



**OKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TEMEL KAZI PATLATMALARINDAN KAYNAKLI
ÇEVRESEL SORUNLAR, ALINABİLECEK TEDBİRLER
VE PATLATMADA İŞ GÜVENLİĞİ UYGULAMALARI**

**Sistem Mühendisi Mehmet ÖZ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Patlayıcı Mühendisliği Yüksek Lisans Programı**

**Danışman
Prof. Dr. Ali KAHRİMAN**

Ekim, 2015

İSTANBUL



**OKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TEMEL KAZI PATLATMALARINDAN KAYNAKLI
ÇEVRESEL SORUNLAR, ALINABİLECEK TEDBİRLER
VE PATLATMADA İŞ GÜVENLİĞİ UYGULAMALARI**

**Sistem Mühendisi Mehmet ÖZ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Patlayıcı Mühendisliği Yüksek Lisans Programı**

**Danışman
Prof. Dr. Ali KAHRİMAN**

Ekim, 2015

İSTANBUL

Bu çalışma 15/10/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Patlayıcı Mühendisliğı Anabilim Dalı Tezli Yüksek programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof.Dr.Ali KAHRİMAN(Danışman)
Okan Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Prof.Dr.Cengiz KUZU
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi

Yrd.Doç.Dr. Abdulkadir KARADOĞAN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

ÖNSÖZ

Öğrenime başladığım Yüksek lisans programı süresince ve tez çalışmalarım esnasında gösterdiği her türlü yardım ve desteklerinden dolayı başta çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Ali KAHRİMAN olmak üzere değerli hocalarım Prof. Dr. Cengiz KUZU'ya ve Yrd.Doç.Dr. Abdulkadir KARADOĞAN'a en içten dileklerle teşekkür ederim. Bana katkı ve desteklerini hiç esirgemeyen Öğr. Gör. Alper ÇELTİKÇİ'ye ve Öğr. Gör. Saadettin BAĞDATLI'ya en içten dileklerle teşekkür ederim.

Ayrıca başta patlatma ekibi olmak üzere Kalyon İnşaat çalışanlarına, değerli arkadaşlarım Berat HOCAĞLU ve Ahmet Selçuk BARÇIN'a araştırmalarımındaki destek ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca her daim beni destekleyen, başarılarımda motivasyon kaynağım olan ve olmaya da devam edeceğine yürekten inandığım çok sevgili eşime çok teşekkür ederim.

Ekim, 2015

Mehmet ÖZ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	viii
SEMBOL LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	x
SUMMARY	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	2
2.1. TEMEL KAZI PATLATMASI VE ÖNEMİ.....	2
2.2. BASAMAK PATLATMASI	3
2.3. BASAMAK PATLATMASI TASARIM PARAMETRELERİ	4
2.3.1. Kaya Birimlerinin Malzeme ve Kütle Özellikleri.....	5
2.3.2. Patlayıcı Maddenin Cinsi, Özellikleri ve Dağılımı.....	5
2.3.3. Patlatma Geometrisi	6
2.3.3.1. Özgül Şarjın Belirlenmesi İçin Önerilen Yöntemler	6
2.3.3.2. Dilim Kalınlığının Belirlenmesine Yönelik Yaklaşımlar	11
2.3.3.3. Delik Çapı Tahmini	14
2.3.3.4. Delik Eğiminin Belirlenmesi	15
2.3.3.5. Delikler Arası Mesafenin Belirlenmesi	15
2.3.3.6. Delik Taban Payının Belirlenmesi	17
2.3.3.7. Sıkılama Boyunun Belirlenmesi	17
2.3.3.8. Yemleme Yeri ve Miktarının Belirlenmesi.....	18
2.3.3.9. Gecikme Zamanının Belirlenmesi	19
2.3.3.10. Dip Şarj ve Kolon Şarj Boylarıyla Miktarlarının Belirlenmesi	20
2.3.3.11. Delik Hata Payının Belirlenmesi	21
2.4. TEMEL KAZI PATLATMALARINDAN KAYNAKLI ÇEVRESEL SORUNLAR	22
2.4.1. Kaya Fırlaması	25
2.4.2. Toz Emisyonu	26
2.4.3. Yer Sarsıntısı (Titreşim).....	26

2.4.3.1. Tipik Patlatma Titreşim Kayıtları.....	36
2.4.3.2. Baskın Frekans.....	37
2.4.3.3. Ölçekli Mesafe Kavramı.....	39
2.4.3.4. Maksimum Parçacık Hızı Tahmini.....	41
2.4.3.5. Patlatma Hasar Kriterleri.....	44
2.4.4. Hava Şoku ve Gürültü.....	61
2.4.4.1. Hava Şoku ve Gürültü Ölçümü ve Karakteri.....	61
2.5. ÇEVRESEL SORUNLAR İLE İLGİLİ ALINABİLECEK TEDBİRLER.....	65
2.5.1. Patlatmadan Kaynaklanan Kaya ve Parçacık Fırlamasını Önlemek İçin Alınabilecek Tedbirler.....	65
2.5.2. Patlatmadan Kaynaklanan Toz Emisyonunu Önlemek İçin Alınabilecek Tedbirler.....	66
2.5.3. Patlatmadan Kaynaklanan Yersarsıntısını Azaltmak İçin Alınabilecek Önlemler.....	66
2.5.4. Patlatmadan Kaynaklanan Hava Şokunu Azaltmak İçin Alınabilecek Önlemler.....	68
2.6. PATLATMALARDA İŞ GÜVENLİĞİ.....	68
2.6.1. Patlayıcı Madde Depolarında Alınması Gereken Tedbirler.....	65
2.6.2. Patlayıcı Maddelerin Taşınma İşlemleri.....	70
2.6.3. Patlama Sahasında Alınacak Önlemler.....	71
2.6.4. Elektrikli Ateşleme Sistemi Kullanılması Sırasında Alınması Gereken Tedbirler.....	71
2.6.5. Yemleyici Dinamit Hazırlanması Sırasında Dikkat Edilecek Hususlar....	72
2.6.6. Deliklerin Doldurulması Sırasında Alınacak Önlemler.....	72
2.6.7. Atımın Devre Bağlantısının Yapılması ve Ateşleme Sırasında Alınacak Tedbirler.....	73
2.6.8. Ateşleme.....	74
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	75
3.1. YER SARSINTISI VE HAVA ŞOKU İZLEME SİSTEMLERİ.....	75
3.1.1. Örnek Bir Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku İzleme Sistemi ve Teknik Özellikler.....	77
3.2. ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM.....	80
3.3. ÇALIŞMA SAHASI.....	81
3.3.1. Cevizli Bölgesinin Genel Jeolojisi.....	83
3.3.2. İnceleme Alanının Mühendislik Jeolojisi.....	84
4. BULGULAR.....	85
4.1. DÜZENLENEN ATIM PATERNLERİ.....	85
4.2. ÖLÇÜM SONUÇLARI.....	90
4.3. ÖLÇÜM SONUÇLARININ HASAR RİSKİ DEĞERLENDİRMESİ.....	93
4.3.1. Atım Sonuçlarının İstatistiksel Analizi.....	93
4.3.2. Atım Sonuçlarının Hasar Riski Değerlendirmesi.....	96
4.3.3. Atım Sonuçlarının Rezonans Riski Açısından Değerlendirilmesi.....	99
4.3.4. Ölçüm Sonuçlarının Betonarme Yapılara Etkisi Açısından Değerlendirilmesi.....	100

4.3.5. Atımların Diğer Çevresel Etkiler ve İş Güvenliği ile ilgili Alınan Tedbirler Açısından Değerlendirmesi	101
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	102
KAYNAKLAR	104
EKLER	107
ÖZGEÇMİŞ	149

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Basamak patlatmasında kullanılan terimler.....	3
Şekil 2.2. Özgül şarj ve sismik hız ilişkisi	7
Şekil 2.3. Sismik hız ve kazılabilirlik ilişkisi.....	8
Şekil 2.4. Patlatmadan kaynaklanan çevresel etkiler	23
Şekil 2.5. Patlatma Sırasında Oluşan Taş Savrulması.....	25
Şekil 2.6. Sismik dalgaların kaya ortamı içinden geçerken yarattıkları deformasyon ...	27
Şekil 2.7. Uzaklığa ve zamana bağlı olarak patlatma titreşimlerinin genel formu	30
Şekil 2.8. Basınç ve kesme dalgaları.....	31
Şekil 2.9. Farklı dalga tiplerinin atım kaynağından yayılımı.....	31
Şekil 2.10. Dalga tiplerine bağlı olarak parçacık hareketlerinin değişimi	32
Şekil 2.11. İki izleme noktasında patlatma titreşimlerinin izlenmesi	33
Şekil 2.12. Sinüzoidal yaklaşım	34
Şekil 2.13. Tipik kömür madeni patlatmasında parçacık hızlarının zamana bağlı değişimi	36
Şekil 2.14. Patlatma titreşimlerinin nükleer patlama ve deprem hareketleri ile karşılaştırılması	37
Şekil 2.15. Çeşitli patlatmalarda ön baskın frekans histogramları.....	38
Şekil 2.16. Taş ocağı patlatmasında zamana bağlı tipik titreşim gelişimi	39
Şekil 2.17. Ölçekli mesafe parametreleri	40
Şekil 2.18. Langefors ve Kihlström'un hasar kriteri nomogramı	48
Şekil 2.19. USBM'nin alternatif kriter analizi	51
Şekil 2.20. OSM'nin alternatif kriter analizi.....	53
Şekil 2.21. DIN 4150 Alman Normu	55
Şekil 2.22. White Mini-Seis cihazının DIN 4150 Normuna göre düzenlenmiş tipik çıktısı.....	56
Şekil 2.23. İngiliz Standardı BS 7385	58
Şekil 2.24. Hindistan DGMS (A) Standardı	59
Şekil 2.25. Hindistan DGMS (B) Standardı.....	60
Şekil 2.26. Günlük olaylardaki ses düzeyleri ve ses basınç değerleri.....	63
Şekil 2.27. Hava şoku basıncının ölçekli mesafeye göre değişimi	64
Şekil 3.1. Bir Titreşim Ölçer Cihazının Jeofon Yapısı	76
Şekil 3.2. Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku İzleme Sistemi	77
Şekil 3.3. İntantel Mini Mate Plus Model Titreşim Ölçüm Cihazı.....	78
Şekil 3.4. İntantel Mini Mate Plus Cihazının USBM Normuna Göre Düzenlenmiş Tipik Çıktısı.....	79
Şekil 3.5. Kartal Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapılandırma Projesi İnşaatının Genel Görünümü	82
Şekil 3.6. Kartal Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapılandırma Projesi şantiye sahasının genel görüntüsü.....	83
Şekil 4.1. Uygulanan mini basamak patlatma tasarım modeli (Plan üzerinde)	88
Şekil 4.2. Uygulanan mini basamak patlatma tasarım modeli (Kesit üzerinde).....	89
Şekil 4.3. Atım noktalarının ve ölçüm istasyonlarının krokisi	89

Şekil 4.4. PPV ve ölçekli mesafe arasındaki ilişki (%50 tahmin hattına göre).....	94
Şekil 4.5. PPV ve ölçekli mesafe arasındaki ilişki (%95 tahmin hattına göre)	96
Şekil 4.6. Kaydedilen maksimum parçacık hızı ve frekansların USBM Normuna göre yorumu	97
Şekil 4.7. Kaydedilen maksimum parçacık hızı ve frekansların DIN 4150 Normuna göre yorumu	97
Şekil 4.8. Kaydedilen maksimum parçacık hızı ve frekansların Türk Normuna göre yorumu	98
Şekil 4.9. Kaydedilen Frekans değerlerinin dağılımı.....	100

TABLO LİSTESİ

Tablo 2. 1. Titreşim parametrelerinin aralığı.....	36
Tablo 2. 2. Crandell'in enerji oranına bağlı hasar kriteri.....	46
Tablo 2. 3. Langefors ve arkadaşlarının parçacık hızını esas alan hasar kriteri.....	47
Tablo 2. 4. Edwards ve northwood'un parçacık hızını esas alan yaklaşımı.....	47
Tablo 2. 5. USBM'nin yaklaşımı.....	49
Tablo 2. 6. Canmet ve arkadaşlarının hasar kriteri.....	49
Tablo 2. 7. Uzaklığa Bağlı müsaade edilen ölçekli mesafe faktörleri.....	52
Tablo 2. 8. Patlatmada noktasından belirli uzaklıklarda maksimum parçacık Hızları.....	53
Tablo 2. 9. Alman Din 4150 Normunda Yapı Türü ve Frekansa Göre Parçacık Hızı Sınırları.....	54
Tablo 2. 10. Düzeltilmemiş düşey parçacık hızı.....	57
Tablo 2. 11. Bina faktörü.....	57
Tablo 2. 12. Proje zaman faktörü.....	57
Tablo 2. 13. Kozmetik hasar için geçici titreşim kılavuz seviyeleri.....	58
Tablo 2. 14. Madencilik Alanlarında Yapıların Altyapı Düzeyinde İzin Verilebilir En Yüksek Parçacık Hızı.....	59
Tablo 2. 15. Fransa Standardı.....	60
Tablo 2. 16. Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlama Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri.....	61
Tablo 2. 17. Yersarsıntısı Üzerindeki Değişimlerin Önem Sırası.....	67
Tablo 4. 1. Kartal Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapılandırma Projesi İnşaatı için mesafenin fonksiyonu olarak gecikme başına kullanılacak en fazla şarj miktarları.....	86
Tablo 4. 2. Test Atımlarında uygulanması önerilen patlatma geometrisi.....	87
Tablo 4. 3. Uygulanan Patlatma Geometrisi.....	88
Tablo 4. 4. Atımlar sonucunda ölçülen titreşimlerin veri kaydı, atımların yeri ve koordinatları.....	91

SEMBOL LİSTESİ

ANFO	: amonyum nitrat + fueloil karışımı patlayıcı madde
BDD	: birim deformasyon dalgası
ÇDD	: çekme deformasyon dalgası
Hz	: hertz
ISRM	: uluslar arası kaya mekaniği derneği
NATM	: yeni avusturya tünel açma yöntemi
OSM	: birleşik devletler açık ocak madencilik bürosu
USBM	: birleşik devletler madencilik bürosu
u	: parçacığın yer değişimesi
U	: maksimum yer değiştirme
k	: dalga sayısı sabiti
ω	: açısal frekans sabiti
t	: zaman
T	: dalga periyodu
f	: frekans
λ	: dalga boyu
c	: yayılım hızı
v	: parçacık hızı
μ	: parçacık ivmesi
SD	: ölçekli mesafe
R	: mesafe
W	: gecikme başına maksimum şarj miktarı
PPV	: maksimum parçacık hızı
K, β, α, n	: çalışma sahası sabitleri
$e^{-\alpha R}$: inelastik seyrelme faktörü
$e^{-\alpha(R/W)}$: İnelastik sönme faktörü
r^2	: korelasyon katsayısı
dB	: desibel
P	: ölçülen tepe ses basıncı
P_0	: referans ses basıncı
N	: gürültü
A	: genlik
C	: şarj miktarı
d	: uzaklık
ER	: enerji oranı
a	: ivme
v_0	: düzeltilmemiş düşey parçacık hızı
F_k	: inşaat kalite faktörü
F_d	: patlatma noktası ile ölçüm noktası arası mesafe faktörü
F_t	: patlatma işlemlerinin süreceği toplam proje süresi
\emptyset	: fi

ÖZET

TEMEL KAZI PATLATMALARINDAN KAYNAKLI ÇEVRESEL SORUNLAR, ALINABİLECEK TEDBİRLER VE PATLATMADA İŞ GÜVENLİĞİ UYGULAMALARI

Özellikle son yıllarda şehirleşmenin artış göstermesi nedeniyle yerleşim birimlerinde konut, ulaşım ve altyapı ihtiyacı büyük önem kazanmıştır. Bu ihtiyacı karşılamaya yönelik yapılan metro, alt yapı ve konut inşaatlarında karşılaşılan kaya birimlerinin sert oluşu patlatmalı kazı icra edilmesini önemli bir gereksinim haline getirmiştir.

Büyük şehirlerde yapılan önemli konut inşaat projelerinde büyük hafriyatların kaldırıldığı temel kazılar yapılmaktadır. Temel kazıları sırasında karşılaşılan kaya birimlerinin sert ve sağlam yapıda olmaları, klasik makineli kazıları yetersiz kılmakta ve dolayısıyla temel kazıları için patlatmalı kazı ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Temel kazı patlatmaları verimli, zaman ve maliyet açısından tasarrufludur. Fakat patlatma neticesinde bir takım çevresel etkiler de ortaya çıkmaktadır.

Çalışmanın amacı; yerleşim birimlerindeki sert ve sağlam kaya birimlerinde yapılacak temel kazı patlatmalarından kaynaklanan çevresel etkilerin, alınan tedbirler ve uygun bir tasarımla minimum düzeye inebileceğini ortaya koymaktır.

Kartal Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapılandırma Projesi İnşaatı patlatmalı temel kazısı kapsamında uygun patlatma tasarımı önerilmiş ve sonra önerilen tasarım incelenmiştir. İncelemeler sonucunda yapılan atımlara ait titreşim ölçer cihazlar ile elde edilen sonuçların ulusal ve uluslararası hasar normları açısından da hasar yaratmadığı anlaşılmış ve neticede çevresel etkilerinin minimum düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında yapılan patlatmaların neticesinden de anlaşılacağı üzere tasarımı iyi yapılan bir patlatmanın çevresel etkileri minimum düzeyde olmaktadır.

SUMMARY

ENVIROMENTAL EFFECTS OF FOUNDATION EXCAVATION BLASTING, PRECAUTIONS TO BE TAKEN AND JOB SECURITY PRACTICES IN BLASTING

Especially in recent years, needs of housing, transportation, and infrastructure have become all the more pressing due to urbanization increase. Since rock formations encountered on the ground and underground during subway, infrastructure, and housing constructions, the application of blasting technology in excavation is a big necessity.

Large housing construction projects have been carried out especially in metropolitan areas in Turkey, involving foundation excavations giving rise to great amounts of earthmoving. Since rock units encountered during foundation excavations are usually hard and solid, excavations with conventional machinery prove to be inadequate and unproductive, hence the necessity for the application of blast ing technology in foundation excavation.

Foundation excavation blastings are productive and economical with regard to time and finance. But some enviromental effects come out after blasting.

The aim of this study is to put forward the enviromental effects of the foundation excavation blasting on hard rock units in settlement areas can be minimum with the precautions and proper blasting design.

A blasting design is proposed regarding the foundation excavation in the Lütfü Kırdar Hospital Restructuring Project and then design is researched in detail. This research demonstrates that the data produced by vibration meters relating to blasting shots point to no damage in terms of national and international norms of damage.

The results of the study in that blasting, enviromental effects of the blasting which has a good design are in minimum level.

1. GİRİŞ

Konut, ulaşım ve alt yapı ihtiyacının arttığı günümüzde, kaya birimlerinin sert olması ve klasik makineli kazıların yetersiz kalması patlatmalı kazı zorunluluğunu doğurmuştur.

Sert ve sağlam yapılı kaya birimlerinde klasik makineli araçlarla yapılacak temel kazılarda, bu kırıncılar yetersiz kalmakta, projelerin önemli oranda gecikmesine ve sonuç olarak, hem ekonomik, hem de zaman açısından büyük kayıplara ve zararlara yol açmaktadır. Zaman, verim ve ekonomik açıdan ortaya çıkan bu olumsuz durum patlatmalı kazıyı zorunlu hale getirmiştir.

Patlatmalı kazılar neticesinde ortaya çıkan dikkat çekici sonuçlar, patlatmalı kazının gelişen teknoloji ile birlikte ne kadar faydalı ve doğru bir faaliyet olduğunu kanıtlamaktadır.

Doğru ve verimli bir patlatmanın en önemli sonucu çevresel etkilerin en düşük seviyede olması ve her hangi bir tesisin bu patlatmadan en ufak hasar dahi görmemiş olmasıdır. Bir patlatmanın en önemli çevresel etkileri yer sarsıntısı ve gürültüdür. Bu sonuçların minimum düzeyde olması patlatma tasarımının doğru yapılmasıyla orantılıdır.

Patlatmalı kazıların önem kazandığı sektörlerde, patlatmadan sorumlu personelin çevre tesis ve yerleşim birimlerinin zarar görmeyeceği şekilde tasarımlar yapmaları ve kontrollü patlatmalar gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Patlatma, çok büyük faydaları olan ancak tedbir alınmadığı zaman ciddi hasarlar oluşturabilecek bir faaliyettir. Patlatmada yüzde 99 başarı aslında bir felakettir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. TEMEL KAZI PATLATMASI VE ÖNEMİ

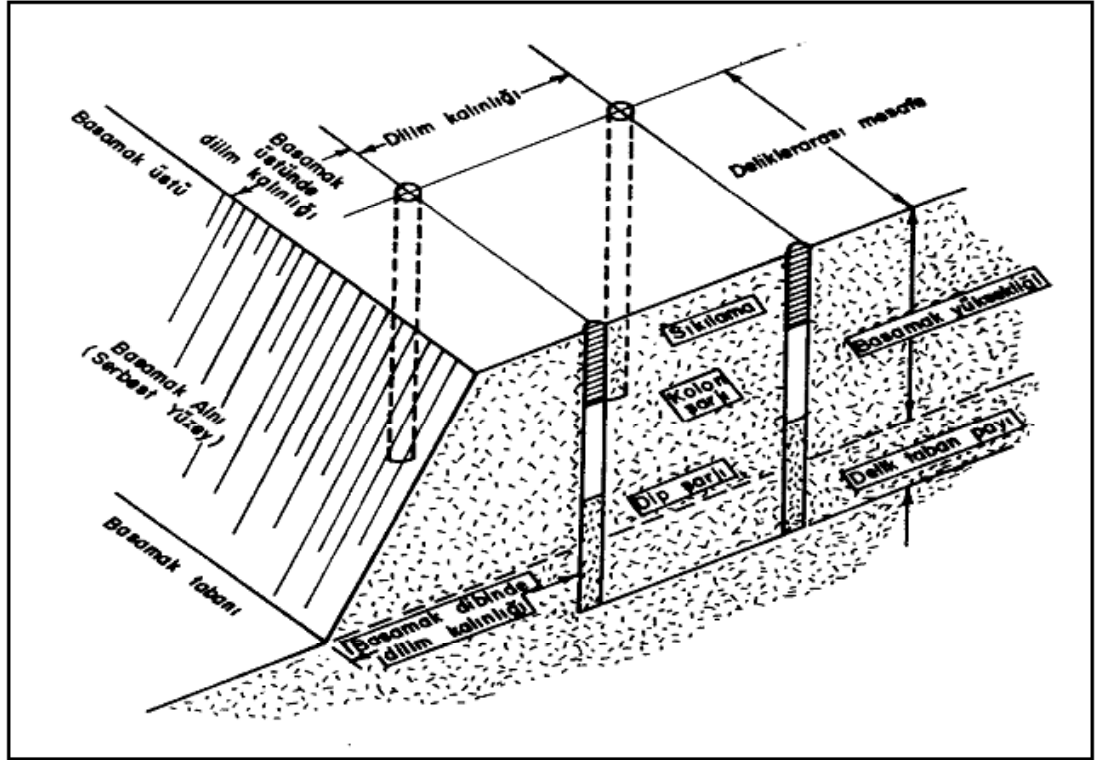
Çağın ve teknolojinin gelişimine paralel olarak, kentleşmenin ve nüfus artışının giderek artması nedeniyle, yerleşim yerlerinde konut, ulaşım ve altyapı ihtiyacı daha da önem kazanmıştır. Önem kazanan bu ihtiyacı gidermek için yapılan alt yapı ve konut inşaatlarında, yeraltında ve zeminde karşılaşılan kayaçların farklılık arz etmesi ve sert olması, parçalanabilirliği maksimum seviyede sağlayan patlatmalı kazı yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Son yıllarda büyük şehirler başta olmak üzere tüm yerleşim yerlerinde büyük metro, yeraltı tesisleri ve konut inşaat projeleri faaliyet göstermekte ve bu inşaatlarda büyük miktarda hafriyatların kaldırıldığı temel kazıları yapılmaktadır. Temel kazıları esnasında karşılaşılan kayaçların sert ve sağlam yapıda olmaları klasik makineli kazıları yetersiz, verimsiz ve ekonomik dışı kılmakta, dolayısıyla temel kazıları için patlatmalı kazı zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Özellikle sert ve sağlam yapıya sahip kaya birimlerinde klasik makineli araçlarla (Kırıcı, dozer, ekskavatör vb.) yapılacak temel kazılarında, bu kırıcılar yetersiz kalmakta, eldeki projelerin zamanında bitirilememesi ve sonuç olarak, hem ekonomik, hem de zaman açısından büyük kayıplara yol açmaktadır. Zaman, verim ve ekonomik açıdan ortaya çıkan bu olumsuz durum patlatmalı kazıyı zorunlu hale getirmiştir.

Ülkelerin gelişmeleri büyük rol oynayan inşaat sektörü açısından bu olumsuz durum çok büyük önem arz etmektedir. İyi bir patlatmadan beklenen en önemli unsurlardan biri de patlatmanın çevresel etkiler açısından emniyetli olmasıdır. Bu tür çevresel duyarlılıklar dikkate alındığında, patlatma kaynağından belirli uzaklıkta bulunan bir yerleşim biriminin veya tesisin; patlatma neticesinde oluşacak gürültü ve yersarsıntısından etkilenmemesi bakımından patlatma tasarımının en iyi şekilde yapılmış olması gerekmektedir.

2.2. BASAMAK PATLATMASI

Açık maden işletmelerinde kazı esnasında meydana getirilen farklı kotlardaki her kademeye basamak ve bu noktalarda icra edilen atımlara da basamak patlatması denir. Her basamak için bir üst ve bir de alt kotu olup, bunların farkı basamak yüksekliğini ifade etmektedir. Basamak alını kayanın sağlamlığına ve yapısına ve delik eğimine bağlı olarak dik veya 90° den az meyilli şev oluşturur. Bu şev, basamağı meydana getiren kayanın parçalanmasını özendiren ve parçalanmış kayanın ileri fırlatılabilmesine imkan veren bir serbest yüzey olarak tanımlanmaktadır. (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).



Şekil 2. 1: Basamak patlatmasında kullanılan terimler (Kahrıman, 1995)

Serbest yüzey ile birinci sıra delikler veya delik sıraları arası uzaklıklara dilim kalınlığı adı denilmektedir. Bir atımın basamak patlatması olarak adlandırılabilmesi için dilim kalınlığı (B) en fazla basamak yüksekliği (K) nın yarısına ($B \leq K/2$) eşit olmalıdır. Aynı sıradaki deliklerin birbirlerine olan uzaklıkları ise delikler arası mesafe olarak bilinmektedir. Delik boyları basamak tabanının düzgün ve tırnaksız olmasını sağlamak amacıyla basamak yüksekliğinden biraz fazla delinir

ve bu fazla kısma delik taban payı denir. Deliğin dip kısmına konulan patlayıcı maddeye dip şarjı, bunun üzerinde bulunan şarja ise kolon şarjı denilmektedir. Genellikle basamak tabanına yakın kısımlarda kayanın parçalanması daha güç olduğundan dip şarjı, kolon şarjına göre miktarca ve kudretçe fazla olacak şekilde seçilmektedir. Deliğin ağız tarafına patlayıcı maddeyi örtmek üzere ve deliği tamamen dolduracak şekilde konulan ve patlayıcı olmayan maddeden (çakıl, kum, kırma taş, delme makinası kırıntıları) oluşan tıkaca ise sıkılama denilmektedir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995; Adıgüzel, 2006).

2.3. BASAMAK PATLATMASI TASARIM PAREMETRELERİ

Açık ocak işletmeciliğinde, birbirini izleyen delme-patlatma, kazı-yükleme, nakliye, kırma (özellikle primer kırma) ve/veya tumba gibi faaliyetlerin tümünü birden dikkate almak şartıyla, ekonomik ve emniyetli bir patlatmanın gerçekleşmesi, ancak güvenilir bir patlatma tasarımı ile gerçekleşebilir. Başarılı bir patlatma tasarımı demek; yükleyici ekipmanın verimliliği ve/veya müteakip kullanım açısından arzu edilen parçalanma derecesinde, yeterince kabarmış, kısmen ötelenmiş, gevşek bir yığının elde edilmesine izin veren ve yersarsıntısı, hava şoku, fırlayan kaya gibi çevresel sorunları olmayan yada en aza çekilmiş bir patlatmanın sonuçlarını önceden tahmin etmektir. Ayrıca doğrudan veya riperleme ile yapılabilecek kaya kazısının, ancak belirli değerlere kadar olan dayanımlarda mümkün olabildiği bilinmektedir. Bu sebeple delme ve patlatma, çoğu işletmede, üretim sürecinin ilk işlemini oluşturmaktadır. Genel olarak daha fazla delik delmek ve/veya daha fazla patlayıcı madde kullanmak, delme ve patlatmanın maliyetini arttırırken, daha homojen ve daha küçük parça boyutunda bir yığın oluşturulması ihtimalini arttıracaktır. Ancak bu şekilde elde edilen bir yığınla ilgili olarak, müteakip işlemlerin maliyetlerinde belirgin bir azalma sözkonusu olabilecektir. Bununla birlikte, yalnızca kullanılan patlayıcı maddenin enerjisi arttırılabilirse, delik delme ve patlatma işleminde ek bir maliyete gerek kalmaksızın istenen parçalanma elde edilebilecektir. Bu çerçevede, karşımıza iki temel sorun çıkmaktadır. Bunlardan birincisi, her bir deliğe konacak optimum patlayıcı madde miktarının ne olacağı, ikincisi ise, istenen parçalanma derecesinde ve arzu edilen konumda bir yığını oluşturmak için delik paterninin

nasıl olacaktır. Yani herhangi bir kaya ortamında yapılacak basamak patlatması için yanıt aranacak iki temel parametre: özgül şarj ve dilim kalınlığıdır. Bu iki unsurun belirlenmesi neticesinde diğer parametreler, bunlara bağlı olarak hesaplanabilmekte ve tasarım tamamlanabilmektedir.

Maden üretim sürecinde patlatmanın önemi bilindiğinden meseleyle alakalı çalışmalar bir çok araştırmacı tarafından yapılmaktadır. Fakat konunun karışık olması nedeniyle hala yanıt aranan birçok husus vardır. Teknik, ekonomik ve emniyet açısından iyi ve güvenilir bir patlatma tasarımı üzerinde etkili olan pek çok parametre sözkonusudur. Bu parametreleri aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür (Arpaz, 2000; Kahriman, 1995; Adıgüzel, 2006).

2.3.1. Kaya Birimlerinin Malzeme ve Kütle Özellikleri

- Yoğunluk
- Basınç, çekme, darbe dayanımları
- Sismik dalga hızı
- Empedans
- Süreksizlik durumu ve kütleli olarak sağlamlık derecesi
- Su durumu
- Elastik modülü
- Poisson oranı
- Değişkenlik durumu (homojenlik, anizotropi ve izotropiklik)
- Sertlik

2.3.2. Patlayıcı Maddenin Cinsi, Özellikleri ve Dağılımı

- Yoğunluk
- Patlama hızı
- Kudret (güç)
- Hassasiyet
- Suya dayanım
- Dona dayanım
- Gaz özellikleri
- Patlama ısısı ve özgül gaz hacmi

- Depolama şekli ve süresi

2.3.3. Patlatma Geometrisi

- Delik çapı, yeri, eğimi ve boyu

- Delik düzeni

- Dilim kalınlığı, delikler arası mesafe

- Basamak aynasının şekli, durumu, yüksekliği, eğimi

- Sıkılama payı

- Delik taban payı

- Şarj şekli, delik içi dağılımı

- Atım grubu boyutları

- Yemleme, ateşleme şekli ve düzeni

- Gecikme tipi ve süresi

Konu ile ilgili olarak, çeşitli araştırmacıların geliştirdiği belirli ampirik ilişkilerden yararlanarak ve kaya koşullarını dikkate alarak, bir başlangıç dilim kalınlığı ve özgül şarj değeri belirlenmekte ve ön tasarım yapılabilmektedir. Uygulama sonunda; gerekli gözlemler, verimlilik ve maliyet analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilebilmektedir. En uygun değerlere ulaşmak için iterasyonlar yapılmakta ve işletme koşullarını da dikkate alan bu çalışmalar sonucu bulunan değerler, uygun değer olarak kabul edildiğinde; tasarım kesinleştirilebilmektedir (Arpaz, 2000; Kahriman, 1995; Adıgüzel, 2006).

2.3.3.1 Özgül Şarjın Belirlenmesi İçin Önerilen Yöntemler

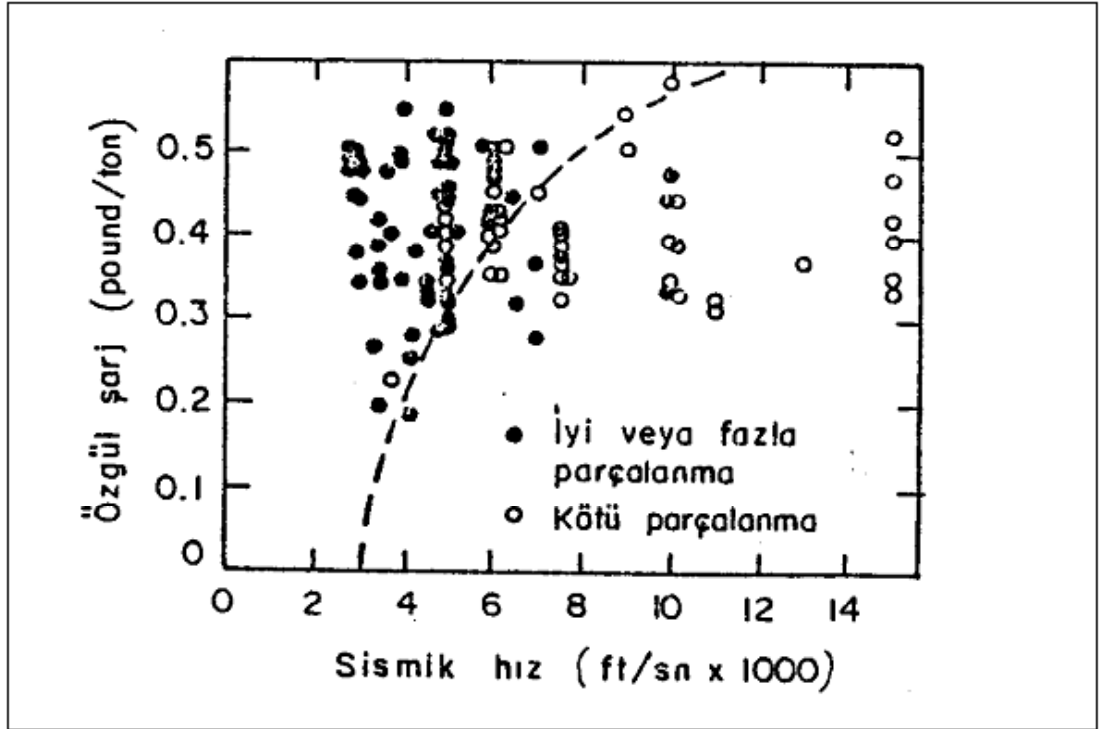
Herhangi bir kayada istenen parçalanma derecesini elde etmek için bir deliğe konacak patlayıcı madde miktarının (esasen özgül şarjın) büyük oranda kaya özelliklerine bağlı olduğu bilinmekle beraber, bu kritik ilişki birçok kaya özelliklerinin birlikte etkili olması nedeniyle oldukça karmaşıktır. Bu sebeple tam olarak ortaya konulamamıştır. Bu sebeple belirli teorik yaklaşımlar olmasına rağmen günümüzde kullanılacak özgül şarj; çoğunlukla, her bir kaya birimi için deneme yanılma yöntemi ile belirlenmek durumundadır. Bu yüzden kayanın madde ve kütle özellikleriyle, optimum özgül şarj arasında güvenilir bir ilişki geliştirmek önemini korumaktadır. Konuyla ilgili ilk çalışmalar, Frankel 1954 ve Langefors ve Kihlstrom

(1978) tarafından yapılmıştır. Patlatma geometrisi ve kaya patlatma sabiti önem arzeden Langefors formülü aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

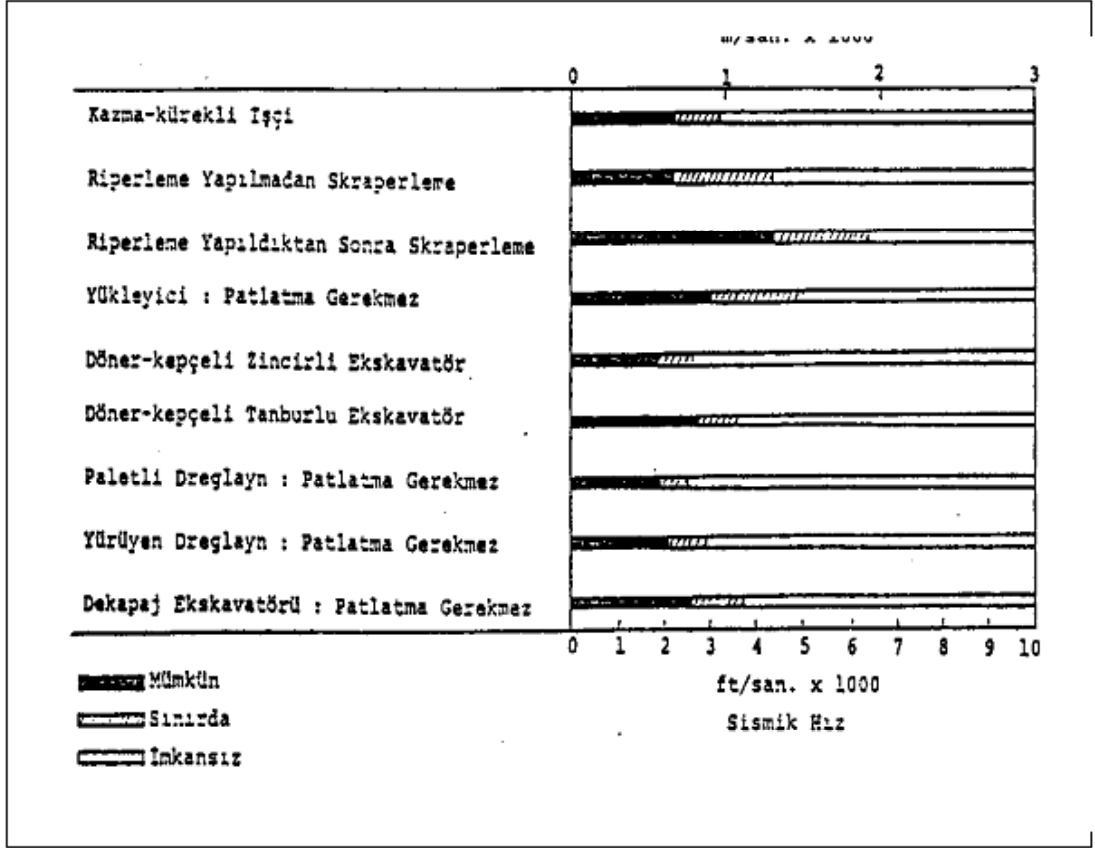
$$q = [(1.4 \times C_o B^3 + 0.4 C_o x B^2 x (K - 2B)] / (n x K x B^2), (\text{kg/m}^3) \quad (2.1)$$

Özgül şarj ve sismik hız arasındaki ilişki Broadbent (1974) tarafından geliştirilmiştir. Atkinson (1971) yaptığı araştırmalar sonucu, kayaların sismik dalga iletim hızı ile kazılabilirlik düzeyleri arasındaki ilişkileri Şekil 2.3'deki gibi bir grafikte ifade etmiştir. Başka bir ampirik yaklaşım ise kaya kütlelerinin çatlak sıklığı ve etkin içsel sürtünme açısı dikkate alınmak suretiyle Ashby tarafından aşağıdaki şekilde verilmektedir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

$$q = \frac{1.4 \times \tan(\varphi + i)}{(\text{Çatlaksayısı} / \text{metre})^{\frac{1}{3}}} (\text{kg/m}^3) \quad (2.2)$$



Şekil 2. 2: Özgül şarj ve sismik hız ilişkisi (Kahrıman, 1995)



Şekil 2. 3: Sismik hız ve kazılabilirlik ilişkisi (Kahrıman, 1995)

Hali hazırda ülkemizdeki bulunan birtakım demir ve linyit işletmelerinde araştırmalarda bulunan Paşamehmetoglu ve Arkadaşları özgül şarj ile basma dayanımı, çekme dayanımı, yoğunluk, empadans, darbe dayanımı, sismik dalga hızı (P dalga hızı) gibi bazı kaya özellikleri arasında oldukça yüksek korelasyon katsayılı çeşitli ilişkiler geliştirmişlerdir. Bahse konu araştırmacılarca geliştirilen bu ilişkiler aşağıda görölmektedir(Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

Basma dayanımı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.474 + 0.004 \times \sigma_b, (r=0.56) \quad (2.3)$$

Çekme dayanımı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.369 + 0.0224 \times \sigma_c, (r=0.82) \quad (2.4)$$

İçsel sürtünme açısı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.2349 \times (\tan\phi)0.5570, (r=0.68) \quad (2.5)$$

Kohezyon ve darbe dayanımı ilişkisi:

$$q = 0.1156 + c \times 0.0072, (r=0.95) \quad (2.6)$$

Darbe dayanımı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.414 + 9.55 \times 10^{-7} \times DD, (r = 0.99) \quad (2.7)$$

Yoğunluk ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.019 + 2.038 \times 10^{-4} \times d_r, (r=0.99) \quad (2.8)$$

Kaya empedansı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.02 + 3.97 \times 10^{-8} \times I, (r=0.99) \quad (2.9)$$

Sismik hız ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = -1.9928 + 0.2904 \times \ln V_p, (r=0.89) \quad (2.10)$$

Özellikle dönmeli delik delme işlemlerinde kayaların patlatılabilirlikleri konusunda, delme performanslarından elde edilen kaya kalite indeksinin (RQI) önemli olduğunu ifade eden Leighton (1982), özgül şarj ve kaya kalite indeksi arasında aşağıdaki ilişkiyi geliştirmiştir.

$$q = (RQI - 24.9) / 7.1, (kg/ton) \quad (2.11)$$

Benzer konuda Paşamehmetoğlu ve Arkadaşları, Toper ve Dinçer de ülkemizde yaptıkları çalışmalarda buna benzer yaklaşımlarda bulunup bazı ilişkiler ortaya koymuşlardır.

$$q = 0.208 + 0.0224 \times RQI, (r=0.82) \quad (2.12)$$

Kou ve Rustan, özgül şarj kavramına yakın bir kavram olarak kabul edilen patlayabilirlik faktörünün (C_0), kayanın tek eksenli basma dayanımını, dinamik elastisite modülünü ve referans patlayıcı maddenin ısı enerjisini dikkate alan aşağıdaki formülle tahmin edilebileceğini belirtmektedir.

$$C_0 = (\sigma_b)^2 / (2 \times E_d \times Q_{er}) \quad (2.13)$$

Bilgin ve Arkadaşları (1994), özgül şarj üzerinde, süreksizlik yönelimlerinin de etkili olduğunu ve özgül şarj değerlerinin; süreksizlik yönelimlerinin, aynaya paralel olduğu durumlarda minimum olduğunu ifade etmektedir (Arpaz, 2000; Kahriman, 1995).

Burada kullanılan semboller:

q: Özgül şarj, (kg/m^3)

C_0 : Kaya patlatma katsayısı, (kg/m^3)

K: Basamak yüksekliği, (m)

n: Delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı oranı

B: Dilim kalınlığı, (m)

f: Delik eğim faktörü

$\phi+i$: Etkin içsel sürtünme açısı, (derece)

σ_b : Kayanın tek eksenli basma dayanımı, (MPa)

σ_c : Kayanın endirekt çekme dayanımı, (MPa)

ϕ : Kayanın içsel sürtünme açısı, (derece)

c: Kohezyon, (MPa)

DD: Darbe dayanımı, ($\text{kg} \cdot \text{m}/\text{m}^3 \cdot 10^{-5}$)

d_r : Kayanın yoğunluğu, (kN/m^3)

I: Empedans, ($(\text{MN} \cdot \text{m})/(\text{m}^3 \cdot \text{sn})$)

V_p : Sismik (P-dalga) hız, (m/sn)

RQI: Kaya kalite indeksi, (MPa-dak/m)

E_d : Dinamik elastisite modülü, (MPa)

Q_{er} : Referans patlayıcı maddenin ısı enerjisi, (kJ/kg)

2.3.3.2 Dilim Kalınlığının Belirlenmesine Yönelik Yaklaşımlar

Patlatma tasarımı konusunda yapılan araştırmalar göstermiştir ki dilim kalınlığının diğer tüm tasarım parametreleri üzerinde etkisi vardır. Başka bir deyişle, delikler arası mesafe, sıkılama boyu, delik taban payı, gecikme aralığı, dip şarjı boyu, kolon şarjı boyu gibi diğer tasarım büyüklüklerinin, dilim kalınlığının fonksiyonu olarak ifade edilebildiği ve bu şekilde anlamlı tasarımlar yapılabileceği konusu çoğu araştırmacılarca vurgulanmıştır.

Dilim kalınlığı, önemli bir parametredir. Bu önem hem delme patlatmanın ekonomisi yönünden, hem de fırlayan kaya, yersarsıntısı gibi ocak ve çevre emniyetini etkilenmesi bakımından büyük önem arz etmektedir. İşletme koşullarına uygun dilim kalınlığını belirlemek amacıyla uzun süreden beri çeşitli çalışmalar yapılmış ve ampirik yaklaşımlarda bulunulmuştur. Ayrıca dilim kalınlığını her işletme ve her kaya birimi için deneme-yanılma yoluyla belirleme yaklaşımı, günümüzde güncelliğini halihazırda korumaktadır. Birtakım araştırmacıların dilim kalınlığı için önerdikleri bağıntılar, Arıoğlu(1988) tarafından ayrıntılı bir şekilde sınıflandırılmıştır. Bunlardan bir kısmı sadece basamak ve delik geometrisiyle pratik ilişkiler geliştirmişlerdir. Diğer bir kısmı ise, bu büyüklüklerle birlikte, kaya koşullarını ve patlayıcı madde özelliklerini de dikkate alan yaklaşımlarda bulunmuşlardır. Bu yaklaşımlara geniş bir şekilde aşağıda yer verilmiştir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

$$B = 0.024 * d + 0.85 \quad (2.14)$$

$$B = (25-35) - 12 \times d_e \quad (2.15)$$

$$B_{\max} = 0.045 \times d \quad (2.16)$$

$$B_{\max} = 1.36 \times (I_b)^{0.5} \times R_1 \times R_2 \quad (2.17)$$

$$B_{\max} = (d/33) \times (P \times s) / [C_0 \times f \times (S/B)]^{0.5}, (B = B_{\max} - E) \quad (2.18)$$

$$B = 3.15 \times d_e \times (SG_e/SG_r)^{0.33}, (\text{feet}) \quad (2.19)$$

$$B = [(Q_b+Q_p)] / [(S/B) \times K \times K_{tp}] \quad (2.20)$$

$$B = 10^{-3} \times K_r \times d \times (P_p / \sigma_c)^{0.5} \quad (2.21)$$

$$B = f(q,d,K,\tau_p,\alpha) \quad (2.22)$$

$$B=[(K_o/(\mu \times n \times \text{Tan}(\theta/2))]^{0.5} \times d \times [(SG_e \times Q_e / Q_{er})/(\sigma_b^2 / (2E_d \times n \times Q_{er}))]^{0.5} \quad (2.23)$$

Burada kullanılan semboller:

B_{max} : Maksimum dilim kalınlığı, (m)

d : Delik çapı, (mm)

l_b : Şarj yoğunluğu, (kg/m)

R_1 : Delik eğimi düzeltme faktörü

R_2 : Kaya düzeltme faktörü

d_e : Patlayıcı maddenin çapı, (inç)

SG_e : Patlayıcı maddenin özgül ağırlığı

SG_r : Kayanın özgül ağırlığı

P : Patlayıcı maddenin delik içindeki yoğunluğu, (kg/dm³)

s : Patlayıcı maddenin ağırlıkça kudreti

C_o : Kaya patlatma katsayısı

f : Atım güçlük katsayısı

S : Delikler arası mesafe, (m)

E : Delik hata payı, (m)

Q_b : Dip şarj miktarı, (kg)

Q_p : Kolon şarj miktarı, (kg)

K : Basamak yüksekliği, (m)

K_{tp} : Teknik şarj faktörü

K_r : Kaya faktörü

P_p : Delikteki patlama basıncı, (MPa)

$\sigma_{\text{ç}}$: Kayanın çekme dayanımı, (MPa)

$\sigma_{\text{ç},d}$: Kayanın dinamik çekme dayanımı, (MPa)

$\sigma_{\text{ç min}}$: Minimum çekme gerilmesi, (MPa)

$\sigma_{\text{ç max}}$: Maksimum çekme gerilmesi, (MPa)

α : Süreksizlik düzleminin aynaya göre olan açısı, (derece)

η : Enerji iletim verimi

μ : Kırılma enerjisi ile maksimum basınç deformasyon enerjisi arasındaki oran

Q_e : Patlayıcı ısı enerjisi, (kJ/kg)

Q_{er} : Referans patlayıcının ısı enerjisi, (kJ/kg)

θ : Kırılma açısı, (derece)

E_d : Dinamik elastik modülü, (GPa)

σ_b :Kayanın tek eksenli basma dayanımı, (MPa)

Gösterilen bu formüllerin haricinde; uygun dilim kalınlığının belirlenmesi için Rustan, Bilgin, Paşamehmetoğlu ve Arkadaşları her bir işletmede tek delik düzeninin uygulanmasının daha pozitif sonuçlar vereceğini ifade etmektedirler.

Genel bir değerlendirmeye tabi tutulan tüm bu formüllerde; dilim kalınlığını, delik çapının fonksiyonu olarak ifade eden yaklaşımların pratik kolaylıklar sağladığı ve hemen tümünün birbirine oldukça yakın değerler olduğu (minimum ve maksimum aralıkları içinde) görülmektedir. Patlatma tasarımı unsurlarıyla birlikte çalışılan kayaların madde ve kütle özelliklerini belirli ölçüde kullanmanın yanı sıra, kullanılan patlayıcı madde özelliklerini de göz önünde tutan yaklaşımlardan; pratikte daha olumlu sonuçlar elde edilenler aşağıda belirtilmiştir.

Konya yaklaşımının yoğunluk dışındaki diğer kaya özelliklerini önemsememesi sebebiyle; kullanımının sınırlı olacağı çeşitli araştırmacılarca anlatılmaktadır. Bunun yanı sıra bu yaklaşımın zayıf formasyonlar için iyi sonuçlar ortaya koyduğu da ifade edilmektedir. Pearse formülünün kayaların çekme dayanımını esas alması nedeniyle ön tasarımlarda olumlu sonuçlar verdiği çeşitli araştırmacılarca anlatılmaktadır. Bu yaklaşımın, özellikle kalker formasyonu için olumlu sonuçlar verdiği belirtilmektedir. Ancak diğer kaya özelliklerini dikkate almaması, uygulama şansını sınırlamaktadır. Keza Arıoğlu'nun (1988) özgül şarj, patlatma tasarımı büyüklüklerini ve patlayıcı madde özelliklerini kapsar şekilde önerdiği bağıntı ile belirli sonuçlar alınabilmesi söz konusu olabilir. Bu yaklaşımda; birim patlayıcı tüketimi, kayanın diğer madde ve kütle özelliklerini dikkate alacak şekilde belirlendiğinde, yaklaşımın başarı şansı artabilecektir. Nova ve Zanietti tarafından değiştirilen Pearse yaklaşımının, süreksizlik yönelimini dikkate almış olması nedeniyle oldukça olumlu sonuçlar verdiği Özkahraman (1994) tarafından ifade edilmektedir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995; Adıgüzel, 2006).

Rustan tarafından önerilen tek delik düzeni ile dilim kalınlığı belirleme yaklaşımının, bir takım deneme zorlukları ve ekstra maliyet unsurları oluşturma gibi konular bir tarafa bırakıldığında, çok iyi sonuçlar verdiği çeşitli araştırmacılar tarafından ifade

edilmektedir. Kou ve Rustan (1992) tarafından önerilen yaklaşımın; kayaların dinamik elastik modülünü, basma dayanımı, patlayıcı madde özelliklerini, delik çapı ve diğer geometrik büyüklükleri dikkate alması sebebiyle olumlu sonuçlar verebileceği, fakat süreksizlikleri ve yönelimlerini dikkate almadığından tahminlerde yanılgılar olabileceği bazı araştırmacılarca belirtilmektedir.

Langefors ve Kihlstrom tarafından verilen formülün; (özellikle sağlam kayalarda) kaya özelliklerini (kaya patlatma katsayısı şeklinde), delik çapı ile diğer delik geometrisi unsurlarını ve patlayıcı madde özelliklerini (yoğunluk ve kudretini) dikkate alması sebebiyle pratikte çok başarılı sonuçlar verdiği birçok araştırmacı ve uygulamacı tarafından pek çok yayında anlatılmaktadır. Benzer yaklaşımın esas alındığı bu çalışma kapsamında yapılan tasarımlarla da başarılı sonuçlar alındığı görülmüştür. Ancak formülün başarısı için, kaya patlatma katsayısının çok iyi bir şekilde (gerekirse test atımlarıyla) tayin edilmiş olması büyük önem arz eder (Arpaz, 2000; Kahriman, 1995).

2.3.3.3 Delik Çapı Tahmini

Delik çapının seçiminde etkin olan başlıca hususlar; kaya özellikleri, istenen parçalanma derecesi, üretim kapasitesi kısıtları, çevre şartları, basamak yüksekliği, kullanılacak patlayıcı maddelerin gücü ve çapın artışına bağlı olarak birim delme maliyetinde olabilecek azalmadır. Her ne kadar pek çok işletmede, belirli bir makine parkı varlığı dolayısıyla delik çapı seçimi kısıtlı olsa da; yeni oluşturulacak projelerde delik çapının çok iyi tahmin edilmesi büyük önem arz etmektedir. Yukarıda özetlenen tüm etkili parametrelere karşın, araştırmacıların çoğu, delik çapını (d), daha çok basamak yüksekliğinin (K) bir fonksiyonu olarak ifade etmektedirler. Patlayıcı madde üreten kuruluşların bazıları ise iyi bir parçalanma ve tasarım kontrolü için delik çapının basamak yüksekliğinin onda biri kadar olmasını önermektedirler. Bir takım araştırmacılar da açık işletmelerde seçilebilecek delik çapları (d) için pratik olarak aşağıdaki verilen aralıkları önermektedirler.

$$d = 51\text{mm}-425\text{mm}$$

$$d = 30\text{mm}-400\text{mm}$$

$$d(m) = K / (100-200) \tag{2.24}$$

Hagan ve bazı diğler araştırmacılar ise delik çapının, basamak yksekliliğinin 40 ta biri ile 80 de biri arasında değiştiğini, yaptıkları çalışmalar sırasında gözlemlemişlerdir. Tamrock`a (1984) göre; eğer kesme derinliği herhangi bir çaptaki deliğin kullanılmasına izin veriyorsa ve çevresel unsurlara (binalar v.s.) yeterince uzaksa, delik çapını tayin edici nihai faktör olarak ekskavatör kepçe hacmi dikkate alınabilmektedir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

2.3.3.4 Delik Eğiminin Belirlenmesi

Genel olarak, eğimli delik kullanımının, geri çatlak, kaya fırlaması ve yer sarsıntısı gibi olumsuzlukları azaltmanın yanında, patlatmanın verimliliğini artırdığı pek çok araştırmacı tarafından gözlenmiştir. Ayrıca çok sert ve sağlam kayalara delinecek dik deliklerin daha pozitif sonuçlar verebileceği bazı araştırmacılar tarafından belirtilmektedir. şarj zorluğu nedeniyle çeşitli araştırmacılar arasında delik eğiminin genel kabul görmüş minimum değerı 45°dir.

Başarılı bir atım için, genel olarak seçilmesi gereken ortalama eğim açısını Olofsson (1988) 71° olarak onerirken, Rosenberg (1970) 65°-75° ve Gregory (1984), 60°-65° olarak onermektedirler.

Delik eğimine etki eden diğler bir unsur ise basamak yüksekliliği ve delik uzunluğuna bağlı olarak değişen delik hata payıdır (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

2.3.3.5 Delikler Arası Mesafenin Belirlenmesi

Patlatma geometrisindeki en önemli unsurlardan bir tanesi de delikler arası mesafedir. Delikler arası mesafe bazı araştırmacılarca, basit bir şekilde yan yana iki delik (aynı sırada) arası mesafe olarak kabul ederken, bazıları ise delikler arasındaki (bitişik delikler) gecikme aralığı olarak tanımlamaktadırlar.

Delikler arası mesafenin belirlenmesinde başka birçok unsurun etkin olmasının yanı sıra, yaygın bir kabul ile, daha çok dilim kalınlılığının fonksiyonu olarak ifade edilmektedir.

Formüllerde daha çok delikler arası mesafe dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak belirlenmektedir. Çeşitli araştırmacıların konuya yaklaşımları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

$$S(m) = 1.25 \times B(m) \quad (2.25)$$

$$S = 1.8 \times B, \text{ (Tek sıra delik için)} \quad (2.26)$$

$$S = [B \times (h_b + h_p)] 0.5, \text{ (çok sıralı ve geçikmesiz) eğer } (h_b + h_p) \leq 4 \text{ ise} \quad (2.27)$$

$$S = 2 \times B \text{ eğer } (h_b + h_p) \geq 4 \text{ ise} \quad (2.28)$$

Burada:

h_p : Kolon şarj boyu, (m)

h_b : Dip şarj boyu, (m)

$$S = (1.15-1.25) \times B \quad (2.29)$$

$$S = (1-1.8) \times B \quad (2.30)$$

$$S = 2 \times B \quad (2.31)$$

Genel bir değerlendirme olarak, araştırmacıların bir çoğunun, basamak patlatması için önerdikleri delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı 1 ila arasında değişmektedir. Ayrıca bir çok araştırmacının ortak fikre sahip olduğu konular aşağıda belirtilmiştir.

Eğer delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı 1 den küçük olursa; sıkılama malzemesinin erken boşalması nedeniyle delikler arasında çok erken çatlaklar oluşacaktır. Bunun sonucu, gaz kaçaşının hızlanması, hava şoku, gürültü ve iri blok oluşumu gibi sorunlar ortaya çıkacaktır. Tersine bu oran çok büyük olursa, uygun olmayan parçalanma ve/veya hiç parçalanmama nedeniyle iri bloklar ortaya çıkacaktır.

Yukarıda verilen yaklaşımlar dikkate alınarak ön tasarımlar geliştirmek ve işletme koşullarına en uygun değerleri elde etmek, izlenmesi gereken en uygun yol olacaktır (Arpaz, 2000; Kahriman, 1995).

2.3.3.6 Delik Taban Payının Belirlenmesi

Delik taban payı güvenilir bir patlatma açısından, sağlıklı olarak belirlenmesi gereken unsurlardan biridir. Basamak tabanında istenilen düzgünlükte bir yüzey ve iyi kesilmiş bir ayna elde etmekte taban payı çok önemlidir. Delik taban payının arzu edilenden fazla veya az olmasının sebep olduğu problemlere, neredeyse tüm araştırmalarda değinilmiştir.

Birçok araştırmacı, taban payını (U) dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak ifade etmişlerdir. Bu önerilerin bazıları aşağıda verilmiştir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

$$U(m) = (0.2-0.3) \times B \quad (2.32)$$

$$U(m) = (0.1-0.5) \times B \quad (2.33)$$

$$U(m) = (0.2-0.5) \times B \quad (2.34)$$

$$U(m) = 0.3 \times B \quad (2.35)$$

$$U(m) = 0.3 \times B_{\max} \quad (2.36)$$

$$U(m) = 8 \times d \quad (2.37)$$

d: Delik çapı, (m)

2.3.3.7 Sıkılama Boyunun Belirlenmesi

Sıkılama boyu ve sıkılama malzemesi, Uygun parçalanma derecesinde bir yığın elde etmenin yanında, hava şoku ve kaya fırlaması gibi çevre etkenlerinin en aza indirilmesi bakımından önemlidir. Sıkılama boyu ve tesiri hususunda yapılan araştırmalarda; araştırmacıların birçoğu sıkılama boyunun, dilim kalınlığının bir fonksiyonu olduğunu varsayarak aşağıdaki yaklaşımlarda bulunmuşlardır.

$$h_o(m) = (0.7-1) \times B \quad (2.38)$$

$$h_o(m) = (0.67-2) \times B \quad (2.39)$$

$$h_o(m) = B, \quad (2.40)$$

$$h_o(m) = (20-60) \times d \quad (2.41)$$

d: Delik çapı, (m)

$$h_o(\text{feet}) = 0.7 \times d \quad (2.42)$$

d: Delik çapı (feet)

Konya (1990), pratik yaklaşımına ek olarak, sıkılama boyunun hesabında, patlayıcı madde kudretini ve kayanın yoğunluğunu dikkate alan aşağıdaki formülü önermektedir.

$$h_o(\text{feet}) = 0.45 \times d_e \times (S_{tv} / SG_r)^{0.33} \quad (2.43)$$

Burada:

d_e : Delik çapı, (inç)

S_{tv} : Patlayıcı maddenin hacimce kudreti

SG_r : Kayanın özgül ağırlığı

Bazı araştırmacılar sıkılama boyunu, hava şokunu ve kaya fırlamasını en az seviyeye indirecek bir fonksiyon şeklinde ifade etmektedirler :

$$h_o = Z \times (12/R_f) \times (W_e \times S_{tw}/100)^{0.33} \quad (2.44)$$

Burada:

Z : Kaya fırlaması ile ilgili bir faktör

R_f : Kaya faktörü

W_e : Sekiz kartuş çapındaki patlayıcı maddenin miktarı, (kg)

S_{tw} : Patlayıcı maddenin ağırlıkça kudreti

Normal koşullarda; sıkılama boyunun dilim kalınlığına eşit alınmasının oldukça iyi sonuçlar verdiği hemen tüm araştırmacılarca kabul görmüş bir yaklaşımdır (Arpaz, 2000; Kahriman, 1995).

2.3.3.8 Yemleme Yeri ve Miktarının Belirlenmesi

Deliğe şarj edilen patlayıcı madde kolonunun uygun zamanda ve güvenilir bir şekilde ateşlenmesinde, yem sayısı ve konumu önem arz etmektedir..

Olması gerekenden daha uzun şarj kolonunda, yem detonasyonun sönümlenmesi sebebiyle yeterli olmayabilir. Tabana konan bir yemlemenin uygun nitelikte

ateşleyebileceği şarj kolonu uzunluğunun tahmin edilmesi, dolayısıyla delikteki yem ayısının belirlenmesi amacıyla birtakım ampirik yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Konya'nın (1990) yemlemenin ateşleyebileceği kolon uzunluğunu, dilim kalınlığına, delik taban payına, patlayıcı maddenin patlama hızına ve kayanın sismik dalga hızına bağlı bir fonksiyon olarak ifade eden yaklaşımı aşağıdaki şekildedir.

Burada:

V_e : Patlama hızı, (feet/sn)

PC : Ateşlenecek kolon boyu, (feet)

B : Dilim kalınlığı, (feet)

V_p : Sismik hız, (feet/sn)

U : Delik taban payı, (feet)

Ayrıca, iyi bir ateşleme için yemleme çapının yaklaşık olarak şarj çapına eşit olması ve yemleme uzunluğunun şarj çapının 2 ila 4 katı arasında bulunması bazı araştırmacılarca önerilmektedir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

2.3.3.9 Gecikme Zamanının Belirlenmesi

Güvenilir ve istenilen parçalanmaya cevap veren bir atımın gerçekleştirilmesi bakımından gerek aynı sıradaki delikler arasında, gerekse delik sıraları arasında uygun bir gecikme süresinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu gereklilik, yersarsıntısı, hava şoku ve fırlayan kaya gibi çevresel etkileri de en aza indirmek bakımından zorunludur. Konuyla ilgili çalışma yapan araştırmacılar gecikme zamanını, dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak ifade etmişlerdir. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

Delikler arası gecikme zamanı(t_h)

$$t_h(\text{ms}) = TH \times S \quad (2.45)$$

$$t_h = 5 \times B \quad (2.46)$$

$$t_h = (B/305) + PC/V_e + B/23 \quad (2.47)$$

Burada:

T_H : Delikten deliğe gecikme sabiti

b. Sıralar arası gecikme zamanı (t_r)

$$t_r = T_R \times B \quad (2.48)$$

$$t_r = 12 \times B \quad (2.49)$$

$$t_r = (333 \times 3^{2.17}) / (K \times l_b^{0.39}) \quad (2.50)$$

$$t_r = (3-5) \times B \quad (2.51)$$

Burada:

T_R : Delik sıraları arasında gecikme sabiti

2.3.3.10 Dip Şarj ve Kolon Şarj Boylarıyla Miktarlarının Belirlenmesi

Basamak patlatma delikleri genellikle iki farklı şekilde şarj edilmektedir. Bunlar, sürekli ve kısmi şarjdır. Ancak kısmi şarj özel durumlar için geçerlidir. Buna karşılık sürekli şarj kapsamında ifade bulan kolon şarjı ise en genel uygulama şeklidir. Sürekli şarj durumunda; delikteki şarj boyu; kaya özellikleri ve patlayıcı madde cinsi dikkate alınarak ikiye ayrılmıştır

i. Dip şarjı

ii. Kolon şarjı

Delik taban kısmında daha fazla enerjiye ihtiyaç olunması sebebiyle; genel olarak delik tabanına konacak patlayıcı madde gücünün daha fazla olması gerekir. Bununla beraber; patlayıcı maddenin ayna boyunca iyi dağılımını sağlamak için patlayıcı madde kolonunun belirli bir uzunlukta olması konusu; patlama teorisi açısından gereklidir. Konuyla ilgili olarak çalışmalar yapan bazı araştırmacılar, dip ve kolon şarjının boylarını dilim kalınlığının fonksiyonu olarak aşağıda verildiği gibi belirtmişlerdir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

a. Dip şarj uzunluğu

$$h_b(m) = B + U = 1.3 \times B \quad (2.52)$$

$$h_b = (0.3-0.5) \times B + U \quad (2.53)$$

$$h_b = (0.3-0.6) \times (B+U) \quad (2.54)$$

b. Dip şarj miktarı(Q_b)

$$l_b(\text{kg/m}) = C_o \times B^2 \quad (2.55)$$

$$l_b = (f/s) \times (S/B) \times 0.8 \times C_o \times B^2 \quad (2.56)$$

$$l_b = d^2 \wedge T / 1000 \quad (2.57)$$

l_b : Dip şarj konsantrasyonu

$$Q_b: l_b * h_b, (\text{kg})$$

c. Kolon şarjı uzunluğu(h_p)

$$h_p(m) = H - 2.3 \times B \quad (2.58)$$

$$h_p = H - h_b - h_o \quad (2.59)$$

H : Delik uzunluğu, (m)

d. Kolon şarjı miktarı(Q_p)

$$l_p(\text{kg/m}) = 0.4 * l_b \quad (2.60)$$

$$l_p = (0.4-0.5) \times l_b \quad (2.61)$$

$$Q_p: l_p * h_p, (\text{kg})$$

l_p : Kolon şarj konsantrasyonu

2.3.3.11 Delik Hata Payının Belirlenmesi

İstenilen parçalanma derecesinde bir yığının oluşmasında önemli unsurlardan bir diğeri, deliklerin planlanan geometrik büyüklüklerde delinmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu hususta ne kadar ihtimam gösterilirse gösterilsin yine bazı sapmalar olmaktadır. Önemli olan bu sapma miktarlarının kabul edilebilir sınırlar içinde olmasıdır. Bazı araştırmacıların delik hata payı için önerdikleri tolerans değerleri aşağıdaki şekildedir (Arpaz, 2000; Kahrıman, 1995).

$$E = 0.05 + 0.03 \times K \quad (2.62)$$

$$E = 0.05 + 0.03 \times H \quad (2.63)$$

$$E = (d/1000) + 0.03 \times H \quad (2.64)$$

Burada:

E : Delik hata payı, (m)

d : Delik çapı, (mm)

K : Basamak yüksekliği, (m)

H: Delik uzunluğu, (m)

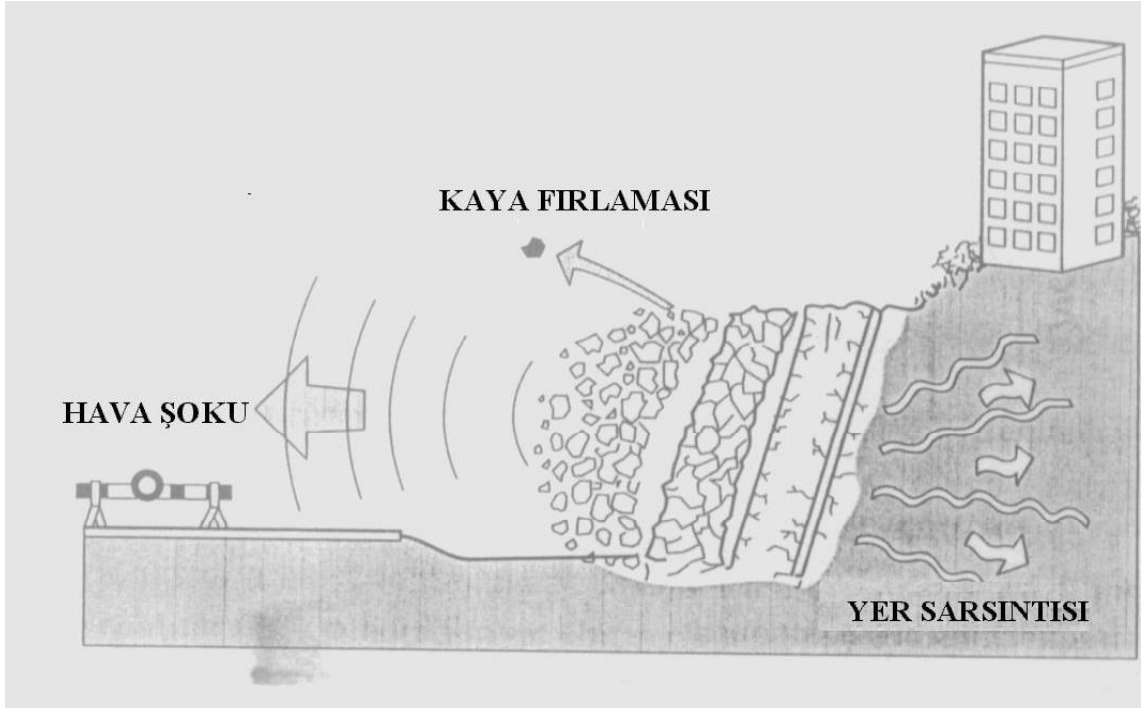
2.4. PATLATMADAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL SORUNLAR

İnsanlık tarihi incelendiğinde barutun icadından beri patlayıcı madde kullanımına rastlanmaktadır. Son birkaç yüzyıldan beride patlayıcı maddeler ağırlıklı olarak askeri amaçların dışında kaya kütlelerini parçalamak amacı ile kullanılmaya başlanılmıştır.

Patlatma neticesinde patlayıcı maddelerin çevreye verebilecekleri 4(Dört) temel etki aşağıda sıralanmıştır.

- 1.Kaya Fırlaması
- 2.Toz Emisyonu
- 3.Yer Sarsıntısı (Titreşim)
- 4.Hava Şoku

Son yıllarda patlatmalı kazı faaliyetlerinin neden olduğu çevresel etkilerle ilgili şikâyetler; nüfus artışı ve şehirleşmeye paralel olarak, daha büyük atımlara duyulan ihtiyaçla birlikte giderek artmaktadır. Şekil 2.18'de şematik olarak gösterilen yer sarsıntısı, gürültü ve fırlayan kaya gibi çevresel problemler, patlatmalı kazı çalışmalarının yürütüldüğü bölgelerin yakınlarındaki yöre halkı kadar, patlatma personeli ve kullanılan ekipman açısından da büyük güvenlik sorunları yaratabilmektedir (Arpaz, 2000).



Şekil 2.4. Patlatmadan kaynaklanan çevresel etkiler (Arpaz, 2000)

Gerek madencilik ve taş ocakçılığındaki her türlü kazı işleminde, gerekse tünel, metro, baraj teknolojilerindeki kazı faaliyetlerinin bir çoğunda patlatma çalışmaları kaçınılmazdır. Bu faaliyetlerdeki boyut ve kapasitelerin artışı doğal olarak kullanılan patlayıcı madde miktarlarını arttırmaktadır. Bu tür faaliyetlerin yerleşim birimlerine yakın (hatta çoğu zaman içinde) olması ister istemez ortaya çıkan yer sarsıntısı ve hava şoku dolayısıyla giderek artan ölçüde çevre sorunlarına neden olmaktadır. Bu durum çevre sakinlerinin doğrudan can ve mal güvenliklerini etkileyebildiği gibi, psikolojik bazı sorunların doğmasına da zemin hazırlamaktadır.

Bu nedenle, ekonomik ve emniyetli bir patlatmada, aynı zamanda bu tür sorunların da önlenmesi veya en azından tehlike sınırlarının altına indirilmesi dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, iyi bir patlatmadan beklenen en önemli unsurlardan biri de atımın çevresel etkiler açısından emniyetli olmasıdır. Bu tür çevresel duyarlılıklar dikkate alındığında, patlatma kaynağından belirli uzaklıkta bulunan bir yerleşim biriminin ya da tesisin; patlatma sonucu oluşacak gürültü ve yer sarsıntısından etkilenmemesi bakımından; patlatma tasarımında yanıt aranacak bir diğer konu da; herhangi bir gecikme aralığında kullanılabilir en fazla patlayıcı miktarını önceden belirleyebilmek ve kontrollü atımlar gerçekleştirebilmektir.

Ülkemizde ne yazık ki patlatma kaynaklı rahatsızlıklar nedeniyle, zaman içinde toplum ve patlatmalı kazı faaliyetlerini sürdüren çevreler arasındaki ilişkilerde çeşitli sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu sıkıntılar bazen dostça olmayan tartışmaları gündeme getirmekte, bazen de toplum baskısı ile adli mercilerin kazı faaliyetlerini durdurmasına kadar değişik sonuçlar doğurmaktadır. Son yıllarda ülkemizde bu konularla ilgili açılan dava sayılarında da önemli artışlar gözlenmekte ve konuyla ilgili ülkemiz gerçeklerine uygun standartların ortaya konulmamış olmasından dolayı istenmeyen bazı yanlışlıkların yaşanması kaçınılmaz olmaktadır.

Patlatmalı kazı işlemlerinden kaynaklanan benzeri sorunlar; endüstriyel atılımlarını ve alt yapılarını ülkemizden daha önce tamamlamış olan gelişmiş ülkelerin birçoğunda da yaşanmıştır. Bu nedenle, bu konuların çözümüne yönelik olarak konuyla ilgili bazı standartların oluşturulması amacıyla, çeşitli sistematik araştırma programları yürürlüğe konulmuştur. Bu yöndeki çabalar, ilgili taraflarca (Patlayıcı madde üreticileri, kullanıcıları, hükümetler ve araştırmacılar) yapılmakta olan deneysel çalışmalarla yoğun bir şekilde sürdürülmektedir. Ülkemizde ise maalesef bu konuda herhangi bir yönetmelik ya da saptanmış limitler bulunmamaktadır. Bu yüzden ülkemizdeki mühendisler, ancak diğer ülkelerdeki limitleri kullanarak yorum yapmaya çalışmaktadırlar.

Günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerin bir çoğunda patlatma kaynaklı titreşim etkilerinin kontrolüne yönelik olarak değişik hasar kriterleri geliştirilmiş olmasına rağmen, titreşim hasarlarını; inşaatların doğal yerleşmesinden, uygun olmayan konstrüksiyon ve alt yapı yaşlanmasından kaynaklanan hasarlardan tamamıyla ayırmak çok güçtür. Kabul görmüş ya da yasallaşmış hasar kriterleri ne olursa olsun, patlatmalı kazı çalışmaları sonucu ortaya çıkan hava şoku ve yer sarsıntısından kaynaklanan bütün şikâyetleri ortadan kaldırmak ya da en aza indirmek; halen patlatma dünyasının gündemini işgal eden bir sorun olma özelliğini korumaktadır.

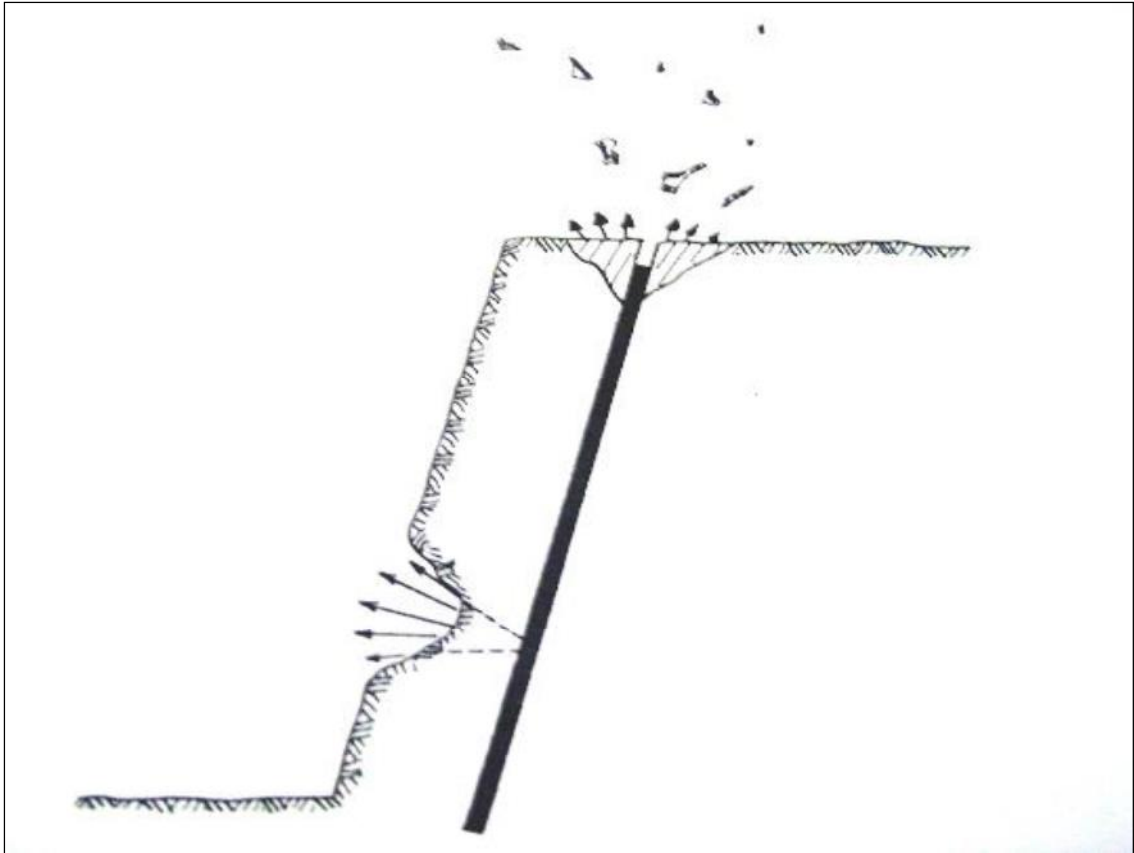
Patlatmalı kazı çalışmalarının kaçınılmaz olduğu sektörlerde, patlatmadan sorumlu teknik eleman ya da yöneticilerin, çevre tesis ve yerleşim birimlerinin zarar görmeyeceği şekilde tasarımlar yapmaları ve kontrollü patlatmalar gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Bu tür tasarımlar ise ancak ölçüm esasına dayalı sistematik deneysel

bazı çalışmalarla mümkün olabilmektedir. Bu tür çalışma sonuçlarından üretilecek, ülkemiz gerçeklerine uygun standartlar, sorunun üretim hedeflerini aksatmayacak şekilde çözülmesini sağlayacaktır (Arpaz, 2000).

2.4.1. Kaya Fırlaması

Patlayıcı maddeler kaya kütlelerini kırmak amacı ile kullanıldığında temel olarak öncelikli, ses üstü hızda gelişen kimyasal reaksiyonun yarattığı şok enerjisi etkin olur. İkincil olarak da, reaksiyon sonucu oluşan gaz ürünlerin çok büyük basınçlar ile çatlaklara doluşması parçalama işlemini tamamlar ve parçalanmış kütleyi gevşetir ve ötelir (Jimeno ve diğ., 1995).

Patlayıcı maddenin kaya kütlesi içinde iyi bir şekilde hapsedilmediği durumlarda, reaksiyon sonucu oluşan yüksek basınçlı gaz ürünler bulabildikleri çatlaklardan atmosfere erken deşarj olurlar. Çok yüksek hızla oluşan gaz boşalımı kaya kütlesinde bir kısım yırtılmalara neden olur ve beraberinde kaya parçalarını da hareketlendirir. Böylece savrulan kaya parçaları çevrede tehlike yaratırlar (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Patlatma Sırasında Oluşan Taş Savrulması (Jimeno ve diğ., 1995)

2.4.2. Toz Emisyonu

Patlatma ile kayaların kırılması aşamasında, büyük miktarlarda kaya kütlesi harekete geçirilmektedir. Hareket sırasında bir kısım iç öğütme meydana gelir. Bu nedenle bir miktar toz emisyonu kaçınılmazdır. Basamak patlatması sırasında toz oluşumuna karşı alınabilecek teknik bir önlem bulunmamaktadır.

Diğer toz kaynağı ise ocak içi yollardaki kamyon trafiğidir. Buna karşı mücadele edilmeli ve yollar sürekli olarak özel araçlarla sulanarak toz oluşumu önlenmelidir. Toz oluşumu hem işçilerin sağlığı hem de makine ve ekipmanların ekonomik ömürleri üzerinde etkili olan önemli bir sorundur (Jimeno ve diğ., 1995).

2.4.3. Yer Sarsıntısı (Titreşim)

Yer sarsıntısı patlatma ile çevrede oluşan olumsuzluklardan en önemlisidir. Bunun nedeni, gerek taş savrulması ve gerekse hava şoku patlatma noktasına yakın bölgelerde etkin olabilirken, yer sarsıntısı çok uzaklarda da kendini hissettirebilmektedir. Yer sarsıntıları neredeyse depremlerin etkilerine yakın etkiler yaparlar.

Yer sarsıntıları sahip oldukları enerji düzeyinde etki yaparlar. Yer sarsıntılarının enerji düzeyleri şu parametreler ile ölçülmeye çalışılır;

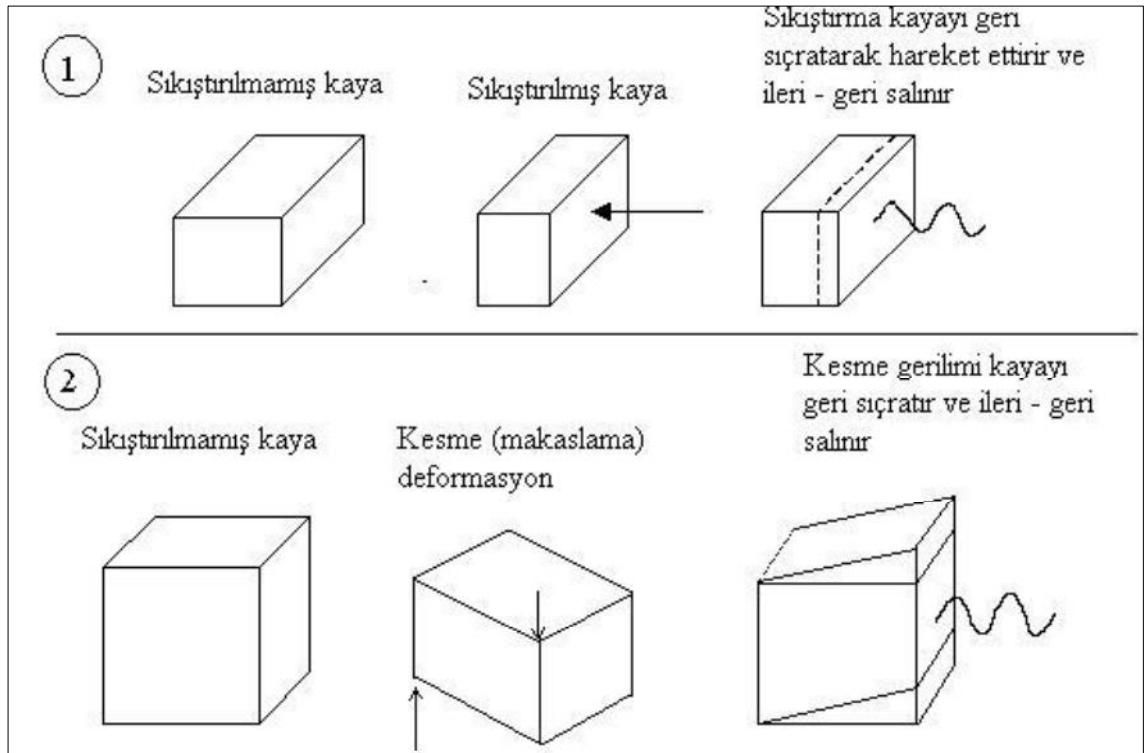
- parçacık deplasmanı (mm)
- parçacık hızı (mm/sn)
- parçacık ivmesi (mm/sn²)
- dalga frekansı (Hz)

Yer sarsıntılarının sahip olduğu enerji seviyesi binalarda oluşan hasarlarda tek başına bir neden değildir. Bu olayda binaların yapım tekniği, boyutları kadar da üzerinde oturdukları zeminin genel durumu da etkin olabilmektedir. Bu yüzden sarsıntıya ilişkin hasar etütlerinde çok detaylı ve geniş çaplı çalışılmalıdır (Jimeno ve diğ., 1995).

Yer sarsıntısı özelliklerini etkileyen parametreler, patlatma sonuçlarını etkileyen parametrelerle benzerlik gösterirler. Bu parametreler genel olarak, kontrol edilebilir ve kontrol edilemez parametreler olmak üzere iki grupta sınıflandırılırlar.

Patlatmalı kazı çalışmasının yürütüldüğü sahanın jeolojisi ve jeoteknik özellikleri, yer sarsıntılarının oluşumu ve yayılımı üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Homojenlik arz eden masif bir kaya kütesinde yapılan patlatma sonucu oluşan yer sarsıntıları bütün yönlerde yayılırlarken, kompleks jeolojik yapılara sahip sahalarda yapılan patlatmalardan kaynaklanan yer sarsıntılarının yayılımı, yönle değişebilmekte ve farklı yayılım kuralları vermektedir (Jimeno ve diğ., 1995).

Patlatma gibi işlemler, daima sismik dalga veya titreşime yol açacaklardır. Bunun sebebi çok basittir. Patlatmadan veya benzer diğer işlemlerden amaç; kayadan parça koparmaktır. Kayanın elastiklik sınırını veya kayanın dayanma gücünü aşmak için büyük miktarda yeterli enerjiye gerek duyulur. Bu enerji sağlandığı zaman kaya parçalanır. Parçalanma sürdükçe enerji tükenir ve sonunda kayanın dayanma gücünden daha düşük seviyelere düşer ve parçalanma işlemi durur. Geri kalan enerji kayaya geçer ve onu deforme eder. Fakat kayanın elastiklik sınırını aşmadığı için parçalanmaya yol açamaz. Sadece elastik deformasyon oluşturur. Ancak bu enerji sonucunda sismik dalgalar meydana gelmekte ve içinden geçtikleri kaya ortamlarının madde ve kütle özelliklerine göre farklı yayılım kuralları göstermektedirler (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. Sismik dalgaların kaya ortamı içinden geçerken yarattıkları deformasyon (Konya ve Walter, 1991)

Titreşimler, zemin özelliği taşıyan bir tabaka ile örtülü kayalık bir ortamda yayıldığında, genellikle titreşimlerin frekansı ve genlikleri zemin özelliklerinden etkilenir. Zemin genellikle kayalardan daha az bir elastik modüle sahiptir. Bu nedenle, dalga yayılım hızı bu tür malzemelerde azalmaktadır. Aynı zamanda titreşimin frekansı da azalmakta, ancak deplasman, örtü tabakasının kalınlığına bağlı olarak belirgin bir şekilde artmaktadır.

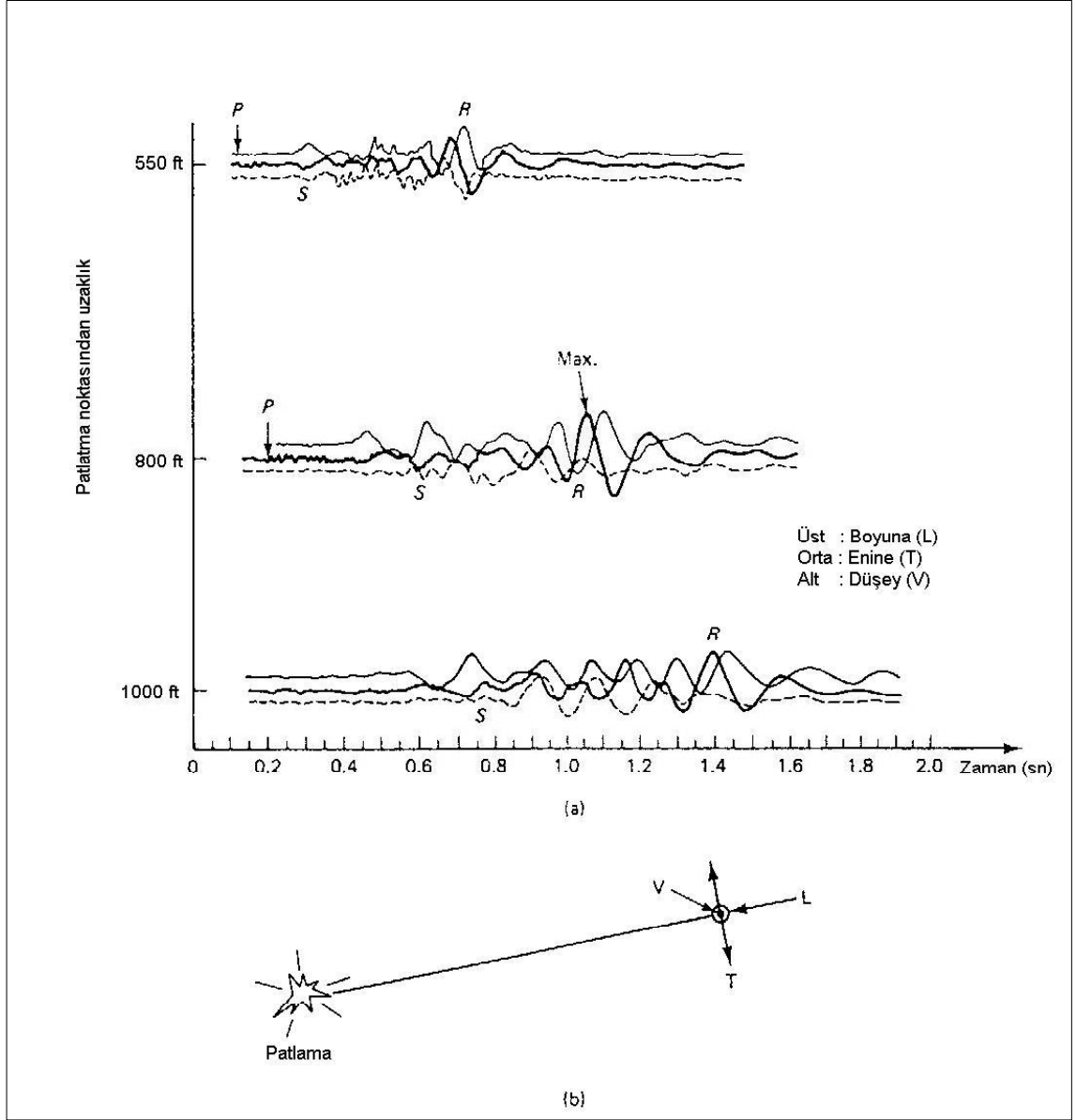
Dalgaların yayıldığı ortam, enerjinin büyük bir bölümünün parçacıklar arasındaki sürtünmenin yenilmesinde ve yer değiştirmelerinde kullanıldığı bir zemin örtü tabakası arz ediyorsa, titreşimlerin genlikleri, mesafenin artmasıyla hızla azalmaktadır. Patlatmalı kazı çalışmalarının yürütüldüğü bölgelere yakın noktalarda, titreşim özellikleri, patlatma tasarım parametreleri ve tasarım geometrisinden etkilenirken, patlatma bölgesine daha uzak mesafelerde, tasarım faktörleri daha az kritiklik arz etmektedir. Bu mesafelerde kaya ve zemin örtüsünün iletim ortamı dalga özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Kaya kütlesi içinde patlatılan bir patlayıcı maddenin yarattığı sismik dalgalar; kaya ortamında bir noktadan bir noktaya ulaşan enerji transferini temsil etmektedir. İlk başta ortama yeni giren enerji, ortamdaki denge konumunu bozarak yer değiştirmeye neden olmaktadır. Eğer, ortam yeni gelen enerjiye elastik özellik göstermezse, enerji sönmelenmekte ve sadece titreşimi azalmış dalgalar yansımaktadır. Elastik özellik gösterdiğinde ise, bozulan ortamın sonucu olarak komşu ortamlar denge konumundan ayrılarak yay-ağırlık mekanizmasına benzer bir şekilde salınım meydana getirmektedir. Böylece bozulan ortamın her elemanı, salınımın özelliklerini diğer elemanlara da geçirerek ortamda dalga hareketi oluşturmaktadır (Dowding, 1985).

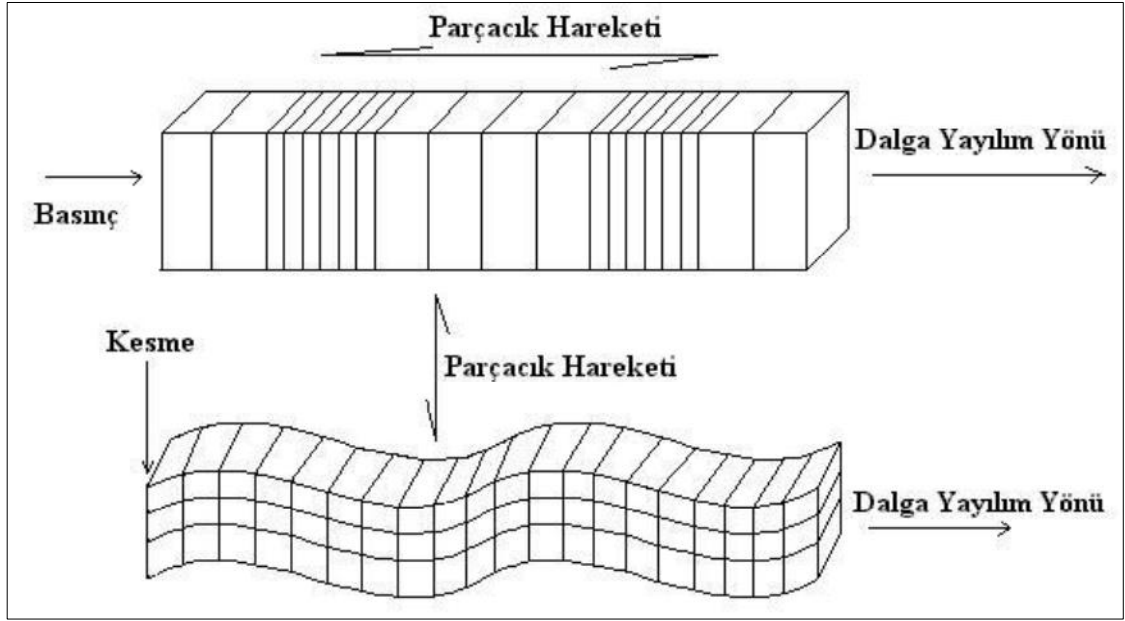
Dalga hareketi sırasında toplu bir hareket söz konusu olmamaktadır. Ortamı oluşturan parçacıklar denge pozisyonlarında salınım ve dönme hareketi yapmakta dolayısıyla da ortam boyunca herhangi bir yer değiştirme olmamaktadır. Bu özellikleri taşıyan olayda iki hız bulunmaktadır. Birincisi bozulan ortamın yoğunluğuna bağlı olarak dalga veya faz hızı, ikincisi ise dalga enerjisini etkileyerek denge durumunun bozulması ile parçacığın küçük salınımları olarak tanımlanan parçacık hızı olmaktadır. Parçacık hızı

her zaman dalga hızından daha küçük olmakta ve patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin analizinde, dalga hızına göre daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır(Adıgüzel, 2006).

Patlatma neticesinde meydana gelen dalgalar basınç, makaslama ve yüzey olmak üzere üç temel kategoriye ayrılmaktadır. Söz konusu üç temel kategori kendi arasında gövde dalgaları ve yüzey dalgaları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Gövde dalgaları, kaya ya da toprağın içerisinde hareket ederken, yüzey dalgaları yüzey boyunca hareket etmektedir. En önemli yüzey dalgası Şekil 2.7’de R ile gösterilen Rayleigh dalgasıdır. Gövde dalgaları ise yine kendi arasında basınç (çekme ve basma) dalgası (P) ve bükülme veya makaslama dalgası (S) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Şekil 2.8.). Patlayıcılar tarafından kısa mesafelerde öncelikli olarak gövde dalgaları oluşur. Gövde dalgaları küresel hareketlerle başka bir kaya tabakası, toprak veya yüzey tabakasıyla karşılaşınca kadar ilerlemektedir. Bu kesişimde ise makaslama ve yüzey dalgaları meydana gelir. Düşük mesafelere bu üç dalga tipi de aynı anda gelmekte ve dalga tanımlaması zorlaşmaktadır. Uzun mesafelerde ise, daha yavaş olan kesme ve yüzey dalgaları, basınç dalgalarından rahatlıkla ayırt edilebilmektedirler (Dowding, 1985).

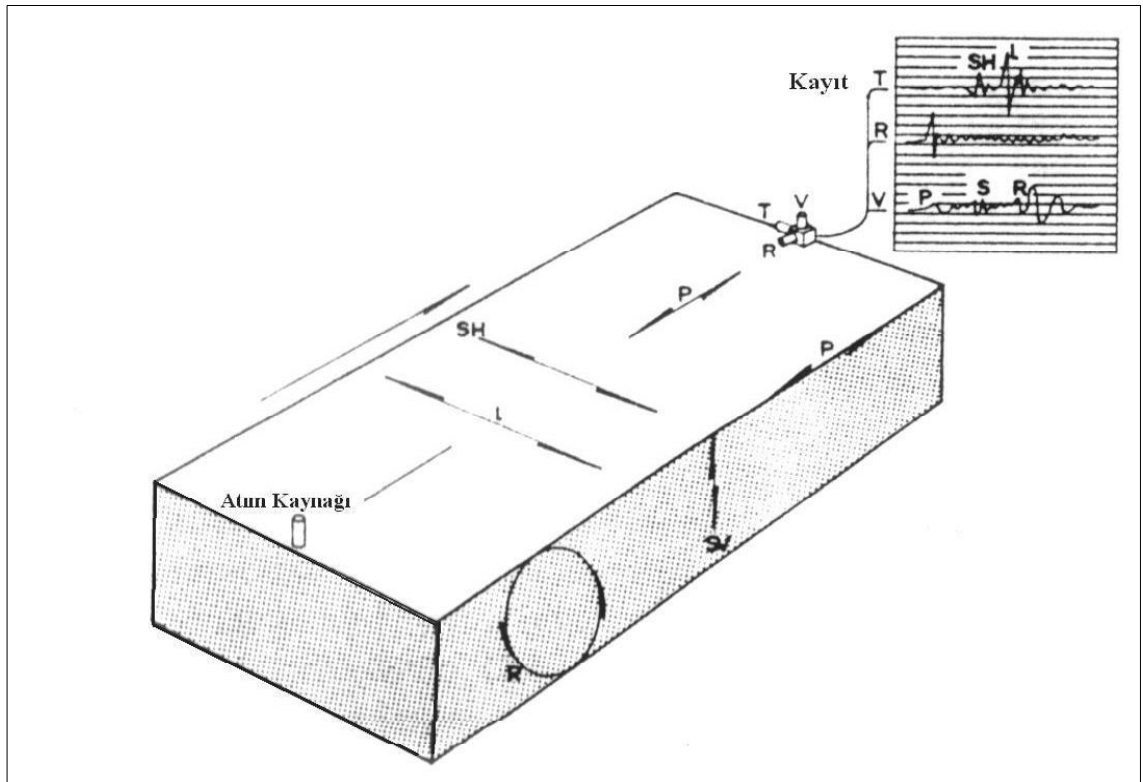


Şekil 2.7. Uzaklığa ve zamana bağlı olarak patlatma titreşimlerinin genel formu (Dowding, 1985)



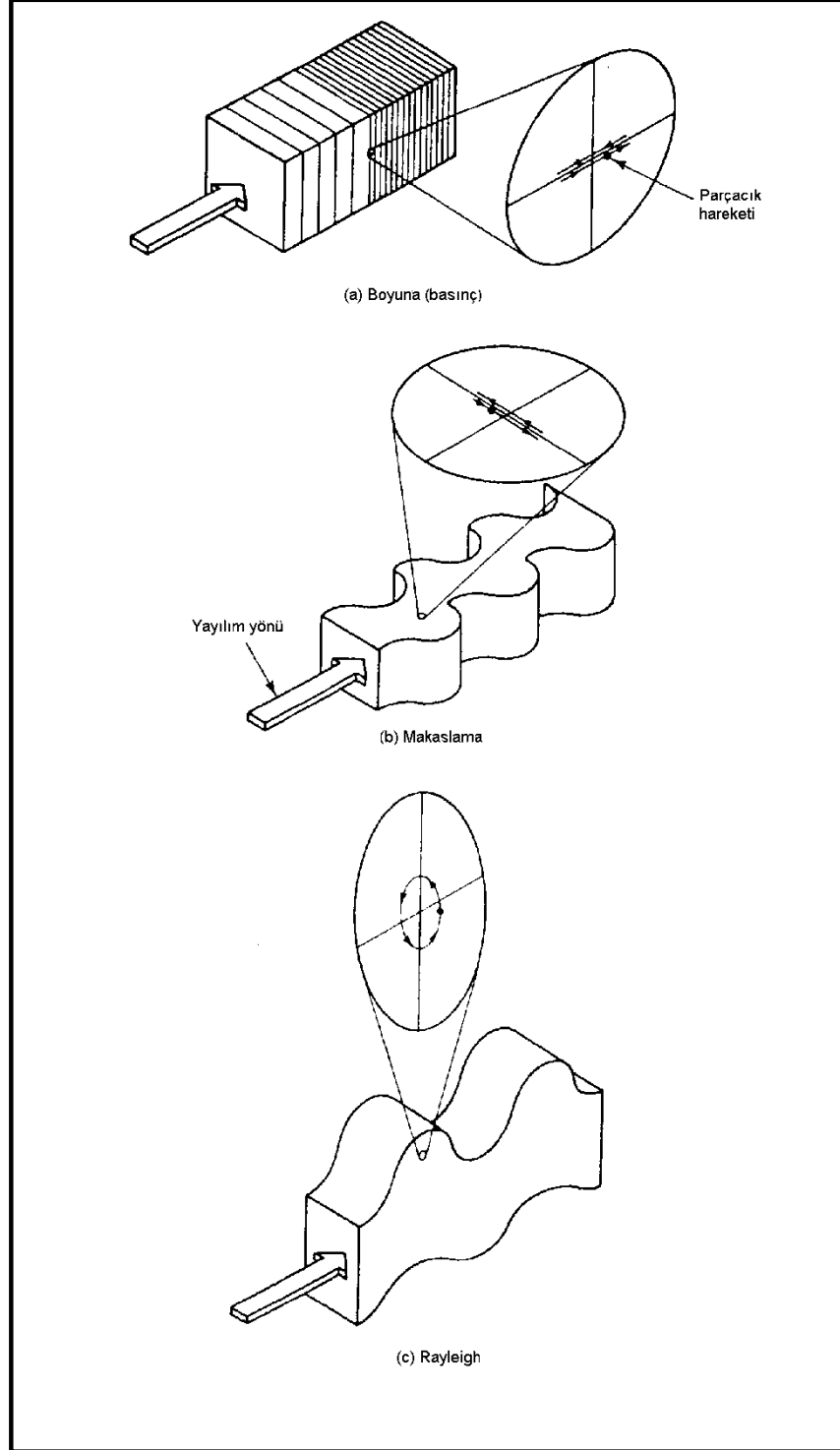
Şekil 2.8. Basınç ve kesme dalgaları (Konya ve Walter, 1991)

Boyuna dalgalar, yayıldıkları doğrultuyla aynı yönde parçacık hareketi meydana getirmektedir. Diğer taraftan makaslama dalgaları yayılım yönüne dik yönde hareket oluşturmaktadır. Şekil 2.9.'da görüleceği üzere parçacık hareketi tam olarak üç bileşeni (boyuna (R), enine (T) ve düşey (V)) ile tanımlanmaktadır.



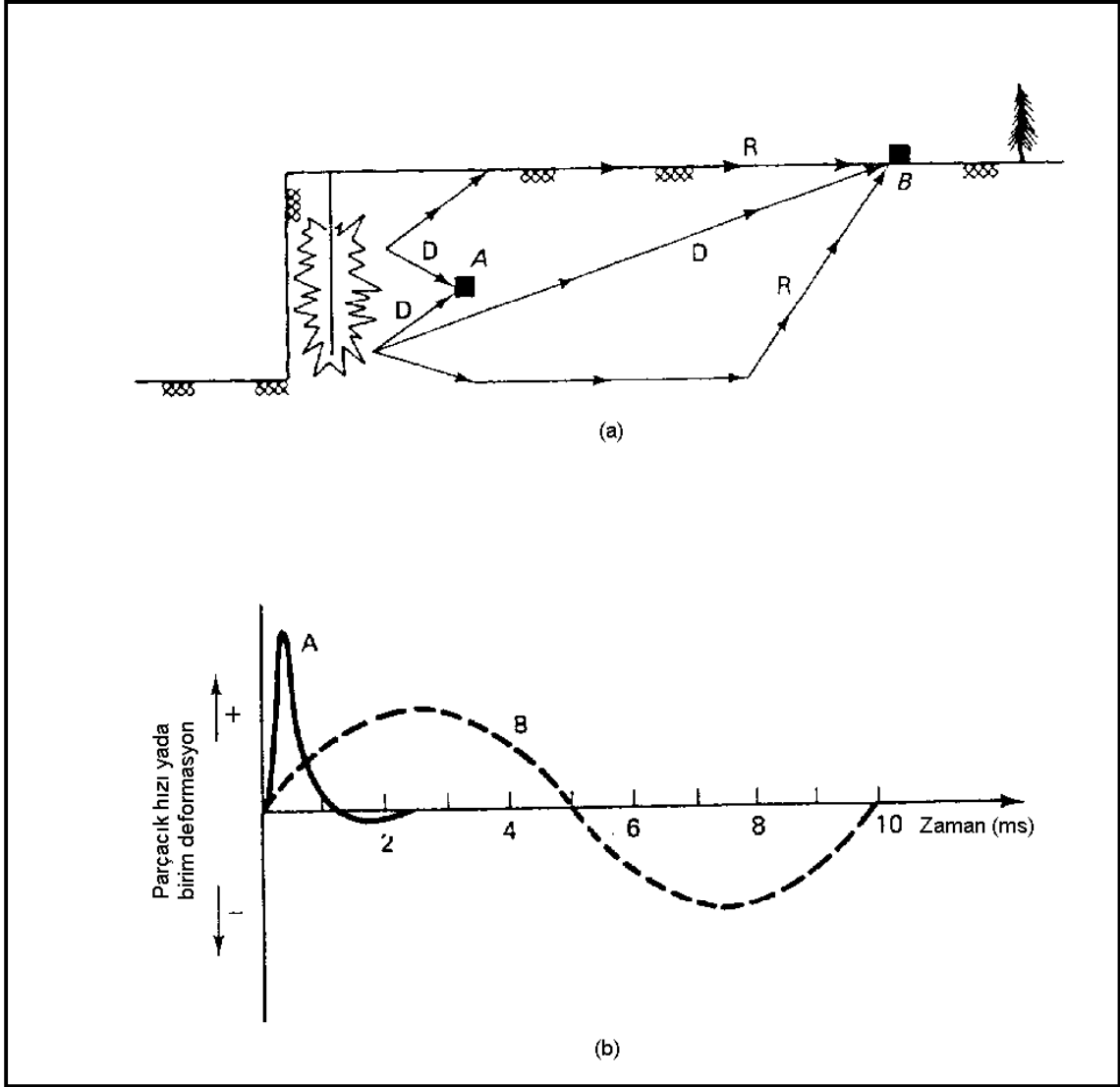
Şekil 2.9. Farklı dalga tiplerinin atım kaynağından yayılımı (Jimeno ve diğ., 1995)

Bu üç dalga tipi, içinden geçtikleri kaya parçacıkları ya da toprağa göre değişik özellikler göstermektedir. Bunun sonucunda, yüzeydeki yapılar ya da kaya her dalga tipine göre farklı bir şekilde deforme olmaktadır. Her asal dalga tipi için değişik parçacık hareketlerinin, yapılar üzerinde yarattığı deformasyon Şekil 2.10.'daki gibi ifade edilmektedir.



Şekil 2.10. Dalga tiplerine bağlı olarak parçacık hareketlerinin değişimi (Dowding, 1985)

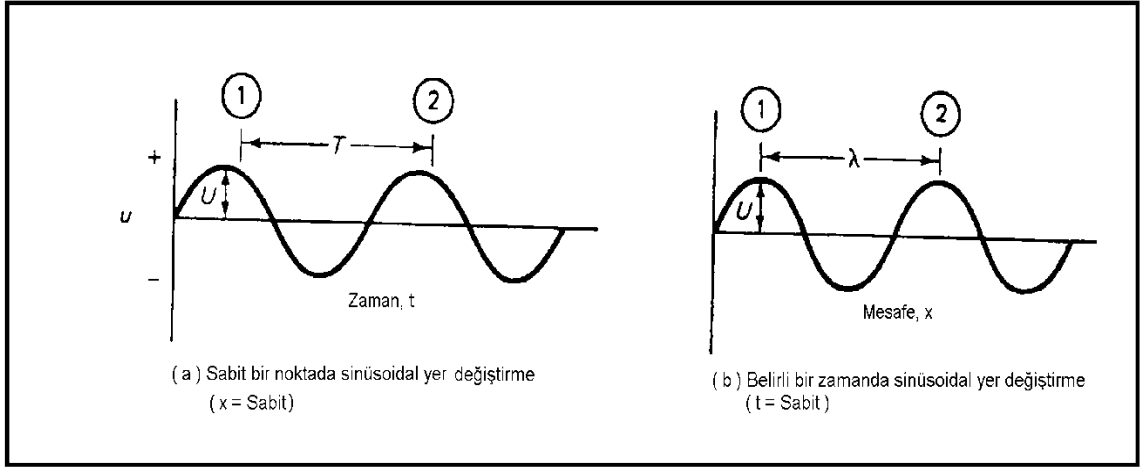
Örnek bir patlatmada, iki izleme noktasına dalgaların erişimi ve bu dalgalara ait parçacık hızı-zaman grafikleri Şekil 2.11.'de verilmiştir. Burada A noktasına dalgalar direkt gelirken, B noktasına direkt ve yansımış olarak ulaşmaktadır.



Şekil 2.11. İki izleme noktasında patlatma titreşimlerinin izlenmesi (Dowding, 1985)

Tipik patlatma titreşimleri tartışılırken bunların sayılabilirliği ve ölçülebilirliği gereklidir. Dalga tipi gözetmeksizin Şekil 2.12.'de gösterildiği gibi sinüzoidal olarak yaklaşılabilmektedir. Bu yaklaşım, durgun sudaki bir mantarın, yaratılan bir su dalgası sonucunda ortaya çıkacak hareketine benzetilebilmektedir.

Su dalgasının hareket ettirdiği mantarın ya da patlatmadan kaynaklanan titreşimler sonucu parçacığın yer değiştirmesi (u) sinüzoidal yaklaşımda aşağıdaki gibi olmaktadır.



Şekil 2.12. Sinüzoidal yaklaşım (Dowding, 1985)

$$u = U \times \sin(k \times x + \omega \times t) \quad (2.65)$$

Burada,

U; maksimum yer değiştirmeyi,

k; dalga sayısı sabitini,

ω ; açısal frekans sabitini

t; zamanı ifade etmektedir.

Şekil 2.26.b'de gösterildiği gibi zaman ve frekans sabit olduğunda mesafe ile yer değiştirmenin değiştiği düşünülmektedir.

$$u = U \times \sin(k \times x + Sabit) \quad (2.66)$$

Tekrarlanan dalgalar arasındaki mesafe dalga boyu (λ) olarak tanımlanmakta ve K, λ 'ya eşit miktarda her defasında x kadar tekrarlanarak artan sinüs fonksiyonunda $2\pi/\lambda$ 'ya eşit olmaktadır. Benzer bir şekilde, Şekil 2.12.'de gösterildiği gibi lokasyon ve dalga boyu sabit ise, sabitlenmiş bir noktada zaman ile değişimi;

$$u = U \times \sin(Sabit + \omega \times t) \quad (2.67)$$

Dalga tekrarları arasındaki zaman, periyod (T) olarak isimlendirilmekte ve ω , $2\pi/T$ 'ye eşit olmaktadır. Frekans; bir saniyedeki dalga tekrarlamalarının sayısı, periyod; tekrarlamalar arasındaki zaman olduğuna göre frekans $1/T$ 'ye eşit olmakta ve açısal frekans;

$$\omega = 2 \times \pi(1/T) = 2 \times \pi \times f \quad (2.68)$$

Sinüzoidal yaklaşımda dalga boyu (λ) ve yayılım hızı (c) periyod ile ilişkili bulunmaktadır.

$$\lambda = c \times T = c \times (1/f) \quad (2.69)$$

Parçacık yer değiştirmesi (u), parçacık hızı (v) ve Parçacık ivmesi (μ) arasındaki ilişki sinüsoidal yaklaşımla aşağıdaki gibi olmaktadır. En çok maksimum hareketin mutlak değeri kullanılmaktadır. Buna göre;

$$u_{\max} = U \quad (2.70)$$

$$v_{\max} = U \times \omega = U \times 2 \times \pi \times f = 2 \times \pi \times f \times u_{\max} \quad (2.71)$$

$$a_{\max} = U \times \omega^2 = U \times 4 \times \pi^2 \times f^2 = 2 \times \pi \times f \times v_{\max} \quad (2.72)$$

$$u = U \times \sin(K \times x + \omega \times t) \quad (2.73)$$

$$v = \frac{du}{dt} = U \times \cos(K \times x + \omega \times t) \quad (2.74)$$

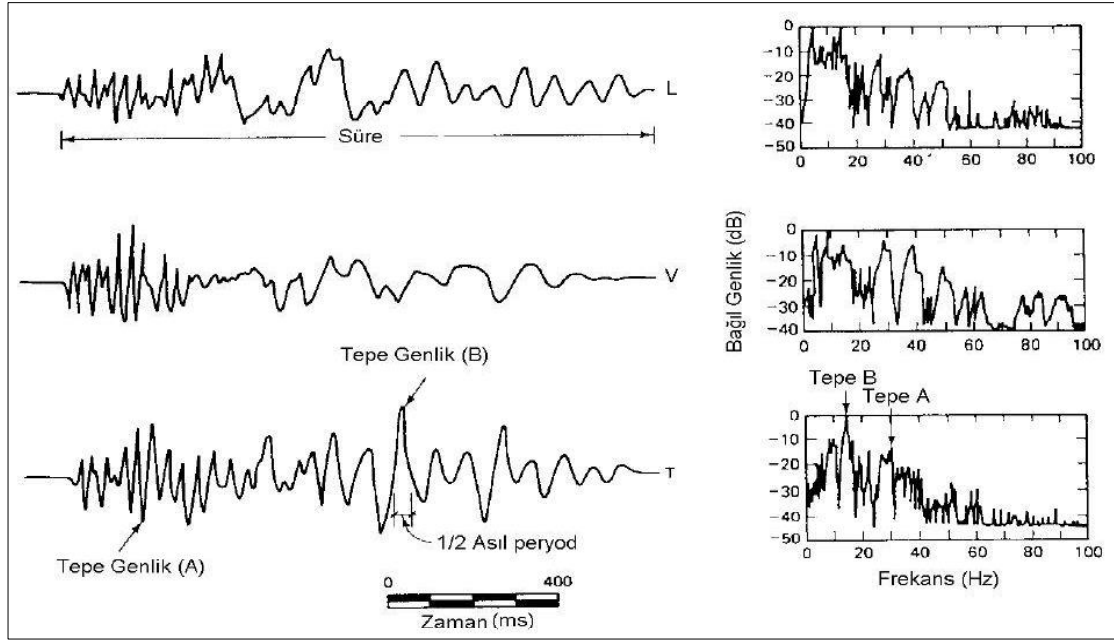
$$a = \frac{dv}{dt} = -U \times \omega^2 \times \sin(K \times x + \omega \times t) \quad (2.75)$$

Üç farklı yönde oluşan hız değerleri dikkate alındığında bir parçacığın toplam ya da bileşke hızı aşağıdaki gibi olmaktadır (Dowding, 1985).

$$v_b = \sqrt{v_T^2 + v_V^2 + v_L^2} \quad (2.76)$$

2.4.3.1. Tipik Patlatma Titreşim Kayıtları

Şekil 2.26'da bir kömür açık işletmesinde yapılan patlatmaya ait, zamana bağlı tipik parçacık hızı grafiği verilmiştir (Şekil 2.13.). Zaman gelişimini tanımlamakta en önemli parametreler, tepe genlik, asal frekans ve titreşimin durumudur. Bu parametrelerin hepsi, ortamın geçirimsizliği ve patlatma ardışıklığı ile ilişkilidir. Tünel, açık işletme ve inşaat gibi normal patlatma işlemlerinde, bu parametrelerin değişim aralığı Tablo 2.1.'de verilmektedir (Dowding, 1985).



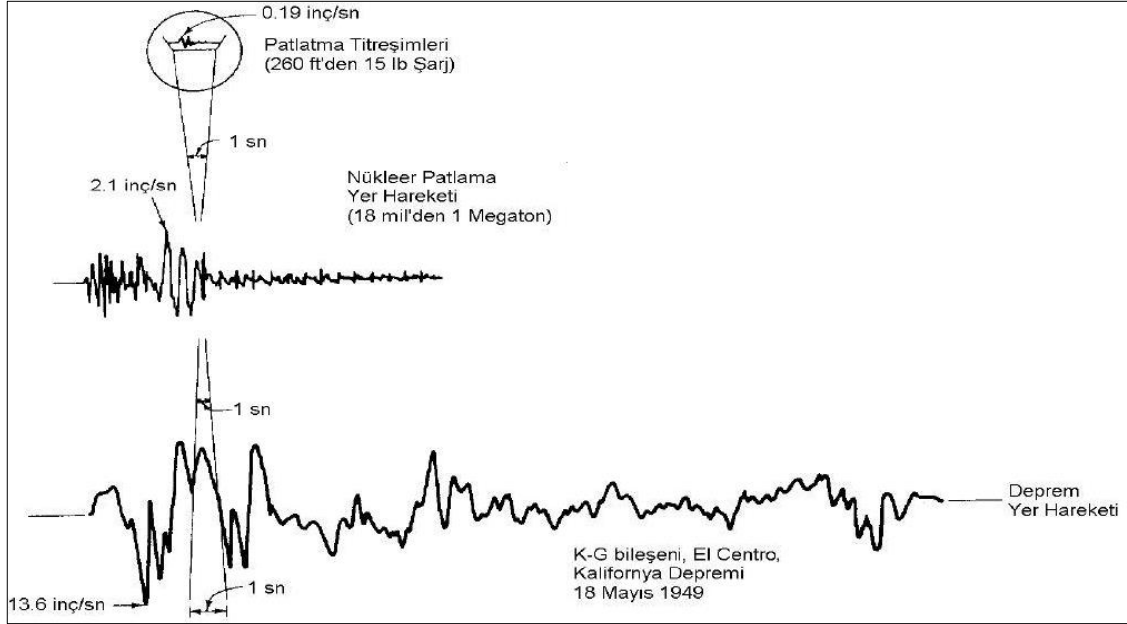
Şekil 2.13. Tipik kömür madeni patlatmasında parçacık hızlarının zamana bağlı değişimi (Dowding, 1985)

Tablo 2.1. Titreşim Parametrelerinin Aralığı (Dowding, 1985)

Parametre	Değişim Aralığı
Yer değiştirme	$10^{-4} - 10$ mm
Parçacık hızı	$10^{-4} - 10^3$ mm/s
Parçacık ivmesi	$10 - 10^5$ mm/s ²
Atım sürekliliği	0.5 - 2 s
Dalga boyu	30 - 1500 m
Frekans	0.5 - 200 Hz
Birim deformasyon	3.0 - 5000 μ (inç/inç)

Patlatma titreşimlerini, nükleer ve deprem hareketlerinden ayırmada kullanılan iki temel parametre oldukça belirgindir (Şekil 2.14.).

Bunlardan birincisi patlatma titreşimlerinin frekansı, deprem ve nükleer patlamalardakinden daha yüksek olmaktadır. İkincisi, patlatma titreşimleri deprem ve nükleer hareketler ile karşılaştırıldığında daha az enerji taşımaktadır (Dowding, 1985).

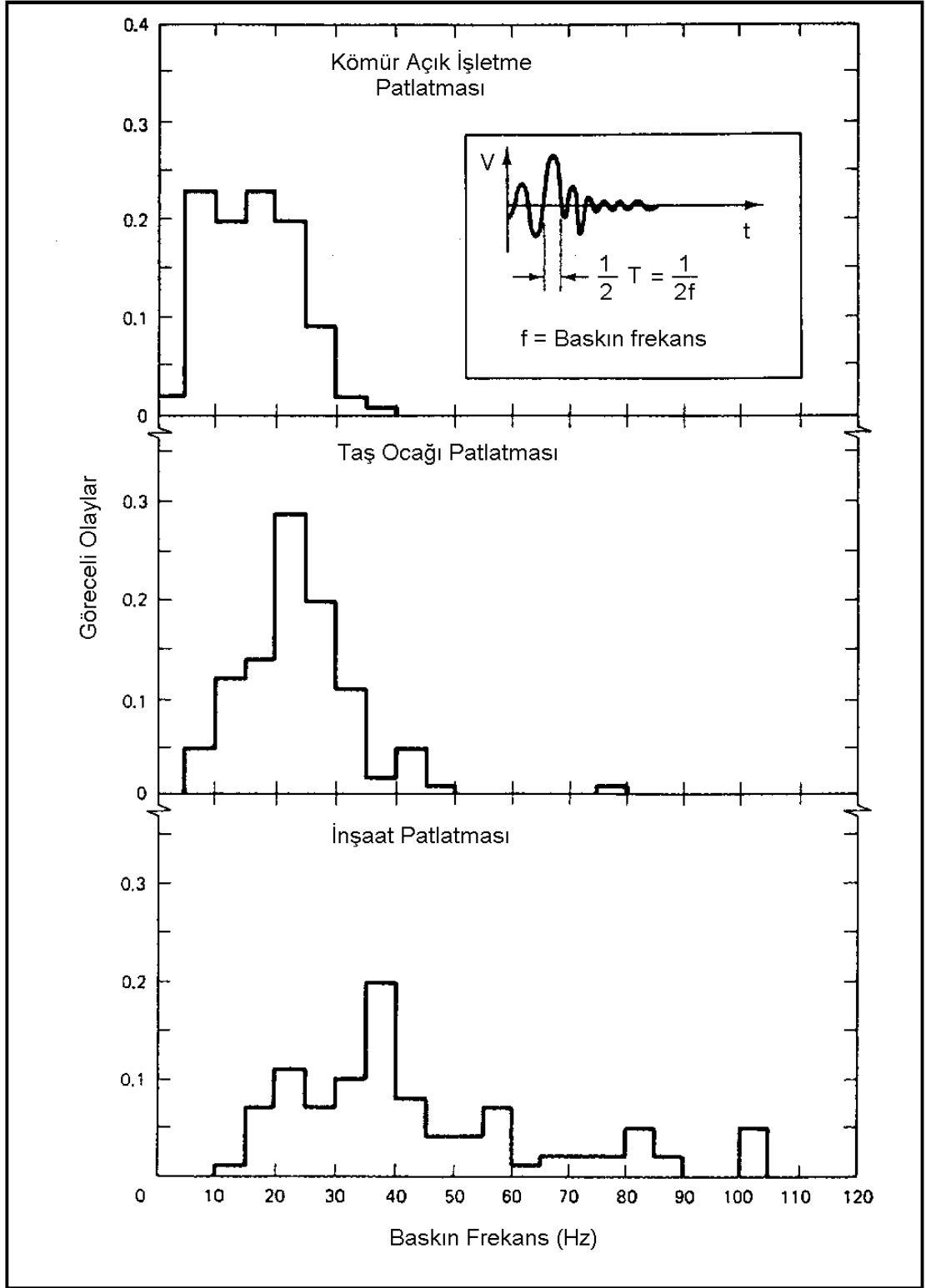


Şekil 2.14. Patlatma titreşimlerinin nükleer patlama ve deprem hareketleri ile karşılaştırılması (Dowding, 1985)

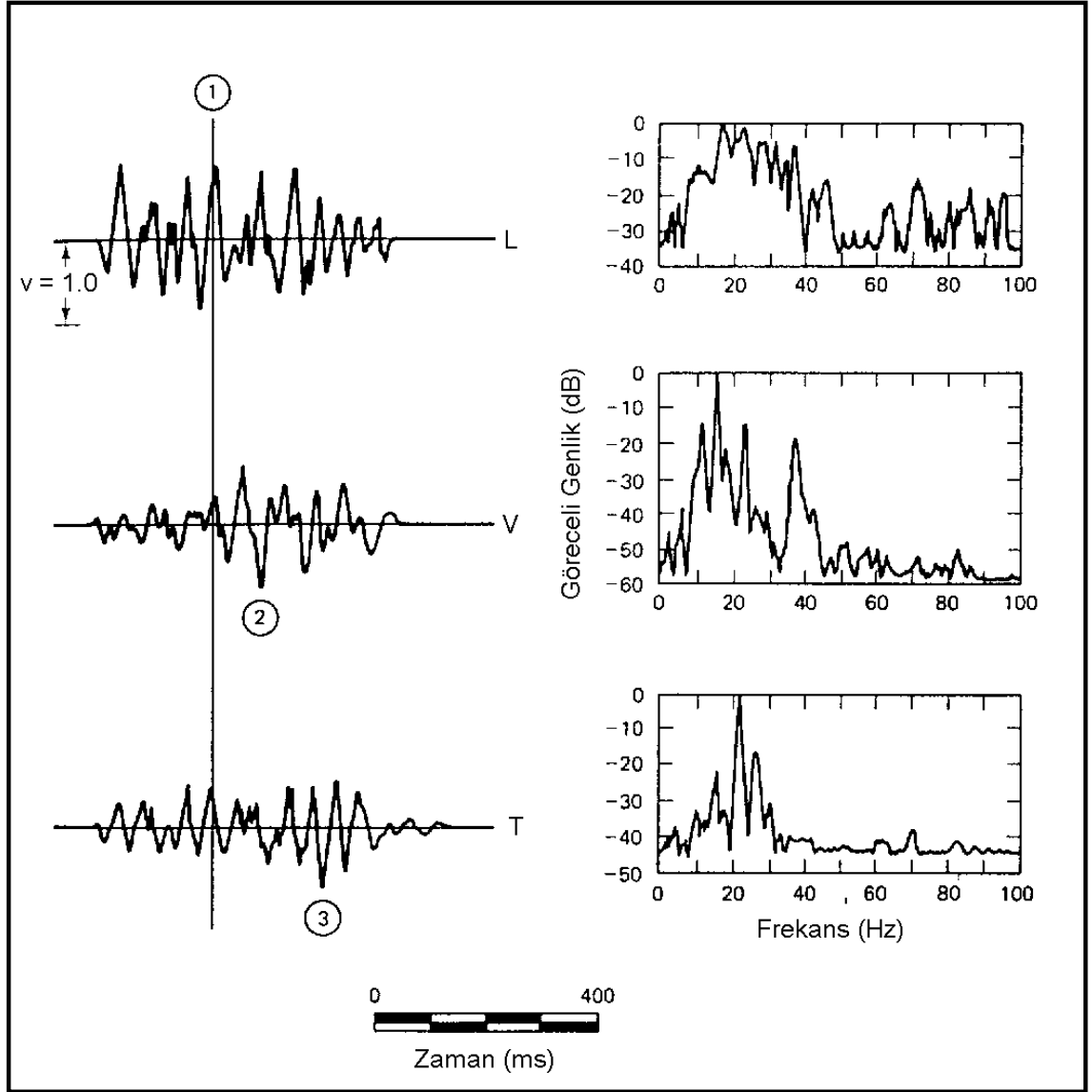
2.4.3.2. Baskın Frekans

Patlatma titreşimlerinde baskın frekans 0.5-200 Hz arasında değişmektedir. Fakat birçok patlatmada, baskın frekans 200 Hz değerinin çok daha altında sınırlanmaktadır. Şekil 2.29.'da gösterildiği gibi en yüksek genlikle ilişkilendirildiğinde çeşitli atım türü ve büyüklüğü farklı olan endüstrilere göre değişmektedir. Uzak mesafelerdeki yapılardan ölçüldüğünde, büyük patlatmaların yapıldığı kömür açık işletmesindeki baskın frekanslar, inşaat sektörü patlatmalarındaki frekanslara göre daha düşük olmaktadır.

Bu durum, inşaat sektöründe daha az patlayıcı kullanılmasına rağmen daha yakın mesafedeki yapılarda gerçekleştirilen ölçümlerden kaynaklanmaktadır. Taş ocağı patlatmalarından ortaya çıkan yer hareketlerinin tepe değerleri yaklaşık olarak 20 Hz civarındadır (Şekil 2.30.). Bu baskın frekans Şekil 2.15.'de gösterildiği üzere elle hesaplanabildiği gibi Şekil 2.16.'daki gibi Fourier Frekans Spektrumu yardımıyla da hesaplanabilmektedir (Dowding, 1985).



Şekil 2.15. Çeşitli patlatmalarda ön baskın frekans histogramları (Dowding, 1985)



Şekil 2.16. Taş ocağı patlatmasında zamana bağlı tipik titreşim gelişimi (Dowding, 1985)

Farklı frekanslarda eşit tepe değerler bulunduğu kayıtları açıklamak çok daha zor olmaktadır. El ile hesaplama yapılamayacağından, yerini Karşı Koyma Spektrumu ya da Fourier Frekans Spektrumu almaktadır. Karşı Koyma Spektrumu yapısal birim deformasyonlarla ilişkilendirilebileceğinden dolayı tercih edilmektedir.

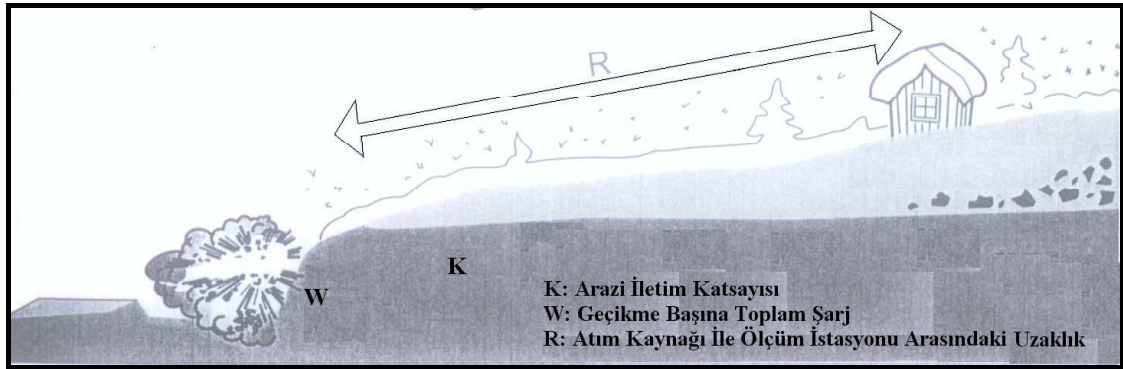
2.4.3.3. Ölçekli Mesafe Kavramı

Ladegaard, Pedersen ve Dally yapmış oldukları literatür çalışmalarında; tipik patlatmaların, geometrik ve jeolojik şartlardaki değişimler nedeniyle, en iyi yer sarsıntısını tahmin şeklinin, gerçek atımların gözlenmesi sonucu elde edilebileceğini belirtmişlerdir (Hoek ve Bray, 1991). Farklılık arz eden ampirik ilişkilerden en çok

ölçekli mesafe ve sarsıntı hızını esas alanlara güvenilmektedir. Ölçekli mesafe kavram olarak, yer hareketlerinin değişik uzaklıklardaki patlatma seviyelerinin miktarları ile alakalıdır. Ölçek, uzaklığa bağlı olarak kullanılan birimsiz bir faktördür (Yağanoğlu ve Altan, 1993; Dick ve diğ., 1983). Ölçekli mesafe, uzaklık ve sismik dalgaların temelini etkileyen veya hava şoklarındaki enerjiyi yaratan patlayıcı madde miktarı kullanılarak ortaya konulmuş bir kavramdır.

Kayada oluşan dalga hareketlerini yaratan toplam enerji, tek seferde ateşlenen patlayıcı madde miktarına bağlı olarak değişmektedir. Patlatma kaynağından itibaren oluşan dalgalar ileriye doğru yayılırken, basınç dalgası etkisinde kalan kaya hacmi artmaktadır (Yağanoğlu ve Altan, 1993).

Ölçekli mesafe, sismik gelişimi ve hava şoku enerjisini etkileyen gecikme başına şarj miktarı ve patlatma ile ölçüm noktası arasındaki mesafenin kombinasyonlarından oluşmaktadır (Şekil 2.17.).



Şekil 2.17. Ölçekli mesafe parametreleri (Tamrock, 1984)

Parçacık hızını, ölçekli mesafeye bağlı olarak tahmin etmeyi esas alan yaklaşımlar, yer sarsıntısı ölçüm aletlerinin gelişmesi ve kullanılmaya başlanmasıyla ortaya atılmıştır.

Literatürde ölçekli mesafenin belirlenmesinde en sık kullanılan formül aşağıda belirtilmiştir.

$$SD = \frac{R}{\sqrt{W}} \quad (2.77)$$

Burada;

SD : Ölçekli mesafe

R : Patlatma noktasından uzaklık (m)

W : Gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)

Açık ocak çalışmalarında kullanılan şarj biçiminin genel itibariyle silindirik olması sebebiyle (şarj boyu-delik çapı oranı ≥ 6 ise silindirik, < 6 ise küresel şarj olarak kabul edilmektedir), kolon şarjından meydana gelen dalgalar bu silindirin genişleyen biçimiyle ilerler. Bu basınç silindirinin hacminin, yarıçapının karesiyle değiştiği kabul görmüş bir yaklaşımdır.

Buradan hareketle ve yapılan araştırmalar sonucu ölçekli mesafe için; $SD = R / W^{0.5}$ şeklindeki ampirik ilişki geniş bir kabul görmüştür. $SD = R / W^{0.333}$ ilişkisi de yine birçok araştırmacının kullandığı bir formüldür (Konya, 1990; Gustafsson, 1973; Olofsson, 1988; Dick ve diğ., 1983; Hoek ve Bray, 1991; Johnston ve Durucan, 1994).

2.4.3.4. Maksimum Parçacık Hızı Tahmini

Parçacık hızını, ölçekli mesafeye bağlı olarak tahmin etmeyi esas alan yaklaşımlar, yer sarsıntısı ölçüm aletlerinin gelişmesi ve kullanılmaya başlanmasıyla ortaya atılmıştır.

Patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntılarının önceden tahmin edilmesi, yer sarsıntılarının önlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Birçok kişi ve kuruluş bu amaçla çeşitli araştırmalar yapmış ve ölçekli mesafeye bağlı maksimum parçacık hızı tahmininin en iyisi olduğu sonucuna varmışlardır. Geçmişten günümüze birçok araştırmacı tarafından maksimum parçacık hızı tahminine yönelik olarak araziden elde edilen datalar kullanılarak, yapılan istatistik çalışmalar sonucu ortaya koyulan ve konuyla ilgili literatüre de yerleşmiş olan ampirik yaklaşımlar aşağıda verilmiştir (Gupta ve diğ.,1988).

1. Nicholls, Johnson ve Duvall (1971)

$$PPV = K \left(\frac{R}{\sqrt{W}} \right)^\beta \quad (2.78)$$

2. Langefors ve Kihlström (1973)

$$PPV = K \left(\frac{\sqrt{W}}{\sqrt{R^3}} \right)^\beta \quad (2.79)$$

3. Ambraseys ve Hendron (1968)

$$PPV = K \left(\frac{R}{\sqrt[3]{W}} \right)^\beta \quad (2.80)$$

4. Hindistan Standartları Enstitüsü (ISI, 1973)

$$PPV = K \left(\frac{\sqrt[3]{W^2}}{R} \right)^\beta \quad (2.81)$$

5. Davies ve Ark., (1964), Attewell ve Ark., (1965), Shoop ve Daemen (1983),

$$PPV = K \times R^\alpha \times W^\beta \quad (2.82)$$

6. Ghosh ve Daemen (1983.b)

$$PPV = K \left(\frac{R}{\sqrt[3]{W}} \right)^\beta e^{-\alpha R} \quad (2.83)$$

7. Gupta ve Arkadaşları (1987)

$$PPV = K \left(\frac{\sqrt{W}}{\sqrt{R^3}} \right)^\beta e^{-\alpha R} \quad (2.84)$$

8. Gupta ve Arkadaşları (1987)

$$PPV = K \left(\frac{\sqrt[3]{W^2}}{R} \right)^\beta e^{-\alpha R} \quad (2.85)$$

9. Gupta ve Arkadaşları (1988)

$$PPV = K \left(\frac{R}{\sqrt{W}} \right)^{-\beta} e^{-\alpha \frac{R}{W}} \quad (2.86)$$

10. CMSR (Singh ve Ark., 1993)

$$PPV = n + K \left(\frac{R}{\sqrt{W}} \right)^{-1} \quad (2.87)$$

11. Bilgin ve Arkadaşları (1998)

$$PPV = K \left(\frac{R}{\sqrt{W}} \right)^{\alpha} B^{\beta} \quad (2.88)$$

Burada;

PPV	: Maksimum parçacık hızı (mm/s)
R	: Patlatma noktasından uzaklık (m)
W	: Gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)
K, β, α, n	: Çalışma sahası sabitleri
$e^{-\alpha R}$: İnelastik seyrelme faktörü
$e^{-\alpha(R/W)}$: İnelastik sönme faktörü

Çalışma sahasının sabitleri, ölçülen maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe değerlerinin (en az 30 veri çifti ile) ilişkilendirilmesi sonucunda belirlenmektedir. Bulunan bu değerler, kontrollü patlatma tasarım ve uygulamalarında, titreşim ölçüm aletinin olmadığı durumlarda; bazı pratik Tabloların hazırlanması suretiyle uygulayıcılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır (Çeltikçi, 2013).

2.4.3.5. Patlatma Hasar Kriterleri

Çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen patlatma hasar kriterleri günümüze kadar değişik başarı dereceleriyle uygulanmaya gelmiştir. Bu araştırmaların çerçevesi iki ana başlık altında ifade edilebilir.

- Patlatma sonucu oluşan titreşim ve hava şokunun tanımlanması, ölçümü ve ilgili parametrelerin analizi.
- Farklı yapılar için hasar kriterlerinin saptanması ve dikkatli patlatma tasarımı uygulaması.

Patlatma kaynaklı titreşimlerin kontrolüne yönelik olarak geliştirilen ve günümüze kadar değişik başarı dereceleriyle uygulanan bazı önemli kriterler aşağıda altı ana başlık altında özetlenmiştir.

a) Titreşim enerjisini esas alan hasar kriteri yaklaşımları

- i. Rockwell'in frekans ve genliği esas alan enerji formülü (1934).
- ii. Birleşik Devletler Madencilik Bürosu'nun (USBM) şarj miktarını ve uzaklığı esas alan genlik formülü (1942).
- iii. İvme frekansın kullanıldığı Crandell'in enerji oranı yaklaşımı (1949).

b) Parçacık hızını esas alan hasar kriteri yaklaşımları

- i. Langerfors, Kihlstrom ve Westerberg'in parçacık hızı ve yapı hasar tipi gözlemine dayalı kriteri (1957).
- ii. Edwards ve Nortwood'un parçacık hızına bağlı hasar tahmini (1959).
- iii. USBM'nin daha geniş kapsamlı araştırmalara dayalı, parçacık hızına bağlı hasar tahmini (1971).
- iv. Çeşitli yapı türleri için parçacık hızına bağlı Canmet, Bauer ve Calder'in hasar tahmini (1977).

c) Parçacık hızını ve frekansı esas alan hasar kriteri yaklaşımları

- i. Langerfors ve Kihlström'ün grafiği (1967)
- ii. Medearis'in parçacık hızı ve üstün frekansı esas alan hasar tahmini (1976).
- iii. Birleşik Devletler Madencilik Bürosunun parçacık hızı, frekans, yapı ve bina türünü esas alan hasar kriteri tahmini (1980).

- iv. Parçacık hızı, frekans ve yapı türünü esas alan Alman 4150 DIN standartları (1984).
- v. Parçacık hızı, frekans ve yapı özelliklerini esas alan Hindistan CMRI standartları (1987).

d) Parçacık hızı ve mesafeyi esas alan hasar kriteri yaklaşımları

- i. Rosenthal ve Morlock'a göre parçacık hızı, mesafe ve bina tipini esas alan hasar kriteri (1987).

e) Parçacık hızı ve ölçekli mesafeyi esas alan hasar kriteri yaklaşımları

- i. Birleşik Devletler Açık Ocak Madencilik Bürosu'nun (OSM) maksimum parçacık hızı limiti, ölçekli mesafe ve frekansı esas alan yaklaşımı

f) Parçacık hızı, yapı kalitesi, ve proje zamanını esas alan hasar kriteri yaklaşımları

- i. İsveç Standartlarına göre, gövde dalgaları, bina faktörü, yapı malzeme faktörü ve proje zamanına bağlı olarak hesaplanan parçacık hızını esas alan yaklaşım.

Yaklaşık 60 yıldır, çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen patlatma hasar kriterleri değişik başarı dereceleriyle uygulanmaya gelmiştir. Konuyla ilgili olarak literatürde yer alan başlıca hasar kriterleri kronolojik olarak aşağıda özetlenmiştir.

Rockwell'in Enerji Formülü;

1934 yılında Rockwell patlatma sonucu meydana gelen titreşim enerjisinin $f^2.A^2$ ile orantılı olduğunu belirtmiştir. Burada f: frekans, A: Genliği ifade etmektedir.

USBM'nin Formülü;

1942 yılında Birleşik Devletler Maden Bürosu (USBM), şarj miktarını, zemin karakteristiklerini ve uzaklığın etkilerini birlikte ele alarak aşağıdaki formülü geliştirmiştir (Thoenen ve Windes, 1942).

$$A = \frac{\sqrt[3]{C^2}}{100} (0,07e^{-0,0143d} + 0,001) \quad (2.89)$$

Burada;

A : Yer sarsıntısının genliği (inç)

C : Şarj miktarı (libre)

d : Uzaklık (feet)

Bu formülün kullanılabilmesi için beklenen yer sarsıntısına uygun frekansın ve örtü tabakalarının derinliğine bağlı bir zemin faktörünün tahmin edilmesi gerekmektedir. Genlik formülü yaklaşık bir formül olduğundan, kompleks patlatma tasarımları için uygun görülmemiştir. Buna karşılık, ivme, zamanla yapısal hasar kriteri olarak öne çıkarılmıştır. 0.1 g'den daha düşük olan ivmeler güvenli, 0.1-1 g ikaz edici ve 1 g'den büyük olan ivmeler ise zarar verici olarak kabul görmüştür (g: yerçekimi ivmesi).

Crandell'in Enerji Oranı Formülü;

1949 yılında Crandell "Enerji Oranı" yaklaşımını geliştirmiştir. Enerji oranına bağlı olarak hasar kriterleri Tablo 2.4'te verilmiştir.

$$ER = a^2 / f^2 \quad (2.90)$$

ER : Enerji oranı

a : İvme

f : Frekans

Tablo 2.2. Crandell'in Enerji Oranına Bağlı Hasar Kriteri

Enerji Oranı	Hasar Tahmini
< 3.0	Hasar yok
3.0 – 6.0	Uyarı
> 6.0	Hasar var

1949-1960 yılları arasında hasar kriterleri, deplasman, ivme ve parçacık hızı parametreleriyle ilişkilendirilmeye başlanmıştır.

Langefors, Kihlström ve Westerberg'in Yaklaşımı;

Langefors ve arkadaşlarının (1957) parçacık hızı ve yapı hasar gözlemine dayalı kriteri

Tablo 2.5.'te verilmiştir.

Tablo 2.3. Langefors ve Arkadaşlarının Parçacık Hızını Esas Alan Hasar Kriteri

Parçacık Hızı (inç/s)	Hasar Tahmini
< 2.8	Hasar yok
4.3	İnce çatlaklar, sıva dökülmesi
6.3	Taş duvarlarda ve sıvalarda çatlama
> 9.1	Ciddi boyutlu çatlama

Edwards ve Northwood'un Parçacık Hızı Yaklaşımı;

Edwards ve Northwood'un (1959) Kanada'da yaptıkları araştırmalar ışığında parçacık

hızına bağlı hasar tahminleri Tablo 2.6'da verilmiştir.

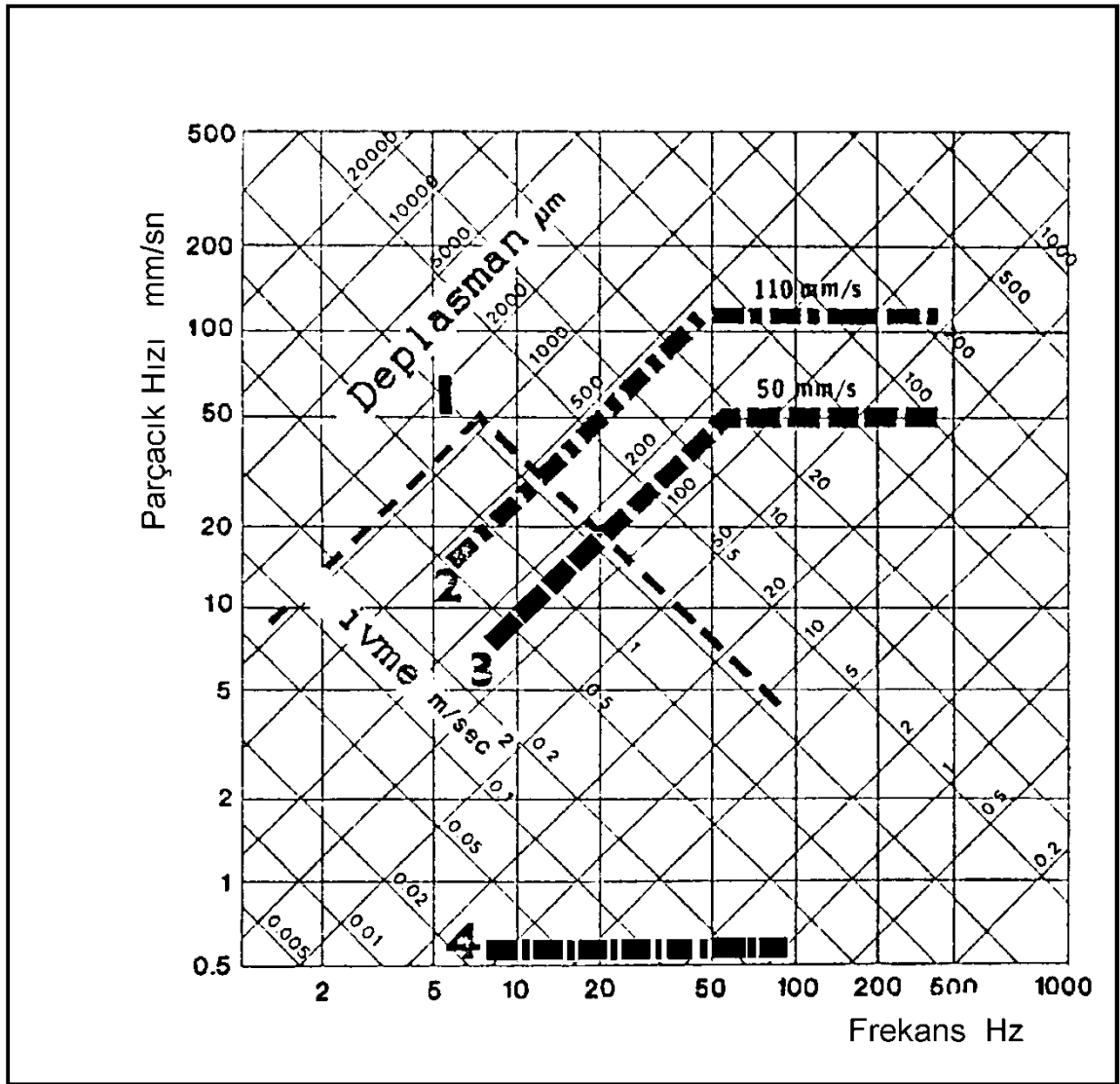
Tablo 2.4. Edwards ve Northwood'un Parçacık Hızını Esas Alan Yaklaşımı

Parçacık Hızı (inç/s)	Hasar Tahmini
< 2	Hasar yok
2 – 4	Uyarı düzeyinde
> 4	Hasar çok

Langefors ve Kihlström'un Yaklaşımı;

Langefors ve Kihlström (1967) uzun yıllar boyunca yaptıkları araştırmalar sonucunda (çeşitli özellikteki zeminler üzerine kurulan binalar üzerinde), hasar kriteri olarak

Şekil 2.18.'de verilen nomogramı önermişlerdir. Bu yaklaşımda parçacık hızı, frekans, deplasman ve ivme göz önüne alınmaktadır (Arpaz, 2000).



Şekil 2.18. Langefors ve Kihlström'un hasar kriteri nomogramı

Bu nomogramda;

- 1 No'lu eğri : Bir saniyeden daha az süreli titreşime maruz kalan bilgisayarlar için üst sınırı belirtmektedir.
- 2 No'lu eğri : Patlatma esnasında titreşimler nedeniyle binalardaki direkt hasarları ifade etmektedir.
- 3 No'lu eğri : Patlatma için üst limitleri ifade etmektedir.
- 4 No'lu eğri : Yöredeki insanların rahatsızlığına ve şikayetlerine neden olabilecek titreşim seviyesini göstermektedir.

Nomogramın değerlendirilmesinden; 40 Hz üzeri frekanslarda parçacık hızı önem arz ederken, daha düşük frekanslar için deplasman değerlerinin daha önemli olduğu anlaşılmaktadır.

USBM'nin Yaklaşımı;

1971'de Birleşik Devletler Maden Bürosu'nun yaptığı daha kapsamlı araştırmalar sonucu parçacık hızına bağlı hasar tahmini Tablo 2.7.'de verilmiştir (Nicholls ve diğ., 1971).

Tablo 2.5. USBM'nin Yaklaşımı (Nicholls ve diğ., 1971)

Parçacık Hızı (inç/s)	Hasar Tahmini
< 2	Hasar yok
2 – 4	Sıvada çatlaklar
4 – 7	Hasar başlangıcı
> 7	Yapıda aşırı hasarlar

Canmet, Bauer ve Calder'in Yaklaşımı;

Canmet ve arkadaşlarının (1977) çeşitli ekipman ve muhtelif yapı türleri için parçacık hızına bağlı hasar tahmini Tablo 2.8.'de verilmiştir.

Tablo 2.6. Canmet ve Arkadaşlarının Hasar Kriteri (Bauer ve Calder, 1977)

Yapı Türü	Hasar Tanımı	Hasarın Başladığı Parçacık Hızı (inç/s)
Evler	Sıvada çatlaklar	2
Yeni bir binadaki beton bloklar	Blokta çatlaklar	8
Muhafaza borulu sondaj delikleri	Yatay bükülmeler	15
Mekanik ekipman; pompalar, kompresörler	Şaft eğilmeleri	40
Beton temel üzerine inşa edilmiş prefabrik metal binalar	Temel çatlakları, binada bükülme ve çatlaklar	60

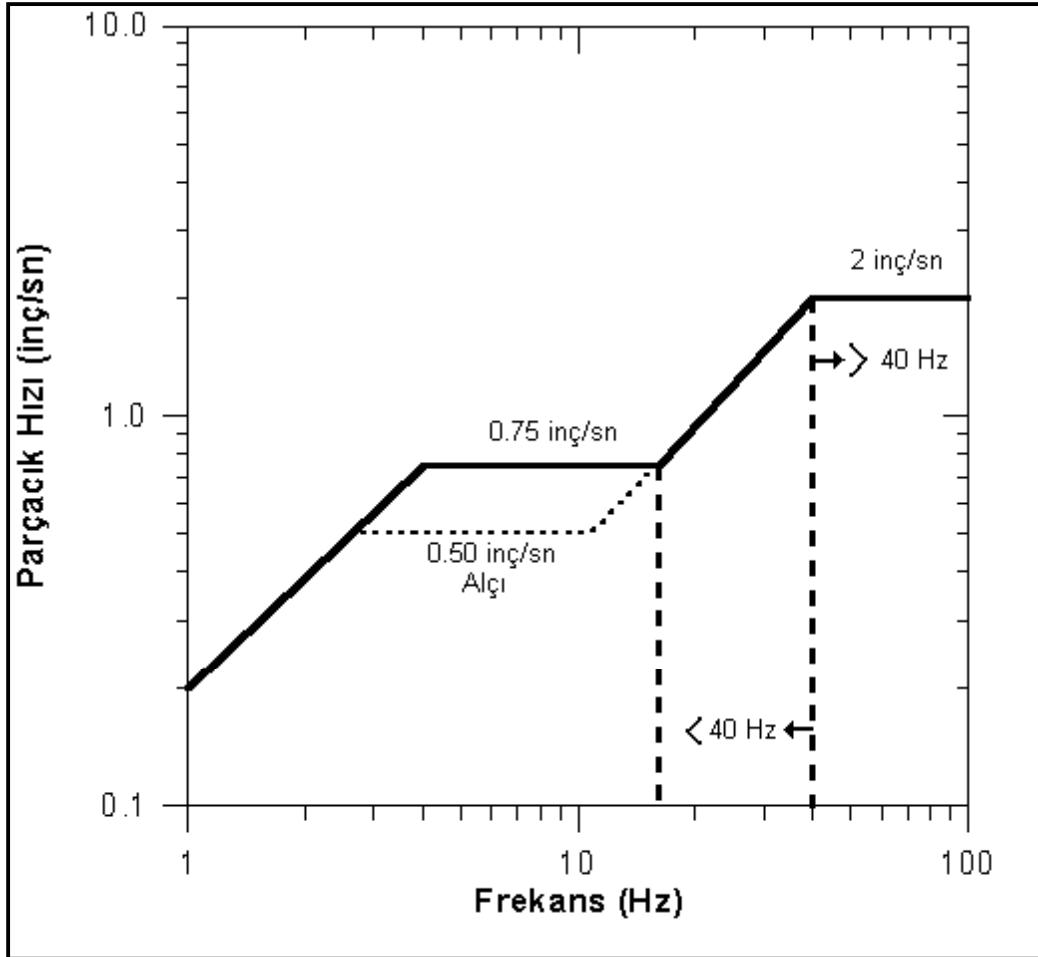
USBM'nin Son Patlatma Hasar Tahmini

Birleşik Devletler Madencilik Bürosu, açık ocak patlatmalarından kaynaklanan yer sarsıntısının yapılara olan etkisi ve zararlarıyla ilgili 1980'de Siskind ve arkadaşlarına 219 üretim atımının 79 evdeki etkisini belirlemeye yönelik bir çalışma yaptırarak sonuçlarını yayınlamıştır (USBM RI 8507 Bülteni). Bu çalışmada, sadece parçacık

hızlarının değil, frekansların da hasar oluşumunda etkili olduğu vurgulanmaktadır. USBM RI 8507 raporunda belirtilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- Yer titreşimini tanımlamada parçacık hızı hali hazırda en iyi kontrol aracıdır.
- Parçacık hızı, titreşime karşı tepki özellikleri iyi belirlenmiş bir yapı grubu için zarar verme potansiyelini ifade edebilecek en kolay kontrol aracıdır.
- Patlatma yapan kişi tüm atımları titreşim cihazı ile izleme sorumluluğunu almamak için, tutucu bir yaklaşımla, ölçekli uzaklığın kareköklü uygulamasını seçer (R/\sqrt{W}). Bu tip ölçekli uzaklıkta titreşim seviyeleri 0.08-0.15 inç/s (2-3.8 mm/sn) civarında olmaktadır.
- Düşük frekanslı (≤ 40 Hz) patlatmalarda tahribat potansiyeli yüksek frekanslı (≥ 40 Hz) patlatmalarda bahse konu olan potansiyelden daha fazladır.
- Bina inşaat tipleri, minimum beklenen zarar seviyesine etki eden bir faktördür. Alçı panellerden meydana gelen (kuru duvar) iç duvarlar, eski tahta kalas üzeri sıva kaplamalı duvarlara nazaran titreşim zararına karşı daha dayanıklıdır.
- Kolay olarak düşük frekanslı yer titreşimleri meydana getiren patlatmalar için emniyet limiti; modern alçı pano duvarlı evler için 0.75 inç/sn (19 mm/s), tahta kalas üzeri sıva duvarlı evler için 0.50 inç/sn (12.7 mm/s)'dir. 40 Hz üzeri frekanslarda tüm evler için emniyetli parçacık hızı, maksimum 2.0 inç/s (51 mm/s) olarak tavsiye edilir.
- Tüm evlerde; zaman içinde çeşitli çevresel basınçlar nedeniyle, havadaki sıcaklık ve nem değişmelerinden, taban yerleşimlerinden kaynaklanan oturmalarından, yerdeki nem değişimlerinden, rüzgardan ve hatta ağaç köklerinin su emmesinden dolayı çatlaklar meydana gelir. Bunların sonucu olarak çatlak oluştuğu (herhangi bir nedenden dolayı, örneğin kapıyı hızlı çarpmak) durumlarda; mutlak bir minimum titreşim limit değeri olmayabilir.
- 0.50 inç/sn (12.7 mm/s) altında maksimum parçacık hızı meydana getiren patlatmalarda tahribat şansı; yalnızca çok az değil (en kötü durumda %5) aynı zamanda titreşim seviyelerinin tüm aralıkları için dikey ekseninde ortalama tahmin değerlerinden daha hızlı bir şekilde düşer (Karadoğan, 2008).

Bunun dışında USBM tarafından hem yapılarda ölçülmüş titreşim katlamalarını, hem de tahribat özelliklerini kullanan, alternatif olarak önerilen patlatma seviyesi kriterleri geliştirilmiştir. “Alternatif Kriter Analizi” olarak adlandırılan bu yöntem, daha düzgün bir kriter setidir (Şekil 2.19.). Ancak hem hareketi hem de hızı içine alan daha sıkı bir ölçüme ihtiyaç gösterir. Söz konusu sistem; 40 Hz altında en iyi tahribat kriterinin, frekansın bir fonksiyonu olarak maksimum parçacık hızı olduğunu açık bir şekilde göstermektedir. Instantel Minimate Plus Model titreşim kayıt cihazı çıktısında da bu norm vardır. Cihaz; atım sırasında ölçülen parçacık hızı değerini mukayese için adı geçen norma işlemektedir.



Şekil 2.19. USBM'nin alternatif kriter analizi (Siskind ve diğ., 1980)

OSM'nin Halen Geçerli Olan Kuralları;

ABD Açık Ocak Madencilik Bürosu (OSM), yer titreşimi ve hava şokunu kontrol altına almak için patlayıcı maddelerin nasıl kullanılması gerektiği konusundaki son raporunu 8

Mart 1983 tarihinde yayınlamıştır. Bu kurallar patlatma etkinliklerinin kontrolü konusundaki yegane kurallardır ve açık ocak kömür madenciliğinde uygulanmaktadır. OSM kuralları; patlatma sorumlusuna, aşağıdaki üç metottan birini kullanmasını tavsiye etmektedir (OSM, 1983).

1. Metod: Patlatmalı Kazıda Herhangi Bir Titreşim Ölçer Cihazının Kullanılmadığı Durumlarda Parçacık Hızının Sınırlandırılması Kriteri

Patlatma sorumlusu; atımı, Tablo 2.9.'da gösterilen patlatma noktası ile ölçüm noktası arasındaki uzaklığa bağlı ölçekli mesafe tasarım faktörlerine uygun düzenlenmelidir. Ölçekli mesafe faktörleri, uzaklıkla değişerek, maksimum parçacık hızlarının limitlerini değiştirmektedir. Bu metotta, Tablo 2.9.'daki OSM ölçekli mesafe faktörleri uygulandığı sürece, atımlar süresince sismik kayıda ihtiyaç vardır (OSM, 1983).

Tablo 2.7.Uzaklığa Bağlı Müsaade Edilen Ölçekli Mesafe Faktörleri (OSM,1983)

Patlatma Noktasından Uzaklık		Sismik İzleme Yapılmadan Kullanılacak Ölçekli Mesafe Faktörü
Ft	M	(SD)
0 – 300	0 – 90	50
301 – 5000	91 – 1500	55
>5001	>1500	65

2. Metod: Titreşim Ölçer Cihazı Kullanılması Durumunda Ölçekli Mesafe Eşitliği Kriteri

Her patlatmanın, maksimum parçacık hızını izleyebilecek kapasitede bir sismograf tarafından izlenmesi gerekmektedir. Maksimum parçacık hızı Tablo 2.10.'da gösterilen seviyelerin altında kaldığı müddetçe operatör kurallara uymaktadır. Her gecikme için patlayıcı madde miktarını hesaplamada izin verilen değerler; çok sıkı bir biçimde ölçekli mesafe faktörüyle sınırlandırılmamıştır. Böylelikle operatör daha büyük atımlar tasarlayabilir, daha büyük çapta delik açabilir ve daha büyük basamak veya daha geniş delik paterni kullanabilir. Eğer patlatma sonucunda aşağıda belirtilen uzaklıklar için öngörülen titreşim seviyesi aşırsa, OSM'nin öngördüğü ceza uygulanır.

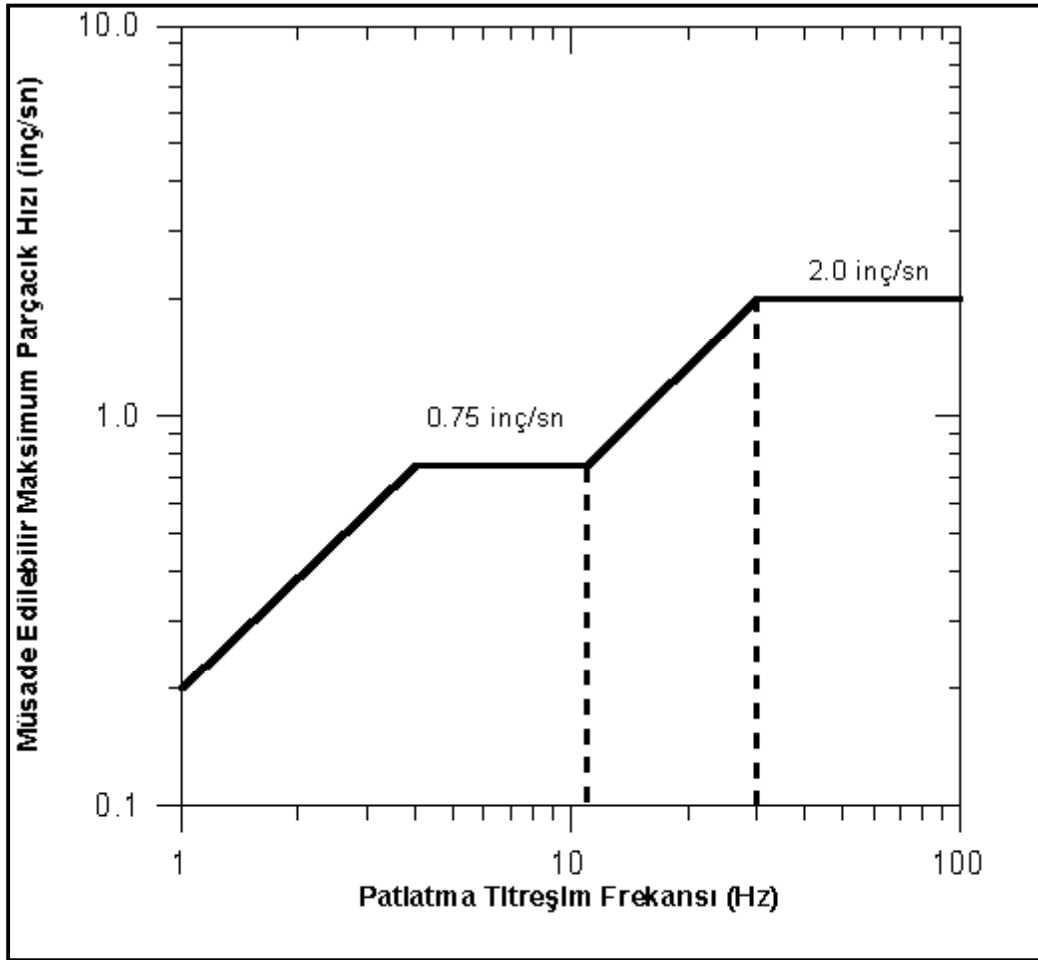
Patlatma noktasının en yakın yapıya mesafesi arttıkça, izin verilen hız artmaktadır. Bu durum uzak mesafelerde parçacık hızından daha çok baskın olan düşük frekansların zarar verme potansiyeline sahip olmasından kaynaklanmaktadır(OSM, 1983).

Tablo 2.8. Patlatmada Noktasından Belirli Uzaklıklarda Maksimum Parçacık Hızları (OSM,1983)

Uzaklık		Maksimum Parçacık Hızı	
Ft	M	inç/s	mm/s
0 – 300	0 – 90	1.25	31.75
301 – 5000	91 – 1500	1.00	25.40
>5001	>1500	0.75	19.05

3. Metod: Frekans Esaslı Patlatma Seviyesi Grafiği Kriteri

Patlatma sorumlusunun frekansla birlikte değişen parçacık hızı seviyelerini (Şekil 2.20.) kullanmasına izin verilir. Bu metotta, patlatmadan kaynaklanan yer titreşimi dalga frekanslarının analizinin ve her atımın parçacık hızı ölçümlerinin yapılması gerekmektedir.



Şekil 2.20. OSM'nin alternatif kriter analizi (OSM,1983)

Baskın frekansları bulmak için, dalga şekli analiz edilmekte ve bu frekanslara gelen parçacık hızları belirlenmektedir. Birçok durumda, her bir frekansın şiddetini analiz etmek için elektronik cihazlara ve yetenekli bir sismolog tarafından yapılması gereken sayısal analizlere ihtiyaç bulunmaktadır. Bu metot, patlatmalardan dolayı kaynaklanan meskun binalara ve hatta insanlara yönelik potansiyel zararları değerlendirmede en iyi yöntemi temsil etmektedir.

OSM kurallarındaki bu yöntem, USBM tarafından tavsiye edilen metottan farklıdır. Şekil 2.36.'daki grafik çizgisinin herhangi bir yerinde; altında kalan, belirli bir baskın frekansa karşılık gelen herhangi bir parçacık hızı emniyetli kabul edilmektedir. Grafik çizgisinin herhangi bir kesiminin yukarısında kalan değerler, bina tahribatı ve insanlara zarar verme riskini artırmaktadır. Grafiğin yorumundan da anlaşılacağı gibi, titreşim frekansı arttıkça belirli değerdeki bir parçacık hızının hasar riski önemli ölçüde azalmaktadır(OSM, 1983).

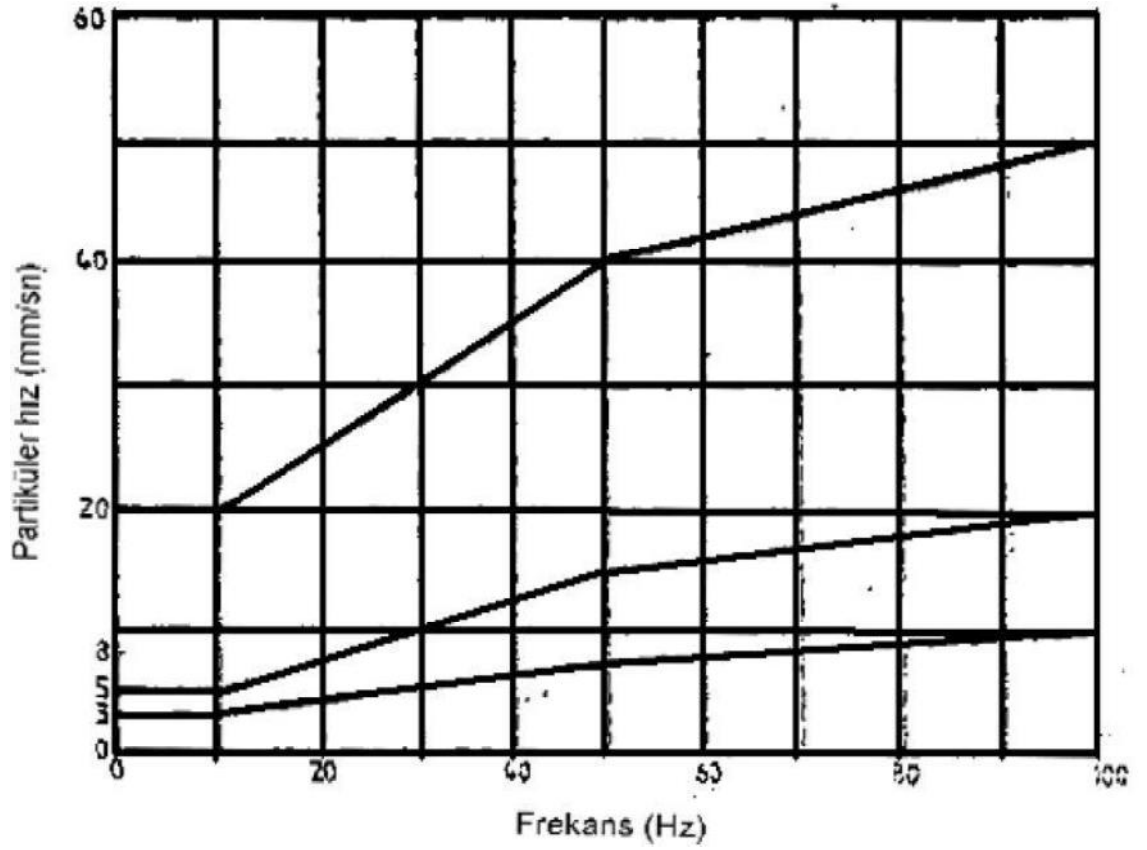
DIN 4150 Alman Normu;

DIN 4150 Alman Normu'nda frekansa bağlı olarak değişen parçacık hızı değerleri yapı türüne göre Tablo 2.11 ve Şekil 2.37.'de verilmektedir. Bu norm grafiksel bazda incelendiğinde, en alttaki çizgi kerpiç, eski yıpranmış tarihi eserler gibi sağlam olmayan yapılar, ortadaki kırıklı çizgi yığma tuğla, beton gibi nispeten dayanıklı yapılar, üsteki kırıklı çizgi ise betonarme çelik konstrüksiyon gibi dayanıklı yapılar için titreşim frekansına göre parçacık hızı sınırlarını belirlemektedir (Schillinger, 2006).

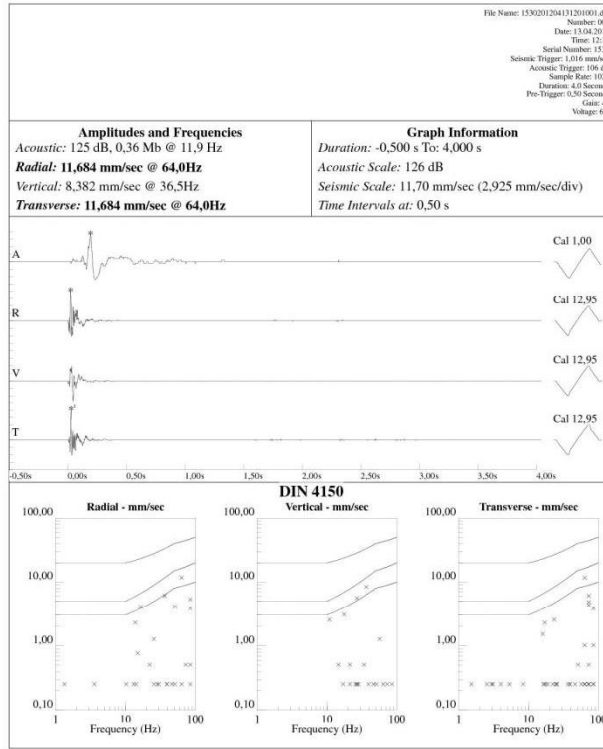
Tablo 2.9 Alman Din 4150 Normunda Yapı Türü ve Frekansa Göre Parçacık Hızı Sınırları

Frekans (Hz)	Parçacık Hızı Sınır Değerleri (mm/s)	Yapı Türü
(0-10)	3	Eski Bina
(0-10)	5	Dayanıklı bina, Yığma Tuğla
(0-10)	20	Betonarme, Çelik konstrüksiyon
(10-50)	(3-8)	Eski Bina
(10-50)	(5-15)	Dayanıklı bina, Yığma Tuğla
(10-50)	(20-40)	Betonarme, Çelik konstrüksiyon
(50-100)	(8-10)	Eski Bina
(50-100)	(15-20)	Dayanıklı bina, Yığma Tuğla
(50-100)	(40-50)	Betonarme, Çelik konstrüksiyon

Şekil 2.21.'de DIN 4150 Alman Normu'nda frekansın fonksiyonu olarak değişen parçacık hızı sınır değerleri verilmiştir. Instantel Minimate Plus model ve White Mini-Seis model titreşim kayıt cihazlarının çıktısında da bu norm mevcuttur. Cihaz; atım sırasında ölçülen parçacık hızı değerini adı geçen norma işlemektedir. Şekil 2.22.'de White Mini-Seis model titreşim ve hava şoku ölçüm cihazına ait tipik kayıt çıktısı görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere cihaz tarafından ölçülen parçacık hızı değerleri cihazın data değerlendirme ünitesine aktarılmakta bünyesinde bulunan altı değişik norm içinden, kullanıcı tarafından seçilen herhangi bir norma göre değerlendirme yapılabilmektedir (Schillinger, 2006).



Şekil 2.21. DIN 4150 Alman Normu (Schillinger, 2006)



Şekil 2.22. White Mini-Seis cihazının DIN 4150 Normuna göre düzenlenmiş tipik çıktısı

İsveç Standardı;

İsveç standardı 1989 yılında kabul edildi ve 1991’de tekrar gözden geçirilip düzeltildi. Bu standart binalar için patlatma kaynaklı titreşimler için kılavuz seviyelerinin hesaplanmasında son derece faydalıdır. Kılavuz seviyeler halk şikayetlerini ya da titreşime duyarlı elektron mikroskop, bilgisayar gibi ekipmanları nazarı itibara almaz. Verilen kılavuz noktaları izin verilen titreşim veya eşik seviyelerinin belirlenmesinde kullanılmalıdır. Standart her türlü patlatma operasyonu için geçerlidir, örneğin; tünellerlik, madencilik vs. İsveç Standardı, sadece düşey parçacık hızını kullanır fakat belirli durumlarda üç bileşenin de kullanılmasını tavsiye eder. Titreşimler eğer mümkünse titreşim dalgalarının bina ile buluştuğu nokta olan bina temellerinde ölçülmelidir (Karadoğan, 2008).

Kılavuz Seviyeleri;

Bu seviyeler, düşey parçacık hızı bileşeni ile değişik jeolojik zeminlere oturmuş binalar üzerinde oluşan hasar arasındaki korelasyona bağlıdır. Kılavuz seviye aşağıdaki şekilde formülize edilir:

$$V = v_0 \times F_k \times F_d \times F_t \quad (2.91)$$

Burada v_0 düzeltilmemiş düşey parçacık hızını (Tablo2.12),

F_k inşaat kalite faktörünü (Tablo 2.13),

F_d patlatma noktası ile ölçüm noktası arası mesafe faktörünü,

F_t ise patlatma işlemlerinin süreceği toplam proje süresini ifade etmektedir (Tablo 2.14.).

Tablo 2.10. Düzeltilmemiş düşey parçacık hızı (Karadoğan, 2008)

Zemin	V_0 (mm/s)
Gevşek buzultaş, kum, çakıl, kil	18
Sağlam buzultaş, şeyl, yumuşak kireçtaşı	35
Granit, gnays, sert kireçtaşı, kuvarsit, kumtaşı, diyabaz	70

Tablo 2.11. Bina Faktörü (Karadoğan, 2008)

Sınıf	Bina veya İnşaat Tipi	F_b
1	Ağır inşaat, köprüler, liman ayakları, ve sivil savunma inşaatları gibi	1,70
2	Endüstriyel ve ofis binaları	1,20
3	Standart oturma evler	1,00
4	Hassas özel yüksek kemerli dizayn edilmiş binalar veya geniş sütun aralıklı inşalar, örneğin kiliseler ve müzeler	0,65
5	Hasar alabilecek durumda belli oranda hasarlı tarihi binalar	0,50

Tablo 2.12. Proje zaman faktörü

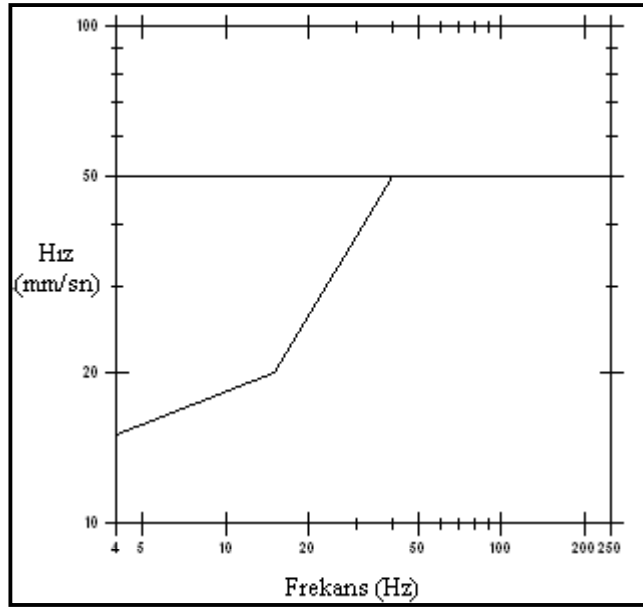
Patlatma Aktivite Türü	F_t
Tüneller, mağaralar, karayolları gibi inşaat işleri	1,0
Taşocakları ve madenler gibi sabit işler	0,75-1,0

İngiliz Standardı;

İngiliz Standardı BS 7385-Bölüm 2: 1993 “Binalarda Titreşim Ölçümü ve Değerlendirmesi”, Tayin edilen titreşimden kozmetik bina hasarı olasılığına karşı, titreşimin önerilen maksimum seviyelerini verir. Makul derecelerde ispat edilmiş yukarıda bahsedilen kozmetik hasarın, en düşük titreşim seviyelerine dayanan bina titreşimi için kılavuz değerleri sunulmuştur. Bu değerler aşağıda verilen Tablo 2.15.’de detaylandırılmıştır (Karadoğan, 2008)

Tablo 2.13 Kozmetik hasar için geçici titreşim kılavuz seviyeleri (Karadoğan, 2008)

Bina Türü	Baskın darbenin frekans dağılımındaki parçacık hızının en yüksek bileşenleri (PPV)	
	4 – 15 Hz	15 Hz ve üzeri
Konut ve hafif ticari binalar	4 Hz’de 15 mm/s’den artarak 15 Hz’de 20 mm/s	15 Hz’de 20 mm/s’den artarak 40 Hz’de 50 mm/s
Endüstriyel ve ağır ticari binalar	4 Hz ve üzeri 50 mm/s	



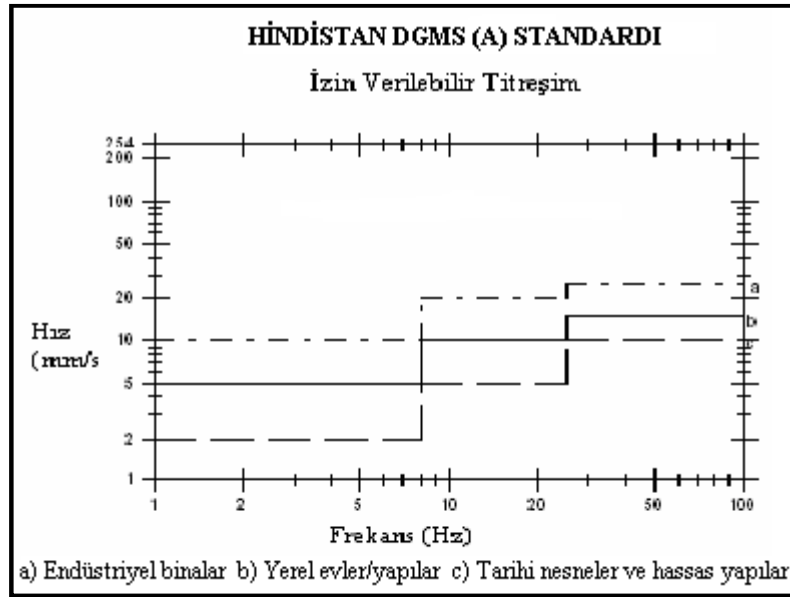
Şekil 2.23. İngiliz Standardı BS 7385-Bölüm 2: 1993 (Karadoğan, 2008)

Hindistan Standardı (IS);

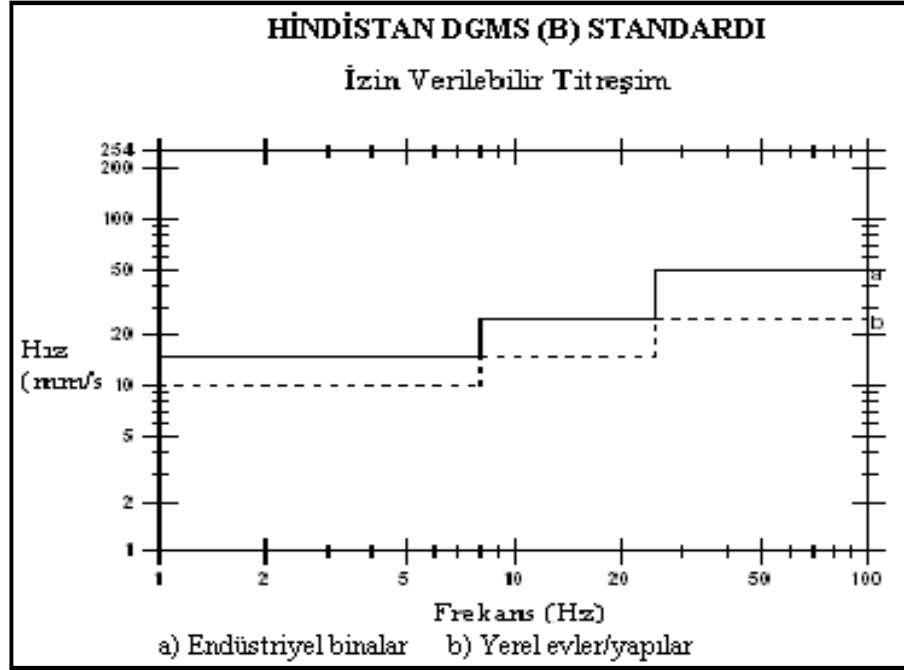
Mevcut Hindistan Standardı olarak bilinen, baskın uyarma ve yapı tiplerine dayanan 29 Ağustos 1997 tarihli 7 sayılı DGMS (Tech) (S&T) Genelgesinde bahsedildiği gibi, yapılara bitişik zeminde en yüksek parçacık hızı (PPV) aşağıdaki Tablo 2.16.’da verilen değerleri aşamaz (Karadoğan, 2008)

Tablo 2.14. Madencilik Alanlarında Yapıların Altyapı Düzeyinde İzin Verilebilir En Yüksek Parçacık Hızı (PPV) (Karadoğan, 2008)

Yapı Tipi	Baskın Uyarım Frekansı (Hz)		
	< 8 Hz	8 – 25 Hz	> 25 Hz
(A) Binalar/Yapılar sahibine ait değil			
i) Yerel evler/yapılar (tuğla ve çimento)	5	10	15
ii) Endüstriyel binalar (Çerçeveli yapılar)	10	20	25
iii) Tarihi nesnelere ve hassas yapılar	2	5	10
(B) Sınırlı açıklıklı sahibine ait binalar			
i) Yerel evler/yapılar (tuğla ve çimento)	10	15	25
ii) Endüstriyel binalar (Çerçeveli yapılar)	15	25	50



Şekil 2.24. Hindistan DGMS (A) Standardı (Karadoğan, 2008)



Şekil 2.25. Hindistan DGMS (B) Standardı (Karadoğan, 2008)

Fransa Standardı;

Fransa Standardı (87/70558) aşağıdaki Tablo 2.17.'de verilmiştir.

Tablo 2.15. Fransa Standardı (Karadoğan, 2008)

Yapı Tipi	En Yüksek Parçacık Hızı (mm/s)		
	4 – 8 Hz	8 – 30 Hz	30 – 100 Hz
Konut	8	12	15
Hassas	6	9	12
Çok Hassas	4	6	9

Türk Standardı;

Çevre ve Orman Bakanlığından: Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Ülkemiz Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 04/06/2010 tarihli 27601 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmenliğin beşinci bölümü olan Çevresel Titreşim Esas ve Kriterleri, Yerleşim alanlarında çevresel kaynaklar için titreşim kriterleri başlığı altında 25-a maddesinde, çeşitli titreşim kaynaklarının neden olacağı çevresel titreşimin kontrol altına alınmasına ilişkin esaslar verilmiştir:

Bu maddeye göre, Maden ve taş ocakları ile benzeri faaliyette bulunulan alanlardaki patlamaların çevredeki yapılara zarar vermemesi için, en yakındaki yapının dışında, zeminde ölçülecek titreşim düzeyi Tablo 2.18.'da verilen değerleri geçemez. Ölçümler üç yönde yapılır ve bunlardan en yüksek olanı alınır. Titreşimler 1/3 oktav bantlarında tepe değeri olarak ölçülür (Anon, 2010).

Tablo 2.16. Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlama Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri (Anon, 2010)

Titreşim Frekansı (Hz)	İzin Verilen En Yüksek Titreşim Hızı (Tepe Değeri-mm/s)
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/s'den 50 mm/s'ye, logaritmik çizilen grafikte doğrusal olarak yükselmektedir).

2.4.4. Hava Şoku ve Gürültü

Hava şoku patlatma neticesinde oluşan etkilerin başında gelmektedir. Hava şoklarına patlatma neticesinde meydana gelen hava basınç dalgaları diyebiliriz. Yüksek frekanslı basınç dalgaları kolay duyulabilirken düşük frekanslı olanlar etki ettiği yapılarda tıkrırtılar oluşturduğu zaman duyulabilmektedir. Hava şoku düzeyi patlatma, arazi ve hava koşullarına bağlıdır. Patlatmadan kaynaklanan hava şokları yapılarda kırık ve çatlaklara, pencere camlarında kırılmalara ve insanların rahatsız olmasına sebep olabilmektedir. Hava şoklarının insanları rahatsız etmesi, insanların yapı içerisinde ve yapı dışında olmalarına göre farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılık hava şoklarının binaya ulaşması sonrasında binanın yapısal özellikleri nedeniyle çıkardığı seslerden kaynaklanmaktadır. Gürültü, atım noktasından uzaklaştıkça hava şokunun bozulması ve dağılmasıyla oluşmaktadır. Gürültüden kaynaklanan problemler kişisel rahatsızlıklar ve diğer psikolojik şikâyetler şeklinde ortaya çıkmaktadır.

Atmosferde yol alarak binalara ulaşan şok dalgaları cam ve gevrek çerçevelerin titreşimlerine yol açmaktadır. Zaman zaman hava şok dalgaları şiddetli olabilmekte ve yapılarda hasara yol açabilmektedir. En belirgin hasar cam kırılmasıdır. Hava şokunun yayılmasında, sıcaklık, nem oranı, havanın bulutlu oluşu, rüzgar yönü ve şiddeti gibi atmosferik koşullarda etkin olabilmektedir (Hoek ve Bray,1991).

2.4.4.1.Hava Şoku ve Gürültü Ölçümü ve Karakteri

Ses dalgaları ortamın elastisitesi ve kütle özelliklerine bağlı olarak meydana gelmektedir. Havadaki gaz molekülleri oldukça düzenli bir şekilde dağılmakta ve rastgele hareket halinde bulunmaktadırlar. Normal atmosferik koşullar altında hava 1 atmosfer basınç ve 1.2 kg/m^3 yoğunluktadır. Ses dalgalarının yayılım mekanizması, bir molekülden diğer bir moleküle moleküler yer değiştirme sırasında momentum transferi şeklinde açıklanmaktadır. Değişik hava koşulları altında ve kötü patlatma uygulamalarında hava şokları oldukça yüksek mesafelere ulaşabilmektedir.

Patlatmadan kaynaklanan hava şoklarına sebep olan önemli etkenler aşağıda belirtilmiştir.

- Gereğinden fazla şarj edilmiş delikler
- Zayıf sıkılama
- Açıktaki infilaklı fitil
- Uygun olmayan dilim kalınlığı
- Kayadaki çatlaklardan gaz kaçıışı

Ses, basınç ya da desibel (dB) olmak üzere iki farklı birim ile ifade edilebilmektedir. Hava şoku, basınç ya da ses ölçerler kullanılarak ölçülebilmektedir. İnsan kulağıyla duyulabilen yaygın aralıklı genlikler ve frekanslardan dolayı akustik mühendisleri sesi desibel terimi ile ifade etmektedir. Ses basıncı aşağıdaki eşitlik kullanılarak desibele çevrilebilmektedir (Dowding, 1985).

$$dB = 20 \text{Log} \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (2.92)$$

P = Ölçülen tepe ses basıncı,

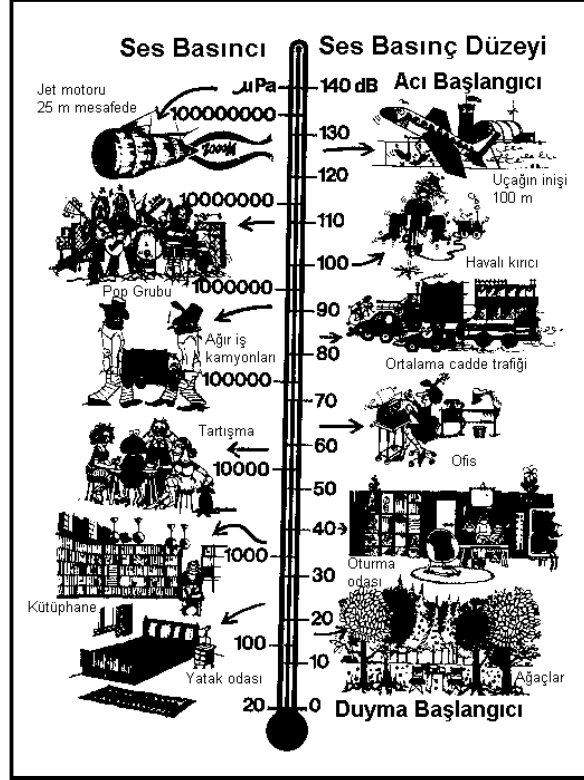
P₀ = Referans ses basıncı (20x10⁻⁶ Pa veya 2.9x 10⁻⁹ lb/inç²)

Hava şoku dalgasının yayılması, sıcaklık, rüzgar ve yükseklik gibi atmosferik ve topoğrafik koşullara bağlıdır. Belirli bir uzaklıktaki bulut kapalılığı bile bazen basınç dalgasının yere yeniden yansımaya neden olur (Hoek ve Bray, 1991).

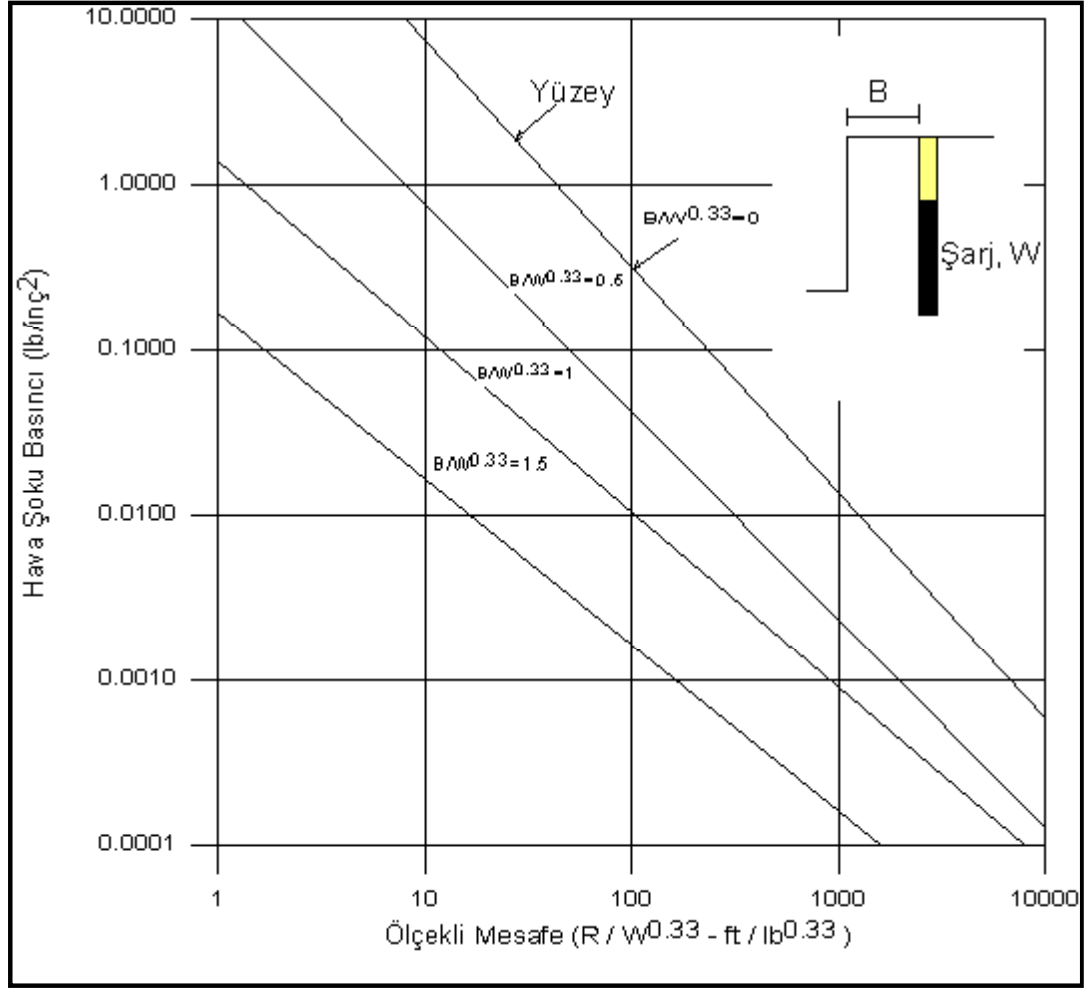
Günlük olaylardaki ses düzeyleri ve ses basınç değerleri Şekil 2.26.'da verilmiştir. Patlatmaların duyulabilen bölümlerinin şiddeti, havalı kırıcılar ile uçağın yere inmesi sırasında çıkardığı gürültü arasında yer almaktadır.

ABD'de (USBM ve OSM kuralları) yapılan yasal düzenlemelerle 140 desibele karşılık gelen hava şoku düzeyi hasar başlangıç ve gürültü üst sınırı olarak belirlenmiştir. Hava şoku etkisinin uzaklıkla azaldığı bilinmektedir. Bu azalma faktörü ölçekli mesafe

kavramı ($SD = R/W^{0.333}$) ile ifade edilmektedir. ABD Madencilik Bürosu tarafından yaptırılan çalışmalar sonucu, hava şoku basıncının ölçekli mesafeyle ilişkisi ortaya konulmuştur (Şekil 2.27.).



Şekil 2.26. Günlük olaylardaki ses düzeyleri ve ses basınç değerleri (Dowding, 1985)



Şekil 2.27. Hava şoku basıncının ölçekli mesafeye göre değişimi (Hoek ve Bray, 1991)

Bu şekilde yapılan tahminler, yaklaşık değerler vermektedir. Herhangi bir yerdeki gerçek hava şoku ve gürültü seviyeleri atmosferik ve topoğrafik şartlarla birlikte atım geometrisine bağlı olmaktadır. Bu nedenle, çok ciddi şikayetlerin yaşandığı bölgelerde, bu tahminlere ek olarak hava şoku ölçümlerinin yapılması gerekmektedir (Kahrıman, 2003).

Kahrıman ve diğ., (1996) sölestit açık işletmesi basamak patlatmasında ölçtükleri gürültü değerleriyle ölçekli mesafe değerleri arasında bir ilişki elde etmek amacıyla, basit regresyon analizleri yapmışlar ancak, çok düşük korelasyon katsayılı olmaları nedeniyle bu fonksiyonların kullanılmasını önermemişlerdir. Diğer yandan, gürültü değerleri ile şarj miktarı ve uzaklık arasında bir ilişkinin var olduğu düşüncesi ile 47 atıma ait değerleri aşamalı bir şekilde çoklu regresyona tabi tutmuşlardır. Bu analiz

sonucunda elde ettikleri bu anlamlı ve oldukça yüksek korelasyon katsayılı ilişki aşağıda verilmektedir.

$$N = 0,05603 \times W + 18012,6 \times (1/R) \quad (r=0,93) \quad (2.93)$$

N : Gürültü (dB)

W : Gecikme başına şarj miktarı (kg)

R : Mesafe (m)

2.5. ÇEVRESEL SORUNLAR İLE İLGİLİ ALINABİLECEK TEDBİRLER

2.5.1. Patlatmadan Kaynaklanan Kaya ve Parçacık Fırlamasını Önlemek İçin Alınabilecek Tedbirler

- Patlayıcı madde uygun çap ve boyutta delikler delinerek kaya yapısı içinde mümkün olduğunca eşit dağılır ve hapsedilir.
- Patlayıcının büyük miktarlarda odaklaştığı ve parçalanma mekanizmasının kontrolsüz olduğu galeri patlatması uygulanmaz.
- Patlatma delikleri kullanıldığında uygun delik geometrisi hesaplanarak bulunur, böylelikle deliklere uygun yükler verilmiş olur.
- En az delik ayna mesafesi boyutunda sıkılama boyu bırakılır ve uygun bir malzeme kullanılarak ağız sıkılaması oluşturulur.
- Gecikmeli olan kapsüllerin kullanılmasına dikkat edilir.

Taş savrulması özellikle açık işletmelerde çok daha önem arz eder. Savrulan taşların, 1000 metreye kadar fırlayabildiği ve ölümlü kazalara sebep olduğu bilinmektedir. Çoğu zaman ise fırlayan taşlar makine ve ekipmanlara zarar vermekte veya yaralanmalara yol açmaktadır (Özer ve Karadoğan, 2012; Koca, 2006).

2.5.2. Patlatmadan Kaynaklanan Toz Emisyonunu Önlemek İçin Alınabilecek Tedbirler

Patlatma öncesi yapılan çalışmalarda patlatma bölgesine yakın yapılardaki havalandırma birimleri ve pencereler uygun örtülerle dış ortamdan izole edilmek için kapatılmaktadır. Toz oluşumunun önlenmesi için patlatma sonrası yapılan çalışmalarda ise iki farklı önlem alınmaktadır. Bunlardan birincisi patlatma öncesi uygun noktalara yerleştirilen su tankerlerinden fiskiye ile yıkım alanı sulanmakta, böylelikle toz bastırılmaktadır. Uygulanan ikinci yöntemde ise patlatılacak yapının belirli noktalarına 1 m³lük su tankları yerleştirilmekte ve patlatmadan hemen sonra bunlarda patlatılmakta ve oluşan sis bulutu ile toz nemlendirilerek belirli bir alan içerisinde kalması sağlanmaktadır

(Özer ve Karadoğan, 2012; Koca, 2006).

2.5.3. Patlatmadan Kaynaklanan Yersarsıntısını Azaltmak İçin Alınabilecek Önlemler

Genellikle aynı yerleşim bölgesinde yapılan atımlarda aynı kayıtların elde edilmesi çok zordur. Tablo 2.2’de verilen değişkenlerin bunda önemli ölçüde etkili olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından ifade edilebilmektedir. Patlatmadan kaynaklanan yersarsıntısı ve rahatsız edici unsurların ortadan kaldırılması amacıyla bir dizi yöntem geliştirilmiş olup aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

- Basamak patlatmasında kayaya iyi bir deplasman verilmesi için sıra içi ve sıralar arası uygun gecikme aralıklı ateşleme sisteminin seçilmesi,
- Gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarını azaltılması,
- Patlatma noktası ile yapılar arasındaki zemin etüt edilerek, amplifikasyon (genlik artması) ve polarizasyon (yönlendirme) ile sürpriz yapabilecek jeolojik bulguların olup olmadığının araştırılması,
- Patlatmada, ateşleme sırasının, korunacak yapıya yakın yerden başlayarak uzağa doğru düzenlenmesi,
- Arazi katsayıları tespit edilerek, uygun ölçekli mesafeler tayin edilmesi,
- Çevredeki yapıların incelenerek, bu yapılara hasar vermemek için ilk dört maddedeki bulguların kullanılarak uygun patlatma tasarımı yapılması,

- Delik çapını küçültmek, basamak yüksekliklerini azaltmak veya kademeli şarj uygulamak,
- Delik taban payının fazla uzun seçilmemesi,
- Korunması gereken yapı ile patlatma yeri arasına engel niteliğinde süreksizlikler yerleştirilmesi,

Patlatma yapılan bir sahada; herhangi bir sarsıntı ölçer olmadığı hallerde; OSM kurallarının öngördüğü değerlerden daha düşük olmayan bir ölçekli mesafe kabulü yapılarak şarj miktarları belirlenebilir. Ancak bu uygulamadan tam ve etkili bir çözüm beklemek doğru değildir (Kahrıman, 2003).

Tablo 2.17. Yersarsıntısı Üzerindeki Değişimlerin Önem Sırası

	Değişkenler	Önemli	Orta	Önemsiz	
İşletme Faaliyeti Sırasında Kontrol Edilebilen Etkenler	Gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarı	X			
	Gecikme süresi	X			
	Dilim kalınlığı		X		
	Delikler arası mesafe		X		
	Sıkılama boyu			X	
	Sıkılama cinsi			X	
	Şarj çapı ve boyu			X	
	Delik eğimi			X	
	Ateşleme yönü		X		
	Atımdaki toplam pat. mad. miktarı			X	
	Şarj derinliği			X	
	Ateşleme yöntemi			X	
	Kontrol Edilemeyen Değişkenler	Genel yüzey tabakaları			X
		Örtü tabakasının cinsi ve derinliği			X
Atmosferik koşullar				X	

2.5.4. Patlatmadan Kaynaklanan Hava Şokunu Azaltmak İçin Alınabilecek Önlemler

Hava şokunun önlenmesi için;

- Basamak patlatma tekniği kullanılarak, patlayıcı madde kaya yapısı içinde mümkün olduğunca homojen dağıtılır ve hapsedilir.
- Galeri patlatması uygulanmaz.
- Uygun delik geometrisi kullanılır.
- Uygun sıkılama boyu ve malzemesi kullanılır.
- Gecikmeli ateşleme sistemi kullanılır.
- Delme öncesi patlatma aynası incelenerek gaz deşarjına yol açabilecek bir jeolojik olgu olup olmadığı incelenir. Böylesine bir jeolojik olgunun varlığında o bölgeye az patlayıcı madde yerleştirilir.
- Rüzgar yönünün kritik olduğu zamanlarda ateşleme yapılmamalı.
- İnfilaklı fitilin zorunlu olunmadıkça kullanılmamalı, kullanılırsa üzerinin 7-10 cm kum ile örtülmeli (Hoek ve Bray, 1991).

2.6 PATLATMADA İŞ GÜVENLİĞİ

2.6.1. Patlayıcı Madde Depolarında Alınması Gereken Tedbirler

- Patlayıcı Madde Depoları 87/12028 sayılı Tüzük ve 14 Mayıs 1999 tarih, 23695 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren tüzük değişikliklerine uygun olarak inşa edilmiş olmalıdır.
- Patlayıcı Madde depolarında, yerel güvenlik makamlarınca bu işlerde çalıştırılmalarında sakınca görülmeyen kişiler çalıştırılır. (87/12028 sayılı Tüzük, Madde84)
- Patlayıcı Madde Depolarında sürekli olarak, durumları silah taşıma belgesi verilmesine uygun, yeterli sayıda bekçi bulundurulması zorunludur. (87/12028 sayılı Tüzük, Madde 85)
- Bekçilere kontrol saati verilir .İdarece gerekli görülen durumlarda eğitilmiş köpekler de bulundurulur. (87/12028 sayılı Tüzük, Madde85)

- Depo sınırları üzerine “TEHLİKELİ BÖLGEDİR,GİRİLMEZ” levhalarının konulması zorunludur.(87/12028 sayılı Tüzük, Madde 86)
- Depo içinde uygun yerlere çalışma ve güvenlik yönergeleri asılır. (87/12028 sayılı Tüzük, Madde 86)
- Stok istifleri sıra başlarına, patlayıcı maddenin adı, cinsi ve miktarlarıyla, üretim ve depoya giriş tarihlerini gösteren levhalar konur. (87/12028 sayılı Tüzük, Madde86)
- Patlayıcı Madde ambalajları depolarda doğrudan doğruya zemine oturtulmaz, hava akımına ,engel olmayacak biçimde, zeminle arasında onsantimetre kadar boşluk kalmak üzere sağlam kalaslar veya bunlardan yapılmış ızgaralar üzerine üretim tarihlerine göre sıraya konularak istif edilir.(87/12028 sayılı Tüzük, Madde 87)
- Bu istiflemeye, gerek geçiş yerlerinde ve gerekse istif başlarında, ambalajların etiket ve yazılarının görülebilir ve okunabilir biçimde olması ambalajların duvara gelen taraflarında duvarla aralarında boşluk bırakılması ve istif yüksekliğinin 1.60 m. yi geçmemesi gerekir.(87/12028 sayılı Tüzük, Madde 87)
- İstifler gruplar halinde ve aralarında geçiş boşlukları bulundurulmak suretiyle yapılır.(87/12028 sayılı Tüzük, Madde 87)
- Patlayıcı Maddeler, depolardan üretim tarihi sırasına uygun olarak dağıtılır..(87/12028 sayılı Tüzük, Madde87)
- Dinamitler, nitrogliserin, nitroselüloz, barutlar, kapsüller, av fişekleri ve piroteknik mamuller kesinlikle bir arada veya başka mamullerle birlikte depolanmaz. Bu patlayıcı maddelerden her biri ayrı depolara veya deponun ayrı bölümlerine konur. (87/12028 sayılı Tüzük, Madde 88)
- Ancak amonyumnitrat ile dinamit, kapsül ile fitil aynı bölümde ayrı yerlere konabilir.(87/12028 sayılı Tüzük Madde88)
- Kartuş halindeki dinamitler, depolarda sürekli olarak ambalajlarında bulundurulur. (87/12028 sayılı Tüzük, Madde 89)
- Kapsül takılmış patlayıcı maddeler asla depolara konulmamalıdır.
- Patlayıcı Maddelerin depolarda çok uzun süreyle depolanmasında kaçınılmalıdır.

- Patlayıcı Madde deposunun 15 m. Yakınında duman ve alev çıkarıcı herhangi bir ateşleme kaynağının bulunmasına izin verilmemelidir.
- Patlayıcı Madde deposu etrafındaki yangın tehlikelerine karşı özellikle kurumuş otlardan arındırılmalıdır.

2.6.2. Patlayıcı Maddelerin Taşınma İşlemleri

- Bu tüzük kapsamındaki patlayıcı maddelerin fabrikadan, giriş gümrüğünden, satıldığı yerden veya depolardan başka bir yere taşınması için taşıma izin belgesi alınması zorunludur.(87/12028 sayılı Tüzük, Madde 53)
- Patlayıcı madde sandıkları taşınan aracın yüksekliğini aşmayacak şekilde istif edilmelidir. Üstü açık araçlarla yapılan nakliyelerde patlayıcı sandıklarının üzeri ateşe dayanıklı malzeme ile örtülmelidir.
- Patlayıcı yüklü bir araç asla yalnız bırakılmamalıdır.
- Patlayıcı yüklü aracın içinde ya da yakınında asla sigara içilmemelidir.
- Patlayıcı yüklü aracın içinde ya da yakınında cep telefonu ve telsizle konuşma yapılmamalıdır.
- Patlayıcı Madde taşıyan araçlarda asla başka bir malzeme taşınmamalıdır.
- Dinamitler, barutlar ve kapsüller asla aynı araç içerisinde birlikte taşınamaz. (87/12028 sayılı Tüzük, Madde 57)
- Ana depolardan geçici ve gezici depolara ve işyerlerine yapılan ve il sınırı dışına elli kilometreden çok çıkmayan taşımalarda, toplam üç yüz kilogramı geçmemesi ve çeşitli patlayıcı maddelerin aynı bölümlere konulmaması koşuluyla 57. maddenin birinci fıkrası hükmü uygulanmaz.
- Yükleme ve boşaltma işlerinde çalışan işçilerin, çalışma sırasında çivisiz, işin ve işyerinin özelliklerine uygun ayakkabı giymeleri, zorunludur; çalışma günlerinde alkollü içki kullanım ıve işbaşında sigara içilmesi yasaktır. (87/12028 sayılı Tüzük Madde 59)
- Yükleme ve boşaltma sırasında darbe, düşürme sürtme çarpma gibi tehlikeli olabilecek hareketlerden kaçınılmalıdır. (87/12028 sayılı Tüzük, Madde 59)
- Patlayıcı Madde yüklü taşıtların insan ve hayvan topluluklarının buldukları yerlerde bekletilmesi. (87/12028 sayılı Tüzük, Madde 59)

- Patlayıcı Madde taşınacak motorlu taşıtlarda kabul edilmiş standart tiplerden her an çalışır durumda en az iki yangın söndürme cihazı bulundurulması zorunludur. (87/12028 sayılı Tüzük Madde 65)
- Patlayıcı Madde taşıyacak araç 5 yaşından büyük olmamalıdır .
- Aracın trafik muayenesi yapılmış olmalıdır.
- Aracın trafik sigortası bulunmalıdır.
- Araçlar, Ulaştırma Genel Müdürlüğünden yetki belgesine sahip olmalıdır.
- Aracı kullanan kişi hem patlayıcı madde nakliyesinde hem de araç kullanımı konusunda iyi eğitim almış olmalıdır.

2.6.3. Patlama Sahasında Alınacak Önlemler

- Deliklere patlayıcı şarjına başlamadan önce, patlatma sahası gözle rahatlıkla görülebilir belirteçlerle çevrilmelidir.
- Patlatma sahasına ilgisiz kişilerin girmesine ve yaklaşmasına izin verilmemelidir.
- Gereksiz ekipmanlar patlatma sahasından uzaklaştırılmalıdır.
- Patlatma öncesi hava durumu kontrol edilmelidir. Yağmurlu havalarda asla elektrikli ateşleme sistemi kullanılmamalıdır.

2.6.4. Elektrikli Ateşleme Sistemi Kullanılması Sırasında Alınması Gereken Tedbirler

- Ateşleme manyetolarının periyodik kontrollerinin mutlaka yapılması gerekir.
- Kapsüllerin ambalajları üzerinde belirtilen omaj gruplarının büyük önemi vardır. Aynı seride farklı omaj grupları kesinlikle kullanılmamalıdır. Aksi takdirde yüksek omaj grupları önce patlayarak devreyi kopartması dolayısı ile düşük omaj grubundan olan kapsüllerin patlatılamaması ile karşılaşılabilir.
- Toplam devre direncinin (patlatma kablosu dahil) manyeto kapasitesinin altında olmasına özen gösterilmelidir.
- Ateşleme öncesi gerekli tedbirler alındıktan sonra devre kontrolü yapılmalıdır.
- Devre kontrolleri rastgele ohmmetre ile değil, bu maksatla üretilmiş ohmmetrelerle yapılmalıdır.

- Bir seride aynı direnç gruplarındaki kapsüller kullanılmalıdır.
- Kapsüller statik elektriğe, darbeye ,şoka maruz bırakılmamalıdır.
- Kabloların kırık sıyrık ve düğüm olmamasına dikkat edilmelidir,
- Bağlantıların dikkatli yapılmasına, gevşek kablo bağlantısı olmamasına, bağlantı yerlerinden toprağa veya suya dokunmamasına dikkat edilmelidir.
- Vücuttaki statik elektrik yükü zaman zaman bir bakır çubuk vasıtası ile toprağa boşaltılmalıdır.
- Yağmurlu havalarda elektrikli ateşleme sistemleri kullanılmamalıdır.

2.6.5. Yemleyici Dinamit Hazırlanması Sırasında Dikkat Edilecek Hususlar

- Yemleyici dinamitler delik başında hazırlanmalıdır.
- Kapsülün dinamite takılması son derece dikkatli ve özenle yapılmalıdır. Özellikle Emülsiyon patlayıcılarda kapsülün patlayıcı kartuşunun çapının ortasından düzgün bir şekilde yerleştirilmesi gereklidir.
- Kapsül takılmış dinamitler deliklere indirilmelidir. Asla kapsül takılmış olarak herhangi bir yerde saklanmamalıdır.

2.6.6. Deliklerin Doldurulması Sırasında Alınacak Önlemler

- Doldurma işlemine başlamadan önce deliklerin doğru boyda delinip delinmediği ölçülmeli, deliklerde tıkanma olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- Delik ağzında problem çıkarabilecek gevşek taşlar temizlenmelidir.
- Patlatma raporu hazırlanmalı ve delik paterni patlatma raporuna çizilmelidir. Ölçülen deliklerin boyları rapora yazılmalıdır.
- Delikler olması gerekenden çok delinmiş ise çıkarılan kırıntılar, yeniden deliğe doldurulmalı ve istenilen delik derinliğine ulaşılmalıdır.
- Delik hesap edilenden kısa delinmişse tabanda tırnak kalacağı kesindir. Bu durumda basınçlı hava ile delik temizlenmeli ya da yeniden delinmelidir.
- Şarj sırasında ağırlıklı şerit metre ile şarj kolon boyu sık sık ölçülmelidir.
- Nispeten kısa ve küçük çaplı deliklerde delik derinliğini ve deliklerde tıkanma olup olmadığını ölçmek için sıkılama çubuğu da kullanılabilir.
- Doğal jeolojik karstik boşluklar ya da süreksizlikler kontrol edilmelidir.
- Aşırı şarj yapmayın. Şarj boyu sürekli olarak ölçülerek kontrol edilmelidir.

- Sıkılama boyu açık işletmelerde genel olarak yük mesafesine eşit alınmalıdır.
- Sulu deliklerde ANFO yerine Emülsiyon patlayıcılar kullanılmalıdır.
- ANFO kullanımını sırasında ANFO'nun kesekli olmamasına dikkat edilmelidir.
- Sıkılama malzemesi olarak kuru deliklerde delicinin dışarı attığı taş tozu kullanılabilir. Sulu deliklerde köşeli parçacıklardan oluşan akışkan özelliğine sahip 25 mm altıby-pass malzeme kullanılabilir.

2.6.7. Atımın Devre Bağlantısının Yapılması ve Ateşleme Sırasında Alınacak Tedbirler

- Atımın devre bağlantısını yapacak ekip minimum sayıda olmalıdır.
- Son kontrolden tek kişi sorumlu olmalıdır.
- Seri devre en basit ve en güvenilir ve en emniyetli olan bağlantı şeklindedir.
- Aynı anda birden fazla sayıda atım yapılması gerekiyorsa ve bir atımda ateşlenecek kapsül sayısı çok fazla ise paralel-seri devre kullanınız.
- Paralel devre kullanılarak yapılan ateşleme pek tercih edilmemektedir. Çünkü devreye yüksek miktarda akım gerekmektedir. Ayrıca kısa yada kırılmış teller varsa bunlar kontrol edilememektedir.
- Kapsüller ek bağlantı yaptıktan sonra mutlaka sağlamlığı kontrol edilmelidir.
- Ek yapmada yeteri kalınlıkta ve çok damarlı teller kullanılmalıdır.
- Devre bağlantısında karışıklığa yol açmaması için fazlalık kapsül telleri genelde sarılmakta ya da kesilmektedir. Bu tür uygulama kapsül omajının değişmesine yol açabilir.
- Kısa devre, akım kaçağı yada harici elektrik oluşumunu önlemek için çıplak tel bağlantılarının birbiriyle yada toprakla temas etmesine asla izin verilmemelidir.
- Her bir devre kısmının bağlantısı yapıldıktan sonra devrenin sürekliliği ve gerçek omajı sadece bu amaçlı patlatma ohmmetresi kullanarak ölçülmelidir.
- Her bir serideki kapsül omaj gurubunun aynı olması gerektiğine dikkat edilmelidir. Bu yüzden depoda kapsüller, geliştarihi, omaj gurubu ve gecikme numaralarına göre intizamlı bir şekilde muhafaza edilmelidir.
- Piyasada satılan normal elektrik devre ölçen cihazlar bu amaçlı olmadığından çok tehlikelidir ve asla kullanılmamalıdır.
- Patlatma öncesi son devre bağlantısı yapılmaya kadar kısa devre yapılmalıdır.

2.6.8. Ateşleme

- Ateşleme için bu amaçlı uygun kapasitede ve sağlıklı patlatma cihazı kullanılmalı Eskiymiş yıpranmış cihazlar kullanılmamalıdır.
- Ateşleme cihazı yerine asla jeneratör, akü veya şebeke ceryanı yada batarya kullanılmamalıdır.
- Üretici firmaların tavsiye ettiği ateşleme akımlarının üzerinde ateşleme yapılmamalıdır.
- Ateşleyici, olası taş savrulması menzili içinde hiçbir kimse bulunmadığını güvence altına almalıdır.
- Ateşçi, patlatmadan hemen önce olası bir probleme karşı patlatma sahasını kontrol etmek için yeterli bir süreye olanak sağlamalıdır.
- Ateşçi, atımın kazayla patlamasını önlemek için manyeto kolu yada anahtarını üzerinde taşımalıdır.
- Ateşçi patlatma devresi ile ateşleme mekanizması arasındaki bağlantıların eksiksiz ve doğru olduğundan emin olmalıdır.
- Patlatma sahasına kişilerin girmesini önlemek için yeterli sayıda nöbetçi buldurmalıdır.
- Nöbetçiler taş savrulması ve toksik gazlardan etkilenmeyecek şekilde güvenli bir yerde bulunmalıdır.
- Patlatma öncesi işitilebilir mesafesi yaklaşık 750 m olan uyarıcı bir siren çalınmalıdır.
- İkaz ve uyarı işaretleri konulmalıdır.
- Ateşçi ve nöbetçiler arasında işitsel ya da görsel haberleşme bulunmalıdır.
- Ateşleme sonunda savrulan taşların yere düşmesi için en az 15 sn. beklenmelidir.
- Taş savrulması tamamlansa bile, toksik gazlar ve gevşek kaya tehlikesi bulunduğu unutulmamalıdır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

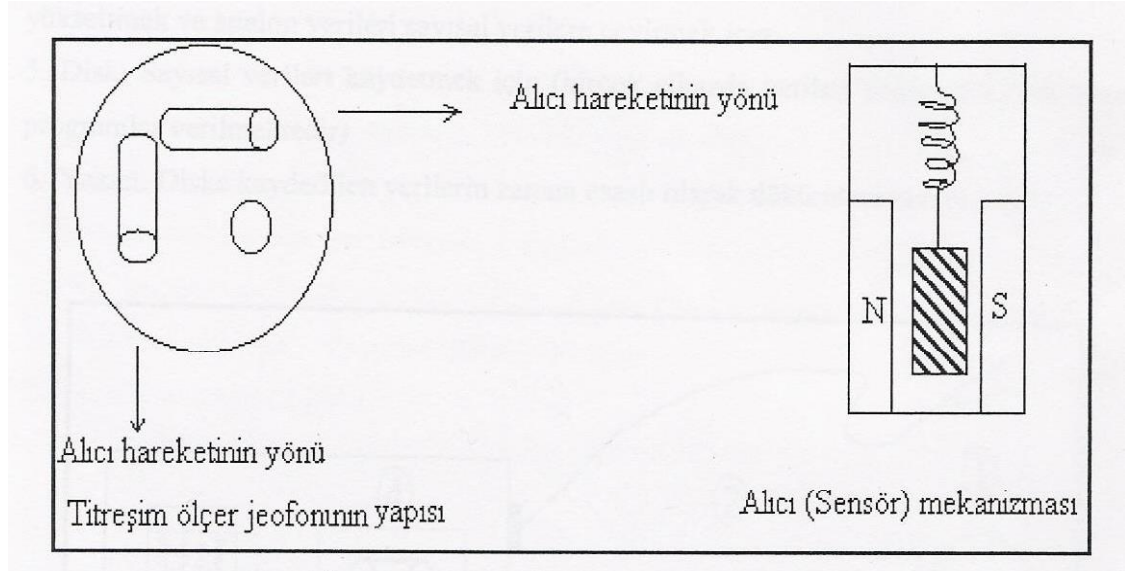
3.1. YER SARSINTISI VE HAVA ŞOKU İZLEME SİSTEMLERİ

Madencilik, inşaat, taş ocakçılığı, boru hattı gibi çeşitli sektörlerde patlayıcıların değişik nedenlerle gittikçe artan bir şekilde kullanılması önemli çevresel sorunları beraberinde getirmektedir. Bu sorunların belirlenmesi ve çözümü için ilk olarak, patlamadan kaynaklanan çevresel sorunların başında gelen yer sarsıntısı ve hava şokunun ciddi bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir. Günümüzde patlatma sonucu oluşan yersarsıntısı ve hava şoku ölçümleri için farklı firmalar tarafından geliştirilen birçok izleme sistemi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu izleme sistemleri birbirine göre çok farklılık göstermese de kullanımındaki kolaylıkları ve patlatma sonrası elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullandıkları bilgisayar programları yönünden aralarında bir takım farklılıklar bulunmaktadır.

Titreşim aletlerinin fonksiyonları, ortamın (Yeryüzünün) titreşim hareketini ölçmek ve kayıt etmektir. Temel bilimsel terimlerde bu, bir alıcıyı ve kayıt ediciyi kapsayan bir sismograftır. Gerçekte alıcı, birbirine dik açılı konmuş başlıca Üç alıcı birimden oluşur. İki alıcı birim birbirlerine dik açılı olarak yatay düzlemde uzanırken öteki alıcı birim düzleme dik olarak yerleştirilmiştir. Her alıcı kendi eksenindeki harekete yanıt verir. Yer hareketi hakkında bütünüyle karar verebilmek için Üç alıcı da (sensor) okunması gereklidir.

Alıcının şekli imalatçı firmaya bağlıdır, yuvarlak, kare, dikdörtgen veya Üçgen biçiminde olabilir. Alıcı genel olarak yer hareketlerini elektrik enerjisine dönüştüren elektromagnetik bir çeviricidir. Alıcının içinde yapay bir magnetik alan oluşturan asılı bir bobin vardır. Mıknatıs alıcı (sensor) kutusuna bağlıdır ve hareket edemez, fakat magnetik alanda asılı duran bobin bir yay vasıtasıyla serbest olarak hareket etmektedir. Bobinin herhangi bir hareketi magnetik alana bağlı olarak ve bobin hareketinin hızıyla orantılı olarak bir elektrik voltajı üretir. Yer sarsıntısı sırasında alıcı titreşecek fakat asılı bobin içerde hareketsiz kalmaya çalışacaktır, böylece magnetik alanla bobin arasında rölatif bir hareket üretilecek ve sonunda bir rölatif elektrik voltajı açığa çıkacaktır. Şekil 3.1.'de alıcı mekanizması şematik olarak gösterilmiştir (Konya ve Walter, 1991).

Kaydedici, alıcının (sensor) çıktısından voltajı alır onu tekrar harekete (titreşime) çevirir ve yer sarsıntısının görünür (görsel) bir kaydını yapar. Karşılıklı üç ana birimden oluşan alıcı her bir alıcı birim için kayıt üzerinde üç iz bırakır. Bu kayıt analiz ve çözümlenmeye hazır durumdadır.



Şekil 3.1. Bir Titreşim Ölçer Cihazının Jeofon Yapısı (Konya ve Walter, 1991)

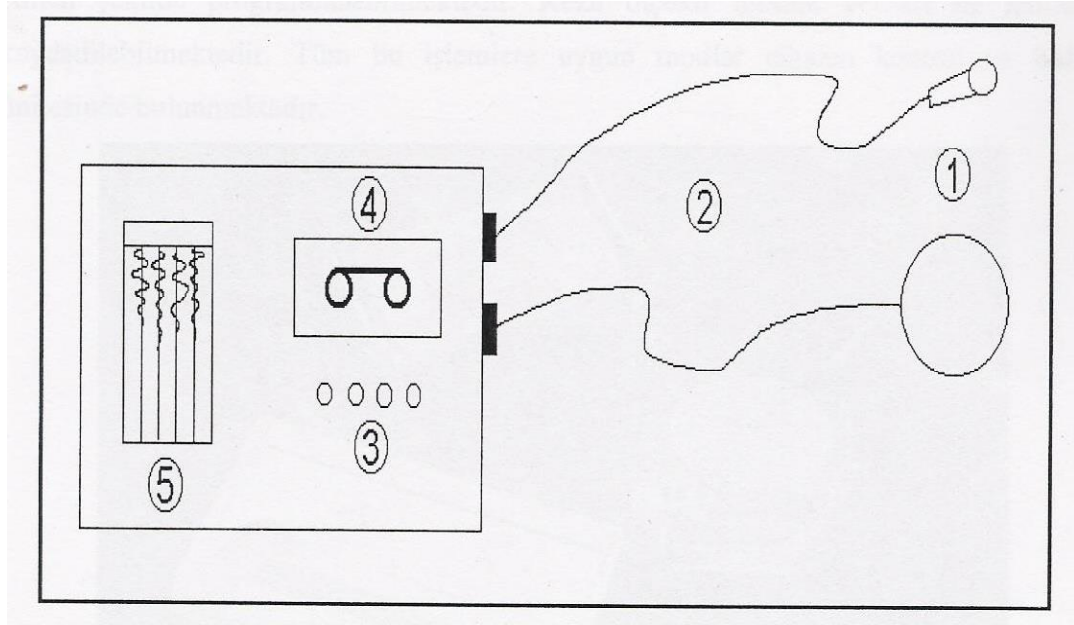
Kaydedici bir galvanometre vasıtasıyla hareket halindeki alıcını çıkış voltajını değiştirir. Alıcıda bir voltaj üretildiğinde, galvanometre bobinin dönmesine neden olan bir akım, elektrik devresinden geçer. Böylece elektrik enerjisi, hareketi geri çevirir ve bu işlem giderek genişler. Kaydedici belli çizgileri ve ölçülü sinyalleri kayıta gösterir. Sonuç olarak, hareketin kaydı fotoğrafla veya ısı şeklinde alınır (Konya ve Walter, 1991).

Şekil 3.2.'de verilen ideal bir yer sarsıntısı ve hava şoku izleme sistemi aşağıdaki 5 temel bileşeni içermektedir (Dowding, 1985; ISRM, 1992).

1. Jeofon: Parçacık hızı bileşenlerini (boyuna, enine, düşey) zamana bağlı olarak elektrik sinyalleri şeklinde almak için
2. Mikrofon: Hava şoku ve gürültü değerlerini zaman bağlı olarak elektrik sinyalleri şeklinde almak için
3. Bağlantı kabloları: Mikrofon ve jeofondan gelen elektrik sinyallerini yükselticiye iletmek için
4. Yükseltici ve sinyal düzenleyici: Mikrofon ve jeofondan gelen elektrik sinyallerini yükseltmek ve analog verileri sayısal verilere çevirmek için

5.Disk: Sayısal verileri kaydetmek için (birçok cihazda verileri değerlendirmek üzere programlar verilmektedir)

6.Yazıcı: Diske kaydedilen verilerin zaman esaslı olarak dökümünü almak için



Şekil 3.2. Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku İzleme Sistemi (Dowding, 1985)

3.1.1. Örnek Bir Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku İzleme Sistemi ve Teknik Özellikler

Yer sarsıntısı ve hava şoku izleme sistemlerinin genel olarak aranan teknik özelliklerin daha iyi kavranabilmesi için İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne ait InstanTEL firmasının ürettiği Mini Mate Plus titreşim izleme sistemi Şekil 3.3.'te görülmektedir. Titreşim ve hava şoku izleme cihazı, üç adet algılayıcı (boyuna, enine ve düşey), mikrofon, yazıcı, şarj, kontrol ve hafıza, bilgisayar bağlantı sistemi, muhafaza ve taşıma ünitelerinden meydana gelmektedir. Cihazın kayıtları; zaman esaslı olarak her bir olay için hava şoku, genlik, frekans, ivme ve parçacık hızı bileşenlerini (boyuna, enine, düşey, bileşke ve maksimum) içermektedir. Bununla beraber kaydedilen olayların ayrıntılı analizi için elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılabilir (Kahrıman, 2003).

Cihaz tek olay veya sürekli kayıt yapılabilir. Her bir olayın süresine (1-10 s arasında uzaklığa bağlı olarak) 150-200 arasında olayı geniş ya da özet bilgiler halinde koruma yeteneğine sahiptir. Cihazın ölçüm limitleri parçacık hızı için 0.005-9.999

inç/sn ve gürültü için 100 - 142 db. aralıkları düzeyindedir. Bu limitler içerisinde istenilen aralıklar ayarlanabilmektedir. Kaydedilen olay süresi, kayıt biçimi (tek veya sürekli), istenilen birimler, çalışma sahası, kullanıcıya ait bilgiler önceden arzu edilen şekilde programlanabilmektedir. Keza ölçekli mesafe verileri de hafızaya kaydedilebilmektedir. Tüm bu işlemlere uygun modlar cihazın kontrol ve hafıza ünitesinde bulunmaktadır.



Şekil 3.3. İntantel Mini Mate Plus Model Titreşim Ölçüm Cihazı (Instantel, 1993)

Şekil 3.4.'te İntantel Mini Mate Plus model titreşim ve hava şoku ölçüm cihazına ait tipik kayıt çıktısı görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere cihaz tarafında ölçülen parçacık hızı değerleri cihazın data değerlendirme ünitesine aktarılmakta bünyesinde bulunan değişik normlar içinden, kullanıcı tarafından seçilen herhangi bir norma göre değerlendirme yapılabilmektedir.



Event Report

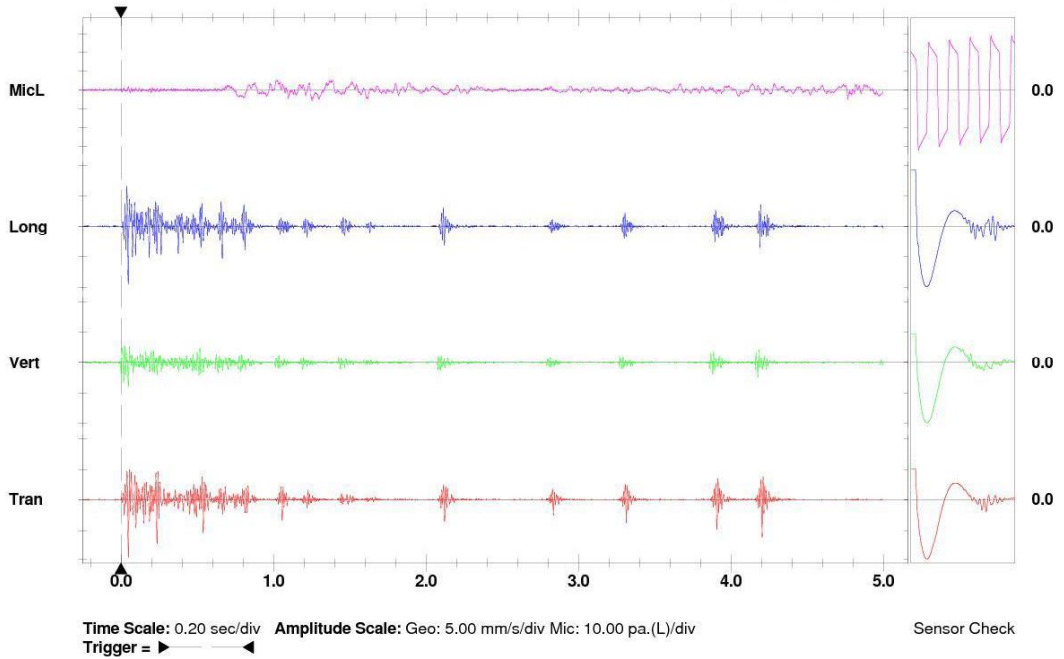
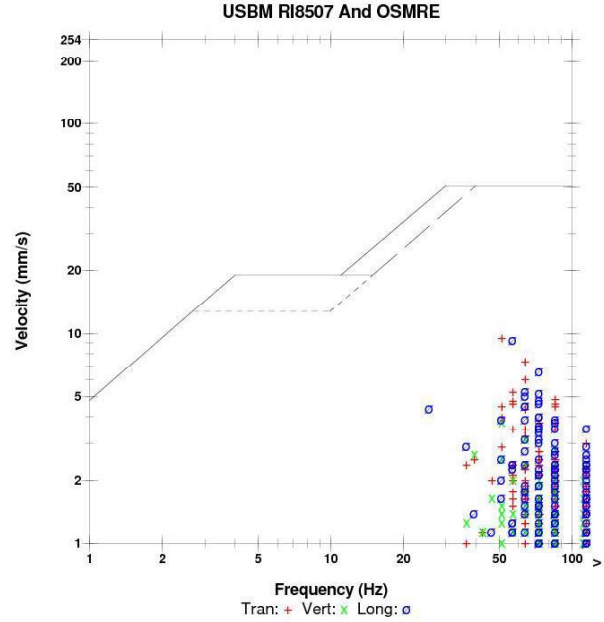
Date/Time Vert at 12:28:03 January 10, 2011
Trigger Source Geo: 1.00 mm/s
Range Geo: 254 mm/s
Record Time 5.0 sec at 1024 sps
Notes

Serial Number BE14358 V 10.10-1.1 Minimate Blaster
Battery Level 6.3 Volts
Unit Calibration July 8, 2010 by InstanTel
File Name P358DKYT.AR0
Post Event Notes
 005

Microphone Linear Weighting
PSPL 109.2 dB(L) at 1.253 sec
ZC Freq 5.8 Hz
Channel Test Passed (Freq = 20.5 Hz Amp = 566 mv)

	Tran	Vert	Long	mm/s
PPV	9.65	3.81	9.40	
ZC Freq	51	51	57	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.049	0.049	0.048	sec
Peak Acceleration	0.345	0.172	0.305	g
Peak Displacement	0.0281	0.0112	0.0263	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.6	7.6	7.7	Hz
Overswing Ratio	3.8	3.8	3.8	

Peak Vector Sum 13.7 mm/s at 0.049 sec



Printed: October 28, 2012 (V 10.06 - 10.06)

Format (c) 2006-2009 InstanTel, a division of Xmark Corporation

Şekil 3.4. InstanTel Mini Mate Plus Cihazının USBM Normuna Göre Düzenlenmiş Tipik Çıktısı (InstanTel, 1993)

3.2. ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM

Bu çalışmanın ana konusu söz konusu sahada icra edilen patlatma sonuçlarının çevresel etkilerinin değerlendirilmesidir.

Çalışma alanında hidrolik kırıcılar ile başlanan temel kazısı sırasında karşılaşılan kaya birimlerinin sert ve sağlam yapıda olmaları hidrolik kırıcının yetersiz ve verimsiz kalması ile sonuçlanmış, projenin zamanında bitirilememesi büyük kayıplara ve zararlara yol açacağından patlatmalı kazı ihtiyacı doğmuştur.

TC İstanbul Valiliği İstanbul Proje Koordinasyon Birimi Kartal Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapılandırma Projesi İnşaatı işi kapsamında söz konusu şirkete Prof Dr. Ali Kahriman tarafından önerilen patlatma ön tasarım modelleri dikkate alınarak 02.03.2015 ile 31.03.2015 tarihleri arasında 19 adet patlatmalı kazı faaliyeti takip edilmiş olup 2 farklı titreşim ölçer cihazlar ile patlatmadan kaynaklanan 37 adet titreşim ve hava şoku değerleri kayıt altına alınmıştır. Söz konusu titreşim ölçer cihazlar, proje alanını çevreleyen yapılar ve risk noktaları gözetilerek, risk noktaları ile patlatma noktaları arasında gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Cihazların kurulduğu noktaların koordinatları ve patlatma noktalarıyla olan mesafeleri Tablo 1.'de verilmiştir. Söz konusu patlatmalar esnasında 2 adet titreşim ölçer cihazlar (White 1454, White 1530) vasıtasıyla kayıt edilmiş ve çevredeki risk unsuru yapılar üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Patlatma yapılan nokta ile cihazların yerleştirildiği noktaların koordinatları şirketin topoğraf ekibi tarafından ölçülerek kaydedilmiştir.

Patlatmadan kaynaklı oluşan titreşim ve hava şoku değerleri mesafeyle logaritmik olarak sönümlenmektedir, dolayısıyla patlatma noktaları ile söz konusu risk unsuru yapılar arasında yerleştirilen cihazların kayıt ettiği değerler, risk unsuru yapılarda oluşacak titreşim değerlerinden daha fazla olacaktır.

Titreşim ölçer cihazlar tarafından ölçülen maksimum parçacık hız (PPV mm/s) değerleri ve frekansları aşağıdaki Tablo 4.2.'deki gibidir. Yapılan atımlara ait cihaz çıktıları EK-A'da verilmiştir.

3.3. ÇALIŞMA SAHASI

Çalışmanın gerçekleştiği Kartal Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapılandırma Projesi İnşaatı Kartal İlçe sınırlarında Cevizli Mahallesi yer almaktadır. İstanbul Kartal ilçesinin en batısında bulunan mahalledir. Mahalle D-100 karayolu ile diğer şehirlere, minibüs yolu ile de diğer ilçe ve mahallelere bağlanır. Mahalle pek yakında metro istasyonuna kavuşacaktır.

Mahalle sınırı içinde, İstanbul Halk Ekmek fabrikası , Kartal Dr. Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Koşuyolu Kalp ve Damar Hastanesi, Diktaş ip fabrikası, Meteoroloji İstanbul bölge müdürlüğü, İller Bankası 1. Bölge müdürlüğü, Anadolu Adalet Sarayı bulunmaktadır. Ayrıca mahallenin sınırları içerisinde Anadolu yakasının tüm adliyelerinin birleştiği dünyanın en büyük adalet sarayı da bulunmaktadır.

Mahallede şu okullar bulunur: Cevizli Ortaokulu, Gürbüz Bora İÖO, Mahmut Kemal İnal Ortaokulu, Çakabey İÖO, Kartal Anadolu Lisesi, Sabiha Gökçen Anadolu Kız Meslek Lisesi Kartal Cevizli İmam Hatip Anadolu Lisesi.

Cevizli Senti Kadıköy-Gebze metro hattının yapılmaya başlamasıyla birlikte semt hızla gelişmeye başlamış Dünyanın en büyük adliyesinin de yapılması buna katkı sağlamıştır. Semtteki gayrimenkul değerlerinde gözle görülür bir artış yaşanmasıyla birlikte büyük inşaat firmaları da semte büyük yatırımlar yapmışlardır. (wikipedia).

Çalışma sahasının uydu görüntüsü ve yeri Şekil 3.5.'de, genel görünümü ise Şekil 3.6.'da verilmiştir.



Şekil 3.5: Kartal Lutfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapılandırma Projesi İnşaatının Genel Görünümü (kaynak:Google).



Şekil 3.6: Kartal Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapılandırma Projesi Şantiyesinin Genel Görünümü

3. 3. 1. Cevizli Bölgesi Genel Jeolojisi

İnceleme alanında ve civarında Tersiyer-Quaterner yaşlı gevşek tortullar tarafından aşıl uyumsuzlukla örtülen Paleozoyik yaşlı istifler yer alır. İstif tabanda Ordovisiyen yaşlı birimlerle başlayıp Silüriyen ve Devoniyen yaşlı birimlerle devam eder. Alt Karbonifer yaşlı Trakya formasyonu ile son bulan Paleozoyik istifin üstüne aşıl diskordansla gelen ÜstKretase (Maestrihtiyen) yaşlı killi kireçtaşlarından oluşmuş Şemsettin formasyonu bulunur.

Dolayoba Formasyonu (Sd);

Formasyonun Kartal-Pendik ve Tuzla çevresi yanında Beykoz ve İstinye dolaylarında da yaygın mostraları bulunmaktadır. Gri, mavi bazen açık kahve renkli ve sıkı tutturulmuş kireçtaşlarından ve grimsi, mavimsi ile bazen de pembe renkli, değişik oranda kuvars kırıntılarını kapsayan kumtaşı ve morumsu kahve mavimsi gri renkli,

yumrulu ve banılı kireçtaşından oluşur. Kireçtaşları bol fosillidir. Fasiyesin kalınlığı Dolayoba çevresinde 50 m. kadardır.

Formasyonun genel geometrisi örtü tipindedir. Alt ve üst birimlerle sınırları uyumludur. Alttaki Gözdağ Formasyonu ile girik. üstteki Kanal Formasyonu ile dikey geçişlidir. Bir diğer değişle, Kartal-Pendik yöresinde Venlokiyen Jediniyen (Alt Silüriyen-Ait Devoniyen) yaşındadır. Kireçtaşlarındaki karstik boşluklar yapılaşma için sorun oluşturacağından araştırılması gerekir. Dolayoba Formasyonu görülmeye başladığı dokanak kesimlerinde parçalı ve blok olarak başlar (Kartal Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapılandırma Projesi Jeolojik Özet Raporu, Kasım-2014).

3. 3. 2. İnceleme Alanının Mühendislik Jeolojisi

İnceleme alanı İstanbul İli, Kartal İlçesi, Cevizli Mahallesiinde olup hafif eğimli bir topoğrafyaya sahiptir. Etüd alanında yapılan sondajlarda yüzeyde kalınlığı 0,00-1,00 m arasında değişen kalınlığa sahip nebati toprak bulunmaktadır. Proje alanına hakim zemin birimi sarımsı mavimsi gri renkli, kalsit damarları içeren, yer yer çok parçalı, kırıklı, çok orta derece ayrışmış KİREÇTAŞI kayaçlarından oluşmaktadır. Formasyon Dolayoba Formasyonuna ait kireçtaşı birimidir. İnceleme alanında yapılan sondajlarda kireçtaşı formasyonu içerisinde tünek yer altı suyuna rastlanılmıştır. Bu sular gerçek anlamıyla yeraltı su seviyesi olarak yorumlanmamalı, kireçtaşı içerisinde kümelenmiş tünek sular olarak yorumlanmalıdır (Kartal Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapılandırma Projesi Jeolojik Özet Raporu, Kasım-2014).

4. BULGULAR

4.1. DÜZENLENEN ATIM PATERNLERİ

Çalışma kapsamında söz konusu atımlarda uygulanan patlatma paternleri, delik düzenleri ve patlayıcı şarjları; işletmelerin yetkililerine bir kaç farklı modelde önerilmiş, gözlemlenmiş ve ölçümler bu şekildeki çalışmalara uygulanmıştır. Sahada yapılan atımlarda toplam 19 adet atıma ilişkin 37 adet patlatma geometrisi konfigürasyonları Tablo 4.2.'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Sahada yapılan 19 atımda delik çapı 89 mm. ve delik boyu 6,5 metre olan mini basamak patlatma modeli uygulanmıştır.

Ana patlayıcı madde olarak temin olanaklarına da bağlı olarak ANFO(Amonyum Nitrat ile Fuel Oil'in ağırlıkça % 94.3 / 5.7 oranında karıştırılması ile elde edilen bir patlayıcı) kullanılmıştır.

Söz konusu saha için risk unsuru taşıyan yapılara zarar vermemek adına kullanılmak üzere önerilen mini basamak patlatma ön tasarım modellerinden sahada uygulanan model plan ve kesit üzerinde Şekil 4.1. ve şekil 4.2.'de gösterilmiştir.

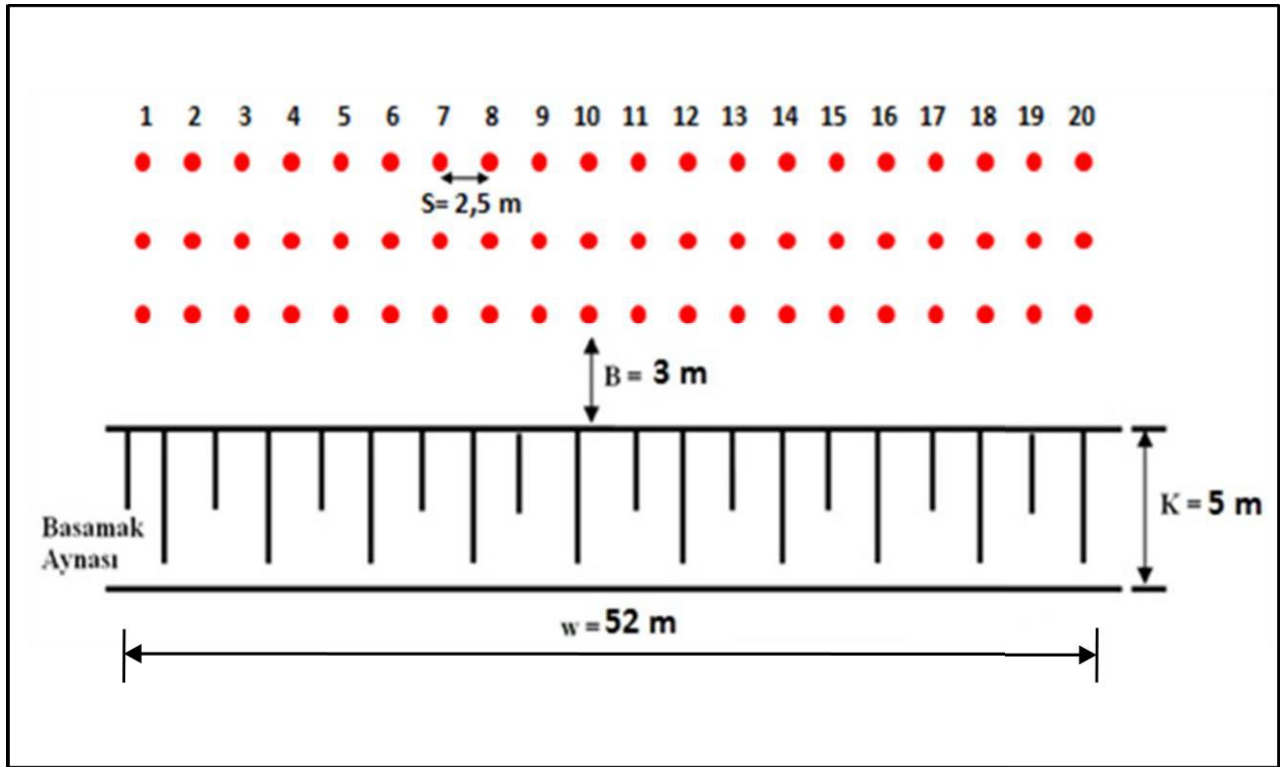
Çalışma alanında hakim olan kaya birimi yapısı itibariyle yüksek frekanslı sismik dalga ihtiva etse de, özellikle risk noktası yapılara yaklaşılacak atımlarda (5-25 m), çevre yapılara en az etkiyi sağlamak için düşük frekans hasar limit olan 19 mm/s lik eşik hasar limiti göz önünde bulundurularak değerlendirme yapılmıştır. Buna göre, bu yaklaşımlarla çeşitli mesafelerde, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği eşik hasar limiti olan; düşük frekanslar (<40 Hz) için 19 mm/s sınır değerinin aşılmaması için kullanılacak gecikme başına en fazla şarj miktarları tahmini Tablo 4.1' de görüldüğü üzere mesafenin fonksiyonu olarak değişmektedir.

Tablo 4.1: Kartal Lutfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapılandırma Projesi İnşaatı için mesafenin fonksiyonu olarak gecikme başına kullanılabilir en fazla şarj miktarları

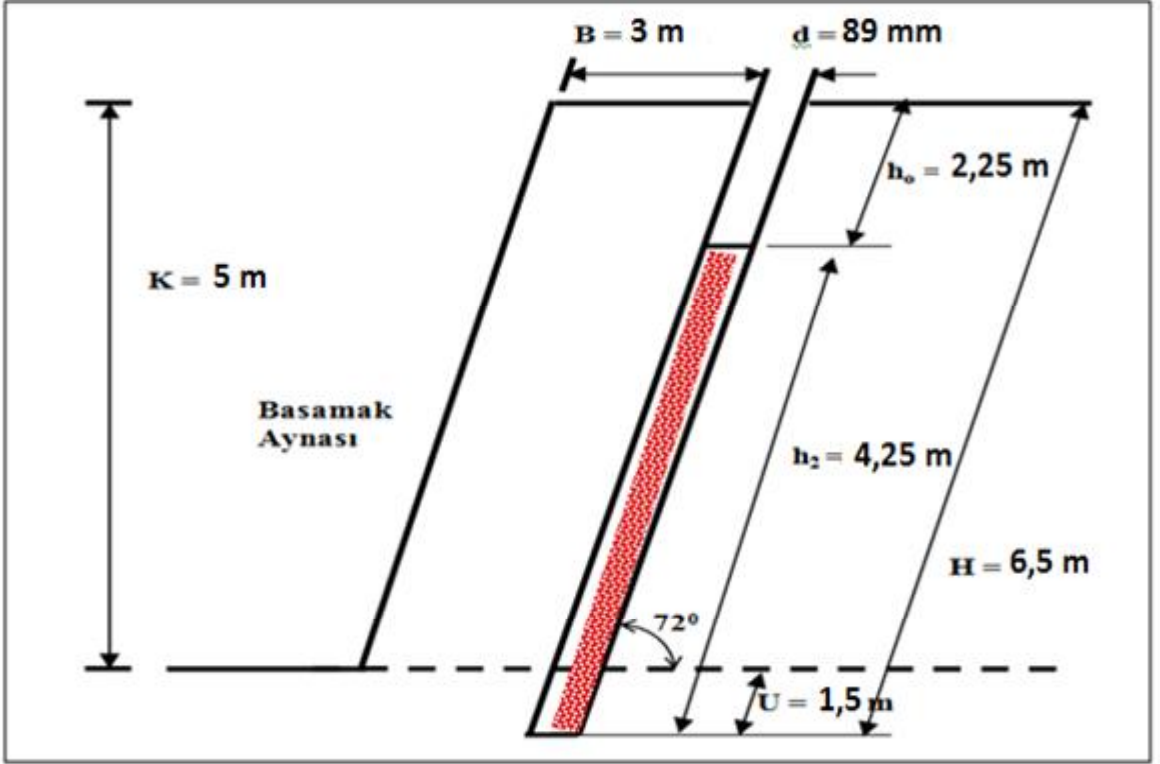
Mesafe (m)	T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (mm/s)	Kireçtaşı Birimlerinde Gecikme Başına Kullanılabilir Patlayıcı Madde Miktarı (kg) PPV=234*SD ^{-0,91} (Kahrıman Eşitliği)
5	19	0,10
10		0,40
15		0,90
20		1,60
25		2,5
30		3,6
35		4,9
40		6,4
50		10
60		14,44
70		19,5
80		25,5

Tablo 4. 3: Uygulanan patlatma geometrisi

Basamak yüksekliği	K (m)	5
Delik çapı	d (mm)	89
Delik Uzunluğu	H (m)	6,5
Dilim Kalınlığı	B (m)	3
Delikler arası Mesafe	S (m)	2,5
Sıkılama	h_0 (m)	2,25
Şarj Yoğunluğu	l_b (kg/m)	3,8
Şarj Miktarı	Q (kg)	15
Özgül Delme	b (m/m^3)	0,21
Özgül Şarj	q (kg/m^3)	0,49



Şekil 4.1: Uygulanan mini basamak patlatma tasarım modeli (plan üzerinde)



Şekil 4.2: Uygulanan mini basamak patlatma tasarım modeli (kesit üzerinde)



Şekil 4.3: Atım noktaları ve Ölçüm istasyonlarının krokisi

4.2. ÖLÇÜM SONUÇLARI

02 Mart 2015-31 Mart 2015 tarihleri arasında gerçekleştirilen, konumu, paterni ve patlayıcı tüketimleri, aşağıda detaylı olarak açıklanan toplam 19 atıma ait titreşim ölçümleri, Patlatma Titreşim Ölçer Cihazı (White 1454, White 1530) ile yapılmıştır. Titreşim ölçer cihazları, söz konusu sahada yapılan atım noktaları çevresinde muhtelif uzaklıklarda belirlenen ölçüm istasyonlarına yerleştirilmiştir. Atım noktaları ile yer sarsıntısı ve hava şoku ölçüm istasyonları arasındaki mesafeler ise saha ölçüm grubu tarafından belirlenmiştir.

Atımlar sonucunda cihazlar tarafından kaydedilen toplam 37 olayın maksimum parçacık hızlarını, frekans değerlerini ve hava şoku değerlerini içeren tablo bilgileri ile istasyon noktaları ve atımlar arasındaki mesafeleri, Tablo 4.3.'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 4.4: Atımlar sonucunda ölçülen titreşimlerin veri kaydı, atımların yeri ve koordinatları

Atım No	Tarih	Saat	Enine (PVT) (mm/s)	Frekans (f) (Hz)	Düşey (PVV) (mm/s)	Frekans (f) (Hz)	Boyuna (PVL) (mm/s)	Frekans (f) (Hz)	Max. Parçacık Hızı (PPV)	Frekans (f) (Hz)	Hava Şoku (dB)	Toplam Şarj (kg)	Geçirme Başına Toplam Şarj (W)	Mesafe (R) (m)	Ölçekli Mesafe (SD)	İstasyon No	Atım Noktasının Koordinatları			İstasyon Noktasının Koordinatları			Yatay mesafe
																	Y	X	Z	Y	X	Z	
1	02.03.2015	17:00	3	42,6	1,778	36,5	2,92	39,3	2,92	42,6	100	2440	15,25	191,83	49,12	1454	430579	4531562	49	430391	4531600	52,5	191,80
1	02.03.2015	17:00	6,92	34,1	6,85	64	9,14	42,6	9,14	42,6	100	2440	15,25	77,09	19,74	1530	430579	4531562	49	430606	4531634	54,5	76,90
2	03.03.2015	17:00	3,55	42,6	3,17	36,5	3,81	30,1	3,81	30,1	100	2440	15,25	191,83	49,12	1454	430579	4531562	49	430391	4531600	52,5	191,80
2	03.03.2015	17:00	14,98	42,6	9,14	56,8	18,28	46,5	18,28	46,5	100	2440	15,25	77,09	19,74	1530	430579	4531562	49	430606	4531634	54,5	76,90
3	04.03.2015	17:00	4,19	32	3,68	46,5	4,95	32	4,95	32	100	2440	15,25	169,54	43,41	1454	430553	4531551	42,5	430391	4531600	52,5	169,25
3	04.03.2015	17:00	6,03	30,1	3,81	25,6	9,39	28,4	9,39	28,4	100	2440	15,25	136,19	34,87	1530	430478	4531588	47,5	430606	4531634	54,5	136,01
4	05.03.2015	17:00	6,98	22,2	5,58	39,3	9,27	19,6	9,27	19,6	100	2440	15,25	87,97	22,53	1454	430478	4531588	47,5	430391	4531600	52,5	87,82
4	05.03.2015	17:00	3,42	30,1	2,28	25,6	5,14	25,6	5,14	25,6	100	2440	15,25	110,39	28,27	1530	430527	4531558	41,5	430606	4531634	54,5	109,62
5	06.03.2015	17:00	9,27	28,4	6,09	34,1	6,98	25,6	9,27	28,4	100	2440	15,25	151,56	38,81	1454	430467	4531574	47,5	430606	4531634	54,5	151,40
5	06.03.2015	17:00	11,43	32	11,93	28,4	12,19	28,4	12,19	28,4	100	2440	15,25	80,63	20,65	1530	430467	4531574	47,5	430391	4531600	54,5	80,32
6	10.03.2015	17:20	2,03	16,5	1,02	16,5	1,77	22,2	2,03	16,5	100	2440	15,25	246,53	63,13	1454	430543	4531406	46,5	430391	4531600	52,5	246,45
6	10.03.2015	17:20	5,46	1	5,52	1	5,46	1	5,52	1	100	2440	15,25	151,91	38,90	1530	430543	4531496	46,5	430606	4531634	54,5	151,70
7	11.03.2015	17:40	5,71	26,9	1,91	42,6	2,92	19,6	5,71	26,9	100	2440	15,25	236,01	60,44	1454	430574	4531451	49,5	430391	4531600	52,5	235,99
7	11.03.2015	17:40	18,79	39,3	32,51	34,1	23,87	42,6	32,51	34,1	100	2440	15,25	149,7	38,33	1530	430469	4531574	48	430606	4531634	54,5	149,56
8	12.03.2015	17:30	0,12	0	6,35	32	5,84	21,3	6,35	32	100	2020	15,25	236,31	60,51	1454	430576	4531453	49,5	430391	4531600	52,5	236,29
8	12.03.2015	17:30	18,54	42,6	11,93	23,2	23,11	39,3	23,11	39,3	100	2020	15,25	97,51	24,97	1530	430576	4531542	42,5	430606	4531634	54,5	96,77
9	13.03.2015	17:30	1,02	30,1	0,76	16,5	1,02	21,3	1,02	30,1	100	2020	15,25	239,72	61,39	1454	430587	4531462	50	430391	4531600	52,5	239,71
9	13.03.2015	17:30	6,41	2,8	6,47	2,8	6,41	2,8	6,47	2,8	100	2020	15,25	112,47	28,80	1530	430541	4531543	42,5	430606	4531634	54,5	111,83
10	16.03.2015	17:30	0,12	0	2,79	20,4	4,06	19,6	4,06	19,6	100	2020	15,25	187,83	48,10	1454	430455	4531523	42	430606	4531634	54,5	187,41
10	16.03.2015	17:30	29,46	22,2	26,16	22,2	21,08	42,6	29,46	22,2	100	2020	15,25	100,67	25,78	1530	430455	4531523	42	430391	4531600	52,5	100,12
11	17.03.2015	17:40	16,25	39,3	48,76	30,1	29,97	20,4	48,76	30,1	100	1400	15,25	48,89	12,52	1454	430443	4531483	42	430420	4531440	45,5	48,76

11	17.03.2015	17:40	11,93	25,6	3,62	30,1	6,35	32	11,93	25,6	100	1400	15,25	102,25	26,18	1530	430479	4531549	42	430391	4531600	52,5	101,71
12	19.03.2015	17:30	16,25	32	29,97	32	23,87	28,4	29,97	32	100	1280	16	58,9	14,73	1454	430464	4531479	42	430420	4531440	45,5	58,80
12	19.03.2015	17:30	4,06	32	2,22	42,6	2,92	30,1	4,06	32	100	1280	16	148,5	37,13	1530	430521	4531529	42	430391	4531600	52,5	148,12
13	20.03.2015	17:30	16,76	24,3	17,78	25,6	31,49	22,2	31,49	22,2	100	1600	16	51,69	12,92	1454	430491	4531560	42,5	430520	4531602	50,7	51,04
13	20.03.2015	17:30	4,69	22,2	7,04	26,9	6,41	28,4	7,04	26,9	100	1600	16	108,17	27,04	1530	430491	4531560	42,5	430391	4531600	52,5	107,70
14	23.03.2015	17:30	16,25	28,4	21,84	34,1	24,38	25,6	24,38	25,6	100	1900	16	51,69	12,92	1454	430491	4531560	42,5	430520	4531602	50,7	51,04
14	23.03.2015	17:30	3,81	42,6	3,68	24,3	3,49	24,3	3,81	42,6	100	1900	16	108,17	27,04	1530	430491	4531560	42,5	430391	4531600	52,5	107,70
15	24.03.2015	17:30	6,61	30,1	9,77	39,3	8,51	28,4	9,77	39,3	100	1900	16	66,95	16,74	1454	430471	4531481	41	430439	4531423	50,7	66,24
15	24.03.2015	17:30	2,85	30,1	3,81	26,9	5,21	32	5,21	32	100	1900	16	143,85	35,96	1530	430471	4531481	41	430391	4531600	52,5	143,39
16	25.03.2015	17:30	23,36	56,8	30,48	39,3	50,29	34,1	50,29	34,1	100	800	10	33,33	10,54	1454	430570	4531563	38,5	430599	4531552	50,7	31,02
16	25.03.2015	17:30	2,85	26,9	2,85	26,9	3,32	26,9	3,32	26,9	100	800	10	183,32	57,97	1530	430570	4531563	38,5	430391	4531600	52,5	182,78
17	27.03.2015	17:30	9,65	28,4	9,52	32	11,43	30,1	11,43	30,1	100	2260	15	60,68	15,67	1454	430541	4531539	38,5	430599	4531552	50,7	59,44
17	27.03.2015	17:30	3,17	32	3,36	22,2	3,74	25,6	3,74	25,6	100	2260	15	162,53	41,97	1530	430541	4531539	38,5	430391	4531600	52,5	161,93
18	30.03.2015	17:40	10,41	21,3	5,96	24,3	7,04	21,3	10,41	21,3	100	2260	15	51,69	13,35	1530	430491	4531560	42,5	430520	4531602	50,7	51,04
19	31.03.2015	17:40	37,08	24,3	29,97	32	38,61	22,2	38,61	22,2	100	1800	15	58,88	15,20	1454	430469	4531575	39	430520	4531602	50,7	57,71
19	31.03.2015	17:40	12,7	25,6	17,78	51,2	22,86	17,6	22,86	17,6	100	1800	15	83,01	21,43	1530	430469	4531575	39	430391	4531600	52,5	81,91

4.3. ÖLÇÜM SONUÇLARININ HASAR RİSKİ DEĞERLENDİRMESİ

4.3.1. Atım Sonuçlarının İstatistiksel Analizi

Case Processing Summary

	N
Total Cases	36
Excluded Cases ^a	0
Forecasted Cases	0
Newly Created Cases	0

a. Cases with a missing value in any variable are excluded from the analysis.

Variable Processing Summary

	Variables	
	Dependent	Independent
	logppv	logsd
Number of Positive Values	36	36
Number of Zeros	0	0
Number of Negative Values	0	0
Number of Missing Values	User-Missing	0
	System-Missing	0

Çalışmada 37 adet veriden 36 adeti kullanılmıştır. 1 adet verinin ölçüm hatası vb gibi bir sorun olabileceği için kayıtlardan çıkartılmıştır. Mevcut 36 adet maksimum parçacık hızı (ppv) ile ölçekli mesafe (sd) ölçüm verileri SPSS programı ile test edilmiştir. Titreşim değerleri logaritmik olarak değiştiği için mevcut logaritmik veriler lineer verilere dönüştürülerek regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi 2 aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, ortalama değerlere göre parçacık hızı (PPV) ile ölçekli mesafe (SD) değerlerinin lineer karşılıkları kullanılarak ilişkilendirilmiştir.

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
,836	,698	,689	,225

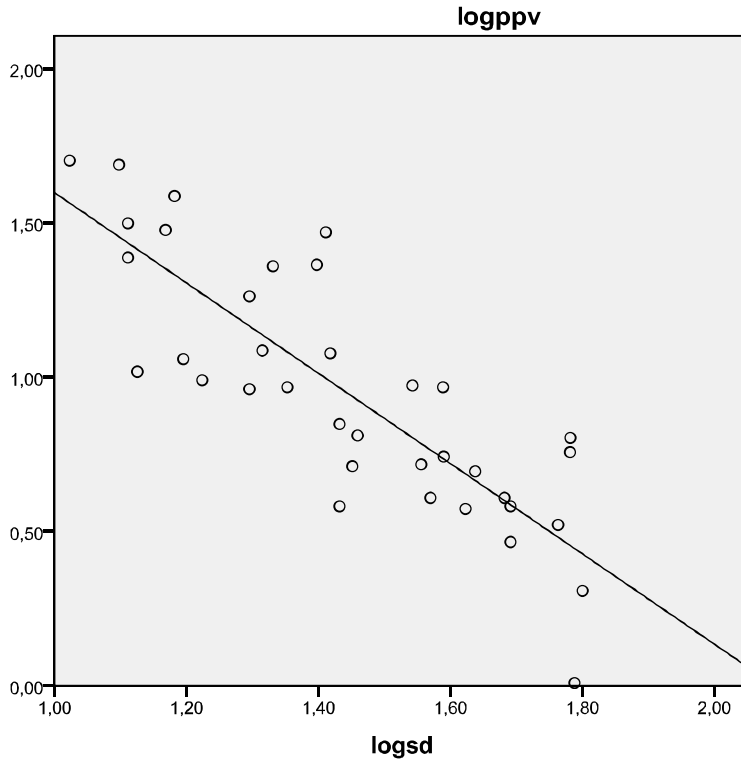
The independent variable is logsd.

Coefficients					
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
logsd	-1,463	,165	-,836	-8,869	,000
(Constant)	3,060	,241		12,709	,000

Ortalama tahmin hattına göre (%50) elde edilen katsayılar

$$PPV=1148*SD^{-1,46} \quad r=0,84$$

Olarak hesaplanmıştır. İlişkinin korelasyon katsayısı %84 olarak hesaplanmıştır. Bu katsayı literatüre göre güvenilir bir katsayıdır.



Şekil 4.4:PPV ve Ölçekli Mesafe Arasındaki İlişki (%50 tahmin hattına göre)

İkinci aşamada ise; kritik noktalar için %95 üst tahmin hattına göre ilişki analizi yapılmıştır. Buna göre;

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	1,000 ^a	1,000	1,000	,00586310

a. Predictors: (Constant), logsd

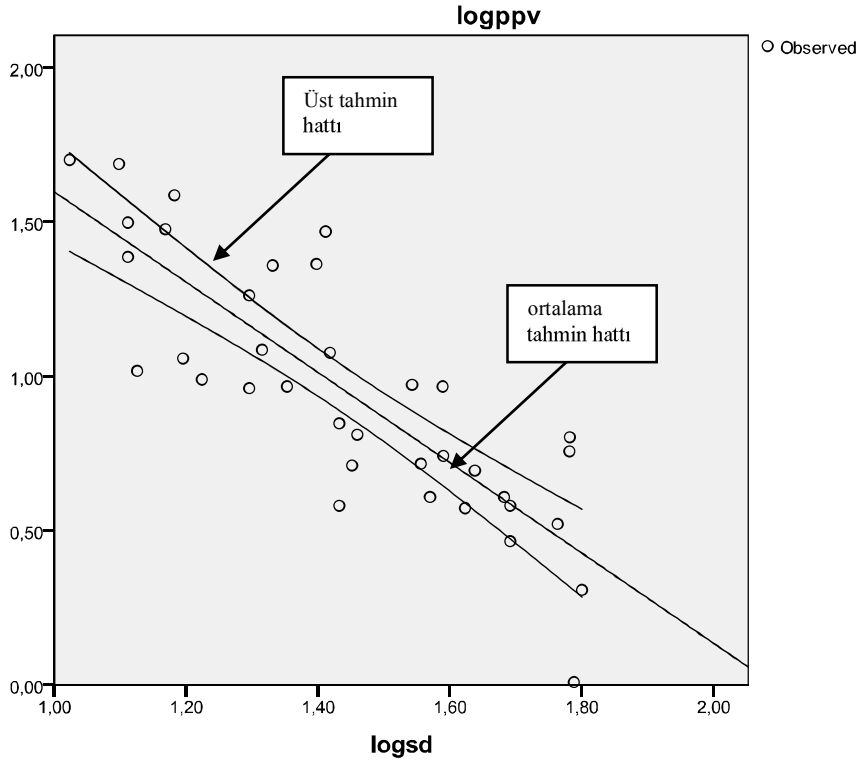
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3,533	,006		563,722	,000
	logsd	-1,464	,004	-1,000	-341,137	,000

a. Dependent Variable: 95% UCL for logppv with logsd from CURVEFIT, MOD_2 LINEAR

Üst tahmin hattına göre (%95) elde edilen katsayılar

$$PPV=3412*SD^{-1,46} \quad r=1$$

Olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.5:PPV ve Ölçekli Mesafe Arasındaki İlişki(%95 tahmin hattına göre)

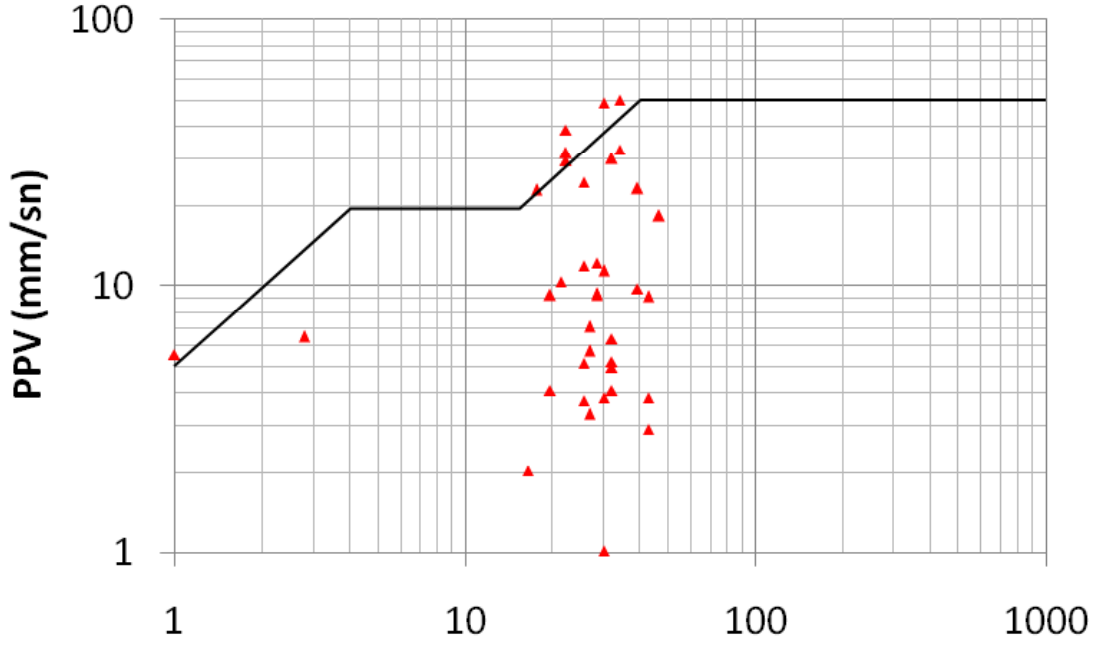
Sonuç olarak, ilgili arazi için istatistiksel olarak elde edilen tahmin denklemleri;

%50 tahmin hattı	$PPV=1148*SD^{-1,46}$	$r=0,84$
%95 tahmin hattı	$PPV=3412*SD^{-1,46}$	$r=1$

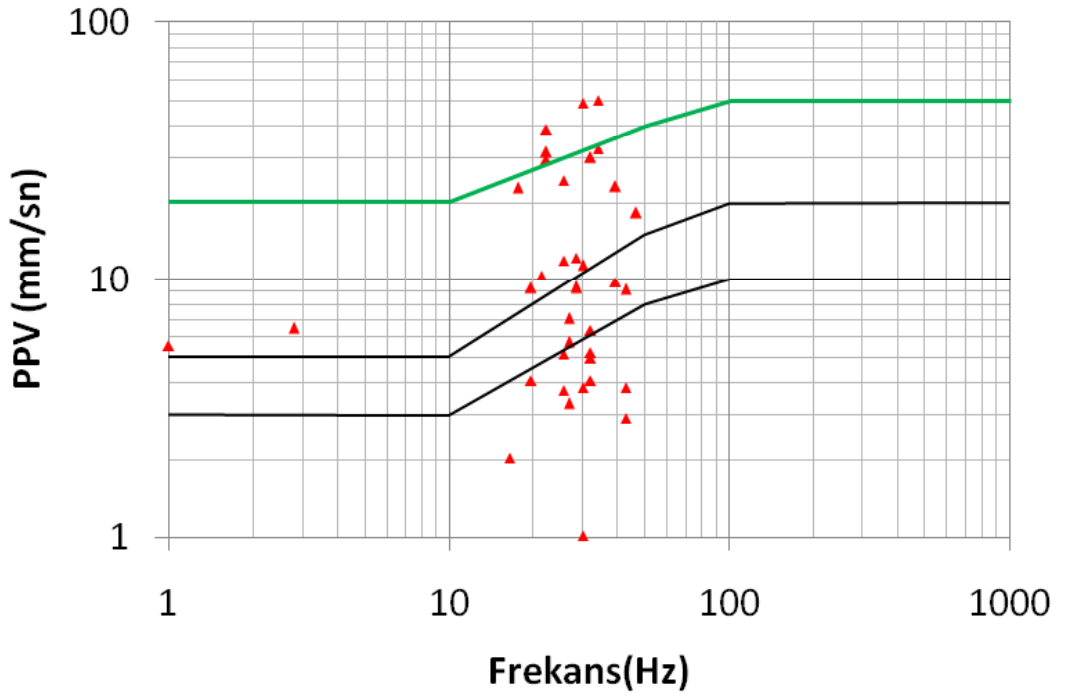
4.3.2. Atım Sonuçlarının Hasar Riski Değerlendirmesi

Araştırma kapsamında; mini basamak patlatmalarında cihazların kaydettiği yer sarsıntısı ölçüm sonuçlarının çevredeki yapılara etki derecelerini tahmin ve mukayese etmek amacıyla; parçacık hız bileşenleri, oluşum frekansları da dikkate alınarak,daha önce bahsedilen uluslararası USBM, Alman DIN 4150 ve T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği normlarına göre değerlendirilmiştir.

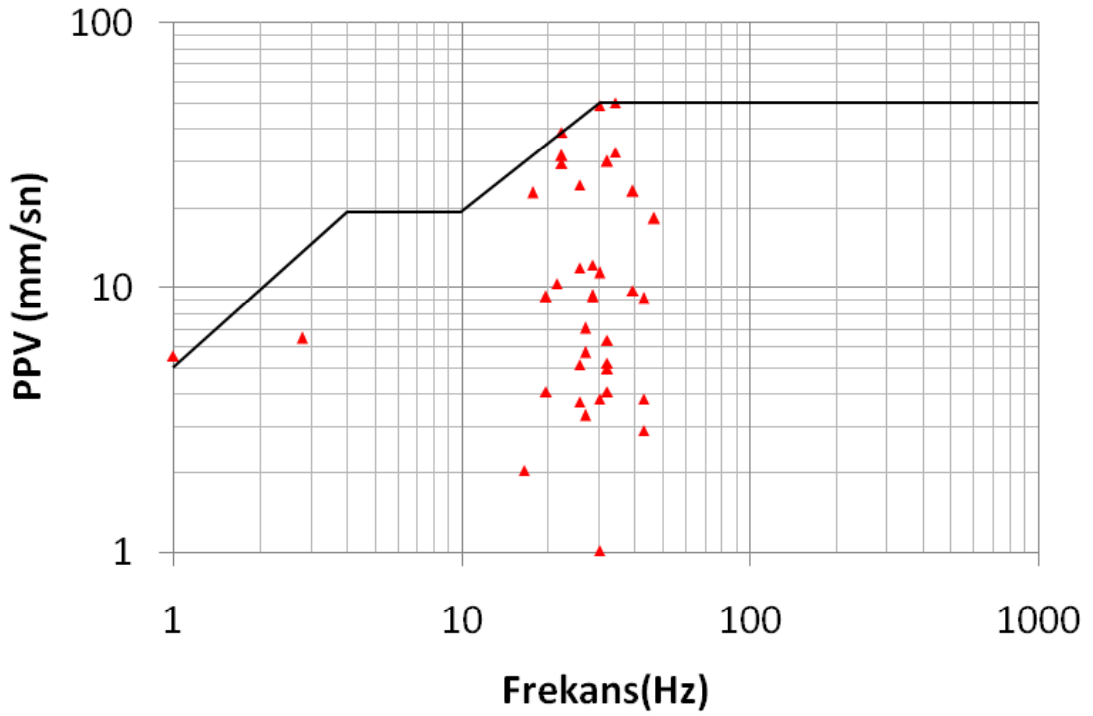
Kaydedilen tüm atımlarda ölçülen maksimum parçacık hızı ve karşılık gelen frekans değerleri, USBM, Alman DIN 4150 ve T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği normları alternatif hasar kriterlerine göre mukayese edilmiştir. Şekil 4.3., 4.4., ve 4.5. üzerinde titreşim ve parçacık hız değerleri normlara göre verilmiştir.



Şekil 4. 6: Kaydedilen maksimum parçacık hızı ve frekansların USBM Normuna göre yorumu



Şekil 4.7: Kaydedilen maksimum parçacık hızı ve frekansların DIN 4150 Normuna göre yorumu



Şekil 4. 8: Kaydedilen maksimum parçacık hızı ve frekansların Türk Normuna göre yorumu

Şekil 4.3, 4.4, ve 4.5'den de anlaşılacağı üzere, kazı alanında yapılan mini basamak atımlarında ölçülen değerler, USBM, DIN 4150 Alman Normu ve T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Normu'nun eşik hasar limitleri baz alındığında;

Şekil 4.3'de görüldüğü üzere 5 mini basamak atımında kaydedilen değerler, USBM Normu'nun betonarme yapılar için belirlenen eşik hasar limitlerinin üzerinde çıkmıştır.

Şekil 4.4'de görüldüğü üzere 5 mini basamak atımında kaydedilen değerler, DIN 4150 Alman Normu'nun betonarme çelik konstrüksiyon gibi dayanıklı yapılar için belirlenen eşik hasar limitlerinin üzerinde çıkmıştır.

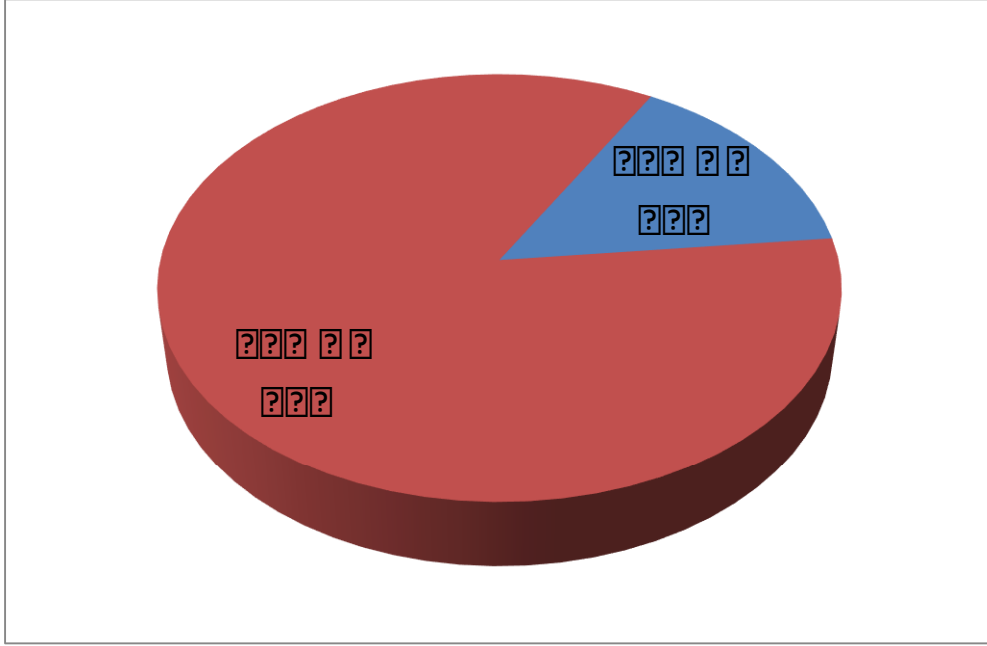
Şekil 4.5' de görüldüğü üzere 3 mini basamak atımında kaydedilen değerler, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Normu'nun eşik hasar limitleri açısından değerlendirildiğinde sınır da çıkarken diğer tüm atım değerleri hasar limitlerinin altında çıkmıştır.

Kaydedilen bu 3 sınır değere rağmen yapılan atımlardan, risk unsuru olarak görülen eski Hastane binasına en yakınının 50 m mesafeden yapılan atım olduğunu değerlendirdiğimizde kaydedilen değerlerin T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre çevredeki yerleşim birimlerindeki yapılara zarar veremeyeceği anlaşılmaktadır.

Ayrıca 5 mini basamak atımında kaydedilen değerlerin, USBM ve DIN 4150 Alman Normu'nun eşik hasar limitlerinin üzerinde çıkmasının sebebi atım noktalarıyla ölçüm istasyonları arasındaki mesafelerin diğer atımlara göre çok daha az olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme Tablo 4.3'te verilen mesafelerde de açıkça görülmektedir. Karşılaştırma yapıldığı zaman atımların T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Normu'na uyumlu olmasının en büyük nedeni "Gecikme Başına Kullanılabilecek Patlayıcı Madde Miktarının", T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğine göre izin verilen en yüksek titreşim hızı(19mm/sn) ve bölgenin genel jeolojisi baz alınarak belirlenmesinden kaynaklanmaktadır.

4.3.3. Atımların Rezonans Riski Açısından Değerlendirmesi

Gecikme başına düşen şarjın mevcut olanaklarla ve risk unsuru olan eski hastane binası düşünülerek kısıtlanmaya çalışıldığı bu atımlarda; kaydedilen olaylarda ortaya çıkan maksimum parçacık hızlarına karşılık gelen frekans değerlerinin dağılımları T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre incelendiğinde, atımların %85'nin 40 Hz'den az ve %15'nin de 40 Hz'den yüksek olduğu anlaşılmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.9: Kaydedilen Frekans değerlerinin dağılımı

Ölçülen titreşim frekansların, genel olarak 5–10 Hertz düzeyinde olan yapıların öz yapısal frekanslarıyla karşılaştırıldığında, rezonans riskinin minimum düzeyde olacağını göstermektedir.

4.3.4. Ölçüm Sonuçlarının Betonarme Yapılara Etkisi Açısından Değerlendirmesi

Çalışma kapsamında, temel kazısı alanındaki uzaktaki diğer yapılara göre (metro hattı, yollar ve diğer çevre binalar) çok daha yakın risk unsuru olarak görülen Hastane binasına zarar vermeme üzere yapılacak atımlarda sahanın yakın, uzak ve ortalama mesafelerinde gecikme başına kullanılacak en yüksek patlayıcı madde miktarları literatürde yer alan beton yaşını ve mesafeyi esas alarak kullanılacak gecikme başına en fazla patlayıcı madde miktarı tahminini Tablo 4.1.' de verilmiştir.

Tablo 4.1.'e göre risk oluşturabilecek hastane binasına 5 metre mesafede yapılacak atımlarda kullanılacak gecikme başına en fazla patlayıcı madde miktarı 0,10 kg. iken, bu değer 10, 15, 20, 25, 30,35,40,50,60,70 m mesafelerde sırasıyla 0,40 kg., 0,90 kg, 1,60 kg, 2,5 kg, 3,6 kg, 4,9 kg, 6,4 kg, 10 kg, 14,44 kg, 19,5 kg olacaktır. Buradan da anlaşılacağı gibi patlatma geometrisi tasarımlarının mini basamak uygulaması şeklinde mesafenin fonksiyonu olarak değişken olarak düzenlenmesi gerekmektedir.

Bunun anlamı risk noktalarına uzak mesafelerde nispeten daha büyük basamak yükseklikleri ile çalışılabilecekken yakın mesafedeki hastane binasına yaklaşırken tercihen azalan yüksekliklere geçilmesi gerekecektir. Hastane binasına zarar vermemek üzere yapılan patlatma tasarımı ve uygulamalarının, titreşimlerin mesafeyle logaritmik olarak sönümlendiğinden çok daha uzaktaki diğer yapılara zarar vermeyeceği de açıktır.

4.3.5. İcra Edilen Patlatmaların Diğer Çevresel Etkiler ve İş Güvenliği ile ilgili Alman Tedbirler Açısından Değerlendirmesi

- Kaya fırlamasının önüne geçilmesi için her atımda ve tüm yüzeyi kapayacak şekilde mutlak suretle kauçuk hasır örtüler(mat) kum torbalarıyla destekli olarak kullanılmıştır.
- Delikler eğik delinmiş ve yeterince sıkılama yapılmıştır.
- Her atım için mutlaka patlatma patern ve protokolleri usulüne uygun tanzim edilerek arşivlenmiştir.
- Patlatma öncesi uygun noktalara yerleştirilen su tankerlerinden fiskiye ile yıkım alanı sulanmış ve böylelikle toz oluşumu engellenmiştir.
- Deliklere patlayıcı şarjına başlamadan önce, patlatma sahası gözle rahatlıkla görülebilir belirteçlerle çevrilmiştir.
- Patlatma sahasına ilgisiz kişilerin girmesine ve yaklaşmasına izin verilmemiştir.
- Gereksiz ekipmanlar patlatma sahasından uzaklaştırılmıştır.
- Doldurma işlemine başlamadan önce deliklerin doğru boyda delinip delinmediği ölçülmüş, deliklerde tıkanma olup olmadığı kontrol edilmiştir.
- Delik ağzında problem çıkarabilecek gevşek taşlar temizlenmiştir.
- Şarj sırasında ağırlıklı şerit metre ile şarj kolon boyu sık sık ölçülmüştür.
- Sulu deliklerde ANFO yerine Emülsiyon patlayıcılar kullanılmıştır.
- İkaz ve uyarı işaretleri konulmuştur.
- Patlamamış patlayıcı olup olmadığı kontrol edilmiştir.
- Atım sonrası düzgün bir kırılma olup olmadığı kontrol edilmiştir.
- Hiçbir tehlike olmadığından emin oluncaya kadar patlatma sahasına kimse sokulmamıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada amaç; yerleşim birimlerindeki sert ve sağlam yapılı kaya birimlerinde yapılacak temel kazı patlatmalarından kaynaklanan çevresel sorunların ne olduğunun ve alınacak önlemlerle, uygun patlatma tasarımlarıyla bu etkilerin minimum düzeye indirmenin gerekliliğini ortaya koymaktır. Yapılan patlatma çalışmaları sırasında, titreşim ölçer cihazı ile alınan titreşim kayıtlarından elde edilen veriler ışığında ortaya çıkan sonuçlar ve bu sonuçlardan elde edilen bulgulara dayalı olarak gelecekte yapılacak faaliyetlerde dikkate alınması gerekli görülen bazı öneriler aşağıda sıralanmıştır.

Her bir istasyon türü ve dalga türüne göre yapılan istatistiksel analizler neticesinde elde edilen maksimum parçacık hızı (PPV) ile ölçekli mesafe (SD) nin ilişkilendirilmesi ile bulunan tahmin denkleminde görülmüştür. Bu verilerin istatistiksel analizinde literatüre uygun iyi korelasyonlu ampirik bir ilişki elde edilmiştir ($r=0,84$). Söz konusu saha için bu denklem tünel patlatmalarında titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda; herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşimin hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede önemli bir yaklaşım olarak rahatlıkla (kabul edilebilir limitlerdeki bir sapma ile) kullanılabilir.

Söz konusu sahada titreşim ölçer cihazları ile 19 atımda kaydedilen toplam 37 olay değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında; cihazların kaydettiği yer sarsıntısı ölçüm sonuçlarının çevredeki yapılara etki derecelerini tahmin ve mukayese etmek amacıyla; parçacık hız bileşenleri, oluşum frekansları da dikkate alınarak, daha önce bahsedilen uluslararası USBM, Alman DIN 4150 ve T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği normlarına göre değerlendirilmiştir. Şekil 4.3, 4.4, ve 4.5'den de anlaşılacağı üzere, yapılan atımlarda bazı atımların ölçülen değerleri, söz konusu hasar normlarına ait eşik hasar limitlerinin üzerinde çıkmıştır. Bunun sebebi atım noktalarıyla ölçüm istasyonlarının arasındaki mesafenin diğer atımlara nazaran çok daha az olmasıdır. Ancak atımların T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Normu'na uyumlu olduğu görülmüştür.

USBM ve DIN 4150 Alman Normu ile T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Normu'nun karşılaştırması yapıldığı zaman atımların T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Normu'na uyumlu olmasının en büyük nedeni "Gecikme Başına Kullanılabilecek Patlayıcı Madde Miktarının" T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğine göre izin verilen en yüksek titreşim hızı(19mm/sn) ve bölgenin genel jeolojisi baz alınarak belirlenmesinden kaynaklanmaktadır.

Titreşim ölçer cihazlar ile alınan kayıtlardan elde edilen verilere göre; Gecikme başına düşen şarjın en yakın kritik mesafeye göre uygun bir miktar olması, patlatma tasarımının doğru bir şekilde yapılması ve iş güvenliği tedbirlerinin en ufak detayı bile gözden kaçırmadan alınması güzel sonuçlar doğurmaktadır. Aslında mevcut olanaklarla kısıtlanmaya çalışıldığı bu atımlarda; kaydedilen olaylarda ortaya çıkan maksimum parçacık hızlarına karşılık gelen frekans değerlerinin dağılımları T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Normu'na göre incelendiğinde, atımların %15'i 40 Hz'den fazla ve %85'i 40 Hz'den az olmuştur. Fakat söz konusu saha yakınında yerleşim birimlerinin olmasından dolayı, bu değerlerin her zaman çevre yapılar için belli bir hızda hasar riski taşıyabileceği gerçeği unutulmamalıdır.

Sonuç olarak bu çalışma kapsamında, temel kazısı için yapılan mini basamak patlatmalarından kaynaklanan çevresel etkiler, titreşim ölçer cihazlar ile alınan kayıtlardan elde edilen verilere göre; uygun tasarımlar seçilmesi ve tedbirlerin üst seviyede alınması neticesinde minimum düzeyde olmaktadır.

Patlatma temel kazılar için önemli bir gereksinim ve verimli olmasının yanı sıra ciddi ve hatayı kabul etmeyen bir faaliyettir. Unutulmamalıdır ki; patlatmada yüzde 99 başarı aslında felakettir.

KAYNAKLAR

ANON, 1998, *Blasters' Handbook, 17 th Edition*, International Society Of Explosives Engineers Cleveland, Ohio. USA.

ANON, 2010, *Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği*, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

ARPAZ, E., 2000, *Türkiye'deki Bazı Açık İşletmelerde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

BAUER, A., CALDER, P.N., 1977; *Pit Slope Manual*, Chapter 7, Canmet Report 77-14.

BİLGİN, H.A, 1986; *Açık İşletmelerde Patlatma Sorunları ve Tasarımı*, TKİ Genel Müdürlüğü Yayım, ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü Seminerleri, Seminer No: 2, Ankara.

CEYLANOĞLU, A., KAHRİMAN, A., DEMİRCİ, A., 1993; *Delme-Patlatmanın Önemi, Kullanıldığı Alanlar ve Maden Mühendisliği ile İlgisi, 1. Delme ve Patlatma Sempozyumu*, Ankara, 127-138.

KARAKUŞ, Y., 2012, *Yerleşim Birimlerinde Yapılacak Temel Kazılarında Mini Basamak Patlatma Sisteminin Uygulanabilirliği Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

DICK, R.A., et. all., 1983, *Explosives and Blasting Procedures Manual*, USBM, USA.

DOWDING, C.H., 1985, *Blast Vibration Monitoring and Control*, Prentice-Hall, USA.

Google Earth, 2015, Google Inc., CA, USA.

GUPTA, R.N., ROY, P.P., SINGH, B., 1988, *On a Blast Induced Blast Vibration Predictor for Efficient Blasting*, *Safety in Mines Research Proceedings of The 22nd International Conference of Safety in Mines Research Institutes*, Editor:Dai Guoquan, 1015-1021

HOEK, E., BRAY, J.W., 1991, *Kaya Şev Stabilitesi*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, (Çevirenler: Paşamehmetoğlu, A.G., Özgenoğlu, A., Karpuz, C.) Ankara. INSTANTEL INC., 1993, *Blastmate Series II User Manual*, Canada.

ISRM, 1992, *Suggested Method for Blast Vibration Monitoring*, International Society for Rock Mechanics, Commission on Testing Methods, Edited By The Secretariat In Lisbon, USA., 145-156.

- JOHNSTON, G.J., DURUCAN, Ş., 1994, The Numerical Prediction, Analysis and Modelling of Ground Vibration Induced by Blasting, *Third International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection*, 18-20 October, İstanbul.
- JIMENO, C.L., JIMENO, E.L., CARCENDO, F.J.A, 1995, *Drilling and Blasting of Rocks*, AABalkema, Rotterdam, Brookfield.
- KAHRİMAN, A., 2003, *Patlatma Mühendisliği Ders Notları*, İ.Ü. Müh. Fak. Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- KAHRİMAN, A., 2001, Prediction of Particle Velocity Caused by Blasting for an Infrastructure Excavation Covering Granite Bedrock, *Mineral Resources Engineering*, Imperial College Pres, 10(2), 205-218.
- KAHRİMAN, A., GÖRGÜN, S., KARADOĞAN, A., TUNCER, G., 2001b, Attenuation of Ground Vibration Induced by Blasting at Can Open - Pit Lignite Mine in Turkey, *The Twenty-Seventh Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, ISEE*, Orlando, Florida, U.S.A., 351-361.
- KAHRİMAN, A., CEYLANOĞLU, A., DEMİRCİ, A., 1996, Sivas-Ulaş Yöresi Sölestit Açık İşletmesinde Basamak Patlatmasından Kaynaklanan Yersarsıntısı Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi, *II. Delme Patlatma Sempozyumu*, Ankara.
- KARADOĞAN, A., 2008, *Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimler İçin Ulusal Yapı Hasar Kriterleri Oluşturulabilirliğinin Araştırılması*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- KONYA C.J., WALTER, E.J., 1991, *Rock Blasting and Overbreak Control*, NHI Course No:13211, US Department of Transportation, Virginia, USA.
- KONYA, C.J., WALTER, E.J., 1990, *Surface Blast Design*, New Jersey, USA.
- NICHOLLS, H.R, JOHNSON, C.F., DUVALL, W.L, 1971, Blasting Vibrations and Their Effects on Structure, *United States Department of Interior, USBM*, Bulletin 656.
- OSM, 1983, Rules and Regulations, *Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement*, 46, USA.
- OZER, U., KAHRİMAN, A., ADIGÜZEL, D., KARADOGAN, A., AKSOY, M., 2007, The Analysis Of Ground Vibration Induced By Blasting At Different Rock Units On Istanbul Kadiköy-Kartal Subway Tunnel Route, *7th International Conference: Modern Management of Mine Producing Geology and Environment Protection*, 11-15 June, Albena Resort, Varna, Bulgaria, 2007.
- PAŞAMEHMETOĞLU, A.G., et. al., 1986, *Divriği Madenleri Müessesesi Açık Ocağında Patlatma Sorunlarının Etüdü*", ODTÜ, Ankara.
- SCHILLINGER, R. 2006, The State of Human Annoyance at Blasting Works in Accordance with Environmental Conditions under Inclusion of Standards, *Proceedings*

of The Thirty – Second Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, 29 January – 1 February, Dallas, Texas, USA. 135-148.

Kartal Lutfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi Yeniden Yapılandırma Projesi Jeolojik Özet Raporu, Kalyon İnşaat, Kasım 2014.

14/8/1987 tarihli ve 87/12028 sayılı Tekel dışı bırakılan patlayıcı maddelerle av malzemesi ve benzerlerinin üretimi, ithali, taşınması, saklanması, depolanması, satışı, kullanılması, yok edilmesi, denetlenmesi usul ve esaslarına ilişkin Tüzük.

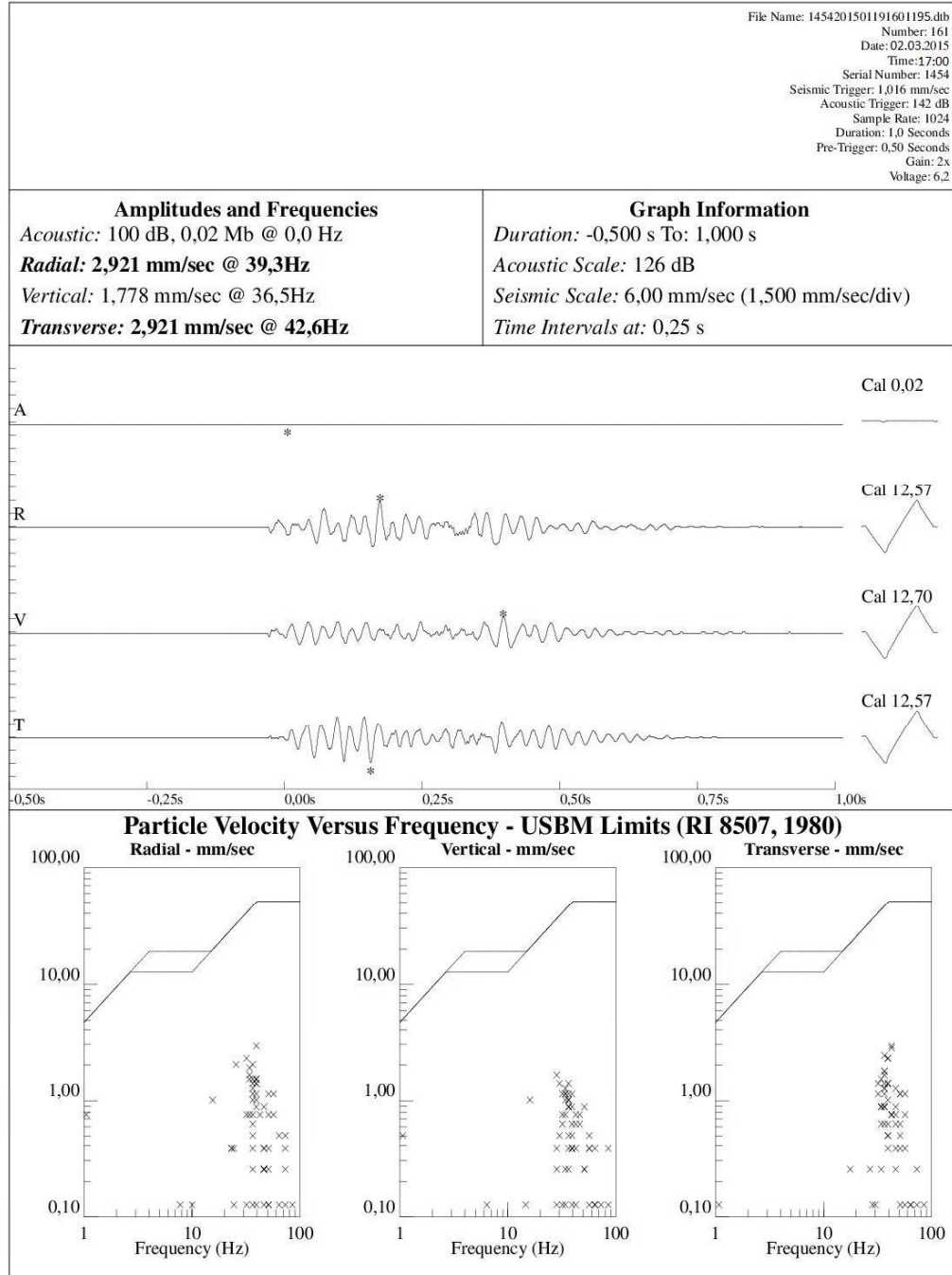
14 Mayıs 1999 tarih, 23695 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Tüzük değişikliği.

Wikipedia, Cevizli, Kartal, https://tr.wikipedia.org/wiki/Cevizli,_Kartal

EKLER

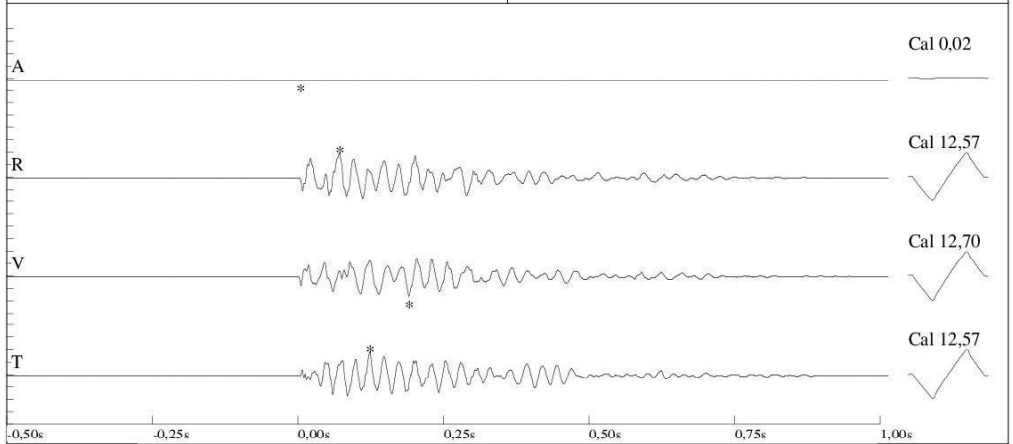
EK- A

Patlatmaya Ait Titreşimlerin Cihaz Çıktıları

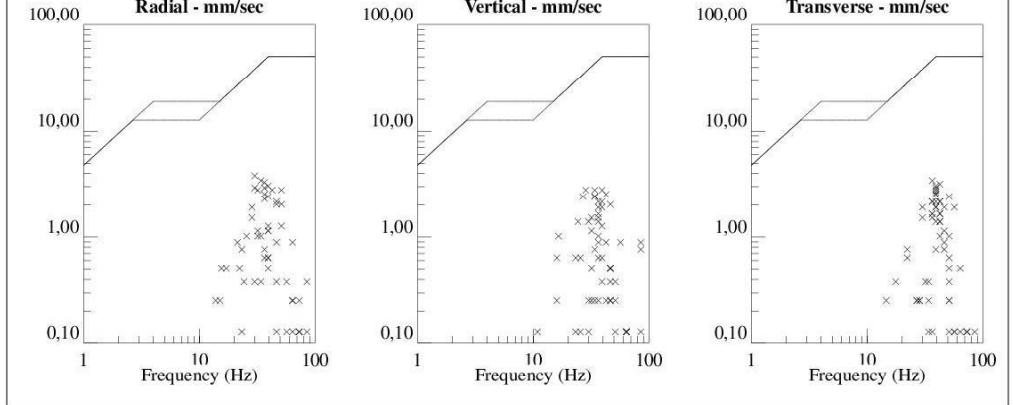


File Name: 1454201501191601196.dtb
 Number: 160
 Date: 03.03.2015
 Time: 17:02
 Serial Number: 1454
 Seismic Trigger: 1,016 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 1,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 2x
 Voltage: 6,3

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 100 dB, 0,02 Mb @ 0,0 Hz Radial: 3,810 mm/sec @ 30,1Hz Vertical: 3,175 mm/sec @ 36,5Hz Transverse: 3,556 mm/sec @ 42,6Hz	Duration: -0,500 s To: 1,000 s Acoustic Scale: 126 dB Seismic Scale: 7,80 mm/sec (1,950 mm/sec/div) Time Intervals at: 0,25 s

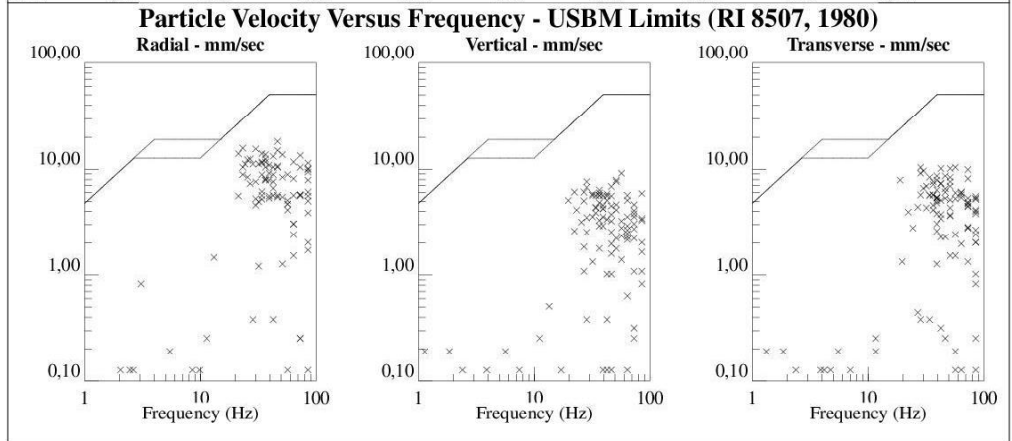
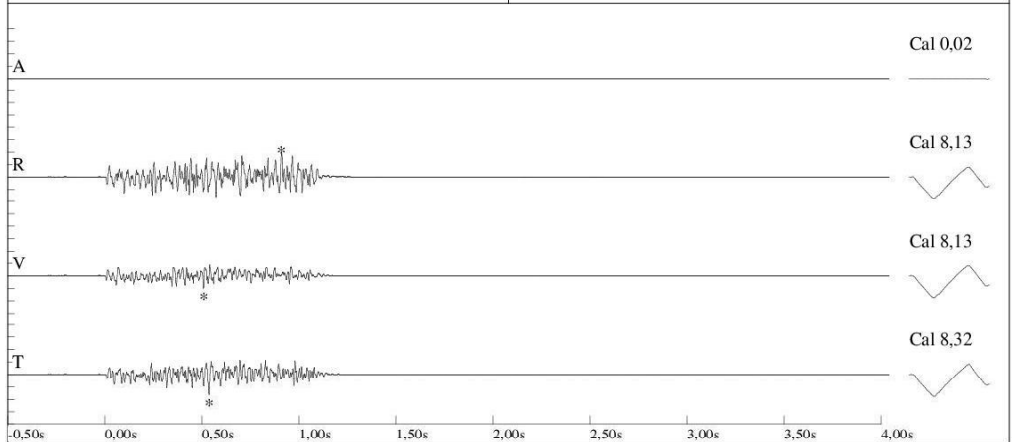


Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)



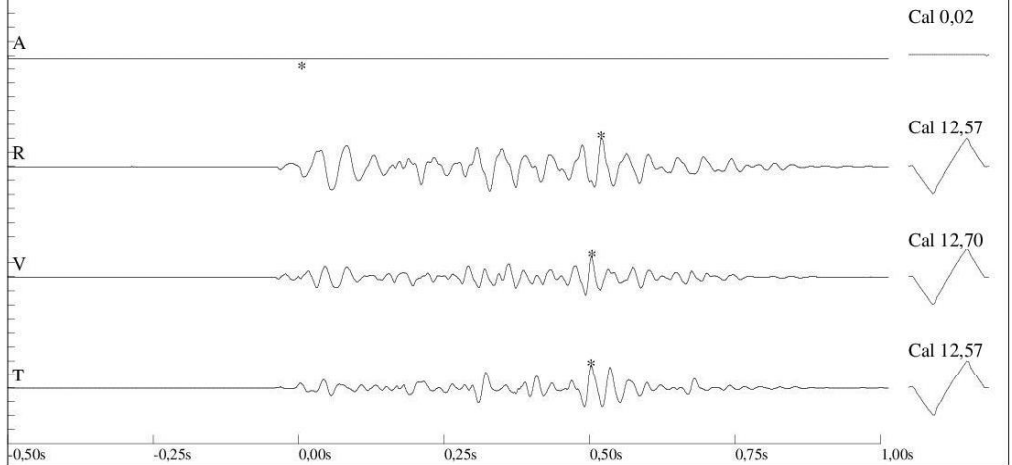
File Name: 1530201502141603258.dtb
 Number: 128
 Date: 03.03.2015
 Time: 17:06
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 5,2

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: <100 dB, <0.02 Mb @ 0,0 Hz	Duration: -0,500 s To: 4,000 s
Radial: 18,288 mm/sec @ 46,5Hz	Acoustic Scale: 126 dB
Vertical: 9,144 mm/sec @ 56,8Hz	Seismic Scale: 36,60 mm/sec (9,150 mm/sec/div)
Transverse: 14,986 mm/sec @ 42,6Hz	Time Intervals at: 0,50 s

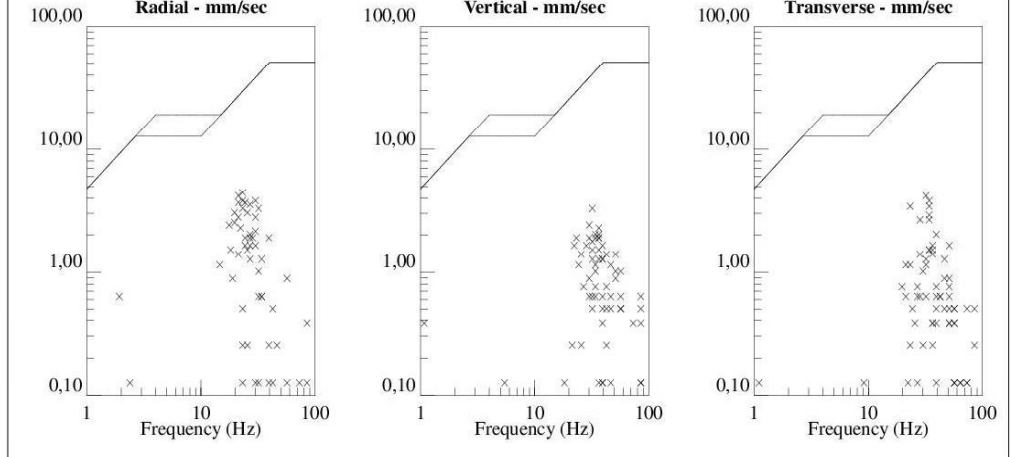


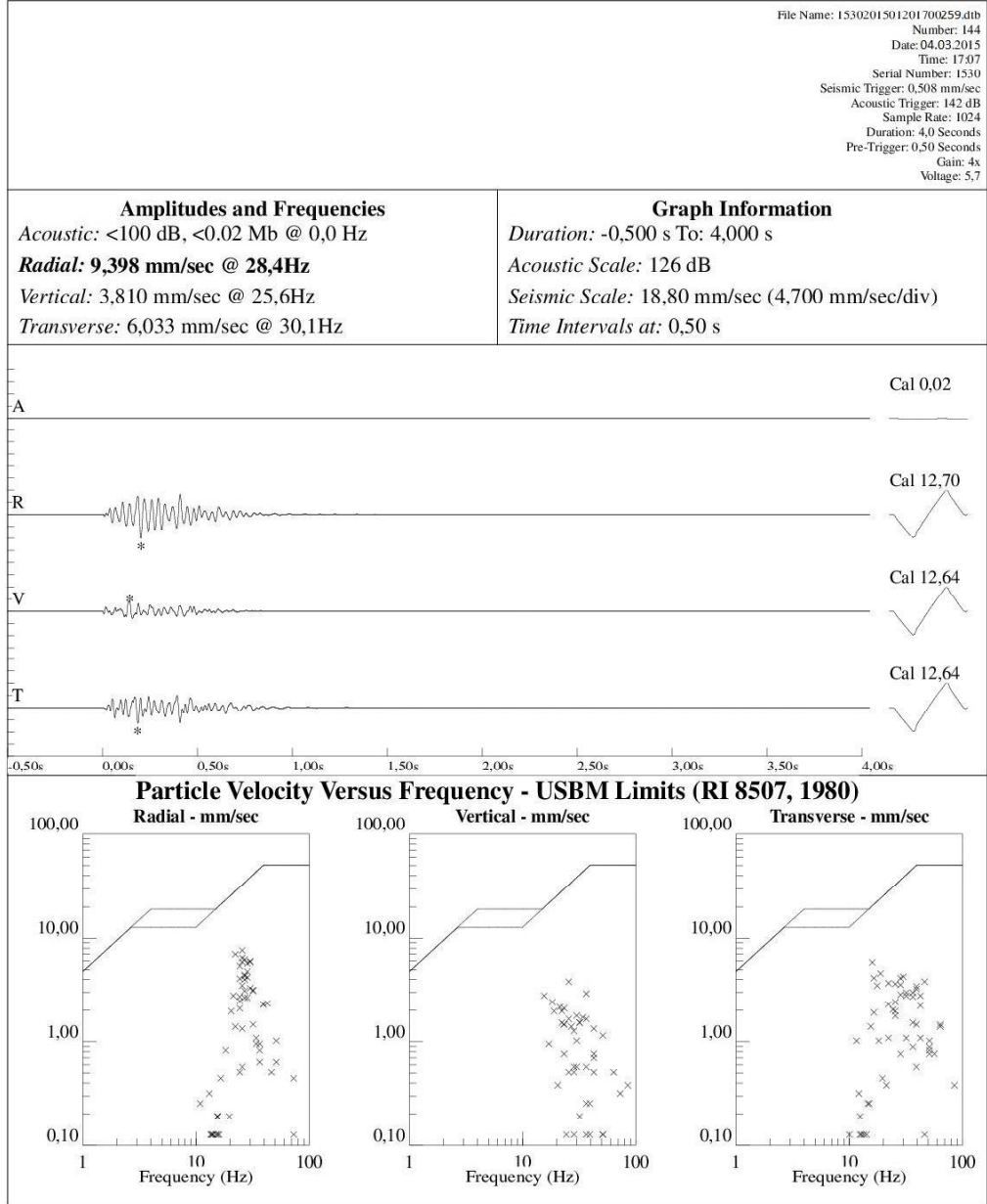
File Name: 1454201501211601198.dtb
 Number: 166
 Date: 04.03.2015
 Time: 17:04
 Serial Number: 1454
 Seismic Trigger: 1,016 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 1,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 2x
 Voltage: 6,2

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 100 dB, 0,02 Mb @ 0,0 Hz	Duration: -0,500 s To: 1,000 s
Radial: 4,953 mm/sec @ 32,0Hz	Acoustic Scale: 126 dB
Vertical: 3,683 mm/sec @ 46,5Hz	Seismic Scale: 10,00 mm/sec (2,500 mm/sec/div)
Transverse: 4,191 mm/sec @ 32,0Hz	Time Intervals at: 0,25 s



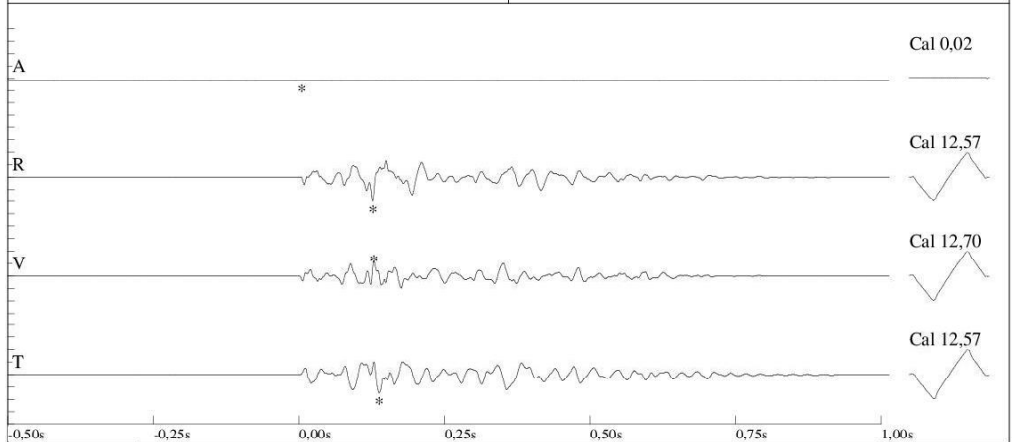
Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)



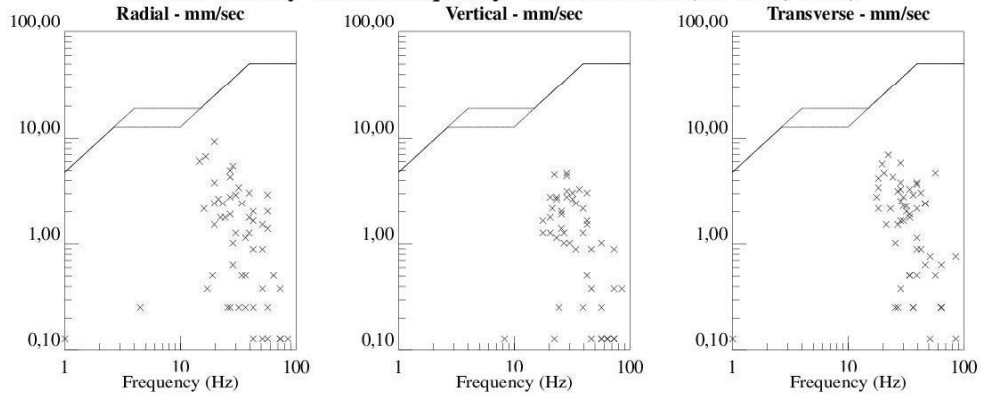


File Name: 1454201501201600199.dtb
 Number: 162
 Date: 05.03.2015
 Time: 17:06
 Serial Number: 1454
 Seismic Trigger: 1,016 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 1,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 2x
 Voltage: 6,3

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 100 dB, 0,02 Mb @ 0,0 Hz Radial: 9,271 mm/sec @ 19,6Hz Vertical: 5,588 mm/sec @ 39,3Hz Transverse: 6,985 mm/sec @ 22,2Hz	Duration: -0,500 s To: 1,000 s Acoustic Scale: 126 dB Seismic Scale: 18,60 mm/sec (4,650 mm/sec/div) Time Intervals at: 0,25 s



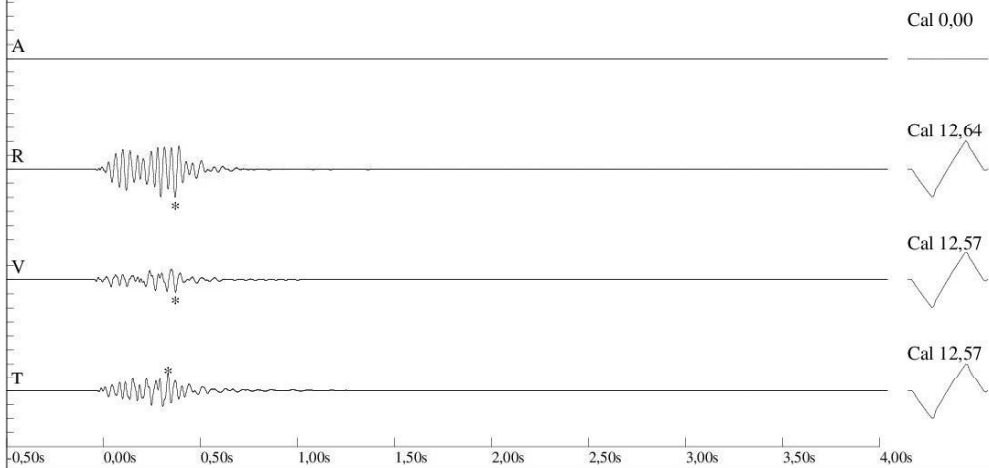
Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)



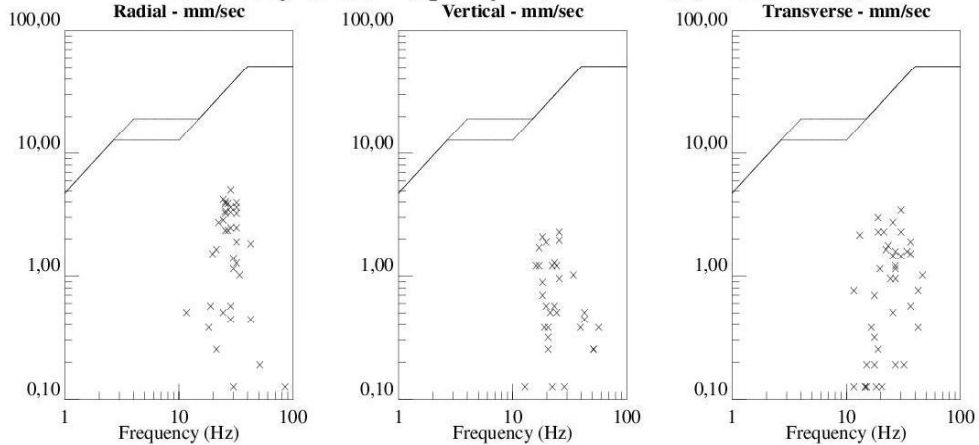
File Name: 1530201501201700312.dtb
 Number: 145
 Date: 05.03.2015
 Time: 17:07
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 5,7

Amplitudes and Frequencies
 Acoustic: <100 dB, <0.02 Mb @ 0,0 Hz
Radial: 5,144 mm/sec @ 25,6Hz
 Vertical: 2,286 mm/sec @ 25,6Hz
 Transverse: 3,429 mm/sec @ 30,1Hz

Graph Information
 Duration: -0,500 s To: 4,000 s
 Acoustic Scale: 126 dB
 Seismic Scale: 10,30 mm/sec (2,575 mm/sec/div)
 Time Intervals at: 0,50 s



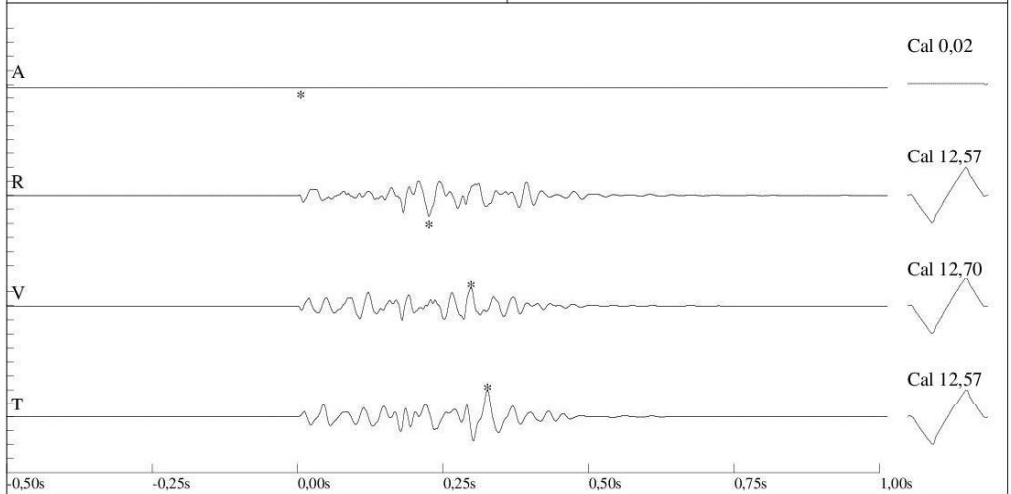
Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)



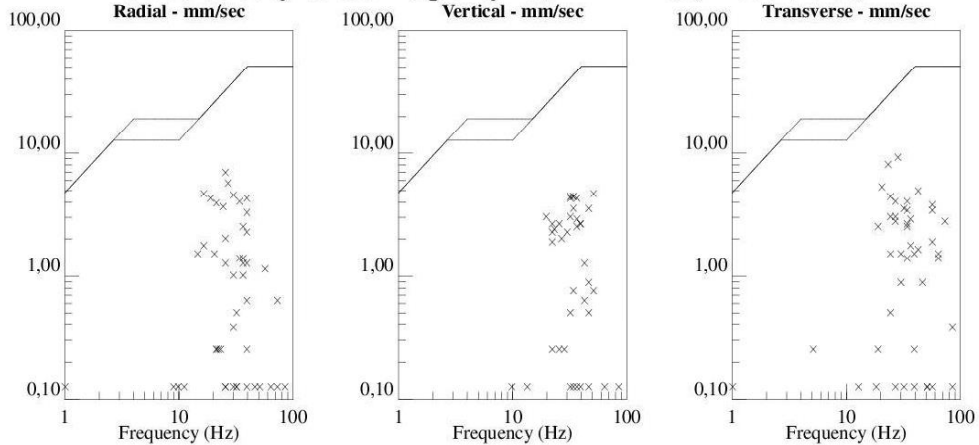
File Name: 1454201501201600210.dtb
 Number: 163
 Date: 06.03.2015
 Time: 17:08
 Serial Number: 1454
 Seismic Trigger: 1,016 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 1,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 2x
 Voltage: 6,2

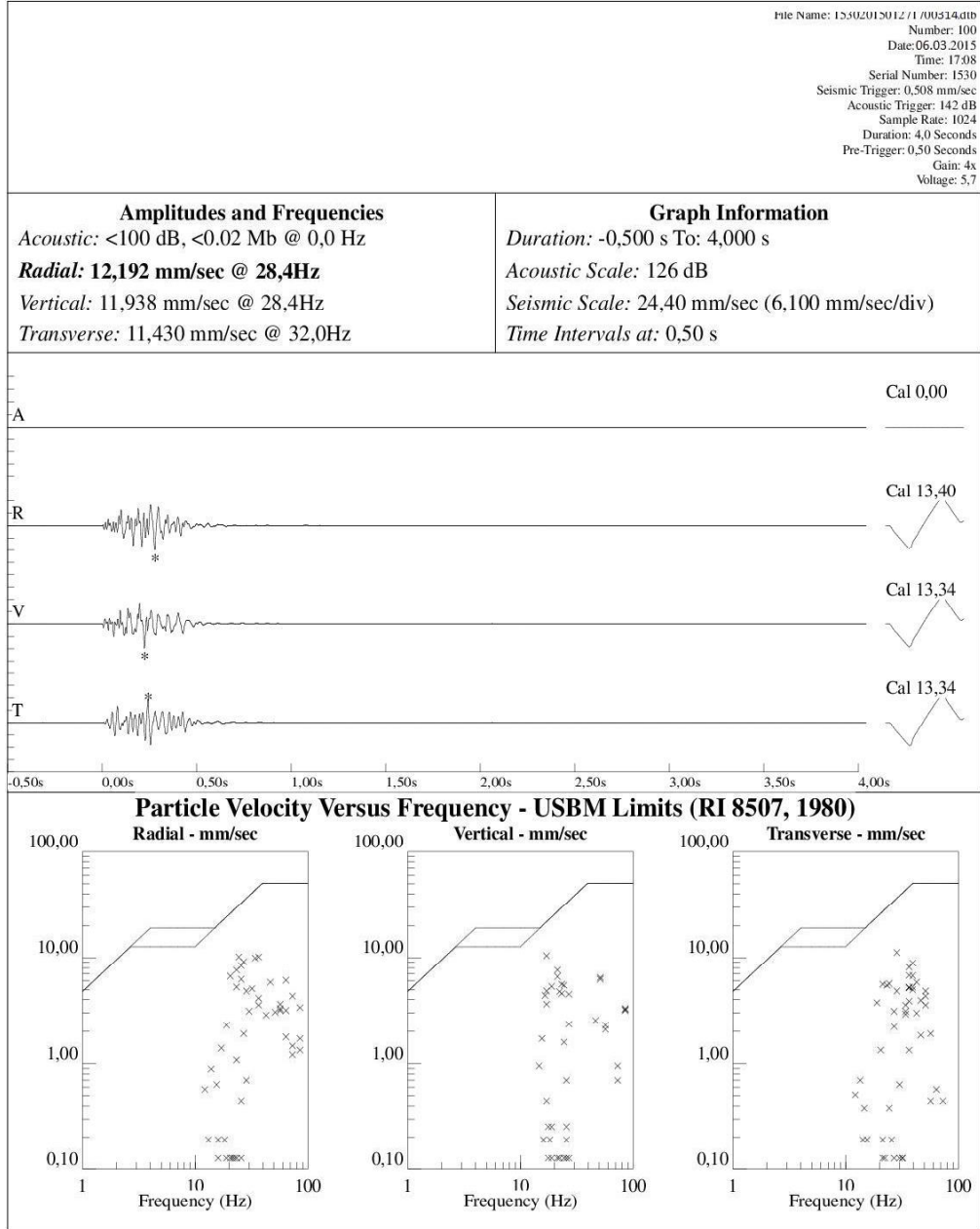
Amplitudes and Frequencies
 Acoustic: 100 dB, 0,02 Mb @ 0,0 Hz
 Radial: 6,985 mm/sec @ 25,6Hz
 Vertical: 6,096 mm/sec @ 34,1Hz
 Transverse: **9,271 mm/sec @ 28,4Hz**

Graph Information
 Duration: -0,500 s To: 1,000 s
 Acoustic Scale: 126 dB
 Seismic Scale: 18,60 mm/sec (4,650 mm/sec/div)
 Time Intervals at: 0,25 s



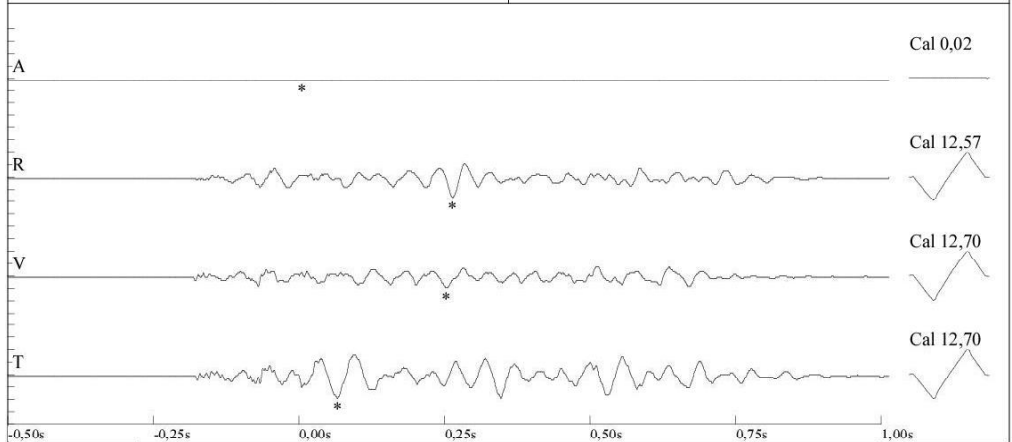
Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)



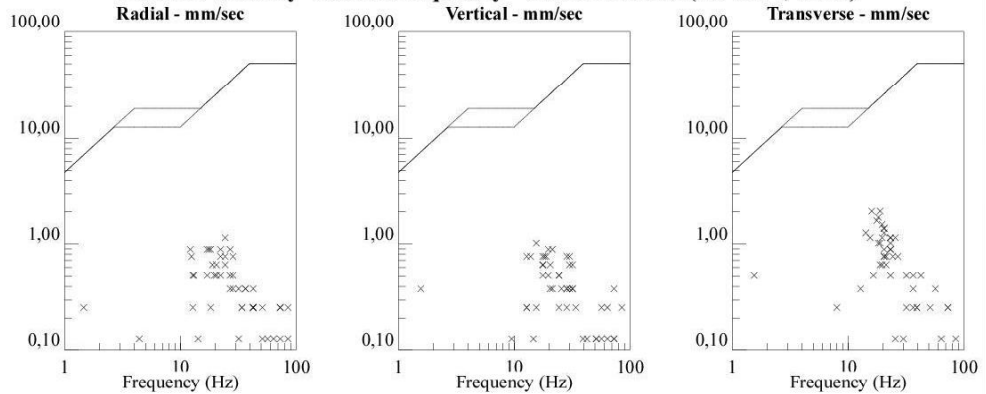


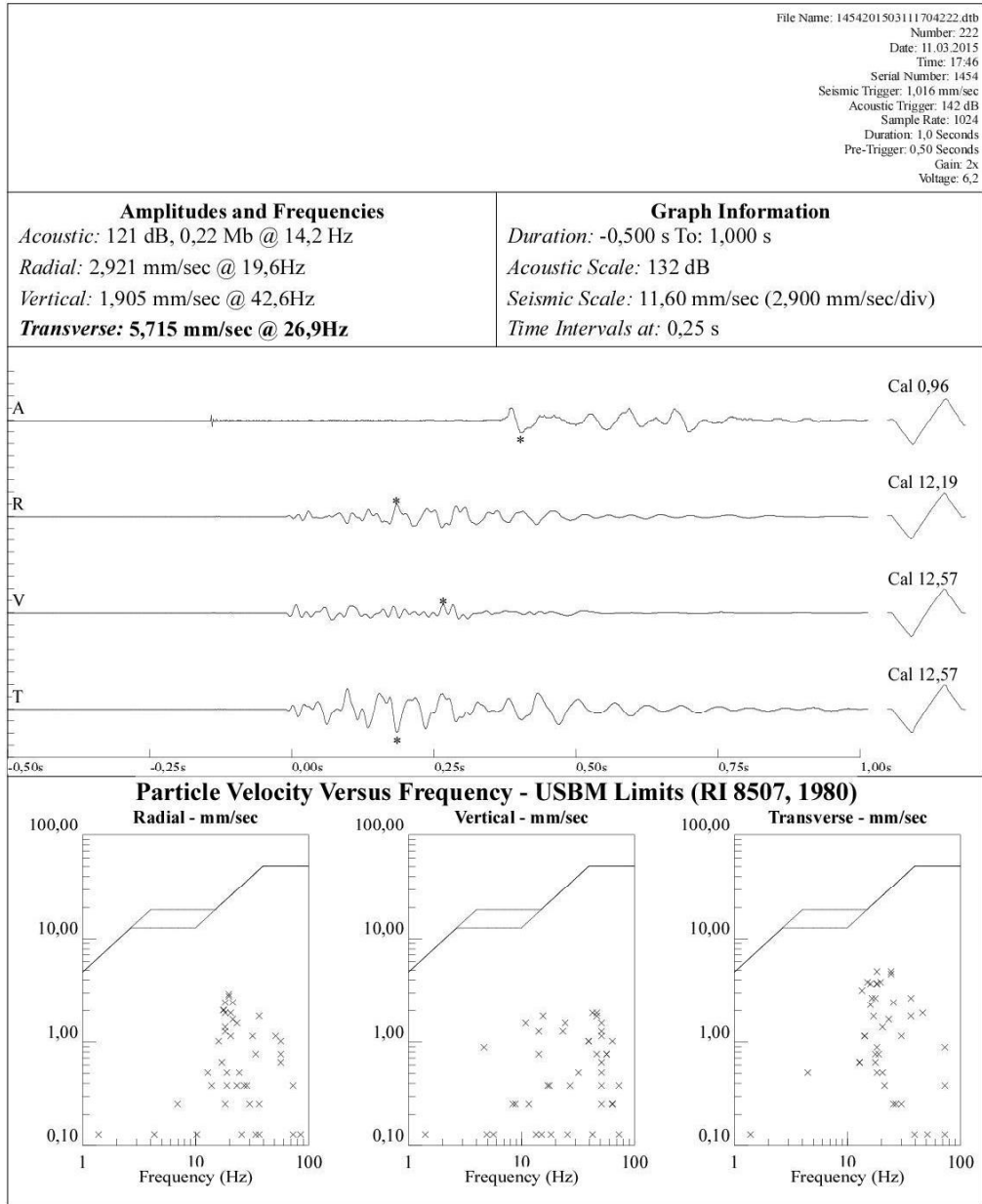
File Name: 1454201503101704220.dtb
 Number: 220
 Date: 10.03.2015
 Time: 17:45
 Serial Number: 1454
 Seismic Trigger: 1,016 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 1,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 2x
 Voltage: 6,2

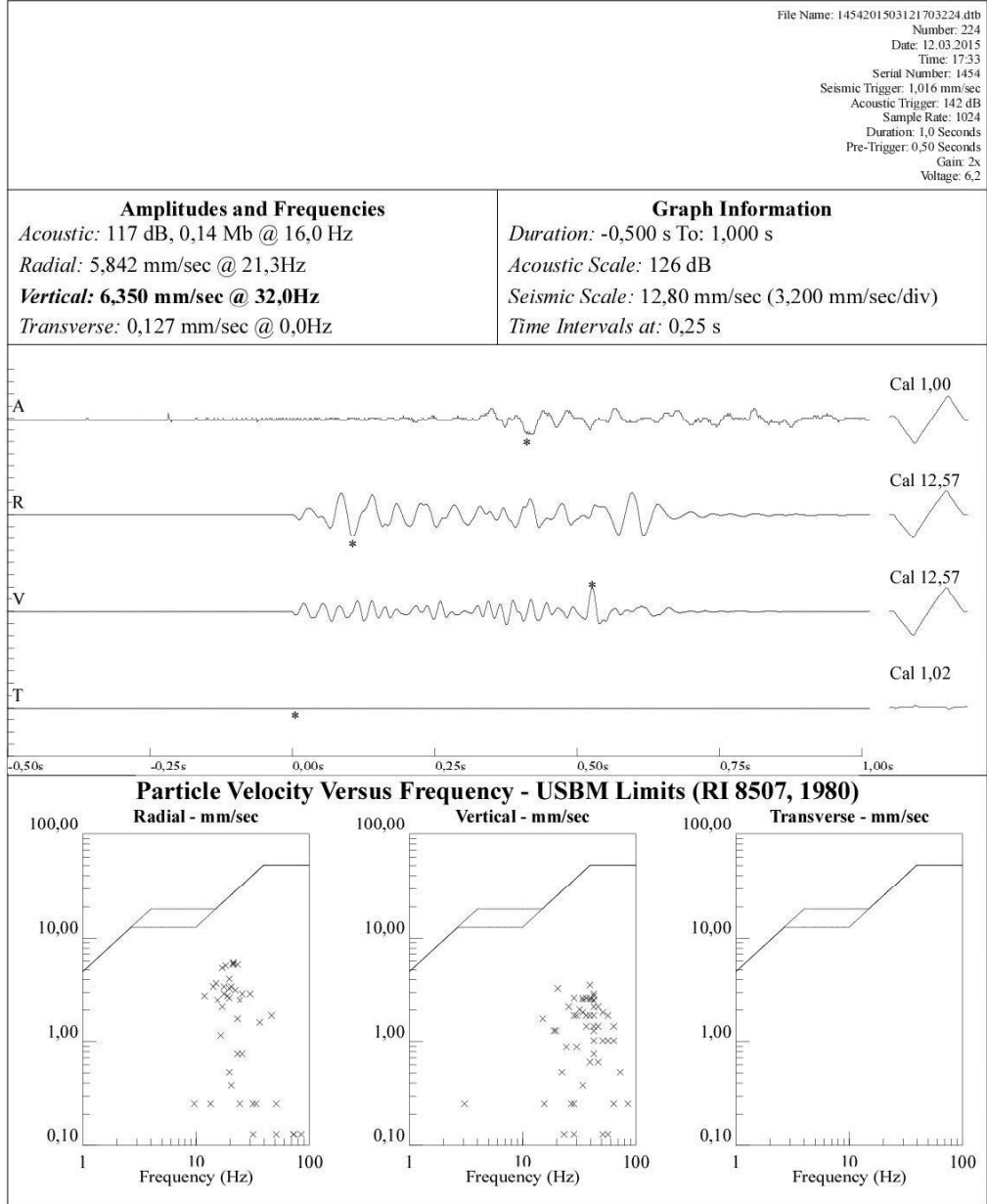
Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 100 dB, 0,02 Mb @ 0,0 Hz	Duration: -0,500 s To: 1,000 s
Radial: 1,778 mm/sec @ 22,2Hz	Acoustic Scale: 126 dB
Vertical: 1,016 mm/sec @ 16,5Hz	Seismic Scale: 4,20 mm/sec (1,050 mm/sec/div)
Transverse: 2,032 mm/sec @ 16,5Hz	Time Intervals at: 0,25 s

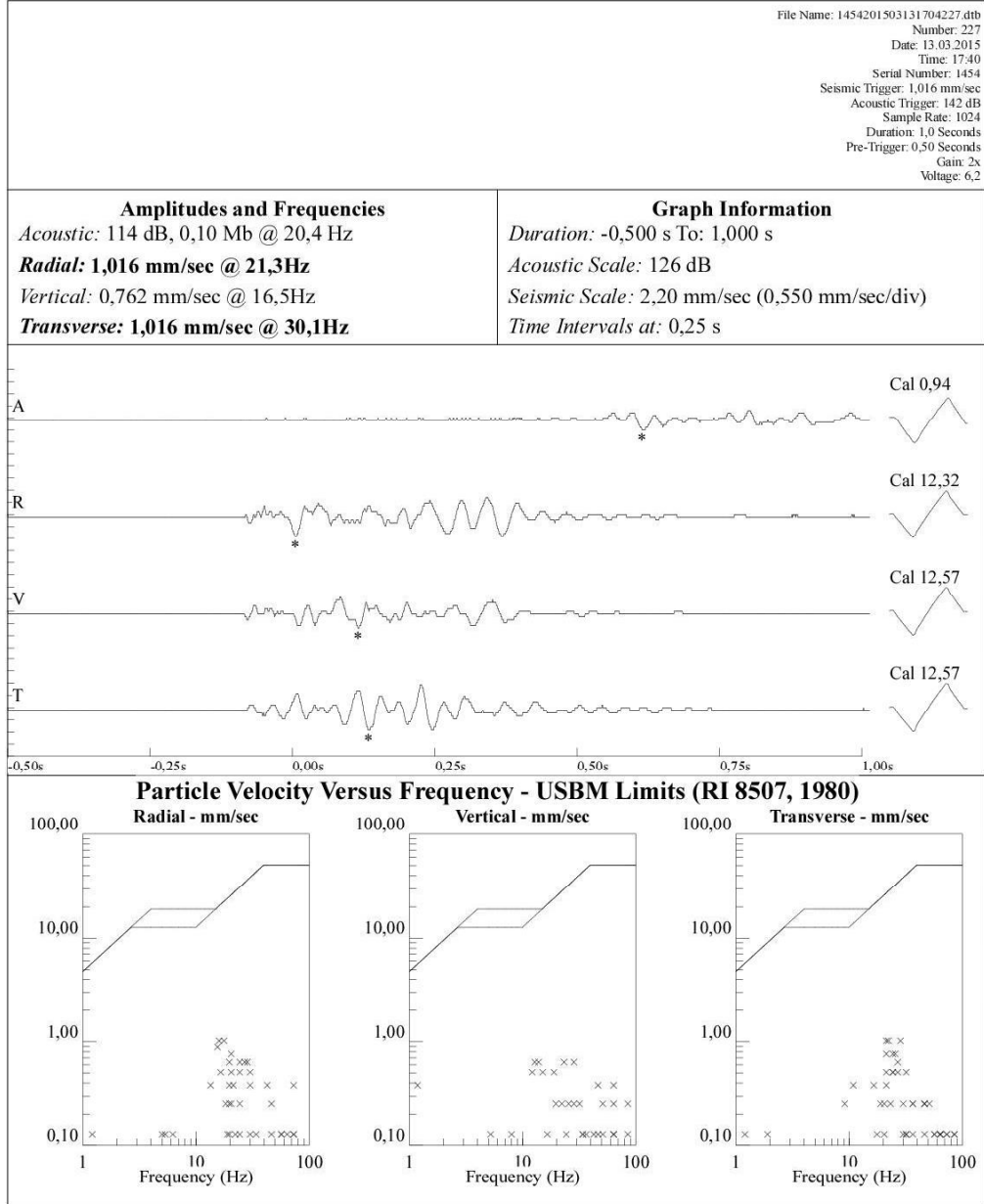


Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)



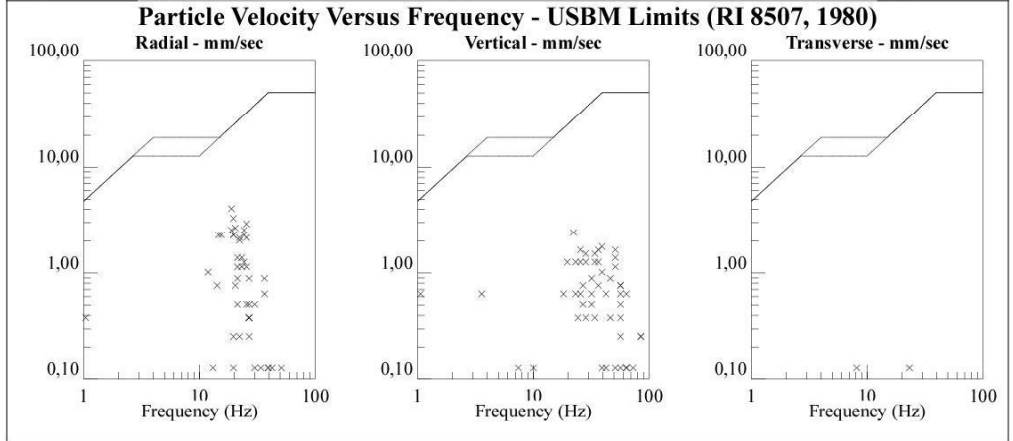
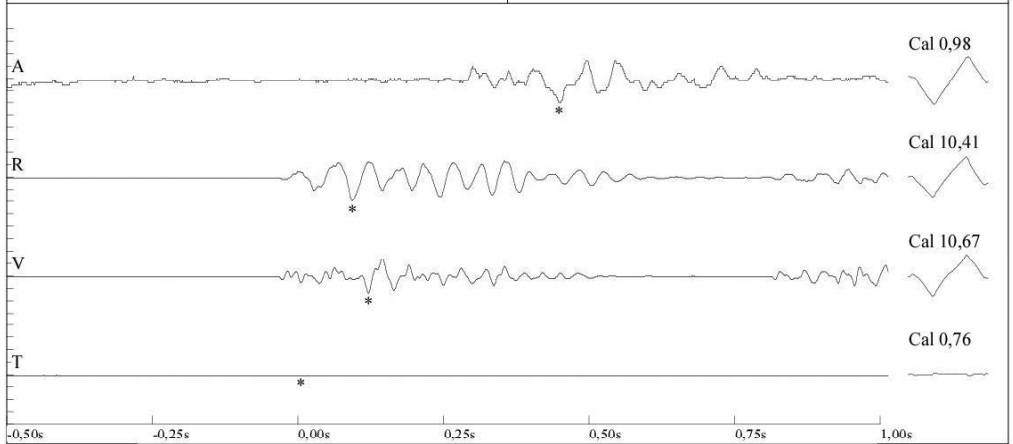






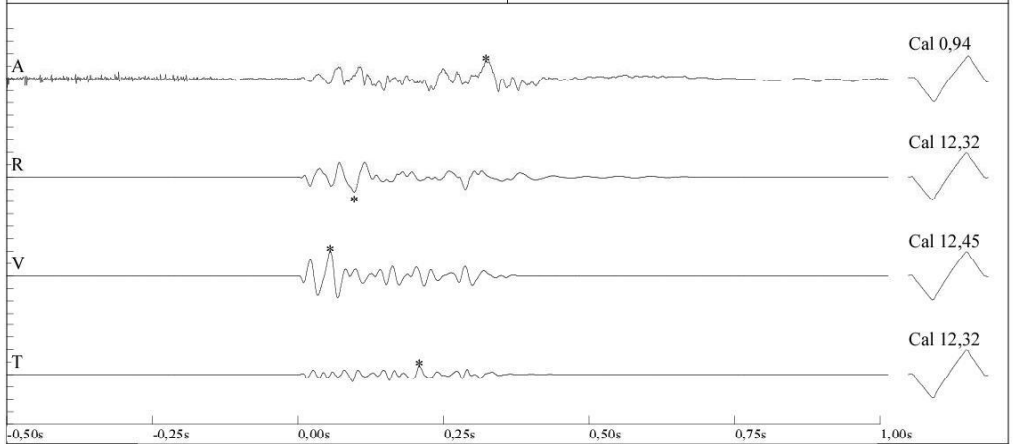
File Name: 1454201503161703229.dtb
 Number: 229
 Date: 16.03.2015
 Time: 17:35
 Serial Number: 1454
 Seismic Trigger: 1,016 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 1,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 2x
 Voltage: 6,4

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 120 dB, 0,20 Mb @ 8,6 Hz Radial: 4,064 mm/sec @ 19,6Hz Vertical: 2,794 mm/sec @ 20,4Hz Transverse: 0,127 mm/sec @ 0,0Hz	Duration: -0,500 s To: 1,000 s Acoustic Scale: 126 dB Seismic Scale: 8,20 mm/sec (2,050 mm/sec/div) Time Intervals at: 0,25 s

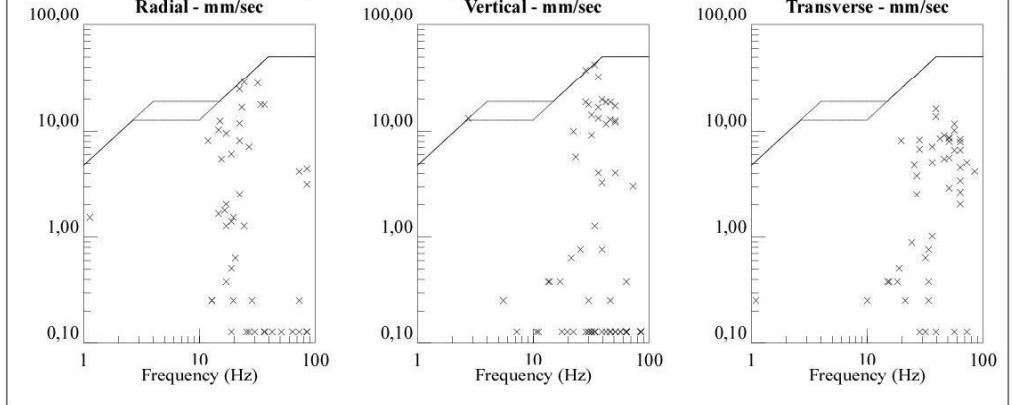


File Name: 1454201503171704231.dtb
 Number: 231
 Date: 17.03.2015
 Time: 17:45
 Serial Number: 1454
 Seismic Trigger: 1,016 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 1,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 2x
 Voltage: 6,4

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 126 dB, 0,42 Mb @ 17,6 Hz Radial: 29,972 mm/sec @ 20,4Hz Vertical: 48,768 mm/sec @ 30,1Hz Transverse: 16,256 mm/sec @ 39,3Hz	Duration: -0,500 s To: 1,000 s Acoustic Scale: 136 dB Seismic Scale: 97,60 mm/sec (24,400 mm/sec/div) Time Intervals at: 0,25 s

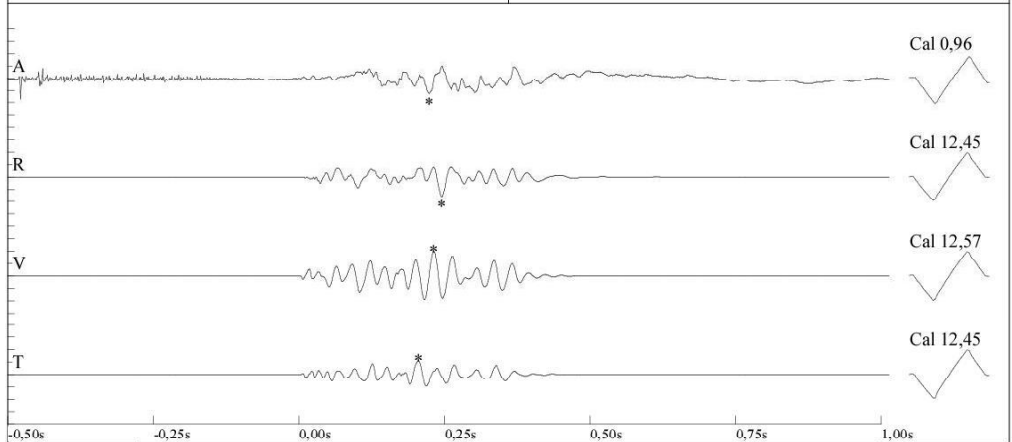


Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)

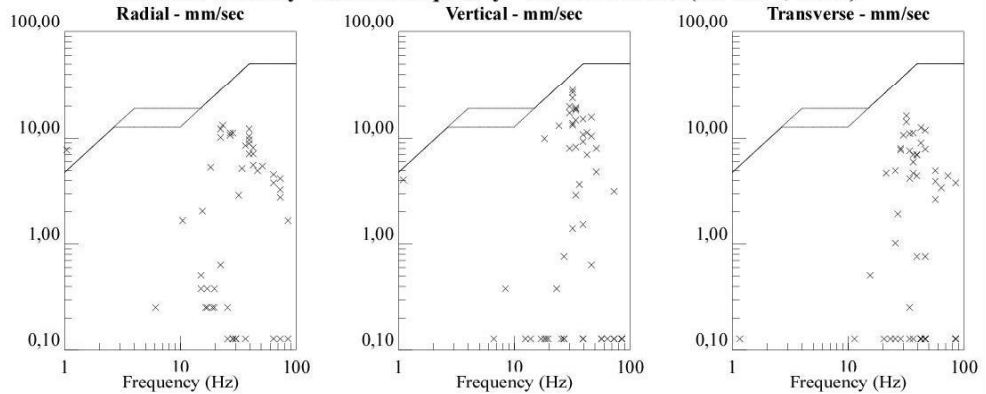


File Name: 1454201503191703001.dtb
 Number: 001
 Date: 19.03.2015
 Time: 17:34
 Serial Number: 1454
 Seismic Trigger: 1,016 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 1,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 2x
 Voltage: 6,4

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 126 dB, 0,38 Mb @ 30,1 Hz	Duration: -0,500 s To: 1,000 s
Radial: 23,876 mm/sec @ 28,4Hz	Acoustic Scale: 136 dB
Vertical: 29,972 mm/sec @ 32,0Hz	Seismic Scale: 60,00 mm/sec (15,000 mm/sec/div)
Transverse: 16,256 mm/sec @ 32,0Hz	Time Intervals at: 0,25 s

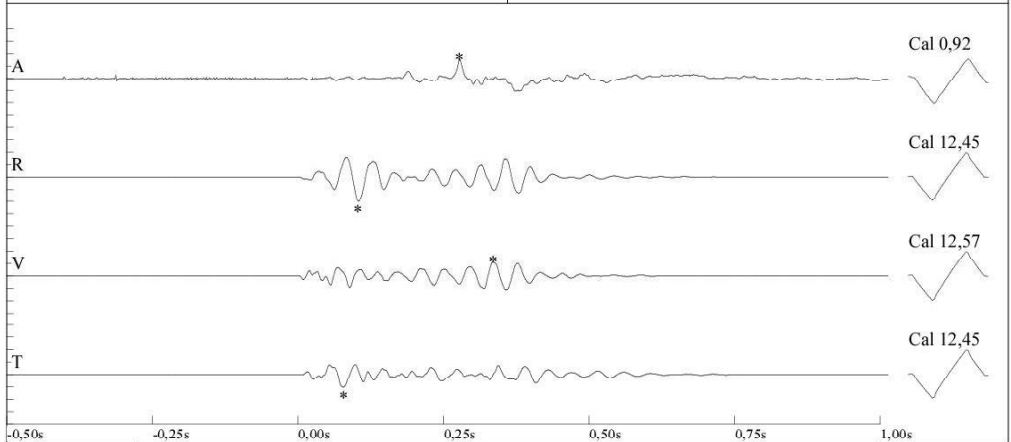


Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)

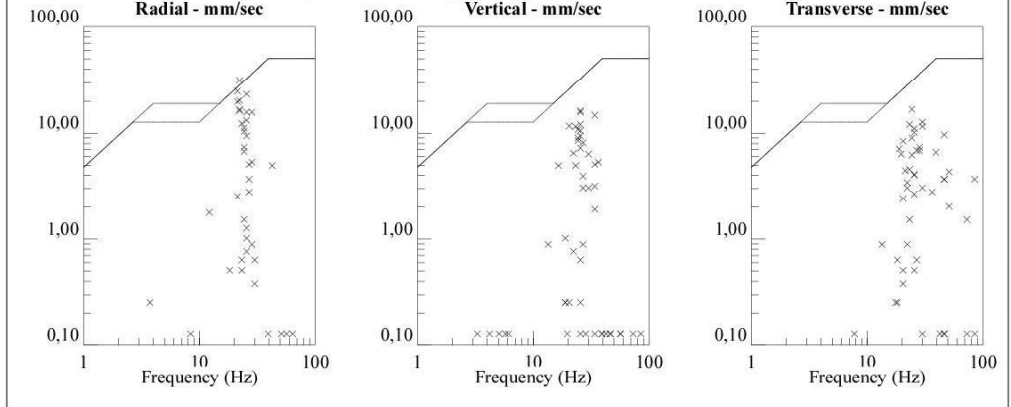


File Name: 1454201503201703003.dtb
 Number: 003
 Date: 20.03.2015
 Time: 17:31
 Serial Number: 1454
 Seismic Trigger: 1,016 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 1,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 2x
 Voltage: 6,4

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 130 dB, 0,62 Mb @ 20,4 Hz	Duration: -0,500 s To: 1,000 s
Radial: 31,496 mm/sec @ 22,2Hz	Acoustic Scale: 138 dB
Vertical: 17,780 mm/sec @ 25,6Hz	Seismic Scale: 63,00 mm/sec (15,750 mm/sec/div)
Transverse: 16,764 mm/sec @ 24,3Hz	Time Intervals at: 0,25 s



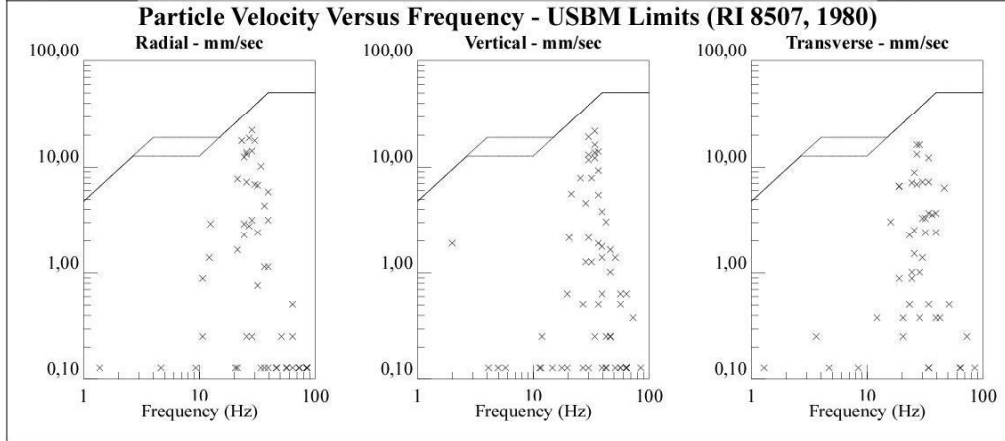
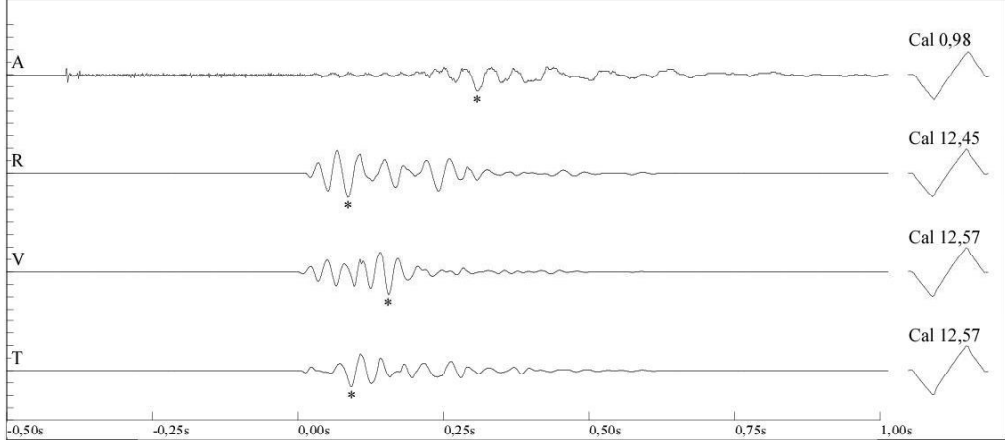
Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)

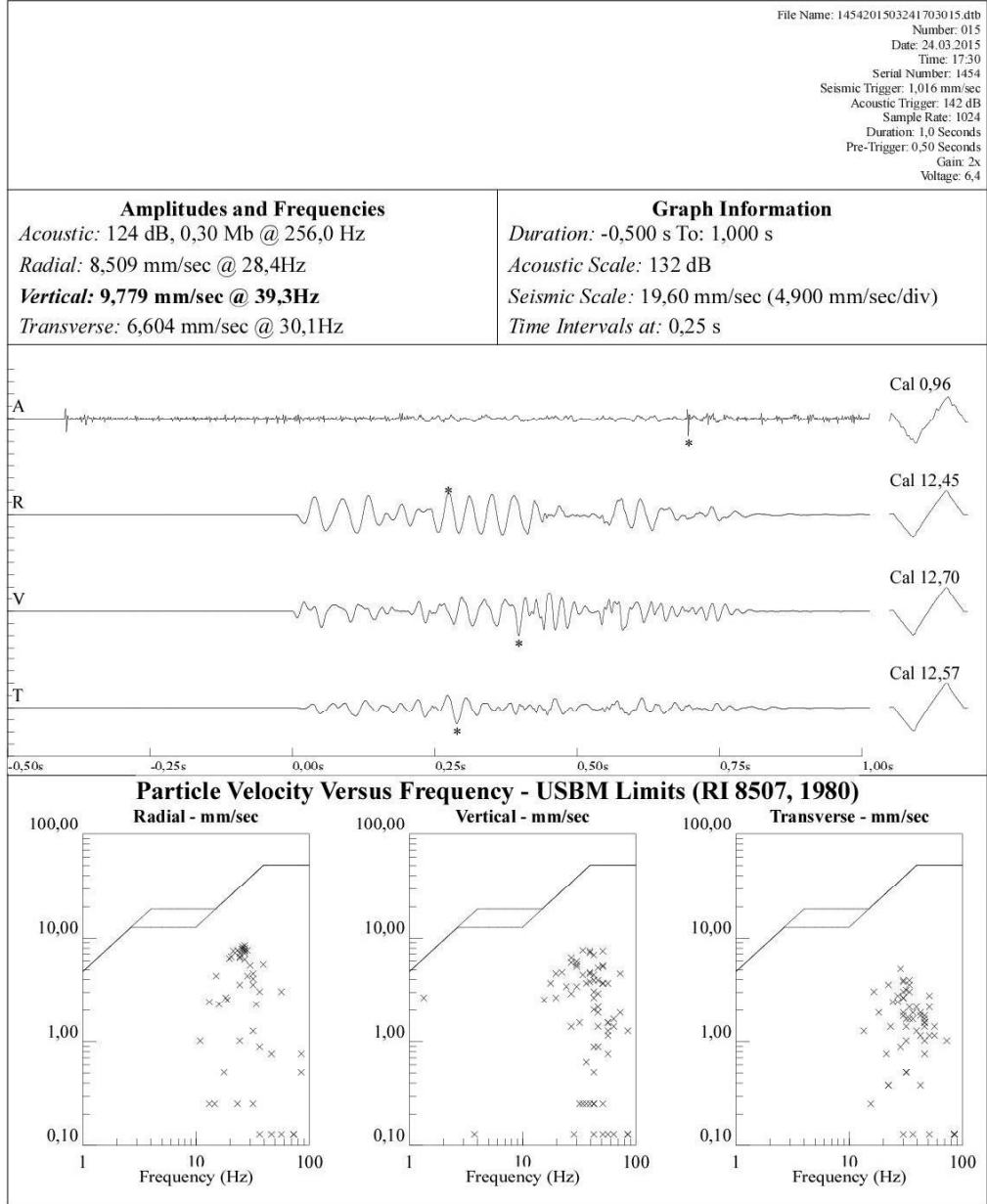


File Name: 1454201503231703014.dtb
 Number: 014
 Date: 23.03.2015
 Time: 17:33
 Serial Number: 1454
 Seismic Trigger: 1,016 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 1,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 2x
 Voltage: 6,4

Amplitudes and Frequencies
 Acoustic: 123 dB, 0,28 Mb @ 22,2 Hz
Radial: 24,384 mm/sec @ 25,6Hz
 Vertical: 21,844 mm/sec @ 34,1Hz
 Transverse: 16,256 mm/sec @ 28,4Hz

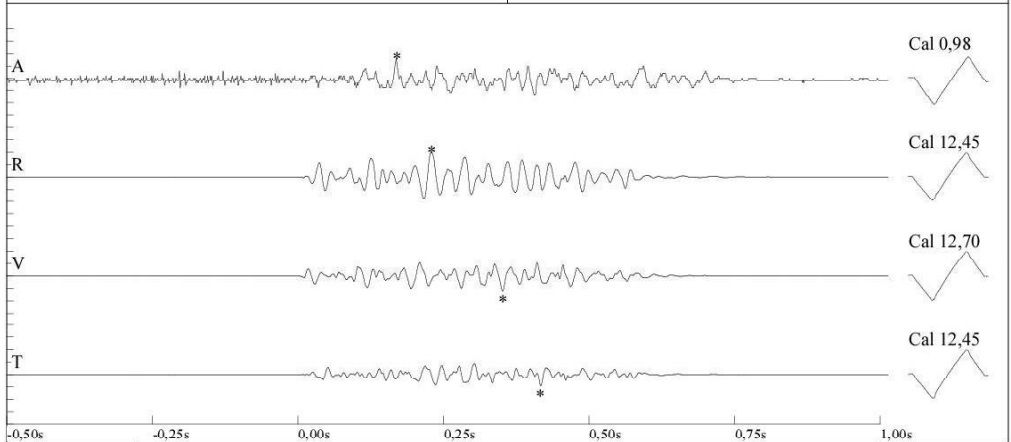
Graph Information
 Duration: -0,500 s To: 1,000 s
 Acoustic Scale: 132 dB
 Seismic Scale: 48,80 mm/sec (12,200 mm/sec/div)
 Time Intervals at: 0,25 s



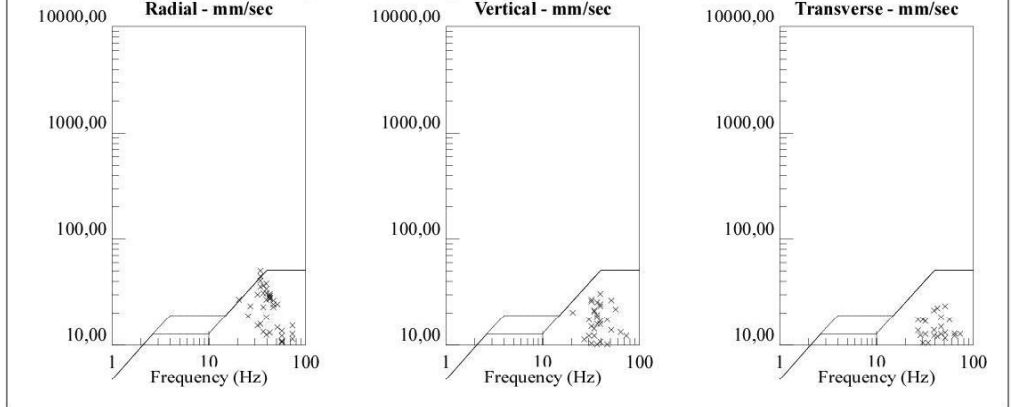


File Name: 1454201503251703017.dtb
 Number: 017
 Date: 25.03.2015
 Time: 17:36
 Serial Number: 1454
 Seismic Trigger: 1,016 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 1,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 2x
 Voltage: 6,4

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 118 dB, 0,16 Mb @ 56,8 Hz Radial: 50,292 mm/sec @ 34,1Hz Vertical: 30,480 mm/sec @ 39,3Hz Transverse: 23,368 mm/sec @ 56,8Hz	Duration: -0,500 s To: 1,000 s Acoustic Scale: 126 dB Seismic Scale: 100,60 mm/sec (25,150 mm/sec/div) Time Intervals at: 0,25 s

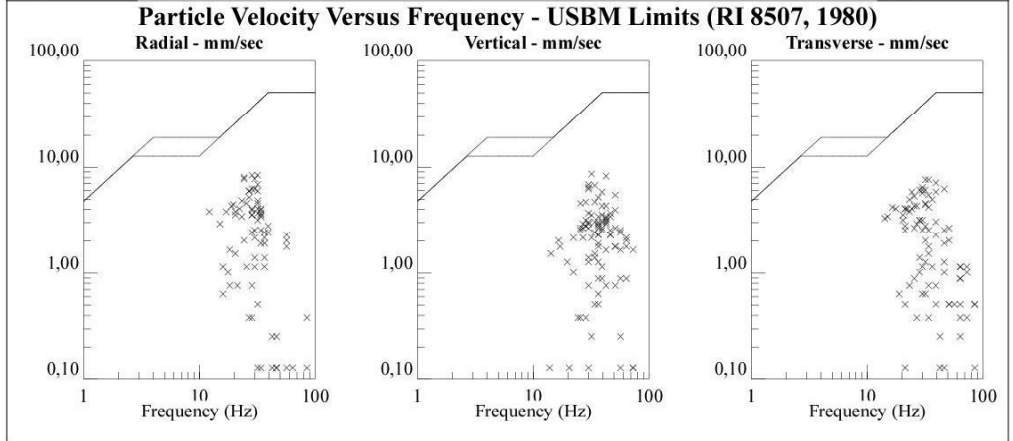
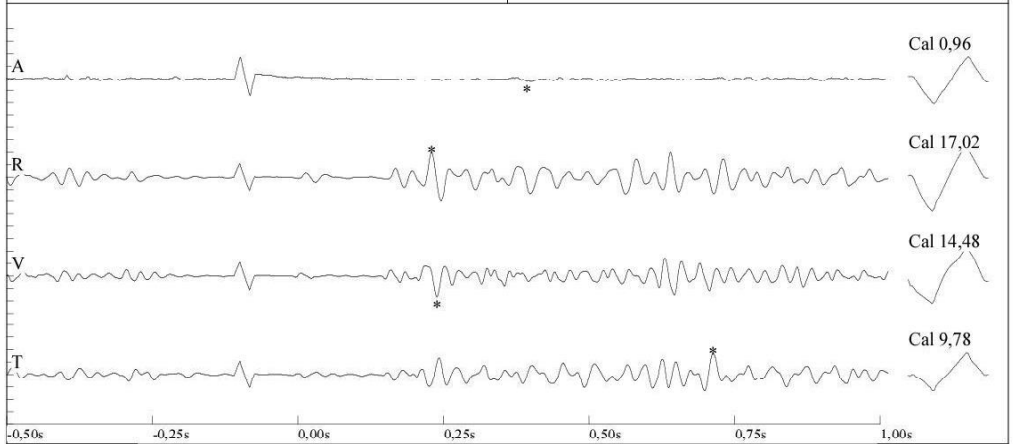


Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)



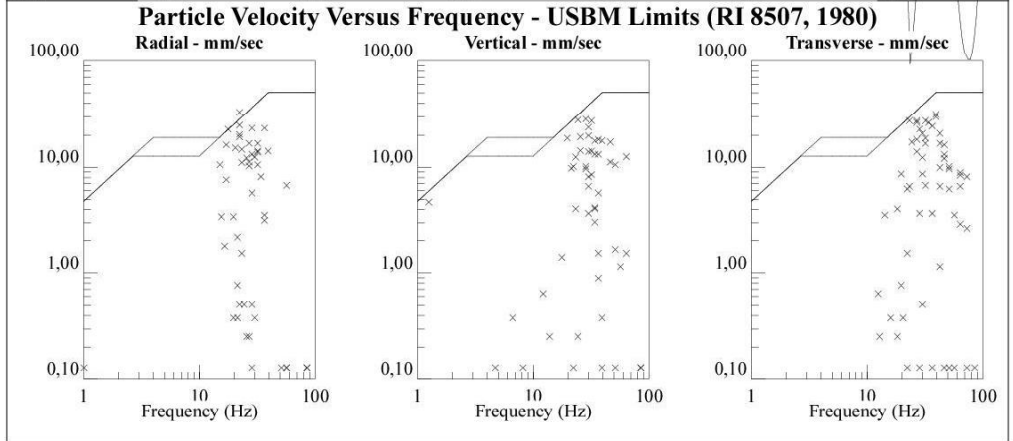
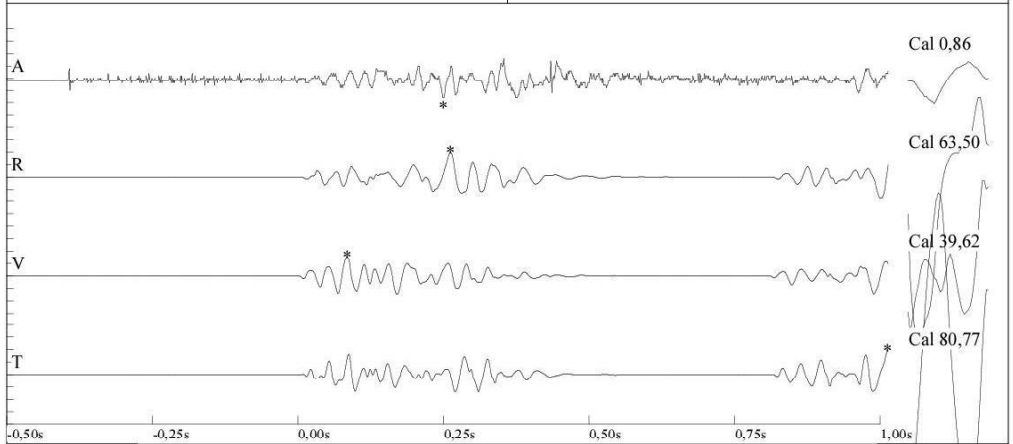
File Name: 1454201503271703019.dtb
 Number: 019
 Date: 27.03.2015
 Time: 17:30
 Serial Number: 1454
 Seismic Trigger: 1,016 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 1,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 2x
 Voltage: 6,4

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 112 dB, 0,08 Mb @ 8,5 Hz Radial: 11,430 mm/sec @ 30,1Hz Vertical: 9,525 mm/sec @ 32,0Hz Transverse: 9,652 mm/sec @ 28,4Hz	Duration: -0,500 s To: 1,000 s Acoustic Scale: 136 dB Seismic Scale: 23,00 mm/sec (5,750 mm/sec/div) Time Intervals at: 0,25 s



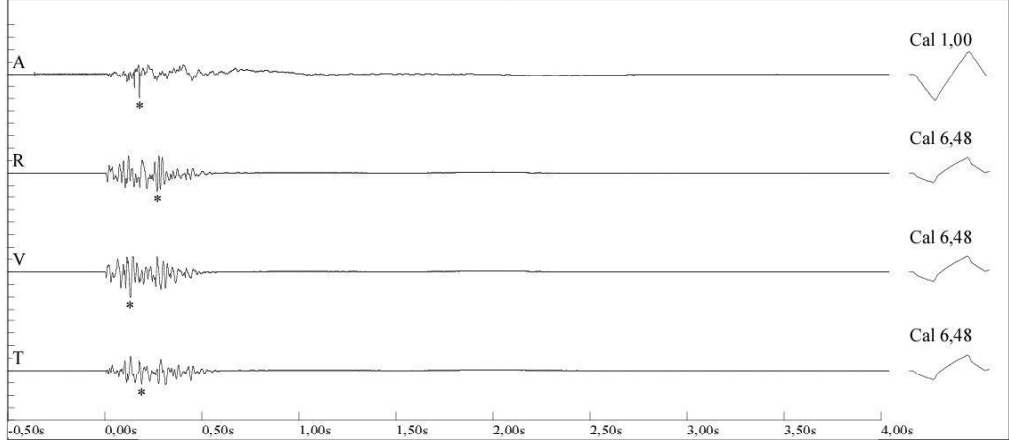
File Name: 1454201503311604024.dtb
 Number: 024
 Date: 31.03.2015
 Time: 16:46
 Serial Number: 1454
 Seismic Trigger: 1,016 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 1,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 2x
 Voltage: 6,4

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 118 dB, 0,16 Mb @ 39,3 Hz Radial: 38,608 mm/sec @ 22,2Hz Vertical: 29,972 mm/sec @ 32,0Hz Transverse: 37,084 mm/sec @ 24,3Hz	Duration: -0,500 s To: 1,000 s Acoustic Scale: 126 dB Seismic Scale: 77,40 mm/sec (19,350 mm/sec/div) Time Intervals at: 0,25 s

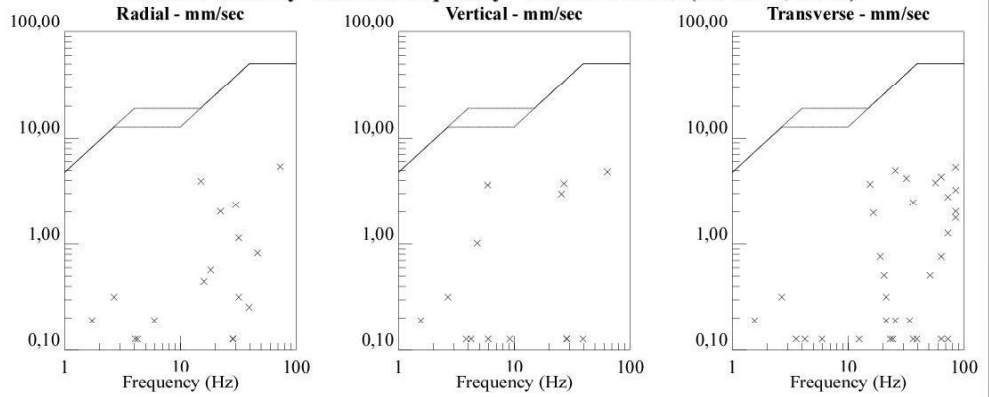


File Name: 1530201503101701158.dtb
 Number: 158
 Date: 10.03.2015
 Time: 17:19
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 5,3

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: <100 dB, <0.02 Mb @ 0,0 Hz Radial: 5,461 mm/sec @ 1,0Hz Vertical: 5,525 mm/sec @ 1,0Hz Transverse: 5,461 mm/sec @ 1,0Hz	Duration: -0,500 s To: 4,000 s Acoustic Scale: 140 dB Seismic Scale: 65,10 mm/sec (16,275 mm/sec/div) Time Intervals at: 0,50 s

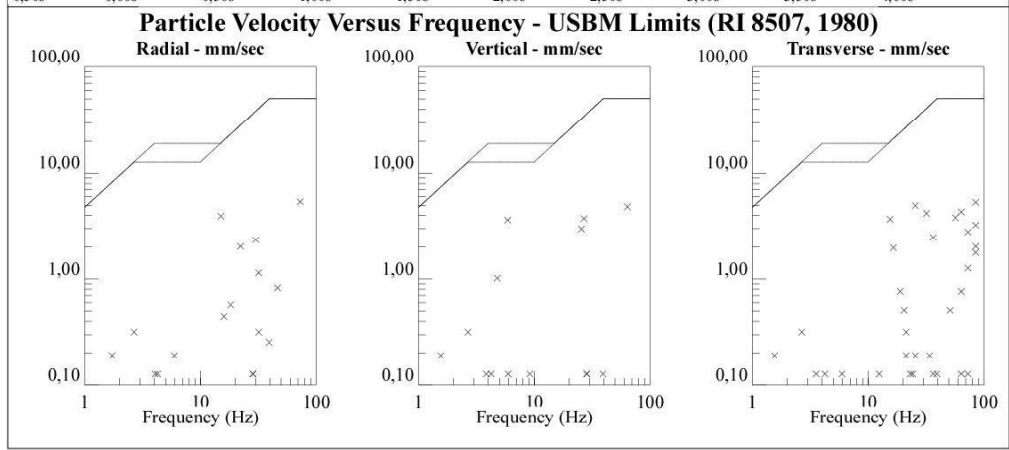
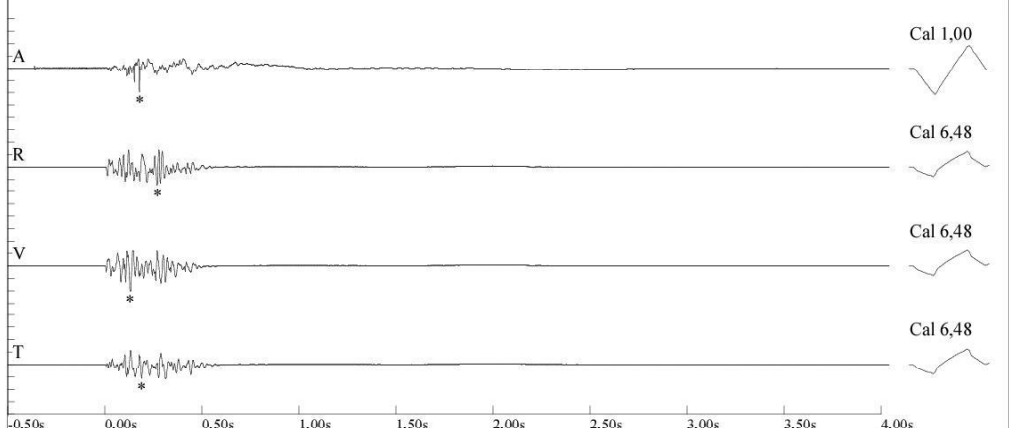


Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)



File Name: 1530201503101701158.dtb
 Number: 158
 Date: 10.03.2015
 Time: 17:19
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 5,3

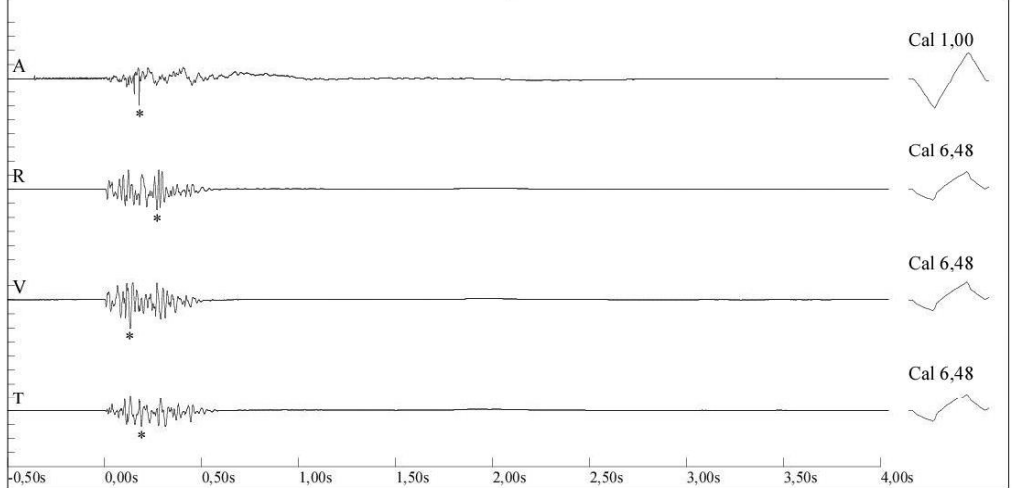
Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: <100 dB, <0.02 Mb @ 0,0 Hz Radial: 5,461 mm/sec @ 1,0Hz Vertical: 5,525 mm/sec @ 1,0Hz Transverse: 5,461 mm/sec @ 1,0Hz	Duration: -0,500 s To: 4,000 s Acoustic Scale: 140 dB Seismic Scale: 65,10 mm/sec (16,275 mm/sec/div) Time Intervals at: 0,50 s



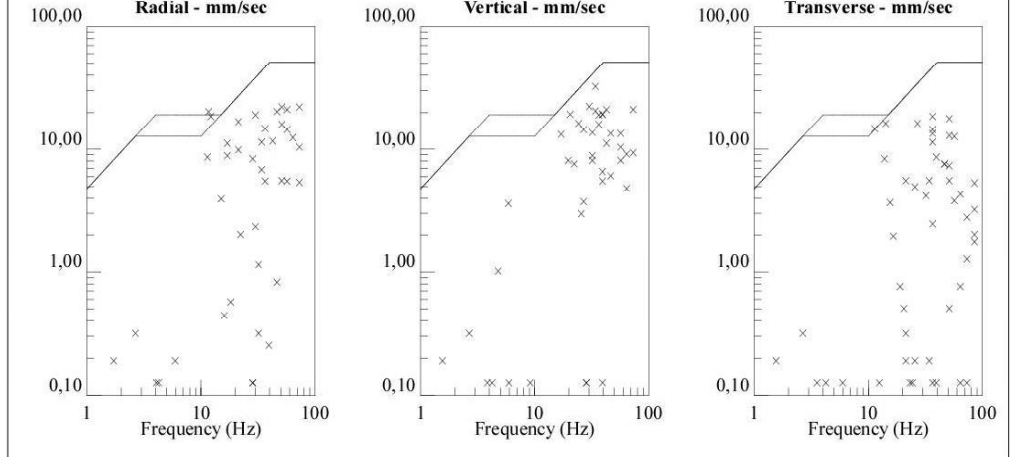
File Name: 1530201503111704249.dtb
 Number: 249
 Date: 11.03.2015
 Time: 17:44
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 5,2

Amplitudes and Frequencies
 Acoustic: 134 dB, 0,98 Mb @ 170,6 Hz
 Radial: 23,876 mm/sec @ 42,6Hz
Vertical: 32,512 mm/sec @ 34,1Hz
 Transverse: 18,796 mm/sec @ 39,3Hz

Graph Information
 Duration: -0,500 s To: 4,000 s
 Acoustic Scale: 140 dB
 Seismic Scale: 65,10 mm/sec (16,275 mm/sec/div)
 Time Intervals at: 0,50 s



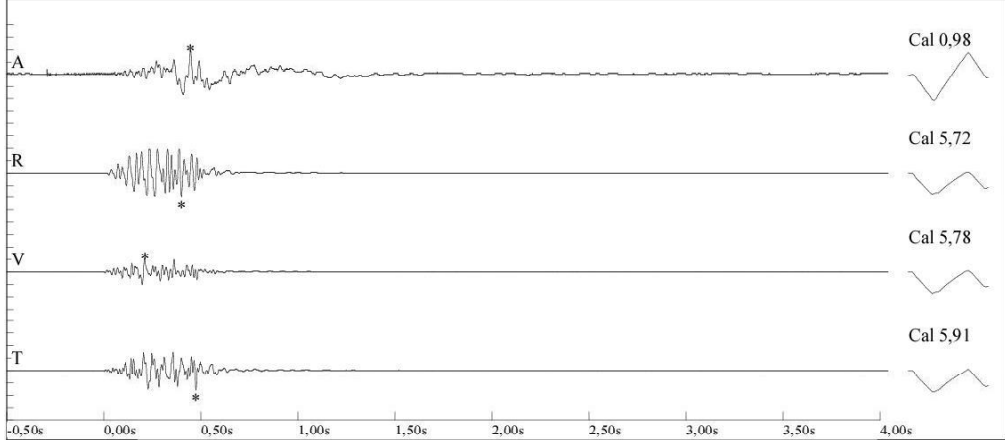
Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)



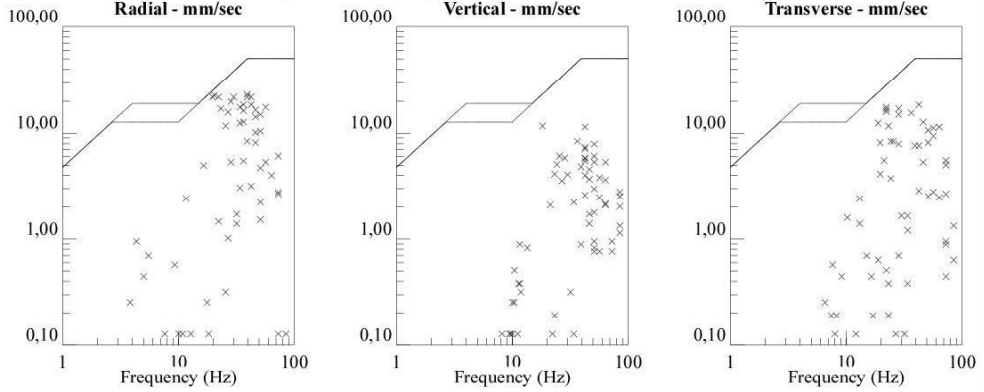
File Name: 1530201503121703300.dtb
 Number: 300
 Date: 12.03.2015
 Time: 17:32
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 5,2

Amplitudes and Frequencies
 Acoustic: 126 dB, 0,38 Mb @ 28,4 Hz
Radial: 23,114 mm/sec @ 39,3Hz
 Vertical: 11,938 mm/sec @ 23,2Hz
 Transverse: 18,542 mm/sec @ 42,6Hz

Graph Information
 Duration: -0,500 s To: 4,000 s
 Acoustic Scale: 132 dB
 Seismic Scale: 46,30 mm/sec (11,575 mm/sec/div)
 Time Intervals at: 0,50 s

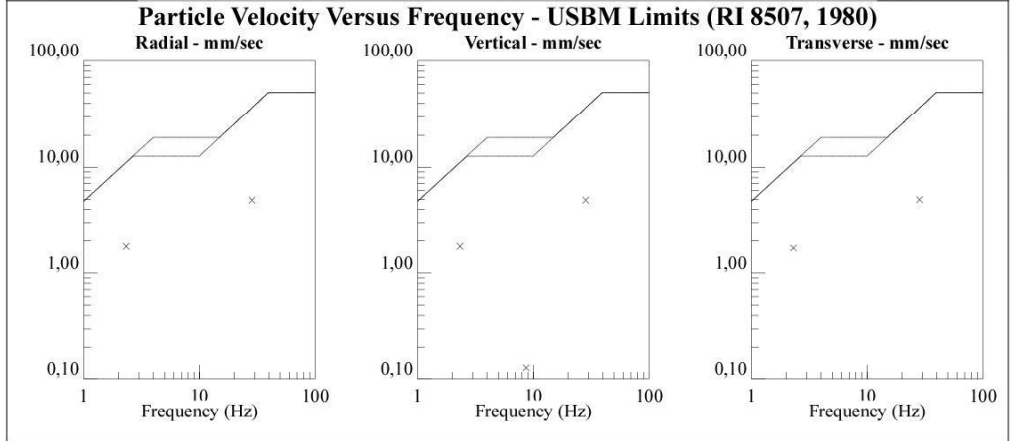
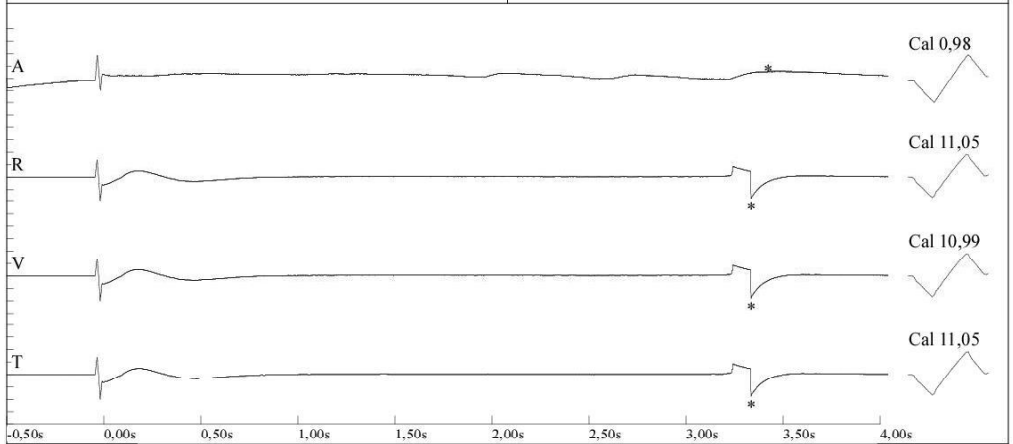


Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)



File Name: 1530201503131702321.dtb
 Number: 321
 Date: 13.03.2015
 Time: 17:23
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 5,2

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 119 dB, 0,18 Mb @ 1,2 Hz Radial: 6,414 mm/sec @ 2,8Hz Vertical: 6,477 mm/sec @ 2,8Hz Transverse: 6,414 mm/sec @ 2,8Hz	Duration: -0,500 s To: 4,000 s Acoustic Scale: 136 dB Seismic Scale: 14,50 mm/sec (3,625 mm/sec/div) Time Intervals at: 0,50 s



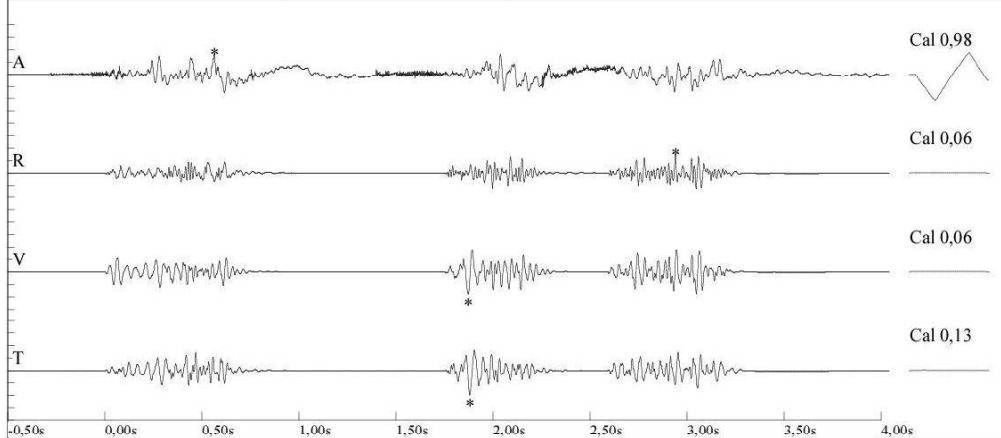
File Name: 1530201503161703336.dtb
 Number: 336
 Date: 16.03.2015
 Time: 17:32
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 6,1

Amplitudes and Frequencies

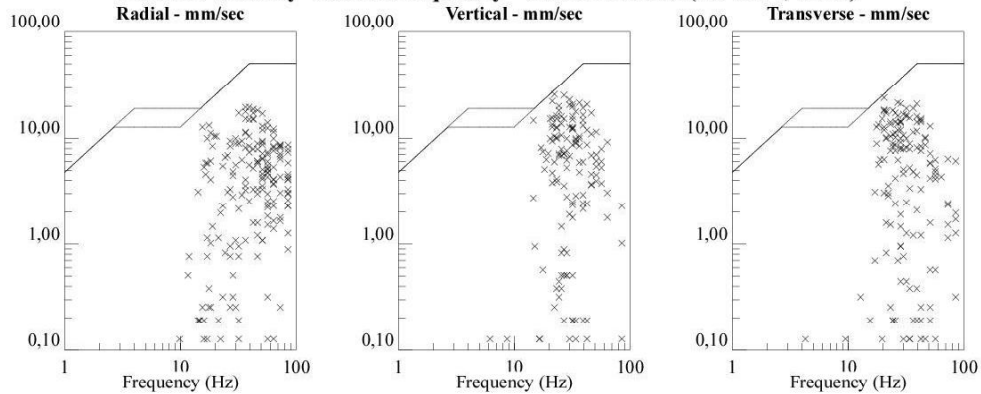
Acoustic: 128 dB, 0,48 Mb @ 19,6 Hz
 Radial: 21,082 mm/sec @ 42,6Hz
 Vertical: 26,162 mm/sec @ 22,2Hz
 Transverse: **29,464 mm/sec @ 22,2Hz**

Graph Information

Duration: -0,500 s To: 4,000 s
 Acoustic Scale: 136 dB
 Seismic Scale: 59,00 mm/sec (14,750 mm/sec/div)
 Time Intervals at: 0,50 s



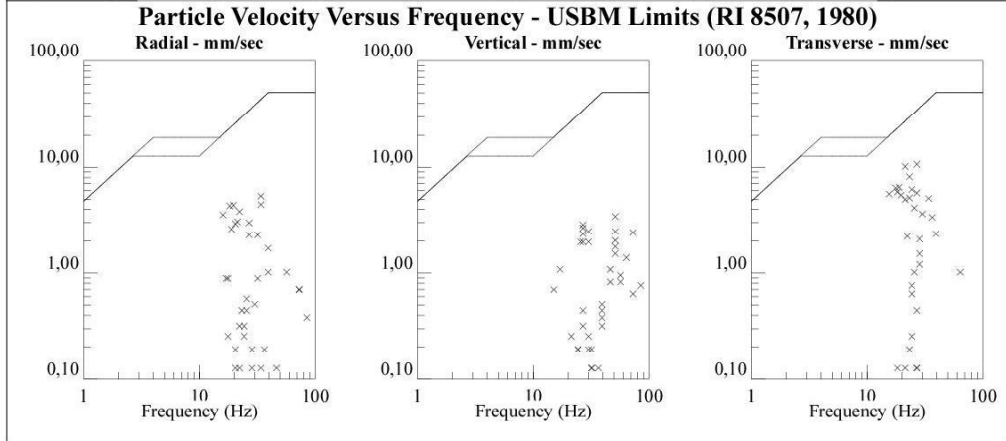
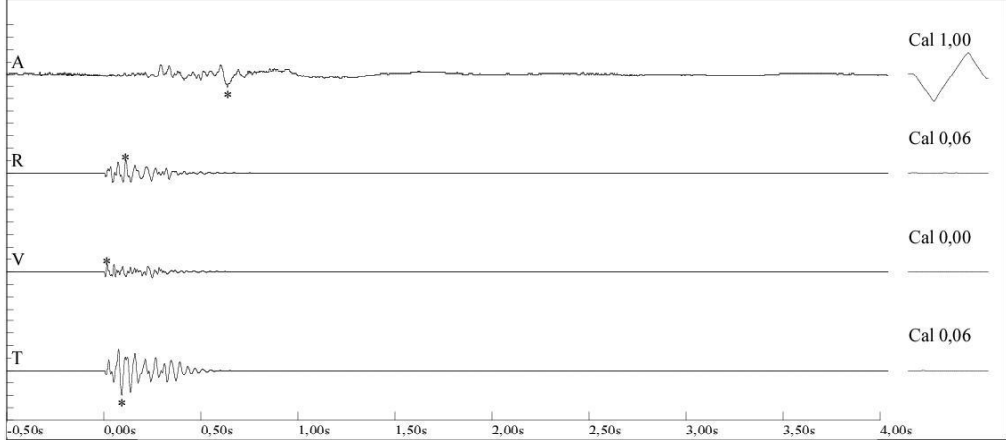
Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)



File Name: 1530201503171704340.dtb
 Number: 340
 Date: 17.03.2015
 Time: 17:42
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 6,1

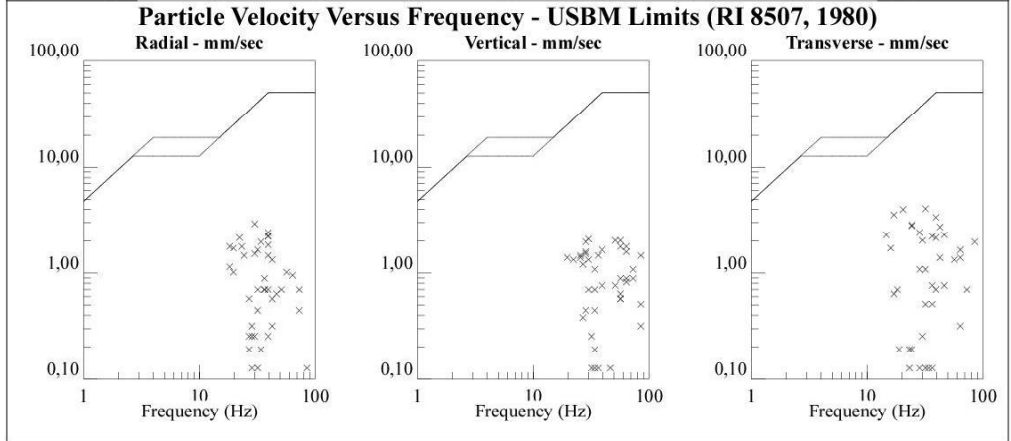
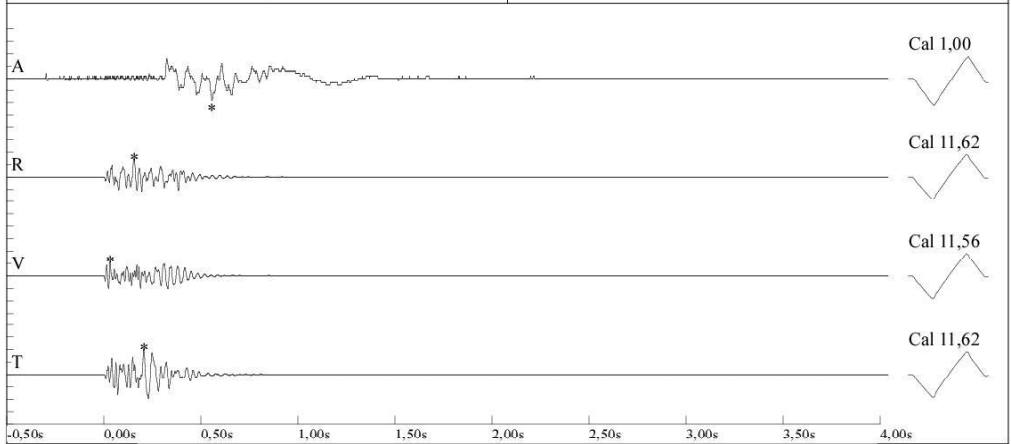
Amplitudes and Frequencies
 Acoustic: 121 dB, 0,22 Mb @ 9,6 Hz
 Radial: 6,350 mm/sec @ 32,0Hz
 Vertical: 3,620 mm/sec @ 30,1Hz
 Transverse: **11,938 mm/sec @ 25,6Hz**

Graph Information
 Duration: -0,500 s To: 4,000 s
 Acoustic Scale: 132 dB
 Seismic Scale: 23,90 mm/sec (5,975 mm/sec/div)
 Time Intervals at: 0,50 s



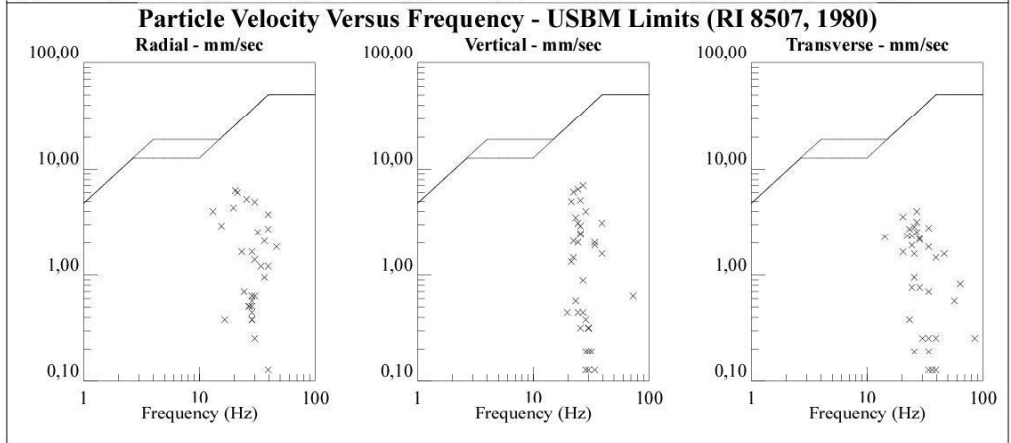
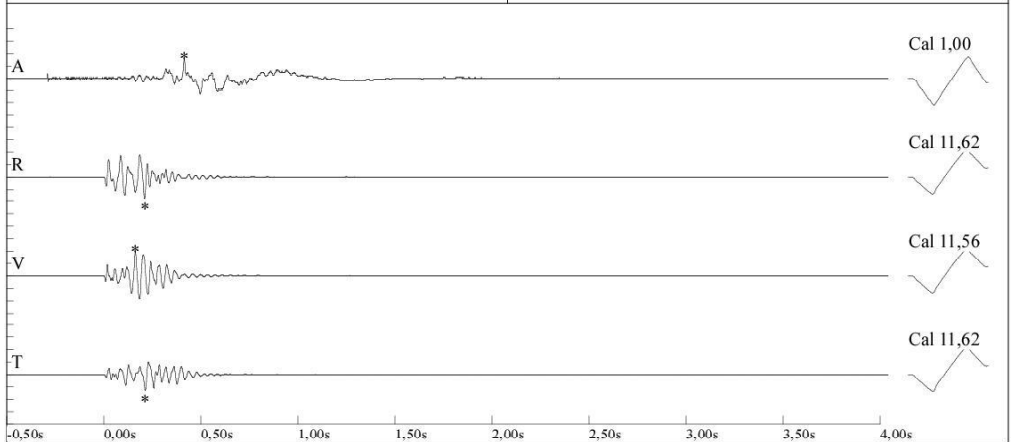
File Name: 1530201503191702000.dtb
 Number: 000
 Date: 19.03.2015
 Time: 17:28
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 6,1

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 119 dB, 0,18 Mb @ 14,2 Hz	Duration: -0,500 s To: 4,000 s
Radial: 2,921 mm/sec @ 30,1Hz	Acoustic Scale: 126 dB
Vertical: 2,223 mm/sec @ 42,6Hz	Seismic Scale: 8,20 mm/sec (2,050 mm/sec/div)
Transverse: 4,064 mm/sec @ 32,0Hz	Time Intervals at: 0,50 s



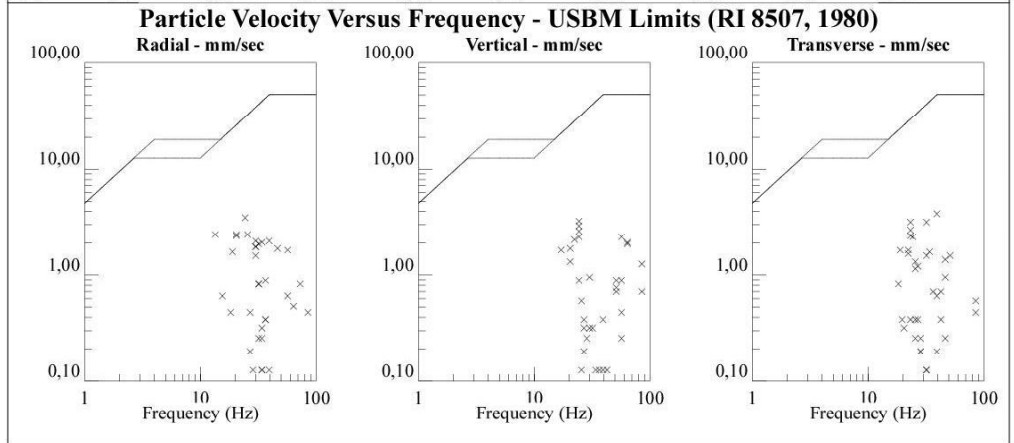
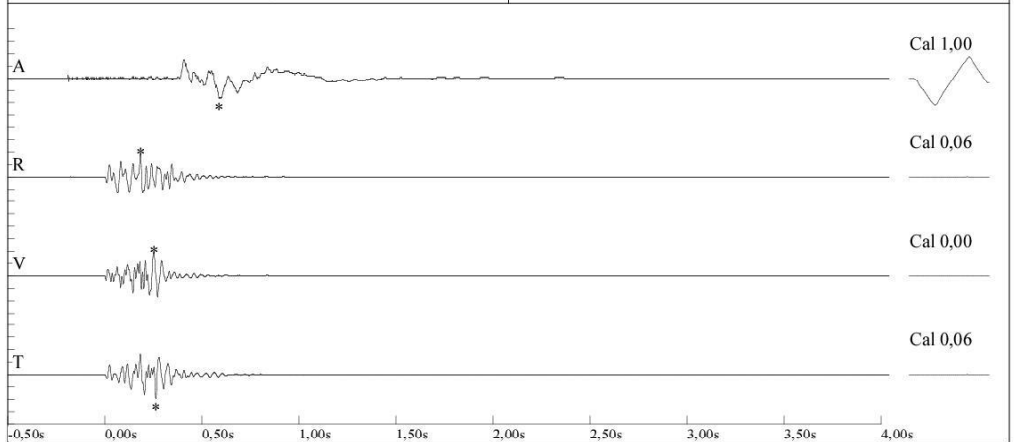
File Name: 1530201503201702005.dtb
 Number: 005
 Date: 20.03.2015
 Time: 17:25
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 6,1

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 124 dB, 0,32 Mb @ 10,2 Hz	Duration: -0,500 s To: 4,000 s
Radial: 6,414 mm/sec @ 28,4Hz	Acoustic Scale: 132 dB
Vertical: 7,049 mm/sec @ 26,9Hz	Seismic Scale: 14,10 mm/sec (3,525 mm/sec/div)
Transverse: 4,699 mm/sec @ 22,2Hz	Time Intervals at: 0,50 s



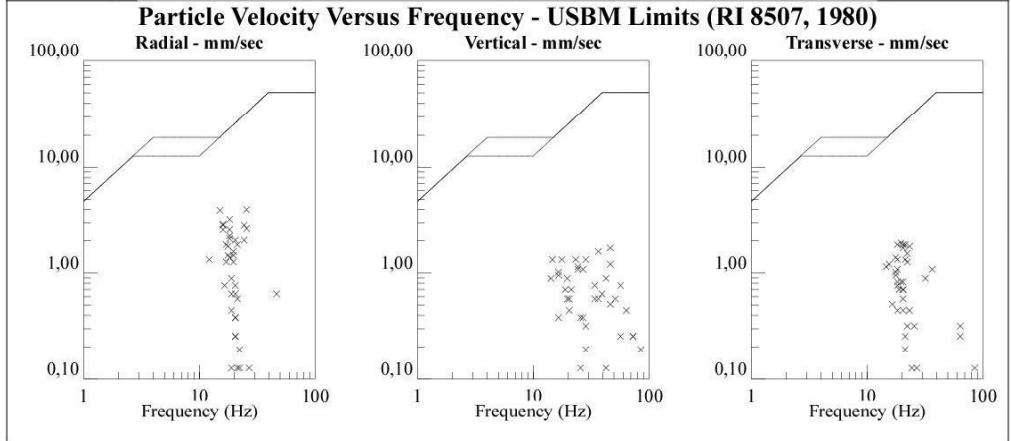
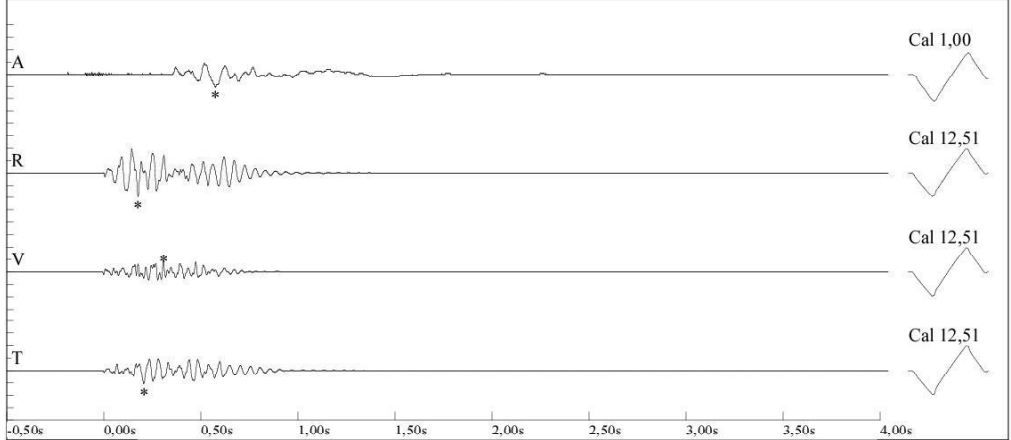
File Name: 1530201503231702012.dtb
 Number: 012
 Date: 23.03.2015
 Time: 17:27
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 6,1

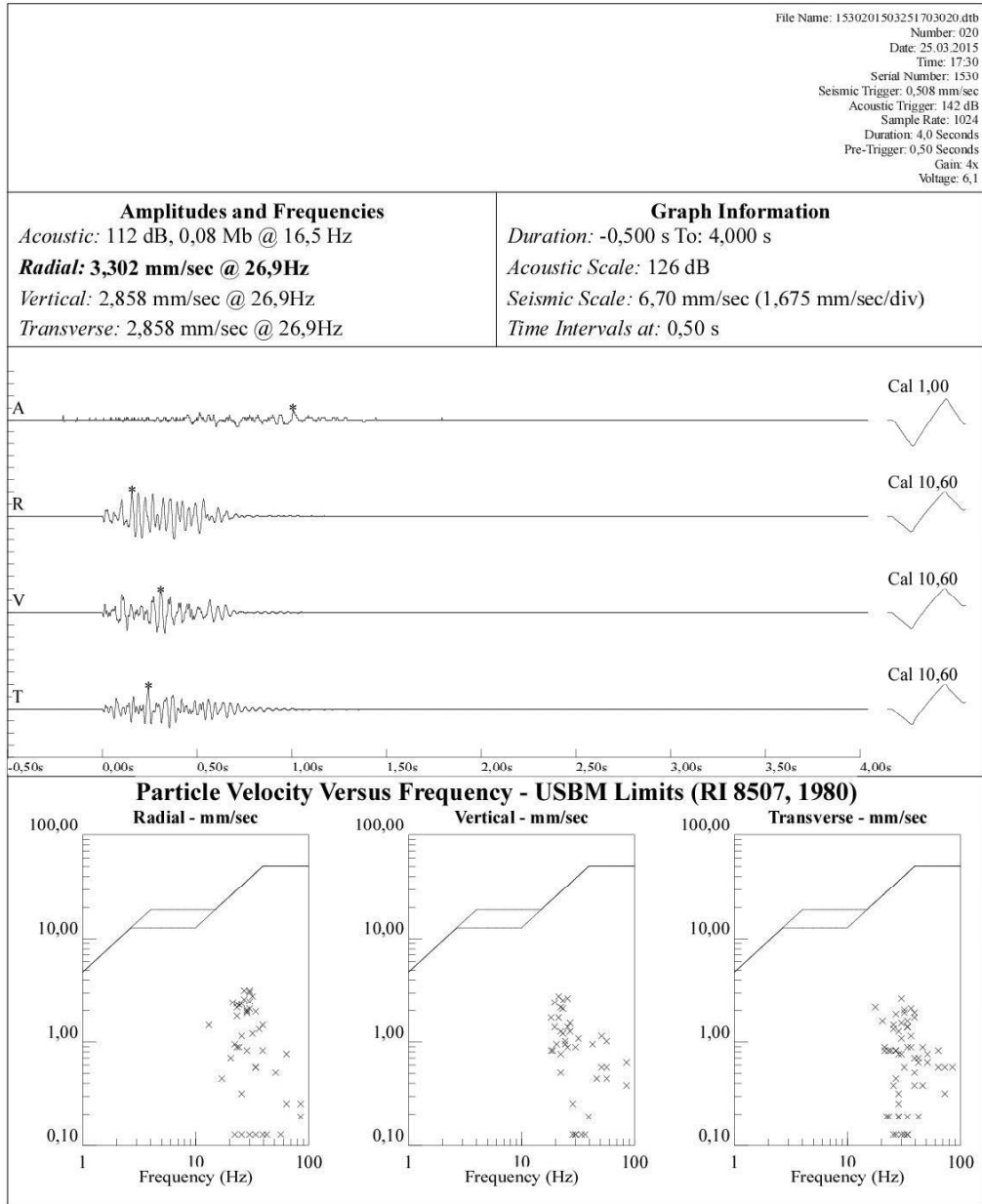
Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 125 dB, 0,34 Mb @ 7,5 Hz	Duration: -0,500 s To: 4,000 s
Radial: 3,493 mm/sec @ 24,3Hz	Acoustic Scale: 132 dB
Vertical: 3,683 mm/sec @ 24,3Hz	Seismic Scale: 7,70 mm/sec (1,925 mm/sec/div)
Transverse: 3,810 mm/sec @ 42,6Hz	Time Intervals at: 0,50 s



File Name: 1530201504241603071.dtb
 Number: 071
 Date: 24.04.2015
 Time: 16:31
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 6,1

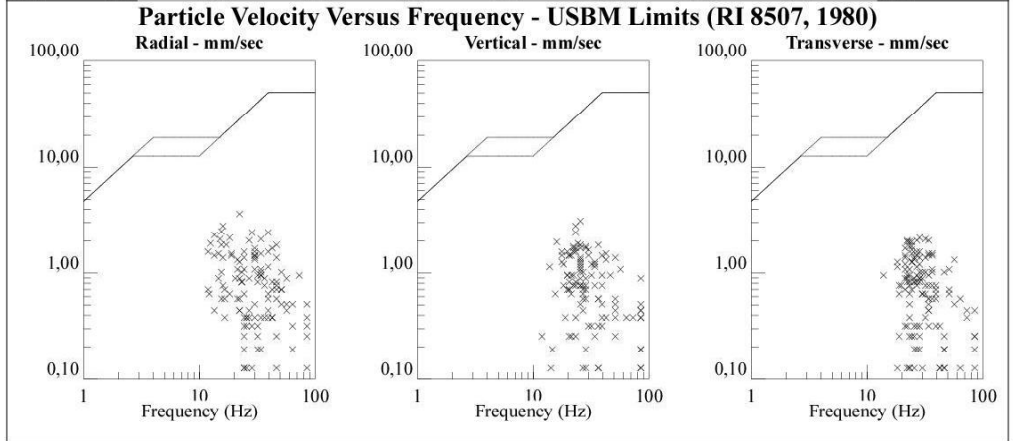
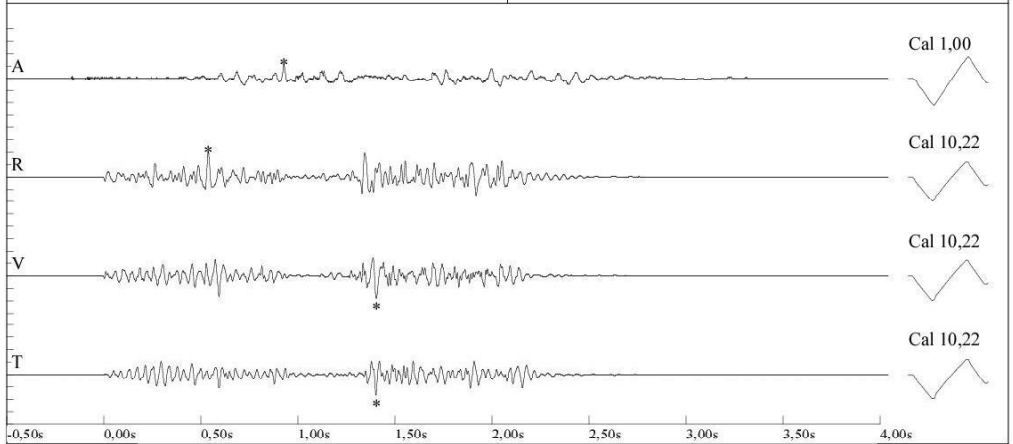
Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 121 dB, 0,22 Mb @ 8,6 Hz Radial: 4,001 mm/sec @ 25,6Hz Vertical: 1,715 mm/sec @ 46,5Hz Transverse: 2,223 mm/sec @ 20,4Hz	Duration: -0,500 s To: 4,000 s Acoustic Scale: 132 dB Seismic Scale: 8,10 mm/sec (2,025 mm/sec/div) Time Intervals at: 0,50 s





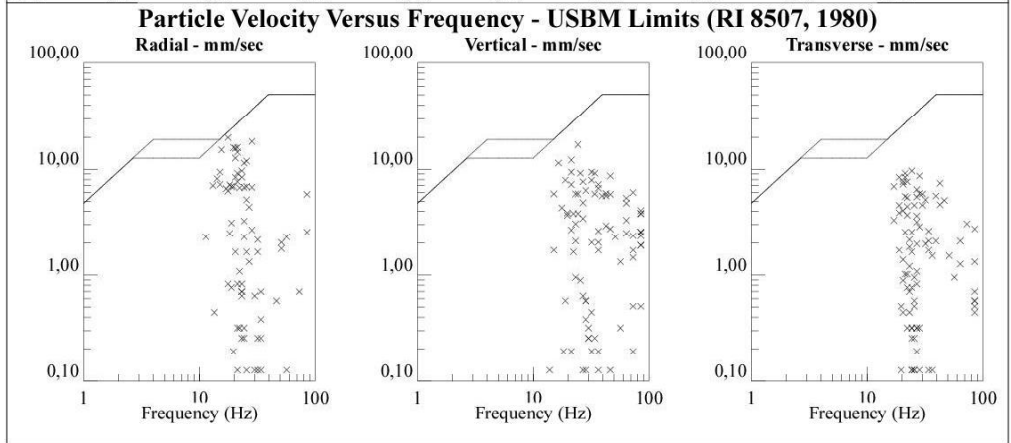
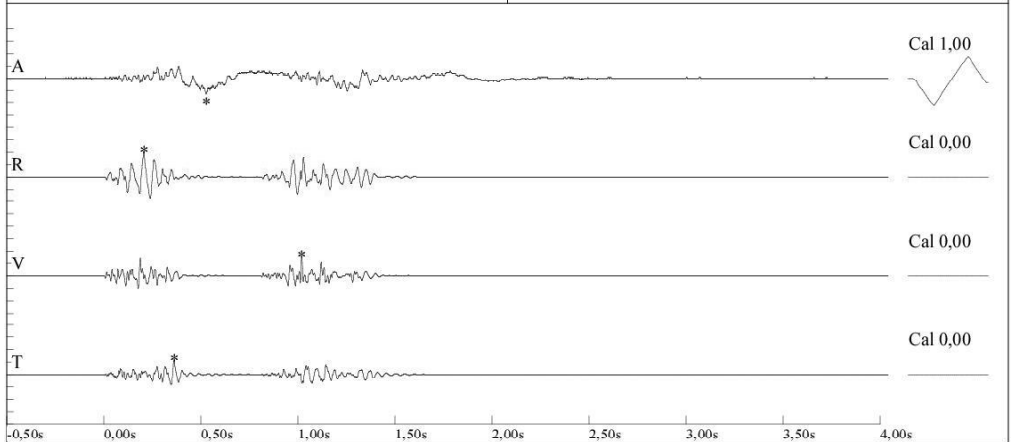
File Name: 1530201503271702022.dtb
 Number: 022
 Date: 27.03.2015
 Time: 17:24
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 6,1

Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 121 dB, 0,22 Mb @ 23,2 Hz Radial: 3,747 mm/sec @ 25,6Hz Vertical: 3,366 mm/sec @ 22,2Hz Transverse: 3,175 mm/sec @ 32,0Hz	Duration: -0,500 s To: 4,000 s Acoustic Scale: 132 dB Seismic Scale: 7,50 mm/sec (1,875 mm/sec/div) Time Intervals at: 0,50 s



File Name: 1530201503311603026.dtb
 Number: 026
 Date: 31.03.2015
 Time: 16:37
 Serial Number: 1530
 Seismic Trigger: 0,508 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 4,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 4x
 Voltage: 6,2

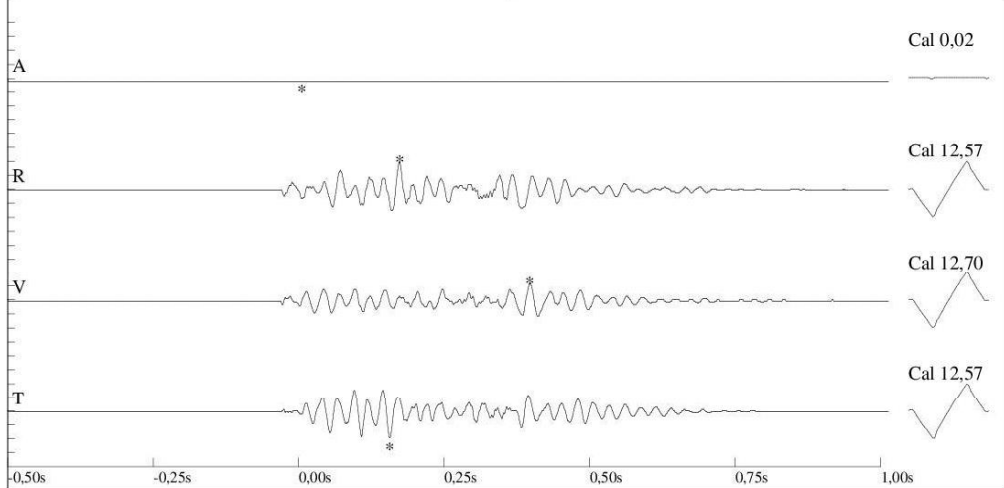
Amplitudes and Frequencies	Graph Information
Acoustic: 122 dB, 0,26 Mb @ 3,0 Hz Radial: 22,860 mm/sec @ 17,6Hz Vertical: 17,780 mm/sec @ 51,2Hz Transverse: 12,700 mm/sec @ 25,6Hz	Duration: -0,500 s To: 4,000 s Acoustic Scale: 132 dB Seismic Scale: 45,80 mm/sec (11,450 mm/sec/div) Time Intervals at: 0,50 s



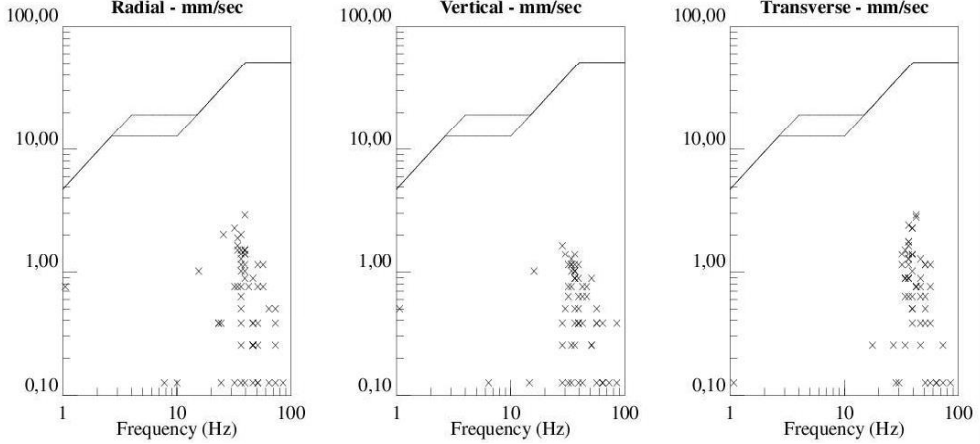
File Name: 1454201501191601195.dtb
 Number: 161
 Date: 02.03.2015
 Time: 17:00
 Serial Number: 1454
 Seismic Trigger: 1,016 mm/sec
 Acoustic Trigger: 142 dB
 Sample Rate: 1024
 Duration: 1,0 Seconds
 Pre-Trigger: 0,50 Seconds
 Gain: 2x
 Voltage: 6,2

Amplitudes and Frequencies
 Acoustic: 100 dB, 0,02 Mb @ 0,0 Hz
Radial: 2,921 mm/sec @ 39,3Hz
 Vertical: 1,778 mm/sec @ 36,5Hz
Transverse: 2,921 mm/sec @ 42,6Hz

Graph Information
 Duration: -0,500 s To: 1,000 s
 Acoustic Scale: 126 dB
 Seismic Scale: 6,00 mm/sec (1,500 mm/sec/div)
 Time Intervals at: 0,25 s



Particle Velocity Versus Frequency - USBM Limits (RI 8507, 1980)



EK- B
Çalışma İle İlgili Fotoğraflar









ÖZGEÇMİŞ

Mehmet ÖZ 1986 yılında Karşıyaka'da doğdu. İlköğretimini Eşrefpaşa İlköğretim Okulunda tamamlamıştır. 2000 yılında Maltepe Askeri Lisesi'ne girmiş ve 2004 yılında mezun olmuştur. 2008 yılında Teğmen rütbesi takarak Kara Harp Okulu'ndan Sistem Mühendisi olarak mezun olmuştur. Daha sonra bir sene süreyle İstihkam Okulu ve Eğitim Merkezi Komutanlığında Subay Temel Kursu görmüş ve 2009 yılının Haziran ayında İstanbul Samandıra'da bulunan 4'üncü Kara Havacılık Alay Komutanlığına Meydan Bakım Onarım ve İşletme Takım Komutanı olarak atanmıştır. 2013 yılı genel atamalarıyla Küçükyalı-Kenan Evren Kışlası'nda bulunan Kara Kuvvetleri Lisan Okulu Komutanlığı'na Misafir Askeri Personel Kurs Bölük Komutanı olarak atanmıştır. Halen aynı birlikte görev yapmakta olan Mehmet ÖZ, bayan Özge ÖZ ile evli olup bir kız çocuğu sahibidir ve iyi seviyede İngilizce bilmektedir.