

EGE LİNYİTLERİ İŞLETMESİ MÜESSESESİ MÜDÜRLÜĞÜ'NÜN EYNEZ-12 PANOSU DEKAPAJ ÇALIŞMASINDA PATLATMA KAYNAKLI TİTREŞİMLERİN ANALİZİ

The Analysis of Blast Induced Vibrations of Eynez-12 Board Overburden Removal Project of Aegean Lignite Enterprise

Abdulkadir KARADOĞAN*

Ülkü KALAYCI**

Ümit ÖZER***

Süleyman KURT****

Urungu Erdal ÖZER*****

ÖZET

Bu çalışmada, Ege Linyitleri İşletmesi (ELİ) Müessesesi Müdürlüğü Eynez-12 Panosu Dekapaj İşi sırasında yapılan patlatmaların, söz konusu ocakta dekapaj işine yakın konumdaki ELİ'ye ait idare binaları ve tesislerde ve Eynez Köyü'ndeki binalarda hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olamayacağını belirlemek üzere, titreşim ölçümlerine dayalı risk analizi yapılmış ve değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışması esnasında, söz konusu ocakta titreşim ölçümlerine esas olacak atımlarda, sadece gerekli kantitatif ölçüm ve gözlemler yapılmış, patlatma parametreleri de dikkatlice kaydedilmiştir. İzlenen 3 adet atıma ait toplam 33 adet olay 14 adet titreşim ölçer cihaz ile kaydedilmiş ve sahanın özgün titreşim yayılım formülünün bulunması için, gecikme başına düşen maksimum patlayıcı madde miktarı ve atım mesafesi dikkate alınarak türetilen ölçekli mesafe ile parçacık hızı verileri arasındaki ilişki incelenmiş ve istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: patlatma, titreşim, risk analizi

ABSTRACT

In this study, risk analysis based on vibration measurements was done to determine the endamage-ment possibility of the blasting operations in overburden removal excavation of Aegean Lignite Works (in Turkish abbreviation: ELI) Eynez-12 board to the mentioned pit, Aegean Lignite Enterprise plants and buildings near the blasting area and buildings in the Eynez Village. Within the scope of this study, only necessary quantitative measurements and observations has been done during the shots. The blasting parameters of these shots were also carefully recorded. In order to predict the equation of vibration propagation, 33 events belonged 3 shots were recorded with 14 vibration monitors, the relationship between scaled distance and peak particle velocity datas were investigated and statistically analyzed by considering charge per delay.

Key Words: blasting, vibration, risk analysis

* İ.Ü., Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 34320 Avcılar/İSTANBUL, akadir@istanbul.edu.tr

** İ.Ü., Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 34320 Avcılar/İSTANBUL

*** İ.Ü., Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 34320 Avcılar/İSTANBUL

**** TKİ, ELİ, Müessese Müdürlüğü, Soma/MANİSA

***** TKİ, ELİ, Müessese Müdürlüğü, Soma/MANİSA

1. GİRİŞ

İyi bir patlatmadan beklenen en önemli unsurlardan biri atımın çevresel etkiler açısından emniyetli olmasıdır. Çevresel duyarlılıklar dikkate alındığında; patlatma kaynağından belirli bir uzaklıkta bulunan bir yerleşim biriminin ya da tesisin, patlatma sonucunda oluşacak yersarsıntısı, taş savrulması ve hava şoku gibi sonuçlardan etkilenmemesi için, patlatma tasarımında herhangi bir gecikme aralığında kullanılabilir en fazla patlayıcı madde miktarını önceden belirleyebilmek ve kontrollü atımlar gerçekleştirebilmek önemlidir (Khandelwal, 2007).

Patlatmadan kaynaklanan çevresel problemler, gelişmiş ülkelerde; ülkemize göre çok daha önceleri yaşanmıştır. Bu nedenle bu konuların çözümü ve konuyla ilgili bazı standartların oluşturulması amacıyla çeşitli sistematik araştırma programları yürürlüğe konulmuştur. Bu programların sonucunda "Kontrollü Patlatma Tekniğinin İlkeleri" geliştirilmiştir (Kahrıman, 1995; 2004). Günümüzde patlatma sonucu oluşan yersarsıntıları ve hava şokunun etkilerini belirlemek ve gerekli önlemleri alabilmek için araştırmacılar ve bilim adamları tarafından deneysel çalışmalar sürdürülmektedir. Ayrıca, bu konularda çeşitli yasal hükümler de geliştirilmeye çalışılmaktadır (Dowding, 1985; Kahrıman ve diğ., 2006).

Bu çalışmada, Manisa İli Soma İlçesinde bulunan ELİ Müessesesi Müdürlüğü'nün "Eynez-12 Panosu Dekapaj İş'i" sırasında yapılacak patlatmalı kazı çalışmalarının sonucu oluşacak titreşim seviyelerinin, söz konusu dekapaj panosu sınırına en yakın konumdaki ELİ Müessesesi Müdürlüğü'ne ait idare binalarına, tesislerine ve Eynez Köyü'ndeki yerleşim birimlerinde hasara neden olabilecek düzeyde olup olamayacağı konusunda titreşim ölçümlerine dayalı risk analizi yapılmıştır. Bu analizde eşik hasar limiti olarak en olumsuz koşullar düşünülerek daha muhafazakâr limitler öngören DIN 4150 Alman Normu esas alınmıştır (Özer ve diğ., 2011). Bu amaçla farklı gecikme başında düşen şarj miktarları kullanılarak yapılan 3 adet atım için söz konusu sahada titreşim ve hava şoku ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Özer ve diğ., 2011).

Söz konusu çalışma alanında dekapaj işinde egemen kaya birimi, aynı zamanda kazısı yapılması düşünülen kireçtaşı ve marndır. Çalışma alanlarındaki kireçtaşı ve marnın yapısı dolayısıyla patlatmalı kazı kaçınılmazdır.

Eynez-12 Dekapaj Panosunda bir dizi atımın

izlenmesi ve titreşim ölçümünün sistematik bir yaklaşımla yapılması suretiyle, egemen kaya birimi marn olan sahanın özgün titreşim yayılım formülünün bulunması çalışmanın temel eksenini oluşturmaktadır.

2. ÇALIŞMA SAHASI

Çalışma sahası, Manisa İli Soma İlçesi sınırları içerisinde bulunan Ege Linyitleri İşletmesi (ELİ) Müessesesi Müdürlüğü'nün Eynez-12 Panosu'dur. Çalışma yapılan ocağın genel görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Eynez-12 Panosu genel görünümü.

Söz konusu açık ocak çevresinde patlatmalı kazı çalışmalarından etkilenebilecek en yakın yapılar ELİ Müessesesi Müdürlüğü'ne ait idare binaları ve tesisler ile Eynez Köyü'ndeki yerleşim birimleridir. Söz konusu binaların ve tesislerin koordinatları ve atımlara yaklaşık mesafeleri Çizelge 1'de verilmiştir.

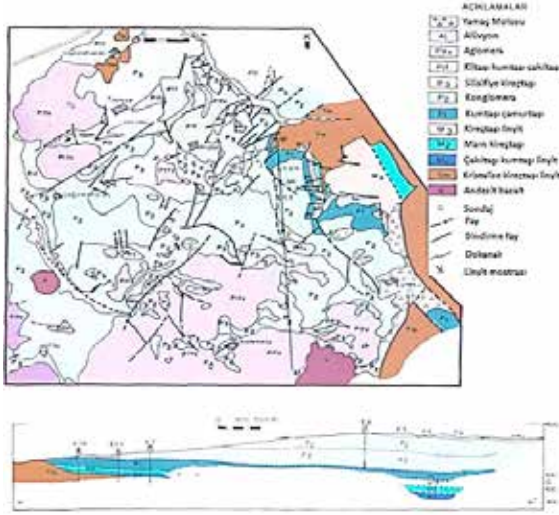
Çizelge 1: Yapıların Koordinatları

Yapılar	Y	X	Z	Yaklaşık Mesafe (m)
İdare Binası	546090	4326982	495	382
Sendika Binası	546058	4327049	495	411
Yemekhane	546053	4327064	495	417
Eynez Köyü M.K.'nin Evi	547338	4324115	630	3049
Eynez Köyü M.U.'nun Evi	547291	4324069	615	3080
Eynez Köyü Camii	547307	4323953	610	3195

2.1. Çalışma Sahasının Jeolojisi

Paleozoyik yaşlı metamorfik şist ve grovaxlar ile Mesozoyik yaşlı kristalize kireçtaşları (Tm) temel kayaları oluşturur.

Miyosen, temeli oluşturan kayalar üzerinde uyumsuz olarak bulunur ve çakıltaşı-kumtaşı-



Şekil 2: Soma-Eynez sahasının jeoloji haritası (MTA, 1993).

Sahada volkanik kayalar bazalt ve andezitlerle (v) temsil edilir (Şekil 2). Sahada Miyosen öncesi horst ve grabenlerin, dolayısıyla Miyosen yaşlı linyit havzalarının oluşumunu sağlayan KD-GB doğrultulu faylar en önemli yapısal unsurları oluşturmaktadır. (Şekil 2) (MTA, 1993).

Patlatmalı kazı çalışmasının yürütüldüğü sahanın jeolojisi ve jeoteknik özellikleri, yer sarsıntılarının oluşumu ve yayılımı üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Homojenlik arz eden masif bir kaya kütlelerinde yapılan patlatma sonucu oluşan yer sarsıntıları bütün yönlerde yayılırlarken, kompleks jeolojik yapılara sahip sahalarda yapılan patlatmalardan kaynaklanan yer sarsıntılarının yayılımı, yönle değişebilmekte ve farklı yayılım kuralları vermektedir (Dowding, 1985; Jimeno ve Diğ., 1995).

3. ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM

Çalışmada dekapaj panosun patlatmalı kazı çalışmaları tasarım parametreleri devam edecek kazı faaliyetlerini de yansıması amacıyla değiştirilmemiş ve titreşim ölçümlerine esas olacak patlatmalarda sadece gerekli kantitatif ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. Bu gözlemlerde, gerekli verilerin elde edilmesi amacıyla atımlarla

ilgili uygulanan paternler, atım izleme formlarına işlenmiştir. Sahada izlenen 3 adet atıma ilişkin patlatma geometrisi konfigürasyonları Çizelge 2'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Çizelge 2: Titreşim Ölçümü Yapılan Atımların Patlatma Geometrisi.

Atım No	1	2	3
Atım Tarihi	13.07. 2011		
Atım Saati	17:43	17:45	17:47
Delik Sayısı	32	12	11
Delik Çapı, d (mm)	171	171	171
Delik Eğimi, a (°)	90	90	90
Basamak Yüksekliği K (m)	6-8	6-8	6-8
Sıra Sayısı	5	4	3
Delik Boyu, H (m)	7	8	8
Dilim Kalınlığı, B (m)	7	5	6
Deliklerarası Mesafe, S (m)	4-5	5	5
Sıkılama, h ₀ (m)	2,5-3,5	2,5-3,5	2,5-3,5
Şarj Şekli	Kolon		
Kullanılan Yemleyici	Nobelex-TG		
Esas Patlayıcı Madde	ANFO		
Toplam Şarj, Q (kg)	2416	906	988
Gecikme Başına Top. Şarj (kg)	151	302	342
Kullanılan Kapsül Tipi	Nonel		
Toplam Kapsül Adedi	32	12	11

4. ÖLÇÜM SONUÇLARI

13.07.2011 tarihinde gerçekleştirilen, konumu, paterni ve patlayıcı tüketimleri, yukarıda detaylı olarak açıklanan toplam 3 atıma ait titreşim ölçümleri, 10 adet Patlatma Titreşim Ölçer Cihazı (6 adet 4 kanallı ve 4 adet 8 kanallı toplam 14 jeofon Instantel Minimate Plus) ile yapılmıştır. Titreşim ölçer cihazları, söz konusu ocağa yapılan atım noktaları çevresinde çeşitli uzaklıklarda belirlenen ölçüm istasyonlarına ve ELİ'ye ait idare binası, yemekhane ve sendika binasının içlerinde ve dışlarında belirlenen istasyon noktalarına ve Eynez Köyü'nde belirlenen noktalara yerleştirilmiştir. Atım noktaları ile yer sarsıntısı ve hava şoku ölçüm istasyonları arasındaki mesafeler ise GPS kullanılarak belirlenmiştir (Özer vd., 2007).

Yapılan atımların ve ölçüm istasyonlarının koordinat değerleri Çizelge 3 a-b'de, atım ve istasyon noktaları ile kritik yapıların krokisi Şekil 3'te verilmiştir.

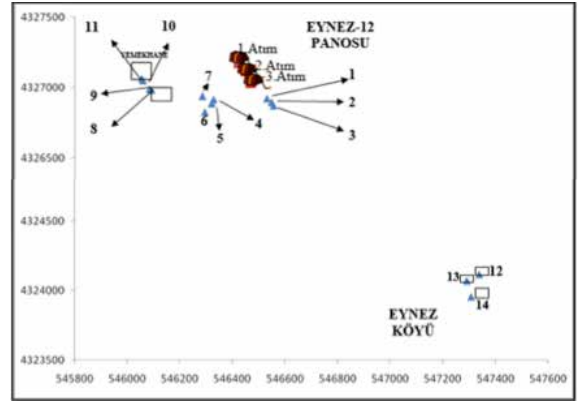
Çizelge 3-a. Atımların Koordinatları.

Atım No	Koordinat Değerleri		
	Y	X	Z
1	546423	4327171	520
2	546449	4327116	520
3	546468	4327035	519

Çizelge 3-b. İstasyon Noktalarının Koordinatları

İstasyon No	Koordinat Değerleri		
	Y	X	Z
1	546529	4326921	515
2	546547	4326895	515
3	546554	4326870	515
4	546326	4326914	515
5	546319	4326886	515
6	546293	4326825	515
7	546284	4326939	516
8	546090	4326982	495
9	546083	4326988	495
10	546058	4327049	495
11	546053	4327064	495
12	547338	4324115	630
13	547291	4324069	615
14	547307	4323953	610

Atımlar sonucunda cihazlar tarafından kaydedilen 3 adet atıma ait toplam 33 olayın maksimum parçacık hızlarını, frekans değerlerini ve hava şoku değerlerini içeren bilgileri ile istasyon noktaları ve atımlar ile istasyon noktaları arasındaki mesafeleri, Ek 1'de, ivme ve deplasman sonuçları ise Ek 2'de ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 3. Yapılan Atımların ve Bu Atımlarda Cihaz Kurulan Ölçüm İstasyonlarının Ölçeksiz Krokisi.

4.1. Ölçüm Sonuçlarının Analizi

İzlenen 3 adet atıma ait toplam 33 adet olay kaydedilmiş ve parçacık hızı tahmini için, gecikme başına düşen maksimum patlayıcı madde miktarı ve atım mesafesi dikkate alınarak türetilen ölçekli mesafe ile parçacık hızı verileri arasındaki ilişki incelenmiştir.

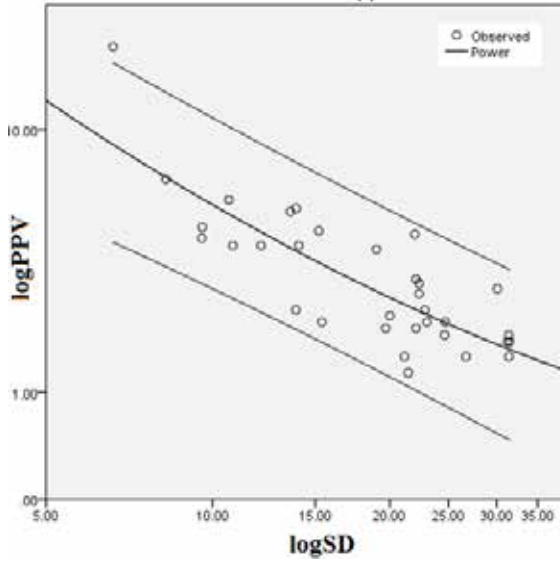
Maksimum parçacık hızı tahminine yönelik geliştirilen ve yaygın olarak kullanılan ampirik ilişki aşağıda verilmiştir.

$$PPV = K \cdot SD^{-\beta}$$

$$SD = R / W^{0.5}$$

Burada; PPV : Maksimum parçacık hızı (mm/sn)
SD : Ölçekli Mesafe, K, β : Saha sabitleri R : mesafe, W : Gecikme başına maksimum şarjdır.

Kaydedilen mesafe, gecikme başına toplam şarj ve maksimum parçacık hızı veri setleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucunda, bölgede yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında parçacık hızı tahmininde kullanılması önerilen çalışma sahasının sabitleri aşağıdaki formüllerle ifade edilmiştir. Bahsedilen veriler Ek1'deki Çizelgede detaylı olarak sunulmuştur.



Şekil 4. Maksimum Parçacık Hızı ve Ölçekli Mesafe ilişkisi.

Maksimum parçacık hızı tahmin denklemi aşağıdaki gibidir;

$$\text{LogPPV} = 1,853 + -1,093 \cdot \text{LogSD} \quad R^2 = 0,65$$

%95 tahmin hattında, parçacık hızı tahmininde kullanılması önerilen çalışma sahasının sabitleri aşağıdaki formüllerle ifade edilmiştir.

$$\text{Alt tahmin limiti } \text{LogPPV} = 1,533 + -1,079 \cdot \text{LogSD}$$

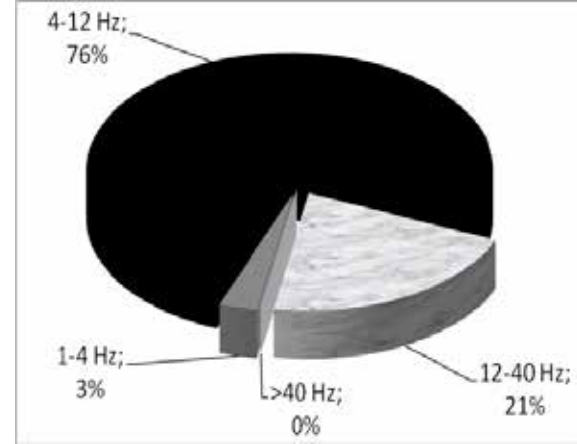
$$\text{Üst tahmin limiti } \text{LogPPV} = 2,173 + -1,107 \cdot \text{LogSD}$$

Literatüre uygun olarak oldukça iyi korelasyon katsayısıyla elde edilen bu fonksiyonun %50 ve %95 tahmin limitlerinde belirlenen ilişkisinin logaritmik grafiksel görünümü de Şekil 4'te gösterilmiştir.

İyi bir korelasyon katsayısı ile sonuçlanmış olan bu formül, bölgede titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda; herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşimin hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede önemli bir yaklaşım olarak rahatlıkla (kabul edilebilir limitlerdeki bir sapma ile) kullanılabilir.

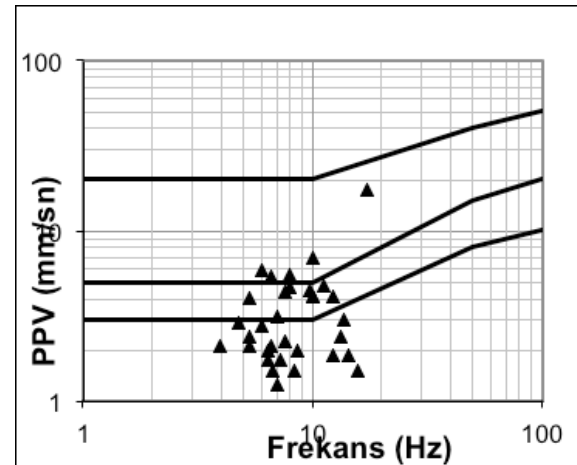
Araştırma kapsamında Eyzek-12 Panosu'nda yapılan ölçümlerde kaydedilen olaylarda ortaya çıkan maksimum parçacık hızlarına karşılık gelen frekans değerlerinin dağılımları incelendiğinde, kaydedilen 33 olaya ait titreşim frekansları değerlerinin 3–18 Hz değer aralığında olduğu Ek1'deki Çizelgede görülmektedir. Ancak, Şekil 5 incelendiğinde, kayıt edilen olayların % 3'ünün

frekans aralığı 1–4 Hz ve % 76'sının 4–12 Hz arasında olduğu görülmüştür. Yani kaydedilen frekans değerlerinin % 79'u 1-12 Hz arasında olmuştur. Bu nedenle de, DIN 4150 Alman Normu'nda yapı tipleri için betonarme yapılarla ilgili hasar limitleri dikkate alındığında (Şekil 6), söz konusu sahada belirtilen 1-12 Hz frekans aralıklarında oluşabilecek maksimum parçacık hızının 5 mm/sn'yi geçmemesi gerektiği anlaşılmaktadır.



Şekil 5. Frekans Dağılımı.

Kaydedilen tüm atımlarda ölçülen maksimum parçacık hızı ve karşılık gelen frekans değerleri Alman DIN 4150 Normu'na göre mukayese edilmek üzere Şekil 6'daki grafik üzerinde topluca gösterilmiştir



Şekil 6. Atımlarda Kaydedilen Maksimum Parçacık Hızı ve Frekansların Alman DIN 4150 Normu'na Göre Yorumu.

Kaydedilen tüm atımlarda ölçülen maksimum parçacık hızı ve karşılık gelen frekans değerlerinin Şekil 6'daki grafik üzerindeki yerleri incelendiğinde, ölçü alınan noktalar itibarıyla,

atımların tamamının hasar limitinin altında kaldığı anlaşılmıştır. Ayrıca izlenen atımlarda, Eynez köyündeki 12, 13 ve 14 numaralı istasyonlarda yeterli genlikte sismik dalga oluşmadığından cihazlar tarafından titreşim kaydı alınamamıştır. Dolayısıyla da izlenen atımlarda kaydedilen değerlerin ilgili normlara göre söz konusu binalar ve tesislerde hasar yaratma açısından etkili olamayacağı anlaşılmaktadır.

Risk analizinde mevcut uluslararası standartlar içinde eşik hasar limiti olarak, en olumsuz koşullar düşünülerek daha muhafazakâr limitler öngören DIN 4150 Alman Normu risk analizinde esas alınmıştır. Burada da yapı tipleri için betonarme yapılarla ilgili kriter dikkate alınmıştır. Söz konusu hasar normunda belirtilen yapılarda EŞİK HASAR için 5 mm/s'lik maksimum parçacık hızı söz konusu olmaktadır.

Araştırma kapsamında Eynez-12 Panosu'nda yapılan ölçüm sonuçlarından elde edilen ilişkiye ait % 95 Tahmin Hattı formülü kullanılarak, söz konusu ocakta gelecekte yapılacak patlatmalarda, değişik mesafelerde ve sahaya en yakın konumdaki ELİ Müessesesi Müdürlüğü'ne ait idare binaları ve tesislerde 5 mm/s'lik hasar başlangıç sınırının geçilmemesi için, gecikme başına kullanılması gereken maksimum patlayıcı madde miktarları Çizelge 4'deki gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 4: Hesaplanan Gecikme Başına Kullanılabilecek Patlayıcı Madde Miktarı.

Mesafe (m)	DIN 4150 Normu Eşik hasar limiti (mm/sn)	Gecikme Başına Kullanılabilecek Patlayıcı Madde Miktarı (kg)
200		80
300		180
382 (İdare Binası)		290
411 (Sendika Binası)	5	334
417 (Yemek hane)		343
500		494

Söz konusu sahada izlenen 3 atımda bir delikte en fazla kullanılan patlayıcı madde miktarı 75 kg olmuştur. Sahada bundan sonra yapılacak atımlarda her deliğin ayrı ayrı patlatılacağı

düşünüldüğünde, Yukarıda elde edilen ilişkiye ait % 95 Tahmin Hattı formülü kullanılarak, Ege Linyitleri İşletmesi (ELİ) Müessesesi Müdürlüğü'ne ait idare binaları ve tesislerin bulunduğu mesafelerde oluşabilecek maksimum parçacık hızları (PPV) Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5'te görüldüğü üzere, izlenen atımların riskli yapılara olan mesafelerinde hesaplanan Maksimum Parçacık Hızı değerleri, DIN 4150 Alman Normu'nun 5 mm/sn'lik eşik hasar limitinden daha düşüktür.

Çizelge 5: Değişik Mesafelerdeki Maksimum Parçacık Hızı (PPV) Tahmini.

Mesafe (m)	Delik Çapı (mm)	Gecikme Başına Patlayıcı Madde Miktarı (kg)	Maksimum Parçacık Hızı, PPV (mm/sn)
200			4.9
300			3.1
382 (İdare Binası)			2.4
411 (Sendika Binası)	171	75	2.2
417 (Yemekhane)			2.2
500			1.8
1000			0.8

5. SONUÇLAR

Manisa İli Soma İlçesinde bulunan ELİ Müessesesi Müdürlüğü'nün "Eynez-12 Panosu Dekapaj İş'i" sırasında yapılacak patlatmalı kazıların, söz konusu ocaktaki dekapaj işine en yakın konumdaki Ege Linyitleri İşletmesi (ELİ) Müessesesi Müdürlüğü'ne ait idare binaları, tesisler ve Eynez Köyü'ndeki binalarda hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olamayacağı konusunda ve gelecekte yapılacak faaliyetlerde dikkate alınması gerekli görülen bazı hususlar aşağıda özetlenmiştir. Çalışma sonuçları, ocakta yapılan atımlar ve saha çalışmalarından elde edilen titreşim yayılım formülü ile yapılan risk analizi kullanılarak belirlenmiştir.

Çalışma alanında egemen olan kaya biriminin kireçtaşı ve marn olduğu ve patlatmalı kazının

teknik ve ekonomik nedenlerle kaçınılmaz olduğu yerinde yapılan gözlemlerle anlaşılmıştır.

Bu araştırma kapsamında, Eynez-12 Panosu'nda sahanın özgün titreşim yayılım formülünün bulunması amacıyla 3 adet atım düzenlenmiş, 10 adet Patlatma Titreşim Ölçer Cihazı (6 adet 4 kanallı ve 4 adet 8 kanallı toplam 14 jeofon) aynı anda kullanılarak titreşim ve hava şoku ölçümleri yapılmıştır. Tüm ölçüm verileri (3 adet atıma ait 33 ölçüm olayı) analiz edilmiş, patlayıcı miktarları, istasyon ve atım noktaları arasındaki mesafeler ve titreşimlerin parçacık hızları (PPV) arasında ilişki aranmıştır. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucu bu sahaya ait literatüre uygun özgün bir titreşim tahmin formülü elde edilmiştir. Aynı zamanda bu formülün doğruluğu da test edilmiştir.

Kaydedilen tüm atımlarda ölçülen maksimum parçacık hızı ve karşılık gelen frekans değerlerinin Alman DIN 4150 Normu'na ait Şekil 6'daki grafik üzerindeki yerleri incelendiğinde, ölçü alınan noktalar itibarıyla, atımların tamamının hasar limitinin altında kaldığı anlaşılmıştır. Dolayısıyla da izlenen atımlarda kaydedilen değerlerin, Alman DIN 4150 Normu'na göre söz konusu binalar ve tesislerde hasar yaratma açısından etkili olamayacağı anlaşılmaktadır.

Çalışılan sahada izlenen patlatmalardan elde edilen verilere göre en yüksek deplasman değeri 0.144 mm, en küçük deplasman değeri 0.0112 mm olarak elde edilmiştir. En yüksek ivme değeri 0.225 g, en küçük ivme değeri ise 0.0265 g olarak kaydedilmiştir.

Kaydedilen frekans değerlerinin % 79'u 1-12 Hz arasında olmuştur. Bu nedenle de, DIN 4150 Alman Normu'nda yapı tipleri için betonarme yapılarla ilgili hasar limitleri dikkate alındığında (Şekil 2), söz konusu sahada belirtilen 1-12 Hz frekans aralıklarında oluşabilecek maksimum parçacık hızının 5 mm/sn'yi geçmemesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Bu nedenle; risk analizinde, mevcut uluslararası standartlar içinde eşik hasar limiti olarak, en olumsuz koşullar düşünülerek daha muhafazakar limitler öngören DIN 4150 Alman Normu esas alınmıştır. Burada da yapı tipleri için betonarme yapılarla ilgili 5 mm/s'lik hasar başlangıç sınırı dikkate alınmıştır.

Eynez-12 Panosu'nda yapılan ölçüm sonuçlarından elde edilen ilişkiye ait % 95 Tahmin Hattı formülü kullanılarak, söz konusu ocakta gelecekte yapılacak patlatmalarda, değişik mesafelerde 5 mm/s'lik hasar başlangıç sınırının geçilmeme-

si için, gecikme başına kullanılması gereken maksimum patlayıcı madde miktarları Çizelge 4'te verilmiştir. Bu değerler sahaya en yakın konumdaki ELİ Müessesesi Müdürlüğü'ne ait idare binaları, tesisler ve Eynez Köyü'ndeki yapılarda için Çizelge 5'teki gibi hesaplanmıştır.

Söz konusu sahada izlenen 3 atımda bir delikte en fazla kullanılan patlayıcı madde miktarı 75 kg olmuştur. Sahada bundan sonra yapılacak atımlarda her deliğin ayrı ayrı patlatılacağı düşünüldüğünde, Eşitlik 1'de edilen ilişkiye ait %95 Tahmin Hattı formülü kullanılarak ELİ Müessesesi Müdürlüğü'ne ait idare binaları ve tesislerin bulunduğu mesafelerde oluşabilecek maksimum parçacık hızları (PPV) Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelge 5'de görüldüğü üzere, izlenen atımların riskli yapılara olan mesafelerinde hesaplanan Maksimum Parçacık Hızı değerleri, DIN 4150 Alman Normu'nun 5 mm/sn'lik eşik hasar limitinden daha düşüktür.

Ocak gelişimine bağlı olarak ELİ Müessesesi Müdürlüğü'ne ait idare binaları ve tesislere bu mesafelerden daha yakın mesafelerde çalışma zorunluluğu doğar ise, gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarının yeniden belirlenmesi ve buna bağlı olarak da patlatma tasarımının revize edilmesi gerekmektedir.

Yapılacak atımlarda, çevresel riskleri minimize etmek için her bir patlatma deliğinin ayrı ayrı patlamasını sağlayacak şekilde yüzey gecikmeleri ve bağlantıları kullanılması ve sıralar arası gecikmelerin farklı olması önem arz etmektedir. Aksi takdirde çok sıralı atımlarda, gecikme zamanına bağlı olarak ilk sıradan bir veya birkaç deliğin sonraki sıralardan bir veya birkaç delik ile aynı anda patlayabileceği bu nedenle de gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarını artırılabileceği unutulmamalıdır.

Yapılacak tüm atımların günlük titreşim ölçümlerinin yapılması, buna olanak yok ise belirli aralıklarla titreşim ölçümlerinin yapılması ve değerlendirilmesi, patlatma patern ve protokollerinin tutulması çevresel etkilerin kontrolü, doğacak hukuki sorunların çözümü açısından önem arz etmektedir (Özer ve diğ., 2011).

TEŞEKKÜR

Bu araştırma sırasında, gerek arazi çalışmalarında gerekse diğer faaliyetlerde her türlü yardımda bulunan Oba İnşaat Tic. ve San. Ltd. Şti. ile ELİ Müessesesi Müdürlüğü yetkililerine ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

DOWDING, C.H., (1985) Blast vibration monitoring and control. PrenticeHall, Englewood Cliffs, pp 119–126.

KAHRİMAN, A., Sivas Ulaş Yöresi Sölestit Cevheri ve Yankayaçları için Optimum Patlatma Koşullarının Araştırılması ve Kayaç Özellikleri ile İlişkilendirilmesi, Cumhuriyet Üniversitesi, (Doktora Tezi), Sivas, (1995), ss:278.

KAHRİMAN. A., 2004, Analysis of parameters of ground vibrations produced from bench blasting at A Limestone Quarry, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24, Elsevier. London, U.K., pp. 887-892.

KAHRİMAN, A., ÖZER, Ü., AKSOY, M., KARADOĞAN, A., TUNCER, G., 2006, Environmental impacts of bench blasting at Hisarcik Boron open pit mine in Turkey, Environmental Geology, (2006) 50: 1015-1023.

KHANDELWAL M, SINGH TN (2007) Evaluation of blast-induced ground vibration predictors. Soil Dyn Earthq Eng 27(2007):116–125.

MTA, 1993, “Türkiye Linyit Envanteri”, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, 356 sayfa.

ÖZER, Ü., KARADOĞAN, A., KALAYCI, Ü., 2011, Eli Müessesesi Müdürlüğü Eynez-12 Panosu Dekapaj Kazısında Patlatma Kaynaklı Titreşim Ölçümlerinin Değerlendirilmesi (İ.Ü. Müh. Fak. Döner Sermaye Projesi Raporu).

ÖZER Ü., KAHRİMAN A., AKSOY M., ADİGUZEL D., KARADOĞAN A., 2007, The Analysis of Ground Vibrations Induced by Bench Blasting at Akyol Quarry and Practical Blasting Charts Environmental Geology, Springer, Vol. 54, No. 4, April 2008 pp: 737-743.

JİMENO, C.L., Jimeno, E.L., Carcedo, F.J.A., Translated by Ramiro, Y.V., “Drilling and Blasting of Rocks”, A.A., Balkema Publishers, Brookfield, ISBN: 90 5410 1977, Rotterdam Pp 390, (1995).

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

Ek 1. İzlenen Atımlara Ait Titreşim Ölçüm Sonuçları

Atım No	Titreşim Ölçer Modeli ve Seri No	Enine	Enine	Düşey	Düşey	Boyuna	Boyuna	Bileşke	Max.	Frekans f (Hz)	Hava Şoku (dB)	Toplam Şarj (kg)	Gecikme Başına Toplam Şarj (W) (kg)	Mesafe (R) (m)	Ölçekli Mesafe (SD)	İstasyon No	
		Parçacık Hızı (mm/s)	Frek. (Hz)	Parçacık Hızı (mm/s)	Frek. (Hz)	Parçacık Hızı (mm/s)	Frek. (Hz)	Parçacık Hızı, PVS (mm/s)	Parçacık Hızı (PPV) (mm/s)								
1	İstantel BE10709	1.52	4.74	2.03	8.53	1.65	9.14	2.67	2.03	8.53	**	2416	151	271.59	22.10	1	
	İstantel BE10771-1	1.65	9.66	1.9	12.2	1.27	15.5	2.28	1.9	12.2	94	2416	151	302.62	24.63	2	
	İstantel BE10771-2	1.14	6.83	1.52	8.26	1.4	5.95	1.65	1.52	8.26	119.7	2416	151	328.31	26.72	3	
	İstantel BE10688-1	3.05	13.5	2.16	9.66	2.03	8	3.22	3.05	13.5	91.5	2416	151	274.74	22.36	4	
	İstantel BE10688-2	1.9	18.3	2.16	10	2.16	6.56	2.7	2.16	6.56	115.6	2416	151	303.42	24.69	5	
	İstantel BE10687	2.29	8.53	1.27	11.1	2.92	4.7	3.65	2.92	4.7	114.4	2416	151	369.65	30.08	6	
	İstantel BE10706	4.57	9.66	3.05	6.48	3.05	7.42	5.14	4.57	9.66	115.9	2416	151	270.48	22.01	7	
	İstantel BE10772-1	1.52	6.1	1.4	5.75	1.78	6.32	2.12	1.78	6.32	91.5	2416	151	383.71	31.23	8	
	İstantel BE10772-2	1.78	7.11	1.14	24.4	1.65	4.74	2	1.78	7.11	113.8	2416	151	386.93	31.49	9	
	İstantel BE10773-1	1.65	9.48	1.14	19	1.9	14.2	2.36	1.9	14.2	**	2416	151	385.66	31.38	10	
	İstantel BE10773-2	1.14	6.02	1.14	17.7	1.52	15.5	1.67	1.52	15.5	91.5	2416	151	385.97	31.41	11	
	İstantel BE5724	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2416	151	3191.94	259.76	12
	İstantel BE10708	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2416	151	3222.55	262.25	13
	İstantel BE10707	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2416	151	3338.42	271.68	14
2	İstantel BE10709	2.29	13.5	4.19	12.2	1.9	9.14	4.31	4.19	12.2	**	906	302	210.83	12.13	1	
	İstantel BE10771-1	1.9	12.2	2.41	13.1	1.9	9.66	3.02	2.41	13.1	94	906	302	241.81	13.91	2	
	İstantel BE10771-2	1.27	15.5	2.16	3.91	2.03	10.7	2.45	2.16	3.91	123	906	302	267.52	15.39	3	
	İstantel BE10688-1	2.54	9.66	5.46	6.56	2.79	7.53	5.91	5.46	6.56	91.5	906	302	236.55	13.61	4	
	İstantel BE10688-2	2.79	10.9	4.7	7.88	3.68	6.74	5.91	4.7	7.88	125.7	906	302	264.24	15.21	5	
	İstantel BE10687	1.65	8.83	4.06	9.14	4.06	5.22	4.75	4.06	5.22	123.6	906	302	330.22	19.00	6	
	İstantel BE10706	3.81	10.2	5.33	6.92	5.59	7.88	7.46	5.59	7.88	124.2	906	302	242.01	13.93	7	
	İstantel BE10772-1	2.29	8.13	2.16	9.14	3.17	6.92	3.34	3.17	6.92	91.5	906	302	384.01	22.10	8	
	İstantel BE10772-2	1.78	4.79	1.9	9.66	2.79	5.95	3	2.79	5.95	115	906	302	388.54	22.36	9	
	İstantel BE10773-1	2.41	5.28	1.27	7.01	1.52	3.63	2.73	2.41	5.28	**	906	302	397.49	22.87	10	
	İstantel BE10773-2	2.16	5.22	1.14	9.31	1.4	3.53	2.4	2.16	5.22	91.5	906	302	400.18	23.03	11	
	İstantel BE5724	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	906	302	3131.84	180.22	12
	İstantel BE10708	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	906	302	3162.63	181.99	13
	İstantel BE10707	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	906	302	3278.54	188.66	14
3	İstantel BE10709	5.97	16.5	9.4	18.3	17.8	17.1	18.1	17.8	17.1	**	830.5	377.5	129.36	6.66	1	
	İstantel BE10771-1	4.32	21.3	4.83	11.6	6.98	9.85	7.78	6.98	9.85	94	830.5	377.5	160.8	8.28	2	
	İstantel BE10771-2	3.17	11.6	4.06	8.83	4.44	7.53	5.46	4.44	7.53	127.7	830.5	377.5	186.11	9.58	3	
	İstantel BE10688-1	3.17	16	4.57	10.4	4.83	11.1	6.26	4.83	11.1	94	830.5	377.5	186.6	9.60	4	
	İstantel BE10688-2	3.05	8.39	3.94	11.1	4.19	10	5.03	4.19	10	121.5	830.5	377.5	210.76	10.85	5	
	İstantel BE10687	2.29	5.28	4.19	9.85	3.3	4.23	5.08	4.19	9.85	120.2	830.5	377.5	273.39	14.07	6	
	İstantel BE10706	3.68	15.1	3.43	5.22	5.97	5.95	7.06	5.97	5.95	120.2	830.5	377.5	207.56	10.68	7	
	İstantel BE10772-1	1.14	15.1	1.4	6.92	2.03	6.32	2.13	2.03	6.32	91.5	830.5	377.5	382.45	19.68	8	
	İstantel BE10772-2	1.27	17.7	1.65	6.56	2.29	7.53	2.3	2.29	7.53	117.6	830.5	377.5	388.6	20.00	9	
	İstantel BE10773-1	0.889	16	1.52	6.65	1.27	10.2	1.82	1.52	6.65	**	830.5	377.5	410.94	21.15	10	
	İstantel BE10773-2	0.762	8.83	0.762	17.7	1.27	6.92	1.3	1.27	6.92	91.5	830.5	377.5	416.7	21.45	11	
	İstantel BE5724	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	830.5	377.5	3048.87	156.92	12
	İstantel BE10708	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	830.5	377.5	3079.56	158.50	13
	İstantel BE10707	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	830.5	377.5	3195.45	164.47	14

* Eynes Köyü'ndeki ölçüm istasyonlarına yeterli genlikte sismik dalga ulaşmadığından kayıt alınamamıştır.

**Mikrafon bağlanmadı.

Ek 2: İzlenen Atımlara Ait İvme ve Deplasman Ölçüm Sonuçları

Atım No	Titreşim Ölçer Modeli ve Seri No	Enine	Düşey	Boyuna	Enine	Düşey	Boyuna	İstasyon No
		Deplasman (mm)	Deplasman (mm)	Deplasman (mm)	İvme (g)	İvme (g)	İvme (g)	
1	İstantel BE10709	0.0358	0.0277	0.0311	0.0265	0.0398	0.0265	1
	İstantel BE10771-1	0.0259	0.0291	0.0246	0.0398	0.053	0.0398	2
	İstantel BE10771-2	0.0221	0.026	0.0315	0.0398	0.053	0.0398	3
	İstantel BE10688-1	0.0521	0.0398	0.0371	0.053	0.0398	0.0398	4
	İstantel BE10688-2	0.0396	0.033	0.0533	0.0398	0.0398	0.0398	5
	İstantel BE10687	0.0669	0.035	0.0783	0.0398	0.0398	0.0398	6
	İstantel BE10706	0.077	0.0582	0.0608	0.0398	0.0265	0.0398	7
	İstantel BE10772-1	0.0397	0.0303	0.0453	0.0265	0.0265	0.0265	8
	İstantel BE10772-2	0.0365	0.0303	0.0443	0.0265	0.0398	0.0265	9
	İstantel BE10773-1	0.0263	0.0159	0.0224	0.0398	0.0398	0.0398	10
	İstantel BE10773-2	0.0251	0.0112	0.0192	0.0398	0.0398	0.0398	11
	İstantel BE5724	*	*	*	*	*	*	12
	İstantel BE10708	*	*	*	*	*	*	13
	İstantel BE10707	*	*	*	*	*	*	14
2	İstantel BE10709	0.0345	0.0936	0.0303	0.0265	0.0398	0.0398	1
	İstantel BE10771-1	0.0363	0.0931	0.0477	0.053	0.0398	0.0398	2
	İstantel BE10771-2	0.0293	0.0817	0.0448	0.0398	0.0398	0.0398	3
	İstantel BE10688-1	0.0508	0.108	0.0557	0.0398	0.0663	0.0398	4
	İstantel BE10688-2	0.0447	0.0865	0.0815	0.0398	0.0398	0.0398	5
	İstantel BE10687	0.0308	0.0667	0.134	0.0398	0.0398	0.0398	6
	İstantel BE10706	0.0898	0.111	0.0977	0.0398	0.0265	0.0398	7
	İstantel BE10772-1	0.0708	0.0369	0.0691	0.0265	0.0265	0.0265	8
	İstantel BE10772-2	0.0647	0.037	0.0722	0.0265	0.0265	0.053	9
	İstantel BE10773-1	0.0691	0.0269	0.0545	0.0398	0.0398	0.0398	10
	İstantel BE10773-2	0.0624	0.0228	0.0544	0.0398	0.0398	0.0398	11
	İstantel BE5724	*	*	*	*	*	*	12
	İstantel BE10708	*	*	*	*	*	*	13
	İstantel BE10707	*	*	*	*	*	*	14
3	İstantel BE10709	0.0554	0.104	0.144	0.106	0.172	0.225	1
	İstantel BE10771-1	0.056	0.0699	0.0949	0.0928	0.0663	0.0795	2
	İstantel BE10771-2	0.0404	0.0585	0.0819	0.053	0.0398	0.053	3
	İstantel BE10688-1	0.0375	0.0854	0.0714	0.0398	0.053	0.053	4
	İstantel BE10688-2	0.0598	0.0868	0.0766	0.0398	0.053	0.053	5
	İstantel BE10687	0.0556	0.064	0.105	0.0398	0.0398	0.0398	6
	İstantel BE10706	0.0427	0.0747	0.118	0.053	0.0398	0.053	7
	İstantel BE10772-1	0.02	0.031	0.05	0.0265	0.0265	0.0265	8
	İstantel BE10772-2	0.0234	0.0345	0.0553	0.0265	0.0265	0.0265	9
	İstantel BE10773-1	0.0177	0.0357	0.0332	0.0398	0.0398	0.0398	10
	İstantel BE10773-2	0.0147	0.0239	0.0272	0.0398	0.0398	0.0265	11
	İstantel BE5724	*	*	*	*	*	*	12
	İstantel BE10708	*	*	*	*	*	*	13
	İstantel BE10707	*	*	*	*	*	*	14

* Eynez Köyü'ndeki ölçüm istasyonlarına yeterli genlikte sismik dalga ulaşmadığından kayıt alınamamıştır.