

# Titrekkaya Taş Ocağı'nın Üretiminde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin Bölgedeki Tarihi Yapılara Etkisinin Belirlenmesi

## Evaluation of Blast-Induced Ground Vibration Damage on Historical Places Close to Titrekkaya Quarry

Bayram ERÇIKDI, Ayhan KESİMAL, Erol YILMAZ, Recep KAYA

KTÜ, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü. 31080, Trabzon  
[bercikdi@ktu.edu.tr](mailto:bercikdi@ktu.edu.tr)

**ÖZET:** Patlatmanın kaçınılmaz olduğu madencilik, inşaat, taş ocakçılığı, boru hattı gibi çeşitli sektörlerde yer sarsıntısı ve hava şokundan kaynaklanan çevre problemleriyle sıkça karşılaşılmakta ve bunlar tartışılmaktadır. Bu nedenle, patlatma tasarımında yalnızca parçalanma derecesi, eş dağılımlılık, maliyet gibi teknik ve ekonomik unsurlar değil, aynı zamanda söz konusu problemlerin çözülmesi de dikkate alınmalıdır. Yer sarsıntısının tahmini, patlatma bölgesinin yakınındaki yapılar üzerindeki hasarların önlenmesi açısından önem arz etmektedir. Bu çalışma, üst yapı malzemesi amacı ile işletilen Titrekkaya taş ocağı sınırında bulunan tarihi eserlerin (Asarkale ve kaya mezarları) ve çevredeki köy evlerinin yapılan patlatmalar sonucunda hasar görüp görmediğinin belirlenmesine yöneliktir. Bu kapsamda, taş ocağında durum tesbiti amacıyla, öncelikle tarihi eserlerin yerleri ve taş ocağına olan mesafeleri gözlemlenmiş, uygulanan basamaklı düşey delik patlatma kazı modeli incelenmiş, gerçekleştirilen basamaklı atımlara eşlik edilerek yer sarsıntısı unsurları ölçülmüştür. Titreşim ölçer cihazı ile elde edilen kayıtlar, uluslararası standartlarla karşılaştırılarak hasar normları içindeki yeri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca tarihi eserlere zarar vermemesi açısından ocak sahasının çalışma sınırları belirlenmeye çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tarihi Eser, Yer Titreşimi, Çevresel Etki, Hasar Kriteri, Taş Ocağı

**ABSTRACT:** The environmental problems arisen from ground vibration and air blast have been faced and discussed frequently in various industries such as mining, construction, quarry, pipe line etc, where blasting is unavoidable. So in bench blasting design, not only the technical and economical aspects such as fragmentation, uniformity and cost, but also the elimination of these problems should be taken into consideration. Prediction of ground vibration components has a great importance to minimize the environmental complaints. This study is related with whether the village houses and historical arts, located in the border of Titrekkaya Quarry operated for the production of super structure materials, are damaged or not. For this purpose, the places of primary historical arts and their distance to quarry were observed, the model of excavation based on cautious bench blasting with vertical or angle holes was investigated and ground vibration components of applied bench blasting were measured. The records obtained by vibration measurement equipment were compared to international standards in order to determine the position among the damage norms. In addition, operation borders of quarry were determined to prevent quarry to damage historical arts.

**Keywords:** Historical Place, Ground Vibration, Environmental Effect, Damage Criteria, Quarry

## 1. GİRİŞ

Patlatmadan kaynaklanan titreşim bileşenlerinin tahmin edilmesi çevresel şikayetleri önlemede büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda, patlatmalı kazılardan sorumlu teknik elemanların karşılaştıkları sorunlardan biri de yer sarsıntısı ve hava şokları nedeniyle, çevrede yaşayan kişi ya da kuruluşların haklı veya haksız şikayetleridir. Nüfus artışı ve şehirleşmeye paralel olarak bu tür gerçek ya da psikolojik rahatsızlıklar giderek de yoğunlaşmaktadır. Dolayısıyla ekonomik ve emniyetli bir patlatma, aynı zamanda bu tür sorunları da ortadan kaldırmak durumundadır. Bu nedenle, iyi bir patlatmadan beklenen en önemli unsurlardan biri de atımın çevresel etkiler açısından emniyetli olmasıdır. Patlatma tasarımında yanıt aranacak bir diğer konu da herhangi bir gecikme aralığında kullanılacak en fazla patlayıcı madde miktarını önceden belirleyebilmek ve denetimli atımlar gerçekleştirilebilmektir.

Günümüzde hızlı nüfus artışına paralel, taş ocakları, kentlerin, köylerin ve hatta tarihi eserlerin yakın bölgelerinde çalışılmakta olup çevresel açıdan ciddi sıkıntılar (gürültü, bina hasarları, yaralanma, ölüm vb.) doğurmaktadır. Bu gibi sıkıntıları önlemek için patlatmadan sorumlu ocak mühendisinin kontrolünde planlı bir atım dizaynının (kullanılması gereken patlayıcı miktarı, tek bir ayna yüksekliği yerine basamaklar şeklinde kademelendirme, düşey delik metodu, en yakın yerleşim yerinde yer titreşiminin ölçümü vb.) yapılması gerekmektedir. Dolayısıyla bu tür çevresel etkilerin ortadan kaldırılması ya da en aza indirilmesi için yer sarsıntısının tahmini büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, günümüzde patlatma kaynaklı yer sarsıntısı birçok deneysel araştırma programının, teknik ve bilimsel raporun konusu olmak durumundadır [1].

Ülkemizde herhangi bir hasar kriteri oluşturulamamasından dolayı, her sahaya özgü çalışmalar yapılmakta olup, genellikle uluslararası standartlarla mukayese edilerek çevresel etkinin azaltılmasına yönelik olarak çözümler aranmaktadır.

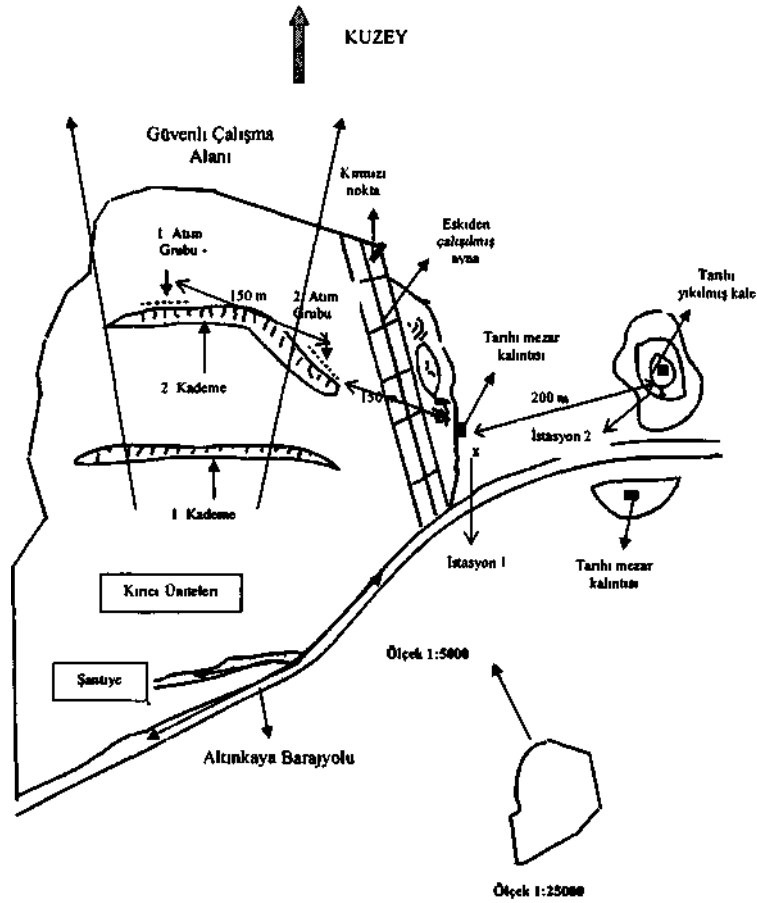
Kahrıman ve arkadaşları [2] tarafından Barit Maden Türk A.Ş.'ne ait Sivas-Ulaş sölestit sahasında gerçekleştirilen parçacık hızı unsurları

ve ölçekli mesafe veri çiftlerinden oluşan yer sarsıntısı ölçümlerinin (47 atım) sonuçları; regresyon analizine tabi tutularak, kontrollü patlatma tasarımlarında gerekli olacak saha sabitlerini belirlemişlerdir.

Bilgin ve arkadaşları [3] T.K.I. Çan Linyitleri İşletmesi'nde patlatmaların yol açtığı çevre sorunlarının giderilmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, saha sabitlerini belirleyerek hasar oluşmaması için gecikme başına kullanılacak maksimum patlayıcı miktarını hesaplamışlardır. Saha sabitlerini belirleme çalışmaları sonrasında (B) maksimum parçacık hızının dilim kalınlığı ile değişip değişmediğini araştırmışlar ve parçacık hızı tahminine dilim kalınlığı parametresini de ekleyerek ( $PPV = K \cdot (SD)^P \cdot B$ ) oldukça yüksek korelasyonlu bir ilişki elde etmişlerdir.

Kahrıman ve Tuncer [4] İstanbul'daki bazı kireçtaşı ocaklarında yaptıkları çalışmada, 73 atımın sonuçlarını incelemişler ve oldukça yüksek korelasyon katsayılı ilişki elde ederek ( $PPV = 340 (SD)^{-1.79}$ ;  $r = 0.93$ ) atımları kontrol altına aldıklarını belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, Samsun ili, Bafra ilçesinin Altınkaya baraj yolunun 28+500 km'sinin sağ tarafında ve Titrekkaya mevkiinde işletilmekte olan taş ocağı sahasının, Asarkale ve kaya mezarlarının yer aldığı mevkide bulunmasından dolayı, antik eserlere zarar verilip verilmediğini incelemek ve ocak sahasında güvenli çalışma alanını belirlemek amacıyla gözlem ve ölçümler yapılmıştır. Söz konusu taş ocağında durum tespiti amacıyla, öncelikle tarihi eserlerin yerleri ve taş ocağına olan mesafeleri gözlemlenmiş (Şekil 1), uygulanan patlatmalı kazı modeli incelenmiş ve ölçümler alınmıştır. Çevredeki en yakın yerleşim yerinin yaklaşık 1 km uzaklıkta olması ve köy halkından herhangi bir şikayet olmamasından dolayı ölçümler sadece tarihi eserlerin olduğu kısımda gerçekleştirilmiştir. Araştırmaya başlamadan önce söz konusu yerlerde yapılan incelemelerde Asarkale'nin yıkılmış olduğu ve kaya mezarlarının herhangi bir zarar görmediği gözlemlenmiştir. Ancak oluşan bu hasarın kaynağının önceki dönemde baraj inşası amacıyla yapılan patlatmalardan mı kaynaklandığı, yoksa devam eden çalışmaların sonucunda mı olduğu anlaşılamamıştır



Şekil 1. Taş Ocağı ve Çevresindeki Tarihi Eserlerin Plan Görünüşü, Patlatmanın Yapıldığı Basamaklar, Ölçüm İstasyonu Arasındaki Mesafeler, Güvenli Çalışma Alanı

## 2. MALZEME VE YÖNTEM

Çeşitli araştırmacılar, yapmış oldukları literatür çalışmalarında, tipik patlatmaların, geometrik ve jeolojik şartlardaki değişimler nedeniyle, en iyi yer sarsıntısını tahmin şeklinin, gerçek atımların gözlenmesi sonucu elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda, patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının tahminine yönelik olarak bir çok ampirik yaklaşım ortaya konulmuş ve bu yaklaşımlar değişik başarı dereceleriyle uygulanmıştır [5].

Günümüzde bu yaklaşımlardan en çok ölçekli mesafe ve sarsıntı hızını esas alanlara

güvenilmektedir. Maksimum parçacık hızı tahminine yönelik olarak yapılan istatistik çalışmaları sonucu geliştirilen ampirik ilişki aşağıda verilmiştir:

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

O)

PPV: Maksimum parçacık hızı (mm/sn),

SD: Ölçekli mesafe ( $R/W^{0.5}$ ),

K: Yer iletim katsayısı,

$\beta$ : Jeolojik sabit

Çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen patlatma hasar kriterleri günümüze kadar değişik başarı dereceleriyle uygulan

gelmiştir. Geliştirilen bu kriterler arasında, kullandıkları parametreler açısından benzerlik arz eden ve yaygın kabul görebilen uygulamada başvuru ve mukayese kaynağı olarak kullanılan normlardan en önemli iki tanesi ABD Madencilik Bürosu'nun USBM-RI 8507'de önerdiği hasar kriteri ve Alman DİN 4150'dir.

USBM-RI 8507 raporunda düşük frekanslı (<40 Hz) patlatmaların zarar verme potansiyelinin yüksek frekanslı (>40 Hz) patlatmalara göre daha yüksek olduğu ifade edilmektedir. Yine 40 Hz den büyük sonuçlanan ölçümlerde yapılara hasar verebilecek en düşük titreşim hızının 50.8 mm/sn olduğu belirtilmektedir.

Alman DİN 4150'de frekansa bağlı olarak değişen parçacık hızı sınır değerleri yapı türüne göre Çizelge 1 'de verilmektedir.

Çizelge 1. DİN 4150'de Yapı Türü ve Frekansa Göre Parçacık Hızı Sınırları

Yapı Türü	PPV(mm'sn)		
	0-10 Hz	10-30 Hz	30-100 Hz
Eski bina ve tarihi eserler	3	3-8	8-10
Dayanıklı bina, yağma tuğla	5	5-15	15-20
Betonarme, çelik konstrüksiyon	20	20-40	40-50

Çalışma kapsamında, öncelikle taş ocağı alanının düzeni ve tarihi eserlerin yerleri ile ilgili gözlem ve incelemeler yapılmıştır, incelemeler sonucunda yapılan tespitler aşağıda verilmiştir [6].

- Üretimi yapılan kaya birimi esas olarak kristalize kireçtaşından oluşmakta ve taş ocağı yaklaşık 7 hektarlık bir alanı kapsamaktadır
- Taş ocağının ilerleme yönü kuzey istikametindedir. Ocağın doğusunda iki adet, biri tam arkasında 150 metre mesafede (Şekil 2), diğeri Kızılırmak nehrinin karşısında yaklaşık 500 metre mesafede (Şekil 3) tarihi kaya mezarları ve yine aynı yönde yaklaşık 350 metre mesafede ise bir adet yıkılmış tarihi kale bulunmaktadır (Şekil 4).
- Taş ocağında, baraj inşaat işlerinde kullanılmak üzere basamak çalışması ile sürdürülmüş eskiden kalan düzenli aynalar bulunmaktadır (Şekil 5).



Şekil 2. Taş Ocağının Doğusunda Kalan En Yakın Tarihi Kaya Mezarı



Şekil 3. Taş Ocağının Doğusunda Kalan Nehrin Karşı Kıyısındaki Tarihi Kaya Mezarı



Şekil 4. Taş Ocağının Doğusunda 350 Metre Mesafede Yıkılmış Tarihi Kale Kalıntısı

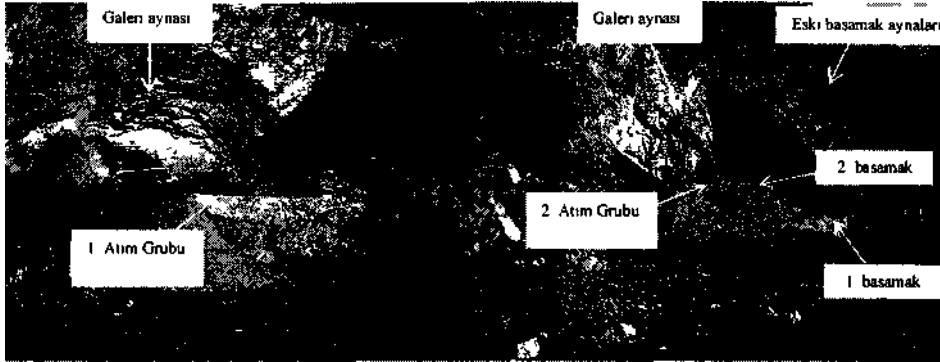
- Ayrıca taş ocağında eski bir metot ve kontrolü zor olan ve çevreye daha fazla hasar verebilen galeri patlatması çalışmasının

yapılmış olduğu ve bu çalışmalardan kalan eski iki adet çok yüksek ayna mevcuttur (Şekil 5).

- Mevcut durumda kademeli yöntem uygun olarak çalışmakta olan taş ocağında iki adet düzenli basamak bulunmaktadır (Şekil 5).
- Tarihi kaya mezarı olarak ifade edilen ve kaya bloğunun içerisine oyulan mezar daha ziyade bir gözetleme kulesini andırmakta, yıkılmış tarihi kale eserinin aksine hiçbir parçanın kopmadığı görülmektedir.

Taş ocağında uygulanan patlatma paterni, delik düzeni ve patlayıcı şarjı şantiye yetkililerince sistematik olarak

uygulanagelen şekliyle (herhangi bir müdahalede bulunulmadan) gözlemlenmiş ve ölçümler bu şekildeki çalışmalara uygulanmıştır. Atımlarda; patlayıcı madde olarak ana patlayıcı madde Anfo, yemleme (başlatıcı) olarak Jelatinit dinamit ve gecikmesiz elektrikli kapsüller, sıkılama malzemesi olarak da delikten çıkan kaya kırıntıları kullanılmıştır. İzlenen atımlar için genellikle uygulanan tasarım değişkenleri Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 5. DSİ Çalışmalarından Kalan Eski Basamak Aynaları, Sonraki Galeri Aynaları ve Şu An Uygulanan Basamakların Görünüşü

Çizelge 2. Atımlarda Uygulanan Patlatma Tasarım Değişkenleri

Delik Çapı (D), (cm)	9
Delik Eğimi (α), (°)	85-90
Delik Uzunluğu (H), (m)	14-15
Basamak Yüksekliği (K), (m)	13-14
Delikler Arası Mesafe (S), (m)	1.2-1.6
Sıkılama Boyu (H <sub>0</sub> ), (m)	6-7
Delik Sayısı	4-14
Ateşleme	Gecikmesiz

### 3. ÖLÇÜMLERİ DEĞERLENDİRME

Araştırma projesi kapsamında yürütülen çalışmalar sonucu, bu sahada yürütülen faaliyetlerin herhangi bir aşamasındaki bir atımdan kaynaklanacak maksimum parçacık hızı tahmini için, gecikme uygulanmadığından, kullanılan toplam patlayıcı madde miktarları ve kaynak-ölçüm istasyonu arasındaki uzaklıklar

dikkate alınarak türetilen ölçekli mesafe parametresiyle parçacık hızı arasındaki ilişki, istatistiksel açıdan yeterli sayıdaki veri çifti ile ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Ölçekli mesafe ve parçacık hızı ile ilgili olan bu gözleme ve istatistiksel hesaplamalara dayalı formül, titreşim ölçüm cihazlarının kullanıldığı sahada bizzat bulunan sonuçlardan geliştirilmiştir. Bu formül parçacık hızının sönümlenme oranında bölgenin kaya karakteristiklerinin ve patlatmanın türünün etkisini hesaba katan K ve β saha sabitlerini içermektedir. Bu iki sabit, parçacık hızını tahmin edebilmek amacıyla, her patlatma sahası için belirlenmelidir. İşletilmekte olan taş ocağında yapılan patlatmalara ait yer sarsıntısı ölçüm sonuçları Çizelge 3'te verilmektedir.

Çizelge 3. Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları

Kay. No	Ölçüm Yeri	Deşik Sayısı	Parçacık Hızı, (mm/sn)				Frekans (Hz)	Gecikme Başına Toplam Şarj W, (kg)	Uzaklık R (m)	Ölçekli Mesafe R/W <sup>1/2</sup> (m/kg <sup>1/2</sup> )
			Enine	Düşey	Boyuna	Max				
1	İst 1	12	3.65	7.98	6.67	7.98	52	547.2	300	12.83
2	İst 1	13	4.96	7.25	8.03	8.03	48	592.8	285	11.7
3	İst 1	10	4.18	8.07	6.17	8.07	61	456	260	12.17
4	İst 1	10	3.90	7.23	5.15	7.23	39	456	285	13.34
5	İst 1	12	3.75	8.14	5.16	8.14	68	547.2	320	13.68
6	İst 1	10	1.97	4.87	6.55	6.55	55	456	340	15.93
7	İst 1	10	2.89	6.08	7.01	7.01	57	456	310	14.52
8	İst 1	8	5.69	8.49	7.18	8.49	36	363.6	140	7.35
9	İst 1	7	4.61	6.98	8.59	8.59	46	318.15	150	8.41
10	İst 1	6	4.10	8.85	6.80	8.85	43	272.7	160	9.69
11	İst 1	8	5.55	6.89	9.14	9.14	51	363.6	175	9.18
12	İst 1	7	4.16	6.33	8.29	8.29	37	318.15	180	10.08
13	İst 2	7	0.65	1.55	2.11	2.11	13	319.2	475	26.59
14	İst 2	8	1.15	2.57	1.53	2.57	8	364.8	490	25.66
15	İst 2	9	3.48	2.19	2.48	3.48	23	410.4	535	26.41
16	İst 2	14	1.15	3.19	4.08	4.08	29	638.4	520	20.58
17	İst 2	8	1.43	2.01	2.67	2.67	19	364.8	510	26.72
18	İst 2	10	1.89	2.87	3.52	3.52	6	456	460	21.54
19	İst 2	8	1.15	1.60	2.19	2.19	11	364.8	550	28.81
20	İst 2	6	1.12	2.68	2.26	2.68	27	272.7	365	22.11
21	İst 2	4	0.55	0.73	1.32	0.73	14	181.8	340	25.22
22	İst 2	5	0.63	1.80	1.14	1.80	9	227.25	350	23.22
24	İst 2	4	0.61	1.27	0.57	1.27	7	181.8	324	24.03

USBM hasar limitleri arasında tarihi eserlere yönelik olarak herhangi bir değerlendirme bulunmadığından dolayı bir yorum yapılamamıştır. Ancak Alman DİN 4150'ye göre tarihi eserler için belirtilen 0-10 Hz aralığında 18. atım, 10-50 Hz aralığında 2,4,15 ve 16. atımlar, 50-100 Hz aralığında ise 3,5 ve 11. atım sonuçları hasar limitleri arasında kalmaktadır.

Sahadan sağlanan yeterli sayıda parçacık hızı ve ölçekli mesafe veri çifti arasında kullanışlı bir ilişki saptayarak, sahada yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında gerekli olacak saha sabitleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, atımlardan elde edilen Çizelge 3'te yer alan 24 atım olayı istatistiksel analize tabi tutulmuştur.

Bu değerlendirmede; maksimum parçacık hızı (PPV) ve ölçekli mesafe (SD) değerleri arasındaki ilişkinin ortaya konulması amacıyla regresyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sırasında; doğrusal, üssel, exponansiyel ve logaritmik fonksiyon yaklaşımları

kullanılmıştır. Aynı analizler, parçacık hızının diğer unsurları olan enine (T), düşey (V), boyuna (L) hızları için de yapılmıştır. Tüm analizlerde, üssel fonksiyon yaklaşımı en yüksek korelasyon katsayısı ile sonuçlanmıştır.

Sahada izlenen atımlardan sağlanan parçacık hızı bileşenleri (PPV, PPVT, PPVV, PPVL) ve ölçekli mesafe veri çiftleri arasındaki ilişkinin ortaya konulması amacıyla SPSS istatistiksel değerlendirme programı kullanılarak yapılan regresyon analizi ile belirlenen ve literatüre de uygunluk arz eden eşitlikler Çizelge 4'te verilmiştir.

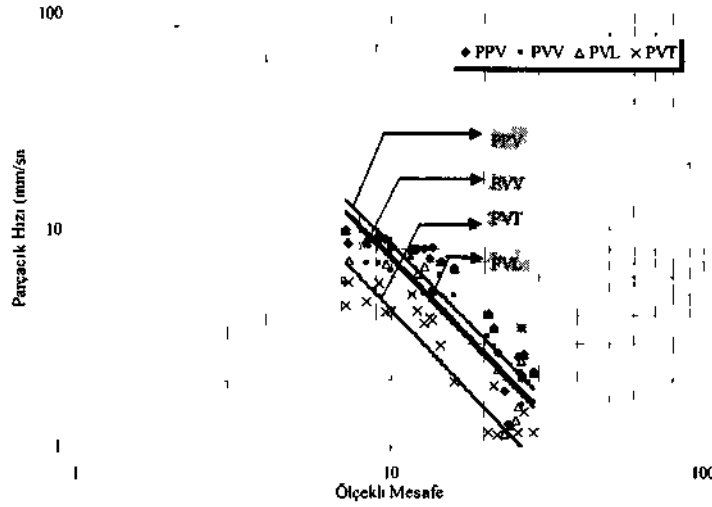
Çizelge 4. Bütün Atımlar İçin Parçacık Hızı Bileşenlerinin Eşitlikleri

	Parçacık Hızı (mm/sn)			
	Enine	Düşey	Boyuna	Maksimum
K	135	214	241	233
$\beta$	1,5018	1,4726	1,5056	1,4395
r	84	84	85	86

Çizelge 4'ten anlaşılacağı gibi, çalışılan saha için belirlenen en yüksek parçacık hızı tahmin denklemi aşağıdaki şekilde olmuştur:

$$PPV = 233 (SD)^{0.4395} \quad (r = 0,86)$$

Bu saha ve burada gerçekleştirilen patlatmalar için K ve  $\beta$  faktörleri sırasıyla 233 ve 1.4395 olarak elde edilmiştir. Parçacık hızı bileşenleri ve maksimum parçacık hızı-ölçekli mesafe arasındaki logaritmik ilişkilerin grafik gösterimi, noktaların dağılımını da ifade edecek biçimde Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Parçacık Hızı Bileşenleri ve Ölçekli Mesafe Arasındaki İlişki

Yer sarsıntısı tahminlerinin ortaya konulmasında kullanılan istatistiksel değerlendirmelerde kullanılan bütün regresyon modellerinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, uyum iyiliği değerinin ( $r^2$ ) 0.7'den daha düşük bir değere sahip olması durumudur. Yapılan regresyon analizi sonucunda 0.7'den daha düşük bir  $r^2$  değeri elde edilmiş ise bu durum sahadan sağlanan veri çiftleri arasında tutarsızlığın ya da problemin var olduğunu ifade eder [7]. Bu çalışmada da yapılan lineer regresyonla hesaplanan PPV değişkeninin %73.39 unu gösteren  $r^2$  değeri %73.39 olarak belirlenmiştir ve literatüre de uygunluk göstermektedir.

Ayrıca sahada yapılan atımlar sonucu oluşan titreşimlerin en yüksek parçacık hızlarına karşılık gelen frekans değerlerinin %24'ü 5-12 Hz arasında, %40'ı 13-40 Hz arasında ve %36'sının 40 Hz den yüksek olduğu görülmektedir. Bu değerlerden de anlaşılacağı üzere titreşimler oldukça yüksek frekanslı

olarak sonuçlanmıştır. Yüksek frekanslı bir titreşimin, düşük frekanslı bir titreşime göre (belli bir hız için) çok daha az hasar riski taşıyacağı bilinmektedir.

Tüm deliklerin bir anda patlatıldığı (gecikme uygulanmayan) bu taş ocağında en yakın tarihi eser olan tarihi kaya mezarına gelen maksimum parçacık hızı değeri 9.14 mm/sn ve yıkılmış tarihi kaleye gelen en yüksek parçacık hızı değeri 4.08 mm/sn'dir. Bu değerler delikler arasında gecikme sistemi uygulandığı takdirde, gecikme başına kullanılacak en fazla patlayıcı miktarı 45.45 kg olacak ve atım kaynağına belirli uzaklıklarda ortaya çıkabilecek parçacık hızları bulunan saha sabitleri vasıtasıyla hesaplanarak Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Mesafeye Göre En Yüksek Parçacık Hızı Tahmini

Mesafe (m)	Tahmin Edilen En Yüksek Parçacık Hızı (mm/sn)
150	2 67
300	0 98
350	0 79
500	0 47
1000	0 18

Bu durumda patlatmanın yapıldığı noktaya en yakın olan tarihi kaya mezarına gelebilecek tahmini parçacık hızı değeri 2,67 mm/sn ve yıkılmış tarihi kale binasına gelebilecek tahmini parçacık hızı değeri 0,79 mm/sn olacaktır. Dolayısıyla oluşacak olan bu parçacık hızlarının; USBM-RI 8507 ve Alman DIN 4150'ye göre yapılan mukayesede, çevredeki yerleşim birimlerinde ve tarihi eserlerde herhangi bir hasar oluşturabilecek seviyelerde olmayacağı belirtilmiştir. Taş ocağında üretimin devam etmesi ve tarihi eserlerin de herhangi bir çevresel etkiye maruz kalmaması açısından 2. grup atımların gerçekleştirildiği alan yerine üretimin antik eserlere daha uzak mesafede kalan 1. grup atımların yapıldığı bölgede (güvenli çalışma alanı) gerçekleştirilmesi daha elverişli olacaktır (Şekil 1).

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, tarihi eserlere yakın olarak işletilmekte olan taş ocağındaki atım sonuçları incelenerek, bunların tarihi eserlere zarar verip vermediği anlaşılmaya çalışılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda 24 atımdan 8 atımın Alman DIN 4150 hasar limitleri arasında kaldığı, açığa çıkan frekans değerlerinin %64'ünün hasar riskinin daha yüksek olduğu 40 Hz altında olduğu görülmüştür. Gecikme sisteminin uygulanmadığı bu taş ocağından elde edilen ölçümlerin istatistiksel analizleri sonucunda bu sahaya ait saha sabitleri belirlenmiştir. Buna bağlı olarak gecikme sistemine geçilmesi önerilmiş ve bundan sonra mesafeye bağlı olarak çıkabilecek parçacık hızı değerleri ilgililerin istifadesine sunulmuştur.

Aynı zamanda 2. grup atımların gerçekleştirildiği nokta sınır kabul edilerek,

tarihi kaya mezarı tarafında çalışmamak kaydı ile, sol taraftaki mevcut ocak sınırları arasında kalan bölge güvenli çalışma bölgesi olarak önerilmiştir.

Tarihi kalenin yıkılmasının nedeninin daha önceki galeri patlatmalarından kaynaklanabileceği ve zaman içerisinde deformasyona uğramasından olabileceği belirtilmiştir. Sonuç olarak, gecikme sistemine geçilmesi ve güvenli çalışma alanı olarak belirtilen yerlerde çalışmaların devam etmesinde herhangi bir sakınca olmadığı görüşüne varılmıştır.

#### Kaynaklar

[1] Kahrıman, A., Görgün, S., Karadoğan, A., "Patlatmak Kazılardan Kaynaklanan Titreşimlerin Kentsel Alanlar Üzerine Olan Etkileri ve Alınacak Önlemler", Jeoloji ve Kentleşme Sempozyumu, İstanbul, 1998b

[2] Kahrıman, A., Ceylanoğlu, A., Demirci, A., "Sivas-Ulaş Yöresi Sölestit Açık İşletmesinde Basamak Patlatmasından Kaynaklanan Yer Sarsıntısı Ölçüm Sonuçları ve Değerleri" 2. Delme ve Patlatma Sempozyumu, p. 89-96, 16-18 Ocak 1996

[3] Bilgin, A., Esen, S., Kılıç, M., "TKİ Çan Linyit İşletmesinde Patlatmaların Yol Açtığı Çevre Sorunlarının Giderilmesi için Araştırma" Nihai Rapor, TKİ Genel Müdürlüğü, Ankara, 1998

[4] Kahrıman, A., Tuncer, G., "Prediction of Ground Vibration Produced from Bench Blasting" Proceedings of Twenty-Fifth Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, p. 379-386, Nashville, Tennessee, U.S.A., February 7-10, 1999

[5] Kahrıman, A., Kesimal, A., Tuncer, G., "Prediction and Measurement of Environmental Problems Produced From Blasting, Second International Symposium on Mine Environmental Engineering, p. 231-239, 1998a

[6] Kesimal, A., Erçıkıdı, B., "Samsun İli, Bafra ilçesi, Altınkaya Baraj Yolunun 28+500 Km'sının Sağ Tarafındaki Titrekaya Mevkii Taş ocağının Üretiminde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşim ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi" , Döner Sermaye Projesi, Mart 2003

[7] Costa e S., V. Ayderes da S., "Practical Way to Reduce Environmental Rock Blasting Problems" Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production, Proc. SWEMP, P. 291-297, Cagliari, Italy, 1996