

İzmir Bornova Mevkiinde Faaliyet Gösteren Taş Ocağında Yapılan Patlatmaların Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi

Environmental Impacts of Quarry Blasting of a Limestone Quarry Operating at Bornova Distict in İZMİR

Gürcan KONAK, A.Hakan ONUR, Doğan KARAKUŞ, Kerim KÜÇÜK

DELJ, Mühendislik Fakültesi. Maden Mühendisliği Bölümü. 35100. Bornova. İZMİR
gurcan kona@deu.edu.tr. ahmet.onun@deu.edu.tr. dogan.karakus@deu.edu.tr. kerim.kucu@deu.edu.tr

ÖZET: Bu çalışmada, İzmir İli. Bornova İlçesi sınırları içerisinde faaliyet gösteren taş ocağında patlayıcı madde kullanılarak yapılan üretim çalışmalarından kaynaklanan titreşimlerin, işletmenin yakınında bulunan hassas askeri tesislere bir zarar verip vermeyeceği araştırılmıştır. Çalışma yöntemi olarak, patlatmadan kaynaklanan yersarıntılarının incelenmesi amacı ile gerekli saha çalışması yapılmıştır. Saha çalışması kapsamında 10 adet patlatmanın titreşim ölçümü değişik mesafelerden alınarak sahanın ölçekli mesafe-parçacık hızı ilişkisinden sönümlenme katsayısı ve arazi katsayısı bulunmuştur. Bu çalışmalar sonucunda yersarıntısının askeri tesislere ulaşmadan önce sönümlenebilmesi için her bir gecikme aralığında kullanılacak maksimum patlayıcı madde miktarı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taş Ocağı. Çevresel Etki. Titreşim. Parçacık Hızı, Patlayıcı Miktarı

ABSTRACT: In this study, the possibility of damage occurrences in a military plant has been investigated due to limestone quarry operations in which blasting operations are involved. The method of study is to perform insitu vibration measurements in order to investigate the blast induced vibrations. 10 different blasts were organized in seperate parts of the quarry and ground vibrations were taken from various distances. The result of these measurements had been used to calculate scaled distances of each blast in order to define rock parameters of the studied zone. As a result of these works done, the maximum amount of explosive that gives the zero vibration at the military zone was found out for instantenous blasting hole

Keywords: Limestone Quarry, Environmental Impacts. Vibration. Particle Velocity, Explosive

1. GİRİŞ

Çimento fabrikalarının ve hazır beton tesislerinin ana hammaddesi olan kalkerli taşıyan taşocaklarını son yıllarda işletme verimi kadar düşündüren bir başka konu da çalışma şartlarından kaynaklanan çevresel etkilerdir. Özellikle şehirleşmenin artmasıyla önceleri şehir dışında bulunan bu tip ocaklar, yerleşim birimleri tarafından çevrelenerek çeşitli şikayetlere maruz kalmaktadırlar. Bunların başında delme-patlatma faaliyetlerinden kaynaklanan yer sarsıntıları gelmektedir. Şikayetlerin nedenleri gerçek ya da psikolojik olabilir de ekonomik ve emniyetli bir patlatma yapılabilmesi için bu şikayetlere konu olan nedenlerin giderilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde son yıllarda yaşanan bu sorunlar, gelişmiş ülkelerde daha önceleri yaşanmış ve konunun çözülmesi amacıyla çeşitli standartlar geliştirilmiştir. Ülkemizde de bir standart oluşturma çalışmaları devam etse de, böyle bir problemle karşılaşan bir mühendis veya araştırmaya ekibi diğer ülkelere ait standartları kullanarak konuya çözüm bulmaya çalışmaktadır. Bazı durumlarda başka ülkelerin standartlarını kullanmak özellikle yapı tipinin dikkate alınmamasından kaynaklanan hatalara neden olabilir. Bunun yanında çalışma sahasının yakınında bulunan bazı hassas tesislerde (askeri vb.) ise herhangi bir titreşime müsaade edilmemektedir. Böyle durumlarda konunun çözümü için sözkonusu yapıya yer sarsıntısının ulaşmaması için gerekli patlayıcı miktarının hesaplanması çözüm olarak önerilebilir.

Yapılan çalışmada İzmir Bornova mevkiinde faaliyet gösteren bir taş ocağının delme-patlatma faaliyetleri incelenmiş ve oluşan titreşimlerin taş ocağının yakınında bulunan hassas askeri tesislere ulaşmaması için gerekli maksimum patlayıcı miktarı tespit edilmiştir.

1.1. Yer Sarsıntısının Teorisi

Patlayıcılar, patlatma anında formasyona çok yüksek ısı, basınç ve gaz ürünleri verirler. Patlatmadan oluşan gazlar hızla genişleyerek yakın çevredeki kayanın mukavemetini aşan yüksek basınç oluşturur ve ufalama bölgesiyle birlikte radyal çatlaklarda oluşur. Yüksek sıcaklık ve basınçtaki gazlar oluşan radyal

çatlaklara girer ve serbest yüzeye ulaşınca kadar devam eder. Çatlak sistemlerinin serbest yüzeye ulaşmasıyla birlikte genleşen basınçlı gaz boşalır ve kayayı iter. Patlayıcılar sahip olduğu enerjinin büyük kısmını kayayı parçalamak için kullanırken, geriye kalan kısmı elastik dalgalar halinde her yöne yayılarak vibrasyona neden olur.

Vibrasyona neden olan bu şok dalgası yüzey içinde sismik dalgalar şeklinde yayılır ve belirli değerlere ulaştığı zaman üzerinde bulundurduğu yapılara zarar verebilir. Oluşan vibrasyon başlangıçta P ve S dalgalarından meydana gelmektedir. Bunlar formasyon derinliklerine ulaşabildiği için gövde dalgaları olarak da isimlendirilirler. Kayaç yapısında bulunan çok sayıdaki katmanlar ve süreksizlikler yansıma ve kırılma odakları oluştururlar. Sonuçta yüzey dalgaları yaratılmış olur .

Jeolojik yapıya bağlı olarak oluşan yüzey dalgaları çok çeşitli olmasına rağmen temel olarak iki yüzey dalgası tarif edilmektedir. Bunlardan Rayleigh dalgası geriye bastırılmış eliptik hareket veren bir yüzey dalgasıdır. Boyuna ve düşey ekseninde bileşenleri bulunur. Love dalgası ise enine polarize olan dalga formudur. Tavanda ve tabanda iyi yansıma koşulları olan katmanlarda oluşmaktadır. Yalnızca boyuna ve enine yönlerde bileşenleri bulunur [1].

1.2. Yer Sarsıntısının Ölçümü

Bir kaynaktan yayılan sismik dalganın elemanları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Dalga yayılma hızı (m/sn)
- Parçacık Hızı (parçacık hızı) (mm/sn)
- İvme (mm/sn^2)
- Frekans (Hz)
- Deplasman (mm)

Bunlardan dalga hızı kayaçların fiziksel ve jeolojik özelliklerine bağlı olarak değişmez bir elemandır ve hasar kriterlerinin belirlenmesinde kullanılmaz. Çevreye verilen hasar açısından incelenmesi gereken elemanlar sismik dalganın belirli bir noktada yarattığı elastik deformasyonlardır. Uzun yıllar boyu yapılan çalışmalar sonucunda hasar kriterinin belirlenmesinde

kullanılacak en etkili elemanın parçacık hızı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna paralel olarak patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntılarının ölçülmesinde kullanılması için çeşitli firmalar tarafından parçacık hızı ölçen cihazlar geliştirilmiştir.

Bu cihazlar ile patlatmalar sonucu oluşan yer sarsıntısının boyuna, enine ve düşey olmak üzere üç ayrı eksende parçacık hızı, frekansı, ivmesi, deplasman ve zaman aralığı ölçülebilmektedir. Ayrıca üç ayrı eksendeki dalga formu kayıt edilebilmektedir.

1.3. Yer Sarsıntısı Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Herhangi bir patlatmadan alınan titreşim kaydı oluşan bütün dalga formlarını içerebilmektedir. Bunların birbirinden ayrılması, filtre edilmesi kompleks bir yapı olması nedeniyle oldukça zor bir işlemdir. Bir patlatmadan sonra kayıt noktasına önce yüksek hızları nedeniyle P ve S dalgaları ulaşır. Daha sonra P ve S dalgalarının oluşturduğu Love veya Rayleigh dalgaları oluşur.

Üretici firmalar tarafından imal edilen cihazlar parçacık hızı ölçerlerdir ve çıktılarda verilen ivme, deplasman değerleri parçacık hızının matematiksel olarak çevrilmesinden elde edilir. Bir yaklaşım olarak herhangi bir eksende maksimum parçacık hızının olduğu anda diğer eksenlerdeki parçacık hızları değerleri kullanılarak bileşke parçacık hızı bulunmaktadır. Bu durumda sayısal olarak yanıltıcı değerler elde edilebilse de emniyetli bölgede kaldığı için patlatma sonucu oluşan titreşimleri değerlendirmede büyük yarar sağlar.

2. ARAŞTIRMADA KULLANILAN YÖNTEM

Bir patlatmada yer sarsıntısı aşağıdaki parametrelere bağlı olarak değişir.

- Aynı anda patlayan patlayıcı madde miktarı,
 - Patlatma dizaynı (gecikmeli kapsül ve orta çekme, delik eğimi v.s),
 - Kaya karakteristiği,
 - Patlatma bölgesinden olan uzaklık,
 - Bölgeyi çevreleyen yapının jeolojisi,
- Yerleşim bölgelerine yakın yapılan patlatmaların planlanmasında mesafe, şarj

miktarı, jeolojik yapı ve yer sarsıntıları arasındaki ilişkinin önemi göz önüne alınmalıdır.

Bu ilişki parametrelerin tümü kullanılarak 1 no'lu denklem ile ifade edilir. [2]

$$V = K \left(\frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^{-\beta} \quad (D)$$

V : Parçacık hızı (mm/sn)

Q : Gecikme başına düşen patlayıcı miktarı

K : Arazi katsayısı

β : Arazi sönümlenme katsayısı

Bu denklemde R/\sqrt{Q} elamanına "ölçekli mesafe" denir. Bu denklemdeki arazi ile ilgili sönümlenme parametreleri K ve β katsayılarının tahmini veya bir başka yoldan hesaplanabilmesi mümkün değildir. Bu amaçla parçacık hızlarını ölçebilecek bir vibrasyon ölçer cihaz ile farklı ölçekli mesafelerde (farklı şarj miktarı ve farklı mesafelerde) yapılan atımlardan parçacık hızları değerleri ölçülerek logaritmik bir grafiğe işlenir ve arazi ile ilgili K ve β katsayıları bulunur.

Araştırmada yapılan patlatmaların oluşturduğu vibrasyon (sarsıntı) değerlerinin belirlenmesi için bir dizi ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerde İntantel firmasına ait Blastmate III, 4 kanallı sarsıntı ölçer cihazı kullanılmıştır. Cihaz üç eksende sarsıntı kaydını alabilen bir jeofon, ses düzeyini ölçmek için kullanılan bir mikrofon ve kanalların kontrolünü sağlayan, ölçümleri hafızaya alan bir ana üniteden oluşmaktadır. Cihazın jeofonu içinde üç ayrı eksende -yanlamasına (transverse), düşey (vertical) ve uzunlamasına (longitudinal)-kayıt almayı sağlayan sensörler bulunmaktadır. Alınan kayıtlar cihazın ana ünitesindeki hafızaya alınmakta ve daha sonra bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Alınan ölçümlerin bilgisayar ortamında görülmesi ve analiz edilmesi için Blastmate III cihazının standart programı kullanılmıştır. Bu program patlatma anındaki sarsıntı kaydını üç ayrı eksende ve ses ölçümünü dalga formu ile vermektedir. Ayrıca yine üç ayrı eksende ve ses ölçüm sonuçlarının sayısal değerlerini de maksimum olarak göstermektedir.

3. ARAZİ ÇALIŞMASI

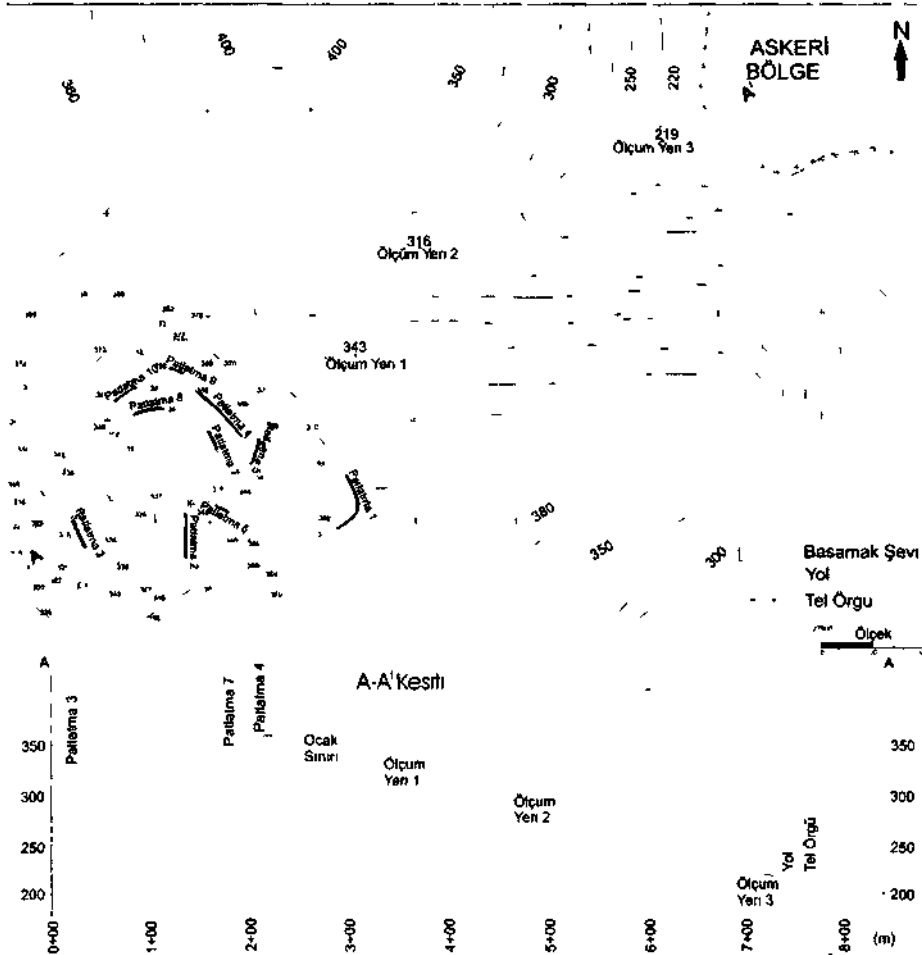
Engebeli bir topografyaya sahip olan çalışma sahasının yaklaşık 2 km kuzeyinden Ankara-Izmir yolu geçmektedir. Sahanın yakın çevresinde herhangi bir yerleşim birimi yoktur. Ancak mevcut ocakların üst sınırından 650 m mesafede hassas askeri tesislerin sınırı bulunmaktadır. Jeolojik yapıyı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşları oluşturmaktadır.

Taş ocağında üretim delme-patlama yöntemiyle yapılmaktadır. Yapılan patlatmaların incelenen bölge yönünde arazi katsayısı ve sönmülme katsayısının belirlenmesi ve oluşan yer sarsıntısını karakterize etmek amacıyla değişik patlayıcı miktarlarında, değişik

mesafelerden 10 adet ölçüm alınmıştır. Ocak içinde araştırma amacıyla yapılan patlatmaların yerlerini ve arazinin topografyasını gösteren harita Şekil 1'de verilmiştir.

3.1. Saha Ölçümleri

Yapılan patlatmalardan kaynaklanan titreşimlerin incelenmesi amacıyla faaliyette bulunan ocak sahası ile etkileri araştırılacak bölge arasında 3 adet ölçüm istasyon noktası oluşturulmuştur. I. ölçüm yeri ocağın nihai sınırına 63,5 m, 2. ölçüm yeri 184 m ve 3. ölçüm yeri 427,5 m mesafede oluşturulmuştur. Ölçüm yerleri ve bu ölçümlere esas teşkil eden patlatmaların yapıldığı basamakların konumu Şekil 1'de gösterilmiştir.

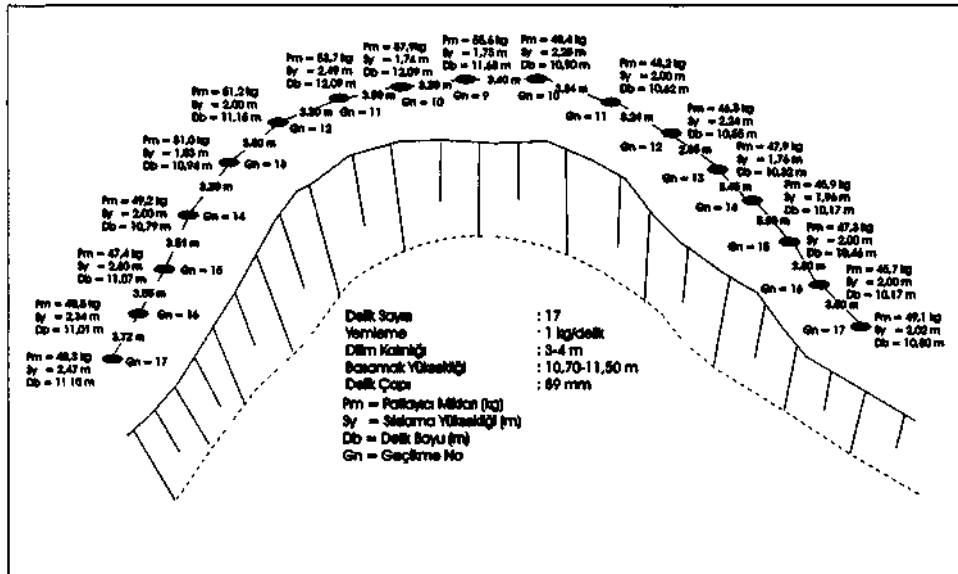


Patlatma 1 gecikme başına 108,3 kg patlayıcı kullanılarak yapılmıştır. Patlatma noktasına 127,9 m mesafeden ölçü alınmış ve bileşke parçacık hızı 9,54 mm/sn olarak ölçülmüştür. Patlatma 2'de gecikme başına 93,2 kg patlayıcı madde kullanılarak patlatma noktasından 344,47 m mesafede bulunan ölçüm istasyonundan kayıt alınamamıştır. Bu patlatmanın, ölçüm istasyonunun bulunduğu noktaya herhangi bir etkisinin olmadığı, patlatma sonucu oluşan dalgaların bu mesafeden önce sönlendiği belirlenmiştir. 3 nolu atımda hassas askeri tesislere en yakın noktada oluşturulan istasyonda ölçüm yapılmıştır. Gecikme başına 216,5 kg patlayıcının kullanıldığı bu patlatmadan da herhangi bir titreşim tespit edilememiştir.

Çalışmanın asıl amacını oluşturan arazi katsayılarının belirlenebilmesi için gecikme başına kullanılan patlayıcı madde miktarı artırılarak (257,4 kg), ölçüm yeri 3 istasyonunda 4 no'lu patlatma yapılmıştır. Bu patlatmada 0,741 mm/sn'lik bir bileşke parçacık hızı ölçülmüştür. Gecikme başına 100,7 kg patlayıcı maddenin kullanıldığı 5 no'lu atımın kayıtları ocağa en yakın mesafedeki ölçüm istasyonundan alınmıştır. Bu patlatmada bileşke parçacık hızı 5,78 mm/sn olarak tespit edilmiştir. 6 no'lu atımda gecikme başına 268

kg patlayıcı madde kullanılmış ve 196,4 m uzaklıktaki ölçüm noktasında 6,23 mm/sn bileşke parçacık hızı ölçülmüştür. Gecikme başına 111,9 kg patlayıcının kullanıldığı ve patlatma noktasına 162,5 m mesafeden ölçümün alındığı 7 no'lu atımda bileşke parçacık hızı 5,41 mm/sn olarak kayıt edilmiştir. 8 no'lu ölçümde bileşke parçacık hızı 3,06 mm/sn olarak kayıt edilmiştir. 193,6 m mesafeden kayıt edilen bu ölçümün yapıldığı atımda gecikme başına 119,6 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. 9 no'lu ölçümde gecikme başına 108,9 kg patlayıcı madde kullanılmış ve bileşke parçacık hızı 6,33 mm/sn olarak tespit edilmiştir. Bu ölçümün alındığı istasyon noktası ile patlatma yapılan yer arasında 167,8 m mesafe bulunmaktadır. Son olarak gecikme başına kullanılan patlayıcı madde miktarını 559,5 kg gibi oldukça yüksek bir değere çıkartıp ölçüm noktası 3'den ölçüm alınmıştır. 585,47 m mesafeden yapılan bu ölçümde bileşke parçacık hızı 0,751 mm/sn olarak kayıt edilmiştir. Ölçümlere ait üç eksendeki parçacık hızları, öleklili mesafeler ve bileşke parçacık hızları Çizelge 1'de verilmiştir.

Örnek olarak sahada yapılan 10 adet patlatmadan 1 no'lu atımın plan görünüşü, patlatma paterni ve teknik verileri Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2. 1 No'lu Patlatmanın Plan Görünüşü ve Teknik Verileri (Ölçsüz)

Çizelge 1. Sahada Yapılan 10 Adet Ölçüme Ait Parçacık Hızları, Ölçekli Mesafe, Bileşke Parçacık Hız Değerleri

Ölçüm No	Sarsıntı Kaynağına Olan Uzaklık (m)	Anlık Patlayıcı Miktarı (kg)	Parçacık hızları (mm/sn)			Ölçekli Mesafe (m/kg ^{1/2})	Bileşke Parçacık Hızı (mm/sn)
			Boyuna Eksen	Düşey Eksen	Enine Eksen		
1	127,9	108,3	6,48	4,83	6,86	12,29	9,54
2	344,47	93,2	-	-	-	35,68	-
3	695,5	216,5	-	-	-	47,26	-
4	525,7	257,4	0,381	0,635	0,508	32,77	0,741
5	116,5	100,7	5,59	1,78	4,57	11,61	5,78
6	196,4	268,0	5,71	4,57	3,94	12,00	6,23
7	162,5	111,9	4,83	2,54	4,06	15,36	5,41
8	193,9	119,6	2,54	1,14	2,67	17,73	3,06
9	167,8	108,9	6,22	1,52	2,41	16,08	6,33
10	585,47	559,5	0,508	0,635	0,381	24,75	0,751

3.1. Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Sahada yapılan 2 nolu ve 3 nolu atımlardan herhangi bir titreşim kaydı alınamamıştır. Bu durum her iki patlatmanın oluşturduğu dalgaların, ölçümlerin yapıldığı noktaya ulaşmadan sönümlendiğini göstermektedir. Diğer patlatmalardan alınan ölçüm değerlerinde ise değişik miktarlarda parçacık hızları ölçülmüştür. Elde edilen parçacık hız değerleri 0,741 mm/sn ile 9,54 mm/sn arasında değişmektedir.

Yapılan araştırmanın ana hedefi, işletmede daha sonra yapılacak olan patlatmalar sonucu oluşacak titreşim dalgalarının sönümlenme mesafelerinin hesaplanabilmesine olanak sağlayacak arazi katsayısının belirlenmesidir. Bu amaçla kayıt edilen 8 ölçümden elde edilen ölçekli mesafe- bileşke parçacık hız ilişkisini gösteren grafik Şekil 3'te verilmiştir.

Ocak sahasında patlamadan oluşan yer sarsıntılarının yansımaları nedeniyle süpri/ yapabilecek herhangi bir büyük süreksizlik bulunmamaktadır. Bu nedenle grafikte de uörüldüğü gibi reuresvon katsavısı bu tür

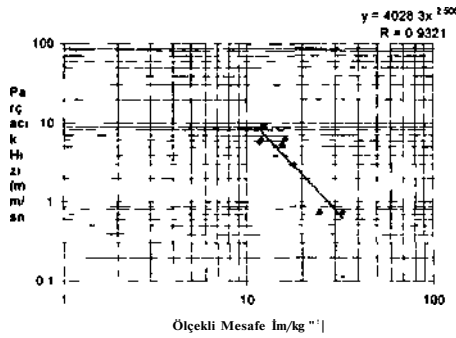
çalışmalarda elde edilen verilere nazaran 0,9321 gibi yüksek bir değer elde edilmiştir.

Grafikte görüldüğü gibi ocak sahası ile hassas askeri bölge arasındaki arazinin arazi katsayısı 4028,3; arazinin sönümlenme katsayısı ise 2,5081 olarak bulunmuştur. Bu durumda patlayıcı miktarı, patlama noktası ile olan mesafe ve bileşke parçacık hızını içeren eşitlik şu şekilde ifade edilir.

$$V = 4028,3 \left(\frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^{2,5081} \quad (2)$$

Bu eşitlik ile, ocakta yapılacak patlatmaların askeri tesisler yönünde belirli mesafelerde, gecikme başına kullanılacak olan patlayıcı madde miktarlarına göre oluşacak sarsıntı değerlerini hesaplamak mümkün olacaktır.

İşletmede yapılacak olan patlatmaların hassas askeri bölge içerisindeki yapılara veya ana kayaç kütesine herhangi bir etki yapmaması için patlatma sonucu oluşan titreşim dalgalarının tamamen sönümleneceği patlayıcı madde miktarları değişik mesafeler için hesaplanmış ve Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 3. Ölçekli Mesafe-Parçacık Hızı ilişkisi

Çizelge 2. Değişik Mesafeler için Gecikme Başına Kullanılabilecek Patlayıcı Madde Miktarı

Mesafe (m)	Bileşke Parçacık Hızı (mm/sn)	Patlayıcı Madde Miktarı (kg)
400	0,1	34,03
450	0,1	43,08
500	0,1	53,18
550	0,1	64,35
600	0,1	76,58
650	0,1	89,87
700	0,1	104,23

Hesaplamalarda minimum bileşke parçacık hızı olarak 0,1 mm/sn alınmıştır. Bu değer titreşim dalgalarının artık sönmülmüş kabul edildiği çok küçük bir değerdir. Çizelge 2'de görüldüğü gibi 104,23 kg anlık patlayıcı miktarı ile yapılan bir atımda oluşan yer sarsıntısı 700 m mesafede sönmülmür. Faaliyette olan taş ocağı ile zarar görmesi istenmeyen hassas askeri bölge tel örgü sınırı arasındaki mesafe yaklaşık 650 m'dir. Bu durumda taş ocağında yapılan bir atımın tesislere ulaşmadan sönmülenebilmesi için maksimum 89,87 kg anlık patlayıcı miktarı kullanılması gereklidir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada izmir ili Bornava ilçesinde faaliyet gösteren bir taş ocağında üretim amacıyla yapılan delme-patlatma

faaliyetlerinden kaynaklanan yer sarsıntılarının işletmenin yakınında bulunan hassas askeri tesislere etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

1. Taş ocağında düzenli basamaklar halinde ve gecikmeli milisaniyeli kapsüller kullanılarak günümüz tekniğine uygun olarak delme-patlatma operasyonları yapılmaktadır.
2. Taş ocağının değişik yerlerinde 10 adet atım yapılmış ve bu patlatmaların titreşim ölçümleri işletmeye değişik mesafelerde oluşturulan 3 adet ölçüm istasyonunda kayıt edilmiştir. Bu ölçümler 0,741 mm/sn ile 9,54 mm/sn arasında değişen bileşke parçacık hızları değerleri elde edilmiştir.
3. Hassas askeri tesislere yakın olan 3 no'lu ölçüm istasyonunda üç adet ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümlerin ilkinde kayıt alınamamıştır, ikinci ölçümde gecikme başına 257,4 kg anlık patlayıcı miktarı kullanılmış ve bileşke parçacık hızı 0,741 mm/sn olarak ölçülmüştür. Üçüncü ölçümde ise patlayıcı miktarı özellikle artırılmış (559,5) ve ölçümden 0,751 mm/sn'lik bir değer kayıt edilmiştir.
4. Sahada yapılan ölçümlerden elde edilen değerler ile saha sabitleri (K) 4028,3 ve (?/?) 2,5081 olarak tespit edilmiştir.
5. İşletmede yapılacak olan patlatmaların oluşturacağı sarsıntıları hassas askeri tesislerin olduğu bölgede tamamen sönmülmemesi için gecikme başına kullanılabilecek patlayıcı madde miktarları değişik mesafeler için hesaplanmıştır. Buna göre 650 m mesafede yapılacak olan bir atımda gecikme başına yaklaşık 90 kg patlayıcı madde kullanılması durumunda bu bölgeye herhangi bir sarsıntı dalgasının ulaşması mümkün olmayacaktır.

Kaynaklar

- [1] F. Koç O Y. "Patlama Uc Çevreye Verilen Sarsıntılar \c İlasar Kütürü Uzeine Bir İartışına". 3 *Delme ve Patlatma Sempozyumu*. 129- 139.1998
- [2] Singh B. Ro> P. "Blasitng in Ground I.\ca\ations and Mines", *A A Balkema*. Rotterdam. 24.1993. ISBN 90 6191-956-8

