

VOTORANTİM ÇİMENTO SAN. VE TİC. A.Ş.'YE AİT
20052358 RUHSAT NUMARALI II-A GRUBU MADEN
(KALKER) OCAĞI KAPASİTE ARTIŞ PROJESİ
KAPSAMINDA YAPILACAK PATLATMALARIN,
ELMADAĞ'A İÇME SUYU SAĞLAYAN KARGALI
BARAJI'NA, YÜZEY VE YERALTI SUYU MİKTAR VE
KALİTESİNE, YAKIN YERLEŞİM YERLERİNE ZARAR
VERMEMESİ İÇİN EN UYGUN PATLATMA
TASARIMLARINI İÇEREN
TEKNİK RAPOR

Raporu Hazırlayan:

Prof. Dr. Güzin Gülsev UYAR AKSOY

Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Maden Mühendisliği Bölümü



HACETTEPE
ÜNİVERSİTESİ

Haziran 2020

 HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ		Rapor Adı	VOTORANTİM ÇİMENTO SAN. VE TİC. A.Ş.'YE AİT 20052358 RUHSAT NÜMARALI II-A GRUBU MADEN (KALKER) OCAĞI'NDA KAPASİTE ARTIŞ PROJESİ KAPSAMINDA YAPILACAK PATLATMALARIN, ELMADAĞ'A İÇME SUYU SAĞLAYAN KARGALI BARAJI'NA, YÜZEY VE YERALTI SUYU MİKTAR VE KALİTESİNE, YAKIN YERLEŞİM YERLERİNE ZARAR VERMEMESİ İÇİN EN UYGUN PATLATMA TASARIMLARINI İÇEREN TEKNİK RAPOR
		Rapor No	2020/1
Raporu Hazırlayan	Prof. Dr. G. Gülsev UYAR AKSOY (Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü)		
Rapor Tarihi	15.06.2020		
Projeyi Veren Kuruluş	VOTARANTİM ÇİMENTO SAN. VE TİC. A.Ş.		

Proje konu saha koordinatları (UTM)		
No	Y	X
1	511000	4416000
2	511410	4415530
3	511000	4415480

İÇİNDEKİLER

	SAYFA NO
1. GİRİŞ	5
2. PROJE ALANI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİ VE RAPORUN AMACI	6
3. ÇALIŞMA SAHASI JEOLJİSİ	11
3.1. Bölgesel Jeoloji	11
4. İR20052358 NUMARALI SAHANIN KAPASİTE ARTIŞI YAPILACAK 12.5 Ha'LIK BÖLÜMÜNDE PLANLANAN AÇIK İŞLETME PATLATMALARI İÇİN DELME-PATLATMA TASARIMI	12
5. PATLATMA KAYNAKLI ÇEVRESEL ETKİLERİN ARAŞTIRILMASI	24
5.1 Taş Fırlaması	24
5.2 Patlatma Kaynaklı Sismik Dalgalar	24
5.2.1. Patlatma Kaynaklı Yer Titreşimleri ile İlgili Standartlar	26
5.2.2. Hasar Sınıflandırması	27
5.3 Hava Şoku	30
6. PLANLANAN AÇIK İŞLETMEDE YAPILACAK PATLATMALI KAZI FAALİYETLERİNİN YAS KUYULARINA, KARGALI BARAJINA VE YAKIN YERLEŞİM YERLERİNE YÖNELİK YARATACABİLECEĞİ OLASI ÇEVRESEL PROBLEMLER VE BU PROBLEMLERİN KONTROL ALTINA ALINARAK EN AZA İNDİRİLEBİLMESİ İÇİN YAPILMASI GEREKENLER ÜZERİNE TEKNİK GÖRÜŞ	33
6.1 Patlatmalardan Kaynaklı Sismik Dalgaların Oluşum Ve Yayılım Özellikleri	36
6.2 Patlatma Kaynaklı Titreşim Analizlerinde En Yüksek Parçacık Hızı-Ölçekli Mesafe İlişkisini Esas Alan Alışlagelmiş Yaklaşımın Olumsuzlukları	40
6.3 Projeye Konu Sahada Yapılacak Açık İşletme Patlatmalarının Çevre Yerleşim Yerlerine, Yeraltı Su Seviyesine, Yakın Tesis ve Güneş Enerji Santraline, Kargalı Barajı'na Olumsuz Etkiler Yaratmaması İçin Öneriler	42
6.3.1. Sahada Yapılan Pilot Patlatma Çalışmaları	42
6.3.2. Kontrollü Patlatma Modelleme Çalışmaları	56
6.3.2.1. Patlatma Kaynaklı Sismik Dalgaların En Uygun Gecikmelerle Söndürülmesi Yönteminin Uygulanması	59
6.3.2.2 Sismik Kalite Faktörü, Q Yardımı İle Patlatma Kaynaklı Sismik Enerji Hesaplanması	62
7. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	69
8. KAYNAKLAR	75
EK-1: Pilot patlatma verileri	

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA NO

Şekil 2.1. Yer bulduru haritası	6
Şekil 2.2. Sahaya ait vaziyet planı	7
Şekil 2.3. Talep Edilen ÇED İzin Alanının, 2010 Tarihinde Alınan ÇED Gerekli Değildir Belgesi'ne Konu Alana Göre Konumunu Gösterir Kroki (a) ve Google Earth görüntüsü (b)	8
Şekil 2.4. Proje Alanının Çevredeki Diğer Ruhsat Alanlarına ve Kırma Eleme Tesisi'ne Göre Konumunu Gösterir Uydu Görüntüsü	9
Şekil 2.5. Kargalı Barajı, Çiftlik Evi, 2 iki yerleşim yeri ve güneş enerjisi santralının 20052358 Numaralı sahaya göre lokasyonu	9
Şekil 3.1. İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Akyürek vd.,1982. 1984)	11
Şekil 4.1 Patlayıcı ile şarj edilen temsili delik	20
Şekil 4.2 Delik geometrisinin uygunluğunu gösteren analiz ekranı	21
Şekil 4.3 Parçalanma analiz ekranı	21
Şekil 4.4 Delikler arası ve sıralar arası verilen gecikme sürelerinin uygunluğunu (deliklerde çakışmaya sebep olmadığını) gösteren analiz ekranı	22
Şekil 4.5 Delikler arası ve sıralar arası verilen gecikme sürelerinin uygunluğunu (deliklerde çakışmaya sebep olmadığını) gösteren analiz ekranı (delikler arası 25ms-sıralar arası 42ms)	22
Şekil 4.6 Delikler arası ve sıralar arası verilen gecikme sürelerinin uygunluğunu (deliklerde çakışmaya sebep olmadığını) gösteren analiz ekranı (delikler arası 25ms-sıralar arası 67ms)	23
Şekil 5.1 Türk Hasar Sınıflandırma Grafiği	28
Şekil 5.2. Alman DIN4150 Hasar Kriteri	29
Şekil 5.3. Günlük olaylardaki ses düzeyleri ve ses basınç değerleri	31
Şekil 6.1 20052358 Ruhsat Numaralı II-a Grubu Maden (Kalker) Ocağında kapasite artışı istenen alan (kırmızı üçgen) ve yerleşim yerlerine, Kargalı barajına, güneş enerjisi santraline, kırma eleme tesisine göre konumu	33
Şekil 6.2. Pilot patlatma lokasyonları	43
Şekil 6.3. Pilot patlatmalarda kullanılan yemleme dinamiti ve ANFO	44
Şekil 6.4 Deliklere patlayıcı ile doldurulması ve ateşlemeye hazır edilmesi	44
Şekil 6.5. Sismografların yerleştirilmesi	45
Şekil 6.6. Pilot patlatmalardan 3 ve 4. Patlatmaya ait görüntüler	45
Şekil 6.7 Bir patlatma deliğinin dolduruluş biçimi	47
Şekil 6.8 Tekniğe uygun bir patlatma grubu	47
Şekil 6.9 Patlatma-1 ve sismograf yerleri	48
Şekil 6.10. Patlatma-2 ve sismograf yerleri	50
Şekil 6.11. Patlatma-3 ve sismograf yerleri	51
Şekil 6.12 Patlatma-4 ve sismograf	52
Şekil 6.13 Türk Maden ve taş ocakları için izin verilen frekans bağımlı titreşim limit değer çizgisine göre patlatmaların yarattığı titreşimler	54
Şekil 6.14 Alman DIN4150'de izin verilen frekans bağımlı titreşim limit değer çizgisine göre patlatmaların yarattığı titreşimler	54
Şekil 6.15. 78 delikli grup patlatma modellemesi: Delikler arası 42ms. sıralar arası 67ms gecikme verilmiştir	60
Şekil 6.16 Sismik kalite faktörü hesaplanması	64
Şekil 6.16 Pilot patlatma 4'den kaynaklanan sismik dalgaların zamana bağlı genlik değişimleri	64
Şekil 6.17 Pilot patlatma 4'den kaynaklanan sismik dalgaların frekansa bağlı genlik değişimleri	64
Şekil 6.18 Sismik kalite faktörü hesaplanması	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 4.1. Açık ocak planlanan sahaya ait bilgiler	12
Çizelge 4.2. Değişik Patlayıcı Cinslerin Farklı Delik Çaplarında Dolum (Şarj) Yoğunlukları (I_b , kg/m)	13
Çizelge 4.3. Farklı Delik Eğim Durumları İçin R_1 Düzeltme Faktörleri	13
Çizelge 4.4 Farklı Delik Eğim Durumları İçin Delik Boyu Hesabında Kullanılacak “k” Düzeltme Faktörleri	14
Çizelge 4.5. Delme-Patlatma Tasarım Parametreleri	17
Çizelge 4.6. Genel parametreler	17
Çizelge 4.7. Delik Paterni	18
Çizelge 4.8. Bir Deliğe Doldurulan Patlayıcı Madde Miktarları	18
Çizelge 5.1. ÇGDYY Madde 29’da Tablo-9: Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlama Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri	28
Çizelge 5.2. Alman DIN 4150 normuna göre, yapı tiplerine ve frekansa göre izin verilen parçacık hızları	30
Çizelge 5.3. Cihazın frekans bandına uygun olarak izin verilen en yüksek gürültü düzeyleri	32
Çizelge 6.1. Basamak patlatma parametreleri	46
Çizelge 6.2 Votorantim Ocağında Açık işletme patlatmalarından kaynaklanan titreşimlerin mesafeyle değişimi	53
Çizelge 6.3 Sismik kalite faktörü ile hesaplanan titreşimlerin, O-pitblast modellemesine göre aynı mesafelerde hesaplanan titreşim değerleri ile karşılaştırılması	67
Çizelge 6.4 Sismik kalite faktörü ile hesaplanan titreşimlerin, O-pitblast modellemesine göre aynı mesafelerde hesaplanan titreşim değerleri ile karşılaştırılması	67

1. GİRİŞ

Bu rapor, “Votorantim Çimento San. ve Tic. A.Ş.’ye ait 20052358 Ruhsat Numaralı II-a Grubu Maden (Kalker) Ocağı’nda kapasite artış projesi kapsamında yapılacak patlatmaların, Elmadağ’a içme suyu sağlayan Kargalı Barajı’na; yüzey ve yeraltı suyu miktar ve kalitesine, yakın yerleşim yerlerine zarar vermemesi için en uygun patlatma tasarımlarını içeren raporun hazırlanması amacıyla, Votorantim Çimento San. ve Tic. A.Ş.’nin Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi’ne yaptığı teknik danışmanlık hizmeti talebi üzerine imzalanan 03.02.2020 tarihli protokol gereği hazırlanmıştır.

Talep edilen bilimsel ve teknik değerlendirmeleri yapabilmek için;

- 1- Şirketin 20052358 No’lu İşletme Ruhsatı ,
- 2- Hazırlanmış olan ÇED Başvuru Dosyası,
- 3- ASKİ ve DSİ tarafından Votorantim Çimento San. ve Tic. A.Ş.’ne yazılan resmi yazılar,
- 4- KMZ dosyası ruhsat sınırları (İR20052358)
- 5- Maden sahasının jeolojik haritası,

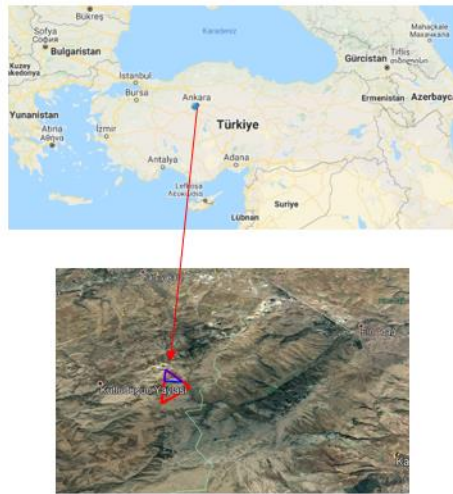
incelenmiştir.

Bu rapor, Votorantim Çimento San. ve Tic. A.Ş.’den temin edilen dökümanların incelenerek, 20052358 Ruhsat Numaralı II-a Grubu Maden (Kalker) Ocağı’nda kapasite artış projesi kapsamında yapılacak patlatmaların, Elmadağ’a içme suyu sağlayan Kargalı Barajı’na; yüzey ve yeraltı suyu miktar ve kalitesine, yakın yerleşim yerlerine zarar vermemesi için yapılması gereken kontrollü patlatma tasarımları ile ilgili, önceki deneyimler ve bilgi birikimine de dayanarak yapılan teknik değerlendirmeleri kapsamaktadır.

2. PROJE ALANI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİ VE RAPORUN AMACI

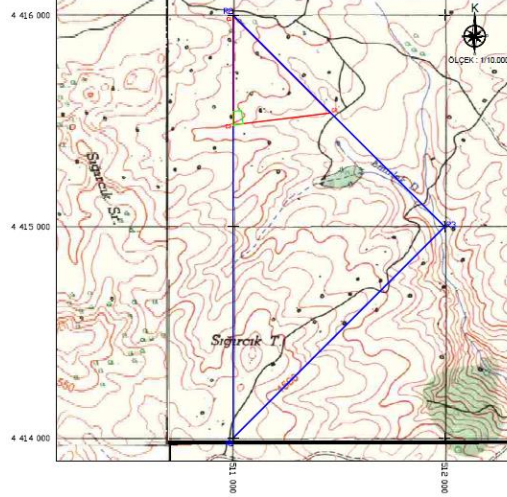
Votorantim Çimento San. ve Tic. A.Ş., sahip olduğu, Ankara İli, Mamak İlçesi, Kutludüğün Mahallesi Mevkii'nde hali hazırda işletilen Maden İşleri Genel Müdürlüğü 20052358 Ruhsat Numaralı II-a Grubu Maden (Kalker) Ocağı'nda kapasite artışına gitmiştir. Bu nedenle, yaptığı ÇED başvurusunda kullanılmak üzere, ocakta yapılacak patlatmaların Elmadağ'a içme suyu sağlayan Kargalı Barajı'nın uzun mesafeli koruma alanına, su havzasında yüzey ve yeraltı suyu miktar ve kalitesine, yakın yerleşim yerlerine ilişkin bir zarar oluşturup, oluşturmayacağını değerlendirilmesini ve herhangi bir olumsuz duruma neden olmayacak kontrollü patlatma tasarımlarının yapılmasını istemektedir. Bu rapor, Kutludüğün Mahallesi Mevkii'ndeki kapasite artışına gidilecek sahada yapılacak grup patlatmalarını modelleyebilmek için 14 Mayıs 2020 tarihinde yapılan pilot patlatma çalışmalarını; bu saha çalışmasından elde edilen patlatma kaynaklı sismik dalgaların incelenmesi ve değerlendirilmesini ve yapılması planlanan patlatmalı kazı çalışmaları için bilime ve tekniğe uygun, iş güvenliğini gözeten ve çevresel riskleri minimize eden tasarımların önerilmesini kapsamaktadır.

Proje alanının kuzey-doğusunda 9 km mesafede Ankara'nın Elmadağ ilçesi bulunmaktadır. Alanın kuzeyinde 8,5 km mesafede Lalahan Mahallesi, 4 km mesafede kuzeyinde Odabaşı Mahallesi ve 8 km mesafede kuzey-batısında Kutludüğün Mahallesi mevcuttur. Proje alanı, Ankara şehir merkezine 25 km mesafededir. Sahaya ait yer bulduru haritası Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Ruhsat sahası yer bulduru haritası

Şekil 2.2, sahaya ait vaziyet planını göstermektedir.

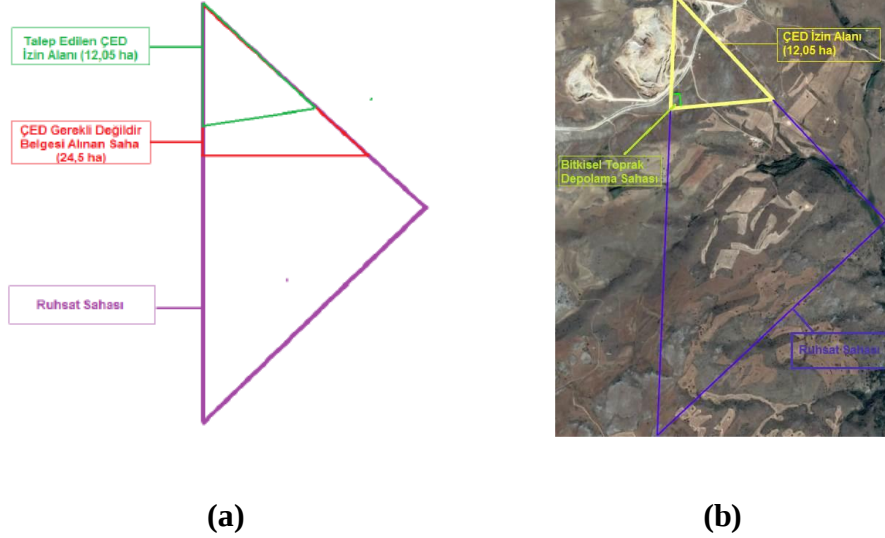


Şekil 2.2. Sahaya ait vaziyet planı

Şekil 2.2’deki vaziyet planında görülen “20052358 Ruhsat Numaralı II-A Grubu Maden (Kalker) Ocağında kapasite artışı projesi istenmekte olup, bu proje kapsamında kırmızı üçgen ile gösterilen 12,05 hektarlık alanda açık işletme yöntemi ile basamak patlatması uygulanarak, yılda yaklaşık 1.500.000 ton (566,037 m³/yıl) kalker malzemesi üretilmesi planlanmaktadır. 20052358 ruhsat numaralı saha kapsamında; 03.09.2010 tarih ve 791 karar numarası ile 24,5 ha’lık alan ve 120.000 m³ (380.000 ton/yıl) kapasite için “ÇED Gerekli Değildir” karar belgesi bulunmaktadır. Bu rapora konu proje kapsamında ÇED izin alanının 24,5 hektardan, 12,05 hektara daraltılması ve üretim miktarının 380.000 ton/yıl’dan 1.500.000 ton/yıl’a çıkarılması planlanmaktadır.

Proje kapsamında ÇED izin alanının 12,05 ha olarak daraltılmasının en önemli etkeni; üretim için belirlenen malzeme miktarının 12,05 ha büyüklüğündeki alandan elde edilebileceği, alanın nakliye güzergahına, faaliyet sahibine ait farklı bir maden ruhsat sahası içerisinde yer alan kırma eleme tesisi ile çimento fabrikasına yakınlığı ve alanın mülkiyet durumudur. Bu sebeple yeni ÇED izin alanı, “ÇED Gerekli Değildir” belgesi alınan 24,5 ha’lık alan içerisinde kalacak şekilde daraltılmıştır. Ocak sahasında üretim miktarı açısından kapasite artışının planlanmasının sebebi ise; üretim kapasitesinin ve mevcut patlatma tasarımının günümüz şartlarına, firmaya ait çimento fabrikası ve başka bir ruhsat sahasında yer alan kırma-eleme tesisinin üretim taleplerine yetersiz gelmesidir.

Söz konusu “ÇED Gerekli Değildir” Belgesi alınan alan ile iş bu rapora konu talep edilen ÇED izin alanının birbirlerine göre konumu aşağıda sunulmuştur.

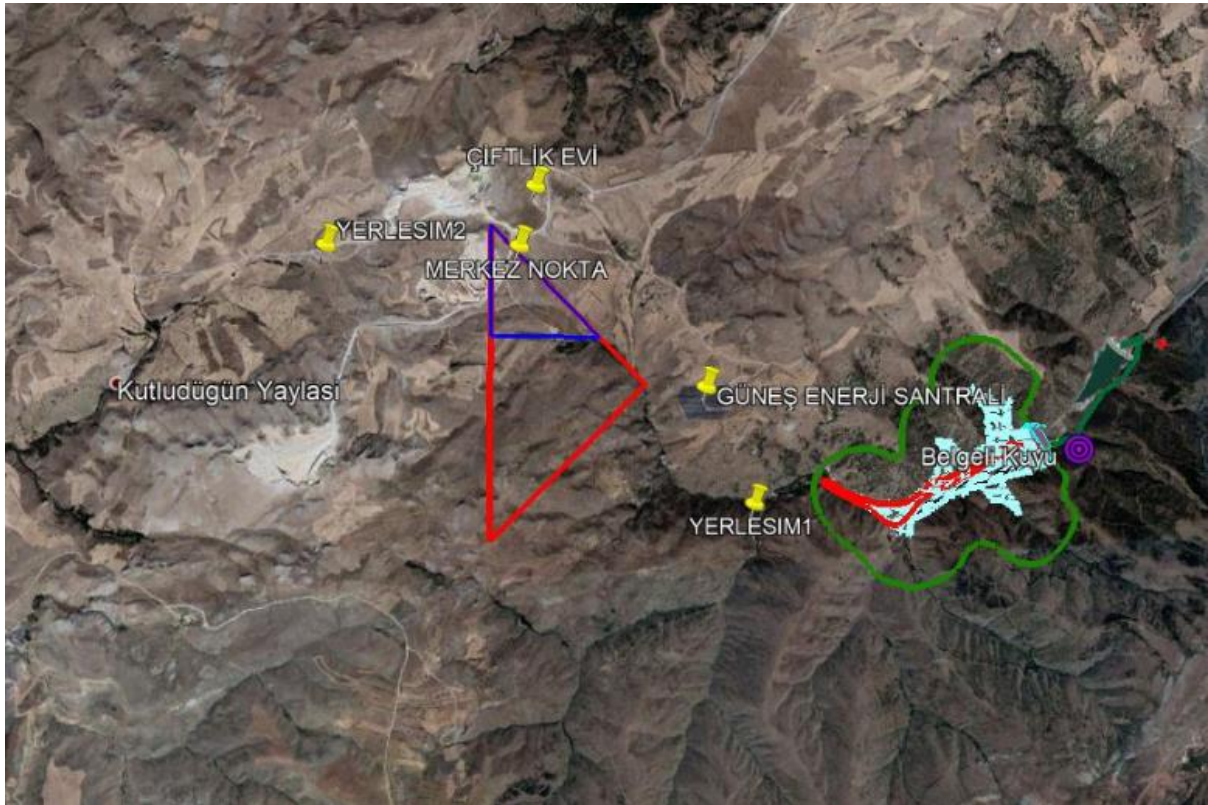


Şekil 2.3. Talep edilen ÇED izin alanının, 2010 tarihinde alınan ÇED Gerekli Değildir Belgesi'ne konu alana göre konumunu gösterir kroki (a) ve Google Earth görüntüsü (b)

Proje alanının kuzeybatı yönünde bitişik mesafede aynı firmaya ait 59743 ruhsat numaralı ocak sahasının yer aldığı, proje alanının kuzey yönünde 600 metre mesafede kırma eleme tesisi ve 28599 ruhsat numaralı ocağın yer aldığı, proje alanının kuzeydoğu yönünde yaklaşık 300 metre mesafede çiftlik evi ve güneydoğu yönünde 500 mesafede güneş enerjisi tarlasının yer aldığı hususları T.C. Ankara Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nün 22.06.2018 tarih ve 18434 sayılı yazıları ile tespit edilmiştir. Söz konusu ruhsatların birbirine göre konumuna ait uydu görüntüsü Şekil 2.4'de verilmiştir. Kargalı Barajının sahaya göre lokasyonu da Şekil 2.5'dedir.



Şekil 2.4. Proje Alanının Çevredeki Diğer Ruhsat Alanlarına ve Kırmı Eleme Tesisi'ne Göre Konumunu Gösterir Uydu Görüntüsü



Şekil 2.5. Kargalı Barajı, Çiftlik Evi, 2 iki yerleşim yeri ve güneş enerjisi santralini 20052358 Numaralı sahaya göre lokasyonu

Proje sahasından elde edilen kalker malzemesi, ulaşım ve taşıma maliyetlerini en aza indirebilmek amacıyla bitişik mesafede yeralan 28599 no'lu kırma eleme tesisine gönderilecektir.

12,05 hektarlık II-a grubu kalker ocağı sahasında malzeme; klasik açık işletme yöntemi ile basamak patlatması uygulanarak elde edilecek olup, yılda yaklaşık 1.500.000 ton (566.037 m³) kalker malzemesi üretilmesi planlanmaktadır.

Topografik yapı ve cevher kalınlığının değişimi dikkate alınarak proje alanında nihai durumda toplam 9 basamak oluşturulabileceği öngörülmektedir. Basamak yüksekliği 10 ile 12 m arasında olacak olup, topoğrafya ve üretim şartlarına göre değişiklik gösterebilecektir. Basamak genişliği nihai durumda 5 m, basamak şev açısı 85 derece olarak planlanmıştır.

Sahadan çıkarılacak olan bütün malzeme faaliyet sahibi firmaya ait kırma eleme tesisine ya da çimento fabrikasına götürülecek olup, alanda pasa malzeme oluşması söz konusu olmayacaktır. Stok alanı kurulmasına ihtiyaç duyulmayacaktır.

3. ÇALIŞMA SAHASI JEOLojİSİ

3.1. Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanını içine alan Ankara bölgesi, Pontid Kuşağında yer almaktadır. Bölgede yer alan jeolojik birimler Alpin Orojenezi etkisi altında bulunmaktadır. Bölgede Triyas'tan Kuvaterner'e kadar değişen yaş aralığına sahip jeolojik birimler yüzeylemektedir. İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti Şekil 3.1'de verilmiştir.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	SİMGESİ	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
	KUVATERNER		Alüvyon	Qa		Kum, çakıl
SENOZOYİK	TERSİYER	PLİYÖSEN	Gölbaşı Formasyonu	Tg		Diskordans Konglomera, kumtaşı, çamurtaşı
			Bozdağ Bazalt	Tb		Diskordans Bazalt
			Tekke Volkaniti	Tt		Diskordans Andezit, trakiandezit, tuf, aglomera
		MİYÖSEN	Mamak Formasyonu	Tma		Andezit, tuf, aglomera
			Hançili Formasyonu	Th		Kumtaşı, silttaşı, mam kili kçt., tuf, jips, bitümlü şeyl
		JURA	Akbayır Formasyonu	Ja		Diskordans Beyaz, krem ve kırmızı renkli silis bant ve yumru kireçtaşı
			Hasanoğlu Formasyonu	Jh		Konglomera, kumtaşı silttaşı, kumlu kireçtaşı
	TRİYAS		Keçikaya Formasyonu	Trak		Diskordans Gri, beyaz renkli kireçtaşı
			Ortaköy Formasyonu	Trao		Spilit, diyabaz, tuf volkanit, aglomera
			İmrahor Formasyonu	Traoi		Volkaniklerle iliskili kireçtaşı
			Elmadag Formasyonu	Trael		Metakonglomera metakumtaşı, kumlu kçt. kumtaşı, kireçtaşı
			Kireçtaşı Bloğu	PCkp		Kireçtaşı bloğu
			Kireçtaşı Bloğu	Pkb		Muskovit-kuars şist, kalkışit, metavolkanit metakonglomera
			Emir Formasyonu	Trae		

Şekil 3.1. İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Akyürek vd.,1982, 1984).

4. İR20052358 NUMARALI SAHANIN KAPASİTE ARTIŞI YAPILACAK 12.5 Ha'LIK BÖLÜMÜNDE PLANLANAN AÇIK İŞLETME PATLATMALARI İÇİN DELME-PATLATMA TASARIMI

Bu bölümde, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan “Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu” (2018) dikkate alınarak, 1.500.000 ton/yıl kalker üretimi planlanan açık ocak maden sahası için Delme-Patlatma Tasarımı verilmiştir. Çizelge 4.1, bu tasarım için gerekli olan parametreleri göstermektedir.

Çizelge 4.1. Açık ocak planlanan sahaya ait bilgiler

Yıllık üretim miktarı	: 1.500.000 t/yıl
Çalışma Süreleri	: 12 ay/yıl
Vardiya	: 1 vardiya
Basamak Yüksekliği (K)	: 10 m
Basamak Genişliği	: 5 m
Ayna Uzunluğu	: 90 m
Delik Çapı (d)	: 89 mm
Delik Açısı	: 85°
Patlayıcı Cinsi	: Yemleye Duyarlı Patlayıcılar (ANFO), yemleme dinamiti
Şarjlama Koşulu	: Kuru delikler için ANFO, sulu delikler için Emulsiyon patlayıcı

Delme-Patlatma tasarımı, seçilen delik çapı ve basamak yüksekliği parametreleri dikkate alınarak yukarıda bahsedilen kılavuzda (Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu, 2018) önerilen Oloffson formüllerine göre yapılmıştır. Çizelge 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5, bu formüllere göre yapılan hesaplamaları göstermektedir.

1. Maximum Yük Mesafesi (B_{max})

$$B_{max} = 1,36 \sqrt{I_b \times R_1} \text{ (Anfo için)}$$

$$B_{max} = 1,45 \sqrt{I_b \times R_1} \text{ (Emulite 150)}$$

$$B_{max} = 1,47 \sqrt{I_b \times R_1} \text{ (Dynamex M için)}$$

$$B_{max} = 1,36 \sqrt{5 \times 0,95} = 2,89 \text{ m}$$

I_b = Şarj konsantrasyonu

R_1 = Delik eğimi katsayısı

* bu projede kullanılacak patlayıcı için geçerli olan formül koyu halde işaretlenerek gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Değişik Patlayıcı Cinslerin Farklı Delik Çaplarında Dolum (Şarj) Yoğunlukları (I_b , kg/m)

Delik çapı	mm	51	64	76	89	102	127	152
ANFO*	kg/m	1,60	2,60	3,70	5,00	6,50	10,10	14,50

*ANFO'nun yoğunluğu 0,78-0,80 g/cm³ kabulü ile

Çizelge 4.3. Farklı Delik Eğim Durumları İçin R_1 Düzeltme Faktörleri

Eğim	Dik	10:1	5:1	3:1	2:1	1:1
R_1	0,95	0,96	0,98	1,00	1,03	1,10

2. Delik Taban Payı (Dip Delgi) (U):

$$U = 0,3 \times B_{max}$$

$$U = 0,3 \times 2,89 \text{ m} = 0,87 \text{ m}$$

veya

$$U = 0,1 \times H$$

3. Delik Boyu (H):

$$H = K + U$$

$$H = 10 \text{ m} + 0,87 \text{ m}$$

$$H = 10,87 \text{ m}$$

Çizelge 4.4 Farklı Delik Eğim Durumları İçin Delik Boyu Hesabında Kullanılacak “k” Düzeltme Faktörleri

Eğim	Eğim Açısı	Eğim Faktörü K	Delik Boyu	Atım Güçlük Katsayısı
Dik,;1	90 ⁰	1.00	H=K+U	1.0
10:1	84 ⁰	1.005	H=1.005 (K+U)	0.97
5:1	79 ⁰	1.02	H=1.02 (K+U)	0.95
4:1	76 ⁰	1.03	H=1.03 (K+U)	0.93
3:1	72 ⁰	1.05	H=1.05 (K+U)	0.90
2:1	63 ⁰	1.12	H=1.12 (K+U)	0.85
1:1	45 ⁰	1.41	H=1.41 (K+U)	0.75

4. Delme Hatası (E);

$$E = (d/1000) + 0,03 \times H$$

d= Delik Ağzı

0,03= Delik Sapma Hatası

H= Delik Boyu

$$E = (89/1000) + 0,03 \times 10,87\text{m} = \mathbf{0,42\text{ m}}$$

5. Gerçek Yük Mesafesi (B);

$$B = B_{\max} - E$$

B_{max} = Maksimum Yük Mesafesi

E= Delme Hatası

$$B = (2,89\text{ m} - 0,42\text{m}) = \mathbf{2,47\text{ m}}$$

6. Sıkılama Uzunluğu (h₀)

$$h_0 = B = \mathbf{2,47}$$

7. Delikler Arası Mesafe (S);

$$S = 1,25 \times B$$

$$S = 1,25 \times 2,47 = \mathbf{3,09\text{ m}}$$

8. Özgöl Delme (b)

$$b = H / (B \times S \times K)$$

$$b = 10,87 / (2,47 \times 3,09 \times 10) = 10,87 / 76,323 = 0,142 \text{ m/m}^3$$

9. Kolon Şarj Yüksekliği (h_c) ;

$$h_c = H - h_0$$

$$h_c = 10,87 - 2,47 = 8,4 \text{ m}$$

10. Şarj Miktarı (Q_c);

$$Q_c = I_b \times h_c$$

$$Q_c = 5 \times 8,4 = 42 \text{ kg}$$

11. Bir Delikten Elde Edilecek Kaya Hacmi (V_d);

$$V_d = B \times S \times K$$

$$V_d = 2,47 \times 3,09 \times 10 = 76,323 \text{ m}^3 = 202,26 \text{ ton/delik}$$

12. Özgöl Şarj;

$$q = Q_{\text{top}} / V_d$$

$$q = 42 \text{ kg} / 76,323 \text{ m}^3 = 0,550 \text{ kg/m}^3$$

13. Yıllık Delik Sayısı

$$D_{\text{yıl}} = \text{Yıllık Üretim Miktarı (ton)} / \text{Bir delikten alınacak miktar (ton)}$$

$$D_{\text{yıl}} = 1.500.000 \text{ ton/yıl} / 202,26 \text{ ton/delik}$$

$$D_{\text{yıl}} \sim 7416,2 \text{ Delik/yıl}$$

14. Haftada Delinecek Delik Sayısı;

$$\text{Delik Sayısı} = \text{Yıllık Delik Sayısı} / \text{Çalışma Yapılacak Ay} / \text{Patlatma Sayısı}$$

$$\text{Delik Sayısı} = 7416/12/4$$

$$\text{Delik Sayısı} = 155 \text{ delik/haftada}$$

15. Haftada 2 defa atım yapılırsa:

Delik sayısı= $155/2= 78$ delik /atım

16. Bir atımda Üretilecek Malzeme Miktarı

Malzeme Miktarı = Delik Sayısı x Bir Delikten Elde Edilecek Malzeme

Malzeme Miktarı = $78 * 202,26$ ton

Malzeme Miktarı = 15776 ton/atım

17. Yıllık Patlatma Sayısı:

Patlatma Sayısı = D yıl/ D Patlatma

Patlatma Sayısı = $7.416,2 / 78$

Patlatma Sayısı = 96

18. Aylık Patlatma Sayısı

D ay = Patlatma Sayısı / Yılda Çalışılacak Ay Sayısı

D ay = 96 Adet /12 Ay

D ay = Ortalama 8 Adet

19. Bir Atımdaki Sarfiyat

Bir atımdaki anfo miktarı = $78 \times 42 = 3.276$ kg/atım

Bir atımdaki dinamit miktarı = 85 kg/atım ($78 \times 1 = 78$ kg/atım Tırnak veya düzeltme atımında kullanmak için 7 kg/atım)

20. Bir atımdaki elektrikli ve/veya elektriksiz kapsül = 90 adettir. $78 \times 1 = 78$ adet elektriksiz kapsül ve tırnak veya düzeltme atımında kullanmak için 7 adet/atım elektrikli kapsül ve buna 5 adet sıralar arası gecikme kapsülü eklenir ve toplam 90 adet olur. İnfilaklı fitil kullanılması durumunda atım başına sarf 1200 metre olacaktır.

Delme-Patlatma tasarım parametreleri Çizelge 4.5’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.5. Delme-Patlatma Tasarım Parametreleri

Delme Patlatma Tasarım Parametreleri	
RUHSAT NO	İR.20052358
Maksimum yük mesafesi, B _{max} , m:	2.89
Alt delme, U, m:	0.87
Delik boyu, H, m:	10.87
Delme hatası, E:	0.42
Gerçek yük mesafesi, B, m:	2.47
Sıkılama uzunluğu, h ₀ =B:	2.47
Delikler arası mesafe, S, m:	3.09
Özgül delme, b, m/m ³ :	0.142
Toplam patlayıcı şarj miktarı, Q _{top} , kg:	42
Bir delikten elde edilecek kaya hacmi, m ³	76.323
Bir delikten elde edilecek kaya hacmi, ton	202.26
Özgül şarj, q, kg/m ³ :	0.550
Yıllık delik sayısı, adet:	7416
Bir patlatmada delinecek delik sayısı, adet (haftada 2 defa atım)	78
Bir atımda üretilecek malzeme miktarı, ton	15776

Çizelge 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, sırasıyla ocakla ilgili genel parametreleri, delik paternini, delik başı patlayıcı miktarlarını, birim tüketimleri, bir atımdaki tüketimleri göstermektedir:

Çizelge 4.6. Genel parametreler

Genel Parametreler		
Formasyon	Kalker	
Kayaç Yoğunluğu	2,65	kg/m ³
Yıllık Çalışma Süreleri	360	gün/yıl
Yıllık Üretim Miktarı	1.500.000	ton/yıl
Aylık Üretim Miktarı	125.000	ton/ay
Günlük Üretim Miktarı	4166	ton/gün

Çizelge 4.7. Delik Paterni

Delik paterni		
Delik Çapı	89	mm
Delik Eğimi	90	°
Basamak Boyu	10	m
Dip Delgi	0.87	m
Delik Boyu	10.87	m
Sıkılama Boyu	2.47	m
Yük Mesafesi	2.47	m
Delikler Arası Mesafe	3.09	m
Bir delikteki yüzey/delik içi gecikme süreleri	42 450-500	ms
Sıralar Arası Gecikme Süresi	67*	ms
Bir Delikten Elde Edilen Teorik Hacim	76.323	m ³
	202.26	ton

*Gecikme süresi seçimi, raporun ilerleyen bölümlerinde anlatılmıştır.

Çizelge 4.8. Bir Deliğe Doldurulan Patlayıcı Madde Miktarları

Patlayıcı madde miktarı		
Ana Şarj (ANFO) Miktarı	42	kg
Yemleyici (Dinamit) Miktarı	1	kg
Elektriksiz Kapsül Miktarı	2	adet
Bir delikteki toplam patlayıcı madde miktarı	43	kg

Çizelge 4.9. Birim ve toplam patlayıcı ve aksesuarlarının tüketimleri

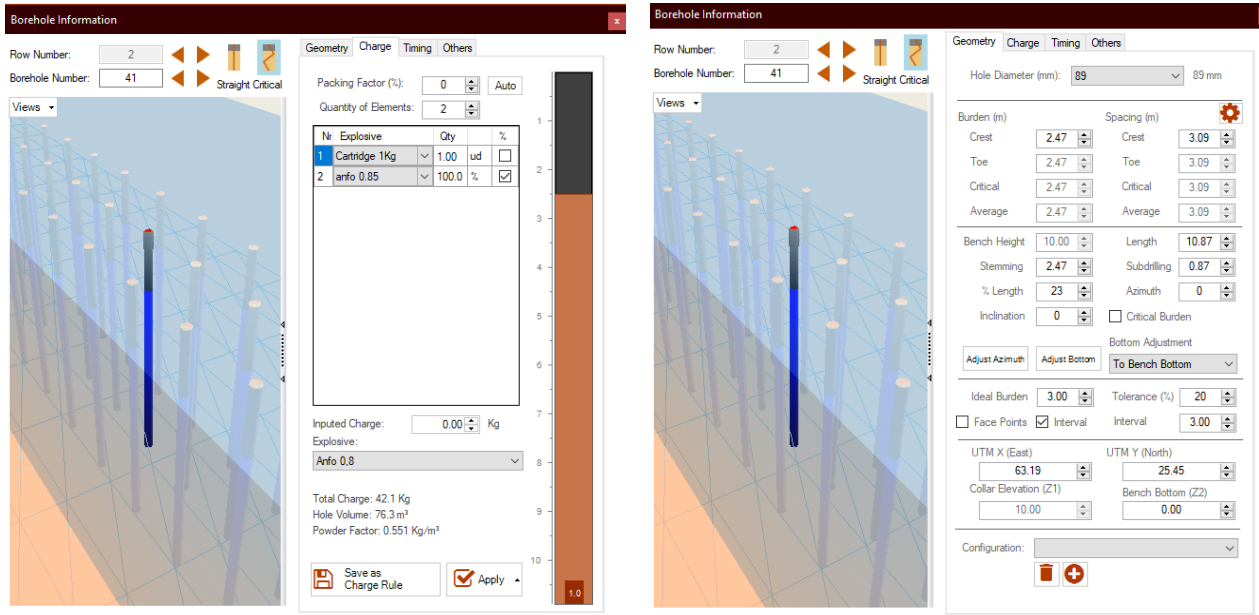
Birim tüketimler		Toplam Tüketim
ANFO	0,55 kg/m ³	311472 kg/yıl
Yemleyici (Dinamit)	0.015 kg/m ³	7416 kg/yıl
Elektriksiz Kapsül	0.015 ad/m ³	8491 ad/yıl
Elektrikli Kapsül	0.092 ad/m ³	52 ad/yıl
Sıralar Arası Gecikme Kapsülü	0.07 ad/m ³	39622 ad/yıl
Delgi	0.142 m/m ³	18822 m/yıl

Belirlenen patlatma tasarım parametrelerinin optimum parçalanma ve minimum çevresel etki anlamında uygunluğu, Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünün lisanslı yazılımı “O-pitblast” kullanılarak denenmiş ve bilime ve tekniğe uygun bulunmuştur. Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4, 78 delikli grupta bir deliğin patlayıcı ile şarjlanmasını, delik geometrisini, patlatma sonrası parçalanma analizini, tasarımın uygunluğunu, yazılım üzerinde göstermektedir.

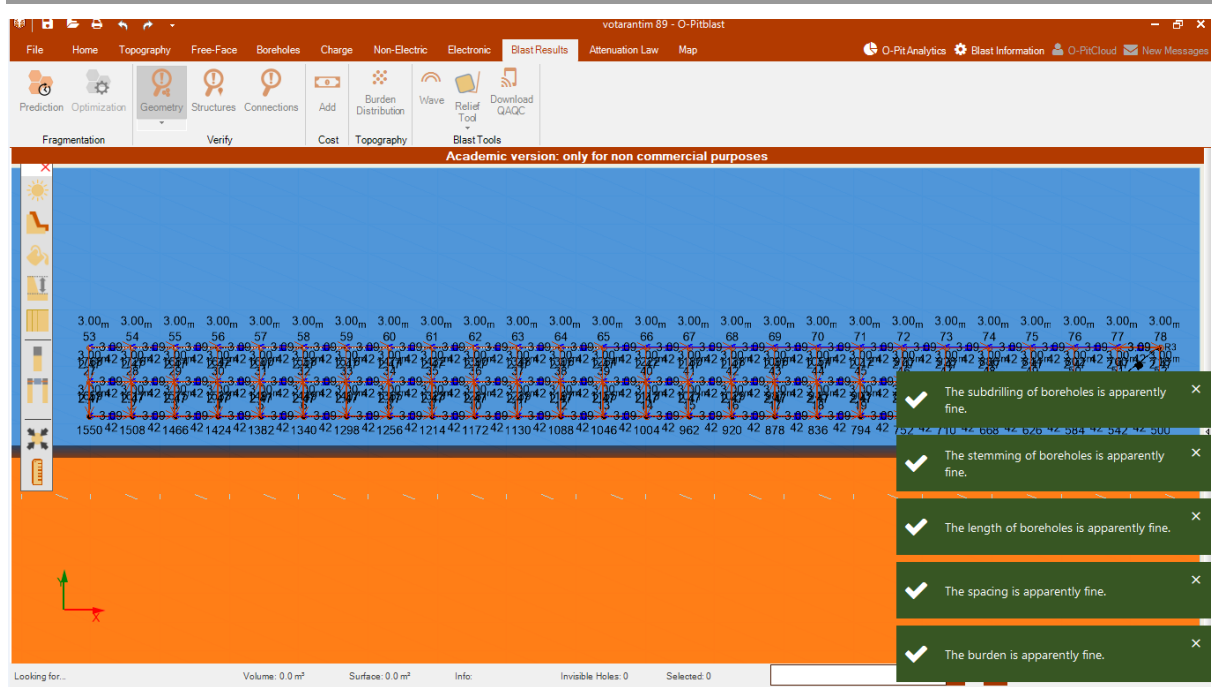
Şekil 4.1’deki gibi doldurulan tüm delikler, bu bölümde verilen tasarıma uygun bir geometri ile delinip, doldurulursa ve gecikme süreleri delikler arası 42 ms ve sıralar arası 67 ms olacak şekilde verilirse, O-pitblast yazılımı ile yapılan modellemeye göre analiz ekranında uygundur ibareleri (Şekil 4.2’deki yeşil kutucuklar) oluşacaktır. Şekil 4.3’deki parçalanma tahminine bakılacak olursa, böyle bir tasarım ile yapılacak patlatmada parçaların %90’unun 125 mm’in altında olacağı öngörülmektedir.

Şekil 4.4, delikler arası ve sıralar arası verilen gecikme sürelerinin uygunluğunu (deliklerde çakışmaya sebep olmadığını) gösteren analiz ekranıdır. Şekilde görülen histogramda dikkat edilirse, her delik bireysel, ayrı ayrı patlayarak bir “spike” oluşturmuştur ve histogramın altındaki “MIC” (delik başına patlayan patlayıcı miktarı) değeri 42 kg’dır. Bir başka deyişle, önerilen patlatma geometrisi uygulanırsa ve delikler arası 42 ms, sıralar arası 67 ms yüzey gecikmesi verilirse (delik içi gecikmeler 450-500 ms olabilir), her bir delik ayrı ayrı patlayacak, deliklerde çakışma olmayacaktır. Bazı durumlarda, uygun olmayan gecikmelerin verilmesi halinde, birden fazla delik aynı anda patlayabilmekte ve grubu bozabilmektedir. Böyle durumda hem optimum parçalanma elde edilememekte hem de aynı anda planlanandan daha fazla patlayıcı devreye girdiği için patlatma kaynaklı dalgalar ilerlerken birbirlerini

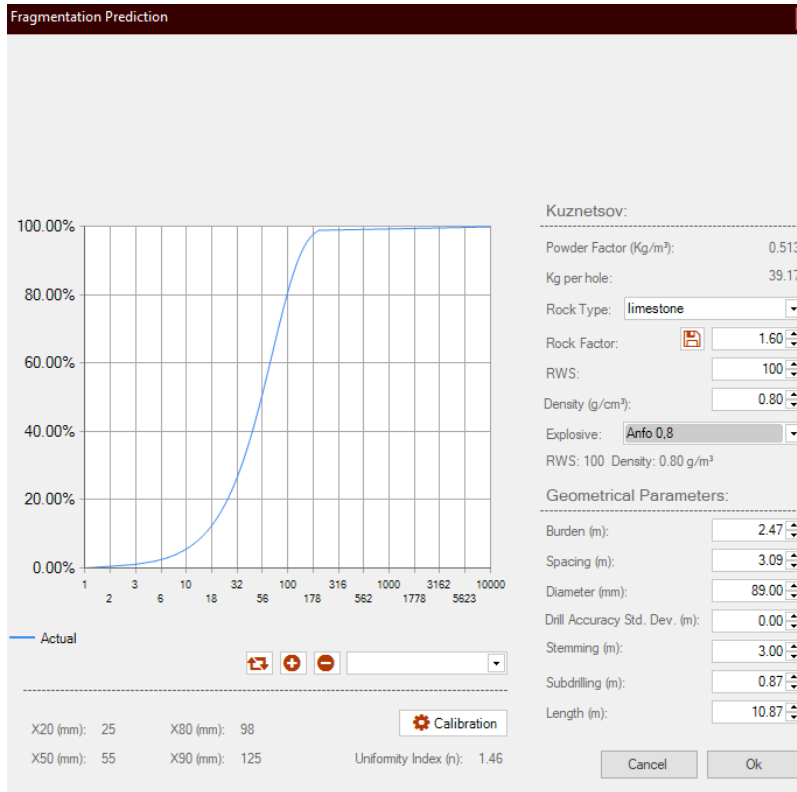
güçlendirerek genliklerini arttırmakta ve daha fazla titreşime neden olabilmektedirler. Böyle bir durumun olmaması için delikler arası ve sıralar arası verilen gecikme sürelerine çok dikkat edilmesi gerekmektedir. O-pitblast ile yapılan patlatma modellemesinde, deliklerde herhangi bir çakışmaya sebebiyet vermeyen gecikme süreleri; delikler arası 42 ms ve sıralar arası 67 ms yüzey gecikmesi olarak belirlenmiştir. Farklı gecikme süreleri de denenmiş olup sırasıyla delikler arası 25 ms-sıralar arası 42 ms (Şekil 4.5) ve delikler arası 25 ms, sıralar arası 67 ms (Şekil 4.6) gecikme verildiği durumlarda da modellere göre deliklerde çakışma olmamaktadır. Ancak bu durum en fazla 3 sıralı grup patlatmaları için geçerlidir. Sıra sayısı 4'e çıktığında çakışmalar başlamaktadır.



Şekil 4.1 (a) Patlayıcı ile şarj edilen temsili delik (b) Delik geometrisi



Şekil 4.2 Delik geometrisinin uygunluğunu gösteren analiz ekranı



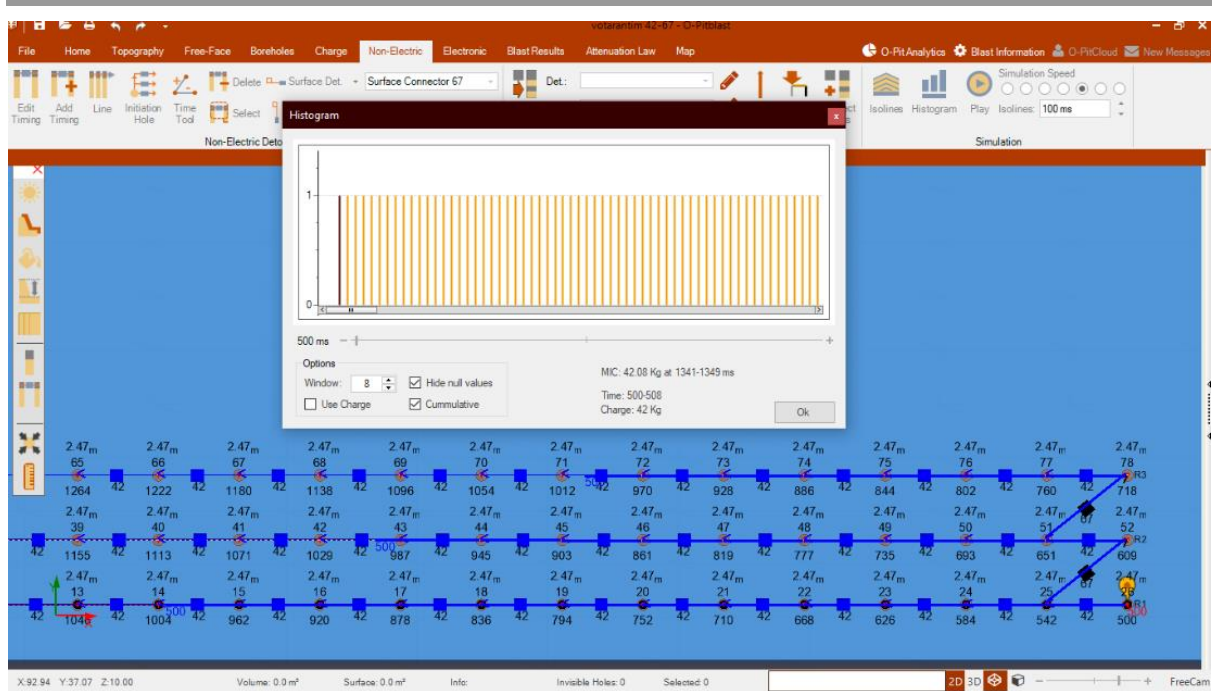
Şekil 4.3 Parçalanma analiz ekranı



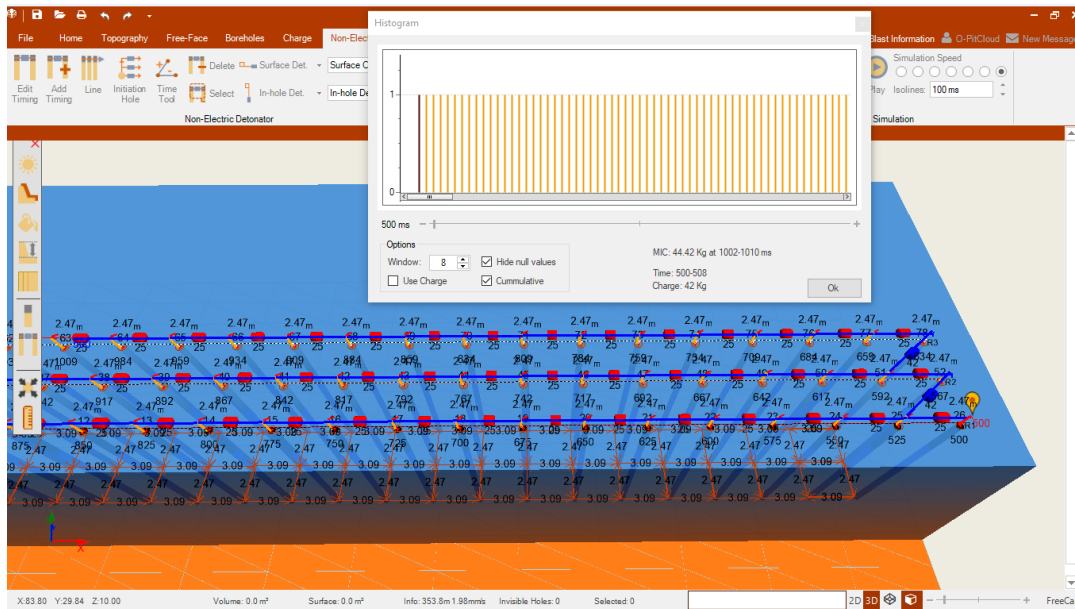
HACETTEPE
ÜNİVERSİTESİ



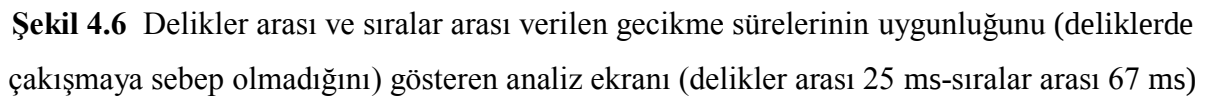
Votorantim



Şekil 4.4 Delikler arası ve sıralar arası verilen gecikme sürelerinin uygunluğunu (deliklerde çakışmaya sebep olmadığını) gösteren analiz ekranı (delikler arası 42 ms-sıralar arası 67 ms)



Şekil 4.5 Delikler arası ve sıralar arası verilen gecikme sürelerinin uygunluğunu (deliklerde çakışmaya sebep olmadığını) gösteren analiz ekranı (delikler arası 25 ms-sıralar arası 42 ms)



5. PATLATMA KAYNAKLI ÇEVRESEL ETKİLERİN ARAŞTIRILMASI

Kazı amaçlı yapılan patlatma faaliyetlerinin bilime ve tekniğe uygun yapılmaması durumunda patlatma kaynaklı titreşimler, hava şoku, taş fırlaması gibi çevreye olumsuzluk verebilecek etkenler oluşabilir. Aşağıdaki bölümlerde, rapora konu olan sahada oluşabilecek bu etkilerin oluşum mekanizması ve bu etkilerin oluşmaması için dikkat edilmesi gereken bilimsel ve teknik yaklaşımlardan bahsedilmiştir.

5.1 Taş Fırlaması

Taş fırlaması, patlatma deliklerinde yeterli miktarda sıkılama mesafesi bırakılmadığı durumlarda görülür ve çok uzak mesafelere gidebilen bu taşlar, patlatma bölgesi yakınlarındaki insanlar, yapılar ve araçlar için tehlike oluşturabilir. Bu sebeple, uygulanan delik çapı ve boylarına göre önceden hesaplanan sıkılama mesafelerine dikkat etmek çok önemlidir. Bu sahada yapılacak patlatmalarda tehlike yaratacak taş fırlamasına rastlanılmaması için, seçilen delik çapı ve boylarına göre bırakılması gereken sıkılama boylarına ve sıkılama malzemesi olarak delik içinden çıkan malzeme yerine kırmataş kullanılmasına dikkat edilmelidir.

5.2 Patlatma Kaynaklı Sismik Dalgalar

Kazı amaçlı yapılan açık işletme/yeraltı patlatmalarında, patlatma ile birlikte cisim ve yüzey dalgaları ortaya çıkar. P-S türü cisim dalgaları jeolojik birimlerin içlerini katederek gelirken, yüzey dalgaları yer yüzeyinde ilerler. Cisim dalgaları düşük genlikli, yüksek frekanslı ve hızlı iken, yüzey dalgaları yüksek genlikli, düşük frekanslı ve yavaşlırlar. Yüzey dalgalarının düşük frekanslı ve yavaş olmaları, oluşan dalga boylarının zemin ve yapı ile rezonansa girme riskini arttırarak zemin büyütmesine neden olacaktır. Bu istenmeyen bir durumdur. Açık işletmelerde derinlikler sığ olduğu için (basamak boyları genelde 10-15 m olduğu için) düşük frekanslı (uzun dalga boylu) dalgalar ürer. Delik derinliklerinin sığ olması daha çok miktarda yüzey dalgalarının üremesine neden olur. Yüzey dalgaları en tahripkar ve büyük genlikli dalgalardır. Patlatma kaynaklı üreyen yüzey dalgalarının frekansı yapıların doğal frekanslarına yakın olduğu için, yapıları rezonansa getirerek daha çok titreşime maruz kalmalarına sebep

olabilirler. Yüzey dalgaları dispersif özellik göstermektedir (hızın frekans bağımlılığı). Patlatma noktasından yola çıkan sıkışık bir yüzey dalgası paketi, kat edilen mesafe ile birlikte giderek genişlemektedir. Bu genişleme sonucu: a) paket içerisinde gizli düşük frekanslı (uzun dalga boylu) dalgalar kendilerini göstermeye başlarlar. Bu durum tehlikeli ve istenmeyen bir durumdur. b) yüzey dalga katarının uzaması, zemin ve binaların titreşim sürecini arttıracak için özellikle yapı mafsallarının hızla yorulmasına neden olacaktır. Bir sistem (yapı-zemin) rezonansa girerse, sistem içerisinde duraklı dalgalar oluşur ve sistem büyük genliklerle, uzun süre titreşir. Dolayısıyla zemin veya yapının uzun süre büyük genliklerle titreşmesi, yapılara daha çok zarar verecektir (Uyar, 2005; Uyar ve Ecevitoglu, 2008; Uyar 2010; Cardu vd., 2015). Tüm bu sebeplerden dolayı, patlatma kaynaklı sismik dalgaların yaratacağı titreşimler hakkında yorum yapabilmek için, ortamda yayılan sismik dalgaların yayılma mekanizmasını iyi bilmek gereklidir. Yukarıda anlatılan sebeplerden dolayı da özellikle patlatma kaynaklı yüzey dalgalarına odaklanılmalı ve bunların en aza indirilmesi için bilime ve tekniğe uygun kontrollü patlatmalar yapılmalıdır. Ayrıca, patlatma kaynaklı sismik dalgaların çevreye verebileceği olası etkilerin araştırılması ve en aza indirilebilmesi için aşağıda maddeler halinde sıralanan konulara da büyük önem verilmelidir:

- Patlama sonucu kayacın parçalanma ve deforme olma özelliği, patlama ile ortaya çıkan enerjinin ne kadarının sismik dalga yayılımında kullanılacağını belirler. Bu sebeple, patlatma enerjisinin büyük oranda kayayı parçalamak için kullanılabilmesi için patlayıcı-kayaç etkileşiminin optimum düzeyde sağlanması gereklidir. Bunun için, patlatılacak kayaç yapısına uygun patlayıcı seçimi, bu patlayıcının kayaç içerisindeki dağılımını belirleyen patlatma geometrisi, oldukça önem taşımaktadır (Uyar 2010; Uyar ve Ecevitoglu, 2007).
- Patlatmanın yapıldığı kaya biriminin patlama ile ortaya çıkan sismik enerjiyi öteleme özelliği dikkate alınmalıdır. Çünkü, örneğin, kömür tabakası gibi altında ve üstünde daha yüksek sismik hıza sahip birim olan formasyonlarda, patlatma sonucu oluşan sismik dalgalar bu arada kalmış formasyon içinde hapsolarak, yönlenmiş dalgalar oluştururlar ve bu durum yönlenmiş dalgaların çok uzak mesafelere taşınmasına neden olur (Uyar, 2013; Uyar ve Babayiğit, 2016; Güngör ve Uyar, 2016).

- Patlatma tasarım parametreleri ve özellikle de delikler arasına ve sıralar arasına verilen yüzey gecikmeleri, ayna etkisi, patlatma kaynaklı sismik dalga oluşum ve yayılımını doğrudan etkilediği için önemle üzerinde durulmalıdır.
- Patlatma yapılan yer ile titreşimlerin minimize edilmesi istenen yer arasındaki uzaklık da oldukça önemlidir. Sismik dalgaların soğrulması ve yüzey dalgalarının dispersiyonu kat edilen uzaklığa bağlıdır.
- Sismik dalgaların katettiği jeolojik birimlerin elastik özellikleri (hız, yoğunluk, soğurganlık vb.) ve jeolojik yapı (temel kaya derinliği, ortamın fay durumu, tabakalanma sistemi, tektonizma vb), patlatma kaynaklı titreşimlerin minimize edilmesinde dikkat edilmelidir.
- Hedefin (titreşimlerden etkilenecek yer) jeolojik özellikleri; kayaçların fiziksel özellikleri ve yeraltı yapısının durumu da önemlidir.

5.2.1. Patlatma Kaynaklı Yer Titreşimleri ile İlgili Standartlar

Patlatma ile çevreye verilen olumsuzlukların en önemlisi yer titreşimleridir. Yer titreşimleri depreme benzer etkiler yapmaktadır. Dolayısı ile oluşan yapı hasarları benzerlik göstermektedirler. Patlatma ile oluşan titreşimler, taşıdıkları enerji düzeyinde hasara neden olmaktadır. Titreşimlerin enerji düzeyleri şu parametrelerle ölçülmeye çalışılmaktadır; parçacık yer değiştirmesi (mm), parçacık hızı (mm/s), parçacık ivmesi (mm/s^2) ve dalga frekansı (Hz).

Türk yönetmeliği uyarınca bu raporda titreşim hızı ve sismik dalga frekansı dikkate alınmıştır. Bu parametrelere ek olarak titreşime maruz kalma süresi de göz önünde bulundurulmuştur.

Yer titreşimlerinin frekans özellikleri başlıca iki unsurdan etkilenirler. Bunlar jeoloji ve gecikmeli ateşlemelerde gecikme aralığıdır. Sürekli şikayetlerin çoğunda, parçacık hızı Amerikan standartlarına göre hasar verme eşik değeri olan 12.5 mm/s değerinin çok altında olduğu ve hiçbir hasarın meydana gelmediği durumlarda dahi ciddi titreşim hissedildiği yönündeki his ve endişeler, tamamen düşük frekans özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Çünkü düşük frekanslı dalgaları insanlar kolayca hissedebilirler. Frekans yüksek olduğunda ise

insanların bunları algılaması çok zordur ve bu nedenle fazla endişeye kapılmazlar. Ayrıca 10 Hz değerinin altındaki frekanslar zeminde büyük yer değişimleri ve yüksek düzeyli birim deformasyonlar yarattığı için hasar olasılığını da artırır. Binalara verilen hasarda, sarsıntıların taşıdığı enerji düzeyinin yanı sıra binaların yapım tekniği, boyutları ve üzerine oturdukları zemin özellikleri de etkin olmaktadır. Bu nedenlerle sarsıntıya bağlı hasar etütlerinde çok kapsamlı çalışmak gerekmektedir.

5.2.2. Hasar Sınıflandırması

Bu bölümde, patlatma kaynaklı oluşan titreşimlerin değerlendirilmesinde kullanılan Türk Hasar Sınıflandırma Kriterleri ve Alman Hasar Sınıflandırma Kriterlerinden bahsedilmiştir. Dünyada en yaygın kullanılan kriterler Amerikan ve Alman kriterleridir. Türk Hasar Sınıflandırma Kriterleri, 2005 yılında, Amerikan Hasar Sınıflandırma kriterlerinden uyarlanarak benimsenmiştir. Bu sebeple, bu raporda ayrıca Amerikan kriterlerinden bahsedilmeyecektir. Alman kriterleri ise, Dünyada titreşimlerin minimize edilmesinde en hassas ve muhafazakar yaklaşımların geliştirildiği kriterler olması nedeni ile raporda yer verilmiştir (Uyar, 2017).

Türk Hasar Sınıflandırma Kriterleri

Batılı ülkelerde, hasar oluşmaması için zeminde izin verilen titreşim hızı sınır değerleri, ilgili ülke tüzüklerinde verilmektedir. Ülkemizde ise bu konuda Avrupa Birliği tarafından yayınlanmış bulunan, 25/6/2002 tarih, 2002/49/EC sayılı Çevresel Gürültünün Yönetimi ve Değerlendirilmesi Direktifine paralel olarak hazırlanmış olan bir yönetmelik, 01 Temmuz 2005 tarihinde 25862 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe konulmuş bulunmaktadır.

Türk yönetmeliği “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY)” (2005) başlığını taşımakta olup, ülkemizde ilk kez titreşim konusunda bir düzenleme içermektedir. ÇGDYY Madde 29’da çevresel titreşim esas ve kriterleri belirtilmiş olup, söz konusu Madde 29 aşağıda aynen verilmiştir:

“Yerleşim alanlarında çevresel kaynaklar için titreşim kriterleri

Madde 29- Çeşitli titreşim kaynaklarının neden olacağı çevresel titreşimin kontrol altına alınmasına ilişkin esaslar aşağıda belirtilmiştir:

- a) Maden ve taş ocakları ile benzer faaliyette bulunan alanlardaki patlatmaların çevredeki yapılara zarar vermemesi için, en yakındaki yapının dışında, zeminde ölçülecek titreşim düzeyi Tablo-9 da verilen değeri geçemez (Çizelge 3). Ölçümler*

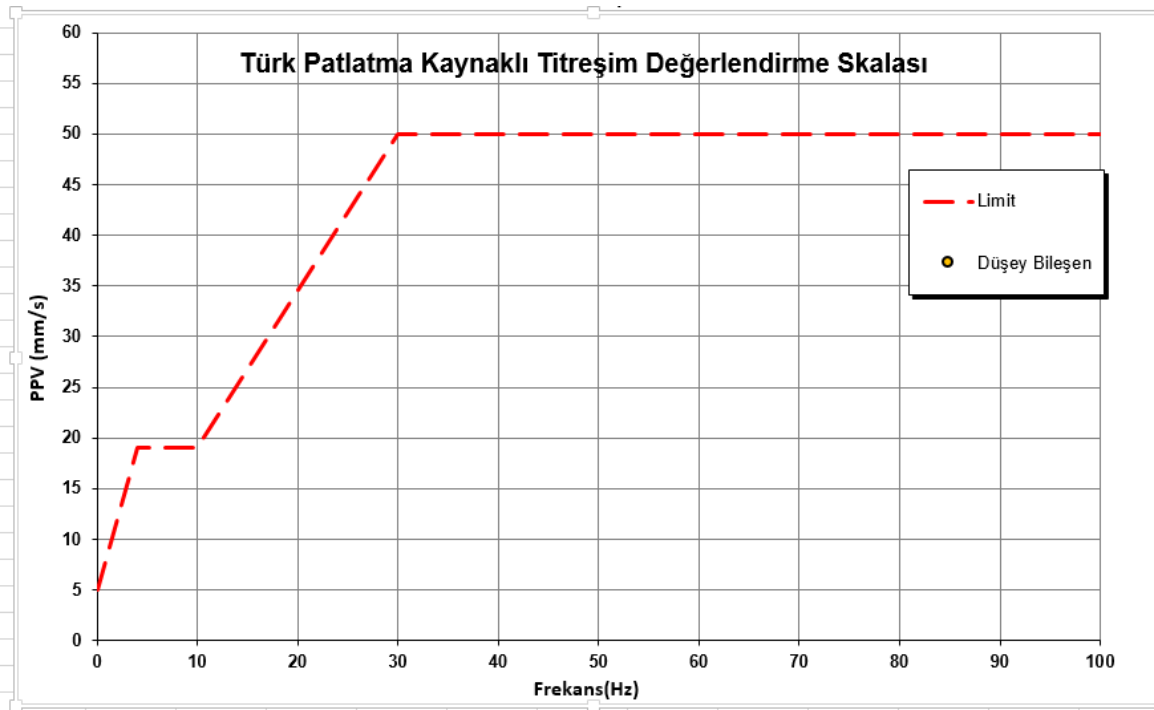
üç yönde yapılır ve bunlardan en yüksek olanı alınır. Titreşimler 1/3 oktav bantlarında tepe değeri olarak ölçülür.

Çizelge 5.1. ÇGDYY Madde 29’da Tablo-9: Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlama Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri

Titreşim frekansı (Hz)	İzin verilen en yüksek titreşim hızı (tepe değeri- mm/s)
1	5
4-10	19
30-100	50

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

Şekil 5.1, Türk hasar sınıflandırma grafiğini göstermektedir.

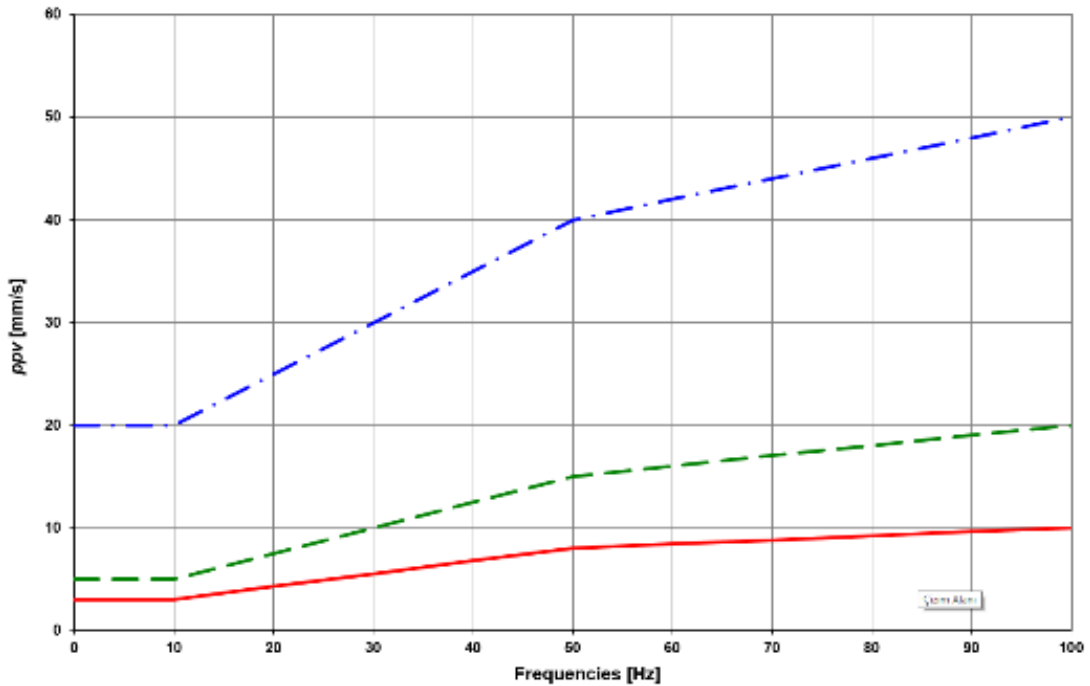


Şekil 5.1 Türk Hasar Sınıflandırma Grafiği

Şekil 5.1’de, x eksenı frekansı, y eksenı ise en yüksek parçacık hızlarını (peak particle velocity, ppv, mm/s) göstermektedir. Kırmızı eğri, frekansa bağlı olarak izin verilen en yüksek parçacık hızlarının sınır değerlerini gösterir.

Alman DIN4150 Normu

Hasar sınıflandırma kriterleri arasında Alman DIN4150 (DIN4150-3, 1999) normu en hassas olanıdır. Alman DIN normu, patlatma kaynaklı titreşimlerin, yapıları hasar vermemesi için izin verilen limit değerlerini, parçacık hızı-frekansa göre 3 farklı renkte oluşturduğu eğrilerin altında kalacak şekilde göstermektedir. Şekil 5.2’de, x eksenı frekansı göstermekte, y eksenı ise en yüksek parçacık hızlarını (peak particle velocity, ppv, mm/s) göstermektedir. Kırmızı çizgi, tarihi eserler sınıfındaki yapılar için izin verilebilecek genliklerin altında kalması gereken eğriyi; yeşil, betonarme yapılar için, mavi ise çok sağlam endüstriyel ve sanayi yapılar için izin verilebilecek genliklerin altında kalması gereken eğriyi göstermektedir. Şekil 5.2’den de görüleceği üzere, frekans arttıkça izin verilen genlik değerleri yükselmektedir. Çizelge 5.2, Alman DIN 4150 normuna göre, yapı tiplerine ve frekansa göre izin verilen parçacık hızlarını göstermektedir.



Şekil 5.2. Alman DIN4150 Hasar Kriteri

Çizelge 5.2. Alman DIN 4150 normuna göre, yapı tiplerine ve frekansa göre izin verilen parçacık hızları

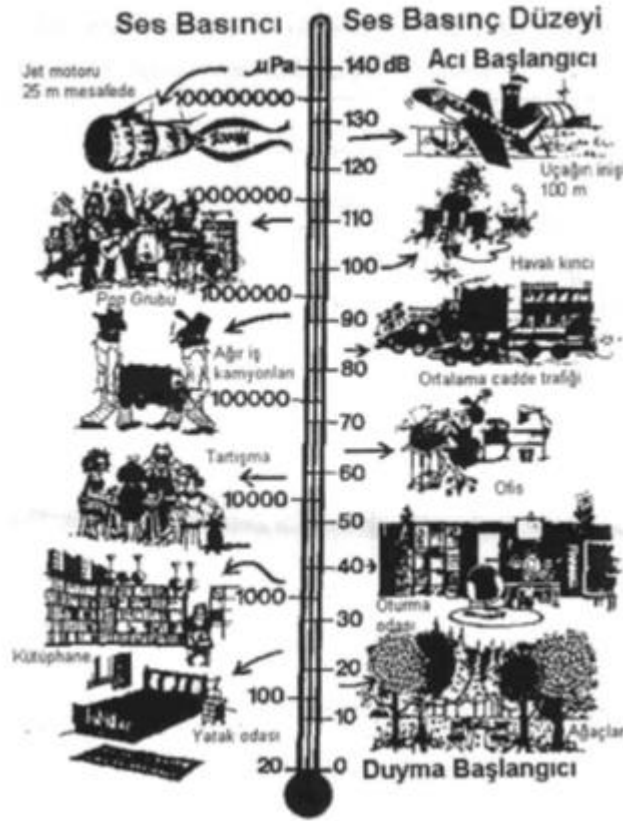
Sınıf	Yapı Tipi	Titreşim hızları (ppv) referans değerleri Yapılara gelen titreşimlerin frekans değerleri			
		1 to 10 Hz	10 to 50 Hz	50 to 100 Hz *	Tüm frekanslar
1	Ticari ve endüstriyel, sanayi yapıları	20	20 to 40	40 to 50	40
2	Yerleşim yerlerindeki oturan binalar	5	5 to 15	15 to 20	15
3	Tarihi eser gibi özel koruma altına alınması gereken hassas yapılar	3	3 to 8	8 to 10	8
* 100 Hz'den yüksek frekanslar, 100 Hz için izin verilen en düşük değere adapte edilebilir.					

Bu çalışmada, Türk Yönetmeliği (ÇGDYY, 2005) ve oldukça hassas olması nedeni ile güvenli tarafta kalmak adına, Alman DIN4150 normu birlikte değerlendirilmiştir (DIN 4150, 1999).

5.3 Hava Şoku

Patlatma sonucu, kaya çatlaklarından dış atmosfere hızla ve erken boşalan reaksiyon ürünü gazlar önemli düzeyde gürültü oluştururlar. Önlemlerin alınmadığı koşullarda gürültü düzeyi yüksek boyutlara ulaşarak hava şoku dalgalarına dönüşür. Şok dalgaları çoğunlukla insanlarda psikolojik rahatsızlıklara neden olmakta, patlamanın kendilerine zarar vereceği endişesi yaratmaktadır. Atmosferde yol alarak binalara ulaşan şok dalgaları cam ve gevrek çerçevelerin titreşimlerine yol açmaktadır. Zaman zaman hava şok dalgaları şiddetli olabilmekte ve yapılarda hasara yol açabilmektedir. En belirgin hasar cam kırılmasıdır. Hava şokunun yayılmasında, sıcaklık, nem oranı, havanın bulutlu oluşu, rüzgâr yönü ve şiddeti gibi atmosferik koşullar da etkin olabilmektedir. Hava şokları patlatmadan kaynaklanan hava basınç dalgaları olarak tanımlanmaktadır. Yüksek frekanslı basınç dalgaları duyulabilmektedir. Düşük frekanslı olanlar ise etki ettiği yapılarda tıkırtılar oluşturduğunda duyulabilmektedir. Hava şoku düzeyi patlatma, arazi ve hava koşullarına bağlı olmaktadır. Patlatmadan kaynaklanan hava şokları yapılarda kırık ve çatlaklara, pencerelerde kırılmalara ve insanların rahatsız olmasına neden olabilmektedir. Hava şoklarının insanları rahatsız etmesi, insanların yapı içerisinde ve yapı dışında olmalarına göre farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılık hava şoklarının binaya ulaşması sonrasında binanın yapısal özellikleri nedeniyle çıkardığı seslerden

kaynaklanmaktadır. Ses, basınç ya da desibel (dB) olmak üzere iki farklı birim ile ifade edilebilmektedir. Hava şoku, basınç ya da ses ölçerler kullanılarak ölçülebilmektedir. İnsan kulağıyla duyulabilen yaygın aralıklı genlikler ve frekanslardan dolayı akustik mühendisleri sesi desibel terimi ile ifade etmektedir. Hava şoku dalgasının yayılması, sıcaklık, rüzgâr ve yükseklik gibi atmosferik ve topografik koşullara bağlıdır. Belirli bir uzaklıktaki bulut kapallılığı bile bazen basınç dalgasının yere yeniden yansımaya neden olur. Günlük olaylardaki ses düzeyleri ve ses basınç değerleri Şekil 5.3’de verilmiştir. Patlatmaların duyulabilen bölümlerinin şiddeti, havalı kırıcılar ile uçağın yere inmesi sırasında çıkardığı gürültü arasında yer almaktadır. ABD’de (USBM ve OSM kuralları) yapılan yasal düzenlemelerle 140 desibele karşılık gelen hava şoku düzeyi hasar başlangıç ve gürültü üst sınırı olarak belirlenmiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Günlük olaylardaki ses düzeyleri ve ses basınç değerleri

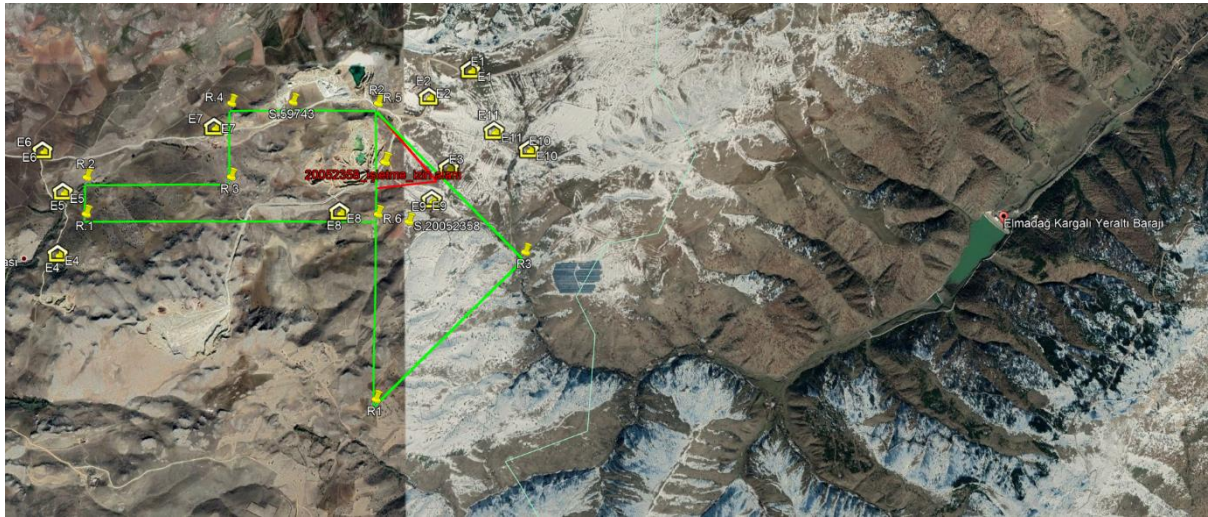
“Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinde” de farklı iş kolları ile ilgili sınır değerler yer alırken patlatma sonucu oluşan gürültü ile ilgili herhangi bir kriter belirtilmemiştir. Ancak aynı yönetmelikte ilave gürültü göstergelerinin kullanılabileceği belirtilmektedir. Buradan hareketle bu çalışmada, ABD tüzüğünde yer alan sınır değerler kullanılmıştır. Bu tüzüğe göre sınır gürültü değerleri Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Cihazın frekans bandına uygun olarak izin verilen en yüksek gürültü düzeyleri

Ölçüm sisteminin düşük frekans limiti (Hz)	Maksimum gürültü seviyesi (dB)
≤ 2 Hz	En yüksek 133
≤ 6 Hz	En yüksek 129

6. KAPASİTE ARTIŞINA GİDİLECEK SAHADA PLANLANAN PATLATMALI KAZI FAALİYETLERİNİN YAS KUYULARINA, KARGALI BARAJINA VE YAKIN YERLEŞİM YERLERİNE YÖNELİK YARATACABİLECEĞİ OLASI ÇEVRESEL PROBLEMLER VE BU PROBLEMLERİN KONTROL ALTINA ALINARAK EN AZA İNDİRİLEBİLMESİ İÇİN YAPILMASI GEREKENLER ÜZERİNE TEKNİK GÖRÜŞ

Şekil 6.1’de yeşil üçgen içinde görülen “20052358 Ruhsat Numaralı II-a Grubu Maden (Kalker) Ocağında kapasite artışı projesi istenmekte olup bu proje kapsamında, kırmızı üçgen ile gösterilen 12,05 hektarlık alanda açık işletme yöntemi ile basamak patlatması uygulanarak, yılda yaklaşık 1.500.000 ton (566,037 m³/yıl) kalker malzemesi üretilmesi planlanmaktadır. 20052358 ruhsat numaralı saha kapsamında; 03.09.2010 tarih ve 791 karar numarası ile 24,5 ha’lık alan ve 120.000 m³ (380.000 ton/yıl) kapasite için “ÇED Gerekli Değildir” karar belgesi bulunmaktadır. Bu rapora konu proje kapsamında ÇED izin alanının 24,5 hektardan, 12,05 hektara daraltılması ve üretim miktarının 380.000 ton/yıl’dan 1.500.000 ton/yıl’a çıkarılması planlanmaktadır (kırmızı üçgen içerisindeki saha).



Şekil 6.1 20052358 Ruhsat Numaralı II-a Grubu Maden (Kalker) Ocağında kapasite artışı istenen alan (kırmızı üçgen) ve yerleşim yerlerine, Kargalı barajına, güneş enerjisi santraline, kırma eleme tesisine göre konumu

Şekil 6.1’de kırmızı üçgen ile gösterilen proje alanının kuzeybatı yönünde bitişik mesafede aynı firmaya ait 59743 ruhsat numaralı ocak sahası; proje alanının kuzey yönünde 600 metre mesafede kırma eleme tesisi ve 28599 ruhsat numaralı ocağın yer aldığı, proje alanının kuzeydoğu yönünde yaklaşık 300 metre mesafede çiftlik evi ve güneydoğu yönünde 500 mesafede güneş enerjisi tarlasının yer aldığı görülmektedir. Ayrıca Kargalı Barajının proje sahasına göre lokasyonu da Şekil 6.1’de görülmektedir.

Projeye konu olan kapasite artışı istenen sahada yapılacak patlatmaların yaratacağı olası olumsuz etkiler ve nasıl en aza indirileceği hususunda genel bilgiler Bölüm 5’de verilmiştir. Bu etkilerden en çok tartışılanı, patlatma kaynaklı sismik dalgalar ve bunların yaratacağı titreşimlerdir. Çünkü bu sismik dalgalar eğer kontrolsüz yapılan patlatmalardan kaynaklanarak ilerlerse, aynı depremler gibi çevre yerleşim yerlerine, ocağın kendi şev duraylılığına, yeraltı sularına olumsuz yönde etki edebilirler.

Gerçekten de, uzun yıllardan beri hem dünyada hem de ülkemizde araştırmalara konu olan delme-patlatma faaliyetleri, bilim ve tekniğe uygun yapılmadığı durumlarda, hem madencilik faaliyetlerindeki ardaşık kalemlerde aksamalara ve maliyet artışlarına, hem de çevreye taş savrulması, hava şoku, toz oluşumu ve en önemlisi olan “titreşim” gibi olumsuzluklara sebep olabilmektedir.

Patlatmaların çevreye en büyük tehdit oluşturabilme potansiyeli olan titreşim etkileri; patlatma kaynaklı dalga mekanizmasının iyi anlaşılması, oluşan dalga tiplerinin ve nasıl sönümlendirileceğinin iyi bilinmesi ve günümüz teknolojisinin geldiği noktadaki en uygun patlayıcı ve patlatma aksesuarlarının yerinde kullanımı ile optimum verim ve güvenli, minimum çevresel sorunlar yaratan kontrollü patlatmalar ile en aza indirilebilmektedir. Başka bir deyişle, patlatma etkilerinden korunması gerekli olan özel projelerde, bilime ve tekniğe uygun patlatma tasarımları ile, patlatma kaynaklı oluşan dalgalar kontrol altına alınabilmekte ve çevreye olumsuz etkileri giderilebilmektedir. Ancak, bu tip özel projelerde, 1960’lı yılların başlarında ortaya çıkan , dünyada ve ülkemizde “kolay ve alışılagelmiş olduğu için” hala geniş uygulama alanı bulan “parçacık hızı-ölçekli mesafe ilişkisine bağlı türetilen istatistikî formüller yardımıyla mesafeye göre patlayıcı miktarını azaltma” yöntemi işe yaramamaktadır.

Bu yöntem yerine, probleme özel çözümler üretilerek, raporda ayrıntıları ile açıklanacak özel yöntemler ile, herhangi bir olumsuzluğa sebep vermeden patlatmalar yapılabilir.

Normal koşullar altında, kompleks bir jeolojik yapıya sahip olmayan bölgede, kontrollü bir patlatmadan kaynaklı sismik dalgalar mesafeyle soğrularak, açık işletmeye, uzaklıkları bilinen kritik yerlere (yakın yerleşim yerleri, güneş enerjisi santrali, kargalı barajı) herhangi bir olumsuz titreşim etkisi yaratılmayacaktır. Ancak alışlagelmiş yöntem olan “mesafeye bağlı olarak patlayıcı miktarını azaltma” yöntemiyle kısıtlı kalınıp, raporun ilerleyen bölümlerinde ayrıntı ile verilen frekans, süre, dalga yayılım mekanizması, delikler arasına verilen gecikme süreleri gibi parametrelerin dikkate alınmadığı patlatma tasarımları yapılırsa, uzak mesafelerde dahi kanal dalgası oluşumları, tekrarlı yansımalar gibi sebeplerle dalga iletimleri gerçekleşebilir ve titreşim etkisi yaratılabilir.

Şirketin kapasite artışına gideceği sahada ileride yapılacak patlatmaların etkilerini ön görebilmek ve kontrollü patlatmaları modelleyebilmek için, 14 Mayıs 2020 tarihinde sahada pilot patlatmalar yapılmıştır. Bu patlatmalar 4 adet sismograf ile kayıt altına alınmış ve böylece değişik yönlerde patlatma kaynaklı dalga yayılım mekanizması anlaşılmıştır. Pilot patlatmalardan kaynaklı sismik verilerden yararlanılarak, sismik dalgaların çevreye olabilecek etkilerini ortadan kaldıracak en uygun patlatma modellemeleri yapılmıştır.

Raporun ilerleyen kısımlarında, sahadaki pilot patlatmalar ve baraj, santral ve yakın yerleşim yerlerine herhangi bir olumsuz etki yaratmamak adına uygulanması gereken kontrollü patlatmalar için modelleme çalışmaları anlatılmıştır. Bu kontrollü patlatma çalışmaları, alışlagelmiş “*mesafeye göre patlayıcı miktarını azaltma*” yönteminden farklıdır. Saha ve modelleme çalışmalarının anlatımı öncesinde, patlatma kaynaklı dalgaların etkilerini kontrol edebilmek için, bu dalgaların oluşum ve yayılım mekanizmalarının iyi anlaşılması gerekliliği nedeniyle, bu konuya kısaca değinilecek; patlatma titreşimlerini en aza indirebilmek için uygulanan alışlagelmiş yöntemin olumsuzlukları anlatılacaktır.

6.1 Patlatmalardan Kaynaklı Sismik Dalgaların Oluşum Ve Yayılım Özellikleri

Patlamalı kazı işlerinde patlamanın asıl amacı kayayı kırarak gevşetmek veya ötelemektir. Çoğu patlamanın bu amacı oldukça etkin bir şekilde gerçekleştirebilmesi tartışılabilir. Ancak infilak sürecinde kayaya uygulanan enerjinin önemli bir kısmı, sismik dalga şeklinde verimsiz ‘atık’ enerjiye dönüşür. Bu enerji patlatma kaynağından uzaklaşarak ihmal edilebilir düzeyde tamamen sönünceye kadar uzun bir mesafe kat edebilir. Bu zaman sürecinde, kaya yapılarında ve yapılarda önemli hasarlara neden olabilir. Patlamadan kaynaklanan çevresel problemler, çeşitli şikâyetlerle birlikte patlayıcı madde enerjisinin tamamının parçalama ve öteleme işinde kullanılmadığının da bir göstergesi olmaktadır. Patlamadan kaynaklanan çevresel etkiler; patlama sırasında ortaya çıkan enerjinin parçalama ve/veya öteleme işlemlerinden arta kalan kısmının kaya içerisinde veya atmosferdeki hareketlerinden meydana gelmektedir. Bu durum dikkate alındığında çevresel etkilerden arındırılmış veya en aza indirilmiş bir patlama tasarımı aynı zamanda patlayıcı enerjisinin de en iyi şekilde kullanılması anlamına gelmektedir.

Patlama anında yaratılan sismik dalgaların, uzak mesafelere ilerlemesi ise, patlatılan delik şarjı ile titreşimlerden korunması gereken yer arasındaki kaya yapısının ve jeolojinin bir fonksiyonudur. Patlayıcılar, kısa mesafelerde öncelikli olarak cisim dalgalarını oluşturmaktadır. Cisim dalgaları küresel hareketlerle başka kaya tabakası, toprak veya yüzey tabakasına rastlayıncaya kadar ilerlemektedir. Bu kesişimde ise makaslama ve yüzey dalgaları oluşmaktadır. Düşük mesafelerde bu üç dalga tipi de aynı anda gelmekte ve dalga tanımlaması zorlaşmaktadır. Uzun mesafelerde ise daha yavaş olan kesme ve yüzey dalgaları, basınç dalgalarından rahatlıkla ayırt edilebilmektedir. Bu üç dalga tipi, içinden geçtikleri kaya yapısına göre değişik özellikler göstermektedir. Bunun sonucunda, yüzeydeki yapılar ya da kaya her dalga tipine göre farklı bir şekilde deformasyonlar göstermektedir. Kısacası; basit bir tanımla patlatma sonrası yayılan dalgalardan dolayı yaratılan yer hareketlerini durgun bir suda duran kağıttan bir kayığın, suya atılan bir taşın yarattığı dalgalar dolayısıyla göstereceği hareketlerine benzetmek mümkündür. Söz konusu hareketin hızı, frekans ve ivmesi, oluşacak hasarlar açısından; cismin doğal frekansıyla birlikte son derece önem taşımaktadır.

Cisim dalgaları, kaynaktan bütün yönlerde doğru yayılarak, yer içerisinde yayılırlar. Yüzey dalgaları ise hemen hemen yerkürenin yüzeyine paralel bir şekilde yayılırlar. Her ne kadar yüzey dalgası hareketi, yerin belirli bir derinliğine kadar inse de bu tip dalgalar yer içine doğrudan yayılmazlar. Yapısal çalışmalarda hacim dalgalarına paralel olarak yüzey dalgalarından da geniş ölçüde yararlanılması yaklaşık altmış yılı aşan bir zamandan beri süregelmektedir. Yüzey dalgaları yerin içinden geçerek enerji yaymaksızın yerin yüzeyine paralel yayılan sismik dalgalardır.

Patlamalarda ortaya çıkan yüzey dalgaları da, çevre yapıların rezonans frekansları ile uyumlu oldukları için tahripkar dalgalardır ve titreşim kontrolü çalışmalarında en aza indirilmesi gereken dalgalardır. Yüzey dalgaları cisim dalgalarına göre daha yavaş yayılırlar ancak genlikleri daha büyüktür ve daha çok hasara neden olurlar. Yüzey dalgaları enerjilerin daha büyük olmasından ve geometrik yayılmalarından dolayı cisim dalgalarına göre sismik kayıtlarda baskındır. Bunun yanı sıra, yüzey dalgaları cisim dalgaları gibi üç boyut da değil, yüzey tarafından yönlendirilerek, iki boyut da hareket eder. Bundan dolayı, genlikleri mesafeye bağlı olarak daha yavaş azalır ve kayıtlarda daha baskındır. Hızı daha fazla olan “Love” ve genliği daha büyük olan “Rayleigh” dalgaları olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Kaya kazısı amaçlı yapılan patlatmaların titreşim dalgası üretme özellikleri, açık işletme ve yeraltı patlatmalarında benzerlikler ve farklılıklar göstermektedir (Uyar GG, 2005; Uyar GG, 2010). Bu sebeple, açık işletme ve yeraltı işletmesinde yapılacak patlatma faaliyetlerinden kaynaklı oluşacak sismik dalgaların yaratacağı titreşimlerin minimize edilebilmesi için, kaynak dalga özelliklerinin bilinmesi şarttır. Ancak ortaya çıkacak dalganın frekans içeriği, titreşime maruz bırakma süresi, jeolojide ilerleme mekanizması bilinirse, hedeflenen lokasyonda en aza indirilecek çözümler üretilebilir. Aşağıda, bu özelliklere kısaca değinilmiştir:

- 1- Açık işletme patlatmalarında çoklu nokta kaynak vardır, yani birden fazla delikten oluşan bir patlatma grubundan kaynaklanır. Açık işletmelerde basamak boyları en fazla 15-20 m olduğu için, derinliklerin sığ olmasından dolayı düşük frekanslı (uzun dalga boylu) dalgalar ürer. Delik derinliklerinin sığ olması daha çok miktarda yüzey

dalgalarının üremesine neden olur. Yüzey dalgaları en tahripkar dalgalardır. Genlikleri yüksek, frekansları düşüktür. Yapıların doğal frekansları ile genelde uyumlu oldukları için, açık işletme patlatmalarından kaynaklanan titreşim dalgalarının çevre yapıları rezonansa sokma ihtimali yüksektir. Bu durumda, örneğin yapının temelinde ölçülen dalga genliği, üst katlarda rezonans etkisi ile birkaç kat artabilir. Bu sebeple, açık işletme patlatmalarından kaynaklanan yüzey dalgalarının en aza indirilmesi önemlidir. Bunu yaparken de en tahripkar bileşen, pilot patlatmalarla tespit edilmeli ve bu bileşende ölçülen titreşim genliklerinin hedef lokasyonlarda en aza indirilebilmesi için gecikme elemanları ve uygun delik gruplamaları ile tasarımlar hazırlanmalıdır.

- 2- Açık işletme patlatmalarında titreşim dalgalarının üremesinde etkili olan bir diğer faktör de patlayıcı-kayaç etkileşimidir. Patlama sonucu kayacın parçalanma ve deforme olma özelliği, patlama ile ortaya çıkan enerjinin ne kadarının elastik dalga yayılımında kullanılacağını belirler. Dolayısıyla, patlayıcı-kayaç etkileşimi iyi yapılmamış patlatma tasarımları ile gerçekleşen patlatmalarda enerjinin çoğu parçalanmada kullanılmak yerine, sismik dalga olarak yayılır.
- 3- Patlatmanın yapıldığı kaya biriminin patlama ile ortaya çıkan sismik enerjiyi öteleme özelliği bir diğer faktördür. Örnek: Altında ve üstünde yüksek sismik hıza sahip formasyon olan katmanlar, patlatma sonucu oluşan sismik dalgaları, bu kanal etkisi yaratılan katman içerisinde uzak mesafelere taşıyabilirler. Bu durum yönlenmiş dalgaların çok uzak mesafelere taşınmasına neden olur.
- 4- Patlatma parametreleri, patlatma kaynaklı sismik dalgaların oluşumunda önemli rol oynar:
 - Delik sayısı
 - Deliklerde atılan patlayıcı miktarı ve tipi
 - Deliklerin derinliği
 - Delik tasarımı
 - Gecikme
 - Ayna etkisi
- 5- Başka bir parametre, patlatma noktası ile titreşimlerin minimize edilmesi beklenen hedef lokasyon arasındaki uzaklıktır. Buradaki hedef, titreşimin en aza indirilmesi

istenen yerdir. Sismik dalgaların soğrulması ve yüzey dalgalarının dispersiyonu katedilen uzaklığa bağlıdır.

- 6- Jeolojinin etkisi: Katedilen jeolojik birimlerin elastik özellikleri (hız, yoğunluk, soğurganlık vb) ve jeolojik yapı (temel kaya derinliği, ortamın fay durumu, tabakalanma sistemi, tektonizma vb), patlatma ile oluşan sismik dalgaların iletilmesini ve soğrulmasını son derece etkiler. Yayılım mekanizmasını belirleyen jeolojinin, dalgalar üzerindeki etkilerini, patlatma tasarımlarını yaparken kullanabilmek için, pilot patlatmalar yaparak titreşimin minimize edilmesi istenen yönlere doğru dalgaların kaydedilmesi ve ortamın jeolojik imzasını taşıyan bu sinyaller kullanılarak grup patlatmaların modellenmesi gerekmektedir.
- 7- Hedefin jeolojik özellikleri: Kayaçların fiziksel özellikleri ve yeraltı yapısının durumu.
- 8- Patlatma kaynaklı sismik dalgalar, birbirlerine göre gecikmeli olarak hedef noktasına ulaşır. Bu gecikmelerin sebepleri şunlardır:

a- Yer bağımlı gecikmeler:

- Patlatma delikleri ile hedef arası uzaklıklar
- Deliklerin tasarımı

Değişik fazlara ait sismik dalga hızları (yüzey dalgaları, cisim dalgaları, direkt dalgalar, kırılma dalgaları, yansımalar, tekrarlı yansımalar ...vb).

b- Gecikme elemanları ile sağlanan kontrollü patlatmalar.

Bu gecikmeler, kontrollü patlatma tasarımında kullanılarak, hedef noktada titreşimlerin en aza indirilmesi sağlanabilir.

6.2. Patlatma Kaynaklı Titreşim Analizlerinde En Yüksek Parçacık Hızı-Ölçekli Mesafe İlişkisini Esas Alan Alışlagelmiş Yaklaşımın Olumsuzlukları

Patlatma kaynaklı titreşim analizlerinde yıllardan beri yaygın olarak kullanılan yaklaşım, patlatmalardan üreyen dalgaların, en yüksek parçacık hızı değerlerinin ölçekli mesafeye göre ilişkilerinden görgül bağıntılar çıkarmak ve bu bağıntıları kullanarak, patlayıcı miktarlarına kısıtlamalar getiren tasarımlar geliştirmektir. Patlatmalı kazı çalışmalarının, yerleşim yerlerinden ve alt yapı çalışmalarından uzakta yapıldığı dönemlerde, görgül bağıntılara dayanan bu yöntem, titreşimlerin azaltılmasında etkili olabilmekteydi. Ancak, günümüzde, hızla gelişen madencilik ve inşaat sektörlerindeki patlatmaların, özellikle şehirlere, yerleşim yerlerine, tren hattı, boru hattı, jeotermal sahalar, vb. yerlere çok yakın mesafelerde (200-300 m) olabilmesi, patlatma titreşimlerinin artık sadece patlayıcı madde kısıtlaması ile değil, bilim ve teknolojinin kazandırdığı yeni yöntemlerle en aza indirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. 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 şikayetlerin devam etmesinden anlaşılmaktadır. Bu yaklaşım, günümüz bilgi ve teknolojisi ile çözümlenebilecek olan bazı olumsuzluklar içermektedir. Özetleyecek olursak;

- i)Klasik yöntemde değerlendirmeler, yalnızca en büyük parçacık hızına (PPV) dayandırılmakta; dalga biçimi, frekans içeriği ve titreşim süreci dikkate alınmamaktadır.
- (ii) Patlayıcı miktarına kısıt getirilmekte, işletmenin madencilik faaliyetleri yavaşlamaktadır.
- (iii) Görgül formülün geçerli olduğu güzergah değiştiğinde, yeniden arazi katsayılarını belirlemek üzere en az 30 verinin elde edileceği patlatmaların yenilenmesi gerekmektedir.
- iv)Patlatma kaynaklı dalgaların yayılma mekanizmalarını etkileyen bazı fiziksel ve jeolojik olaylar karşısında klasik yöntem yetersiz kalmaktadır. Bunlardan biri, kömür damarı gibi, kendisinden daha yüksek sismik hıza sahip katmanlar arasında yer alan yapılar içerisinde ilerleyen patlatma titreşimlerinin, kömür damarı içerisinde kanal dalgaları haline dönüşmeleri

ve çok uzak mesafelere iletilebilmeleridir. Bir diğeri, patlatma titreşim analizlerinde zemin büyütmesinin temel kaya etkileşimi ile ilişkisidir.

v) Veri toplama aşamasında karşılaşılan bir uygulama da, kullanılan jeofonların doğal frekanslarına dikkat edilmemesidir. Piyasada sıkça görülen 4 Hz'lik jeofonlar, 4Hz ve üstündeki sinyalleri algımlarken, altındaki sinyalleri algılamadıkları için, 1-4 Hz aralığındaki önemli bir bilgi kaybedilmektedir. Yapılar için en büyük hasarı veren yüzey dalgalarının sahip olduğu bu düşük frekanslı dalgaları da kaydedecek 1Hz'lik jeofon kullanmak daha doğrudur.

vi) Alışlagelmiş yöntemin çözümsüz kaldığı bir başka durum ise, patlatmalara yakın mesafelerde, patlatma kaynaklı dalgaların doğrusal olmayan davranış sergilemesidir. Patlatma kaynaklı titreşim dalgaları, kaynaktan uzaklaştıkça giderek doğrusal davranışlar sergilemeye başlar (Uyar ve Ecevitoglu, 2007). Patlatma titreşimlerinden etkilenen ve şikayetçi olan yerler de genellikle, patlatma sahasından 400-500 m uzakta yerler olduğu için, klasik yöntemde dahi, eğer ortamda karmaşık bir jeolojik yapı yoksa (kanal dalgası, zemin büyütmesi yaratacak ortamlar), titreşim genlikleri mesafeyle doğrusal azalacak bir ilişki göstermektedir. Bu sebeple, belirtilen homojen şartlar dahilinde, klasik yöntem uzak mesafelerdeki hedeflere gidecek titreşim hızlarını tahmin edebilmekte başarılı olabilmektedir. Ancak, günümüzde, metro, tünel, demiryolu vb. çalışmalar için yapılan patlatmalar, yerleşim yerlerine 30-50 m mesafelerde dahi yapılabilmektedir. Bu kadar kısa mesafe içinde, patlatma kaynaklı dalgalar doğrusal olmayan davranış sergiler, parçalanmanın olduğu plastik davranışın izlerini üzerinde barındırır. Bu sebeple, klasik yaklaşımdaki PPV-SD (en yüksek titreşim hızı-ölçekli mesafe) ilişkisi ile oluşturulacak görgül formüllerle, patlatmaya 50-100 m mesafede korunması gereken yerlerde titreşimin en aza indirilmesi mümkün değildir. Çünkü dalgalar, bu formüllerin oluşturulduğu arazi katsayılarını belirleyecek kadar yol kat edememektedir. Bu tarz patlatma dalgası analiz çalışmalarında, oluşan frekans içeriği, patlatma dalgalarının etkime süresi dikkate alınarak, hedef noktada genliklerin sönümlendirildiği en uygun gecikme aralıklarının seçilmesi gerekmektedir. Patlatmaya çok yakın kritik hedeflerin korunması istendiğinde ise, ülkemizde de yavaş yavaş kullanılmaya başlanan elektronik kapsül uygulamaları ile, hedef noktada dalgaları sönümlendirecek, tam istenilen gecikmelerin seçilmesi de mümkündür. Aşağıdaki bölümde, patlatma titreşimlerini en aza indirmede bilime ve mühendislik ilkelerine uygun yöntemler doğrultusunda analiz ve değerlendirmeler yapılmış; öneriler sunulmuştur.

6.3. Projeye Konu Sahada Yapılacak Açık İşletme Patlatmalarının Çevre Yerleşim Yerlerine, Yeraltı Su Seviyesine, Yakın Tesis ve Güneş Enerji Santraline, Kargalı Barajı'na Olumsuz Etkiler Yaratmaması İçin Kontrollü Patlatma Çalışmaları ve Öneriler

Projeye konu sahada yapılacak grup patlatmalarının çevre yerleşim yerleri, yeraltı su seviyesi, yakın tesis ve güneş enerji santrali, Kargalı Barajı'na olumsuz etkiler yaratmaması için grup patlatmalarını modelleyebilmek amaçlı, patlatma kaynaklı sismik dalgaların yayılım mekanizmasını öğrenebilmek için sahada pilot patlatmalar yapılmıştır. Bu bölümde a) sahada yapılan pilot patlatmalar ve patlatma kaynaklı sismik verilerin analiz ve değerlendirilmesi, b) pilot patlatma verileri kullanılarak yapılan grup patlatma modellemeleri, c) pilot patlatma kaynaklı sismik veriler kullanılarak yapılan sismik kalite faktör hesaplamaları ve sismik kalite faktörünü kullanarak titreşim hızı tahmin edilmesi anlatılmıştır.

6.3.1 Sahada Yapılan Pilot Patlatma Çalışmaları

14 Mayıs 2020 tarihinde Şekil 6.2'de görülen lokasyonlarda 4 adet pilot patlatma (Patlatma-1, Patlatma-2, Patlatma-3, Patlatma-4) yapılmıştır. Şekil 6.2'de yerleri gösterilen pilot patlatmalar, 20052358 no'lu ruhsat sahası sınırında yapılmıştır. Patlatma izni alınması istenen sahada yapılacak patlatmalardan kaynaklı oluşacak dalgaların yakın yerleşim yerlerine, güneş enerjisi santraline, baraj yönüne doğru yayılım mekanizmalarını öğrenebilmek ve bu mekanizmaya göre hem yeraltı sularına hem de yerleşim yerlerine zarar vermeyecek patlatma tasarımını yapabilmek için, patlatma izni olan ruhsat sahası sınırındaki noktalarda “pilot patlatma” olarak adlandırılan tek delikli patlatmalar gerçekleştirilmiştir. Tek delik patlatmaları yapılmasının sebebi, patlatma kaynaklı oluşan ve yayılan sismik dalgaların sade ve diğer deliklerden kaynaklanacak dalgalarla etkileşime girmeden yayılma mekanizmasını elde edebilmek ve grup patlatma modellemelerini bu sade pilot sinyallerini kullanarak yapabilmektir. Pilot patlatmalardan kaynaklı sismik dalgalar, farklı ölçüm düzeneklerine göre yerleştirilen “12269”, “12270”, “Micro” ve “14465” adlı sismograflar ile kaydedilmişlerdir.



Toplamda 4 adet pilot patlatma ayrı ayrı yapılmıştır. Patlatma deliklerinin hazırlanması, patlatma yerleri, patlatma anı, sismografların yerleştirilmesi vb. saha çalışmalarına ait görseller sırasıyla Şekil 6.3, 6.4, 6.5 ve 6.6’da verilmiştir.



Şekil 6.3. Pilot patlatmalarda kullanılan yemleme dinamiti ve ANFO



Şekil 6.4 Deliklere patlayıcı ile doldurulması ve ateşlemeye hazır edilmesi



Şekil 6.5. Sismografların yerleştirilmesi



Şekil 6.6. Pilot patlatmalardan 3 ve 4. Patlatmaya ait görüntüler

Çizelge 6.1’de pilot patlatma parametreleri verilmiştir. Pilot patlatma, ileride yapılacak grup patlatmalardaki tek bir deliği simgeleyecek şekilde hazırlanmıştır.

Çizelge 6.1. Basamak patlatma parametreleri

Basamak Patlatma Parametreleri	Kalker
Basamak Yüksekliği, m	10
Basamak Genişliği, m	5
Basamak Şev Açısı, °	90
Delik Çapı, mm	89
Delik Boyu, m	10.87
Alt Delme miktarı, m	0.87
Delik geometrisi,m	2.5x3
Patlayıcı tipi	ANFO ve yemleme dinamiti, sulu deliklerde emülsiyon patlayıcı
Ateşleme elemanları	Gecikmeli elektriksiz ateşleme elemanları

Çizelge 6.1’de verilen delik boyu, alt delme miktarı, delik geometrisi gibi parametreler, Oloffson formüllerine göre üretilmiş olup (Çevre Bakanlığı Klavuzu, 2018), teorik olarak belirlenen bu parametreler ilk patlatmalardan sonra optimum patlatma geometrisini verecek şekilde saha özelinde tekrar gözden geçirilmelidir. Bu geometride bir patlatma deliğinin dolduruluş biçimi Şekil 6.7’deki gibi önerilmektedir.

Geometry Charge Timing Others

Packing Factor (%): 0 Auto

Quantity of Elements: 2

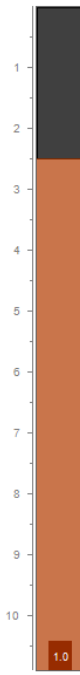
Nr	Explosive	Qty	%
1	Cartridge 1Kg	1.00 ud	☐
2	Arfo 0.85	100.0 %	☒

Inputed Charge: 0.00 Kg

Explosive: Arfo 0.8

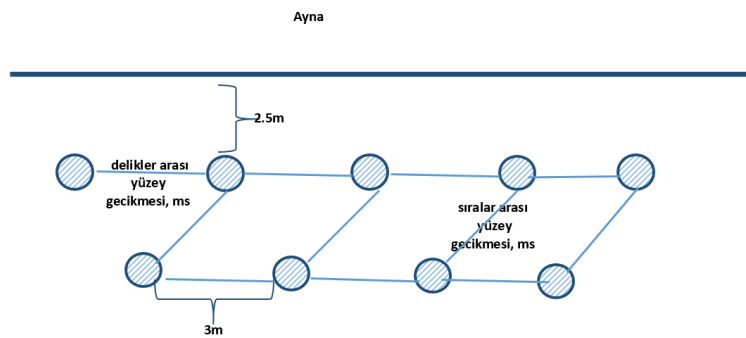
Total Charge: 42.1 Kg
Hole Volume: 76.3 m³
Powder Factor: 0.551 Kg/m³

Save as Charge Rule Apply



Şekil 6.7 Bir patlatma deliğinin dolduruluş biçimi

Şekil 6.8’de ise, belirlenen delik çapı ve delik geometrisine göre, tekniğe uygun bir patlatma grubu verilmiştir (delik sayısı örnek olduğu için temsili verilmiştir).



Şekil 6.8 Tekniğe uygun bir patlatma grubu

14 Mayıs 2020 tarihinde yapılan pilot patlatmalar sırasında sismograf lokasyonları sırasıyla Şekil 6.9, 6.10, 6.11 ve 6.12’de verilmiştir. Bu çalışmada 3 bileşenli (yanal, düşey, boyuna bileşende titreşim kaydı alabilen) jeofonlara sahip Instantel Minimate ve Micromate marka cihazlar kullanılmıştır. Jeofon frekansları 1 Hz’dir.

Patlatma-1, Şekil 6.9’da gösterilen yerde yapılmış ve yine aynı şekilde görülen sismograf 12269, 12270, 14465 ve micro ile kaydedilmiştir. Sismograf isimlendirmeleri şu şekilde yapılmıştır: P1-12269, Patlatma-1’de sismograf 12269 lokasyonunu temsil etmektedir. Patlatmalarda eğer sismograf yeri değişmezse, örneğin P1-P2 micro, patlatma-1 ve 2’de micro adlı sismografin yerini göstermektedir. Sismograflarda 3 bileşende ölçülen titreşim hızlarının bileşke değerleri de, titreşim hız değeri olarak ilgili sismograf lokasyonunun üzerine işlenmiştir.



Şekil 6.9 Patlatma-1 ve sismograf yerleri

Pilot Patlatmalar, ileride projeye konu olan sahada yapılacak grup patlatmalarındaki her bir deliğe ait geometrik düzende hazırlanmış ve patlayıcı ile doldurulmuştur. Uygulanması gereken en uygun geometri ve patlayıcı miktarları Bölüm 4’de verilmiştir. Bu tasarıma göre hazırlanan her biri birer pilot patlatma deliği olan grup patlatmasındaki, delikler ve sıralar arasına en uygun gecikmeler verilerek (Bölüm 4’de en uygun gecikmelerin ne olacağı belirtilmiştir) her bir deliğin ayrı ayrı patlatılması sağlanacaktır. Başka bir deyişle, önerilen

patlatma tasarımına uyulması durumunda, grup patlatmalarından da, tek delik patlatmalarından kaynaklanandan fazla titreşim yaratılamayacaktır. Hatta, bazı durumlarda pilot patlatmadan kaynaklanan titreşim hızlarının aynı mesafede grup patlatmadan kaynaklanandan fazla olduğu da görülebilir. Bunun sebebi, grup patlatmalarında bir deliğin patlayınca diğer deliğin bakır ortamını bozması ve patlayan ikinci delikten daha az elastik dalga yayılımı olmasıdır.

Bu bilgi ışığında Pilot Patlatma-1'e ait vektörel titreşim hızı bileşke değerleri incelendiğinde, sahaya yakın çiftlik evi (yaklaşık 300 m) yakınlarındaki sismograflarda, Türk hasar değerlendirme kriterlerine göre eşik değer olan 12.5 mm/s'nin (açık işletme patlatmalarında hakim frekans olan 10 Hz civarında) çok altında titreşim hızları kaydedilmiştir: sırasıyla patlatmaya 265 m mesafedeki sismograf 14465 1.71 mm/s; patlatmaya 446 m mesafedeki sismograf 12269 1.675 mm/s; patlatmaya 538 m mesafedeki sismograf 12270 1.980 mm/s. Bu üç sismograf patlatma-1 ile ve birbirleriyle yaklaşık aynı hat üzerindedir. Sismograf 12270, 12269'a göre patlatmadan daha uzak olmasına rağmen daha yüksek titreşim hızı kaydetmiştir. Bu durum sıklıkla rastlanabilen bir durum olup söz konusu sismograflar arasındaki jeolojik, yapısal ve tektonik yapıdaki değişikliğe bağlı olarak patlatma kaynaklı yayılan dalgaların yayılım mekanizmasının değişmesine ve sismografin bulunduğu noktayı daha fazla titretmesine bağlıdır. Ancak bu durumda da, izin verilen eşik değerlerin çok altında kalmıştır. Patlatmaya 438 m mesafedeki sismograf micro ise kayıt alamamıştır. Bu sismograf diğer üç sismograftan ayrı yöne yerleştirilmiş olup sismograf 12269 ve 12270'e göre patlatmaya daha yakın olmasına rağmen her hangi bir sismik kayıt alamamıştır. Bu durum, sismik dalganın yayıldığı ortamdaki değişikliklerin, sismik dalga genliklerinin artması ya da sönümlenmesindeki, mesafeden bağımsız etkisini göstermektedir. İzleyen bölümde patlatma kaynaklı titreşimlerin, patlatma yapılamayan durumlarda tahmin edilebilmesi için kullanılan sismik kalite faktörünün hesaplanmasına da değinilecektir. Bu sahaya özel hesaplanacak sismik kalite faktörü değerleri yardımıyla mesafeye bağlı titreşim hız değerleri tahmini yapılacaktır. Böylelikle 1960'lı yıllardan beri halihazırda kullanılan eski yöntemin dezavantajlarından bağımsız olarak titreşim tahmini yapılacaktır. Bu açıklamalar, Pilot patlatma-2, 3 ve 4 için de geçerli olup aşağıda sırasıyla diğer patlatma ve sismograf yerleri gösterilmiştir.

Patlatma-2, Şekil 6.10'da gösterilen yerde yapılmış ve yine aynı şekilde görülen sismograf 12269, 12270, 14465 ve micro ile kaydedilmiştir.



Şekil 6.10. Patlatma-2 ve sismograf yerleri

Pilot Patlatma-2'ye ait vektörel titreşim hızı bileşke değerleri incelendiğinde patlatma deliğine sırasıyla 138 m ve 150 m uzaklıklarda olan sismograflarda (12270 ve 12269) 1 mm/s'nin altında titreşim hızı okunmuştur. Patlatmaya çok yakın olmalarına rağmen titreşim hızı kaydetmek için eşik değer olan 0.5 mm/s'nin biraz üzerinde bir hız kaydedilmiş olması, öncelikle, sismografların jeofonlarının yere kuplajında sorun olabileceğini düşündürmektedir. Nitekim, patlatmaya daha uzak mesafeye (190 m) yerleştirilen sismograf 14465, beklenildiği gibi bir titreşim hızı kaydetmiştir: 2.703 mm/s. Bu titreşim hızı Türk hasar değerlendirme kriterlerine göre eşik değer olan 12.5 mm/s'nin (açık işletme patlatmalarında hakim frekans olan 10 Hz civarında) çok altındadır. Sismograf micro'nun yeri değiştirilmemiş olup ilk patlatmadaki gibi ikinci patlatmada da kayıt alınamamıştır. Her iki patlatmaya da 400 m civarlarında mesafede bulunan bu sismografa gelene kadar sismik dalgaların sönmüldüğü aşıkardır.

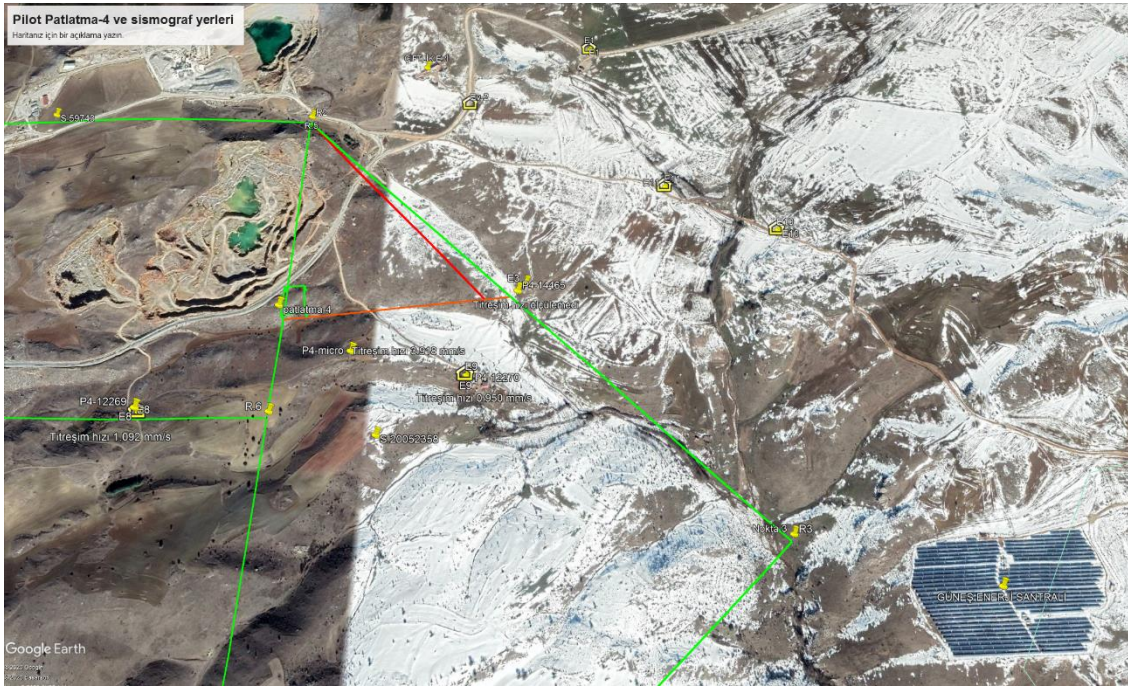
Patlatma-3, Şekil 6.11'de gösterilen yerde yapılmış ve yine aynı şekilde görülen sismograf 12269, 12270, 14465 ve micro ile kaydedilmiştir.



Şekil 6.11. Patlatma-3 ve sismograf yerleri

Pilot Patlatma-3'e ait vektörel titreşim hızı bileşke değerleri incelendiğinde, patlatma deliğine 93 m gibi çok yakın bir mesafede olan sismograf micro'nun 6.910 mm/s titreşim hızı kaydettiği görülebilir. Bu titreşim hızı Türk hasar değerlendirme kriterlerine göre eşik değer olan 12.5 mm/s'nin (açık işletme patlatmalarında hakim frekans olan 10 Hz civarında) çok altında olup, beklenildiği üzere mesafeyle sönümlenen bir davranış gösterdiği, patlatmaya sırasıyla 155 m, 172 m ve 239 m mesafedeki sismograflar 14465, 12269 ve 12270'de kaydedilen düşük titreşim hızlarından anlaşılabilmektedir.

Patlatma-4, Şekil 6.12'de gösterilen yerde yapılmış ve yine aynı şekilde görülen sismograf 12269, 12270, 14465 ve micro ile kaydedilmiştir.



Şekil 6.12 Patlatma-4 ve sismograf yerleri

Patlatma-4'e en yakın yerleşim yerleri Şekil 6.12'de E8 ve E9 ile gösterilmektedir. Patlatmaya 317 m mesafedeki E8 lokasyonuna yerleştirilen sismograf 12269, 1.092 mm/s titreşim hızı ölçmüştür. Patlatmaya 391 m mesafedeki E9 lokasyonuna yerleştirilen sismograf 12270, 0.950 mm/s titreşim hızı ölçmüştür. Patlatma 1, 2 ve 3'deki deneyimlerden de anlaşılabileceği gibi, sahada patlatma kaynaklı sismik dalgalar 400 m mesafeden sonra sönümlenmektedir. Bu sönümlenme davranışını görebilmek için patlatma ile aynı hat üzerinde olacak şekilde E9 ile patlatma arasında, patlatmadan 188 m uzağa sismograf micro yerleştirilmiş olup 3.918 mm/s titreşim hızı kaydettiği görülmüştür. Patlatma-4'den yayılan sismik dalgalar 188 m mesafedeki jeofonu 3.918 mm/s olan titreşim hızı ile titretirken, yayılıma devam eden sismik dalga 391 metredeki sismografa geldiğinde sönümlenme davranışı göstererek bu noktadaki jeofonu 0.950 mm/s ile titretmiştir. Patlatma-4'e 502 m mesafeye yerleştirilen sismograf 14465'in herhangi bir titreşim kaydı almaması da sismik dalgaların 400 m mesafede sönümlendiğini, diğer patlatmalarda olduğu gibi, göstermiştir.

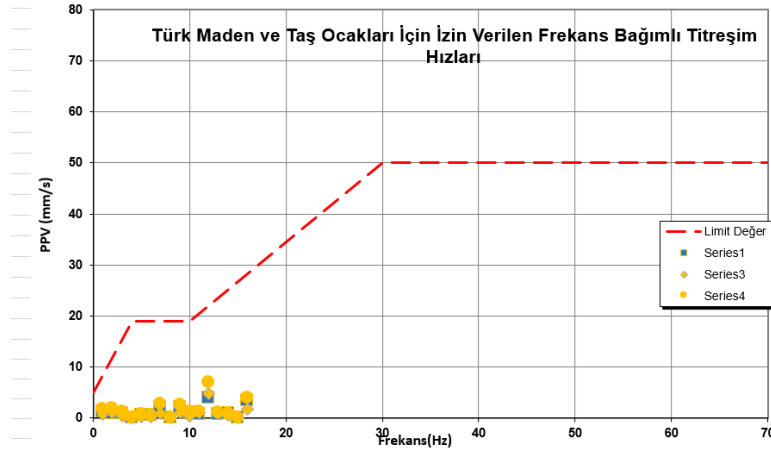
Çizelge 6.2, pilot patlatmalardan kaynaklanan titreşimleri ve frekansları toplu olarak göstermektedir. 4 adet sismograf, izin alınacak sahaya yakın kritik olarak belirlenen noktalara ve hedef olarak düşünülen güneş enerji santrali, baraj gölüne doğru bir hat üzerine yerleştirilmişlerdir. Tek delik patlatılacağı için, sinyalin ulaşabilmesi için sismograflar yakın

mesafelere de konmuştur. İlk patlatmadan edinilen deneyim sonucu sismik dalgaların 400 m civarlarında sönümlendiği anlaşıldığı için sismograflar 500 m mesafeden uzağa konmamıştır. Ama sismik dalgaların hedef olarak belirlenen noktalar yönündeki sönümlenme davranışlarını belirlemek için bazı sismograflar aynı hat üzerine yerleştirilmiştir. Böylece patlatma kaynaklı sismik dalgaının soğrulması anlaşılacak ortamın sismik kalite faktörü hesaplanmıştır. Sismik kalite faktörü, patlatma kaynaklı sismik dalgaların uzak mesafelere ilerleyebilmelerini doğrudan ilgilendiren bir faktör olup izleyen bölümlerde bu konuya değinilecektir.

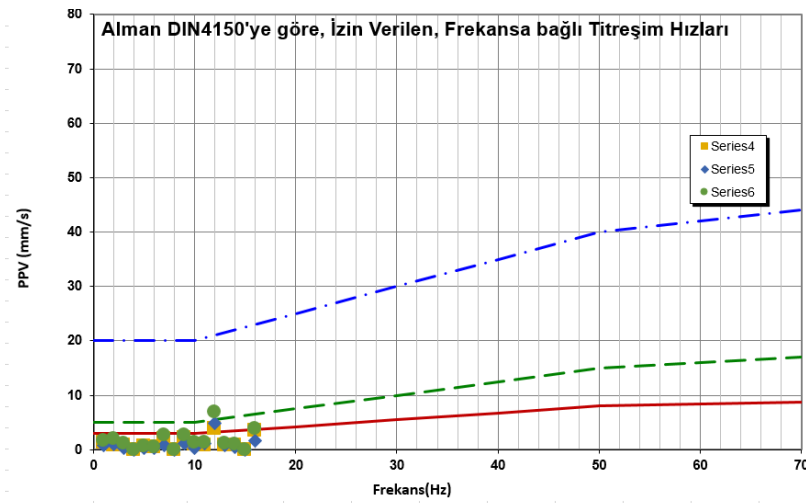
Çizelge 6.2 Patlatmadan kaynaklanan titreşimler, frekanslar ve hava şoku değerleri

Pilot Patlatma	Sismograf	Ölçüm mesafesi, m	T mm/s	V mm/s	L mm/s	PVS mm/s	Frekans Hz
1	12269	446	1.270	0.762	1.651	1.675	9
	12270	538	0.889	1.016	1.905	1.980	5.68
	14465	265	0.889	0.381	0.762	1.171	4.5
	Micro	447	-	-	-	-	-
2	12269	150	0.635	0.254	0.127	0.660	-
	12270	138	0.508	0.254	0.254	0.524	-
	14465	190	2.032	0.889	2.540	2.703	6
	Micro	400	-	-	-	-	-
3	12269	172	2.159	1.143	2.540	2.603	8
	12270	239	1.016	0.381	1.270	1.301	6
	14465	155	0.762	1.143	0.762	1.276	8
	Micro	93	3.894	4.784	6.747	6.910	9
4	12269	317	0.762	0.889	1.016	1.092	7.25
	12270	391	0.889	0.508	0.635	0.950	10
	14465	502	-	-	-	-	-
	Micro	188	3.484	1.687	2.317	3.918	8.5

Şekil 6.13 ve 6.14 sırasıyla, tüm pilot patlatmalardan kaynaklı oluşan sismik dalgaların ölçüm noktalarında yarattığı titreşim değerlerini Türk ve Alman standartlarına göre göstermektedir. Titreşim hızları, her iki standarta göre de, izin verilen eşik değerlerin çok altındadır. Grup patlatmaları da, önerilen tasarım geometrisi ve önerilen gecikme elemanları kullanılması halinde, pilot patlatmalardan fazla titreşim yaratmayacaktır. Hatta, daha önce de belirtildiği gibi, grup içerisinde birbirleriyle uyumlu ve belirlenen aralıklarla patlayarak güzergah içinde birbirlerini sönümlendirecek şekilde yol alan sismik dalgalar, pilot patlatmadan daha az titreşim yaratabilirler.



Şekil 6.13 Türk Maden ve taş ocakları için izin verilen frekans bağımlı titreşim limit değer çizgisine göre patlatmaların yarattığı titreşimler



Şekil 6.14 Alman DIN4150'de izin verilen frekans bağımlı titreşim limit değer çizgisine göre patlatmaların yarattığı titreşimler

Hem Çizelge 6.2'den, hem de Çizelge 6.2'deki verilerin Türk ve Alman standartlarına göre gösterildiği Şekil 6.13 ve 6.14'den anlaşılacağı üzere, sismograflarda okunan 3 bileşenli (T: transversal, V: Vertical, L: Longitudinal) titreşim hızları hem Türk Standartlarına göre hem de en güvenli tarafta kalmak adına muhafazakar olan standartlardan biri olan Alman DIN 4150 standartına göre izin verilen limit değerler altındadır. Her iki standarta göre oluşturulan grafiklerin gösterildiği patlatma veri setleri Ek-1'de sunulmuştur.

Patlatma izni alınacak olan sahanın güneş enerjisi santraline en yakın bölümünün uzaklığı 970 m'dir. Kargalı barajına ise bu mesafe 3600 m'ye yakındır. Sahaya sınır olan bölgede yapılan 4 adet pilot patlatmadan kaynaklanan sismik dalgalar 400 m'den sonra söğrulmakta ve sönümlenmektedir. Bu durum, yön bağlı değişimlerin de gözlenebilmesi için farklı yönlere konulan sismograflarla teyid edilmiştir. Ayrıca, sahada sismik kalite faktörü belirleme çalışması da yapılmış ve saha verileri kullanılarak uzaklığa bağlı olarak oluşabilecek titreşim hızları da tahmin edilmiştir ki bunlar da 400 m mesafeden sonra 1 mm/s'nin altına düşmektedir. Pilot patlatmalardan kaynaklanan sismik dalgaların yayılma, söğrulma ve sönümlenme mekanizmaları bu şekilde anlaşıldıktan sonra, pilot patlatma deliklerinin birarada olacağı grup patlatmalardan kaynaklı sismik dalgaların hem yeraltı su seviyesine hem de çevre yerleşim yerlerine herhangi bir hasar vermeyeceği en uygun patlatma modellemelerini yapmak gerekmektedir. İzleyen bölümde bu modellemeler anlatılmıştır.

6.3.2. Kontrollü Patlatma Modelleme Çalışmaları

Patlatmalarda delikler arası ve sıralar arası verilen gecikme süreleri çok büyük önem taşımaktadır. Çünkü, bu gecikme elemanlarının verilme sebebi, grup içerisindeki deliklerin optimum performansla patlayabilmesi için yeterli süre tanınması ve bu optimum sürelerde gerçekleşen patlatmalarla ortaya çıkan sismik dalgaların yol boyunca birbirlerini söndürülendirerek yol almalarını sağlayabilmeleridir. Bu sebeple, önceki bölümde de anlatıldığı gibi, sadece mesafeye göre patlayıcı miktarını azaltmak ile yapılacak alışlagelmiş çalışmalar, korunması istenen yerlerde titreşimlerin en aza indirilmesi için çözüm vermeyecektir. Bunun sebepleri ilgili bölümde anlatılmıştır. Bu nedenle, açık işletme patlatmalarından kaynaklanan sismik dalgaların çevreye herhangi bir olumsuz etki vermemesi için yapılması gereken kontrollü patlatma çalışması aşağıda anlatılmıştır:

Bu bölümde, alışlagelmiş parçacık hızı-ölçekli mesafe kuramına göre patlayıcı madde kısıtlamasıyla titreşimleri azaltmaya çalışan yaklaşım yerine, “Yüzey Dalgalarının Uygun Gecikmelerle Söndürülmesi” yöntemi anlatılmıştır. Bu yöntem, başka araştırmacı ve uygulamacıların da rahatlıkla uygulayabileceği ve uygulamakta olduğu, patlatma dalgalarının hedefte söndürülmesi için en uygun yüzey gecikmelerinin bulunduğu modellemeleri içermektedir. Başka araştırmacılar ve uygulamacılar da, son yıllarda, alışlagelmiş yöntemin olumsuzluklarını görerek terk etmekte ve teknolojinin getirdiği yenilikleri (elektronik kapsüller gibi) kullanarak, en uygun gecikmelerle optimal titreşim minimizasyonu sağlamaktadırlar (Blair, 2010). Önerilen yöntem, patlatma kaynaklı titreşimleri en aza indirebilmek için mevcut yöntem olan “hasar sınırlarının altında kalabilmek için gecikme başına kullanılacak en büyük patlayıcı miktarını belirleme” yönteminden farklı olarak, GG Uyar, Ecevitoğlu B (2007) tarafından patentlenen (TPE. 2007/03459) “Patlatma kaynaklı titreşimlerin en aza indirilmesini sağlayan yöntem” dir.

Bu yöntemde, alışlagelmişin aksine, patlayıcı miktarı önemini yitirmektedir. Bu yöntem, patlatma ile ilgili parametrelere (delik sayısı, delik tasarımı, kullanılan patlayıcı miktarı, türü, deliklerin konumları vb.) herhangi bir kısıt getirmemektedir. Yeni yaklaşımın esası, pilot atış kullanılarak elde edilen sismik dalgaın imzasını kullanarak, çoklu patlatma ile oluşan sismik

dalgaların modellenmesi ve uygun gecikmeler verilerek birbirlerini söndürmelerine dayanmaktadır. Veri analizinden elde edilen gecikme parametreleri, gerçek grup patlatmasında uygulanır. Yöntemin temeli pilot patlatmasına dayanmaktadır. Patlatma noktasından başlayarak hedefe ilerleyen sismik dalgalar yol boyunca çeşitli etkilerle karşılaşır. Patlayıcı miktarı, türü, patlayıcı-kayaç etkileşimi, ayna etkisi, karmaşık jeoloji (tabakalanma, tektonik ve litolojik özellikler) bu etkilerin başlıcalarıdır. Pilot patlatma ile oluşan sismik dalgalar, tüm bu etkilerin kaydını, farklı dalga biçimi oluşumları ve genlik ölçeklenmeleri şeklinde üzerlerinde 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 (Oppenheim ve Schafer, 1975) dayanır. Yeni yöntemin en can alıcı noktası, pilot patlatmaya ait sinyalin tüm etkileri (patlatmayla ilgili özellikler, jeolojideki karmaşa vb.) üzerinde barındırmasıdır. Bu yüzden, herhangi bir varsayıma ve jeolojik modellemeye gereksinim duyulmaz. Mevcut yöntemlere göre üstünlüğü, (i) Değerlendirmelerin, yalnızca en büyük parçacık hızına (PPV) dayandırılmaması; dalga biçimi, frekans içeriği ve titreşim sürecinin de dikkate alınması, (ii) Patlayıcı miktarına bir kısıt getirilmemesi ve işletmenin uyguladığı patlatma düzenine karışılmaması, (iii) Tek bir kayıt istasyonundan elde edilen titreşim kaydı ile dahi (sismik faz hızı hesaplanmayacaksa) analiz yapılabilmesidir.

Pilot patlatmadan elde edilen sismik veriler, ticari bir yazılım ile sismik kayıtçılardan bilgisayara aktarıldıktan sonra, geliştirilen yazılım paketi ile değerlendirilmektedir. Değerlendirme sonucu, aynı patlatmaya ait deliklerin nasıl gruplanacağı ve her gruba ne kadar gecikme verileceği belirlenir. Grup patlatmaları bu parametrelere göre gerçekleştirilir. Grup patlatması sonucu elde edilen ikinci veri setinden ise titreşimlerin ne kadar önlenemediği incelenir.

Yöntemin klasik yönteme göre en önemli üstünlüğü şudur: Klasik yöntemde en az 30 veri ile bulunan görgül yaklaşımlarla, patlatma ve hedef yön arasındaki arazi katsayıları belirlenerek görgül formül elde edilmekte ve bu yön için parçacık hızı tahmini yapılmakta, parçacık hızlarının hasar limitlerinin altında kalması için izin verilecek en yüksek gecikme başına patlayıcı miktarı belirlenmektedir. Ama, patlatma lokasyonu değiştiğinde, tüm bu yapılanlar

anlamsız olmakta, yeni yön için yeniden en az 30 veri toplanarak yeni formül oluşturulması gerekmektedir. Oysa ki, bu yöntemde, sismik dalgaların yol aldığı güzergah değiştiği zaman yeniden bir pilot patlatma yaparak yeni güzergahın imzası çıkarılır ve grup patlatmalar modellenir. Yani, 30 veri yerine sadece 1 adet pilot patlatmadan elde edilecek veri yeterlidir.

Bu yöntem, pek çok patlatmalı kazı faaliyetlerinde uygulanmıştır (Uyar Aksoy GG, 2020; Uyar Aksoy GG, 2019; Uyar G.G. 2017; Uyar G.G. Güngör N.O. 2017; Özçelik vd. 2017; Özçelik vd. 2016; Özçelik vd. 2015; Uyar G.G., 2015; Aksoy C.O. vd. 2015; Uyar G.G., 2014; Özçelik vd. 2013; G.G.U, 2011; GGU vd., 2010).

Rapora konu olan ruhsat sahasında açık işletme yöntemiyle yapılacak kazı ve üretim faaliyetlerinde, patlatma kaynaklı oluşan sismik dalgaların çevreye herhangi bir olumsuz etki yaratmaması için, dalga oluşum ve yayılım mekanizmasının anlaşılabilmesi adına pilot patlatmalar yapılmış ve bu pilot patlatmalardan grup patlatmaların modellendiği çalışmalarla, delik gruplamaları ve delikler arasına verilecek en uygun gecikme elemanları tespit edilmiştir. Unutulmamalıdır ki, delikler arasına verilecek uygun olmayan gecikmeler, hem optimum parçalanmayı engelleyecek ve dolayısıyla büyük blok oluşumları ortaya çıkmasına sebep olacak; hem de enerji, parçalanma yerine sismik enerji olarak yayılacak ve hedef noktada titreşimler daha çok artabilecektir. Bu sebeple, özellikle patlayıcı firmalarının “genelde en çok satılan ateşleme sistemleri” olarak önerdikleri sistemlerdeki gecikme aralıklarını sorgulamadan kullanmak yerine, pilot patlatmalarla en uygun çözümü veren sistemleri tercih etmek gerekmektedir.

Normal koşullar altında, kompleks bir jeolojik yapıya sahip olmayan bölgede, kontrollü bir patlatmadan kaynaklı sismik dalgalar mesafeye soğrularak, açık işletmeye uzaklıkları verilen mesafelerde herhangi bir olumsuz titreşim etkisi yaratmayacak; yeraltı su seviyesinde de değişikliğe sebebiyet vermeyecektir. Votorantim Firmasının isteği üzerine hazırlanan bu raporda, patlatmaların çevre yerleşim yerlerine ve yeraltı su seviyesine her hangi bir olumsuz durum yaratmaması için “yüzey dalgalarının uygun gecikmelerle söndürülmesi” prensibine dayalı kontrollü patlatmalar yapılabilceği ve bu yöntemin esaslarından bahsedilmiştir.

Yapılması gereken, bir ya da birkaç adet pilot patlatma yaparak ve farklı yönlerde yerleştirilen simograflarla kaydedilerek, sismik dalgaların değişik yönlerde yayılım ve soğrulma mekanizmasını anlayabilmektir. Böylece pilot patlatma ile elde edilen sismik imza sayesinde grup patlatmalar modellenenebilecektir (Uyar ve Ecevitoğlu 2007).

14 Mayıs 2020 tarihinde, sahada 4 adet pilot patlatma yapılmış ve izleyen bölümde anlatılan modelleme ile projeye konu saha için yapılacak patlatmalarda en uygun gecikme süreleri tespit edilmiştir.

6.3.2.1. Patlatma Kaynaklı Sismik Dalgaların En Uygun Gecikmelerle Söndürülmesi Yönteminin Uygulanması

Açık işletme ile üretim yapılacak sahada, 1.500.000 ton/yıl üretim planlanmıştır. Bu üretim planı için yapılması gereken patlatma tasarımı (delik sayısı, patlayıcı miktarları ve patlatma geometrisi) Bölüm 4’de verilmiştir.

Pilot patlatmadan elde edilen sismik veriler, ticari bir yazılım ile sismik kayıtçıdan 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. SeisBlast Yazılım Paketi 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 (Uyar G.G. ve Ecevitoğlu, 2008).

Bu çalışmada Pilot patlatma verisi olarak, pilot patlatma-1 noktasından 265 m uzakta olan “14465” adlı sismograftan alınan veri kullanılmıştır. İşletmede uygulanacak 78 delikli grup patlatması bu pilot patlatma verisi kullanılarak SeisBlast programı ile modellenmiştir. Delikler üç sıra olarak modellenmiş ve gecikme aralıkları olarak sırasıyla:

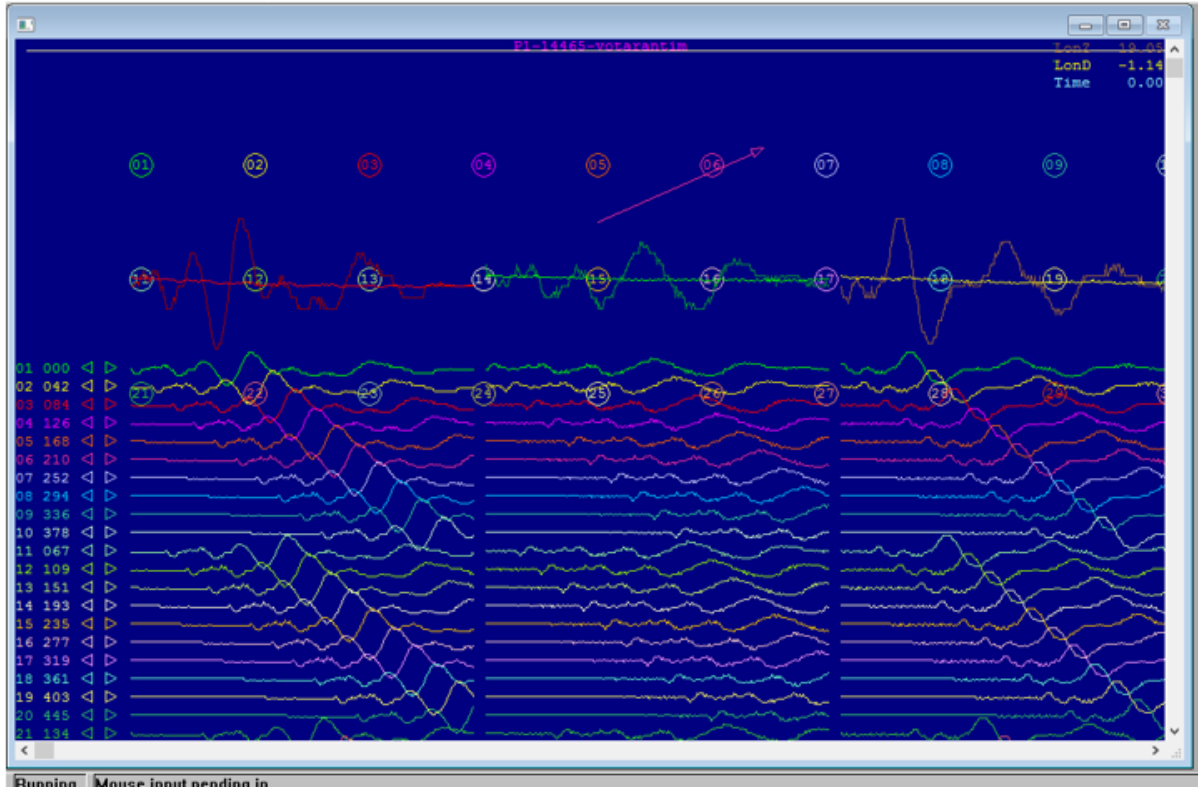
Delikler arası 25ms- Sıralar arası 42ms

Delikler arası 17ms- Sıralar arası 42ms

Delikler arası 42ms- Sıralar arası 67ms

kullanılmıştır.

Şekil 6.15, Delikler arası 42ms- Sıralar arası 67ms gecikme aralıklarına göre modellenen grup patlatmasının titreşimler üzerindeki etkilerini göstermektedir. Diğer gecikme aralıkları da modelde kullanılmış olup, en fazla titreşim azalmasına neden olan Delikler arası 42ms- Sıralar arası 67ms gecikme aralığı kullanımına ait model görüntüleri rapora konmuştur.



Şekil 6.15. 78 delikli grup patlatma modellemesi: Delikler arası 42ms, sıralar arası 67ms gecikme verilmiştir.

Şekil 6.15’de sol üst köşede koordinatları girilen 78 adet temsili grup patlatma deliği, aynanın konumu (düz sarı çizgi) ve ölçüm yönü (ok işareti) görülmektedir. Pilot sinyalden modellenen grup patlatma sinyalleri yine Şekillerde ortada (sırasıyla yanal (transversal), düşey (vertical), boyuna (longitudinal) ve altta her bir grup deliğine ait sinyaller (yine yanal, düşey ve boyuna bileşende) görülmektedir. Şekillerde üst orta bölümde pilot sinyalin ismi gösterilmektedir. Şekillerin üst sağ bölümünde ise hangi titreşim bileşeni üzerinde modelleme yapılıyorsa ona ait gecikmesiz ((Z)ero) ve gecikmeli ((D)elay) patlatmalara ait genlikler ve bu genliklerin okunduğu zaman verilmektedir.

Bu geometride bir grup patlatmasından kaynaklanan sismik dalgaların, her bir deliğe verilecek uygun gecikmelerle (bu modelde 42 ve 67 ms kullanılmıştır) hedef noktada birbirlerine söndürülmeleri sağlanabilir. Şekil 6.15’de, yukarıdaki geometride tasarımılanmış 78 delikli bir grup patlatmasının 500 m uzaklıktaki etkileri modellenmiştir. Şekil 6.15’de patlatma kaynaklı sismik dalgaların üç bileşeni, kırmızı (yanal), yeşil (düşey), sarı (boyuna) renklerde, ortada görülmektedir. Her bileşende aslında iki renk vardır, koyu renk, patlatma deliklerinin hepsi aynı anda patlatılsa (gecikme verilmeden), o milisaniyedeki ortaya çıkacak toplam sismik genliği, açık renk ise, uygun gecikme uygulandığında azalan sismik genliği göstermektedir. Sol yukarda patlatma delikleri görülmektedir. Şekilde, aşağıdaki sinyaller, her deliğe gecikme uygulandıkça değişen dalga biçimleridir. Şekillerde delikler birer birer, delikler arasına 42 ms, sıralar arasına 67 ms gecikme verecek şekilde patlatılacak biçimde modellenmiştir. Bu durumda titreşim genliklerinin ne kadar azaldığı, üç bileşende de görülmektedir. Sağ üst köşede, belirtilen zamanda titreşim genliklerindeki düşme miktarı görülebilir. Özetle, Şekil 6.15’de, delikler arasına 42 ms, sıralar arasına 67 ms yüzey gecikmesi verilerek deliklerin Şekil 6.15’deki gibi gruplandırılmaları halinde patlatma kaynaklı oluşacak ve hedef noktalarda titreşime sebep verebilecek sismik dalgaların üç bileşende (yanal, düşey, boyuna) en aza indirilebileceği gösterilmektedir (Örneğin, deliklerin hepsi aynı anda patlasaydı boyuna bileşendeki genlik 19.05 birim olacakken, önerilen gecikmeler uygulandığında 1.14 birime düşmüştür: boyuna bileşende titreşim hareketini gösteren kahverengi dalganın, uygun gecikmelerle sarıya düşmesi gibi). Patlatmadan 500 m mesafede sismik dalgaların neredeyse tamamen sönümlendiği bu modelden görülebilir.

Sismik dalgaların yıkıcı girişime uğrayarak birbirlerini sönümlendirmelerini sağlamak amacıyla delikler arasına gecikme verilirken 3 farklı delik arası ve sıralar arası gecikmeler tercih edilmiştir. Delik içi gecikme ise hepsinde 500 ms’dir. Bu gecikmeler uygulandığında, grup patlatma sinyallerindeki düşme her üç şekilde de açıkça görülmektedir. Her üç bileşende de, soluk renkli büyük genlikler tüm delikler gecikmesiz aynı anda patlatılsaydı nasıl bir genlik ortaya çıkardı sorusunun resmini vermektedir. Açık parlak renkli düşük genlikler ise, gecikme uygulanınca genliklerdeki düşmeyi göstermektedir. 3 farklı gecikmenin verildiği modeller arasında titreşimleri en aza indiren modelin delikler arası 42 ms ve sıralar arası 67 ms gecikme verilen durum olduğu görülebilir.

6.3.2.2 Sismik Kalite Faktörü, Q Yardımı İle Patlatma Kaynaklı Sismik Enerji Hesaplanması

Sismik Kalite Faktörü Q, 1940 yılından beri bilinen (Hua, Whei Zhou, 2014) ve deprem-zemin ilişkisi hakkında önemli bilgiler sağlayan bir parametredir. Q-Faktörü, deprem dalgalarının kat ettiği zeminlerin ne kadar soğurgan oldukları hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Q-Faktörü değerinin düşük olması, içinde yol aldığı zeminin anelastik özelliklerinin önemini vurgular. Bu anelastik özellikler kayaç türlerine bağlı olduğu kadar, fay ve ezilme zonlarını, yeraltı su seviyesinin yüksekliğini, ortamdaki çatlak-kırık ve heyelan durumunu, zeminin sıvılaşma potansiyelini, alüvyal ve bataklık zeminlerini, insan yapısı dolgu ve atık alanlarını da ifade etmektedir. Q-Faktörünün düşük olduğu zeminlerde, deprem dalgaları, elastik enerjilerinin bir bölümünü plastik deformasyon şeklinde kat ettikleri zemine bırakırlar. Bu kadar önemli bilgiler verebilme potansiyeline sahip olmasına rağmen, ölçümündeki zorluklar nedeniyle popülerlik kazanmamıştır.

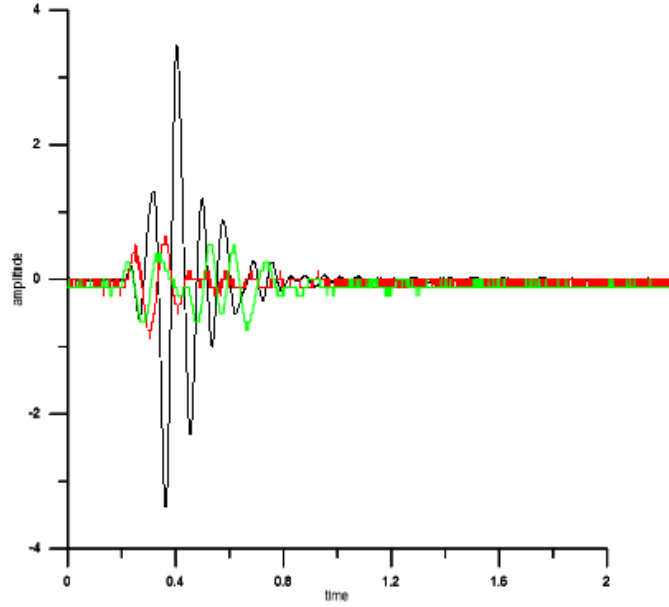
Patlatmalar depremlerle aynı sismik dalgaları üretirler. Patlatmaların yarattığı sismik etkilerin kayaçlarla ilişkisi Q faktörü kullanılarak yorumlanabilir. Normalde, Q ölçümleri zor olmakla beraber, patlatma titreşimlerini ölçtüğümüz düzenekle, Q hesaplamaları yapmak mümkündür. Aynı hat üzerine yerleştirilen sismograflardan elde edilen sismik dalgaların mesafeyle soğrulması prensibinden yararlanarak ortamın soğrulma faktörü ve yüzey dalga hızlarını ölçerek sismik kalite faktörü hesaplanabilir. Böylece, bölgesel Q değişim haritası hazırlanabilir. Bu harita, Q-Faktörü değerinin düşük olduğu yerlere vurgu yapacak olup; bu yerler, sismik dalgaların içinde yol aldığı kayaçların anelastik özelliklerine işaret edecektir ki bu anelastik özellikler:

- kayaç türlerindeki değişime,
- fay ve ezilme zonlarına,
- yeraltı su seviyesi değişikliklerine,
- ortamdaki çatlak-kırık ve heyelan durumuna,
- zeminin sıvılaşma potansiyeline işaret edecektir.

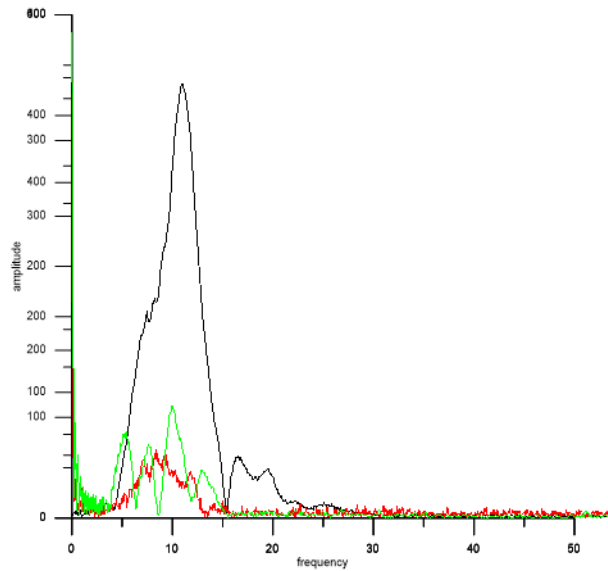
Q-Faktörünün düşük olduğu ortamlarda, patlatma kaynaklı dalgalar, elastik enerjilerinin bir bölümünü, plastik deformasyon şeklinde kat ettikleri ortama bırakırlar. Patlatma kaynaklı dalgalar geçerken, ortamda, denge konumları civarında titreşen parçacıklar, dalgalar geçtikten sonra tekrar eski denge konumlarına geri dönerlerse (elastik davranış), az bir tahribat olacaktır. Bu tür ortamlar yüksek Q-Faktörü değerlerine sahiptirler. Q-Faktörünün ölçülmesindeki zorluk, hesaplamaların frekans ortamında yapılması gerektiğine dayanmasıdır. Patlatmalarda beklenen kayaç davranışını ifade eden yer tepkisini, aletsel kayıtlardan (sismograf) elde edebiliyoruz. Bu amaçla, patlatma ile aynı hat üzerine, yakın ve uzak istasyon olarak adlandırdığımız en az iki noktaya yerleştirilen sismograflardan elde edilen patlatma kaynaklı titreşim kayıtlarının genlik spektrumlarının oranın doğal logaritması alınır. Elde edilen eğri üzerine bir doğru parçası yerleştirilir. Bu doğru parçasının eğiminden Sismik Kalite Faktörü Q hesaplanır.

Sahaya özgü Q faktörünü hesaplayabilmek için, Pilot patlatma-4 kullanılmıştır. Bu patlatma ve birbirleriyle aynı hat üzerine konumlandırılan sismograflardan alınan patlatma kaynaklı sismik dalga verileri kullanılmıştır.

Şekil 6.16 ve Şekil 6.17, Pilot patlatma 4'den kaynaklanan sismik dalgalar, patlatmaya 188 m uzaklıktaki sismograf 12269 (siyah renkli dalga formu), 391 m uzaktaki sismograf 12270 (kırmızı) ve 317 m uzaktaki sismograf 12269 (yeşil)'dan alınan dalgaların zamana ve frekansa bağlı genlik değişimlerini göstermektedir. Patlatmaya en yakın sismograf verisi olan siyah dalga biçiminin patlatmadan uzaklaştıkça kırmızı ve yeşil renkteki dalgalar gibi genliklerinde zamana ve frekansa bağlı düşmeler belirgindir.



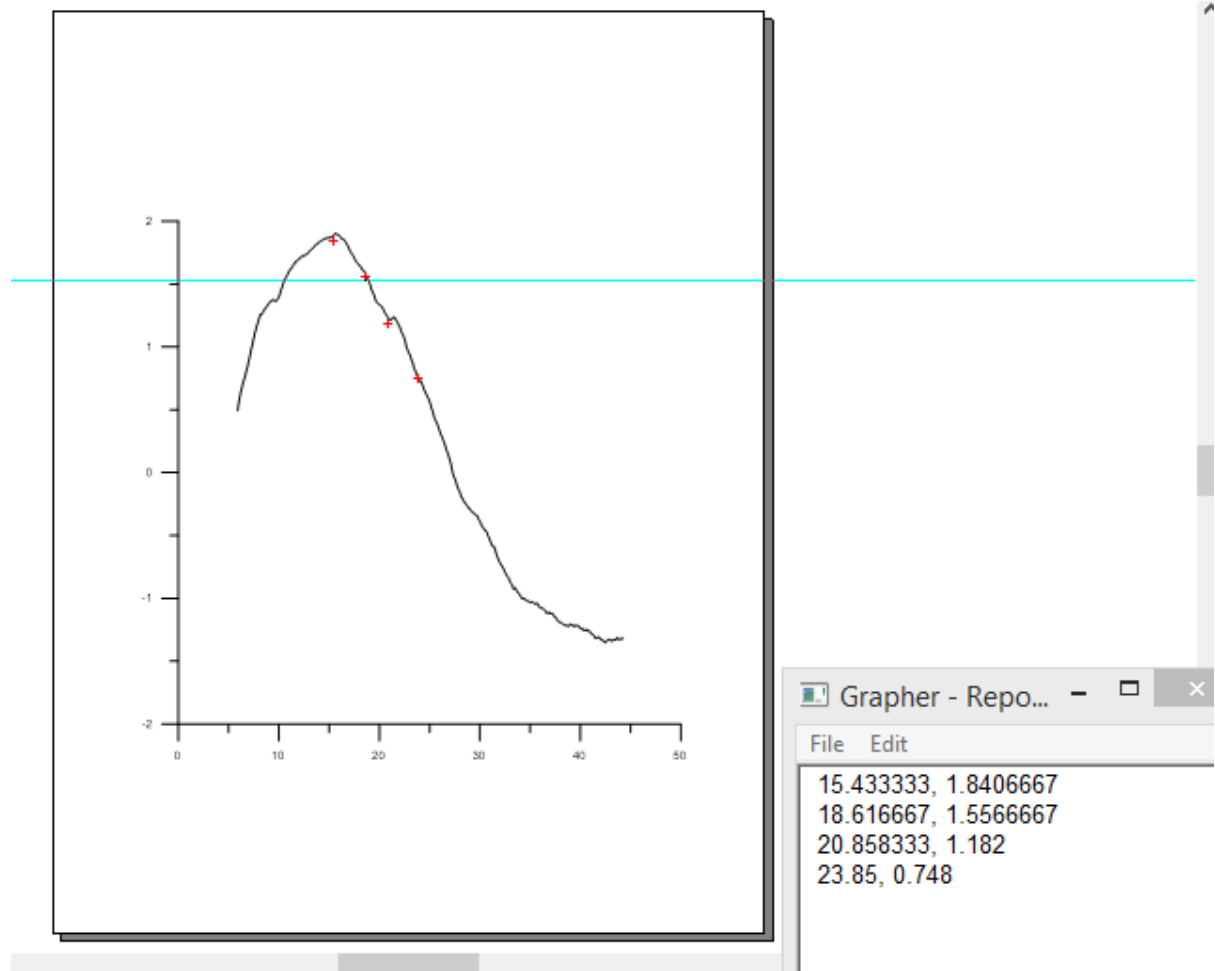
Şekil 6.16 Pilot patlatma 4'den kaynaklanan sismik dalgaların zamana bağlı genlik değişimleri (sırasıyla siyah dalga-188m, kırmızı dalga-391m, yeşil dalga 317m uzaklıkta kaydedilmiştir)



Şekil 6.17 Pilot patlatma 4'den kaynaklanan sismik dalgaların frekansa bağlı genlik değişimleri (sırasıyla siyah dalga-188m, kırmızı dalga-391m, yeşil dalga 317m uzaklıkta kaydedilmiştir)



Şekil 6.18 , iki sismografdan alınan sismik dalgalar kullanılarak spektral oran hesaplaması ile yapılan Q hesabını göstermektedir.



Report3_Q.txt - Notepad	
File	Edit
Format	View
Help	
Long Q = 12.93	
Vert Q = 15.88	
Tran Q = 10.22	

Şekil 6.18 Sismik kalite faktörü hesaplanması

Ölçüm yapılan alanda, 3 bileşende Q değeri ortalama 11 çıkmıştır. Bu değer, ölçüm yapılmayan durumlarda sismik dalgaların yaratacağı parçacık hızlarını tahmin etmekte kullanılabilir.

Patlatma kaynaklı sismik dalgaların yayılacağı kayaçların sismik kalite faktörü, yüzey dalgalarının kayaçlarda ilerleme hızı, kaynakta oluşan sismik dalga frekansı ve mesafeye bağlı olarak , tarafımda geliştirilen formül aşağıda verilmiştir (Uyar GG, 2010):

$$PPV = \frac{e^{-\frac{\pi}{QV}fR}}{R^{1/2}} \quad (1)$$

Bu formülde;

PPV: Titreşimin en yüksek tanecik hızı (peak particle velocity)

Q: Sismik kalite faktörü

V: Patlatma kaynaklı oluşan yüzey dalgalarının kayaçta ilerleme hızı, m/s

f: Sismik dalga frekansı

R: Patlatma yeri ile, titreşimin en aza indirilmesi hedeflenen yer arasındaki mesafe, m

Formül 1 yardımı ile patlatmalardan kaynaklı sismik dalgaların değişik mesafelerde yaratacağı parçacık hızları (PPV), bir başka deyişle titreşimler hesaplanarak Çizelge 6.3’de gösterilmiştir.

Formül 1’deki sismik kalite faktörü Q, değeri , yukarıdaki hesaplama göre 11 alınmıştır.

Formül 1’deki V, yüzey dalga hızı da, yine tarafımda geliştirilen Seisblast yazılımı kullanılarak, aynı hat üzerindeki iki sismografdan alınan sismik veri yardımı ile 600 m/s olarak belirlenmiştir. Frekans ise, 200 m mesafe için verilerin genelinde görülen sismik dalgaların ortalama hakim frekansı olan 20 Hz alınmıştır. Bundan sonraki mesafelerde, yüzey dalgaları dispersif özellik gösterdiği için, yani frekans hıza bağlı değiştiği için ve giderek düşük frekanslar görülmeye başlandığı için, sırasıyla 20, 15, 12 ve 10 Hz alınmıştır.

Çizelge 6.3 Votorantim Ocağında açık işletme patlatmalarından kaynaklanan titreşimlerin, Q hesaplamasına göre, mesafeye bağlı tahmin edilen değerleri

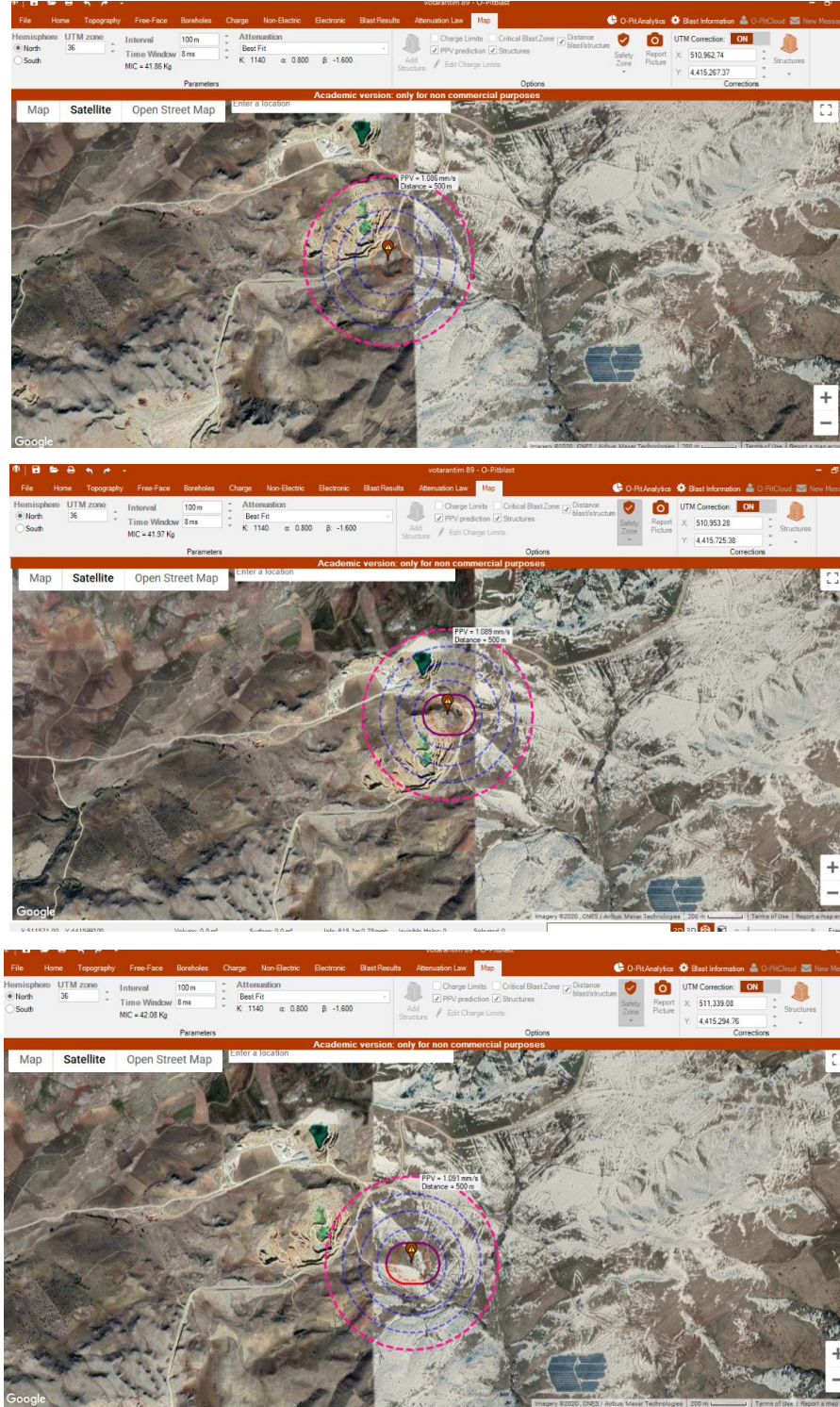
Patlatmaya olan mesafe, m	Parçacık hızı, mm/s
200	5.165
300	2.88
400	1.111
500	0.994
600	0.42
1000	0.015

Sismik kalite faktörü, hakim frekanslar ve yüzey dalga hızları yardımı ile hesaplanan titreşimlerin, O-pitblast modellemesine göre grup patlatmasında aynı mesafelerde (200-300-400-500 m) hesaplanan PVS (peak vektor sum, vektörel toplam bileşke) titreşim değerleri ile uyumlu olduğu görülebilir (Çizelge 6.4).

Çizelge 6.4 Sismik kalite faktörü ile hesaplanan titreşimlerin, O-pitblast modellemesine göre aynı mesafelerde hesaplanan titreşim değerleri ile karşılaştırılması

Patlatmaya olan mesafe, m	Q hesabına göre tahmin edilen Parçacık hızı, mm/s	O-pitblast ile tahmin edilen Parçacık hızı, mm/s
200	5.165	4.726
300	2.88	2.47
400	1.111	1.559
500	0.994	1.091
600	0.42	-
1000	0.015	-

Bölüm 4’de verilen tasarımın uygunluğu O-pitblast ile kontrol edildikten sonra, bu yazılımın tahmin ettiği mesafeye bağlı titreşim hızları, sahada patlatma yapılacak 3 farklı yer için Şekil 6.19’da verilmiştir.



Şekil 6.19 Mesafeyle titreşim hızlarının değişiminin harita üzerinde gösterimi

7 DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu rapor, Votorantim Çimento San. ve Tic. A.Ş.'ye ait 20052358 Ruhsat Numaralı II-a Grubu Maden (Kalker) Ocağı'nda kapasite artış projesi kapsamında yapılacak patlatmaların, Elmadağ'a içme suyu sağlayan Kargalı Barajı'na; yüzey ve yeraltı suyu miktar ve kalitesine, yakın yerleşim yerlerine zarar vermemesi için en uygun patlatma tasarımlarının yapılması amacıyla hazırlanmıştır. Raporun hazırlanması sırasında Firma tarafından temin edilen bilgi, belge ve dökümanlardan faydalanılmıştır. Aşağıda maddeler halinde rapora konu olan kontrollü patlatma çalışmaları ile ilgili değerlendirmeler ve varılan sonuçlar verilmiştir:

- 1- Votorantim Çimento San. ve Tic. A.Ş uhdesindeki 20052358 Ruhsat Numaralı II-a Grubu Maden (Kalker) Ocağı'nda kapasite artış projesi kapsamında yapılacak açık işletme patlatmaları için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan "Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu" (2018) dikkate alınarak patlatma tasarımı yapılmıştır.
- 2- 14 Mayıs 2020 tarihinde, kapasite artışına gidilecek saha sınırında 4 adet pilot patlatma yapılmıştır. İleride yapılacak grup patlatmalardaki tek deliği temsil eden bu tek delik patlatmaları, 4 adet sismografla farklı ölçüm düzenekleri dahilinde kaydedilmiştir. Böylece, sahada yapılacak patlatmalardan kaynaklanacak sismik dalgaların yayılma mekanizması anlaşılmıştır. Bu bilgiler, modelleme çalışmasında kullanılmıştır.
- 3- Açık işletme patlatma tasarımının doğruluğu ve bu tasarımın uygulanmasının patlatma performansına ve çevreye olan etkilerinin analizi hem Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünde var olan O-PitBlast Yazılımı Akademik Sürümü ile; hem de tarafımda uluslararası patenti alınan SeisBlast yazılımı ile yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.
- 4- İşletmeden alınan bilgiler doğrultusunda yıllık üretim planlarına göre hazırlanan patlatma tasarımı, gerek patlatma geometrisinin uygunluğu, gerek patlayıcı ve ateşleme sistemlerinin uygunluğu açılarından O-pitblast yazılımı ile incelenmiş ve sahaya en uygun patlatma tasarımı yapıldığı, yazılım çıktılarıyla da doğrulanmıştır.
- 5- Patlatmaların çevreye en büyük tehdit oluşturabilme potansiyeli olan titreşim etkileri; patlatma kaynaklı dalga mekanizmasının iyi anlaşılması, oluşan dalga tiplerinin ve nasıl sönümlendirileceğinin iyi bilinmesi ve günümüz teknolojisinin geldiği noktadaki en uygun patlayıcı ve patlatma aksesuarlarının yerinde kullanımı ile optimum verim ve

güvenlikli, minimum çevresel sorunlar yaratan kontrollü patlatmalar ile en aza indirilebilmektedir. Başka bir deyişle, patlatma etkilerinden korunması gerekli olan özel projelerde, bilime ve tekniğe uygun patlatma tasarımları ile, patlatma kaynaklı oluşan dalgalar kontrol altına alınabilmekte ve çevreye olumsuz etkileri giderilebilmektedir. Normal koşullar altında, kompleks bir jeolojik yapıya sahip olmayan bölgede, kontrollü bir patlatmadan kaynaklı sismik dalgalar mesafeyle soğrularak, açık ve kapalı işletmeye uzaklıkları verilen mesafelerde herhangi bir olumsuz titreşim etkisi yaratılmayacaktır. Ancak alışlagelmiş yöntem olan “mesafeye bağlı olarak patlayıcı miktarını azaltma” yöntemiyle kısıtlı kalınp frekans, süre, dalga yayılım mekanizması, delikler arasına verilen gecikme süreleri gibi parametrelerin dikkate alınmadığı patlatma tasarımları yapılırsa, uzak mesafelerde dahi kanal dalgası oluşumları, tekrarlı yansımalar gibi sebeplerle dalga iletimleri gerçekleşebilir ve titreşim etkisi yaratılabilir.

- 6- Günümüzde, hızla gelişen madencilik ve inşaat sektörlerindeki patlatmaların, özellikle şehirlere, yerleşim yerlerine, tren hattı, boru hattı, jeotermal sahalar, vb. yerlere çok yakın mesafelerde (200-300 m) olabilmesi, patlatma titreşimlerinin artık sadece patlayıcı madde kısıtlaması ile değil, bilim ve teknolojinin kazandırdığı yeni yöntemlerle en aza indirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.
- 7- Rapora konu olan patlatma kaynaklı sismik dalgaların çevre yerleşim yerleri, yeraltı suları, güneş enerjisi santrali ve Kargalı Barajına her hangi bir olumsuz durum yaratmaması için “*yüzey dalgalarının uygun gecikmelerle söndürülmesi*” prensibine dayalı kontrollü patlatmalar yapılması gerektiği ve bu yöntemin uygulanmasına dair esaslardan Bölüm 6’da bahsedilmiştir. Sahada yapılan pilot patlatma verileri kullanılarak, “*yüzey dalgalarının uygun gecikmelerle söndürülmesi*” yöntemine göre modellemeler yapılmış; sismik dalgaların hedef noktada birbirlerine sönümlendirilmelerinin gerçekleştirilmesi ve dolayısıyla kritik noktalara herhangi bir hasar vermeyecek patlatmalar planlanması için en uygun gecikme aralıkları ve gruplama düzeni belirlenmiştir.
- 8- Sahada yapılan pilot patlatma verileri kullanılarak, sahaya ait sismik kalite faktörü belirlenmiştir. Bu faktör yardımıyla, alışlagelmiş parçacık hızı-ölçekli mesafe kuramından çok daha gerçekçi sonuçlar veren bir yaklaşımla, patlatma titreşim ölçümü

yapılamayan durumlar için mesafeye bağlı titreşim tahmini yapılmıştır. Bu hesaplamalarda, patlatma kaynaklı sismik dalgaların yayılacağı kayaçların sismik kalite faktörü (Q), yüzey dalgaların kayaçlarda ilerleme hızı, kaynakta oluşan sismik dalga frekansı ve mesafeye bağlı olarak geliştirilen formül (Uyar GG, 2010) kullanılmıştır.

- 9- Gerek pilot patlatmadan kaynaklı sismik dalgaların yayılım davranışı, gerekse de O-pitblast , Seisblast ve sismik kalite faktörü kullanılarak yapılan modelleme sonuçları göstermektedir ki, sahada yapılacak kontrollü patlatmalardan kaynaklanacak sismik dalgalar, 500 m uzaklıktan sonra 1 mm/s'nin altına düşerek sönümlenecektir. Türk Maden ve Taş ocakları için hazırlanan “izin verilebilen en yüksek titreşim değerleri skalası” incelendiğinde, pilot patlatmalardan kaynaklı titreşim hızları, izin verilen limit değerlerin altındadır. Sahada yapılacak grup patlatmalarının yakın yerleşim yerleri (300-500 m mesafede), güneş enerjisi santrali (970m), Kargalı Barajı'na (3500m) göre mesafelerine dikkat edilirse, tarafımda önerilen patlatma tasarımlarına uyulması koşulu ile yapılacak patlatmalardan kaynaklanacak sismik dalgaların bu kritik yerlere ulaşmadan söğrölacağı (patlatmalardan 500 m sonra 1 mm/s parçacık hızının altına düşmekte olduğu görülebilir) anlaşılmaktadır. *Pilot patlatmalardan anlaşılan sismik dalga yayılım mekanizmasına ve modelleme ile bulunan grup patlatma davranışlarına göre, işletmenin yapacağı açık işletme patlatmalarından kaynaklanan sismik dalgalar, kontrollü patlatmalar yapılması şartı ile, yakın yerleşim yerleri, santral ve baraja hasar vermeden sönümlenecektir. Ayrıca, kontrollü yapılan patlatmalarda, enerji, kayayı optimum parçalamada kullanılacağı için, yeraltı su seviyesini olumsuz etkileyecek fazla kırma ve yerin derinliklerine ilerleyen cisim dalgalarının çatlakları fazla açarak yeraltı suyu dengelerini örselemesi gibi bir problemin olacağı düşünülmemektedir.*

- 10- Patlatma deliklerinde ana patlayıcı olarak ANFO kullanılmaktadır. ANFO, amonyum nitrat ve fuel oil'in belirli oranda karışımı ile oluşan, yemlemeye duyarlı (yemleme dinamiti denilen ve patlatma deliği içerisinde infilakı başlatan kapsüle duyarlı bir patlayıcı ile patlayan) bir patlayıcıdır. Stokiyometrik olarak amonyum nitratın ve fuel oil'in en efektif ve dengeli olarak birleştiği oran ağırlıkça %94,5 oranında amonyum nitrat (AN) ve yine ağırlıkça %5,5 oranında fuel-oil'in homojen bir şekilde karıştırılması sonucu elde edilir. Bu karışımda, fuel oil'in % 5.5'dan fazla olması NO,

NO_2 , NO_x ortaya çıkmasına sebep olurken, %5.5'dan az olması neticesinde CO ortaya çıkar. Bu sebeple, patlatmalarda kullanılan ANFO'nun teknik özelliklerinde AN ve FO oranlarının sırasıyla ağırlıkça %94,5 ve %5,5 olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca, AN suda çözöldüğü için, sulu deliklerde kullanılmaması ya da deliklerin susuzlaştırılması gerekmektedir. ANFO kullanımında bir başka dikkat edilmesi gereken husus, patlatma deliğinde ANFO'nun infilakının delik boyunca devamlılığının sağlanabilmesi ve tam infilakın gerçekleşmesi için koşulların oluşturulmasıdır. Bu koşullar, susuz ortam, yeterli yemleme dinamiti ile infilakın başlatılması, AN ve FO karışım oranlarının optimum olmasıdır. ANFO'nun ideal infilak şartlarının olduğu patlatmalarda, nitrat kirliliğine yol açacak salınımların da olmaması beklenmektedir. Bu raporda, ANFO, yemleme dinamiti ve ateşleme sistemlerinin optimum performans ve minimum çevre kirliliği yaratacak şekilde kullanılmaları için gerekli kontrollü patlatma tasarımları hazırlanmıştır. Bu tasarımlara uygun yapılacak kontrollü patlatmaların çevre yerleşim yerlerine ve yeraltı su seviyesi ile kalitesine herhangi bir olumsuz etki vermeyeceği düşünülmektedir.

- 11- Maden sahası yerleşim alanlarının ve patlatma kaynaklı sismik dalgaların etki mesafelerinin verildiği Şekil 6.19 değerlendirildiğinde, işletmede yapılacak patlatmalarının, raporda önerilen tasarımlara uygun yapılması halinde işletmenin yakınlarındaki yerleşim alanlarına ve santral ve baraj gibi unsurlara herhangi bir olumsuz etki (titreşim, taş savrulması vb) yaratmayacağı düşünülmektedir.
- 12- Bu raporda, Votorantim Çimento San. ve Tic. A.Ş. sahasında herhangi bir olumsuz titreşim etkisi yaratmayacak patlatmaların tasarımı ve modellenmesi yapılarak kontrollü patlatma teknikleri ile kritik bölgelerin korunarak patlatma çalışmaları yapılabileceği anlatılmıştır. Bu çalışmalarda, kontrollü patlatmalar için tarafımda patenti alınan yöntem (TPE. 2007/03459) ve bu yöntemin parçası olan bir yazılım da kullanılmıştır. Raporda kullanılan ve işletme faaliyetlerine başladığı zaman kontrollü patlatmalar yapılması için önerilen yöntem, rapor içerisinde kaynaklarına atıf yapılan pek çok patlatmalı kazı faaliyetlerinde başarıyla uygulanmıştır.

Raporda ayrıntıları ile verilen bu değerlendirmelere göre aşağıdaki sonuca varılmıştır:

IR 20052358 numaralı sahanın çevre yerleşim yerlerine yaklaşık uzaklığı 300-400 m'dir. Güneş enerjisi santraline 970m, Kargalı Barajı'na 3500m'dir. ASKİ'den gelen yazıda bu mesafelerdeki noktalara herhangi bir hasar verilmemesi ve yeraltı sularının etkilenip etkilenmeyeceğinin anlaşılabilmesi için patlatma tasarımı ve değerlendirilmesi istenmiştir. Sahada yapılacak patlatmaların raporda önerilen şekilde gerçekleştirilmesi durumunda, patlatma kaynaklı sismik dalgaların yaratacağı titreşimlerin 500 m mesafede 1 mm/s altına düşeceği hesaplanmıştır. Bu değer ise Türk hasar belirleme skalasına göre izin verilen en yüksek değer olan 12 mm/s'nin çok altındadır. En hassas hasar belirleme kriteri olan Alman Normuna göre de tarihi yapılara hasar verme eşik değeri olan 3 mm/s'nin de altındadır. Bu sebeple;

Votorantim Çimento San. ve Tic. A.Ş, sahip olduğu, Ankara İli, Mamak İlçesi, Kutludüğün Mahallesi Mevkii'nde hali hazırda işletilen Maden İşleri Genel Müdürlüğü 20052358 Ruhsat Numaralı II-A Grubu Maden (Kalker) Ocağı'nda yapılacak patlatmaların;

açık işletmede raporda önerilen şekliyle, bilim ve tekniğe uygun yapılacak kontrollü patlatma tasarımları gerçekleştirilmesi koşulu sağlanması durumunda, Elmadağ'a içme suyu sağlayan Kargalı Barajı'nın uzun mesafeli koruma alanı'nına, su havzasında yüzey ve yeraltı suyu seviyesi ve kalitesine, yakın yerleşim yerlerine herhangi bir olumsuz etki yaratmayacağı kanısına varılmıştır.

8 KAYNAKLAR

1-AKSOY G.G.U., “Ordu ili, Çaybaşı İlçesine bağlı İlküvez mevkiinde bulunan 3296924 erişim ve 52/2013/01 ruhsat no’lu II-A grup bazalt taş ocağındaki patlatmaların olası çevresel etkilerin belirlenmesi ve en aza indirilebilmesi için kontrollü patlatmaların tasarlanması”, Ekim 2019.

2-AKSOY G.G.U., “Ankara İli, Şereflikoçhisar İlçesi, Odunboğazı Mahallesi Mevki’inde Aytaş Alçı Enerji Mad. ve San. Tic. A.Ş. Tarafından İşletilen S: 20069578 Sayılı IV(a) Grubu Alçıtaşı Ocağında Yapılan Patlatmaların Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi Ve En Aza İndirilebilmesi İçin Kontrollü Patlatmaların Tasarlanmasına Dair Teknik Rapor”, Mart 2019

3-AKSOY G.G.U., “Ankara İli, Ayaş İlçesi, Gökler Mahallesi Mevki’inde Bolu Çimento Sanayi A.Ş. Tarafından Yapılması Planlanan 86198 ve 3354698 Ruhsat Numaralı II-A Grubu Kalker Ocaklarında Olası Çevresel Etkilerin Belirlenmesi ve En Aza İndirilebilmesi İçin Kontrollü Patlatmaların Tasarlanmasına Dair Teknik Raporlar”, Serdar Mühendislik Çevre ve Atık Yönetimi İnş. Taah. San. Tic. LTD. ŞTİ, Ocak 2019.

4-AKSOY G.G.U., “Ankara İli, Kahramankazan İlçesi, Dağyaka Mahallesi Mevki’inde İsmail Halezaroğlu Tarafından Yapılması Planlanan 3359497 ve 3350267 Ruhsat Numaralı II-A Grubu Kalker Ocaklarında Olası Çevresel Etkilerin Belirlenmesi Ve En Aza İndirilebilmesi İçin Kontrollü Patlatmaların Tasarlanmasına Dair Teknik Raporlar”, Serdar Mühendislik Çevre ve Atık Yönetimi İnş. Taah. San. Tic. LTD. ŞTİ, Ocak 2019

5-Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Klavuzu, 2018, <http://ced.csb.gov.tr/kilavuz-rehber-form-i-320>

6-AKSOY G.G.U., “KIRKAĞAÇ RES Projesi Kapsamında Yapılan Patlatmalı Alt Yapı İşlerinde Patlatılan Miktarın Doğru Ve Bilimsel Olarak Hesaplanması ve Patlatma Tasarımlarının İncelenerek Bu Tasarımlara Göre Yapılan Teorik Kübaj Hesabı İle Fiili Durumun Bilimsel Olarak Karşılaştırılmasına Dair Teknik Rapor”, Mart 2018.

7-UYAR GG., 2017, “Delme-Patlatma”, Temel Madencilik Bilgileri, Kitap Bölümü, Bölüm 3, sayfa138-247.

8-UYAR G.G., 2017,“ Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin Çevreye Olan Etkilerinin En Aza İndirilmesi Çalışmalarında Kullanılan Hasar Kriter Tabloları Üzerine Bir Yorum”, Uluslararası Madencilik ve Çevre Sempozyumu, ISME 2017.

9-ÖZÇELİK Y., SÖNMEZ H., UYAR GG, “TKİ-ELİ Çan Linyit Açık Ocağı Şevlerindeki Duraylılık Mekanizmalarının Belirlenmesi ve Şev Tasarımlarına Yönelik AR-GE Danışmanlık Projesi-Aşama_3”, Ağustos 2016-Ağustos 2017.

10-UYAR G.G., “Kırşehir ili Kaman ilçesi Büvelek Tepesi Mevkii civarında RHT.40.00.2013.GSM1.2 ruhsat numaralı ve 3258210 erişim numaralı kalker ocağında yapılan patlatmaların bilim ve mühendislik temellerine uygunluğu ve patlatma kaynaklı titreşimlerin Toki binalarına olası etkilerinin değerlendirilmesine dair teknik rapor”, Ağustos 2017.

11-UYAR G.G, GÜNGÖR N.O., “Toki kale yerleşkesi 2. Etap inşaatı işi’ nde patlatmalı kazı faaliyetlerinin çevreye herhangi bir olumsuzluk vermemesi amaçlı kontrollü patlatma tasarımlarının yapılması ve patlatma kaynaklı titreşim-hava şoku ölçümlerinin alınarak değerlendirilmesine dair teknik rapor”, Rönesans Holding REC ULUSLARARASI İNŞAAT YATIRIM SANAYİ VE TİC. A.Ş, Mayıs 2017.

12-UYAR G.G., “Ordu Çevre Yolu Kapsamında km:28+600-28+770 Arasında Kazısı Devam Eden Yarma Yakınında Bulunan Sanat Yapısı ve İmalatı Tamamlanmış Kazıkların, Yapılan Patlatmalardan Etkilenip Etkilenmediğinin Tespit Edilmesi Amaçlı Titreşim Ölçümlerinin Yapılması ve Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi”, NUROL-YÜKSEL - ÖZKAİNŞAAT-YDA Ortaklığı, Mart 2017.

13-UYAR GG., “ TKİ-ELİ Linyit İşletmesine bağlı Soma, Deniz ve Eynez Açık Ocak Panolarındaki patlatmaların verimliliğinin optimize edilmesi; patlatma kaynaklı titreşimlerin hem yeryüzündeki yerleşim yerlerine hem de yeraltına olan etkilerinin araştırılarak minimize edilmesi için tasarımlar yapılmasına yönelik Ar-Ge Danışmanlık Projesi”, 21 Temmuz 2016-21 Nisan 2017.

14-UYAR G.G., “Soner Temel Müh. İnş. Ve Tic. A.Ş. Tarafından Yozgat İli Akdağmadeni İlçesi Karadikmen Sınırları İçerisinde Planlanan (S: 201003705 ER: 3247295) Kurşun-Çinko-Gümüş-Altın-Bakır Ocağında Yürütülecek Açık Ve Yeraltı İşletmesi Patlatma Faaliyetlerinin, TCDD Ankara-Sivas Demiryolu Projesi Km:307+000-311+000 Güzerhagında Çakışan Tünel

Ve Derin Yarmalara Ve Sonrasında Seyir Güvenliğine Etki Edip Etmeyeceği Hususundaki Değerlendirmeleri İçeren Teknik Rapor”, Ekim 2017.

15-UYAR G.G., “Kömür İşletmeleri A.Ş. (KİAŞ) ‘nin Uhdesinde Bulunan 77676 Ruhsat No’lu Kırıkkale İli Delice İlçesi Çerikli beldesi Yeniyapan (Eskikışla Mah.) Ocakbaşı Köyleri Hudutları Dahilindeki Kaya Tuzunda, Oda Topuk Yöntemiyle İşletmeye Açılması Düşünülen Sahada Yapılacak Patlatmalardan Kaynaklı Titreşimlerin, Sahanın Diğer Bölümünde Doğalgaz Depolama Alanı Olarak Kullanılması Planlanan Bölgeye Etkilerinin Değerlendirilmesine Dair Teknik Rapor”, Eylül 2017.

16-UYAR G.G., “Şifa İnşaat Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti’ne ait, Kırşehir ili Kaman ilçesi Büvelek Tepesi Mevkii Civarında RHT.40.00.2013.GSM1.2 Ruhsat Numaralı Ve 3258210 Erişim Numaralı Kalker Ocağında Yapılan Patlatmaların Bilim Ve Mühendislik Temellerine Uygunluğu Ve Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin TOKİ Konutlarına Olası Etkilerinin Değerlendirilmesine Dair Teknik Rapor”, Ağustos 2017.

17-ÖZÇELİK 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”, Temmuz 2015-Temmuz 2016.

18-UYAR G.G., Babayigit E., 2016, “Guided wave formation in coal mines and associated effects to buildings”, Structural Engineering and Mechanics, An International Journal, Vol. 60 No.5, 923-937.

19-UYAR GG., Güngör, NO, 2016, “ Investigation of the effects of blast induced vibrations and channel wave formation to the slope stability of a surface coal mine”, International Black Sea Mining and Tunneling Sysposium, Trabzon, 2-4 November.

20-Cardu M, Mucci A., UYAR GG., 2015, “Investigating the effects of bench geometry and delay times on the blast induced vibrations in an open-pit quarry”, GEAM, Vol. 144. 45-56.

21-UYAR G.G, Aksoy C.O., 2015, “Patlatma kaynaklı titreşim analizlerinde en yüksek parçacık hızı-ölçekli mesafe ilişkisini esas alan yaklaşımının olumsuzlukları” VIII. Delme-Patlatma Sempozyumu

22-ÖZÇELİK 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”, Ağustos 2015-Ekim 2015.

23-UYAR GG., “Tamer Endüstriyel Madencilik A.Ş’nin ‘Kırşehir İli Çiçekdağ İlçesi Pöhrenk Köyü sınırları içerisinde kalan Florit Madeninde’ yapılacak patlatmalı kazı çalışmaları esnasında patlatmalardan kaynaklanacak titreşimlerin, ocak sınırlarına yakın olan arkeolojik alanlara, boru hattına, jeotermal kaynaklara ve ocağa yaklaşık 1km uzakta bulunan Pöhrenk köyüne olabilecek etkileri ortadan kaldırmak amaçlı kontrollü patlatma tasarımları geliştirmek amaçlı Ar-Ge danışmanlık hizmetinin verilmesidir”, Temmuz 2015.

24-UYAR G.G., “Ankara-Sivas demiryolu projesi yerköy-Yozgat-Sivas arası altyapı ikmal inşaatı kesim 3 işinde yapılacak patlatmalardan kaynaklanan titreşimlerin bu kesimde bulunan 3. şahıslara ait traverten ocağına olabilecek etkilerinin araştırılmasını ve herhangi bir olumsuz etki vermeyecek patlatma tasarımlarının önerilmesini içeren teknik rapor”, GCF-Peker İş Ortaklığı, Ekim 2014.

25-G.G.UYAR, 2013, “Kömür damarı içi patlatma kaynaklı kanal dalgalarının titreşim genlikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi”, Türkiye 23. Uluslar arası Madencilik Kongresi ve Sergisi”, Antalya.

26-ÖZÇELİK Y., DİRİK K., CENGİZ K., ÖZSAYIN E., YILMAZKAYA E.(Hacettepe Üniv.), /AKSOY O., ONARGAN T., KÜÇÜK K. PAMUKÇU Ç. (Dokuz Eylül Üniv.), /ÖZKAN İ., GÖKAY K., ÖZŞEN H., DOĞAN K., MESUTOĞLU M. (Selçuk Üniv.), / G.G.U, KAYPAK B. (Ankara Üniv.), “ 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, 2012-2013.

27-G.G.UYAR, Temmuz 2011, “ Blast-Induced Ground Vibration Measurement and Control at Salahaddin Tunnel & Approach Road Project” Erbil/IRAQ.

BLAIR DP., 2010. Seismic radiation from an explosive column. Geophysics, 75(1):E55-E65.

28-UYAR G.G., 2010, “Investigation of blast design parameters from the point of seismic signals”, *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, Vol. 24. Issue 1, pp.80-90.

- 29-G.G.UYAR, 2010, “Explosive charge mass and peak particle velocity (PPV)-frequency relation in mining blast”, *Journal of Geophysics and Engineering*. Vol. 7, p. 223-231.
- 30-G.G.UYAR., ECEVİTOĞLU B., KAYPAK B.,2010, “Türkiye-Gürcistan (Kars-Tiflis) demiryolu inşaatı patlatmalarının çevreye verdiği titreşimlerin azaltılması”.
- 31-GG UYAR, ECEVİTOĞLU B., 2008. Waveform analysis in mitigation of blast-induced vibrations. *Journal of Applied Geophysics*, 66:25-30.
- 32-G.G.UYAR., ECEVİTOĞLU B., Temmuz 2007, “İKİZTAŞ Madencilik Ltd. Şti’ne ait Taş Ocağındaki patlatmalardan kaynaklanan titreşimlerin en aza indirilmesi çalışması”.
- 33-GÜZİN GÜLSEV UYAR, GALİP BERKAN ECEVİTOĞLU, “ Patlatma kaynaklı titreşimlerin en aza indirilmesini sağlayan yöntem” TPE. 2007/03459)
- 34-G.G.UYAR., ECEVİTOĞLU B., 2006, “TKİ GELİ İşletmesi Eskişehir Linyit Ocağındaki Patlatmaların Sarsıntılarının Belirlenmesi ve En Aza İndirilmesi Çalışmaları-Ek Proje” (Yürütücü).
- 35-UYAR G.G., 2005, “Application of Stockwell Transform to Blasting Induced Ground Vibration”, *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, Vol.19, No.2, pp.100-107.
- 36-ÇGYDD, 2005, “2002/49/EC sayılı Çevresel Gürültünün Yönetimi ve Değerlendirilmesi Direktifine paralel olarak hazırlanmış olan bir yönetmelik”.
- 37-Gürel, O., Ecevitoglu, B., Gönülalan, U., Hacımehmetoğlu, M. G., Beşevli, D. T., 2001, “Bazaltın Q Parametre Testi ve Bazalt Üzerinde Sismik Veri Toplama Çalışmaları” 14. Türkiye Jeofizik Kurultayı ve Sergisi, 8-11 Ekim, MTA GenelMüdürlüğü Kültür Sitesi, Ankara, Genişletilmiş Sunular Kitabı, s. 138-142.
- 38-DALKILIÇ H, DÖNMEZ M., AKÇAY AE, “ 1/100000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Yozgat-İ35 Paftası, No:82”, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, 2008.
- 39-DIN 4150-3. Structural vibration-Effects of vibration on structures.
<http://webstore.ansi.org/>; 1999.
- 40-OPPENHEIM AV, SCHAFER RW, 1975. Digital signal processing. Prentice-Hall Print.

- 41-Yılmaz A., Özer S. “Kuzey Anadolu Bindirme Kuşağının Akdağmadeni (Yozgat) ile Karaçayır (Sivas) arasındaki bölümünün temel jeoloji incelemesi , Ketin Sempozyumu, 1984
- 42-Brochu, S. 2010. Assessment of ANFO on the environment, Technical Investigation 09-01, Technical Memorandum DRDC Valcartier TM 2009-195, Defence Research and Development Canada, p. 38.
- 43-Bosman, C. 2009. The hidden Dragon: Nitrate pollution from open-pit mines – a case study from the Limpopo province, South Africa Abstracts of the International Mine Water Conference 19th – 23rd October 2009, Proceedings ISBN Number: 978-0-9802623-5-3 Pretoria, South Africa.
- 44-(<https://www.srk.co.za/en/za-helping-mines-find-real-source-nitrates-water>).

EK-1: Pilot patlatmalardan alınan sismograf verileri

Bu rapor 80 sayfa olarak tarafımca hazırlanarak imzalanmıştır.

15.06.2020

Saygılarımla,



Prof. Dr. Güzin Gülsev UYAR AKSOY
Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Maden Mühendisliği Öğretim Üyesi