

**PATLATMALARIN ŞEV DURAYLILIĞINA ETKİLERİNİN  
YÜZEY DALGALARININ BASTIRILMASI YÖNTEMİ İLE  
EN AZA İNDİRİLMESİ**

**MINIMIZATION OF BLASTING EFFECTS ON SLOPE  
STABILITY BY SUPPRESSING SURFACE WAVE METHOD**

**YETER ÖZÇELİK ARIKAN**

**PROF. DR. GÜZİN GÜLSEV UYAR**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi  
Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
Maden Mühendisliği Anabilimdalı İçin Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2018

**YETER ÖZÇELİK ARIKAN**'ın hazırladığı “**Patlatmaların Şev Duraylılığına Etkilerinin Yüzey Dalgalarının Bastırılması Yöntemi İle En Aza İndirilmesi**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Bülent KAYPAK  
Başkan



Prof. Dr. Güzin Gülsev Uyar  
Danışman



Dr. Öğretim Üyesi Emre Yılmazkaya  
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

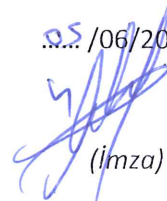
## YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/~~raporumun~~ tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**  
(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)
- Tezimin ..... tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**  
(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)
- Tezimin ..... tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**
- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

05/06/2018

  
(İmza)

Yeter ÖZÇELİK ARIKAN

***Biricik Annem'e***

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

29/05/2018  


YETER ÖZÇELİK ARIKAN

## ÖZET

# PATLATMALARIN ŞEV DURAYLILIĞINA ETKİLERİNİN YÜZEY DALGALARININ BASTIRILMASI YÖNTEMİ İLE EN AZA İNDİRİLMESİ

**YETER ÖZÇELİK ARIKAN**

**Yüksek Lisans, Maden Mühendisliği**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Güzin Gülsev UYAR**

**Mayıs 2018, 88 sayfa**

Şev duraylılığının korunması açık ocaklarda en önemli ve dikkat edilmesi gereken hususlardan biridir. Şev duraylılığını etkileyen pek çok parametre olmasına rağmen, yanlış patlatma tekniklerinin uygulanması, patlayıcı ve ateşleme sistemlerinde doğru seçimin yapılmaması neticesinde gerçekleşen kontrolsüz patlatmalar, şev duraylılığını olumsuz yönde etkilemektedir. Açık işletmelerdeki patlatma faaliyetlerinin şev duraylılığına olan etkileri, şev duraylılığını etkileyen diğer parametreler göz önüne alındığında literatürde de pek fazla çalışma alanı bulamamıştır. Oysa ki, patlatmaların, bir taraftan yükleme, taşıma ve kırma harcamalarını en düşük seviyede tutarken, bir yandan da arka şevde kalan kayaya en az zararı verecek, şev duraylılığını tehdit etmeyecek biçimde yapılması çok önemlidir. Bu tez çalışmasında, Bursa Linyitleri Orhaneli Gümüşpınar sahasında ve Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Çan Linyitleri işletmelerindeki patlatmaların şev duraylılığına olan etkileri incelenmiş ve şevlere herhangi bir olumsuz etki yaratmayacak şekilde kontrollü patlatmalar tasarlanmıştır. Bu tasarımları yaparken, alışlagelmiş metodlar yerine, “yüzey

dalgalarının bastırılması” prensibine dayanan yeni bir yöntem uygulanmıştır. Tez çalışması sonucunda, hem şev duraylılığını tehdit etmeyen, hem de çevre yerleşim yerlerine verilecek hasarı en aza indiren patlatma tasarımları geliştirilmiş ve işletmelerde uygulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kontrollü patlatma, Şev duraylılığı, Patlatma titreşimleri

## **ABSTRACT**

### **MINIMIZATION OF BLASTING EFFECTS ON SLOPE STABILITY BY SUPPRESSING SURFACE WAVE METHOD**

**YETER ÖZÇELİK ARIKAN**

**Master of Science, Department of Mining Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Güzin Gülsev UYAR**

**May 2018, 88 pages**

Slope stability protection is one of the most significant aspect that has to be carefully investigated in open-pit mine. Although there are lots of influencing parameters of slope stability, the misimplementation techniques of blasting, the uncontrolled blastings that substantiate as a result of wrong choice in blasting agent and ignition systems have affected slope stability in a negative way. The blasting activity in the open-pits to the effect of slope stability has no scientific study field considering other parameters. So, the blasting is done as crushing and loading in low cost, low damage to rock in backside slope and nonthreatening for the slope stability are very important. In this study, the negative influences of the blasting for slope stability is investigated and smoothe blastings to repair these negative influences are designed in open-pits at the region of Çanakkale Çan and Bursa Orhaneli. A new method based on the principle of supressing surface wave is used instead of conventional methods while doing these designs. In the result of this study, both the



nonthreatening of the slope stability and blasting affect that minimized damage to settlement are designed and practiced.

**Key Words:** Controlled Blasting, Slope Stability, Blasting Vibration

## TEŞEKKÜR

Tez çalışması, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü' nde 2014-2018 yılları arasında yürütülmüştür.

Tez çalışmamın başlangıcından sonuna kadar hiç bir safhada yardımını ve desteğini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. G. Gülsev Uyar'a, tez çalışmam boyunca çalışmanın ilerlemesi ve geliştirilmesinde gösterdiği emek için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmaları esnasında bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan, tez çalışmamın ilerlemesinde elinden gelen desteği veren hocam Prof. Dr. Yılmaz Özçelik'e,

Saha çalışmalarının, tez kapsamında veri tabanı olarak kullanılması konusunda gerekli izinleri sağlayan ve kolaylık gösteren Türkiye Kömür İşletmeleri Çan Linyitleri İşletme Müdürü ve mühendislerine,

Her zaman yanımda olan ve maddi manevi hiçbir desteklerini esirgemeyen biricik annem Nermin Özçelik'e, canımdan çok sevdiğim babam Arif Özçelik'e, sevgili eşim Musa Kazım Arıkan'a, gösterdikleri sabır ve katkılardan dolayı içten teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	I
ABSTRACT .....	III
TEŞEKKÜR .....	V
İÇİNDEKİLER .....	VI
ÇİZELGELER .....	VIII
ŞEKİLLER .....	IX
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	XIV
1. GİRİŞ .....	1
2. TEZ ÇALIŞMASININ AMACI VE KAPSAMI .....	3
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	5
4. YÖNTEM .....	9
5. BURSA LİNYİTLERİ ORHANELİ-GÜMÜŞPINAR SAHASI .....	12
5.1. SAHA LOKASYONU VE JEOLJISI .....	12
5.2. ORHANELİ SAHA ÇALIŞMALARI .....	16
5.2.1. Sahada yapılan önceki çalışmalar .....	16
5.2.2. Haziran-Ağustos 2014 patlatma çalışmaları .....	18
5.2.3. Eylül-Ekim-Kasım-Aralık 2014 patlatma çalışmaları .....	20
5.2.4. Aralık 2014 patlatma çalışmaları .....	26
5.2.5. Orhaneli Saha Çalışmalarından Elde Edilen Sonuçlar .....	27
6. TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ (TKİ) ÇAN LİNYİTLERİ SAHASI .....	29
6.1. TKİ ÇAN LİNYİTLERİ SAHASI LOKASYONU VE JEOLJISI .....	29
6.2. ÇAN LİNYİTLERİ SAHA ÇALIŞMALARI .....	37

6.2.1. Temmuz-Ağustos-Eylül 2015 Patlatma Çalışmaları .....	37
6.2.2. Ekim-Kasım-Aralık 2015 patlatma çalışmaları .....	56
6.2.3. Ocak 2016 patlatma çalışmaları .....	60
6.2.4. Şubat 2016 patlatma çalışmaları .....	62
6.3. ÇAN SAHA ÇALIŞMALARINDAN ELDE EDİLEN SONUÇLAR .....	71
7. SONUÇLAR .....	80
KAYNAKLAR.....	82
ÖZGEÇMİŞ .....	88

## ÇİZELGELER

Çizelge 6.1	Çan Linyitleri Sahası 29 Temmuz 2015 patlatmalarından kaynaklanan titreşim verileri. ....	38
Çizelge 6.2	Çan Linyitleri Sahası 30 Temmuz 2015 patlatmalarından kaynaklanan titreşim verileri .....	51
Çizelge 6.3	Çan Linyitleri Sahası Ekim-Kasım 2015 arası patlatma kaynaklı titreşim verileri. ....	57
Çizelge 6.4	Çan Linyitleri Sahası Ocak 2016 'da yapılan patlatma kaynaklı titreşim verisi.....	61
Çizelge 6.5	Çan Linyitleri Sahası Şubat 2016 'da yapılan patlatma kaynaklı titreşim verisi.....	64
Çizelge 6.6	Çan Linyitleri Sahası Değişik paternler kullanılarak yapılan modelleme sonuçlarına göre titreşimin boyuna bileşeninde görülen genlik azalmaları.....	70

## ŞEKİLLER

Şekil 4.1 Alman DIN4150 Hasar Kriteri .....	11
Şekil 5.1 Türkiye ve çevresinin ana neotektonik bölgelerini ve ilişkili yapıları gösteren harita[51-53]. .....	13
Şekil 5.2 İnceleme alanı ve yakın çevresinin yer bildiri ve basitleştirilmiş jeoloji haritası.....	14
Şekil 5.3 Gümüşpınar kömür sahasını kontrol eden fayları gösteren harita[1] .....	15
Şekil 5.4 Örnek bir patlatma deliği.....	17
Şekil 5.5 Ağız bozulmamış delik.....	18
Şekil 5.6 Yetersiz yemleme nedeniyle infilak edemeyen ANFO'nun yanması sonucu turuncu gaz oluşumu.....	18
Şekil 5.7 Pasa döküm malzemesinin, kömürlü seviyenin ve heyelan riskli bölgenin konumları .....	18
Şekil 5.8 25-26 Haziran 2014'de yapılan patlatma lokasyonları (NKT50, Atım10'lu, 10'lu grup, 12'li grup) ve ölçüm lokasyonları.....	19
Şekil 5.9 19 Eylül 2014 tarihi itibarıyla işletmenin genel görünümü .....	20
Şekil 5.10 Patlatma#1'den kaynaklanan titreşimlerin değerleri.....	21
Şekil 5.11 Patlatma#2'den kaynaklanan titreşimlerin ölçülen değerleri. ....	23
Şekil 5.12 9 Ekim 2014 tarihi itibarıyla işletmenin genel görünümü.....	24
Şekil 5.13 Patlatma lokasyonu ve ölçüm yeri. ....	24
Şekil 5.14 Ali Bozkurt'un bahçesinden alınan titreşim kaydı.....	25
Şekil 5.15 18 Aralık 2014 tarihi itibarıyla işletmenin genel görünümü.....	26
Şekil 5.16 Yanal bileşende (Tran) titreşim genliğinin izin verilen sınır değeri aşması (Grafikte Okla gösterilmiştir). ....	27
Şekil 6.1 Çan yer bulduru haritası [17] .....	29
Şekil 6.2 Çan kömür havzasının jeoloji ve yapısal jeoloji haritası [56].....	31

Şekil 6.3 Üretim yapılan kömürlü seviye ve üzerindeki ince tabakalı marn kaya kütlesi.....	32
Şekil 6.4 Türkiye deprem bölgeleri haritası [58].....	33
Şekil 6.5 Örnek boyutunun büyümesine koşut olarak, bir yeraltı açıklığı ile bir kaya şevi malzemesinden kazısında kaya malzemesinden kaya kütlesine geçiş [59].....	34
Şekil 6.6 Çan linyit açık ocağında duraysızlık mekanizmasındaki farklılıklar açısından ayrılan bölgeler.....	35
Şekil 6.7 29 Temmuz 2015 tarihinde yapılan patlatmaların ve ölçüm lokasyonlarının yerlerini gösteren harita.....	38
Şekil 6.8 Patlatma#1' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#12269'dan alınan kaydı (Q:350kg, R: 582m).....	40
Şekil 6.9 Patlatma#1'den kaynaklı sinyalin cihaz#12269'dan alınan kaydında boyuna bileşene ait genlik-zaman (üstte) ve genlik-frekans (altta) grafiği.....	40
Şekil 6.10 Patlatma#1'den kaynaklı sinyalin cihaz#12269'dan alınan kaydında düşey bileşene ait genlik-zaman (üstte) ve genlik-frekans(alta) grafiği.....	41
Şekil 6.11 Patlatma#1' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#12270'den alınan kaydı (Q:350kg, R:497m).....	41
Şekil 6.12 Patlatma#1' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#12270'den alınan kaydı (Q:350kg, R:497m).....	42
Şekil 6.13 Patlatma#1'den kaynaklı sinyalin cihaz#12270'den alınan kaydında düşey bileşene ait genlik-zaman (üstte) ve genlik-frekans(alta) grafiği.....	42
Şekil 6.14 Patlatma#1'den kaynaklı sinyalin cihaz#12270'den alınan kaydında boyuna bileşene ait genlik-zaman (üstte) ve genlik-frekans(alta) grafiği.....	43
Şekil 6.15 Patlatma#1' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#14465'den alınan kaydı (Q:350kg, R:511m).....	43
Şekil 6.16 Patlatma#1' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#13638'den alınan kaydı (Q:350kg, R:559m).....	44
Şekil 6.17 Patlatma#2' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#12269'dan alınan kaydı (Q:175kg, R: 588m).....	44

Şekil 6.18 Patlatma#2'den kaynaklı sinyalin cihaz#12269'dan alınan kayıt .....	45
Şekil 6.19 Patlatma#2'den kaynaklı sinyalin cihaz#12269'dan alınan kaydında boyuna bileşene ait genlik-zaman (üstte) ve genlik-frekans(alta) grafiği.....	45
Şekil 6.20 Patlatma#2' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#14465'den alınan kaydı (Q:175kg, R: 518m).....	46
Şekil 6.21 Patlatma#2' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#13638'den alınan kaydı (Q:175kg, R: 518m).....	47
Şekil 6.22 Patlatma#3'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#12269'dan alınan üç bileşen kaydı (Q:100kg, R: 395m) .....	47
Şekil 6.23 Patlatma#3'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#14465'dan alınan üç bileşen kaydı (Q:100kg, R: 395m) .....	48
Şekil 6.24 Patlatma#3'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#13638'den alınan üç bileşen kaydı (Q:100kg, R: 395m) .....	48
Şekil 6.25 Patlatma#3'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#13638'den alınan yanal bileşen kaydı (Q:100kg, R: 395m).....	49
Şekil 6.26 30 Temmuz 2015 tarihinde yapılan patlatmaların ve ölçüm lokasyonlarının yerlerini gösteren harita .....	50
Şekil 6.27 Patlatma#1'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#14465'den alınan üçbileşen kaydı (Q:75 kg, R: 560 m) .....	52
Şekil 6.28 Patlatma#1'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#13638'den alınan üç bileşen kaydı (Q:75 kg, R: 745 m) .....	52
Şekil 6.29 Patlatma#1'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#12269'den alınan üç bileşen kaydı (Q:75kg, R: 550m) .....	53
Şekil 6.30 Patlatma#4'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#14465'den alınan üç bileşen kaydı .....	53
Şekil 6.31 Patlatma#4'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#13638'den alınan üç bileşen kaydı .....	54
Şekil 6.32 Patlatma#4'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#12269'dan alınan yanal bileşen kaydı .....	54
Şekil 6.33 30 Temmuz patlatma#3'den kaynaklanan titreşimlerden modellenen grup verisi (her deliğe ayrı gecikme verilmiştir) .....	56



Şekil 6.34 30 Temmuz patlatma#1'den kaynaklanan titreşimlerden modellenen grup verisi (her deliğe ayrı gecikme verilmiştir) .....	56
Şekil 6.35 Ekim 2015'de yapılan patlatmalar ve ölçüm yerleri.....	57
Şekil 6.36 Ekim ayı patlatmalarına ait PVS-frekans grafiği.....	58
Şekil 6.37 Kasım 2015'de yapılan patlatmalar ve ölçüm yerleri.....	59
Şekil 6.38 Kasım ayı patlatmalarına ait PVS-frekans grafiği .....	59
Şekil 6.39 Ağustos-Eylül-Ekim-Kasım aylarında yapılan patlatmalara ait titreşim genliklerinin vektörel toplam-frekans grafiği.....	60
Şekil 6.40 12.01.2016 tarihli patlatma yeri (Mar5PAT1,2.15) ve ölçüm lokasyonu (14465) .....	61
Şekil 6.41 Dekapajda yapılan pilot ve grup patlatma yerleri (MAR2PAT1,2...11) kömürde yapılan pilot patlatma yeri (KÖMÜR1) titreşim ölçüm cihaz lokasyonları (12269, 12270, 14465, 13638, Micromate). .....	63
Şekil 6.42 Şubat 2016'da yapılan patlatmalar ve ölçüm yerleri. ....	64
Şekil 6.43 Şubat ayı patlatmalarına ait PPV-frekans grafiği .....	65
Şekil 6.44 Cihaz 12269'dan alınan veri ile 10 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 100ms, sıralar arası 42ms .....	66
Şekil 6.45 Cihaz 12269'dan alınan veri ile 10 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 100ms, sıralar arası 67ms .....	67
Şekil 6.46 Cihaz 12269'dan alınan veri ile 10 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 100ms, sıralar arası 100ms .....	67
Şekil 6.47 Cihaz 12269'dan alınan veri ile 10 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 42ms, sıralar arası 25ms .....	68
Şekil 6.48 Cihaz 12269'dan alınan veri ile 10 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 42ms, sıralar arası 42ms .....	68
Şekil 6.49 Cihaz 12269'dan alınan veri ile 10 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 67ms, sıralar arası 42ms .....	69
Şekil 6.50 Cihaz 12269'dan alınan veri ile 10 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 100ms, sıralar arası 25ms .....	69
Şekil 6.51 Ağustos-Eylül-Ekim, Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında yapılan patlatmalara ait titreşim genliklerinin vektörel toplam-frekans grafiği.....	70

Şekil 6.52	29-30 Temmuz patlatmalarından kaynaklanan titreşimlerin PPV-Frekans grafiği (T:transversal, V: vertical, L: Longitudinal bileşen) .....	73
Şekil 6.53	Temmuz-Ağustos-Eylül patlatmalarından kaynaklanan titreşimlerin PPV-Frekans grafiği (T:transversal, V: vertical, L: Longitudinal bileşen).....	73
Şekil 6.54	Aralık ayı patlatmalarına ait PVS-frekans grafiği. ....	74
Şekil 6.55	Cihaz 13638'den alınan veri ile 4 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 42ms. ....	76
Şekil 6.56	Cihaz 13638'den alınan veri ile 4 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası gecikme 67ms. ....	76
Şekil 6.57	Delikler arası yüzey gecikmesinin 42ms'den 67ms'ye çıkarıldığında, boyuna bileşendeki titreşim genliklerindeki azalma .....	77
Şekil 6.58	Delikler arası 42ms, sıralar arası 100ms yüzey gecikmesi verilen durumun modellenmesi .....	78
Şekil 6.59	Delikler arası 67ms, sıralar arası 100ms yüzey gecikmesi verilen durumun modellenmesi .....	78
Şekil 6.60	Ağustos-Eylül-Ekim-Kasım-Aralık aylarında yapılan patlatmalara ait titreşim genliklerinin vektörel toplam-frekans grafiği .....	79

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

Hz	Frekans, mm/s
Q	Gecikme başına düşen patlayıcı miktarı, kg
R	Patlatma yeri ile ölçüm cihazı arasındaki mesafe, m
K	Yer iletim katsayısı
$V_P$	P dalga hızı
Z	Patlatma noktasının arayüzeye dik uzaklığı
V	Poisson oranı
S	Dalga hızı
$\mu$	Shear modülü
ms	Milisaniye
c	Kohezyon
$m_i$	Hoek malzeme sabiti
x	Yatay düzlem
y	Boylamsal düzlem
z	Dikey düzlem
$V_0$	Sıfır Frekans Hızı
E	Young modülü
t	Zaman

## **Kısaltmalar**

PPV-SD	En yüksek parçacık hızı – Ölçekli mesafe
Tran	Titreşim dalgasının yanıl bileşeni (transversal)
Ver	Titreşim dalgasının düşey bileşeni (vertical)
Lon	Titreşim dalgasının boyuna bileşeni (longitudinal)
GSI	Jeolojik Dayanım İndeksi
UCS	Tek Eksenli Basma Dayanımı
DIN	Alman Enstitü Standardı (German Institute for Standardization)

# 1. GİRİŞ

Madencilik sektörü sanayileşmenin temel girdilerini üreten bir sektördür. Üretimin ve ihracatın zamanla tarımdan sanayiye kayması, sanayi için gerekli olan hammaddelerin nitelikli ve ekonomik olarak elde edilmesini gerekli kılmıştır. Bu nedenle ülkemizde de madencilik sektörünün önemi günden güne artmaktadır. Ekonomik önemine rağmen, madencilik sektörü, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de iş kazaları ve meslek hastalıkları açısından en riskli sektörler arasındadır. Her ne kadar iş sağlığı ve güvenliği konusunda yer altı madenciliği daha çok göz önünde bulundurulsa da, açık işletmelerde de gerekli önlemler alınmadığı takdirde çok ciddi can kayıplarının yaşanması kaçınılmazdır. Maden üretimine geçmeden önce açık işletme madenciliği mi yoksa yer altı madenciliği mi yapılacağına karar verilmesi aşamasında birçok parametre göz önünde bulundurulmaktadır. Açık işletmelerde proje safhasında ilk olarak ele alınması gerekli konu olan, ortaya çıkacak şevlerin duraylılığının sağlanması, iş güvenliği açısından büyük öneme sahiptir.

Kazı, yol dolgusu, dolgu tipi baraj, pasa, atık yığını ve açık işletme madenciliğindeki şevlerin ekonomik ve güvenli şekilde tasarımı için aşağıda belirtilen iki aşama esas alınarak şev duraylılığı analizleri yapılır.

Ön analizler: Kritik olabilecek jeolojik, hidrojeolojik, malzeme ve çevre koşullarının belirlenmesi ve ekonomik değerlendirme yapılması.

Ayrıntılı analizler: Şev duraysızlığının özelliklerinin, tekrarlanma sıklığının araştırılıp, tasarıma gidilmesi ve iyileştirme yöntemlerinin belirlenmesi.

Şev duraylılığı analizlerinin başlıca amaçları;

- Değişik koşullar altında farklı özellikteki şevlerin duraylılığının araştırılması,
- Şev yüksekliği ve şev açısı gibi şev tasarımı parametrelerinin tayini amacıyla şev ve malzeme parametrelerinin birbirine bağlı değişimlerinin incelenmesi
- Kayma (duraysızlık) mekanizmasının belirlenmesi,
- Şevin yeniden tasarlanması ve iyileştirici (duraylılığı artırıcı) yöntemlerin belirlenmesi,

- Deprem, yoğun yapılaşma, trafik vb. gibi etkilerden kaynaklanan dış yüklerin şev duraylılığı üzerindeki etkilerinin araştırılması

Şev duraylılığı analizlerinde şev tasarımı ve kontrolü için dikkat edilmesi gereken faktörler:

- I. Sahanın yapısal jeolojik özellikleri,
- II. Kayaçların stratigrafisi,
- III. Yeraltı suyu,
- IV. Kayaçların jeomekanik özellikleri,
- V. Topografya,
- VI. Açık ocak derinliği,
- VII. Düzensiz döküm sahaları,
- VIII. Patlatma sistemidir.

Bu faktörlerden patlatma kaynaklı titreşimlerin şev duraylılığına etkileri hakkında literatürde mevcut çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Genelde, şev duraylılık analizlerinde dinamik etkiler olarak depremler düşünülmekte ve bölgenin depremselliğine göre bir girdi parametresi kullanılmaktadır. Oysa ki, örneğin yoğun üretim olan açık işletmelerde günde birkaç defa yapılan patlatmalar, özellikle yağış ve yanlış üretim yöntemleri yüzünden duraysız hale gelebilen şevlerin hareketini tetikleyebilecek önemli bir faktör olabilmektedir. Bu sebeple, açık işletmelerdeki patlatmalardan kaynaklanan sismik dalgaların genliklerini kontrol altında tutacak, hangi yönlerde ilerlerken nasıl davrandığını belirleyecek, özellikle duraysızlık problemi olan şevlere odaklanarak bu yöndeki titreşimleri en azda tutacak şekilde kontrollü patlatmalar planlayacak çalışmalar yapılmalıdır.

## 2. TEZ ÇALIŞMASININ AMACI VE KAPSAMI

Bu tez çalışmasında, özellikle duraysızlık problemlerinin çok yaşandığı açık maden işletmelerinde yapılan patlatmalardan kaynaklanan etkilerin basit bir deprem ivmesi ile tanımlanmasının getireceği kaba yaklaşımı kırmak, kontrolsüz yapılan patlatmaların yaratacağı olumsuzlukları araştırmak ve şevlerde herhangi bir duraysızlığa sebep olmayacak kontrollü patlatma çalışmalarını gerçekleştirmek amaçlanmıştır.

Konu ile ilgili literatür araştırması yapıldığında, ilgili bölümde de anlatıldığı üzere, şev duraysızlığında, kötü yapılan patlatmaların önemli ölçüde etkisi olduğu halde, bu etkilerin çok fazla araştırmaya konu olamadığı anlaşılmıştır. Çünkü bu konudaki genel yaklaşım, bölgenin depremsellik özelliklerinin ilgili modellere girdi parametresi olarak beslenmesi, daha lokal etkiler yaratan patlatmalardan kaynaklı dalgaların oluşturacağı titreşimlerin şevlerde depremlerle aynı etkiyi yaratacağı kabulüdür.

Çalışmanın amaçları doğrultusunda yapılan işlemlerin kapsamı aşağıdadır:

- i- Patlatmaların şevler üzerindeki etkilerini araştırmak için, iki farklı açık işletme seçilmiştir: Bursa Linyitleri Orhaneli Gümüşpınar sahası ve Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Çan Linyitleri sahası.
- ii- Her iki sahada da şevlerde duraysızlık problemi uzun yıllardan beri bulunmaktadır. Birkaç defa da ocakların iş güvenliğini tehdit edecek, üretimi aksatacak heyelanlar olmuştur. Bu sebeple, her iki ocakta konusunda uzman bilim insanları tarafından şev duraysızlık araştırmaları çalışmaları yapılmış olup [1-6], bu tez çalışmasında da patlatmaların etkileri incelenmiştir.
- iii- Her iki sahada da önce mevcut durum gözlenmiş; mevcut yapılan patlatma düzenleri ile şevlere giden dalgalar analiz edilmiş ve olası etkileri ortaya konmuştur.
- iv- Patlatma kaynaklı dalgaların alışlagelmiş yöntemlerle analiz edilmesindeki olumsuzluklara değinilmiş; tez çalışmasında kullanılan yöntem ve yöntemin alışlagelmiş yöntemlere göre avantajlarına değinilmiştir.

- v- Her iki sahada da, patlatma kaynaklı sismik dalgaların yön bağımlı değişimlerini incelemek için pilot patlatmalar yapılmış ve farklı yönlerde kayıtları alınmıştır.
- vi- Pilot patlatmalardan alınan sismik dalga formları kullanılarak grup patlatmalar modellenmiş ve şevleri tehdit etmeyecek kontrollü sismik dalgaların üretildiği patlatma tasarımları yapılmıştır.
- vii- Modellenen patlatmaların sonuçları gerçek patlatmalarla da karşılaştırılarak modellerin güvenilirliği test edilmiştir.
- viii- Ayrıca, sahada yapılan patlatmaların etkilerini bir bütün olarak düşünerek, şev duraylılığını koruyacak kontrollü patlatmaların aynı zamanda çevre yerleşim yerlerine etkilerini de en aza indirecek optimal sonuçlar içermesine dikkat edilmiştir.



### 3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Şev tanımı, hem doğal zeminlerde oluşmuş eğimli yamaçlar, hem de kazı ya da dolgu sonucu oluşturulan eğimli zeminler için yapılmaktadır. Şev için genel anlamda bir tanım yapmak gerekirse bu tanım “doğal veya yapay oluşturulmuş bir zemin kitlesini sınırlayan eğik yüzey” olarak verilebilir. Eğik yüzey bir düzlem olabileceği gibi birbirlerini takip eden düzlemlerden de oluşabilir [7].

Muller [8], Hoek ve Bray [9], açık ocak işletmeciliğinde şev duraylılığı problemlerine yaklaşım başlıklı makalesinde, kaya kütlelerinin davranışlarının sürekli bir ortam olarak değerlendirilmemesini, bu ortamın fay, eklem takımları, tabakalanma düzlemleri gibi süreksizliklerle kontrol edildiğini ifade etmiştir. Daha sonraki çalışmalarında süreksizlik içermeyen ya da az sayıda süreksizliğe sahip ortamlar süreksiz ortamlar olarak tanımlanabileceği gibi, süreksizliklerin sayısının ve sıklığının artmasıyla kaya kütlelerinin süreksiz ortam gibi hareket edebileceğini belirtmiştir.

Kley ve Lutton [10], açılmış şevler üzerinde duraylılık ve duraysızlık morfolojisi üzerinde önemli veriler toplamıştır. Bu veriler daha sonra Ross-Brown [11], ve Hoek ve Bray [12], tarafından da geliştirilmiştir. Sağlam kaya olarak tanımlanan kütlelerdeki şevleri duraylı ve duraysız konumlarına göre değerlendirilerek grafiklendirmişlerdir. Çalışma sonucunda masif kaya kütlelerinde yapılan açık ocak işletmeciliğinde değerlendirilebilecek pratik bir rehber oluşturmuşlar, ancak bu rehberin ayrıntılı duraylılık çalışması sonucunda kullanılmasını önermişlerdir.

Goodman vd. [13] ve Hoek ve Bray [14], eklemli kaya kütleleri ve bozunmanın etkileri üzerinde çalışmalar yaparak bu tür kayalarda bozunmanın kaya kütlelerinin gevşemesine ve şev yüzeyinde yığılmasında neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Ulusay vd. [15], Muğla ili, Yatağan ilçesine bağlı Eskihisar köyü yakınlarındaki TKİ'ye ait açık ocak kömür işletmesinde oluşan çok yüzeyli, gelişici karakterde şev üzerinde araştırmalar yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda duraysızlığın basamak şevlerinin açıldığı kilden oluşan zayıf bir zon içerisinde olduğu belirlenmiştir. Geçiş zonundaki duraysızlığın dik ve yüksek basamaklardan kaynaklandığı ortaya çıkarılmıştır. Genel

şevlendirme, basamak yüksekliği ve basamak açısına yönelik emniyetli açılar önerilmiştir.

Ulusay vd. [16], tarafından TKİ'ye bağlı Afşin-Elbistan kömür sahasındaki Kışlaköy açık işletmesinde 1984 yılında oluşmuş karmaşık şev duraysızlığı çalışılmıştır ve sonuç olarak kömürlü seviyenin içerisindeki zayıf kil bandından kaynaklandığı belirlenmiştir. Jeoteknik araştırmalar, limit denge analizleri, geriye dönük analizler ve sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan analizler sonucunda, bu duraysızlığa ince kil bandının sebep olduğu ve düşük makaslama modülü ve dayanımına sahip olması nedeniyle, yanal gerilmelerin de etkisiyle yenildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Çan linyitlerine ait genel olarak ilk araştırma Özcanoğlu 'na [17] aittir. Sahadaki rezerv miktarını hesaplayıp çeşitli sondaj çalışmaları yapmıştır.

Monjezi vd. [18] patlatmalardan kaynaklanan geri tepmelerin (backbreak) şev duraylılığı üzerine etkilerini önceden tahmin edebilmek için uzman sistemleri kullanmıştır.

Patlatma kaynaklı titreşimlerin şev duraylılığına ve çevre yerleşim yerlerine olan etkilerinin belirlenmesi ve minimize edilmesinde alışlagelmiş yaklaşım, sismografla en yüksek parçacık hızlarının belirlenmesi, patlatma yeri ve ölçüm alınan yer arasındaki güzergah için arazi katsayılarının saptanması, sarsıntının yayılma kurallarını belirleyen ampirik formülün bulunması ve bu formül kullanılarak yapılan patlatmalar için mesafeye bağlı olarak bir seferde güvenle ateşlenebilecek en yüksek patlayıcı madde miktarının saptanmasıdır [19-33].

Parçacık hızı-ölçekli mesafe (Peak Particle Velocity-Scaled Distance, PPV-SD) ilişkisi olarak adlandırılan (PPV-SD) yönteminde sadece en yüksek titreşim değerleri esas alınmakta, tüm dalga biçiminin analizini kapsayan değerlendirmeler yapılmamaktadır. En yüksek parçacık hızlarına karşılık gelen ölçekli mesafelere göre hesaplanan görgül formül ile, kullanılan patlayıcı miktarlarına kısıtlamalar getirerek titreşim düşürülmek istenmektedir. Etkin frekanstaki en yüksek parçacık hızını esas alan PPV-SD değerlendirmelerinde, bu parçacık hızlarına ait frekanslar civarındaki daha düşük genlikli fakat uzun sürdüğü için daha fazla hasar verebilecek titreşim dalgaları göz ardı edilmektedir. Dolayısıyla görgül formüllerin güvenilirliği düşmektedir. Bu

yöntem, aynı zamanda ateşlenecek olan patlayıcı miktarlarına kısıt getirmek sureti ile titreşimi düşürmeyi amaçladığı için patlatma verimliliğini düşürerek daha fazla patlatma deliği ve daha fazla gecikme elemanı kullanımına neden olmaktadır. Değerlendirmeler, tüm dalga biçimi, tüm frekans içeriği ve titreşim süreci bilgileri birarada kullanılmadan, yalnızca en büyük parçacık hızına (peak particle velocity) dayandırılmaktadır. Oysa ki üç bileşenli sismik kayıtlar tüm dalga biçimi ve frekans içeriği ile birlikte incelendiğinde patlatmaların doğrusal olmayan davranışları hakkında önemli bilgiler verebilmektedir [34-37].

Patlayıcı miktarını kısıtlama temelli, en yüksek parçacık hızı-ölçekli mesafe ilişkilerinin belirlendiği klasik yaklaşım, 1960 yıllardan günümüze dek yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. 1960'lı yılların bilgi ve teknolojisi ile titreşimlerin en aza indirilmesinde başarılı sonuçlar elde edilen bu yaklaşım, günümüzde yerleşim yerlerine çok yakın yapılan patlatmalarda, karmaşık jeolojik yapıların elvermediği durumlarda tatminkar sonuçlar vermemektedir. Bu da, yapılan çalışmalara rağmen patlatma titreşimlerinden kaynaklı şikayetlerin devam etmesinden anlaşılmaktadır. Bu yaklaşım, günümüz bilgi ve teknolojisi ile çözümlenebilecek olan bazı olumsuzluklar içermektedir.

Bu tez çalışmasında, bu olumsuzlukları içeren klasik yöntemin alternatifi olarak, patlatma kaynaklı oluşan titreşimlerin en uygun gecikmelerle hedef noktada söndürülmesi prensibine dayanan; sadece PPV'nin değil, frekans, süre parametrelerinin de göz önüne alındığı yeni bir yöntem kullanılmıştır. Patlatma kaynaklı oluşan yüzey dalgalarının uygun gecikmelerle hedef noktalarda söndürülmesi prensibine dayanan yöntemin ayrıntıları bir sonraki bölümde verilmiştir.

Bu çalışmada patlatmalardan kaynaklanan titreşimlerin şevlerdeki hareketlenmeyi tetiklemeyecek olması hedeflenmesine rağmen, literatürde şev duraylılığı için hazırlanmış hasar-kriter tabloları bulunmadığı için, yapılar için hazırlanan grafikler kullanılarak, oluşan titreşimlerin genlikleri değerlendirilmiştir.

Literatürde, esas alınacak bir kriter olmamasına rağmen, özellikle Çin'li araştırmacıların yaptığı çalışmalarda, şevlerde hareketlenmeyi tetiklemeyecek, patlatmalarda izin verilen parçacık hızı değerlerinin 30-40 mm/s civarlarında olduğu

görülmektedir [38]. Bu değerler (30-40 mm/s), gerek Orhaneli gerekse de Çan Linyitlerinde zaten var olan duraylılık problemini tetikleyecek derecede yüksek olduğu tecrübelerle dayanarak düşünüldüğü için, kaynak olarak benimsenmemiş; bunun yerine Alman DIN 4150 (DIN 4150, 1999) normundaki tarihi yapılara hasar vermeyecek titreşim değerlerini (3-5 mm/s) aşmamak hedeflenmiştir.

## 4. YÖNTEM

Bu çalışmada, şev duraylılığını tehdit etmeyecek şekilde patlatma kaynaklı titreşimleri en aza indirebilmek için alışlagelmiş “Hasar sınırlarının altında kalabilmek için gecikme başına düşen en büyük patlayıcı miktarını belirleme” yöntemi yerine, yüzey dalgalarının bastırılması prensibine dayanan yeni yöntem kullanılmıştır. Yöntemin adı, “Patlatma kaynaklı titreşimlerin en aza indirilmesini sağlayan yöntem” dir [39]. Kullanılan yöntem, sadece sismik dalga ile ilgilenir ve sismik dalgaların birbirleriyle yıkıcı girişimlerini sağlayacak en uygun gecikmelerin verilmesini hedefler.

Bu yöntem, patlatma ile ilgili parametrelere (delik sayısı, delik tasarımı, kullanılan patlayıcı miktarı, türü, deliklerin konumları, jeolojik etkiler, vs.) herhangi bir kısıt getirmemektedir. Yeni yaklaşımın esası, pilot atış kullanılarak çoklu patlatma ile oluşan sismik dalgaların modellenmesi ve uygun gecikmeler verilerek birbirlerini söndürmelerine dayanmaktadır. Titreşim verilerinin analizinde, en büyük genlikli (parçacık hızı, mm/s) sismik bileşen içindeki yine en büyük genliklerin bulunduğu zamana denk gelen dalga biçimleri üzerine yoğunlaşılır (En büyük tahribatı bu büyük genlikler vermektedir). Veri analizinden elde edilen gecikme parametreleri, gerçek grup patlatmasında kullanılır. Yöntemin temeli pilot delik patlatmasına dayanmaktadır. Patlatma noktasından başlayarak hedefe ilerleyen sismik dalgalar çeşitli etkilerle karşılaşır. Patlayıcı miktarı, türü, patlayıcı-kayaç etkileşimi, ayna etkisi, karmaşık jeoloji (tabakalanma, tektonik ve litolojik özellikler) bu etkilerin başlıcalarını oluşturmaktadır. Pilot patlatma ile oluşan sismik dalgalar, tüm bu etkilerin kaydını, farklı dalga biçimleri oluşumları ve genlik ölçeklenmeleri şeklinde üzerinde taşırlar. Grup patlatması içerisindeki her bir deliğin, pilot patlatmadakine eşdeğer bir dalga üreteceği varsayımından yola çıkılmıştır. Kullanılan veri işlem tekniğinin esası, lineer sistemlerin önemli bir özelliği olan süperpozisyon prensibine [40] dayanır.

Yöntemin temelini, önceden de söylendiği gibi pilot atış oluşturmaktadır. Yöntemin uygulanmasında, önce bir pilot patlatması gerçekleştirir. Pilot deliğin ileride yapılacak grup patlatmasındaki her bir deliği temsil edecek şekilde doldurulmasına dikkat edilir. Alışlagelmiş yaklaşımdan farklı olarak yeni yöntemde sadece sismik dalga ile ilgilenildiğinden, patlatma deliklerinin düzenine, patlayıcı miktarlarına karışılmaz,

işletmedeki patlatma yetkilisinin talimatları doğrultusunda grup deliklerinin doldurulmasına izin verilir. Patlatma delikleri doldurulur, gecikmelerin verilmesi için, pilot patlatma sinyali kullanılarak yapılan modellemenin sonucu beklenir. Bu aşamada yazılım paketi ile pilot atış sinyali incelenir, patlayıcı deliklerinin nasıl gruplanacağı ve hangi gecikmelerin verileceği, bu inceleme sonucu bulunur. Yazılım ile pilot atıştan modellenen ve dalgaların birbirlerini söndürebilmeleri için en uygun gecikmelerin verildiği, modellenen grup patlatması, aynı gecikmelerin uygulandığı gerçek grup patlatması verisi ile karşılaştırılır. Bir bölge için sürekli aynı pilot verisini kullanarak, grup atışlarına ait sismik dalga biçimlerini tahmin etmek ve buna bağlı olarak grup gecikmelerini tasarlamak yanıltıcı olabilir. Pilot atışın yarattığı sinyal, patlatma noktası ile hedef arasındaki uzaklık, pilot atış parametrelerindeki değişimler (patlayıcı miktarı, delik derinliği, patlayıcı özellikleri, patlayıcı-kaya etkileşimi) ve jeolojideki önemli değişimlere (kömür, kaya gibi) göre farklılık gösterir. Dolayısı ile bu parametrelerden birinin dahi değişmesi yeni bir pilot patlatmayı gerektirir. Değerlendirmeler, elde edilen yeni pilot sinyal kullanılarak yapılır.

Pilot patlatmadan elde edilen sismik veriler, ticari bir yazılım ile sismik kayıtçılardan bilgisayara aktarıldıktan sonra, bu amaç için geliştirilen yazılım paketi SEISBLAST ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu, aynı patlatmaya ait deliklerin nasıl gruplanacağı ve her gruba ne kadar gecikme verileceği belirlenmiştir. Grup patlatmaları bu parametrelere göre gerçekleştirilmiştir. Grup patlatması sonucu elde edilen ikinci veri setinden ise titreşimlerin ne kadar önlenemediği incelenmiştir. Yazılım Paketi, SEISBLAST, verilere band geçişli süzgeç uygulayan SUZGEC, verileri incelemeye ve sismik faz hızlarını hesap etmeye yarayan HIZ, patlatma deliklerini gruplamaya ve gruplara verilecek gecikmelerin hesaplanmasına yarayan GECİKME olmak üzere üç ayrı programdan oluşmaktadır.

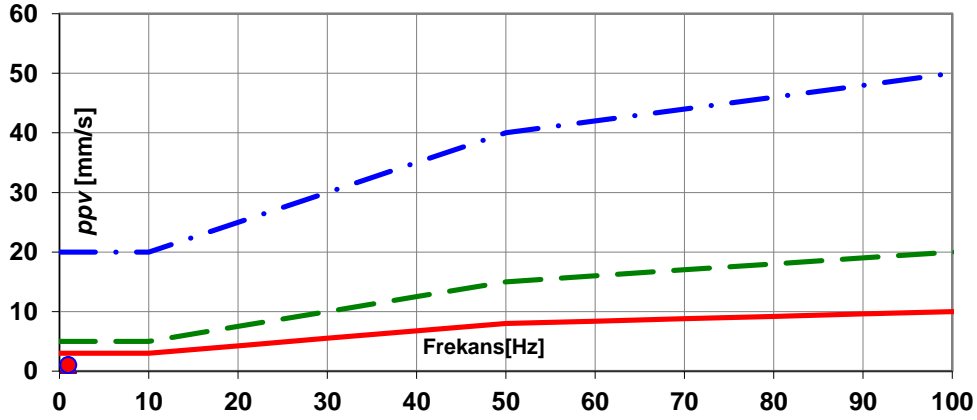
Yöntemin mevcut yöntemlere göre üstünlüğü;

- Değerlendirmelerin, yalnızca en büyük parçacık hızına(PPV) dayandırılmaması; dalga biçimi, frekans içeriği, ve titreşim sürecinin de dikkate alınması,

- Patlayıcı miktarına bir kısıt getirilmemesi ve işletmenin uyguladığı patlatma düzenine karışılmaması,
- Tek bir kayıt istasyonundan elde edilen titreşim kaydı ile dahi (sismik faz hızı hesaplanmayacaksa ) analiz yapılabilmesidir [41]

Yapılan patlatmalardan kaynaklanan titreşim genlikleri 3 bileşenli jeofona sahip titreşim ölçer cihazlarla kaydedilip veriler toplanmıştır. Toplanan veriler, yatay, boyuna ve enine olmak üzere 3 farklı bileşende genlik-frekans grafiklerine yerleştirilmiş ve Alman DIN4150 Hasar Kriteri'ne göre değerlendirilmiştir [42]

Alman DIN normu, patlatma kaynaklı titreşimlerin, yapılara hasar vermemesi için izin verilen limit değerlerini, parçacık hızı-frekans ilişkisine göre göre 3 farklı renkte oluşturduğu eğrilerin altında kalacak şekilde göstermektedir.



Şekil 4.1 Alman DIN4150 Hasar Kriteri

Kırmızı çizgi, tarihi eserler sınıfındaki yapılar için izin verilebilecek genliklerin altında kalması gereken eğriyi; yeşil, betonarme yapılar için, mavi ise çok sağlam betonarme yapılar için izin verilebilecek genliklerin altında kalması gereken eğriyi göstermektedir. Şekilden de görüleceği üzere, frekans arttıkça izin verilen genlik değerleri yükselmektedir.

Literatürde, şev stabilitesi açısından izin verilen titreşim genliklerine dair bir standart yoktur. Ancak başka pek çok etkiden dolayı duraysızlık sorunu olan ocaklarda patlatmaların bu duraysızlığa herhangi bir katkı koymaması adına, titreşim genliklerinin 1-5 mm/s aralığında tutulmasının doğru olacağı düşünülmüştür. Bu aralık, Alman DIN4150 normuna göre, yeşil eğri ile gösterilen aralıktır. Şevlerdeki hareketliliği tetiklememek için, Alman DIN 4150 normu esas alınmıştır.

## 5. BURSA LİNYİTLERİ ORHANELİ-GÜMÜŞPINAR SAHASI

Bu bölümde, Bursa Linyitleri Orhaneli Gümüşpınar sahasının yeri, jeolojik yapısı ile sahada yapılan patlatmaların şevlere olan etkilerinin araştırılması ve en aza indirilmesi için gerekli patlatma düzenlerinin oluşturulması ile ilgili çalışmalardan bahsedilmiştir.

### 5.1. Saha Lokasyonu ve Jeolojisi

Gümüşpınar (Orhaneli) açık ocak işletmesi ve yakın çevresini kapsayan ilk detaylı çalışma Günalay [43] tarafından gerçekleştirilmiştir. Günalay (1974) palinolojik etüd çalışmasında inceleme alanındaki kömür damarının yaşını Alt-Orta Miyosen olarak belirtmektedir.

Takip eden dönemde Memikoğlu [44], yaptığı çalışmada bölgedeki KD-GB uzanımlı kıvrımların bulunduğunu belirtmiştir. Ayrıca ana fay doğrultularının D-B ve KD-GB uzanımlı olduğunu ve bu fayların tüflerle örtülü olduğunu vurgulamıştır.

Bölgede havza çökellerinin stratigrafisi, yapısal jeoloji, hidrojeoloji ve açık ocak heyelanlarını konu alan çalışma Kulaksız vd. [45], tarafından yapılmıştır. Ergüder vd. [46], havzanın batısında gerçekleştirdiği çalışmasında, eksen uzanımı KD-GB olan bir senklinalin önemini işaret etmekte ve doğrultuları KB-GD, K-G ve D-B arasında değişen çok sayıda ters ve normal fayın varlığını belirtmektedir. Bu faylardan K-G doğrultulu olanların havza oluşumunu denetlediğini belirtmiş ve heyelanların sebebi olarak şişme özelliğindeki killerin, fayların ve yeraltı suyunun varlığını vurgulamıştır.

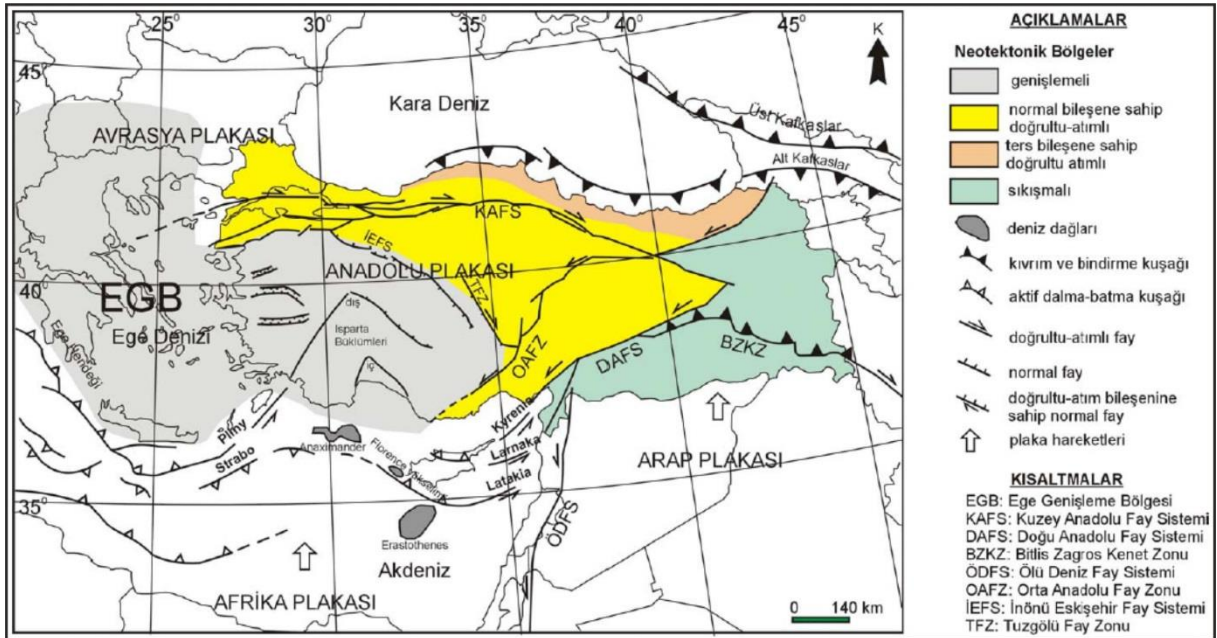
Ergüder vd. [46], ise kömür havzasının doğu kenarında yürüttükleri çalışmalarında, Kulaksız vd. [45] tarafından tanımlanan faylara ek olarak on adet yeni fay tanımlamışlar ve fayların çoğunlukla GD doğru yüksek açılı faylar olduğunu belirtmişlerdir.

Anadolu'da neotektonik dönem, Afrika-Arap ile Avrasya plakalarının çarpışması süreciyle başlamıştır. Afrika plakası kuzeye doğru 10 mm/yıl, Arap plakası ise aynı yönde 25 mm/yıl hızla hareket etmektedir [47-50]. İki plaka arasındaki bu hız farkı Ölü Deniz Fayı tarafından kontrol edilmektedir. Bitlis Kenet Kuşağı boyunca çarpışan ve kuzeye hareketi Avrasya plakası tarafından engellenen Anadolu plakası Doğu



Anadolu Fay Sistemi (sol yanal) ve Kuzey Anadolu Fay Sistemi (sağ yanal) üzerinden batıya doğru kaçmaya başlamıştır. Doğuda bu hareketin Orta Miyosen sonlarında başladığı, batıda ise Geç Pliyosen-Kuvaterner zamanlarında gerçekleştiği araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur.

Bu dinamik süreç Anadolu'da dört farklı gerilme ve buna bağlı deformasyon tipinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bunlar Doğu Anadolu (sıkışmalı-daralmalı), Kuzey Anadolu (makaslmalı-sıkışmalı), Orta Anadolu (makaslmalı-genişlemeli-geçiş) ve Batı Anadolu (genişlemeli) bölgeleridir. Bu bölgeler birbirlerinden ana fay kuşaklarıyla ayrılmaktadır. Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Sistemleri Doğu Anadolu bölgesini Kuzey ve Orta Anadolu bölgelerinden ayırırken, İEFS, Tuz Gölü Fay Zonu ve Orta Anadolu Fay Sistemi Batı Anadolu ile Orta Anadolu bölgelerinin sınırını oluşturmaktadır.

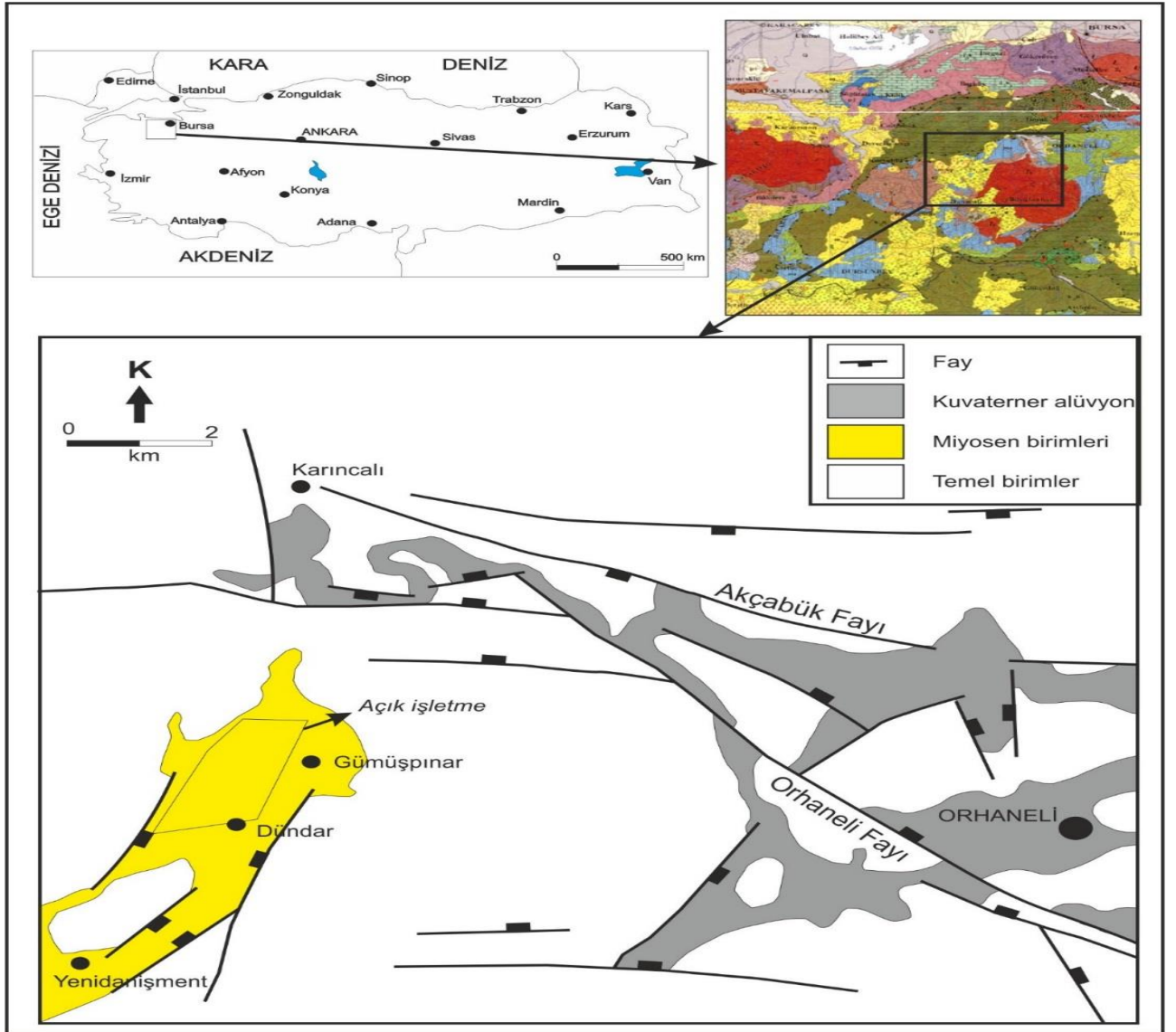


Şekil 5.1 Türkiye ve çevresinin ana neotektonik bölgelerini ve ilişkili yapıları gösteren harita[51-53].

Gümüşpınar kömür havzası yukarıda sözü edilen Ege Genişleme Bölgesi ile Orta Anadolu Bölgesi'nin sınırında kalmaktadır ve her iki sistemin de özelliklerini taşımaktadır. İnceleme alanında tespit edilen faylar üzerinde yapılan arazi incelemeleri ve fay-kayma verilerinin analizi, bölgeyi etkileyen iki farklı tektonik rejime işaret etmektedir. Gümüşpınar kömür havzası Bursa iline bağlı Orhaneli ilçesinin yaklaşık 25 km batısında yer alan ve uzun eksenini K-G doğrultusunda olan fay

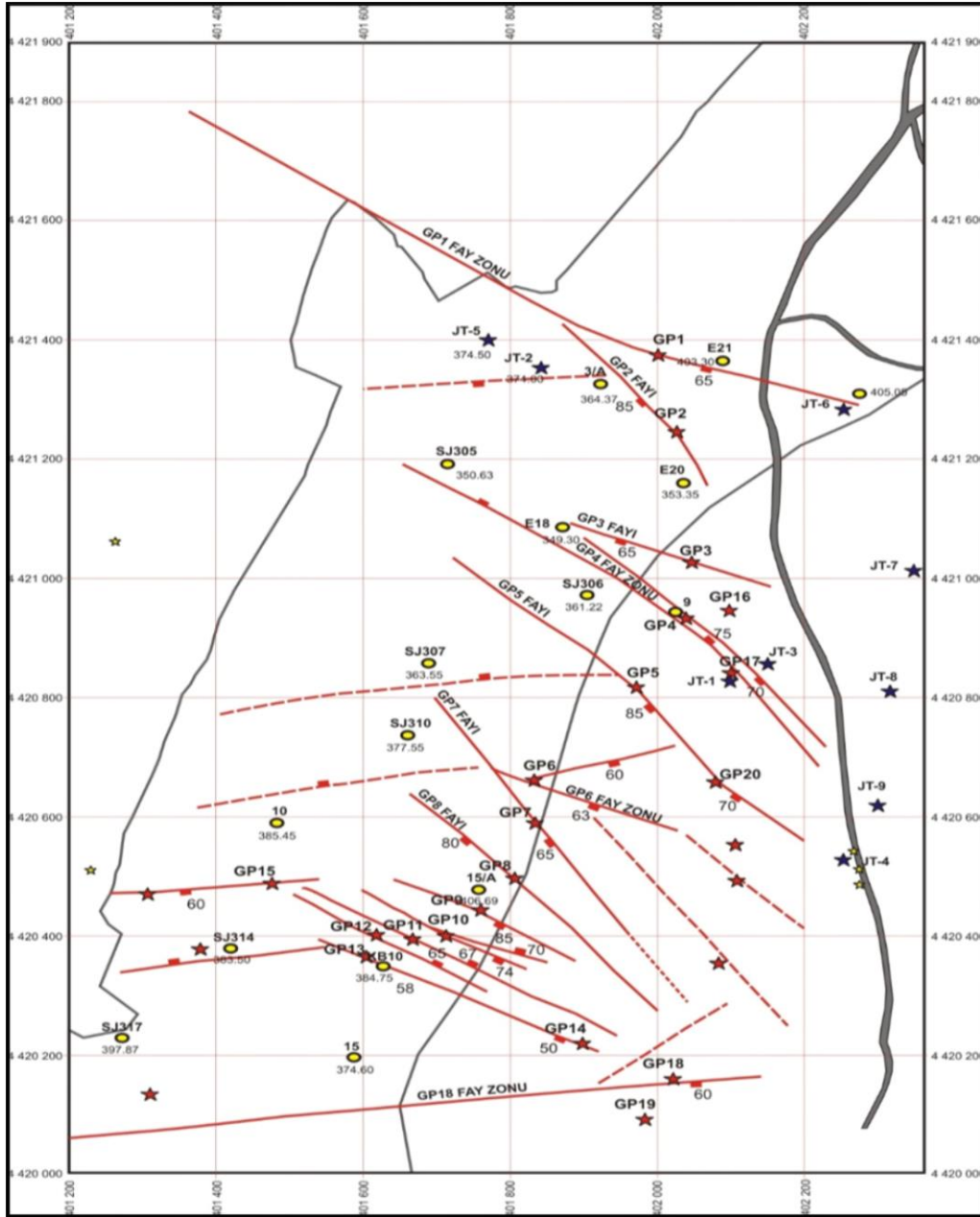
kontrollü bir çöküntü alanıdır. Gümüşpınar açık ocak işletmesi bu havza içinde KKD-GGB doğrultusunda olup, doğu kenarındaki kömürün alımı devam etmektedir.

İnceleme alanı ve yakın çevresinde bulunan temel kayaçlar, İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu boyunca tipik olarak gözlenen Mesozoyik ofiyolitik birimleri ve Jura-Kretase yaşlı mermerlerdir. Bu birimlerin üzerinde yer yer uyumsuz, yer yer de faylı dokanakla Miyosen yaşlı kömür içeren birimler bulunmaktadır. Alt seviyelerinde killi ve kömürlü olan Miyosen örtü kayaçları üst seviyelerde tuf-kumtaşı-kil taşı ardalanması ile temsil olur. Bölgedeki en genç birimler güncel alüvyon olup, çoğunlukla dere yataklarında ve topoğrafik olarak en düşük kotlarda gözlenmektedir[3] (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 İnceleme alanı ve yakın çevresinin yer bildiri ve basitleştirilmiş jeoloji haritası

Gümüşpınar kömür sahasında Neojen yaşlı sedimanter birimler batı kesimde ofiyolitleri, doğuda ise kristalize kireçtaşlarını uyumsuzlukla üzerlemekte olup, bu birimler değişik özellikteki fay/fay zonları tarafından kesilmiştir. Havzayı kontrol eden fayların özellikleri saha çalışmalarında detaylı olarak incelenmiş ve bu faylar kuzeyden güneye doğru, GP1 fay zonu, GP2 fayı, GP3 fayı, GP4 fay zonu, GP5 fayı, GP6 fay zonu, GP7 fayı, GP8 fayı, GP9 fayı, GP10 fayı, GP15 fayı, GP18 fay zonu olarak adlandırılmıştır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Gümüşpınar kömür sahasını kontrol eden fayları gösteren harita[1]

## **5.2. Orhaneli Saha Çalışmaları**

Çalışmanın amacı, Bursa Orhaneli Linyit Sahası, Gümüşpınar Sektöründeki patlatmaların şev stabilitesi üzerindeki etkilerinin araştırılması ve duraylılık problemi yaratmayacak kontrollü patlatma modellerinin oluşturularak patlatma titreşimlerinin en aza indirilmesidir.

Bu sektörde, müteahhit firmanın patlatma faaliyetlerine henüz başlamadığı dönemde, jeolojik ortamın patlatmalara olan etkisini ve patlatma kaynaklı dalgaların yayılma özelliklerini anlayabilmek adına tek delik patlatmaları yapılmış; Mayıs - Haziran 2013 tarihlerinde de Müteahhit Firmanın yaptığı patlatmalarla ilgili gözlem, ölçüm, analiz, değerlendirmeler yapılarak, mevcut patlatma düzeni değiştirilmiş, şev güvenliğini göz önünde bulunduracak patlatma tasarımları önerilmiştir. Ayrıca patlatma titreşimlerinin patlatmalara yakın lokasyonda bulunan köy evlerinde nasıl etkiler yarattığını anlama ve bilimsel etik gereği bu olası etkileri de en aza indirebilme sorumluluğu yüzünden, titreşimlerin şevlere etkilerinin yanında, köy yönünde de ölçümler alınmıştır. Alınan ölçümler neticesinde geliştirilen modeller ile, şevlerle birlikte köy evlerinin de patlatma kaynaklı dalgalardan en az etkilenebilmesi adına çözümler önerilmiştir. Bu çalışmalar Uyar Aldas ve Kaypak [2], tarafından raporlanmıştır.

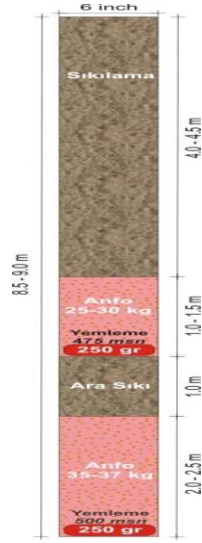
Bu teze konu olan çalışmalar ise, Haziran-Kasım 2014 arasında sahada yapılan çalışmaları kapsamaktadır. Bu dönemde yapılan çalışmalar, Uyar Aldas ve Kaypak [2], tarafından işletmeye önerilen patlatma düzeninin devamlılığının sağlanması ve yeni gelişen durumlar karşısında bu düzenin uygunluğunun kontrol edilmesi amaçlıdır. Bu çalışmalara değinmeden önce Uyar Aldas ve Kaypak [2], tarafından yapılan çalışmalara aşağıda kısaca değinilmiştir.

### **5.2.1. Sahada yapılan önceki çalışmalar**

Sahada Müteahhit Firmanın yaptığı patlatmalara müdahale yapılmadan, mevcut durumu anlayabilmek için patlatmalar gözlenmiş, 3 adet titreşim ölçer cihazla ocak içinde ve heyelanlı bölgeye yakın lokasyonda titreşim verileri kaydedilmiş ve veriler değerlendirilmiştir. Her iki firmanın da aynı düzende deldiği çok sayıda deliği, tek atımda değil, kendi içlerinde 3,4,5 gruba ayırarak ayrı ayrı patlattığı gözlenmiştir. Bu düzende yapılan patlatmalar hem zaman kaybına neden olmakta, hem büyük bir grup

patlatmasının yarattığı deliklerin birbirleriyle iç öğütme avantajından yoksun olmaktan kaynaklı kötü parçalanmaya sebep olmakta, hem de büyük bir güvenlik zaafiyetine neden olmaktadır. Çünkü her atıştan sonra ateşçinin koşarak diğer grubu bağlaması, patlayıcı madde ve aksesuarları ile donatılmış gruplar arasında dolaşması çok tehlikelidir.

Şekil 5.4 her iki Müteahhit Firmanın yaptığı patlatmalarda uyguladığı düzendeki bir örnek patlatma deliğini göstermektedir. Delikler arasında 100ms gecikme verilmektedir:



Şekil 5.4 Örnek bir patlatma deliği

100 ms delikler arası gecikme, titreşimi azaltmada uygundur. Ancak küçük gruplarla bireysel patlatmalar yapmak, şev hareketli ve agresif bir duruma sokmakta, her patlatmadan sonra deplasmana uğrayan şev, 1-2 dakika aralıkla yapılan grup atışları ile üst üste uyarılarak büyük deplasmanlar vermektedir. Sahada aynı şevde neredeyse 5-10 dakika aralıkla her iki müteahhit patlatma yapabilmektedir. Bu da daha önce bahsedilen agresif patlatma tarifine uymakta, şevin deplasman hareketlerini süperpoze etmektedir. Delik içinde sıkılama başına 250 gr yemleme kesinlikle yeterli değildir. Delik içinde başlayan detonasyon, yetersiz yemleme nedeniyle deliğin tamamı patlamadan sönmektedir. Bu durum, ağzı neredeyse hiç bozulmamış patlatma sonrası delik görüntülerinden ve patlatma esnasında çıkan yoğun turuncu renkli gazdan da anlaşılabilir (Resim 5.5 ve 5.6).



Şekil 5.5 Ağız bozulmamış delik



Şekil 5.6 Yetersiz yemeleme nedeniyle infilak edemeyen ANFO'nun yanması sonucu turuncu gaz oluşumu

Mayıs döneminde yapılan patlatmaların, kendi içinde gruplara bölünerek ayrı ayrı atılmasından ziyade, tek patlatmada, delikleri dördü veya üçlü veya ikili gruplayarak ve gruplar arasına 100 ms gecikme vererek patlatsaydık ne olurdu sorusunun cevabı için modellemeler yapılmıştır. Aşağıdaki bölümlerde bu modelleme çalışmalarının uygulamaları anlatılmıştır.

### 5.2.2. Haziran-Ağustos 2014 patlatma çalışmaları

Pasa döküm malzemesinin, kömürlü seviyenin ve heyelan riskli bölgenin konumları Şekil 5.7 de gösterilmiştir.



Şekil 5.7 Pasa döküm malzemesinin, kömürlü seviyenin ve heyelan riskli bölgenin konumları

25 Haziran'da (Şekil 5.8), 6 inçlik 10 metrelik delikler, ara sıklamasız, 625 gr yemleme dinamiti ve 75 kg ANFO ile delik içi 500 ms gecikme, delikler arası yüzey gecikmesi 100 ms verilerek patlatılmıştır. Toplamda 35 delik, 9 ayrı grup halinde gruplar üçlü, dördü delikleri kapsayacak şekilde oluşturulmuştur.

26 Haziran tarihinde, Şekil 5.8'de 10'lu grup ve 12'li grup olarak gösterilen lokasyonda 2 ayrı patlatma yaptırılmış. Patlatma delikleri, mevcut düzende doldurulmuştur. Yapılan tek değişiklik, 10'lu ve 12'li grupların küçük gruplar halinde bireysel değil, gecikmeli tek atımda patlatılmasının sağlanmasıdır.

Şekil 5.8'de 10'lu grup olarak tanımlanan bölgedeki atımda, 10 adet delik, aralarına 100ms gecikme verilerek tek seferde patlatılmıştır. Cihazın tetik seviyesini (0.5 mm/s) aşan titreşim değeri bu noktalara ulaşamamıştır.



Şekil 5.8 25-26 Haziran 2014'de yapılan patlatma lokasyonları (NKT50, Atım10'lu, 10'lu grup, 12'li grup) ve ölçüm lokasyonları

Şekil 5.8' de 12'li grup olarak tanımlanan bölgedeki atımda, 12 adet delik, ikişerli gruplandırılarak ve ikili delikler arasına 100ms gecikme verilerek tek seferde patlatılmıştır. Cihazın tetik seviyesini (0.5 mm/s) aşan titreşim değeri bu noktalara ulaşamamıştır.

26 Haziran tarihinde, 10 delikten oluşan bir grup patlatması yine delik aralarına 100 ms gecikme verilerek tek seferde yapılmış (Şekil 5.8'de ATIM10'lu) ve yaklaşık 300 m uzaktaki şevde ölçüm almıştır (Şekil 5.8, OLCUM). Bu noktadaki titreşim genliği, vektörel toplamda 3.44 mm/s olarak ölçülmüştür.

Şevlerdeki herhangi bir hareketlenme olmaması için 10' lu deliklerin, delik aralarına 100 ms gecikme vererek tek seferde patlatılmasının, grubu iki ya da üç bölüme ayırıp ayrı ayrı patlatma yapmaktan daha uygun olduğu görülmüştür. Çünkü bu düzende verilen titreşim değerleri eşik değerinin altındadır.

Toplamda 15 deliğin, ikişerli gruplanarak ve aralarına 100 ms gecikme verilerek patlatılmasıyla, hem şevlerde ölçülen titreşimler 3-4 mm/s'yi geçmeyecek hem de süre olarak 1 saniyeyi geçmeyen patlatmalar yapılabilecektir. Böylelikle titreşim genlikleri de 1 mm/s nin altında tutulacaktır. İşletmeye de bu yönde tavsiyelerde bulunulmuştur.

### **5.2.3. Eylül-Ekim-Kasım-Aralık 2014 patlatma çalışmaları**

19 Eylül 2014 tarihi itibarıyla işletmenin genel görünümü Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9 19 Eylül 2014 tarihi itibarıyla işletmenin genel görünümü

19 Eylül'de yapılan 2 adet grup patlatması, arazide izlenmiş ve 3 noktada patlatma kaynaklı titreşimler kaydedilmiştir.

Patlatma#1: 16 delikten oluşmuş bir grup patlatmasıdır. Delikler çift sıra, her sırada 8 adet olacak şekilde yerleştirilmişler ve ikili olarak bağlanarak, her ikili grubun arasına 100 ms gecikme olacak şekilde patlatılmıştır. Patlatma#1 sırasında kaydedilen titreşim değerleri Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Date/Time Vert at 13:01:17 September 19, 2014  
 Trigger Source Geo: 0.510 mm/s  
 Range Geo :31.7 mm/s  
 Record Time 5.25 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps  
 Job Number: 1

Serial Number BE12269 V 8.12-8.0 MiniMate Plus  
 Battery Level 6.0 Volts  
 Calibration May 10, 2007 by InstanTel Inc.  
 File Name N269FIB5.150

Notes  
 Location:  
 Client:  
 User Name:  
 General:

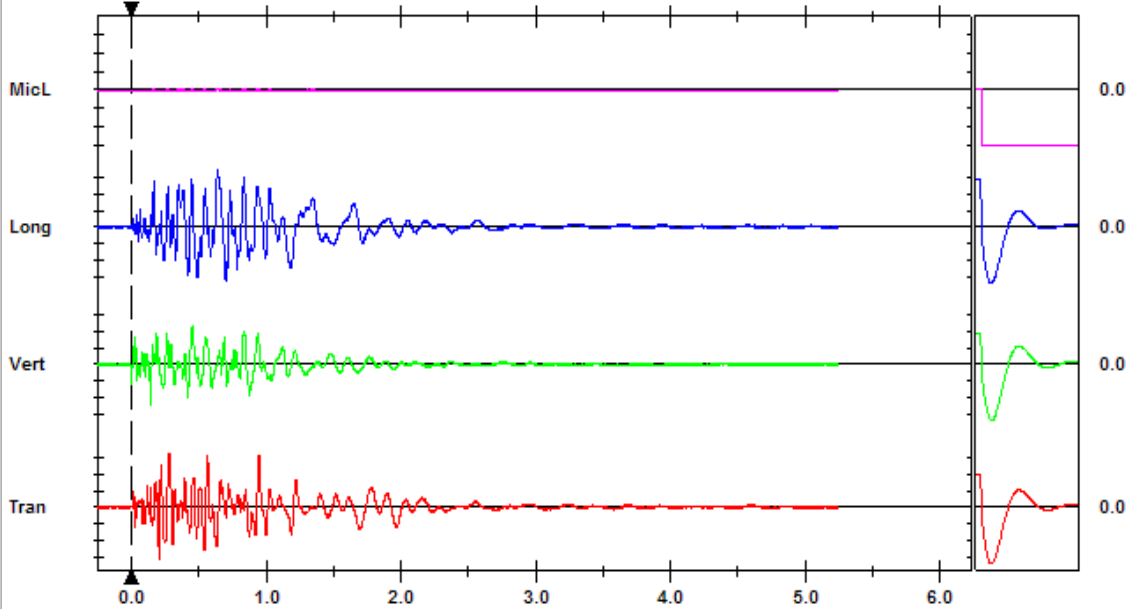
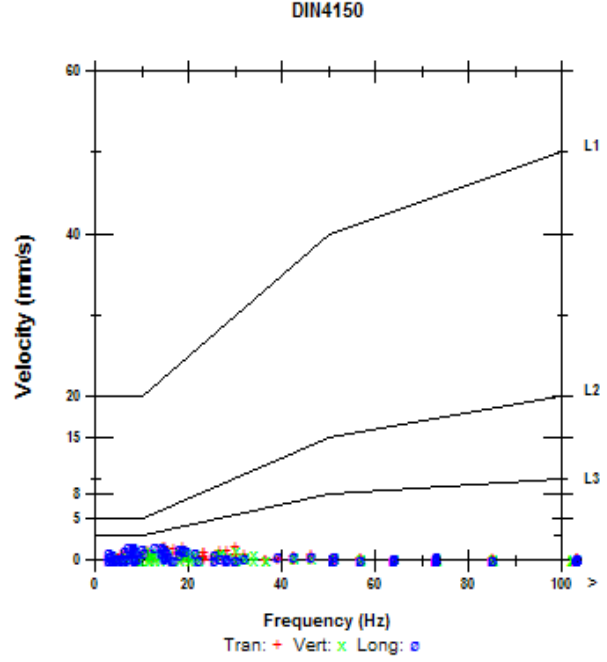
Extended Notes

Post Event Notes

Microphone Linear Weighting  
 PSPL 0.500 pa.(L) at 0.182 sec  
 ZC Freq >100 Hz  
 Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	1.60	1.21	1.73	mm/s
ZC Freq	15	30	8.1	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.279	0.140	0.638	sec
Peak Acceleration	0.0331	0.0249	0.0249	g
Peak Displacement	0.0188	0.0157	0.0372	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.7	7.7	7.8	Hz
Overswing Ratio	3.7	3.5	4.0	

Peak Vector Sum 2.04 mm/s at 0.637 sec



Şekil 5.10 Patlatma#1'den kaynaklanan titreşimlerin değerleri.

Şekil 5.10 incelendiğinde, üç bileşende de (Tran, Vert, Long) titreşim genliklerinin sırasıyla 1.60, 1.21, 1.73 mm/s ölçüldüğü ve bu değerlerin şekilde üst sağ bölümde Alman DIN4150 normuna göre hazırlanmış grafikte de görüleceği üzere tarihi eserlere hasar verebilme limit değeri olan 5 mm/s'nin altında olduğu, titreşim sürelerinin ise ortalama 2 saniye sürdüğü görülmektedir. Hakim frekansların da FFT yöntemi ile belirlendiğinde ortalama 7.5 Hz ile 10 Hz arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu frekans aralığında izin verilen sınır değer olan 5 mm/s titreşim genliğinin altında genlikler üretilmiştir.

Patlatma#2: 14 delikten oluşmuş bir grup patlatmasıdır. Delikler tek sıra olacak şekilde delinmiş ve aralarına 100 ms gecikme verilerek seri patlatılmıştır. Şekil 5.5 incelendiğinde, üç bileşende de (Tran, Vert, Long) titreşim genliklerinin sırasıyla 2.59, 1.43, 2.21 mm/s ölçüldüğü görülmektedir. Bu değerler şekilde görülen Alman DIN normuna göre hazırlanmış grafikten de anlaşılacağı üzere tarihi eserlere hasar verebilme limit değeri olan 5 mm/s'nin altındadır; titreşim sürelerinin ise ortalama 2.5 saniye sürdüğü görülmektedir. Hakim frekanslar da FFT yöntemi ile belirlendiğinde ortalama 7.5 Hz ile 10 Hz arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu frekans aralığında izin verilen sınır değer olan 5 mm/s titreşim genliğinin altında genlikler üretilmiştir.

Her iki patlatma düzeninde de yerleştirilen cihazlardaki kayıtlar değerlendirildiğinde, 14 delikli patlatma#2'den, 16 delikli patlatma#1'e göre daha yüksek genlikli titreşimlerin ortaya çıktığı görülmektedir. Bunun sebebi, deliklerin ikili gruplanarak patlatıldığında birbirleriyle daha çok yardımlaştığı ve parçalanma etkisinin artarken titreşimin azaldığı gerçeğidir. Ayrıca 14 delikli grup patlatmasında her delik arasına verilen 100 ms gecikme nedeni ile, patlatma süresi, 16 delikli ama çift sıra ve deliklerin ikili gruplandığı ikinci patlatmaya göre daha uzundur.

Her iki patlatma da DIN normuna göre tarihi eserlere dahi hasar vermeyecek izin verilebilen sınır değer 5 mm/s'yi aşılmadığı halde, tek sıra değil, iki sıra ve deliklerin ikili gruplandığı düzen önerilmektedir. Tek sıralı patlatma grubu yapılması gerektiğinde ise, patlatma süresini uzatmamak için grubun 10 deliği aşmaması önerilir.

Date/Time Vert at 13:02:43 September 19, 2014  
 Trigger Source Geo: 0.510 mm/s  
 Range Geo :31.7 mm/s  
 Record Time 4.75 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps  
 Job Number: 1

Serial Number BE12289 V 8.12-8.0 MiniMate Plus  
 Battery Level 6.0 Volts  
 Calibration May 10, 2007 by InstanTel Inc.  
 File Name N269FIB5.KJ0

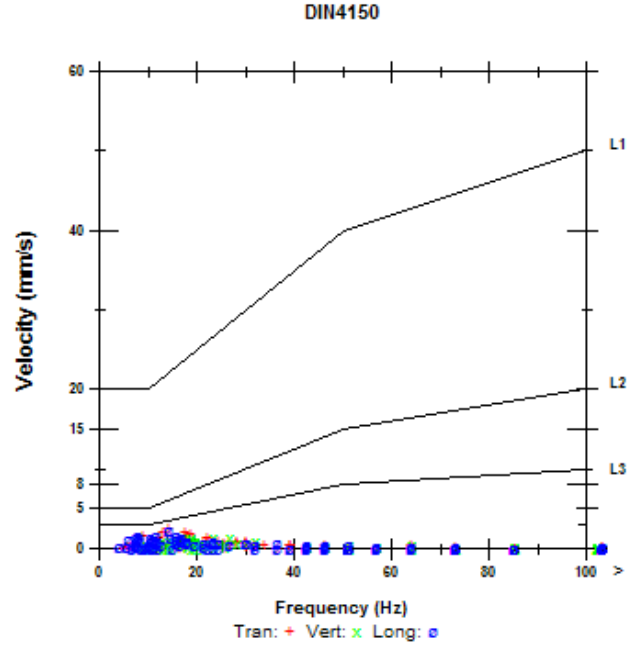
Notes  
 Location:  
 Client:  
 User Name:  
 General:

Extended Notes

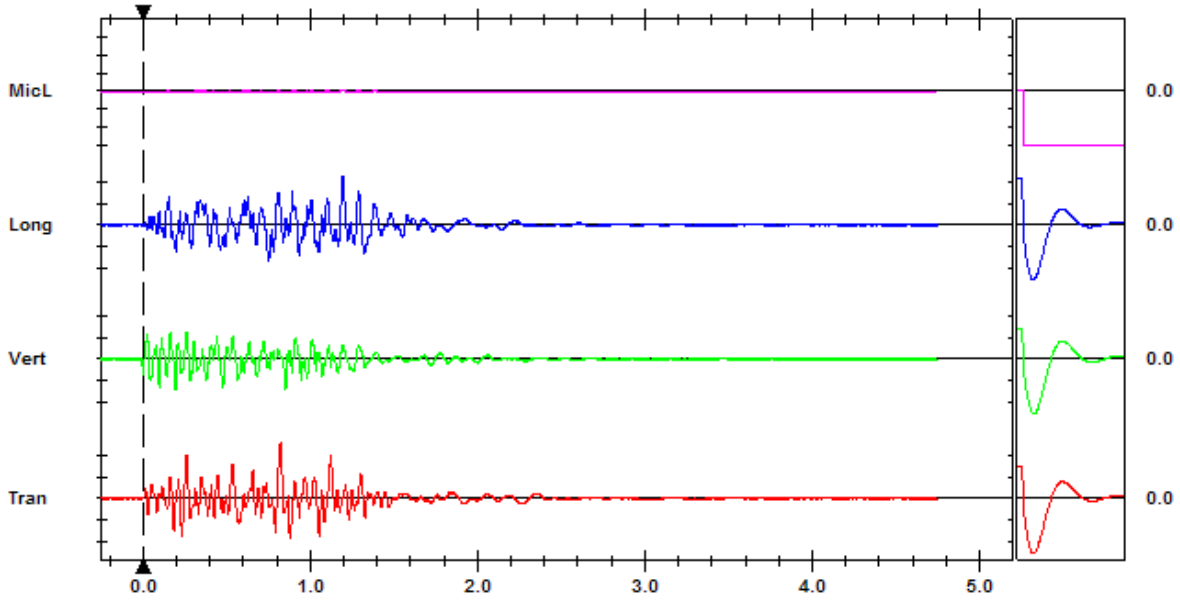
Post Event Notes

Microphone Linear Weighting  
 PSPL 0.500 pa.(L) at 0.186 sec  
 ZC Freq 57 Hz  
 Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	2.59	1.43	2.21	mm/s
ZC Freq	14	19	14	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.822	0.853	1.193	sec
Peak Acceleration	0.0298	0.0331	0.0285	g
Peak Displacement	0.0284	0.0107	0.0305	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.7	7.7	7.9	Hz
Overswing Ratio	3.8	3.5	4.0	



Peak Vector Sum 2.71 mm/s at 0.821 sec



Şekil 5.11 Patlatma#2'den kaynaklanan titreşimlerin ölçülen değerleri.



Şekil 5.12 9 Ekim 2014 tarihi itibarıyla işletmenin genel görünümü.

9 Ekim’de yapılan 1 adet grup patlatması izlenmiş ve 2 noktada patlatma kaynaklı titreşimler kaydedilmiştir. Şekil 5.13’de “ORHAYNA” patlatma bölgesini göstermektedir.



Şekil 5.13 Patlatma lokasyonu ve ölçüm yeri.

Patlatma, 11 delikten oluşmuş bir grup patlatmasıdır. Delikler tek sıra, her birinin arasında 100 ms gecikme olacak şekilde patlatılmıştır. Planlanan, deliklerin çift sıra hazırlanması ve ikili gruplar halinde aralarına 100 ms gecikme verilerek patlatılmasıdır ama zorunlu durumlarda tek sıralı grup patlatması yapılacağı zaman da 10 deliğin aşılması, patlatma süresinin uzaması açısından önerilmemektedir. Mevcut patlatma, 11 deliklidir. Bu patlatmadan, patlatma noktasına 550 m uzakta olan cihazdan, titreşim genlikleri cihazın kayda geçebilmesi için eşik değer olan 0.5 mm/s’yi aşmadığı için, hiç kayıt alınamamıştır.

Patlatma noktasına 400 m uzaklıkta olan Ali Bozkurt’un bahçesine yerleştirilen cihazdan alınan kayıt Şekil 5.14’te verilmiştir.

Date/Time Long at 15:48:49 October 9, 2014  
Trigger Source Geo: 0.510 mm/s  
Range Geo :31.7 mm/s  
Record Time 4.75 sec (Auto=3Sec) at 1024 sps  
Job Number: 1

Serial Number BE12269 V 8.12-8.0 MiniMate Plus  
Battery Level 6.1 Volts  
Calibration May 10, 2007 by Instante! Inc.  
File Name N269FJCE.LD0

Notes  
Location:  
Client:  
User Name:  
General:

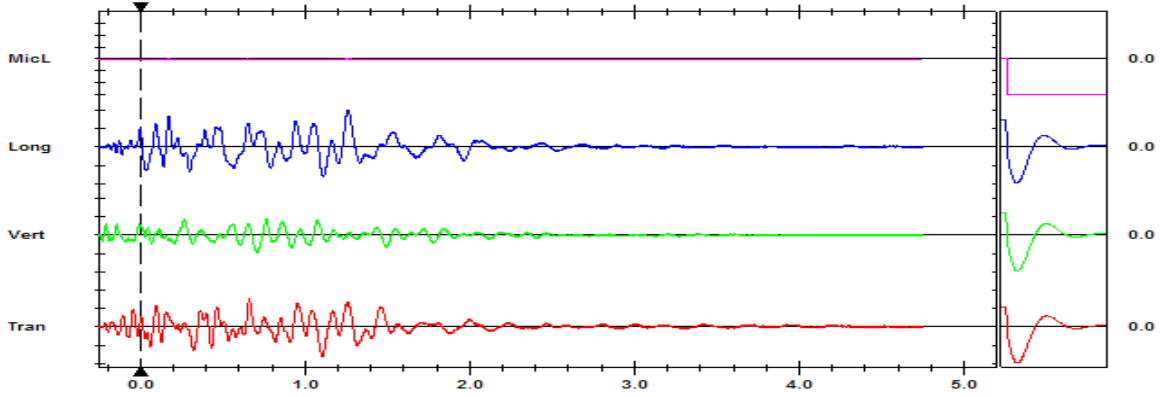
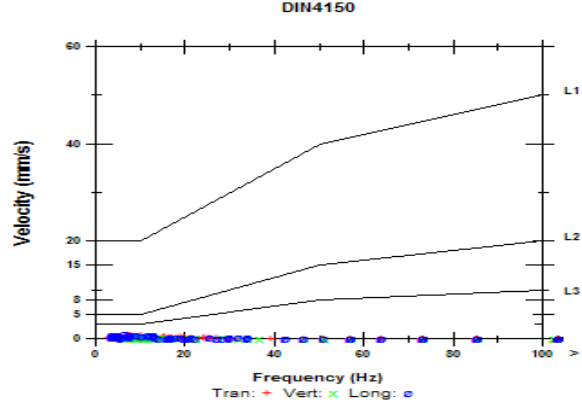
Extended Notes

Post Event Notes

Microphone Linear Weighting  
PSPL 0.500 pa.(L) at 0.028 sec  
ZC Freq >100 Hz  
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
PPV	0.794	0.460	1.00	mm/s
ZC Freq	7.2	8.1	6.5	Hz
Time (Rel. to Trig)	1.103	0.706	1.262	sec
Peak Acceleration	0.00829	0.00663	0.00994	g
Peak Displacement	0.0173	0.00916	0.0222	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.6	7.6	8.2	Hz
Overswing Ratio	3.8	3.7	3.5	

Peak Vector Sum 1.19 mm/s at 1.262 sec



Şekil 5.14 Ali Bozkurt'un bahçesinden alınan titreşim kaydı.

Şekil 5.14 incelendiğinde, üç bileşende de (Tran, Vert, Long) titreşim genliklerinin sırasıyla 0.794, 0.460, 1.00 mm/s ölçüldüğü ve bu değerlerin şekilde üst sağ bölümde Alman DIN4150 normuna göre hazırlanmış grafikte de görüleceği üzere tarihi eserlere hasar verebilme limit değeri olan 5 mm/s'nin altında olduğu, titreşim sürelerinin ise ortalama 2.5 saniye sürdüğü görülmektedir. Hakim frekansların da FFT yöntemi ile belirlendiğinde ortalama 7.5 Hz ile 10 Hz arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu frekans aralığında izin verilen sınır değer 5 mm/s titreşim genliğinin altında genlikler üretilmiştir.

#### 5.2.4. Aralık 2014 patlatma çalışmaları

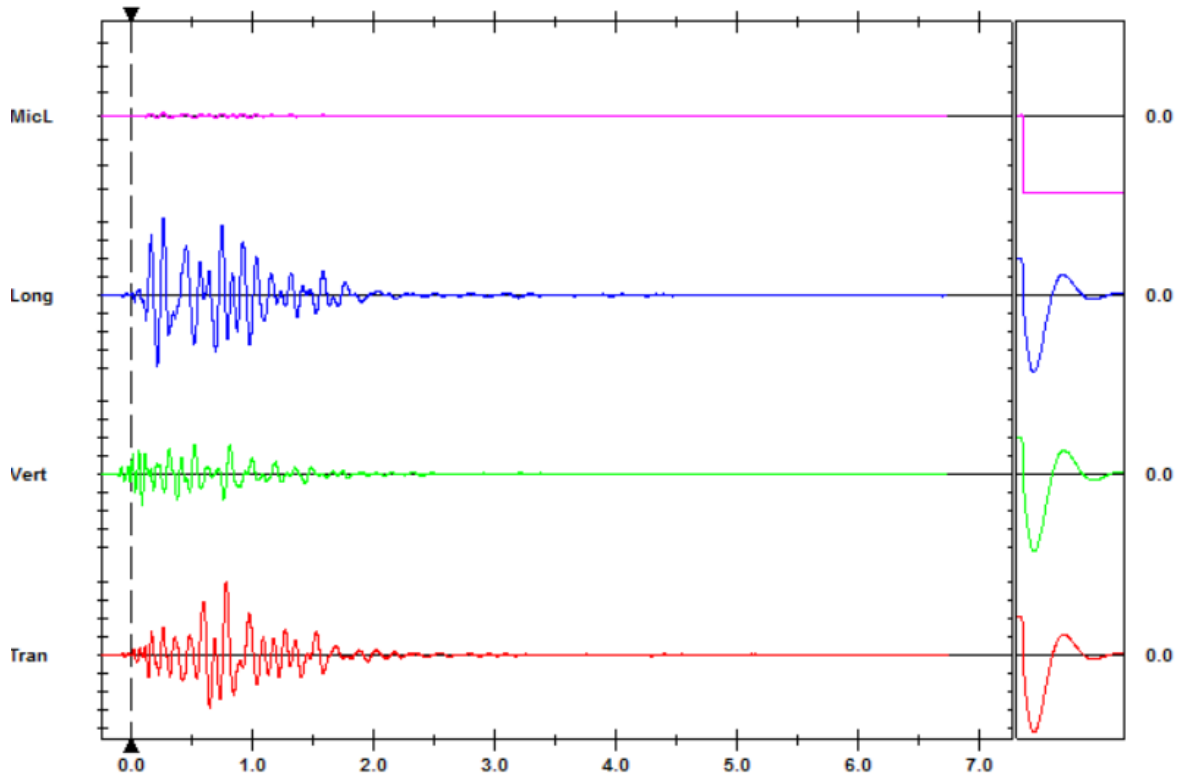
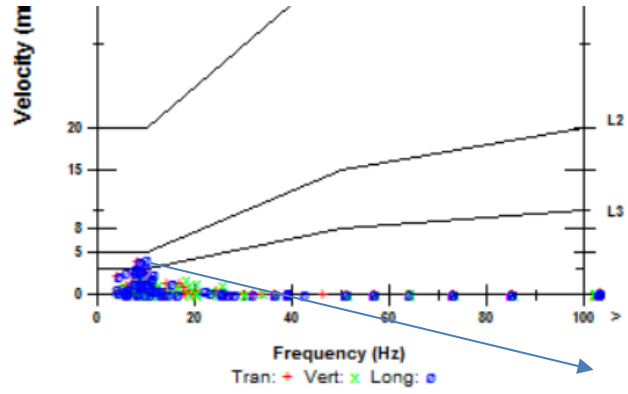
18 aralık 2014 tarihi itibariyle işletmenin genel görünümü Şekil 5.15'de gösterilmiştir



Şekil 5.15 18 Aralık 2014 tarihi itibarıyla işletmenin genel görünümü.

Toplam 42 patlatma kaydı alınmış olup bunlarda titreşim genlikleri 0.8-2 mm/s arasındadır. Sadece bir kayıta 4 mm/s civarında titreşim genliği kaydedilmiştir. Bu genliği oluşturan patlatmanın kayıt istasyonundan ne kadar uzakta olduğu bilgisi tutulmadığı için, yorum yapılamamıştır. Eğer patlatma noktası kayıt istasyonuna 500 m den uzakta ise 4 mm/s genlik yüksektir. Ancak, patlatma-kayıt istasyonu mesafesi yakınsa, kabul edilebilir bir değerdir. Bu kayıt haricindeki diğer titreşim genlikleri, izin verilen sınırlar içerisinde. Zorunluluk haricinde tek sıra patlatmada 10 deliğin aşılması gerekmektedir. Kayıtlarda uzun süren titreşim genliklerinin, tek sıralı ve 10 delikten fazla grup patlatmalarından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Titreşim genlikleri düşük bile olsa, uzun süren titreşimler hem çevreleri hem de yerleşim yerlerini olumsuz etkileyecektir.

	Tran	Vert	Long	
PPV	4.064	1.667	4.207	mm/s
ZC Freq	8.4	18	10	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.778	0.083	0.259	sec
Peak Acceleration	0.025	0.025	0.031	g
Peak Displacement	0.075	0.027	0.087	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.4	7.5	Hz
Overswing Ratio	4.0	3.4	4.1	
Peak Vector Sum	4.557 mm/s at 0.260 sec			



Şekil 5.16 Yanal bileşende (Tran) titreşim genliğinin izin verilen sınır değeri aşması (Grafikte Okla gösterilmiştir).

### 5.2.5. Orhaneli Saha Çalışmalarından Elde Edilen Sonuçlar

Orhaneli saha çalışmalarında, yapılan patlatmaların şev duraylılığı üzerindeki etkilerinin araştırılması ve duraylılık problemi oluşturmayacak kontrollü patlatma modelleri oluşturularak patlatma titreşimlerinin en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Patlatma faaliyetlerinin başlamadığı dönemde, jeolojik ortamın patlatmalara olan tepkisini ve patlatma titreşimlerinin yayılma özelliklerini anlayabilmek için tek delik patlatmaları yapılmıştır.

Mevcut patlatma düzenlerinin, inklinometre değerlerinden gözlemlendiği üzere, şevlerde duraylılığı olumsuz yönde etkileyebildiği ve en önemlisi güvenlik zaafiyetine neden olabildiği gözlenmiştir. Tek delik patlatmaları yaptırılarak, şevlerde duraylılığı tehdit etmeyecek şekilde titreşimlerin kontrol altına alınabileceği patlatma düzenleri değişik model çalışmaları ile denenmiş, en uygun modeller elde edilmiş ve gerçek grup patlatmaları ile uyumlu modeller seçilerek önerilmiştir.

Eski düzende yapılan patlatmalar hem zaman kaybına neden olmakta, hem büyük bir grup patlatmasının yarattığı “deliklerin birbirleriyle iç öğütme yapması” durumu olmadığı için kötü parçalanmaya sebep olmakta, hem de büyük bir güvenlik zaafiyetine neden olmaktadır. Çünkü her atıştan sonra ateşçinin koşarak diğer grubu bağlaması, patlayıcı madde ve aksesuarları ile donatılmış gruplar arasında dolaşması çok tehlikelidir.

Bağlantı elemanı olmaması nedeniyle deliklerin ikili gruplamak yerine birer birer patlatıldığı ve bu durumun dalga katarı etkisi yarattığı görülmüştür. Bu durum, uzun süren ve genliklerin yüksek olduğu patlatmayı tariflemektedir ki, şevler açısından sakıncalıdır. Bu sebeple, kesinlikle toplamda 20 den fazla deliğin delikler arasına 100 ms gecikme verilse bile patlatılması uygun değildir. İkili ya da üçlü gruplandırılarak ve aralarına 100 ms gecikme verilerek patlatılmaları önerilmektedir.

100 ms delikler arası gecikme, titreşimi azaltmada uygundur. Ancak küçük gruplarla bireysel patlatmalar yapmak, şevi agresif bir duruma sokmakta, her patlatmadan sonra deplasmana uğrayan şev, 1-2 dakika aralıkla yapılan grup atışları ile üst üste uyarılarak büyük deplasmanlar vermektedir.

Bu sakıncaları gidermek için şevlerdeki stabiliteyi bozmayacak patlatma tasarımları denenmiş, bir dizi patlatma deneyinden sonra toplamda 15 deliği, ikişerli gruplayarak ve aralarına 100 ms gecikme vererek patlatıldığında, hem şevlerde 3-4 mm/s titreşim genliğini, ve süre olarak da 1 saniyeyi geçmeyen patlatmaların yapılabilirdiği görülmüş ve bu düzen önerilmiştir.

Sahada en iyi sonucu, patlatılacak bölgelerin kendi içinde küçük gruplara bölünerek ayrı ayrı atılmasından ziyade, delikleri ikili gruplayarak ve delikler arasına 100 ms gecikme vererek tek seferde yapılan patlatma modelinin verdiği görülmüştür.

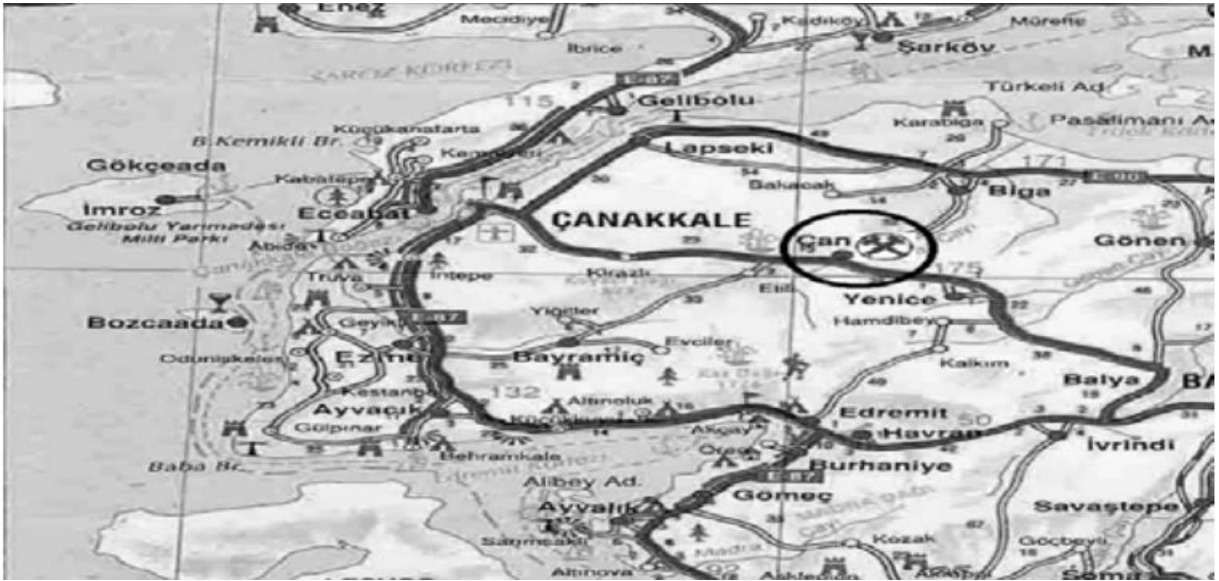


## 6. TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ (TKİ) ÇAN LİNYİTLERİ SAHASI

Bu bölümde, TKİ Çan Linyitleri sahasının yeri, jeolojik yapısı ve sahada yapılan patlatmaların şevlere olan etkilerinin araştırılması ve en aza indirilmesi için gerekli patlatma düzenlerinin oluşturulması ile ilgili çalışmalardan bahsedilmiştir.

### 6.1. TKİ Çan Linyitleri Sahası Lokasyonu ve Jeolojisi

Çalışma, T.K.İ. Çan Linyitleri işletmesi açık ocağında gerçekleştirilmiştir. Çanakkale Çan İlçesinin yer bulduru haritası Şekil 6.1'de verilmiştir. Çan Açık Ocağı, Çan ilçe merkezinin bitişiğinde, Çanakkale il merkezine 79 km uzaklıktadır. Sahanın güneyinden ve Kocabaş Vadisi yatağından Çan-Çanakkale karayolu geçmektedir. İşletme faaliyetleri nedeniyle bu yolun güzergahı değiştirilmiştir.



Şekil 6.1 Çan yer bulduru haritası [17]

1957'den itibaren jeoloji, tektonik ve kömür rezerv konularında pek çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Çanakkale-Çan linyitlerinin gerek jeolojik gerekse tektonik laboratuvar çalışmalarına ait ilk çalışma Özcanoğlu [17] tarafından yapılmıştır. 1957 yılında yapılan sondajlı arama çalışmalarında toplam 35 sondajdan 19 adedi kömür kesmiş ve bu sondajların değerlendirilmesine göre 106 milyon ton mümkün ve muhtemel rezerv hesaplanmıştır. Sahada toplam 10270 m sondaj yapılmış olup 4.3

km<sup>2</sup> lik bir alandaki rezerv hesaplanmıştır. Bu potansiyelin 2.7 km<sup>2</sup> lik kısmında 54 milyon muhtemel rezerv hesaplanmıştır.

Hezarfen [54] tarafından yapılan çalışmalar ile Çanakkale-Çan Kömür Yatağı Fizibilite Araştırması Jeoloji ve Rezerv raporları hazırlanmıştır. Kumbasar vd. [55] tarafından yapılan çalışmalarda TKİ Çan Açık İşletmesini oluşturan sahanın şev incelemesi yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda açık işletmenin doğu yönünde ilerlemesinin durdurulması, K-KB'ya doğru sürdürülen dekapaj faaliyetlerine devam edilmesi ve mevcut şev önünün kademeli olarak doldurulmasına başlanması önerilmiştir.

Paşaaahmetoğlu vd. [56]' nin çalışması, Çan linyit havzası kuzey panolarında örtü katmanlarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin laboratuvar deneyleriyle tayini, şev hareketlerinin ölçülmesi ve izlenmesi, yapısal elemanların şevlerin davranışı üzerindeki etkisinin kinematik analizle belirlenmesi, şev duraylılık analizleri ve döküm harmanlarının duraylılığının incelenmesi konularını kapsamaktadır. Çalışma sonucunda, duraysızlıkların oluşumunda yüzey ve yeraltı suyunun etkin rol oynadığı belirlenmiş, drenaj önerilerinde bulunularak, şevlerdeki hareketlerin yakın takibe alınması, Inceçay deresinin büyük toprak harmanı altında açılacak bir tünelle drene edilmesi önerilmiştir.

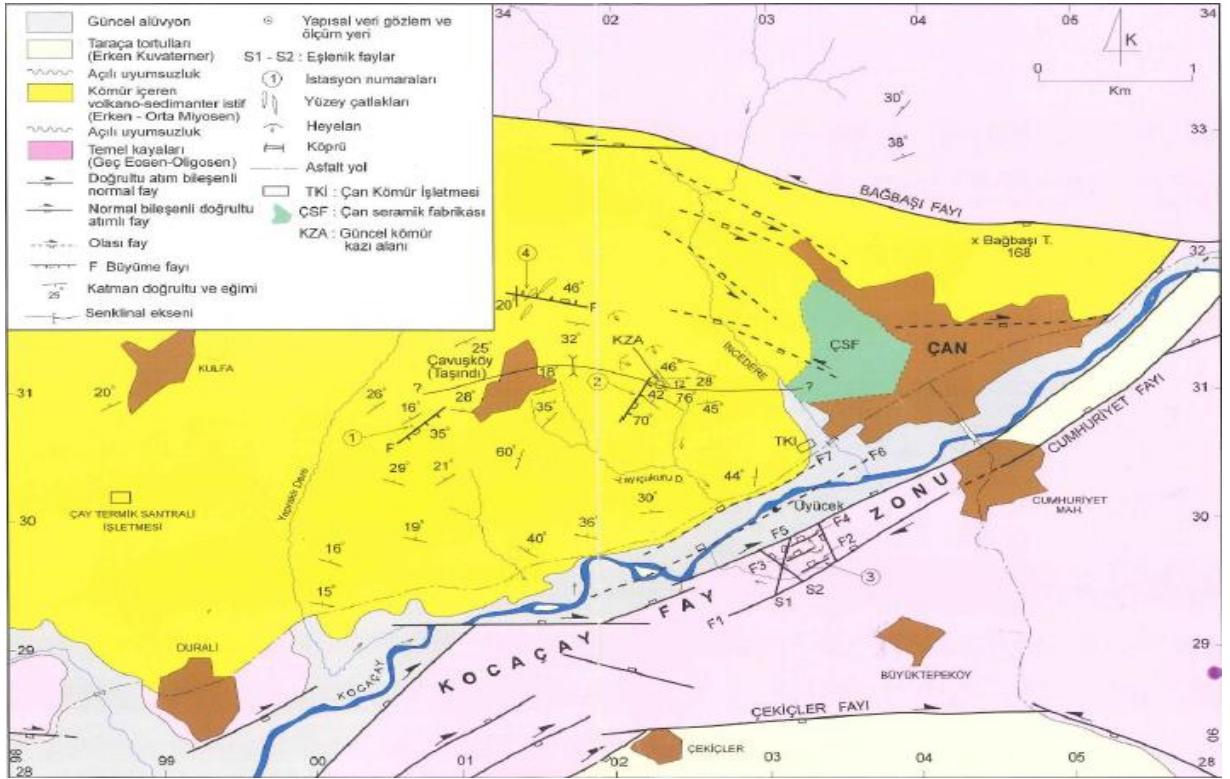
Kulaksız vd. [45] TKİ Çan Linyit İşletmesi ocaklarında şev duraylılığına temel olacak yapısal jeoloji, zemin mekaniği ve hidrojeolojik etüdüleri kapsayan çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Bölgede faylar NE-SW, NW-SE, E-W ve N-S doğrultulu olup, E-W kıvrım eksenlerinin konumları itibariyle duraysızlıkları kontrol ettiği saptamasında bulunmuştur. Kömür tabanında bulunan kıltaşı ve tuf ardalı birimin birincil duraysızlık zonunu oluşturduğu, ikincil duraysızlık zonunun ise kömür üzerinde yer alan marn-kıltaşı-tuf ardalı seri tarafından oluşturulduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Köse vd. [57] TKİ Çan Linyit İşletmesi ocaklarında uygulanan kömür üretimi ve dekapaj faaliyetleri sonucu oluşan şev hareketlerinin Çanakkale Seramik Fabrikalarına etkisini araştırmışlardır. Kaya kütleinin yönü ve hareket miktarının belirlenmesi amacıyla gerilme çatlakları civarında kurulan ölçüm istasyonlarında hareket izlemesi yapılmıştır. Ölçümler sonucunda kayma hareketinin Çanakkale

Seramik Fabrikası'nın birimlerine olumsuz etkisinin giderek büyüyerek geliştiği belirlenmiştir.

Ergüder vd. [46] TKİ Çan Linyit İşletmesi ocağının güney şevinde jeofizik rezistivite (özdirenç) çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada Çan ocağı güney şevlerinin doğusundaki alanda 3 adet doğu-batı doğrultulu fay anomalileri belirlenmiştir.

Karpuz vd. [58] tarafından, açık işletmenin Kocaçay - ocak arası ile seramik fabrikası ve idrari binalar civarı için şev duraysızlık analizleri yanısıra batı panolarında şev tasarımı çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda, batı panolarında, bölgedeki faylarla kömür altındaki zayıf tabakanın oluşturacağı birleşik kayma yüzeyi boyunca duraysızlığın yüksek olma ihtimali belirtilmiştir. Çan kömür havzası sağ yönlü doğrultu atımlı faylanmaya bağlı neotektonik rejiminden etkilenen Biga yarım adasında bulunmaktadır. Şekil 6.1'de de görüldüğü üzere Çan kömür havzası Eosen-Oligosen yaşlı asidik volkanitlerle bazik proklastiklerden oluşan bir temel üzerinde oluşmuş olup kuzey ve güneyinden fay sınırlıdır.



Şekil 6.2 Çan kömür havzasının jeoloji ve yapısal jeoloji haritası [56]

Temel volkanitleri üzerindeki Çan kömür içeren birimlerinde tabakalanma oldukça iyi gelişmiş olup, Kocabaş çayına doğru kömür alınan birimlerde eğimi yaklaşık 100-300 arasında değişmekle birlikte eğim yönü kuzeye doğrudur. Buna karşın mevcut kömür üretiminden uzak havzanın ortasından yaklaşık D-B eksenli senklinalin diğer kanadında ise eğim yönü senklinal oluşumuna bağlı olarak güneye doğrudur (Şekil 6.2).

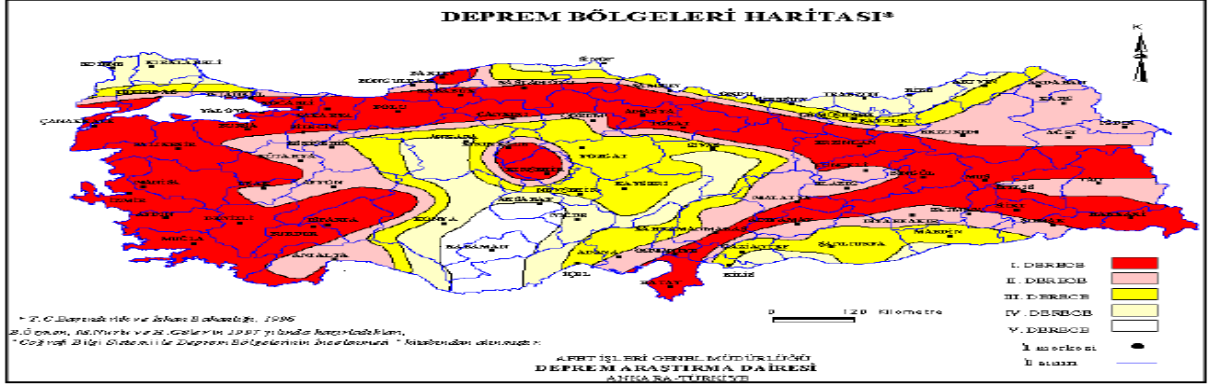
Havza genelinde kömür oluşumunun kalınlığı değişkenlik göstermekle birlikte yer yer 60-70 metreyi bulabilmektedir. Kömürün hemen üstünde ise ince tabakalı marn birimi bulunmakta olup, kömür üretiminin yapıldığı kesimlerde kalınlığı 20-30 metreyi bulmaktadır (Şekil 6.3). Havzanın batısında yanal yayılma mekanizması ile ocak içerisine doğru yavaş bir hızla hareket eden volkanoklastik ve alüvyonla temsil edilebilecek örtü birimi ise ince tabakalı marn biriminin üzerine gelmektedir.



Şekil 6.3 Üretim yapılan kömürlü seviye ve üzerindeki ince tabakalı marn kaya kütlesi.

Çan kömür havzasını kuzeyden ve güneyden sınırlandıran fayların yanı sıra, havzanın oluşumu sırasında genişlemeye bağlı olarak gelişen faylar da bulunmaktadır. [58]

Çanakkale ilinin Çan ilçesinde yer alan Çan linyit açık ocağı kuzeyden Marmara Denizi'ne doğru uzanan Kuzey Anadolu Fay Zonunun (KAFZ) güneyinde, açılma rejiminin hakim olduğu yapısal özelliklerin geliştiği Ege Bölgesi'nin ise kuzeyinde konumlanmaktadır ve I. derece deprem bölgesinde yer almaktadır (Şekil 6.4).



Şekil 6.4 Türkiye deprem bölgeleri haritası [58]

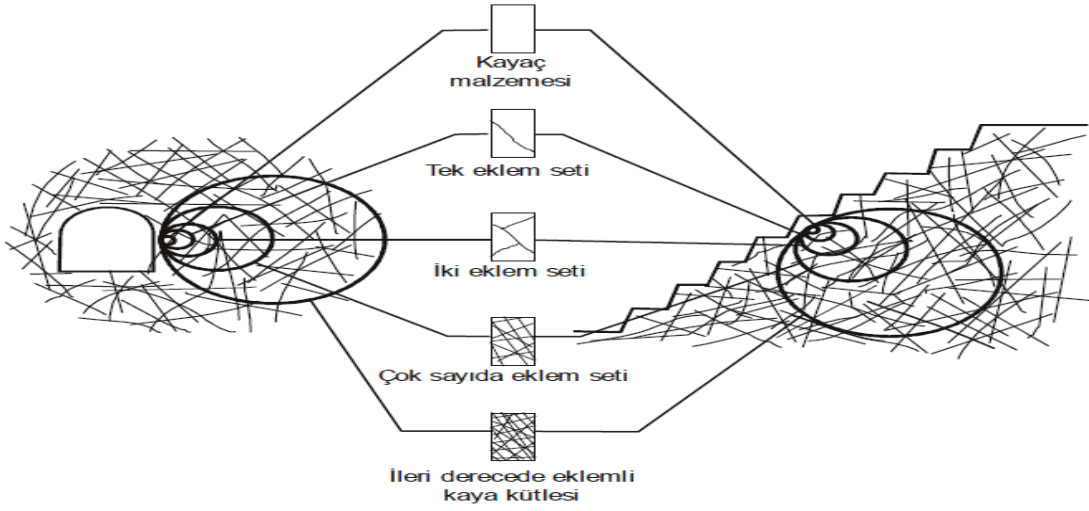
Çan açık ocak linyit işletmesi ve yakın çevresinde volkanik taban kayasının üzerinde linyit kömür oluşumu yerleşmiştir. Linyitin üstünde ise marn kaya kütleleri ve devamında ise yer yer bozunmuş ayrılmış zemin niteliğindeki volkanoklastik birim yer almaktadır. Bu volkanoklastik birim içerisinde bazı seviyelerde aglomera oluşumları da bulunmaktadır. Özellikle Kocabaş çayından ocak tabanına doğru uzanan kesimin duraylılık değerlendirilmesinde kömür ve üzerindeki marn kaya kütlelerinin kaya kütle karakterizasyonu aşağıda sunulmuştur.

Eklemlili kaya kütlelerinin jeomekanik davranışlarında, mühendislik hacmi azaldıkça (küçük bir hacimde) dayanım ve deformasyon özelliklerinde kaya malzemesinin kontrolü etkin olurken, daha büyük hacimlerde ise dayanım ve deformasyon davranışında kaya malzemesinden eklemlili kaya kütlelerine doğru geçiş olur [59-60], (Şekil 6.5).

Diğer bir ifadeyle, kaya kütleleri içerisinde tasarlanan yüksek şevler, tüneller, barajlar gibi mühendislik uygulamalarında teknik girişime bağlı olarak küçük hacimde kaya malzemesinin dayanım ve deformasyon özellikleri dikkate alınırken, etkilenen hacmin artmasıyla bir süreksizlik yoğunluğuna da bağlı olarak süreksizlikleriyle birlikte kaya kütleleri davranışı önem kazanmaktadır.

Süreksizlikleri de içerebilecek ve kaya kütlelerini temsil edebilecek boyutlarda/hacimlerde örselenmemiş örnek temini oldukça güç olup, örnek hazırlamadaki zorluklardan dolayı çok özel donanımlı ekipmanlar dışında hemen hemen olanaksızdır.

Kaya kütlelerindeki yerindeki koşulları temsil eden deneysel şartların oluşturulmasındaki bu tür zorlukların aşılabilmesi amacıyla kaya mekaniği literatüründe bazı ampirik yaklaşımlar geliştirilmiş olup, bu ampirik yaklaşımlardan Hoek ve Brown yenilme ölçütü ise önerildiği 1980 yılından günümüze kaya kütlelerinin dayanımlarının belirlenmesinde en yaygın kullanılan ampirik ölçüt olarak gelişimine devam etmiştir. Hoek ve Brown yenilme ölçütü önerildiği günden bu yana artan uygulama sayısına da bağlı olarak çok sayıda modifikasyonlar geçirerek günümüze ulaşmıştır [61-66].



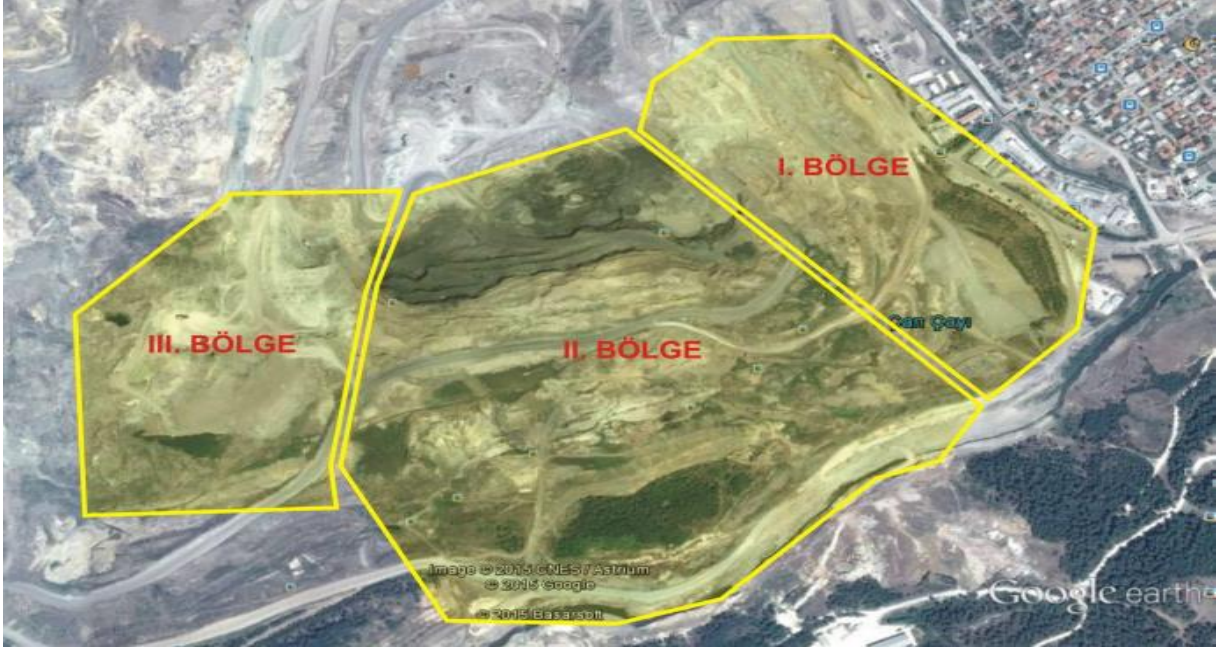
Şekil 6.5 Örnek boyutunun büyümesine koşut olarak, bir yeraltı açıklığı ile bir kaya şevi malzemesinden kazısında kaya malzemesinden kaya kütlelerine geçiş [59]

Hoek ve Brown yenilme ölçütü homojen ve izotrop olarak kabul edilebilen kaya malzemelerinde ve eklemli kaya kütlelerinin dayanımlarının belirlenmesinde kullanılabilir. İki veya daha az sayıda süreksizlik seti içeren kaya kütlelerinde, genellikle süreksizlik denetimli duraysızlık mekanizmaları ön plana çıkacağından ölçütün bu tür kaya kütlelerinde kullanılması kullanıcının öngörüsü ve tecrübesiyle yönetilmelidir.

Çan linyit açık ocağındaki kömür ve marn kaya kütleleri içerdikleri süreksizliklerle işletme basamakları boyutunda bile eklemli kaya kütlesi özelliği sunmakta olup, içerdikleri üç veya daha fazla sayıdaki süreksizlik ağıyla Hoek ve Brown yenilme ölçütünün uygulanabilirliğine ilişkin yeterli özelliğe sahiptirler. Bununla birlikte, marn tabaka düzlemlerinin yüksek devamlılığı Kocabaş çayından aşağı uzanan şevlerde

duraysızlık üzerinde bu düzlemin kontrolünü arttırmakta olup, ocağın işletme yönüne göre duraysızlık mekanizmasının gelişiminde kritik öneme sahiptir.

Çanakkale ili Çan ilçesinin hemen batısında yer alan ve Kale seramik fabrikasına oldukça yakın olan Çan linyit açık ocak işletmesi, duraysızlık mekanizması açısından farklılıklara sahip üç bölgeye ayrılarak yorumlanmıştır. Kontrollü patlatma çalışmaları da bu üç bölge için ayrı ayrı yapılmıştır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Çan linyit açık ocağında duraysızlık mekanizmasındaki farklılıklar açısından ayrılan bölgeler.

I. Bölge (Ocağın doğundaki Kale seramik fabrikasına yakın kısmı) :

Kale seramik fabrikasına oldukça yakın olan ve bu tez çalışması kapsamında duraysızlık mekanizması olarak I. Bölge şeklinde isimlendirilen bu kesimde yakın geçmiş zamanda geniş yayımlı kütleli (daireli) bir duraysızlık gelişmiştir. Kale seramik fabrikasına oldukça yakın olan I. Bölgede duraysızlığın geriye doğru sıçraması en kritik durum olup, saha çalışmaları ile mevcut durum araştırılmış ve böyle bir duraysızlık modeli için değerlendirmeler yapılmıştır.

II. Bölge (Kocabaş çayına doğru mevcut üretim basamaklarının da yer aldığı kısım) :

Kocabaş çayından aşağı kısımda kömür üretim basamaklarının yer aldığı bu bölgede duraysızlık mekanizması açısından kritik yenilme modeli marn tabaka düzlemlerinin

kontrolünün hakim olduğu düzlemsel veya birleşik duraysızlık modeli olarak öne çıkmaktadır.

Bu bölgede marn tabaka eğim yönleri genel olarak Kocabaş çayından ocak tabanına doğru olup, marn biriminin altında yer yer 70 metreye varan kömür birimi bulunmaktadır. Marn tabaka düzlemleri düzlemsel ve pürüzsüz olup, kil sıvama dolguludur. Bu özellikleriyle marn tabaka yüzeylerinin makaslama dayanımı oldukça düşük olup makaslama dayanımı deneyleri ile belirlenen ortalama kohezyonu  $c=3,1$  k Pa ve içsel sürtünme açısı  $=16,50^0$ 'dir.

Ayrıca, ince tabakalı marn kaya kütlesi yüksek devamlılığa sahip tabaka düzlemlerinin yanı sıra içerdiği diğer süreksizliklerle birlikte sık eklemli kaya kütlesi özelliğindedir. Bu özellikleri ile Hoek ve Brown yenilme ölçütünde kullanılmak üzere alınabilecek girdi parametreleri ise  $GSI=25$ ,  $m_i=7$ ,  $UCS=23,3$  MPa ve üretim tekniğine göre örselenme faktörü ise  $D=0.7$ 'dir.

Karpuz vd. [56] tarafından yapılan bir çalışmada üst kotlardan marn tabakalarının eğimi yönünde ocak tabanına doğru kömür üretiminin yapılması önerilmiştir. Bu öneri doğrultusunda üretim yönü değiştirilmiş, ancak Kocabaş çayından itibaren büyük kütlelerin ocak tabanına doğru hızlı hareketlenmelerin gelişimi nedeniyle bu üretim yaklaşımından vazgeçilmiştir. Saha araştırmalarının yapıldığı Ağustos-Eylül 2015 aylarında ocağın bu bölümünde kömür üretimi ocak tabanından Kocabaş çayına doğru, diğer bir ifadeyle marn tabakalarının eğim yönüne karşı yönde yapılmaktadır.

Özellikle marn tabaka konumları dikkate alındığında mevcut üretim yönü genel olarak tabaka eğimlerine karşı yönde olup, tabaka düzlemlerinin kontrolünün hakim olduğu duraysızlık modelleri açısından II. Bölge oldukça kritiktir. Bu bölgede duraysızlığın gelişme olasılığını sınırlamak amacıyla belirli genişliğe sahip panolar (dilimler) halinde ocak tabanından Kocabaş çayına doğru üretim planlanmıştır. Bu üretim yaklaşımında pano sınırlarındaki alınmayan kömür ve hemen üzerindeki marn örtüsünün üretim yapılan panonun her iki kısmında topuk olarak bırakılması ve duraysızlık olasılığının indirgenmesi ön görülmektedir. Bu üretim tekniğinde dilimler birer atlamalı bir şekilde işletilecek ve üretimi yapılan dilimlerin geri iç dökümle doldurulacaktır.



Panolar halinde birer atlamalı bu üretim tekniğinde arada bırakılan panoların topuk desteği yapması muhtemel olup, bu topuk etkisinin güvenlik katsayısına olan katkı düzeyi ise doğrudan pano (dilim) genişliğine bağlıdır.

Yaygın olarak iki boyutlu (2B) limit denge analizleriyle birim genişlik için güvenlik katsayısının hesaplaması şev tasarımlarında yaygın olarak kullanıla gelmektedir. İki boyutlu limit denge analizleri ile belirlenen güvelik katsayısına 3B analiz yaklaşımlarının etkisini konu alan çalışmalarda nümerik analizlerin yani sıra kayma düzleminin yan yüzey etkisi de limit denge yaklaşımlarında dikkate alınarak hesaplamalar yapılabilmektedir.

## **6.2. Çan Linyitleri Saha Çalışmaları**

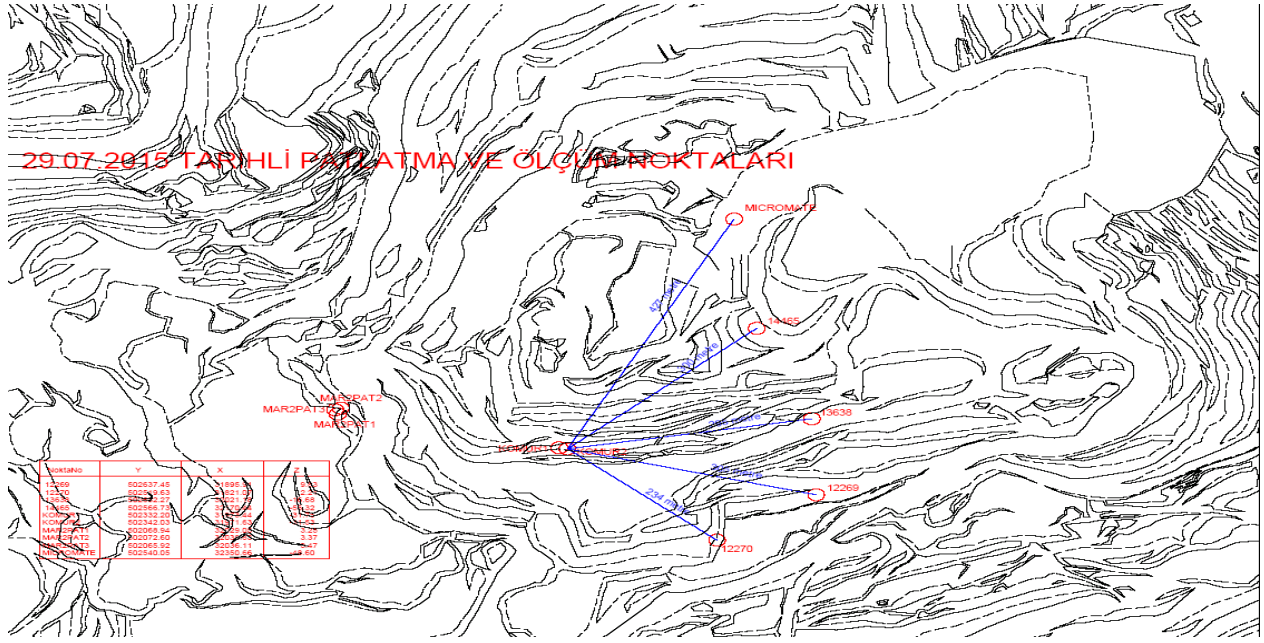
İşletmede, Temmuz-Aralık 2015 ve Ocak- Nisan 2016 tarihlerinde işletmenin mevcut patlatmalarından ve tarafımızca planlanmış patlatmalardan kaynaklı titreşim ölçümleri belirli bir plan dahilinde alınmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Patlatma kaynaklı titreşim verileri, üç bileşenli jeofonlara sahip 5 adet titreşim ölçerle kaydedilmişlerdir.

### **6.2.1. Temmuz-Ağustos-Eylül 2015 Patlatma Çalışmaları**

İşletmede yapılan 29 ve 30 Temmuz tarihlerindeki çalışmada, patlatma kaynaklı dalgaların değişik yönlerdeki sismik yayılma mekanizmalarını incelemek amacıyla, pilot patlatmalar (tek delik patlatması) yapılmıştır. Patlatma yerleri ve ölçüm istasyonları arasındaki mesafeler (300-1000 m arasında değişen) göz önüne alındığında, kayıt bölgesine sinyalin ulaşabilmesi için iki delik aynı anda atılarak da pilot sinyaller elde edilmiştir. 29 -30 Temmuz 2015 tarihli patlatmaların dalga analizleri sırayla aşağıda verilmiştir.

#### *29 Temmuz 2015 Tarihli Patlatma Çalışmaları*

Bu tarihte Şekil 6.4'te görülen lokasyonlarda (MAR2PAT2, MAR2PAT3, KÖMÜR) 3 adet patlatma yapılmıştır ( MAR2PAT1 iptal edilmiştir). Patlatma kaynaklı titreşimler, cihaz#12270, 12269, 13638, 14465 ve Micromate adlarıyla şekilde görülen yön ve lokasyonlara yerleştirilmiştir.



Şekil 6.7 29 Temmuz 2015 tarihinde yapılan patlatmaların ve ölçüm lokasyonlarının yerlerini gösteren harita.

Patlatma#1’de, Şekil 6.7’de Marion-2’nin üstündeki 1 ve 2 no’lu delikler (2 tij, 175kg, toplam 350kg) gecikme farkı verilmeksizin aynı anda patlatılmıştır. Patlatma#2’de Şekil 6.4’de Marion-2 nin üstündeki 3 nolu delik (2 tij, 175 kg) patlatılmıştır. Patlatma#3’de, Şekil 6.4’de KÖMÜR’deki iki delik tek seferde patlatılmıştır (toplam 100kg). Mikromate kayıt almamıştır. Diğer cihazlardan alınan titreşim verileri Çizelge 6.1’de verilmiştir.

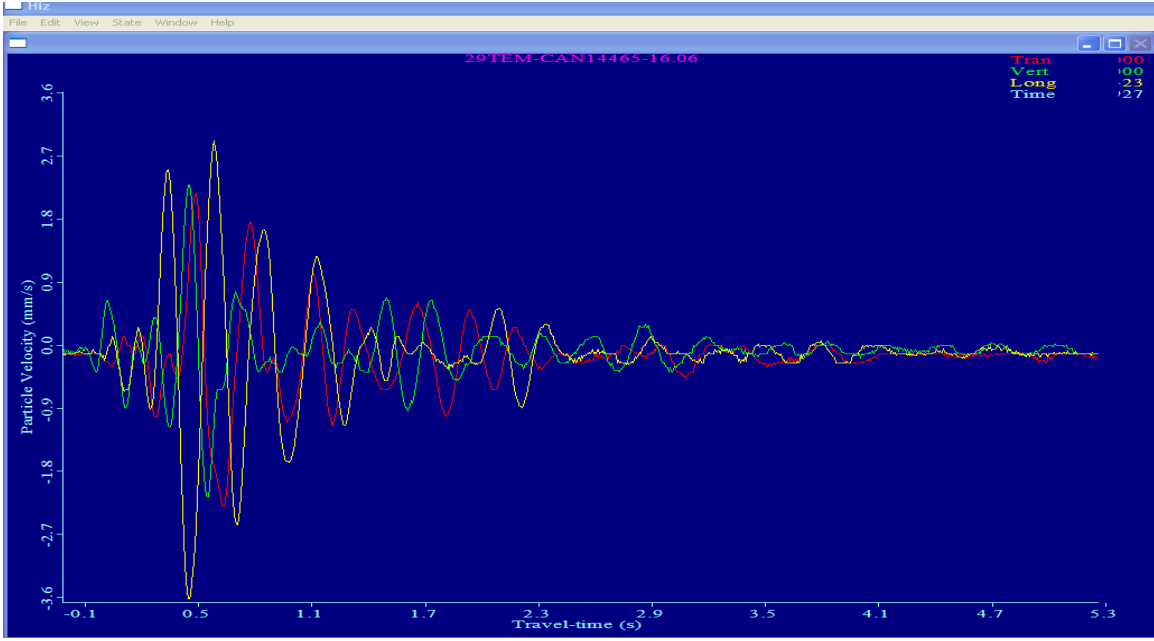
Çizelge 6.1 Çan Linyitleri Sahası 29 Temmuz 2015 patlatmalarından kaynaklanan titreşim verileri.

Tarih	Patlatma#	Cihaz	Q,kg	R,m	Tran,mm/s	Lon,mm/s	Vert,mm/s	PVS,mm/s	Frekans,Hz
29.07.15	Patlatma#1	14465	350	511	2.29	2.29	3.68	4.52	3.5
29.07.15	Patlatma#1	12270	350	497	2.16	2.41	1.78	2.69	4.25
29.07.15	Patlatma#1	12269	350	582	4.06	2.16	1.4	4.21	4.25
29.07.15	Patlatma#1	13368	350	559	2.29	1.78	2.67	2.9	4.5
29.07.15	Patlatma#2	14465	175	518	1.27	1.4	2.03	2.48	4.75
29.07.15	Patlatma#2	12270	175	502	1.65	1.65	1.02	1.94	4.94
29.07.15	Patlatma#2	12269	175	588	2.67	1.4	0.889	2.88	5.25
29.07.15	Patlatma#2	13368	175	566	1.78	1.14	1.78	1.9	5
29.07.15	Patlatma#3	14465	200	300	3.17	2.79	2.29	3.78	7
29.07.15	Patlatma#3	12270	200	234	4.95	2.54	5.21	5.27	5.75
29.07.15	Patlatma#3	12269	200	395	2.54	1.14	1.9	2.92	4.63
29.07.15	Patlatma#3	13368	200	386	3.56	1.78	3.94	4.41	5

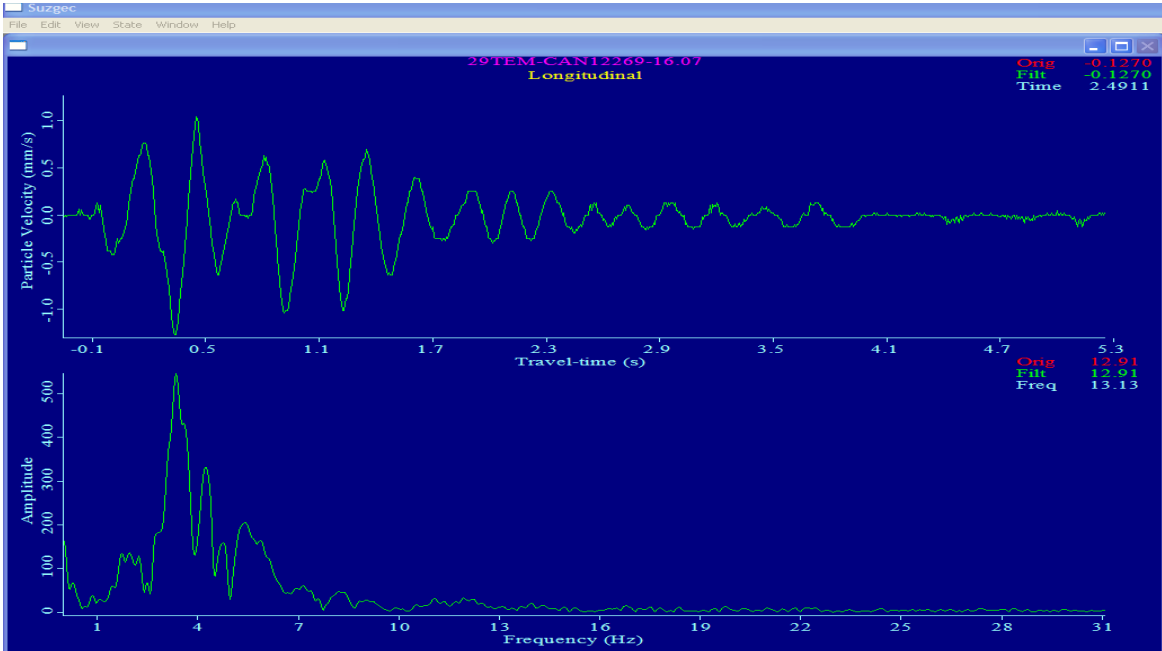
29 Temmuz 2015 patlatmalarından kaynaklanan titreşim verileri genel olarak incelendiğinde, Marion-2 bölgesinde kilde yapılan patlatmalar, vektörel toplamda (PVS) patlayıcı miktarı ile orantılı titreşim genlikleri vermiştir. Kömürde yapılan patlatmalar ise, hem kayıt noktalarına daha yakın oldukları hem de kömür içerisinde gelişen ve ilerleyen dalgaların farklı fiziksel yayılım özellikleri göstererek yönlendirilmiş kanal dalgaları şeklinde ilerledikleri için genlikler beklenildiği gibi yüksektir. Detaylı bir şekilde verileri inceleyebilmek için SeisBlast [41] ile veriler değerlendirilmiş ve Şekil 6.8- 6.25 arasında verilmiştir.

Yanal bileşende genlikler diğerlerinin yaklaşık 3 katıdır. Sinyaller 5 saniyeye kadar devam etmektedir. Yanal bileşende (Şekil 6.8), 1.1 saniyeden sonra büyük genlikler düşmeye başlayıp 2.3 saniyelerde sönmeye başlarken, özellikle boyuna bileşende (Şekil 6.9) ve düşey bileşende (Şekil 6.20), daha küçük genlikli ama uzun süren (3.5 saniyelere kadar) yayılmış dalga biçimi görülmektedir. Bu, tipik Rayleigh dalgası özelliğidir. Rayleigh dalgası bir yüzey dalgası olup, özellikle kömür gibi düşük sismik hıza sahip birimlerin olduğu yerde yapılan patlatmalarda ortaya çıkar. Uzun süren titreşim genlikleri ve düşük frekanslar tipik özellikleridir. Şekil 6.8, 6.9 ve 6.10'da frekansların 4-7 Hz arası olduğu görülebilir.

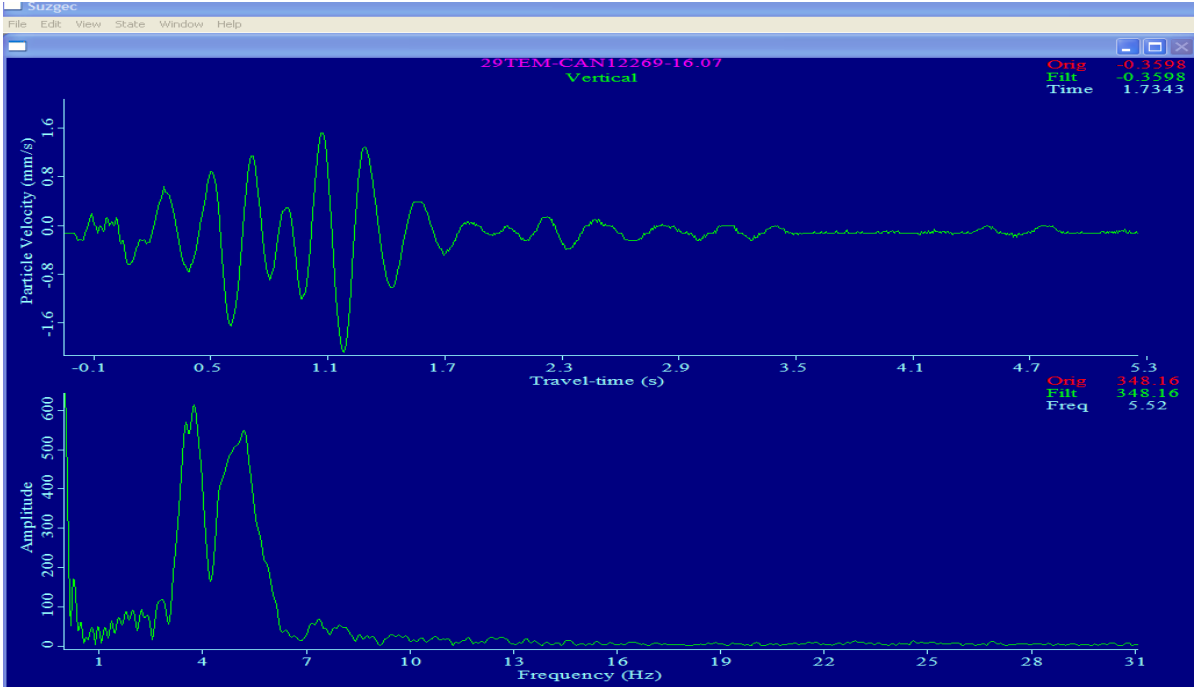
Şekil 6.11, cihaz#12270'den alınan üç bileşendeki titreşim genliklerini toplu halde vermektedir. Cihaz#12270, Şekil 6.7'deki haritada cihaz#12269 tarafında, patlatmaya cihaz#12269'a göre daha yakın mesafededir. Buna rağmen cihaz#12270'deki genlikler özellikle yanal bileşende (transversal, 2.16 mm/s) cihaz#12269'dakine göre (4.06 mm/s) neredeyse yarı yarıya düşüktür. Dalga biçimleri de cihaz#12269'daki boyuna ve düşey bileşenlerdeki yayılmış biçimini terk etmiştir. Aralarında yön farklılığı bulunan cihazlar arasında jeolojik birimlerde sismik yayılma biçimini değiştirecek fiziksel bir olay olduğu düşünülmektedir.



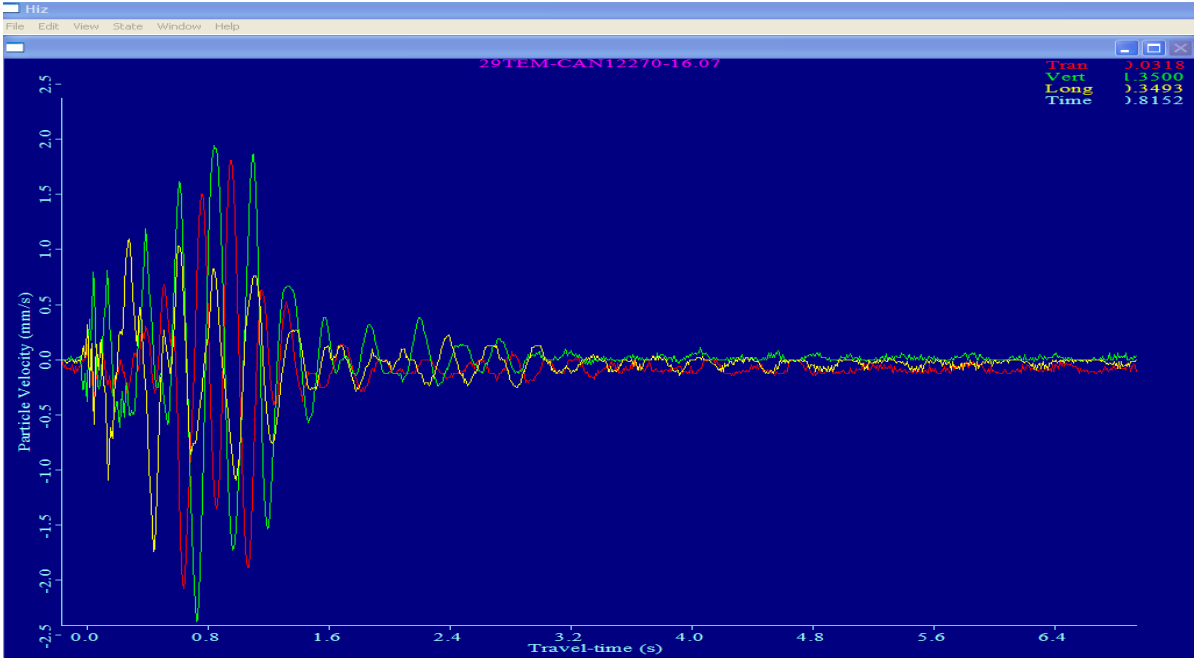
Şekil 6.8 Patlatma#1' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#12269'dan alınan kaydı (Q:350kg, R: 582m).



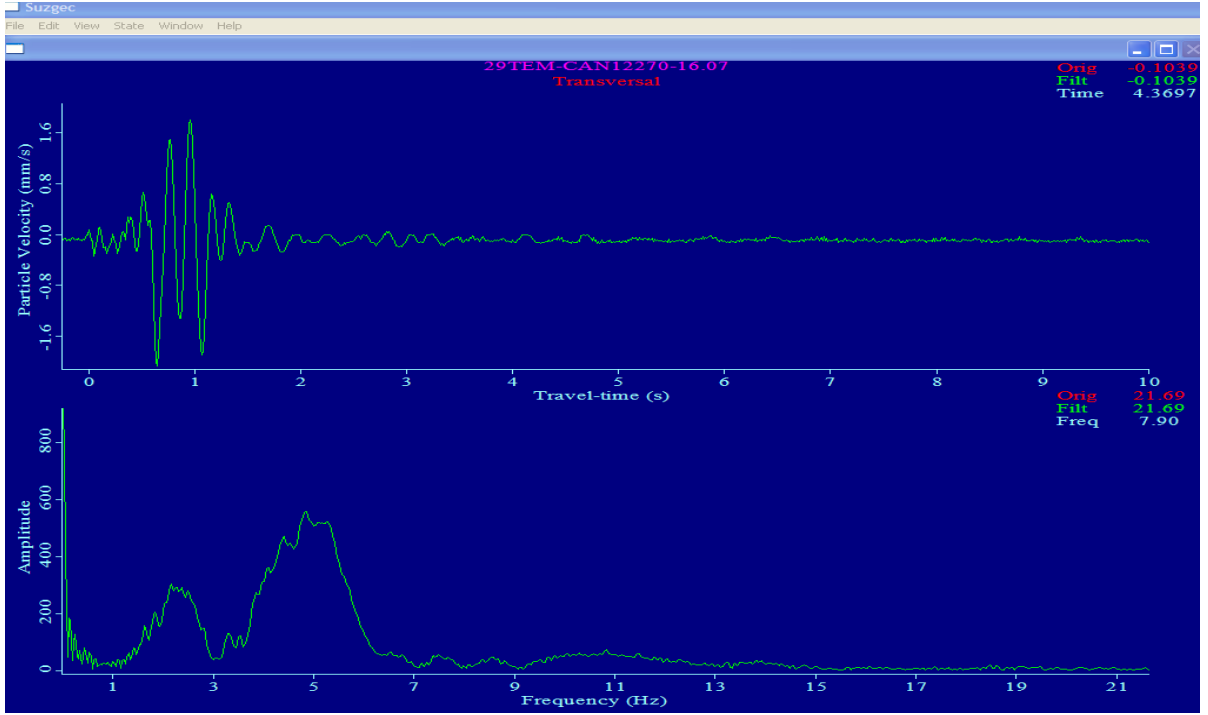
Şekil 6.9 Patlatma#1'den kaynaklı sinyalin cihaz#12269'dan alındığında boyuna bileşene ait genlik-zaman (üste) ve genlik-frekans (altta) grafiği.



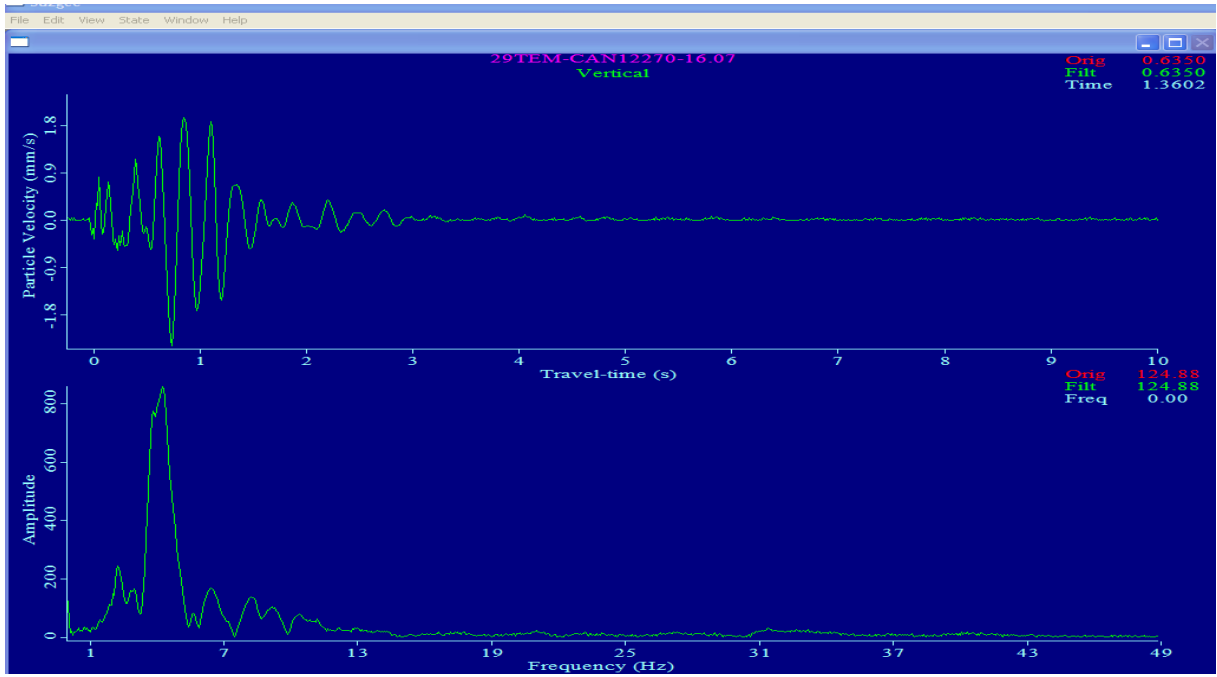
Şekil 6.10 Patlatma#1'den kaynaklı sinyalin cihaz#12269'dan alınan kaydında düşey bileşene ait genlik-zaman (üstte) ve genlik-frekans(alta) grafiği.



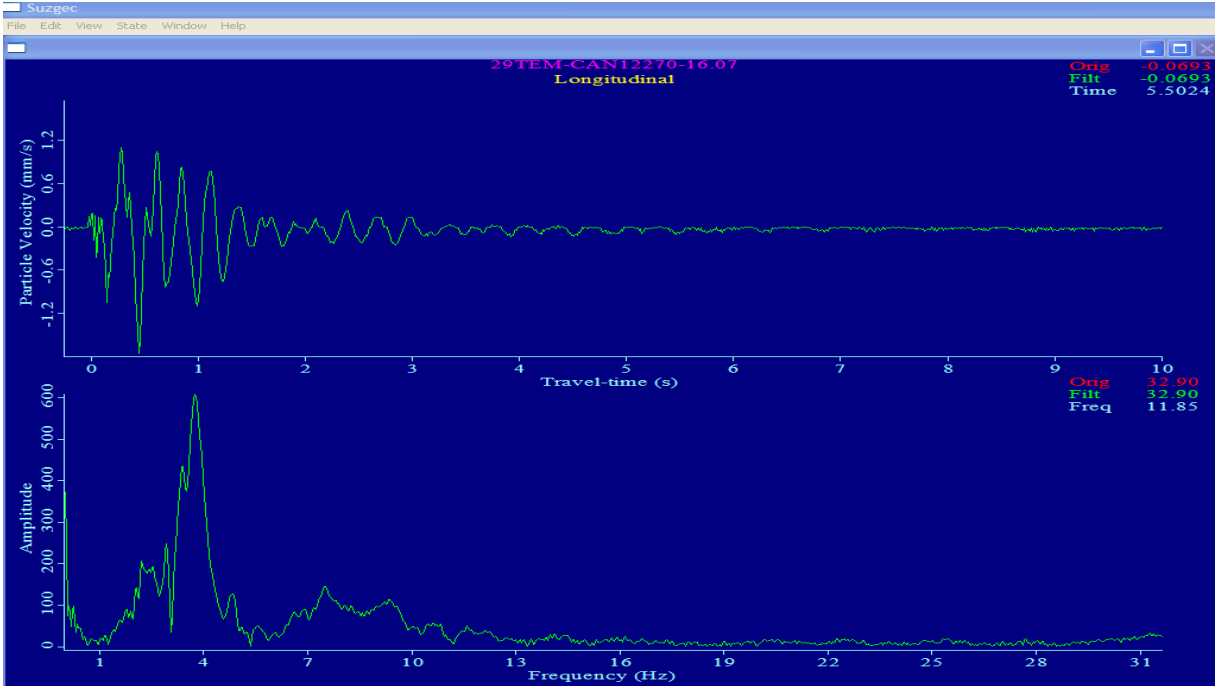
Şekil 6.11 Patlatma#1' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#12270'den alınan kaydı (Q:350kg, R:497m).



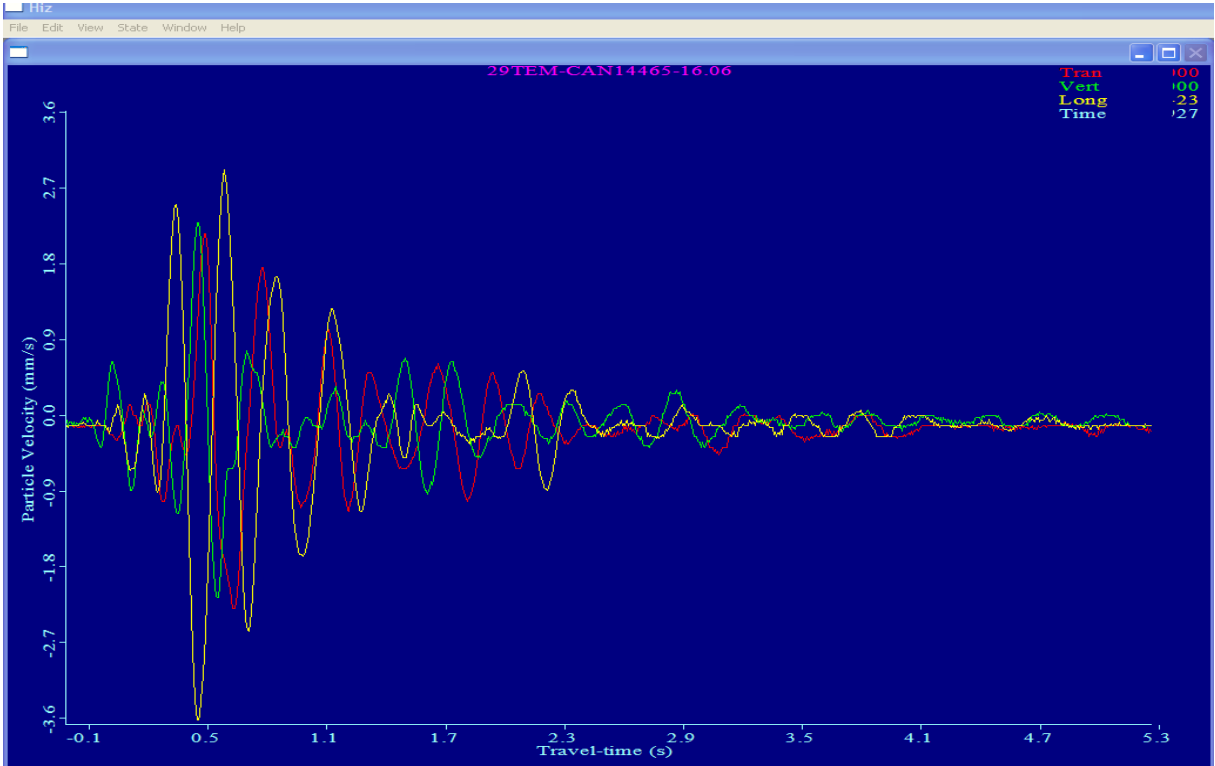
Şekil 6.12 Patlatma#1' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#12270'den alınan kaydı (Q:350kg, R:497m)



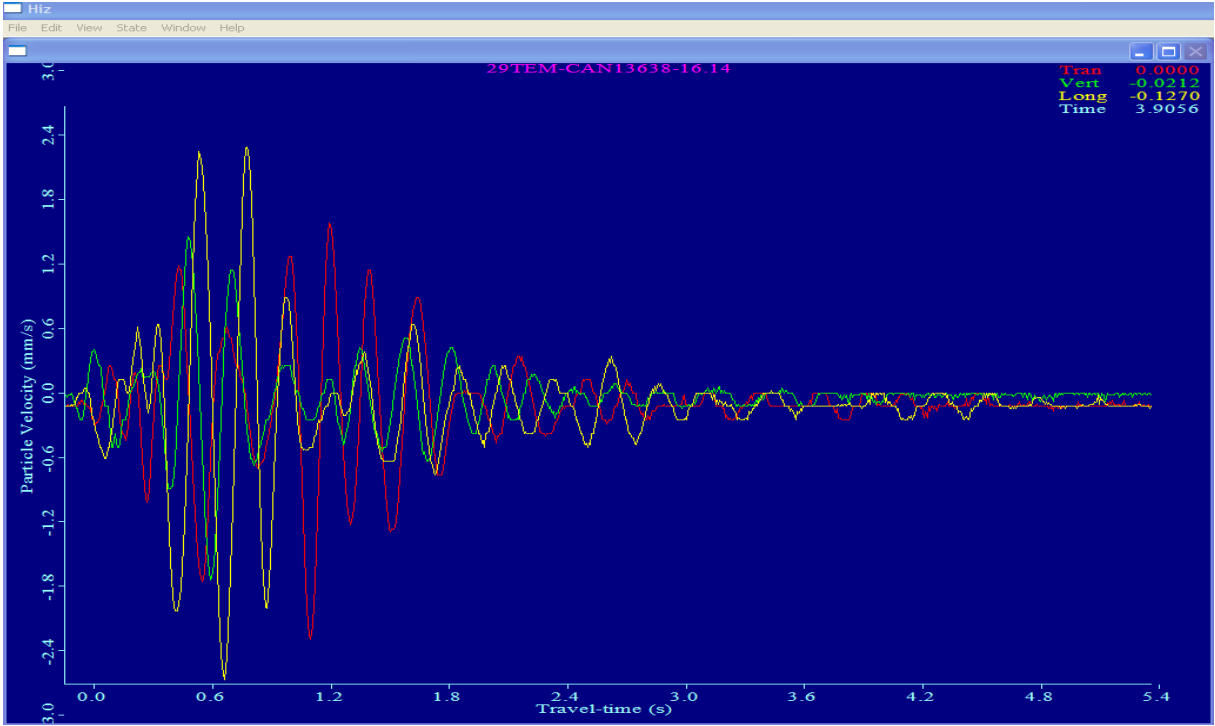
Şekil 6.13 Patlatma#1'den kaynaklı sinyalin cihaz#12270'den alınan kaydında düşey bileşene ait genlik-zaman (üstte) ve genlik-frekans(alta) grafiği



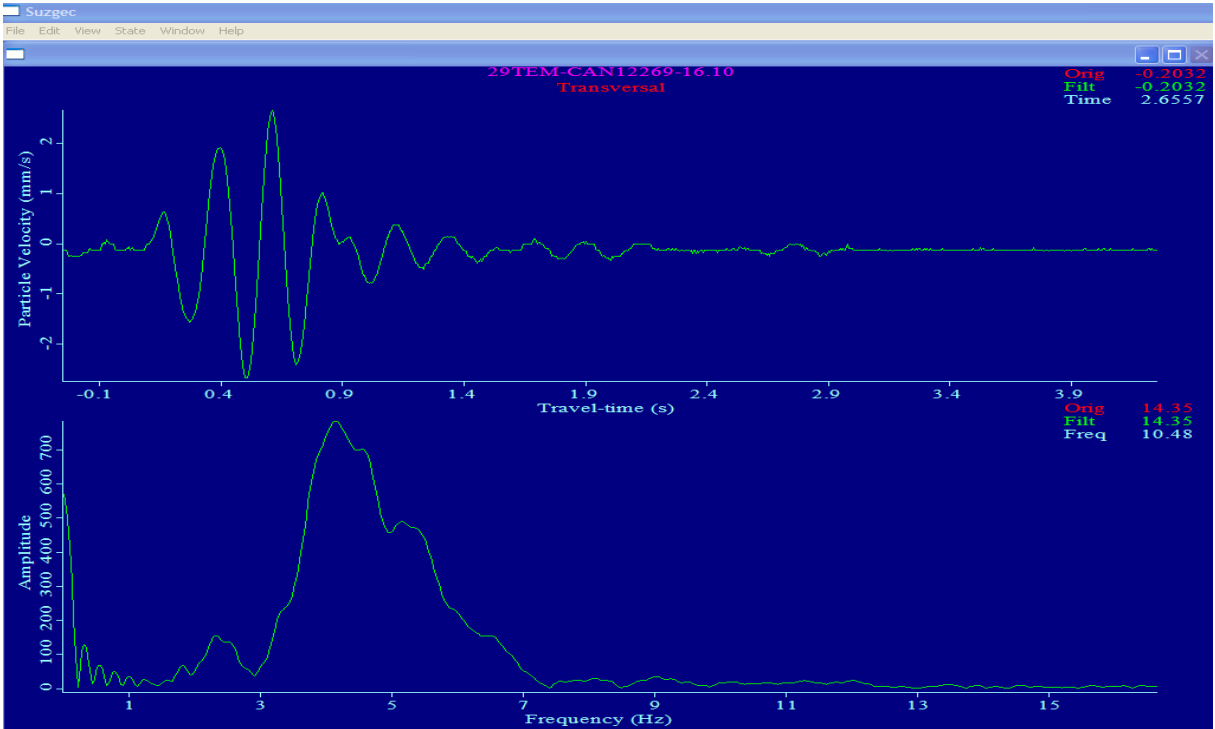
Şekil 6.14 Patlatma#1'den kaynaklı sinyalin cihaz#12270'den alınan kaydında boyuna bileşene ait genlik-zaman (üstte) ve genlik-frekans(alta) grafiği.



Şekil 6.15 Patlatma#1' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#14465'den alınan kaydı (Q:350kg, R:511m).

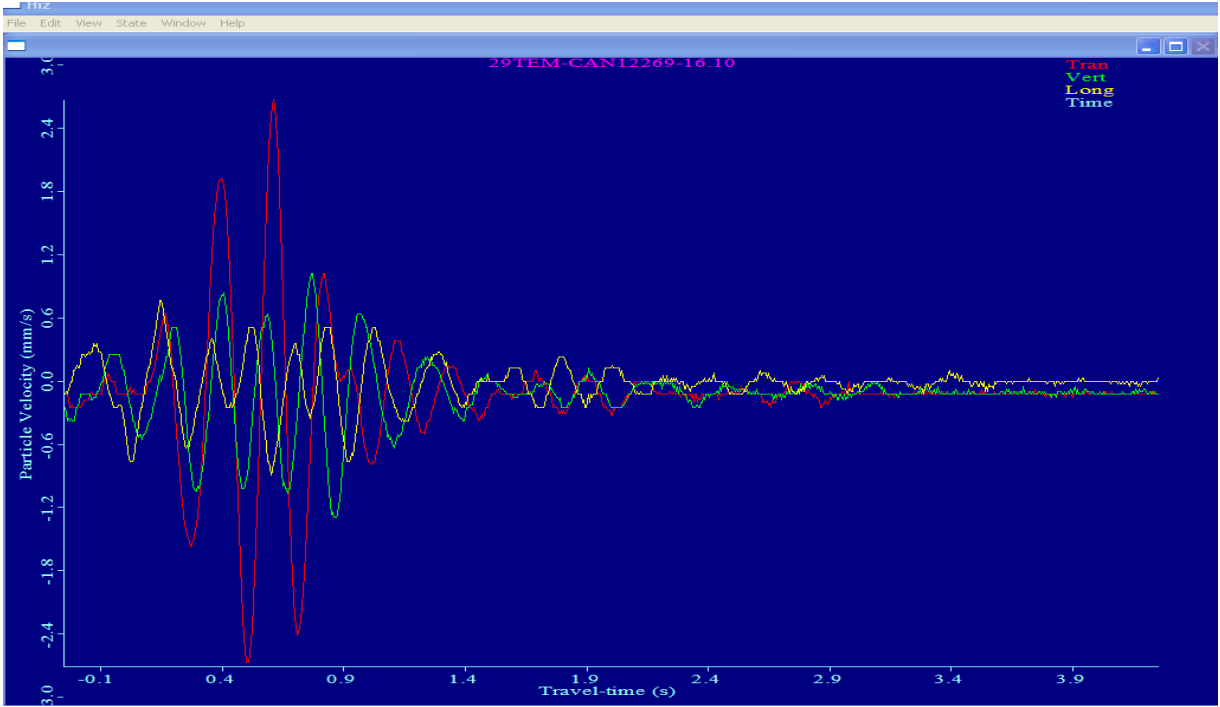


Şekil 6.16 Patlatma#1' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#13638'den alınan kaydı (Q:350kg, R:559m)

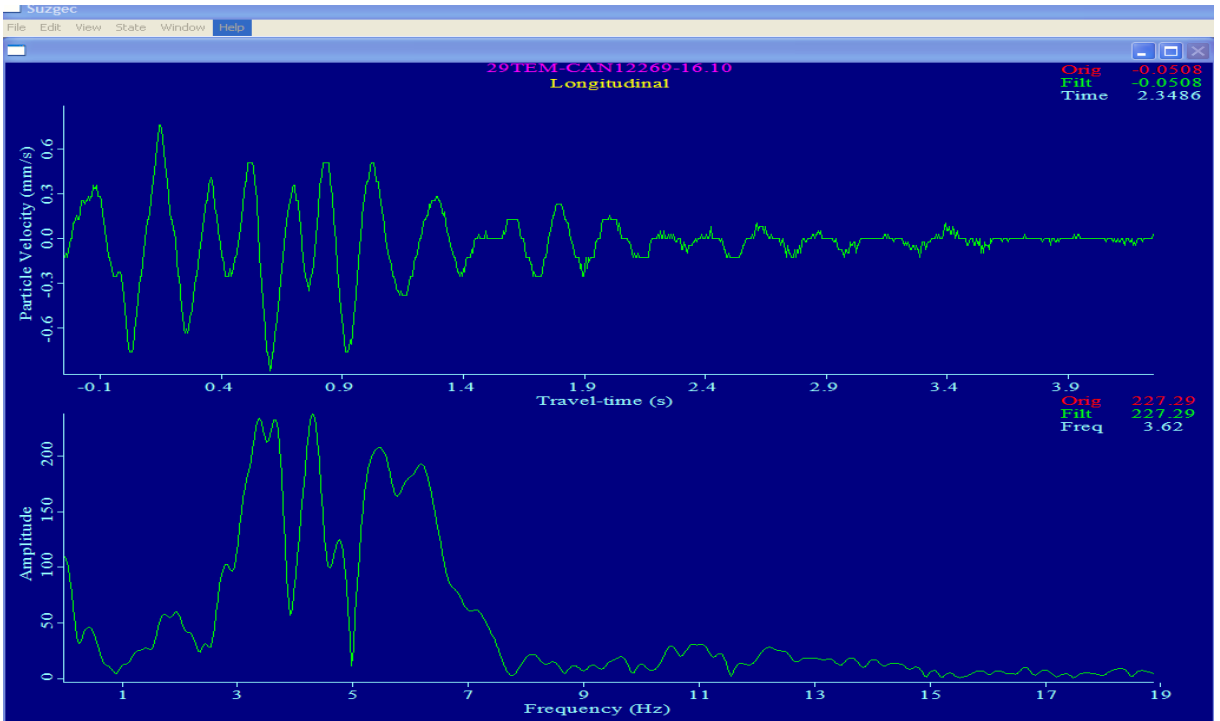


Şekil 6.17 Patlatma#2' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#12269'dan alınan kaydı (Q:175kg, R: 588m)



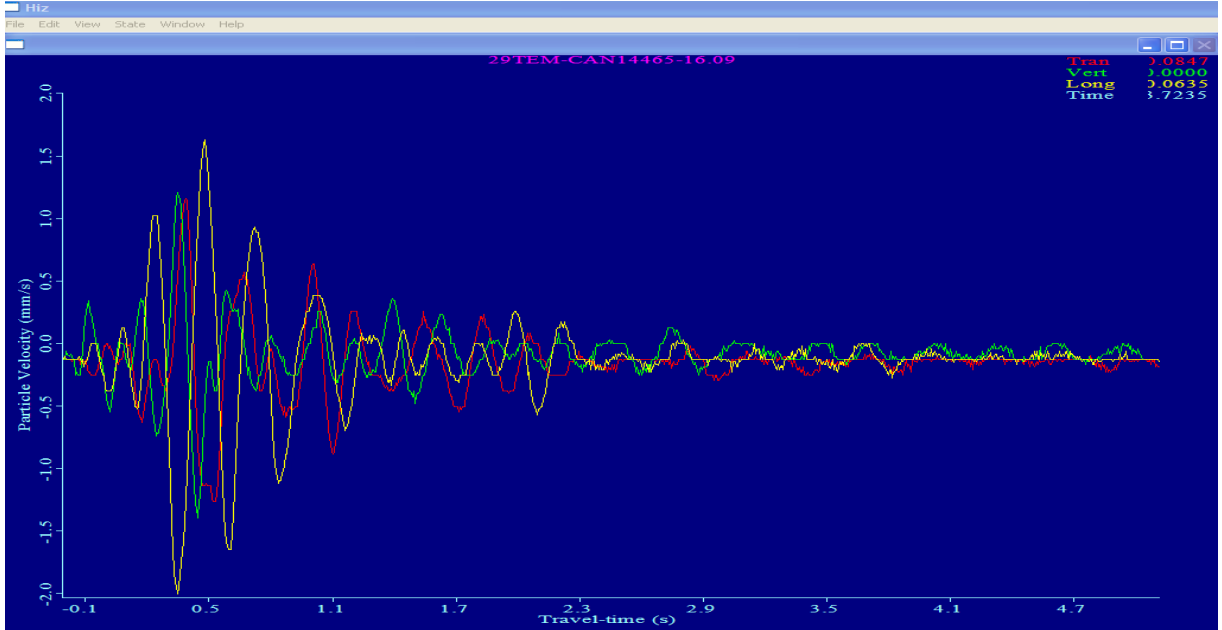


Şekil 6.18 Patlatma#2'den kaynaklı sinyalin cihaz#12269'dan alınan kayıt

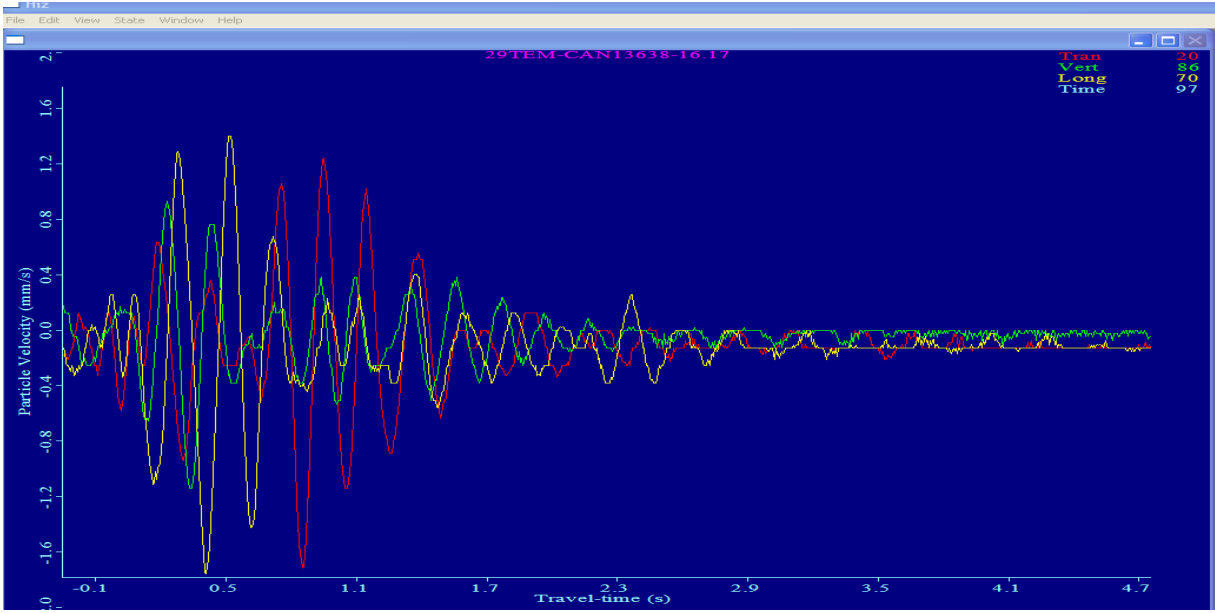


Şekil 6.19 Patlatma#2'den kaynaklı sinyalin cihaz#12269'dan alınan kaydında boyuna bileşene ait genlik-zaman (üstte) ve genlik-frekans(alta) grafiği.

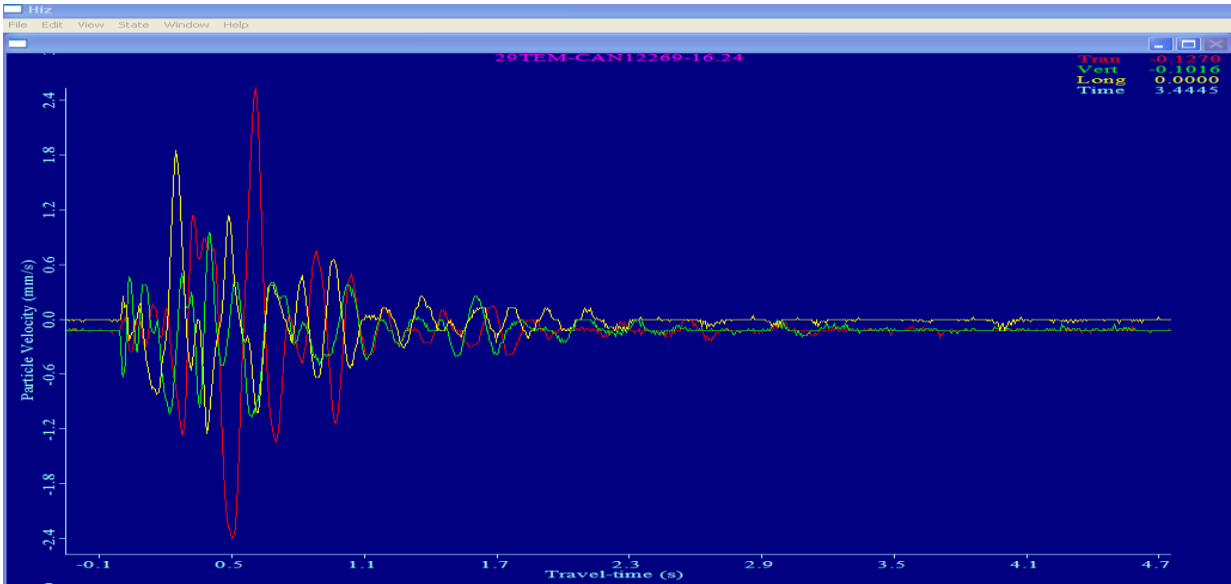
Şekil 6.15 ve 6.16'da, patlatma#1'den kaynaklanan, cihaz#14465 ve 13638'den alınan üç bileşendeki dalga biçimleri görülmektedir. Her iki yönde alınan kayıtlarda da, boyuna bileşende genliklerin diğer bileşenlere göre daha büyük olduğu görülmektedir. Şekil 6.17 ise, Patlatma#2'den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#12269'dan alınan kaydını göstermektedir. Patlatma#2, patlatma#1'in yarısı kadar patlayıcı ile gerçekleştirilmiştir. Bu patlatmada da, patlatma#1'deki gibi, yanal bileşendeki genlikler diğer bileşenlere göre çok daha yüksektir. Cihaz#12269'un bulunduğu yönde yanal bileşenin güçlü olduğu sonucuna varılabilir. Sinyallerin etkili olma süresi ise, patlatma#1'de 4-5 sn'yi bulurken patlatma#2'de 3 sn civarlarında sönümlenmektedir. Şekil 6.18'de, yanal bileşen güçlü olduğu için, sadece bu bileşendeki genlik zaman ve genlik frekans grafikleri verilmiştir. Sinyalin, bu bileşende 2 sn civarlarında sönümlenmeye başladığı görülebilir. Etken frekans ise 5 Hz civarındadır. Düşey bileşen sinyali de incelenmiş, genliğinin daha düşük olması dışında yanal bileşendeki sinyalle benzer yayılım özelliği gösterdiği anlaşılmıştır. Şekil 6.16'da ise, boyuna bileşende, genlikler yanal bileşene göre düşük olmasına rağmen, dalga biçimi daha yayılıdır.



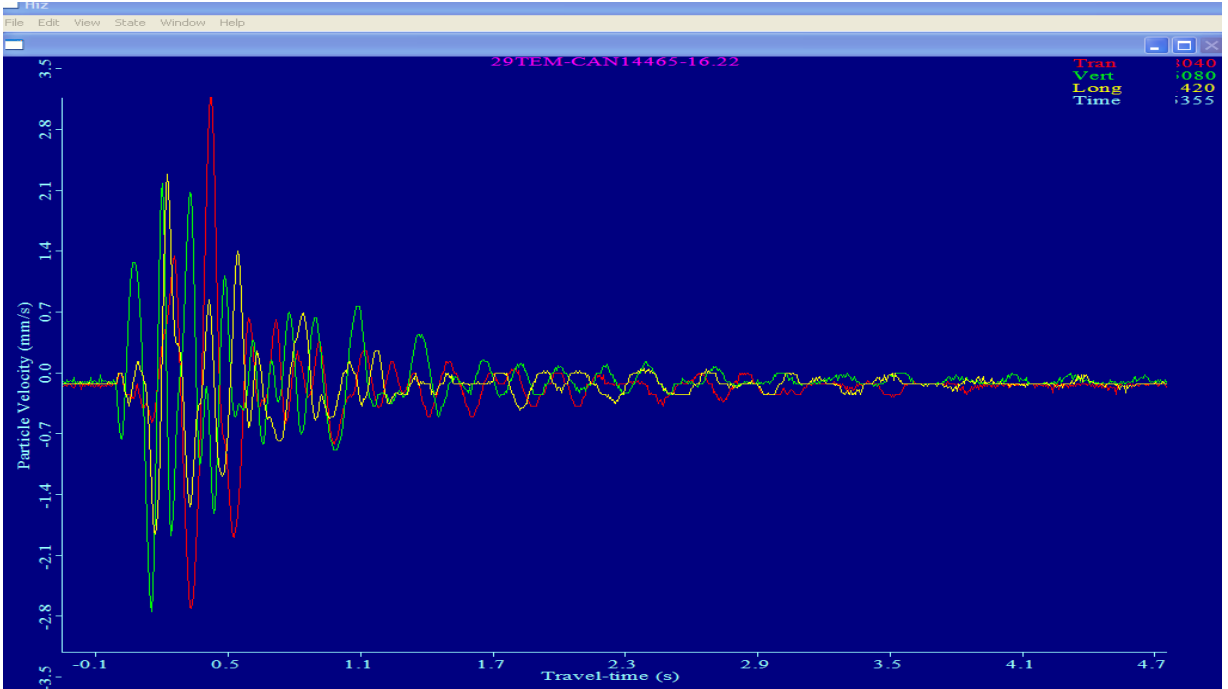
Şekil 6.20 Patlatma#2' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#14465'den alınan kaydı (Q:175kg, R: 518m)



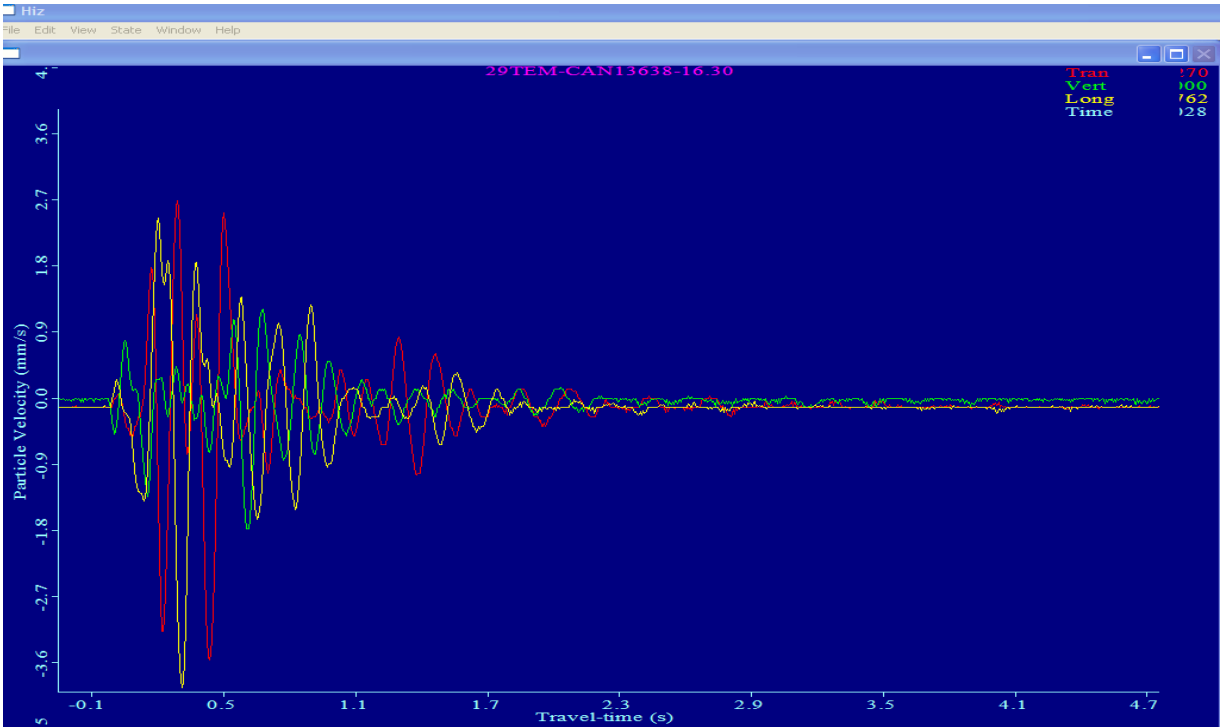
Şekil 6.21 Patlatma#2' den kaynaklı 3 bileşenli sismik sinyalin cihaz#13638'den alınan kaydı (Q:175kg, R: 518m) Cihaz#12270 'den alınan patlatma#2'ye ait kayıtlarda sorun olduğu için teze konmamıştır. Şekil 6.20, patlatma#2'den kaynaklanan ve cihaz#14465'den alınan titreşimlerin 3 bileşen kaydını göstermektedir. Boyuna bileşen genlikleri diğerlerine göre daha yüksektir. Şekil 6.21 ise, aynı patlatmadan kaynaklanan cihaz#13638 kaydını göstermektedir. Boyuna bileşenle birlikte yanal bileşen de güçlenmiştir bu yönde güçlenmiştir.



Şekil 6.22 Patlatma#3'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#12269'dan alınan üç bileşen kaydı (Q:100kg, R: 395m)

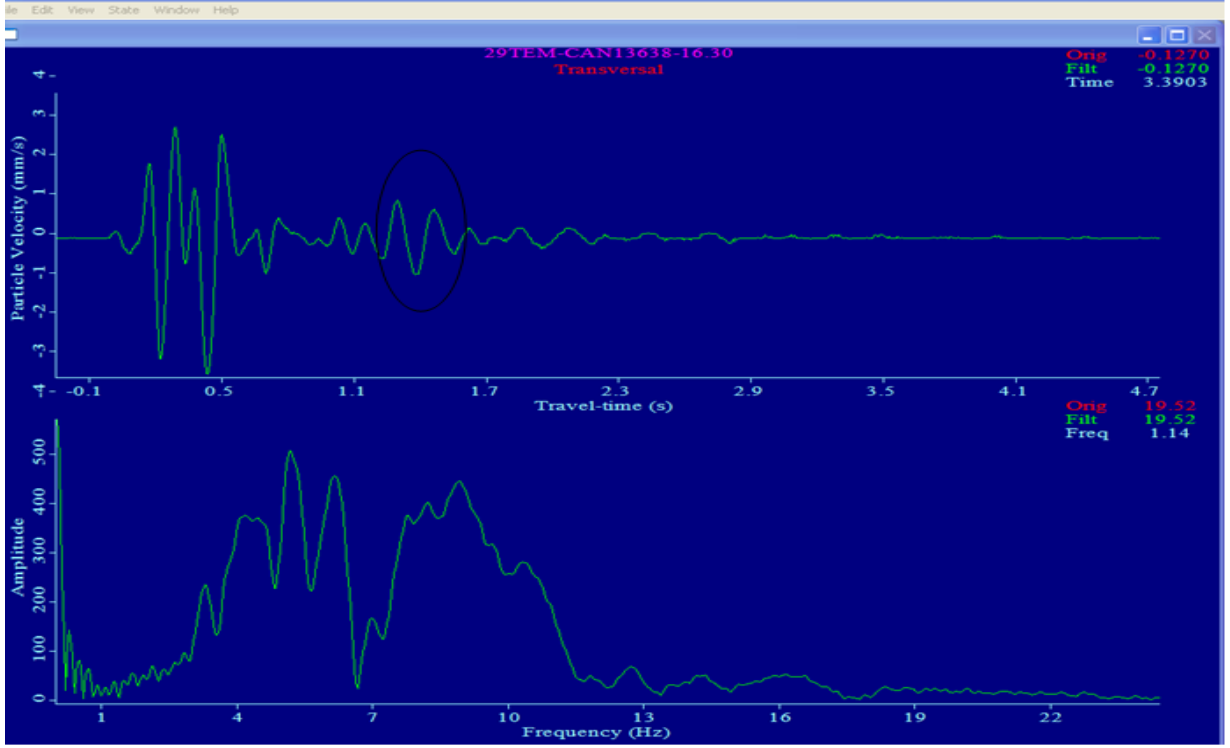


Şekil 6.23 Patlatma#3'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#14465'dan alınan üç bileşen kaydı (Q:100kg, R: 395m)



Şekil 6.24 Patlatma#3'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#13638'den alınan üç bileşen kaydı (Q:100kg, R: 395m)

Şekil 6.22, 6.23 ve 6.24 sırasıyla, kömürde yapılan patlatma#3'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#12269'dan,14465'den ve 13638'den alınan üç bileşen kayıtlarıdır. Cihaz12270 kaydı problemlili olduğu için teze konmamıştır. Her üç cihazda da yanal bileşen kayıtları daha güçlüdür.



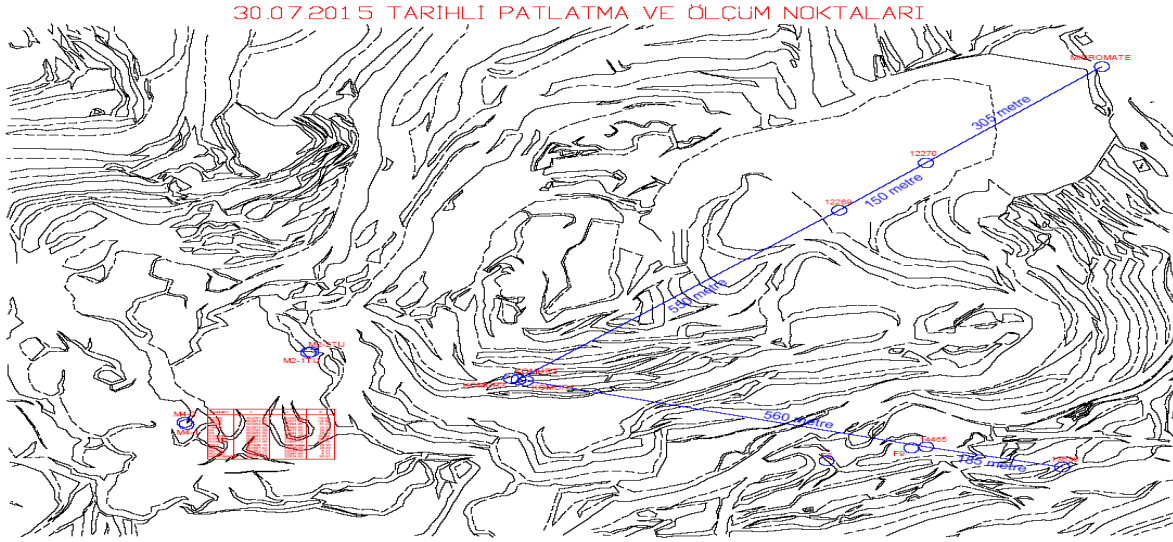
Şekil 6.25 Patlatma#3'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#13638'den alınan yanal bileşen kaydı (Q:100kg, R: 395m)

Her üç cihazda da yanal bileşen kayıtlarının güçlü olmasından dolayı, Şekil 6.25'de cihaz#13638' e ait yanal bileşen kaydı ayrı incelenmiştir. Şekilde üstteki parçacık hızı-zaman grafiğine bakılırsa, genliklerin ilk 0,5 saniyede yüksek olduğu, sonra sönümlenmeye başlarken 1,5 saniye civarında tekrar yükselmeye başladığı görülebilir. Toplam etki zamanı 3 sn civarı olup, frekans aralığı 4-13 Hz arasındadır. Genliklerin yükselmeye başladığı ilk 0,5 saniyede frekanslar 4-7 Hz aralığında iken, genliklerin tekrar yükselmeye başladığı zaman olan 1,5 saniye civarında ise 10 Hz lik genliklerin olduğu söylenebilir. Bu, kömürde yapılan patlatmalarda karşılaştığımız "kanal dalgası" etkisidir [65]. Kömür damarı, kendisinden daha yüksek hıza sahip başka tabakalar arasında kalınca, kanal görevi görür, sismik dalgaları uzak

mesafelere kadar iletebilir. Bu durumun oluştuğu fiziksel şartlar gerçekleşince “evanescence dalgası” denilen dalga oluşumu sayesinde, titreşim genlikleri sönümlenmeye başlarken tekrar yükselebilir (şekil 6.25'te siyah daire içine alınmış genlikler).

### 30 Temmuz 2015 Tarihli Patlatma alışmaları

Bu tarihte şekil 6.26'da lokasyonlarda (KÖMÜR1,2; M2-1tij, M4-2ifttij) 4 adet patlatma yapılmıştır ( M2-ift tij iptal edilmiştir). Patlatma kaynaklı titreşimler, cihaz#12270, 12269, Micromate ve, 14465, 13638 adlarıyla şekilde görölen yön ve lokasyonlara yerleştirilmiştir. Bu çalışmada, cihazlar kale seramik yönü (12269,12270, micromate) ve çay yönüne (14465, 13638) doğru yerleştirilmişlerdir.



şekil 6.26 30 Temmuz 2015 tarihinde yapılan patlatmaların ve ölçüm lokasyonlarının yerlerini gösteren harita.

Kömürde, üç delik hazırlanmış, iki patlatma yapılmıştır; Patlatma#1'de bir delik (Q:75 kg), Patlatma#2'de iki delik aynı anda (Q:150 kg) atılmıştır.

Marion-2 ve Marion-4'ün lokasyonunda patlatma delikleri hazırlanmıştır. Patlatma#3'de, Marion-2'de tek tij tek delik (Q:75 kg) patlatılmıştır. Patlatma#4'de, Marion-4'de iki adet çift tij (Q:350 kg) patlatılmıştır.

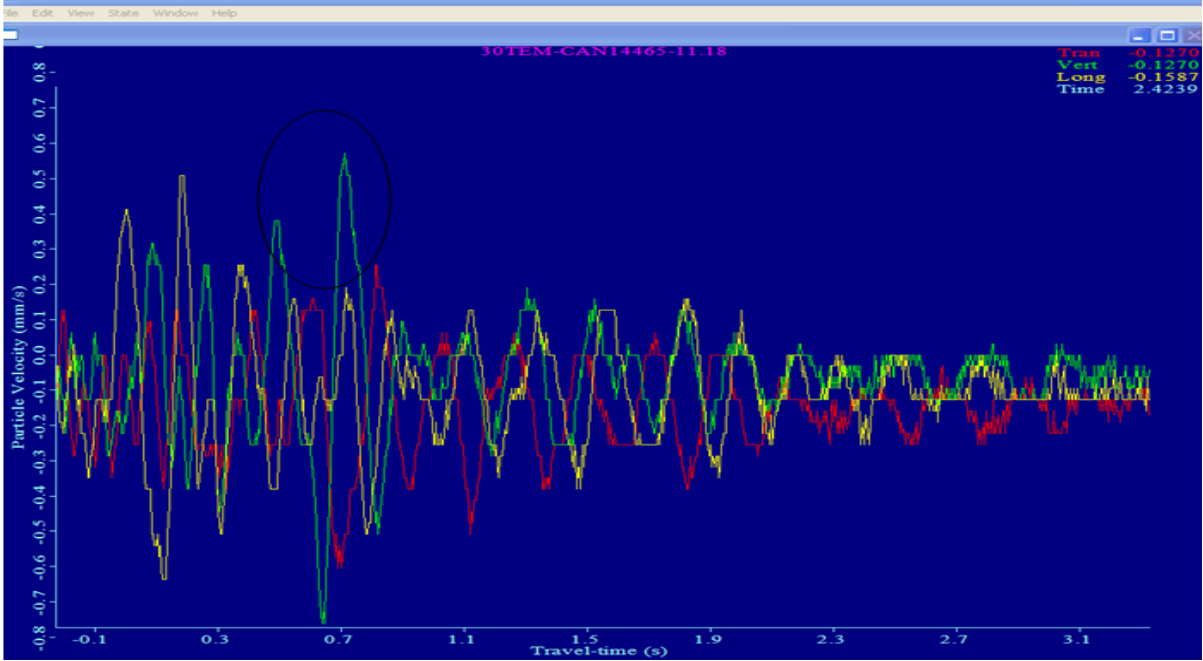
Mikromate kayıt almamıştır. Diğer cihazlardan alınan titreşim verileri izelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Çan Linyitleri Sahası 30 Temmuz 2015 patlatmalarından kaynaklanan titreşim verileri

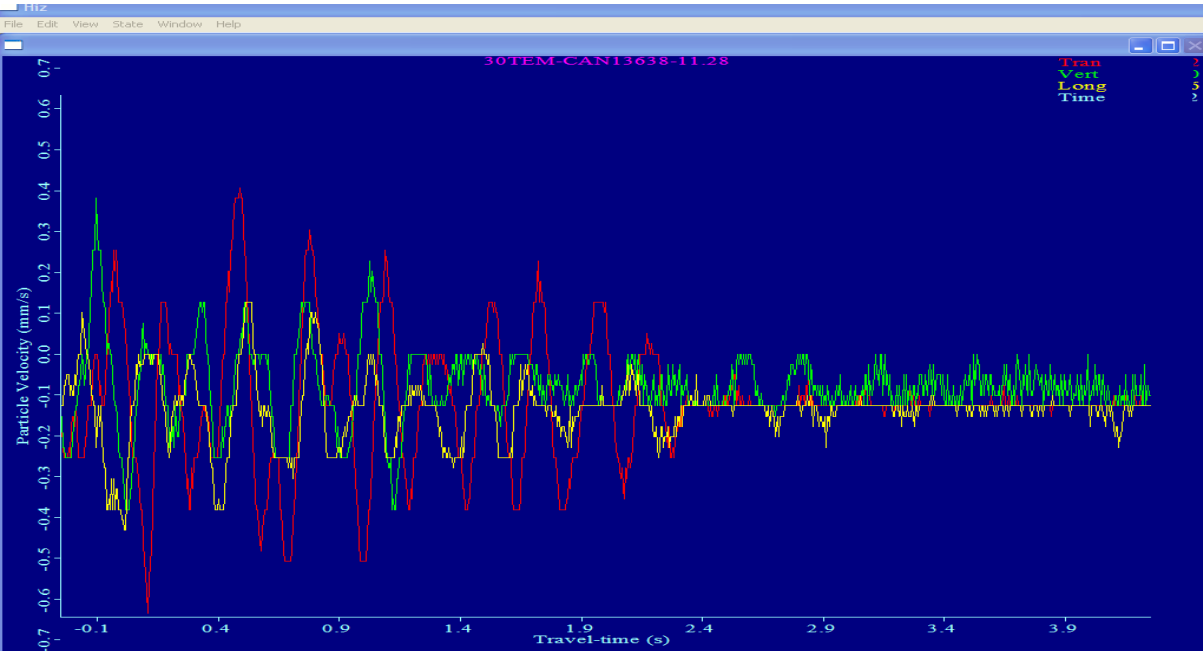
Tarih	Patlatma#	Cihaz	Q,kg	R,m	Tran,mm/s	Lon,mm/s	Vert,mm/s	PVS,mm/s	Frekans,Hz
30.07.15	Patlatma#1	14465	75	560	0.635	0.762	0.635	0.823	4.75
30.07.15	Patlatma#1	12270	75	745	0.635	0.381	0.508	0.684	4.5
30.07.15	Patlatma#1	12269	75	550	0.381	0.635	0.381	0.66	4.5
30.07.15	Patlatma#1	13368	75	700	-	-	-	-	-
30.07.15	Patlatma#2	14465	150	560	0.889	1.02	1.27	1.57	4.63
30.07.15	Patlatma#2	12270	150	745	0.508	0.254	0.381	0.622	4.5
30.07.15	Patlatma#2	12269	150	550	0.635	0.889	0.635	1.03	5.5
30.07.15	Patlatma#2	13368	150	700	0.635	0.508	0.762	0.813	7
30.07.15	Patlatma#3	14465	75	760	0.889	0.635	0.762	1.03	5
30.07.15	Patlatma#3	12270	75	945	0.889	0.381	0.635	1.09	4.5
30.07.15	Patlatma#3	12269	75	750	0.635	0.254	0.508	0.751	6
30.07.15	Patlatma#3	13368	75	900	-	-	-	-	-
30.07.15	Patlatma#4	14465	350		1.78	1.02	0.889	1.8	4.5
30.07.15	Patlatma#4	12270	350		0.508	0.33891	0.635	0.648	4.5
30.07.15	Patlatma#4	12269	350		0.508	0.381	0.381	0.648	4
30.07.15	Patlatma#4	13368	350		-	-	-	-	-

Marion-2’de, kilde yapılan patlatmalardan kaynaklanan titreşimlerin cihaz#144465 ve cihaz#13638’de kaydedilen genliklerine bakıldığında (Çizelge 6.2, patlatma#3), vektörel toplamda sırasıyla 1.03 ve 1.09 mm/s olduğu görülür. Kömürde yapılan patlatmalardan kaynaklı titreşimlerin, yine bu hat üzerindeki kayıtlarına bakıldığında (Çizelge 6.2, patlatma#1 cihaz#14465 ve 13638), 0.823 ve 0.684 mm/s değerleri görülmektedir. Patlatma#1 ve Patlatma#3 de aynı miktarda patlayıcı kullanılmıştır. Patlatma#1 cihazlara patlatma#3’e göre 200 m daha yakın olmasına rağmen, titreşim genlikleri daha düşüktür. Bu durumu anlamak için sinyaller aşağıda daha detaylı incelenmiştir. Ayrıca, tüm patlatmalardan kaynaklanan titreşimler iki farklı yönde değerlendirildiğinde, çay yönünde fay üzerinde yerleştirilen cihazların (14465 ve 13638), kale seramik yönündekilere göre (12269, 12270) daha yüksek genlikler kaydettiği görülebilir. Çizelge 6.2’de 30 Temmuz 2015 patlatmalarından kaynaklanan titreşim verileri gösterilmiştir.

Şekil 6.27’de, düşey bileşenin (vert, yeşil renkli) genliklerinin daha yüksek olduğu ve yüzey dalgalarının (siyah daire) daha geç zamanda geldiği açıkça görülmektedir.



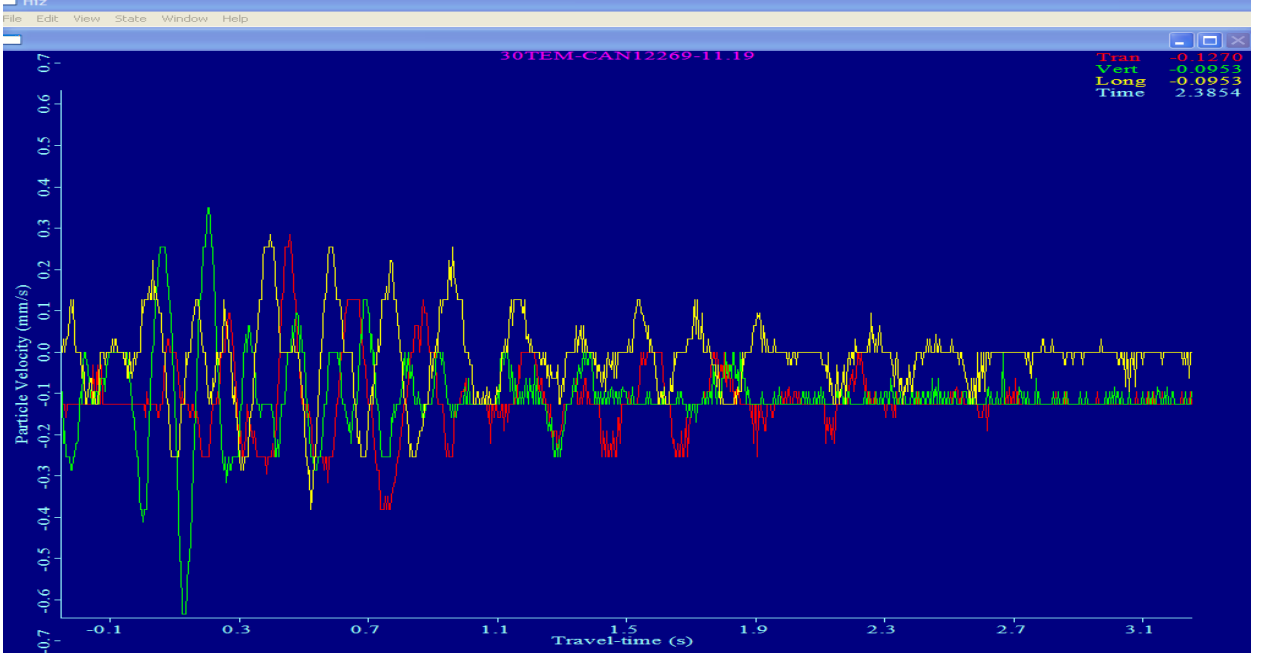
Şekil 6.27 Patlatma#1'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#14465'den alınan üçbileşen kaydı (Q:75 kg, R: 560 m)



Şekil 6.28 Patlatma#1'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#13638'den alınan üç bileşen kaydı (Q:75 kg, R: 745 m)

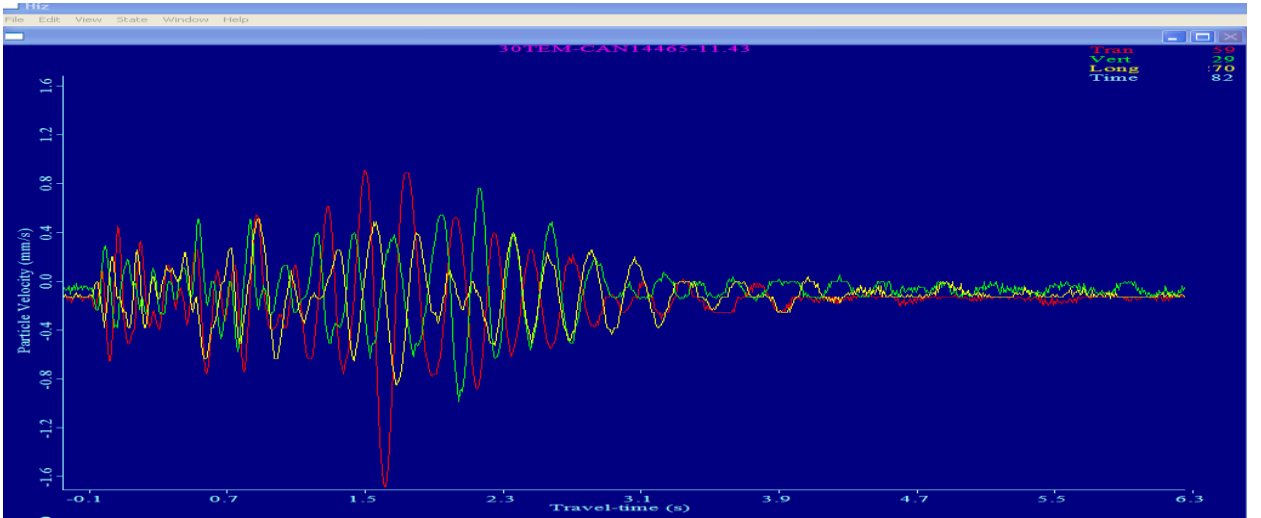
Aynı patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin, cihaz#14465 ile aynı hat üzerinde bulunan cihaz#13638'den alınan kaydı Şekil 6.28'de verilmiştir. Yanal bileşen (transversal, kırmızı) daha güçlüdür.





Şekil 6.29 Patlatma#1'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#12269'den alınan üç bileşen kaydı (Q:75kg, R: 550m)

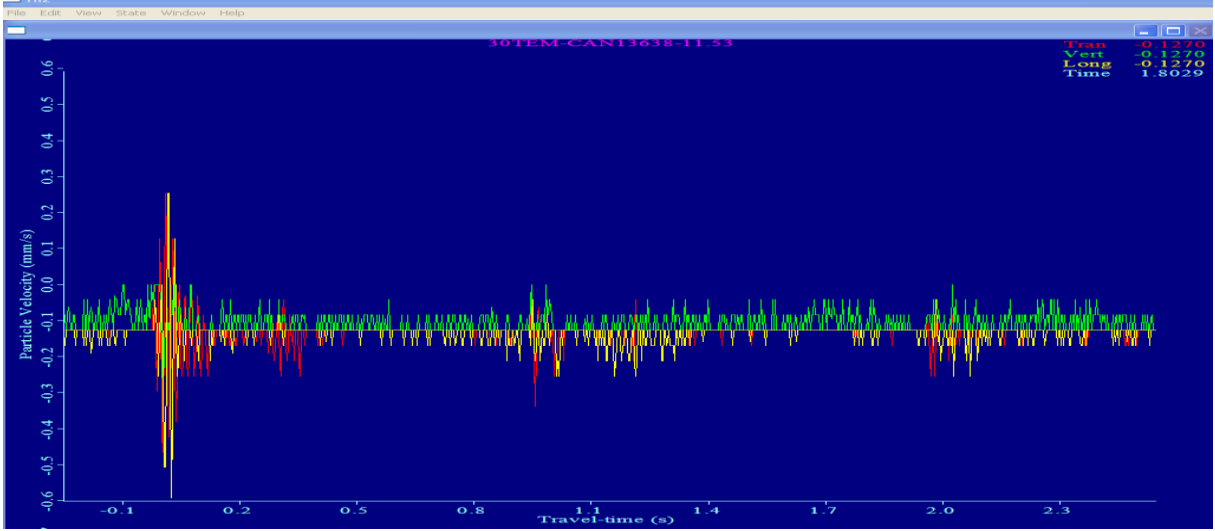
Şekil 6.29'da, Patlatma#1'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#12269'dan alınan üç bileşen kaydı verilmiştir. Genlikler bu yönde, çay yönüne göre daha düşüktür. Titreşim etki süresi 3 saniye civarındadır. Bu yöndeki diğer iki cihaz kayıt almamıştır.



Şekil 6.30 Patlatma#4'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#14465'den alınan üç bileşen kaydı

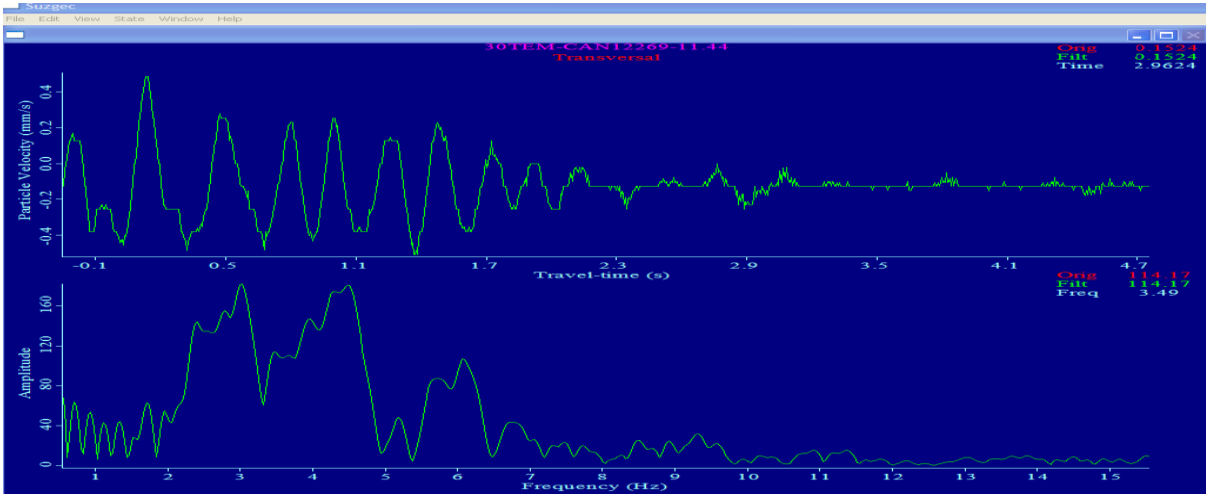
Patlatma#2 ve 3'den kaynaklanan dalga biçimleri, patlatma#1 ile benzer özellikler taşıdığı için tezde verilmemiş, Patlatma#4'den kaynaklanan titreşimler Şekil 6.30'da incelenmiştir. Şekil 6.30'da, Patlatma#4'den kaynaklanan titreşimlerin

cihaz#14465'den alınan üç bileşen kaydı görülmektedir. Yanal bileşendeki güçlü sinyaller, yüzey dalgalarının geç zamanlarda kendini göstermesi, bu patlatma kaydında daha iyi gözlenmektedir.



Şekil 6.31 Patlatma#4'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#13638'den alınan üç bileşen kaydı

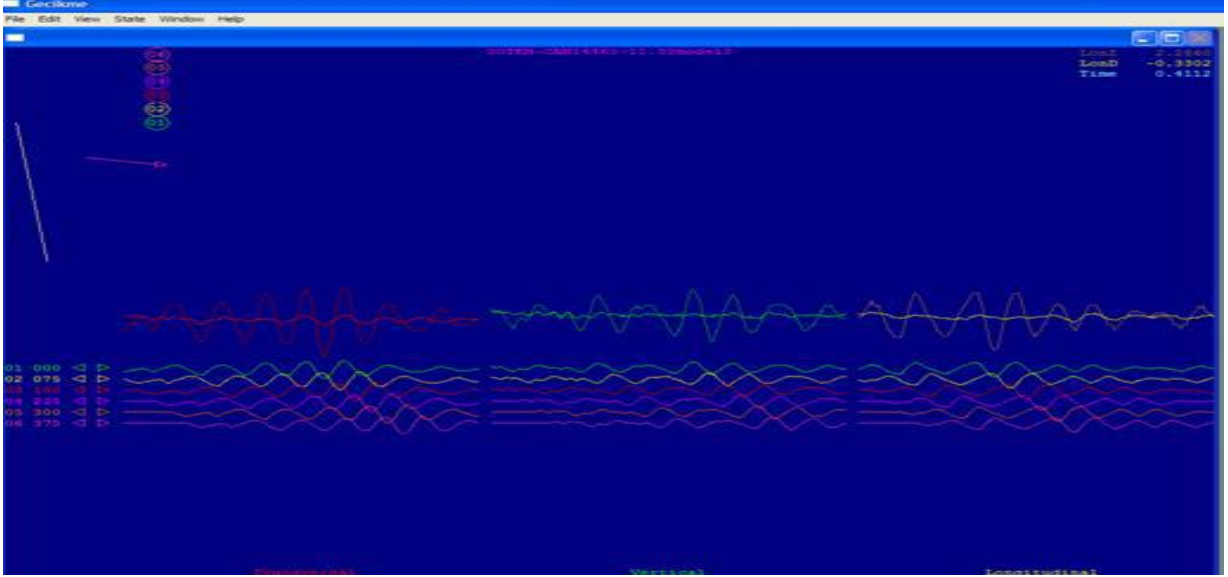
Şekil 6.31, Patlatma#4'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#13638'den alınan üç bileşen kaydını göstermektedir. 0,1, 0,9 ve 2 saniye civarlarında genlik yükselmeleri görülmektedir.



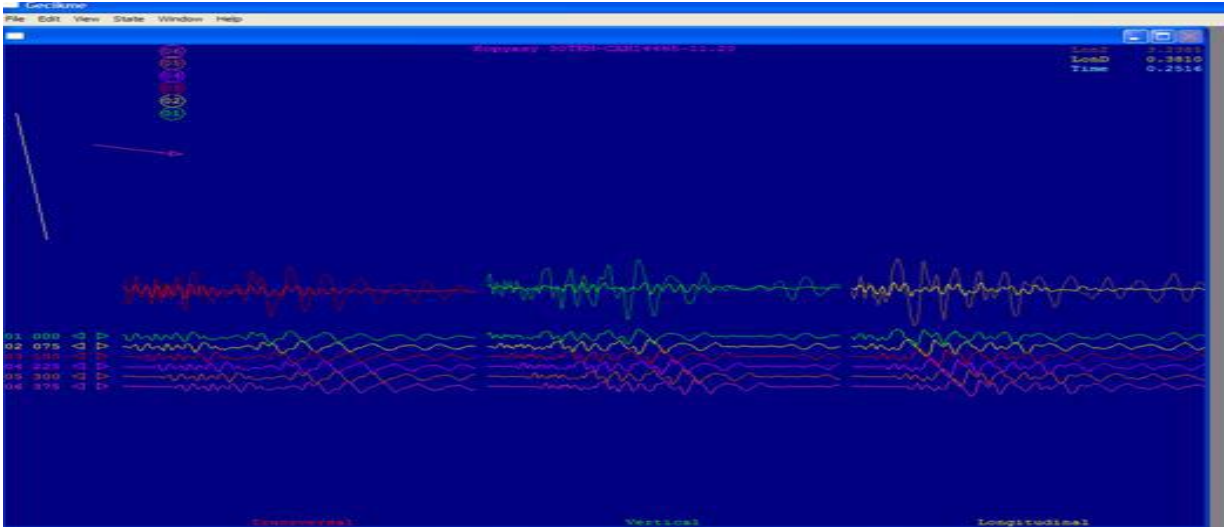
Şekil 6.32 Patlatma#4'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#12269'dan alınan yanal bileşen kaydı

Şekil 6.32'de, Patlatma#4'den kaynaklanan titreşimlerin cihaz#12269'dan alınan yanal bileşen kaydı görülmektedir. Genlikler 2.3 saniye civarında belirgin bir şekilde düşmektedir.

29 ve 30 Temmuz'da, yeni yöntemle modelleme çalışmalarında kullanmak için yapılan pilot patlatmalardan, 30 Temmuz'daki patlatma#1 ve patlatma#3'den kaynaklanan ve çay yönündeki 14465 nolu cihazdan ölçülen pilot sinyaller kullanılarak 2 adet modelleme yapılmıştır (Şekil 6.33 ve 6.34). Şekillerde üç bileşendeki sinyaller kırmızı (yanal), yeşil (düşey), sarı (boyuna) renklerde ortada görülmektedir. Her bileşende aslında iki renk vardır, koyu renk, patlatma deliklerinin hepsi aynı anda atılsa ortaya çıkacak toplam genliği, açık renk ise, gecikme uygulandığında düşen genliği göstermektedir. Sol yukarda patlatma delikleri görülmektedir. Şekillerde, aşağıdaki sinyaller, her deliğe gecikme uygulandıkça değişen dalga biçimleridir. Şekillerde delikler birer birer, aralarına 75 ms gecikme verecek şekilde atılacak biçimde modellenmiştir. Bu durumda titreşim genliklerinin ne kadar azaldığı, üç bileşende de görülmektedir. Sağ üst köşede, belirtilen zamanda titreşim genliklerindeki düşme miktarı görülebilir. Örneğin Şekil 6.33, boyuna bileşendeki genliklerin (Lon), 0.25.saniyede, bu gecikme ve gruptamanın uygulanması ile 6.32 birimden 0.38 birime düşeceğini söylemektedir. Bu yönde pilot sinyaller kullanılarak birçok modelleme yapılmış ve şevlerdeki hareketlilik durumu göz önüne alınarak, 6 deliği geçmeyecek gruplar ile deliklerin tek tek ve aralarına 75 ms gecikme verilerek patlatılmasının titreşim genliklerini azaltmada en uygun sonucu verdiği görülmüştür.



Şekil 6.33 30 Temmuz patlatma#3'den kaynaklanan titreşimlerden modellenen grup verisi (her deliğe ayrı gecikme verilmiştir)



Şekil 6.34 30 Temmuz patlatma#1'den kaynaklanan titreşimlerden modellenen grup verisi (her deliğe ayrı gecikme verilmiştir)

## 6.2.2. Ekim-Kasım-Aralık 2015 patlatma çalışmaları

İşletmede 26 ve 27 Kasım 2015 tarihlerinde patlatma çalışmaları yapılmış; ayrıca, daha önceden işletmeye bırakılan titreşim ölçer cihaz ile kaydedilen Ekim-Kasım aylarındaki titreşim verileri temin edilmiştir. Bu verilerin değerlendirmeleri aşağıdaki bölümde sunulmuştur.

Çizelge 6.3, Ekim-Kasım aylarında yapılan patlatma düzenleri ve patlatma kaynaklı titreşim verilerini göstermektedir.

Çizelge 6.3 Çan Linyitleri Sahası Ekim-Kasım 2015 arası patlatma kaynaklı titreşim verileri.

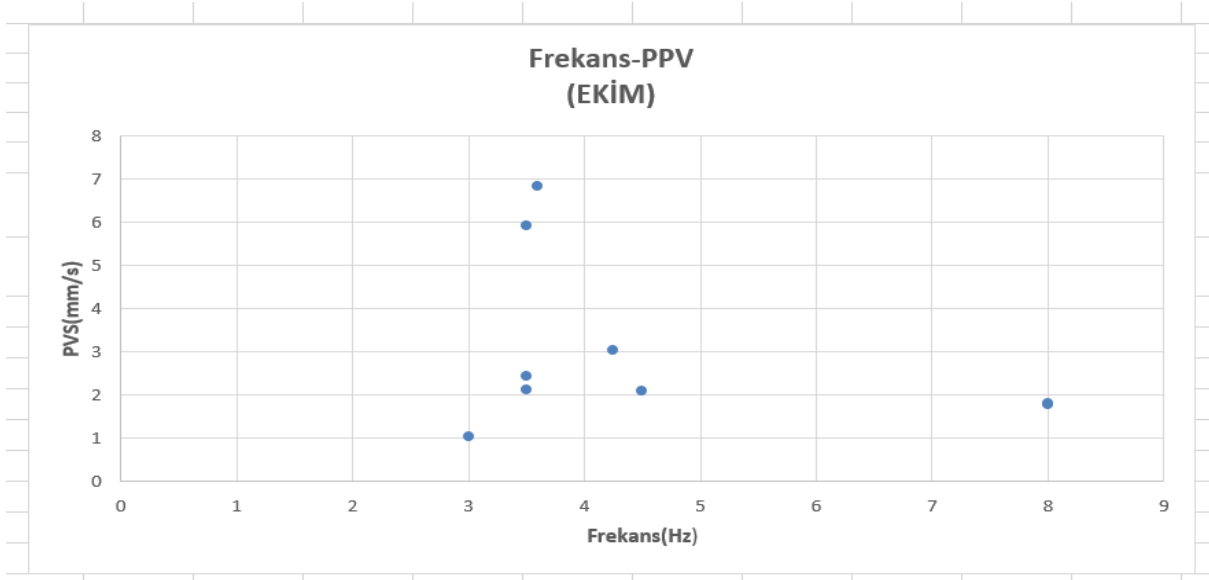
Tarih	Cihaz	Q,kg	R,m	Tran,mm/s	Long,mm/s	Vert,mm/s	PVS,mm/s	Frekans,Hz
06.10.2015	14465	60	5	2.032	2.667	2.54	3.032	4.25
06.10.2015	14465	60	10	4.572	6.35	4.826	6.832	3.6
08.10.2015	14465	75	14	4.445	4.953	4.826	5.92	3.5
09.10.2015	14465	75	9	1.905	1.524	1.016	2.087	4.5
09.10.2015	14465	60	12	2.286	1.778	1.397	2.44	3.5
16.10.2015	14465	46	13	1.397	1.397	1.143	1.769	8
16.10.2015	14465	60	4	1.778	0.508	1.143	1.82	8
19.10.2015	14465	180	5	2.032	1.651	1.397	2.129	3.5
20.10.2015	14465	58	11	0.762	0.889	0.508	1.055	3
06.11.2015	14465	50	6	3.429	2.032	2.54	3.84	8
09.11.2015	14465	125	4	2.413	3.048	3.302	4.231	21
10.11.2015	14465	140	5	3.81	4.953	5.588	7.106	3.8
11.11.2015	14465	106	12	2.159	1.016	0.889	2.349	4
11.11.2015	14465	62.5	2	0.635	0.381	0.508	0.696	3.5
11.11.2015	14465	150	6	1.27	1.27	1.27	1.704	5.7
17.11.2015	14465	150	4	1.143	1.143	0.381	1.314	3
25.11.2015	14465	58	12	0.762	1.27	0.762	1.295	9
25.11.2015	14465	75	8	3.556	4.826	3.429	5.34	5

Şekil 6.35 , Ekim ayı patlatmalarının yerleri ve ölçüm lokasyonlarını göstermektedir.



Şekil 6.35 Ekim 2015'de yapılan patlatmalar ve ölçüm yerleri

Örneğin sarı raptiye ile işaretlenmiş 09.10.PAT-KÖMÜR, patlatma yapılan yeri, sarı raptiye ile işaretli 14465 ise kayıt cihazının yerini göstermektedir. Her patlatma ve ona ait kayıtçının lokasyonu aynı renkli raptiye ile işaretlidir. Ölçüm yönü de raptiyelerle aynı renkli çizgi ile çizilmiştir.



Şekil 6.36 Ekim ayı patlatmalarına ait PVS-frekans grafiği

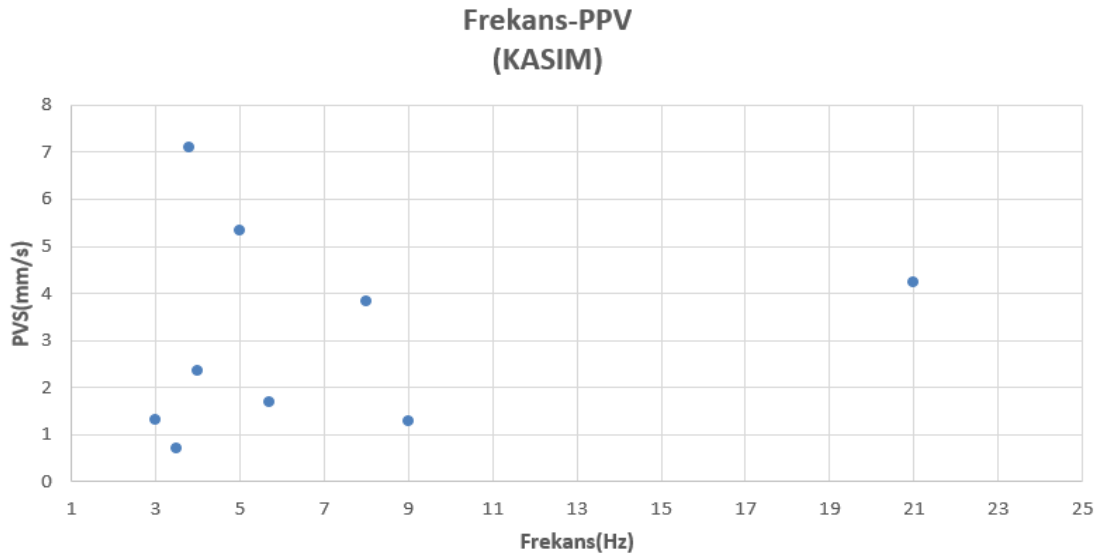
Şekil 6.36, Ekim ayı patlatmalarından kaynaklanan titreşim verilerinin parçacık hızlarına ait genliklerin vektörel toplamı (PVS)-frekans dağılımını göstermektedir.

Çizelge 6.3, Şekil 6.35 ve 6.36 beraber değerlendirildiğinde, Ekim ayındaki patlatmalardan kaynaklanan titreşim genliklerinin 1-6.5 mm/s aralığında değiştiği görülmektedir. Literatürde, şev stabilitesi açısından izin verilen titreşim genliklerine dair bir standart yoktur ancak ÇLİ'de olduğu gibi, başka pek çok etkiden dolayı duraysızlık sorunu olan ocaklarda patlatmaların bu duraysızlığa herhangi bir katkı koymaması adına, titreşim genliklerinin 1-3 mm/s aralığında tutulmasının doğru olacağı düşünülmektedir. Bu aralık, Alman DIN4150 normuna göre, tarihi yapılara hasar vermemek için izin verilen aralıktır. Şevlerdeki hareketliliği tetiklememek için, çok muhafazakar olan DIN normunu esas almak faydalı olacaktır. Ekim ayı patlatmalarından kaynaklanan titreşim genliklerinin bazılarının 3-6.5 mm/s arasında değiştiği görülmektedir. Bu titreşim genliklerini düşürebilmek için yönlere göre modelleme çalışmaları devam etmiştir.

Şekil 6.37, Kasım ayı patlatmalarının yerleri ve ölçüm lokasyonlarını göstermektedir



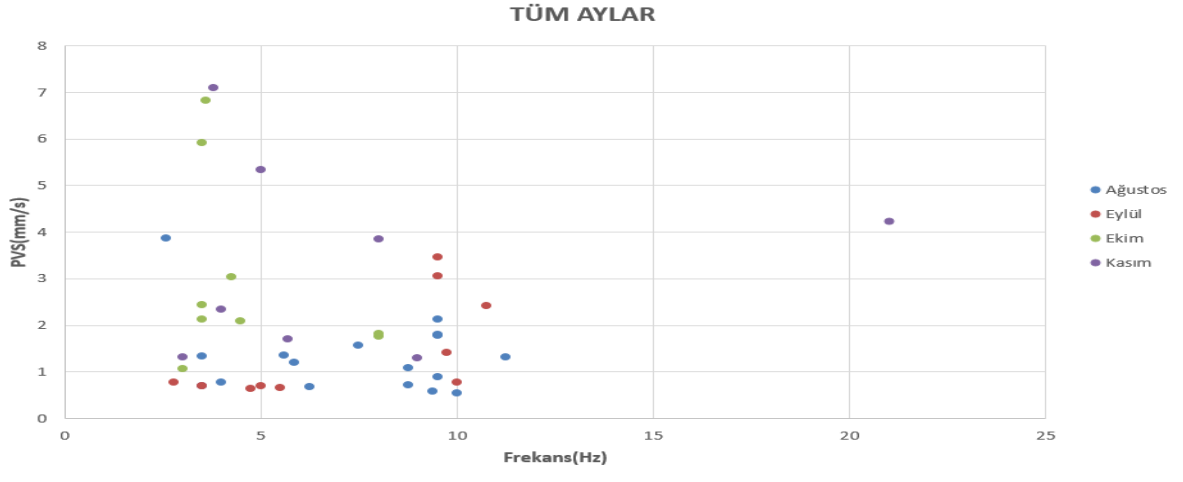
Şekil 6.37 Kasım 2015'de yapılan patlatmalar ve ölçüm yerleri.



Şekil 6.38 Kasım ayı patlatmalarına ait PVS-frekans grafiği

Şekil 6.38, Kasım ayı patlatmalarından kaynaklanan titreşim verilerinin parçacık hızlarına ait vektörel toplam (PVS)-frekans dağılımını göstermektedir.

Kasım ayı patlatmalarının titreşim genlikleri de 0.5-7mm/s aralığında değişmektedir. Şekil 6.39, Ağustos-Eylül-Ekim ve Kasım'da alınan patlatma titreşimlerini göstermektedir.



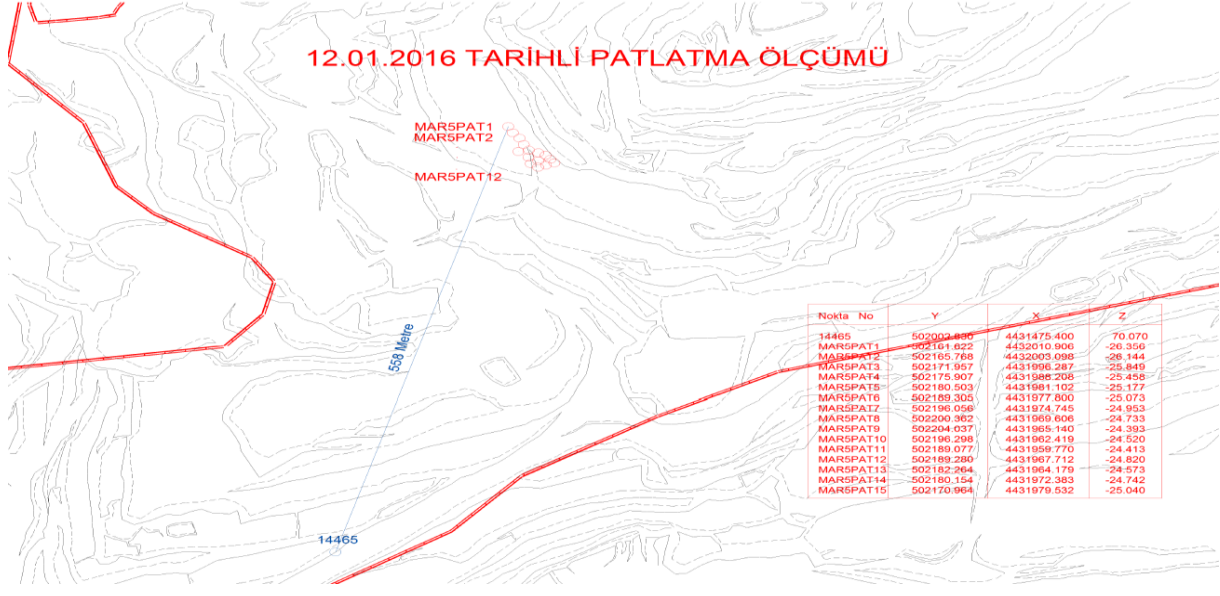
Şekil 6.39 Ağustos-Eylül-Ekim-Kasım aylarında yapılan patlatmalara ait titreşim genliklerinin vektörel toplam-frekans grafiği

Ağustos ve Eylül'de titreşim genlikleri 0.5-4 mm/s aralığında iken, Ekim ve Kasım aylarında genliklerin bazı patlatmalarda 6-6,5 mm/s değerlerine çıktığı gözlenmektedir. Şevlerde duraysızlık problemi olmayan durumlarda, delik sayısı ve dolayısı ile patlayıcı miktarına kısıt getirmeden, gecikme aralıklarının, hedef noktada titreşim genliklerini birbirlerine öldürtecek şekilde ayarlanabildiği metodoloji uygulanabilmekte ve titreşim genliklerinde önemli düşmeler sağlamaktadır. Temmuz dönemindeki çalışmalarda, yönleri dikkate alarak gecikmelerin modellenmeye başladığı belirtilmişti. Delikler arasında verilen 75 ms gecikme aralığının önemli ölçüde titreşim genliklerini düşürdüğü gözlenmişti. Bu dönemde, Ekim ve Kasım aylarındaki patlatmalardan kaynaklı genlikler 4-6,5 mm/s değerlerine ulaştığı için, delikler arası gecikmelerin, önerildiği gibi 75 ms olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca, delik sayısının da 10'u geçmemesi önerilmiştir.

### 6.2.3. Ocak 2016 patlatma çalışmaları

Şekil 6.40'ta işletmenin kendi yaptığı patlatmanın yeri ve ölçüm lokasyonu görülmektedir.





Şekil 6.40 12.01.2016 tarihli patlatma yeri (Mar5PAT1,2.15) ve ölçüm lokasyonu (14465)

Ölçüm yeri ile patlatma noktası arası 558 metredir. 15 delikli bir grup patlatması yapılmıştır. Toplam kullanılan patlayıcı miktarı 1240 kg olup delik başına 82 kg patlayıcı konmuştur. Delikler arasına, ikişer adet 42 ms yüzey gecikmesi konarak delikler arası gecikme 84 ms'ye çıkarılmıştır.

Aşağıdaki çizelgede ölçülen parçacık hızları verilmektedir.

Çizelge 6.4 Çan Linyitleri Sahası Ocak 2016 'da yapılan patlatma kaynaklı titreşim verisi.

Tarih	Cihaz	Q,kg	R,m	Tran,mm/s	Long,mm/s	Vert,mm/s	PVS,mm/s	Frekans,Hız
24.01.2016	14465	82	558	2.032	3.81	2.54	4.222	7

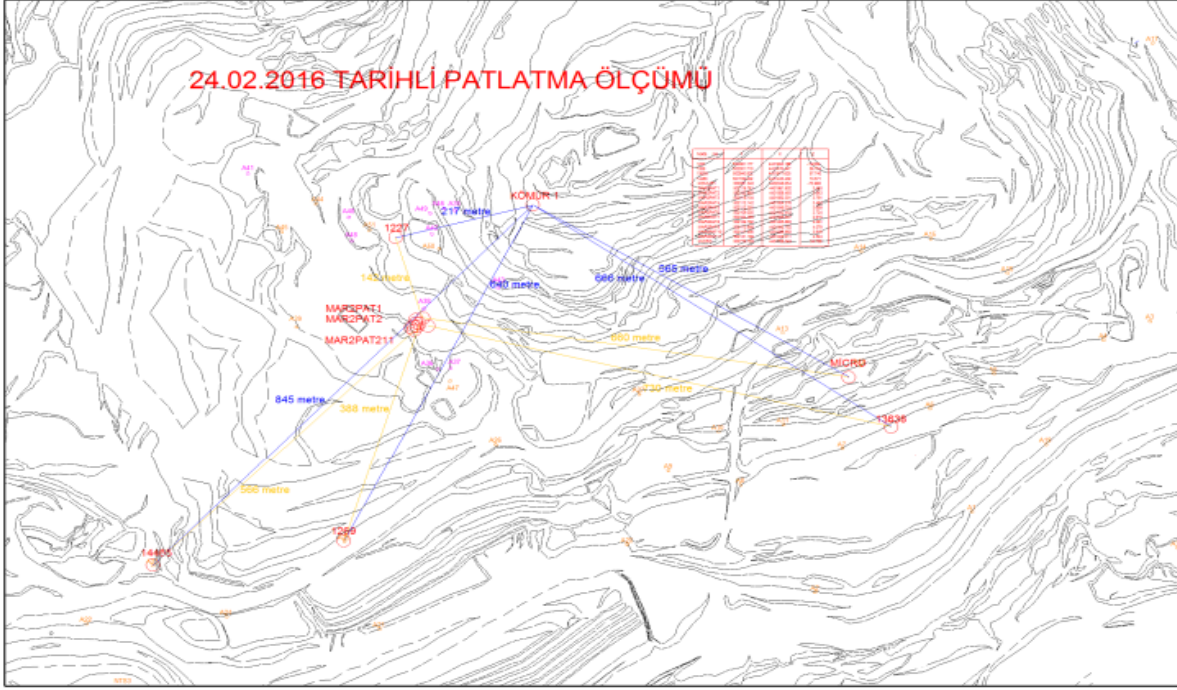
Ocak 2016'da yapılan patlatma kaynaklı titreşim verileri değerlendirildiğinde, Çift tij delinen deliklerde alta 100 kg ANFO, 1 kg yemleme, ara sıkılama, 1 kg yemleme ve üste 87,5 kg ANFO konmuştur.

Aralık ayında pilot patlatmalar yaptırılarak, işletmede mevcut düzende kullanılan 42 ms yüzey gecikmesinin performansı ve etkileri tartışılmış; 67 ms yüzey gecikmesi kullanıldığında modellemelere göre, 42 ms kullanıldığı durumdan daha az titreşim genliği oluşacağı belirlenmiştir. Bu sebeple, işletmenin yeni ateşleme sistemi alımı sırasında 67 ms yüzey gecikme elemanı alınması önerilmiştir. Ocak ayında,

işletmenin kendisi tarafından, 42 ms yüzey gecikmesini, bir adet 42 ms daha ekleyerek 84 ms'ye çıkararak delikler arası gecikme süresinin arttırılması denenmiştir. Bu denemenin, aralık ayındaki çalışmamızda belirtilen 67 ms yüzey gecikmesine geçilmesinin önerilmesinin, yüzey gecikmesinin arttırılması olarak algılanması üzerine yapıldığı düşünülmektedir. Ancak, 84 ms yüzey gecikmesi kullanımı ile oluşan titreşim genliklerine bakıldığında, aralık ayındaki hemen hemen aynı mesafelerde ölçülen titreşim genliklerine göre daha azalma olmamıştır. Bunun sebebi, 42 ms'nin tam katı olan 84 ms yüzey gecikmesine çıkılması, dalgaların periyotlarını düşününce aynı çevrimde olmalarına neden olacağı için, 42 ms yüzey gecikmesi kullanılmasından farklı bir durum yaratmayacağı bellidir. Bu sebeple, delikler arasında sıradan bir artış yerine modellemede de ortaya çıkan 67 ms yüzey gecikmesinin kullanılması önerilmektedir. Sıralar arası gecikmenin ise 100 ms olarak verilmeye devam edilmesi uygun görülmektedir.

#### **6.2.4. Şubat 2016 patlatma çalışmaları**

Şubat ayındaki çalışmalarda, Şekil 6.41'da görülen yerlerde 1 adet pilot patlatma ve ona yakın yerde hazırlanan 10 delikli grup patlatması (MAR2PAT1,2.11); 1 adet de kömürde (KÖMÜR1) pilot patlatma yapılmıştır. Patlatma kaynaklı titreşimler, Şekil 6.42'de yerleri belirtilen lokasyonlara yerleştirilmiş olan 5 adet titreşim ölçüm cihazı ile (12269, 12270, 14465, 13638, Micromate) kaydedilmişlerdir.



Şekil 6.41 Dekapajda yapılan pilot ve grup patlatma yerleri (MAR2PAT1,2...11) kömürde yapılan pilot patlatma yeri (KÖMÜR1) titreşim ölçüm cihaz lokasyonları (12269, 12270, 14465, 13638, Micromate).

Pilot patlatma yapılmasının nedeni şudur: İşletmede yapılan Aralık ayı çalışmasında, 67 ms delikler arası, 100 ms sıralar arası yüzey gecikmesinin, işletmenin uyguladığı 42 ms delikler arası, 100 ms sıralar arası yüzey gecikmesi verilen durumdan daha iyi olduğu, titreşim genliklerinde her üç bileşende de iyi bir azalmanın olduğu belirtilmiştir. Bu sebeple, işletmeye, delikler arası yüzey gecikmesinin 42 ms'den 67ms'ye çıkarılması, sıralar arası gecikmenin ise 100 ms olarak verilmeye devam edilmesi önerilmiştir. Şubat ayında ise, işletmenin elinde 67 ms gecikme rölesi olmadığı için, modelleme yolu ile yapılan bu öneri gerçek patlatma ile karşılaştırılamamıştır. Ancak, elde bulunan 100 ms gecikme röleleri kullanılarak, daha önce denenmemiş olan "delikler arası 100 ms, sıralar arası 42 ms seçeneği denenmiş, gerçek patlatma ile pilot patlatmadan elde edilen sinyalin modellenmesi ile elde edilen model-patlatma sonucu karşılaştırılmıştır. Şekil 6.42, Google Earth'deki lokasyonları göstermektedir.



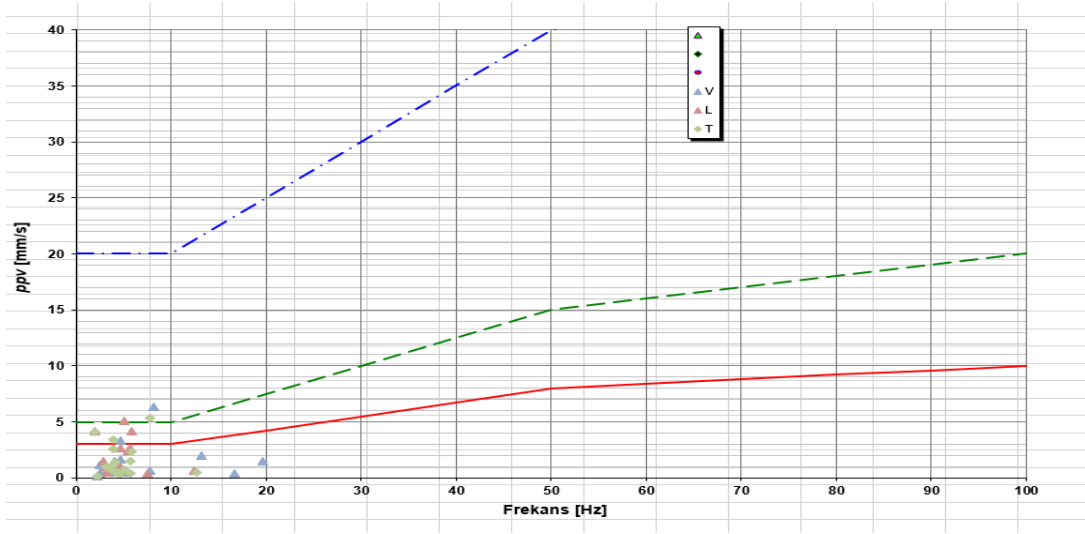
Şekil 6.42 Şubat 2016'da yapılan patlatmalar ve ölçüm yerleri.

Çizelge 6.5, Şubat ayında yapılan patlatma düzenleri ve patlatma kaynaklı titreşim verilerini göstermektedir.

Çizelge 6.5 Çan Linyitleri Sahası Şubat 2016 'da yapılan patlatma kaynaklı titreşim verisi.

Tarih	Cihaz	Q,kg	R,m	Tran ,mm/s	Long,mm/s	Vert ,mm/s	PVS,mm/s	Frekans,Hz
04.02.2016	14465	1.397	0.889	1.016	4.125	4	4.75	1.508
14.02.2016	13638	0.381	0.127	0.889	114.3	114.3	129	0.933
14.02.2016	13638	0.254	0.127	0.508	112.8	174	103.5	0.524
14.02.2016	13638	4.064	11.43	4.191	2	199.8	2	11.47
14.02.2016	13638	0.127	0.127	0.635	2.25	2.25	131.5	0.635
24.02.2016	12269	0.508	0.381	0.635	12.75	16.63	12.38	0.73
24.02.2016	12269	3.429	2.032	2.413	3.875	13.25	5.5	3.617
24.02.2016	12269	1.524	1.524	2.667	5.75	4	4.75	3.029
24.02.2016	12269	1.143	0.508	1.143	3.875	3.5	4.125	1.264
24.02.2016	14465	0.381	0.635	0.381	4.75	7.75	7.5	0.648
24.02.2016	14465	0.762	1.524	0.889	5.125	19.63	3.875	1.611
24.02.2016	12270	5.334	6.371	5.08	7.75	8.188	5.063	7.86
24.02.2016	12270	2.286	3.302	4.191	5.875	4.75	5.813	4.747
24.02.2016	12270	2.54	1.651	2.667	3.875	4.668	5.75	3.082
24.02.2016	14465	1.016	1.143	1.524	3.125	2.5	2.875	1.555
24.02.2016	14465	0.508	0.381	0.508	4.25	2.5	3.25	0.648
24.02.2016	13638	0.381	0.508	0.635	4.5	5.25	5	0.783
24.02.2016	13638	0.635	0.508	1.016	3.75	2.625	3.125	1.085
24.02.2016	13638	0.381	0.508	508	5.75	5.25	3.75	0.622

10 delikli grupta, delik içi 450-500 ms yüzey gecikmesi, 100 ms delikler arası 42 ms sıralar arası gecikme değerleri kullanılmıştır.



Şekil 6.43 Şubat ayı patlatmalarına ait PPV-frekans grafiği

Şekil 6.43, Şubat ayı patlatmalarından kaynaklanan titreşim verilerinin parçacık hızlarının üç bileşende PPV-frekans dağılımını göstermektedir.

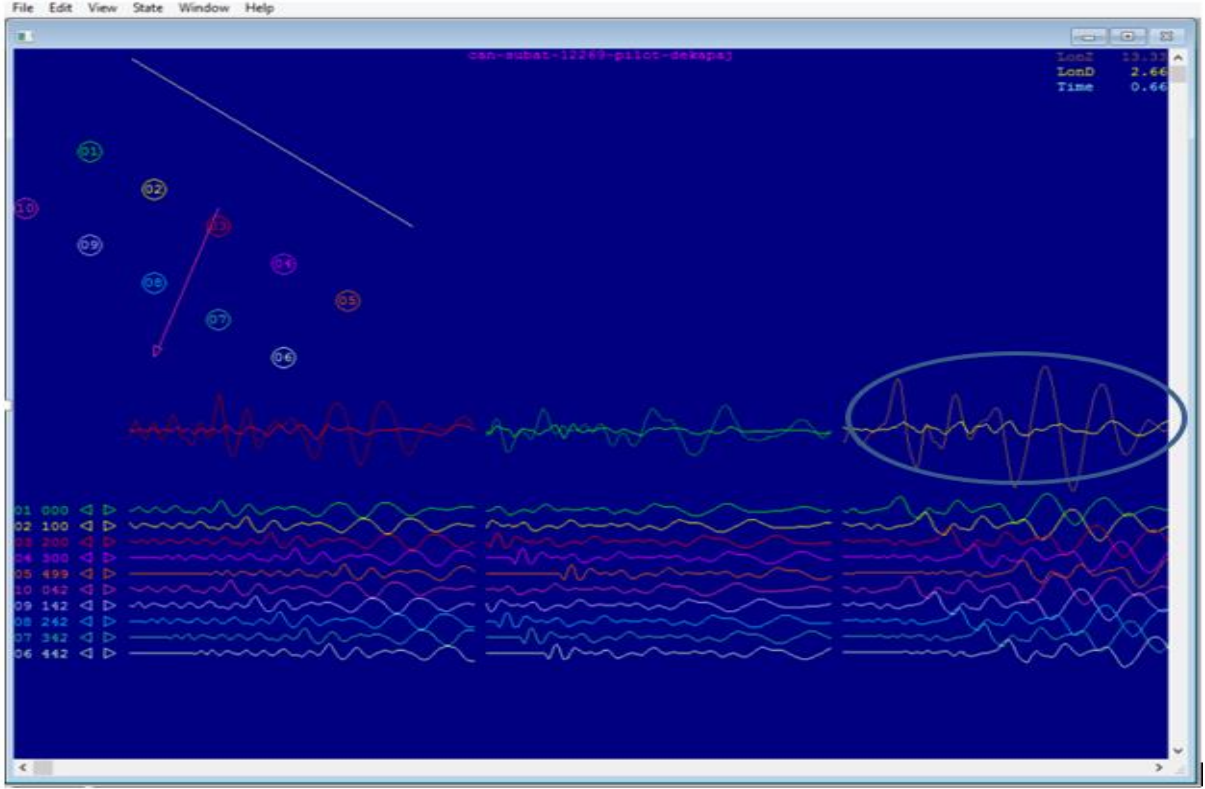
Çizelge 6.5 ve Şekil 6.43 beraber değerlendirildiğinde, Şubat ayında yapılan 10 delikten oluşan grup patlatması ve 1 delikten oluşan pilot patlatmasından kaynaklanan titreşim genliklerinin (MAR2’de) ve kömürde yapılan bir adet pilot patlatma titreşim genliğinin, 0,3-6,5 mm/s aralığında değiştiği görülmektedir. 12270 numaralı cihaz, MAR2 dekapaj patlatmasına çok yakın mesafede, 120 m uzakta olduğu için titreşim genlikleri 6,5 mm/s değerlerine ulaşmıştır. Ancak diğer cihazlardaki titreşim genlikleri (patlatmaya ortalama 500-800 m uzaklıkta), beklenildiği gibi 1,5-3 mm/s civarlarındadır ve şevlerde kaymayı tetikleyecek yükseklikteki değerlerin altındadır.

Beklendiği üzere, bazı cihazlarda pilot patlatmasından kaynaklanan titreşimler, grup patlatmasından daha yüksektir. Bunun sebebi, gruptaki deliklerin gecikmeler sayesinde birbirleriyle etkileşerek patlamaları ve gecikmeli olarak ortaya çıkan titreşim dalgalarının yol içerisinde birbirlerini söndürmeleridir.

MAR2’de yapılan pilot patlatma kullanılarak aşağıdaki modellemeler yapılmıştır:

Şekil 6.44, titreşim ölçer #12269’dan alınan pilot patlatma titreşim kaydına göre yapılan 10 delikli grup patlatma modellemesini göstermektedir. Delikler arası yüzey

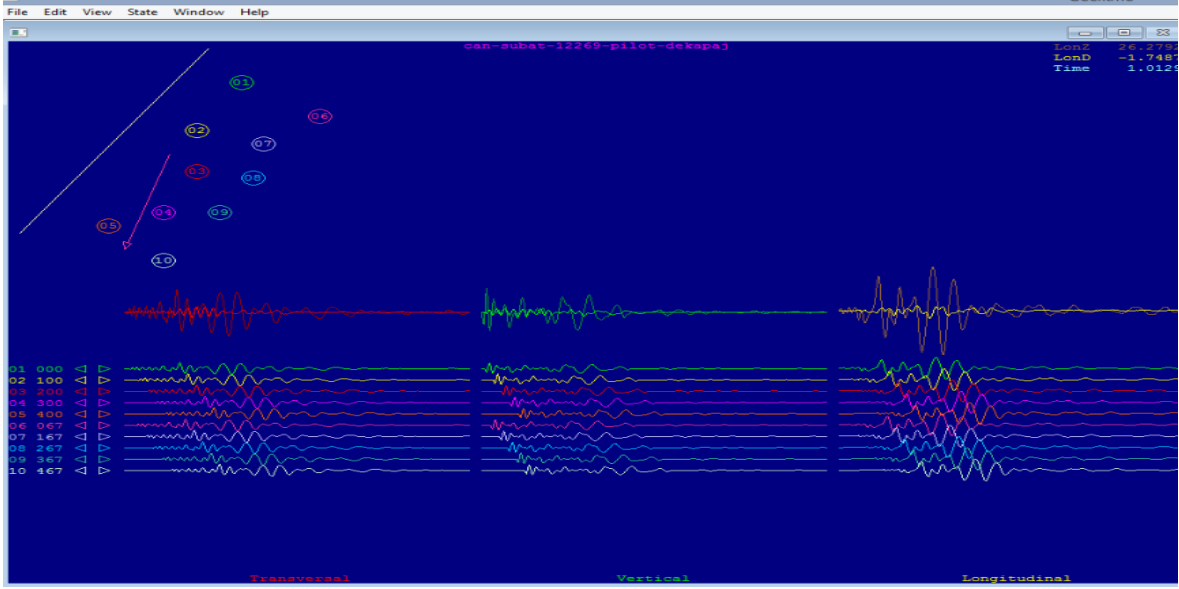
gecikme, gerçek grup patlatmasında olduğu gibi 100 ms verilmiştir. Sıralar arası, 42 ms yüzey gecikmesi verilmiştir.



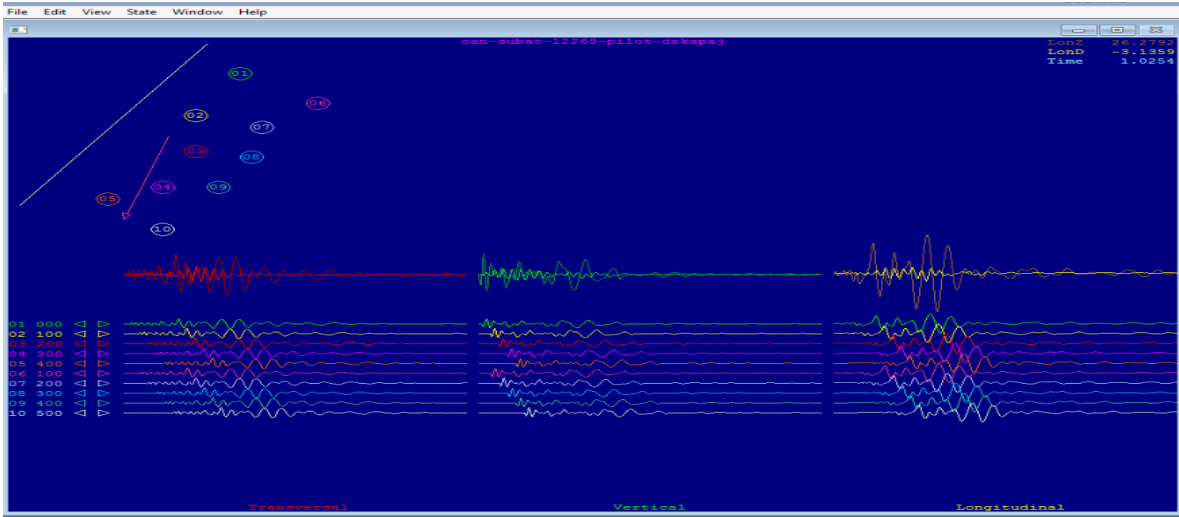
Şekil 6.44 Cihaz 12269'dan alınan veri ile 10 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 100ms, sıralar arası 42ms

Şekil 6.44'de boyuna bileşene bakılırsa (daire içine alınmış), kahverengi sinyal deliklere hiç gecikme verilmeseydi ortaya çıkacak toplam genliği (13.33 birim), sarı sinyal ise, delikler arası yüzey gecikmesi 100 ms, sıralar arası 42 ms verildiğinde ortaya çıkan titreşim genliğini (2.66 birim) göstermektedir. Çizelge 6.5'te 12269 no'lu cihazda gerçek patlatmadan kaydedilen boyuna bileşen bakıldığında 2.413 birim olduğu görülmektedir. Bu da, modelleme ile tahmin edilen (2.66 birim) genlikle gerçek patlatmadan elde edilenin (2.66 birim) uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin gerçek veri ile uyumunu gösterdikten sonra, başka parametrelerle yeni modeller de denenmiştir. Pilot veri kullanılarak, delikler arası 100 ms, sıralar arası 67 ms; delikler arası 100 ms sıralar arası 100 ms gecikmelerin verildiği durumlar da denenmiştir. Şekil 6.45 ve Şekil 6.46 sırası ile bu modelleri göstermektedir.



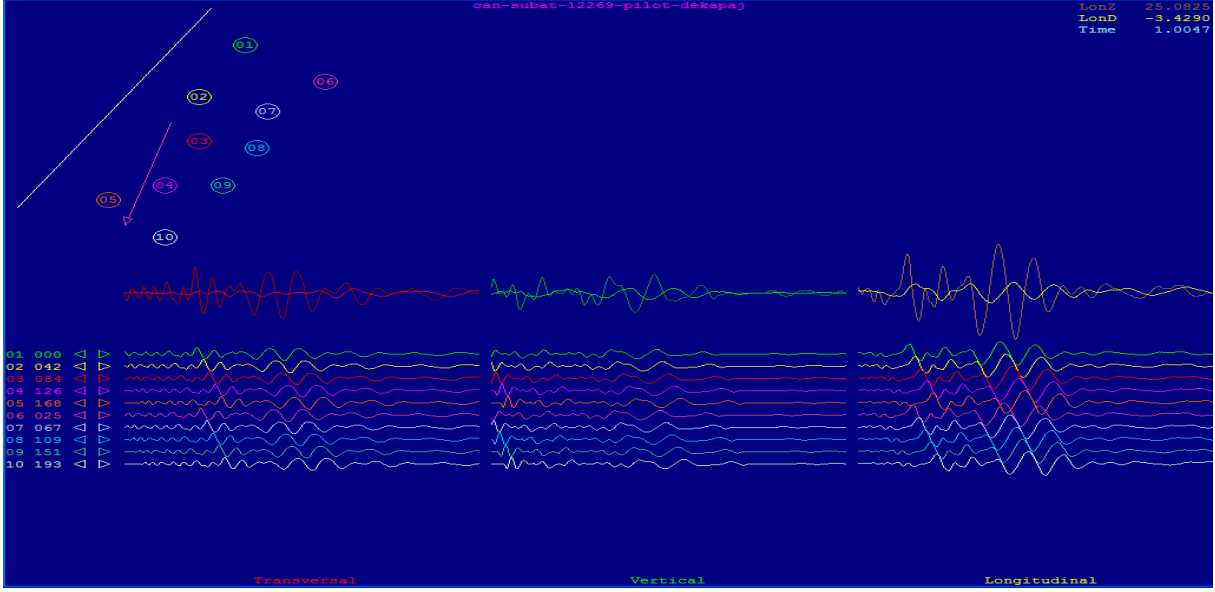
Şekil 6.45 Cihaz 12269'dan alınan veri ile 10 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 100ms, sıralar arası 67ms



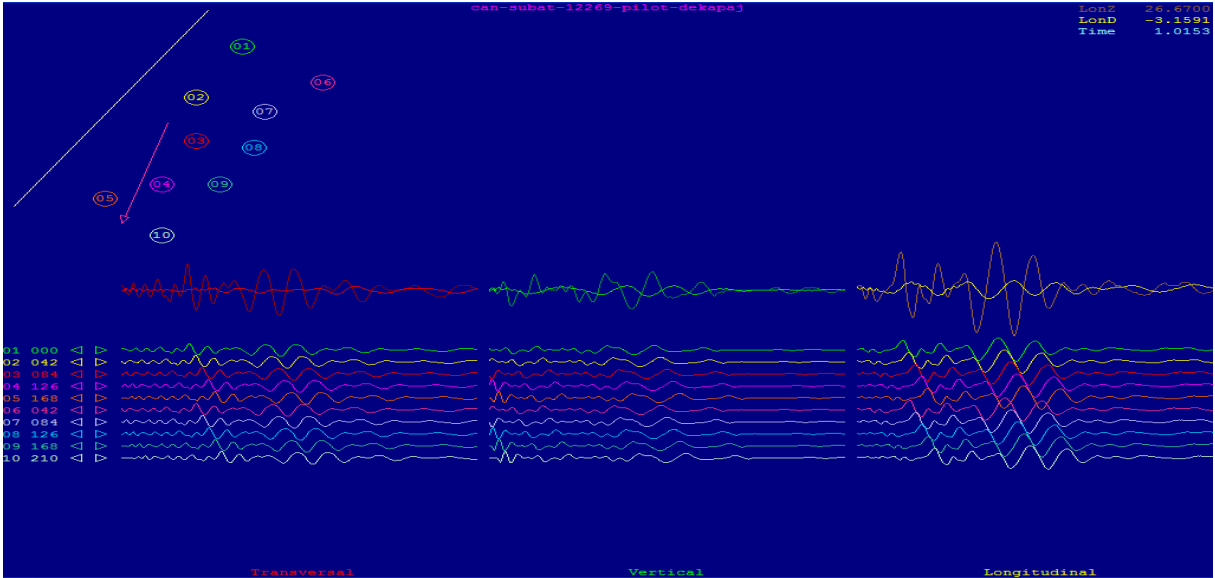
Şekil 6.46 Cihaz 12269'dan alınan veri ile 10 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 100ms, sıralar arası 100ms

Şekil 6.45 ve Şekil 6.46'daki üç bileşendeki genlikler incelendiğinde, genliklerdeki azalmanın, daha az olduğu açıkça görülmektedir. Özellikle delikler arası 100 ms, sıralar arası 100 ms gecikme, yanıl ve düşey bileşenlerde genliklerde çok büyük azalmalar vermemiştir. Daha önce denenen model: delikler arası 67 ms, sıralar arası 100 ms gecikme verilmesi durumunda genliklerde ciddi azalma olduğu anlaşılmıştı. Yeni denenen model, delikler arası 100 ms, sıralar arası 42 ms modeli de iyi sonuç

vermektedir. Bu durumda işletmenin elinde bulunan gecikme rölelerini bu iki modelden birini oluşturacak şekilde seçmelerinde fayda vardır. Bununla birlikte, Şekil 6.47, 6.48, 6.49 ve 6.50'de cihaz#12269'dan alınan veri kullanılarak denenmiş ve titreşimleri azaltmadaki etkinlikleri değerlendirilmiştir:

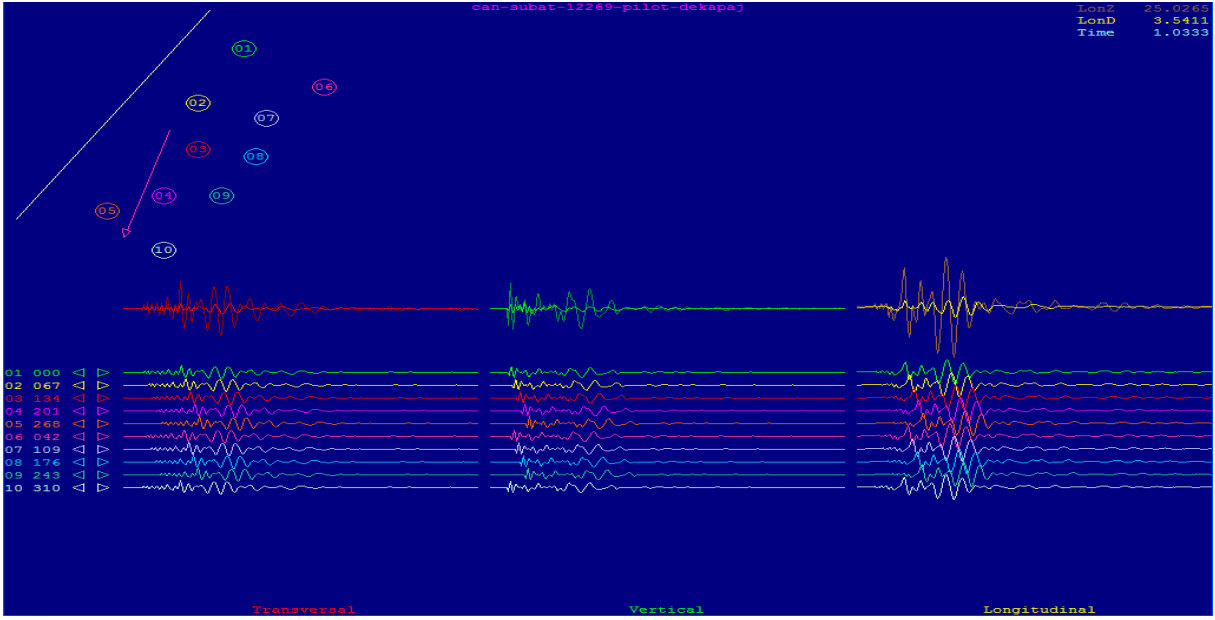


Şekil 6.47 Cihaz 12269'dan alınan veri ile 10 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 42ms, sıralar arası 25ms

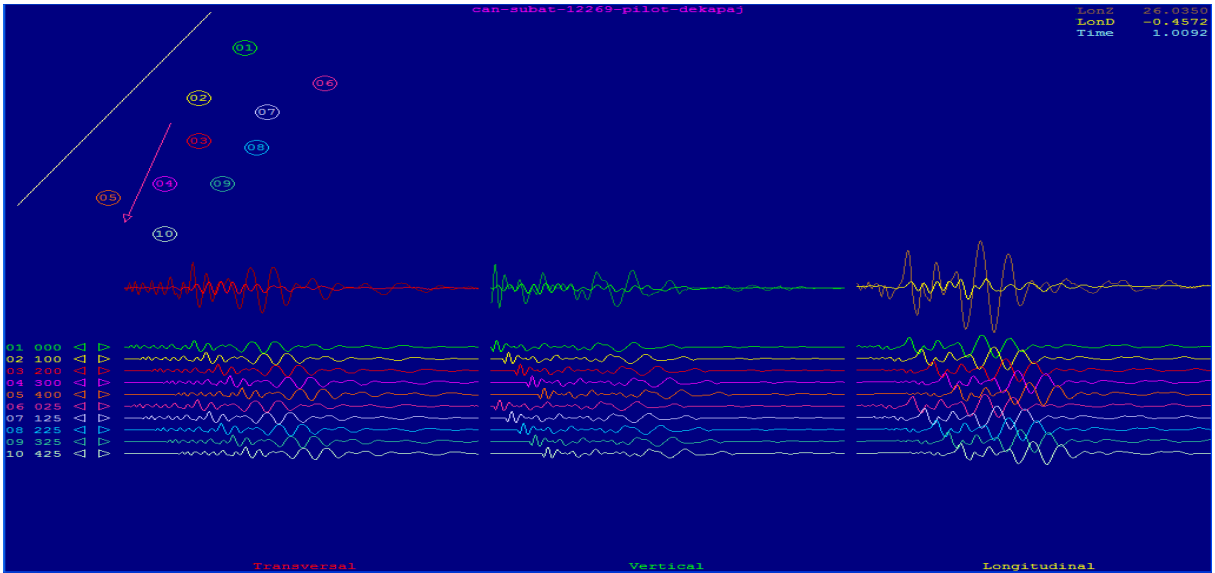


Şekil 6.48 Cihaz 12269'dan alınan veri ile 10 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 42ms, sıralar arası 42ms





Şekil 6.49 Cihaz 12269'dan alınan veri ile 10 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 67ms, sıralar arası 42ms



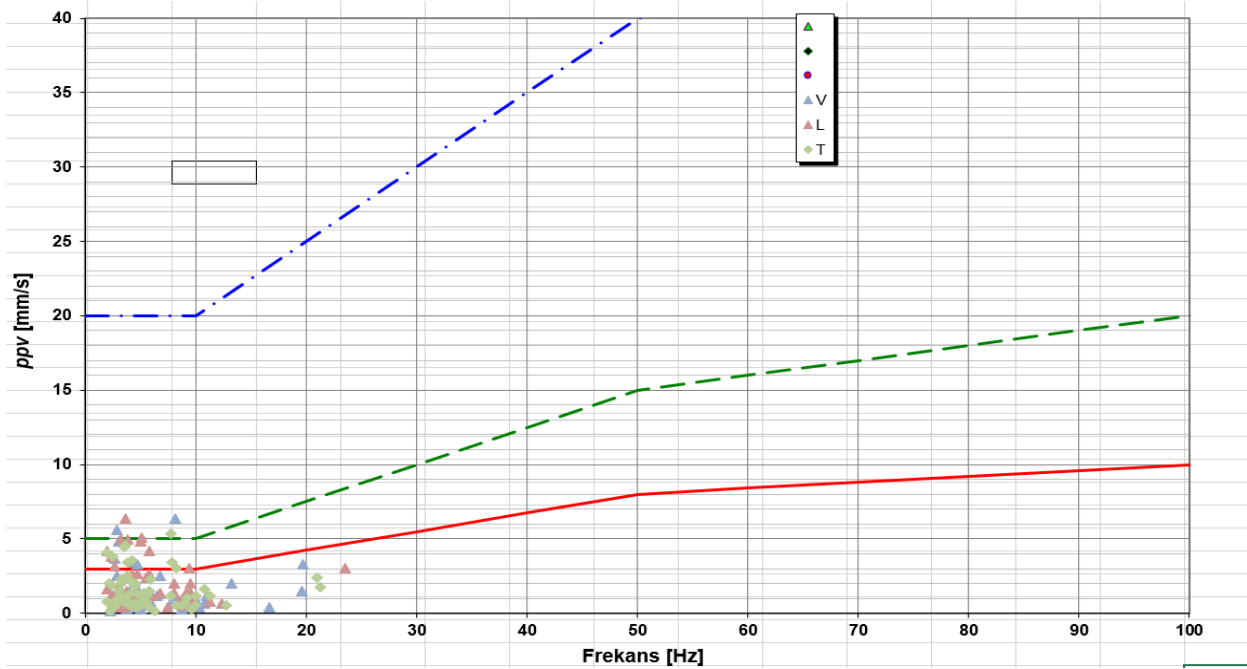
Şekil 6.50 Cihaz 12269'dan alınan veri ile 10 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 100ms, sıralar arası 25ms

Çizelge 6.6, değişik paternler kullanılarak yapılan modelleme sonuçlarına göre titreşimin boyuna bileşeninde görülen genlik azalmalarını göstermektedir.

Çizelge 6.6 Çan Linyitleri Sahası Değişik patenler kullanılarak yapılan modelleme sonuçlarına göre titreşimin boyuna bileşeninde görülen genlik azalmaları.

Cihaz#	Patlatma paterni	Titreşimde azalma miktarı, Aynı anda patlatıldığında/ gecikme verildiğinde
12269	Delikler arası 42ms, Sıralar arası 25ms	25.08/ 3.42 birim
12269	Delikler arası 42ms, Sıralar arası 42ms	26.67/ 3.15 birim
12269	Delikler arası 67ms, Sıralar arası 42ms	25.02/3.54 birim
12269	Delikler arası 100ms, Sıralar arası 67ms	26.27/1.74 birim
12269	Delikler arası 100ms, Sıralar arası 42ms	13.23 / 2.66 birim
12269	Delikler arası 100ms, Sıralar arası 25ms	26.03 / 0.45 birim

Şekil 6.51, Ağustos-Eylül-Ekim, Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat ayında alınan patlatma titreşimlerini topluca göstermektedir.



Şekil 6.51 Ağustos-Eylül-Ekim, Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında yapılan patlatmalara ait titreşim genliklerinin vektörel toplam-frekans grafiği

Şekil 6.51’de son 7 aylık dönemdeki titreşimlerin toplu gösterildiği grafik verilmiştir. Alman DIN normu, yapılar için izin verilen limit değerleri göstermektedir. Kırmızı çizgi, tarihi eserler sınıfındaki yapılar için izin verilebilecek genlikleri; yeşil, betonarme yapılar için, mavi ise çok sağlam betonarme yapılar için izin verilebilecek genlikleri göstermektedir. Bu çalışmada patlatmalardan kaynaklanan titreşimlerin şevlerdeki hareketlenmeyi tetiklemeyecek olması hedeflenmesine rağmen, literatürde şev stabilitesi için hazırlanmış hasar-kriter tabloları bulunmadığı için, yapılar için hazırlanan grafikler kullanılarak, oluşan titreşimlerin genlikleri değerlendirilmiştir. Yeşil çizginin üzerine çıkan değerler, şubat ayında yapılan patlatmanın, cihaz#12270 ile çok yakında, 121 metrede ölçülmesi nedeni ile olmuştur. Onun haricinde, titreşim genlikleri, istenen sınırlar içerisindedir.

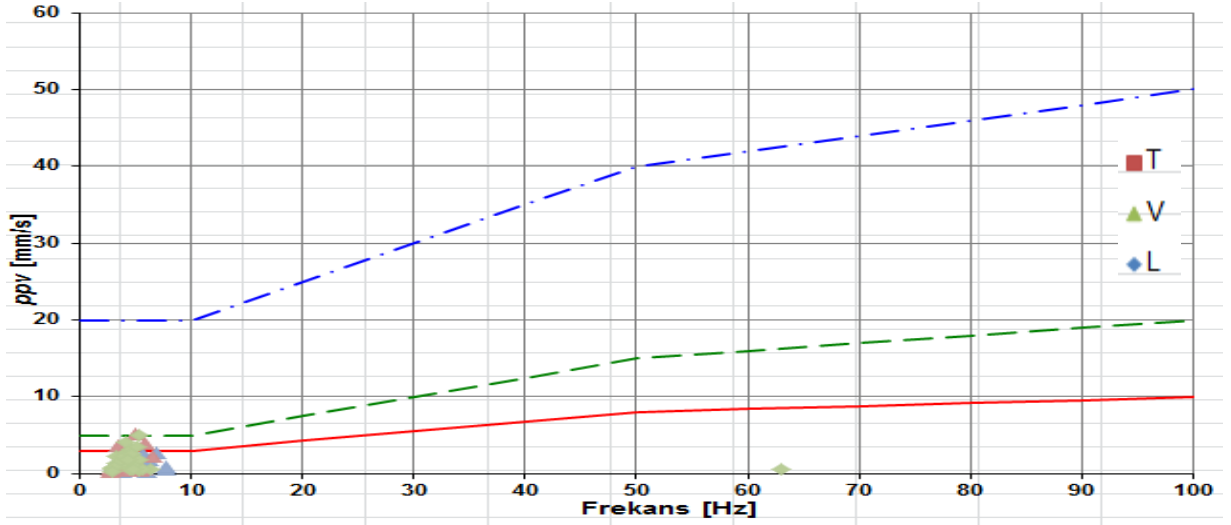
### **6.3. Çan Saha Çalışmalarından Elde Edilen Sonuçlar**

29 Temmuzdaki patlatmalar, 5 cihazın (bir tanesi ölçüm almamıştır) yelpaze şeklinde yerleştirilmesi biçiminde, farklı yönlerdeki yayılımları izlemek amaçlı yapılmıştır. Marion-2 bölgesinde kilde yapılan patlatmalar, vektörel toplamda (PVS) patlayıcı miktarı ile orantılı titreşim genlikleri vermiştir. Kömürde yapılan patlatmalar ise, hem kayıt noktalarına daha yakın oldukları hem de kömür içerisinde gelişen ve ilerleyen dalgaların farklı fiziksel yayılım özellikleri göstererek yönlenmiş kanal dalgaları şeklinde ilerledikleri için genlikler beklenildiği gibi yüksektir. Aralarında yön farklılığı bulunan cihazlar arasında jeolojik birimlerde sismik yayılma biçimini değiştirecek fiziksel bir olay olduğu düşünülmektedir. Çünkü, Cihaz#12270, Şekil 6.1’deki haritada cihaz#12269 tarafında, patlatmaya cihaz#12269’a göre daha yakın mesafede olmasına rağmen cihaz#12270’deki genlikler özellikle yanal bileşende (transversal, 2.16 mm/s) cihaz#12269’dakine göre (4.06 mm/s) neredeyse yarı yarıya düşüktür. Dalga biçimleri de cihaz#12269’daki boyuna ve düşey bileşenlerdeki yayılmış biçimini terk etmiştir. Dalganın ölçüm lokasyonunda yarattığı titreşimin etki süresi 4 saniyeden fazladır. Bu istenmeyen bir durum olup, çalışmanın ilerleyen bölümlerinde titreşim etki süresini azaltacak gecikmeler önerilmiştir. Titreşim genlikleri de 1.90-5.27 mm/s arasında değişmekte olup, pilot patlatmalar için yüksek değerlerdir.

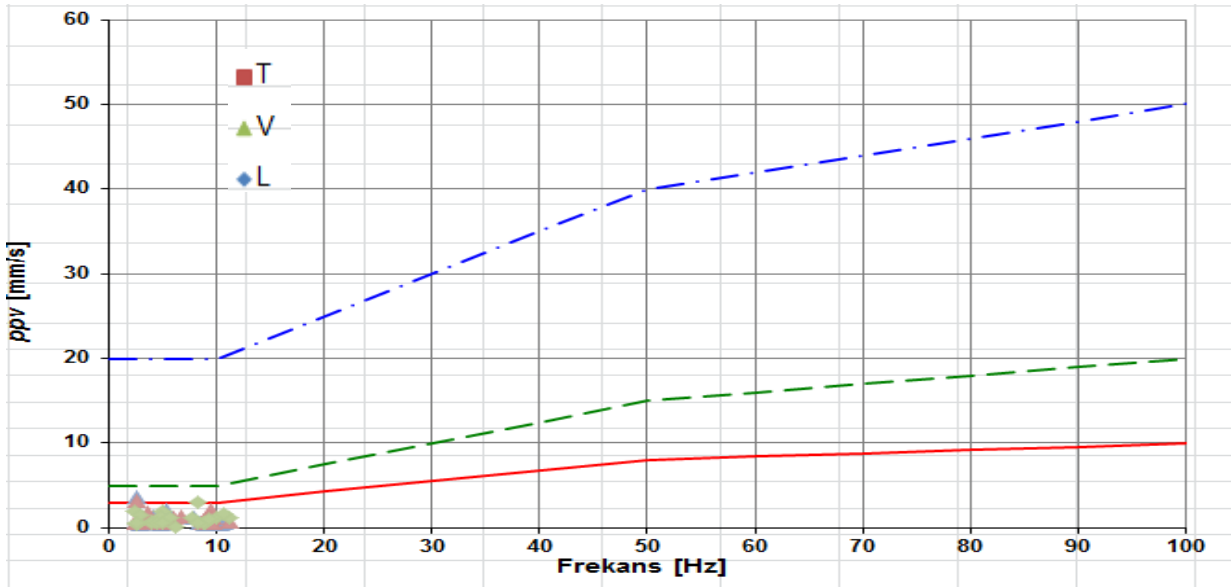
30 Temmuz'da, cihazlar kale seramik yönü ve çay yönü olmak üzere iki yön belirlenerek, aynı hat üzerine yerleştirilmişlerdir. Pilot patlatmalar, çay yönünde alınan kayıtlarda yüzey dalgası etkilerinin daha kuvvetli görüldüğünü, yüzey dalgalarının hızının düşük olduğunu, genliklerin nispeten daha yüksek ve titreşime maruz kalma sürelerinin daha uzun olduğunu göstermektedir. Dalga biçimi kaynaktan bu yöne doğru ilerlerken dispersif özellik göstermekte, yani ilerledikçe frekans içeriği değişmektedir. Bu sebeple, bu yönde yapılacak titreşim azaltma çalışmalarında, dispersiyon etkisinin de göz önüne alınması gerekmektedir. Ayrıca çay yönünde, cihaz#13638'den alınan patlatma#4 kaydında, değişik zamanlarda ani genlik artışları ve sönümlenmeleri gözlenmiştir. Fay üzerine yerleştirilen bu cihazdan alınan kayıtlarda, fayın etkisini daha iyi görebilmek için ilerleyen çalışmalarda bu yöndeki ve mesafedeki kayıtlar alınmaya çalışılmıştır.

Şekil 6.52, 29 ve 30 Temmuz patlatmalarından kaynaklanan titreşim genliklerini ve frekans değerlerini toplu halde vermektedir. Genliklerin 5,5 mm/s değerlerine kadar çıktığı, frekansların da 3-7 Hz arasında değiştiği gözlenmektedir. Bu titreşim genlikleri, özellikle uzun sürmeleri nedeniyle şevlerde zaten başlamış olan hareketi ivmelendirebilecektir. Genliklerin düşürülmesi için modelleme ve uygulama çalışmaları, temmuz ayında başlayan bu ön değerlendirme, sahayı tanıma ve sismik sinyallerin yayılma mekanizmasını anlayabilme çalışması ile beraber başlamış olup ilerleyen aylarda sonuçlandırılmıştır. Çay yönü için bu dönem içerisinde 2 adet modelleme çalışması yapılmış olup ilgili kısımda verilmiştir.

Cihaz#14465 İşletmede bırakılmış olup, patlatma uygulama ekibi, ağustos ve eylül döneminde, patlatmalardan kayıt almaya devam etmiştir. Şekil 6.53, tüm verileri göstermektedir. PPV değerlerinin 0,254-5,5 mm/s, frekans değerlerinin de 3-8 Hz aralığında olduğu görülmektedir. İşletmede patlatma titreşimlerinin sürekli izlenmesi büyük önem taşıdığı için, işletmeye en az iki adet titreşim ölçer cihaz alınması önerilmiştir.



Şekil 6.52 29-30 Temmuz patlatmalarından kaynaklanan titreşimlerin PPV-Frekans grafiği (T:transversal, V: vertical, L: Longitudinal bileşen)



Şekil 6.53 Temmuz-Ağustos-Eylül patlatmalarından kaynaklanan titreşimlerin PPV-Frekans grafiği (T:transversal, V: vertical, L: Longitudinal bileşen)

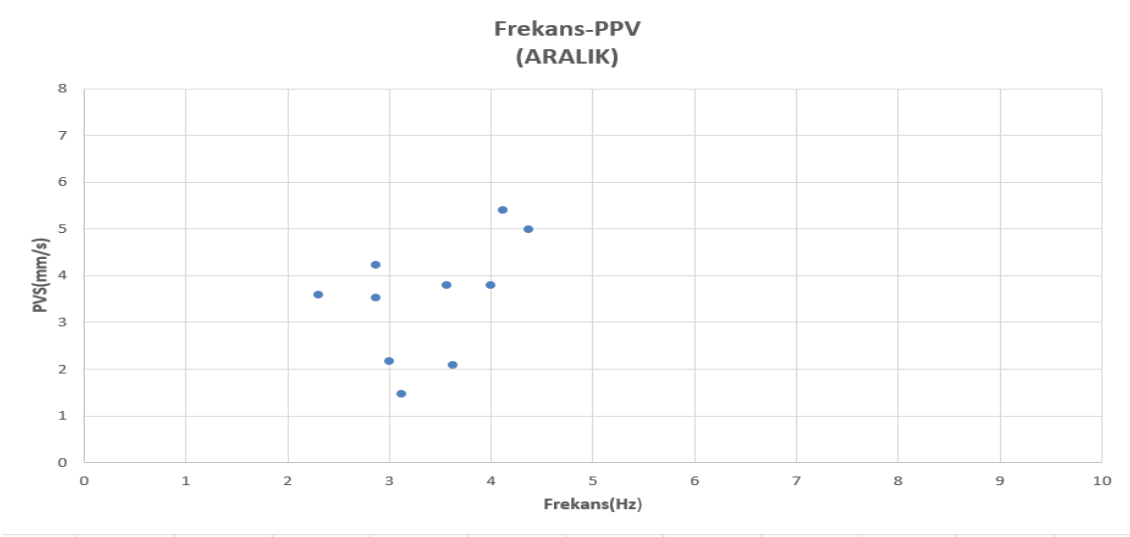
Aralık 2015 'de yapılan patlatma kaynaklı titreşim verilerine göre, çift tij delinen deliklerde alta 100 kg ANFO, 1 kg yemleme, ara sıkılama, 1 kg yemleme ve üste 87,5 kg ANFO konmuştur.



Şekil 6.54 Aralık 2015'de yapılan patlatmalar ve ölçüm yerleri.

Dört delikli grupta, delik içi 450-500 ms, yüzey gecikmesi 42 ms kullanılmıştır. Şekil 6.54, Aralık ayı patlatmalarının yerleri ve ölçüm lokasyonlarını göstermektedir.

Şekil 6.55, Aralık ayı patlatmalarından kaynaklanan titreşim verilerinin parçacık hızlarına ait vektörel toplam (PVS)-frekans dağılımını göstermektedir.



Şekil 6.55 Aralık ayı patlatmalarına ait PVS-frekans grafiği.

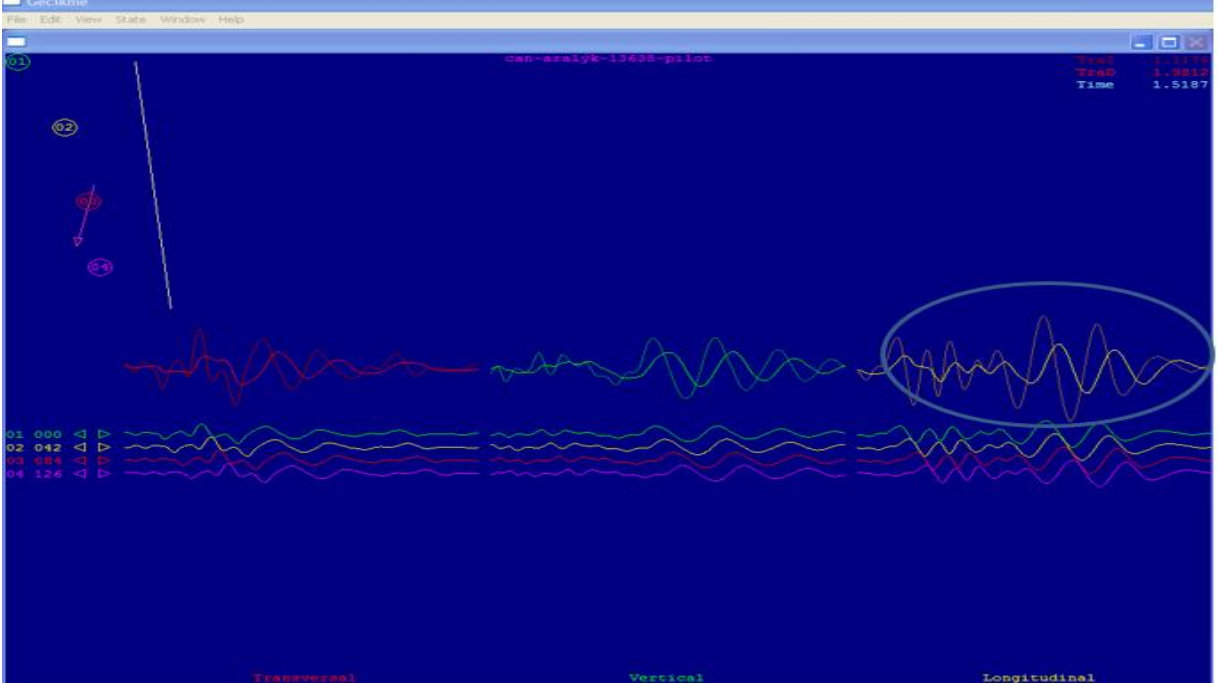
Çizelge 6.4, Şekil 6.54 ve Şekil 6.55 beraber değerlendirildiğinde, Aralık ayındaki çalışmalarda yapılan 4 delikten oluşan grup patlatması ve 1 delikten oluşan pilot patlatmasından kaynaklanan titreşim genliklerinin 1.5-5.5 mm/s aralığında değiştiği

görülmektedir. Beklendiği üzere, bazı cihazlarda pilot patlatmasından kaynaklanan titreşimler, grup patlatmasından daha yüksektir. Bunun sebebi, gruptaki deliklerin gecikmeler sayesinde birbirleriyle etkileşerek patlamaları ve gecikmeli olarak ortaya çıkan titreşim dalgalarının yol içerisinde birbirlerini söndürmeleridir.

Grup ve pilot patlatmalarda, işletmenin kullandığı delik paterni, patlayıcı miktarı ve ateşleme sistemi yukarıda Çizelge 6.4'de belirtilmiştir. Veriler incelendiğinde, 5,5 mm/s titreşim genliğinin, şevlerde hareketlendirme riski nedeniyle düşürülmesi gerektiği düşünülmektedir. Daha önceki modellere göre, delikler arasında 75 ms gecikme kullanılması önerilmiştir. İşletmedeki uygulamada ise delikler arasındaki yüzey gecikmesinin 42 ms olduğu görülmüştür. Bu sebeple, yüzey gecikmesinin etkisini görebilmek için, bir pilot patlatma yaptırılmış, elde edilen veriden de, değişik yüzey gecikmelerinin denendiği modeller oluşturulmuştur.

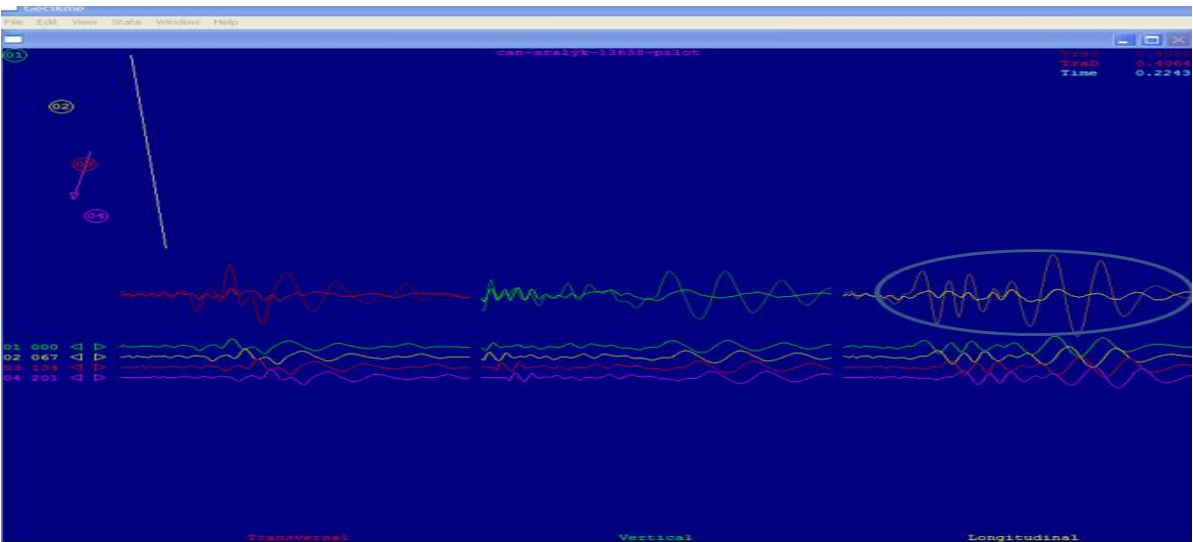
Şekil 6.56, titreşim ölçer #13638'den alınan pilot patlatma titreşim kaydına göre yapılan 4 delikli grup patlatma modellemesini göstermektedir. Delikler arası yüzey gecikme, gerçek grup patlatmasında olduğu gibi 42 ms verilmiştir. Bu şekilde, ortada 3 bileşende titreşim genlikleri (kırmızı yanal bileşen, yeşil düşey bileşen, sarı boyuna bileşen) görülmektedir.

Örneğin boyuna bileşene bakılırsa (daire içine almış), kahverengi sinyal deliklere hiç gecikme verilmeseydi ortaya çıkacak toplam genliği, sarı sinyal ise, delikler arası yüzey gecikmesi 42 ms verildiğinde ortaya çıkan titreşim genliğini göstermektedir. 42 ms yüzey gecikmesinin titreşim genliğinde istenilen azalmayı sağlamadığı görülmektedir. Bu durum, gerçek grup patlatmasında da Çizelge 6.4'te sarı ile işaretlenen satırda görüldüğü gibi, boyuna bileşende ve diğer bileşende yüksek genlikler olarak görülmektedir.



Şekil 6.56 Cihaz 13638'den alınan veri ile 4 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası yüzey gecikme 42ms.

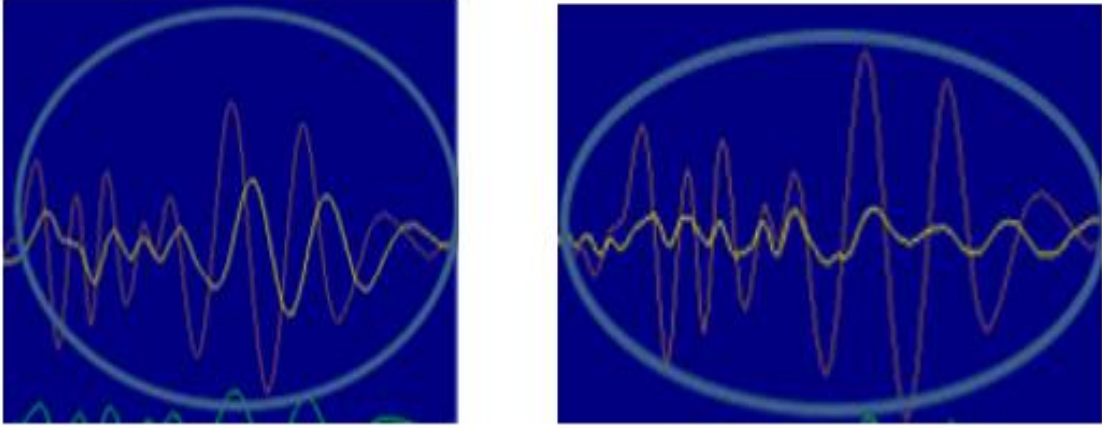
Delikler arası yüzey gecikmesinin 75 ms verildiğinde, modele göre titreşim genliklerinde azalmanın istenen miktarda olacağı önceki modellemelerde belirtilmiştir. Ancak, işletmenin elinde bulunan mevcut ateşleme sistemindeki gecikme aralıklarını gözönüne alarak, delikler arası yüzey gecikmesinin 67 ms olduğu modelleme yapılmıştır. Şekil 6.57, bu modellemeyi göstermektedir.



Şekil 6.57 Cihaz 13638'den alınan veri ile 4 delikli grup patlatma modellemesi. Delikler arası gecikme 67ms.

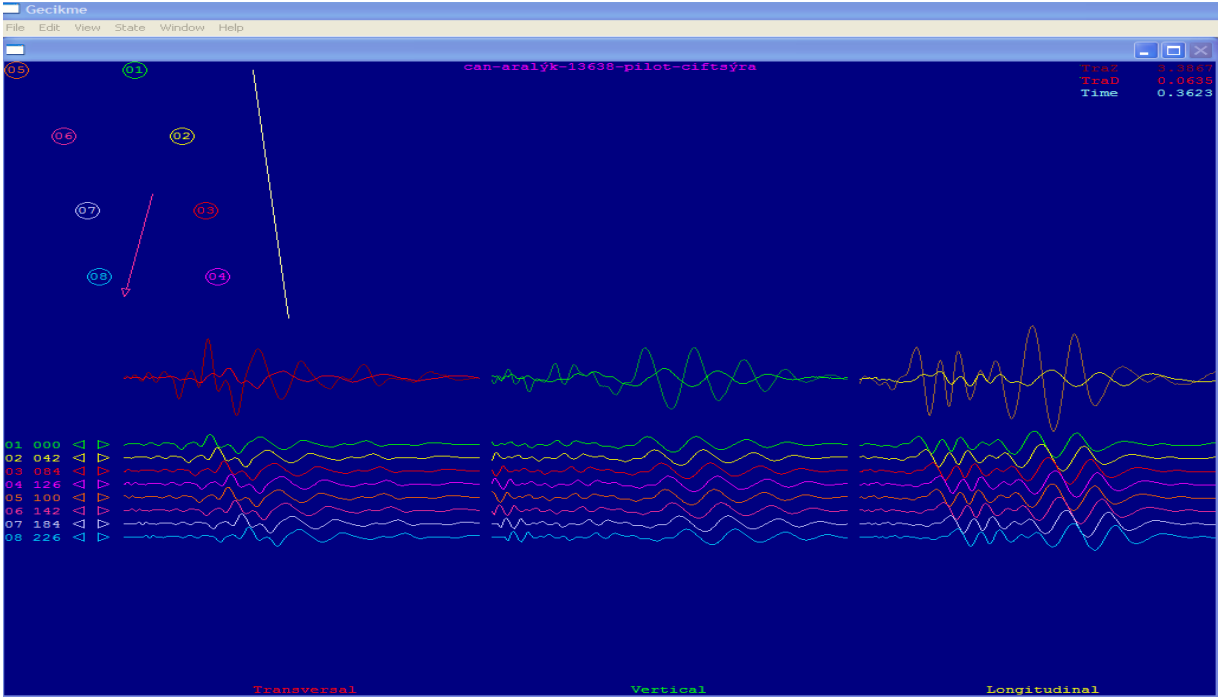


Şekil 6.57, Şekil 6.56 ile karşılaştırıldığında, delikler arası yüzey gecikmesinin 42ms'den 67ms'e çıkarıldığında boyuna bileşendeki titreşim genliklerinde azalmanın çok daha fazla olduğu açıktır. Bu karşılaştırma Şekil 6.54'de verilmiştir.

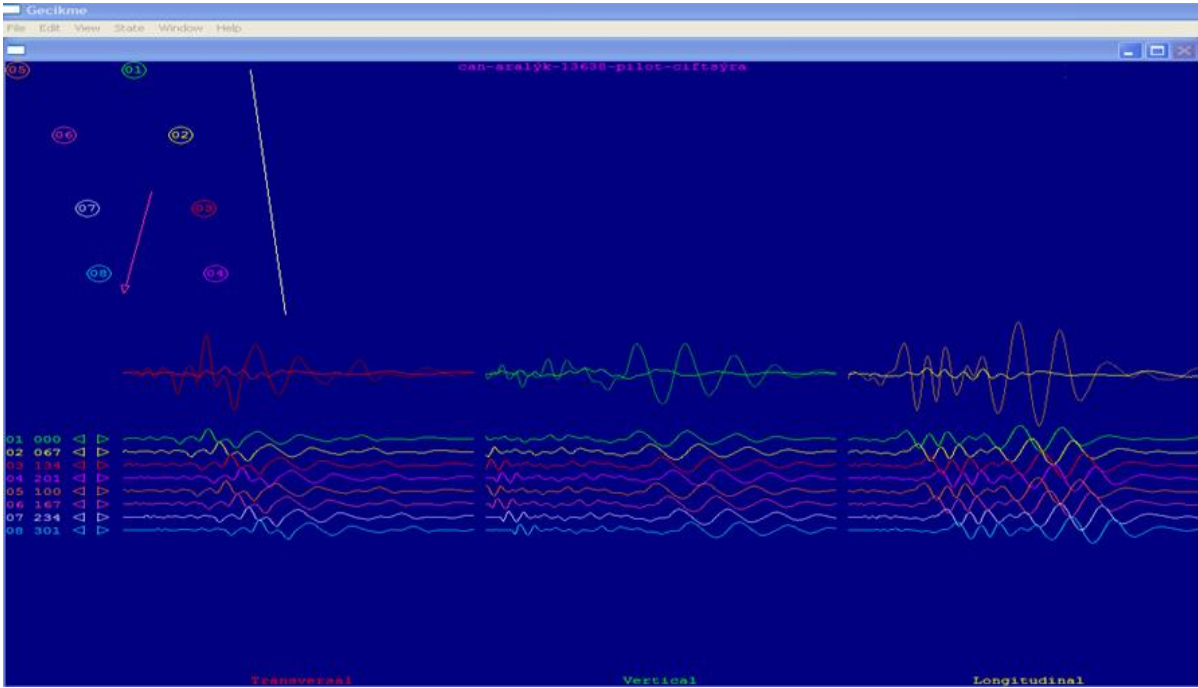


Şekil 6.58 Delikler arası yüzey gecikmesinin 42ms'den 67ms'ye çıkarıldığında, boyuna bileşendeki titreşim genliklerindeki azalma

İşletme, birden çok sırada deliklerin olduğu grup patlatması yapacağı zaman, delikler arası 42 ms, sıralar arası 100 ms yüzey gecikmesi vermektedir. Bu durumda titreşim genliklerinin ne olacağı da modellenmiştir (Şekil 6.59). Şekil 6.60 ise, delikler arası 67ms, sıralar arası 100ms yüzey gecikmesi verilen durumun modelini göstermektedir. 67ms delikler arası, 100ms sıralar arası yüzey gecikmesinin, 42ms delikler arası, 100ms sıralar arası yüzey gecikmesi verilen durumdan daha iyi olduğu, titreşim genliklerinde her üç bileşende de iyi bir azalmanın olduğu görülmektedir. Bu sebeple, işletmeye, delikler arası yüzey gecikmesinin 42ms'den 67ms'ye çıkarılması, sıralar arası gecikmenin ise 100ms olarak verilmeye devam edilmesi önerilmektedir.

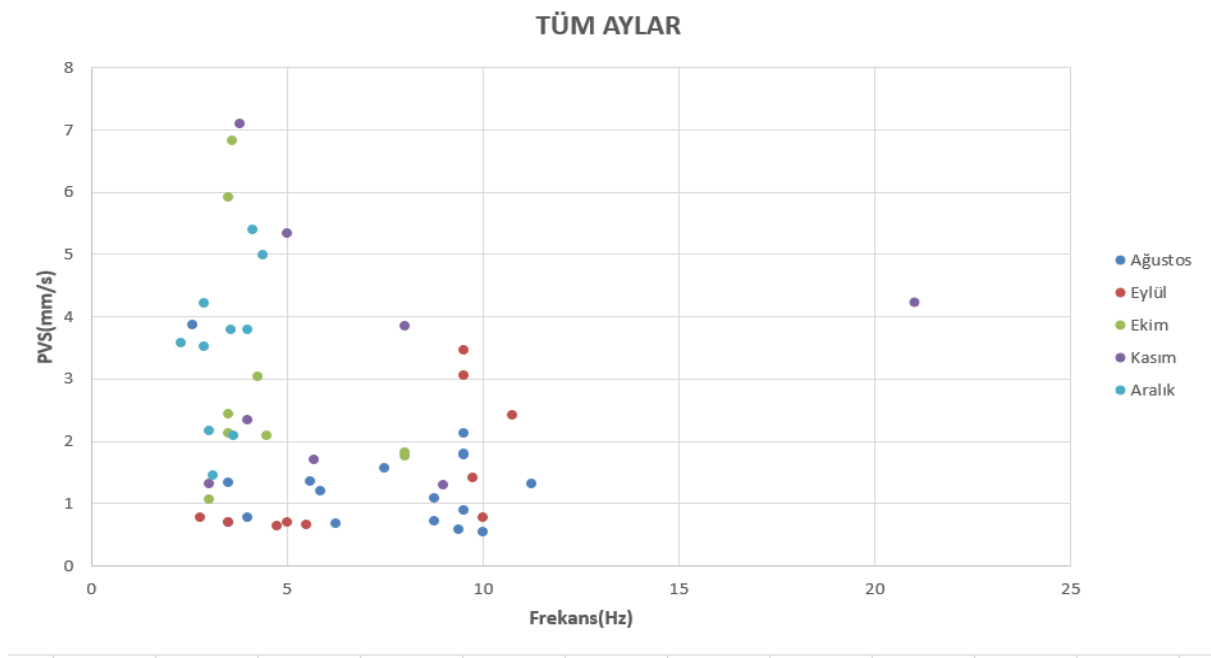


Şekil 6.59 Delikler arası 42ms, sıralar arası 100ms yüzey gecikmesi verilen durumun modellenmesi



Şekil 6.60 Delikler arası 67ms, sıralar arası 100ms yüzey gecikmesi verilen durumun modellenmesi

Şekil 6.61, Ağustos-Aralık arasında kaydedilen patlatma titreşimlerini göstermektedir.



Şekil 6.61 Ağustos-Eylül-Ekim-Kasım-Aralık aylarında yapılan patlatmalara ait titreşim genliklerinin vektörel toplam-frekans grafiği

Şekil 6.61'de Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık aylarındaki patlatma titreşimlerine bakılırsa, Aralık ayında, Ekim ve Kasım aylarındaki yüksek genliklerin görülmediği göze çarpmaktadır. Delikler arası yüzey gecikmesinin de önerildiği gibi uygulanması halinde, titreşim genliklerinde daha da azalmaların olacağı beklenmektedir. Ayrıca, önceki aylarda da belirtildiği üzere, delik sayısının da 10'u geçmemesi önerilir.

## 7. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, şevlerde duraysızlığa neden olan pek çok sebepten biri olmasına rağmen, yaratabileceği problemler düşünüldüğünde literatürde gerekli araştırma ilgisine sahip olamamış patlatma kaynaklı dalgalar incelenmiştir. İnceleme alanı olarak Bursa Orhaneli Gümüspınar Linyit Sahası ve TKİ Çan Linyitleri İşletmeleri seçilmiştir. Bu sahaların seçilme nedeni, önceki dönemlerde her iki sahada da ciddi heyelan problemleri yaşanmış olmasıdır. Her iki sahada da maden ve jeoloji alanında söz sahibi araştırmacılar tarafından şev duraysızlığının kontrolü amaçlı pek çok çalışma yapılmasına rağmen, sahalarda yapılan patlatmaların şevler üzerindeki etkilerini incelenmemiştir. Araştırmalar bu etkileri modellerinde, “deprem ivmeleri” olarak gösterme yolunu tercih etmişlerdir.

Bu çalışmada, adı geçen sahalarda şevlerde hareketliliğe sebebiyet verebilecek olası patlatma kaynaklı sismik dalga oluşumlarının sebepleri ve yayılım mekanizmaları araştırılmış ve şevleri tehdit etmeyecek kontrollü patlatma tasarımları geliştirilmiştir.

Bu tasarımların geliştirilmesinde, alışlagelmiş “Parçacık hızı-Ölçekli mesafe” ilişkilerinin kurularak gecikme başına düşen patlayıcı miktarlarının azaltılması prensibine dayanan yöntem, doğası gereği tez içerisinde anlatılan pek çok olumsuzluğu taşıdığı için kullanılmamış; “yüzey dalgalarının uygun gecikmelerle hedef noktada söndürülmeleri” prensibine dayanan yöntem tercih edilmiştir. Ayrıntıları tez içerisinde detaylı anlatılan bu yöntemle modellenen patlatmalar, gerçek patlatma sonuçlarıyla da karşılaştırılarak modellerin güvenilirliği kontrol edilmiştir. Gerçek ve model patlatma sonuçlarının uyumlu olması, işletmelere önerilen patlatma tasarımlarının güvenle kullanılabileceğini göstermektedir.

Sahalardaki çalışmalardan elde edilen sonuçlar özetlenirse:

1- Bursa Orhaneli sahasında, 2014 yılı Haziran- 2015 Aralık ayları arasında yapılan patlatmalardan toplamda 50 patlatma titreşim verisi incelenmiş ve modellenmiştir. Mayıs 2014’te yapılan 2 grup patlatması sonuçları ile kıyaslandığında, model sonucunun gerçek sonuç ile örtüştüğü tespit edilmiştir. En iyi sonucun delikleri

ikili gruplayarak ve delikler arasına 100 ms gecikme vererek yapılan model sonucu olduğu tespit edilmiştir.

2- Çan linyit sahasında, Temmuz 2015-2017 arasında toplamda 104 patlatma yapılmıştır ve 256 adet titreşim ölçümü gerçekleştirilmiştir.

Bölgedeki titreşim genliklerinin 1-3 mm/s aralığında, Yani Alman DIN normuna göre tarihi eserlere dahi hasar vermeyecek aralıkta olduğu belirlenmiştir. Bu yönde kömürün alınması işi tamamlandığı için, uzak mesafelere dalganın iletilmesi özelliğinin görülmediği ve dalgaların beklenildiği üzere mesafeyle doğru orantılı sönümlendiği tespit edilmiştir.

2. ve 3. bölgelerde 5 mm/s üzerinde görülen titreşim genlikleri, birkaç tane patlatmanın çok yakın mesafede (150-165 m) kaydedilmesi sebebi ile 7-9 mm/s'lere ulaşması yüzündendir. Ayrıca, modelleme sonuçlarına göre titreşimlerin en aza indirilmesinde mevcut 42 ms gecikme aralığı yerine 67 ms gecikme kullanılması ile, genliklerin 5 mm/s altına düşeceği öngörülmüş, bu da Temmuz 2016'da alınan kayıtlarda gösterilmiştir (işletme, 67 ms yüzey gecikme rölesi temin etmiştir).

Ayrıca, sismik dalgaların uygun gecikmelerle birbirlerini sönümlendirmelerini sağlayabilmek için, grupta atılan delik sayısında da 15'i geçmemek gerekliliği, gerek model çalışmalarında gerekse de uygulamada tespit edilmiştir. Zira, yüksek genlikli titreşimlerin, delik sayısının 15'den fazla olduğu gruplarda görüldüğü belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Özçelik, Y., Dirik, K., Cengiz, K., Özsayın, E., Yılmazkaya, E., *TKİ-GLİ müessesine bağlı Bursa Linyitleri İşletme Müdürlüğüne ait Gümüşpınar, Sağırlar ve Çivili sektörlerindeki kömür sahalarının optimum değerlendirme koşullarının belirlenmesi ve üretim faaliyetleri halen devam eden gümüşpınar sektöründeki şev stabilitesi problemlerinin çözümüne yönelik çalışmaların yapılması, işletme projesinin revize edilmesi, Sağırlar ve Çivili sektörlerindeki yer altı rezervlerinin işletilmesine yönelik avan projelerin hazırlanması projesi*, Bursa, **2013**.
- [2] Uyar Aldaş G.G., Kaypak, B., *TKİ Bursa Linyitleri Gümüşpınar Sektöründeki Patlatmaların Şevlere Etkilerinin İzlenmesi. Gümüşpınar, Sağırlar ve Çivili sektörlerindeki kömür sahalarının optimum değerlendirilme koşullarının belirlenmesi, Sağırlar ve Çivili sektörlerindeki yer altı rezervlerinin işletilmesine yönelik projelerin hazırlanması*”, Türkiye Kömür İşletmeleri Bursa Linyitleri İşletmesi (BLİ) AR-GE projesi, **2013**.
- [3] Karpuz, C., Koçyiğit, A., Tutluoğlu, L., Düzgün, Ş., Koçal, A., Erdem, E., Alkılıçgil, Ç. *Orhaneli İşletmesi Açık Ocakları Panolarında Şev Tasarımı ve Dragline Çalışma sisteminin Belirlenmesi*, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Projesi, Proje kod no: 05-03-05-2-00-13, **2006**.
- [4] Özçelik Y., Sönmez H., Ercanoğlu M, Uyar GG, *TKİ-ELİ Çan Linyit Açık Ocağı Şevlerindeki Duraylılık Mekanizmalarının Belirlenmesi ve Şev Tasarımlarına Yönelik AR-GE Danışmanlık Projesi-Aşama\_1*, **2015**.
- [5] Özçelik Y., Sönmez H., Uyar GG, *TKİ-ELİ Çan Linyit Açık Ocağı Şevlerindeki Duraylılık Mekanizmalarının Belirlenmesi ve Şev Tasarımlarına Yönelik AR-GE Danışmanlık Projesi-Aşama\_2*, **2016**.
- [6] Özçelik Y., Sönmez H., Özyurt N, Uyar GG, *TKİ-ELİ Çan Linyit Açık Ocağı Şevlerindeki Duraylılık Mekanizmalarının Belirlenmesi ve Şev Tasarımlarına Yönelik AR-GE Danışmanlık Projesi-Aşama\_3*, **2017**.
- [7] Şekercioğlu, E. *Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi*, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, **2007**.
- [8] Muller, L., The European approach to slope stability problems in open pit mines. *Colorado School of Mines Quarterly*, 54(3), 117-133, **1959**.
- [9] Hoek, E., Bray, J.W. *Rock Slope Engineering*, (Revised 3rd edition), The Institution of Mining and Metallurgy, London, 341 – 351, **1981**.

- [10] Kley, R.J and Lutton, R.J. *Engineering Properties of Nuclear Craters. A Study of Selected Rock Excavations as Related to Large Nuclear Craters, USA, 1967.*
- [11] Ross-Brown, D. M., *Aspects of Slope design in open pit minin.* Ph.D. Thesis, University of London, London, **1973.**
- [12] Hoek. E., Bray, J.W. *Rock Slope Engineering.* Instution of Mining and Metallurgy, London, **1974.**
- [13] Goodman, R.E., Taylor, R.L. & Brekke, T.L., A model for the mechanics of jointed rock. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, **1976.**
- [14] Hoek, E., Bray, J.W. *Rock Slope Engineering. Third Edition.* The Institution of Mining and Metallurgy, Stephen Austin and Sons Ltd. London, 358, **1981.**
- [15] Ulusay, R. and Yoleri, M.F., Shear strength characteristics of discontinuities in weak, stratified, clay-bearing coal measures encountered in Turkish surface coal mining. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 48, 63-71, **1993**
- [16] Ulusay, R., Aydan, Ö, Karaca, A., *Buckling failure at an open-pit coal mine and its back analysis.* *Proceedings, 7th International Congress on Rock Mechanics*, Tokyo, 25-29, **1995.**
- [17] Özcanoğlu, S., *Çanakkale Çan kömür havzasının 1957 yılı arama ve etüdüleri nihai raporu.* MTA. Derleme 3250 (yayınlanmamış rapor), **1962.**
- [18] Monjezi M., Rezaei, M., Yazdian A., *Prediction of backbreak in open-pit blasting using fuzzy set theory, Expert System With Applications*, 37(3), 2637-2643, **2010.**
- [19] Bollinger G.A., *Blast Vibration Analysis.* Southern Illinois University Press, 132, **1971.**
- [20] Siskind, D.E., Stagg, M.S., Kopp, J.W., Dowding, C.H., *Structure response and damage produced by ground vibrations from surface mine blasting.* USBM RI 8507, 77, **1980.**
- [21] Anderson D.A., Winzer, S.R. and Ritter, A.P., *Blast Design for Optimizing Fragmentation While Controlling Frequency of Ground Vibration.* In: *Proceedings of the 8th Conference on Explosives and Blasting Technique*, New Orleans, 69–89., **1982.**
- [22] Dowding, C.H. *Blast Vibration Monitoring and Control.* Prentice-Hall, **1985.**

- [23] Siskind D.E., Crum SV, Otterness RE, Kopp JW, *Comparative study of blasting vibrations from Indiana surface coal mine*. USBM RI 9226, **1989**.
- [24] Persson, P.A., Holmberg, R., Lee, J., *Rock Blasting and Explosives Engineering*. CRC Press, 365-367, **1994**.
- [25] Muller, B., *Adapting blasting technologies to the characteristics of rock masses in order to improve blasting results and reduce blasting vibrations*. *FRAGBLAST*, 1, 361-378, **1997**.
- [26] Muller, B. and Hohlfeld, Th., *New possibility of reducing blasting vibrations with an improved prognosis*. *FRAGBLAST*, 1, 379-392, **1997**.
- [27] Hoshino, T., Mogi, G., Shaoquan, K., Optimum delay interval design in delay blasting. *Fragblast – International Journal of Blasting and Fragmentation*, 4, 139–148, **2000**.
- [28] Siskind, D.E., *Vibrations from blasting*, International Society of Explosives Engineers. 120 pages, **2000**.
- [29] Chen G. and Huang S., Analysis of Ground Vibrations Caused by Open Pit Production Blasts: A Case Study. *FRAGBLAST – International Journal of Blasting and Fragmentation*, 5(1), 1-2, 91-107, **2001**.
- [30] Tripathy, G. and Gupta, I.D., Prediction of ground vibrations due to construction blasts in different types of rock. *Rock Mechanics and Rock Engineering* 35(3), 195–204, **2002**.
- [31] Adhikari G.R., Theresraj AI, Venkatesh S, Balachander R, Gupta RN. Ground vibration due to blasting in limestone quarries. *FRAGBLAST – International Journal of Blasting and Fragmentation*, 8(2), 85–94., **2004**.
- [32] Khandelwal M, Singh TN., Evaluation of blast-induced ground vibration predictors. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 27, 116–125, **2007**.
- [33] Singh P.K., Roy M.P., *Damage to surface structures due to blast vibration*. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 47(6), 949–961, **2010**.
- [34] Aldaş G.G.U., Ecevitoğlu B., Can A., Ünüçok B., Sağol Ö., *TKİ GELİ Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin Azaltılması*. Final raporu, **2006**.
- [35] Aldaş G.G.U., Ecevitoğlu B, Kaypak B., Can A., Babayiğit E., Boztaş S., Toprak B, *Patlatmalarda Yüksek Hızlı Video Kamera ve Sismometrelerin Eş Zamanlı Kullanılması*, VI.Delme-Patlatma Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 169-180., **2010**.



- [36] Aldaş G.G.U., Explosive charge mass and peak particle velocity, PPV-frequency relation in mining blast. *J. Geophysics Eng.* 7, 223-231., **2010**.
- [37] Uyar G.G., Aksoy C.O., Kaypak B., *Şev duraylılığı açısından kontrollü patlatma teknikleri*, IMCET, **2015**.
- [38] Han-long, L., Kang, F., Yu-feng, G., *Time history analysis method of slope seismic stability*, Research Institute of Geotechnical Engineering Hohai University, China, **2003**.
- [39] Aldaş G.G.U., Ecevitoğlu G.B., *Patlatma kaynaklı titreşimlerin en aza indirilmesini sağlayan yöntem*, Patent no: 03459, **2011**.
- [40] Oppenheim, A.V. and Schafer, R.W. *Digital Signal Processing*. Prentice Hall, **1975**.
- [41] Aldaş G.G.U., Ecevitoğlu B., Waveform analysis in mitigation of blast-induced vibrations. *Journal of Applied Geophysics*, 66, 25-30. **2008**.
- [42] DIN 4150-3, *Structural vibration-Effects of vibration on structures*. **1999**. <http://webstore.ansi.org/>
- [43] Günalay, M.E. *Bursa ili-Orhaneli ilçesi-Yenidanişment Köyü Civarında Bulunan Maden Kömürü sahası İşletme Projesi*. MTA Rapor No: 5271, 43s., **1974**.
- [44] Memikoğlu, O. *Bursa-Orhaneli Kömür Yatağı Fizibilite Araştırması*, Cilt 1- Jeoloji. MTA Rapor no: 7112, **1976**.
- [45] Kulaksız, S.; Görmüş, S.; Şahbaz, A.; Şentürk, A., *Keles (Bursa, M.L.İ.) Açık Ocak Linyit İşletmesinde Yapısal Eleman Şev Duraylılığı İncelemesi*, 2.Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, s. 299-312, **1999**.
- [46] Ergüder İ. And Babayiğit E., *TKİ BLİ İşletmesi Orhaneli Sahasında jeofizik yöntemlerle fayların belirlenmesi*. TKİ Raporu, **2005**.
- [47] DeMets, C., Gordon, R.G., Argus, D.F., Stein, S., Current plate motions. *Geophysical Journal International*, 102, 425-478. **1990**.
- [48] Oral, M.B., Reilinger, R.E., Toksöz, M.N., Kong, R.W., Barka, A.A., Kınık, İ., Lenk, O. Global Positioning system offers evidence of plate motions in eastern Mediterranean, *EOS Transac.*, 76(9), **1995**.
- [49] Barka, A.A. ve Reilinger, R. Active tectonics of the Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismic data. *Annali di Geophys.* XI, 587-610. **1997**.
- [50] Bozkurt, E., Neotectonics of Turkey, *Geodinamica Acta*, 14, 3-30, **2001**.

- [51] Koçyiğit, A., Özacar, A. Extensional neotectonic regime through the NE edge of the outer Isparta angle, SW Turkey: new field and seismic data. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 12, 67-90, **2003**.
- [52] Zitter, T.A.C., Huguen, C., Woodside, J.M. Geology of mud volcanoes in the eastern Mediterranean from combined sidescan sonar and submersible surveys: *Deep-Sea Research I*, 52, 457–475, **2005**.
- [53] Çiftçi, B., *Geological Evolution of the Gediz Graben, SW Turkey: Temporal and Spatial Variation of the Graben*. Doktora Tezi, ODTU Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 290, **2007**.
- [54] Hezarfen, C. Feasibility report of Çanakkale Çan coal deposits. Geology: Vol.I, M.T.A. Report, Ankara. 24 (unpublished), **1976**.
- [55] Kumbasar, V., Saltoğlu, S., Ülker, R., *Çanakkale Seramik ve Kalebodur Seramik Sanayi AŞ Çan Tesisleri ile Türkiye Kömür İşletmeleri Çan Linyit Açık İşletmesi arasındaki şev stabilitesi hakkında geoteknik rapor*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yapı ve Deprem Uygulama Araştırma Merkezi, İstanbul, **1986**.
- [56] Paşamehmetoğlu, A.G., Karpuz, C., Müftüoğlu, Y.V., Assessment of blasting efficiency by seismic surveys and rope shovel performance monitoring – A Case Study, *Int. Journal of Surface Mining and Reclamation*, 5, 89-93, **1991**.
- [57] Köse, H., Onur, H.A., Konak, G .Ç, Koca, Y., Yenice, H., Karakuş, D., *TKİ Çan Linyitleri İşletmesinde uygulanan kömür üretimi ve dekapaj faaliyetleri sonucu oluşan şev kaymalarının Çanakkale Seramik fabrikalarına etkisi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir, **1999**.
- [58] Karpuz, C., Koçyiğit, A., Tutluoğlu, L., Düzgün, H.S., Koçal, A., Alkılıçgil, Ç., Deveci, Ş., TKİ Genel Müdürlüğü Çan İşletmesi Açık Ocaklarında Kocabaş Çayı ile Ocak Arası ve Batı Panolarında Şev Tasarımı, ODTÜ Ağüdos Proje Kod No: 06-03-05-2-00-15, **2007**.
- [59] <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-bolgeleri-haritasi>, **2016**.
- [60] Hoek, E. ve Brown, E.T. *Hoek-Brown Failure Criterion*. IMM, **1980a**.
- [61] Hoek, E., Strength of rock and rock masses, *News J ISRM*, 2(2), 4–16, **1994**.
- [62] Hoek, E. ve Brown, E.T., *Hoek-Brown Failure Criterion-1988 Update*. Proc. 15th Canadian Rock Mech. Symp., Toronto-Kanada, 31-38, **1988**.
- [63] Hoek, E., Brown, E.T., *Practical estimates of rock mass strength*, Int. J. of Rock Mech. *Min. Sci. Geomech. Abstr.* 34, 1165–1186, **1997**.

- [64] Hoek, E., Carranza –Torres, C.T., and Corkum, B. *Hoek-Brown failure criterion edition*. Proc. 5th North American Rock Mech. Symp., Toronto, Canada, 1, 267-273, **2002**.
- [65] Sönmez H. and Ulusay, R. A discussion on the Hoek-Brown failure criterion and suggested modifications to the criterion verified by slope stability case studies. *Yer Bilimleri*, 26, 77-99, **2002**.
- [66] Sönmez, H., Gokceoglu, C., Nefeslioglu, H.A., Kayabaşı, A., *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 43(2), 224-235, **2006**.
- [67] Babayiğit, E., Uyar Aldaş, G. Kömür Damarı İçi Patlatma Kaynaklı Kanal Dalgalarının İncelenmesi. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 50, 3-19, **2011**.

# ÖZGEÇMİŞ

## Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Yeter ÖZÇELİK ARIKAN

Doğum Yeri: Şanlıurfa

Medeni Hali: Evli

E-posta Adresi : [ozcelikyeter@gmail.com](mailto:ozcelikyeter@gmail.com)

## Eğitim

**Lise** : Fatih Sultan Mehmet Lisesi,Ankara, Türkiye (2005-2009)

**Lisans**: Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği (%100 İngilizce, 1 yıl yabancı dil hazırlık) (2009 -2014)

**Yüksek Lisans**: Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği (2014-2018)

## Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce - Çok iyi

## İş Deneyimi

Yok

## Deneyim Alanları

-

## Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

## Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

## Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 10/05/2018

Tez Başlığı / Konusu: Patlatmaların Şev Duraylılığına Etkilerinin Yüzey Dalgalarının Bastırılması Yöntemi İle En Aza İndirilmesi.

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 88 sayfalık kısmına ilişkin, 10/05/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 9 'dur.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Adı Soyadı: Yeter Özçelik Arıkan  
Öğrenci No: N14120572  
Anabilim Dalı: Maden Mühendisliği  
Programı: Tezli Yüksek Lisans  
Statüsü:  Y.Lisans  Doktora  Bütünleşik Dr.

Tarih ve İmza  
10.05.2018

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.

Prof. Dr. G. Gülşen UYAR  
(Unvan, Ad Soyad, İmza)



HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE AND ENGINEERING  
THESIS ORIGINALITY REPORT

HACETTEPE UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE AND ENGINEERING  
TO THE DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING

Date: 10/05/2018

Thesis Title / Topic: Minimization of Blasting Effects on Slope Stability by Suppressing Surface Wave Method.  
According to the originality report obtained by myself/my thesis advisor by using the Turnitin plagiarism detection software and by applying the filtering options stated below on 10/05/2018 for the total of 88 pages including the a) Title Page, b) Introduction, c) Main Chapters, d) Conclusion sections of my thesis entitled as above, the similarity index of my thesis is 9%.

Filtering options applied:

1. Bibliography/Works Cited excluded
2. Quotes excluded / included
3. Match size up to 5 words excluded

I declare that I have carefully read Hacettepe University Graduate School of Science and Engineering Guidelines for Obtaining and Using Thesis Originality Reports; that according to the maximum similarity index values specified in the Guidelines, my thesis does not include any form of plagiarism; that in any future detection of possible infringement of the regulations I accept all legal responsibility; and that all the information I have provided is correct to the best of my knowledge.

I respectfully submit this for approval.

Name Surname: Yeter Özçelik Arıkan  
Student No: N14120572  
Department: Mining Engineering  
Program: Master Thesis  
Status:  Masters  Ph.D.  Integrated Ph.D.

Date and Signature

10.05.2018

**ADVISOR APPROVAL**

APPROVED.

Prof. Dr. B. Gülseren Uyar  
(Title, Name Surname, Signature)