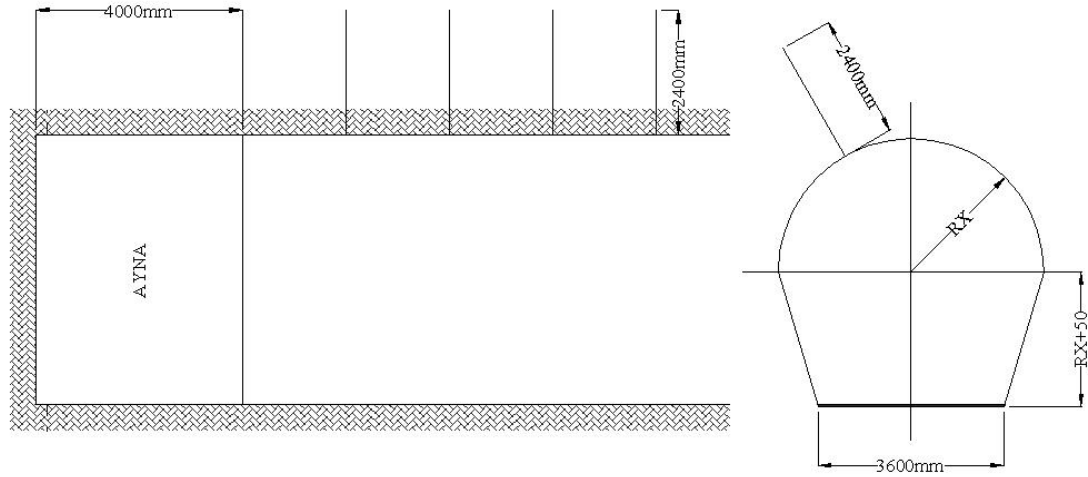
Tablo 3.2’de de görüldüğü gibi, kullanılacak tahkimat tipi farklı aralıktaki Q değerlerine göre değişim göstermektedir. Q değerinin hesabında kullanılan parametrelere ait puanlamalarda kullanılan tablolar Ek A’da verilmiştir. Bölgede yapılan ve ayna jeolojisi ve buna dayanarak her bir ayna için ayrı ayrı hesaplanan Q değerlerini içeren gözlemlerden bir kaç örnek Ek A’da sunulmuştur. Burada

görüldüğü üzere Q değerleri 0,04 ile 0,1 arasında olup buna göre Tip IV tahkimat sistemi seçilmiştir.

Tablo 3.2: Q sınıflandırması ile tahkimat tipi seçimi

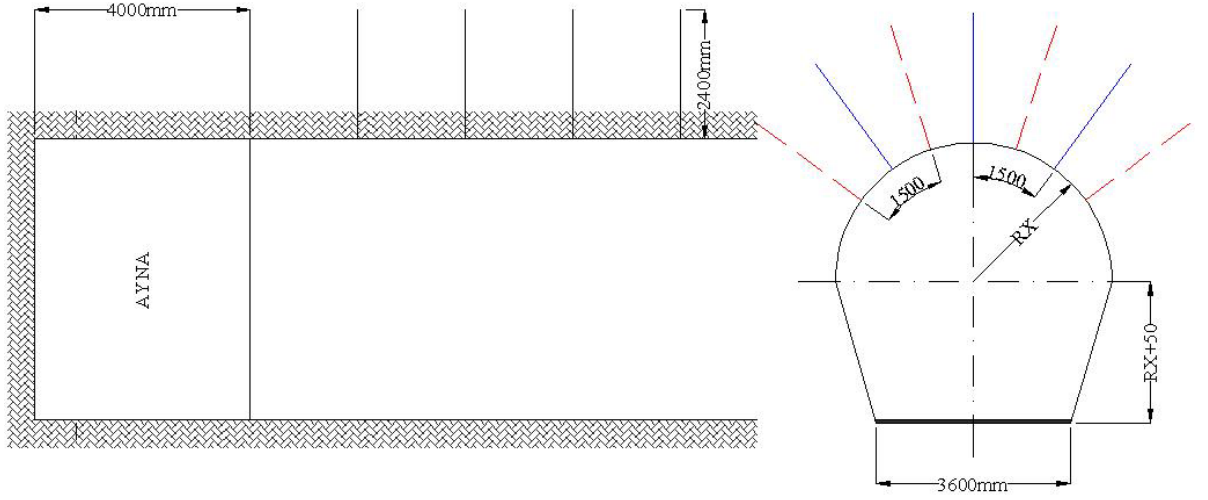
Q Değeri	Kaya Sınıfı İsimlendirmesi	DSİ'nin Tahkimat Sınıfları İsimlendirmesi	İzin Verilen İlerleme
$1,0 < Q$	I	Tip I	4 m
$0,4 < Q < 1,0$	II	Tip II	4 m
$0,1 < Q < 0,4$	III	Tip III	3 m
$0,04 < Q < 0,1$	IV	Tip IV	1,5 m
$Q < 0,04$	V	Tip IV	1,5 m

Tablo 3.2'den görüldüğü gibi Tip I tahkimat sisteminde (Şekil 3.5) delme – patlatmada önerilen ilerleme miktarı 4 m'dir. Gerektiğinde 2,4 m uzunluğundaki kaya bulonu 10 m tünel uzunluğunda en çok 10 adet olacak şekilde saplanır. Taban grobetonu ortalama 50 mm kalınlığındadır.



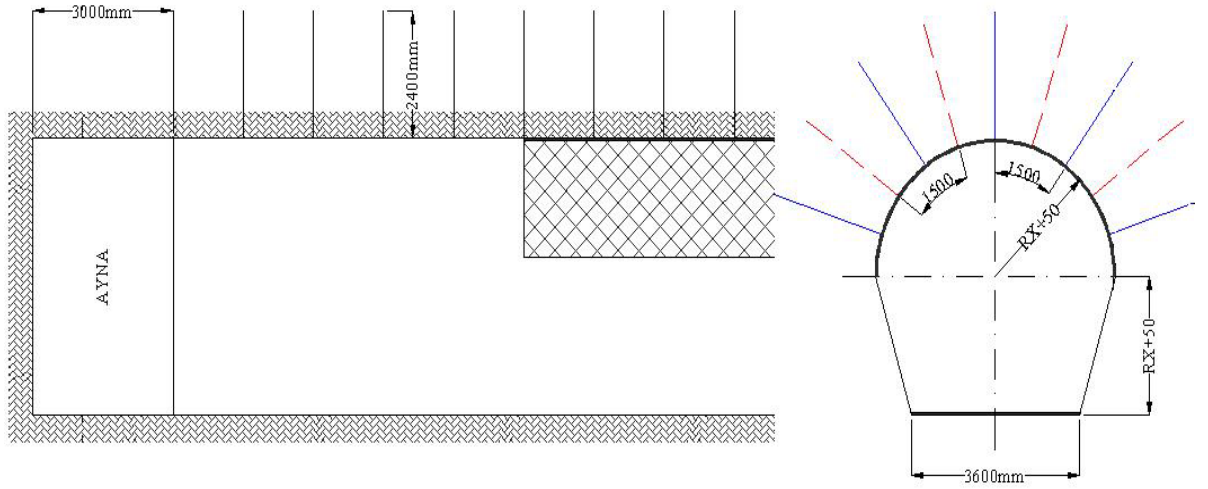
Şekil 3.5: Tip I boy ve kesiti

Tablo 3.2'den görüldüğü gibi Tip II tahkimat sisteminde (Şekil 3.6) 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 3.6: Tip II boy ve en kesiti

Tablo 3.2’den görüldüğü gibi Tip III tahkimat sisteminde (Şekil 3.7) 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.

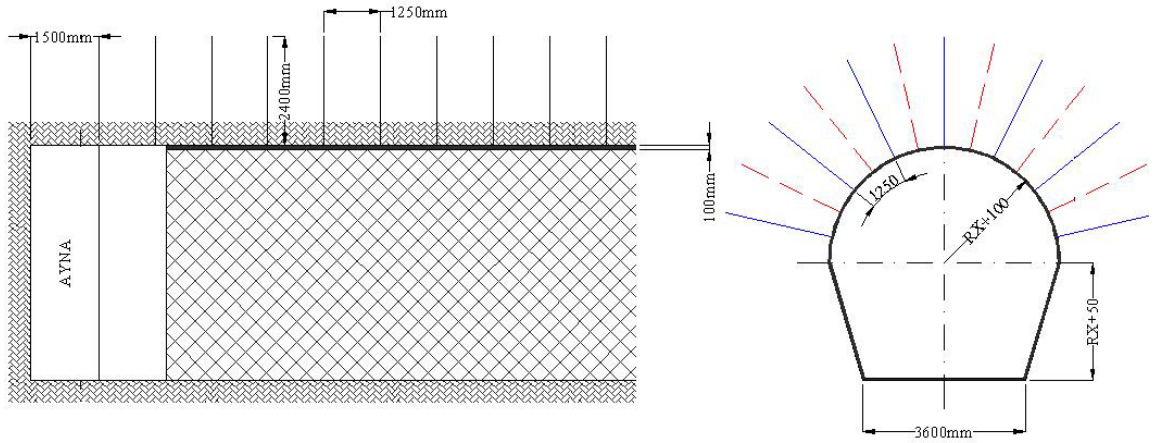


Şekil 3.7: Tip III boy ve en kesiti

Yine Tablo 3.2’den görüldüğü gibi Tip IV tahkimat sisteminde (Şekil 3.9) 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 Şekil 3.8’de görüldüğü gibi püskürtme beton kullanılır. RI 188 çelik hasır üst yarıyı saracak şekilde bulonlara bağlanarak kazı yüzeyine çivilenir.

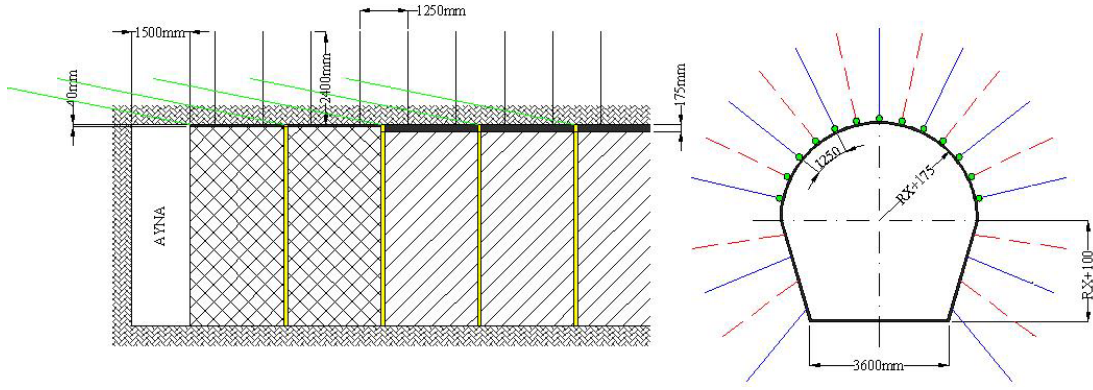


Şekil 3.8: Püskürtme beton uygulaması



Şekil 3.9: Tip IV boy ve en kesit

En son olarak Tablo 3.2’den görüldüğü gibi Tip V tahkimat sisteminde (Şekil 3.10) delme – patlatmada önerilen ilerleme miktarı 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.



Şekil 3.10: Tip V boy ve en kesiti

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

1 metrede 7 adet blon kullanılmaktadır.

Bulonun adedi 50 YTL'dir.

Bulon maliyeti : 7 adet/m * 50.-YTL/adet = 350.-YTL/m

- Püskürtme Beton

Tahkimatın iç çevresi : $3,14 * 2,6 \text{ m} + (2,6 \text{ m} + 0,5 \text{ m}) * 2 * 1/\sqrt{3} = 15.41 \text{ m}$

100 mm et kalınlığında püskürtme beton atılmaktadır.

Püskürtme betonun m³'ü 95 YTL'dir.

Püskürtme Beton Maliyeti (1 m için) : $15.41 \text{ m} * 1 \text{ m} * 0,1 \text{ m} * 95.-\text{YTL}/\text{m}^3 = 146,4.-\text{YTL}$

- Çelik Hasır

Tahkimatın iç çevresi 15,41 m'dir.

Çelik hasırın m²'si 2 YTL'dir.

Çelik Hasır Maliyeti (1 m için) : $15,41 \text{ m} * 1 \text{ m} * 2.-\text{YTL}/\text{m}^2 = 30,82.-\text{YTL}/\text{m}$

- İşçilik

1 işçinin aldığı brüt maaş 1500 YTL/ay'dır.

Tahkimatın kurulumu yaklaşık 2 saat sürmektedir.

Tahkimat kurulumu için 4 işçi çalışmaktadır.

İşçilik Maliyeti (1 m için) : $(1500.-\text{YTL}/\text{ay} / 720 \text{ saat/ay}) * 2 \text{ saat} * 4 = 17.-\text{YTL}/\text{m}$

- Toplam Tahkimat Maliyeti (1 m için) : $350.-\text{YTL} + 146,4.-\text{YTL} + 30,82.-\text{YTL} + 17.-\text{YTL} = 544,22.-\text{YTL}/\text{m}$

3.4. Kazı

Genelde Osmankuyu Tüneli gibi 22 m^2 kesitine sahip orta büyüklük ($20 - 60 \text{ m}^2$) 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 patlatma yerine kısmi cephe delme patlatma yapılması uygun bulunmuştur.

Tünel açılmasında kullanılan için birçok yöntem vardır. Bunlardan bir tanesi tam cephe delme patlatma metodudur. Ancak bu metod genellikle küçük kesit alanlı tünellerde ($4 - 6 \text{ m}^2$ veya $6 - 20 \text{ m}^2$ 'lik küçük kesitli tünel kesitleri) uygulanmaktadır. Bu yöntemde bir defada bütün ayna planlanan gecikme düzenlenmesine göre patlatılmakta ve istenen ilerleme sağlanmaktadır. Ancak formasyonun sağlam olduğu yerlerde büyük çaplı tünellerde de (kesit alanı $80-100 \text{ m}^2$ 'yi aşabilen tünellerde) tam cephe delme patlatma methodu uygulanabilmektedir(Bhandari, 1997).

Özellikle büyük kesitli tünellerde en çok kullanılan yöntem kısmi cephe delme patlatma yöntemi olup, bu yöntemde önce üst, daha sonra da alt yarı patlatılarak alınmaktadır. Üst yarı alındıktan sonra, alt yarının alınması sırasında delikler dik ya da yatay olabilmektedir.

İki method da göz önünde bulundurulduğunda genelde ucuz olan tam cephe delme patlatma metodudur. İş organizasyonu ve zaman kazanma açısından da tam cephe kazı büyük avantajlar sağlamaktadır.

3.4.1. Delme işleri

Bu bölümde delme işi ile ilgili temel özelliklere delme performansına ve delme işinin ortaya çıkardığı maliyet hesaplarına yer verilmiştir.

3.4.1.1. Delme işleri ile ilgili temel özellikler

Bu çalışmada delme işleri ile ilgili temel özellikler delik düzeni, kesit alanı, kayaç tipi, delik çapı, delik boyu ve delik sayısı olarak incelenmektedir.

3.4.1.1.1. Delik düzeni

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

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 m²'lik bir kesit alanı ihtiyaçları karşılamak bakımından uygun görülmüştür.

3.4.1.1.2. 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 belirlenmiştir. Bölüm 3.3'te görüleceği gibi Q sınıflandırmasına ve DSI'nin kayaç sınıflandırmasına dayandırılarak 1,5 m olarak öngörülmüştür.

3.4.1.1.3. 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 gerekse çevresel etkileri bakımından gecikmeli patlatma teknikleri ile birlikte küçük delik çaplarına uygulamalarda sıkça rastlanmaktadır. Tüm bu hususların dikkate alınarak değerlendirilmesinden sonra Osmankuyu Tüneli'nde 43 mm'lik delik çapı seçilmiştir.

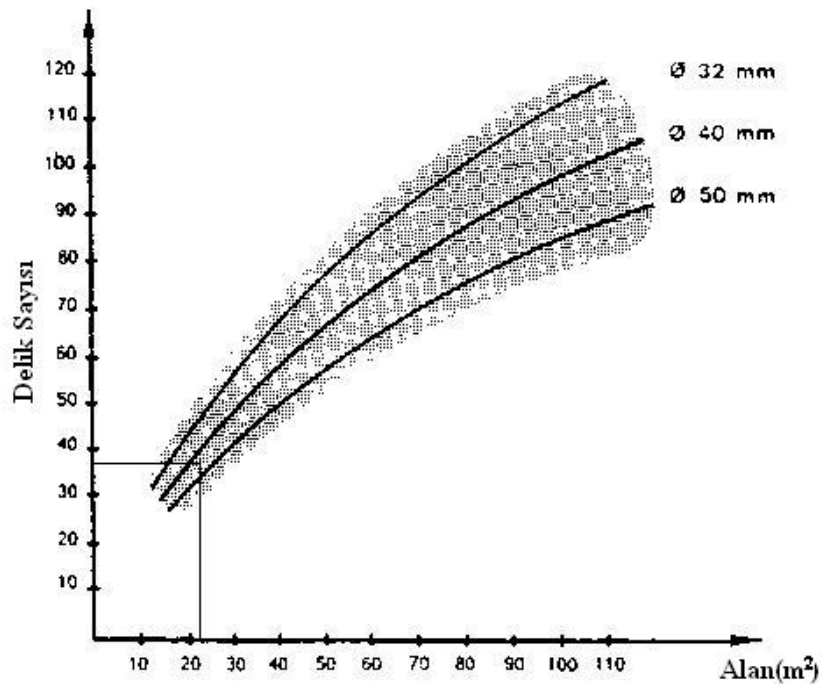
3.4.1.1.4. Delik boyu

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 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**). İzleyen

bölümde Osmankuyu Tüneline ait kazı verimliliği hesaplanacaktır. Öngörülen ilerlemeyi sağlamak üzere delik boyu 1,5 m seçilmiş ve yüzde 111’lik verim sağlanmıştır.

3.4.1.1.5. 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 3.11’de verilmiştir (**Gustafsson, 1981**). Buna göre 22 m² kesit için 38 adet delik öngörülmüştür. Osmankuyu Tüneli’nde bu rakam tam cephede 45 adet, kısmi cephede ise 38 adet olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 3.11: Tünel kesit alanı ve delik çapının delik sayısı ile ilişkisi

Diğer yandan Whittaker ve Frith’in önerilerine göre Tablo 3.3’te 25 m² çaplı kesitte Osmankuyu Tüneli’ne benzer şartlar için 45 – 50 adet delik öngörülmektedir. 22 m²

için ise bu değerlerin daha da düşeceği ve Osmankuyu örneğine benzerlik göstereceği görülmektedir.

Tablo 3.3: Tünel kesit alanı ve delik sayısının zeminle olan ilişkisi

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

Burada yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen özgül patlayıcı miktarları tam cephe için 0,78 kg/m³, kısmi cephe patlatmada ise 0,765 kg/m³ bulunmuş olup bu miktarlar literatürdeki (**Olofsson ve Wild, 1977**) miktarlarla uygunluk göstermektedir.

3.4.1.2. Delme performansı ve maliyet

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 diğer konu olup, maliyet kalemleri arasında aylık bit masrafı, işçilik ve delici makineye ait masraflar yer almaktadır.

3.4.1.2.1. Performans değerleri

Osmankuyu Tüneli'nde kullanılan delici Atlas Copco Boomer 281'dir. Tablo 3.4'te deliciye ait teknik özellikler ve Şekil 3.12'de delicinin yandan görünüşü sunulmaktadır. Tablo 3.5'te her atım paternine ait delik sayısı verilmektedir. Ortalama delik sayısına bakılacak olursa 39 delik delindiği görülmektedir. Bu değer hem kısmi cephe patlamalarından hem de tam cephe patlatmalarından elde edilen sonuçlarla ortaya çıkmıştır. Deliklerle ilgili ayrıntılı bilgi Ek B'de verilmiştir. Orta çekmedeki delikler Kama Tipi Orta Çekme (V Tipi Orta Çekme) yöntemiyle delinmiştir. Deliklerin boyları orta çekmelerde 2,6 m diğer deliklerde 1,5 m' dir.

Formasyon zayıfladıkça delik boyları azalmaktadır. Deliklerin çapı 43 mm'dir. İlerleme miktarları ve delik boylarının Bölüm 3.3.'teki Q kaya sınıflandırmasına göre değişmesi görülmekle birlikte, bu çalışmada geçilen formasyonların IV grup kaya sınıfına ait olması nedeniyle, yapılan atımlarda yalnızca Tip IV tahkimat sistemi ve 1,5 m'lik ilerlemeler seçilmiştir. Bu gruptaki her bir atıma ait delik paternleri ve delik sınıflandırmaları (orta çekme, tarama ve çevre) Ek B'de verilmiştir.



Şekil 3.12: Atlas Copco Rocket Boomer 281'in görünüşü

Tablo 3.4: Atlas Copco Rocket Boomer 281'in Özellikleri

Çalışma Kesiti	8-31 m ²
Tabanca	1*COP 1838ME/COP 1838HF
Besleme	1*BMH 2831 – BMN 2849
Kol	1*BU28
Delme Sistemi	Dinamik Kontrol Sistemi
Uzunluk	11700 mm (BMH 2843 ile)
Genişlik	1700 mm
Yükseklik	2100 mm
Dönme Yarıçapı	2800/4400 mm
Ağırlık	9300 kg
Güç	55 kW

Tablo 3.5: Atım paternlerine ait delik sayıları

No	Delik Sayısı
AT1	46
AT2	46
1 (K.C.)	38
2 (K.C.)	35
3 (K.C.)	30
4 (K.C.)	40
5 (K.C.)	41
6 (K.C.)	36
7 (K.C.)	38
8 (K.C.)	29
9 (K.C.)	26
10 (K.C.)	26
11 (K.C.)	31
Ortalama T.C.	46
Ortalama K.C.	33,6
Ortalama	39,8
A _T : Tam Cephe Alıntı (Güçlü E.,Kuzu C.,2007), K.C.: Kısmi Cephe (Alt yarı+Üst Yarı)	

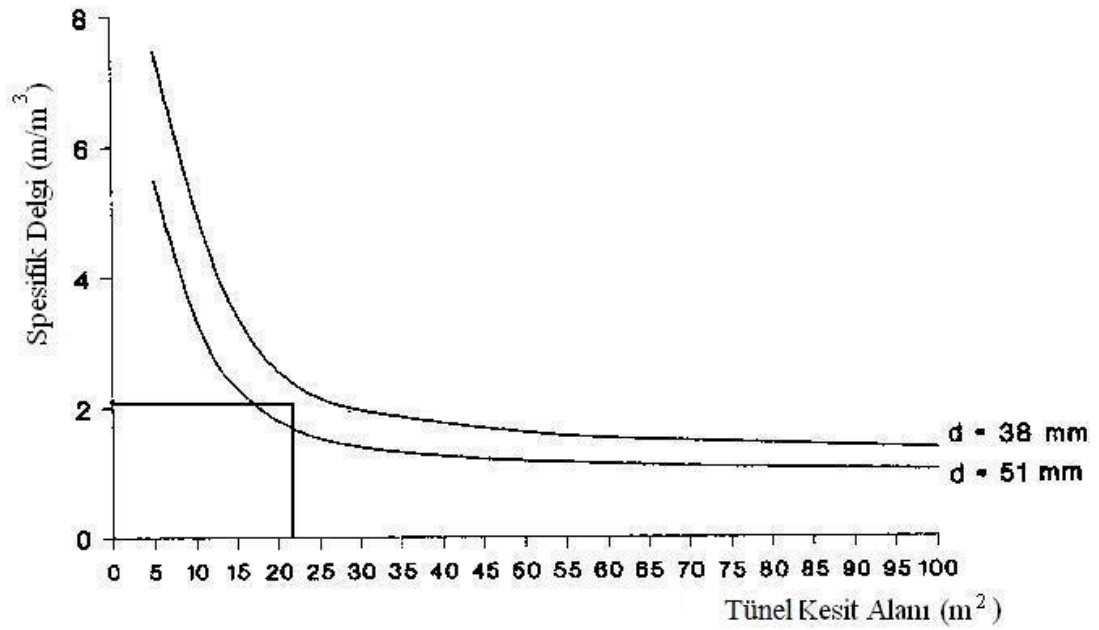
Diğer yandan söz konusu delici ile delme işinin, “iş – zaman etüdü” yapılmış ve bir deliğin delinme süresi olarak kronometraj ölçümü sonucu ortalama 45 saniye bulunmuştur. Bir delikten diğer deliğe delici kolunun hareketi ve diğer deliği delmeye başlaması arasında geçen süre ise ortalama 35 sn olarak ölçülmüştür. Bir delik için ortalama harcanan süre 35 sn + 45 sn ve dolayısıyla 80 sn olarak hesaplanmıştır. Aynada delinen ortalama delik sayısının 39 adet olduğu dikkate alınırsa 3120 sn yani 52 dakika sürmektedir. Buna duraksamalar da katılınca 1 saati bulan bir zaman dilimi delme işi için ayrılmaktadır. Gerçekleşen arızalar bu süreye katılmamıştır.

Bilindiği üzere, m³ kayaç başına düşen delik uzunluğu spesifik delme miktarını göstermektedir. Yapılan çalışmada Osmankuyu Tüneli’ndeki delme patlatma işleri sonucu ortaya çıkan spesifik delme miktarları Tablo 3.6’da verilmiştir.

Tablo 3.6: Spesifik delme miktarları

No		Spesifik Delme (m/m ³)	
A _{T1}		2,026	
A _{T2}		2,026	
1(K.C.)	ay	2,04	1,66
	üy	1,81	
2(K.C.)	ay	1,06	2,42
	üy	2,84	
3(K.C.)	ay	1,28	1,20
	üy	2,27	
4(K.C.)	ay	1,28	1,51
	üy	3,29	
5(K.C.)	ay	1,51	1,53
	üy	3,29	
6(K.C.)	ay	1,36	1,65
	üy	2,95	
7(K.C.)	ay	1,51	1,93
	üy	2,95	
8(K.C.)	ay	1,35	1,73
	üy	2,98	
9(K.C.)	ay	1,29	1,67
	üy	2,89	
10(K.C.)	ay	1,48	1,68
	üy	2,75	
11(K.C.)	ay	1,52	1,72
	üy	2,99	
Ortalama T.C.		2,026	
Ortalama K.C.		1,70	
Ortalama ay		1,42	
Ortalama üy		2,82	
A _T :Tam Cephe Alıntı (Güçlü E, Kuzu C.,2007)			
K.C.:Kısmi Cephe ay:alt yarı atımı üy:üst yarı atımı			

Tablo 3.6’da bulunan sonuçlar Şekil 3.13’deki 22 m² kesit için bulunan değerlerle büyük uygunluk göstermektedir.



Şekil 3.13: Tünel kesit alanı ve spesifik delgi arasındaki ilişki (Olofson, S.O., 1988)

3.4.1.2.2. Maliyet

Çalışmada delme işinin maliyeti ile ilgili kalemlerin ortalamaları alınarak ortalama maliyet hesap edilmiştir. Gözlemlerden anlaşılabacağı üzere ayna başına düşen ortalama 39 adet delik düşmektedir. Bir ayna duraksamalar dahil toplam 1 saatte delinmektedir. Ortalama 20 aynada bir bit değiştirilmektedir. Ortalama delik boyu 1,5 m'dir. 1 ayda 28 gün çalışılmaktadır.

- Bir bitin ömrü: 20 ayna * 1 sa/ayna = 20 sa
- 1 aydaki delme süresi: 28 gün/ay * 1 sa/gün = 28 sa/ay

a. Bitin Fiyatı: 175 YTL

Aylık bit masrafı:

- (Aydaki delme süresi / Bitin ömrü)* Bitin Fiyatı = (28 sa/ay / 20 sa/bit)*175.-YTL/bit = 245.-YTL/ay

İşçilik Maliyeti:

- Bir işçi maaşı (brüt): 1500.-YTL/ay

- 2 işçi delme işinde çalışmaktadır.
- İşçilik Maliyeti = $2 * 1500.-\text{YTL}/\text{ay} = 3000.-\text{YTL}/\text{ay}$

Delici makina masrafı:

- Delici makinenin aylık yağ masrafı: 45 YTL'dir
- Delici makinenin amortismanı

Makinenin ömrü 10 yıl'dır.

Faiz %10 olarak alınmıştır.

Makinenin alım fiyatı 320000.-€'dur. Bu da 25.04.2008 tarihindeki döviz kuruyla 64,640.-YTL etmektedir. ($1\text{€} = 2,02._\text{YTL}$)

Yıllık amortisman değeri = $64640 * 0,20 = 12928.-\text{YTL}/\text{yıl} = 1077.-\text{YTL}/\text{ay}$

- Makinenin enerji masrafı: $55 \text{ kW} * 1\text{sa}/\text{gün} * 28 \text{ gün} * 0,661 \text{ Ykr}/\text{kWh} = 1018 \text{ Ykr} = 10.-\text{YTL}$
- Aylık bakım masrafı: 600.-YTL

Aylık delme maliyeti: $245.-\text{YTL} + 3000.-\text{YTL} + 45.-\text{YTL} + 10.-\text{YTL} + 1077.-\text{YTL} + 600.-\text{YTL} = 4977.-\text{YTL}$

Günlük delme maliyeti: $4977.-\text{YTL} / 28 \text{ gün} = 177,5.-\text{YTL}/\text{gün} = 177,5.-\text{YTL}/\text{ayna}$

İlerleme başına delme maliyeti: $177,5.-\text{YTL} / 1,72 \text{ m} = 103,34.-\text{YTL}/\text{m}$

3.4.2. Patlatma işleri

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

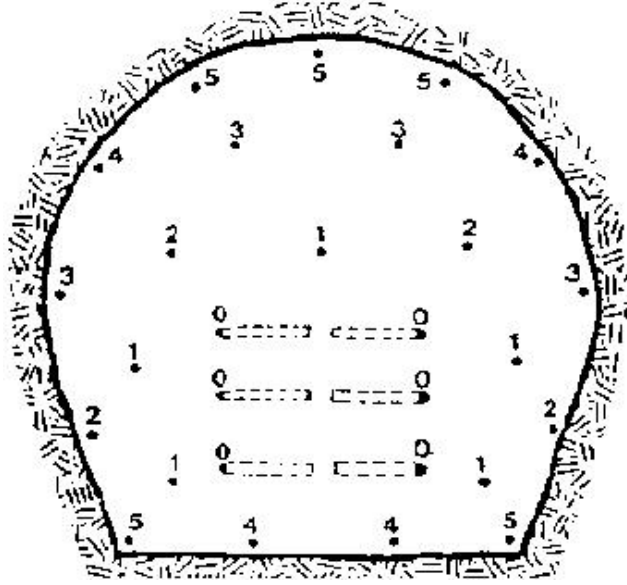
3.4.2.1. Patlatma işi ile temel ilgili özellikler

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. 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 yarık oluşturularak (potkabaç çekilerek) serbest yüzey oluşturulur ve dolu delikler patlatıldıklarında bu yarığa doğru kırma gerçekleşir.

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 3.14'te görüldüğü gibi aynı açıyla delinmiş delik sıralarının kesiştiği bir delik düzeni söz konusudur. Bu tip orta çekmede delinen açılı delikler simetriktir. V tipi orta çekmede kolay parçalanan kayalarda az deliğe ihtiyaç duyulur. V tipi orta çekmenin dezavantajı kısa ilerlemelerin yapılıyor olmasıdır. Orta çekmeler kayaçtaki 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(Olofsson,1988).



Şekil 3.14: V tipi orta çekme

Bu bilgilere uygun olarak Osmankuyu Tüneli'nde (Ayazağa Tüneli'nde de aynısı) eğik deliklerle oluşturulmuş V Tipi (Kama Tipi) yanı açılı orta çekme kullanılması kararlaştırılmıştır. Daha önce açıklandığı üzere tavan kontrolünü sağlamak için büyük ilerlemeler (Bölüm 3.3 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). Ancak başlangıçta tam cephe patlatmaları olarak öngörülen çalışma şekli, daha sonra Bölüm 6.2'de de ayrıntılı olarak açıklanacağı üzere, çevresel etkileri minimize etmek için, yer yer başlangıç düzenin ayrılınmış ve yine V tipi orta çekme ile kısmi cephe patlatma yöntemi uygulanmıştır.

3.4.2.2. Patlatma performansı ve maliyet

Patlatma performansı ve maliyet konusu içerisinde, öncelikle performans açısından Osmankuyu Tüneli'nde 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.

3.4.2.2.1. Performans değerleri

Osmankuyu Tüneli'nde Orica Firması'nın Powergel Magnum 365 (Emülsiyon) tipi patlayıcısı kullanılmaktadır. Patlayıcının özellikleri Tablo 3.7'de, resmi de Şekil 3.15'te verilmiştir.

Tablo 3.7: Kullanılan patlayıcının özellikleri

Boyutları	34*400 mm
Ağırlığı	436 gr
İdeal Patlama Hızı	6437 m/s
İdeal Patlama Basıncı	121.400 atm
İdeal Patlama Isısı	2943 ⁰ K
Yoğunluk	1,20 g/cm ³
Suya Dayanıklılığı	Mükemmel
Patlama Entalpisi	4433 kj/kg



Şekil 3.15: Patlayıcının görünüşü

Çalışmalar sırasında Ek B’de seçilmiş atımlara ait bilgilerin yer aldığı formlar hazırlanmış olup, bu formlarda; tarih, saat, atım ve ölçüm koordinatları, delik adetleri, delikler arası mesafe, toplam kartuş sayısı, patlayıcı miktarı, anlık patlayan patlayıcı miktarı, gecikme süresi, gecikme adedi ve tahkimat tipi, spesifik şarj, delik türü başına şarj miktar bilgileri mevcuttur. Atım paterninin gösterildiği tünel kesitlerinde her bir delik üzerinde bulunan numaralar kapsül numaralarıdır. Atımlardaki gecikme süreleri 30 ms’dir.

Tablo 3.8: Atımlara ait patlayıcı miktarları, anlık patlayan patlayıcı miktarları ve spesifik şarj miktarları

No.		Toplam Patlayıcı Miktarı (kg)	Anlık Patlayan Patlayıcı Miktarı (kg)	Spesifik Şarj (kg/m ³)
A _{T1}		46,32	3,088	0,915
A _{T2}		36,84	9,264	0,97
1(K.C.)	ay	18,49	3,44	0,93
	üy	6,45	1,29	0,48
2(K.C.)	ay	11,1	2,61	0,56
	üy	9,9	1,72	0,75
3(K.C.)	ay	13	1,72	0,65
	üy	17,2	1,72	1,3
4(K.C.)	ay	13	1,72	0,65
	üy	17	1,72	1,28
5(K.C.)	ay	13,76	1,72	0,69
	üy	10,75	1,29	0,81
6(K.C.)	ay	12	0,86	0,6
	üy	9,46	0,86	0,71
7(K.C.)	ay	12,2	1,75	0,61
	üy	9,8	0,86	0,72
8(K.C.)	ay	11,5	1,83	0,58
	üy	10,8	1,23	0,79
9(K.C.)	ay	11,8	1,78	0,63
	üy	12,3	1,18	0,83
10(K.C.)	ay	11,76	2,1	0,65
	üy	11,1	1,38	0,91
11(K.C.)	ay	12,3	1,95	0,66
	üy	11,7	1,37	0,86
Ortalama T.C.		41,6	6,17	0,94
Ortalama ay		12,81	1,97	0,67
Ortalama üy		11,49	1,25	0,86
A _T : Alıntı Tam Cephe (Güçlü E.,Kuzu C.,2007) K.C.: Kısmi Cephe ay: alt yarı atımı üy: üst yarı atımı				

Atımlar için patlayıcı miktarları, anlık patlayan patlayıcı miktarları ve spesifik şarj miktarları hem tam cephe patlatma hem de kısmi cephe patlatmalar için Tablo 3.8’de

verilmiştir. Kısmi cephe ateşlemelerine ait bu bilgiler alt yarı ve üst yarı patlatmalar için ayrı ayrı sunulmuştur.

Yapılan atımlarda elde edilen ilerlemeler Tablo 3.9’da görülmektedir. Verimlerin büyük kısmının %100’ü geçtiği dikkati çekmektedir. Bunun nedeni zeminin zayıflığı olarak düşünülmelidir. Nitekim Q kaya sınıflandırma sistemlerinden yola çıkılarak bu zemin için Tip IV (Şekil 3.9) tahkimat sistemi uygun bulunmuştur. Atımlarda spesifik şarj değeri açık işletmedekilere göre yüksek çıkmıştır. Nitekim tünel ateşlemelerinde basamak patlatmacılığına göre daha büyük spesifik şarj gereklidir (Persson, 1996).

Tablo 3.9: Atımlar sonucu ilerlemeler

No	İlerleme (m)	Verim (%)
A _{T2} Tam Cephe	1,35	90
1 Kısmi Cephe	1,74	116
2 Kısmi Cephe	1,15	76
3 Kısmi Cephe	2,15	143
4 Kısmi Cephe	2,00	133
5 Kısmi Cephe	2,08	138
6 Kısmi Cephe	1,56	104
7 Kısmi Cephe	1,55	103

3.4.2.2.2. Maliyet

Patlatma işlerine ait maliyetler, kısmi cephe patlatma için ayrı, tam cephe patlatmaları için ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Çünkü her ikisinde de kullanılan patlayıcı miktarı farklıdır.

Kısmi cephe patlatmaya ait maliyet hesaplanacak olursa aşağıdaki sonuçlar elde edilir.

Kısmi cephe patlatmada ortalama beheri 0,436 gr’dan 57 kartuş yani 24,85 kg Powergel Emulsiyon 365 tipi patlayıcı kullanılmaktadır.

Patlayıcı Maliyeti:

- Patlayıcının bir kilogramı 4.-YTL'dir.
- Patlayıcı maliyeti: $24,85 \text{ kg} * 4.-\text{YTL/kg} = 99,4.-\text{YTL}$ bulunur.

Kapsül Maliyeti:

- Kullanılan kapsül adedi = Ortalama delik sayısı = 39 adet kapsül
- Kapsülün bir tanesi 2,50.-YTL'dir.
- Kapsül maliyeti: $36,8 \text{ adet} * 2,50.-\text{YTL/adet} = 92.-\text{YTL}$ 'dir.

İşçilik Maliyeti:

- 2 işçi ve 1 ateşçi çalışmaktadır.
- İşçinin aldığı maaş ayda (brüt) 1500.-YTL'dir
- İşçinin günlük aldığı ücret: $1500.-\text{YTL} / 28 \text{ gün} = 53.-\text{YTL/gün}$
- İşçilik maliyeti: $3 * 53.-\text{YTL/gün} = 159.-\text{YTL/gün}$

Patlatma maliyeti: $99,4.-\text{YTL} + 92.-\text{YTL} + 159.-\text{YTL} = 350,4.-\text{YTL/ayna}$

$= 300,4.-\text{YTL/ayna} / 1,72 \text{ m/ayna} = 174,6.-\text{YTL/m}$ hesaplanır.

Tam cephe patlatmada ortalama olarak tanesi 0,436 gr'dan 79 kartuş yani 34,44 kg Powergel Emulsiyon 365 tipi patlayıcı kullanılmaktadır.

Patlayıcı Maliyeti:

- Patlayıcının bir kilogramı 4.-YTL'dir.
- Patlayıcı maliyeti: $34,44 \text{ kg} * 4.-\text{YTL/kg} = 137,76.-\text{YTL}$ elde edilir.

Kapsül Maliyeti:

- Kullanılan kapsül adedi = Ortalama delik sayısı = 46 adet kapsül

- Kapsülün bir tanesi 2,50.-YTL'dir.
- Kapsül maliyeti: $46 \text{ adet} * 2,50.-\text{YTL/adet} = 115.-\text{YTL}$ olur.

İşçilik Maliyeti:

- 2 işçi ve 1 ateşçi çalışmaktadır.
- İşçinin aldığı maaş ayda (brüt) 1500.-YTL'dir
- İşçinin aldığı günlük ücret: $1500.-\text{YTL} / 28 \text{ gün} = 53.-\text{YTL/gün}$
- İşçilik maliyeti: $3 * 53.-\text{YTL/gün} = 159.-\text{YTL/gün}$

Patlatma maliyeti: $115.-\text{YTL} + 137,76.-\text{YTL} + 159.-\text{YTL} = 411,76.-\text{YTL/ayna}$

$= 411,76.-\text{YTL/ayna} / 1,72\text{m/ayna} = 239,40.-\text{YTL/m}$ hesaplanır

4. TÜNEL AÇMA ÇALIŞMALARINDA KARŞILAŞILAN ÇEVRESEL ETKİLER

4.1. Patlatma kaynaklı çevresel etkiler: Yer sarsıntıları, yer sarsıntılarının özellikleri ve değerlendirilmesi

Madencilik ve inşaat sektöründe çevresel etkileri bakımından tartışmaya yol açan konuların arasında patlatma nedenli yer sarsıntıları ve hava okları n sıralarda yer almaktadır. Patlatma kaynaklı titreşimlerin insanlarda yarattığı huzursuzluklardan başka en önemli etkileri fiziki yapılara verebileceğı hasarlardır. İnsanlar sadece hasar yapan titreşimleri değil, hasar eşiğinin altındaki (hasar oluşturmayan) patlatma kaynaklı titreşimleri de algılamakta ve tepki göstermektedir (**Anonim,1987 ve Hustrulid, 1999**). Kentlere yakın madencilik alanlarında ve ehirsel mekanların yakınılarındaki inşaat faaliyetlerinde, patlayıcı kullanılması bazen bir zorunluluk olarak ortaya çıkabilmektedir. Bu ise titreşim, hava oku ve ta savrulması gibi çevresel etkileri ve şikâyetleri ortaya çıkarmaktadır. Anılan faaliyetlerin giderek artması ile de bu şikâyetlerin arttığı ve çok rastlanır olduğı görülmektedir. Bu durumu incelemek ve anlaşmazlıkları çözmek için bazı kriterler konulması gerekli hale gelmiştir.

Konunun devamlı gündemde olması nedeniyle birçok hasar kriteri ortaya konmuştur. Bunlardan bazılarına aşağıda değinilmektedir(**Anonim, 1987**):

- a.** Rockwell'in Enerji Formülü, 1934
- b.** USBM'nin Formülü, 1942
- c.** Crandell'in Enerji Oranı, 1949
- d.** Langefors'un Parçacık Hızı Kriteri

- e. Edward ve Northwoods'un Parçacık Hızı, 1959
- f. USBM'in Parçacık Hızı Kriteri
- g. Medearis'in Parçacık Hızı ve Frekansı, 1976
- h. USBM'nin Frekansa karşın Değişken Parçacık Hızı, 1980
- i. OSM'nin Ölçeklendirilmiş Mesafe Kavramını da İçeren Federal Düzenlemeleri, 1983

- Rockell'in Enerji Formülü (1934):

Rockwell patlatma kaynaklı titreşim enerjisinin $f^2 A^2$ ile doğru orantılı olduğunu göstermiştir. Burada f frekansı, A ise amplitüdü ifade etmektedir.

- Crandell'in Enerji Oranı (1949)

Crandell 1949'da enerji oranı kavramını geliştirmiş ve ivmenin karesinin, frekansın karesine oranı olarak elde edilen enerji oranını (ER) $ER = a^2 / f^2$ olarak tanımlamıştır.

Titreşim kaynaklı zararın, rahatsızlık yaratan enerji ile alakalı olduğunu öne sürdürmüştür.

$$\text{Yer Değiştirme} = S = A \sin \omega t \quad (4.1)$$

A = Maksimum amplitüd

$$\text{Açısal hız, } \omega = 2\pi f \quad (4.2)$$

f = Dalga Frekansı

$$\text{Hız, } v = A \sin(\omega t + \pi/2) \quad (4.3)$$

$$\text{İvme, } a = A \omega^2 \sin(\omega t) \quad (4.4)$$

$$a = A \omega^2 \sin(\omega t + \pi) \quad (4.5)$$

Yalnızca maksimum değerler göz önüne alındığında aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$v = \omega x = 2\pi f x = a/\omega = a/(2\pi f) \quad (4.6)$$

$$a = \omega^2 x = 4\pi^2 f^2 x = \omega v = 2\pi f v \quad (4.7)$$

$$\text{Kinetik Enerji, KE} = (Wv^2)/(2g) = (W \times a^2)/(2g \times 4\pi^2 f^2) \quad (4.8)$$

$$\text{veya KE} = a^2/f^2 \quad (4.9)$$

$W = \text{Ağırlık}$

$g = \text{Yerçekimi İvmesi}$

Crandell'in hasar kriteri, 1000'i aşkın kentsel konutun patlatma öncesi ve patlatma sonrası incelemelerine dayanmaktadır. Bu incelemeler sonucu Crandell'in önerileri Tablo 4.1'deki gibi olmuştur.

Tablo 4.1: Crandell'in çalışmaları sonucu sunduğu öneriler

Enerji Oranı	Tahmin Edilen Hasar
3.0'ın altı	Hasar Yok, Güvenli
3.0-6.0	Biraz Hasar Var, Dikkat Gerekli
6.0'ın üstü	Hasarlı

- Langerfors, Kihlstrom ve Westerberg'in Parçacık Hızı Kriteri (1957)

1949 ve 1960 yılları arası, yer değiştirme, hız ve ivme tabanlı hasar kriterleri oluşturmuştur. Şikayetçiler ve açılan davalar sonucu, hasar kriterlerinin çok çeşitli olduğu görülmüştür.

Bunun üzerine parçacık hızına dayanan başka bir patlatma hasar kriteri geliştirmiştir. Parçacık hızı kriterlerinin en iyi hasar kriteri olduğu gerçeği herkesçe kabul edilmiş ve eski hasar kriterlerini parçacık hızı cinsinden tanımlama çalışmalarına başlanmıştır. Değişik araştırmalara dayanan kriterler ve bunların parçacık hızı – hasar ilişkileri Tablo 4.2 (Langerfors, Kihlstrom ve Westerberg'in Parçacık Hızı Kriteri), Tablo 4.3 (Edwards ve Northwood'un Parçacık Hızı Kriteri), Tablo 4.4'te (USBM'in Parçacık Hızı Kriteri) verilmiştir.

Tablo 4.2: Langerfors, Kihlstrom ve Westerberg'in Parçacık Hızı Kriteri(1957)

Parçacık Hızı	Hasar
2,8 inç/sn	Kayda değer hasar yok.
4.3 inç/sn	Küçük çatlaklar ve sıva düşmeleri var.
6.3 inç/sn	Sıvalarda ve taş duvarlarda çatlak var.
9.1 inç/sn	Ciddi hasar var.

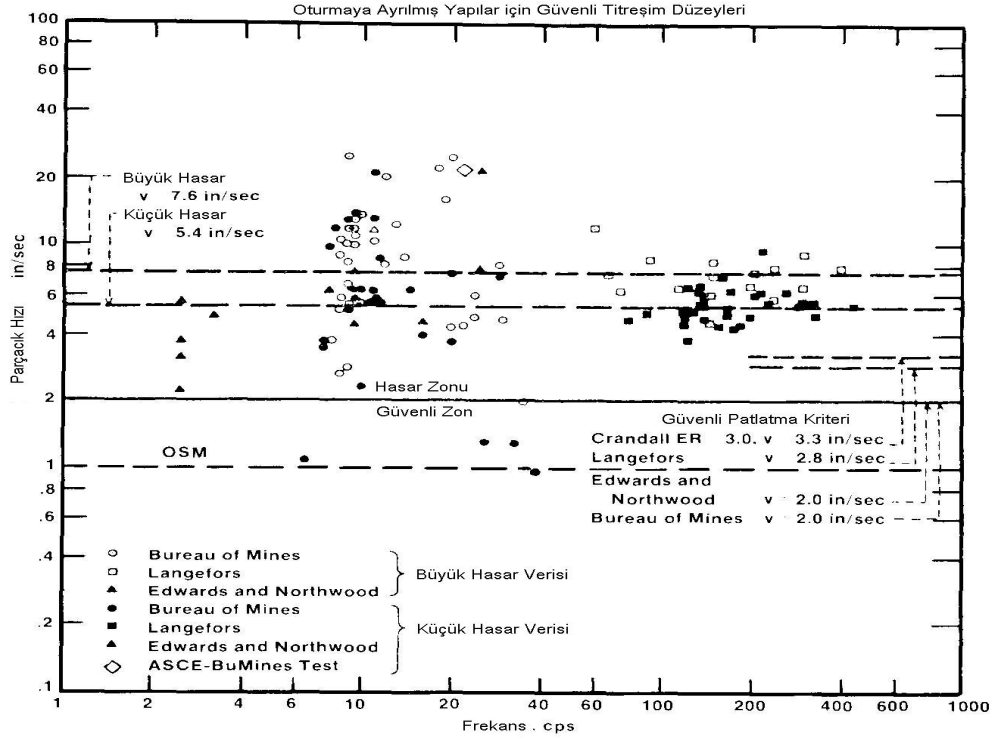
Tablo 4.3: Edwards ve Northwood'un Parçacık Hızı Kriteri (1959)

Parçacık Hızı	Hasar
≤ 2 inç/sn	Güvenli; Hasar Yok.
2 – 4 inç/sn	Dikkat
> 4 inç/sn	Hasar var.

Tablo 4.4: USBM'in Parçacık Hızı Kriteri(1971)

Parçacık Hızı	Hasar
< 2.0 inç/sn	Hasar yok.
2.0 – 4.0 inç/sn	Sıva çatlağı var.
4.0 – 7.0 inç/sn	Az hasar var.
> 7.0 inç/sn	Büyük hasar var.

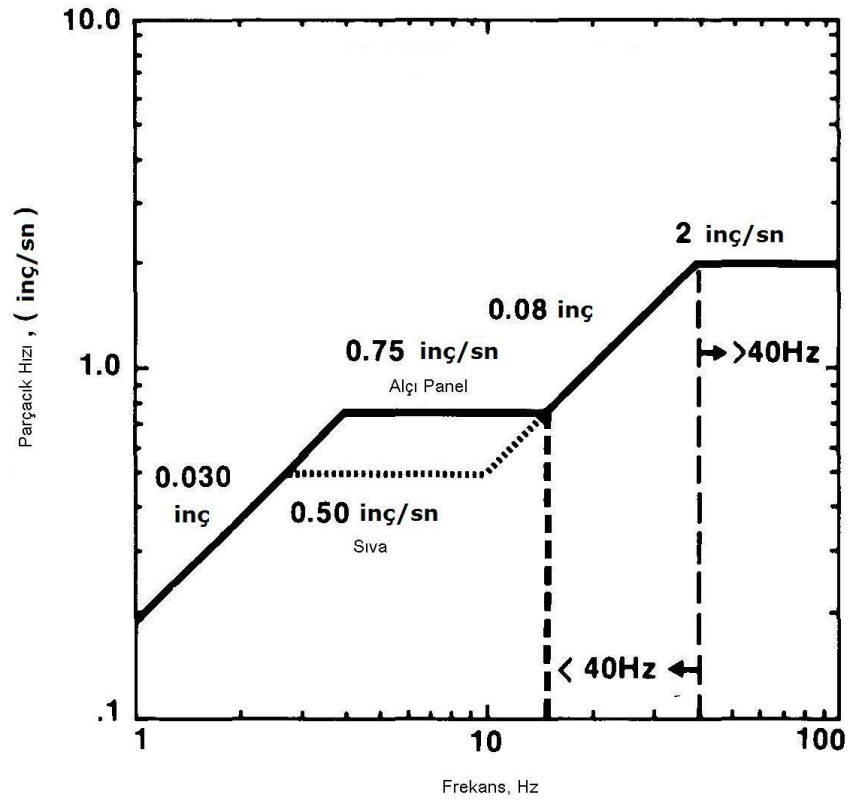
Şekil 4.1'de de görüldüğü gibi, çok sayıda araştırmanın sonucu şunu ortaya koymuştur ki 2.0 inç/sn'den düşük olan parçacık hızlarında hasar riski düşük, 2.0 inç/sn'den büyük olan parçacık hızlarında ise hasar riski büyüktür. Hasar oluşumu parçacık hızının bileşenlerinin (boyuna, enine ve düşey bileşenler) yönüne bağlı değildir.



Şekil 4.1: Parçacık hızı – Frekans ilişkisine bağlı güvenli patlatma kriteri

Buraya kadar ki araştırmalarda hasar kriteri ayrıca 1 cps ile 500 cps arasında frekanslar için öngörülmüştür. USBM'nin son zamanlarında RI 8507 raporuna bakılırsa aşağıdaki sonuçlar elde edilir.

- Parçacık hızı halen tek başına formasyonu tanımlamada kullanılan unsurdur.
- Parçacık hızı belirli sınıftaki yapılar için hasar potansiyelinin düzenlenmesini sağlayan en pratik tanımlayıcıdır. Şekil 4.2'de hız ve yer değiştirmenin kombinasyonu olarak evler için patlatma titreşimlerinin güvenli seviyeleri görülmektedir.



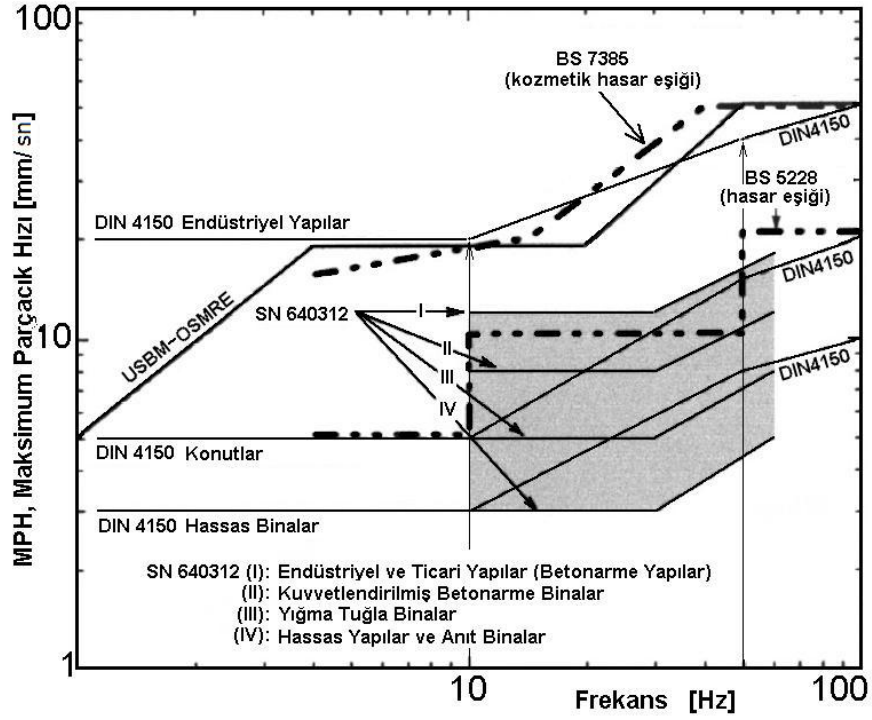
Şekil 4.2: Hız ve yer değiştirmenin kombinasyonunu kullanarak evler için patlatma titreşimlerinin güvenli seviyeleri

- Düşük frekans aralığındaki ($< 40\text{Hz}$) hasar potansiyeli, yüksek frekans aralığındakine ($> 40\text{Hz}$) göre özellikle yapılardaki rezonans nedeniyle daha büyüktür. (Singh,1997 ve Kuzmenko, 1993)
- Düşük frekans üreten patlatmalar için pratik güvenlik kriteri, alçı panelli evlerde $0,75 \text{ inç/sn}$, bağdadi kaplama evlerde $0,50 \text{ inç/sn}$ 'dir. Bütün evler için 40 Hz 'in üzerindeki frekanslarda önerilen maksimum parçacık hızı $2,0 \text{ inç/sn}$ 'dir.
- Bütün evler, çeşitli çevresel gerilmelerden (rutubet, sıcaklık değişiklikleri, konsolidasyon sonucu oturmalar, rüzgarlar, toprağın nem içeriğindeki değişiklikler, ağaç köklerinden su emilimi) çatlar. Bu nedenle kesin bir minimum titreşim hasar eşiği mevcut değildir. Bazı durumlarda herhangi bir nedenden kaynaklanan titreşim çatlak oluşumunu hızlandırabilir.
- $0,5 \text{ inç/sn}$ 'nin altında maksimum parçacık hızı üreten patlatmadan kaynaklanan hasarın gerçekleşme olasılığı az değildir (Kötü durumlar için bu olasılık

%5'tir). Ancak titreşim seviyelerinin bütün mertebeleri için 0,5 inç/sn altında yapılan ortalama tahmine göre hasarın gerçekleşme olasılığı daha hızlı azalır.

Ölçülmüş yapı amplifikasyonlarını ve USBM tarafından belirtilen hasar özetlerini kullanarak oluşturulan alternatif olarak önerilen patlatma seviyesi kriteri Şekil 6.5'te görülmektedir. Daha hassas bir kriter seti olmasına rağmen, yer değiştirme ve hız ölçümü gibi daha zor ölçüm gereksinimleri bulunmaktadır. Burada anlatılmak istenen en iyi hasar göstergesinin 40 Hz'in altındaki frekans fonksiyonu olan maksimum parçacık hızı olduğudur. 40 Hz'in altında maksimum parçacık hızı, alçıpan için 0,75 inç/sn, sıva için ise 0,50 inç/sn'ye denk gelecek frekanstaki 0,008 inçlik sabit maksimum yer değiştirmeye oranla azalır. **Siskind 1980** yılında, 1 sn süren tipik bir patlatmadan kaynaklanan 0,5inç/sn'lik parçacık hızının belirgin olarak algılanabileceğini düşünen insanların %95'i tarafından tolere edilebilir olacağını rapor etmiştir. Ayrıca Siskind ve arkadaşları patlatma süresinin insan tepkisi üzerindeki önemini vurgulamışlardır.

Patlatma kaynaklı yer sarsıntısı konusunun giderek artan önemine bağlı olarak, çeşitli ülkelerde, birbirine az veya çok benzerlikleri olan OSMRE (US Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement), DIN (Deutsches Institut für Normung), BS (British Standards) ve SN (Schweizerische Normen) vb. gibi çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. Bunların en çok tanınan dört tanesi Şekil 4.3' te özet olarak sunulmaktadır.



Şekil 4.3: Sarsıntılarla ilgili düzenlemeler

Bunlardan OSMRE tarafından hazırlanmış bir düzenleme (30 CFR (Code of Federal Regulations) Sec. 816.61, 62, 64, 66, 67, 68 ve Sec. 817-61, 62, 64, 66, 68) (OSMRE, 2007) ve bu düzenlemenin açıklaması niteliğinde bir kılavuzda (Blasting Guidance Manual) patlatma kaynaklı yer sarsıntıları ile ilgili olarak, değerlendirmelerde takip edilecek olan yollar yayınlanmıştır (**Rosenthal, M.F., Marlock, G.L., 1987**). Bu düzenlemenin teknik anlamdaki arka planında, patlatma kaynaklı yer sarsıntıları konusunu çalışanların yakından tanıdıkları USBM RI 8507 de yer almaktadır (**Siskind ve arkadaşları, 1980**). Nitekim 30 CFR 816.67 ve 817.68’ de doğrudan RI 8507’ ye de bir atıf yapılmaktadır. OSMRE’ nin düzenlemelerindeki sorgulamalar için dört adet yol öngörülmüştür. Bu yolların hepsinde de parçacık hızı baş rolü oynamaktadır. Bu yollar;

- Uzaklığa Bağlı Parçacık Hızı
- Uzaklığa Bağlı Ölçekli Mesafe
- Değiştirilmiş Ölçekli Mesafe
- Frekans-Parçacık Hızı İkili

olarak adlandırılmakta ve patlatma kaynaklı sarsıntılarının alternatif sorgulama şekillerini içermektedir.

- Uzaklığa bağlı parçacık hızı yoluyla (30CFR Section 816.67(d)(2)(i)), her bir atımın sonucunda oluşan sarsıntı kaydedilir. Ölçülen parçacık hızına ait üç bileşenin ayrı ayrı ve mesafelere bağlı olarak Tablo 4.5’ te verilen limit değerleri aşıp aşmadığına bakılır. Bir vektörel toplam gerekmediği gibi, ayrıca bir frekans bilgisi de gerekli değildir. Limitlerin altında kalınması halinde, yapılan atım çevresi için zararsızdır denilir.

Tablo 4.5: Uzaklığa bağlı olarak izin verilebilen maksimum parçacık hızı değerleri

Uzaklık [feet]	Maksimum Parçacık Hızı Limit Değeri [inç/sn.]
0-300	1,25
301-5000	1.00
>5001	0.75

Bu yöntemin avantajları ve dezavantajları şöyle sıralanabilmektedir;

Avantajları:

- Sadece pik değerleri okuyan ekipmanlar kabul edilebilir.
- Frekans bilgisine gerek yoktur.
- Kısa mesafelerde parçacık hızının 1,25 inç/sn’ye kadar çıkması kabul edilebilir
- Ölçeklendirilmiş mesafeye nispetle daha kısa mesafelere ve/veya gecikme başına daha fazla şarj yapılmasına izin verir.

Dezavantajları:

- Bütün atımlar gözlenmelidir.

- 4. yolun kullanılması esasında diğer yolların izin verdiği maksimum hızlara izin vermez.
- Mesafeye bağımlı olarak her atım en az iki ya da daha fazla noktadan gözlenmelidir.
- Eğer sadece pik değerleri okuyan ekipmanlar kullanılmışsa, potansiyel patlatma problemleri tanımlada bu yol yardımcı olmaz
- Uzaklığa bağlı ölçekli mesafe yoluyla (30CFR Section 816.67(d)(3)(i)), herhangi bir sismik izleme yapılmaksızın, uzaklığa (D) bağlı, “Uzaklığa Bağlı Ölçekli Mesafe Değerleri (SD)” esas alınarak, aynı anda patlatılabilecek olan patlayıcı madde miktarı (W) tespit edilir. Buradaki “Ölçekli Mesafe”;

$$SD = DW^{-0.5} \quad (4.10)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Belirtilen SD değerlerinin genel değerler olması nedeniyle, güvenlik açısından patlayıcı kullanımına gerekenden fazla sınırlandırma getirilebilmektedir.

Bu yöntemin avantajları ve dezavantajları şöyle sıralanabilmektedir;

Avantajları:

- Gözlemlemeye gerek yoktur.
- Sadece basit ölçeklendirilmiş mesafe kontrol sağlar.
- En az masraflı olanıdır.

Dezavantajları:

- Diğer yollara kıyasla en kısıtlayıcı olanıdır.
- Gerçek hızlarla ilgili bir yol değildir: şikayet durumlarında en az etkin yöntemdir.
- Sadece kritik olmayan mesafeler/şarj ağırlığı ilişkilerinde etkindir.

- Potansiyel patlatma problemleri tanımlamada bu yol yardımcı olmaz.
- Uzaklığa bağlı olarak “Ölçekli Mesafe” seçildiğinde, aynı anda patlatılacak patlayıcı miktarı aşırı derecede azaltılmaktadır. Oysa bunun yerine değiştirilmiş ölçekli mesafe yolu kullanılarak, sahada yapılan patlatmaların işaret ettiği, deneyimlere dayanan bir SD değeri kullanılabilir. (30CFR Section 816.67(d)(3) (ii)). Yani, bir bakıma gerçek atımlar ile, “SD-Maksimum Parçacık Hızı” eşleşmelerinin istatistiksel olarak ifade edildiği bir formülasyona gidilmektedir. Buradaki uygulamalar ile seçilecek olan SD değerleri için mesafe (D) veri olduğundan dolayı, patlayıcı miktarı (W) değerleri ile oynayarak oluşacak PPV büyüklükleri önceden kestirilebilmektedir. Böylece, II. Yol (Uzaklığa Bağlı Ölçekli Mesafe) ile yapılan SD tayinindeki patlayıcı kullanımını azaltmaya yönelik aşırılık önlenebilmektedir. Bunun için daha önceden yapılan atımların (asgari 30 atım) özelliklerinin ve sismik kayıtlarının değerlendirilmesi gerekli olup, ek olarak, I. Yolda belirtilen limitlerin de aşılmasaı gereklidir. Uzaklığa bağlı ölçekli mesafe değeri Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6: Uzaklığa bağlı ölçekli mesafe değerleri

Uzaklık [ft] // [m]	Ölçekli Mesafe Limit Değeri $SD = D/W^{0.5}$ [ft/lb ^{0.5}]	8 ms aralıkla patlatılabilecek azami patlayıcı miktarı [lb] // [kg]
100//30,48	SD = 50	4,0// 1,8140
150//45,72	0-300 ft / 0-90 m	9,0 //4,0815
200// 0,96		16,0//7,2576
250//76,20		25,0//11,3375
300//91,44		36,0// 6,3260
400//121,92		53//4,0355
600//182,88	301-5000 ft / 91-1500 m	119// 53,9665
800 // 243,84		212//96,1420
1000//304,80		331//150,1085
2000//609,60		1322//599,5270
4000//1219,20		5290//2399,015
5500//1676,40		7160//3247,612
6000//1828,80	SD = 65 >5001ft /	8521//3864,273
10000//3048,0	>1501m	23700//10747,95

Bu yöntemin avantajları ve dezavantajları şöyle sıralanabilmektedir;

Avantajları:

- Düzenli gözlem yapmaya gerek yoktur.
- Sadece pik değeri ölçen ekipmanlar yeterlidir.
- Frekans bilgisine gerek yoktur.
- Kısa mesafeler için maksimum 1,25 inç/sn'lik hızlara izin verilebilir, bu yöntem genel veriler yerine saha spesifikasyonlarına göre geliştirilmiştir.

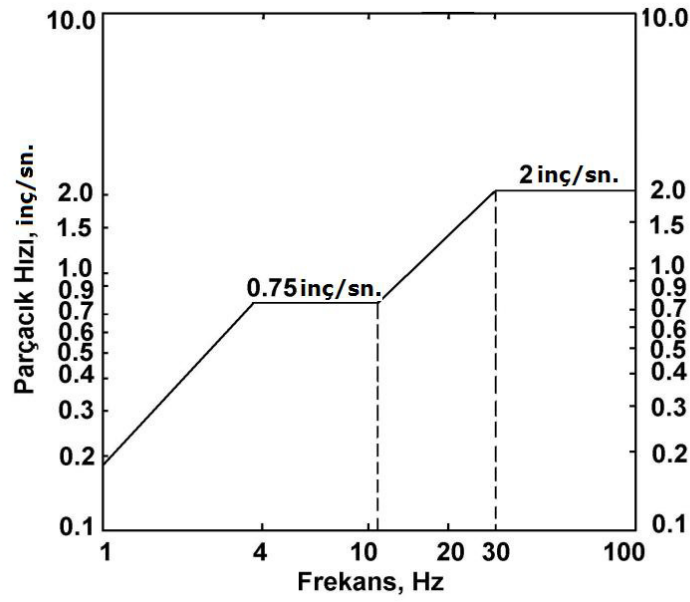
Dezavantajları:

- Yıllık olarak gözden geçirilmeli ve yenilenmelidir.

- Frekans değerlendirilmesini içeren metotlara kıyasla şikayet ve davalara daha az çözüm getirir.

- Frekans ve parçacık hızı ilişkisi yoluyla (30CFR Section 816.67(d)(4)(i)),

Maksimum Parçacık Hızı'na ek olarak, her bir "Maksimum Parçacık Hızı"nın sahip olduğu frekans değeri bilgisi de sorgulanmaktadır. Frekans – maksimum parçacık hızı ilişkisi Şekil 4.4'te sunulmuştur.



Şekil 4.4: Frekans - Maksimum parçacık hızı ilişkisi

Bu yöntemin avantajları ve dezavantajları şöyle sıralanabilmektedir;

Avantajları:

- Kısıtlayıcılığı en az olan yöntemdir: yüksek hızlara, maksimum şarjlara ve en kısa mesafelere izin verir.
- Patlatma düzeninde en büyük serbestliği veren yoldur.
- Diğer yöntemlere kıyasla patlatma düzeninde verdiği daha büyük serbesti daha düşük delme maliyetleri, optimum delme ve patlatma verimliliğiyle sonuçlanır.
- Tam uygunluk sağlar.

- En büyük tasarrufu sağlar.

Dezavantajları:

- Her bir atım gözlemlenmelidir.
- Kullanılan ölçüm aleti frekans ölçüm kabiliyetine sahip olmalıdır.
- En yüksek maliyete (denk gelen tasarrufları ihmal etmekle birlikte) neden olur.
- Dikkate ve mükemmel uygulamaya ihtiyaç duyulur.

Tüm bu batı kaynaklı kriterlere ek olarak burada 2005 tarihli T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı 25862 sayılı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ni ulusal kriter olarak anmakta yarar vardır. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı da çeşitli titreşim kaynaklarının neden olacağı çevresel titreşimlerin kontrol altına alınmasına ilişkin esaslarda maden ve taş ocakları ile benzeri faaliyette bulunan alanlardaki patlamaların çevredeki yapılara zarar vermemesi için, en yakındaki yapının dışında, zeminde ölçülecek titreşim düzeyi Tablo 4.7' de verilen değerleri geçemez ibaresini kullanmıştır (**Çevre ve Orman Bakanlığı Mevzuatı, 2005**). Ölçümlerin üç yönde yapılacağı ve bunlardan en yüksek olanının alınacağı belirtilmiştir. Dolayısıyla ulusal kriterlerde frekans parçacık hızı ikilisinin kullanıldığı OSMRE'nin önderdiği dördüncü yolun kriter olarak seçildiği söylenebilir.

Tablo 4.7: Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlama Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri

Titreşim Frekansı (Hz)	İzin Verilen En Yüksek Titreşim Hızı (Tepe Değeri-mm/sn)
1	5
4-10	19
30-100	50

(1 Hz- 4 Hz arasında 5 mm/s'den 19 mm/s'ye; 10 Hz- 30 Hz arasında 19 mm/sn'den 50 mm/s'ye , logaritmik çizilen grafikte doğrusal olarak yükselmektedir)

4.2. Tünelde yapılan atımların çevresel etkileri

Bilindiği gibi patlatma kaynaklı titreşimler ve bu titreşimlerin içinde yol aldığı (ya da yayıldığı) ortam çeşitli dalga tiplerinin –boyuna dalgalar (p dalgaları), enine dalgalar (s dalgaları), yüzey dalgaları gibi- oluşmasına sebep olmaktadır. Bu tür dalgalar yer içinin ve deprem gibi yer içi hareketlerinin incelenmesinde çok önemli olmakla birlikte patlatma sismolojisinde bu dalgaların etkilerinin kullanılmadığı, bunun yerine fiziksel yapının temellerinden titreşim girdisinin söz konusu olduğu ve bu girdinin kullanıldığı görülmektedir. Yani yer içi katmanlardaki olaylardan çok ateşleme yerindeki patlatma parametreleri ile fiziki yapıdaki titreşim parametreleri, patlatmanın etkilerini incelemek bakımından önemlidir **(Siskind ve arkadaşları,1980)**.

Nitekim Langefors ve Kihlström 1978 yılında hasar riskinin fonksiyonu olan şarj miktarı ve şarj ile yapı arasındaki uzaklığın belirlenmesi gerektiğini vurgulamıştır. **Lizotte 1996**'da kontrollü patlatma tekniklerinin ve bunun unsurları olan patlatma paterninin modifikasyonun, gecikme başına düşen maksimum şarjın, gecikme periyodunun, ateşleme sırasının ve patlayıcının yerleştirildiği bölgedeki kayacın hacminin bu probleme çözüm olabileceğini savunmuştur. Ayrıca kontrollü patlatmada pik parçacık hızı çevresel performans için bir anahtar olmakla beraber büyük ölçüde yakın alanlarda maksimum şarja ve çok uzak alanlarda ise toplam şarja bağlıdır **(Blair,1990)**. Özellikle bir patlatmada sismik dalgaların süresi şarj miktarıyla doğru, uzaklıkla ters orantılıdır **(Zhang, 2000)**. Fakat genelde, doğru gecikme zamanı amplitüdü azaltmak ve yer titreşimlerini optimize etmek açısından çok önemlidir **(Venkatesh, 2005)**.

Bu fikirlerin ısıığı altında, bir kısmı yerleşim alanlarının altından (Ayazağa Köyü) geçen Osmankuyu Tüneli'ndeki patlatma çalışmaları ve bunların çevresel etkileri ile etkilerin minimize edilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Osmankuyu Tüneli Hattı (Uydu Görüntüsü)

Bu bölüm geçilirken yapılan atımlarda yöntem değişikliğine gidilmiştir. Atımı oluşturan deliklerin ateşleme sırası, deliklerin patlamasının istenilen zaman silsilesinde yapılması için patlayıcılar farklı miktarlara bölünmüştür. Nitekim Bölüm 1’de de anlatıldığı gibi bu bölgede tam cephe olarak patlatma çalışmaları yapılmakta ve olumsuz çevresel etkilerin önlenmek istenmesi nedeniyle kontrollü patlatma ile tam cephe yerine üst ve alt cephe ayrı ayrı patlatılmıştır. Sismik kayıtlar ve bunların analizi DIN 4150 standardına göre sunulmuştur (**DIN 4150-3, 1999**). **Siskind’in 2000** yılında belirttiğine göre, diğer standartlara kıyasla DIN 4150 özellikle yapıların cinsleri bakımından sınırlayıcı olanıdır ve titreşimlerin algılanması ve şikayetlerini minimize etmeye en meyilli olanıdır. Kullanılan yeni yöntemde tam cephe patlatmadan kısmi cephe delme patlatma yöntemine geçilmiştir. Bunun nedeni; patlatma kaynaklı çevresel etkilerin asgari seviyelere çekilmek istenmesidir. Kısmi cepheli atımların organize edilmesi ile titreşim etkileri bakımından önemli fayda sağlanması amaçlanmaktadır. Buna göre bir adet büyük atım yerine birbirini 20 dakikalık arayla takip eden iki adet küçük atım yapılacaktır. Bu ise aynı anda ateşlenen patlayıcı miktarını asgariye çekecek ve en az seviyede titreşime neden olacaktır. Diğer bir hedef ise patlatma sürelerinin kısaltılmasıdır. Birçok araştırmacı titreşimin süresinin, insanların verdiği olumsuz tepkilerde önemli rol oynadığını kabul etmiştir (**Wiss ve Parmelee,1974; Murray,1979; Dowding,2000**). Eğer süre kısaysa bir çok olay tolere edilebilir. Böylelikle kısa süreli ve düşük titreşim seviyeli patlatmalar ile gerek fiziki yapılar ve gerekse insanlar üzerindeki olumsuz etkiler önlenecektir. Bunların genel olarak değerlendirilebilmesi için Şekil 4.5’te verilen titreşim ölçme cihazları kullanılarak ölçümler yapılmıştır. **Siskind 1980** yılında, **Wiss ve Parmelee’nin 1974** yılında yaptığı kısa süreli titreşim ile **Goldmann (1948)**

ve Reither ve Meister (1946)' ya ait sabit durumlu iki titreşim olmak üzere toplam 3 adet deneysel çalışmanın sonuçlarını özetlemiştir.

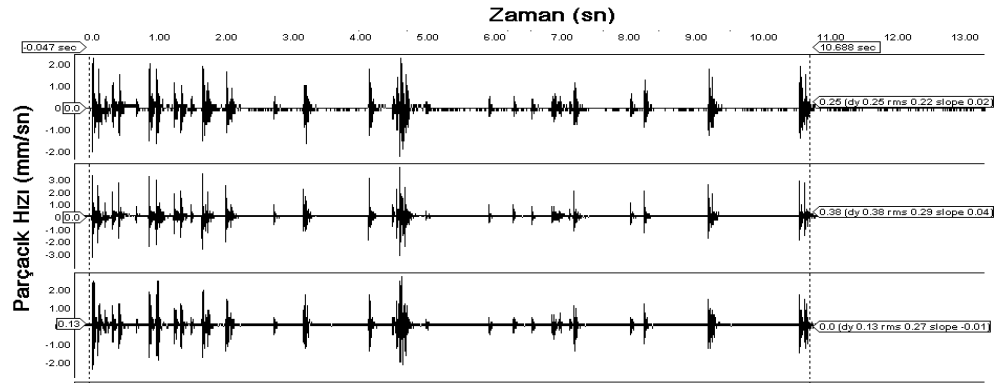


Şekil 4.5: Titreşimlerin ölçümünden bir görünüm

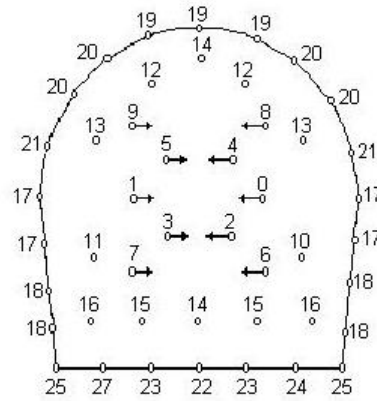
Esasen tam cepheli patlatmalarda da aynı anda ateşlenen patlayıcı miktarını asgariye indirmek ve böylelikle titreşimleri minimum düzeyde tutmak için yollar mevcuttur. Bunun için elektrikli mili saniye mertebesinde gecikmeli kapsüller kullanmak mümkündür. Ancak bu tip kapsüllerin gecikme aralığı sayıları sınırlıdır. Örneğin MKEK 30 ms'lik gecikmeli kapsüllerinin mevcut 16 adet gecikme sayısı bazen yeterli olamayabilmektedir. Bu güçlüğü aşan sıralı ateşleme cihazı (Sequential blasting machine) uygulaması, şok tüplü ateşleme sistemleri veya uygulamaları değişik alanlarda yer bulabilmektedir. Böylece pratik olarak aynı anda ateşlenen patlayıcı miktarının asgariye indirilmesi mümkün olabilmektedir.

Ancak buradaki ana sorun fiziksel yapılardaki titreşim kaynaklı olumsuz etkilerin minimize edilmesi yanında titreşimlerin insanlarda yarattığı huzursuzlukların da önlenilmesidir. Çünkü önceden değinildiği gibi birçok halde, patlatma titreşimlerinin seviyeleri fiziki yapılarda hasar oluşturma açısından bilinen kriterlerin hasar eşiklerinin altında kalmasına rağmen insanlar patlatmalardan huzursuz olabilmektedir. Bu bağlamda patlatmaların dolayısıyla titreşimlerin süreleri de önemli rol oynamaktadır. Yani, kritik bölgelerdeki patlatmalarda sadece PPV – frekans ilişkisinin kontrolü yanında süre faktörü de önemli olmaktadır. Nitekim Şekil 4.6'da görülen patlatma kaydı söz konusu tünelde tam cephe patlatmalarda şok tüplü

ateşleme sistemi gerçekleştirilmiş bir patlatmaya aittir. Ayrıca bu patlatmaya ait ayna paterni Şekil 4.7’de verilmiştir.



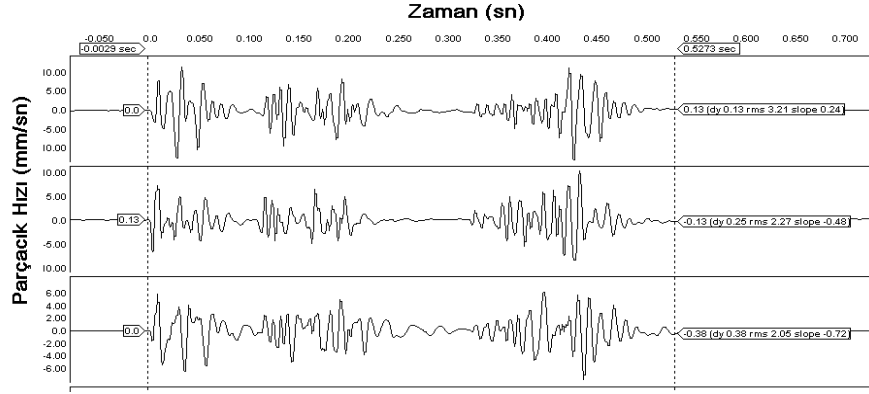
Şekil 4.6: Nonel kapsül kullanılan patlatmaya ait parçacık hızı zaman grafiği



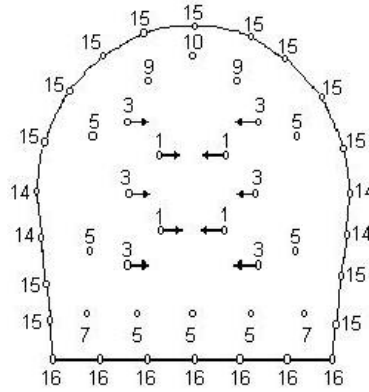
Şekil 4.7: Nonel kapsül kullanılan patlatmadaki ayna paterni

Burada söz konusu tünellerde tam cephe patlatmada aynı anda patlayan patlayıcı miktarı 3,088 kg’dır. Bu rakam, Tablo 4.6’daki uzaklık – patlayıcı miktarı ilişkilendirmeleriyle incelendiğinde çalışmanın yapıldığı yerde $D = 39,74$ m uzaklıktan itibaren uygun olmaktadır. Şekil 4.9’daki titreşim kaydı 57,25 m mesafede ölçülmüş olup fiziki hasar kriterlerini fazlasıyla sağlamaktadır. Ancak yerinde yapılan gözlemlerde bu atım en çok insani tepkiyi çeken atım olmuştur.

Bu durum karşısında atımların sürelerinin kısaltılması amaçlanmış ve 30 ms’lik elektrikli kapsüllerle titreşim kayıtları Şekil 4.8’de görülen 480 ms süreli atımlara kadar inilmiştir. Ayrıca bu patlatmaya ait ayna paterni Şekil 4.9’da verilmiştir. Bu arada insan tepkisinin trendini yakalamak için 6000 – 3000 – 1500 ms süreli atımlar (Tablo 4.9) yapılmıştır (Kuzu, 2008).



Şekil 4.8: Elektrikli kapsül kullanılan patlatmaya ait parçacık hızı zaman grafiği



Şekil 4.9: Elektrikli kapsül kullanılan patlatmadaki ayna paterni

Burada varılan sonuç; 480 ms'lik atımın aynı anda patlayan azami patlayıcı miktarı 9,264 kg olmasına rağmen insan tepkisi bakımından önemli bir huzursuzluğa neden olmadığıdır. Bu atımın PPV değeri Tablo 4.9'da görüldüğü gibi 16,1 mm/sn olup fiziki yapılar açısından DIN, OSMRE, USBM ve nihayet Orman Bakanlığı'na göre güvenli bölgede yer almaktadır.

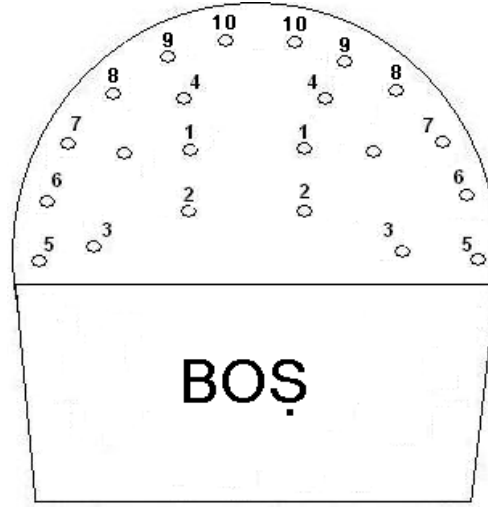
Ancak insanlar tarafından hissedilen düşük seviyeli titreşimlerde dahi, etkilerini daha aşağılara çekebilmek için atım sürelerinin daha da kısaltılması fikri ortaya atılmıştır. Bu amaçla Tablo 4.8'de görüldüğü gibi kısmi cepheli atımlar organize edilmiştir. Kısmi cepheli atımların hepsi 30 ms'lik elektrikli kapsüllerle yapılmıştır. İlk olarak alt yarı patlatılmış, takriben 20 dakika sonra üst yarı ateşlenmiştir. Alt yarı ve üst yarıya ait seçilmiş bazı atımların bilgileri Ek B'de görülmektedir. Örnek olarak Şekil 4.13 ve 4.14'teki iki atım paterni verilmiştir. Bu atımların azalan süreleri mukayeseli olarak Tablo 4.8'de sunulmaktadır.

Tablo 4.8: Atımlara ait ölçüm değerleri

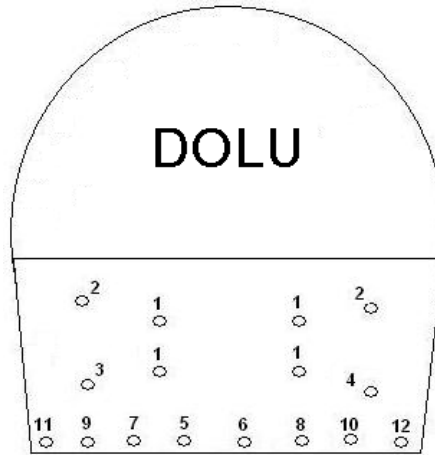
No		PPV (mm/sn)	Frekans (Hz)	Süre (ms)	Mesafeler (m)	Şekil	Tepkiler
A _{T1}		4,54	64-73	9000	57,25	Şekil 5.2 a	Şiddetli
A _{T2}		7,29	68-77	6000	57,25	-	Çok farkedilebilir
A _{T3}		9,3	65-83	3000	57,25	-	Belirgin farkedilebilir
A _{T4}		11,4	72-88	1500	57,25	-	Belirgin farkedilebilir
A _{T5}		16,1	85->100	480	57,25	Şekil 5.2 b	Zor farkedilebilir
1 (K.C.)	ay	17,4	57	300	26,43	-	Farkedilmez
	üy	10,8	33	240	26,43	-	Farkedilmez
2 (K.C.)	ay	12,1	35->100	330	28,31	-	Farkedilmez
	üy	12,2	73	300	28,31	-	Farkedilmez
3 (K.C.)	ay	18,0	83	360	34,17	-	Farkedilmez
	üy	11,3	85,3	360	34,17	-	Zor farkedilebilir
4 (K.C.)	ay	14,7	>100	330	35,66	-	Farkedilmez
	üy	16,8	85,3	330	35,66	-	Farkedilmez
5 (K.C.)	ay	25,8	64	330	44,61	-	Zor farkedilebilir
	üy	17,1	56,8	330	44,61	-	Farkedilmez
6 (K.C.)	ay	26,7	>100	390	39,24	-	Zor farkedilebilir
	üy	17,8	85	330	39,24	-	Farkedilmez
7 (K.C.)	ay	17,0	>100	330	39,61	-	Farkedilmez
	üy	14,2	57->100	270	39,61	-	Farkedilmez
8 (K.C.)	ay	23,1	51->100	330	25,66	Şekil 5.2 d	Zor farkedilebilir
	üy	11,1	34-51	330	25,66	Şekil 5.2 c	Farkedilmez
9 (K.C.)	ay	19,0	37-73	330	34,17	-	Farkedilmez
	üy	11,7	39->100	330	34,17	-	Farkedilmez
10 (K.C.)	ay	24,5	55->100	330	26,35	-	Zor farkedilebilir
	üy	13,1	40-87	330	26,35	-	Farkedilmez
11 (K.C.)	ay	23,8	55-74	330	22,15	-	Zor farkedilebilir
	üy	14,1	59->100	330	22,15	-	Farkedilmez
ay: alt yarı atımı üy: üst yarı atımı K.C.: : Kısmi Cephe							
A _T : Alıntı Tam Cephe (Kuzu C.,Güçlü E.,2008) PPV: Peak Particle Velocity							

Kısmi cepheli atımların hepsi 30 ms'lik elektrikli kapsüllerle yapılmıştır. İlk olarak alt yarı patlatılmış, 20 dakika sonra ise üst yarı ateşlenmiştir. Alt yarı ve üst yarıya ait atım paternleri Ek B'de verilmiştir. Örnek olarak Şekil 4.10 ve 4.11'deki iki atım

paterni verilmiştir. Bu atımların azalan süreleri mukayeseli olarak Tablo 4.8’de sunulmaktadır.

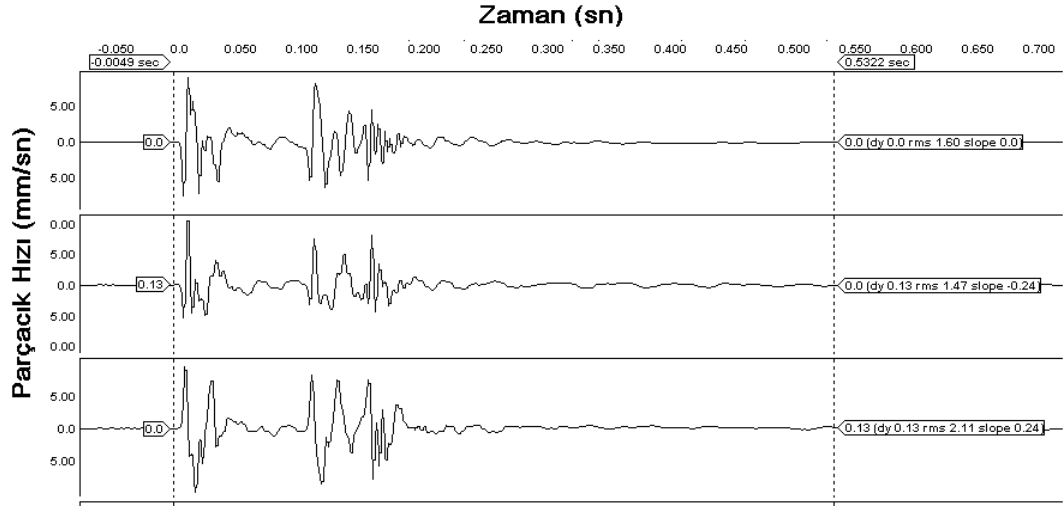


Şekil 4.10: Üst yarı atımına ait ayna paterni

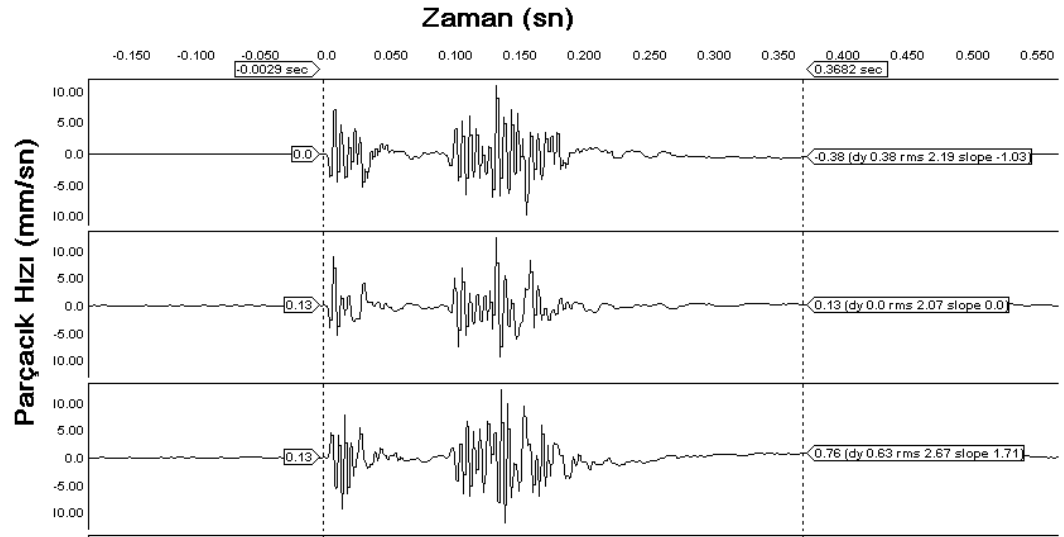


Şekil 4.11: Alt yarıya ait ayna paterni

Bu atımlara ait titreşim kayıtları ise Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’te verilmiştir. Genelde üst yarıda daha fazla patlayıcı kullanılmış olup bu durum önce patlatılan alt yarının, üst yarıdaki doldurulmuş delikleri bozmaması için bilerek yapılmıştır.

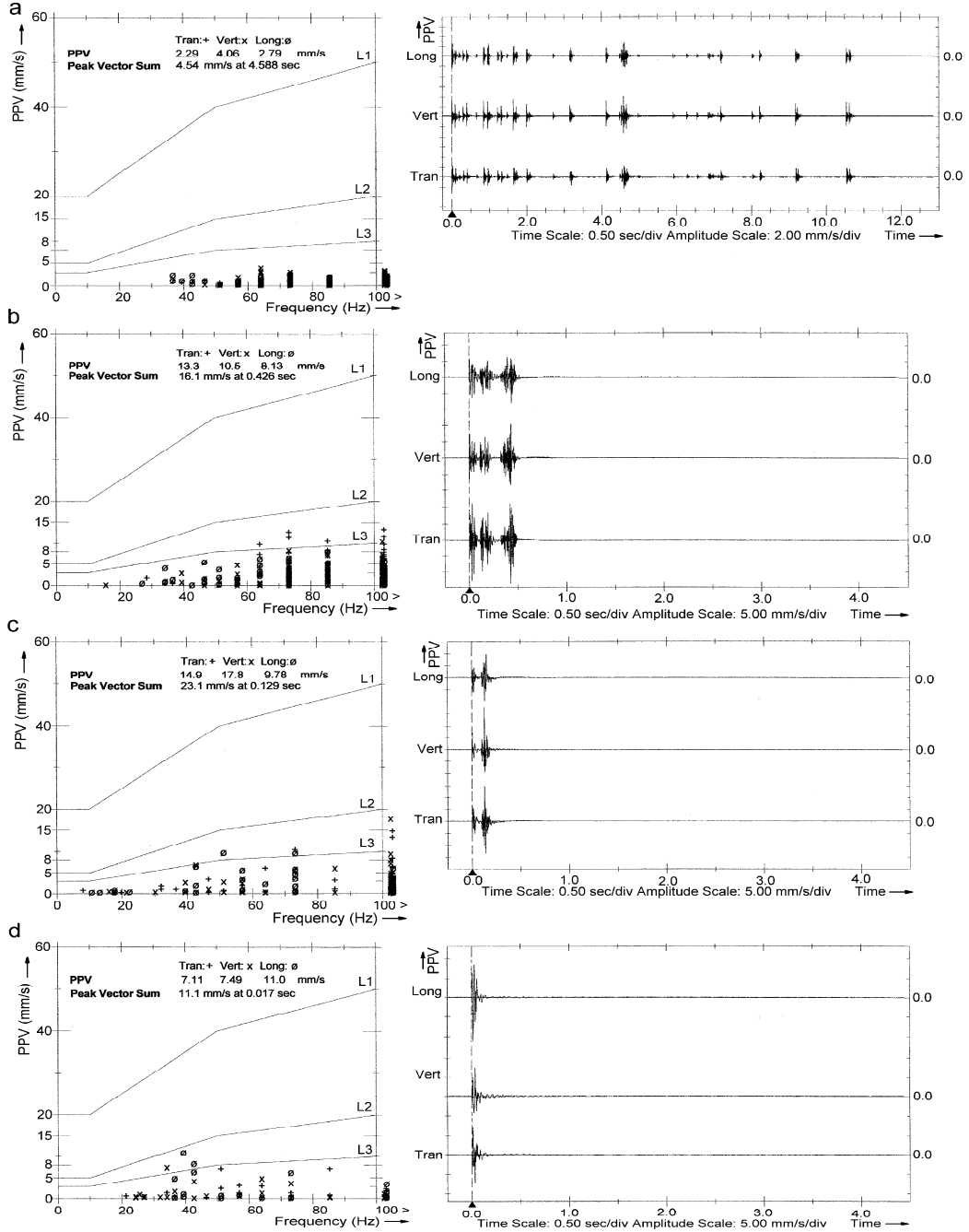


Şekil 4.12: Üst yarı atımına ait paçacık hızı zaman grafiği



Şekil 4.13: Alt yarı atımına ait paçacık hızı zaman grafiği

Tam cephe ve kısmi cephe delme patlatmalar sırasında Instantel'e ait Minimate Plus model cihazla kaydedilen sismik kayıtlara bakıldığında, OSMRE standartlarındaki dördüncü yol olan parçacık hızı – frekans ile elde edilen hasar eşiğinin geçilmediği görülmektedir. EK B'de tüm atımlara ait sismik kayıtlar mevcuttur.



Şekil 4.14: Tüm yöntemlere ait sismik kayıtlar (Kuzu C., Güçlü E., 2008)

Ancak iki yöntem arasındaki fark, ateşlenen anlık patlayıcı miktarının azaltılması ile titreşim sürelerinin kısalmasıdır. Sonuç olarak kısmi cephe patlatma tam cephe patlatmaya göre bölgede yaşayan insanları daha az etkilemiştir. Kullanılan tüm yöntemlere ait Şekil 4.14'te de verilen sismik kayıtlar değerlendirildiğinde, insanların daha az etkilenmesini sağlayan sürelerdeki kısalma daha rahat izlenebilmektedir.

Semboller

- ◆ Farkedilmez
- ▮ Diğerleri

Kısaltmalar

- A_T: Alıntı Tam Cephe
- A_K: Alıntı Kısmi Cephe
- ay: Alt Yan
- üy: Üst Yan

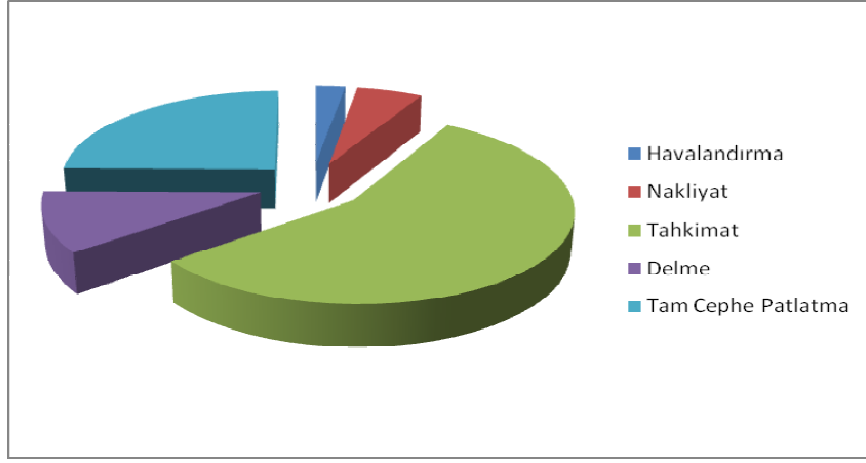
66

5. SONUÇ

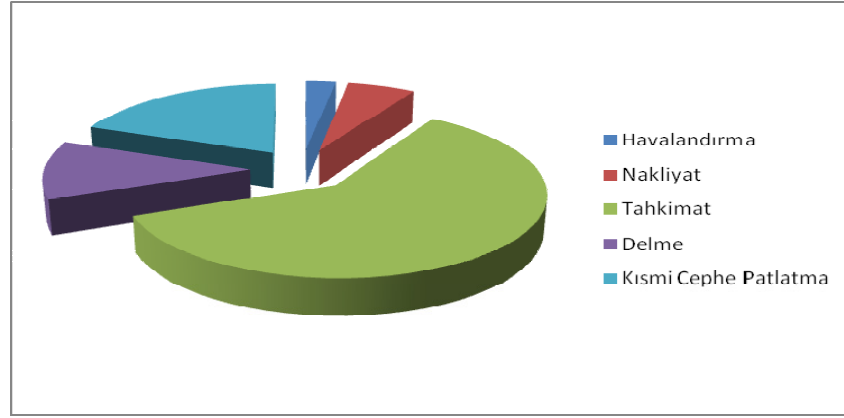
Çalışmada Melen Projesi'nin bir bölümü olan Osmankuyu Tüneli'ndeki delme – patlatma çalışmaları incelenerek özellikle bu bölgede yapılan atımların çevresel etkileri araştırılmıştır. Bunun dışında tünelticilik açısından önemli olan kazı, tahkimat, nakliyat ve havalandırma konuları incelenmiş ve her kaleme ait maliyet hesapları yapılmıştır. Delme ve patlatma, tahkimat, nakliyat ve havalandırma birim maliyetlerinin hesaplanması sonucu elde edilen değerler Tablo 5.1'de sunulmuştur. Maliyetler m ilerleme başına düşen maliyetlerdir. Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de ayrıca dairesel grafikte m ilerleme başına düşen maliyetlerin dağılımı verilmiştir.

Tablo 5.1: Maliyetler

Havalandırma	24 YTL/m
Nakliyat	53,87 YTL/m
Tahkimat	544,22 YTL/m
Delme	103,34 YTL/m
Tam Cephe Patlatma	239,40 YTL/m
Kısmi Cephe Patlatma	174,6 YTL/m



Şekil 5.1: Tam Cephe Patlatma için maliyetlerin yapılan işlere göre dağılımı (YTL/m)



Şekil 5.2: Kısmi Cephe Patlatma için maliyetlerin yapılan işlere göre dağılımı (YTL/m)

Delme performansı spesifik delgi kriteri üzerinden incelendiğinde tam cephe patlatmanın kısmi cephe patlatmaya göre daha % 20 uzun delik delinmesini gerektirdiğini göstermiştir.

Patlatma performansı spesifik şarj kriterine göre değerlendirildiğinde tam cephe patlatmada kısmi cephe patlatmaya göre %30 daha az patlayıcı gerektiği gözlenmiştir.

Çevresel etki açısından atımlara bakıldığında hem tam cephe hem de kısmi cephe atımlarda hasar sınırı aşılmamıştır. Ancak atım süreleri tam cephe patlatmada kısmi cephe patlatmaya göre %25-50 arasında uzun sürmüştür. Bu da kısmi cephe patlatma yapıldığında insani tepkilerin azalmasına yol açmıştır.

KAYNAKLAR

- Anonim**, 1987. Explosives and rock blasting. Atlas Powder Company, Dallas, pp. 321–372.
- Barton, N., Lien, L., Lunde, J.**, 1974. Analysis of rock mass quality and support practice in tunneling and a guide for estimating support requirements. Internal Report of Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, Norway, pp. 6–9.
- Bhandari S.**, 1997. Engineering Rock Blasting Operations, Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- Blair, D.P.**, 1990. Some problems associated with standard charge weight vibration scaling laws. *3rd International Symposium on fragmentation by blasting*, Brisbane, pp. 149–158.
- Chakraborty, A.K., Roy, P.P., Jethwa, J.L., Gupta, R.N.**, 1998. Blast performance evaluation in small tunnels: a critical evaluation in underground metal mines. *Tunneling and Underground Space Technology* **13** (3), 331–339.
- Çevre ve Orman Bakanlığı Mevzuatı**, 2005. 25862 sayılı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC), 5.Bölüm, Madde29/a, Ankara.
- DIN 4150-3**, 1999. Structural vibration-effects of vibration on structures. *Deutsches Institut für Normung*, Germany.
- Dowding, C.H.**, 2000. Construction Blasting, USA, pp. 366–378. Goldmann, D.E., 1948. A review of subjective responses of vibrating motion of the human body in the frequency range 1–70 cycles per second. Naval Medical Research Institute Project NM 004001, Report1.
- Güçlü E., Kuzu C., Yavuz N., Beker B.**, 2007. Ayazağa Tünellerinde Delme – Patlatma Çalışmaları ve Bunlardan Kaynaklanan Sarsıntıların İncelenmesi, 2. Ulaşımında Yeraltı Kazıları Sempozyumu, İTÜ, İstanbul, 15 – 17 Kasım, s. 583 – 589.
- Harrison, P.J., HudsonFREig, J.A.**, 2000. Engineering Rock Mechanics.Pergamon (part 1–2).
- Hustrulid, W.**, 1999. Blasting Principles for Open Pit Mining, vol. 1.A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 269–292.
- Kahriman A.,Özer Ü.,Adıgüzel D.,Karadoğan A.,Aksoy M.,Muştu R.,Dinçel E.,Alan E.,İbrahim S.**, 2007. Kadıköy – Kartal Metrosu Tünel Güzergahında Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin İncelenmesi, 2. Ulaşımında Yeraltı Kazıları Sempozyumu, İTÜ, İstanbul, 15 – 17 Kasım, s. 571 – 581.
- Kuzmenko, A.A., Vorobey, V.D., Denisyuk, I.I., Dauetas, A.A.**, 1993. Seismic Effects of Blasting in Rock. Balkema, Rotterdam, pp. 16–31.

- Kuzu C.**, 2008. The mitigation of the vibration effects caused by tunnel blasts in urban areas: a case study in Istanbul, *Environmental Geology*, **54**, 1075-1080.
- Kuzu C., Güçlü E.**, 2008. The problem of human response to blast induced vibrations in tunnel construction and mitigation of vibration effects using cautious blasting in half-face blasting rounds. *Tunneling and Underground Space Technology*, Article in press.
- Langefors, U., Kihlström, B.**, 1978. Rock Blasting. John Wiley & Sons, New York, pp. 258–295.
- Lizotte, Y.C.**, 1996. Controlled blasting at the CANMET experimental mine. *Mining Engineering* 6 (48), 74–78.
- Melen Sistemi 2. Merhale Projesi**, 2000. Cumhuriyet Terfi Deposu – Osmankuyu/Kağıthane Arası İletim Hattı Sözleşme No:6, Cilt 5, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı DSİ İçmesuyu ve Kanalizasyon Daire Başkanlığı, Melen Mühendislik ve Müşavirlik Hizmetleri Ortak Girişim Grubu.
- Murray, P.D.**, 1979. Acceptability criteria for occupant induced floor vibrations. *Sound and Vibration* 13 (11), 24–30.
- Persson, P.A., Holmberg, R., Lee, J.**, 1996. Rock Blasting and Explosives Engineering. CRC, USA, pp. 209–231.
- Reiher, H., Meister, F.J.**, 1946. The effect of vibration on people. Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens: 1931 2(11); transl. by Headquarters Air Material Command, Wright Field, Ohio, Report FTSL-616-RE.
- Rosenthal, M.F., Morlock, G.L.**, 1987. Blasting Guidance Manual, Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement
- Olofsson, S.O.**, 1988. Applied Explosives Technology for Construction, Applex, ARLA, Sweden.
- Özer Ö., Karadoğan A., Kahriman A., Erol A.K., Yurttaş M.**, 2007. Bir Karayolu Tüneli İnşaatında Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin Ölçümü ve Analizi, 2. Ulaşımda Yeraltı Kazıları Sempozyumu, İTÜ, İstanbul, 15 – 17 Kasım, s. 499 – 507.
- Ulusay R.**, 1994. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.
- Singh, P.K., Vogt, W., Singh, R.B., Singh, M.M., Singh, D.P.**, 1997. Response of surface structures to rock blasting. *Mineral Resource Engineering* 6 (4), 185–194.
- Siskind, D.E.**, 2000. Vibrations From Blasting. ISEE International Society of Explosives Engineers, Cleveland, pp. 79–82.

- Siskind, D.E., Stagg, M.S., Kopp, J.W., Dowding, C.H.,** 1980. Structure response and damage produced by ground vibration from surface mine blasting. U.S. Bureau of Mines Report of investigation 8507.
- Venkatesh, H.S.,** 2005. Influence of total charge in a blast on the intensity of ground vibrations-field experiment and computer simulation. *Fragblast* 9 (3), 127–138.
- Wiss, J.F., Parmelee, R.A.,** 1974. Human perception of transient vibrations. Journal of the Structural Division 100 (ST4), 773–787, Proc. Paper 10495, (ASCE) 1974.
- Zhang, J.,** 2000. Explosives and Blasting Technique. Holmberg, R. (Ed.). Balkema, Rotterdam, pp. 335–341.

EK A: Q Sınıflandırma Değeri Tabloları ve Örnekler**Tablo A.1.1: RQD – Kaya Kalite İndeksi**

Tanım	RQD Değeri
A - Çok Zayıf	0 – 25
B – Zayıf	25 – 50
C – Orta	50 – 75
D – İyi	75 – 90
E – Çok İyi	90 - 100

Tablo A.1.2.: J_n– Eklem Takımı Sayısı

Eklem Takım Sayısı	J _n Değeri
A – Masif, yok veya birkaç eklem	0,5 – 1,0
B- Bir eklem takımı	2
C – Bir eklem takımı + düzensiz eklemler	3
D – İki eklem takımı	4
E – İki eklem takımı + düzensiz eklemler	6
F – Üç eklem takımı	9
G – Üç eklem takımı + düzensiz eklemler	12
H – Dört veya daha fazla eklem takımı, düzensiz çok eklemli, küp vb.	15
J – Parçalanmış kaya, toprak	20

Tablo A.1.3: Jr – Eklem Pürüzlülük Sayısı

Eklem Pürüzlülük Değeri	Jr
A - Süreksiz eklemler	4,0
B – Pürüzlü, dalgalı	3,0
C – Dalgalı, düz	2,0
D – Dalgalı, sürtünmeli	1,5
E – Düzlemsel, pürüzlü	1,5
F – Düzlemsel, düz	1,0
G- Düzlemsel, sürtünmeli	0,5
H – Süreksizlik yüzeylerinin temasını önleyecek kadar kalın killi zon	1,0
J – Süreksizlik yüzeylerinin temasını önleyecek kalınlıkta kum, çakıl, breşli zon	1,0

Tablo A.1.4: J_a - Eklem Alterasyon Sayısı

Eklem Ayırışma (alterasyon) sayısı	J _a	Ör, yaklaşık sürtünme açısı
A- Sıkıca kaynaşmış, sert yuşamayan geçirimsiz dolgu	0,75	-
B – Ayırışmamış eklem yüzeyleri, sadece yüzey boyaması	1,0	25 ° – 35°
C – Hafifçe ayırışmış eklem yüzeyleri, yuşamayan yüzey minarelleri, kum taneleri, kilsiz kaya vb.	2,0	25 ° – 30 °
D – Siltli veya kumlu yüzey killeri, düşük kil	3,0	20 ° – 25 °
E – Yumuşmayan veya düşük sürtünme açılı yüzey killeri. Kaolin, mika, klorit, talk, jips, grafit vb.	4,0	8 ° -16 °
F- Kum taneleri, kil içermeyen ufalanmış kaya	4,0	25 ° – 30 °
G – Aşırı konsolide, yuşamayan kil dolguları (sürekli kalınlığı 5mm’den az dolgu)	6,0	16 ° – 24 °
H – Orta veya az konsolide, yuşamayan kil dolgulu(sürekli kalınlığı 5mm’den az dolgu)	8,0	12 ° – 16 °
J – Şişen kil dolgulu, montmorilmonit vb. (sürekli kalınlığı 5mm’den az dolgu)	8 -12	6 ° – 12 °
K - Parçalanmış kaya veya kil zonları-bantları. (kil durumu için G, H, J koşullarına bakınız)	6 -8 veya 8 – 12	6 ° – 24 °
L – Siltli veya kumlu kil zonları-bantları, kil içeriği az (yuşamayan)	5	-
M – Kalın, sürekli kil zonları-bantları (kil durumu için G, H, J koşullarına bakınız)	10 – 13 veya 13 – 20	6 ° - 24 °

Tablo A.1.5: J_w - Eklem Su Azaltma Faktörü

Eklem Suyu Azaltma Faktörü	J_w	Su Basıncı (kg/cm^2)
A - Kuru kazılar veya dakikada 5lt'den az su akışı	1,00	<1,0
B – Orta miktarda su akışı, eklem dolgularının yer yer yıkanması	0,66	1,0 – 2,5
C – Kendi kendini tutabilen kayalarda dolgusuz eklemlerde çok miktarda su akışı	0,50	2,5 – 10,0
Eklem Suyu Azaltma Faktörü	J_w	Su Basıncı (kg/cm^2)
D – Çok miktarda su akışı, eklem dolgularının yükek basınç ile fazlaca yıkanması	0,33	2,5 – 10,0
E – Patlatma ile ortaya çıkan ve zamanla azalan su akışı	0,20 – 0,10	10,0
F – Zamanla azalmayan çok fazla su akışı veya basıncı	0,10 – 0,05	>10,0

SRF – Gerilme Azaltma Faktörü için değerler Tablo 2.6’da A, B, C, D olmak 4 ayrı bölüme ayrılarak sunulmuştur.

Tablo A1.6.A: SRF – Gerilme Azaltma Faktörü (Tünel kazısında kaya kütlelerinin gevşemesine neden olabilecek zayıflık zonları bulunduğunda)

Gerilme İngirgeme Faktörü	SRF
A – Kil içeren veya kimyasal ayrışmaya uğramış kaya içeren birden fazla zayıflık zonu	10,0
B – Kil içeren veya kimyasal ayrışmaya uğramış kaya içeren tek bir zayıflık zonu (kazı derinliği 50 m’den az)	5,0
C – Kil içeren veya kimyasal ayrışmaya uğramış tek bir zayıflık zonu (kazı derinliği 50 m’den fazla)	2,5
D – Kil içeren dayanımlı kayada birden fazla makaslanma zonu, gevşek yan kayaç (kazı derinliği önemsiz)	7,5
E - Kil içeren dayanımlı kayada birden fazla makaslanma zonu, gevşek yan kayaç (kazı derinliği ≤ 50 m)	5,0
F - Kil içeren dayanımlı kayada birden fazla makaslanma zonu, gevşek yan kayaç (kazı derinliği ≥ 50 m)	2,5
G – Gevşek, dolgusuz eklemler, çok eklemler, küp gibi (kazı derinliği önemsiz)	5,0

Tablo A.1.6.B.: SRF – Gerilme Azaltma Faktörü

Gerilme İndirgeme Faktörü	SRF	Ω_c / Ω_1	Ω_1 / Ω_1
H – Düşük gerilme, yüzeye yakın	2,5	>200,0	>13,0
J – Orta derecede gerilme	1,0	200,0 – 10,0	13,00 – 0,66
K – Yüksek dercede gerilme, çok sıkı yapı	0,5 – 2,0	10,0 – 5,0	0,66 – 0,33
L – Az kaya patlaması (masif)	5,0 – 10,0	5,0 – 2,5	0,33 – 0,16
M – Fazla kaya patlaması (masif)	10,0 – 20,0	<2,5	<0,16

Tablo A.1.6.C: SRF – Gerilme Azaltma Faktörü

Gerilme İndirgeme Faktörü	SRF
N – Az sıkışan kaya basıncı	5-10
O – Fazla sıkışan kaya basıncı	10 – 20

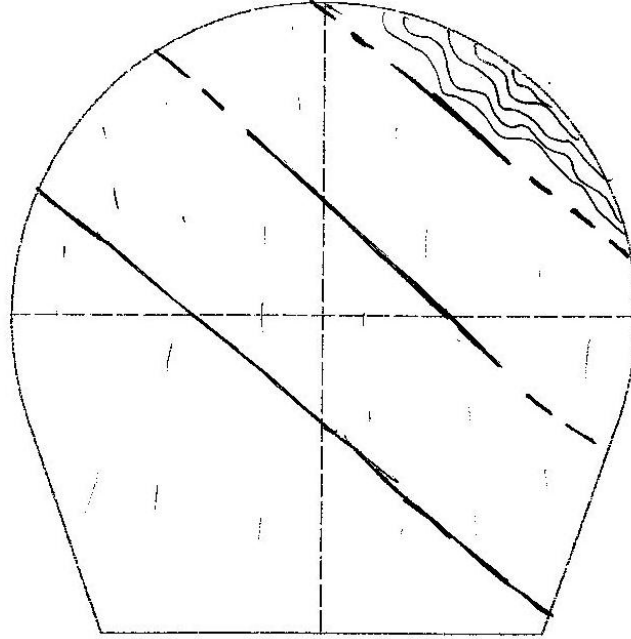
Tablo A.1.6.D: SRF – Gerilme Azaltma Faktörü

Gerilme İndirgeme Faktörü	SRF
P - Az şişen kaya basıncı	5 -10
R- Fazla şişen kaya basıncı	10 – 15

AYNA JEOLJİ HARİTASI

AYAZAĞA... TUNELİ GİRİŞİ

Km:.....



Siltstone
MS
MW
FR
G

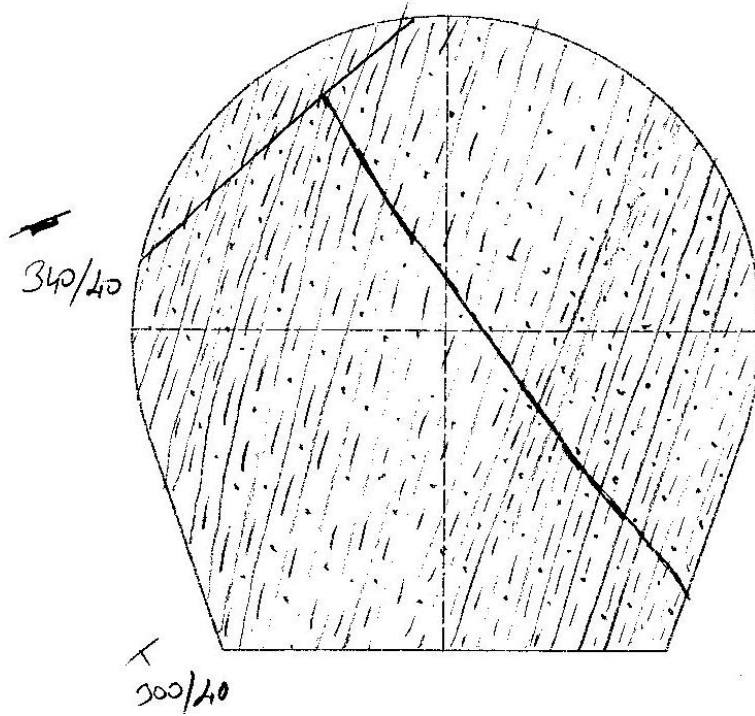
ÖLÇEK 1:50

LİTOLOJİK TANIMLAMA				Q	KAYA SINIFI
Orta derecede ayrışmış orta dayanımlı gri renkli silttaşı. Tabakalanma izlenimlenmektedir. Yer yer kırıklı ve kırıklı.				Q>1.0	I
				0.4<Q<1.0	II
				0.1<Q<0.4	III
				0.04<Q<0.1	IV
				Q<0.04	V
RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF
Kaya Kalitesi Özelliği	Eklem Takımı Sayısı	Eklem Pürüzlülük Sayısı	Eklem Alterasyon Sayısı	Eklem Su İndirgeme Faktörü	Gerieme İndirgeme Faktörü
25	9	1	8	1	7.5
$Q = (RQD/Jn) * (Jr/Ja) * (Jw/SRF)$ $Q = (25/9) * (1/8) * (1/7.5)$ $Q = 0.047$					
KAYA DESTEKLEME SINIFI:					
BİRİNCİL DESTEKLER: Tip IV destekleme sistemi + NAFI-100 ilave iksa					
AÇIKLAMALAR			YÜKLENİCİ		BELGE ALINDISI
			TARİH 03.09.2007		TARİH:
			HAZIRLAYAN: Mehmet Zengin		İMZA:
			İMZA:		

AYNA JEOLÖJİ HARİTASI

OSMANİYE YÖNÜNE ÇIKIŞ

Km: 21.991,06



Siltstone
ms
mw
FR-B
6

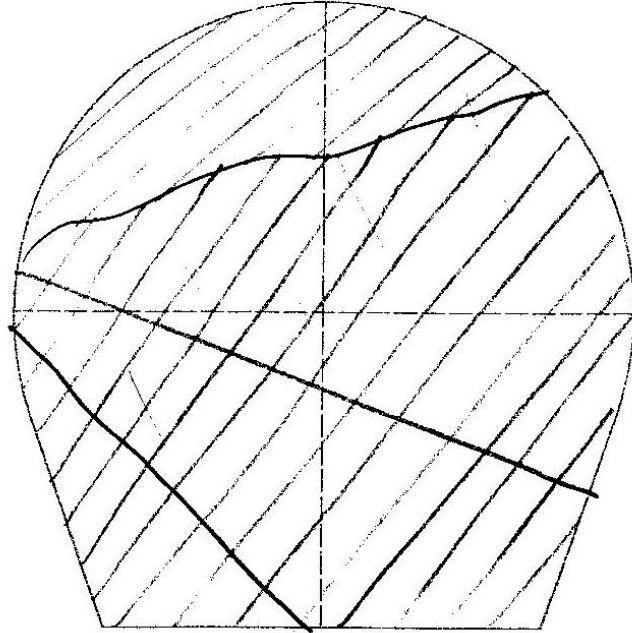
ÖLÇEK 1:50

LİTOLOJİK TANIMLAMA				KAYA SINIFI	
Orta derecede ayrışmış orta dayanımlı gri renkli silttaşı				Q	
				Q > 1.0	I
				0.4 < Q < 1.0	II
				0.1 < Q < 0.4	III
				0.04 < Q < 0.1	IV
				Q < 0.04	V
RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF
Kaya Kalitesi Özelliği	Eklem Takımı Sayısı	Eklem Pürüzlülük Sayısı	Eklem Alterasyon Sayısı	Eklem Su İndirgeme Faktörü	Gerilme İndirgeme Faktörü
25	6	1	8	1	7.5
$Q = (RQD/Jn) * (Jr/Ja) * (Jw/SRF)$ $Q = (25/6) * (1/8) * (1/7.5)$ $Q = 0,069$					
KAYA DESTEKLEME SINIFI:					
BİRİNCİL DESTEKLER: Tip IV destekleme sistemi + NPI-100 ilave ilsa					
AÇIKLAMALAR			YÜKLENİCİ		BELGE ALINDISI
			TARİH: 28.08.2007		TARİH:
			HAZIRLAYAN: Mehmet GENÇİN		İMZA:
			İMZA:		

AYNA JEOLÖJİ HARİTASI

Osmancık TUNELİ G.6.65

Km: 219.63.42



Siltstone
MS
NW
FR-B
G

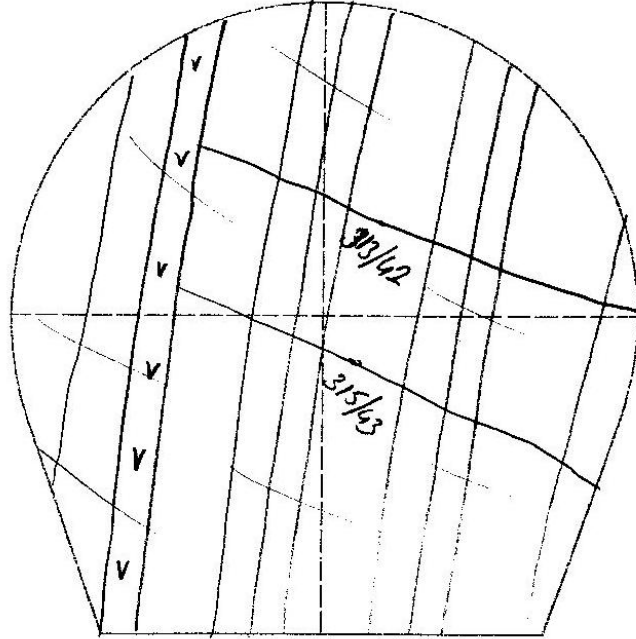
ÖLÇEK 1:50

LİTOLOJİK TANIMLAMA				Q	KAYA SINIFI
Orta dayanımlı, orta derecede ayrışmış Gatlı, katı, gri renkli siltstone				Q>1.0	I
				0.4<Q<1.0	II
				0.1<Q<0.4	III
				0.04<Q<0.1	IV
				Q<0.04	V
RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF
Kaya Kalitesi Özetliği	Eklem Takımı Sayısı	Eklem Pürüzlülük Sayısı	Eklem Alterasyon Sayısı	Eklem Su İndirgeme Faktörü	Genilme İndirgeme Faktörü
25	12	1	6	1	7.5
Q=(RQD/Jn) * (Jr/Ja) * (Jw/SRF)				Q=(25/12) * (1/6) * (1/7.5)	
				Q= 0.046	
KAYA DESTEKLEME SINIFI: IV					
BİRİNCİL DESTEKLER: Tip IV destekleme sistemi + NPI=100 ilave ilsa					
AÇIKLAMALAR				YÜKLENİCİ	BELGE ALINDISI
				TARİH: 06.09.2007	TARİH:
				HAZIRLAYAN: Zehin Z. ASLAN	İMZA:
				İMZA:	

AYNA JEOLJİ HARİTASI

Ormanlıyayın TONELİ Birir

Km 21225,90



Sandstone
+
Siltstone
MS
NW
FR-B
G

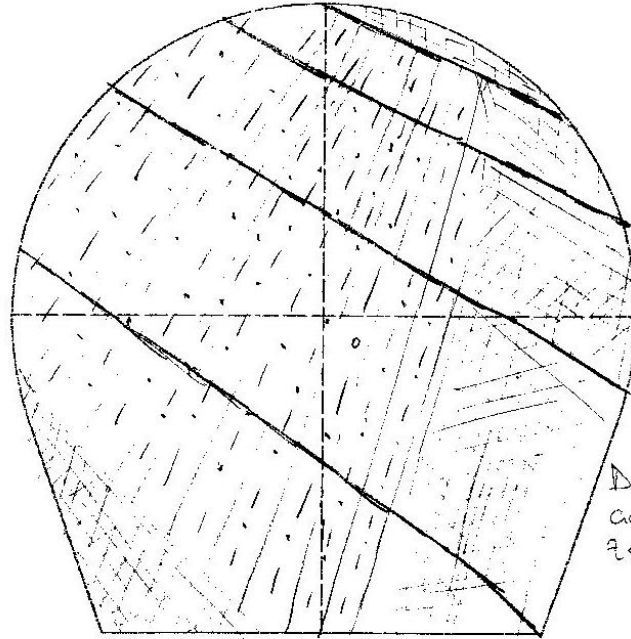
ÖLÇEK 1:50

LİTOLOJİK TANIMLAMA				Q	KAYA SINIFI
Orta dayanımlı, orta derecede ayrışmış güçlü, tabakalı gri renkli kumtaşı silttaşı ordokunması				Q > 1.0	I
				0.4 < Q < 1.0	II
				0.1 < Q < 0.4	III
				0.04 < Q < 0.1	IV
				Q < 0.04	V
RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF
Kaya Kalitesi Özetliği	Eklem Takımı Sayısı	Eklem Pürüzlülük Sayısı	Eklem Alterasyon Sayısı	Eklem Su İndirgeme Faktörü	Gerieme İndirgeme Faktörü
30	12	1	6	1	7.5
Q = (RQD/Jn) * (Jr/Ja) * (Jw/SRF)				Q = (30/12) * (1/6) * (1/7.5)	
				Q = 0.035	
KAYA DESTEKLEME SINIFI: IV					
BİRİNCİL DESTEKLER: Tip IV destekleme sistemi + API-100 i'ne i'lece					
AÇIKLAMALAR				YÜKLENİCİ	
				TARİH: 03.09.2007	
				HAZIRLAYAN: S. H. N. J. ASLAN	
				TARİH: 03.09.2007	
				İMZA:	
				İMZA:	

AYNA JEOLJİ HARİTASI

AYAZAĞA TUNNELİ GİRİŞ

Km: 18.533,91



Siltstone
Mudstone
MS
mw
R-B
G

Düzensiz
çatlaklı
zayıf zon

ÖLÇEK 1:50

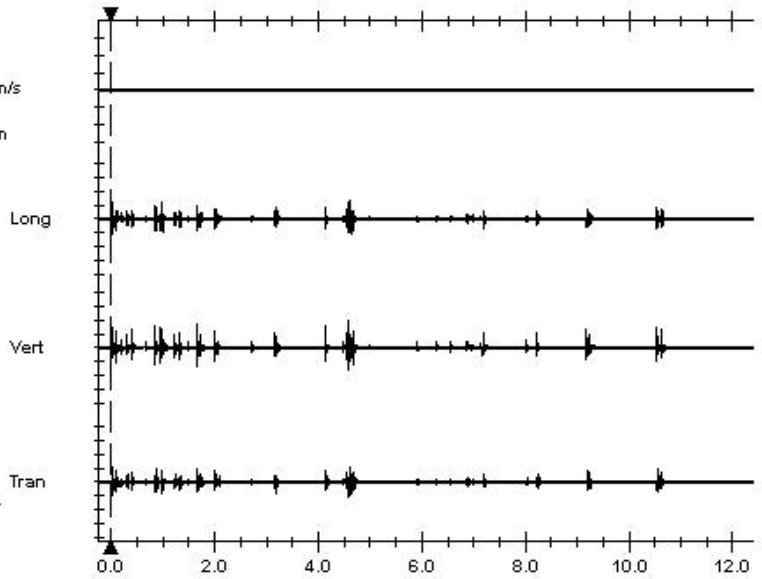
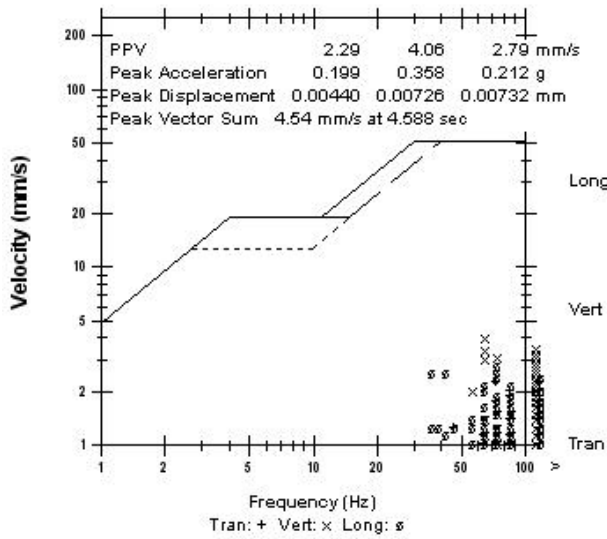
LİTOLOJİK TANIMLAMA Orta derecede ayrışmış, orta dayanımlı, çatlaklı gri renkli silttaşı ve çamur taşı				Q	KAYA SINIFI
				$Q>1.0$	I
				$0.4<Q<1.0$	II
				$0.1<Q<0.4$	III
				$0.04<Q<0.1$	IV
				$Q<0.04$	V
RQD	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF
Kaya Kalitesi Özetiği	Eklem Takımı Sayısı	Eklem Pürüzlülük Sayısı	Eklem Alterasyon Sayısı	Eklem Su İndirgeme Faktörü	Gerilme İndirgeme Faktörü
25	12	1	6	1	7.5
$Q=(RQD/Jn) * (Jr/Ja) * (Jw/SRF)$				$Q=(25/12) * (1/6) * (1/7.5)$	
				$Q=0,046$	
KAYA DESTEKLEME SINIFI: IV					
BİRİNCİL DESTEKLER: Tip IV destekleme sistemi + NPI 100 ilave ilaşa					
AÇIKLAMALAR			YÜKLENİCİ		BELGE ALINDISI
			TARİH 09.09.2009		TARİH:
			HAZIRLAYAN Mehmet ZENGİN		İMZA:
			İMZA:		

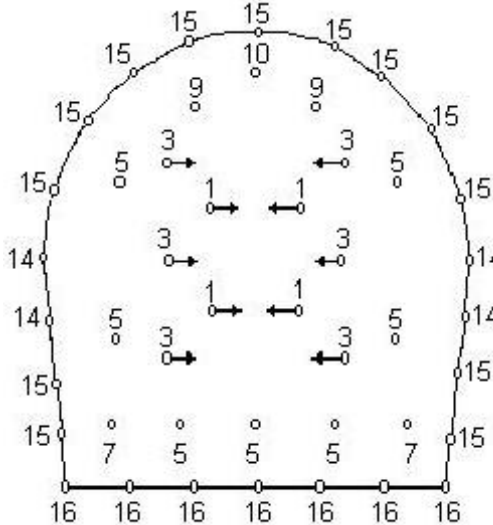
EK B: Q Sınıflandırma Değeri Tabloları ve Örnekler

Patlatma Bilgileri 04.03.1996 Tarihli Tam Cephe Atım No:1

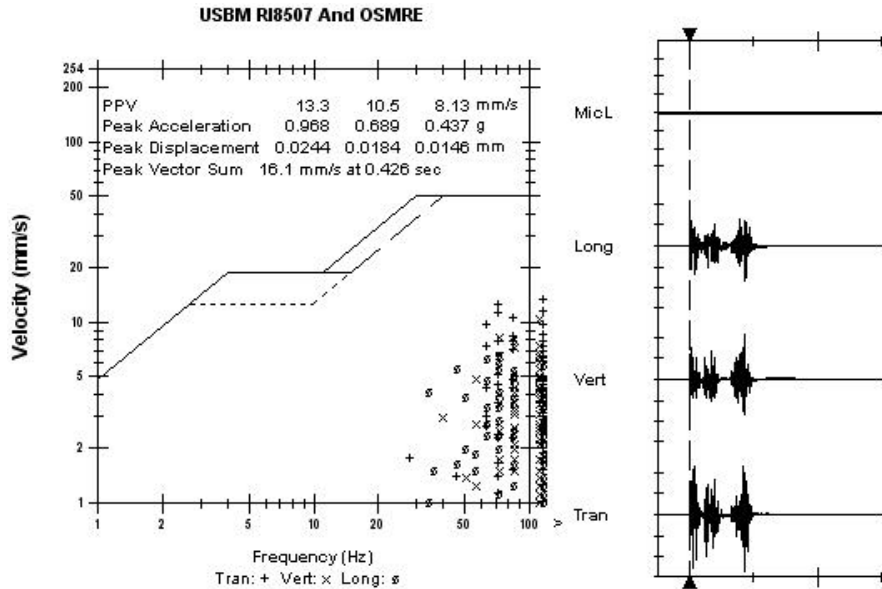
Tarih: 04.03.1996	
--------------------------	--

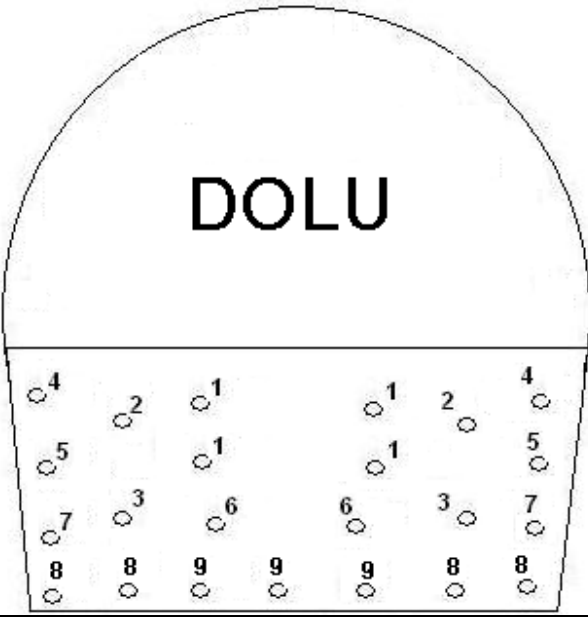
USBM R18507 And OSMRE



Tarih: 01.09.1995	
Saat: 14:05	
Patlatma Yapılan kısım: Tam Cephe Elektrikli Kapsülle	
Delik Boyu: 1,7 m Ortalama	
Delik Adedi: 46	
Delikler Arası Mesafe: 40 cm – 50 cm	
Toplam Kartuş Sayısı: 84	
Patlatıcı Türü: Powergel Magnum 365	
Patlayıcı Miktarı: 36,84 kg	
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 9,264 kg	
Gecikme Adedi: 16	Delik Türü Başına Şarj Miktarı: Orta Çekme – 12*0,436 kg Taban – 14*0,436 kg Tabana yakın – 14*0,436 kg Diğer – 44*0,436 kg
Q Değeri: 0,04 < Q < 0,1	
Parçacık Hızı: 16,1 mm/sn	
Tahkimat Tipi: IV	
Frekans: 28->100 Hz	
Spesifik Delgi: 2,026 m/m ³	
Spesifik Şarj: 0,970 kg/m ³	
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg	
Delik Çapı: 43 mm	
Kartuş Boyutu: 34*400 mm	

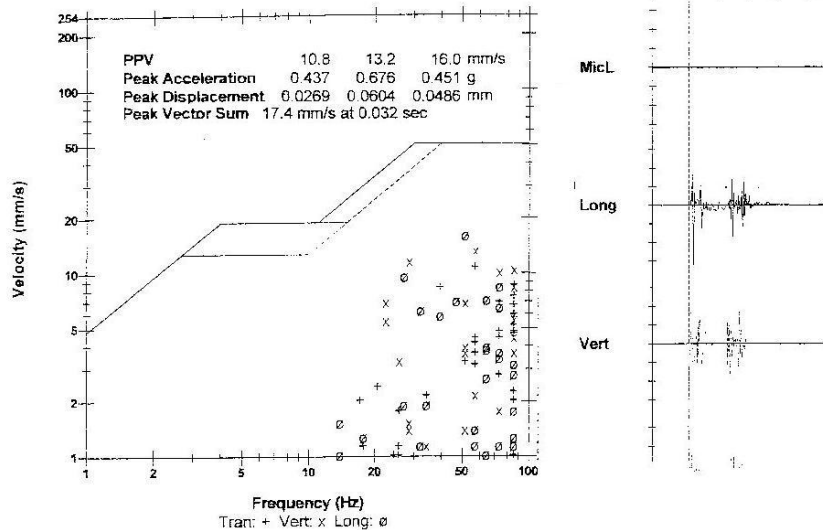

--



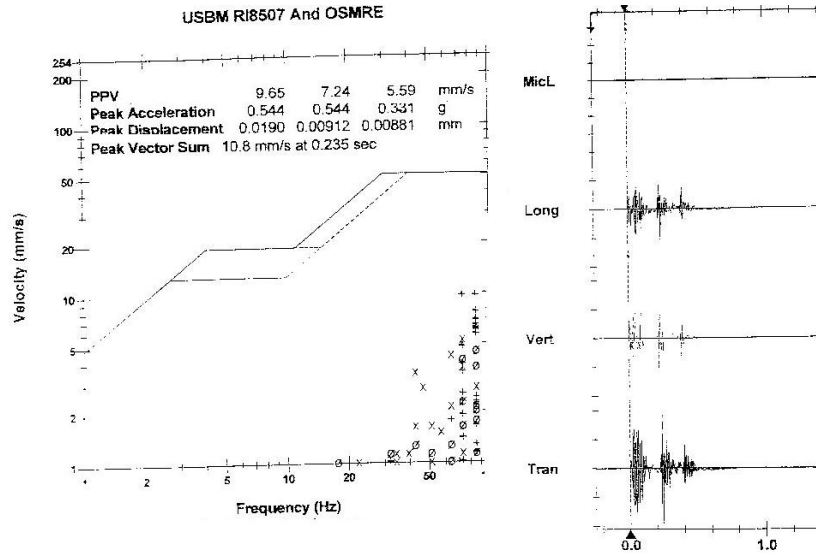
Tarih: 10.05.2007	
Saat: 09:30	
Patlatma yapılan kısım: Alt Yarı	
Atım Koordinatları X: 415650,894 Y: 4554931,302 Z: 13,564	
Ölçüm Koordinatları X: 415649,085 Y: 4554920,219 Z: 37,500	
Km: 21+662,90	
Delik Boyu: 1,5m Ortalama	
Delik Adedi: 23	
Delikler Arası Mesafe: 40 cm - 50 cm	
Toplam Kartuş Sayısı: 43	
Patlatıcı Türü: Powergel Magnum 365	Delik Çapı: 43 mm Kartuş Boyutu: 34*400 mm Delik Türü Başına Şarj Miktarı: Orta Çekme – 6*0,436 kg Taban – 14*0,436 kg Tabana yakın – 8*0,436 kg Diğer – 16*0,436 kg
Patlayıcı Miktarı: 18,49 kg	
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 3,44kg	
Gecikme Süresi: 30 ms	
Gecikme Adedi: 9	
Q Değeri: $0,04 < Q < 0,1$	
Parçacık Hızı: 17,4 mm/sn	
Tahkimat Tipi: IV	
Frekans: 57 Hz	
Spesifik Delgi: 2,04 m/m ³	
Spesifik Şarj: 0,93 kg/m ³	
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg	

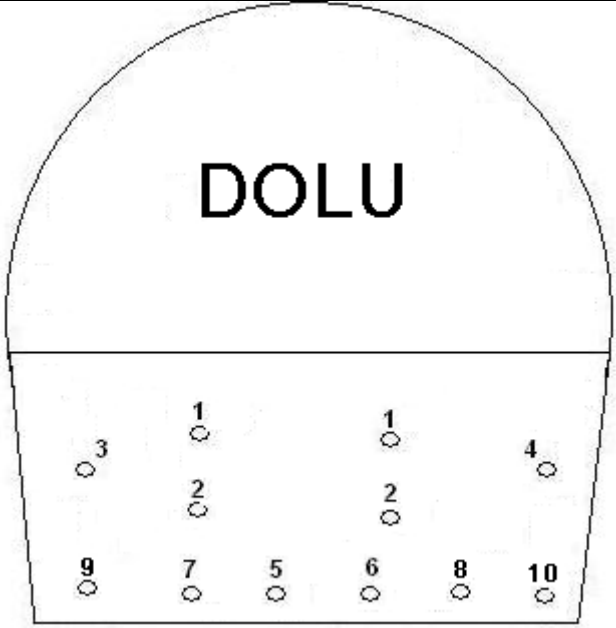


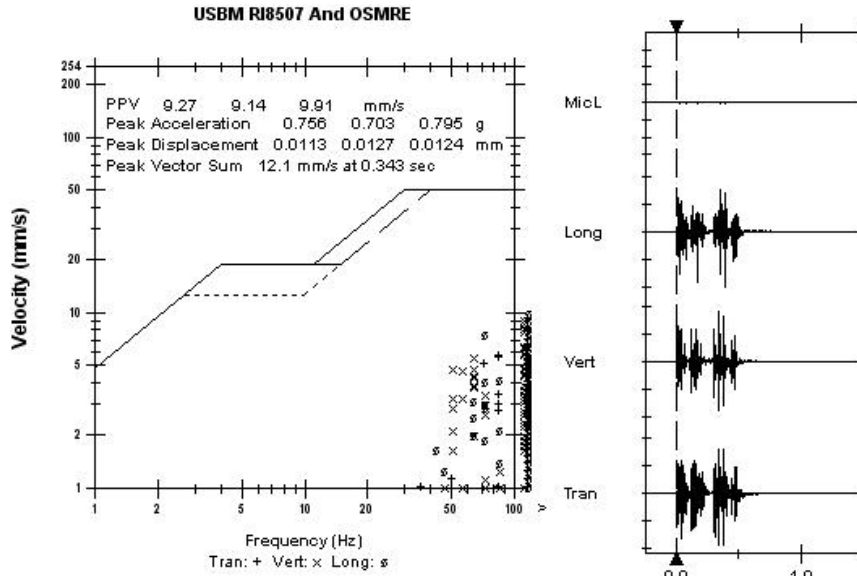
USBM R18507 And USMRK

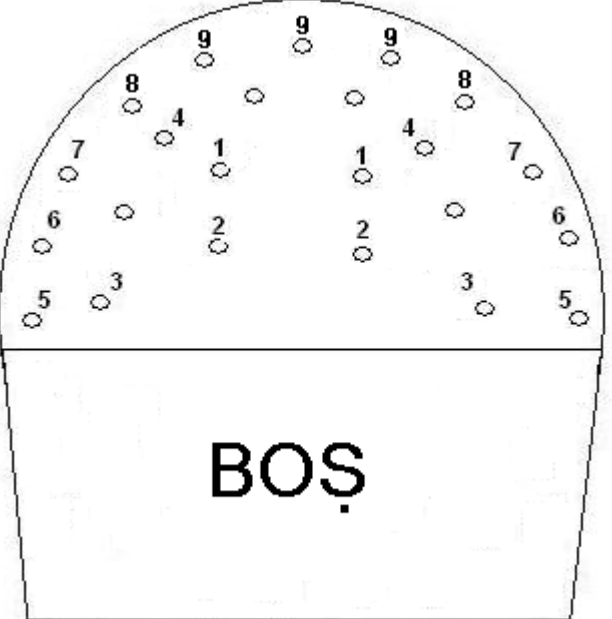


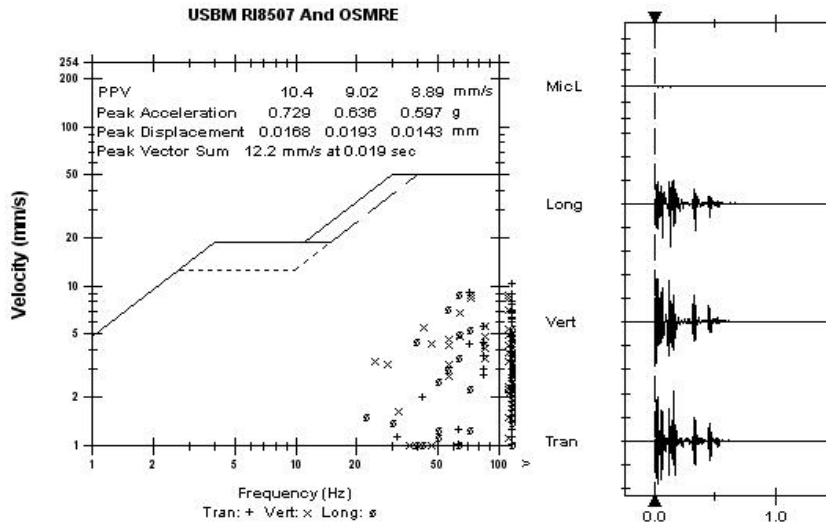
Tarih: 10.05.2007	
Saat: 16:28	
Patlatma yapılan kısım: Üst Yarı	
Atım Koordinatları	Ölçüm Koordinatları
X: 415650,894	X: 415649,085
Y: 4554931,302	Y: 4554920,219
Z: 13,564	Z: 37,500
Km: 21+662,90	
Delik Boyu: 1,5m Ortalama	
Delik Adedi: 15	
Delikler Arası Mesafe: 40 cm – 50 cm	
Toplam Kartuş Sayısı: 15	
Patlatıcı Türü: Powergel Magnum 365	
Patlayıcı Miktarı: 6,45 kg	
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 1,29kg	
Gecikme Süresi: 30 ms	
Gecikme Adedi: 7	
Q Değeri: $0,04 < Q < 0,1$	Delik Çapı: 43 mm
Parçacık Hızı: 10,80 mm/sn	Kartuş Boyutu: 34*400 mm
Tahkimat Tipi: IV	Delik Türü Başına Şarj Miktarı:
Frekans: 73 Hz	Orta Çekme – 2*0,436 kg
Spesifik Delgi: 1,81 m/m ³	Taban – 3*0,436 kg
Spesifik Şarj: 0,48 kg/m ³	Tabana yakın – 2*0,436 kg
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg	Diğer – 8*0,436 kg

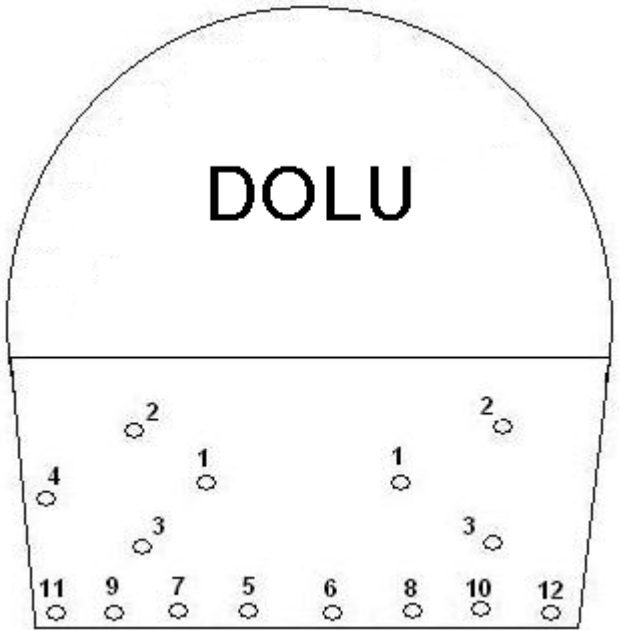
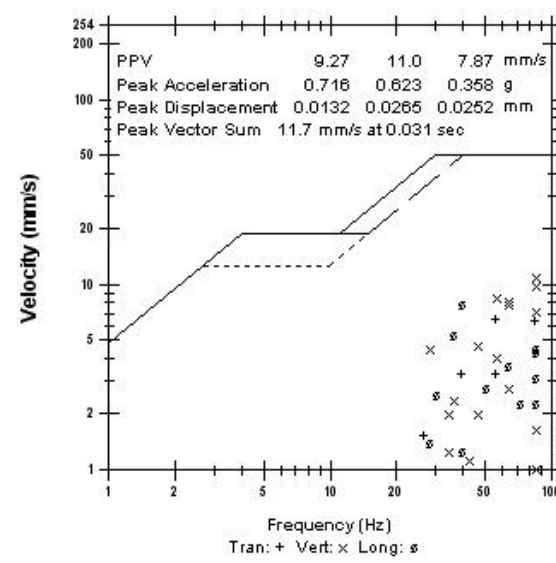
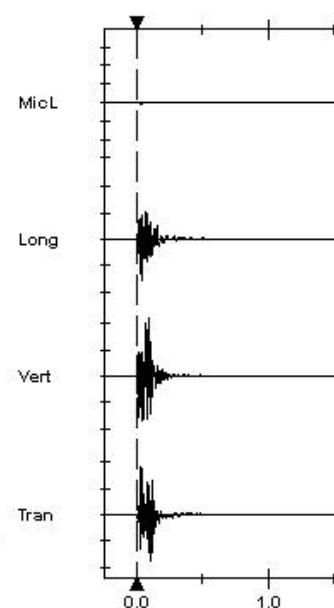


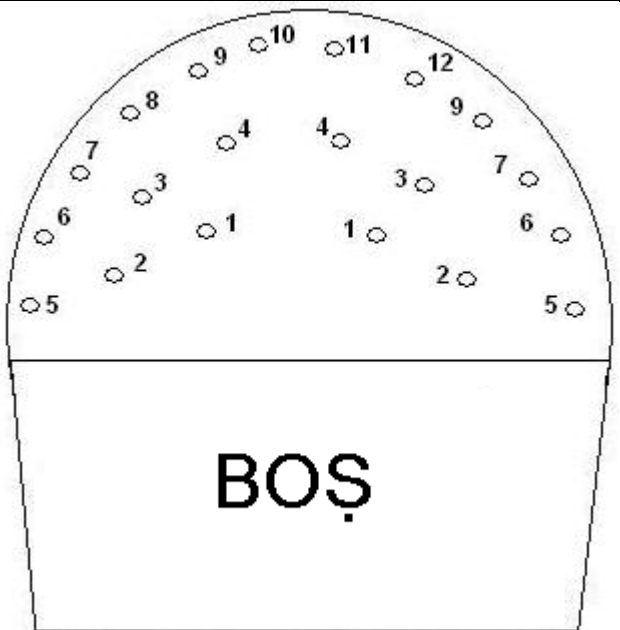
Tarih: 01.06.2007	
Saat: 15:30	
Patlatma yapılan kısım: Alt Yarı	
Atım Koordinatları	
X: 415634,130	
Y: 4554918,490	
Z: 13,523	
Km: 21+684,00	
Delik Boyu: 1,5m Ortalama	
Delik Adedi: 12	
Delikler Arası Mesafe: 40 cm – 50 cm	
Toplam Kartuş Sayısı: 26	
Patlatıcı Türü: Powergel Magnum 365	
Patlayıcı Miktarı: 11,1 kg	
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 2,61kg	
Gecikme Süresi: 30 ms	
Gecikme Adedi: 10	
Q Değeri: $0,04 < Q < 0,1$	
Parçacık Hızı: 12,1mm/sn	
Tahkimat Tipi: IV	
Frekans: 35->100	
Spesifik Delgi: 1,06 m/m ³	
Spesifik Şarj: 0,56 kg/m ³	
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg	
Delik Çapı: 43 mm	
Kartuş Boyutu: 34*400 mm	
Delik Türü Başına Şarj Miktarı:	
Orta Çekme – 6*0,436 kg	
Taban – 12*0,436 kg	
Tabana yakın – 4*0,436 kg	
Diğer – 4*0,436 kg	

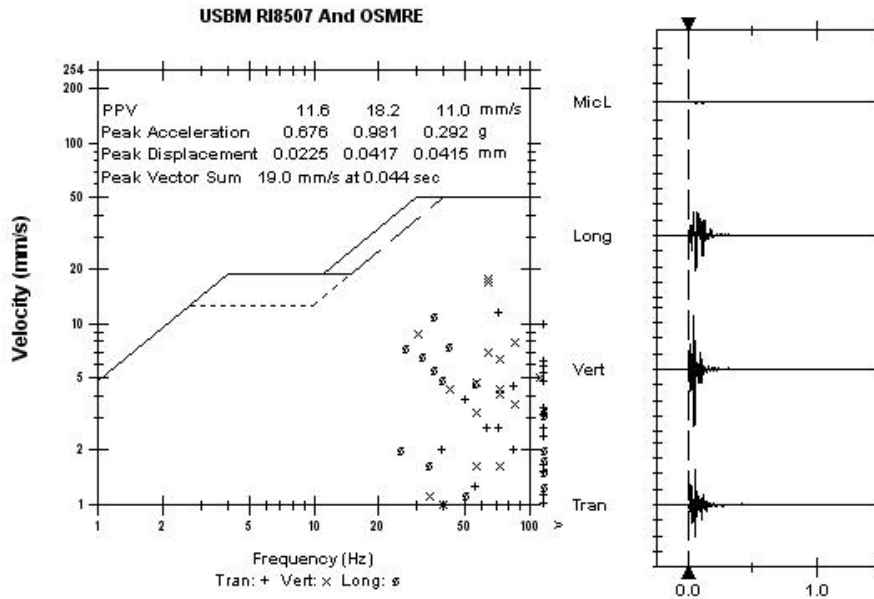


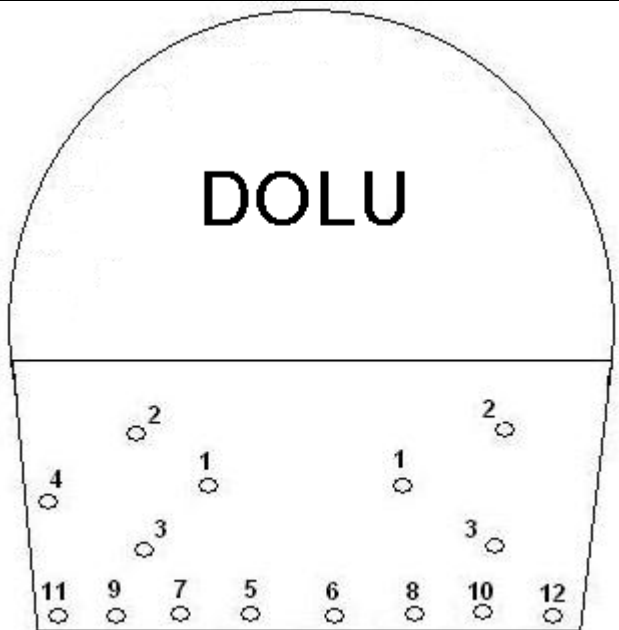
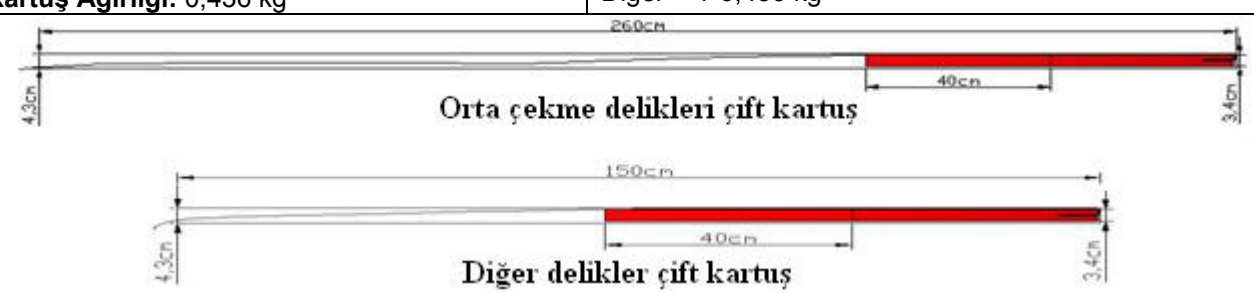
Tarih: 01.06.2007	
Saat: 15:46	
Patlatma yapılan kısım: Üst Yarı	
Atım Koordinatları X: 415634,130 Y: 4554918,490 Z: 13,523	
Ölçüm Koordinatları X: 415651,967 Y: 4554932,122 Z: 37,500	
Km: 21+684,00	
Delik Boyu: 1,5m Ortalama	
Delik Adedi: 23	
Delikler Arası Mesafe: 40 cm – 50 cm	
Toplam Kartuş Sayısı: 23	
Patlatıcı Türü: Powergel Magnum 365	BOŞ
Patlayıcı Miktarı: 9,9 kg	
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 1,72 kg	
Gecikme Süresi: 30 ms	
Gecikme Adedi: 9	
Q Değeri: $0,04 < Q < 0,1$	
Parçacık Hızı: 12,2 mm/sn	
Tahkimat Tipi: IV	
Frekans: 73 Hz	
Spesifik Delgi: 2,84 m/m ³	
Spesifik Şarj: 0,75 kg/m ³	
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg	
	Delik Çapı: 43 mm Kartuş Boyutu: 34*400 mm Delik Türü Başına Şarj Miktarı: Orta Çekme – 2*0,436 kg Taban – 6*0,436 kg Tabana yakın – 4*0,436 kg Diğer – 11*0,436 kg
	

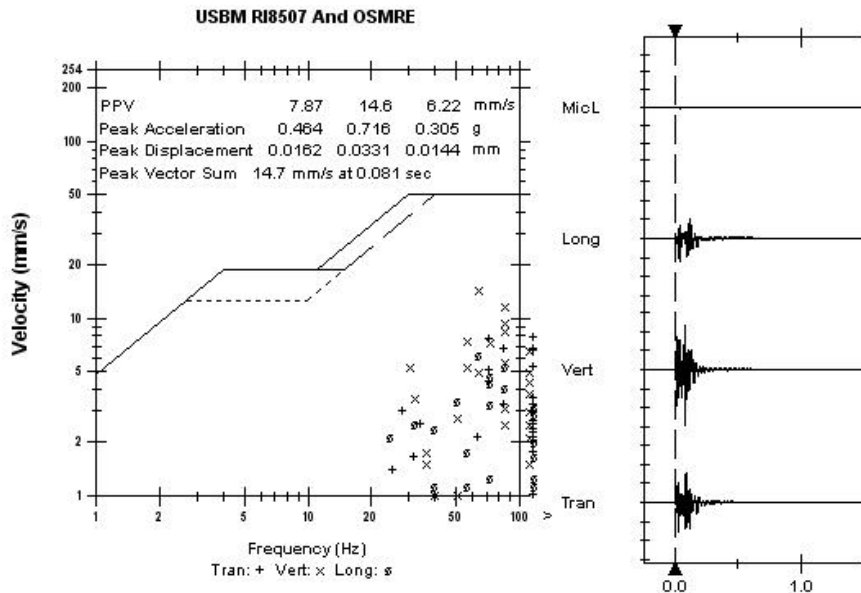


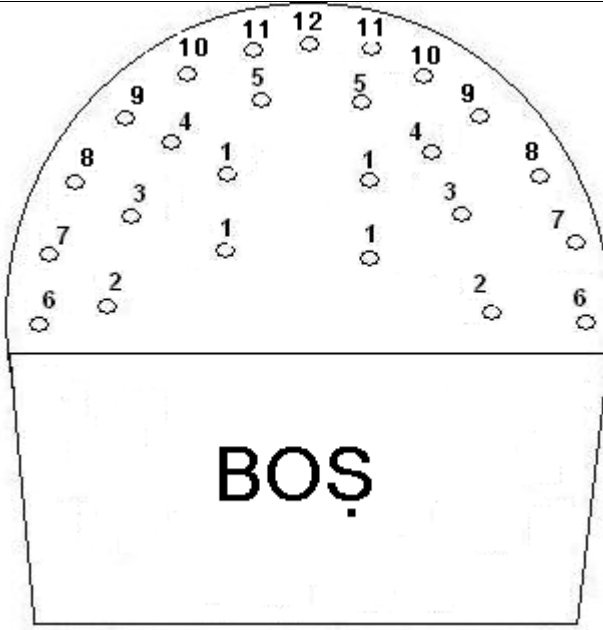
Tarih: 11.06.2007	
Saat: 09:18	
Patlatma yapılan kısım: Alt Yarı	
Atım Koordinatları X: 415626,066 Y: 4554912,326 Z: 13,503	
Ölçüm Koordinatları X: 415649,085 Y: 4554920,219 Z: 37,500	
Km: 21+694,15	
Delik Boyu: 1,5m Ortalama	
Delik Adedi: 15	
Delikler Arası Mesafe: 40 cm – 50 cm	
Toplam Kartuş Sayısı: 30	
Patlatıcı Türü: Powergel Magnum 365	Delik Çapı: 43 mm Kartuş Boyutu: 34*400 mm Delik Türü Başına Şarj Miktarı: Orta Çekme – 4*0,436 kg Taban – 16*0,436 kg Tabana yakın – 4*0,436 kg Diğer – 6*0,436 kg
Patlayıcı Miktarı: 13 kg	
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 1,72 kg	
Gecikme Süresi: 30 ms	
Gecikme Adedi: 12	
Q Değeri: 0,04 < Q < 0,1	
Parçacık Hızı: 11,3 mm/sn	
Tahkimat Tipi: IV	
Frekans: 83 Hz	
Spesifik Delgi: 1,28 m/m ³	
Spesifik Şarj: 0,65 kg/m ³	USBM Rİ8507 And OSMRE 
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg	
	

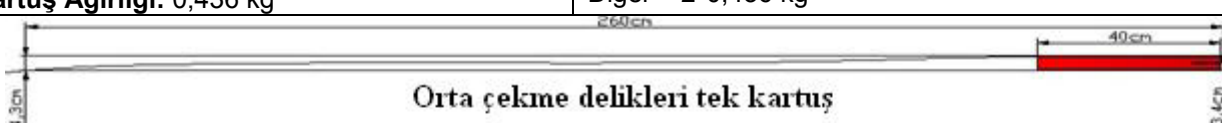
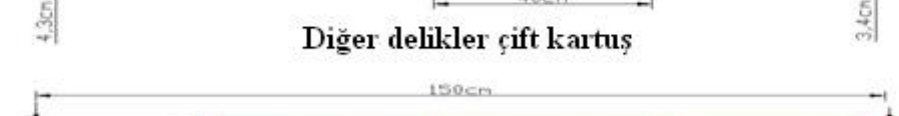
Tarih: 11.06.2007	
Saat: 09:50	
Patlatma yapılan kısım: Üst Yarı	
Atım Koordinatları	
Ölçüm Koordinatları	
X: 415626,066	
Y: 4554920,219	
Z: 13,503	
Km: 21+694,15	
Delik Boyu: 1,5m Ortalama	
Delik Adedi: 20	
Delikler Arası Mesafe: 40 cm – 50 cm	
Toplam Kartuş Sayısı: 40	
Patlatıcı Türü: Powergel Magnum 365	
Patlayıcı Miktarı: 17,2 kg	
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 1,72 kg	
Gecikme Süresi: 30 ms	
Gecikme Adedi: 12	
Q Değeri: $0,04 < Q < 0,1$	Delik Çapı: 43 mm
Parçacık Hızı: 18,034 mm/sn	Kartuş Boyutu: 34*400 mm
Tahkimat Tipi: IV	Delik Türü Başına Şarj Miktarı:
Frekans: 85,3 Hz	Orta Çekme – 4*0,436 kg
Spesifik Delgi: 2,27 m/m ³	Taban – 8*0,436 kg
Spesifik Şarj: 1,3 kg/m ³	Tabana yakın – 4*0,436 kg
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg	Diğer – 24*0,436 kg
	

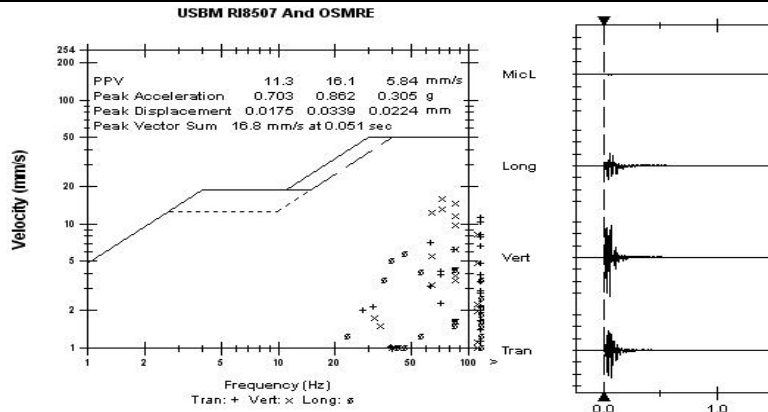


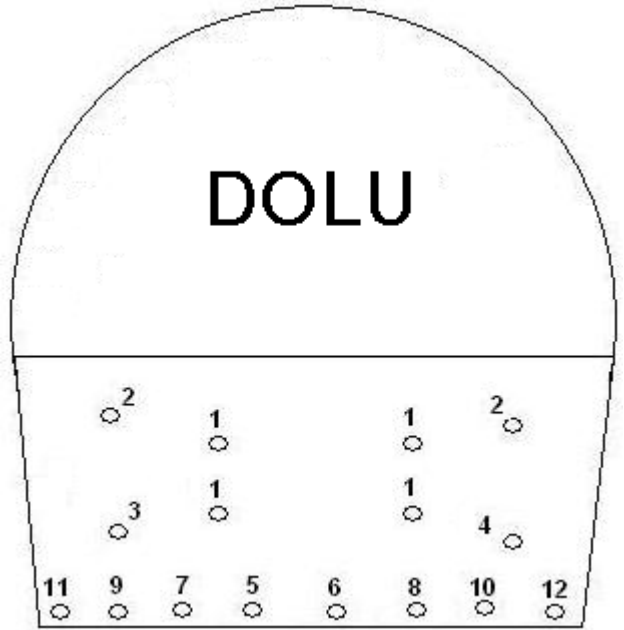
Tarih: 13.06.2007	
Saat: 14:10	
Patlatma yapılan kısım: Alt Yarı	
Atım Koordinatları	Ölçüm Koordinatları
X: 415624,357	X: 415649,085
Y: 4554911,021	Y: 4554920,219
Z: 13,499	Z: 37,500
Km: 21+696,30	
Delik Boyu: 1,5m Ortalama	
Delik Adedi: 15	
Delikler Arası Mesafe: 40 cm – 50 cm	
Toplam Kartuş Sayısı: 30	
Patlatıcı Türü: Powergel Magnum 365	
Patlayıcı Miktarı: 13 kg	
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 1,72 kg	
Gecikme Süresi: 30 ms	
Gecikme Adedi: 12	
Q Değeri: $0,04 < Q < 0,1$	Delik Çapı: 43 mm
Parçacık Hızı: 14,7 mm/sn	Kartuş Boyutu: 34*400 mm
Tahkimat Tipi: IV	Delik Türü Başına Şarj Miktarı:
Frekans: >100 Hz	Orta Çekme – 4*0,436 kg
Spesifik Delgi: 1,28 m/m ³	Taban – 16*0,436 kg
Spesifik Şarj: 0,65 kg/m ³	Tabana yakın – 6*0,436 kg
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg	Diğer – 4*0,436 kg
	
	

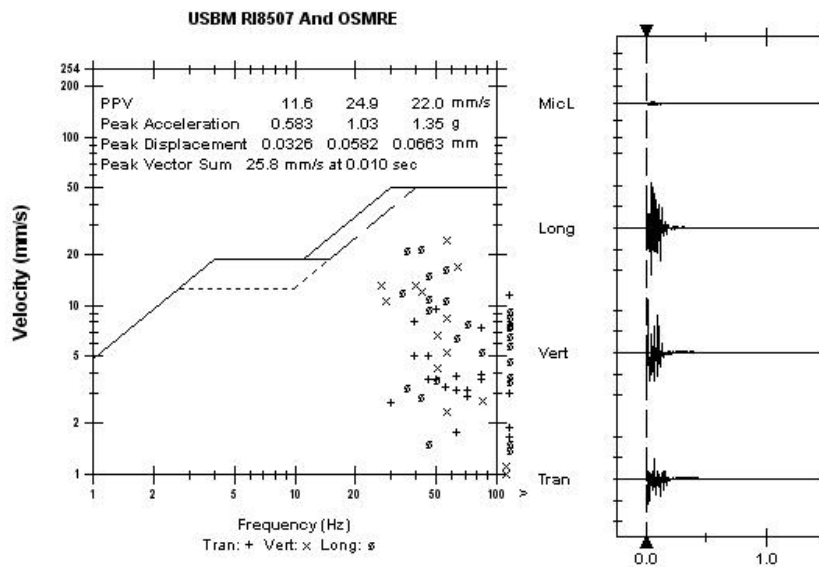


Tarih: 13.06.2007		
Saat: 14:30		
Patlatma yapılan kısım: Üst Yarı		
Atım Koordinatları	Ölçüm Koordinatları	
X: 415624,357	X: 415649,085	
Y: 4554911,021	Y: 4554920,219	
Z: 13,499	Z: 37,500	
Km: 21+696,30		
Delik Boyu: 1,5m Ortalama		
Delik Adedi: 25		
Delikler Arası Mesafe: 40 cm – 50 cm		
Toplam Kartuş Sayısı: 39		
Patlatıcı Türü: Powergel Magnum 365		
Patlayıcı Miktarı: 17 kg		
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 1,72 kg		
Gecikme Süresi: 30 ms		
Gecikme Adedi: 12		
Q Değeri: $0,04 < Q < 0,1$		Delik Çapı: 43 mm
Parçacık Hızı: 16,8 mm/sn		Kartuş Boyutu: 34*400 mm
Tahkimat Tipi: IV		Delik Türü Başına Şarj Miktarı:
Frekans: 85,3 Hz		Orta Çekme – 4*0,436 kg
Spesifik Delgi: 3,29 m/m ³		Taban – 6*0,436 kg
Spesifik Şarj: 1,28 kg/m ³		Tabana yakın – 6*0,436 kg
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg		Diğer – 2*0,436 kg

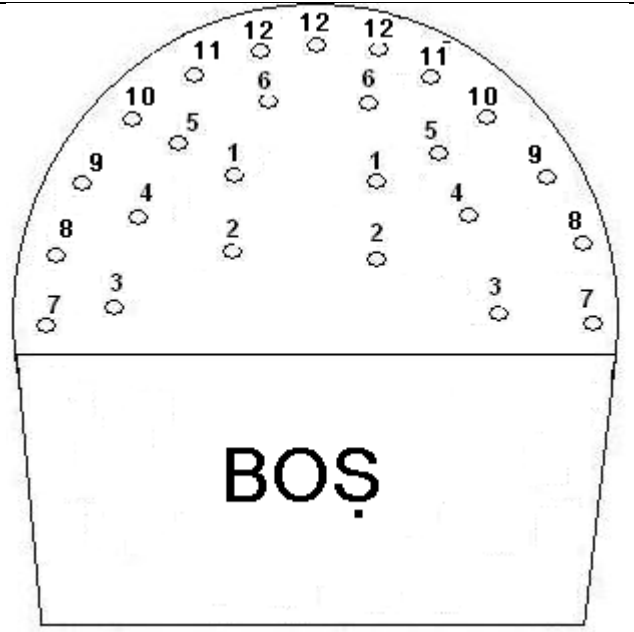
	
Orta çekme delikleri tek kartuş	
	
Diğer delikler tek kartuş	
	
Diğer delikler çift kartuş	
	
Diğer delikler 3'lü kartuş	



Tarih: 15.06.2007	
Saat: 09:04	
Patlatma yapılan kısım: Alt Yarı	
Atım Koordinatları	
X: 415622,768	
Y: 4554909,806	
Z: 13,495	
Km: 21+698,30	
Delik Boyu: 1,5m Ortalama	
Delik Adedi: 16	
Delikler Arası Mesafe: 40 cm – 50 cm	
Toplam Kartuş Sayısı: 32	
Patlatıcı Türü: Powergel Magnum 365	
Patlayıcı Miktarı: 13,76 kg	
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 1,72 kg	
Gecikme Süresi: 30 ms	
Gecikme Adedi: 12	
Q Değeri: $0,04 < Q < 0,1$	Delik Çapı: 43 mm
Parçacık Hızı: 25,8 mm/sn	Kartuş Boyutu: 34*400 mm
Tahkimat Tipi: IV	Delik Türü Başına Şarj Miktarı:
Frekans: 64 Hz	Orta Çekme – 8*0,436 kg
Spesifik Delgi: 1,51 m/m ³	Taban – 16*0,436 kg
Spesifik Şarj: 0,69 kg/m ³	Tabana yakın – 4*0,436 kg
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg	Diğer – 4*0,436 kg
	

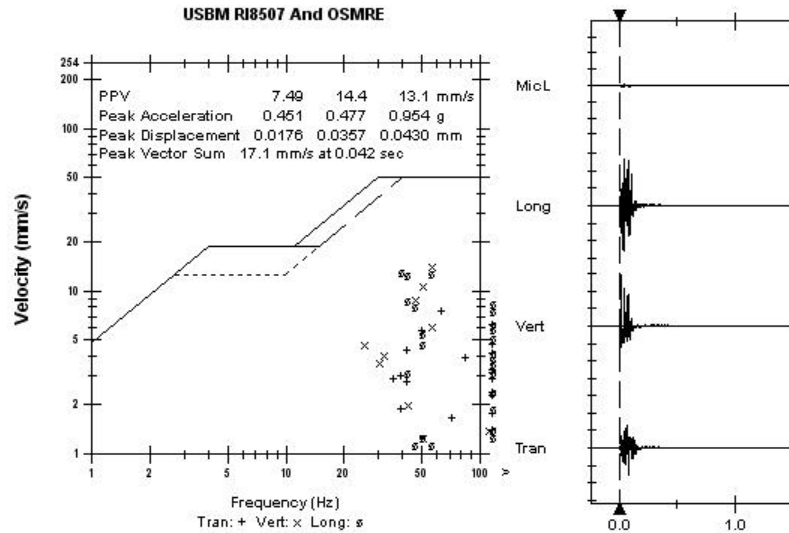


Tarih: 15.06.2007
Saat: 09:23
Patlatma yapılan kısım: Üst Yarı
Atım Koordinatları
X: 415622,768
Y: 4554909,806
Z: 13,495
Ölçüm Koordinatları
X: 415597,162
Y: 4554908,865
Z: 36,52
Km: 21+698,30
Delik Boyu: 1,5m Ortalama
Delik Adedi: 25
Delikler Arası Mesafe: 40 cm – 50 cm
Toplam Kartuş Sayısı: 25
Patlatıcı Türü: Powergel Magnum 365
Patlayıcı Miktarı: 10,75 kg
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 1,29 kg
Gecikme Süresi: 30 ms
Gecikme Adedi: 12

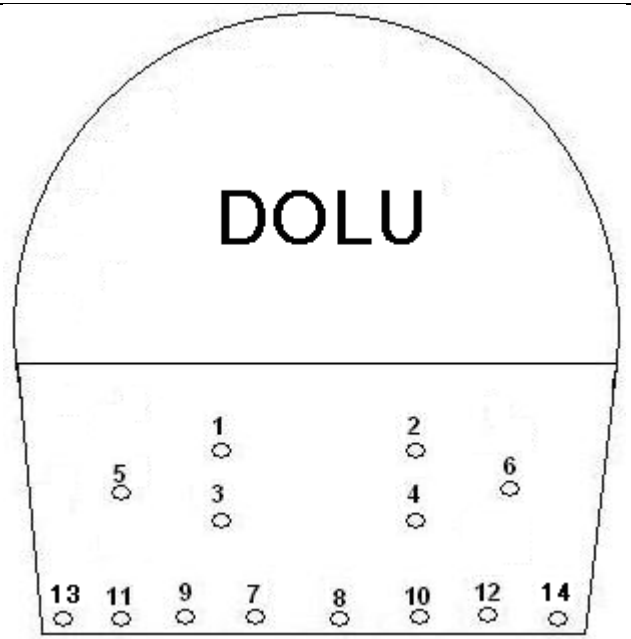


Q Değeri: 0,04 < Q < 0,1
Parçacık Hızı: 17,1 mm/sn
Tahkimat Tipi: IV
Frekans: 56,8 Hz
Spesifik Delgi: 3,29 m/m ³
Spesifik Şarj: 0,81 kg/m ³
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg

Delik Çapı: 43 mm
Kartuş Boyutu: 34*400 mm
Delik Türü Başına Şarj Miktarı:
Orta Çekme – 4*0,436 kg
Taban – 4*0,436 kg
Tabana yakın – 4*0,436 kg
Diğer – 13*0,436 kg

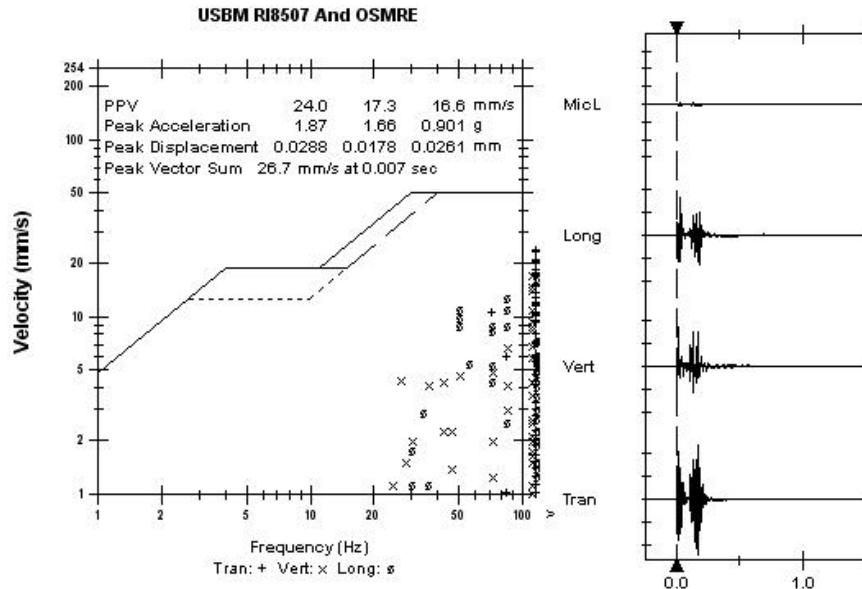
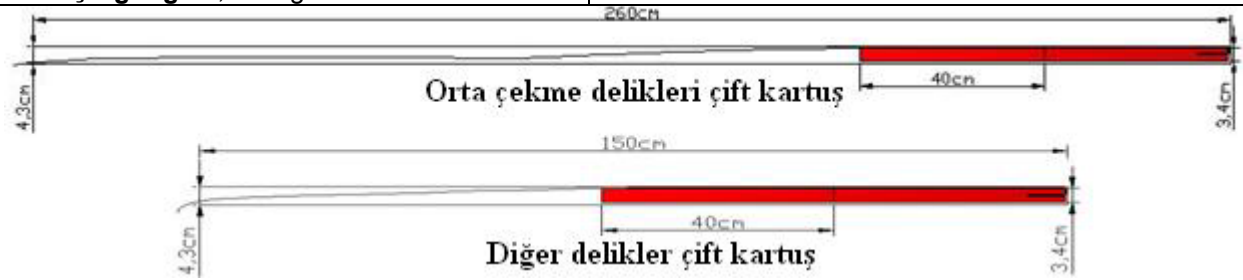


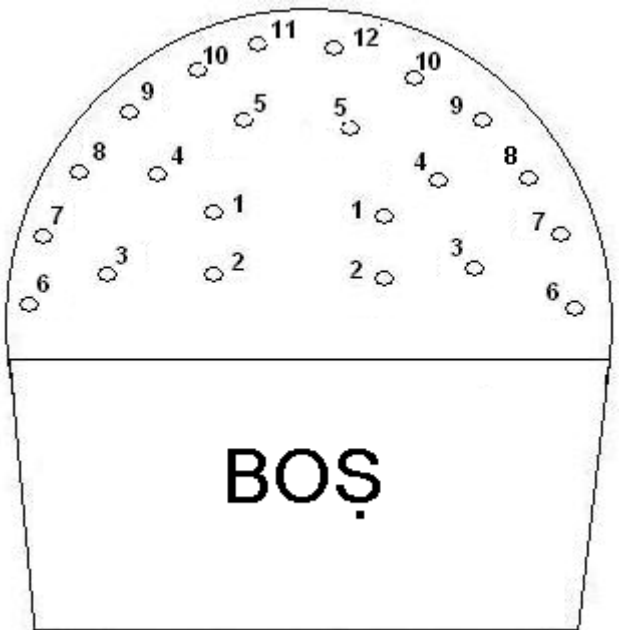
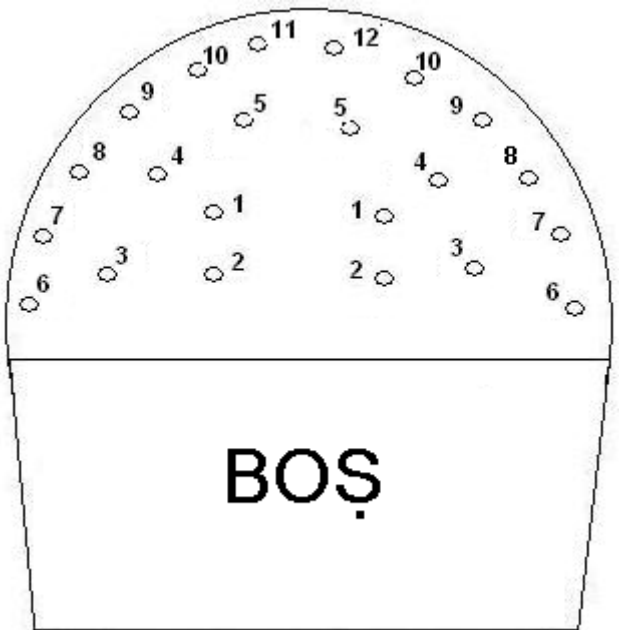
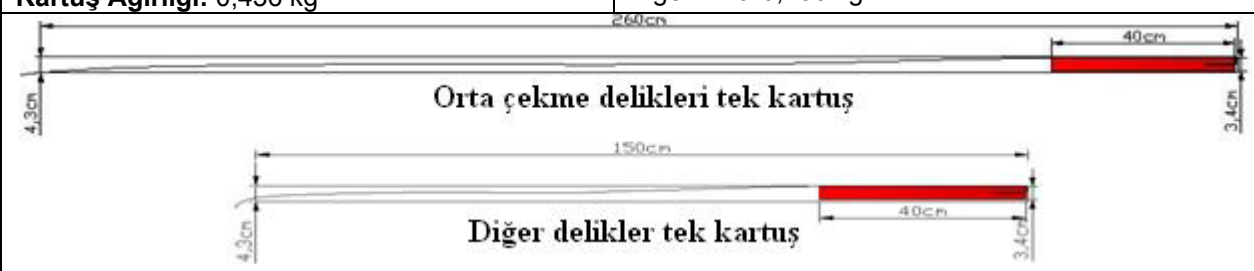
Tarih: 29.06.2007
Saat: 12:20
Patlatma yapılan kısım: Alt Yarı
Atım Koordinatları
X: 415608,121
Y: 4554899,569
Z: 13,459
Ölçüm Koordinatları
X: 415597,162
Y: 4554908,865
Z: 36,52
Km: 21+712,04
Delik Boyu: 1,5m Ortalama
Delik Adedi: 14
Delikler Arası Mesafe: 40 cm – 50 cm
Toplam Kartuş Sayısı: 28
Patlatıcı Türü: Powergel Magnum 365
Patlayıcı Miktarı: 12 kg
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 0,86 kg
Gecikme Süresi: 30 ms
Gecikme Adedi: 14

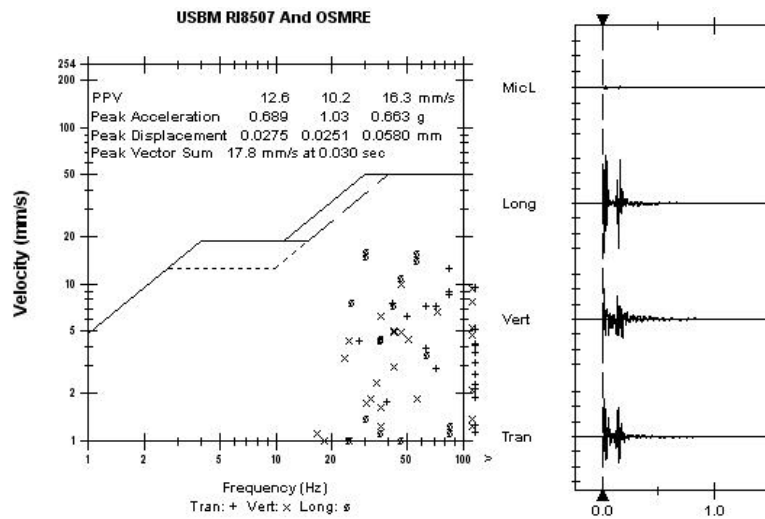


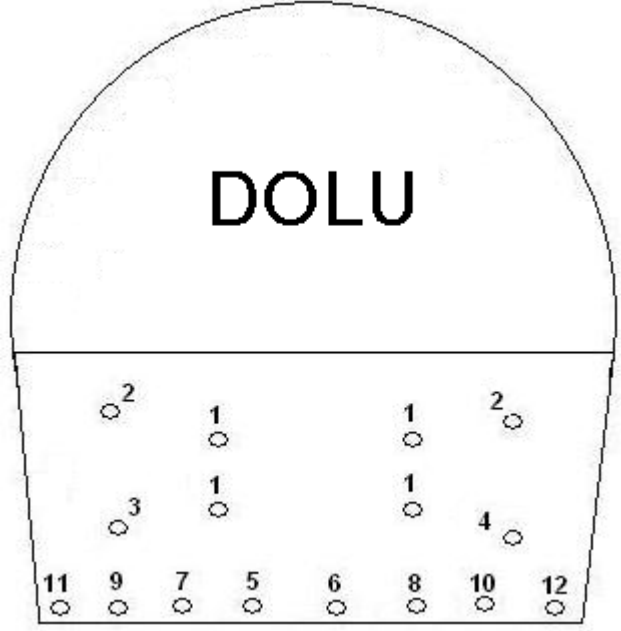
Q Değeri: $0,04 < Q < 0,1$
Parçacık Hızı: 26,7 mm/sn
Tahkimat Tipi: IV
Frekans: >100 Hz
Spesifik Delgi: $1,36 \text{ m/m}^3$
Spesifik Şarj: $0,6 \text{ kg/m}^3$
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg

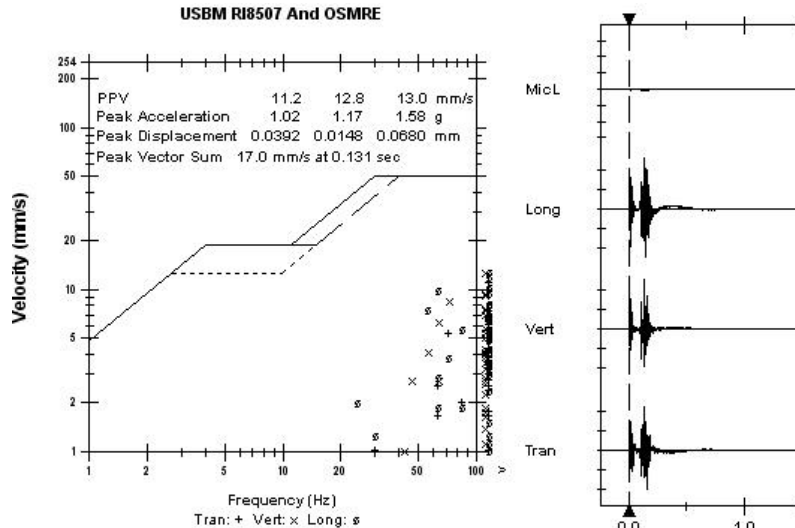
Delik Çapı: 43 mm
Kartuş Boyutu: 34*400 mm
Delik Türü Başına Şarj Miktarı:
Orta Çekme – $8*0,436 \text{ kg}$
Taban – $16*0,436 \text{ kg}$
Diğer – $4*0,436 \text{ kg}$



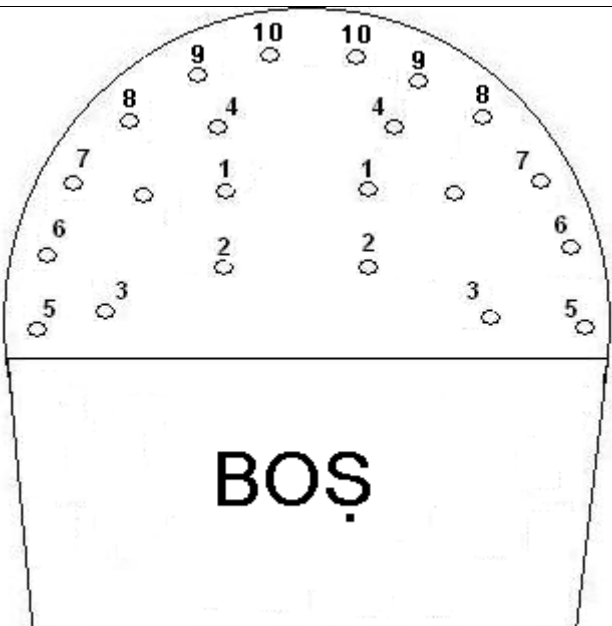
Tarih: 29.06.2007	
Saat: 12:47	
Patlatma yapılan kısım: Üst Yarı	
Atım Koordinatları	
X: 415608,121	
Y: 4554899,569	
Z: 13,459	
Ölçüm Koordinatları	
X: 415597,162	
Y: 4554908,865	
Z: 36,52	
Km: 21+712,04	
Delik Boyu: 1,5m Ortalama	
Delik Adedi: 22	
Delikler Arası Mesafe: 40 cm – 50 cm	
Toplam Kartuş Sayısı: 22	
Patlatıcı Türü: Powergel Magnum 365	
Patlayıcı Miktarı: 9,46 kg	
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 0,86 kg	
Gecikme Süresi: 30 ms	
Gecikme Adedi: 12	
Q Değeri: $0,04 < Q < 0,1$	Delik Çapı: 43 mm
Parçacık Hızı: 17,8 mm/sn	Kartuş Boyutu: 34*400 mm
Tahkimat Tipi: IV	Delik Türü Başına Şarj Miktarı:
Frekans: 85 Hz	Orta Çekme – 4*0,436 kg
Spesifik Delgi: 2,95 m/m ³	Taban – 4*0,436 kg
Spesifik Şarj: 0,71 kg/m ³	Tabana yakın – 4*0,436 kg
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg	Diğer – 10*0,436 kg
	



Tarih: 03.07.2007	
Saat: 08:59	
Patlatma yapılan kısım: Alt Yarı	
Atım Koordinatları X: 415609,381 Y: 4554899,574 Z: 13,462	
Ölçüm Koordinatları X: 415597,162 Y: 4554908,865 Z: 36,52	
Km: 21+715,15	
Delik Boyu: 1,5m Ortalama	
Delik Adedi: 16	
Delikler Arası Mesafe: 40 cm – 50 cm	
Toplam Kartuş Sayısı: 28	
Patlayıcı Türü: Powergel Magnum 365	Delik Çapı: 43 mm Kartuş Boyutu: 34*400 mm Delik Türü Başına Şarj Miktarı: Orta Çekme – 4*0,436 kg Taban – 16*0,436 kg Tabana yakın – 4*0,436 kg Diğer – 4*0,436 kg
Patlayıcı Miktarı: 12,2 kg	
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 1,75 kg	
Gecikme Süresi: 30 ms	
Gecikme Adedi: 12	
Q Değeri: $0,04 < Q < 0,1$	
Parçacık Hızı: 17,0 mm/sn	
Tahkimat Tipi: IV	
Frekans: >100 Hz	
Spesifik Delgi: 1,51 m/m ³	
Spesifik Şarj: 0,61 kg/m ³	
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg	

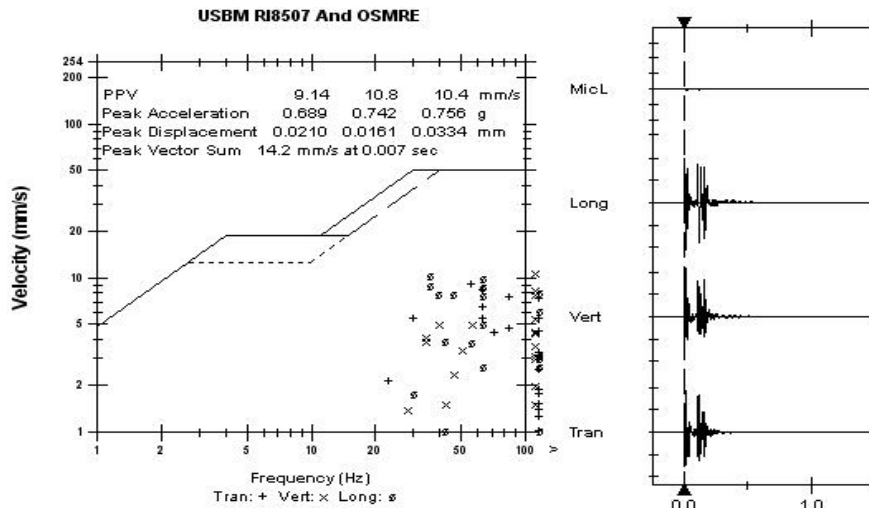


Tarih: 03.07.2007	
Saat: 09:16	
Patlatma yapılan kısım: Üst Yarı	
Atım Koordinatları X: 415609,381 Y: 4554899,574 Z: 13,462	Ölçüm Koordinatları X: 415597,162 Y: 4554908,865 Z: 36,52
Km: 21+715,15	
Delik Boyu: 1,5m Ortalama	
Delik Adedi: 22	
Delikler Arası Mesafe: 40 cm – 50 cm	
Toplam Kartuş Sayısı: 22	
Patlatıcı Türü: Powergel Magnum 365	
Patlayıcı Miktarı: 9,6 kg	
Anlık Patlayan Patlayıcı Mik: 0,86 kg	
Gecikme Süresi: 30 ms	
Gecikme Adedi: 10	
Q Değeri: $0,04 < Q < 0,1$	
Parçacık Hızı: 14,2 mm/sn	
Tahkimat Tipi: IV	
Frekans: 57- >100 Hz	
Spesifik Delgi: 2,95 m/m ³	
Spesifik Şarj: 0,72 kg/m ³	
Kartuş Ağırlığı: 0,436 kg	


--

Delik Çapı: 43 mm
Kartuş Boyutu: 34*400 mm
Delik Türü Başına Şarj Miktarı: Orta Çekme – 4*0,436 kg Taban – 4*0,436 kg Tabana yakın – 4*0,436 kg Diğer – 10*0,436 kg

	
Orta çekme delikleri tek kartuş	Diğer delikler tek kartuş



ÖZGEÇMİŞ

Erim GÜÇLÜ 1982 yılında İstanbul’da doğdu. İlk öğrenimini Cemal Artüz İlkokulu’nda tamamladı. Daha sonra Fatih Vatan Anadolu Lisesi’nde orta ve lise öğrenimini bitirdi. 2000 yılında İ.T.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü’nde başladığı lisans öğrenimini 2004 yılında bölüm ikincisi olarak tamamladı. Maden Mühendisliği Bölümün’de yüksek lisans programına 2004 yılında başladı. Bu arada Ağustos 2005’te başladığı vatani görevini yedek subay olarak Temmuz 2006’da tamamlayarak yüksek lisans programına devam etti. Mayıs 2007’de İ.T.Ü. Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü’nde araştırma görevlisi olarak göreve başladı.