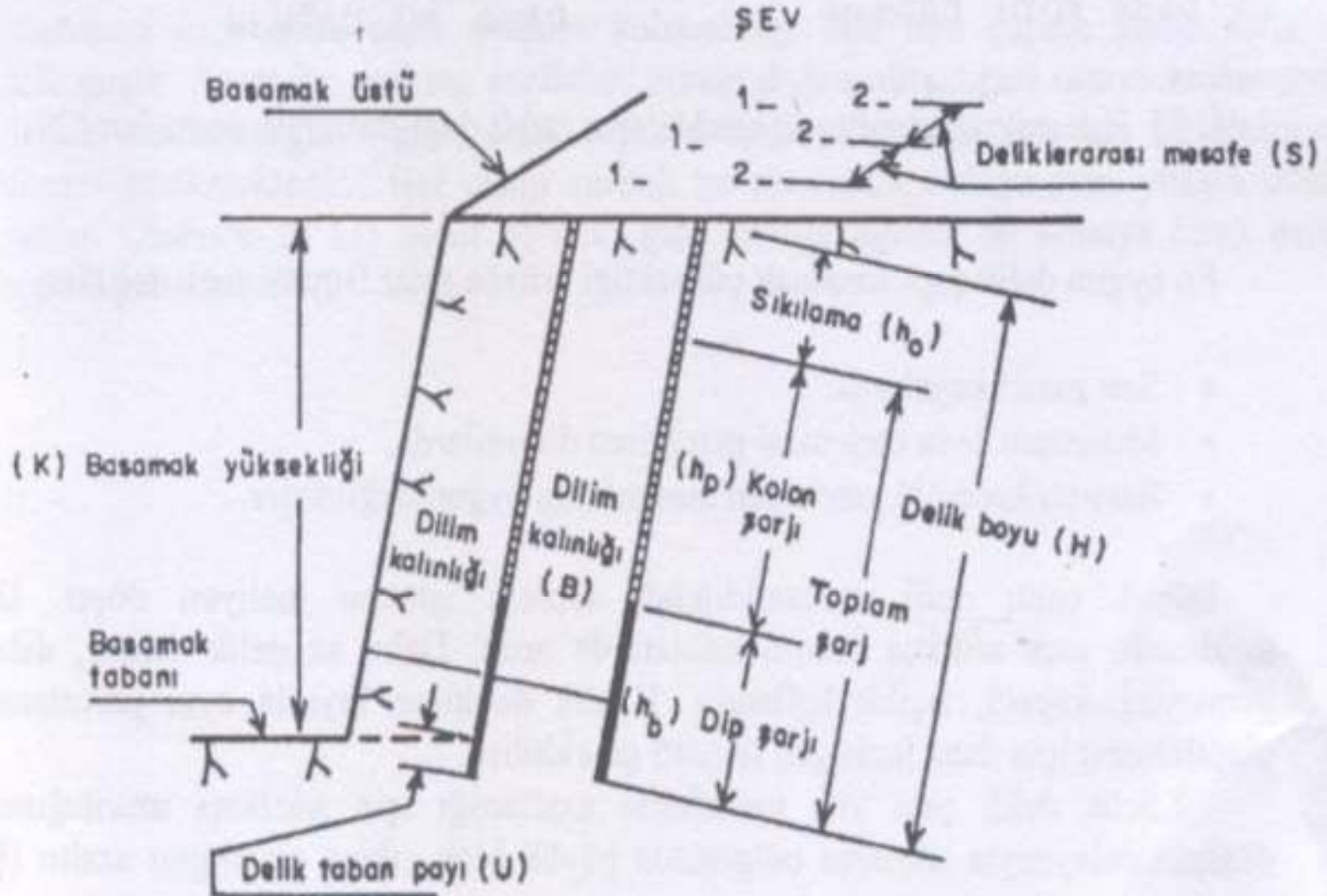


**AÇIK OCAK  
İŞLETMECİLİĞİNDE  
BASAMAK PATLATMASI  
TASARIMI**

Ersan DEĞERLİ  
Maden Yük.Mühendisi



Tekrar Yürüt



**Şekil 1: Basamak Patlatması Terimleri**

# 1. BASAMAK PATLATMASI TASARIMI

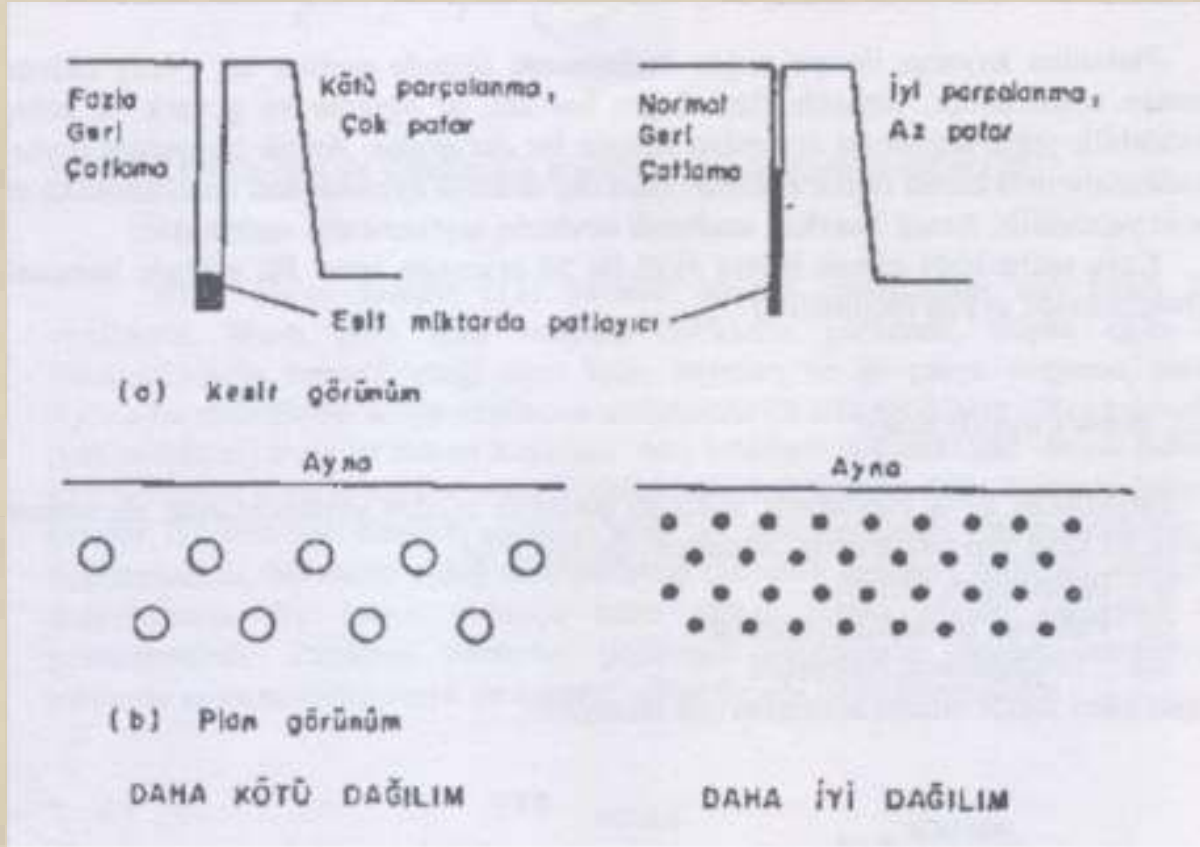
## 1.1. Basamak Patlatması Terimleri

## 1-Serbest Yüzey:

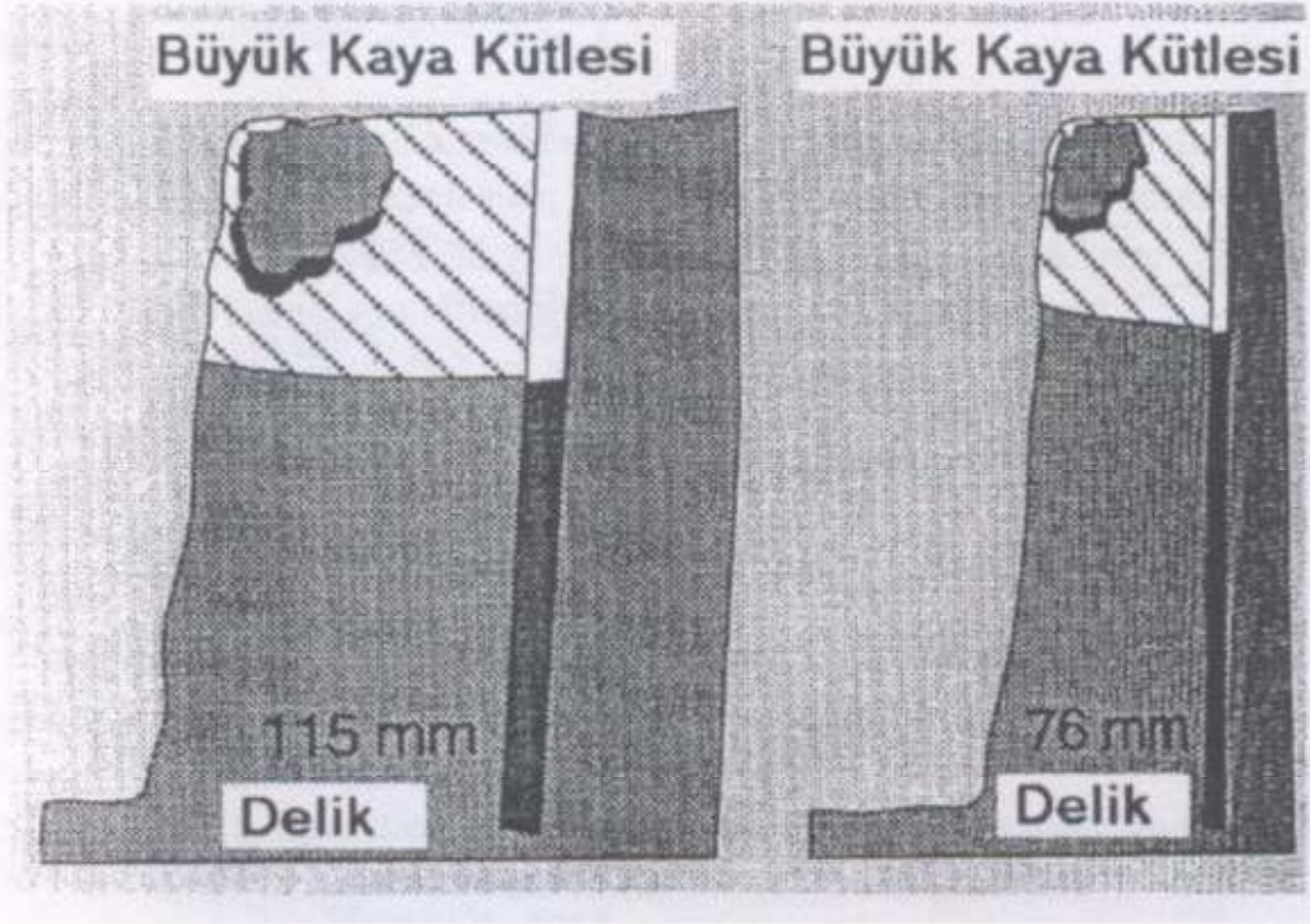
Patlatılan kayacın ileriye doğru ötelenmesi, önünde serbest bir yüzey olduğu zaman mümkündür. Kaya patlatıldığı zaman hacmi %30 ile 50 oranında artar. Bu sebeple basamak genişlikleri de uygun seçilmelidir.

## 2-Delik apı (D,mm)

Patlatılacak kaya yapılarının içerisine patlayıcı madde yerleştirmenin en verimli yolu, bu kaya yapılarına delik delmektir. Bu işlem ise; **Patlatmanın verimini, Patlayıcı maddenin verimini, Patlatmanın maliyetini** tayin eden faktör olması açısından çok önemlidir.



şekil: Eşit miktarda patlayıcı maddelerin farklı dağılımlarının sonuçları



Şek,1: Delik çapının küçülmesi sonucu blok çıkma olasılığında azalma

### 3-Basamak (ayna) Yüksekliği (K,m)

Basamak ayna yüksekliğinin hem delme, hem patlatma ve hem de yükleyici makineler açısından önemi vardır. Patlatmaya yönelik delici makinelerin optimum verimle çalıştıkları bir derinlik önerilir. Bu derinlik gereğinden kısa tutulduğunda, delici makineden tam verim alınmamış olur. Aksine, deliğin fazla derin olması halinde, hem delme hızının düşmesi, delgi ve patlayıcı madde doldurma hatalarının artması, hem de makinelerin zorlanması kaçınılmaz olur.

Normal patlatmalarda, kural olarak **basamak ayna yüksekliğinin, delik ayna uzaklığının en az 2,5 en fazla 6 katı alınması doğru bir seçim** olacaktır.

Yükleyici makinelerin de, güvenli ve verimli çalışabilmeleri açısından, karşılarında uygun bir ayna yüksekliği olması gerekir. Tarif olarak bu kepçe erişebilme yüksekliğidir.

Basamak yüksekliği ile delik çapı arasında olması gerekli;

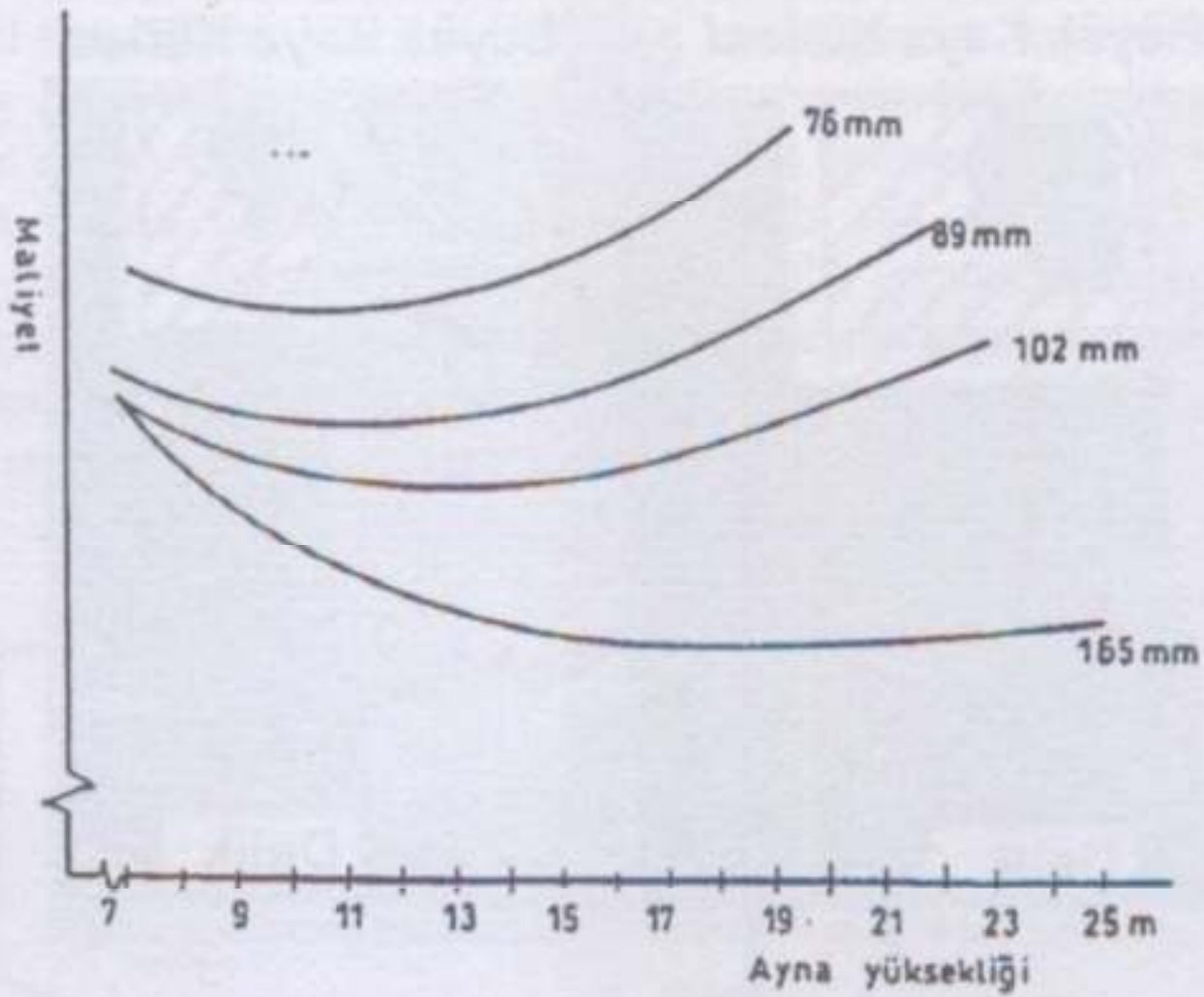
asgari oran  $H = 40 \times \emptyset$

H: Basamak Yüksekliği

azami oran  $H=90 \times \emptyset$

$\emptyset$ : Delik Çapı





Şekil: Delik çapı, ayna yüksekliği ve maliyet arasındaki ilişki

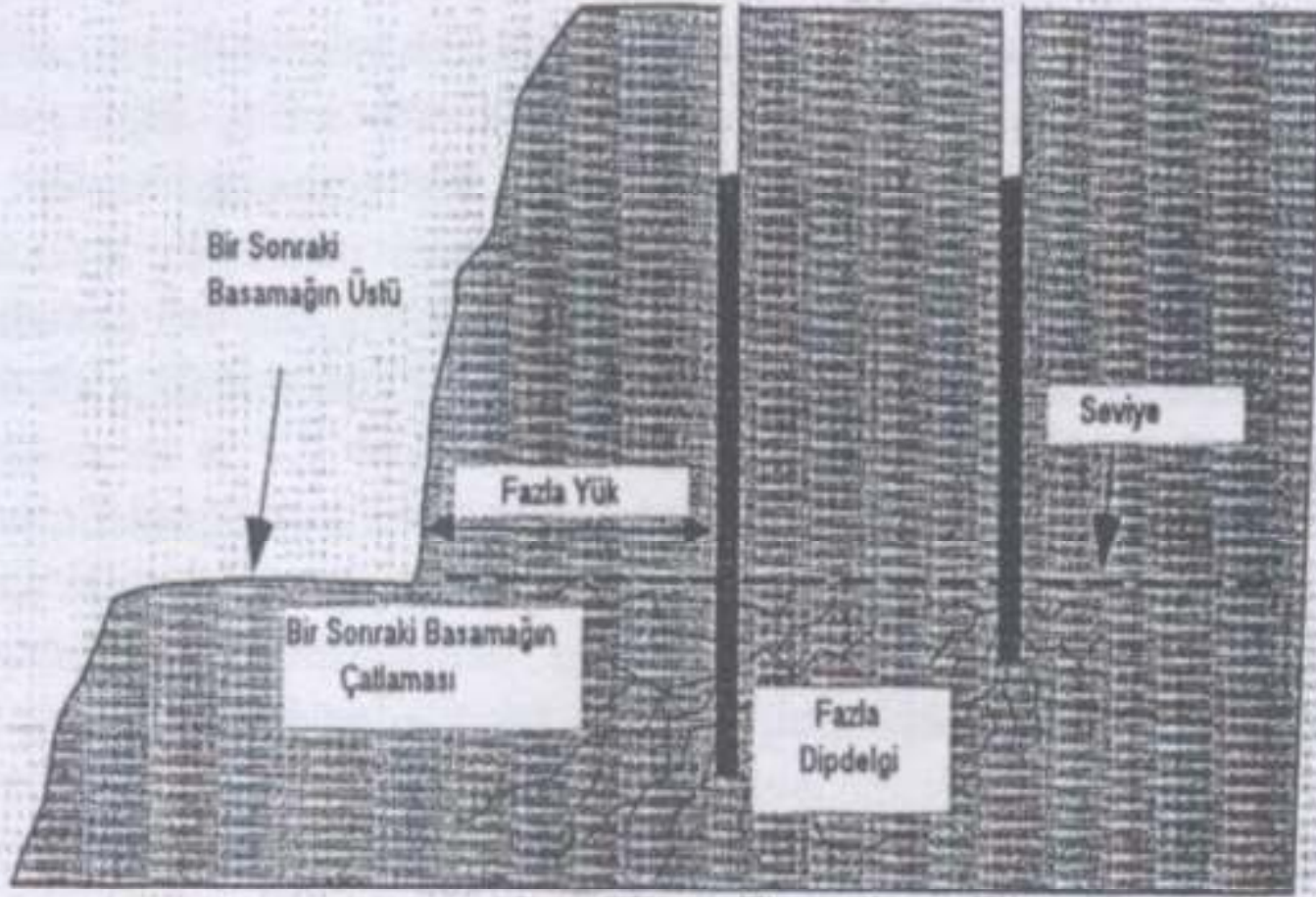
## 4-Alt Delme (U, m)

Yerinde basınç dağılımı ve patlayıcının etkinliği açısından konu incelendiğinde görülür ki, aynaların tabanında kırılması güç bir kısım vardır. Eğer delikler tam basamak yüksekliğinde delinirse, kırılmanın tam 90° olmaması nedeni ile tırnak dediğimiz sert bir kısım kalacaktır. Bu ise yükleyici makineler açısından olsun, kazıcı makineler açısından olsun hiç istenmeyen bir olaydır. Bu nedenle delikler, aynayı tam tabanından kesecek gibi biraz derin delinir. Bu fazlalığa alt delme veya delik taban payı (Sub-drilling) denir.

Gereğinden derin delinen alt delme aşırı yersarsıntısına yol açabileceği, alt basamağı oluşturacak kayayı fazla parçalayabileceği ve yükleyicilerin baş aşağı dalmalarına ve basamak kotunu düşürmelerine neden olabileceği gibi, birbirini takip eden basamakların çalıştığı iş yerlerinde ,bir alt basamakta delme işlevini zorlaştıracaktır.

Yetersiz alt delme tırnak kalmasına sebep olur. **Alt delme boyu genellikle delik çapının 8 katı olarak delinir ve bu uzunluk yeterli olur. Ancak sert kayalarda veya dik basamaklarda ise delik çapının 10-12 katına kadar çıkabilir**

Alt delmenin boyu gerçekte, delik ayna uzaklığının fonksiyonudur. **Alt delme boyu hesabında genellikle**  
**Alt delme =0,3 x Delik ayna uzaklığı** formülü kullanılır

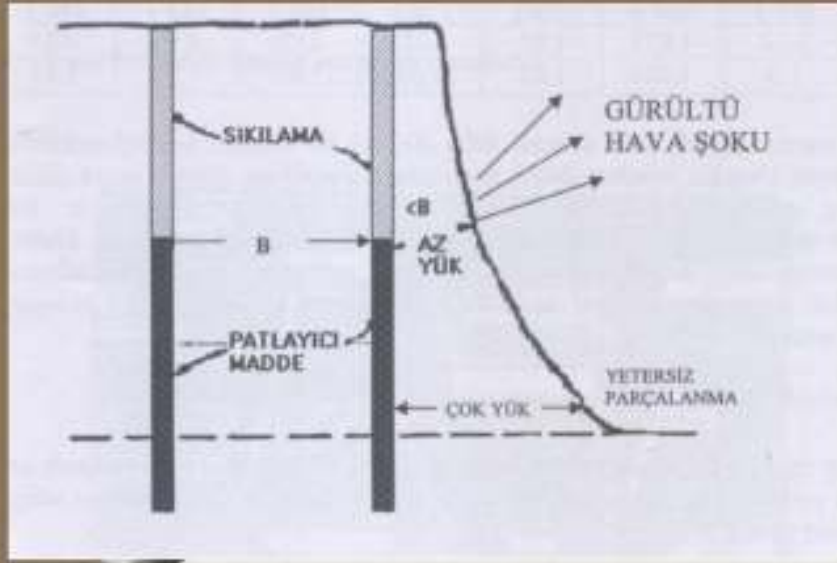


Şekil: Tabanın örseleme

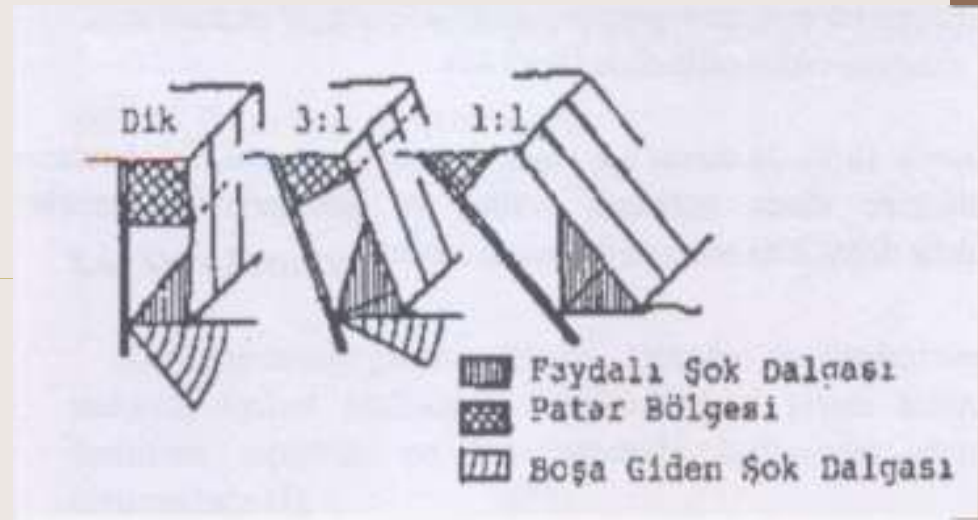
## 5-Eğimli Delik

Açık işletmelerde delikler çoğunlukla dik delinir. Çünkü, açılı delik delmek daha zordur, bazı delici makineler eğimli delik delemeyebilirler, delme hassasiyeti dik deliklerde daha fazladır.

Ancak dik delikler aynası eğimli basamaklara uygulandığı zaman, tabanda yük mesafesi oldukça artar. Bu da tabanda yetersiz parçalanmaya ve tırnak kalmasına, üstünde ise taş savurmasına sebep olur. Bu yüzden eğimli delik, yük mesafesinin delik boyunca eşit olarak sağlanabilmesi açısından gereklidir. Bu sorunu aşmak amacıyla ile patlatma uygulamasında, son 30 yılda eğimli delikler gündeme gelmiştir. Aslında bu taban zorluğuna karşı alınan bir önlemdir. Teorik olarak, kayanın kırılmasında, yansıyan dalgalar kavram kullanılarak açıklanmaktadır



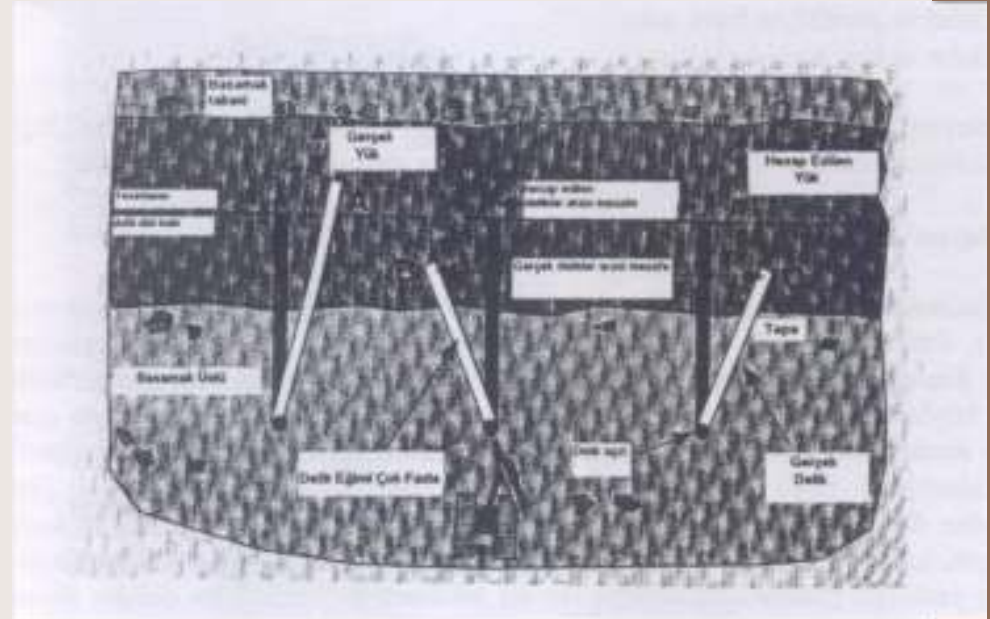
Şekil: Dik eğimli ayna sorunları



Şekil: Eğimli deliklerin dik deliklere göre yararları



Şekil: Hatalı eğimin yol açtığı sorunlar



Şekil: Hatalı delik eğimi sorunları

## 6-Kaya Katsayısı

Kaya yapılarının patlatma tekniği açısından sınıflandırılması zordur. Sadece mekanik, fiziksel özelliklerin değerlendirilmesi yeterli bulunmamakta, yapısal pikleri saptamak ise hesaplamalarda kullanılacak duyarlılıkta mümkün olmamaktadır. Anlaşılacağı gibi kaya katsayısını tayin edebilmek için iyi bir istatistiki bilgiye gereksinim vardır. Gereksinim duyanlar buradaki kaya yapıları ile kendi kayalarının kıyaslayıp, bir katsayı saptaması yapabilirler. Bir kaç deneme atımından sonra en uygun kaya katsayısı saptanabilir.

## 7-Yemleme

Genelde deliğin tabana yakın kısmından yemleme yapılır, ancak kimi zaman deliğin patlamama durumu göz önüne alınarak, güvenlik için delik ortasına yakın, yüksekliği bilinen bir mesafeye ikinci bir yemleme yerleştirilebilir. Yemlemeyi tabandan yapmanın yararları şunlardır:

- İyi parçalanmış, ötelenmiş ve daha serbest bir yığın,
- Daha düzgün hır ayna ve taban,
- Daha az gürültü ve hava şoku,
- Daha az ateş kesme olasılığı.

## 8-Patlayıcı Madde (Şarj) Dağılımı

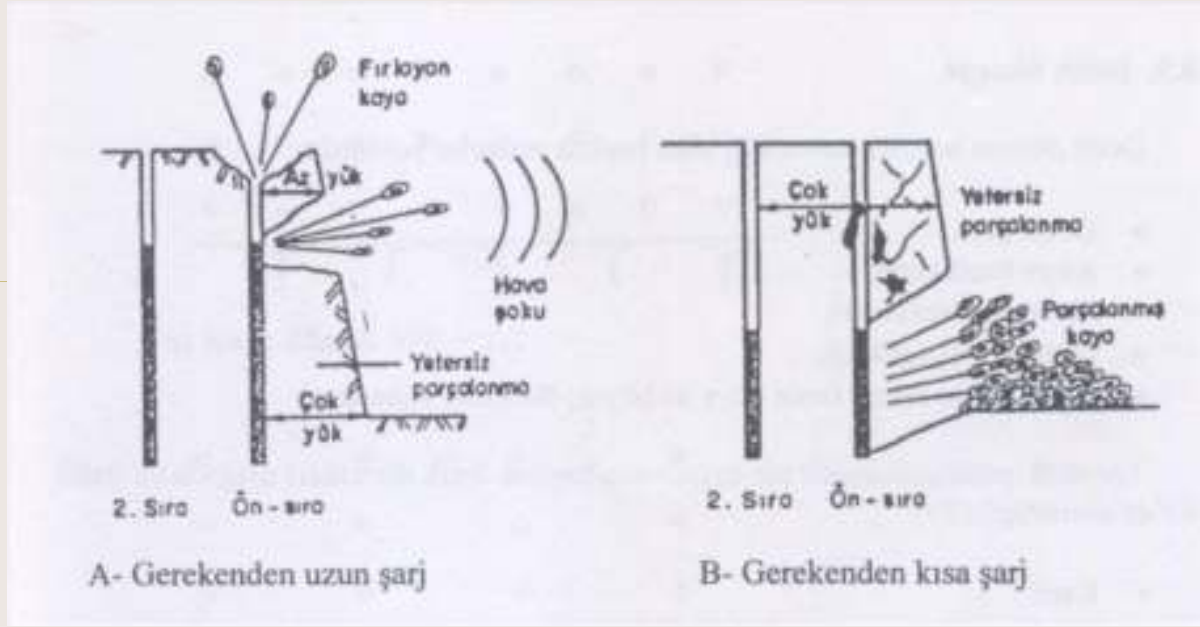
Patlama geometrisinde patlayıcının kaya kütlesi içerisinde dağılımının önemi büyüktür. Patlayıcı madde dağılımı uygun yapılmadığında sorunlar kaçınılmazdır.

Sorunu **birinci çözüm yolu, aynaya paralel eğimli delik delmek**, böylece dilim kalınlığının delik boyunca eşit olmasını sağlayarak aynı cins patlayıcı madde kullanmaktır

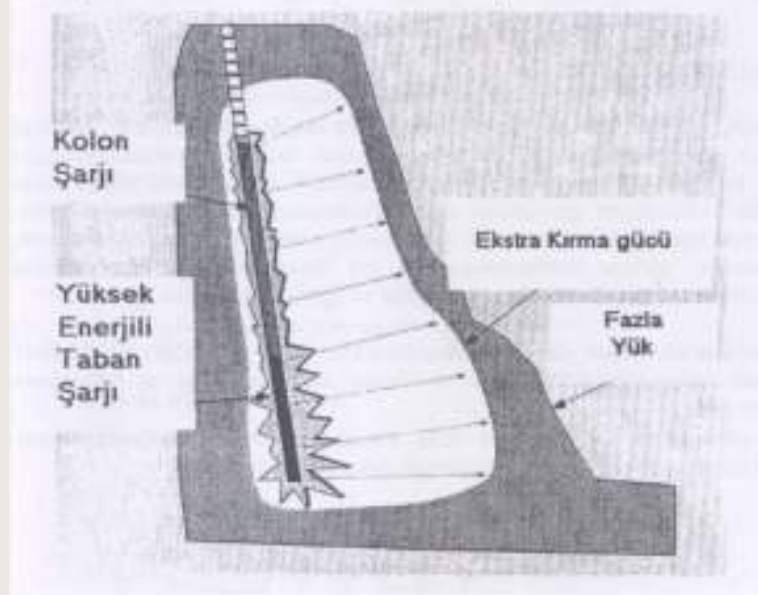
**İkinci çözüm yolu, delik içerisinde patlama enerjisini, dilim kalınlığına bağlı olarak değiştirmektir.** Tabanda fazla yük olduğundan daha fazla enerji yoğunluğuna ihtiyaç vardır. Bazı durumlarda tabanda daha güçlü, kolonda az güçlü olmak üzere, aynı delikte iki tür patlayıcı kullanılabilir.

**Tek cins patlayıcı madde kullanılacak ise ara sıkılama kullanmak ve deliğin kolon kısmına az patlayıcı koymak da üçüncü bir çözüm yoludur.**

**Dördüncü bir çözüm yolu deliğin kolon kısmına, delik çapından daha küçük çapla bir boru, hortum vb. içine yerleştirilen patlayıcının merkezlenerek konulmasıdır.** Bu durumda kolondaki patlayıcı madde çevresinde hava boşluğu bırakılmış olur.



Şekil: Patlayıcının delik içinde dağılımının etkileri

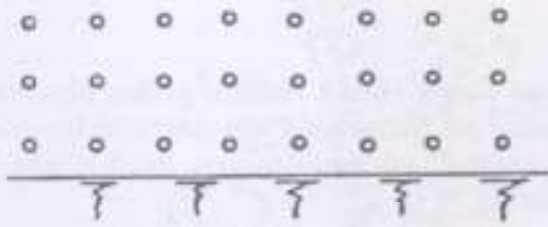


Şekil: Patlayıcı enerjisinin dilim kalınlığına göre seçimi

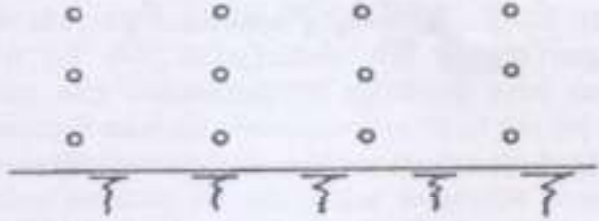


## 9- Delik Düzeni

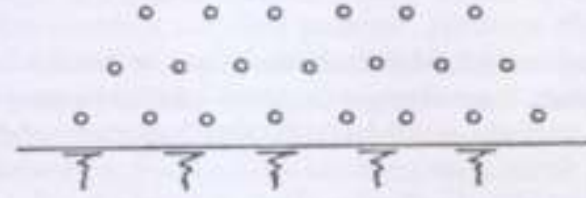
Delik düzeni belirlemede; delik çapı, kaya özellikleri, Patlayıcı özellikleri, Basamak yüksekliği, Hedeflenen sonuç (ince veya iri boyut, öteleme, kabartma) etkili olan unsurlardır.



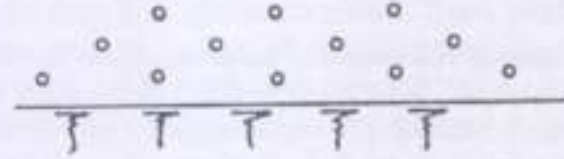
a) Kare düzeni V/E = 1:1



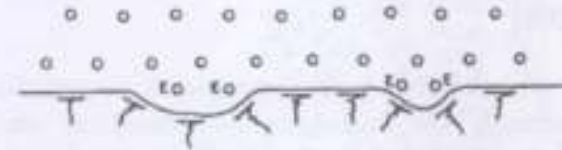
b) Dikdörtgen düzeni V/E = 1:2



c) Şeş-beş düzeni V/E = 1:1.15



d) İsveç düzeni V/E = 1:4



e) Fazla dilim kalınlıklarını gidermek için yardımcı delik kullanımı

Şekil: Açık ocak patlatmalarında kullanılan değişik delik düzenleri

**Yük ve Delikler Arası Mesafe belirlemede delik çapı, derinlik, kaya türü ve delik şarj boyu belirleyici etkenlerdir.**

Delikler arası mesafe gereğinden fazla olursa, aynı sıradaki deliklerin yardımlaşmasının azalmasına, bu delikler arasında çatlak oluşumuna, öteleme enerjisinin yukarı doğru yönelmesine, sıkılamanın gereğinden önce bozulmasına, patar çıkmasına sebep olur.

Yük mesafesinin fazla olması ise malzemenin yeterince parçalanamamasına, ötelenememesine, gerinin örselenmesine ve yer sarsıntısına yol açar.

Ayrıca yükleyicilerin verimli olarak çalışmasını engeller ve maliyet artışlarına neden olur.

-Atımlarda ilk sıranın yük mesafesine özellikle dikkat edilmelidir. Yükün fazla olması durumunda kilitlenmeye, az olması durumunda ise taş fırlamasına sebep olur.

-Maliyet azaltma amaçlı olarak delik düzeni genişlemesi yapılacaksa buna delikler arası mesafeyi açarak başlamak daha uygun olacaktır.

## **10- Sıkılama**

Sıkılama; patlatma sonrası oluşan yüksek basınçlı gazları hapsederek, gazın serbest yüzeye doğru ötelenmesini sağlar. Atmosfere gaz kaçışına engel olarak parçalanmayı artırdığı gibi hava şoku, gürültü ve taş savrulmasını engeller

Kuru, taneli yapıdaki malzemeler sıkılama malzemesi olarak kullanılır. Sıkılma boyu; delik çapına, sıkılama malzemelerine ve kayaca bağlı olarak belirlenir

## **11- Gecikme süresi ve düzeni seçimi**

İyi parçalanma, kolay kazı ve yükleme ile patlatmadan kaynaklanan çevresel sorunları önlemek için günümüzde patlatmalar gecikmeli ateşleme yöntemiyle yapılmaktadır. Gecikme süresini doğru seçmek; çok sıralı atımlarda tırnak kalmasını önler, parça boyutunun denetlenmesini sağlar, birim zamanda patlayıcı miktarını azaltır, çevre sorunlarını azaltır.

Gecikmeli ateşlemede kullanılan bazı araçlar:

A-Numaralı elektrikli kapsüller, B-İnfilaklı Fitol ve gecikme rölesi birlikteliği , C- Şok tüplü kapsüller D-Elektronik kapsüller

## 1.2. BASAMAK PATLATMASINDA HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

### A- Delik – Ayna Uzaklığı

İsveç graniti ve Dynamex M patlayıcısı dikkate alındığında;

İsveç granitiden başka kayaya uygulamak gerektiğinde kaya katsayısına göre yapılan düzeltme

Dynamex M dışında kullanılan başka bir patlayıcıya göre düzeltme (Dynamex M için S=1 diğer patlayıcılar için çizelgedeki değeri alınır)

$$V_{\max} = \frac{D \times 45}{1000}$$

Burada;  $V_{\max}$  = Delik ayna uzaklığı, m  
 $D$  = Delik çapı, mm

$$V_{\max} = \frac{D \times 45}{1000} \times (0,4/c)^{1/2}$$

Burada; 0,4=İsveç graniti katsayısı  
 $c$  = Yeni kaya katsayısıdır

$$V_{\max} = \frac{D \times 45}{1000} \times (0,4/c)^{1/2} \times (P \times S/1,25)^{1/2}$$

Burada;  $P$  =Yeni patlayıcının delik içindeki yoğunluğu  
 $S$  =Yeni patlayıcının Dynmex M'e göre kuvvetidir

Çizelge: Bazı patlayıcı maddelerin göreceli kuvvet değerleri

Patlayıcı Adı	Ülke	Üretici	Yoğunluk	Göreceli kuvvet
Dynamex A	İsveç	Nitro Nobel	1.40	1.02
Dynamex M			1.40	1.00
ANFO	-	-	0.85	0.96
Donarit 1	Almanya	Dynamit Nobel	0.98	1.06
Donarit 2			1.00	0.94
Donarit 4			1.00	1.05
Gomme A	Fransa	S. A. E.	1.55	1.28
Gomme AS			1.57	1.15
Gomme AT			1.55	1.11
Gomme 777			1.53	0.99
Gom I	Türkiye	Barutsan	1.50	1.28
Gom II			1.50	1.15
Gom II A1			1.50	1.02
Grizu Güvenli Dinamit			1.10	0.58
Jelatinit Dinamit			1.50	1.00
Elbar 1			1.00	0.76
Gurit A	İsveç	Nitro Nobel	1.00	0.81
Emulite 100			1.20	0.75
Emulite 150			1.21	0.95
Emulite 200			1.25	0.75
Emulite 300			1.28	0.73

**B- Alt Delme** (U=Altdelme,  
m)

$$U = 0,3 \times V_{\max}$$

**C-Delik Boyu** (H, m)

$$H = (K + U) \times k$$

(Eğimli Delik için)

U=Alt delme, m

Burada; K=Basamak yüksekliği, m

k=Trigonometrik katsayı

$$H = K + U \text{ (Dik delik için)}$$

**D-Delgi Hatası** (F,m)

$$F = \frac{D}{1000} + 0,03 \times H$$

Burada; D=Delik çapı , mm  
H=Delik boyu, m

**E-Gerçek Delik Ayna  
Uzaklığı** (V,m)

$$V = V_{\max} - F$$

**F-Delikler Arası Uzaklı** (E, m)

$$E = 1,25 \times V$$

## G-Dip Şarj Hesabı ( $Q_{dip}$ , kg)

Dip şarj uzunluğu

$$L_{dip} = 1,3 \times V$$

Dip şarj

$$Q_{dip} = L_{dip} \times A \times \rho_{dip}$$

Burada;  $L_{dip}$  = Dip şarj uzunluğu, dm

$A$  = Delik Kesiti,  $dm^2$

$\rho_{dip}$  = Patlayıcı yoğunluğu,  $Kg / dm^3$

## H-Kolon Şarj Hesabı ( $Q_{kol}$ , kg)

Kolon şarjın boyu;

$$L_{kol} = H - L_{dip} - S$$

Burada;  $H$  = Delik boyu, dm

$L_{dip}$  = Dip şarj boyu, dm

$S$  = Sıkılama boyu, dm

$$Q_{kol} = L_{kol} \times A \times \rho_{kol}$$

Burada ;  $L_{kol}$  = Kolon şarj uzunluğu, dm

$A$  = Delik kesiti,  $dm^2$

$\rho_{kol}$  = Patlayıcı yoğunluğu,  $Kg / dm^3$



## I-Sıkılama Boyu (S, m)

$$S = V$$

Burada; S= Sıkılama boyu, m  
V= Delik ayna uzaklığı, m

## K-Özgül Delik (I, m/m<sup>3</sup>), Özgül Şarj (q, kg/ m<sup>3</sup>)

### Özgül Delik

$$I = H / ( E \times V \times K )$$

Burada; H=Delik boyu ,m  
E=Delikler arası ,m  
V=Delik ayna uzaklığı ,m  
K=Basamak yüksekliği ,m

### Özgül şarj

$$q = Q_{top} / ( E \times V \times K )$$

Burada; Q<sub>top</sub>=Toplam sarj ,kg  
E=Delikler arası uzaklık, m  
V=Delik ayna uzaklığı, m  
K=Basamak yüksekliği ,m

$$Q_{top} = Q_{dip} + Q_{kol}$$

## ÖRNEK:

Delik çapı: 89 mm

Kayaç: Bazalt (İsveç granitinden zayıf)

Patlayıcı madde: Dip şarj için ANFO + % 5 Al

Kolon şarj için ANFO

Delikler dik delinecek:

Basamak yüksekliği:

$$c = 0,375$$

$$P = 0,85 \quad S = 1,10$$

$$P = 0,85 \quad S = 0,962$$

$$f = 1,11$$

$$K = 10 \text{ m}$$

Bu verilerden hareketle;

A- Delik ayna uzaklığı:  $V_{max} = D \times 45 / 1000 = 89 \times 45 / 1000 = 4,00 \text{ m}$

Kaya düzeltme faktörü:  $(0,4 / c)^{1/2} = (0,4 / 0,375)^{1/2} = 1,03$

Patlayıcı düzeltme faktörü:  $(P \times S / 1,25)^{1/2} = [(1,1 \times 0,85) / 1,25]^{1/2} = 0,86$

Taban zorluğu faktörü:  $(1 / f)^{1/2} = (1 / 1,11)^{1/2} = 0,95$

$V_{max} = 4,00 \times 1,03 \times 0,86 \times 0,95 = 3,35 \text{ m}$

B- Alt delme:  $U = 0,3 \times V_{max} = 0,3 \times 3,35 = 1,00 \text{ m}$

C- Delik boyu:  $H = (K + U) \times k = (10 + 1) \times 1 = 11,0 \text{ m}$

D- Delgi hatası:  $F = D / 1000 + 0,03 \times H = 89 / 1000 + 0,03 \times 11 = 0,419 \text{ m}$

E- Gerçek delik ayna uzaklığı:  $V = V_{max} - F = 3,35 - 0,419 = 2,95 \text{ m}$

F- Delikler arası uzaklık:  $E = 1,25 \times V = 1,25 \times 2,95 = 3,70 \text{ m}$

G- Dip şarj hesabı:  $L_{dip} = 1,3 \times V = 1,3 \times 2,95 = 3,85 \text{ m} = 38,5 \text{ dm}$

$$Q_{dip} = L_{dip} \times A \times \rho_{dip} = 38,5 \times 0,622 \times 0,85 = 20 \text{ Kg}$$

H-Kolon şarj hesabı:  $L_{kol} = H - L_{dip} - S = 11 - 3,85 - 2,95 = 4,20 \text{ m} = 42,0 \text{ dm}$

$$Q_{kol} = L_{kol} \times A \times \rho_{kol} = 42 \times 0,622 \times 0,85 = 22 \text{ Kg}$$

I- Sıkılama boyu hesabı:  $S = V = 2,95 \text{ m}$

K- Özgül delik ve özgül şarj:

Özgül delik:  $I = H / (E \times V \times K) = 11 / (3,7 \times 2,95 \times 10) = 0,1007 \text{ m/m}^3$

Özgül şarj:  $q = Q_{top} / (E \times V \times K) = 42 / (2,95 \times 3,7 \times 10) = 0,385 \text{ Kg/m}^3$

Yukarıdaki örnekte dip şarj olarak % 5 Al katkılı ANFO kullanılmış ve sonuçları uygun bir delme patlatma düzeni tasarlanmıştır.



## **2. PATLAMADAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL SORUNLAR**

**Taş savrulması  
Hava Şoku ve Gürültü  
Yer sarsıntısı (Vibrasyon)  
Toz emisyonu**

## Taş Savrulması

Patlatma işlemi sırasında patlayıcı madde kaya kütlesi içinde yeterince hapsedilemezse reaksiyon sonucu oluşan yüksek basınçlı gazların erken atmosfere deşarj olması sırasında bazı kayaların kütleden ayrılarak uzağa savrulmasıdır.

$L_m = 260 \times d^{2/3}$        $L_m$ : Maksimum taş savrulması     $d$ : Delik çapı

$\phi = 0,1 \times d^{2/3}$        $\phi$ : Savrulan taş parçalarının boyutu     $d$ : Delik çapı

Taş savrulmasının denetlenmesi için

- Uygun çap ve boyutta delikler kullanılarak kaya içinde patlayıcı maddelerin dengeli homojen dağıtılması,
- Uygun delik geometrisi hesaplanarak deliklere uygun yük verilmesi
- En az, delik-ayna (yük) mesafesi boyutunda sıkılama boyu bırakılması ve uygun bir malzeme kullanılarak ağız sıkılması yapılması
- Gecikmeli ateşleme yönteminin uygulanması gerekmektedir.

## Hava Şoku ve Gürültü

Kaya çatlaklarından atmosfere hızla boşalan reaksiyon ürünü gazlar önemli ölçüde gürültü oluştururlar. Önlemler alınmadığı koşullarda gürültü düzeyi yüksek boyutlara ulaşarak hava şoku dalgalarına dönüşür.

Patlatma sonucu oluşan hava şoku aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmaktadır.

Şiddetli etki zonu	: $D < 5\sqrt{W}$	$D =$ Etkili zon aralığı (m)
Orta şiddette etki zonu	: $5\sqrt{W} < D < 10\sqrt{W}$	$W =$ Bir gecikme aralığında
Hafif şiddette etki zonu	: $10\sqrt{W} < D < 15\sqrt{W}$	atılan dinamit miktarı=Anlık) şarj (kg)

Hava şokunun önlenmesi için;

-Patlayıcı maddenin kaya içerisinde homojen dağıtılması

-Uygun delik geometrisinin, uygun sıkılamam boyu ve malzemesinin seçilmesi,

-Gecikmeli ateşleme sisteminin kullanılması

-Gaz çıkışına yol açacak jeolojik yapı olup olmadığının araştırılması

## Yer Sarsıntısı (Vibrasyon)

Patlatma sonucu oluşan şok dalgaları havada olduğu gibi ateşlenen kaya birimi içinde de belirli bir hız, frekans ve genlikte yayılmaktadır.

Bu yayılım şok (sismik) dalgaların enerjileri tükeninceye kadar devam eder(başka deyişle atım yerinden uzaklaştıkça sönme eğilimi göstermektedir.)

Patlatma yapıldığı zaman meydana gelebilecek iki çeşit hız vardır; Birincisi bozulan ortamın yoğunluğuna bağlı olarak dalga veya faz hızı, ikinci olarak ise dalga hızını etkileyip, denge pozisyonunun bozulması ile salınım hareketi meydana getiren parçacık hızıdır.

Sismik dalgaların taşınması; katettiği mesafe, zemin incelemesi, jeoloji, dalga tipi, süreksizlikler, frekans, kırılma açısı, kaynağın yapısı, küresel yayılma ve ortamın elastik özellikleri gibi çeşitli etkenlere bağlıdır.

## Yer sarsıntısını etkileyen faktörler:

### Kontrol edilebilen faktörler

- Gecikme başına patlayıcı miktarı
- Ateşleme yönü
- Şarj boyu ve çapı
- Delik eğimi
- Dilim kalınlığı
- Delikler arası mesafe

### Kontrol edilemeyen faktörler

- Topografya
- Jeolojik yapı
- Örtü tabakasının tipi
- Atmosferik Koşullar



Yer sarsıntısının hesaplarında

Parçacık hızı

Parçacık ivmesi

Deplasman

Dalga frekansı

Ön plana çıkan  
parametrelerdir

Bu parametrelere göre  
geliştirilen hesaplamalar dört  
grupta toplanabilir:

1- Uzaklığa bağlı parçacık hızı

2- Uzaklığa bağlı ölçekli  
mesafe

3- Değiştirilmiş ölçekli mesafe

4-Frekans-parçacık hızı ikilisi

## Bazı yer sarsıntısı hesaplama yöntemleri:

**-Uzaklığa bağlı ölçekli mesafe**

Patlatmayla oluşturulan titreşim çevre yapılara etkisi **Devine bağıntısı**

$$SD = RW^{-0.5}$$

SD: Ölçekli mesafe

$$v = k \left( \frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{-1.6}$$

R: Patlatma noktasından uzaklık (m)

v = Kayaç içinde yayılan titreşim hızı (inç/sn)

W: Gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)

k= Kayaç türüne bağlı katsayı (26-260)

D= Patlatma noktası ile çevre yerleşim birimleri arasındaki etkili mesafe (feet)

W= Bir gecikme aralığındaki patlayıcı miktarı (libre)

(1 feet = 0.3048 m, 1 libre = 0.4536 kg, 1 inç = 25.4 mm)

Patlatmadan kaynaklı vibrasyonun en yakın bina temelinde meydana gelen titreşim hızı olan  $V_0$  (mm/sn) değeri için;

$$V_0 = (1/2V - 1/5V) \text{ (Forssland, 1981)}$$

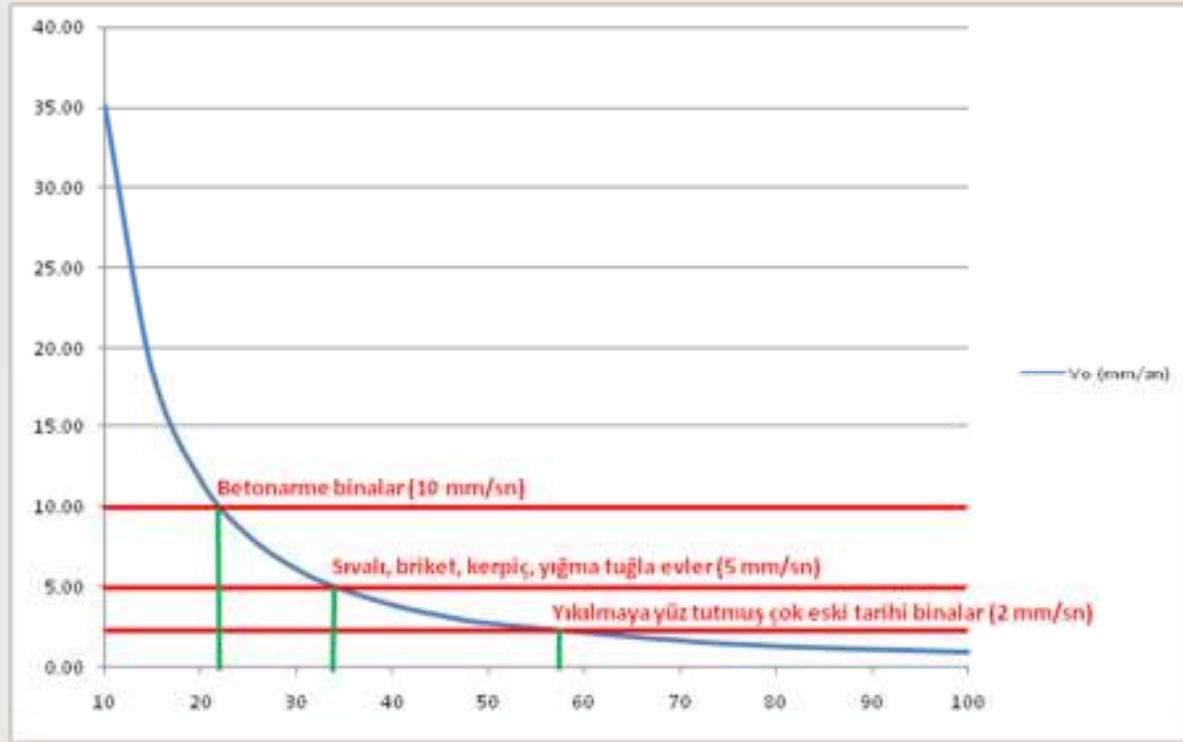
Formülü kullanılarak hesaplamalar yapılabilmektedir.

Devine bağıntısındaki; k katsayısı kayacın titreşimi iletme kapasitesi olarak alınmaktadır.

Patlatma kaynağı ile hassas nokta arasındaki birimlerin değişkenliği, kırık, fay, çatlak gibi süreksizliklerin yoğunluğu k katsayısını etkilemektedir.

Homojen birimlerde katsayı 260 sayısına yaklaşırken, tektonik etkilerin yoğunluğu ve geçilen her farklı birim katsayıyı 260 sayısına yaklaştırmaktadır.

Kalsit ocağından yapılacak olan patlatmada kullanılacak olan k katsayısı kalsitin kırıksız olduğu (en kötü şartlarda) varsayımından hareketle 260 olarak alınmıştır.



Patlatma Sonrası Ortaya Çıkan Titreşimin ( $V_0$ ) Mesafeye Göre Yayılımı

<b>Titreşim Frekansı (Hz)</b>	<b>İzin Verilen En Yüksek Titreşim Hızı (Tepe Değeri-mm/s)</b>
1	5
4-10	19
30-100	50

Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlama Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri

Bina temeli titreşim hızı ( $V_0$ ) değerlerine bağlı olarak patlatma nedeniyle hasar görebilecek bina türleri (Forssbland, 1981)

Yöre yerleşim yerlerindeki en hassas yapının çizelge 2 b tipi binalar olduğu kabul edilirse  $V_0$  hızının 5 mm/sn'nin üzerine çıkmaması gerekmektedir.

<b>Bina Türü</b>	<b><math>V_0</math> (mm/sn)</b>
a-Yıkılmaya yüz tutmuş çok eski tarihi binalar	2
b-Sıvalı biriket, kerpiç, yığma tuğla evler	5
c-Betonarme binalar	10
d-Fabrika gibi çok sağlam yapıda endüstriyel binalar	10-40

## Patlatma sonucu oluşan titreşimlerin genliği hesabı.

$$A = \frac{K\sqrt{W}}{D}$$

A = Patlatma sonucu oluşan titreşimlerin azami genliği (mm)

W= Bir gecikme aralığında ateşlenen patlayıcı miktarı (kg)

D = Patlatma kaynağı ile çevre yerleşim birimleri arasındaki etkili mesafe (m)

K = Kayaç türüne bağlı katsayısı

## Parçacık (kütle hızı hesabı)

$$V = k \times (R / (W)^{1/2})^{-\beta}$$

V: Kütle hızı(mm/sn)

k: Arazi katsayısı

R: Uzaklık(m)

W: Bir defada devreye giren patlayıcı madde miktarı(kg)

$\beta$ : Arazi sönümleme katsayısı

## ÖRNEK 1:

Yıllık üretim: 20.000 ton/yıl

Patlatma ile üretilecek miktar : 6.000 ton/yıl

Basamak yüksekliği(K): 10 m

Delik çapı (D): 89 mm (delik içindeki yoğunluk P=0.85)

Delik eğimi:  $72^{\circ}$  (Eğim faktörü(k)=1,05)

Delik düzeni: Şeş-Beş

Kullanılan kapsül cinsi: 30 milisaniye gecikmeli kapsül

Delik-Ayna uzaklığı (V max): 3,35m

Alt delme (U)=  $0,3 * V_{max} = 0,3 * 3,35 = 1,00m$

Delik Boyu (H)=  $(K+U) * k = 11,55m$

Delgi hatası(F)= 0,435m

Gerçek delik ayna uzaklığı (V)=  $V_{max} - F = 2,915m$

Deliklerarası uzaklık (E)=  $1,25 * V = 3,643m$

Dip şarj uzunluğu(  $L_{dip}$ )= 3,790m

Dip şarj miktarı( $Q_{dip}$ ) $\cong$  20,04kg

Kolon şarj uzunluğu( $L_{kol}$ )= 4,845m

Kolon şarj miktarı( $Q_{kol}$ )= 25,62kg

Toplam şarj( $Q_{top}$ )= 45,66 kg

Sıkılama boyu(S)= 2,915m

Özgül delik( $i$ )= 0,109 m/m<sup>3</sup>

Özgül şarj(q)= 0,430 kg/m<sup>3</sup>

Yük uzaklığı ( $V_1$ )=  $0,5 * V = 1,458m$

Delikler arası uzaklık ( $E_1$ )=  $0,8 * V_1 = 1,166m$

Bir Deliğin patlatacağı kaya hacmi=  $17,00m^3$  (45,90ton)

1 metre deliğin yapacağı söküm=

$(17,00m^3) / (11,55m) = 1,472m^3/m$

Toplam delik sayısı (yıllık)=

$(6.000ton/yıl) / (45,90ton /delik) \cong 131$  delik/yıl

Toplam delik uzunluğu= (131

delik/yıl)\*(11,55 m /delik)= 1510,80m/yıl



patlatma neticesinde oluşabilecek kütle hızı;  $V = k \times (R / (W)^{1/2})^{-\beta}$

V: Kütle hızı(mm/sn)      k: Arazi katsayısı (800) R: Uzaklık(m)

W: Bir defada devreye giren patlayıcı madde miktarı(kg)

$\beta$ : Arazi sönümlenme katsayısı(1,6)

Her atımda yaklaşık 25,86 kg patlayıcı madde kullanılacak, en yakın yerleşim yerinin yaklaşık 325m mesafede, zeminin sert yapıda

$$V = 800 \times (325 / (25,86)^{1/2})^{-1,6} = 1,033 \text{ mm/sn}$$

Tablo-I: Kütle Hızı Cinsinden Sarsıntıların Neden Olabileceği Hasarlar

SARSINTI HIZI (inç/s)	SARSINTI HIZI (mm/s)	HASAR
2	51	Hasar alt sınırı, görünür hasar yok, eski binalardaki hasar bile %5'ten az
5	127	Hafif hasar, sıva çatlağı, ciddi şikayetlerin başlangıcı
12	305	Tahkimatsız galerilerde göçük
25	635	Kayada kırılma başlangıcı
100	2540	Kayanın kırılması

Tablo-II. Parçacık Hızlarının Yerleşim Bölgelerindeki Yapılara Etkisinin, Yapıların Temeline Göre Sınıflandırılması

Sarsıntı Hızı (m/s)			Yerleşim Yerlerindeki Sonuçlar
Kum, Killi Çakıltası	Yumuşak Çakıl	Granit, Gnays, Sert Çakıltası, Diabaz Kuvarsit, Kumtaşı	
9	18	35	Görülebilir bir çatlak yok
13	25	50	Görülebilir bir çatlak yok
18	35	70	Görülebilir bir çatlak yok
30	55	100	İnce çatlaklar, plastik boya dökülmesi
40	80	150	Fark edilir çatlaklar
60	115	225	Ciddi çatlaklar

Sonuç; bir defada 25,86 kg patlayıcı için oluşabilecek yer sarsıntısı hızı 1,033 mm/s'dir. Tablo-I.'de verilen sarsıntı hızlarının oluşturabileceği hasarlara göre değerlendirildiğinde; Sahada patlatma sonucu oluşacak sarsıntı hızının hasar oluşturabilecek alt değerlerin oldukça altında olacağı açıktır.

## ÖRNEK 2

Patlatma ile yılda sökülecek malzeme miktarı :  
40.000 ton/yıl

Yıllık çalışılacak gün sayısı : 260 gün/yıl (ayda  
26 günden 10 ay)

Aylık Üretim Miktarı: 4.000 ton/ay

Haftalık Üretim Miktarı: 1.000 ton/hafta  
(Yoğunluk: 2,7 t/cm<sup>3</sup>)

Haftalık işlenecek hacim: 370 m<sup>3</sup>/haftalık

Basamak yüksekliği: 10 metre

Haftalık işlenecek alan: 37 m<sup>2</sup>/hafta

Haftalık işlenecek alan boyutları: 3,7 m. x 10 m.

10 metre boyutundaki delik 75 derecelik eğimle  
delineceği zaman, deliğin boyutu :  $10 \times \tan 75 =$   
10,82 metre olacaktır.

Haftalık üretim için gerekli delik sayısı : 5 adet  
/ hafta

Delik düzeni:Şeşbeş

Delik eğimi:75

Genişlik:89 mm

Haftalık üretim için gerekli delik boyu:50 m

Delik patlayıcı madde sarj oranı :  
%70

Delik sıkılama oranı: %30

Haftalık üretim için gerekli sarj boyu :  
35 m

Delik çapı: 90 mm

Haftalık Şarj Hacmi: 318 dm<sup>3</sup>

Sıkıştırılmış Anfo yoğunluğu: 1.2 kg/dm<sup>3</sup>

Haftalık Anfo İhtiyacı: 381 kg

Haftalık Jelatinit Dinamit İhtiyacı  
: 5 kg

(Her delik için 1 kg dinamit kullanılmaktadır)

Daha önce yapılan bir Kireçtaşı formasyonu için tespit edilen

$V = 2445 \times SD^{-1,937}$  formülü kullanılmıştır.

$$SD = (R / \sqrt{Q})$$

$$V = k \times SD$$

$$V = k \times (R / \sqrt{Q})^{-\beta}$$

$k, \beta$  : Arazi katsayıları (daha önce yapılmış olan bir Kireçtaşı formasyonu sırasında tespit edilmiş olan sabit değerler alınmıştır. )

$$k = 2445$$

$$\beta = -1,937$$

$V =$  Parçacık Hızı (mm/s)

$R =$  patlatmanın etki ettiği mesafe (ölçüm yeri mesafesi) (m)

$Q =$  Birim zamanda devreye giren toplam patlayıcı madde miktarı (kg)

Daha önceki bölümlerde hesaplamaları yapılmış olup, haftada bir defa yapılacak olan patlatma işleminde kullanılacak toplam patlayıcı miktarı  $Q = 386$  kg olarak hesaplanmıştır.

$$R = 400 \text{ m için} \quad : \quad V = 2445 \times (400 / \sqrt{386})^{-1,937}$$

$$V = 7,13 \text{ mm/ s}$$

$$R = 500 \text{ m için} \quad : \quad V = 2445 \times (500 / \sqrt{386})^{-1,937}$$

$$V = 4,62 \text{ mm/ s}$$

$$R = 600 \text{ m için} \quad : \quad V = 2445 \times (600 / \sqrt{386})^{-1,937}$$

$$V = 3,25 \text{ mm/ s}$$

$$R = 700 \text{ m için} \quad : \quad V = 2445 \times (700 / \sqrt{386})^{-1,937}$$

$$V = 2,41 \text{ mm/ s}$$

$$R = 800 \text{ m için} \quad : \quad V = 2445 \times (800 / \sqrt{386})^{-1,937}$$

$$V = 1,86 \text{ mm/ s}$$

$$R = 900 \text{ m için} \quad : \quad V = 2445 \times (900 / \sqrt{386})^{-1,937}$$

$$V = 1,48 \text{ mm/ s}$$

$$R = 1.000 \text{ m için} \quad : \quad V = 2445 \times (1.000 / \sqrt{386})^{-1,937}$$

$$V = 1,20 \text{ mm/ s}$$

Kaynağında yapılacak olan patlatmanın 400 m mesafede hissedilen sarsıntı hızı yukarıdaki hesaplamadan 7,13 mm/s olarak bulunmuştur.

**Standart Değerler:**

**Modern evler için** ; Parçacık hızının 19 mm/s' nin altında olması gerekmektedir.

**Eski yapılar için** ; Parçacık hızının 12,7 mm/s' nin altında olması gerekmektedir.

**Boru hattı için** ; Parçacık hızının 5 mm/s' nin altında olması gerekmektedir.

SARSINTI HIZI (mm/s)	HASAR
51	Hasar alt sınırı, görünür hasar yok, eski binalardaki hasar bile %5'ten az
127	Hafif hasar, sıva çatlağı, ciddi şikayetlerin başlangıcı
305	Tahkimatsız galerilerde göçük
635	Kırılma başlangıcı
2540	Kırılma

### ÖRNEK 3:

	1. Tip	2. Tip
Delik adeti	5 adet	1 adet
Delik boyu	6 m	3 m
Delikler arası mesafe	3,5 m	3,5 m
Delik çapı	8,9 cm	8,9 cm
Maksimum Anlık Şarj	10 kg	5 kg
1 patlatmada elde edilen malzeme	975 ton	195 ton

Basamak Yüksekliği	6 m
Delik Sayısı	5
Delikler Arası Mesafe	3,5 m
Delik Çapı	8,9 cm

1 delikte elde edilecek olan malzeme miktarı;

$3,5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 2,65 \text{ kg/m}^3 \cong 195 \text{ ton}$  malzeme elde edilir.

Yıllık 150.000 ton üretim yapılacağından;

$150.000 \text{ ton/yıl} : 195 \text{ ton} \cong 769 \text{ ad/yıl}$  delik delinecektir.

Üretim sırasında 5 adet delik delinecektir. 5 adet delik delinerek elde edilecek olan malzeme miktarı;

$3,5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 2,65 \text{ ton/m}^3 \times 5 \text{ adet delik} \cong 975 \text{ ton}$  malzeme elde edilecektir.

Ocak çalışmaları esansında patlatma tipi, deliklerin dizilişi ve kullanılacak patlayıcı miktarı patlatma uzmanı tarafından, arazi yapısına, kaya blok kütlelerinin büyüklüğüne, vs. koşullar dikkate alınarak değiştirilebilir. Ancak delik derinliği 3-6 m arasında, anlık şarj (bir gecikme süresinde ateşlenen patlayıcı miktarı) 10-5 kg arasında olacak şekilde değişiklik gösterecek olup, sınır değerler aşılmayacaktır. Sahada Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği 26. maddesine göre uygun biçimde üretim yapılacaktır. Şev açısı 75° ve şev yükseklik ve genişliği 7 m olacak şekilde çalışılacaktır. Patlatmalar bu esas alınarak dizayn edilecektir.

$$v = k \left( \frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{-1.6}$$

v = Kayaç içinde yayılan titreşim hızı (inç/sn)

k= Kayaç türüne bağlı katsayı (26-260)

D= Patlatma noktası ile çevre yerleşim birimleri arasındaki etkili mesafe (feet)

W= Bir gecikme aralığındaki patlayıcı miktarı (libre)

(1 feet = 0.3048 m, 1 libre = 0.4536 kg, 1 inç = 25.4 mm)



Tablo 1: Mesafeye Göre Titreşim Hızı Değerleri (W=10 kg)

K(sabit)	D(metre)	W(kg)	V(mm/sn)	Vo(mm/sn)	
				1/5V(mm/sn)	1/2V(mm/sn)
200	50	10	17,22	3,444	8,61
200	100	10	5,68	1,136	2,84
200	150	10	0,12	0,024	0,06
200	200	30	0,073	0,015	0,036
200	250	30	0,051	0,010	0,025
200	300	30	0,038	0,0076	0,019

Çizelgede ;

V = mm/sn mesafeye göre değişen titreşim hızı  $V_0$  = Bina temelindeki titreşim hızı

Kayaç içi titreşim hızının (V) 1/2 - 1/5'i  $V_0$  değeri olarak kabul edilmektedir

Tablo 2: Bina temeli titreşim hızı ( $V_0$ ) değerlerine bağlı olarak patlatma nedeniyle hasar görebilecek bina türleri

Bina Türü	$V_0$ (mm/sn)
a-Yıkılmaya yüz tutmuş çok eski tarihi binalar	2
b-Sıvalı biriket, kerpiç, yığma tuğla evler	5
c-Betonarme binalar	10
d-Fabrika gibi çok sağlam yapıda endüstriyel binalar	10-40

Yöre yerleşim yerlerindeki en hassas yapının çizelge 2 b tipi binalar olduğu kabul edilirse  $V_0$  hızının 5 mm/sn'nin üzerine çıkmaması gerekmektedir.

Tablo-1 incelendiğinde 10 kg'lık şarjın etkisi ile oluşan titreşim hızı patlatma noktasından itibaren yaklaşık 115 m sonra 5 mm/sn'nin altına inmektedir. Bu durumda maksimum anlık şarj (10 kg) ile yapılan patlatmalar sonucu oluşan vibrasyonun yerleşim birimine (Tablo-2: b tipi binalar) olumsuz etkisinin olmayacağı ortaya çıkmaktadır.

Patlatma sonucu oluşan titreşimlerin genliği

$$A = \frac{K\sqrt{W}}{D}$$

A = Patlatma sonucu oluşan titreşimlerin azami genliği (mm)

W= Bir gecikme aralığında ateşlenen patlayıcı miktarı (kg)

D = Patlatma kaynağı ile çevre yerleşim birimleri arasındaki etkili mesafe (m)

K = Kayaç türüne bağlı katsayısı

Tablo-23:Patlatma yapılan kaya türü ve bina temeli altındaki kayaç türüne bağlı olarak değişim gösteren K katsayısı asgari ve azami değerleri

Patlatma Yapılan Birim	Temel Altı Kayaç Türü	K Katsayısı	
		Minimum	Maksimum
Kaya	Kaya	0.57	1.15
Kaya	Kil (Toprak)	1.15	2.30
Kil (Toprak)	Kaya	1.15	2.30
Kil (Toprak)	Kil Toprak)	2.30	3.40

Genlik değerinin 0.05 mm'nin altında olması durumunda binalarda hasar olmadığı bilindiğinden maksimum patlayıcı miktarı (10 kg) ile yapılan atımlarda etki mesafesi;

$$D=K\sqrt{W/A} = 1,15\sqrt{10/0.05}=16,26 \text{ m bulunur.}$$

A spiral-bound notebook with a brown cover and a light beige page. The spiral binding is on the left side. The page is mostly blank, with the title text centered in the middle.

# Patlatma ve Hava Kalitesi Dağılım Modellemesi

# Hava Kalitesi Dağılım Modellemesi

- Toz Emisyonlarının Modellemesinde Kullanılan Programlar
  - ISCLT3 (Industrial Source Complex Long Term)
  - ISCST3 (Industrial Source Complex Short Term)
  - AERMOD
  - CALPUFF vb.

# Hava Kalitesi Dağılım Modellemesi İçin Gerekli Bilgiler

- Patlatma Paterni
  - Delikler Arası Mesafe
  - Delik Sayısı
  - Yatay Sıradaki Azami Delik Sayısı
  - Dilim Kalınlığı
- Yıllık Patlatma Sayısı (Patlatma Aralığı)
- Patlatma Zamanı (Genellikle günün hangi saatinde gerçekleştirilecektir?)
- Patlatmaların Gerçekleştirileceği Alan (İmalat Haritası)

# Patlatma Olayının Özellikleri

---

- Patlatma tamamen anlık bir olaydır.
- Patlatma esnasında ocak sahasında toz emisyonuna sebebiyet verebilecek diğer tüm faaliyetler mümkünse durdurulmalıdır.

# Patlatma Olayının Özellikleri

- Patlatma sonucu oluşan toz emisyonlarınının % 80' inin  $10 \mu$ ' dan büyük partiküllerden meydana geldiği ve patlatmadan sonra hemen çökeleceği, geriye kalan % 20' sinin ise  $10 \mu$ ' dan küçük partiküllerden meydana geldiği ve havada asılı kalarak atmosferde yayıldığı kabul edilmektedir.

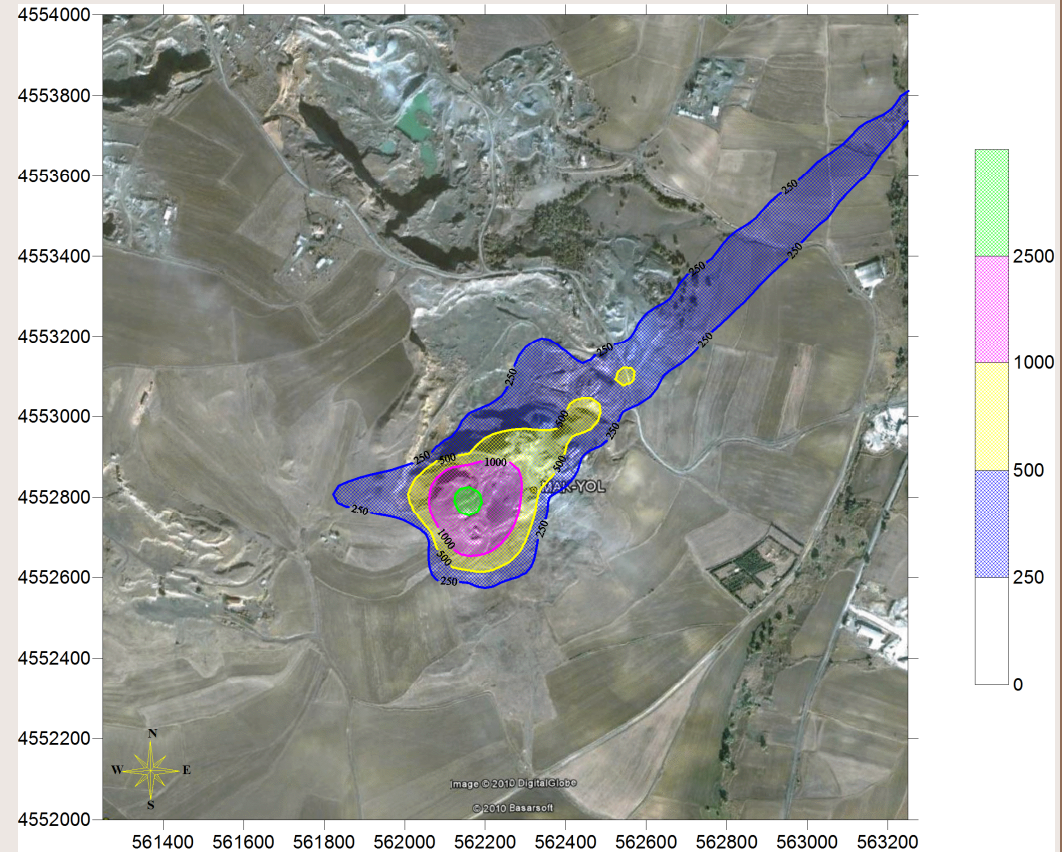


# Patlatmaya İlişkin Hava Kirlenmesine Katkı Değerleri

- Patlatmaya ilişkin hava kirlenmesine katkı değerlerinde saatlik değerler çok yüksek çıkmakta ancak patlatmanın anlık bir olay olması dolayısıyla ile günlük ve yıllık değerler oldukça düşük çıkmaktadır.
- Bu sebeple patlatmalara ilişkin hava kalitesi dağılım modellemesi sonuçları ayrı olarak değerlendirilmelidir.

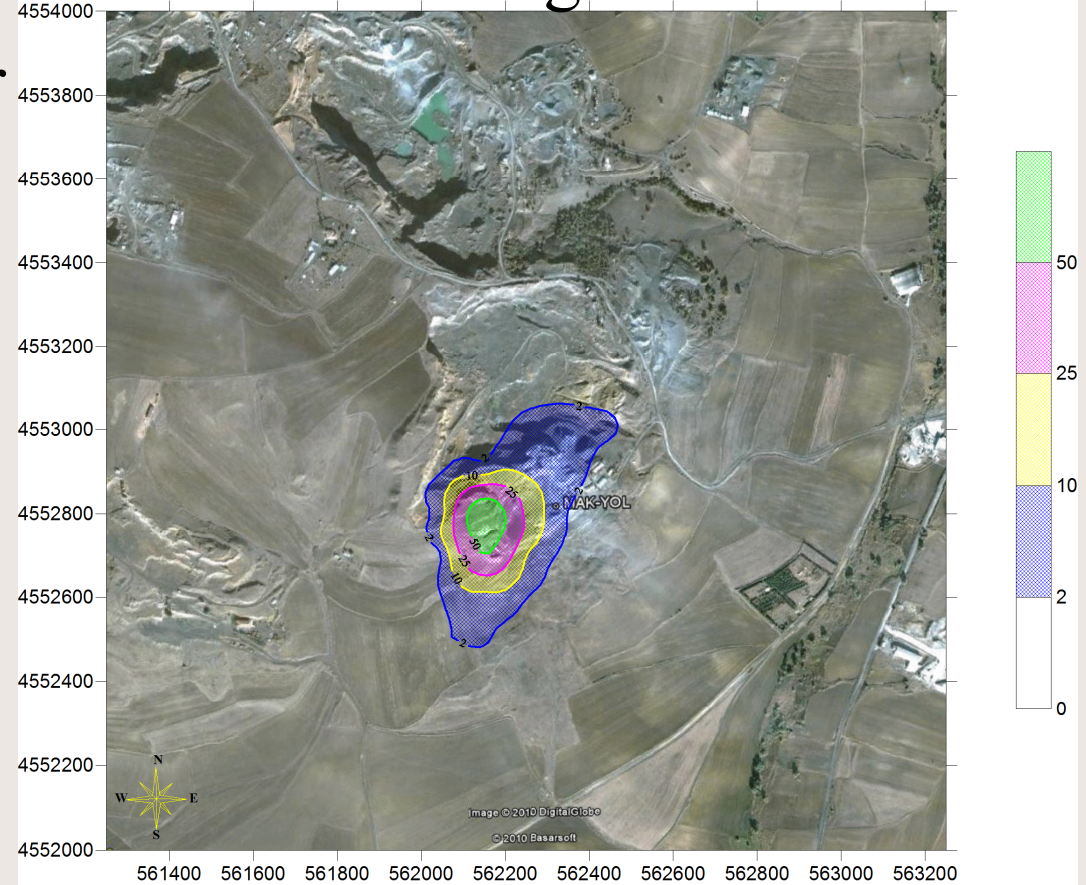
# Patlatmaya İlişkin Hava Kalitesi Dağılım Modellemesi Örnekleri

- Patlatma Aşamasında Günlük PM Dağılımı
- En Yüksek Değer
- 3.306,44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



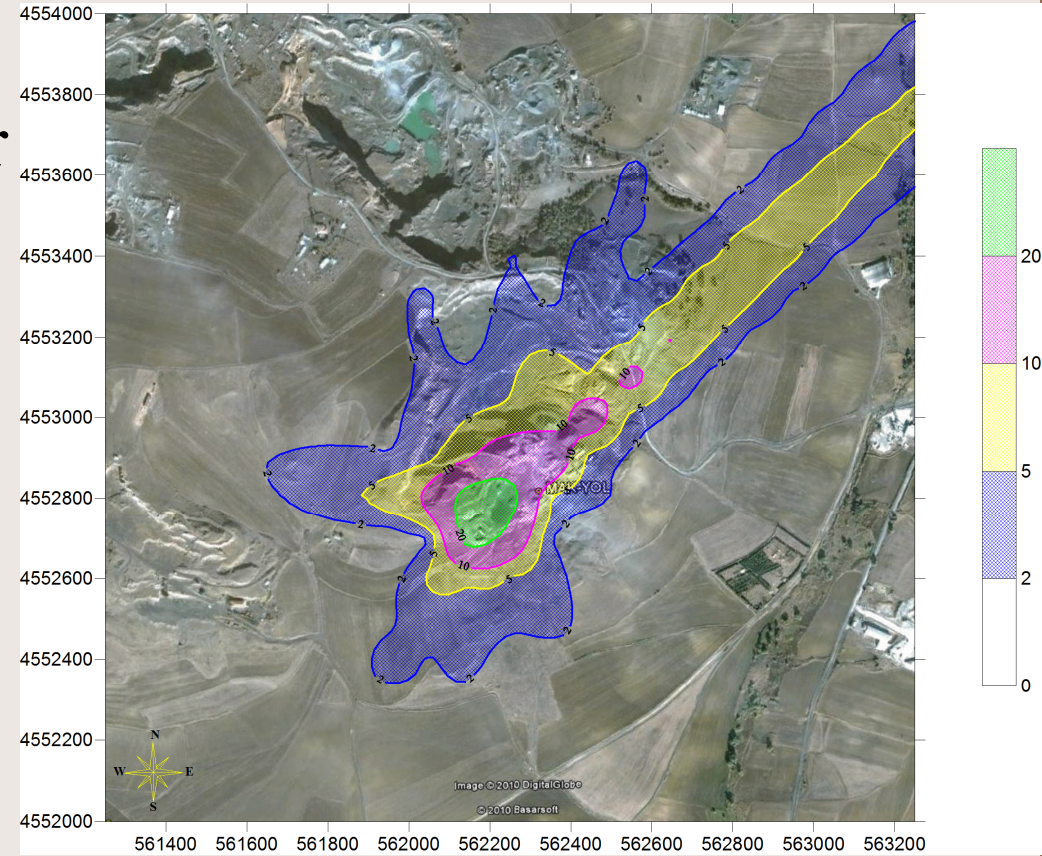
# Patlatmaya İlişkin Hava Kalitesi Dağılım Modellemesi Örnekleri

- Patlatma Aşamasında Yıllık PM Dağılımı
- En Yüksek Değer
- $84,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$



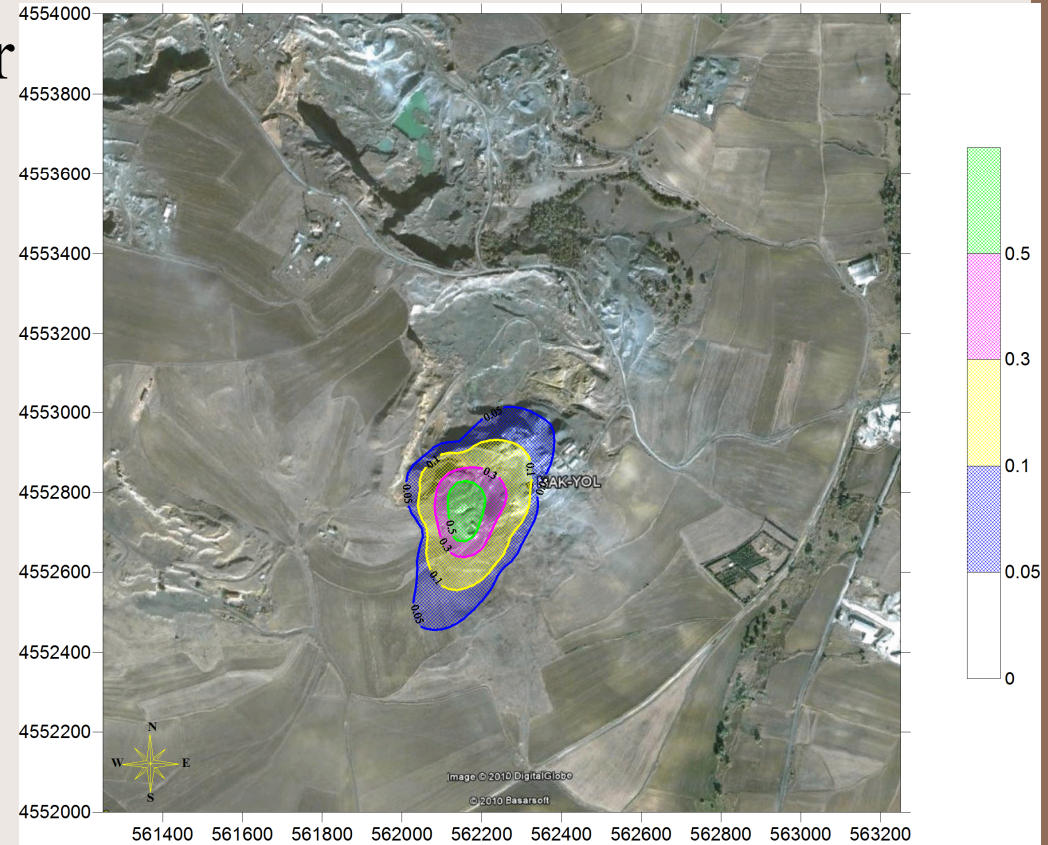
# Patlatmaya İlişkin Hava Kalitesi Dağılım Modellemesi Örnekleri

- Patlatma Aşamasında Günlük Çöken Toz Dağılımı
- En Yüksek Değer
- 24,91 mg/m<sup>2</sup>/gün



# Patlatmaya İlişkin Hava Kalitesi Dağılım Modellemesi Örnekleri

- Patlatma Aşamasında Yıllık Çöken Toz Dağılımı
- En Yüksek Değer
- 0,71 mg/m<sup>2</sup>/gün



# Değerlendirme

- Grafiklerden de anlaşılacağı üzere patlatmanın yapıldığı saatteki meteorolojik koşulların etkisiyle patlatma sonucu oluşan toz emisyonları tek bir yönde yayılma eğilimindedir.
- Günlük değerler ile yıllık değerler arasında çok büyük farklar bulunmakta olup bu da patlatmanın anlık bir olay olduğunu kanıtlamaktadır.

# Değerlendirme

- Patlatma sonucu oluşan toz emisyonları patlatmanın yapıldığı noktada yoğunlaşmakta bu alandan uzaklaştıkça çok hızlı bir şekilde azalmaktadır.
- Bu da patlatmanın tamamen lokal bir olay olduğunu ve etkisini kısa sürede yitirdiğini göstermektedir.