

Yıl:8 | Sayı:16 | Haziran 2019

ISSN: 2146-9431

Year:8 | Number:16 | June 2019

İçindekiler

Gökhan Külekçi, Ali Osman Yılmaz

**Bir Bakır İşletmesinde Üretim Faaliyetlerinin Tarihi Eserlere Etkisinin İncelenmesi,
Gümüşhane Süleymaniye Örneği1**

Eren Kömürlü, Serhat Demir

**Kaya Kütleli Poisson Oranı ve Elastisite Modülü Değerlerinin Tünel Etrafındaki Plastik Zon
Sınırları üzerinde Etkileri15**

M. Baki Çolak, C. Okay Aksoy

**İzmir Buca – Onat Tünelinde Uygulanan Yeni Avusturya Yöntemi ve Deformasyon
Ölçümlerinin Değerlendirilmesi.....25**

H.Hacıfazlıoğlu, A. Dikici

Zonguldak-Karadon Kömüründen Liç Yöntemi İle Ultra Temiz Kömür Üretimi.....35

Bir Bakır İşletmesinde Üretim Faaliyetlerinin Tarihi Eserlere Etkisinin İncelenmesi, Gümüşhane Süleymaniye Örneği

Investigation of the Effect of Activities in a Copper Mine on Historical Works, an Example of Gümüşhane Süleymaniye

¹*Gökhan KÜLEKÇİ, ²Ali Osman YILMAZ

¹Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa bilimleri Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

*Corresponding Author: gokhankulekci@gmail.com

Özet

Madencilik sektöründe üretim amaçlı yapılan patlatmaların sonucunda ortaya çıkan başlıca çevresel sorunlar yer sarsıntısı, hava şoku, kaya fırlaması, toz ve zehirli gazlar ile dumanlardır. Ortaya çıkan bu problemlerden çevre halkını ve yapıları etkileyen başlıca etmen patlatma kaynaklı yer sarsıntısıdır. Yer sarsıntısı, kullanılan patlayıcı miktarı, jeolojik yapı, çevrenin sosyal kültürel yapısı ve patlatma kaynağına olan uzaklık gibi birçok etmene bağlıdır. Çalışma alanında yapılan kontrolsüz bir patlatma çevre yapılarına hasar vereceği gibi çalışma sahasının yakınında bulunan insanların endişe ve korkusuna da neden olacaktır. Bu çalışmada, bir yeraltı bakır madeninde yapılan üretim patlatmalarından kaynaklanan titreşimlerin çevredeki tarihi eser, cami ve evlere olan etkileri araştırılmıştır. Yeraltı galerilerinde yapılan üretim çalışmalarından kaynaklanan yer sarsıntısı parametrelerinin çevresel etkileri araştırılmış ve bu etkileri minimuma indirmek amacıyla 3 farklı galeri patlatmasından ölçümler alınarak maksimum parçacık hızı ile ölçekli mesafe arasındaki ilişkileri belirlenmiştir. Ayrıca literatürde kullanılan ampirik formüller yardımı ile maksimum parçacık hızı ile ölçekli mesafe hesaplanarak teorikte makine ile yapılan ölçümün ve ampirik formüller arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Ayrıca Atımlardan kaynaklı sismik dalgaların ölçüm noktasında yarattığı titreşimlerin frekansları, ivme, yer değiştirme parametreleri de incelenmiş ve çevresel etkileri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Patlatma, Tarihi eser, Yer sarsıntısı, Yeraltı patlatması

Abstract

The main environmental problems that arise as a result of blasting in the mining sector are ground shaking, air shock, rock blasting, dust and toxic gases and fumes. The main factor affecting the people and structures of the environment from these problems is the explosion of ground shaking. Ground shaking depends on many factors such as the amount of explosives used, the geological structure, the social cultural structure of the environment and the distance to the blasting source. An uncontrolled detonation in the work area will damage environmental structures and cause anxiety and fear of people near the work site. In this study, the effects of vibrations caused by the production explosions in an underground copper mine on the historical monuments, mosques and houses were investigated. In order to minimize these effects, measurements of 3 different gallery explosions were performed to determine the correlation between the maximum particle velocity and scale distance. In addition, with the help of the

empirical formulas used in the literature, the maximum particle velocity and the scale distance were calculated and in theory, the relationship between the measurement with the machine and the empirical formulas was demonstrated. Vibration frequencies, acceleration, displacement parameters of the pulses were also investigated and their environmental effects were evaluated.

Key Words: *Blasting, Historical artifacts, Earth shaking, Underground explosion*

1. Genel Bilgiler

Yeraltı madenciliğinde özellikle metalik madenler gibi dayanım sınıfı yüksek formasyonlarda patlatmalı üretim çok zaman tercih edilen bir yöntemdir. Patlayıcı kullanımı yer altında ilerlemek ve üretim işlemleri için kullanılmasının yanında tüm büyük çaplı madencilik, taş ocağı işletmelerinde ve inşaat kazılarında da sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Patlayıcı kullanımının birçok sektörde tercih edilmesinin başlıca sebebi hızlı ilerleme ve üretim sağlaması, bunlara bağlı olarak ekonomik olmasıdır (Aksoy ve Yalçın 1999). Patlatma en ekonomik kaya kazı yöntemi olmaya devam etse de patlamaya bağlı hasarla ilgili kayıplar madencilik ve inşaat projeleri arasında güvenlik ve üretkenlik kaygısı yaratmaktadır. Yeraltında patlayıcı kullanımının temel prensibi patlatma sonrası ortaya çıkan basınç, delik taban ve çeperine yüksek baskılara neden olur. Bu baskı delik çevresinde ki kaya kütlelerinin kırılmasını ve yayılmasını sağlar. Kaya kütlelerinde patlama hasarı, yeni kırılma yüzeylerinin oluşturulması, büyütülmesi ve/veya önceden var olan jeolojik süreksizliklerin açılması şeklinde tanımlanmaktadır (Law vd, 2001). Yer altında yapılan patlatma sonrası ortaya çıkan sismik dalgalar, jeolojik yapı, kullanılan patlayıcı miktarı gibi farklı sebepler ile yer yüzüne ulaşabilmektedir. Yer yüzüne ulaşan patlatma kaynaklı sismik dalgalar binalar da hasar oluşturabilmekte, insanların endişe ve paniğe kapılmasına neden olmaktadır (Külekçi ve Yılmaz, 2018a). Yer titreşimi, yerdeki belli bir seviyeye ulaştığında bitişik yapılara zarar verebilecek bir enerji taşıma şeklidir (Hashash ve Hook 2001, Külekçi ve Yılmaz 2018b.). Yıllar boyunca, sismik dalga-parçacık hareketini hasarla ilişkilendirmek için girişimlerde bulunulmuştur. Hasar seviyeleri inşaat, yapı tipi ve onarım durumuna bağlı olarak bir ülkeden diğerine farklılık gösterir. Yapıların güvenliği için titreşimin eşik sınırı, bir ülkedeki önemine ve güvenlik kriterlerinin derecesine bağlıdır. Zemin titreşimi, kullanılan patlayıcı miktarıyla ve patlama yüzüyle, yapıların arasındaki mesafelerle ve kazı alanındaki kaya birimlerinin jeolojik ve jeoteknik koşulları ile doğrudan ilgilidir (Aldaş ve Bilgin, 2004, Olofsson, 1998).

Tarihi yapılar Türkiye’de geçmiş dönemlerin sosyolojik, ekonomik, politik ve dinsel öğelerini günümüze kadar aktarmayı başarmışlardır. Güçlü bir tarihi birikimi olan Türkiye’nin tarihinin bugüne aktarılmasında, geçmiş ve bugün arasında güçlü bir bağ kurulmasında bu yapılar önemli rol oynamaktadır. Tarihi yapılar olmadan bir medeniyet dönemini anlamak ve yorumlamak mümkün değildir (Ural vd., 2008). Türkiye’de tarihi yapılar, kubbe, tonoz, kemer, pandantif, sütun ve duvarlar elemanlarından meydana gelmektedir. Tarihi yapıyı oluşturan genel görünümünü veren bu elemanlar genellikle taş, tuğla ve bağlayıcı madde olarak kullanılan harçtan inşa edilmişlerdir (Mahrebel, 2006). Bu yapıların madencilik faaliyetleri karşısında nasıl bir etki gördüğünün bilinmemesi büyük bir bilgi eksikliğidir. Yapılan patlatmaların yapılar üzerine etkisini ve bu etkinin nasıl azaltılabileceğini inceleyen birçok araştırmacı olmuştur ama tarihi eserlere etkisini inceleyen çok az sayıda araştırmacı bulunmaktadır (Aldaş ve Esen 1999, Aksoy ve Kahrıman 2014, Küçük ve Aksoy 2017, Külekçi vd. 2017, Külekçi ve Alemdağ 2016.).

Benzersiz jeolojik, arkeolojik, tarihsel ve kültürel yapılarıyla öneme sahip olan alanlar küresel ölçekte doğal mirası oluşturmaktadır. Çalışmanın yapıldığı yeraltı madenin yanında milli park niteliğinde Süleymaniye Mahallesi bulunmaktadır. Bu alanda tarihi eser statüsünde birçok kilise, hamam ve cami yer almaktadır.

Yapılan bu çalışmada, yeraltı bakır işletmesinde üretim amacı ile yapılan patlatmaların oluşturduğu titreşimlerin tarihi eserler üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla 7 farklı patlatma ve delik tasarımı incelenmiş olup, patlatmalar sismograf yardımı ile ölçülmüştür. Bulunan değerler dünyada kabul görmüş sınır değerler ile ilişkilendirilmiştir.

2. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Çalışma kapsamında yeraltı cevher üretimi için yapılan 7 farklı aynada patlatma işlemi için hazırlanan alanlardaki dolum/delik şarj işlemleri incelenmiş ve Süleymaniye Mahallesi gidilerek işletmeye en yakın yerleşim yerinden Instanetel marka Minimate Blaster model sismograf makinesi ile ölçümler alınmıştır. Ölçüm çalışmalarından elde edilen veriler kullanılarak titreşim kaynaklı olası hasarlar araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ABD'nin USBM ve Almanya'nın DIN 4150 normlarına, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın ise yönetmeliklerine göre değerlendirilmiştir.

2.1. Coğrafi konum ve jeolojik yapı

Çalışma alanı, Gümüşhane İli, Süleymaniye Mah. Mezire Mevkii'nde yer almakta olup, yeraltı işletmelerine Gümüşhane-Erzurum karayolundan itibaren yaklaşık 5 km uzunluğundaki asfalt+stabilize bir yolla ulaşılmaktadır. Proje alanının yaklaşık 440 m kuzey batısında bulunan tarihi ve kültürel açıdan önemli bir yerleşim merkezi olan Süleymaniye Mahallesi (Eski Gümüşhane) bulunmaktadır. Proje alanı ve çevresinde bulunan Süleymaniye Mah. çok fazla sarp kayalıklı bir topografyaya hakimdir (Şekil 1).



Şekil 1. Proje alanını içine alan bölgenin uydu haritası

Süleymaniye tarihi ve turistik değerleri nedeniyle zengin bir turizm potansiyeline sahiptir. Süleymaniye Mahallesi, hem Gümüşhane'nin en eski yerleşim yeri olması hem de bir anlamda "medeniyetler geçişi" uğrağı olması nedeniyle tarihi ve kültürel açıdan önemli bir yerleşim merkezidir (Şekil 2).



Şekil 2. Gümüşhane Süleymaniye Mahallesi genel görünüm (a: tarihi eser cami, b: tarihi eser kilise, c: tarihi konak, d: tarihi eser hamam)

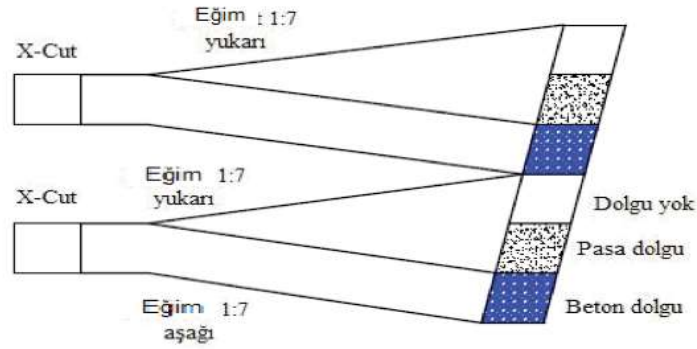
Çalışması sahasının ve çevresinin genel jeolojisine bakıldığında, Gümüşhane ili Doğu Pontidler tektonik birliği içinde yer alır. Bu birliğin genellikle D-B doğrultulu kırıklarla parçalanmış, ekaylanmış güney zonunda Paleozoyik yaşlı metamorfik ve intrüzif kayalar ile Jura-Alt Kretase yaşlı karbonatlar yüzeylenir. Kuzey zonda ise Üst Kretase yaşlı volkanikler, volkano-tortul ve intrüzif kayalar yaygındır. İlin güney sınırları içinde yer yer ofiyolit kayaları da yüzeylenmektedir.

Anadolu'nun tektonik birlikleri sınıflamasında Doğu Pontidler olarak isimlendirilen Doğu Karadeniz Bölgesi; kuzeyde Karadeniz, güneyde Çoruh vadisi ve Kuzey Anadolu Fayı, doğuda Küçük Kafkaslar ve batıda ise Kızılırmak vadisi ile sınırlanır. Doğu Pontidler olarak isimlendirilen bu bölge geçirdiği jeolojik evrime bağlı olarak kendi içinde Kuzey ve Güney zon olarak ikiye ayırılır. Reşadiye, Alucra, Gümüşhane, Bayburt, Çoruh vadisinden geçen hattın kuzey kesimi Doğu Pontid Kuzey Zonu, güney kesimi ise Doğu Pontid Güney Zonu olarak isimlendirilmiştir. Doğu Pontid Kuzey Zonu, Pontid ada yayına karşılık gelmekte ve çoğunlukla intrüzif ve volkanik kayalar yüzeylenmektedir. Güney zon ise bir ark önü havza konumunda olup çoğunlukla tortul, çok az olarak da volkanik kayalar yüzeylenmektedir. Çalışma alanı Doğu Pontid tektonik birliğinin (Ketin, 1966) kuzeyinde yer almaktadır.

2.2. Yeraltı İşletmesinde Uygulanan Üretim Yöntemi ve Ayna Patlatması

Çalışılan maden firmasında kurşun-çinko üretimi yapılmaktadır. Üretilen madenler kaz doldur yeraltı üretim yöntemi ile çıkartılmaktadır (Şekil 1). Yeraltı üretimi delme-patlatma, havalandırma, yükleme-nakliye ve tahkimat olmak üzere 4 ana basamakta gerçekleşmektedir. Kaz-doldur yöntemi ile üretim yapılan madende cevherin sağından ve solunda sırasıyla tavan taşı olarak granit, taban taşı olarak ise kireçtaşı bulunmaktadır. Cevherin kalınlığı ise yer yer 3 m civarı olabildiği gibi bazen 1 m'nin altına da düşerek değişkenlik göstermektedir. Ancak

üretim sınırı galeri kesiti ile sınırlandırılmış ve maksimum 4 m olacak biçimde ayarlanmıştır. Üretim yapılacak galerilerin yüksekliği ise 4 m ila 4,5 m arasında değişmektedir. Cevhere ulaşım ana galerilerden cevhere doğru eğimli veya düz olarak sürülen galerilerle sağlanmaktadır. Cevherde yaklaşık olarak 30 metre yüksekliğinde bir bölgede üretim yapılması planlanmaktadır. Bu alanı 15 m'lik dilimler şeklinde iki kısımda üretiminin yapılması amaçlanmıştır. Üretime her bir dilim için alttan yukarıya doğru başlanması hedeflenmiştir. En altta ve en üstte bulunan üretim galerilerinde üretim bitirilmesinin ardından çimentolu kaya dolgusu, diğer galerilerde ise pasaya dolgusu verilmektedir.



Şekil 1. Maden işletmesinde uygulanan genel üretim yöntemi (Külekcı vd. 2015)

Çalışma yapılan sahada birçok üretim galerisi mevcuttur. Bu üretim galerilerinden toplam 3 farklı galeride patlatmalı üretim yapılmış ve bu galerilerden çıkan patlatma ve gürültü değerleri ölçülmüştür. Ölçüm alınan nokta ile en yakın üretim aynası arasında 450m'lik uzaklıkta bulunmaktadır (Tablo 1). Şekil 2'de yeraltı üretim planı ve üretimi devam eden galeriler gösterilmiştir.

Tablo 1. Üretim aynası ölçüm noktası arasındaki mesafe

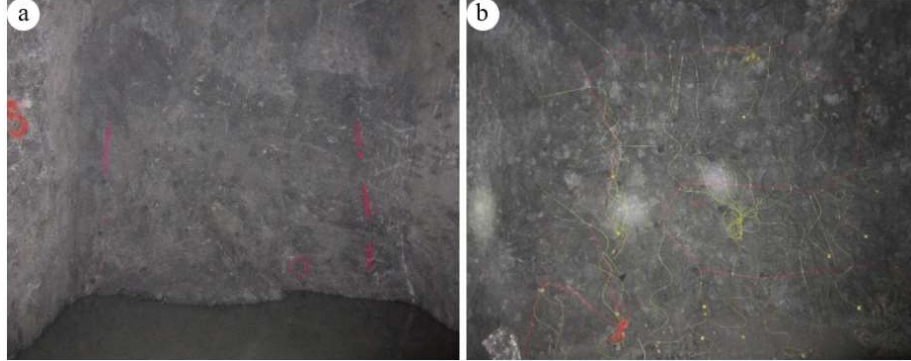
Üretim aynası	Ölçüm noktasına uzaklığı (m)
T6	450
T6-1	460
T6-2	454



Şekil 2. Patlatmalı Üretim yapılan ve ölçüm alınan galeriler.

2.2.1. Üretim Galerilerinde Kullanılan Patlayıcılar ve Ateşleme Sistemleri

Çalışma kapsamında 1425, 1475 katlarında bulunan, T6, T6-1, T6-2, galerilerinde delik tasarımı, delik boyu, patlayıcı miktarı ve yerinde şarj işlemi incelenmiştir. Hazırlanan 3 üretim aynasında aynı patlatma tasarımı kullanılmıştır (Şekil 3).



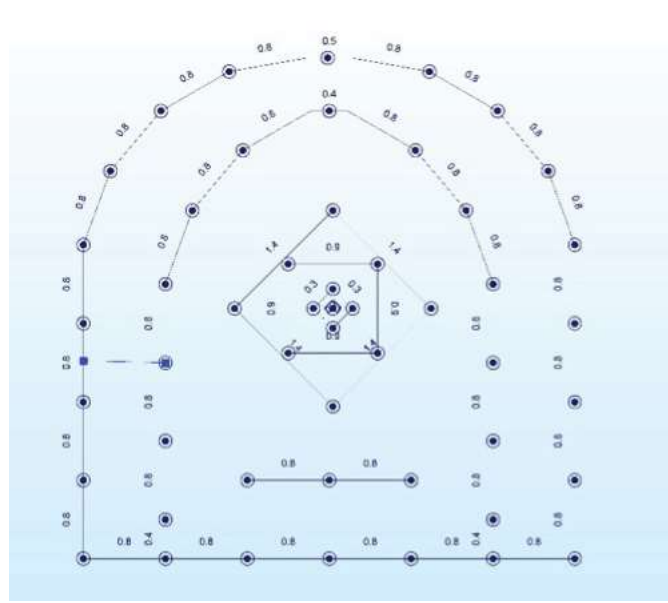
Şekil 3. a) Patlatma aynası ve b) delik doluları

Patlatma tasarımında manyeto ile nonel gecikmeli kapsüller kullanılarak ateşleme yapılmaktadır. Ayrıca yapılan atımlar esnasında patlayıcı madde olarak Superpower 90 (38 mm/500 g) jelatinit dinamit ve ateşleme sistemi olarak da nonel kapsüller, infilaklı fitiller ve elektrikli kapsül kullanılmaktadır. Tablo 2’de tünel kazısına yönelik patlatmalarda kullanılan nonel kapsüllerin numara ve gecikme süreleri (ms) verilmiştir. Nonel kapsüller ayna yüzeyinde 10 gr/m’lik infilaklı fitile bağlanmakta ve tüm devre elektrikli kapsülle harekete geçirilmektedir. Çevre deliklerinde ise 10 gr/m’lik infilaklı fitiller kullanılmaktadır.

Tablo 2. Tünelde yapılan patlatmalarda kullanılan nonel kapsüller ve gecikme süreleri

Gecikme No	Gecikme Süresi (ms)	Gecikme No	Gecikme Süresi (ms)
1	100	14	1800
2	200	15	2000
3	300	16	2500
4	400	17	3000
5	500	18	3500
6	600	19	4000
7	700	20	4500
8	800	21	5000
9	900	22	5500
10	1000	23	6000
11	1200	24	6500
12	1400	25	7000
13	1600	26	7500

1425 ve 1475 katlarında bulunan T6, T6-1, T6-2 aynalarında kullanılan delik tasarımı Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. T6, T6-1, T6-2 aynalarında kullanılan delik tasarımı

T6, T6-1, T6-2 aynalarında kullanılan patlayıcı miktarı tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. T6, T6-1 ve T6-2 aynalarında kullanılan patlayıcı miktarı

Ayna ismi	T6	T6-1	T6-2
Bulunduğu kat	1425	1475	1475
En yakın yerleşim yerine yatay uzaklık (m)	450	460	454
Delik sayısı (adet)	42	19	42
Delik çapı (mm)	51	45	45
Delik boyu (mm)	3.10	3.10	3.10
Kullanılan ANFO miktarı (kg)	125	50	125
Kullanılan dinamit miktarı (kg)	40	9.5	40

2.2.2. Sismograf Kurulumu ve Ölçüm Alınması

Delinmiş ve doldurulmuş aynalar incelendikten sonra ikinci kısım olan titreşim ölçümünün alınması için Süleymaniye Mahallesiindeki yapılar incelenmiş ve yeraltı işletmesine en yakın yerleşim biriminde ölçüm aleti kurularak patlatma kaynaklı ölçüm değerleri alınmak üzere hazırlanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Zeminin düzeltilmesi ve Instanetel marka Minimate Blaster model Sismografin kurulumu

Süleymaniye Mahallesi incelendiğinde eski ve tarihi yapıların çok olduğu bu yapıların kerpiç ve taş duvarlardan oluştuğu görülmüştür. Tarihi yapılar koruma altına alınmış ve bir çoğunun restorasyon çalışmaları devam etmektedir. Genel itibari ile hassas yapılardan oluşan yerleşkede patlatma yapılacak alana en yakın noktaya sismograf kurularak değerler ölçülmeye çalışılmıştır. Sismografin kurulduğu yerde bir adet kerpiç ahır, 1 adet ahşap baraka ve 1 adet kerpiç- beton karışımından oluşan aktif ev bulunmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Ölçüm yapılan yerleşkede bulunan kerpiç yapılar

2.3. Yeraltı Üretim Aynalarında Yapılan Patlatmalarda Meydana Gelen Titreşimin Değerlendirilmesi

Süleymaniye Mahallesine belirlenen lokasyona Instanetel marka Minimate Blaster model taşınabilir sismograf yerleştirilmiş ve patlatma gerçekleştirilerek titreşim ölçümleri alınmıştır. Elde edilen titreşim sonuçları ilgili normlar ve yönetmeliklere göre değerlendirilerek patlatma kaynaklı titreşimlerin Süleymaniye Mahallesi yerleşim birimlerine bir etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır.

Yeraltı ve yerüstü işletmelerinde üretim sırasındaki çevresel etkilerden en önemlisi patlatma sonrası meydana gelen titreşimlerin yerleşim birimlerinde ve yapılarda oluşturduğu hasardır. Bilindiği gibi patlayıcı madde kullanıldığında, kayaçta tüm yönlerde sismik dalgalar yayılmakta ve bu dalgalar geçtikleri yerlerde titreşime neden olmaktadır. Bu titreşim civarda bulunan yapı ve konutlarda etki meydana getirerek çeşitli şikâyetlerin meydana gelmesine neden olmakta, titreşimin büyüklüğü binalarda kalıcı hasar oluşturmasında etkili olmaktadır. Küçük titreşim değerleri genelde yapılar üzerinde kalıcı etki meydana getirmezler. Ancak frekans içerikleri ve titreşime maruz kalma süreleri çok önemlidir. Küçük genlikli ama uzun süren titreşimler yapılara hasar verebilir. Bu açıdan, özellikle patlatma kaynaklı titreşimlerin büyüklüğü, direkt olarak üretim yöntemine ve bir defada patlatılan patlayıcı maddesinin miktarına bağlıdır. Titreşimlerin yayılmasında jeolojik yapı da son derece önemlidir. Genellikle jeolojik formasyon eklemlili, yumuşak ve ayrık ise, patlatma enerjisi formasyon içinde sönmelenmekte, uzun mesafelerde etki meydana getirmemektedir.

2.3.1. Ampirik formül yardımı ile hesaplanan sonuçlar

Yapılan birçok çalışmada ölçekli mesafe ve sarsıntı hızını esas alan ampirik ilişkiler kullanılmıştır. Oriard (1971) tarafından önerilen ve en çok kullanılan formül de ölçekli mesafe, değişkenlerin sayısını azaltarak iki veya daha çok değişkenin ortak bir temele dönüştürülmesi sonucu elde edilir. Hesaplamalarda kolayca kullanmak veya grafikte tek bir sayı işaretlemek için patlayıcı enerjisi ile mesafe birleştirilebilir. Mesafe ve patlayıcı enerjisini birleştirmenin en yaygın yolu gerçek mesafeyi her bir gecikmedeki maksimum şarj ağırlığına bölmektir ve böylece “ölçekli mesafe” denilen sayı elde edilir (1).

$$SD = R/W^{0.5} \quad (1)$$

Burada;

- SD : Ölçekli mesafe
R : Patlatma noktasından uzaklık (m)
W : Gecikme başına maksimum patlayıcı miktarı (kg)

Literatürde ölçekli mesafenin belirlenmesinde en sık kullanılan formüller karekök ölçekleme ve küpkök ölçeklemedir. Birçok araştırmacı tarafından karekök ölçekleme formülünün (2) silindirik şarjın (şarj boyu-delik çapı oranı ≥ 6 ise silindirik şarj) yapıldığı durumlarda, küpkök ölçekleme formülünün ise küresel şarjın (şarj boyu-delik çapı oranı < 6 ise küresel şarj) yapıldığı durumlarda kullanılması gerektiği kabul edilmiştir .

$$SD_2 = R/Wd^{0.33} \quad (\text{Küpkök ölçekleme})'dir. \quad (2)$$

Ölçekli mesafeye bağlı maksimum parçacık hızı tahmininin de en fazla kullanılan formül aşağıda verilmiştir (3).

$$PPV = k \times (SD)^{-\beta} \quad (3)$$

Burada;

- PPV : En yüksek yer sarsıntı hızı, (mm/sn)
k ve β : Arazi sabitleridir. Tipik k ve β için şu değerler verilebilir;

Basamak patlatması	k = 26 – 260	$\beta = - 1.6$
Galeri patlatması	k = 5 – 20	$\beta = - 1.1$
Ön çatlatma patlatması	k \cong 800	$\beta = - 1.6$

Saha sabitleri olarak tanımlanan k ve β sabitleri değişen zemin koşullarına göre farklı değerler almaktadır. Bunların değişmesi muhtemelen jeolojik süreksizlikler, patlayıcı özellikleri, patlatma geometrisi ve gecikme aralığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Yapılan çalışmada kullanılan delik boyu 310 cm delik çapı ise 5.1 cm ve 4.5 cm olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak (1). formülün kullanılması gerektiği saptanmıştır. Yeraltı üretim patlatmalarında T6 ve T6-3 aynalarında 42 delik delinmektedir. T6-2 aynasında ise 19 delik delinmektedir. Aynalarda toplam kullanılacak patlayıcı miktarı ise yaklaşık 165 kg kadar olmaktadır. Patlatma işleminde gecikmeli kapsüller kullanılacak ve ortalama 15 adet gecikme aralığı uygulanmıştır. Delik başına yaklaşık 4 kg patlayıcı kullanılması durumunda, 8 nolu dış kenar pergel gecikme aralığında ve 10 numaralı gecikmeli tavan ve yan çeperde en fazla

delik bulunan gecikme aralığıdır ve bu aralıkta toplam 6 delik bulunmaktadır. Delik başına 4 kg kullanılması durumunda, en fazla gecikme başına düşen patlayıcı miktarı 24 kg olmaktadır. Titreşim hesabında bu miktar dikkate alınarak hesap işlemi yapılmıştır. Yeraltı üretim patlatması için $k = 20$, $\beta = - 1.1$ değerleri alınıp, yerleşim yerlerinde oluşacak tahmini titreşim büyüklükleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Patlatma sonucu oluşacak tahmini titreşim büyüklükleri

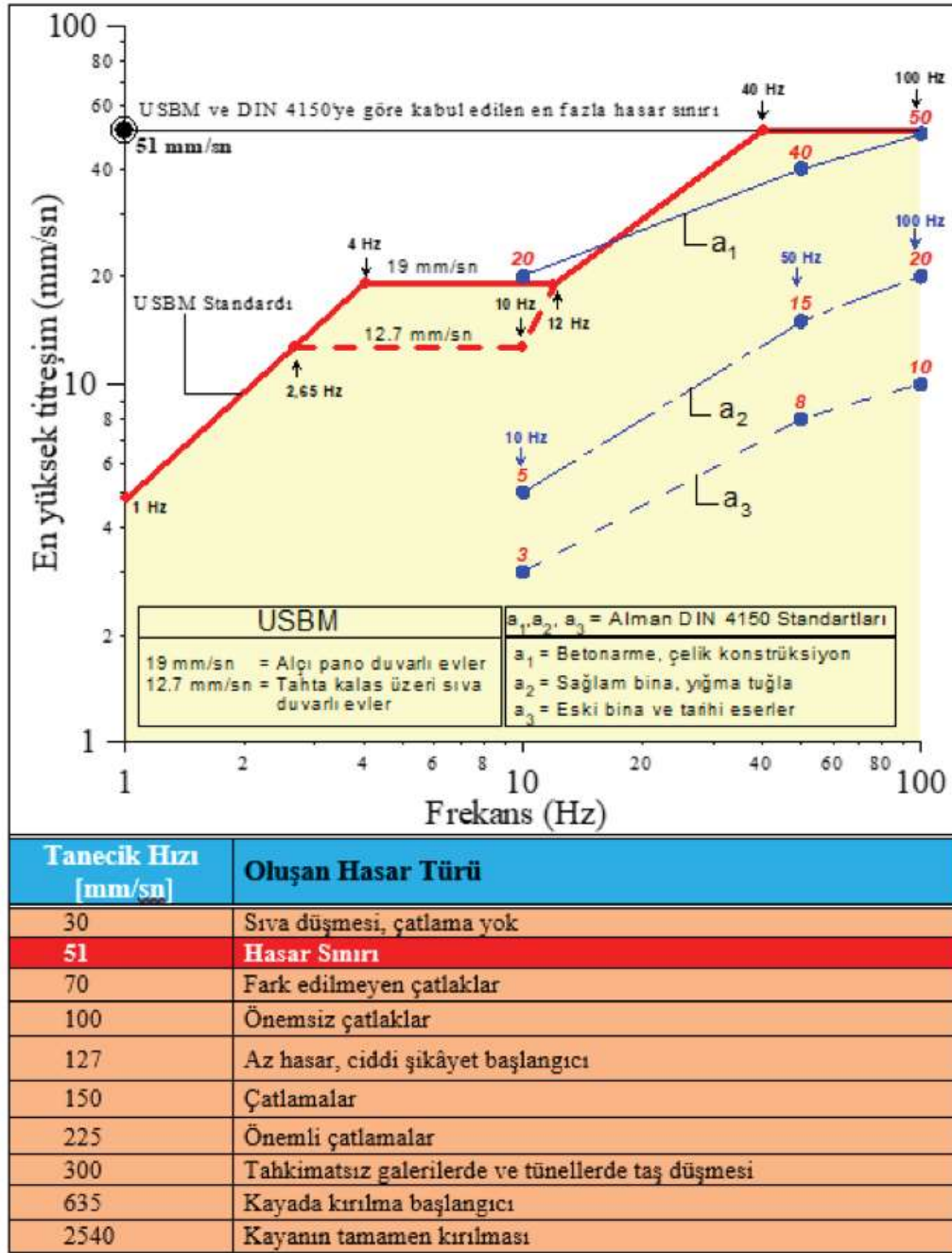
Ayna ismi	T6	T6-1	T6-2
Bulunduğu kat	1425	1475	1475
En yakın yerleşim yerine yatay uzaklık (m)	450	460	454
Delik sayısı (adet)	42	19	42
Delik çapı (mm)	51	45	45
Delik boyu (mm)	3.10	3.10	3.10
Kullanılan ANFO miktarı (kg)	125	50	125
Kullanılan dinamit miktarı (kg)	40	9.5	40
En fazla delik bulunan gecikme aralığı	6	4	6
Gecikme başına düşen patlayıcı miktarı (kg)	24	12	24
En yüksek yer sarsıntı hızı, (mm/sn)	0.142	0.092	0.137

2.3.2. Sismograf ile alınan sonuçlar

Yeraltı işletmesinde üretim amacıyla 3 farklı aynada yapılan patlayıcı üretim faaliyetinin en yakın yerleşim birimi olan Süleymaniye Mahallesi’ne olan etkisi ABD’nin USBM, Almanya’nın DIN 4150 normlarına göre değerlendirilmiş olup, 04.06.2010 Tarih ve 27601 Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği”nde verilen sınır değerler de dikkate alınarak ayrı bir irdelenmiştir.

Süleymaniye Mahallesi’nde belirlenen lokasyona Instantel marka Minimate Blaster model taşınabilir sismograf yerleştirilmiş ve yapılan patlatmaların hissedilmediği ve makinanın tetikleme düzeyi (Trigger level) 0,5-0,254 mm/sn en düşük tetik seviyesinde olmasına rağmen hiçbir ölçümü almadığı görülmüştür.

USBM ve DIN 4150 normlarına göre titreşim hızına bağlı hasar sınırları Şekil 6’da gösterilmiş. Şekil 7’de yer alan grafiğe göre hasar, patlatma anında oluşan frekansa göre değişmektedir. Örneğin, USBM’ye göre 1 Hz’de hasar sınırı 4.77 mm/sn olurken 100 Hz’de söz konusu hasar sınırı 51 mm/sn olmaktadır. Diğer kelimelerle artan frekansa bağlı olarak hasar sınırı da artmaktadır.



Şekil 7. Titreşim hızı ve hasar türü arasındaki ilişki ve USBM/DIN 4150'ye göre hasar sınırları

3. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Gümüşhane İli, Süleymaniye Mah. Mezire Mevkii'nde bulunan bir yeraltı işletmesinde yapılan patlatmalı üretim faaliyetlerinin yakın civarında bulunan milli park alanı olan Süleymaniye Mahallesi'ne olan etkisi için yapılan teknik çalışmalarla elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

USBM, alçı pano duvarlı ve tahta kalas üzeri sıva duvarlı evler için farklı hasar sınırları tarif etmektedir. DIN 4150 ise yapı kalitesine göre a_1 , a_2 ve a_3 olmak üzere 3 ayrı hasar sınırı vermektedir. a_1 ; betonarme binalar, a_2 ; sağlam bina yığma tuğla ve a_3 ise eski bina ve tarihi eserlere yönelik en koruyucu sınır değerlerini ifade etmektedir. Buradan anlaşılacağı gibi en koruyucu

sınır değer a_3 ile belirtilen eski bina ve tarihi eserlere yöneliktir ve a_3 eğrisi ile tarif edilen sınır değerler 10 Hz için 3 mm/sn ve 100 Hz için ise 10 mm/sn sınırları vermektedir. **Süleymaniye Mahallesi**de yer alan yerleşim birimleri **en korumacı sınır değer a_3 ile belirtilen eski bina ve tarihi eserler** alanına girmektedir.

04.06.2010 tarih ve 27601 Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “**Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği**”n de, hasar sınırları patlatma frekansına göre değişmektedir. Frekans arttıkça sınır değer de yükselmektedir. Örneğin, 1 Hz frekans değerinde sınır değer 5 mm/sn olurken 4-10 Hz arasında 19 mm/sn ve 30-100 Hz arasında sınır değer 50 mm/sn olarak verilmektedir.

- Çalışma sahası ve yakın çevresinde altın, bakır kurşun, çinko ve mangenez cevher yatakları bulunmaktadır.
- Yeraltı işletmesinin 3 farklı üretim aynasının patlatılması neticesinde Süleymaniye Mahallesi’nde belirlenen lokasyona Instantel marka Minimate Blaster model taşınabilir sismograf yerleştirilmiş ve yapılan patlatmaların hissedilmediği ve makinanın tetikleme düzeyi (**Trigger level**) **0,5-0,254 mm/sn en düşük tetik seviyesinde olmasına rağmen hiçbir ölçümü almadığı görülmüştür.**
- Basit formüller yardımı ile hesaplanan maksimum parçacık hızının 0.1 mm/s den düşük olduğu belirlenmiştir. Bu şiddette bir sarsıntının her ne kadar da tarihi eserlere zarar vereceği düşünülse de sismograf ile ölçüm alınması gerekmektedir. Çeşitli araştırmacılar, yapmış oldukları literatür çalışmalarında; tipik patlatmaların, geometrik ve jeolojik şartlardaki değişimler nedeniyle, en iyi yer sarsıntısı şeklinin, gerçek atımların gözlemlenmesi sonucu elde edilebileceğini belirtmişlerdir (Uyar ve Aksoy, 2015, Aldaş vd., 2001).
- Hava şoku hesaplamaları için yapılan patlatmaların hissedilmediği göz önünde bulundurarak hava şoku hesabı yapılmamıştır.
- Tüm bu sonuçlar dikkate alındığında, Instantel marka Minimate Blaster model taşınabilir sismograf makinasının **en düşük tetik seviyesinde olmasına rağmen hiçbir ölçümü almadığı görülmüş** çevresel açıdan bir risk oluşturmayacağı ve en yakın yerleşim yerlerine zarar veremeyecek seviyede olduğu görülmektedir.
- Çalışma sahasının sabitleri, ölçülen maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe değerlerinin (en az 30 nokta ya da atımla) ilişkilendirilmesi sonucunda belirlenmektedir (Aldaş vd., 2012). Bulunan bu değerler, kontrollü patlatma ve tasarım uygulamalarında, titreşim ölçüm aletinin olmadığı durumlarda bazı pratik tabloların hazırlanması suretiyle uygulayıcılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bu eşitlik çoğu araştırmacı tarafından %50 güvenirlilikte kullanılmıştır. Ancak %50 güvenirlilikte elde edilen eşitliğin korelasyon katsayısı (r) bire yakın olursa eşitlik güvenilir olarak kullanılabilir (Aldaş ve Ecevitoglu, 2008).
- Ancak, bundan sonra üretimin ilerlemesiyle Süleymaniye Mahallesi’ne yaklaşılacak patlatmalar için karşılaştırma ve değerlendirme yapmak amacıyla titreşim ve gürültü ölçümlerinin alınması gerekmektedir.

Teşekkür

Çalışma süresince bize bilgi ve belge olarak yardımcı olan, çalışma alanında faaliyet gösteren yeraltı maden işletmesi Gümüştaş A. Ş.’ne ve Süleymaniye Mahallesi sakinlerine teşekkür ederiz. Ayrıca arazi çalışmalarımız süresince görüş ve önerilerinden faydalandığımız Dr. Mehmet ÇAPIK, Maden Mühendisi Ferit ERKAN, Maden Mühendisi Süleyman BALKİ ve Korhan ÇUBUKÇU’ ya teşekkürü bir borç biliriz.

Kaynaklar

Aksoy C. O., Yalçın E., 1999. Kırmataş Üretim Yöntemlerinin Ekonomik Analizi, 3.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye

Aksoy M., Kahrıman A.,2014. Akyol Taş Ocağına Özgün Titreşim Tahmin Formülünün Belirlenmesi, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, Yerbilimleri, 35 (2), 163-174.

Aldas G.G.U., Bilgin H.A., Esen S., 2001. Timing Simulation for the Selection of Optimum Delay Time, 17th International Mining Congress, Ankara Turkey, 317-322.

Aldaş G. G. U., Ecevitoglu B., Kaypak B., 2012. Patlatmalarda Yüksek Hızlı Video Kamera ve Sismometrelerin Eş Zamanlı Kullanılması, MT Bilimsel, Vol.1, pp 59-79.

Aldaş G.G.U., Esen S.,1999. Sivas Demir Export Kangal Kömür İşletmesinde Barutsan A.Ş. Patarge Projesi Kapsamında Araştırma Raporu.

Aldaş, G.G.U, Ecevitoglu, B., 2008. Waveform Analysis in Mitigation of BlastVibration. Journal of Applied Geophysics. Vol.66, pp 25-30.

Aldaş, G.U., Bilgin, H.A.,2004. Effect of Some Rock Mass Properties on Blasting Induced Ground Vibration Wave Characteristics at Some Open Pit Mines”, CIM Bulletin Vol. 97. No:1079. pp.52-59

Calzia, J., 1969. Les Substances explosives et leurs nuisances, Dunod ed., Paris.

Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidlerin jeolojisi ve 1/250000 ölçekli komplikasyonu, MTA, Ankara.
Hoek, E. ve Diederichs, M., S., 2006. Empirical Estimation of Rock Mass Modulus, International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, 43, 203-215.

Hoek, E., Carranza-Torres, C. ve Corkum, B., 2002. Hoek-Brown failure criterion, 5th North American Rock Mechanics Symposium and 17th Tunneling Association of Canada Conference, Toronto, 267-273.

ISRM, 2007. The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974-2006 (Editors: Ulusay and Hudson), International Society for Rock Mechanics, Kozan Ofset, Ankara, 628 p.

Ketin, I., 1966. Tectonic units of Anatolia. Journal of General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) 66:23-34

Küçük K., Aksoy C. O., 2017. Şehir İçi Tünel İnşaatlarındaki Kazılarda Patlatma Tasarımı ve Titreşim Modellemesi, Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt 19, Sayı 57,

Külekeçi G. ve Alemdağ S., 2016. Taş Ocaklarında Yapılan Patlatmaların Tabiat Varlıklarına Etkisinin Araştırılması Tescilli Kaya Odası Örneği; Kelkit Gümüşhane, 8. uluslararası kırmataş sempozyumu.

Külekçi G., Kesimal A., Yılmaz T., Deniz A., 2015.” Gümüşhane Mastra Altın Madenindeki Püskürtme Beton Tahkimatının İncelenmesi” 7. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 5-6 Mart, İstanbul.

Külekçi G. and Yılmaz A. O., 2018a. “Delme patlatma yöntemi ile karayolu tünel inşaatı; Gümüşhane çevre yolu örneği,” *Ejons*, vol. 4, no. 2018 (2), pp. 34–39.

Külekçi G. and Yılmaz A. O., 2018b. “Taş Ocağı İşletmelerinin Çevre ve Tarım Arazilerine Etkileri Üzerine Örnek Bir Çalışma,” *Bahçe*, vol. 47, no. 2, pp. 230–237.

Külekçi G., Çapık M., and Yılmaz A. O., 2017. “Patlatmalı İnşaat Temel Kazı Çalışmalarının Yapılar Üzerindeki Etkileri,” presented at the 9. Uluslararası Delme-Patlatma Sempozyumu.

Law, T.M., May, J., Spathis, A.T., Du Plessis, A.T., Palmer, A.M., 2001. Blast damage and blast dilution control: the application of bulk emulsion systems at the WMC St Ives junction mine. *Fragblast* 5 (1–2), 1–20.

McGarr, A., 1983. Estimating ground motion for small nearby earthquakes. In seismic design of embankments and caverns. ASCE, New York. pp. 113–127. Niklasson, B., 1985. Vertical crater retreat mining at the Luossavaara research mine.

Persson, P.-A., Holmberg, R., Lee, J., 1994a. *Rock Blasting and Explosives Engineering*. CRC Press, Boca Raton. pp. 259–264.

Singh, S.P., 2005. Blast damage control in jointed rock mass. *Fragblast* 9 (3), 175– 187.

Sönmez, H., Gökçeoğlu, C., Nefeslioğlu, H.A., Kayabaşı, A., 2006. Estimation of rock modulus: for intact rocks with an artificial neural network and for rock masses with a new empirical equation. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 43, 224-235.

Uyar G. G. ve Aksoy C. O., 2015., Patlatma Kaynaklı Titreşim Analizlerinde En Yüksek Parçacık Hızı-Ölçekli Mesafe İlişkisini Esas Alan Yaklaşımın Olumsuzlukları, Conference: 8. Delme Patlatma Sempozyumu