

Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku Ölçümlerinin Değerlendirilmesi İçin Geliştirilen Bir Bilgisayar Programı

E. Arpaz & A. Ceylanoğlu

Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

ÖZET: Günümüzde patlayıcı madde üreticileri ve kullanıcıları patlatmanın çevresel etkilerini belirlemek ve kontrol edebilmek için patlatma kaynaklı yer titreşim bileşenlerini izlemekte ve değerlendirmektedir. Bu çalışmada, öncelikle literatürdeki 12 değişik tepe parçacık hızı tahmin yöntemi ve 9 farklı hasar ölçütü verilmiştir. Daha sonra açık işletmelerdeki patlatma kaynaklı yer sarsıntısı ölçümlerinin, önceki çalışmaları dikkate alarak hızlı ve güvenilir bir şekilde değerlendirilebilmesi amacıyla geliştirilen Yersars adlı bilgisayar programı tanıtılmıştır.

ABSTRACT: Explosive manufacturers and users monitor the ground vibration components induced by blasting and evaluate the results to determine and control the environmental effects of blasting. In this study, first of all 12 different peak particle velocity estimation methods and 9 different damage criteria in the literature were given. Then, a computer program named Yersars was introduced which was developed for the fast and reliable evaluation of blast induced ground vibration measurements in open-pit mines considering previous studies.

1 GİRİŞ

Patlatma kaynaklı çevresel etkiler, işletmelerin başlangıç ve üretim aşamalarında işletmecilere büyük sorunlar çıkarmakta ve yörede yaşayan halkın haklı veya haksız şikayetlerine neden olmaktadır. Günümüzde açık işletmelerde patlatma sonrası oluşan yer titreşimlerinin ölçülüp değerlendirilmesiyle kontrollü patlatma tasarımları yapılmaktadır. Bu değerlendirmelerin literatürdeki bilgileri de dikkate alarak hızlı ve güvenilir bir şekilde yapılması büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, patlatma kaynaklı yer sarsıntısı ölçümlerinin değerlendirilmesine yönelik olarak Microsoft-Excel 7.0 paket programı kullanılarak geliştirilen Yersars adlı bir bilgisayar programı tanıtılmış ve örnek bir uygulama gösterilmiştir.

2 LİTERATÜRDEKİ MAKSİMUM PARÇACIK HIZI TAHMİNLERİ

Patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntılarının önceden tahminine yönelik birçok kişi ve kuruluş çeşitli

araştırmalar yapmış ve maksimum parçacık hızının ölçekli mesafeye bağlı tahmini literatürün çoğunda kabul görmüştür(Ceylanoğlu & Arpaz 2000). Maksimum parçacık hızının tahminine yönelik yapılan bazı çalışmaların sonuçları (Gupta vd. 1988) kronolojik olarak aşağıda verilmektedir,

i. Ambraseys ve Hendron (1968)

$$PPV = K*(R/W^0 \text{ ''/}$$

ii. Nicholls, Johnson ve Duvall(1971)

$$PPV = K*(R/W^0 \text{ }^5)^P$$

iii. Langefors ve Kihlström (1973)

$$PPV = K*[(W/R^1 \text{ }^5)^0 \text{ }^5]^1$$

iv. Hindistan Standartları Enst.(1973)

$$PPV = K*[(W^{0.67}/R)^0]$$

v. Davies vd., (1964), Attewell

vd., (1965), Shoop ve Daemen (1983), Birch ve Chaffer (1983)

$$PPV = K*R^a*W^b$$

vi. Ghosh ve Daemen (1983)

$$PPV = K*(R/W^0 \text{ }^5)^P * e^{-aR}$$

vii. Ghosh ve Daemen (1983)

$$PPV = K*(R/W^{0.33})^P * e^{-aR}$$

viii. Gupta vd. (1987)

$$PPV = K * [(W/R^{1.5})^{0.5}]^{\beta} * e^{-\alpha K}$$

ix. Gupta vd. (1987)

$$PPV = K * (W^{0.67}/R)^{\beta} * e^{-\alpha R}$$

x. Gupta vd. (1988)

$$PPV = K * (R/W^{0.5})^{-\beta} * e^{-\alpha(R/W)}$$

xi. CMSR (Roy, P.P., 1991)

$$PPV = n + K * (R/W^{0.5})^{-1}$$

xii. Bilgin vd. (1998)

$$PPV = K * (R/W^{0.5})^{\alpha} * B^{\beta}$$

Burada;

B: Mak. parçacık hızı (mm/sn)

B: Dilim kalınlığı (m)

R : Patlatma noktasından uzaklık (m)

W: Gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)

K, β , α , n: Saha sabitleri

$e^{-\alpha R}$: İnelastik seyrelme faktörü

$e^{-\alpha(R/W)}$: j_{nc}, j_{asi}, j_k önme faktörü

3 PATLATMA HASAR KRİTERLERİ

Yaklaşık 60 yıldır, çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen patlatma hasar kriterleri değişik başarı dereceleriyle uygulanagelmıştır (Arpaz 2000). Bu kriterler kronolojik olarak aşağıda özetlenmektedir.

i. Rockwell'in enerji formülü

1934 yılında Rockwell patlatma sonucu meydana gelen titreşim enerjisinin fA² ile orantılı olduğunu belirtmiştir. Burada f: frekans, A: Genliği ifade etmektedir.

ii. USBM'nin formülü

1942 yılında Birleşik Devletler Maden Bürosu (USBM), şarj miktarını, zemin karakteristiklerini ve uzaklığın etkilerini birlikte ele alarak aşağıdaki formülü geliştirmiştir (Thoenen & Windes 1942).

$$A = \frac{C^{\frac{2}{3}}}{100} (0.07 e^{-0.0143d} + 0.001)$$

Burada;

A : Yer sarsıntısının genliği (in)

C : Şarj miktarı (lb)

d : Uzaklık (feet)

Bu formülün kullanılabilmesi için beklenen yer sarsıntısına uygun frekansın ve örtü tabakalarının derinliğine bağlı bir zemin faktörünün tahmin edilmesi gerekmektedir.

iii. Crandell "m enerji oram formülü

1949 yılında Crandell "Enerji Oram" yaklaşımını geliştirmiştir. Enerji oranına bağlı olarak hasar kriterleri Çizelge 1'de verilmiştir.

$$ER = a^2/f^2$$

ER : Enerji oram

a : İvme

f: Frekans

Çizelge 1. Crandell'in enerji oranına bağlı hasar kriteri.

Enerji Oranı	Hasar Tahmini
< 3.0	Hasar yok
3.0-6.0	Uyarı
> 6.0	Hasar var

1949 - 1960 yılları arasında hasar kriterleri, deplasman, ivme ve parçacık hızı parametreleriyle ilişkilendirilmeye başlanmıştır.

iv. Langefors, Kihhröm ve Westerberg'in yaklaşımı

Langefors vd.'nin (1948) parçacık hızı ve yapı hasar gözlemine dayalı kriteri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Langefors ve arkadaşlarının parçacık hızını esas alan hasar kriteri.

Parçacık Hızı (in/sn)	Hasar Tahmini
<2.8	Hasar yok
4.3	İnce çatlaklar, sıva dökülmesi
6.3	Taş duvarlarda ve sıvalarda çatlamlar
>9.1	Ciddi boyutlu çatlamlar

v. Edwards ve Northwood'un parçacık hızı yaklaşımı

Edwards ve Northwood'un (1959) Kanada'da yaptıkları araştırmalar ışığında parçacık hızına bağlı hasar tahminleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Edwards ve northwood'un parçacık hızını esas alan yaklaşımı.

Parçacık Hızı (in/sn)	Hasar Tahmini
< 2	Hasar yok
2 - 4	Uyan düzeyinde
> 4	Hasar çok

vi. USBM'nin yaklaşımı

1971'de Birleşik Devletler Maden Bürosu'nun yaptığı daha kapsamlı araştırmalar sonucu parçacık hızına bağlı hasar tahmini Çizelge 4'de verilmiştir (Nichollsvd. 1971).

Parçacık Hızı (in/sn)	Hasar Tahmini
<2	Hasar yok
2 - 4	Sivada çatlaklar
4 - 7	Hasar başlangıcı
>7	Yapıda aşırı hasarlar

vii. Bauer ve Calder'in yaklaşımı

Bauer ve Calder'in (1977) çeşitli ekipman ve muhtelif yapı türleri için parçacık hızına bağlı hasar tahmini Çizelge 5'de verilmiştir.

Yapı Türü	Hasar Tanımı	Hasarın Başladığı Parçacık Hızı (in/sn)
Evler	Sivada çatlaklar	2
Yeni bir binadaki beton kolonlar	Kolonda çatlaklar	8
Muhafaza bonitü sondaj delikleri	Yatay bükülmeler	15
Mekanik ekipman; pompalar, kompresörler	Şaft eğilmeleri	40
Beton temel üzerine inşa edilmiş prefabrik çelik yapılar	Temel çatlakları, binada bükülme ve çatlaklar	60

viii. USBM'nin son patlatma hasar tahmini

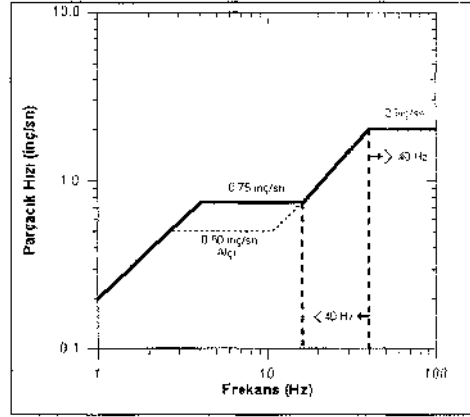
Birleşik Devletler Madencilik Bürosu, açık ocak patlatmalarından kaynaklanan yer sarsıntısının yapılara olan etkisi ve zararlarıyla ilgili 1980'de Siskind ve arkadaşlarına 219 üretim atımının 79 evdeki etkisini belirlemeye yönelik bir çalışma yaptırarak sonuçlarını yayımlamıştır (USBM RI 8507 Bülteni). Bu çalışmada, sadece parçacık hızlarının değil, frekansların da hasar oluşumunda etkili olduğu vurgulanmaktadır. USBM RI 8507 raporunda belirtilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

1. Parçacık hızı hala en iyi yer titreşimini tanımlama ve kontrol aracıdır.
2. Parçacık hızı, titreşime karşı tepki özellikleri iyi tanımlanmış bir yapı grubu için tahribat potansiyelini açıklayabilecek en pratik kontrol aracıdır.
3. Patlatmacı bütün atımları titreşim cihazı ile izleme yükümlülüğünü almamak için, muhafazakar bir yaklaşımla, ölçekli uzaklığın kareköklü uygulamasını seçer (R/W). Bu tip ölçekli uzaklıkta titreşim seviyeleri 0.08-0.15 in/sn (2-3.8 mm/sn) civarında olmaktadır.

4. Düşük frekanslı (<40 Hz) patlatmalarda zarar verire potansiyeli yüksek frekanslı (>40 Hz) patlatmalarda sözkonusu olan potansiyelden daha fazladır.
 5. Bina inşaat tipleri, minimum beklenen zarar seviyesine etki eden bir faktördür. Alçı panellerden oluşan (kuru duvar) iç duvarlar, eski tahta kalas üzeri sıva kaplamalı duvarlara göre titreşim zararına karşı daha dayanıklıdır.
 6. Pratik olarak düşük frekanslı yer titreşimleri yaratan patlatmalar için emniyet sınırı; modern alçı pano duvarlı evler için 0.75 in/sn (19 mm/sn), tahta kalas üzeri sıva duvarlı evler için 0.50 in/sn (12.7 mm/sn)'dir. 40 Hz üzeri frekanslarda tüm evler için emniyetli parçacık hızı, maksimum 2.0 in/sn (51 mm/sn) olarak tavsiye edilir.
 7. Bütün evlerde; zamanla çeşitli çevresel basınçlardan, havadaki sıcaklık ve nem değişimlerinden, taban yerleşimlerinden doğan oturmalarından, yerdeki nem değişimlerinden, rüzgardan ve hatta ağaç köklerinin su emmesinden dolayı çatlaklar oluşur. Bunların sonucu olarak çatlak meydana geldiği (herhangi bir nedenden dolayı, örneğin kapıyı hızlı çarpmak) durumlarda; mutlak bir minimum titreşim limit değeri olmayabilir.
 8. 0.50 in/sn (12.7 mm/sn) altında maksimum parçacık hızı oluşturan patlatmalarda zarar verme şansı; sadece çok az değil (en kötü durumda %5) aynı zamanda titreşim seviyelerinin bütün aralıkları için dikey ekseninde ortalama tahmin değerlerinden daha hızlı bir şekilde düşer.
- Ayrıca USBM tarafından hem yapılarda ölçülmüş titreşim katlamalarını, hem de tahribat özelliklerini kullanan, alternatif olarak tavsiye edilen patlatma seviyesi kriterleri geliştirilmiştir. "Alternatif Kriter Analizi" olarak adlandırılan bu metod, daha uygun bir değerlendirme yöntemidir (Şekil 1). Fakat hem hareketi hemde hızı içine alan daha sıkı bir ölçüme ihtiyaç gösterir. Bu sistem; 40 Hz altında en iyi tahribat ölçütünün, frekansın bir fonksiyonu olarak maksimum parçacık hızı olduğunu göstermektedir.

zT. OSM'nin halen geçerli olan kuralları

ABD Açık Ocak Madencilik Bürosu (OSM), yer titreşimi ve hava şokunu kontrol altına almak için patlayıcı maddelerin nasıl kullanılması gerektiği konusundaki son raporunu 8 Mart 1983 tarihinde yayınlamıştır. Bu kurallar patlatma etkinliklerinin kontrolü konusundaki yegane kurallardır ve açık ocak kömür madenciliğinde uygulanmaktadır (Foster 1983).



Şekil 1. USBM'nin alternatif kriter analizi.

OSM kuralları; patlatma sorumlusuna, aşağıdaki üç yöntemden birini kullanmasını tavsiye etmektedir.

1. Yöntem : Parçacık hızı ölçütünün sınırlanması

Patlatma sorumlusu; atımı, Çizelge 6'da gösterilen patlatma noktası ile ölçüm noktası arasındaki uzaklığa bağlı ölçekli mesafe tasarım faktörlerine uygun düzenlemelidir. Ölçekli mesafe faktörleri, uzaklıkla değişerek, maksimum parçacık hızlarının sınırlarını değiştirmektedir. Bu yöntemde, Çizelge 6'daki OSM ölçekli mesafe faktörleri uygulandığı sürece, sismik kayıt almaya ihtiyaç duyulmamaktadır.

Çizelge 6. Uzaklığa bağlı müsaade edilen ölçekli mesafe faktörleri (OSM,1983).

Patlatma Noktasından Uzaklık		Sismik izleme Yapılmadan Kullanılacak Ölçekli Mesafe Faktörü
(ft)	(m)	(SD)
0 - 300	0-90	50
301-5000	91-1500	55
>5001	>1500	65

2. Yöntem: Ölçekli uzaklık denklemi ölçütü

Her patlatmanın, maksimum parçacık hızını izleyebilecek yeterlikte bir titreşim ölçer tarafından izlenmesi gerekmektedir. Maksimum parçacık hızı Çizelge 7'de gösterilen seviyelerin altında kaldığı müddetçe kullanıcı kurallara uymaktadır. Her gecikme için patlayıcı madde miktarını hesaplamada izin verilen değerler; çok sıkı bir biçimde ölçekli mesafe faktörüyle sınırlanmamıştır. Böylelikle kullanıcı daha büyük atımlar tasarlayabilir, daha büyük çapta delik açabilir ve daha büyük basamak veya daha geniş delik düzeni kullanabilir. Eğer

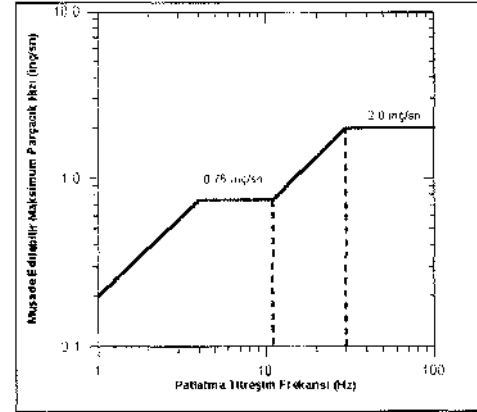
patlatma sonucunda aşağıda belirtilen uzaklıklar için öngörülen titreşim seviyesi aşırsa, OSM'nin öngördüğü ceza uygulanır. Patlatma noktasının en yakın yapıya mesafesi arttıkça, izin verilen hız artmaktadır. Bu durum uzak mesafelerde parçacık hızından daha çok baskın olan düşük frekansların zarar verme potansiyeline sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 7. Uzaklığa bağlı müsaade edilen maksimum parçacık hızları (OSM, 1983).

Uzaklık		Maksimum Parçacık Hızı	
ft	m	in/sn	mm/sn
0 - 300	0 - 90	1.25	31.75
301 - 5000	91 - 1500	1.00	25.40
>5001	>1500	0.75	19.05

3. Yöntem: Patlatma seviyesi grafiği ölçütü

Patlatma sorumlusunun frekansla birlikte değişen parçacık hızı seviyelerini (Şekil 2) kullanmasına izin verilir. Bu yöntemde, patlatmadan kaynaklanan yer titreşimi dalga frekanslarının analizinin ve her atımın parçacık hızı ölçümlerinin yapılması gerekmektedir.



Şekil 2. OSM'nin alternatif kriter analizi.

Baskın frekansları bulmak için, dalga şekli analiz edilmekte ve bu frekanslara gelen parçacık hızları belirlenmektedir. Bir çok durumda, her bir frekansın şiddetini analiz etmek için elektronik cihazlara ve yetenekli bir sismolog tarafından yapılması gereken sayısal analizlere ihtiyaç bulunmaktadır. Bu yöntemin, patlatmalardan kaynaklanan meskun binalara ve hatta insanlara yönelik potansiyel zararları değerlendirmede en iyi yöntem olduğu belirtilmektedir. OSM kurallarındaki bu yöntem, USBM tarafından tavsiye edilen yöntemden

farklıdır. Şekil 2'deki grafik çizgisinin herhangi bir yerinde; altında kalan, belirli bir baskın frekansa karşılık gelen herhangi bir parçacık hızı emniyetli kabul edilmektedir. Grafik çizgisinin herhangi bir kesiminin yukarısında kalan değerler, bina tahribatı ve insanlara zarar verme riskini arttırmaktadır.

4 YERSARS PROGRAMI

Açık işletmelerdeki patlatma kaynaklı yer sarsıntısı ölçümlerinin gerek değerlendirilmesine gerekse bu ölçümleri dikkate alarak kontrollü patlatma tasarımlarının yapılmasına yönelik olarak Microsoft-Excel 7.0 paket programı kullanılarak Yersars adlı bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Şekil 3'de genel yapısı verilen program 5 bölüm halinde oluşturulmuştur. Divriği Demir Açık İşletmesi'nde gerçekleştirilen yer sarsıntısı ölçümleri (Ceylanoğlu & Arpaz, 2000, Arpaz, 2000) kullanılarak örnek bir uygulama gösterilmiştir.

i. Veri girişi

Program içerisinde kullanılacak verilerin girildiği bölümdür. Bu bölümde verilerin girişi üç aşamalı olarak gerçekleştirilmektedir. Birinci aşamada; ölçüm yapılan işletmeye ait bilgiler (İşletmenin adı, lokasyon, atımın yeri ve kotu, ölçüm yeri, yönü ve kotu), ikinci aşamada; patlatma tasarımına yönelik veriler (Dilim kalınlığı ve tasarıma esas alınacak yön ve uzaklık), üçüncü aşamada ise yer sarsıntısı ve hava şoku ölçüm sonuçları (Atım no, gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı, ölçüm mesafesi, dilim kalınlığı, titreşim ölçer cihazından RS232 kanalı ile yada elle parçacık hızı bileşenleri (enine, boyuna, düşey ve bileşke), bileşenlerin frekansları, hava şoku ve frekansı) girilmektedir (Şekil 4).

//. Hasar ölçütlerine göre değerlendirme

Yer sarsıntısı ve hava şoku değerlerinin, aşağıda verilen bazı önemli hasar ölçütlerine göre ölçüm yapılan yerde hasar oluşturup oluşturmayacağı bu bölümde belirlenmekte ve herbir atım için sonuçlar listelenmektedir(Şekil 5).

- Langefors vd. (1957)
- Edwards ve Northwood (1959)
- USBM(1971)
- Bauer ve Calder (1977)
- USBM Alternatif Kriter Analizi (1980)
- OSM Alternatif Kriter Analizi (1983)
- Hava Şoku Hasar Kriteri (Ladegaard-Pedersen ve Daily, 1975)

///. Regresyon analizi

Yer sarsıntısı ölçüm sonuçları kullanılarak literatürdeki parçacık hızı tahmin metodlarına göre regresyon analizlerinin yapıldığı bölümdür. Burada; parçacık hızı bileşenleri (enine, boyuna, düşey, bileşke ve maksimum) ve hava şoku değerleri literatürdeki parçacık hızı tahmin metodlarına göre ayrı ayrı değerlendirilerek herbiri (PPVT, PPVV, PPVL, PVS, PPV ve PSPL) için 12 adet ilişki ve korelasyon katsayıları bulunmaktadır (Şekil 6).

iv. Uzaklığa bağlı ahak hazırlama

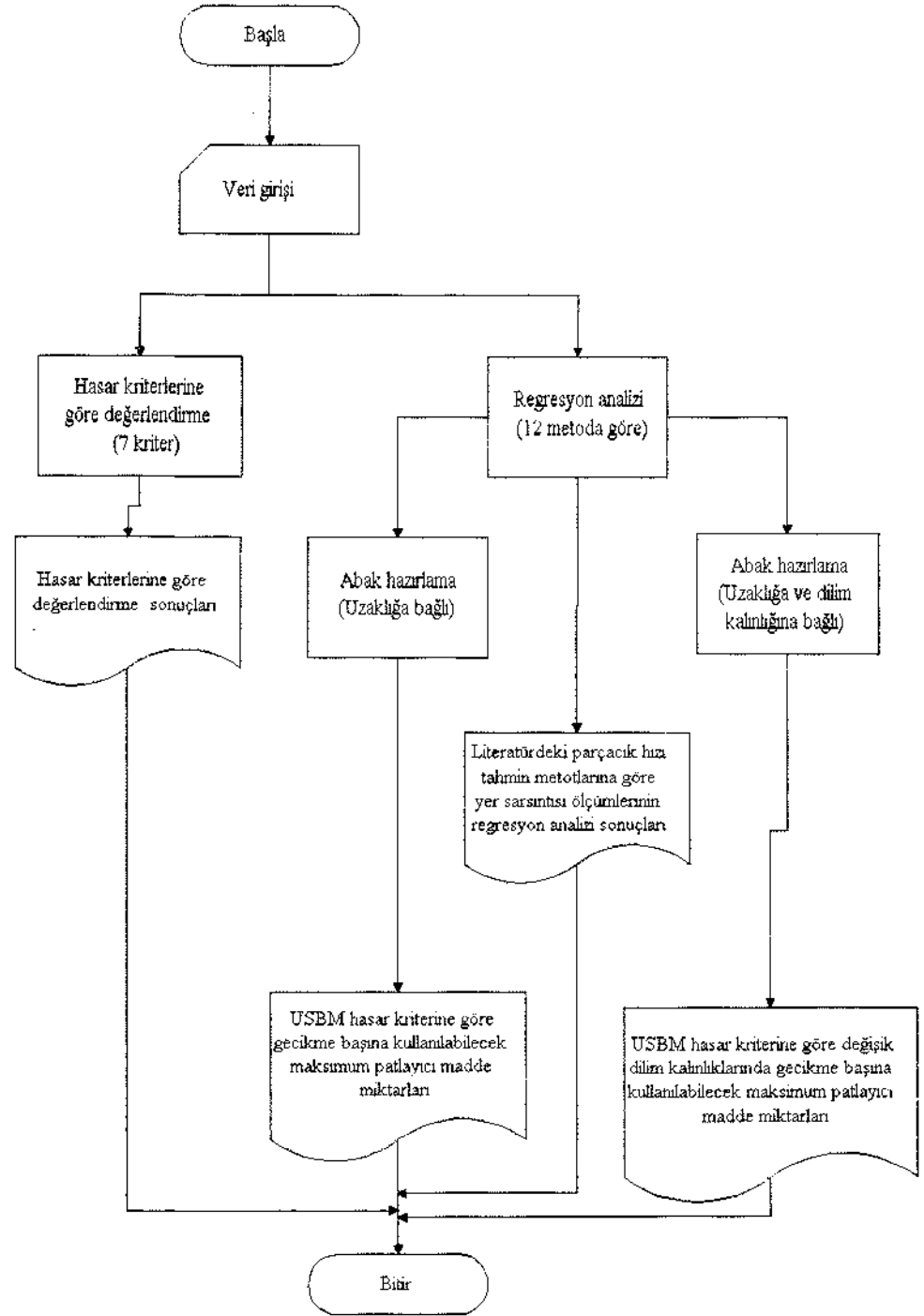
Regresyon analizi bölümünde belirlenen denklemlerden istenilen kullanılarak seçilen herhangi bir uzaklık için müsaade edilebilir tepe parçacık hızı ve hava şoku değerlerine göre gecikme başına kullanılacak maksimum patlayıcı madde miktarları (minimum, ortalama, maksimum) bulunmaktadır. Burada, müsaade edilebilir parçacık hızı değerleri; parçacık hızı bileşeninin frekans değerlerine (minimum, ortalama ve maksimum) bağlı olarak USBM hasar kriterindeki sınırlar kullanılarak hesaplanmaktadır. Gecikme başına kullanılacak maksimum patlayıcı madde miktarları, literatürdeki parçacık hızı tahmin metodlarına göre ayrı ayrı hesaplanmakta ve herbir tahmin yöntemi için minimum, ortalama ve maksimum değerleri verilmektedir (Şekil 7).

v. Uzaklığa ve Dilim Kalınlığına Bağlı A bak Hazırlama

Regresyon analizi bölümünde belirlenen 12 No'lu denklem kullanılarak (Bu eşitlikte dilim kalınlığının da bulunması nedeniyle) seçilen herhangi bir uzaklık için daha önceki bölümde olduğu gibi gecikme basma kullanılacak maksimum patlayıcı madde miktarları belirlenmektedir. Ek olarak değişik dilim kalınlıkları (Seçilen dilim kalınlığı %2 arttırılmakta (5 kere) ve azaltılmaktadır(5 kere)) için bu hesaplamalar yapılabilmektedir(Şekil 8). Girilen delikler arası / dilim kalınlığı oranı kullanılarak hesaplanan delikler arası mesafe değerleri de verilmektedir.

5 SONUÇ

Geliştirilen Yersars adlı bilgisayar programı, patlatma kaynaklı yer sarsıntısı ölçümlerini literatürdeki parçacık hızı tahminlerini ve hasar kriterlerini dikkate alarak değerlendirmektedir. Daha hızlı ve güvenilir bir şekilde bu değerlendirmelerin yapılması işletmelerin daha kontrollü patlatma tasarımlarını sağlayabilecektir.



Şekil 3. Yersars programının genel yapısı.

Yersars Programı Veri Giriş Bölümü

İşletmenin Adı: Divriği Demir Açık İşletmesi
 Lokasyon: A-Kafa
 Alım Yeri ve Kotu: Tüm Veriler
 Ölçüm Yeri ve Kotu: Alım Arkası
 Veri Sayısı: 26

Maksimum Parçacık Hızı (PPV)

Metod No	PPV	Denklem	R
1	75455,3	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,18
2	7720,78	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,26
3	572,354	$\frac{W}{R^2}$	2,97
4	572,323	$\frac{W^2}{R}$	2,23
5	30322,9	$R \cdot W$	-2,23
6	3251,29	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-1,26
7	21769,2	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-1,86
8	606,879	$\frac{W}{R^2}$	1,94
9	606,86	$\frac{W^2}{R}$	1,38
10	6431,31	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,09
11	979,493	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-1
12	7416,48	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,26

Şekil 4. Yersars programının veri giriş bölümü.

Yersars Programı Hasar Kilitlerine Göre Değerlendirme Bölümü

Metod No	PPV	Denklem	R	W	Hasar Durumu
1	75455,3	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,18	0,85	Hasarlı
2	7720,78	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,26	0,85	Hasarlı
3	572,354	$\frac{W}{R^2}$	2,97	0,83	Hasarlı
4	572,323	$\frac{W^2}{R}$	2,23	0,83	Hasarlı
5	30322,9	$R \cdot W$	-2,23	0,86	Hasarlı
6	3251,29	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-1,26	0,87	Hasarlı
7	21769,2	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-1,86	0,88	Hasarlı
8	606,879	$\frac{W}{R^2}$	1,94	0,88	Hasarlı
9	606,86	$\frac{W^2}{R}$	1,38	0,88	Hasarlı
10	6431,31	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,09	0,85	Hasarlı
11	979,493	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-1	0,73	Hasarlı
12	7416,48	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,26	0,85	Hasarlı

Şekil 5. Yersars programının hasar kilitlerine göre değerlendirme bölümü

Diğer yandan, literatürdeki parçacık hızı tahmini ilişkilerinin; dilim kalınlığı, özgül şarj, delikler arası mesafe, şarj boyu, sıkılama boyu gibi patlatma parametrelerini de dikkate alarak geliştirilmesi (ilişkilerin korelasyon katsayılarının yükseltilmesi) ve programa eklenmesi daha güvenilir patlatma tasarımları yapılmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Arpaz, E. 2000. Türkiye'deki bazı açık işletmelerde patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin izlenmesi ve değerlendirilmesi, *C.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi*, 230 s., Sivas.

Attewell, P.B., Farmer, I.W., Haslam, D. 1965. Prediction of ground vibration parameters from major quarry blasts, *Mining and Minerals Eng.*, December, pp. 621-626.

Bauer, A., Calder, P.N. 1977. Pit slope manual, Chapter 7, *Canmet Report 11A A*

Yersars Programı Regresyon Analizi Bölümü

Metod No	PPV	Denklem	R	W	Hasar Durumu
1	75455,3	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,18	0,85	Hasarlı
2	7720,78	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,26	0,85	Hasarlı
3	572,354	$\frac{W}{R^2}$	2,97	0,83	Hasarlı
4	572,323	$\frac{W^2}{R}$	2,23	0,83	Hasarlı
5	30322,9	$R \cdot W$	-2,23	0,86	Hasarlı
6	3251,29	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-1,26	0,87	Hasarlı
7	21769,2	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-1,86	0,88	Hasarlı
8	606,879	$\frac{W}{R^2}$	1,94	0,88	Hasarlı
9	606,86	$\frac{W^2}{R}$	1,38	0,88	Hasarlı
10	6431,31	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,09	0,85	Hasarlı
11	979,493	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-1	0,73	Hasarlı
12	7416,48	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,26	0,85	Hasarlı

Şekil 6. Yersars programının regresyon analizi bölümü.

Yersars Programı u/akhga Bağlı Abak Ha/ırlama Bölümü

Metod No	PPV	Denklem	R	W	Hasar Durumu
1	75455,3	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,18	0,85	Hasarlı
2	7720,78	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,26	0,85	Hasarlı
3	572,354	$\frac{W}{R^2}$	2,97	0,83	Hasarlı
4	572,323	$\frac{W^2}{R}$	2,23	0,83	Hasarlı
5	30322,9	$R \cdot W$	-2,23	0,86	Hasarlı
6	3251,29	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-1,26	0,87	Hasarlı
7	21769,2	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-1,86	0,88	Hasarlı
8	606,879	$\frac{W}{R^2}$	1,94	0,88	Hasarlı
9	606,86	$\frac{W^2}{R}$	1,38	0,88	Hasarlı
10	6431,31	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,09	0,85	Hasarlı
11	979,493	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-1	0,73	Hasarlı
12	7416,48	$\frac{R}{\sqrt{W}}$	-2,26	0,85	Hasarlı

Şekil 7. Yersars programının u/akhga bağlı abak ha/ırlama bölümü.

1	A	B	Gecikme Başına Maksimum Patlayıcı Madde Miktarı (W, kg)		
			Tepe Parçacık Hızı (PPV, mm/sn)		
			Minimum (19,05)	Ortalama (19,05)	Maksimum (30,48)
2	Dilim Kalınlığı (E, m)	Delikler Arası Mesafe (S, m)			
3					
4					
5	2,7	3,375	1239,03	1239,03	1877,21
6	2,76	3,45	1238,07	1238,07	1875,76
7	2,82	3,525	1237,14	1237,14	1874,35
8	2,88	3,6	1236,22	1236,22	1872,96
9	2,94	3,675	1235,33	1235,33	1871,61
10	3	3,75	1234,45	1234,45	1870,28
11	3,06	3,825	1233,59	1233,59	1868,98
12	3,12	3,9	1232,75	1232,75	1867,71
13	3,18	3,975	1231,93	1231,93	1866,46
14	3,24	4,05	1231,12	1231,12	1865,23
15	3,3	4,125	1230,33	1230,33	1864,03

Şekil 8 "eisat" programının uzaklığa ve dilim kalınlığına bağlı abak hazırlama bölümü.

Bilgin, A., Esen, S., Kılıç, M. 1998. TKİ Çan Linyit İşletmesinde patlatmaların yol açtığı çevre sorunlarının giderilmesi için araştırma, Nihai Rapor, *TKİ Genel Müdürlüğü*, Ankara.

Birch, W.J. & Chaffer, R. 1983. Prediction of ground vibration from blasting on opencast sites, *Trans. Inst. Min. Metall. (Sec. A: Mining Industry)*, April.

Ceylanoğlu, A. ve Arpaz, E. 2000. Divriği Demir ve Kangal Kömür Açık İşletmelerinde patlatma kaynaklı yer sarsıntısı ve hava şoku ölçümlerinin sonuçları, *4. Delme ve Patlatma Sempozyumu*, (18-19 Nisan): 135-145, Ankara.

Crandell, F.I. 1949. Ground vibration due to blasting and its effect upon structures, *Reprinted from Journal of Boston Society of Civil Engineers*.

Davies, B., Farmer, I.W. & Attewell, P.B. 1964. Ground vibration from shallow sub-surface blasts, *The Engineer* ol. 217, pp. 553-559, London.

Edwards, A.T. & Northwood, T.D. 1959;. Experimental blasting studies, *National Research Council*, Ottawa, Kanada.

Foster, G.A. 1983. OSM's New blasting regulations: A More Reasonable Interpretation, *Stone News*.

Ghosh, A. & Daemen, J.J.K. 1983. A simple new blast vibration predictor (Based on Wave Propagation Laws), *24th U.S. Symp. on Rock Mechanics*, June, pp. 151-161.

Gupta, R.N., Roy, P.,P. & Singh, B. 1988. On a blast induced blast vibration predictor for efficient blasting. *Proceedings of the 22nd International Conference on Safety in Mines*, 1015-1021.Beijing, China.

Gupta, R.N., Roy, P.P., Bagachi, A. & Singh, B. 1987. Dynamic effects in various rock mass and their predictions. *Mines, Met. Fuels*, pp. 455-462.

I.S.I. 1973. Criteria for safety and design of structures subjected to underground blast, *Indian Standart*, ISI Bulletin No: IS-6922.

Langefots, U., Kiiilström, B. & Westerberg, H. 1948. Ground Vibrations in Blasting, *VJater Power*.

Langefors, U. & Kiiilström, B.. 1973. Rock Blasting, *John Wiley and Sons*, New York.

Nreholls, H.R., Johnson, C.F. & Duvall, W.I. 1971. Blasting vibrations and their effects on structures, *United States Department of Interior*, USBM, Bulletin 656.

Rockwell, E.H. 1934. Vibrations caused by blasting and their effect on structures, Wilmington, *DE: Hercules Powder Co.*

Roy, P.P. 1991. Vibration control in an opencast mine based on improved blast vibration predictors, *Mining Science and Technology*, 12(1991): pp. 157-165.

Shoop, S.A. & Daemen, J.J.K. 1983. Site-specific predictions of ground vibrations induced by blasting, *AIME Spring Meeting*, March, Atlanta.

Siskind, D.E., Stagg, M.S., Kopp, J.W. & Dowding, C.H. 1980. Structure response and damage produced by ground vibration from surface mine blasting, *USBM*, RI 8507.

Thoenen, J.R. & Windes, S.L. 1942. Seismic effects on quarry blasting, *U.S. Bureau of Mines*, Bulletin 442.