

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SÜREKSİZLİKLERİN PATLATMA VERİMİ**  
**ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Tuğçe TOPRAK**

**Ocak, 2012**

**İZMİR**

# **SÜREKSİZLİKLERİN PATLATMA VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilim Dalı**

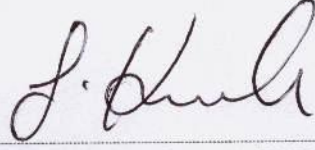
**Tuğçe TOPRAK**

**Ocak, 2012**

**İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

TUĞÇE TOPRAK, tarafından DOÇ. DR. GÜRCAN KONAK yönetiminde hazırlanan “SÜREKSİZLİKLERİN PATLATMA VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Gürcan KONAK

Yönetici



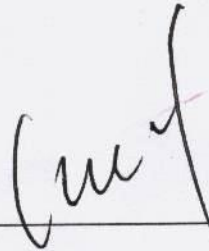
Prof. Dr. Ahmet Hakan ONUR

Jüri Üyesi



Öğr. Gör. Dr. Cem KINCAL

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında bana her türlü imkânı sağlayan, yardımlarını, desteğini, bilgisini ve tecrübesini esirgemeyen, bana sabır ve anlayış göstererek her konuda katkıda bulunan Danışman Hocam Doç. Dr. Gürcan KONAK'a sonsuz teşekkür ederim.

Tecrübeleriyle bana fayda sağlayan Prof. Dr. A.Hakan ONUR'a, tezim boyunca bana anlayışla yaklaşan, bilgileriyle katkıda bulunan ve yorum yapmamda yol gösteren Yrd. Doç. Dr. Hayati YENİCE'ye, tez boyunca teorik bilgilerin yanı sıra tecrübelerini de benimle paylaşarak yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Doğan KARAKUŞ'a, gerek teorik bilgilerin temini gerekse çalışmalarımın yorumunda destek olan Öğretim Görevlisi Dr. Cem KINCAL'a, arazi çalışmalarında bana yardımcı olan Araş. Gör. Abdurrahman TOSUN'a teşekkür ederim.

Tezin arazi çalışmaları aşamasında gerekli imkânları sağlayan ve yardımcı olan Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası Türk A.Ş Hammadde Bölümü ile Gerçek İnşaat Yönetimi ve saha mühendisi Kerem DURAN'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmamı (2010.KB.FEN.002)'nolu Dokuz Eylül Bilimsel Araştırmalar Projesi kapsamında maddi olarak destekleyen Dokuz Eylül Üniversitesi Rektörlüğü'ne teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi yüksek lisans öğrenimim boyunca benden maddi manevi desteğini esirgemeyen sevgili aileme teşekkür ederim.

Tüm yüksek lisans öğrenimim boyunca göstermiş olduğu sonsuz sabır ve anlayıştan, tezim süresince bilgileriyle bana destek olup, yüksek lisans öğrenimimin her aşamasında verdiği emeklerden dolayı nişanlım Maden Y. Mühendisi Özgür ÖNGEN'e teşekkür ederim.

Tuğçe TOPRAK



# SÜREKSİZLİKLERİN PATLATMA VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

## ÖZ

Delme patlatma işlemlerinin patlatma kısmında en verimli sonuçlara ulaşabilmek için jeolojik şartlar diğer bir deyişle kaya kütlesi özellikleri göz önüne alınarak iyi bir patlatma tasarımı gerçekleştirilmelidir. Özellikle süreksizliklerin patlatma verimini etkilediği, bazen bu süreksizliklerin patlatma sırasında oluşan enerjiyi azalttığı ve farklı yönlere doğru yönlendirdiği, kaya kütlelerinin iri parçalar bırakacak şekilde parçalanmasına sebebiyet verdiği anlaşılmıştır. Bu şekilde daha az parçalanmalarda patarlama yapılması gerekebilir ki bu da ekstra maliyet demektir. Bu durumu göz önüne alarak patlatma tasarımından önce süreksizliklerin aralarında bulunan açıklık veya dolgu malzemesi, konumu, sıklığı gibi kayaca ait özellikler yerinde yapılan arazi ölçümleri ile belirlenmelidir. Süreksizliklerin özellikleri, konumları ve yönelimleri kayaç kütlelerinin deformasyon, dayanım, geçirgenlik vb. gibi özelliklerini, dolayısıyla kaya mühendisliği uygulamalarını önemli derecede etkiler. Bu nedenle, mühendislik çalışmalarında süreksizliklere ilişkin ayrıntıların kaydedilmesi gereklidir. Bu sebeple süreksizliklerin patlatma verimine etkisini yerinde yapılan çalışmalarla incelemek amacıyla Türkiye'nin batısında yer alan ve çimento fabrikasına hammadde sağlayan Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası Türk A.Ş' ye ait olan taşocağında araştırmalar yapılmıştır. Bu zamana kadar kullanmış oldukları patlatma parametrelerinde bir değişiklik yapılmayarak, çalışılan aynalardaki süreksizlik ölçümlerinin patlatma sonrası oluşan tane boyut dağılımıyla arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Bu tez kapsamında, açık ocak madenciliğinde patlatma tasarımı yapılırken süreksizliklerin verimi arttırmaya yönelik etkisinin önemi üzerinde durularak gerekli öneri ve görüşler sunulacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Patlatma, açık işletme, kayaç jeolojisi, süreksizlik, tane boyut dağılımı.

# **THE RESEARCH FOR THE EFFECT OF DISCONTINUITIES ON THE EFFICIENCY OF BLASTING**

## **ABSTRACT**

For reaching the most efficient results for drilling and blasting processes, geological conditions in other terms rock mass properties should be considered and a good blasting design should be accomplished. It is realized that discontinuity affects the efficiency of blasting, and in times when sometimes it decreases the energy of the blasting, it diverts the energy in different directions, and thus causing the blasted the rock mass to be in big rock blocks. In such conditions, there may be a need for block holding which will cause extra cost. By taking this condition into account before the design of the blasting, some features of rock like the gap between discontinuity or the filling material, its location, and the frequency should be analyzed by means of field research. The features of discontinuity, locations and directions affect features like deformations, strength, permeability etc. of rock masses in other terms it considerably affects the applications of rock engineering. For this purpose, it is always required to keep a record of the details for the discontinuities. In order to study the in-situ affects of the discontinuities on the efficiency of blasting, research has been made on the fields of Çimentaş İzmir Cement Factory limestone quarry. By not making any changes in the parameters of blasting which has been used so far, it is attempted to set up a relation between the measures of discontinuity on the excavation face and the distribution of the fragmentation sizes after the blasting. In the scope of this thesis, there will be sights and suggestions upon the importance for increasing the efficiency of the discontinuities while composing blasting designs in open pit mining.

**Keywords:** Blasting, open pit, rock geology, discontinuity, distribution fragmentation size.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ SINAV GİRİŞ FORMU .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT .....	v
<b>BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Giriş .....	1
1.2 Açık İşletme ve Delme Patlatmanın Önemi .....	2
1.3 Patlatma Teorisi.....	4
1.4 Kayaç Patlatılabilirliği.....	8
<b>BÖLÜM İKİ - PATLATMA SONUÇLARINI ETKİLEYEN VE TASARIMDA GÖZ ÖNÜNE ALINMASI GEREKEN ETKENLER.....</b>	<b>11</b>
2.1 Kontrol Edilebilir Parametreler .....	11
2.1.1 Patlayıcı Maddenin Cinsi, Özellikleri ve Dağılımı.....	11
2.1.1.1 Detonasyon Hızı.....	11
2.1.1.1.1 Yüksek Detonasyon Hızına Sahip Patlayıcılar.....	12
2.1.1.1.1 Yüksek Detonasyon Hızına Sahip Patlayıcılar.....	12
2.1.1.2 Patlayıcı Maddenin Cinsi .....	12
2.1.1.2.1 Nitrogliserin Esaslı Patlayıcılar.....	12
2.1.1.2.2 Amonyum Nitrat Esaslı Patlayıcılar.....	12
2.1.1.2.3 Emülsiyon Tipi Patlayıcılar.....	13
2.1.1.3 Yoğunluk.....	13
2.1.1.4 Partikül Boyutu .....	13
2.1.1.5 Suya Karşı Dayanım .....	14
2.1.1.6 Donmaya Karşı Dayanım.....	14

2.1.1.7 Hassasiyet .....	14
2.1.1.7.1 Kapsüle Duyarlı Patlayıcılar .....	14
2.1.1.7.2 Kapsüle Duyarsız Patlayıcılar .....	14
2.1.1.8 Patlayıcı Maddenin Gücü.....	15
2.1.2 Patlatma Geometrisi .....	15
2.1.2.1 Delik Çapı .....	15
2.1.2.2 Basamak Yüksekliği .....	17
2.1.2.3 Taban Payı .....	17
2.1.2.4 Sıkılama Boyu.....	18
2.1.2.5 Delik Hata Payı.....	20
2.1.2.6 Gecikme Zamanının Belirlenmesi .....	22
2.1.2.7 Dilim Kalınlığı .....	24
2.1.2.8 Deliklerarası Mesafe .....	28
2.1.2.9 Delik Eğimi.....	29
2.1.2.10 Özgül Şarj .....	30
2.1.2.11 Dip Şarj ve Kolon Şarjı.....	32
2.1.2.12 Patlatma Sahasının Eni ve Boyu .....	34
2.1.2.13 Arazi Koşulları.....	35
2.1.2.14 Çevresel Kısıtlamalar.....	35
2.2 Kontrol Edilemeyen Parametreler .....	35
2.2.1 Kaya Kütlelerinin Özellikleri .....	35
<b>BÖLÜM ÜÇ - SÜREKSİZLİKLER.....</b>	<b>38</b>
3.1 Süreksizlik Tanımı .....	38
3.2 Süreksizliklerin Fiziksel Parametreleri .....	40
3.2.1 Süreksizlik Türleri .....	41
3.2.1.1 Dokanak .....	41
3.2.1.2 Tabaka Düzlemi .....	41
3.2.1.3 Fay ve Makaslanma Zonu .....	42

3.2.1.4 Eklem .....	43
3.2.1.5 Dilinim (Klivaj) .....	43
3.2.1.6 Fisür .....	45
3.2.1.7 Foliasyon (Yapraklanma).....	45
3.2.1.8 Damar.....	46
3.2.2 Süreksizlik Aralığı .....	46
3.2.3 Süreksizliklerin Devamlılığı.....	50
3.2.4 Süreksizliğin Pürüzlülük ve Dalgalılığı.....	52
3.2.5 Süreksizliğin İki Yüzeyi Arasındaki Açıklık.....	52
3.2.6 Süreksizlik Boşlukları Arası Dolgu Malzemesi ve Özellikleri.....	54
3.2.7 Süreksizlik Yüzeyinin Dayanımı ve Bozunmanın Derecesi.....	55
3.2.8 Süreksizlik Yüzeyindeki Su İçeriği ve Sızıntı.....	55
3.2.9 Süreksizlik Yönelimi ve Takım Sayısı .....	55
3.2.10 Blok Boyu.....	57
3.3 Süreksizliklerin Yerinde Tayini .....	58
3.3.1 Hat Etütü.....	58
3.3.2 Pencere Haritası .....	60
3.3.3 Sondaj Karotu .....	61
3.3.4 Pusula ve Klinometre Yöntemi.....	66
3.3.5 Stereografik İzdüşüm Tekniği .....	71
3.3.6 Fotogrametrik Yöntemler .....	77

## **BÖLÜM DÖRT - SÜREKSİZLİKLER İLE PATLATMANIN İLİŞKİSİ ..... 82**

4.1 Kayaçların Jeolojik Sınıflandırılması.....	82
4.2 Kayacın Fiziksel Özellikleri.....	83
4.3 Kayaç Yapısı .....	84
4.4 Kayaçların Patlatma ile İlişkileri.....	85
4.5 Süreksizlikler ile Patlatma Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Yaklaşımlar.....	86

**BÖLÜM BEŞ - DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE PATLATMA  
SONRASI PARÇA BOYUT ANALİZİ..... 101**

5.1 Dijital Görüntü İşleme Programlarından “WIPFRAG GRANULOMETRY ANALYSIS SOFTWARE” .....	102
5.2 Fotoğraflama Tekniği .....	102
5.3 Görüntünün Hazırlanması .....	103
5.4 Görüntünün Analizi .....	103

**BÖLÜM ALTI - ÇALIŞMA BÖLGELERİNİN TANITIMI VE  
GERÇEKLEŞTİRİLEN UYGULAMALAR ..... 109**

6.1 Giriş .....	109
6.2 Çimento İzmir Çimento Fabrikası Türk A.Ş. ye Ait Olan Açık İşletmenin ve Bölgenin Tanıtımı .....	109
6.2.1 Coğrafi konum .....	110
6.2.2 İklim ve Bitki Örtüsü .....	110
6.2.3 Genel Jeoloji .....	111
6.2.3.1 Bölgenin Genel Jeolojisi .....	111
6.2.3.2 Çalışma Alanının Genel Jeolojisi .....	111
6.3 Çimento İzmir Çimento Fabrikası Türk A.Ş.’ye Ait Açık Ocakta Patlatma Öncesi Yapılan Çalışmalar .....	112
6.3.1 Çimento “8. Kademe” Bölgesinde Yapılan Çalışmalar .....	116
6.3.1.1 K-A1’e Ait Çalışmalar .....	116
6.3.1.2.K-A2’ye Ait Çalışmalar .....	123
6.3.1.3 K-A3’e Ait Çalışmalar .....	129
6.3.1.4 K-A4’e Ait Çalışmalar .....	135
6.3.1.5 K-A5’e Ait Çalışmalar .....	142
6.3.2 Çimento “Sol Ocak” Bölgesinde Yapılan Çalışmalar .....	149
6.3.2.1 S-A1’e Ait Çalışmalar .....	149
6.3.2.2 S-A2’ye Ait Çalışmalar .....	156

6.3.2.3 S-A3'e Ait Çalışmalar.....	163
6.3.2.4 S-A4'e Ait Çalışmalar.....	170
6.3.2.5 S-A5'e Ait Çalışmalar.....	177
6.3.2.6 S-A6'ya Ait Çalışmalar.....	183
6.3.2.7 S-A7'ye Ait Çalışmalar.....	189
6.4 Çimentoş Kalker Ocağında Çalışılan Aynalardan Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi .....	195
<b>BÖLÜM YEDİ - SONUÇLAR.....</b>	<b>212</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>216</b>

# BÖLÜM BİR

## GİRİŞ

### 1.1 Giriş

Madencilik uygulamalarında kayaçların yapısal ve mühendislik özelliklerinin belirlenmesi yapılacak çalışmanın verimliliği açısından büyük önem arz etmektedir. Mühendislik uygulamalarında etkisi en fazla ve en önemli olan etmen kaya türü ve jeolojik yapısıdır. Her tür mühendislik yapısını emniyetli ve optimum maliyet ile tasarlamak için bu iki özelliğin bilinmesi gerekmektedir.

Madencilik faaliyetlerinde ister yeraltı olsun ister yerüstü olsun her iki durumda da çalışılan birim kayaçlardır. Örneğin açık ocak basamak dizaynında oluşturulan şevlerin güvenliği, yapılacak olan basamak patlatmasının verimliliği gibi durumlar direkt olarak jeolojik yapı ile ilintilidir. Bu sebepten ötürü tüm mühendislik çalışmalarında kayacın olduğu mineraller kadar farklı yönlerde yerleşik bulunan süreksizlikler de göz önüne alınmalıdır.

Bu araştırma kapsamında literatürde kabul edilmiş sınıflama yöntemleri esas alınarak arazi çalışmaları yapılmış, patlatma sonrası tane boyut dağılımıyla süreksizlikler arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Öncelikle açık işletme tekniğinden ve patlatma teorisinden kısaca bahsedilmiş, daha sonra patlatma sonuçlarına etki eden ve patlatma tasarımı yaparken göz önüne alınması gereken kontrol edilebilir ve edilemez parametreler hakkında bilgiler verilmiştir. Bu bilgilerden sonra süreksizlikler konusuna ayrıntılı olarak değinilmiştir. Süreksizlikler ile patlatma arasındaki ilişkiyi inceleyen yaklaşımlar tartışılmıştır. Tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında patlatma sonrası tane boyut dağılımında kullanılan dijital görüntü işleme yöntemi anlatılmıştır. Tüm bu bilgilerden sonra; çalışma bölgelerinin tanıtımı yapılarak gerçekleştirilen uygulamalar verilmiş, sonuç ve öneriler tartışılmıştır.



## 1.2 Açık İşletme ve Delme Patlatmanın Önemi

Dünyada ve ülkemizde maden sektöründe üretimin büyük bölümü açık işletme yöntemi kullanılarak yapılmaktadır. Bu yöntemin amacı; yeryüzünde mostra vermiş veya üzeri ince bir örtü tabakası ile kaplı madenin en az fireyle, emniyetli ve yeraltı işletme yöntemine göre üretim maliyeti daha düşük olacak şekilde üretilebilmesidir. Günümüzde madencilik sektöründeki teknolojik gelişmelere bağlı olarak yapılan çalışmalar da açık işletme birim maliyetlerini daha da azaltmıştır.

Açık işletme yöntemi uygulamalarında; örtü tabakası ve maden yatağı basamak şeklinde yatay dilimlere bölünür. Örtü tabakasının yapısına göre patlayıcı madde kullanarak veya kullanmadan gevşetme ve kazı yapılır; daha sonra sırasıyla yükleme, taşıma ve dökme işlemleri yapılarak üretim tamamlanır. Genelde açık ocak işletmeciliğinde basamak patlatması kullanılarak üretim yapıldığı için; basamak alını, kayanın sağlamlığı ve yapısına (fay, eklem, tabakalanma vb.), delik eğimine bağlı olarak dik veya 90 dereceden düşük eğimli şev oluşturulur. Bu şev, basamağı oluşturan kayanın parçalanmasına ve parçalanmış kayanın ileri fırlatılabilmesine imkân veren bir serbest yüzeydir.

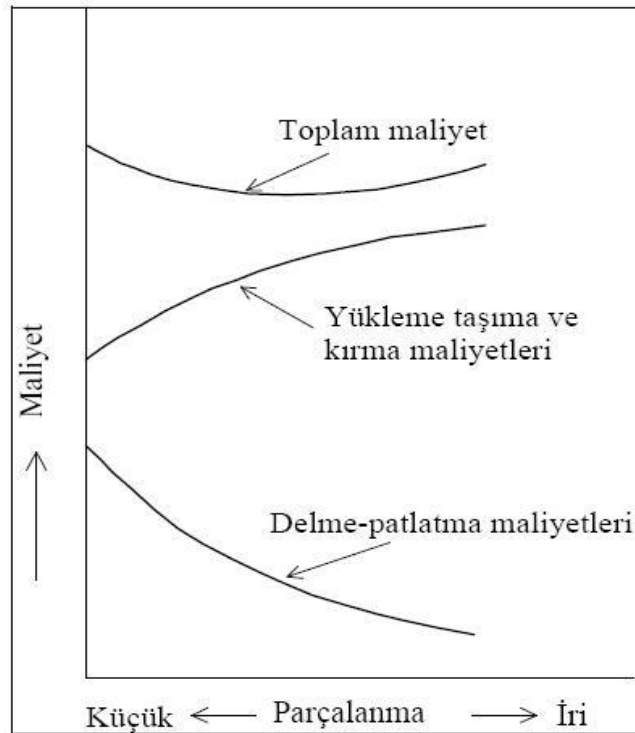
Ülke ekonomisine paralel olarak gelişen madencilik ve inşaat sektörleri için yapılan üretim çalışmalarında delme patlatma yoluyla yapılan kazı çalışmaları büyük bir öneme sahiptir. Ciddi bir maliyet kalemi olduğu için, ayrıca kendinden sonra gelecek uygulamaları da direkt etkilediğinden bu kriter önemli bir değerlendirme kriteri olarak görülmekte ve üzerinde çok çeşitli teknik ve ekonomik araştırmalar yapılmaktadır.

Dünya madencilik sektöründe açık işletme ile üretim yöntemleri içerisinde delme teknikleri, patlayıcı maddeler, patlatma tasarımı, patlatma teknolojisi, patlatmanın çevresel etkileri gibi konularda birçok araştırmalar yapılmış ve ciddi gelişmeler sağlanmıştır. Fakat uygulamalarda yapılan hatalar veya yanlış seçimler, işletme ve üretim süresinin uzamasına, maliyet artışlarına kısaca delme patlatmanın doğru bir şekilde kullanılmaması sonucu tüm avantajlarından yararlanılamamasına sebebiyet

vermektedir. Ayrıca yanlış uygulamalar sonucu can ve mal kayıplarının ortaya çıkması kaçınılmaz olmaktadır. Eğer doğru bir patlatma uygulaması ile açık işletme üretimine geçilir ise; (Kahriman, 1999)

- ✓ Ekonomik sonuçlara ulaşılır,
- ✓ Teknik verimliliğin artması sağlanır,
- ✓ Zamanın verimli kullanılması sağlanır,
- ✓ İş makinalarının performanslarında artış sağlanır,
- ✓ Kapasite artışı gözlenir,
- ✓ Ardışık faaliyetlerin organizasyonunda bir sorunla karşılaşılmaz,
- ✓ Uygun niteliklerde malzeme temini kolaylaşır.

Sadece delme-patlatma işlemlerinde hedeflenecek minimum maliyet düşüncesi, birbirini izleyen teknolojik işlemlerin maliyetinde önemli artışlar olmasını görmezlikten gelecektir. Patlatma işlemlerinin maliyeti genel olarak parçalanma derecesinin bir fonksiyonudur (Şekil 1.1) (Hoek ve Bray, 1991).



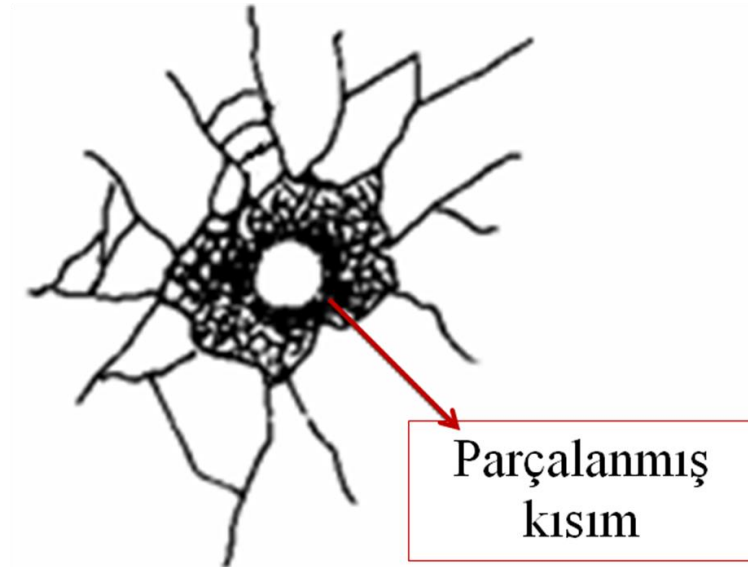
Şekil 1.1 Parçalanma derecesi ve maliyet ilişkisi (Hoek ve Bray, 1991).

Tüm bunlar ve daha fazlası için de kaya özelliklerini, patlayıcı madde özelliklerini ve patlatma geometrisi konfigürasyonlarını uygun modelde değerlendiren tasarımlar yapılmalıdır.

### 1.3 Patlama Teorisi

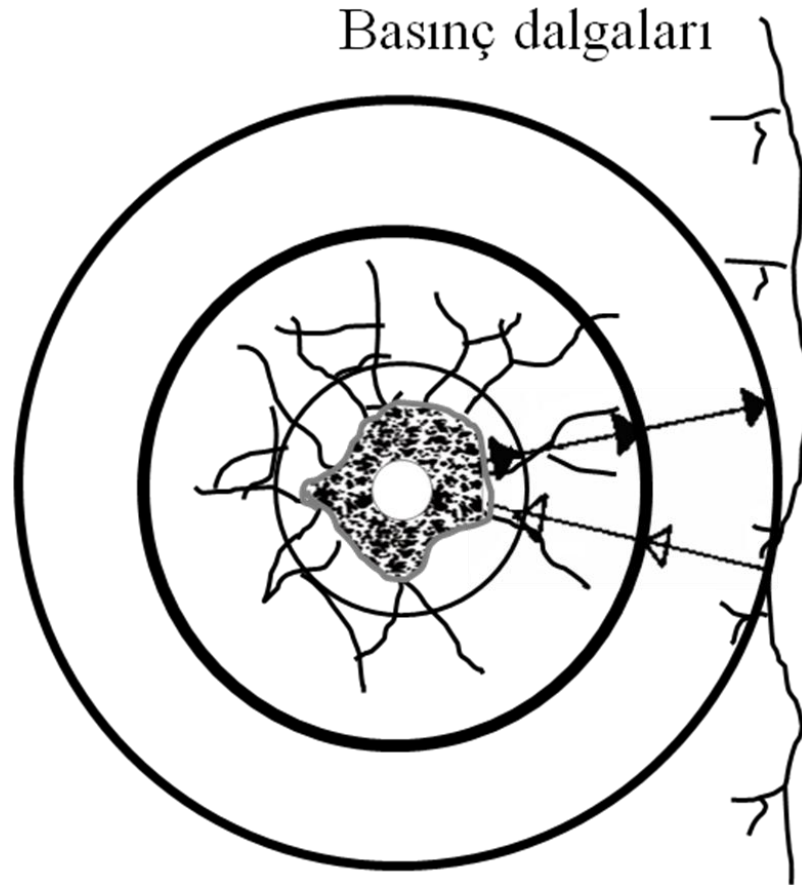
İçine patlayıcı madde yerleştirilmiş bir delik ateşlendiğinde saniyenin binde biri gibi çok kısa bir süre içinde çok yüksek ısı ve basınçta, büyük miktarlarda gazların açığa çıkması ile sonuçlanan hidrodinamik reaksiyonlar oluşur. Açığa çıkan gaz basıncı delik duvarlarında hareket eder ve böylece deliği bulunduğu ortamın daha ötesine genişletmek için deliği basınç ve gerilmelerin tesiri altında bırakır (Bhandari, 1997). Patlatma deliğine yerleştirilen patlayıcıların ateşlenmesi sonucunda, kayaçtaki parçalanma olayının gelişimi üç aşamada meydana gelmektedir (Olofsson, 1988);

İlk aşamada, ateşleme anından başlayarak, patlatma deliği, delik duvarlarının kırılmasıyla birlikte genişler. Bu durum, patlamadan kaynaklanan yüksek basıncın etkisiyle meydana gelmektedir (Şekil 1.2).



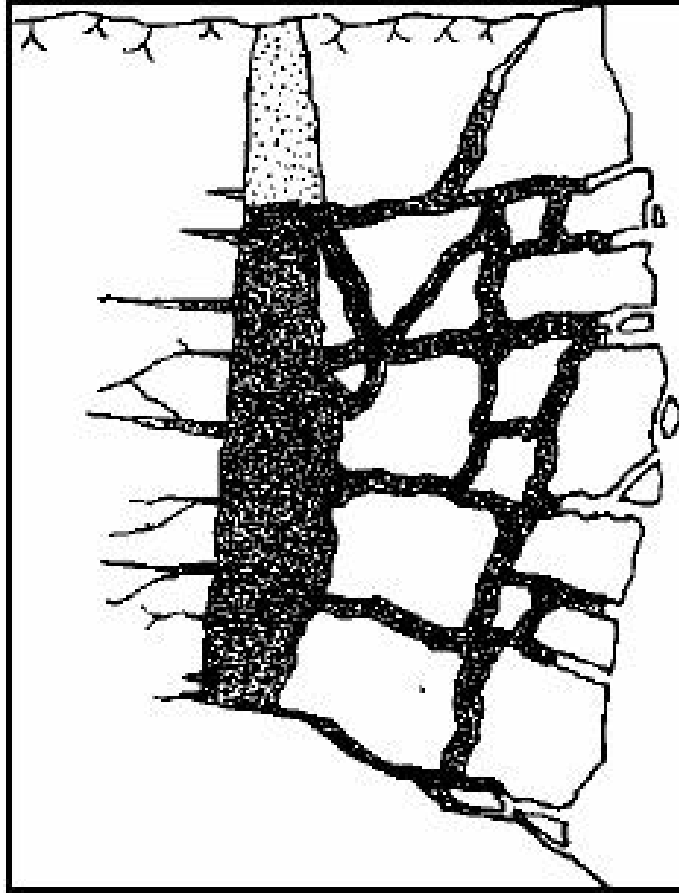
Şekil 1.2 Delik duvarlarının parçalanarak genişlemesi (Birinci aşama) (Olofsson, 1988).

İkinci aşamada, sıkıştırma etkisi yapan gerilim (basınç) dalgaları, ses dalgalarına eşit bir hızla delikten tüm yönlere doğru yayılım gösterir (Şekil 1.3). Bu sıkıştırıcı etki yapan basınç dalgaları, serbest bir yüzeyden yansıdığında, serbest yüzey ve patlatma deliği arasındaki kaya kütlelerinde çekme gerilmelerine sebep olur.



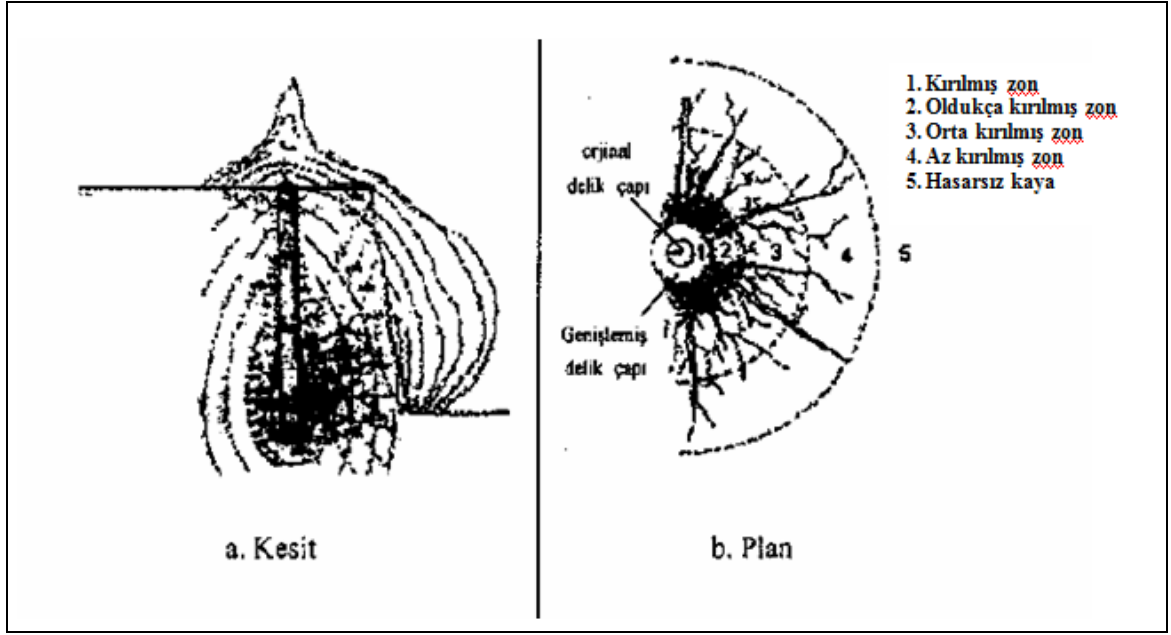
Şekil 1.3 Sıkıştırıcı basınç dalgaları (ikinci aşama) (Olofsson, 1988).

Üçüncü ve son aşamada, arazi gerilmeleri haline dönüşen yüksek sıcaklıktaki gazların basıncı süreksizlikler içerisine girerek radyal çatlakların ilerlemesine ve orijinal deliğin bozulmasına neden olmaktadır. Bu yüksek gaz basınçları sayesinde parçalanmış malzeme yer değiştirmektedir. Gazlar, direncin en düşük olduğu yöne doğru (çatlaklar, eklemler, faylar, süreksizlikler, düşük kohezyonlu tabakalar) hareket edeceklerdir. Eğer serbest yüzey ile patlatma deliği arasındaki mesafe uygun olarak alınmış ise, serbest yüzey ve patlatma deliği arasındaki kaya kütlesi genişleyip ileri doğru hareket edecektir (Şekil 1.4).



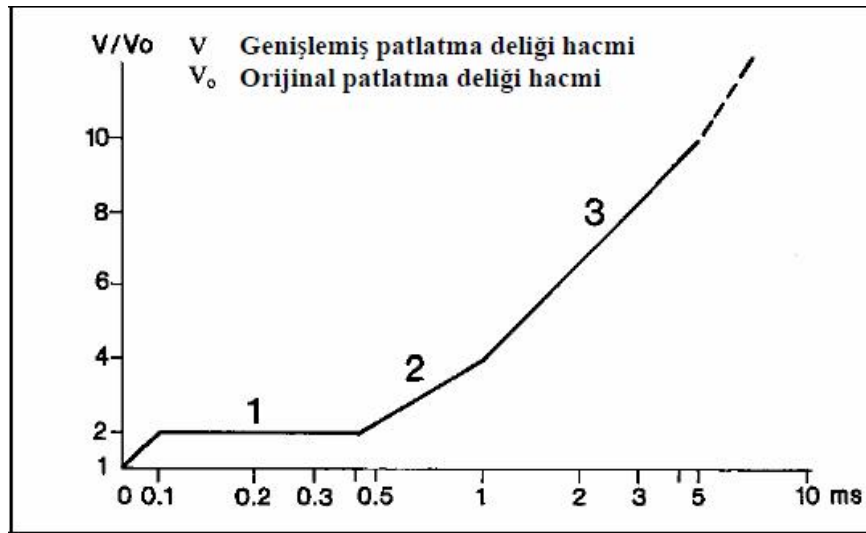
Şekil 1.4 Kırılmış kayaç kütleğinde gazın yayılması  
(Üçüncü aşama) (Olofsson, 1988).

Eğer bu süreksizlikler yüzeye kadar devam ediyorsa gaz basıncı atmosfere çıkacak, basınç düşecek, malzemenin parçalanması ve kırılmış malzemenin yer değiştirmesi azalacaktır (Olofsson, 1988). Delik doldurulup ateşlendikten sonra basamak ve kaya ortamında oluşan parçalanma olayları kesit ve plan görünüş olarak Şekil 1.5'te görülmektedir.



Şekil 1.5 Parçalanma mekanizması (Atlas Powder Company, 1987).

Patlama reaksiyonunun hızı çok fazladır. Patlatma deliğinin hacmi, yaklaşık olarak 5 milisaniyede orijinal hacminin 10 katına kadar genişlemektedir. Patlatma deliğinin zamana bağlı olarak nasıl genişlediği aşağıdaki Şekil 1.6'da gösterilmiştir.



Şekil 1.6 Patlatma deliğinin zamana bağlı olarak genişlemesi (Olofsson, 1988).

Şekil 1.5'e göre;

1. Kayayı parçalayan şok dalgalarının başlaması: Patlatma deliği, ilk hacminin yaklaşık iki katı genişler. Patlatma deliği ışınal kırıklar oluşmaya başlamadan önce uzun bir süre (0,1 – 0,4 milisaniye) bu hacimde kalacaktır.

2. Gerilim bölgeleri arasındaki etkileşim: Patlatma deliği civarında doğal çatlakların yanı sıra gerilim bölgeleri arasındaki etkileşimle yeni çatlaklar oluşur ve şok dalgalarının serbest yüzeyde yansısıyla çekme gerilmeleri meydana gelir. Reaksiyon ürünleri, normal hacminin dört katı kadar genişleyen patlatma deliğinden, kırıkların içine girerek genişler ve parçalanma başlar.

3. Gaz yayılımı: Gaz yayılımı kırıklar boyunca ileri doğru genişler ve kaya kütlesi hareket eder (Olofsson, 1988).

Yukarıdaki aşamalar sonunda, patlatma deliğindeki parçalanma ve hasar derecesi Şekil 1.5'te gösterildiği gibi beş farklı zona ayrılabilir.

Patlatma deliğinin hemen çevresindeki parçalanmış kısımda, patlayıcı madde, basınçları harekete geçirir ve gerilmeler, kayacın dinamik basınç kuvvetini 40-400 katı oranında aşar. Patlatma deliği civarına doğru hareket eden bu yüksek basınç kuvveti kayaç kütlesinin etrafında aşırı parçalanmalara, yoğun hasara neden olur. 1 numaralı bu zon, aynı zamanda kayacın elastik sertliğinin önemsiz olduğu hidrodinamik zon olarak da ifade edilebilir (Kutter, Fairhurst 1971).

#### **1.4 Kayaç Patlatılabilirliği**

Kayaç patlatılabilirliği, kayacın patlamaya mukavemeti olarak tanımlanabilir. Kayacın durumu ve sedimantasyon patlatılabilirliği etkilemektedir. Sağlam ve sert kayaçlarda patlatma çok iyi bir şekilde kontrol edilebilir. Fakat çatlaklı kayaçlarda patlayıcının enerjisi çatlaklarda kaybolur ve patlatma kontrolü zayıftır. Farklı kayaçların özellikleri ve yapısal bağları kayaçların karakteristiğini ve arazide kayaç patlatılabilirliğini belirler. Kayaç kütlesinin yüzeydeki özellikleri büyük oranda,

kayacın yönelimi ve deformasyon ile erozyon sonucu oluşan süreksizlik yüzeylerine bağlıdır (Web1, 2010). Kayaç patlatılabilirliğini etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır (Yıldız ve Köse, 2003).

1. *Kayaç temas tipleri*
2. *Faylar,*
3. *Yataklanma yüzeyleri ve şistosite,*
4. *Çatlak sistemleri,*
5. *Kayaçların eğim ve doğrultusu.*

Günümüzde parçalanmanın tahmini ve analizi gittikçe daha fazla önem kazanmaktadır, bilindiği gibi birincil parçalanma ikinciden ve kırmadan daha ekonomiktir. Patlatma teknolojisinde büyük çaplı patlatmalarda karşılaşılan en büyük güçlük kayanın homojen olmamasıdır. Kaya kütledeki yapısal özellikler kaya tipi aynı olsa bile farklıdır, bu bir bölgeden başka bir bölgeye de değişiklik gösterir. Bu sebeple Lilly tarafından geliştirilen “Patlatılabilirlik indeksi” nden yola çıkılarak hesaplamalar yapılabilir. Bu faktör kaya tipine ve patlatma yönüne bağlı olarak ortalama parçalanmayı modifiye etmek için kullanılır.

$$A = 0,06 (RMD + JF + RDI + HF)$$

A = Patlatılabilirlik indeksi

RMD= Kaya kütle belirteci

JF = Ekleme faktörü

RDI = Kaya yoğunluk indeksi

$$= 25( rr- 2)$$

HF = Sertlik faktörü

Bağımsız bileşenleri şunlardır:

$$RMD= 10 + 10 X_i$$



$$\begin{aligned}
JF &= JF_s + JF_o \\
JF_s &= 10 \quad \text{Eklem aralığı} < 0,1 \\
&= 20 \quad 0,1 < \text{Eklem aralığı} < \text{Boyut üstü} \\
&= 50 \quad \text{Boyut üstü} < \text{Eklem aralığı} \\
JF_o &= 10 \quad \text{Dalım açısı} < 10 \\
&= 20 \quad d_r < 30 \\
&= 30 \quad 60 < d_r \\
&= 40 \quad 30 < d_r < 60 \\
d_r &= |JDD - FFDD| \text{ UCS} / 5
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X_i &= \text{Yerinde blok boyutu (m)} \\
JF &= \text{Eklem faktörü} \\
JF_s &= \text{Eklem aralık faktörü} \\
JF_o &= \text{Eklem yayılım faktörü} \\
d_r &= \text{Rölatif dalım yönü (derece)} \\
JDD &= \text{Eklem dalım yönü (derece)} \\
FFDD &= \text{Serbest yüzey dalım yönü (derece)} \\
\rho_r &= \text{Kaya özgül ağırlığı} \\
Y &= \text{Young modülü (GPa)} \\
\text{UCS} &= \text{Tek eksenli basma dayanımı (MPa)}
\end{aligned}$$

Dolayısıyla patlatılabilirlik hesabına bu indeks sayesinde, süreksizlik etkileri de eklenmiş olmaktadır.

## **BÖLÜM İKİ**

### **PATLATMA SONUÇLARINI ETKİLEYEN VE TASARIMDA GÖZ ÖNÜNE ALINMASI GEREKEN ETKENLER**

Bir delikteki patlayıcı şarjı ateşlendiğinde enerji oluşur. Meydana gelen bu enerjiyi kayaca ileten mekanikler ve parçalanmanın geometrisi karmaşık olup tam olarak anlaşılammamaktadır. Parçalanma sürecini etkileyen faktörler iki ana başlık altında toplanabilir. Bunlar; kontrol edilebilir parametreler (patlayıcı parametreleri, patlatma geometrisi) ve kontrol edilemeyen (kayaç) parametrelerdir.

#### **2.1 Kontrol Edilebilir Parametreler**

##### ***2.1.1 Patlayıcı Maddenin Cinsi, Özellikleri ve Dağılımı***

Patlatma hızı, yoğunluk, partikül boyutu, güç, hassasiyet, suya dayanım, dona dayanım, gaz özellikleri, patlatma ısısı ve özgül gaz hacmi, depolanma süresi ve şeklidir.

###### ***2.1.1.1 Detonasyon Hızı***

Detonasyon reaksiyonun hızı olup, patlatma sonucu oluşan detonasyon dalgalarının hızı veya patlatma dalgasının bir patlayıcı madde sütununda birim zamandaki ilerleme miktarıdır. Birimi (m/s) dir. Bir patlayıcı maddenin detonasyon hızı şarj çapına, patlayıcı yoğunluğuna, patlayıcı partiküllerinin boyutuna ve sıkıştırma etkisine bağlı olarak değişir. Şarj çapı ile yoğunluk artırılarak, sıkıştırma etkisi yaratılarak, partikül boyu azaltılarak detonasyon hızı artırılabilir.

Kaya yapısına göre patlayıcı seçilirken detonasyon hızı mutlaka göz önüne alınmalıdır. Patlatma yapılacak kayaç sert formasyon ise detonasyon hızı yüksek olan, kayaç yapısı yumuşak ise detonasyon hızı daha düşük olan patlayıcılar kullanılmalıdır.

*2.1.1.1.1 Yüksek Detonasyon Hızına Sahip Patlayıcılar.* Yüksek detonasyon hızı, yüksek basınçlı şok dalgası, yüksek yoğunluk ve kapsül ile ateşlenebilme hassasiyetleri şeklinde karakterize edilebilir. Nitrogliserin bazlı patlayıcılar (dinamitler), slurry patlayıcılar ve emülsiyon tipi patlayıcılar bu gruba girmektedir.

*2.1.1.1.2 Patlayabilir Karışımlar.* Amonyum nitrat bazlı patlayıcılar olup değişik katkı maddeleri ile emülsiyon haline getirildikten sonra hassaslaştırılarak patlayıcı özelliği kazandırılan maddelerdir. Madencilikte çok fazla kullanılan ANFO bu gruba dâhildir.

#### *2.1.1.2 Patlayıcı Maddenin Cinsi*

Patlayıcılar çeşitli kimyasal bileşimlerde olup ısınma, basınç, darbe ve elektrik akımı etkisiyle, saniyenin kesirleriyle ifade edilen zaman aralıklarında, kimyasal bir reaksiyon (tepkime) sonunda meydana gelen yüksek sıcaklıktaki gazın yarattığı basınç ve titreşimle temasta bulunduğu ortamı tahrip eden maddelerdir.

*2.1.1.2.1 Nitrogliserin Esaslı Patlayıcılar.* Günümüzde temel patlayıcı madde olarak kullanılmaktadır. Genellikle infilak hızları fazladır. Bu tip patlayıcılarda depolama şartları çok önemlidir. Uygun şartlarda bekletilmeyen patlayıcılarda nitrogliserin kusması görülebilmektedir. Böyle bir durumda serbest kalan nitrogliserin herhangi bir darbeye karşı dayanıksızdır. Farklı amaçlara yönelik değişik tiplerde üretilmektedirler. Örneğin; yeraltı madenciliği için düşük alev sıcaklığına sahip olanları (antigrizutin dinamit) üretilmiştir.

*2.1.1.2.2 Amonyum Nitrat Esaslı Patlayıcılar.* Amonyumnitrat kimyasal olarak amonyak ile nitrik asidin tepkimeye girmesi sonucu oluşan organik bir tuzdur. İlk başlarda gübre amaçlı kullanılmakta iken, istenmeden gerçekleşmiş olan ölümlü bir patlatma olayı sonucu farklı kullanım alanları için merak doğurmuştur. Madencilik sektöründe deneme yanılma yöntemleri ile kullanılmaya başlanmış olup daha sonraları bilimsel çalışmalar geliştirilerek günümüzdeki tekniğe ulaşılmıştır. Bu tip patlayıcılar genel olarak iki başlık altında toplanmaktadır; ANFO ve bulamaç tipi

patlayıcılar. Bunlardan özellikle ANFO (% 94-95 amonyumnitrat + %5-6 mazot) madencilik sektöründe geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Darbe ve düşme etkisiyle patlamaması nedeniyle emniyetlidir. Açık ocak madenciliğinde geniş çaplı patlatma delikleri kullanımına olanak vermiştir. Bu da sert kayalarda önemli olan bir özelliktir. Anfonun ateşlenebilmesi için kapsül tek başına yeterli değildir, mutlaka yüksek patlatma gücüne sahip bir yemleme dinamiti ile deliğe yerleştirilmelidir. Bulamaç tipi patlayıcılar ise anfonun suya dayanıksız olması sebebiyle üretilmiş olup, su problemi olan ocaklarda kullanılmaktadır.

*2.1.1.2.3 Emülsiyon Tipi Patlayıcılar.* Nitrogliserin esaslı patlayıcıların her tür darbelerden etkilenmesi, depolama ve taşınmasının tehlikeli olması, anfonun suya dayanıksızlığı, patlatma hızının yüksek olmayışı, yemlemeye ihtiyaç duyulması gibi nedenlerden dolayı bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için bu tip patlayıcılar üretilmiştir. Bu tip patlayıcılar kullanılırken doğrudan deliğe pompalanabilir ya da kartuş halinde kullanılabilir.

#### *2.1.1.3 Yoğunluk*

Patlayıcı maddenin birim hacminin ağırlığını ifade etmektedir. Detonasyon sırasında birim zamanda reaksiyona giren kütleyi gösterir. Ayrıca patlayıcının duyarlılığının ve detonasyon basıncının oluşmasında da önemli rol oynar. Patlayıcı maddenin yoğunluğu tasarımında ve patlayıcının kuvvetinin belirlenmesinde kullanılan bir parametredir. Genel olarak yüksek yoğunluk daha fazla enerji üretimini gösterir (Şeran ve Akay, 1999). Yoğunluk arttıkça patlayıcının patlayabildiği en küçük çap olarak adlandırılan kritik çap küçülür.

#### *2.1.1.4 Partikül Boyutu*

Patlayıcı maddenin partikül boyutu azaltıldığı zaman yüzey alanı artacağı için detonasyon hızı da artacaktır. Buna bağlı olarak da kritik çap küçülecektir.

### 2.1.1.5 Suya Karşı Dayanım

Patlayıcı maddelerin yapısal özelliklerinde herhangi bir değişme olmaksızın su içinde kalabilmesi demek onun suya karşı dayanımı demektir. 24 saat boyunca suda kaldığı halde özelliklerinde hiçbir değişim olmayan patlayıcı madde suya karşı dayanıklı demektir. Su; bazı patlayıcı maddelerin bileşimindeki tuzları çözerek yapısını bozar veya su basıncı nedeniyle hava kabarcıklarının büyüklüğü ve miktarı azalarak patlayıcı maddenin hassasiyeti zayıflar. Bunların neticesinde patlatma verimi düşer.

### 2.1.1.6 Donmaya Karşı Dayanım

Sıcaklığın 0°C derecenin altına düştüğü durumlarda bu özellik önem arz etmektedir. Nitrogliserinli patlayıcıların duyarlılığı donmaya karşı hassastır ve tehlike teşkil ederler. Bu sebeple kış aylarında nitrogliserinin yanı sıra nitroglükol de dinamite karıştırılır.

### 2.1.1.7 Hassasiyet

Patlayıcı maddenin patlayabilmesi için minimum bir enerjiye ihtiyaç vardır. Bu enerji miktarı o patlayıcının duyarlılığını verir. Duyarlılık bakımından ticari patlayıcılar ikiye ayrılmaktadır;

*2.1.1.7.1 Kapsüle Duyarlı Patlayıcılar.* Bazı patlayıcıların duyarlılığı yüksek olduğu için yemleye gerek kalmadan kapsülle patlatılabilirler. (örn, nitrogliserin bazlı dinamitler)

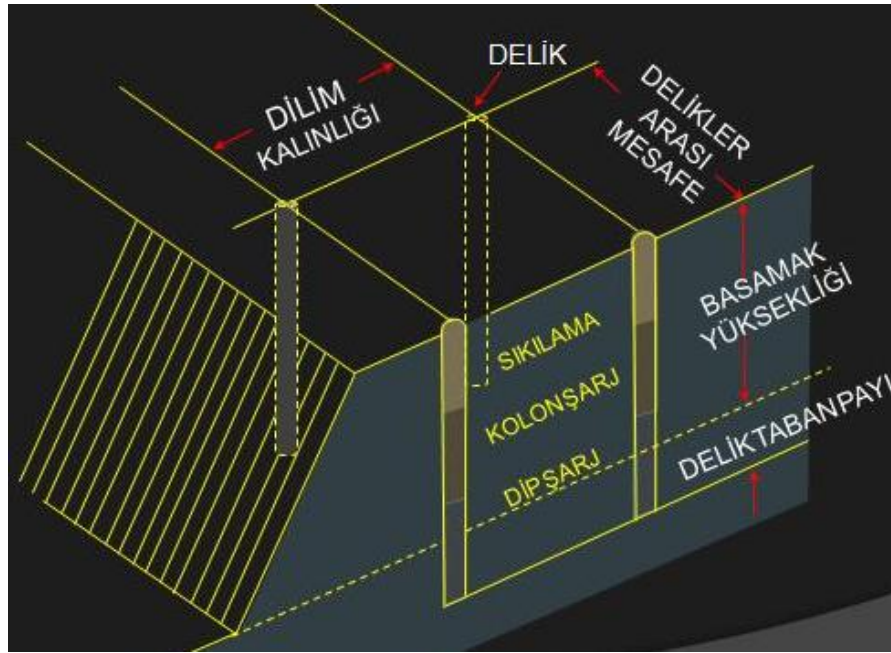
*2.1.1.7.2 Kapsüle Duyarsız Patlayıcılar.* Bazı patlayıcıların duyarlılığı düşük olduğundan patlayabilmeleri için yemlemeye ihtiyaçları vardır (örn, ANFO).

### 2.1.1.8 Patlayıcı Maddenin Gücü

Belirli ağırlıktaki patlayıcı maddenin taşıdığı enerji patlayıcının gücünü ifade eder. Birimi kcal/kg dir. Patlayıcı maddenin gücü, artan detonasyon hızı ile birlikte artar.

### 2.1.2. Patlatma Geometrisi

Delik çapı, yeri, eğimi ve boyu, delik düzeni, dilim kalınlığı, delikler arası mesafe, basamak aynasının şekli, durumu, yüksekliği, eğimi, sıkılama payı, delik taban payı, şarj şekli, delik içi dağılımı, atım grubu boyutları, yemleme, ateşleme şekli ve düzeni, gecikme tipi ve süresi, özgül şarj vb.dir (Kahrıman, 1999).



Şekil 2.1 Patlatma Tasarımında Kullanılan Parametrelerin Gösterimi (Kahrıman, 1999)

#### 2.1.2.1 Delik Çapı

Delik çapı seçerken göz önüne alınacak etmenler;

- Kayanın özellikleri,
- İstenen parçalanma derecesi,

- Üretim kapasitesi,
- Çevre koşulları,
- Basamak yüksekliği,
- Kullanılacak patlayıcı maddenin gücü,
- Çapın artışına bağlı olarak birim delme maliyetinde olabilecek azalma.

Bu kadar çok parametre delik çapı seçiminde etkili olsa da genellikle delik çapı basamak yüksekliğinin bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir ve basamak yüksekliğinin % 0,5 ile % 1'i arasında olmalıdır.

Bazı araştırmacıların açık işletmelerde seçilebilecek delik çapları için önerileri şu şekildedir;

$d = 51 \text{ mm} - 425 \text{ mm}$  (Dick ve Arkadaşları, 1973)

$d = 30 \text{ mm} - 400 \text{ mm}$  (Olofsson, 2002)

$d (m) = \text{Basamak yüksekliği } (h) / (100 - 200)$  (Tamrock, 1984)

Hagan ve Harries (1977)' ye göre ise delik çapı, basamak yüksekliğinin 1/40'ı ile 1/80'i arasında değişmektedir.

Patlayıcı kayanın içerisinde ne kadar iyi dağılırsa o kadar iyi verim alınır. Diğer bir deyişle küçük delik çapı ve dar geometri her zaman için daha iyi verim sağlamaktadır. Delik çapı arttırıldığında içine konacak patlayıcı miktarı da artacak bu da delik geometrisinin genişlemesine yol açacaktır. Geometrinin genişlemesi de patlayıcının kayayı daha geniş açı ile etkilemesine ve elde edilen pasada tane boyutunun artmasına neden olacaktır.

Geniş boşluklu süreksizlik içeren kayaç tabakalarında; büyük çaplı delikler buldukları bloklarda iyi parçalanma sağlarlarken, delik bulunmayan bloklarda ise iri parça oluşmaktadır. Bunun sebebi ise süreksizlik yüzeylerinin patlatma sonucu oluşan gerilim dalgalarını geri yansıtmasıdır. Süreksizlik yüzeyinden diğer bloğa geçemeyen gerilim dalgası geri yansiyarak bulunduğu bloğu iyi parçalamakta fakat

diğer blokta ise iri parça oluşmaktadır. Böyle bir durumda ikinci patlatma (patarlama) yapılması gerekir, bu da ekstra maliyet getirir.

### 2.1.2.2 Basamak Yüksekliği

Basamak yüksekliği hem delme, hem patlatma ve hem de yükleyici makineler açısından önemlidir. Genellikle delici makinelerin tij boyları basamak yüksekliğini belirler. Maksimum basamak yüksekliği delik makinesinin boyutu ve yükleyici makinenin kepçe boyutuna bağlıdır. Güvenlik açısından bakıldığında ise ayna yüzeyinden taş düşmesi halinde olumsuz etki yaratmayacak yüksekliğe bakılmalıdır. Genellikle küçük çaplı deliklerde düşük basamak yüksekliği seçilir. Basamak yüksekliğinin delik çapına oranı optimum seviyenin altına düşerse kaya fırlama ihtimalleri artmaktadır. Bu durumda sıkılama payı arttırılıp kaya fırlama ihtimali azaltılabilir. Eğer basamak yüksekliği delik çapına göre optimum değerden fazla seçilirse her ne kadar sert tijler kullanılsa da delik sapması görülebilir. Artan basamak yüksekliği de basınç dağılımları etkilerini arttırmaktadır. Normal patlatmalarda, kural olarak basamak yüksekliğinin, dilim kalınlığının en az 2,5 en fazla 6 katı alınması doğru bir seçim olacaktır (Erkoç, 1990).

### 2.1.2.3 Taban Payı

Aynaların tabanında kırılması güç bir kısım vardır. Eğer delikler tam basamak yüksekliğinde delinirse tabanda tırnak dediğimiz sert bir kısım kalır. Bu da yükleyici ve kazıcı makineler açısından istenmemektedir. Bu yüzden delikler aynayı tam tabanından kesecek gibi biraz derin delinir. Bu fazlalığa taban payı (tırnak payı) (sub-drilling) denir. Uygulamalarda genelde taban payı, basamak yüksekliğinin %10 kadarı alınır (Kahrıman, 1999). Araştırmacıların çok büyük bir bölümü, taban payını (U), dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak ifade etmişlerdir. Bunlardan bazıları;

$$U (m) = (0,2 - 0,3) * V$$

(Hoek ve Bray, 1991)

$$U (m) = (0,1 - 0,5) * V$$

(Dick ve Arkadaşları, 1983)

$$U (m) = (0,2 - 0,5) * V$$

(Atlas Powder Company, 1987)



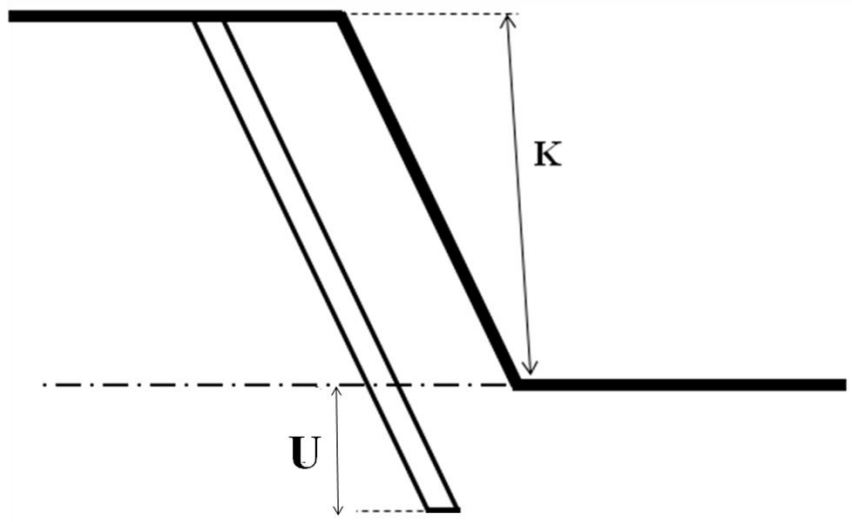
$$U \text{ (m)} = 0,3 * V \quad \text{(Konya ve Walter, 1990; Tamrock, 1984)}$$

$$U \text{ (m)} = 0,3 * V \text{ max} \quad \text{(Olofsson, 2002)}$$

$$U \text{ (m)} = 8,0 * d \quad \text{(Hagan' ın önerisi, Bilgin, 1986)}$$

d: Delik çapı (m)

V: dilim kalınlığı (m)



Şekil 2.2 Taban payı.

#### 2.1.2.4 Sıkılama Boyu

Delğin en üstüne patlayıcı maddeyi kapamak üzere ve deliği tamamen dolduracak şekilde patlayıcı olmayan bir madde (kum, çakıl, talaş, delme makinesi kırıntıları...) konur. Bu maddeye sıkılama adı verilir. Sıkılama deliklerin üst kısımlarının, patlatma gazlarının kaçmasını önlemek amacıyla yumuşak malzemelerden oluşan bir malzeme ile kapatılmasıdır. Sıkılama miktarı iyi belirlenmezse, hava şoku, kaya fırlaması ve gaz kaçağı meydana gelebilir. Sıkılama; enerjinin havaya kaçmasını önleyerek onu kayaya yöneltir ve iyi parçalanma, iyi yığın şekli ve gevşekliğine olumlu katkıda bulunur. İyi sıkılama delikteki yüksek gaz basıncını uzun süre muhafaza eder, patlatma randımanını artırır. Bu patlamayı takip eden işlerin (Yükleme, taşıma v.b) toplam maliyetini arttırmaksızın delme-patlatma maliyetini de azaltır (Dağçimen, 2006). Sıkılama boyu ve kullanılan sıkılama malzemesine bağlı olarak bu iki şart uygun olduğunda dilim kalınlığı arttırılabilir.

Uygun parçalanma derecesinde yığın boyut dağılımının optimum olması, hava şoku ve kaya fırlaması gibi çevre etkenlerin minimum düzeyde olması için sıkılama boyu ve sıkılama malzemesinin cinsi önemlidir. Araştırmacıların çoğu yaptıkları çalışmalar neticesinde sıkılama boyunu dilim kalınlığının bir fonksiyonun olarak kabul etmişler, aşağıdaki yaklaşımlarda bulunmuşlardır;

$$h_0(m) = (0,70 - 1) * V \quad (\text{Tamrock, 1984})$$

$$h_0(m) = (0,67 - 2) * V \quad (\text{Hoek ve Bray, 1991})$$

$$h_0(m) = V \quad (\text{Langefors ve Kihlstrom, 1978; Gustafsson, 1973; Olofsson, 2002})$$

$$h_0(m) = (20 - 60) * d \quad (\text{Bilgin, 1986})$$

d: Delik çapı (m)

$$h_0(\text{feet}) = 0,7 * d \quad (\text{Konya ve Walter, 1990})$$

d: Delik çapı (feet)

Konya, yukarıdaki yaklaşımına ek olarak patlayıcı madde gücü ve kayaç yoğunluğunu da dikkate alarak şu formülü önermektedir;

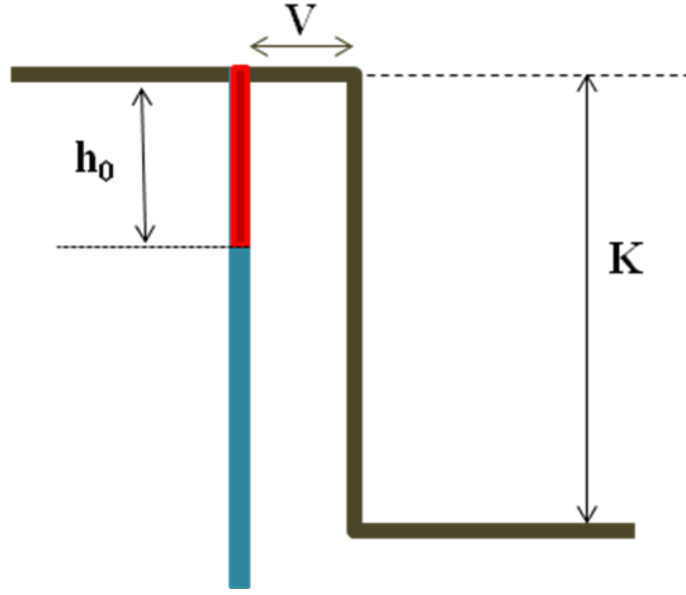
$$h_0(\text{feet}) = 0,45 * d_e * (S_{tv} / SG_r)^{0,33}$$

$d_e$  : Delik çapı (inç)

$S_{tv}$  : Patlayıcı maddenin hacimce gücü

$SG_r$  : Kayanın özgül ağırlığı

Normal koşullarda sıkılama boyu dilim kalınlığına eşit seçildiğinde oldukça iyi sonuçlar elde edilmektedir. Ayrıca sıkılama boyu, delik boyunun %30'u seçilebilmektedir.



Şekil 2.3 Sıkılama Boyu.

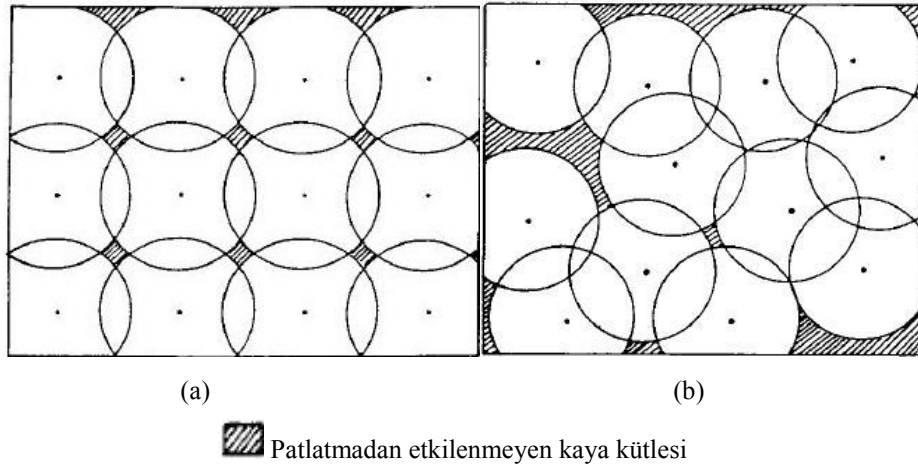
#### 2.1.2.5 Delik Hata Payı

Basamak delinmesinde deliğin düzgünlüğünü etkileyen etmenler şunlardır;

- Kayacın yapısal özellikleri,
- Delik yerinin saptanmasındaki hatalar,
- Deliğin kayaç içinde sapması,

Kayaç yapısındaki şistozite açık boşluklar ve çatlaklar ile bu çatlakları dolduran yumuşak malzeme deliğin düzgün olmasını engellemektedir. Bunlara bağlı olarak da delik planlanan yönden sapmaktadır.

Delici makine tijlerinin yeterli sertlikte olmaması ya da matkap çapının tij çapından daha büyük olması delik sapması ihtimalini arttırmaktadır.



Şekil 2.4 Kare delik düzeninde delik çevresindeki etki alanları; (a) Sapma olmadan delinen delikler, (b) Dilim kalınlığında %30 sapma ile delinen delikler (Lownds, 1976).

İstenilen bir yığın büyüklüğüne ulaşabilmek için dikkat edilmesi gereken önemli unsurlardan biri deliklerin planlanan büyüklüklerde delinmesidir. Fakat ne kadar delik delme işlemine ne kadar dikkat edilse de delikte bazı sapmalar görülebilir. Önemli olan da bu sapma miktarlarının kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmasıdır. Bazı araştırmacıların delik hata payı için sundukları tolerans değerleri şunlardır;

$$DH = 0,05 + 0,03 * h \quad (\text{Langerfors ve Kihlstrom, 1973; Gustafsson, 1973})$$

$$DH = 0,05 + 0,03 * H \quad (\text{Tamrock, 1984})$$

$$DH = (d/1000) + 0,03 * H \quad (\text{Olofson, 2002})$$

DH: Delik hata payı (m)

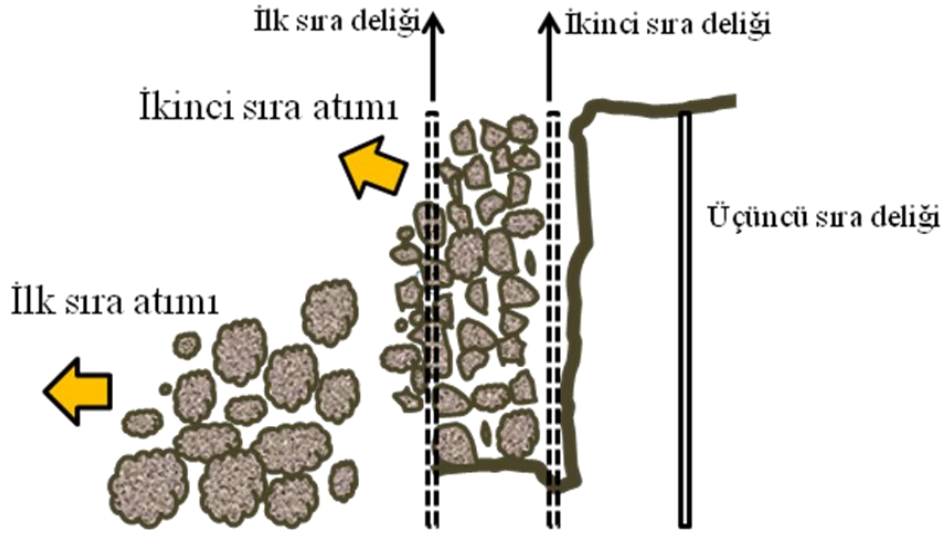
h: Basamak yüksekliği (m)

H: Delik uzunluğu (m)

d: Delik çapı (m)

### 2.1.2.6 Gecikme Zamanının Belirlenmesi

Güvenli ve istenilen parçalanmayı sağlayacak bir atımın gerçekleştirilmesi için gerek aynı sıradaki delikler, gerekse delik sıraları arasında uygun bir gecikme paterni belirlenmelidir. Çok sıralı atımlarda tırnak kalmaması, parça boyutu denetlenmesi, yersarsıntısı, hava şoku ve kaya fırlaması gibi çevresel etkileri en aza indirmek için bir gecikme süresi belirlemek zorunluluğu vardır. Gecikme aralığı seçilirken ön sıra patlatıldıktan sonra bir arkadaki sıra için yeterli hacmin ortaya çıkmasına yetecek kadar hareket etmesine imkân verecek şekilde seçim yapılmalıdır. Böylece sıralar birbirini uygun aralıklarla takip edeceğinden taban sıkışması olmayacaktır.



Şekil 2.5 Gecikme paterninin patlatma üzerindeki etkisi.

Birçok araştırmacı, gecikme zamanını da dilim kalınlığı ile ilişkilendirmiş ve şu şekilde ifade etmişlerdir;

#### a. Deliklerarası gecikme zamanı;

$$t_h (\text{ms}) = t_h * S \quad (\text{Konya ve Walter, 1990})$$

$$t_h = 5 * V \quad (\text{Larsson ve Ark., 1985'in önerisi; Kahrıman 1999})$$

$$t_h = (V/305) + PC/V_e + V/23 \quad (\text{Ashby, 1990'ın önerisi; Kahrıman 1999})$$

Burada;

$T_h$  : Delikten deliğe gecikme sabiti

$V$  : Dilim kalınlığı

$PC$  : Ateşlenecek kolon boyu

$V_e$  : Patlatma hızı

**b. Sıralar arası gecikme zamanı;**

$$t_r = T_R * V \quad (\text{Konya ve Walter, 1990})$$

$$t_r = 12 * V \quad (\text{Olofsson, 2002})$$

$$t_r = (333 * 3^{2,17}) / (h * I_b^{0,39}) \quad (\text{Larsson, 1985' in önerisi; Kahrıman 1999})$$

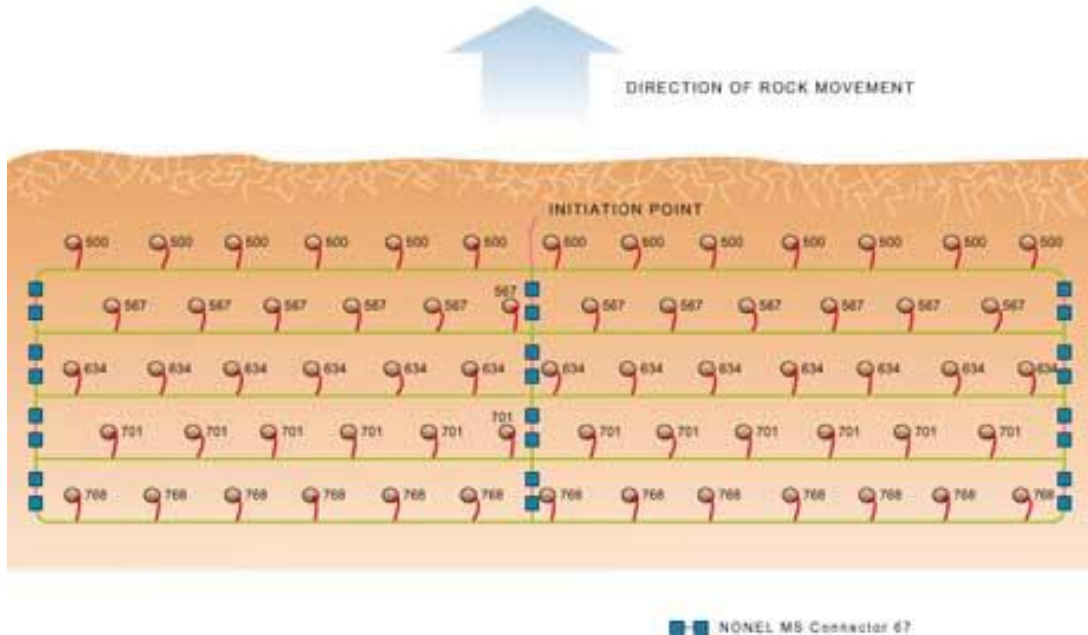
$$t_r = (3 - 5) * V \quad (\text{Langefors, 1978})$$

$T_R$  : Delik sıraları arasındaki gecikme sabiti

$V$  : Dilim kalınlığı

$H$  : Basamak yüksekliği

$I_b$  : Şarj yoğunluğu



Şekil 2.6. Örnek bir gecikmeli nonel kapsül kullanılan delikler (Mining and Blasting, b.t.).

### 2.1.2.7 Dilim Kalınlığı

Patlatma geometrisi tasarımı düşünöldüğünde, dilim kalınlığı seçimi de göz önüne alınmalıdır. Yapılan araştırmalar da dilim kalınlığının diğer tüm parametreler üzerinde etkili olduğunu göstermiştir.

Şev ile birinci sıra delikler veya delik sıraları arasındaki uzaklığa dilim kalınlığı denir. Bir atımın basamak patlatması olarak nitelendirilmesi için dilim kalınlığı, en fazla olan basamak yüksekliğinin yarısı kadar olmalıdır.

Çok sert ve masif veya bloklü kayaç yapılarında iyi bir parçalanma elde edebilmek için dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe küçük olmalıdır. Buna karşın iyi parçalanma aranmıyorsa ya da çok çatlaklı tabakalarda başarılı delik delmek için büyük çaplı delik ve büyük dilim kalınlığı seçilmektedir. Uygun parçalanma ve tırnak oluşumunu engellemek için optimum dilim kalınlığı hesaplanmalıdır. Kayacın özellikleri de göz önüne alınarak;

$$V = (25-40) * d$$

$$V = \text{dilim kalınlığı (m)} \quad d = \text{delik çapı (mm)}$$

Dilim kalınlığı optimum değerin altına düştüğünde gerilim dalgaları patlayıcı deliğin önündeki kayacı çok hızlı bir şekilde parçalar ve atma enerjisi de gürültü ve hava şoku olarak atmosfere dağılır. Kaya fırlaması ve yığının etrafa saçılması kontrol edilemez. Tam tersi bir şekilde dilim kalınlığı optimum değerin üstünde olursa da gerilim dalgaları kayacı parçalayamaz ve buna bağlı olarak da atma enerjisi kayacı yığın haline getirmekte yetersiz kalır. Seçilen dilim kalınlığı ayna yüzeyinin çökme etkisini azaltmalı, etkili kazı ve yükleme işleminin için kayacın iyi kırılmasını, kayaç yığınının ötelenmesini sağlamalı, yığın şekli yüklemeye elverişli olmalı ve tüm bu işlemler en az maliyetle sağlanmalıdır. Dilim kalınlığı hesaplanırken sadece yukarıdaki formüle bağlı kalmak yanlıştır. Buna ek olarak delik sapması, teorik delik yerinin uygulamada tutturulamaması ve patlayıcı delik arasındaki sapmalar da hesaba katılmalıdır. Bir başka ifade ile delikler arası mesafe, sıkılama boyu, delik taban

payı, gecikme aralığı, dip şarj boyu, kolon şarjı boyu gibi diğer tüm tasarım parametreleri dilim kalınlığının fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Yani dilim kalınlığı; tasarım yapılırken kritik bir parametredir. Kritik olarak nitelendirilmesinin sebebi ise; delme patlatmanın ekonomikliğinde, kaya fırlamalarında, yersarsıntılarında, emniyetin sağlanmasında önem taşımamasından dolayıdır. Bir çok araştırmacı işletmenin koşullarına en uygun dilim kalınlığını belirlemek için çalışmalar yapmış ve çeşitli ampirik yaklaşımlarda bulunmuştur. Bu ampirik yaklaşımların yanı sıra arazide yapılan deneme yanılma yoluyla dilim kalınlığı belirleme halen güncelliğini korumaktadır. Çeşitli araştırmacıların dilim kalınlığı için önerdikleri bağıntılardan bir kısmı sadece basamak ve delik geometrisiyle pratik ilişkiler geliştirmiştir. Diğer bağıntılar ise bu büyüklüklerin yanı sıra kaya koşullarını ve patlayıcı madde özelliklerini de dikkate almışlardır. Bu yaklaşımlar;

$$V = 0,024 * d + 0,85 \quad (\text{Arıoğlu,1990})$$

$$V = (25-35) - 12 * d_e \quad (\text{Atlas Powder Company, 1987})$$

$$V_{\max} = 0,045 * d \quad (\text{Gustaffson,1973})$$

$$V_{\max} = 1,36 * (I_b)^{0,5} * R_1 * R_2 \quad (\text{Oloffson, 2002})$$

$$V_{\max} = (d/33) * (P * s) / [C_0 * f * (S/B)]^{0,5} \quad (\text{Langefors ve Kihlstrom, 1978})$$

$$(V = V_{\max} - E)$$

$$V = 3,15 * d_e * (SG_e / SG_r)^{0,33} \text{ (feet)} \quad (\text{Konya \& Walter, 1990})$$

$$V = [(Q_b + Q_p)] / [(S/B) * h * K_{tp}] \quad (\text{Zeigler, 1991'in önerisi; Kahrıman 1999})$$

$$V = 10^{-3} * K_r * d * (P_p / \sigma_\varphi)^{0,5} \quad (\text{Pearse formülü, Arıoğlu, 1988'in önerisi; Kahrıman 1999})$$

$$V = [(K_o / (\mu * n * \tan(\theta/2))]^{0,5} * d * [(SG_e * Q_e / Q_{er}) / (\sigma_b^2 / (2E_d * n * Q_{er}))]^{0,5} \quad (\text{Kou ve Rustan, 1992})$$

Burada kullanılan semboller:

$V_{\max}$  : Maksimum dilim kalınlığı, (m)

$d$  : Delik çapı, (mm)

$I_b$  : Şarj yoğunluğu, (kg/m)

$R_1$  : Delik eğimi düzeltme faktörü

$R_2$  : Kaya düzeltme faktörü



- $d_e$  : Patlayıcı maddenin çapı, (inç)  
 $SG_e$  : Patlayıcı maddenin özgül ağırlığı  
 $SG_r$  : Kayanın özgül ağırlığı  
 $P$  : Patlayıcı maddenin delik içindeki yoğunluğu  
 $C_0$  : Kaya patlatma katsayısı  
 $f$  : Atım güçlük katsayısı  
 $s$  : Patlayıcı maddenin ağırlıkça gücü  
 $S$  : Deliklerarası mesafe, (m)  
 $E$  : Delik hata payı, (m)  
 $Q_b$  : Dip şarj miktarı, (kg)  
 $Q_p$  : Kolon şarj miktarı, (kg)  
 $h$  : Basamak yüksekliği, (m)  
 $K_{tp}$  : Teknik şarj faktörü  
 $K_r$  : Kaya faktörü  
 $P_p$  : Delikteki patlama basıncı, (Mpa)  
 $\sigma_\varphi$  : Kayanın çekme dayanımı, (Mpa)  
 $P_d$  : Detonasyon basıncı, (Mpa)  
 $n$  : Enerji iletim verimi  
 $\mu$  : Kırılma enerjisi ile maksimum basınç defomasyon enerjisi arasındaki oran  
 $Q_e$  : Patlayıcı ısı enerjisi, (kJ/kg)  
 $Q_{er}$  : Referans patlayıcının ısı enerjisi, (kJ/kg)  
 $\theta$  : Kırılma açısı, (derece)  
 $E_d$  : Dinamik elastisite modülü, (GPa)  
 $\sigma_b$  : Kayanın tek eksenli basma dayanımı, (MPa)

Bu formüller haricinde; en uygun dilim kalınlığının belirlenmesinde Rustan, Bilgin, Paşamehmetoğlu ve Arkadaşları her bir işletmede, tek delik düzeninin uygulanmasının daha olumlu sonuçlar vereceğini ifade etmektedirler.

Patlatma geometrisi parametreleriyle beraber çalışılan kayaların madde ve kütle özelliklerini belli ölçülerde kullanmanın yanı sıra, kullanılan patlayıcı madde

özelliklerini de hesaba katan yaklaşımlardan uygulamalarda daha olumlu sonuçlar elde edilmektedir. Bu yaklaşımları özetlemek gerekirse;

Konya yaklaşımında; kayanın sadece yoğunluğunun hesaba katılması nedeniyle kullanımının sınırlı olacağı düşünülmektedir. Fakat zayıf formasyonlarda bu yaklaşım iyi sonuçlar vermektedir. Pearse formülü kayanın çekme dayanımını esas aldığı için ön tasarımlarda olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Aynı yaklaşımın süreksizlik yönelimini de dikkate almış olması olumlu sonuçlar elde etmek için bir avantaj sağlamaktadır. Bu yaklaşım özellikle kalkerli formasyonlarda başarılıdır. Kayanın diğer özelliklerini dikkate almadığından kullanım alanı sınırlıdır. Arıoğlu yaklaşımı ise; özgül şarj, patlatma geometrisi büyüklükleri ve patlayıcı madde özelliklerini de hesaba kattığından daha doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu yaklaşımı kullanırken, birim başına düşen patlayıcı madde tüketimi, kayanın özellikleri dikkate alınarak belirlenirse yaklaşımın uygulamadaki başarı oranı da yükselir (Kahriman, 1999).

Rustan tarafından önerilen tek delik düzeni ile dilim kalınlığı belirleme, deneme zorluğu ve maliyette artış oluşturduğu göz önüne alınmazsa oldukça iyi sonuçlar verdiği birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir. Kou ve Rustan yaklaşımında kayaların dinamik elastisite modülü, basma dayanımı, patlayıcı madde özellikleri, delik çapı ve diğer geometrik büyüklükleri hesaba katması nedeniyle olumlu sonuçlar verebileceği ancak aynı zamanda süreksizlik ve yönelimlerini hesaba katmadığı için yapılacak tahminlerde yanılgılar olabileceği belirtilmiştir (Özkahraman, 1994).

Langefors ve Kihlstrom' un yaklaşımında ise (özellikle sağlam kayalarda) kaya özelliklerini (kaya patlatma katsayısı şeklinde), delik çapı ile diğer geometrik parametreleri ve patlayıcı özelliklerini göz önüne aldığı için uygulamalarda çok iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Ancak bu yaklaşımın bu kadar başarılı olabilmesi için seçilecek olan kaya patlatma katsayısı çok iyi hesaplanmalı, gerekirse test atımları yapılmalıdır.

### 2.1.2.8 Deliklerarası Mesafe

Aynı sıradaki deliklerin birbirine olan uzaklıkları da delikler arası mesafe olarak adlandırılır. Delikler arası mesafe (E); başta dilim kalınlığı (V) olmak üzere delik çapı, basamak yüksekliği, kayaç özellikleri ve parçalanma ile yığın dağılım şekline bağlıdır. Teorik ve pratik çalışmalar delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı arasındaki en uygun oranın 1,1 ile 1,4 arasında olduğunu göstermiştir. Delikler arası mesafenin belirlenmesinde birçok faktör etkili olsa da genellikle dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Normal kayaç kazılarında;

$$E = 1,25 * V \quad (\text{Oloffson, 2002})$$

E = delikler arası mesafe (m)

V = dilim kalınlığı (m)

Sabit özgül delik ve özgül şarj ile şebeş delik düzeni kullanıldığında E/V oranı 4'e çıkarılsa bile kayaç parçalanması iyi olmaktadır. Büyük çaplı delikler kullanıldığında ise bu oran 1' e kadar düşmektedir. Diğer araştırmacıların bu konuya yaklaşımları ise şu şekildedir;

$$E = 1,8 * V \quad (\text{Tek sıra delik için}) \quad (\text{Hempfill,1981})$$

$$E = [ V * (h_b + h_p)]^{0,5} \quad (\text{Çok sıralı ve gecikmesiz) eğer } (h_b + h_p) \leq 4 \text{ ise} \quad (\text{Hempfill, 1981})$$

$$E = 2 * V \quad \text{eğer } (h_b + h_p) \geq 4 \text{ ise} \quad (\text{Hempfill, 1981})$$

Burada;

$h_b$  : Kolon şarj boyu, (m)

$h_p$  : Dip şarj boyu, (m)

$$E = (1,15 - 1,25) * V \quad (\text{Langefors ve Kihlstrom, 1978})$$

$$E = (1 - 1,8) * V \quad (\text{Atlas Powder Company, 1987})$$

$$E = 2 * V \quad (\text{Dick ve Arkadaşları, 1983})$$

Tüm bu araştırmacıların hem fikir olduğu konu ise, delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı 1 in altında olursa sıkılama malzemesinin erken boşalması nedeni ile delikler arasında çok erken çatlak oluşumu olacaktır. Buna bağlı olarak gaz kaçışı hızlanacak, hava şoku, gürültü ve iri parça oluşumu ortaya çıkacaktır. Eğer bu oran 1' den çok büyük olursa da; istenmeyen bir parçalanma olacak ya da hiç parçalanma olmayacak ve bunun neticesinde iri bloklar ortaya çıkacaktır.

#### 2.1.2.9 Delik Eğimi

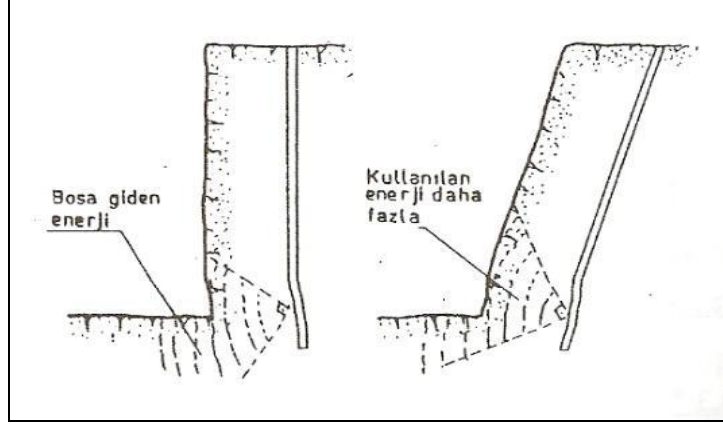
Basamak patlatması sonucu geriye doğru çatlak problemini çözmek için en etkin yöntem eğimli delik kullanmaktır. Eğimli delik patlatma verimini artırmaktadır. Çok sağlam kayalarda ise dik deliklerin daha iyi sonuçlar verebildiği yapılan araştırmalarla görülmüştür. řarj zorluğu düşünüldüğu zaman bazı araştırmacılar arasında genel kabul görmüş minimum delik eğimi  $45^0$  dir. Oloffson (2002)' e göre başarılı bir atım yapabilmek için sečilmesi gereken delik eğimi  $71^0$  dir. Rosenberg (1970) 'e göre ise bu açı  $65^0 - 75^0$  arasında, Gregory (1984)' e göre de  $60^0 - 65^0$  arasındadır. Delik eğimi seçilirken basamak yüksekliği ve delik uzunluğuna bağlı olarak oluşun hata payı da göz önüne alınmalıdır (Kahriman, 1999)

Eğimli deliğin dik deliğe göre avantajları şu şekilde sıralanabilir; (Köse ve ark., 2001)

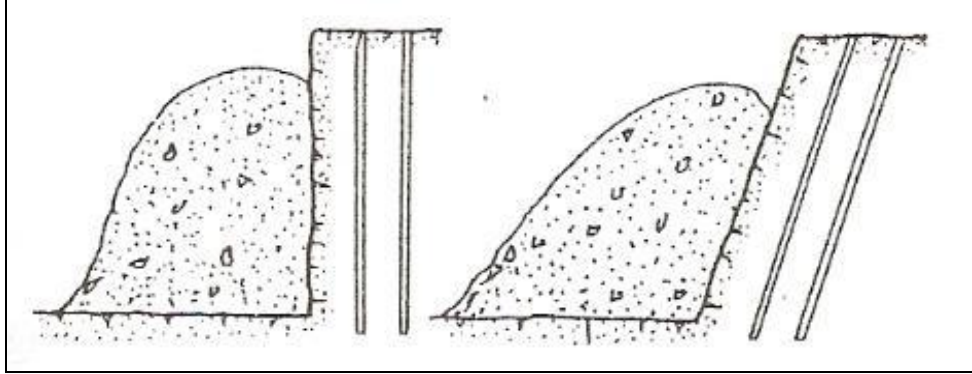
- Dilim kalınlığının artmasına bağlı olarak, delik delme maliyeti ve patlayıcı maliyetinin düşmesi,
- Kayaç yığınının yüklemeye uygun şekle gelmesi, (kayaç yığını yüksekliği düşük olmakta daha geniş alana yayılmakta ve yükleme daha kolay olmaktadır.)
- Basamak köşelerinin stabil olması,
- Daha az geriye çatlama ve tırnak problemi,
- Delik metresi başına üretim eğimli deliklerde dik deliklere oranla daha fazla olmaktadır.

Eğimli deliklerle yapılan üretimin dezavantajları ise şöyledir;

- Delik yeri ayarlanırken yapılan hata oranı artmaktadır.
- Delik delme işlemi yoğun bir şekilde kontrol altında tutulmalıdır.



Şekil 2.7 Eğimli deliklerin taban zorluğunu yenmesi (Köse ve ark., 2001).



Şekil 2.8 Eğimli ve dik deliklerle yapılan patlatma sonrası oluşan pasa geometrisi (Köse ve ark., 2001).

#### 2.1.2.10 Özgül Şarj

1 m<sup>3</sup> kayayı patlatmak için kullanılan patlayıcı madde miktarı özgül şarj olarak ifade edilmektedir. İstenen parçalanma derecesini elde edebilmek için patlatma deliğine konacak patlayıcı miktarı, kayanın cinsine göre değişim göstermektedir. Bu miktarı saptamak Kayanın özelliklerinin birçoğunun birlikte etkili olması nedeniyle oldukça güç olduğundan tam olarak bu miktar belirlenmemektedir. Bu konuya ilişkin teorik yaklaşımlar olmasına karşın, kullanılacak olan özgül şarj miktarı,

deneme yanılma yöntemiyle belirlenmektedir. Bu sebep göz önüne alınarak kaya kütle özellikleri ile optimum özgül şarj arasında güvenilir bir ilişki geliştirilerek bu parçalanma derecelerine daha rahat erişilebilmelidir

Uygulamalarda kullanılan genel formül;  $q = Q_{top} / (E * V * h)$  tır.

Burada;

$Q_{top}$  : Toplam şarj (kg)

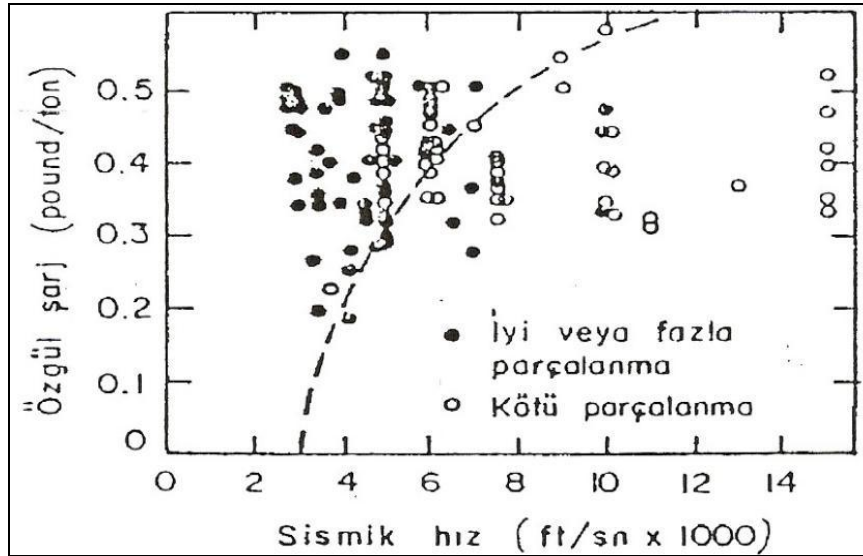
E : Deliklerarası mesafe (m)

V : Dilim kalınlığı (m)

H : Basamak yüksekliği (m)

(Genellikle;  $Q_{top} = \text{Kolon şarjı} + \text{Dip şarj}$  alınmaktadır.)

Özgül şarj ve sismik hız arasındaki ilişki Broadbent (1974) tarafından geliştirilmiştir. Aşağıdaki grafik bu iki parametre arasındaki bağıntıyı göstermektedir



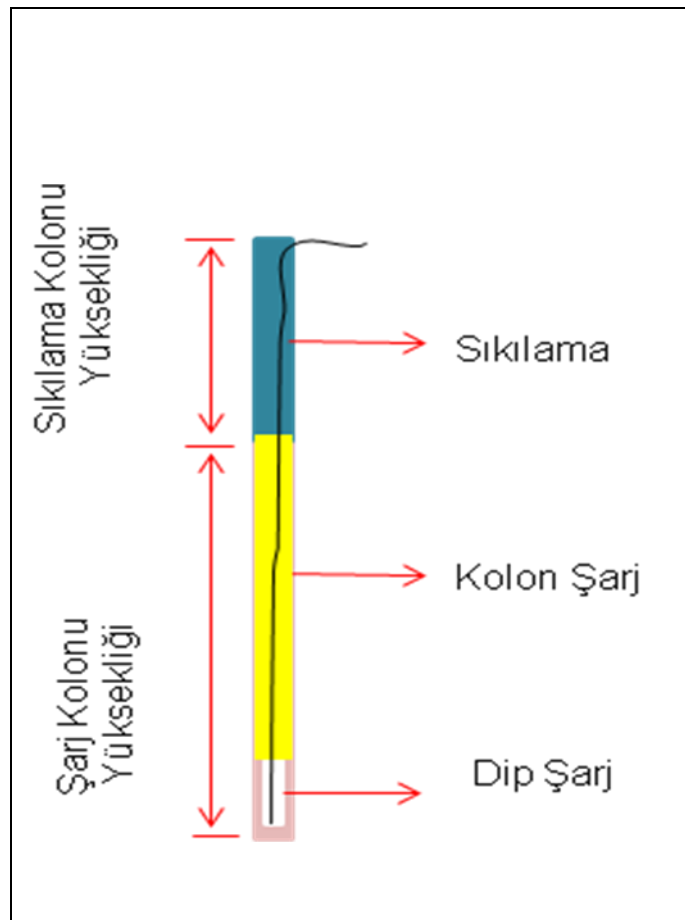
Şekil 2.9 Özgül şarj ve sismik hız arasındaki ilişki (Broadbent, 1974).

Başka bir ampirik yaklaşım ise kaya kütesinin çatlak sıklığı ve etkin içsel sürtünme açısı dikkate alınarak Ashby (1981) tarafından şu şekilde verilmektedir (Kahrıman, 1999);

$$q = [1,4 * \tan(\theta + i)] / (\text{çatlak sayısı / metre})^{1/3} \quad (\text{kg/m}^3)$$

### 2.1.2.11 Dip Şarj ve Kolon Şarjı

Delik istenilen şartlara uygun delindikten sonra patlatma işlemine geçmek için deliğe patlayıcı şarjı yapılır. Patlayıcı deliğinde deliğin dip kısmına konulan patlayıcı maddeye dip şarj, bunun üzerine konulan şarja ise kolon şarjı denir. Genelde basamak tabanına yakın yerlerde kayanın parçalanması daha zor olduğu için dip şarj, kolon şarjına göre miktar ve patlayıcı gücü bakımından daha fazla olmalıdır. Kolon şarjı için gerekli enerji, dip şarjın enerjisinin 0,4 ile 0,6 kadarı olması yeterlidir.



Şekil 2.10 Dip şarj ve kolon şarjın yerleşmesi.

Dip şarjda daha kalın kartuşlar kullanılırken kolon şarjında daha ince kartuşlar kullanılabilir. Ayrıca Patlayıcı maddenin ayna boyunca iyi dağılımını sağlamak için patlayıcı madde kolonunun belirli bir uzunlukta olması gerekmektedir. Bununla ilgili bazı çalışmalar yapılmış ve şarj boyları dilim kalınlığının fonksiyonu olarak ifade edilmiştir;

**a. Dip şarj uzunluğu ( $h_b$ )**

$$h_b \text{ (m)} = V + U = 1,3 * V \quad (\text{Langefors ve Kihlstrom, 1978; Tamrock, 1984})$$

$$h_b = (0,3 - 0,5) * V + U \quad (\text{Atlas Powder Company, 1987})$$

$$h_b = (0,3 - 0,6) * (V + U) \quad (\text{Dick ve Arkadaşları, 1983})$$

V : Dilim kalınlığı

U : Taban payı

**b. Dip şarj miktarı ( $Q_b$ )**

$$I_b \text{ (kg/m)} = C_o * V^2 \quad (\text{Tamrock, 1984})$$

$$I_b = (f/s) * (S/V) * 0,8 * C_o * V^2 \quad (\text{Langefors ve Kihlstrom, 1978})$$

$$I_b = d^2 \wedge T / 100 \quad (\text{Gustafsson, 1973})$$

$I_b$  = Dip şarj konsantrasyonu

$$Q_b \text{ (kg)} = I_b * h_b$$

f : Atım güçlük katsayısı

s : Patlayıcı maddenin ağırlıkça gücü

S : Deliklerarası mesafe

$C_o$  : Kaya patlatma katsayısı

d : Delik çapı

T : Gecikme sabiti

**c. Kolon şarjı uzunluğu ( $h_p$ )**

$$h_p \text{ (m)} = H - 2,3 * V \quad (\text{Olofson, 2002; Tamrock, 1984})$$

$$h_p = H - h_b - h_o \quad (\text{Atlas Powder Company, 1987})$$

$h_o$  : Sıkılama boyu

H : Delik boyu



**d. Kolon şarjı miktarı ( $Q_p$ )**

$$I_p \text{ (kg/m)} = 0,4 * I_b \quad (\text{Tamrock, 1984})$$

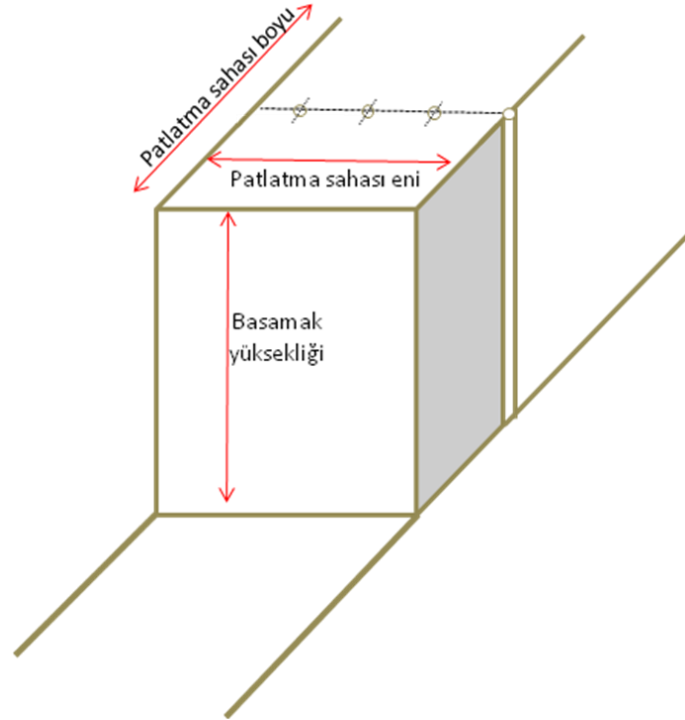
$$I_p = (0,4 - 0,5) * I_b \quad (\text{Langefors, 1978 ; Gustafsson, 1973})$$

$$Q_p \text{ (kg)} = I_p * h_p$$

$I_p$  : Kolon şarj konsantrasyonu

**2.1.2.12 Patlatma Sahasının Eni ve Boyu**

Patlatma sahasının üç boyutlu şeklinin çıkarılması, patlatılacak toplam metre küp cinsinden kaya miktarının belirlenmesi, deliklerin yerleştirilmesi, vb gibi verilerin hesaplanabilmesi için patlatma yapılacak sahanın eni ve boyunun bilinmesi gerekmektedir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Basamak yüksekliğinin, Dilim Kalınlığının, Patlatma Sahasının Eninin ve Boyunun Birbirleri ile Durumu.

### 2.1.2.13 Arazi Koşulları

Delik delme makinesi seçiminde çalışma sahası temel rolü oynamaktadır. Topografya düzensiz ise paletli deliciler tercih edilir. Düzgün basamak yüzeylerinde ve delici makinenin sık hareket etmesi isteniyorsa lastik tekerlekli deliciler kullanılır.

### 2.1.2.14 Çevresel Kısıtlamalar

Çalışma alanı yerleşim merkezlerine yakın ise dikkat edilmesi gereken noktalar artmaktadır. Patlatma sonucu oluşacak yer sarsıntıları belirli limitler altında tutulmalıdır. Bunun için deliğe konacak patlayıcı madde miktarının az olması gerekmektedir. Bu da küçük delik çapı ile sağlanmaktadır.

## 2.2 Kontrol Edilemeyen Parametreler

### 2.2.1 Kaya Kütlelerinin Özellikleri

Kaya kütlesi özellikleri; yoğunluk, basınç dayanımı, çekme dayanımı, darbe dayanımı, sismik dalga hızı, süreksizlik durumu ve kütleli olarak sağlamlık derecesi, su durumu, elastisite modülü, poisson oranı, değişkenlik durumu (homojenlik, anizotropi ve izotropiklik), sertliktir (Kahrıman, 1999).

Kayaç yoğunluğu arttıkça kazısı zorlandığı gibi elastisite modülü fazlaştıkça da kırılabilirlik özelliği de azalmaktadır. Bu bakımdan kayacın bütün diğer özelliklerinin iyi bir şekilde incelenmesi, örneklerin önceden laboratuvarlarda incelenerek uygun seçim yoluna gidilmelisi gerekmektedir (Özdemir, 2004).

Farklı kayaçların özellikleri ve yapısal bağları kayaçların karakteristiğini ve arazide patlatılabilirliğini belirler. Kayaç kütlelerinin yüzeydeki özellikleri büyük oranda kayacın yönelimi ve deformasyon ile erozyon sonucu oluşan süreksizlik yüzeylerine bağlıdır.

Kaya özellikleri atım sonucunu önemli ölçüde etkiler. Örneğin kil gibi plastik davranış gösteren formasyonlarda kovan yapma ihtimali fazladır. Bu durumda yıkma enerjisi fazla olan, özgül gaz hacmi büyük olan patlayıcılar tercih edilmelidir. Bununla birlikte dilim kalınlığı ve buna bağlı olan bazı parametreleri dikkatli seçmek gerekecektir. Kaya kırılma ve masif ise kayanın kırılmasında birincil parçalanma mekanizmaları etkili olacağından seçilecek patlayıcı maddelerin daha kudretli ve daha yüksek ateşleme hızlı olması gerekir. Çok eklemlili ve çatlaklı zayıf kayalarda, formasyon zaten parçalanmış olduğundan; düşük yoğunluklu, düşük patlama hızlı ve fazla gaz veren patlayıcı maddeler seçilmelidir. Keza formasyonun su durumu da önemlidir. Sulu kaya ortamlarında kullanılacak patlayıcı maddelerin sudan etkilenmeyen ve çözülme-yen cinslerin olmasına dikkat edilmelidir (Kahriman, 1999).

Aşağıdaki kayaç karakteristikleri, kayacın metamorfizmaya uğramasından veya oluşumundan bugüne kadar geçirdiği evrede oluşmuştur;

- *Kayaç temas tipleri*; süreksizlik yüzeylerinin değişik biçimleridir. Temaslar keskin veya belirsiz olabilir. Derinlik kayaçları süreksizlik yüzeyleri içerdiğinde yüzeyler kademeli olur ve kayacın mukavemetinde herhangi bir düşüş yaratmaz. Çünkü derinlik kayaçları pratikte homojendir. Bununla beraber açık temaslarda yapı sabit değildir ve temaslar çatlak sistemi ile ilişkilidir.

- *Faylar*; hareket ve mineralleşmenin olduğu makaslama yüzeyleridir. Fay temaları (kontakt) kil ve mylanit gibi ince tane boyutlu malzemeleri içermektedir. Bu malzemeler makaslama işlemi sonucunda oluşur. Fay yarıkları matkap ve tijn sıkışmasından dolayı delme hızlı düşürür. Ayrıca zayıf patlama karakterinden dolayı delik modeli tasarlanırken bu özellik göz önüne alınmalıdır.

- *Çatlak sistemleri*; genellikle yatay olup, delme ve patlatma üzerinde, yataklanma ve sistrozitenin benzeri etki gösterirler. Çatlak sistemlerinin en önemli özelliği çekme mukavemetini geçirmemesidir. Bu yüzden gerilim dalgalarını yansıtırlar ve böylece gerilim dalgalarının kayaç içerisinde ilerlemesine engel olurlar. Açık işletmecilikte,

çatlak yüzeyleri dilim kalınlığı ve ara mesafeyi etkiler, patlayıcının miktarının arttırılması gerekir. Kırılmış, çatlak içeren lağım delikleri sağlam olmayıp delik bitmeden çökme gibi tehlike de içerirler. Ayrıca tıkanmış deliklere patlayıcı şarjı yapmak zordur ve bazen bu delikler şarj edilemez.

- *Yataklanma yüzeyleri ve şistozite*; hem lokal hem de büyük ölçekte kayacın mukavemetini düşürür. Ayrıca kayaca kırılabilme özelliği katar. Yataklanma yüzeyleri birbirine yakınsa patlatma açısından son derece yararlıdır. Eğer yataklanma yüzeyi azsa ve aralarındaki mesafe büyükse patlatma sonucu büyük patarlar oluşur. Eğer yataklanma yoğun ise hafif ve hızı düşük patlayıcılar başarılı olmaktadır. Yataklanma yüzeyleri birbirinden uzak ise yüksek hızlı yoğun patlayıcılar kullanılmalıdır. Düşük sıkışma olasılığına bağlı olarak delme hızı biraz daha fazla olacağından dolayı, delikler yataklanma yüzeyine dik delinmelidir. Delik modeli seçilirken kayaç eğimi göz önüne alınıp delik eğimi ve ateşleme sistemi saptanmalıdır.

Kayaç formasyonunun doğrultu ve eğimi; deliğin yataklanma boyunca veya tersten keseceğini belirler. Eğim ve doğrultu esas alınarak patlatma yüzeyinin yönünün değiştirilmesi gerekebilir. Eğer yüzeyin yönü değiştirilemiyorsa patlayıcı seçiminde bu faktörler dikkate alınır.

Çalışmanın ana konusunu teşkil eden süreksizlikler ve bunların patlatma verimi üzerindeki etkileri bölüm üç ve bölüm dörtte detaylı olarak incelenmiştir.

## BÖLÜM ÜÇ SÜREKSİZLİKLER

### 3.1 Süreksizlik Tanımı

Kaya kütlelerinde çok düşük çekilme dayanımına sahip olan ya da olmayan tabakalanma düzlemi, eklem, fay, çatlak, makaslama zonu, dilinim, şistozite vb. zayıflık düzlemlerini içeren genel kavrama süreksizlik denir. Bu kavram süreksizliğin yaşı, geometrisi ve kökeni gibi hususları içermez. Kaya kütlelerinin deformasyon, dayanım, geçirgenlik vb. gibi özellikleri, dolayısıyla kaya mühendisliği uygulamaları süreksizliklerin özellikleri, konumları ve yönelimleri ile önemli derecede etkilenmektedir. Süreksizliklerin üç boyutlu karmaşık yapısı, süreksizlik açığı veya kaya yapısı olarak adlandırılır.

Herhangi bir süreksizlik içermeyen kaya malzemesinin dayanım ve deformasyon parametreleri göreceli olarak daha basit ve ucuz tekniklerle tayin edilebilirken, süreksizliklerin sayısındaki ve sıklıklarındaki artışa koşut olarak, ileri derecede eklemli kaya kütlelerini temsil edebilecek nitelikte ve boyutta örnek alımı hemen hemen olanaksız hale gelmektedir. Pek çok sert magmatik ve metamorfik kaya, belirli bir gerilme düzeyinin aşılması koşulunda dayanımlarında ani bir azalma sonucu kırılma başlar ve yenilirler. Zayıf sedimanter kayalar ise, belirli bir gerilme düzeyine erişildiğinde daha sönümlü bir davranış biçimi sergileyerek yenilirler. İleri derece eklemli kaya kütleleri düşük gerilme düzeylerinde oldukça sönümlü olup, kaya kütlelerini oluşturan parçalar yüksek gerilmeler altında kırılmaya başlar.

Farklı yönelimlerde gelişmiş çok sayıdaki süreksizlik tarafından bölünmüş kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özellikleri hem süreksizliklerin hem de kaya malzemesinin özellikleri tarafından denetlenmektedir.

İleri derecede eklemli kaya kütlelerinin deformasyon ve dayanım özelliklerinin belirlenmesi için Hoek-Brown (1980) görgül (ampirik) yenilme ölçütü kullanılmaktadır.

Zaman içinde uygulamadaki pratikliğini arttırmak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bieniawski (1989) tarafından geliştirilen kaya kütlesi sınıflama sistemi RMR den elde edilen RMR sınıflama puanını da uzun süre önemli bir girdi parametresi kabul eden bu ölçütte kaya kütlesi özelliklerinin diğer bir ifade ile süreksizliklerin ayrıntılı bir şekilde tanımlanmasına büyük önem verilmiştir.



Şekil 3.1 Bir patlatma aynasında gözlenen süreksizliklere örnek.

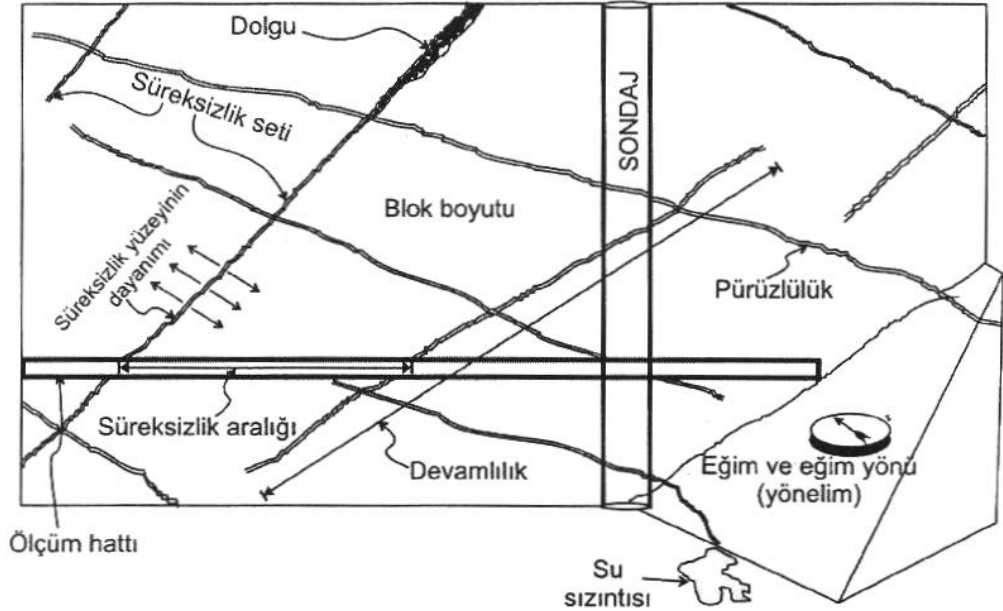
Süreksizliklerin özellikleri aşağıdaki amaçlara yönelik olarak tayin edilir;

- Jeolojik yapının ortaya konulması
- Kaya kütlelerinin mühendislik sınıflandırması
- Kaya kütlelerinin duraylılığı (şev duraylılığı veya yer altı açıklıklarının tavanlarında oluşan blokların duraylılığı), deformasyonu, sıvı iletimi, patlatma ve destek tasarımı gibi uygulamalarda kullanılan kinematik, analitik, sayısal veya ampirik yöntemler için veri sağlanması

### 3.2 Süreksizliklerin Fiziksel Parametreleri

Süreksizlik özellikleri mostrada veya sondaj karotlarında değişik ölçüm tekniklerinden yararlanılarak elde edilir ve/veya tanımlanır. Kaya kütlelerini ve süreksizlikleri tanımlamak için on tane parametre seçilmiştir ve bu fiziksel parametreler aşağıdaki gibidir (ISRM, 1981).

- a. Süreksizliğin türü
- b. Süreksizlik aralığı
- c. Süreksizlik devamlılığı
- d. Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülüğü ve dalgalılığı
- e. Süreksizlik yüzeyinin açıklığı
- f. Dolgu malzemesinin özellikleri
- g. Süreksizlik yüzeyinin dayanımı ve bozunmanın derecesi
- h. Süreksizlik yüzeyindeki su içeriği
- i. Süreksizliğin yönelimi ve süreksizlik takımı sayısı
- j. Blok boyutu



Şekil 3.2 Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizliklerin esas alınan başlıca özellikleri (Hudson,1989).

### 3.2.1 Süreksizlik Türleri

Süreksizlik türleri kaydedilirken, her süreksizlik türü için Tablo 3.1’de verilen uluslararası standartlara uygun kısaltılmış simgeler kullanılır.

Tablo 3.1 Süreksizlik türleri ve uluslararası simgeleri (Ulusay, 1994).

Süreksizliğin Türü	Simgesi	Süreksizliğin Türü	Simgesi
Eklem	J	Foliasyon (yapraklanma)	Fo
Tabakalanma	B	Laminasyon	L
Fay zonu	FZ	Makaslama Yüzeyi	SP
Fay	F	Gerilim Çatlağı	TC
Klivaj (Dilinim)	C	Fisür	F
Şistozite	S	Damar	V

#### 3.2.1.1 Dokanak

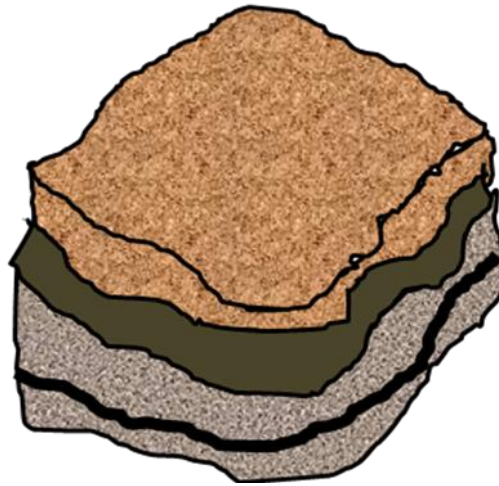
İki farklı litolojik birim arasındaki sınır olup, bu sınır uyumlu ya da uyumsuz veya geçişli olabilen bir süreksizlik yüzeyidir.

#### 3.2.1.2 Tabaka Düzlemi

Sedimanter kayaların oluşumu sırasında tane boyutu ve yönelimi, minerolojik bileşim, renk ve sertlik gibi faktörlerdeki değişime bağlı gelişen bir yüzeydir. Diğer bir deyişle tabakalanma, sedimanter kayaçların düzlemlere ayrılması veya katmanlaşması anlamına gelmektedir. Tabakalanma her zaman ayrı bir süreksizlik yüzeyi olmayabilir ve bazı durumlarda kaya malzemesi içinde hafif bir renk değişimi şeklinde de gözlenebilir. Tabaka düzlemleri arasındaki uzaklık birkaç mm den (laminasyon) metre ( çok kalın tabaka) boyutuna kadar değişebilir. Sedimanların minerolojisindeki değişimler tabakalanma yüzeyleri arasında ince kil seviyelerinin oluşumuna veya sıvama şeklindeki yüzey kaplamalarına neden olabilir. Bu durum kil dolgulu fay ve eklem yüzeylerindeki benzer mühendislik sorunlarına yol açabilir.



Tabakalanma, kendi içinde az ya da çok paralel durumda bölünme eğilimi gösteren magmatik ve metamorfik kayalarda da oluşabilir. Tabakalar arasında fazla boşluk olmadığında patlayıcının enerjisi tabakalar arasından kaçamayacağından ve kapalı olduğunda, arzu edilen parçalanma boyutuna ulaşılabilmesinden dolayı katmanlaşma, patlatmaya genellikle yardımcı olmaktadır. Ayrıca katmanlaşma, istenilen tavan veya şev profilinin başarılmasında patlatma uzmanına yardımcı olmaktadır (Hopler, 1988).



Şekil 3.3 Yatay tabakalanma.

### 3.2.1.3 Fay ve Makaslanma Zonu

Yüzeyi boyunca birkaç cm den km uzunluğa kadar göreceli bir yer değiştirmenin meydana geldiği makaslanma yenilmesine maruz kalmış yüzeylerdir (Ulusay ve Sönmez, 2002). Fay tektonik hareketler sırasında gelişen makaslama gerilmesinin kaya kütleindeki bir düzlemin makaslanma dayanımını aşması sonucu meydana gelen bir kırık şeklinde de tanımlanabilir. Fay kırığının yüzeyleri arasında parçalanmış kaya parçalarının oluşturduğu fay breşi, çok ince taneli malzemeyle temsil edilen fay dolgusu, kil vb. zayıf malzemeler de yer alabilir. Faylar çoğu kez bir düzlem olmaktan çok, birbirine paralel veya yarı paralel konumlu gruplar halinde gelişebilirler ve bunlar fay zonu veya makaslanma zonu şeklinde adlandırılır.

Faylar da eklemler gibi, delici ucun ve tijlerin sapmasına sebep olduğundan delik delme performansını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Faylar aynı zamanda son

delik sırasının gerisinde de gereğinden fazla parçalanmaya sebep olabilir. Fay zonu içindeki malzeme zayıf çimentolu ise bir patlatma sırasında patlayıcı enerjisinin hapsedilmeden kaçmasına neden olmaktadır. Bu da patlatmayı olumsuz yönde etkilemektedir (Hopler, 1988).

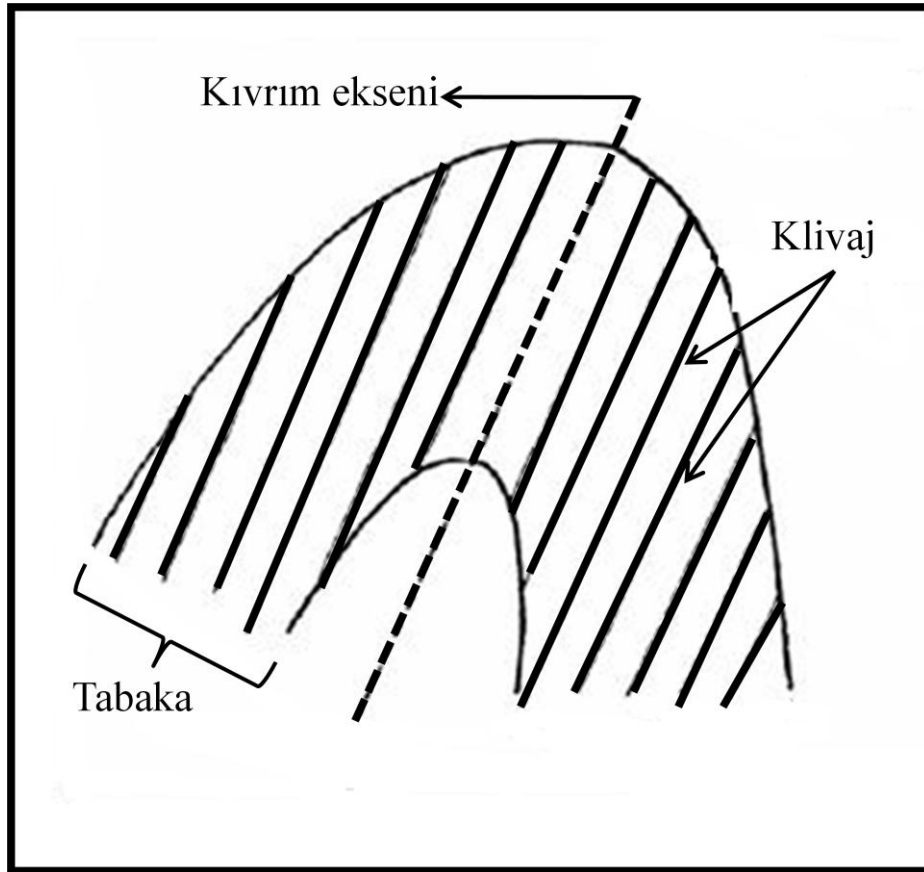
#### 3.2.1.4 Eklem

Yüzeyi boyunca herhangi bir yer değiştirmenin olmadığı doğal kırıklara eklem adı verilir. Kırık yüzeyleri örtü yükünün kalkması (gerilmenin boşalması, patlatma vb.) nedenlerle birbirlerinden bir miktar uzaklaşmış olmakla birlikte, aralarında gözle görülür bir hareket söz konusu değildir. Yer kabuğunda bir km derinliğe kadar kaya kütlelerinde gözle görülebilen eklemler; birkaç mm den metrelerce uzunlukta açık, dolgulu veya kapalı (sıkı) olabilirler. Genellikle düzlemsel yüzeyli, yarı paralel gruplar veya takımlar halinde gelişirler ve bu eklemlere sistematik eklemler adı verilir. Düzensiz geometriye sahip ve birbirine paralel olmayanlar ise sistematik olmayan eklemler adını alır. Eklem aralıkları tabakalanmada olduğu gibi, sonradan yapılacak patlatmaların parça boyutlarının iyi bir tahmincisidir. Eklem, balçık veya kil gibi ince taneli malzemeler içerebilir. Eklemler açık olduğunda, kayaç kütlesi içinde patlayıcı enerjisini çoğunlukla hapsedici özelliindedir (Hopler, 1988).

#### 3.2.1.5 Dilinim (Klivaj)

İnce taneli kayaçlarda, sıkıştırıcı kuvvete dik yönde oluşmuş, sık aralıklı, birbirine paralel yönde gelişmiş zayıflık düzlemleridir (Ulusay, Sönmez, 2002). Dilinim, deformasyon geçirmiş tortul veya metamorfik kayaçlardaki mineral veya tanelerin, belirli yönlerde sıralanması ile oluşturduğu düzlemsel yapılardır. Klivaj düzlemleri arasında açıklık çok azdır. Genellikle tabakalı kayaçlarda basınç etkisiyle kayacın yeniden kristalleşmesi sonucu gelişmiş ikincil bir yapı olarak da tanımlanır. Klivaj, tabakalaşma ve şistoziteye paralel olabileceği gibi aralarında belirli bir açı da bulunabilir (Şekil 3.4). Klivaj düzlemleri kayacın fiziksel özelliklerine bağlı olarak gelişir. Bu nedenle de her ayrı kayaç birimi içerisindeki klivaj düzlemleri diğerlerinden farklı şekiller gösterebilir. Klivajların oluşumunda metamorfizmanın

ve suyun etkisi büyüktür. Genel olarak, killi kayaçlarda ve şistlerde klivaj düzlemleri son derece belirgin iken, kumtaşı ve kireçtaşlarında daha seyrek aralıklı veya belirsiz bir gelişim gösterir. Klivajlar, içerisinde yer aldığı malzemenin içsel sürtünme açısına bağlı olarak, kumtaşlarında tabakalanmaya hemen hemen dik aralıklı çatlaklar şeklinde, şeylerde ise tabakalanmayı vev kesen çatlaklar şeklinde görünürler (Hopler, 1998; Karaman ve Kibici, 1999).



Şekil 3.4 Kıvrımlanma geçirmiş bir kayaçtaki klivaj düzlemleri (Karaman, 2001).

Makaslama yüzeylerini oluşturan bu yüzeyler boyunca kayma söz konusu olabilir. Spencer 1969 ile Whitten ve Brooks 1972 başlıca iki tür dilinim tanımlamışlardır;

Kırık dilinimi: Minerallerin birbirine paralel yönde bir dizilim göstermedikleri çimentolaşmış veya kaynaşmış paralel süreksizlikler şeklinde tanımlanır. Oluşum mekanizmasında litolojinin ve gerilme koşullarının makaslama açılma ve sıkıştırma

süreçlerine neden olduğunu ve bunlarında sağlam kayada ince dilimler halinde çok yakın aralıklı süreksizliklerin gelişmesine neden olduğunu belirtmiştir.

*Akma dilinimi:* Yeniden kristalleşme ve mika gibi yapraksı minerallerin birbirine paralel şekilde yönlenmelerine bağlı olarak bir foliasyon yapısının oluşumuyla gelişmektedir. Genellikle ince taneli kayaların yüksek sıcaklık veya basınç altında başkalaşıma uğramış olmalarıyla yakından ilgilidir. Dilinim özellikle sleyt, fillit ve şist gibi kayalarda gözlenmekle birlikte dilinim düzlemlerinin çoğu önemli derecede çekilme dayanımına sahip olduklarından süreksizlik ağı kapsamında değerlendirilmez. Bununla birlikte dilinim, bu tür kayaların deformabilite ve dayanım özelliklerinde önemli düzeyde bir yönserliğe neden olmaktadır.

#### *3.2.1.6 Fisür*

Gözle görülüp görülemeyecek kadar küçük, kıl gibi çatlaklar fisür olarak tanımlanır. Çapları ve uzunlukları milimetre ya da mikron cinsindedir.

#### *3.2.1.7 Foliasyon (Yapraklanma)*

Yüksek basınç veya yüksek sıcaklık altında farklılaşma veya minerallerin tercihli yönelimi nedeniyle ortaya çıkan metamorfik kökenli zayıflık yüzeyleridirler. Bir metamorfik kayaç içinde düzlemsel olan şistozite, klivaj ve bantlaşma da foliasyon kapsamına girer. Levhasal minerallerin (mika, klorit gibi) veya merceksel minerallerin (kuvartz, feldispat gibi) birbirlerine paralel olarak dizilmeleriyle meydana gelir. Foliasyon genel bir isimdir. Şistozite bir tür foliasyon olup yassı ve elipsoidal tanelerin birbirine en büyük gerilmeye dik yönde dizilmesiyle oluşur. Pelitik (ince taneli) kayaçlarda gelişir. Şistozite düzlemleri tabakalanmaya paralel olabileceği gibi verrev olarak ta gelişebilir (Dirik, 2006). Metamorfik kayaçlarda gelişen foliasyon, magmatik ve sedimanter kayaçların tersine sonradan oluşur. Metamorfik kayaçlardaki minerallerin veya yapıların birbirine paralel (veya çoğunlukla paralel) olarak dizilmesi ile oluşan yapılara da lineasyon adı verilir.

Genel anlamda, metamorfik kayalardaki her türlü çizgisel paralelliğe lineasyon, buna karşın her türlü düzlemselliğe de foliasyon adı verilir.



Şekil 3,5 Şistozite örneği.

#### 3.2.1.8 Damar

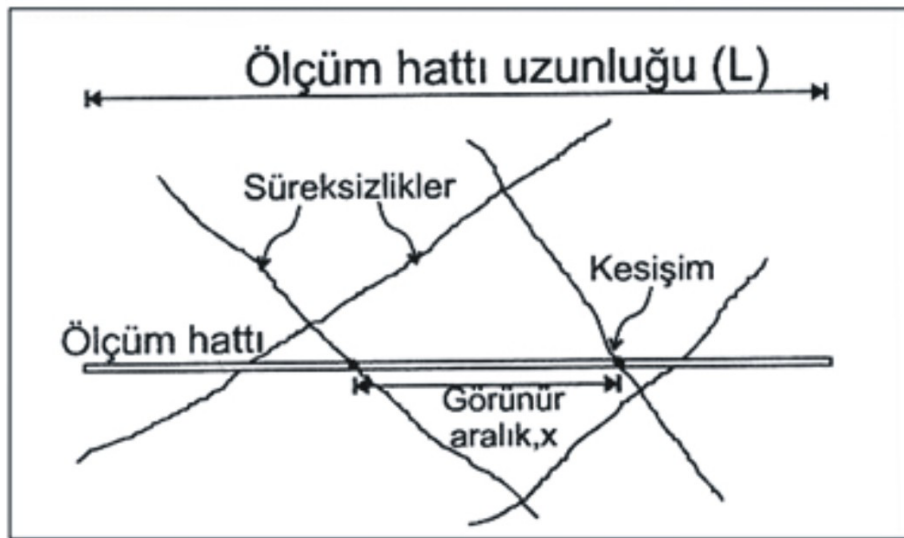
Çevre kayasından farklı özellikteki bir malzeme tarafından doldurulmuş kırıktır. Genel olarak ince dolgulu düzlemler için kullanılır ve yüzeyleri ayrık olmadığından zayıf bir süreksizlik olarak değerlendirilmez.

#### 3.2.2 Süreksizlik Aralığı

Kaya kütlelerinde komşu konumlu iki süreksizlik veya birbirine paralel eklemlerden oluşan süreksizlik takımındaki iki süreksizliğin arasındaki uzaklık süreksizlik aralığı olarak adlandırılır. Süreksizlik aralığı düşükse yeraltı açıklıklarının duraylılığının sağlanması güçleşir. Eklemlerinin birbirine çok yakın olduğu kaya kütlelerinin kohezyonu, bloklar arası kilitlemenin yetersiz olması nedeni ile geniş aralıklı olanlara göre daha düşüktür. Bunların etkisi bireysel süreksizliklerin devamlılığına bağlıdır.

Süreksizlik aralığı veya bunun tersi olan süreksizlik sıklığı parametresi; süreksizlik yoğunluğunun belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Aynı zamanda

kaya kütlesinin geçirgenliğini ve kayaç malzemesinin oluşturduğu blokların boyutlarını da etkilemektedir. Bu sebeple kayaç kütlelerinin en önemli özelliklerinden birisidir. Bazı istisnai durumlarda, süreksizlik aralığının birbirine çok yakın olması kaya kırılma modunun düzlemselden dairesele ve hatta akma şekline dönüşmesine neden olabilir. Süreksizliklerin birbirine çok yakın olması durumunda, kayanın kırılması küçük kaya parçalarının yuvarlanması veya dönmesi ile olabileceğinden, süreksizlik yönelimi çok önemli değildir (Akyol, 2002).



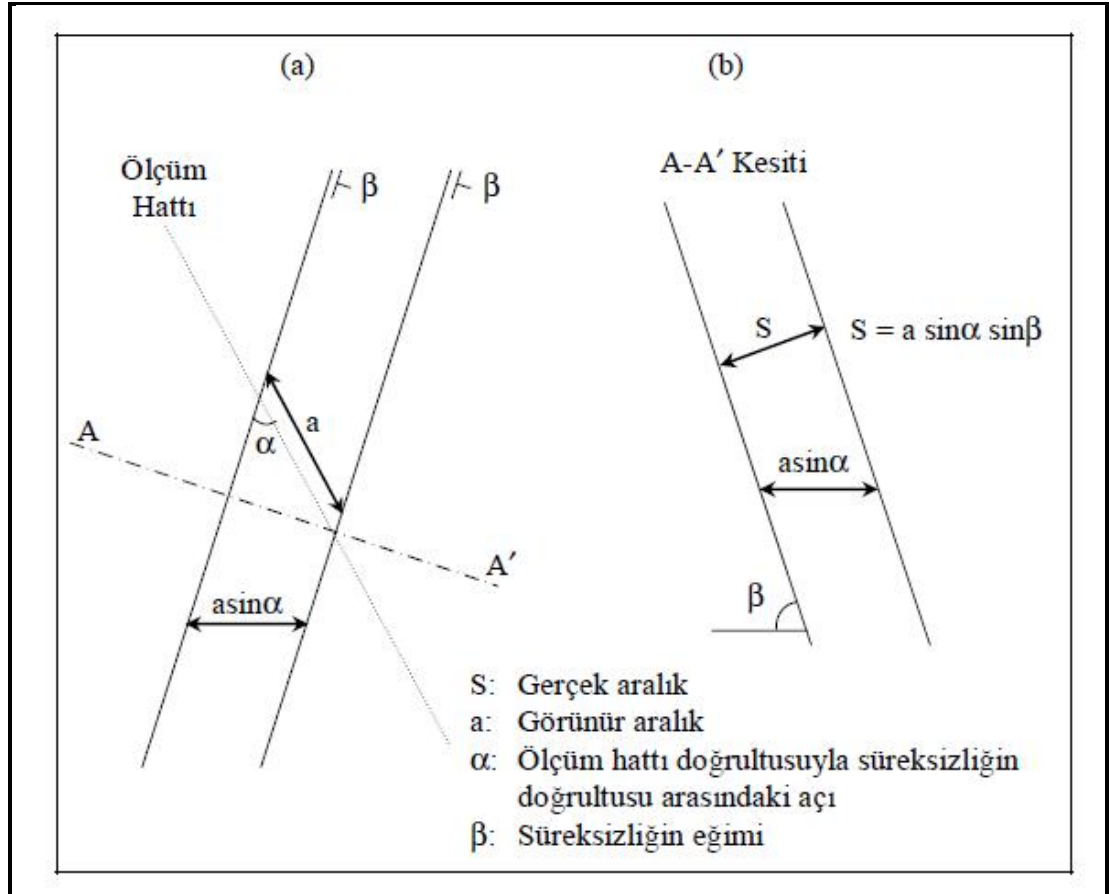
Şekil 3.6 Ölçüm hattı boyunca süreksizlik aralığının tayini (Ulusay ve Sönmez, 2002).

Bireysel süreksizliklerin aralığı ve bunlarla birlikte bulunan eklem takımları, kaya kütlelerinin su sızdırma ve permeabilite özelliklerini doğrudan etkiler. Eğer eklem açıklığı ile karşılaştırılırsa, herhangi bir eklem takımının hidrolik iletkenliği, genellikle açıklık ile ters orantılıdır.

Süreksizlik aralığı, mostra yüzeyi üzerinde belirli bir yönde serilen şerit metre boyunca şerit metreyi kesen süreksizlikler kaydedilerek süreksizlik aralığı ölçümü yapılabilir. Bunun yanı sıra sondaj karotlarından da tayin edilebilir. Ancak uygulamalarda şerit metre her zaman süreksizlik setlerine dik yönde serilemediğinden, iki tür açıklık ölçülebilmektedir.

a. Görünür açıklık (Şerit metre veya sondaj eksenini boyunca karşılaşılan süreksizlikler arasındaki uzaklık; a mesafesi)

b. Gerçek aralık (Birbirine paralel yönde gelişmiş süreksizliklerin oluşturduğu bir süreksizlik setine ait iki süreksizlik düzlemi arasındaki dik mesafe; s mesafesi)



Şekil 3.7 Görünür (a) ve gerçek aralık (s) parametreleri arasındaki ilişki.

Bir süreksizlik setinde birbirine tam paralel olan süreksizlikler çok ender olarak görüldüğü için, gerçek aralık parametresi ölçüm hattının yöneliminden veya ölçümün yapıldığı mostranın, ya da aynanın konumundan etkilenmektedir. Bu nedenle, uygulamada daha yaygın şekilde tercih edilmektedir.

Arazide alınan ölçümler sonucunda ortalama süreksizlik aralığı ( $x$ ) ve süreksizlik sıklığı (bir metredeki süreksizlik sayısı,  $\lambda$ ) aşağıdaki ifadelerden belirlenir.

$$x = L/N$$

$$\lambda = N/L$$

Burada; L ölçüm hattının uzunluğu, N ise ölçüm hattını kesen süreksizliklerin sayısıdır.

Kayaç kütleleri için süreksizlik aralığı parametresinin tanımlanması amacıyla ISRM (ISRM, 1981) tarafından önerilen ve Tablo 3.2’de verilen tanımlama ölçütleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tablo 3.2 ISRM’nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamaları (ISRM, 1981).

<b>Aralık (mm)</b>	<b>Tanımlama</b>
<20	Çok dar aralıklı
20 – 60	Dar aralıklı
60 – 200	Yakın aralıklı
200 – 600	Orta derece aralıklı
600 – 2000	Geniş aralıklı
2000 – 6000	Çok geniş aralıklı
> 6000	İleri derecede geniş aralıklı

Deere ve Miller (1966) ’a göre; süreksizlik düzlemleri arasındaki mesafeye bağlı olarak kayaç kütle tanımlamaları Tablo 3.3’de verilmektedir.

Tablo 3.3 Süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamaları (Deere & Miller, 1966).

<b>Tanım</b>	<b>Süreksizlik Düzlemleri Arasındaki Mesafe</b>	<b>Kaya Kütle Kalitesi</b>
Çok geniş	>3 m	Kompak, sağlam
Geniş	1 m – 3 m	Masif
Orta	0,3 m – 1 m	Bloklu
Dar	50 mm – 300 mm	Kırıklı
Çok Dar	< 300 mm	Ezilmiş ve Dağılmış



Tablo 3.4 Süreksizlik aralığı ve sıklığı sınıfları (Golder Associates, 1979) (Daha çok sondaj karotları üzerinde yapılan değerlendirmelerde kullanılır).

Sınıflama	Ortalama süreksizlik aralığı (m)	Ortalama süreksizlik sıklığı $\lambda$ (m <sup>-1</sup> )
Masif	$x > 1$	$< 1$
Az çatlaklı – kırıklı	$0,3 < x < 1$	1 – 3
Kırıklı – çatlaklı	$0,1 < x < 0,3$	3 – 10
Çok çatlaklı – kırıklı	$0,02 < x < 0,1$	10 – 50
Parçalanmış	$x < 0,02$	$> 50$

### 3.2.3 Süreksizliklerin Devamlılığı

Süreksizlik düzlemleri de üç boyutlu uzayda sonlanır. En yüksek devamlılığı olan tabaka düzlemleri bile havza kenarlarında sonlanır. Süreksizliklerin iz uzunluğu mostrada gözlenebildiğinden devamlılıkların ölçülmesi de üzerinde çalışılan mostra alanı ile sınırlanmaktadır. Bu da ölçümü güçleştiren bir faktördür.

Süreksizliklerin devamlılığı, süreksizliklerin bir düzlemdeki alansal yayılımının göstergesi ya da boyutları olup duraylılığı etkiler. Devamlılık arttıkça kazı duraylılığı azalır.

Eğimi şev aynasının tersi yönde, ancak devamlılığı az olan eklemler şevlerde devrilme duraylılığı açısından çok daha az kritik iken, aynı yönelimde fakat devamlılığı yüksek olan ve bu yüzden kaya kütlelerinde kolonsal veya levhalı bir yapı oluşturan süreksizlik sistemleri, devrilme duraylılığı açısından şevi kritik konuma getirir.

Mostrada doğrudan şerit metre ile devamlılık ölçümü yapılır. Üç boyutlu bir kavram olduğu için ölçüm yönü kaydedilir. Yönü ölçmek mümkün değilse, süreksizliğin eğim yönüne hem paralel hem de dik yönde ölçülmelidir (eğime ve

doğrultuya paralel yönlerde). Bu yöntem küçük mostra yüzeylerinde uygulanamayabilir.

Devamlılığı ölçülen her süreksizliğin bir veya her iki ucunun mostrada gözlenip gözlenmediği belirlenmelidir. Çoğu kez her iki ucu da gözlenmeyebilir. Bu tür durumlarda süreksizliğin kaya kütlesi içinde tanımlanamayan bir mesafeye kadar devam ettiği kabul edilir. Bu belirsizliğin belli bir ölçüde giderilmesi amacıyla ISRM (1981) tarafından —sonlanma indeksi,  $T_i$ ” adı verilen bir parametre önerilmiştir. Bu parametrenin belirlenmesi için; süreksizlik konumuna göre aşağıdaki tanımlamalara karşılık gelen simgeleri süreksizlik etüdü veri formlarına kaydedilir;

a. Mostra dışında da devam eden (her iki ucuda mostrada gözlenmeyen) süreksizlikler için:  $x$  (J 1/1)

b. Mostra içinde devamlılığı sona eren süreksizlikler için:  $r$  (J 1/2 ve J 2/1)

c. Mostra içinde diğer süreksizlikler tarafından sonlanan süreksizlikler için:  $d$  (J 2/3)

Örnek Gösterim:

8dx ; Kaya mostrasındaki devamlılığı 8 m ve bir ucu mostra dışında kalan, diğer ucu başka bir süreksizlik tarafından sonlandırılmış bir süreksizlik

Sonlanma İndeksi;  $T_i = \frac{\text{devamlılığı mostra içinde sona eren süreksizlik sayısı}}{\text{mostrada gözlenen toplam süreksizlik sayısı} \cdot 2} * 100$

$$T_i = \frac{\Sigma r}{2(\Sigma r + \Sigma d + \Sigma x)} * 100$$

Piteau (1973), mostrada her iki ucu birden gözlenen süreksizliklerin, sadece bir ucu gözlenen veya iki ucu da gözlenmeyenlerden daha az olduğunu belirlemiştir. Tabakalanma ve fay düzlemleri uygulamada oldukça yüksek devamlılığa sahiptir.

Tablo 3.5 Süreksizliklerin devamlılığını tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981).

Tanımlama	Süreksizlik izinin uzunluğu (m)
Çok düşük devamlılık	< 1
Düşük derecede devamlılık	1 – 3
Orta derecede devamlılık	3 – 10
Yüksek devamlılık	10 – 20
Çok yüksek devamlılık	> 20

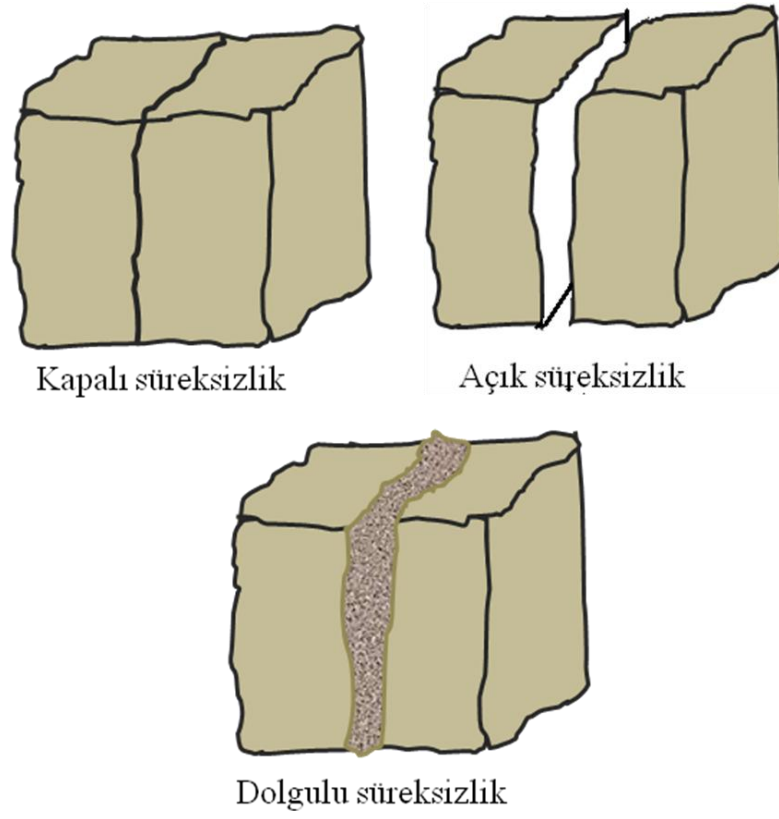
### 3.2.4 Süreksizliğin Pürüzlülük ve Dalgalılığı

Bir ana süreksizlik düzleminde yüzey tabiatına uygun pürüzlülük ve dalgalılıktır. Hem pürüzlülük hem de dalgalılık kesme dayanımını etkiler (Akyol, 2002).

### 3.2.5 Süreksizliğin İki Yüzeyi Arasındaki Açıklık

Açıklık; bir süreksizliğin boşluğu su veya hava ile doldurulmuş birbirine komşu iki yüzeyi arasındaki dik mesafedir ve bu açıklık su veya hava ile dolu olabilir. Bu nedenle açıklık, (kil vb malzemelerle) doldurulmuş süreksizlik kalınlığından ayırt edilmelidir. Şev duraylılığına doğrudan etkisi vardır, bunun sebebi de kayacın mekanik dayanımını değiştirmesidir (Bieniawski, 1973). Açıklığın kaydedilebilmesi için bazen de dolgu malzemesinin genişliği ölçülmektedir.

Açıklıklar hem gevşeklikleri hem de iletme kapasitesi bakımından incelenir. Eklem suyu basıncı, suyun girişi ve depolama alanındakilerin (hem sıvı hem de gaz) çıkışı gibi özelliklerin tamamı açıklık tarafından etkilenir.



Şekil 3.8 Süreksizlik yüzeyleri arasındaki açıklıklar.

Açıklığın ölçülmesinin en basit ve pratik yolu, milimetre bölmeli şerit metre veya mikrometre kullanmaktır. Bu amaçla kirli yüzeyler temizlenir ve geniş açıklıklar mikrometre ile ölçülür. Ölçüm hattını kesen tüm süreksizliklerin açıklıkları kaydedilir. Süreksizlik açıklıklarının tanımlanması amacıyla ISRM tarafından önerilmiş ölçütler Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6 Süreksizlik açıklığının tanımlanmasına ilişkin ölçütler (ISRM, 1981).

Açıklık	Tanımlama	
< 0,1 mm	Çok sıkı	–Kapalı” yapılar
0,1 – 0,25 mm	Sıkı	
0,25 – 0,5 mm	Kısmen açık	
0,5 – 2,5 mm	Açık	–Boşluklu” yapılar
2,5 – 10 mm	Orta derece geniş	
> 10 mm	Geniş	
1 – 10 cm	Çok geniş	–Aık” yapılar
10 – 100 cm	Aşırı geniş	
> 100 cm	Boşluklu	

Açıklık parametresi değerlendirilirken, her süreksizlik seti için ortalama açıklık değeri belirlenir ve ortalama değerden daha geniş açıklığa sahip süreksizlikler, lokasyonları ve yönelimleri (eğim/eğim yönü) ile birlikte tanımlanır. Ayrıca aşırı derecede geniş aralıklı (10-100 cm) süreksizlikler ve/veya boşluklu (>1 m) yapıya sahip kaya kütleleri fotoğrafları da çekilerek kaydedilirler (ISRM, 1981).

### 3.2.6 Süreksizlik Boşlukları Arası Dolgu Malzemesi ve Özellikleri

Dolgu malzemesi, süreksizlik düzlemlerini birbirinden ayıran malzemedir ve bu malzeme genellikle ana kayadan daha zayıftır. Tipik dolgu malzemeleri; kum, silt, kil, breş ve milonittir. Bununla birlikte, ince bir yüzey kaplaması şeklinde mineraller ile kuvars ve kalsit damarları gibi doldurulmuş süreksizlikler bulundurulabilirler (Akyol, 2002).

Boşlukları dolduran bu dolgu maddeleri, cinsine bağlı olarak kayaç kütlelerinin mekanik dayanımını azaltır veya artırırlar. Çoğunlukla düşük mekanik özelliklere sahip olan bu malzemeler kayaç dayanımını azaltmaktadırlar. Dolgu malzemesi süreksizlik yüzeylerinin birbiri ile olan temasını önleyecek kadar kalırsa, kayacın makaslama dayanımı, dolgu malzemesinin makaslama dayanımına eşit olur (Hoek ve Bray, 1991).

### 3.2.7 Süreksizlik Yüzeyinin Dayanımı ve Bozunmanın Derecesi

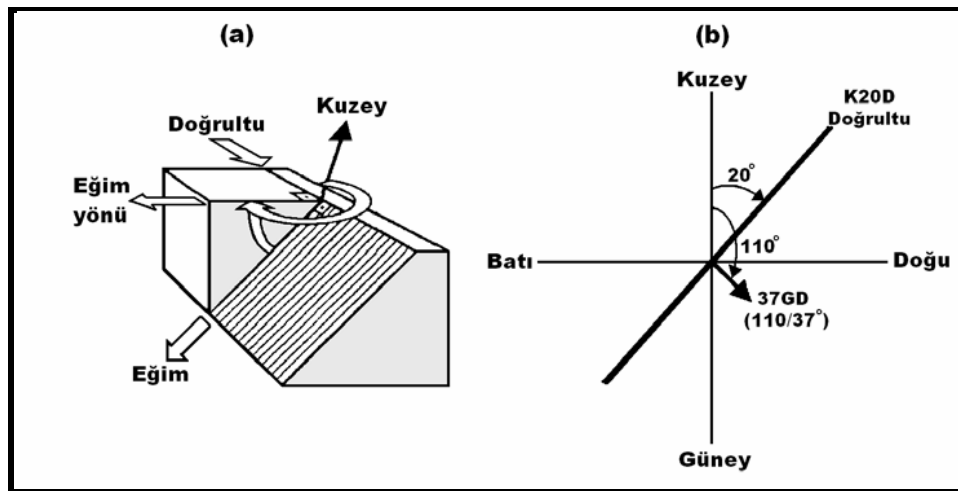
Birbirine komşu süreksizlik kaya düzlemlerinin basma dayanımı süreksizliklerin yüzey dayanımıdır. Bu düzlemlerdeki bozunma ve alterasyona bağlı olarak kaya bloklarının dayanımından daha düşük olabilir. Kaya yüzeyleri birbiri ile temas halinde ise kesme dayanımının önemli bir bileşenini oluşturur (Akyol, 2002).

### 3.2.8 Süreksizlik Yüzeyindeki Su İçeriği ve Sızıntı

Kaya kütledeki veya bireysel olarak süreksizliklerde görülebilen su akıntısı veya nemdir (Akyol, 2002).

### 3.2.9 Süreksizlik Yönelimi ve Takım Sayısı

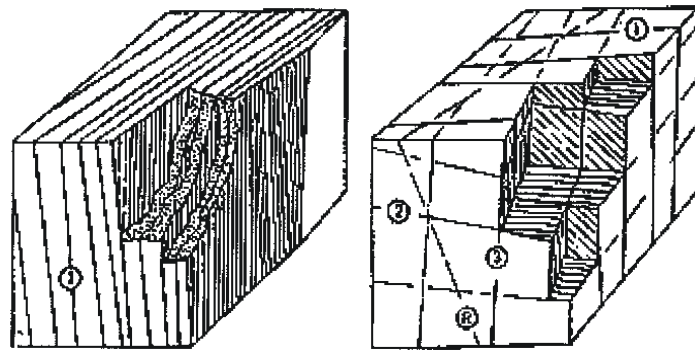
Süreksizliklerin uzaydaki konumları, jeolog pusulası yardımıyla ölçülen eğim ve doğrultularıyla tanımlanır. Daha hızlı ölçüm alınmasını sağlaması ve veri değerlendirmeyi kolaylaştırdığı için, uygulamalarda doğrultu yerine eğim yönünün ölçülmesi tercih edilmektedir. Eğim, bir süreksizlik düzleminin yatay düzlemle yaptığı açıdır. Eğim yönü ise, kuzeyden saat yönünde ölçülen ve kuzey yönü ile eğim çizgisinin yatay düzlemdeki izdüşümü arasındaki açıdır (Şekil 3.9a).



Şekil 3.9 (a) Doğrultu, eğim ve eğim yönü kavramlarını gösteren blok diyagram ve (b) doğrultu ve eğim yönü arasındaki ilişkiye bir örnek (Ulusay & Sönmez, 2002).

Eğim yönü, doğrultuya daima diktir. Eğim yönü değerleri,  $0^0$  ile  $360^0$  arasında değişim gösterir. Dolayısıyla  $0^0$  ile  $90^0$  arasındaki eğim yönlerinin eğim değerleriyle karıştırılmaması amacıyla, bu aralıktaki eğim yönü değerlerinin önüne 0 eklenir. Süreksizlik düzlemlerinin konumlarını bu iki değer tanımlamaktadır. Bunlar, eğim yönü/eğim veya eğim/eğim yönü şeklinde kaydedilir. Yönelimleri hemen hemen birbirleriyle aynı olan süreksizlikler süreksizlik setlerini oluşturur. Genellikle kayaç kütleleri birden çok süreksizlik seti tarafından bölünmüştür. Bunu göz önüne alarak, arazide ölçülmüş çok sayıdaki süreksizlik yöneliminin istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi, süreksizlik seti sayısının ve bunların ortalama yönelimlerinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Süreksizlik yönelimi verileri, grafiksel olarak –göl diyagramları ve histogramlar” ve –stereografik izdüşüm” teknikleriyle değerlendirilir.

Birbiri ile kesişen bir eklem sisteminde bulunan eklem takımlarının sayısına da takım sayısı adı verilir. Kaya kütlelerinin hem görünüşü, hem de mekanik davranışlarını belirlemede, birbirlerini kesen süreksizlik takım sayısı önemli rol oynar. Sağlam kayada yenilme olmaksızın kaya kütlelerini deforme olabilecek şekilde kontrol edebileceğinden, özellikle kayanın mekanik davranışları süreksizliklerin takım sayısından çok etkilenirler, Patlatma ile yapılan kazılarla oluşma eğilimindeki aşırı kırılma, takım sayıları ile belirleneceğinden, kaya kütlelerinin görünüşü de etkilenecektir (Şekil 3.10) (Akyol, 2002).



Şekil 3.10 Bir kaya kütlelerinin mekanik davranışına eklem takım sayısının etkilerini gösteren örnek (Akyol, 2002).

### 3.2.10 Blok Boyu

Birbirleri ile kesişen eklem takımlarının karşılıklı yönelimi veya bir eklem takımının açılması sonucu oluşan kaya blok boyutlarıdır. Blok boyu, kaya kütlesi davranışlarının önemli bir göstergesidir. Blok boyutları, süreksizliklerin aralığı, devamlılığı ve takım sayıları ile ifade edilir. Bireysel süreksizlikler blok boyu ve şeklini daha da çok etkileyebilir. Bir kaya kütlesinin blok boyutu; blok boyutu indeksi ( $I_b$ ), hacimsel eklem sayısı ( $J_v$ ) ve blok şekli ile tanımlanmaktadır (ISRM, 1978).

Blok boyu ve bloklar arasındaki kesme dayanımının oluşturduğu özellikler, belirli gerilme şartları altında, kaya kütlesinin mekanik davranışını tayin eder. Büyük bloklardan oluşan kaya blokları daha az deforme olma eğilimindedir. Taş ocağı işletmeciliği ve patlatmadaki etkinlik esas olarak arazideki blok boyunun bir fonksiyonudur. Zeminlerin tane boyut dağılımı ile gruplandırıldığı gibi, kaya kütlelerini de blok boyu dağılımı ile düşünmek daha yararlıdır. Tablo 3.7 eklem sayısına bağlı olarak blok boyutlarının tanımı hakkında fikir vermektedir;

Tablo 3.7 Eklem sayılarına bağlı olarak blok boyutları (Akyol, 2002).

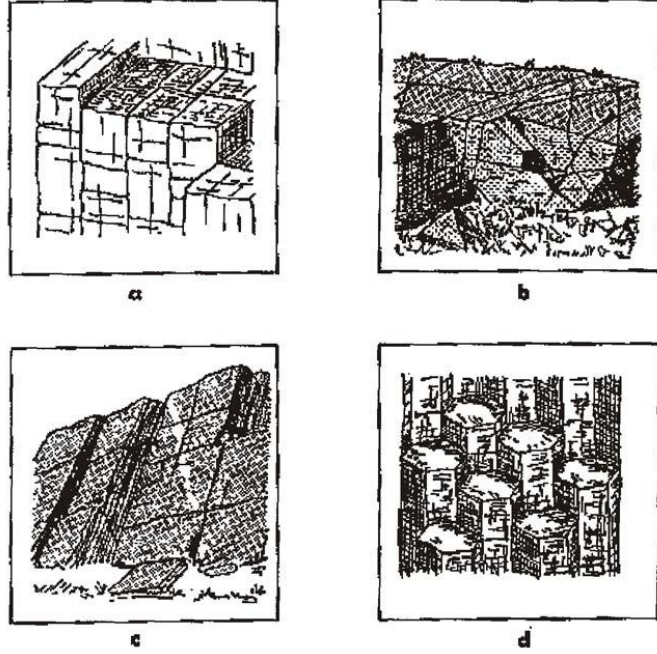
TANIM	$J_v$ (eklemler / m )
Çok büyük bloklar	< 1.0
Büyük bloklar	1-3
Orta boy bloklar	3-10
Küçük bloklar	10-30
Çok küçük bloklar	>30

Bu şekilde ifade haricinde kaya kütlelerinin blok boyu ve şeklini tanımlamak için aşağıdaki ifadeler kullanılır;

- i) Masif = Birkaç eklem veya çok geniş aralıklı.
- ii) Bloklı = Yaklaşık eşit boyutlu.
- iii) Düzlemsel = Bir boyut diğer ikisinden önemli miktarda küçük.



- iv) Sütunsu = Bir boyut diğer ikisinden önemli miktarda büyük.  
 v) Düzensiz = Blok boyu ve şeklinde büyük farklılıklar.  
 vi) Ezilmiş = "Küp şeker" görünümlü aşırı ezilmiş.



Şekil 3.11 Bloklu, düzensiz, düzlemsel ve sütunsal blok şekillerini gösteren kaya kütle taslakları (Akyol, 2002).

### 3.3 Süreksizliklerin Yerinde Tayini

Kaya mühendisliği uygulamalarında süreksizliklerin özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tayini amacıyla birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden başlıcaları; hat etüdü, sondaj karotlarının jeoteknik amaçlarla loglanması, yönlendirilmiş karot ve sondaj kamerası veya tarayıcısı, süreksizliklerin yöneliminin haritalanması amacıyla fotografik yöntemler gibi tekniklerdir (Akyol, 2002).

#### 3.3.1 Hat Etüdü

Süreksizlik özelliklerinin tayini amacıyla, hat etüdü yöntemi tez çalışmasında kullanılan ve kayaç yüzeyinde (mostra) çalışılan yöntemlerden olup ölçüm işlemlerinin basit oluşu ve büyük ölçekli geometrik özelliklerin yeterli duyarlılıkta

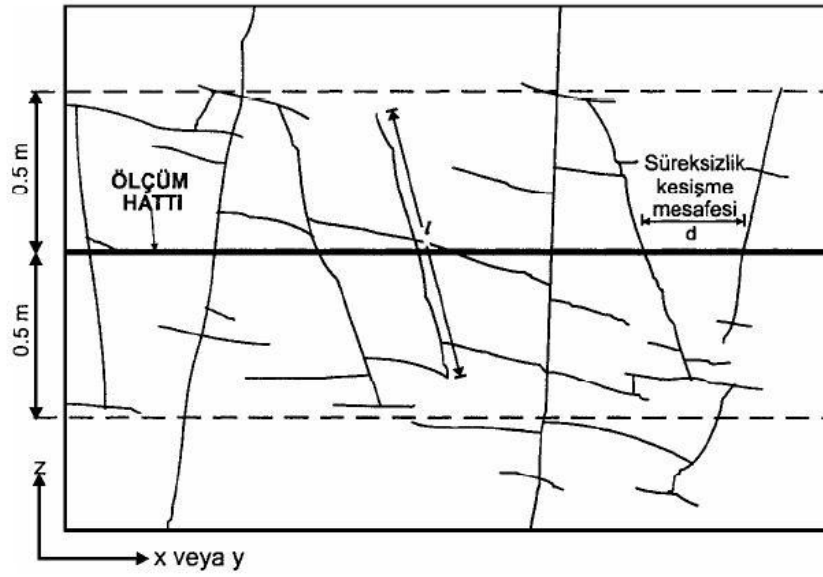
incelenmesine olanak sağlaması gibi nedenlerden dolayı uygulamada sıklıkla tercih edilmektedir.

Hat etüdü yöntemi; süreksizliklerin, dolayısıyla kayaç kütlelerinin özellikleriyle ilgili veri toplanmasında istatistiksel anlamda en tatmin edici sonuçların alındığı bir yöntemdir. Bu yöntem ile geniş bir alanda kayaç kütlelerinin incelenmesi ve süreksizliklerden doğrudan ölçüm alınması mümkündür. Yöntem, Jennings tarafından önerilmiş ve daha sonra Piteau tarafından revize edilmiş olup; Fookes ve Denness, Attewel, Farmer, Priest ve Hudson gibi araştırmacılar ile ISRM tarafından da ayrıntılı şekilde tartışılmıştır (Ulusay, 1994). Yöntemin uygulanması için, pusula ve milimetre bölmeli şerit metre kullanılır. Yöntem uygulanırken izlenmesi gereken yol (Ak, 2006);

a) Süreksizliklerin aralığını ve devamlılığını göz önüne alınarak, uzunluğu uygun bir mostra yüzeyi seçilir. Biri doğrultu boyunca, diğeri doğrultuya dik ve diğeri de düşey yönde birbirine dik yönlü olacak şekilde 3 ölçüm hattı seçilir. Fakat bu tür üç yüzeyin genellikle bir mostrada birlikte bulunamaması sebebi ile ölçümler çoğunlukla tek bir hat boyunca alınır.

b) Mostra seçilirken süreksizliklerin en az %50'sinin bir ucu görünecek ve 150–350 arasında değişen sayıda süreksizlik ölçülecek şekilde olmasına dikkat edilmelidir. Ölçümler için yüzeyin temiz bir yüzey olması yani döküntülerden temizlenmiş olması da önemlidir.

c) Şerit metre ölçümünün yapılacağı yüzeyin bir ucundan diğer ucuna kadar uzatılır. Hattın başlangıç-bitiş noktaları arasındaki hattın uzunluğu kaydedilir. Şerit metreyi kesen süreksizliklerin özellikleri (sıklığı, devamlılığı, dolgu malzemesi vb.) ölçülür, tanımlanır ve kâğıda işlenir (Şekil 3.12).

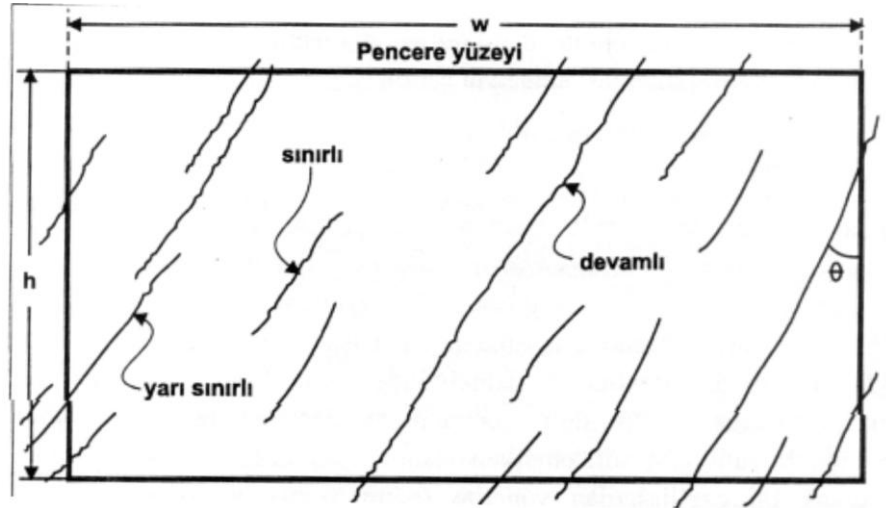


Şekil 3.12 Bir mostrada süreksizlik hat etüdü ve ölçüm hattını kesen süreksizlikler (Ulusay ve Sönmez, 2002).

Ölçüm yapılan mostrada veya kazı aynasındaki bazı süreksizliklerin doğal süreksizlik olup olmadığı konusunda tereddütler yaşanabilir. Hat etütlerinde patlatma veya kazı sonrası oluşmuş yapay kırıklar dikkatli bir şekilde tespit edilip değerlendirmeye alınmamalıdır. Genellikle küçük (devamlılıkları az), pürüzlü, düzensiz, temiz ve gelişigüzel bir yönelime sahip olan süreksizlikler yapay süreksizliklerdir.

### 3.3.2 Pencere Haritası

Pencere haritası yöntemi, mostra yüzeyinde belirlenen bir alan içinde kalan süreksizliklerin özelliklerinin tayin edilmesi amacıyla pencere haritası yöntemi kullanılır. (Şekil 3.13). Hat etütü yöntemine benzemesine rağmen, belirli bir ölçüm hattını kesen süreksizliklerin değil, belirlenen alan içinde kalan tüm süreksizliklerin üzerinde çalışılmaktadır. Dolayısıyla yönelim ve boyut parametreleriyle ilgili olarak yapılan hatalar bu yöntemde azalmaktadır. Fakat sınırlı bir ölçüm alanı olması, özellikle süreksizliklerin devamlılığının belirlenmesinde tanımlama veya ölçümde güçlükler neden olmaktadır. Genelde pencerenin genişliği 15-20 m arasında alınması önerilmektedir.



Şekil 3.13 Pencere haritası tekniği ve pencerenin sınırları içinde gözlenen süreksizlikler (Ulusay ve Sönmez, 2002).

### 3.3.3 Sondaj Karotu

Arazi çalışmalarının ilk aşamalarında genellikle sondaj karotu uygulaması yapılmaz. Yapılan diğer ölçümler sonucu süreksizliklerden elde edilen bilgiler ışığında sondaja ihtiyaç olup olmadığı belirlenmelidir. Eğer sondaj yapılacak ise uygun yer ve yönleri tespit edilmelidir. Eğer sondaj karotları varsa, şu parametreler yardımıyla tanımlanmalıdır; elde edilen toplam karot (R), süreksizlik sıklığı (F), ve kaya kalitesi tanımı (RQD). Bununla birlikte, bu parametreler bir tasarım yapmak için yeterli bilgi vermezler. Sondaj karotları, kaya kütlelerinin bir doğrultusunda örnekleme yapabilir. Süreksizliklerin yönelimi, aralığı ve takım sayıları gibi yapısal özellikler, takım sayıları ve yönelimi gibi bilgiler olmaksızın, bir doğru boyunca alınan numunede tam olarak ortaya konamaz.

Sondaj karotlarından ölçüm yapabilmek için ihtiyaç duyulan birtakım malzemeler vardır. Bunlar; mm bölümlü en az 3 m uzunluğunda bir şerit metre, süreksizliklerle karot eksenini arasındaki açığı ölçmek için açıölçer, karot yıkamak için gerekli malzemeler ve ihtiyaç halinde kullanılmak üzere sondaj periskopu, kamera, TV kamerası, su seviyesi gösterge cihazıdır. Yöntem uygulanırken izlenmesi gereken yol;

a) Gözlem yapabilmek için öncelikle çamurlu karotlar yıkanmalıdır. Bununla birlikte, dolgulu süreksizlikler ve suya ve kurumaya karşı hassas killi kayaçlar söz konusu olduğunda bu işlemde kaçınılmalıdır.

b) Ayrıntılı ölçümlere geçmeden önce, yapısal sınırlar ve ölçülecek yapıları belirlemek için karot bir bütün olarak incelenmelidir. Herhangi bir hatanın olup olmadığını kontrol için jeolojik sınırların derinliğini gösteren işaretler ve her bir sondaj manevrasının başlangıç ve bitiş noktalarına bakılmalıdır.

c) Elde edilen toplam karot (R), açılan bir sondajda en fazla % 2 hata ile ölçülen karot parçacıklarının toplam uzunluğu olarak ifade edilir. Karot çok küçük parçacıklardan oluştuğunda, bu parçaların uzunluğu, parçalar birleştirilerek tahmin edilmeye çalışılır.

Karot elde etme, yapısal olarak belirli kaya birimlerini değil, sadece karot alınan kısmı veya sondajın tamamını tanımlamak için yapılır.

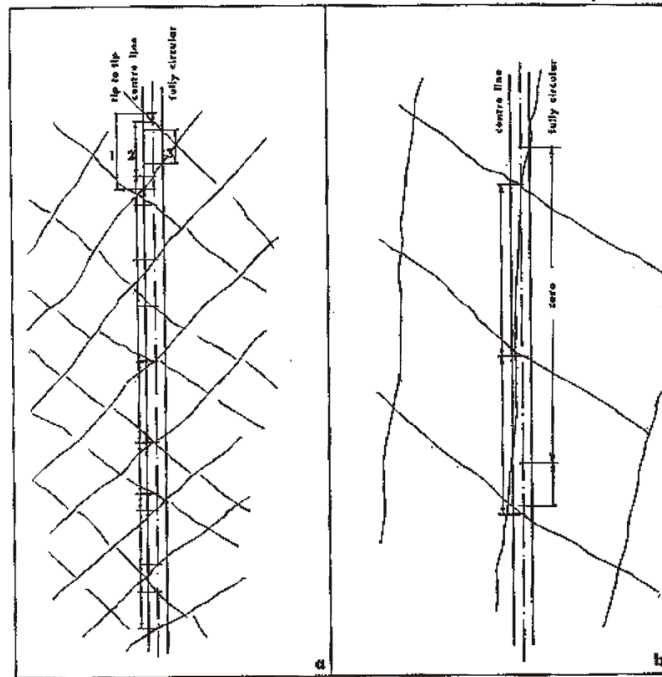
d) Sıklık-frekans (F), elde edilen bir karotun birim uzunluğunu kesen doğal süreksizliklerin sayısı olarak tanımlanır ve her bir metredekiler sayılarak bulunur. Bu aşamada süreksizliklerin yönelimi dikkate alınmadığından, farklı yönlerdeki sondajların farklı sonuçlar vereceği açıktır. Sondaj işleminden ve sert manevralardan kaynaklanan yapay çatlaklar eğer doğal çatlaklardan ayırt edilebiliyorsa sayılmamalıdır.

e) Kaya kalitesi tanımı (RQD), 10 cm' e eşit ve 10 cm'den daha uzun sağlam kaya parçalarının toplam sondaj uzunluğuna oranının yüzde olarak ifade edilmelidir. Birbirine yakın eklemler, faylanma ve bozunma sonucu oluşan ve 10 cm'den küçük parçalar sayılmaz.

Eğer karot, sondaj işlemi veya manevra sonucu kırılmışsa (örneğin eğer çatlaklar doğal yüzeylerden daha taze görünüyorsa), yapay işlemler sonucu kırılan parçalar birleştirilir ve tek parça olarak sayılır. Çevresindeki kayaçlardan daha zayıf olan

örneğin aşırı konsolide olmuş dolgu gibi malzemeler 10 cm' den daha uzun sağlam karot verseler bile sayılmazlar. (Bu tür malzeme zaten ancak çok gelişmiş sondaj ekipmanı, deneyimli ve dikkatli bir sondaj ekibi ile elde edilebilir).

Her bir karot parçasının uzunluğu, karotun merkez eksenini boyunca değerlendirilmelidir. Dolayısıyla, sondaja paralel olan süreksizlikler, kaya kütlesi masif olmadıkça RQD değerlerini fazla etkilemez (Şekil 3.13). RQD değerlerinin, bir sondaj manevrasında elde edilen sabit uzunluklardan çok bir değişken olarak algılanması daha yararlıdır. Böylece, bireysel tabakaların, yapısal bölgelerin ve zayıflık zonu gibi bölgelerin değerleri ayrıca belirlenmiş olur. Böylece doğadan kaynaklanan bir değişken belirlenmiş ve bölgenin daha sağlıklı bilgileri ile düşük veya sıfır RQD değerlerine sahip bölgenin genişliği elde edilmiş olur.



Şekil 3.13 Boşluk parçalarının uzunlukları (Akyol, 2002).

Karot boyları, sondaj incelemeleri (sondaj periskopu, TV kamerası) ve/veya su enjeksiyonu deneylerinin kombinasyonu, elde edilen karotlar üzerinde daha az görülebilen açıklık, dolgu, su akımı gibi parametrelerin değerlendirilmesinde tavsiye edilmektedir.

Elde edilen karot (R), sıklık (F) ve kaya kalitesi tanımının (RQD) belirlenmesine ilişkin genel işlemlere ilave olarak, varlığı muhtemel on parametre ile ilgili daha kantitatif verileri belirlemek için aşağıdaki ek işlemler tavsiye edilmektedir:

1) *Yönelim*; Karot eksenini ile kesişen açıları ölçmek için bir açıölçer yardımı ile karotu kesen süreksizliklerin görünür yöneliminin belirlenmesine çalışılmalıdır. Eğer sondaj düşey ise,  $(90-\varphi)$  olan açılar süreksizliklerin gerçek eğimini verir fakat yönlü karot olmaksızın, eğim yönü bilinemez. Tabakalanma veya yapraklanma gibi, gözle görülebilir yapısal özelliklerin olduğu yerlerde eğer iki veya daha fazla ve birbirine paralel olmayan sondaj açılırsa, grafik yöntemleri kullanarak bu özelliklerin doğrultu ve eğimi bulunabilir. Eğer mevcut yüzey haritası belirli eklem takımlarının yaklaşık yönelimini gösteriyorsa, yönlü sondajlarla, bu yapıların derindeki yönelimi kontrol edilebilir. Eğer düşey ve yatay eklemlerin varlığı söz konusu ise, eğimli sondajlar (tercihen  $45^{\circ}$ ) açmak yararlıdır. Süreksizliklerin yönelimi (eğim ve eğim yönü) özel televizyon kameraları ve periskoplar kullanılarak yapılan sondaj araştırmaları ile belirlenebilir.

2) *Aralık*; yapraklanma ve tabaka yapıları işaretlenmiş bir kayada, ayrı ayrı olan karot parçalarının birleştirilmesi mümkündür. Aralık (S), bir takımındaki birbirine komşu doğal süreksizlikler ile bu özelliklerin karot eksenini kestiği açı ( $\theta$ ) arasındaki karot eksenini boyunca, ölçülen uzunluğa (L) bağlıdır. Bu ise  $S = L \cdot \sin \theta$  Muhtemel eklem dalgalılığı ve pürüzlülüğüne bağlı olarak, belirli bir takımındaki bireysel eklemler ile karot eksenini arasındaki açılar ( $\theta$ ) kaya mostralarında ölçülen değerlerden daha az güvenilir olacaktır. Bir eklem takımı, bir sondaj tarafından dik olarak kesildiğinde, S, L'ye eşit olduğundan, aralık doğrudan ölçülebilir. Yönlendirilebilen sondaj gözlem cihazları (periskop, TV kamera) açıklık ölçümlerindeki doğruluğu arttıracaktır.

3) *Devamlılık*, Sondajlar birbirlerine çok yakın açılmadıkça, karotlarından ve sondaj araştırmalarından devamlılığı değerlendirmek pek mümkün değildir. Eğer birbirine çok yakın sondajlar var ise, belirli bir süreksizlik veya takımının

devamlılığı ile ilgili yorumlar yapmadan önce, süreksizliklerin çok dikkatli bir şekilde korelasyonu yapılmalıdır.

4) *Pürüzlülük*; Süreksizliklerin yüzey pürüzlülüğüne ait büyük (kaba) özellikler ve bununla ilişkili gerçek ölçekteki kesme dayanımı sadece sondaj karotları yardımı ile değerlendirilemez. Kayanın türü çok zayıf ve/veya karot parçalanacak şekilde sondaj çok kötü olmadıkça, periskoplarla veya TV kameraları ile yapılan sondaj incelemeleri pürüzlülük konusunda iyi fikir vermezler.

5) *Kaya yüzey dayanımı*; Sondaj karotları belirli bir doğrultu boyunca kaya numuneleri elde ettiği için, süreksizlik düzlemlerindeki bozunmanın derinliği gibi özellikler doğrudan gözlenebilir ve bu nedenle daha doğru olarak tanımlanabilir.

6) *Açıklık*; Tek parça (bütün) numune alma yöntemi kullanılmadıkça, sondajla kesilen süreksizliklerin açıklığını tahmin etmek mümkün değildir. Eğer süreksizliğin her iki yanındaki karot parçaları elle birleştirilebiliyorsa ve gözle görülen hiçbir boşluk kalmıyorsa, süreksizlik yerinde kapalı demektir. (Örneğin, çok kapalı <0,1 mm, veya kapalı 0,1-0,5 mm). Bununla birlikte, yapısal özelliğin kapalı olduğu kesin değildir ve yerinde "boşluklu" olabilir (örneğin orta genişlikte 0,5-2,5 mm veya geniş 2,5-10 mm v.b.). Bu türdeki karot parçalarının yüzeylerinin bir hizaya getirilmesi bu özelliğe dikkat edilerek yapılmalıdır. Birbirine komşu iki karot parçacığı, kendilerini kesen süreksizlik boyunca tam olarak çakışacak şekilde birleşemezler ve eğer boşluklar gözle görülebiliyor ise, süreksizlikleri tanımlamak için açık terimi kullanılabilir. Eğer sondajda dolgu malzemesine rastlanamamış ve bozunmuş maddeler sondaj işlemi sırasında aşınıp gitmişler ise, süreksizlik yerinde kısmen kapalı olabilir.

7) *Dolgu*; Tek parça numune alma yöntemi veya en iyi sondaj ekipmanı (örneğin ikili veya üçlü karotiyerler, yarık iç tüp v.b.) kullanılmadıkça, yumuşak dolgu malzemelerin önemli bir kısmı kaybedilir. Klasik sondajla elde edilmiş karotlarda muhtemelen sadece kil minerallerinin süreksizlikler, üzerinde izi görülecektir



8) *Su akımı*; Sondajlarda, aşağı sarkıtılan ve pille çalışan elektrik kontak cihazları kullanarak su seviyesi doğrudan belirlenebilir. Asılı su tablaları hakkındaki ek bilgiler, her bir sondajdaki loglardan elde edilebilir. Periskop ve TV kameraları kullanılarak, sondaj yüzeylerindeki su akış izlerinin olup olmadığı araştırılabilir.

9) *Takım sayısı*; Sondaj karotlarından ve sondaj gözlemlerinden elde edilen bilginin miktarı, sondajın mevcut takımlar ile olan göreceli yönelimi ve eklem aralığı ile ilişkili olarak sondajın uzunluğuna bağlı olacaktır. Eğer, mevcut yüzey haritaları, belirli süreksizlik takımlarının yönelimini yaklaşık olarak belirtiyorsa, yönelimi dikkatli seçilmiş sondajlar, derinlerdeki takım sayılarını kontrol etmek için kullanılabilir. Eğer sondajlar, açık bir şekilde fark edilecek farklı açılarla, farklı takımları kesecek biçimde açılırsa, karot gözlemleri daha kolay olacaktır. Bunun için genellikle en az iki adet birbirine paralel olmayan sondajlar gereklidir. Yüzeyde gözlenen takımların sayısı, büyük bir ihtimalle derindekilerden daha fazladır.

10) *Blok boyu*; Blok boyu terimi, aralık, takım sayısı, devamlılık ve yönelim faktörlerince etkilenen kaya kütesinin karma bir tanımıdır. Kaya karotu gözlemlerinden üretilen bir blok boyu logu sadece gerçek blok boyu hakkında iyi bir fikir verir (Akyol, 2002).

### **3.3.4 Pusula ve Klinometre Yöntemi**

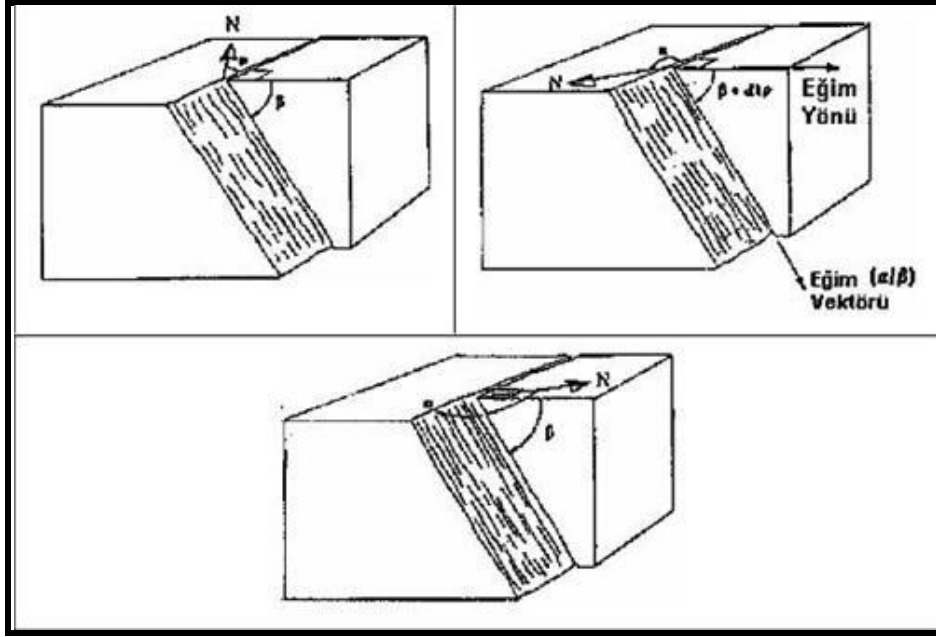
Süreksizliklerin göreceli olarak bir mühendislik yapısına olan yönelimleri, duraysız şartların olasılığı veya aşırı deformasyonların oluşmasını büyük ölçüde kontrol eder. Düşük kesme dayanımı ve yeterli sayıdaki süreksizlikler veya eklem takımlarının kayma oluşturması gibi deformasyona neden olan diğer şartlar mevcut ise, süreksizliklerin önemi daha da artar. Süreksizliklerin karşılıklı yönelimi, kaya kütleleri içerisindeki bireysel blokların ve tabakaların şeklini belirleyecektir. Yerinde ölçümlerde tercih edilen tez çalışmasında da kullanılan pusula yöntemi aşağıda anlatılmaktadır.

Uzaydaki bir süreksizliğin yönelimi, yatay ile yaptığı en yüksek eğim, ve gerçek kuzeyden itibaren saat ibresi yönündeki ise eğim yönü'dür (Örnek: eğim yönü/eğim ( $135^{\circ}/28^{\circ}$ )). Pusula kapağı eğime paralel tutularak eğim miktarı ölçümü yapılmadan önce pusuladaki su düzenci düzeçlenmelidir. Böylelikle eğim ölçümündeki hata minimize edilir. Ulaşılması mümkün olmayan (tabaka düzlemi altında kalan) eklemlerin yöneliminin tahmin edilmesi gerektiğinde, yatay kabarcığı görmeye yarayan bir yansıtıcı yardımı kullanılmalıdır. Ölçülen eğim ( $0^{\circ}$ -  $90^{\circ}$ ) arasında olmalıdır. Eğim yönü ise kuzeyden itibaren saat yönünde olacak şekilde ölçülür ve ( $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$ ) arasında olmalıdır.

Demir borular, demiryolları veya cevherlerin anomalilerinin neden olduğu manyetik sapmalar bazen yanlış pusula okumalarına neden olur. Böyle durumlarda 50 m uzunluğundaki bir şerit, kaya yüzeyi veya tünel duvarına paralel uzatılmalı ve plan veya ölçüm aletleri yardımı ile yönlendirilmelidir. Bir ayağı şeride paralel yerleştirilerek klino kuralı uygulanır ve eğim yönü bu şeride bağlı olarak okunur. Alınan arazi ölçümleri analiz edilmeden önce, verilerin kuzey düzeltmeleri yapılmalıdır. Bu işleme alternatif olarak, doğrudan okumalı açık iletken kullanılabilir (Akyol, 2002).

Belirli bir bölgedeki çeşitli eklem takımlarını tanımlamak için yeterli sayıda ölçüm alınması gerekir. Bunun için gerekli sayı 80-300 arasında değişebilir, fakat ortalama 150 civarındadır. Bu sayı esas olarak haritalanan alanın genişliğine, yönelimin çeşitliliğine ve çalışma için gerekli ayrıntıya bağlıdır. Eğer yönelim aynı ise, iyi bir örnekleme sayısını büyük ölçüde düşürecektir.

Pusula ve klinometre ile yapılan yönelim (doğrultu), eğim ölçümlerinin hassasiyeti şu önemli faktörlere bağlıdır; ölçülecek düzlemin ulaşılabilirliği, görülen düzlemin serbest ölçme yüzeyinin olması, düzlemin düzgünlüğü (pürüzsüz oluşu), manyetik anomalilerin varlığı ve insan hataları. Pusula ölçümü yapmadan önce, klinometre eğimin en fazla olduğu yöne yerleştirilerek, insan hataları en aza indirilebilir. Değerler stereografik çizim için kullanılacaksa, hataları önlemek için en doğru değerler okunmalıdır.



Şekil 3.14 Üç farklı düzlemde yönlendirilmiş doğrultu, eğim ve eğim yönünü gösterir diyagram (Doğrultu =  $\alpha$ , Eğim =  $\beta$ , Eğim yönü =  $\alpha + 90$ ). (Akyol, 2002).

Veri sunumunun en basit yolu, aşağıda verilen doğrultu ve eğim sembollerini, jeolojik haritada en doğru yerine çizmektir.

Örneğin;



Eğimi  $45^{\circ}$  olan, doğrultusu ise çizilen doğru yönünde olan bir süreksizliği gösterir. Eğim yönü, eğim aşağı sembolü ile gösterilir.



Yatay bir süreksizliği gösterir



Doğrultusu gösterilen çizgi boyunca olan düşey bir süreksizliği gösterir.

Yukarıdaki şekilde sunulabilecek düzlemlerin sayısı elbette haritanın alanı ile sınırlıdır. Bununla birlikte, esas süreksizlik yönelimi hakkında genel bir fikir vermek oldukça yararlıdır (Akyol, 2002).

Çeşitli tipteki süreksizlikleri göstermek için farklı semboller kullanılır. Örneğin, aşağıdaki semboller eklem, tabakalanma ve foliasyon (yapraklanma) için kullanılır:

Eklemler



Tabakalanma

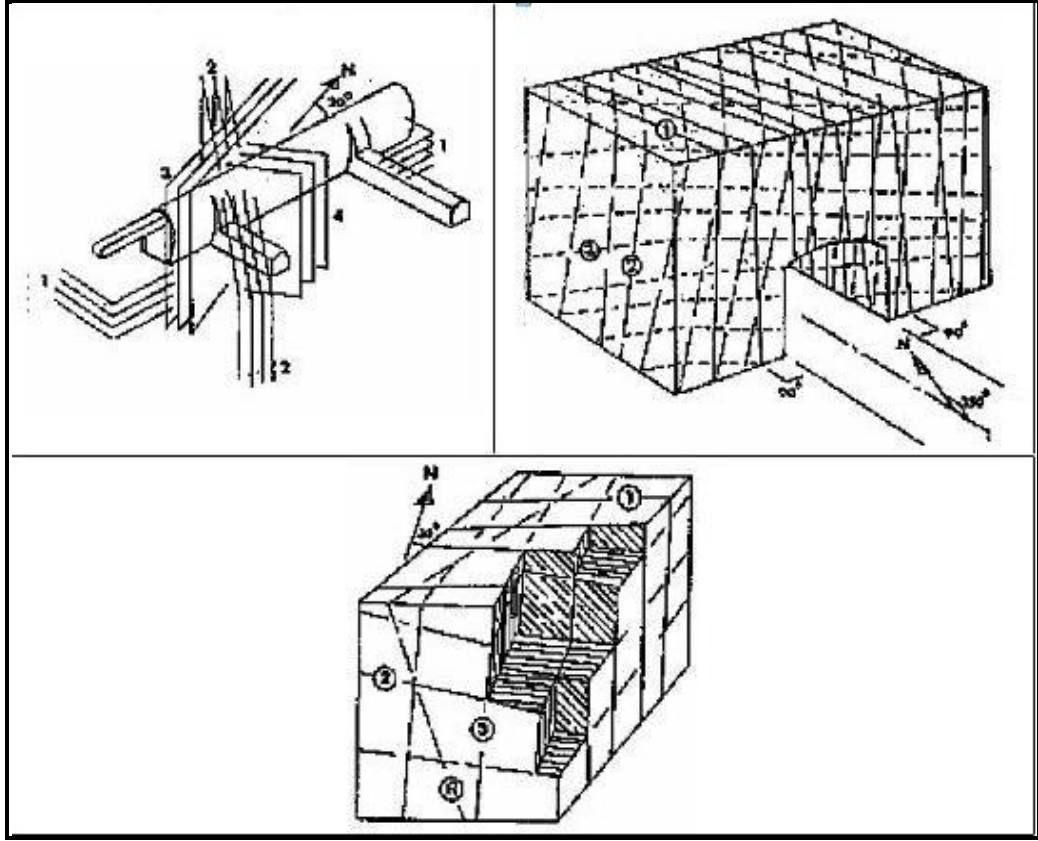


Foliasyon



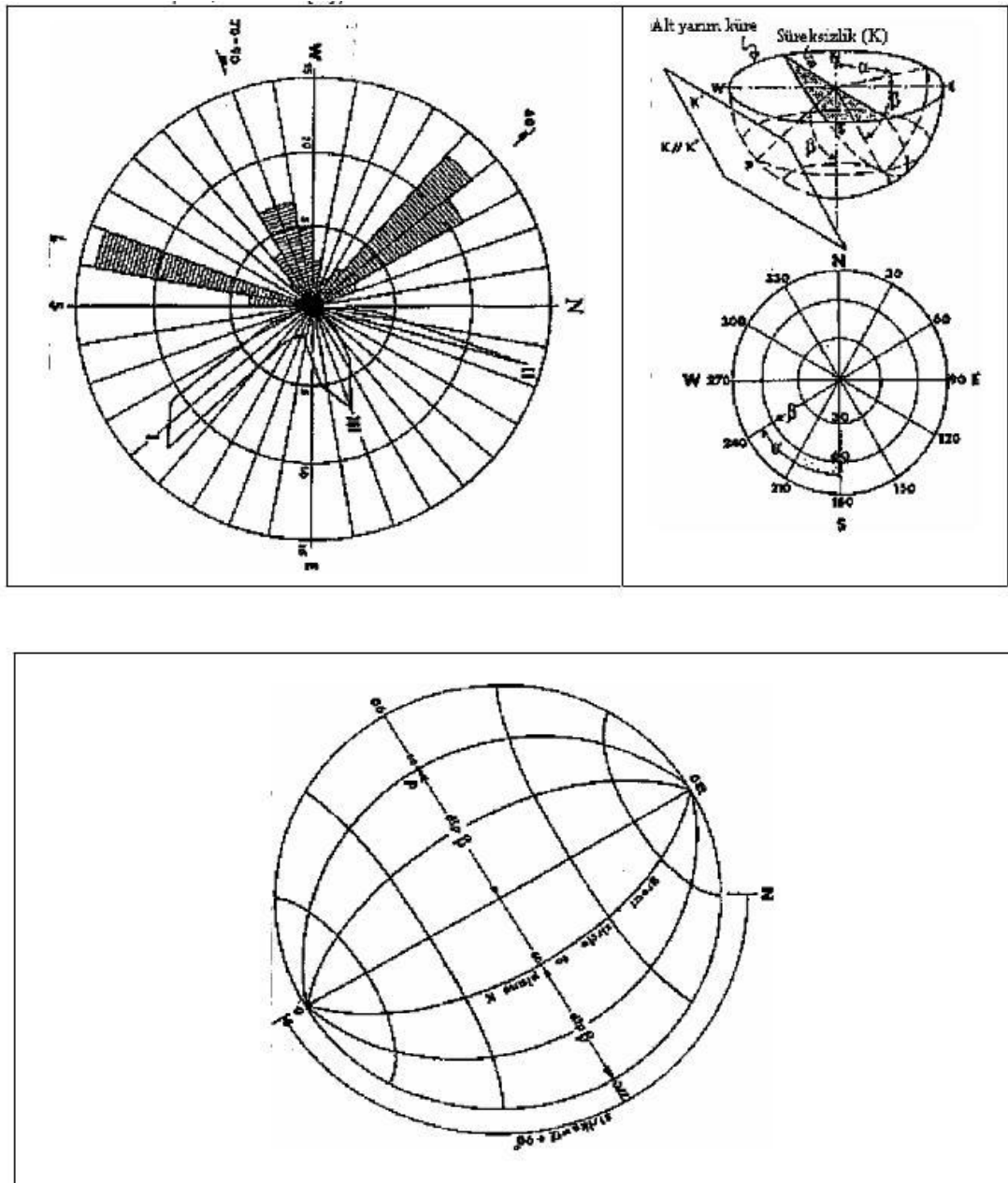
Kullanılan semboller için bir lejant her zaman verilmelidir. Esas süreksizlik mostraları, jeolojik haritalar üzerine doğrudan çizilmelidir. Örneğin kalın, sürekli çizgiler (—) esas, devamlı görünür süreksizlikler için, kesik ve kalın çizgiler (- - -) ise yerel olarak örtülü fakat devamlı esas süreksizlikler için kullanılabilir.

Harita üzerinde gösterim haricinde çalışma başlangıcında ham arazi verilerini değerlendirmede birtakım kalitatif görsel teknikler kullanmak fayda sağlayabilmektedir. Mühendislik yapısı ile kaya kütleleri arasındaki ilişkiyi göstermek için kullanılan perspektif çizimlerden blok diyagramlar mostraların bitki örtüsü ile kaplı olduğu durumlarda fotografik bilgi için yararlıdır.



Şekil 3.15 Eklemler ve mühendislik yapılarıyla ilişkilerinin gösterildiği resim ve blok diyagramlar (Akyol, 2002).

Eğer eklem takımlarının sayısı fazla ise bunların yönelimini kantitatif çizmek için kullanılan en yaygın yöntem ise eklem rozetleridir. Bu yöntemde, ölçümler  $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$  (veya 0-400g) işaretli basitleştirilmiş pusula gülü üzerinde  $10^{\circ}$  (veya 10g)'lik radyal çizgiler ile gösterilir. Her bir süreksizlik takımı için eğim ölçümlerinin aralığı, rozette gösterilemez. Bu nedenle, böyle bilgiler dairenin dışında verilmelidir. Yatay süreksizliklerin doğrultu ve eğim ölçümleri genel olarak eklem rozetleri kullanılarak yeteri şekilde gösterilemezler. Eklem rozetleri, kutupsal diyagramlar için yaygın olarak kullanılmasına rağmen, bazen verileri yanlış gösterebileceği unutulmamalıdır. Bu yöntem ile büyük yoğunlaşmalar abartılmakta ve küçük yoğunlaşmalar ise gizlenmektedir. (Pineus, 1953).



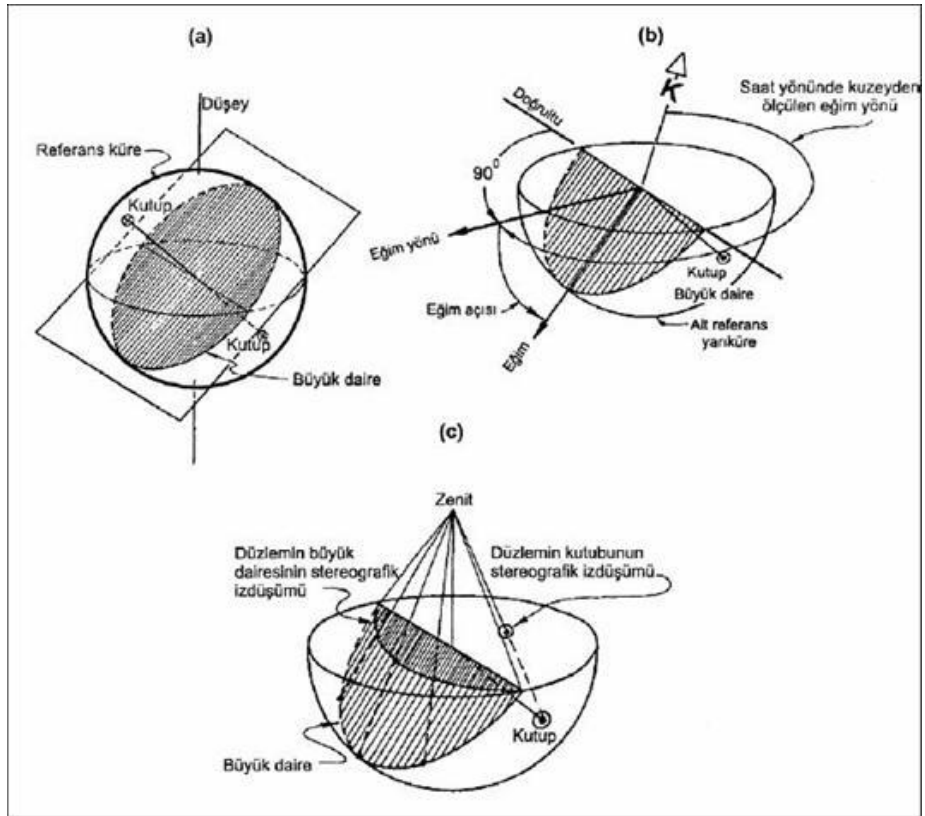
Şekil 3.16 Bir eklem rozeti üzerinde veri yönleniminin iki şekilde gösterimi. Kutupsal eş-alan neti ve ekvatoryal eşalan neti üzerinde gösterim (Pineus, 1953).

### 3.3.5 Stereografik İzdüşüm Tekniği

Kayaç kütlelerindeki süreksizliklere ilişkin eğim ve eğim yönü ölçümlerinin mühendislik uygulamalarında değerlendirilebilmesi amacıyla, yaygın bir şekilde kullanılan stereografik izdüşüm tekniğinden yararlanır. Bu teknik kullanılarak; süreksizliklerin istatistiksel dağılımı ve buna bağlı olarak da kaya kütlelerinde

karşılaşılması olası duraysızlık türleri belirlenmekte ve çeşitli çözümleme yöntemleriyle duraylılık koşulları incelenebilmektedir.

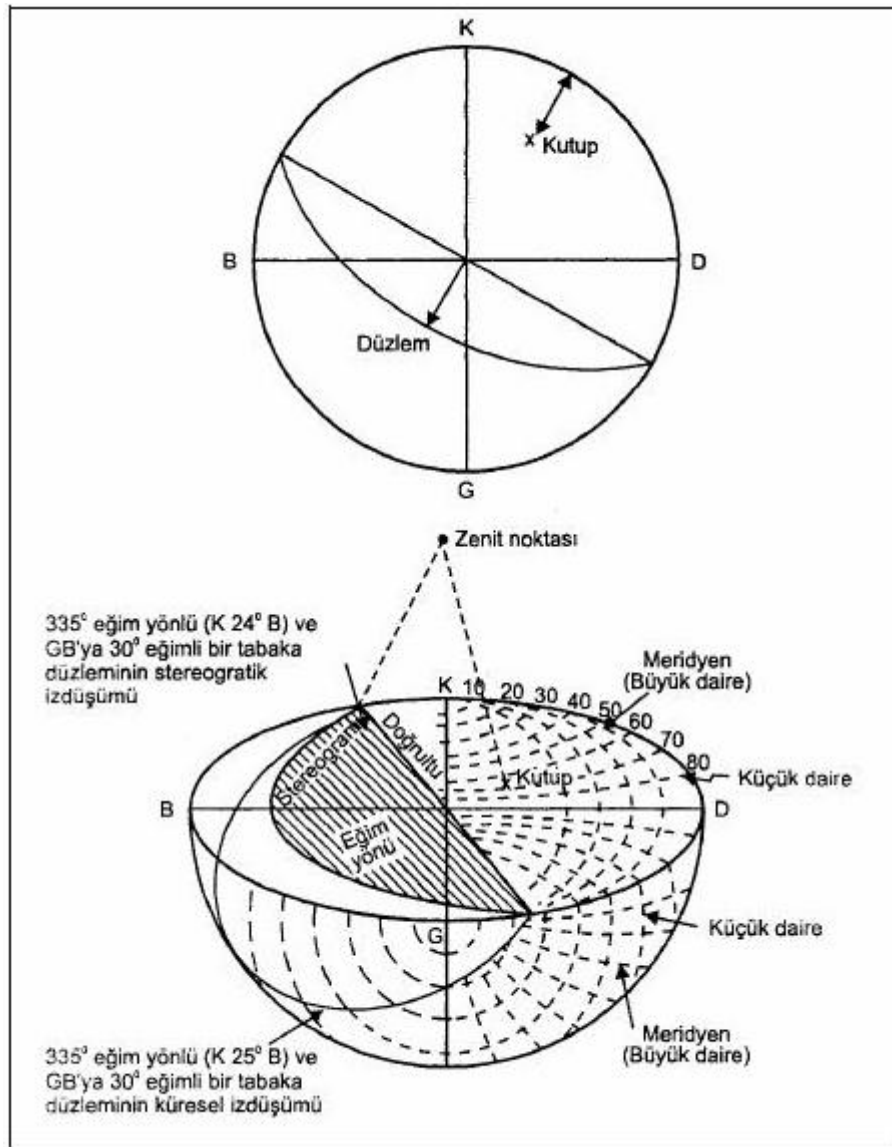
Üç boyutlu süreksizlik yönelimi verilerinin iki boyutta gösterilmesinden kaynaklanan güçlükler, stereografik izdüşüm tekniğiyle giderilmiştir. Bu teknikte, bir düzlemin üç boyuttaki konumu, küresel izdüşümle iki boyutta grafiksel olarak gösterilir. Yöntemde; bir kürenin merkezinden geçen bir düzlem, küre yüzeyini büyük bir daire boyunca keser ve bu büyük daire yatay yarım küre üzerinde bir yay şeklinde gösterilir (Şekil 3.17a). Uygulamada projeksiyon alt yarım küreden yapılır (Şekil 3.17b). Düzleme dik olacak şekilde, merkezden geçen doğru ile kürenin yüzeyinin kesiştiği nokta "kutup noktası" olup, bu nokta yatay düzlem üzerine Şekil 3.17c'de gösterildiği gibi iz düşürülür.



Şekil 3.17 (a) Eğimli bir düzlemin yönelimini tanımlayan büyük daire ve kutupları, (b) stereografik izdüşümde alt yarım küre için kullanılan terimler, (c) alt yarım küredeki düzlemin büyük dairesi ile kutbunun yatay düzleme stereografik izdüşümü (Hoek & Brown, 1980).

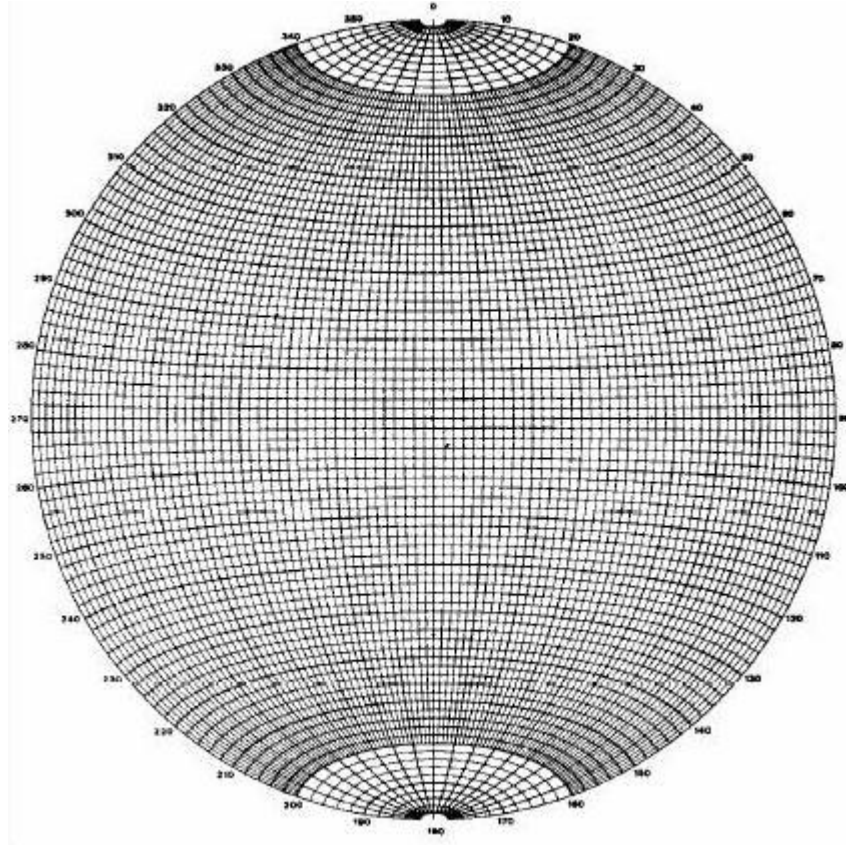
Bir süreksizlik düzlemi stereografik izdüşümde, ya bir düzlemlle (büyük dairesi ile) veya bu düzleme dik konumlu kutup noktası ile gösterilir (Şekil 3.18). Mühendislik uygulamalarında süreksizlik düzlemlerinin eğim ve eğim yönleri eş- alan stereonetlerine işlenir. Bu amaçla,

- 2<sup>0</sup> aralıklı ekvatorial eş- alan stereonetleri (Şekil 3.19) ve
- 2<sup>0</sup> aralıklı kutupsal eş- alan stereonetleri (Şekil 3.21) kullanılır.



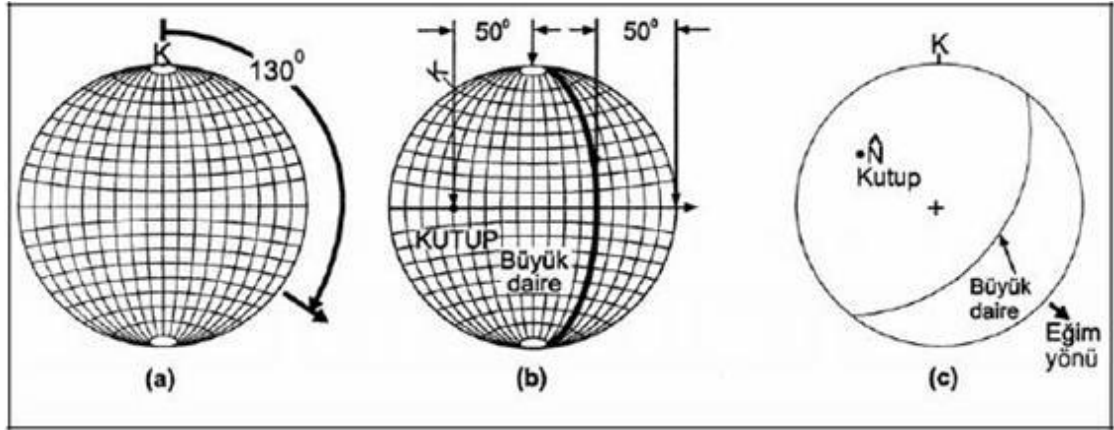
Şekil 3.18 Stereografik izdüşüm tekniğinin esasları (Ak, 2006).





Şekil 3.19 Ekvatorial eş-alan stereoneti (Lambert projeksiyonu veya Schmidt neti) (Robert & Hatcher, 1995).

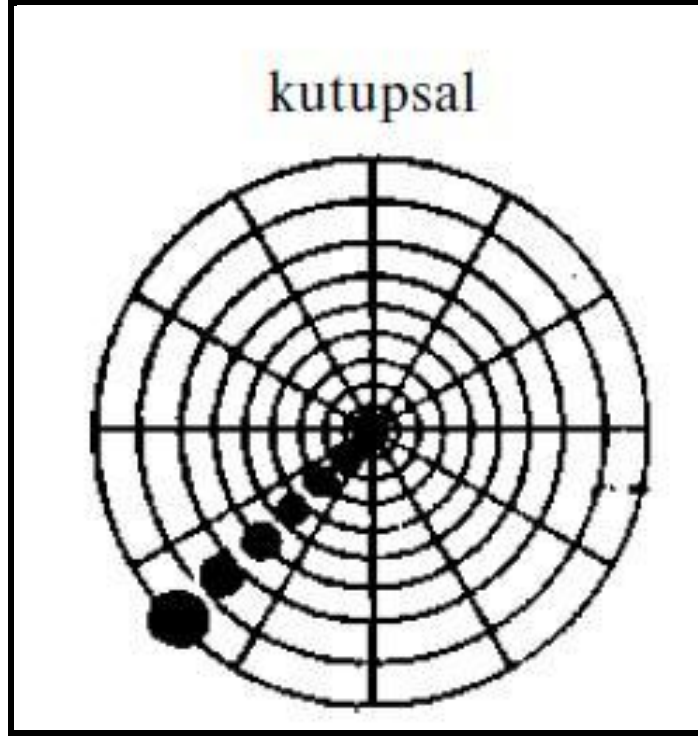
Ekvatorial eş-alan stereonetin üzerine süreksizliklerin eğim ve eğim yönleri işlenerek büyük daireleri çizilir. Bunun için netin merkezine sabitlenmiş bir raptiyeye ayrıca saydam bir kâğıt veya aydıngeçer takılır ve üzerine netin kuzeyi işaretlenir. Süreksizliğin eğim yönü netin kenarından sayılıp saydamla işaretlenerek (Şekil 3.20a), bu nokta netin D-B çizgisi ile çakışana değin sağa veya sola döndürülür. Daha sonra DB ekseninde netin kenarından merkezine doğru süreksizliğin eğim açısı kadar sayılır ve bu değeri sağlayan noktadan süreksizliğin büyük daireleri çizilir (Şekil 3.20b). Süreksizliğin kutbu ise, çizilen büyük daireden itibaren ve yine D-B ekseninde netin diğer kısmına doğru  $90^{\circ}$  veya netin diğer bölümünde net kenarından içeri doğru ( $90^{\circ}$  eğim açısı) kadar sayılarak saydamla işaretlenir (Şekil 3.20b). Saydam, üzerine işaretlenen kuzey noktası alttaki netin kuzeyi ile çakışana, yani saydam başlangıçtaki konumuna gelinceye kadar döndürülerek (Şekil 4.20c) süreksizliğin konumu nete işlenmiş olur.



Şekil 3.20 Yönelimi (eğim/eğim yönü) 50/130 olan bir süreksizliğin büyük daire ile kutbunun stereonette gösterilmesi (Ak, 2006).

Süreksizlik setlerinin sayısının ve bunların ağırlıklı (egemen) yönelimlerinin belirlenmesi ve mühendislik uygulamalarında değerlendirilmesi amacıyla, stereonete işlenen kutup noktalarından yararlanılarak kontur diyagramları hazırlanır. Bu diyagramların hazırlanmasındaki amaç, benzer yönelimlere sahip süreksizliklerin dağılımından, dolayısıyla kutup noktalarının gruplaşmasından hareketle süreksizlik seti sayılarının ve bu setlerin egemen yönelimlerinin belirlenmesidir.

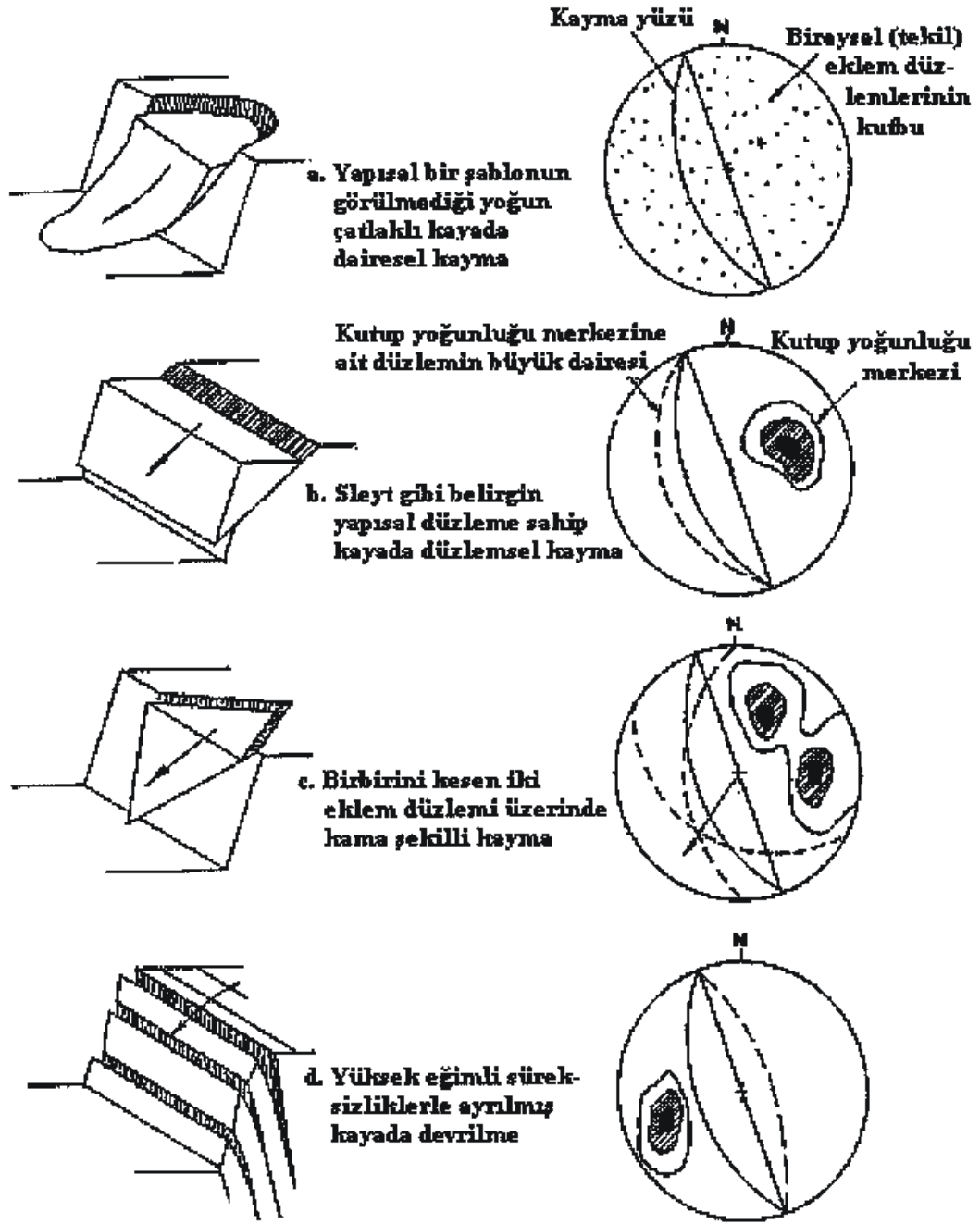
Kutupsal eş-alan stereoneti üzerine süreksizliklerin eğim ve eğim yönleri kullanılarak kutup noktaları bulunur. Kutupsal eşit alan ağı, asetat veya aydinger kullanmaksızın kutupları çizmek için en uygun yoldur. Çeşitli süreksizlik takımlarına ait verilerin yönelimini bulmada ilk adım için, kutup gruplarının gözle belirgin olarak tanınması gerekir. Kutup yoğunlaşmalarının en fazla olduğu merkez değeri, hesaplanan süreksizlik takımlarının ana yönelimi olarak alınabilir.



Şekil 3.21 Kutup noktalarının kutupsal eşalan stereonetinde gösterimi.

Kontur diyagramlarının hazırlanması amacıyla değişik yöntemler ve sayıcılar kullanılmakta olup, günümüzde bu işlem artık bilgisayar programları ile yapılmaktadır.

Şev stabilitesi gibi tipik kaya mekaniği problemlerinin gösteriminde hem kutup hem de büyük dairelerin çizimi için ekvatoryal eşit alan ağlarının kullanımını göstermektedir. Duraylılığın üç boyutlu yönetime ve serbest yüzeylere bağlı olduğu yerlerde küresel projeksiyon yöntemleri oldukça yararlıdır.



Şekil 3.22 Olası şev yenilmeleri ve ilgili yapısal verilerin ekvatoryal eş-alan neti üzerinde gösterimi (Hoek and Bray, 1991).

### 3.3.6 Fotogrametrik Yöntemler

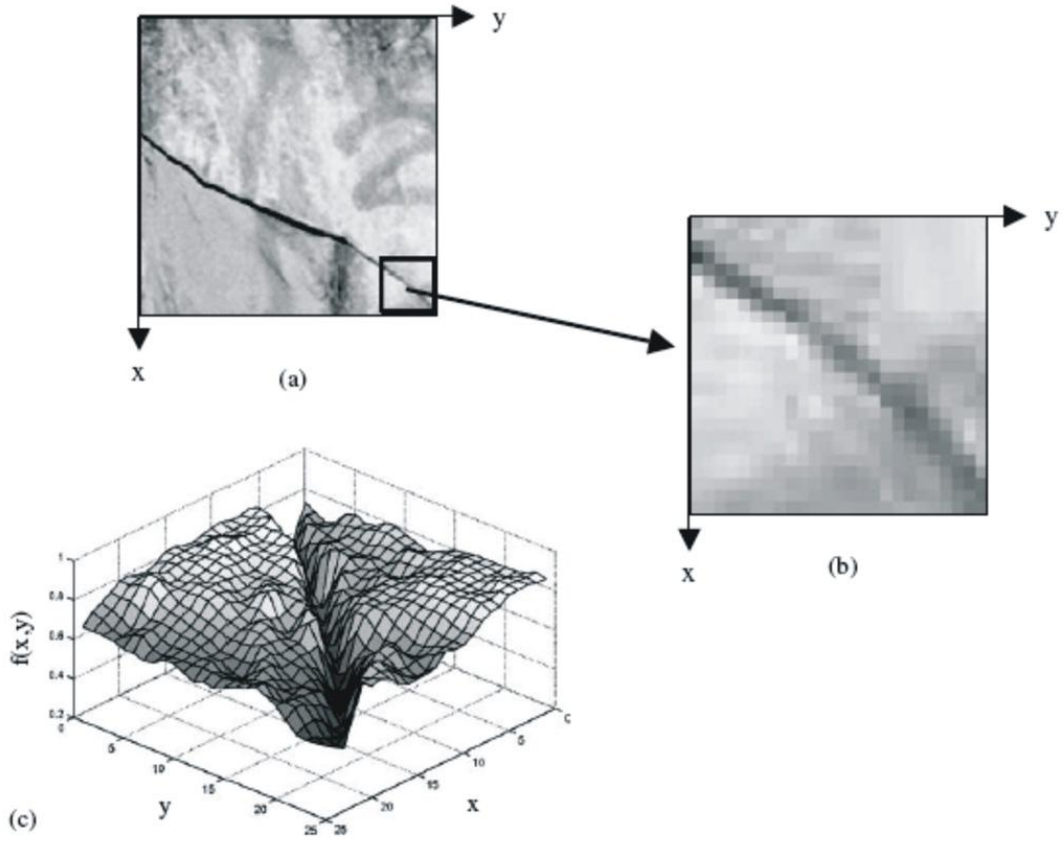
Bu süreksizlik haritalama tekniği, herhangi bir düzlemi tanımlayabilmek için, görülebilen her bir süreksizlik düzlemine ait dört koordinat noktasının cisimlere fiziksel temas sağlamadan fotogrametrik olarak belirlenmesi esasına dayanır. Alan

küçüldükçe hassasiyet azalmakla birlikte, geniş düzlemlerin fotogrametrik yöntemle hassas olarak haritalanması mümkündür. Son yıllarda farklı disiplinlerde kullanılan bu yöntem ile cisimler amaca uygun olarak tanımlanmakta, ölçülmektedir. Yöntem, eğer çok sayıdaki süreksizliklerin yöneliminin bulunması gerektiğinde ekonomiktir. Çünkü oldukça fazla olan gözlem ve ölçüm maliyetlerini düşürmesidir. Bununla birlikte, kayaç yüzeyi veya çevresinin manyetik anomali sunması veya kaya yüzeyinin duraysız ve/veya ulaşılamaz olması gibi bazı özel durumlarda da (az sayıda süreksizlik olmasına rağmen) kullanılmaktadır.

Görüntü analiz metotlarının yerbilimlerinde kullanılması görüntü alma tekniklerindeki gelişmelere paralel olarak uygulanmıştır. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere görüntü analizi teknikleri hızlı bir şekilde uyum sağlamak ve daha gelişmiş algoritmalar bilgisayarlar ile görüntülere uygulanabilmektedir. Görüntü analizi teknikleri jeolojide ilk uygulamalarını boşlukların ölçümü ve tanımlanması alanında bulmuştur. Buna paralel olarak kaya yüzeylerinde bulunan süreksizlikler, tane büyüklükleri, renk gibi görüntünün tanımlanabilen farklı özellikleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Birçok alanda kullanılan görüntü işleme teknikleri ile, mikroskop altındaki partikül boyutları, şekil analizleri gibi uygulamalar geliştirilmiştir. Ayrıca 2 boyutlu farklı açılardan alınan görüntülere yapılan analizlerle hacim hesaplarına yönelik çalışmalarda yapılmıştır (Karakuş, 2006).

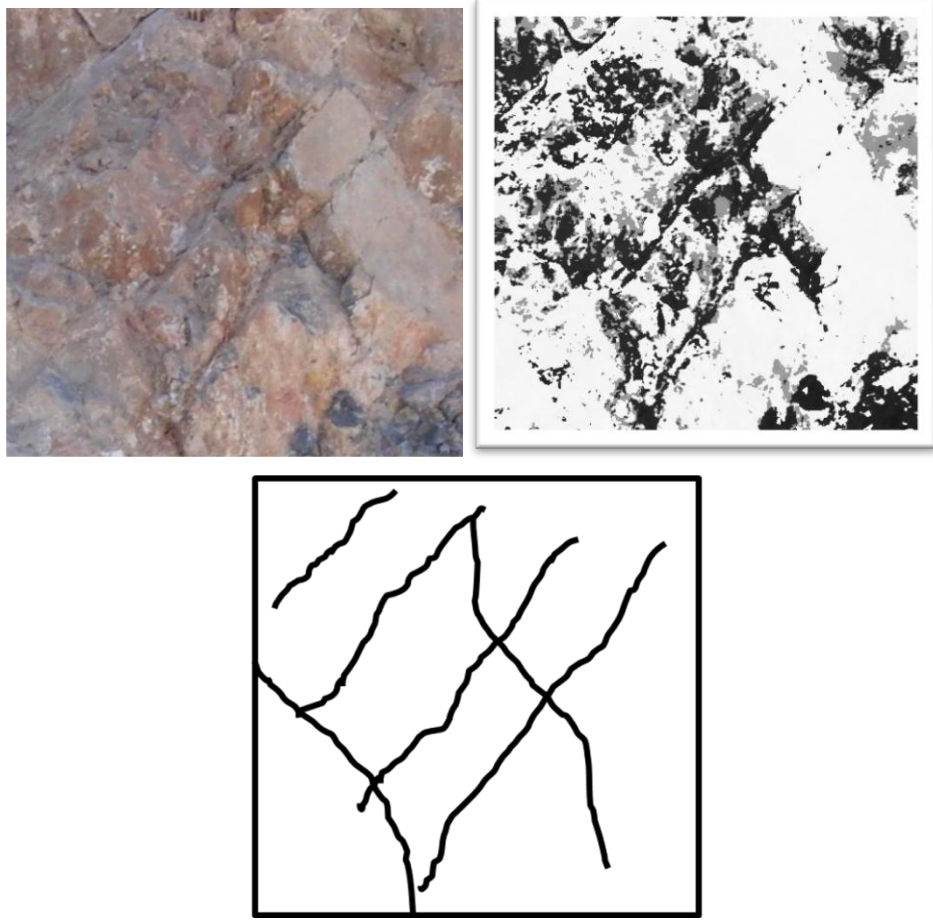
Görüntü analizi ile süreksizliklerin tespit edilmesine yönelik ilk çalışma 1976 yılında McCarter' ın fotoğraf kullanarak açık ocaktaki şevlerden ana jeolojik yapıları tespit etmesi olmuştur. Bu yaklaşım madencilik endüstrisinde sürekli olarak topoğrafyanın, jeolojik yapının değişmesi ve bilgilerin hızlı güncellenmesi gerekliliği nedeniyle hemen kendine kullanım alanı bulmuştur (Karakuş, 2006).

Bir kaya kütesindeki süreksizlik görüntüsü Şekil 3.23'de verildiği gibi siyah beyaz fotoğraflarda net olarak gözlemlenebilmektedir. Şekil 3.23c'de örnek görüntüye ait süreksizliklerin koordinat sistemindeki değişimi görülmektedir.



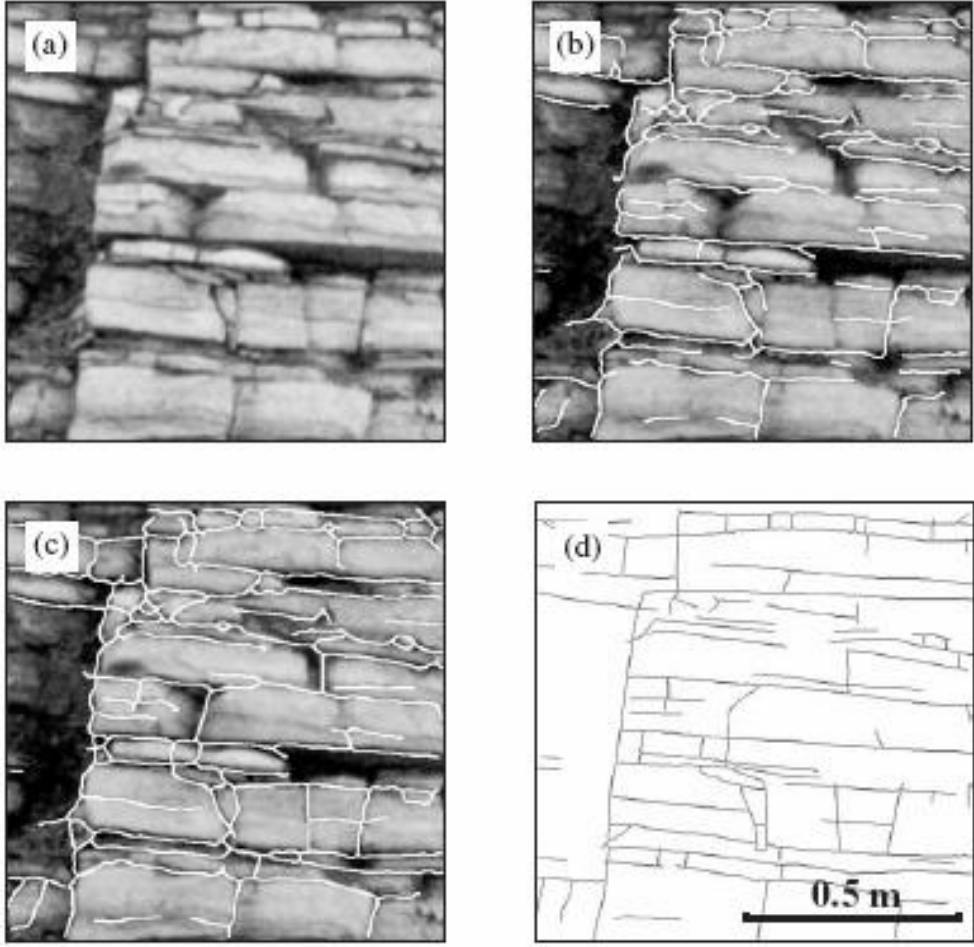
Şekil 3.23 Süreksizliğin görüntüsü (Lemy ve Hadjigeorgiou,2003).

Şekil 3.23’de verilen yaklaşımla süreksizliklerin manuel olarak tanımlanmasıyla ilgili olarak Tsoutrelis (1990) ve Crosta (1997) öncü çalışmaları yapmışlardır. Bu yöntem zaman alan ve uygulaması sınırlı olan metoddur. İlerleyen araştırmalarda Maerz (1990) ve Reid ve Harrison (2000) sayısal görüntü üzerindeki 2 boyutlu yüzeyi bir koordinat sistemi olarak tanımlamış ve grinin tonlarını  $f(x,y)$  fonksiyonunun bir değeri olarak kullanan, süreksizliklerin otomatik/yarı otomatik, matematiksel olarak tespitine yönelik araştırmışlardır. Maerz (1990) sayısal görüntüde bulunan çizgileri tespit etmek amacıyla zenginleştirilmiş görüntünün birinci dereceden türevini kullanmış ve basit jeometrik özellikleri tespit edebilmiştir. Reid ve Harrison (2000) yarı otomatik olarak süreksizliklerin tespit edilebilirliğini araştırmıştır. Araştırmasında kaya yüzeyinden alınan görüntülerden süreksizliklerin tespiti amacıyla filtreler kullanmış ve bunları gerçek değerleriyle karşılaştırmıştır.



Şekil 3.24 Sayısal görüntü işleme ile süreksizlik haritasının bulunması.

Bu tür çalışmaların ana problemi kaya kütleleri yüzeyinden alınan bir görüntüde kaya kütleleri üzerinde bulunan köşeler ile süreksizlikleri otomatik olarak ayırmaktır. Bu konuyla ilgili farklı filtreleme ve zenginleştirme tekniklerinin kıyaslandığı bir çalışma Lemy ve Hadjigeorgiou (2003) tarafından yapılmış ve sayısal görüntüde köşeler ile süreksizlik izlerini otomatik olarak ayırmada yüksek doğruluk oranları tespit edilmiştir. Süreksizlikleri otomatik olarak ve parçalara ayırarak tespit eden algoritma geliştirilmiş ve bu yöntem ile yarı otomatik yöntem ve manuel yöntem karşılaştırılarak kaya kütlelerinin RQD değerlerinin doğruluğu araştırılmıştır. Süreksizlik içeren kireçtaşı kaya kütlelerinden alınan bir görüntünün analizi şekil 3.25'te verilmiştir.



Şekil 3.25 Kireçtaşı kaya yüzeyi; a) Orijinal görüntü b) Süreksizliklerin otomatik tespiti c) Süreksizlerin yarı otomatik tespiti d) Süreksizliklerin elle tespiti Sayısal görüntü işleme ile süreksizlik haritasının bulunması (Lemy ve Hadjigeorgiou, 2003).



## BÖLÜM DÖRT

### SÜREKSİZLİKLER İLE PATLATMANIN İLİŞKİSİ

#### 4.1 Kayaçların Jeolojik Sınıflandırılması

Kayaç sınıflandırma bilgisi olmaksızın, faylanma, tabakalanma, yapraklanma gibi bir arada olabilecek kaya yapılarını uygun bir şekilde dikkate almak bir patlatma uzmanı için güç olacaktır. Kayaç yapısının ve patlatma üzerine etkilerinin tam olarak tanımlanamaması, kötü patlatma olasılığını arttırır.

Kayaçlar başlıca üç temel sınıfa ayrılırlar: Sedimanter kayaçlar, magmatik kayaçlar ve metamorfik kayaçlar. Sedimanter kayaçlar, mekaniksel, kimyasal veya organik çökellerden meydana gelmektedir. Bu sedimanter oluşumların tipik özelliklerinden bir tanesi, tabakalaşma olarak tanımlanan katmansı bir yapıya sahip olmasıdır. Konglomera (çakıltası), breş, aglomera, kumtaşı, arkoz, psamit, grovak, tüfler ve tüfitler, silttaşı, kiltası, şeyl, kireçtaşı, kireçtaşı tüfü ve traverten, sileks (çakmaktaşı), radyolarit ve diyatomit sedimanter kayaçlara örnek olarak gösterilebilir (Ak, 2006). Magmatik kayaçlar, erimiş malzemenin soğuması ile katılaşmasından oluşmaktadır. Erimiş malzemenin soğuma oranı, oluşan magmatik kayacın tane boyutunu belirler. Örneğin, yeryüzüne çıktığında hızlı bir şekilde soğuyan lav küçük tane boyutlarına sahiptir (Hopley, 1998). Derinlik kayaçlarına örnek olarak; granit, siyenit, diyorit, gabro, peridotit, serpantinit, pegmatit, diyabaz gösterilebilir. Metamorfik kayaçlar diğer adıyla başkalaşım kayaçları, yer yüzeyinin altında önceden var olan magmatik ve sedimanter kayaçların sıcaklık ve basınç altında kimyasal değişikliğe uğraması ile (katı durumda) meydana gelir. Metamorfik kayaçlara örnek olarak; sleyt, fillit, şist, gnays, amfibolit, mermer, kuvarsit gösterilebilir.

## 4.2 Kayacın Fiziksel Özellikleri

Kayaçların tanımlanmasında kullanılan diğer bir yöntem de onların özelliklerinin karşılaştırılmasıdır. Kayaç özellikleri, kayaç örneklerinin özel karakteristiklerinin tanımlanması ile belirlenir. Kayaç özellikleri ile patlatma olayları arasında bir ilişki kurmak oldukça güç olabilir. Fakat farklı kayaç türlerini karşılaştırmada bir yöntem olarak tercih edilir.

Tablo 4.1 Dayanımlarına göre sınıflandırılmış kayaların kırılabilmeleri için gereken patlayıcı miktarları (Aldaş, 1999).

No	Kayaç Cinsi	Kategori	Özgül Şarj (kg/m <sup>3</sup> )
1	Yumuşak kil, ağır kil, moronik kil, iri kum	III-IV	0,3-0,5
2	Marn, kömür, tuf, antrasit, yumuşak çamur taşı, diatomit, jips	V-VI	0,35-0,55
3	Kum taşı, konglomera, sert killi şist, mikalı şist	VII-VIII	0,45-0,60
4	Granit, gnays, kumtaşı, çamur taşı, siderit magnetit, dolomit, mermer	IX-X	0,60-0,70
5	İri taneli granit, serpanit, bazalt, bozulmuş gnays	XI-XII	0,70-0,75
6	Sert gnays, diabaz, granit-gnays, diyorit, kuvarsit	XIII-XIV	0,85
7	Andezit, bazalt, sert diabaz, diyorit, gabro, gabro-diyabaz	XV- XVI	0,90

Kayaçların bazı özelliklerini şu şekilde sıralamak mümkündür; basınç dayanımı, çekme dayanımı, özgül ağırlık, yoğunluk, boyuna dalga hızı, poisson oranı, içsel sürtünme açısı. Bunları kısaca açıklayacak olursak; basınç dayanımı; kayaç numunelerinin kırılmaya karşı gösterdikleri dirençtir. Birimi kg/cm<sup>2</sup> dir. Çekme dayanımı; malzemenin karşı koyabildiği maksimum çekme gerilmesidir. Kayaçların çekme dayanımları basınç ve kesilmeye karşı gösterdikleri dayanımlardan çok daha düşüktür. Şöyle ki bir kayacın çekilerek kırılması basınç uygulayarak kırılmasından daha kolaydır. Özgül ağırlık; birim hacimdeki kayaç kütlelerinin ağırlığının aynı hacimdeki saf su ağırlığına oranıdır. Yoğunluk yani birim hacim ağırlık ise kayacın toplam ağırlığının toplam hacmine bölünmesi sonucu elde edilir; birimi gr/cm<sup>3</sup> tür.

Boyuna dalga hızı; kayacın içinden geçen basınç dalgalarının hızıdır. kayacı parçalamak için kullanılan patlayıcının hızı kayaç dalga hızı ne kadar yüksekse o kadar yüksek olmalıdır. Poisson oranı; normal gerilmelerin etkisi altında etkime düzlemi içinde oluşan boy değişiminin, eksenel doğrultusundaki boy değişimine oranıdır. İçsel sürtünme açısı; malzemenin kesilmesi sırasında kayma yüzeyinde etkili olan sürtünme katsayısının açisal ifadesidir (Köse ve Kahraman, 1999).

### 4.3 Kayaç Yapısı

Kayaç yapısı, kayacın oluşumu sırasında veya sonrasındaki mekanizmalar sonucunda kayaçta meydana gelen özellikler olarak tanımlanabilir. Kayaç yapısı, milyonlarca yıl kayacın oluşumunun sonucu olarak ortaya çıkar. Bu uzun zaman dilimi içinde, katmanlaşma, eklemeler, faylar ve dokanaklar gibi bir takım yapı örnekleri meydana gelir (Hopler, 1998). Bu yapı örneklerine genel anlamda süreksizlik adı verilir. Kayaç yapılarının teknik açıdan iyi bir şekilde değerlendirilmesi, o bölgedeki patlatma performansının göreceli olarak artmasına yardımcı olacaktır.

Süreksizlik, kayaç kütlelerinde çekilme dayanımı olmayan veya çok düşük çekilme dayanımına sahip tabakalanma düzlemi, eklem, fay, makaslama zonu, dilinim, şistozite vb. gibi jeolojik anlamda zayıflık düzlemlerinin tümünü içeren genel bir kavramdır. Süreksizliklerin özellikleri, konumları ve yönelimleri kayaç kütlelerinin deformasyon, dayanım, geçirgenlik vb. gibi özelliklerini, dolayısıyla kaya mühendisliği uygulamalarını önemli derecede etkiler. Kayaç kütleleri; sürekli, homojen ve izotrop malzemelerden ibaret olmayıp, çeşitli süreksizlikler tarafından kesilirler. Ayrıca farklı derecede bozunmaya uğramış kayaç türlerini de içerirler. Bu nedenle, mühendislik çalışmalarında süreksizliklere ilişkin ayrıntıların kaydedilmesi gereklidir.

#### 4.4 Kayaçların Patlatma ile İlişkileri

Çeşitli nedenlerden dolayı kayaç bilgisi, sınıflandırılması, bileşimleri, yapısal özellikleri ve yapısal karakteristikleri, patlatma mühendisleri açısından büyük öneme sahiptir. Kayaçlar, yol yapımı, inşaat, metalik ve metalik olmayan madencilikte farklı bir öneme ve değere sahiptir.

Yukarıda bahsedilen nedenler şöyle sıralanabilir. Birincisi; kayaçların atmosferik şartlarda kaliteleri ve kırılmaya veya parçalanmaya karşı dirençleri değişir. İkincisi; sertlikle birlikte kayaç delinebilme oranları değişir ve aşındırıcılık özellikleri de delme performansını ve delici ucun ömrünü önemli ölçüde etkiler. Patlatma açısından en önemli nokta, büyük oranda değişiklik gösteren kayaç kütlelerinin jeolojik yapısıdır. Bu değişkenlik patlatma işlerinin başarısı veya başarısızlığı açısından büyük bir öneme sahiptir. Bir patlatma tasarımında birçok faktör kayaçların parçalanmasını etkiler. Bu faktörlerin tümünün tanımlaması, bir patlatma tasarımının sonuçlarını tahmin etmede önemli olmaktadır. Patlatma işleminde kayaç parçalanmasını etkileyen faktörler üç temel sınıfa ayrılabilir: delme, patlayıcı madde ve jeoloji. Bu faktörler sabit veya değişken olarak tanımlanabilir. Değişken faktörler, patlatma deliği ve kullanılan patlayıcıların türü gibi operatör tarafından kontrol edilebilen faktörlerdir. Delme parametrelerinde (derinlik, delik düzeni, delik çapı, delik eğimi, v.b.), patlayıcı türü, patlayıcı yük oranları ve gecikme aralıkları gibi parametrelerde değişiklik yapmak oldukça kolaydır. Patlatma bölgesinin jeolojisi genellikle, değiştirilemeyen sabit bir faktör olarak tanımlanmaktadır. Ancak patlatma, kayacın daha kolay parçalanabilmesi için en uygun yönde yapılabilirse değiştirilebilir bir faktör olması mümkündür. Patlatma yeri ve yönelimi konusunda herhangi bir değişiklik yapmak hemen hemen imkânsız veya zor olduğundan dolayı, patlatma üzerine en büyük etkiye sahip faktörün jeoloji olduğu ortadadır.

Bir bölgedeki patlatma tasarımının etkilerini analiz edebilmek için farklı kaya birimlerinin doğru bir şekilde tanımlanması oldukça önemlidir. Kayaçların tanımlanabilmesi için tek yol, jeolojik olarak sınıflandırılmalarıdır (Hopler, 1998).

Patlatma işlemlerindeki neticenin en iyi olabilmesi için kayacın en önemli jeolojik özelliğinin kaya kütlelerinin yapısal durumu olduğu bilinmektedir.

Kayaç tiplerine göre patlatılabilirlik farklılıklar göstermektedir. Örneğin, kireçtaşları sıklıkla yüzey kırıkları ve süreksizlikler içerdiğinden patlatılabilirlik negatif olarak etkilenmektedir.

#### **4.5 Süreksizlikler İle Patlatma Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Yaklaşımlar**

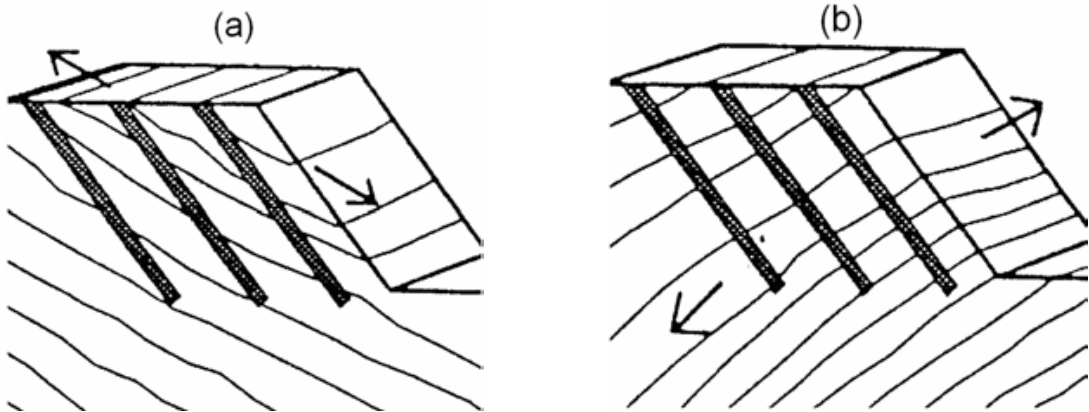
Açık ocak madenciliğinde basamaklar şeklinde üretim hem emniyet hem de ekonomiklik açısından başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Basamak patlatmaları boyut küçültme işleminde ilk aşama olarak ardından gelen diğer işlemlerin verimini de etkilediğinden, patlatmalarda boyut dağılımının denetlenebilmesi önem arz etmektedir. Basamak patlatmalarından boyut dağılımının tespiti kontrol edilen ve kontrol edilemeyen parametrelerin fazla olması sebebiyle oldukça güçtür.

Kayaç özellikleri açık ocak basamak patlatmalarında kontrol edilemeyen özelliklerdir. Patlatma performansı jeolojik yapıdan ve kayaç gerilmelerinden etkilenmektedir. Hemen hemen her madencilik uygulamalarında kayalar homojenlikten çok uzaktır. Eklem setleri, tabakalanma, dilinim vs. gibi zayıflık düzlemleri içermektedirler. Bunlar patlatma performansı açısından büyük rol oynamaktadırlar.

İki süreksizliğin arasının kapalı, boşluklu ya da dolgulu olmasına bağlı olarak bu süreksizlikler patlatma ile oluşan basınç dalgalarını farklı iletmektedirler (Obert ve Duvall, 1950). Sistemik eklemler kayacın patlatılmasını daha zor bir duruma sokabilir, zayıf zon ve damarlar veya boşluklu süreksizlik yapısı patlayıcının infilak koşullarını değiştirip, açığa çıkan enerjiyi azaltır ve bu enerjinin istenmeyen yönlerde yayılımına sebep olur. Süreksizliklerin arasının kapalı olması dalgaların iletimini etkilemezken, kayaç yapısında boşluklu ya da dolgulu süreksizlik mevcutsa basınç dalgasını farklı yönlere yansıtmakta ve kuvvetini azaltmaktadır. (Zagreba, 2003).

Böyle durumlarda kaya kütlesi daha az kırılır ve patarlanacak kadar büyük boyutlu malzemeler açığa çıkar.

Patlatma işleminde, yığın dağılımının daha iyi sonuçlanabilmesi için tabaka eğim yönü ile patlatma aynasının eğim yönü aynı olmalıdır. Bu şekildeki tabakalarda patlatma işleminde son sıra deliklerin diplerinde aşırı parçalanmalar meydana gelebilmektedir (Şekil 4.1-a). Patlayıcı enerjisi önceden kayacın yapısında bulunan çatlaklar boyunca hareket ederek kayacı gevşetme ve yer değiştirme işini yapmaktadır. Patlayıcı enerjisi, tırnak problemlerini ortadan kaldıran aşağıya doğru eğimli (eğim yönü patlatma aynası ile paralel) tabakaları izleyeceğinden bırakılacak tırnak payı daha küçük seçilmelidir. Deliklerin dip kısımlarındaki aşırı parçalanmayı azaltmak için son sıradaki deliklerin eğimi azaltılabilir fakat bu seferde kayaç fırlama ve yığın yayılma eğilim gösterecektir. Eğime karşı patlatma, zor bir patlatma şeklidir. Şekil 4.1-b'deki gibi bir durumda patlatma sonucunda duraysız bir şev yüzeyinin oluşmasına neden olabilir. Aynı zamanda patlatma yığını çok az yer değiştirme eğilimi gösterecektir. Eğer kayaç birimi masif ise şevin üst kısımlarından tabana kadar sarkmalar ve testere dişleri şeklinde çıkıntılar meydana gelecektir. Tırnak problemlerini ortadan kaldırmak için patlatma uzmanı, yüksek enerjili patlayıcıları tırnak bölgesinde kullanabilir ya da tırnak payını biraz daha uzun tutabilir veya eğimli patlatma delikleri kullanarak bir patlatma tasarımı yapması gerekebilir (Hopler, 1998).



Şekil 4.1 a) Dalımın aşağıya doğru olduğu patlatma (Hopler, 1998).

b) Dalımın yukarıya doğru olduğu patlatma

Yine Hopler (1998) eklemlı yapıların başlıca iki nedenden dolayı kötü parçalanmaya sebep olduklarına da değınmiştir. Patlatma sonucu oluşan basınç dalgalarının yarıda kesilmelerine sebep olurlar. Bu, çatlaklı formasyonların, düzgün olmayan kayaç parçalanması ve büyük boyutlu malzemenin ortaya çıkmasına neden olarak çelişkili bir duruma sebep olmaktadır. Eklemlı yapılar patlayıcı enerjisinin kaya kütlesi içindeki yayılımını sınırlandırmaktadır. Eklemlı yapılar patlayıcı enerjisinin hapsolmamasına neden olabilirler. Patlayıcı enerjisi kaya kütlesi içinde tutulamaz ise patlatma sonrası iri parçalar oluşacaktır. Aralıklı kayaç tabakaları veya kayaçlar arasındaki toprak dolgulu zayıflık düzlemleri gibi zonlarda hava şoku ya da gaz kaçıışı meydana gelebilir. Gaz kaçıışına sebep olan bu açıklıkların olduğu kısımlarda sıkılama malzemesi kullanılarak patlatmadan daha sağlıklı sonuçlar elde etmek mümkün olabilecektir.

Bazı araştırmacılar süreksizliklerin patlatma verimi üzerine etkilerini tespit ve azaltma yönünde çalışmalar yapmışlardır. Singh ve Sarma' nin 1983 yılında, Singh ve Sastry' nin 1987 yılında yapmış oldukları çalışmalar laboratuvar boyutundadır. Bu konuyu analitik ve nümerik yöntemler kullanarak inceleyen araştırmacılar da mevcuttur (Kuznetsov, 1973; Rosin ve Rammler, 1933, Cunnigham, 1983). Fakat arazide gerçekleştirilecek araştırmalar maliyet açısından yüksek olduğu için bu şekildeki araştırmaların sayısı azdır (Lande, 1983; Bilgin ve Arkadaşları, 1993).

Doucent (1995) kaya kütlesi sınıflama sistemlerinden RMR sınıflama sistemi, Q sınıflama sistemi ve RQD kaya kalite göstergesi ile boyut dağılımı arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Buna göre sınıflama sistemlerinde düşük kaya kütlesi özelliklerinin üniform olmayan boyut dağılımına neden olduğu sonucunu rapor etmiş ve boyut dağılımının tahmin modellerinde gerçekçi yaklaşımların yapılabilmesi için kaya kütle sınıflama sistemlerinin kullanılması gerektiğini önermiştir.

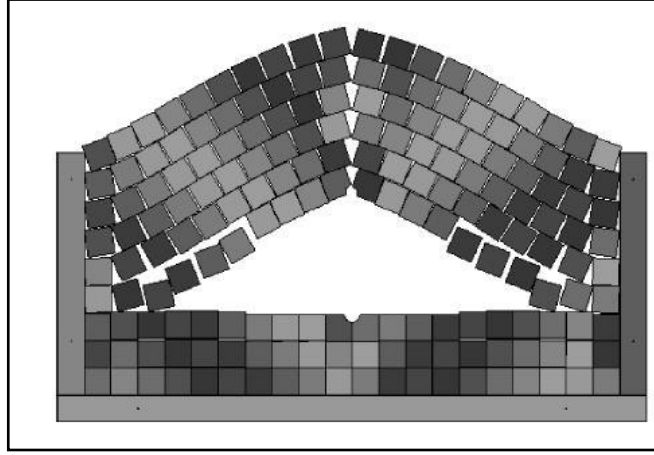
Yapılan birtakım çalışmalar göstermiştir ki, içerdikleri süreksizliklere bağlı olarak oluşan doğal kaya bloklarının boyutları patlatma sonrası boyut dağılımında önemli bir rol oynamıştır.(Ash, 1973; Goodman and Shi, 1985; La Pointe and Ganow, 1986; Efremov et al., 1980).

Özkahraman ve Bilgin (1996), dilim kalınlığı sabit kalmak koşuluyla paralel süreksizlik yönünün en geniş kırılma açısını oluşturduğunu, RMR değerleri birbirine yakın olan kaya kütlelerinde en düşük maliyetle en yüksek verim elde edilmesi için şev aynasının yönü hâkim süreksizlik yönü doğrultusunda seçilmesi gerektiğini yaptığı çalışmalarla ortaya koymuştur.

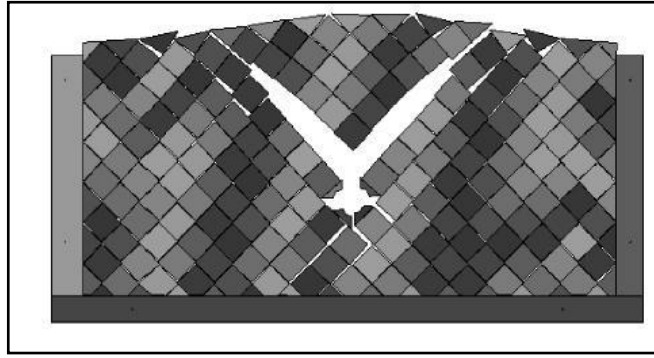
Ak (2006), yapmış olduğu çalışmada sahadaki süreksizlik ve tabakalanma yönelimi, patlatma kaynaklı sismik dalgaların hızlarını ve sönümlenme derecelerini önemli ölçüde etkileyebildiğini ortaya koymuştur. Patlatmaların yapıldığı işletme sahasının farklı yönlerinde bulunan yapıların patlatmanın etkilerinden korunabilmesi için, her yön için arazi parametrelerinin belirlenmesi ve her bir yön için elde edilen yayılım eşitliğinin o yönde bulunan yapı ya da yapıların korunmasında kullanılması gerektiği yaklaşımını öne sürmüş, patlatmaların yapılacağı basamakta ölçülecek olan süreksizlik sıklığı parametrelerinin, parçacık hızı tahminlerinde çok daha net ve yüksek ilişkili sonuçlar vereceğini düşünmüştür.

Ali Mortazavi; P. D. Katsabanis (2000), süreksizliklerin konumu, dolgu durumu, devamlılığı ve eğimini basamak patlatmasında dilim kalınlığının kırılması açısından ele almış, farklı açılarda birbirine dik iki çatlak setiyle patlatma arasındaki ilişkiyi irdelemişler ve buna yönelik bir simülasyon yapmışlardır. Bu simülasyonu çatlaklı kayalarda karşılaşılan tipik patlatma problemlerinin çözülmesi amacıyla kullanmışlardır. Ampirik yaklaşımların birçok jeolojik şartlar ve patlatma koşullarında genelleştirilemeyeceğinin üstünde durarak, yarar sağlayacak bir model geliştirip patlatma sonrası parçalanmayı tahmin etmeye çalışmışlardır. Aşağıda yapmış oldukları simülasyonlar süreksizlik yönelimi ile parçalanma şekline örnek teşkil etmesi amacıyla verilmiştir.

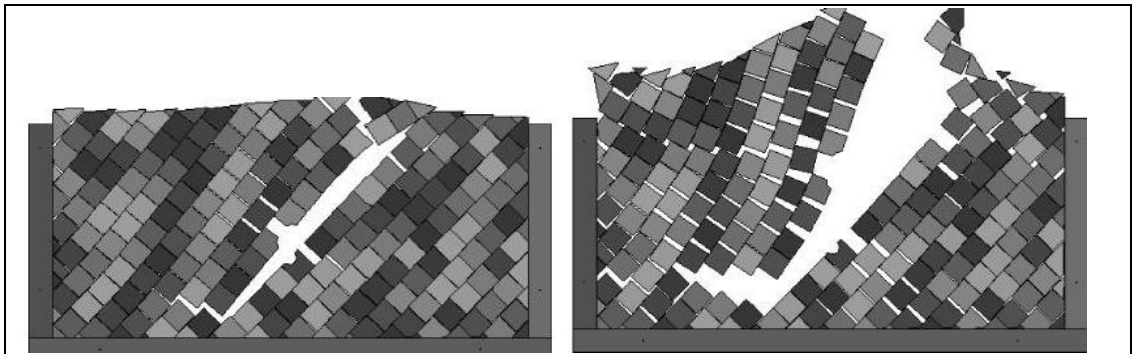




Şekil 4.2 Çatlak Konfigürasyonu Tip 1; Patlatma yüzeyine paralel çatlak seti, yüksek basınçlı gaza karşılık kaya kütle hareketi (Mortazavi ve Katsabanis, 2000).

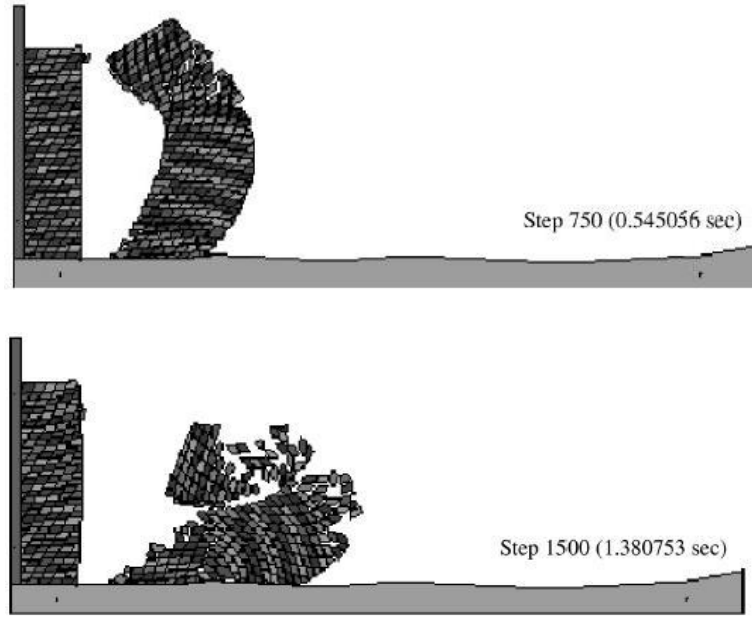


Şekil 4.3 Çatlak Konfigürasyonu Tip 2; Patlatma aynasına 45 er derecelik yerleşmiş birbirine dik iki çatlak seti, patlatma enerjisinden verimli faydalanma (Mortazavi ve Katsabanis, 2000).

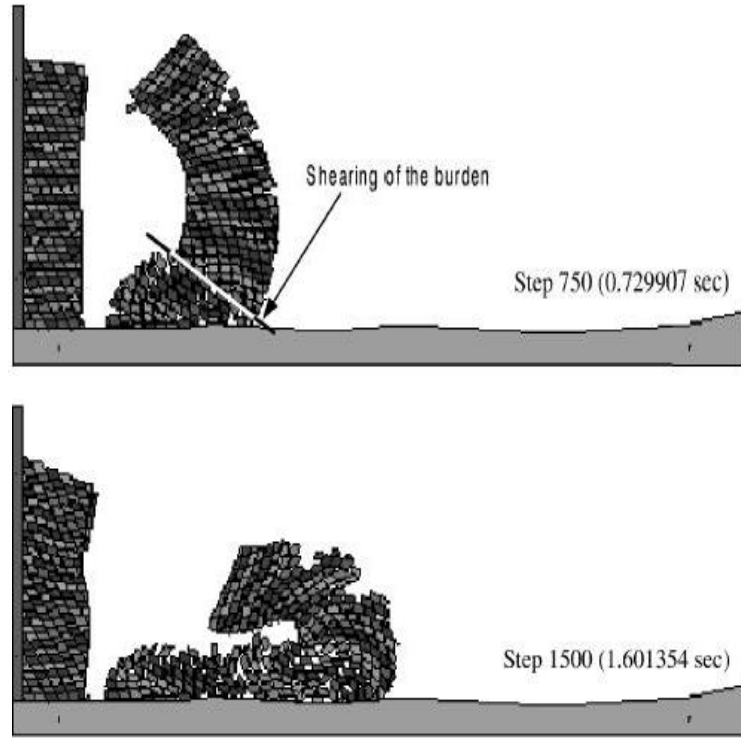


Şekil 4.4 Çatlak Konfigürasyonu Tip 3; Bu tipte ilginç bir dilim kalınlığı kırılması gözlemlenmekte, çatlak sisteminde kısmen enerji saptması olduğu için ikinci çatlak setinde devamlılık gözlenememekte (Mortazavi ve Katsabanis, 2000).

Bu üç çatlak konfigürasyon modellerine bakıldığında, Tip 1'in optimal sonuçları sağlayan en iyi çatlak modeli olduğu sonucuna varmışlardır. Bu şekilde yapılacak bir patlatmada atımın maksimum genişlemeye izin verdiği, daha iyi bir atım gerçekleştiği, en önemlisi de düzgün pürüzsüz bir patlatma yüzeyi oluşturduğu, aynada patlatma kaynaklı çatlaklar oluşturmadığı sonucuna varmışlardır. Yine aynı çalışmada yapmış oldukları bir diğer modelleme örnekleri de aşağıda mevcuttur.



Şekil 4.5.a Jeolojik tabakalarının eğimlerinin basamak patlatması üzerine etkisi; Tabaka eğiminin aynanın tersine doğru olması (DDA patlatma simülasyon sonuçları) (Mortazavi ve Katsabanis, 2000).



Şekil 4.5.b Jeolojik tabakalarının eğimlerinin basamak patlatması üzerine etkisi; Tabaka eğiminin aynaya doğru olması, (DDA patlatma simülasyonu sonuçları) (Mortazavi ve Katsabanis, 2000).

Tabaka eğim yönü ile basamak aynası aynı yöne doğru olduğunda; tırnak problemlerinin daha az olabirliğinin mevcut olduğu, atımın daha ileriye olacağı ve yığın şeklinin daha düzgün olacağına, tabaka eğim yönü ile basamak aynası zıt yöne doğru olduğunda; atımın öne doğru daha az olacağı, patlatma enerjisinin kısmen sönmüneceği bunun sonucunda daha yüksek bir yığın şekli elde edileceği, tırnak problemlerinin artacağı, ayna yüzeyinden içeri doğru olan tabaka eğimlerinin yüksek detanosyona sahip patlayıcı kullanımı ile birlikte daha az geri çatlağa sebep olacağına kanaat getirmişlerdir.

Özkahraman (1994), özgül şarj üzerinde, süreksizlik yönelimlerinin etkili olduğunu ve özgül şarj değerlerinin; süreksizlik yönelimlerinin, aynaya paralel olduğu durumlarda minimum olduğunu ifade etmektedir.

Gama (1977) APCOM sempozyumunda yayınlamış olduğu makalesinde eklem setlerinin parçalanma mekanizmasını ve patlayıcı performansını etkilediğinden söz etmekte, bu etkiyi göz önüne alarak bilgisayar modellemesi yapmıştır.

Gupta ve Adhikari (1989), patlatma sonrası tane boyut dağılımı için saha çalışmaları anlamında patlatma öncesi ve sonrası arazinin jeolojik durumunu kıyaslayan çalışmaların eksik olduğunu düşünerek, kireçtaşı ve dolomit kayalarda 2 farklı ocakta saha çalışmaları yapmışlardır. Patlatma öncesi mevcut kırıkların etkisi ile temel parçalanma mekanizması arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır.

Hafsaoui ve Talhi (2009), patlatma sonrası parça boyutuna süreksizlik yönleri ve patlayıcı maddelerin delik içindeki yerinin etkisini incelemek amacıyla, laboratuvar boyutunda kireçtaşı özelliklerine uygun 18 farklı model oluşturmuşlardır. Bu modellere 6 farklı konumda süreksizlik yerleştirip, ateşleyiciyi de delik içinde 3 farklı konuma yerleştirmişlerdir. Her blokta tek delik olup dilim kalınlığını hepsinde sabit almışlardır. Patlatma işlemleri sonrası elde edilen 3 farklı grafikte aynı zamanda Kuz-Ram modeliyle de karşılaştırma yapmışlardır. Yapmış oldukları bu çalışmada ateşleyiciyi patlatma deliğinin ortasına yerleştirdiklerinde tüm süreksizlik yönlerinde en iyi parçalanmayı elde etmişler, D50 (ortalama tane boyutu) değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Patlatma işleminden önce parçalanma verimini arttırabilmek açısından kayacın çekme mukavemetine yönelik testlerin de yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

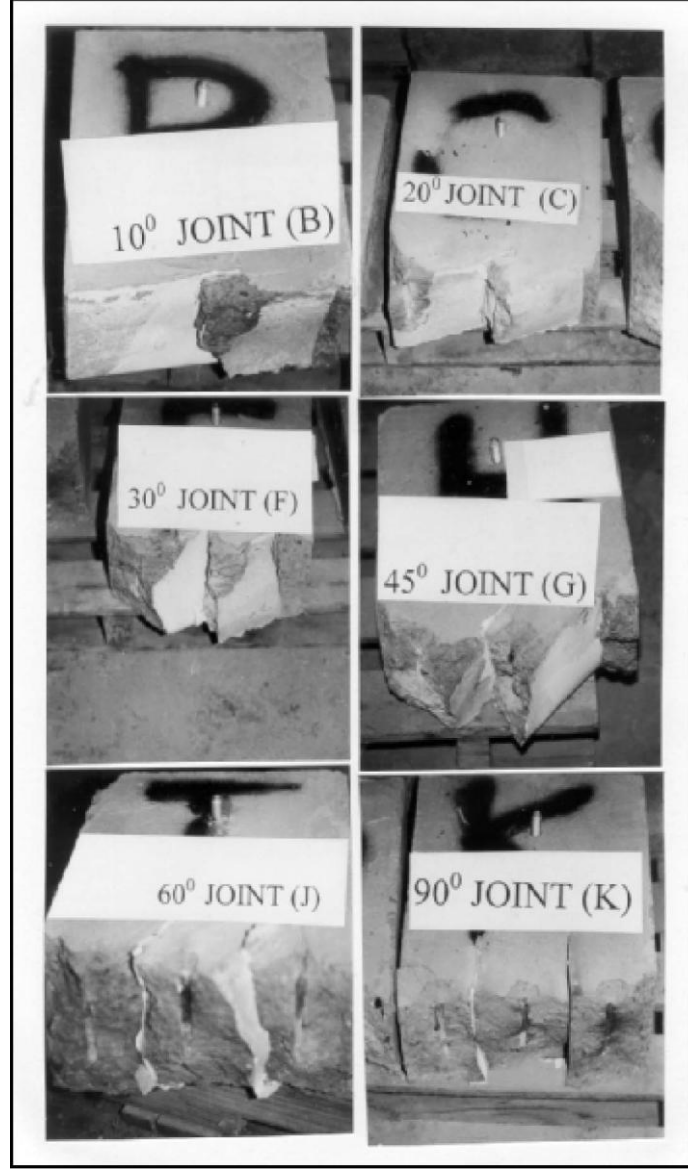
Da Gama (1983), arazi şartlarında yapmış olduğu basamak patlatmalarında homojen kayalara nazaran süreksizlik içeren kayalarda Bond 3. Ufalama kanununa göre daha az enerji ile patlatma yapılabileceğini öngörmüştür.

Fourney ve Diğerleri (1983), laboratuvar boyutunda yapmış olduğu çalışmasında parçalanma mekanizması ile çatlak takımları arasında ilinti kurmuştur. Homojen kayaya nazaran süreksizlik içeren kayalarda elde edilen ortalama tane boyutunun daha küçük olduğunu, yaklaşık 1,5 kat aza indirgeendiğini öne sürmüştür.

Harries (1983), arazi çalışmalarında gerçekleştirmiş olduğu tam ölçekli basamak patlatmalarında; çatlak setleri ve/veya tabakalanma arasındaki ortalama mesafenin artmasının patlatma sonucu oluşacak kırılma derecesini de arttıracak ileri sürmüştür. Çatlak sayısında artış gözleniyorsa, dilim kalınlığı, delikler arası mesafe ve sıkılama boyunu arttırmak, buna bağlı olarak da kullanılacak patlayıcı maddenin enerjisini azaltmak gerekebileceği fikrini öne sürmüştür.

Ash (1973), en iyi parçalanmanın; patlatma deliklerinin kaya kütlelerinde gözlenen en belirgin süreksizlik yönelimine dik yönde delinmesiyle elde edileceğini, eklem setlerine paralel olarak delinen delikler ile büyük boyutlu parçalanma meydana geleceğini ifade etmiştir.

Singht (2005), deneysel olarak yapmış olduğu çalışmada süreksizlik içeren kayalarda patlatma kontrolü üzerinde durmuştur. Çatlaklı kayaların patlatılmasının kazı aynasının stabilitesi ve patlatma hasarları oluşumu üzerinde etkilere sahip olduğunu vurgulamıştır.  $464*281*150 \text{ mm}^3$  boyutlu kayaç numuneleri hazırlayarak, 1,5 mm inceliğindeki kâğıt ile 10, 20, 30, 45, 60, 90 derece yönelimli yapay süreksizlikler yerleştirmiştir. 8 mm patlatma deliği çapı ile 93,7 mm delikler arası mesafe, 112 mm dilim kalınlığı seçmiş, detonasyon hızı düşük patlayıcı kullanmış, patlatma titreşim ölçüm cihazı kullanarak hasar tespitine yönelik çalışma yapmış, süreksizliklerin patlatma enerjisinin dağılımını nasıl etkilediğine bakmıştır.



Şekil 4.6 Farklı laboratuar boyutunda farklı çatlak yönelimlerinde patlatma sonuçları (Singht, 2005).

Çatlak eğimi kazı aynasından uzaklaştıkça önemli derecede parçalanma meydana getireceğine ve patlatma sonrası ayna yüzeyinin düzgün olacağına kanaat getirmiştir.

Hem patlatma parametrelerini hem de jeolojik faktörleri göz önüne alarak, boyut dağılımının tahmini için model Cunnigham (1983,1987) Kuz-Ram modelini geliştirmiştir. Kuz-Ram modeli, Kuznetsov (1973) tarafından ortalama boyut ( $x_{50}$ ) tahmini için önerilen ampirik eşitlik ile Rosin ve Rammler (1933) tarafından önerilen boyut dağılım fonksiyonunun Cunnigham'ın (1983)'de birleştirilmesiyle elde

edilmiştir. Kuz-Ram modeli basamak patlatmaları sonucu oluşan yığının boyut dağılımının tahmin edilebilirliğinin mümkün olup olamayacağını gösteren bir model olarak birçok araştırmacıya yol göstermiştir. Kuznetsov (1973) birim hacim başına patlayıcı miktarı (özgül şarj) ile ortalama boyut arasında kaya kütlelerinin de bir fonksiyonu olarak aşağıdaki formülü önermiştir.

$$X_{50} = A \left( \frac{V_0}{Q_e} \right)^{0.8} Q_e^{1/6} \quad (\text{Kuznetsov, 1973})$$

Burada;

$X_{50}$  : Ortalama boyut (cm),

A : Kaya faktörü,

$V_0$  : Delik başına patlatılacak hacim (dilim kalınlığı x delikler arası mesafe x basamak yüksekliği, m<sup>3</sup>),

$Q_e$  : Delik başına kullanılan nitrogliserin esaslı patlayıcı (kg).

Yukarıda verilen ortalama boyut dağılımı ( $X_{50}$ ) nitrogliserin esaslı detonasyon hızı fazla patlayıcı maddeler için önerilmiş olup, bu patlatıcıların gücü Anfoya oranla fazladır. Bu durumu egale etmek için Anfo kullanıldığı zaman,  $Q_e$  'nin düzeltme katsayısı aşağıdaki gibidir. Anfo kullanıldığı durumda  $S_{Anfo} = 100$  olarak alınır (Kuznetsov, 1973).

$$X_{50} = A \left( \frac{V_0}{Q_e} \right)^{0.8} Q_e^{1/6} \left( \frac{S_{Anfo}}{115} \right)^{19/30} \quad (\text{Kuznetsov, 1973})$$

Basamak patlatmasında kullanılan önemli parametrelerden birisi birim hacim başına kullanılan patlayıcı miktarı olarak tarif edilen özgül şarj ( $q$ , kg/m<sup>3</sup>) miktarıdır.

Özgül şarj miktarı  $\frac{1}{q} = \frac{V_0}{Q_e}$  dir.

Elde edilmesi istenilen ortalama boyut dağılımı belirlendiğinde, gelecek özgül şarj miktarı yukarıdaki bağıntılar kullanılarak aşağıda verildiği gibi hesaplanabilir.

$$q = \left[ \frac{A}{X_{50}} Q_e^{1/6} \left( \frac{115}{S_{Anfo}} \right)^{19/30} \right]^{1.25} \quad (\text{kg/m}^3)$$

Boyut dağılımının tahmini için verilen eşitliklerde patlayıcı miktarı ve özgül şarj büyüklük olarak kullanılmaktadır. Oysaki kaya kütlelerinin etkisi 7 ile 13 arasında bir faktör olarak önerilmiştir. Cunningham (1983) tarafından, Kaya faktörünün kaya kütlelerinin karakteristik özelliklerini yansıtamadığını düşünülmüş ve bu eksikliği giderilmeye çalışılmıştır. Kaya kütleleri patlatılabilirliği ile ilgili bölüm 1.1'de de bahsedilen ve Lilly (1986) tarafından önerilen kaya kütleleri patlatma indeksi, ortalama boyut tahmini eşitliğinde kullanılan kaya faktörünün belirlenmesinde baz alınmıştır. Buna göre kaya faktörünün hesaplanmasında kullanılan formül;

$$A = 0,06(RMD + JF + RDI + HF) \quad (\text{Lilly, 1986})$$

Yukarıdaki bağıntıda kullanılan değişkenler Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2 Kaya faktörü (A) belirlenmesinde kullanılan değişkenlerin tanımı ve hesaplanması (Cunningham,1983).

<b>RMD Kaya kütle sayısı</b>	
Eğer kaya kütleleri kırılğan gevrek yapıdaysa	RMD = 10
Eğer düşey yönde süreksizlikler varsa	RMD = JF
Eğer masif yapıdaysa	RMD = 50
<b>JF Kaya Kütleleri Süreksizlik Katsayısı</b>	
JF = JPS+JA	
<b>JPS Düşey Süreksizlik aralığı</b>	
Eğer ortalama süreksizlik aralığı < 0,1m	JPS = 10
Eğer ortalama süreksizlik aralığı 0,1m < X < İri Blok boyutlu (~ 0.5m)	JPS = 20
Eğer ortalama süreksizlik aralığı iri blok < X < Dilim Kalınlığı (m)	JPS = 50
<b>JPA Süreksizlik düzlemi açısı</b>	
Eğer düzlem açısı yüzeyin dışına doğru ise	JPA = 20
Eğer düzlem açısı yüzeye dik ise	JPA = 30
Eğer düzlem açısı yüzeyin içinde kalıyorsa	JPA = 40
<b>RDI Kayaç yoğunluğu Faktörü</b>	
Kayaç Yoğunluğu RD (t/m <sup>3</sup> )	RDI = 25 RD-50
<b>HF Sertlik faktörü</b>	
Eğer Young Modülü Y<50	HF = Y/3
Eğer Young Modülü Y>50	HF = σ <sub>b</sub> /5



Uygulamada RMD değerinin tespiti güçtür. Bu sebepten ötürü A değeri orta sert kaya kütleleri için 7, sert çok fisürlü kaya kütleleri için 10, sert az fisürlü kaya kütleleri için 13 olarak belirlenmiştir. Rosin ve Rammler (1933) boyut dağılımı fonksiyonunu aşağıdaki gibi tanımlamışlardır.

$$R_m = 1 - e^{-\left(\frac{x}{x_c}\right)^n} \quad (\text{Rosin ve Rammler, 1933})$$

Burada;

$R_m$ : Belirlenen boyutta geçen malzeme oranı (%),

$X$  : Belirlenen boyut (elek açıklığı, mm),

$n$  : Üniformluk indeksi,

$X_C$  : Karakteristik boyut (mm).

Bu eşitliği kullanarak bir dağılım eğrisi çizebilmek için üniformluk indeksinin ( $n$ ) ve karakteristik boyutun ( $X_C$ ) bilinmesi gereklidir.

Cunningham (1983)  $X_{50}$  değeri Kuznetsov tarafından önerilen ortalama boyut değeri ( $X=X_{50}$ ) ve  $R_m=0,5$  (%50) kabul ederek dağılımı belirlemiştir. Buna göre karakteristik boyut formülü bağıntı 7'deki gibi yazılabilir.

$$X_C = \frac{X_{50}}{\sqrt[n]{0,693}} \quad (\text{Cunningham, 1983})$$

Cunningham (1983,1987) boyut dağılımının tahmininde patlayıcı ve kaya kütlesi ile ilgili faktörleri Kuznetsov eşitliği ile sağlamış, delik paterni ve patlatma geometrisi ile ilgili değişkenlerin belirlenmesi için de üniformluk indeksini ( $n$ ) aşağıdaki şekilde önermiştir.

$$n = \left(2,2 - 14 \frac{B}{D}\right) \left[\frac{1+s}{2}\right]^{-0,5} \left(1 - \frac{W}{B}\right) \left[\frac{|BCL-CCL|}{L} + 0.1\right]^{0,1} \left(\frac{L}{H}\right) \quad (\text{Cunningham, 1983})$$

Burada;

B : Dilim kalınlığı (m),

S : Delikler arası mesafe (m),

D : Delik çapı (mm),

W : Delme doğruluğundaki standart sapma (m)

$$W = 0,1+(0,03*H),$$

H basamak yüksekliği (m),

BCL : Taban şarj boyu (m),

CCL : Kolon şarj boyu (m) 'dir.

Cunningham (1983, 1987), Kuz-Ram boyut dağılım tahmin modeli uygulamasında bazı ihmal edilen parametrelerin olduğunu belirtmiştir. Bunlardan birincisi ateşleme sırası ve gecikme aralığının modelde değerlendirilmemesi ikincisi ise patlayıcı enerjisinin göreceli olarak modelde yer almasıdır. Ayrıca parçalanma boyut dağılımını etkileyen ana değişkenin özellikle çok süreksizlikli yapılarda kaya kütlesi özellikleri olduğunun üzerinde durmuştur (Hustrulid, 1999). Bunun yanında tahmin modelleri homojen süreksizlik içermeyen masif kayalarda gerçeğe yakın değerler vermektedir. Kaya kütlesi özellikleri, tahmin modellerinde katsayı olarak veya belli süreksizlik özellikleri ile ilişkilendirilen sayısal değer olarak kullanılmaktadır.

Yapılan bu çalışmalarda; açık ocak işletmeciliğinde ekonomikliğe de bağlı olarak en iyi verime ulaşabilmek için süreksizliklerinde patlatma tasarımı yapılırken göz önüne alınması gerektiği sonuçlarına varılmıştır.

Literatürde kullanılan ampirik yaklaşımlarda kayaca ait jeolojik özelliklerin katsayı olarak hesaba katıldığını görmekteyiz. Fakat verilen katsayılar süreksizlik özelliklerini genel olarak sınıflandırmış, hassas bir sınıflamaya başvurulmamıştır.

Kuz-Ram modelinde süreksizliklerin yönelimleri ve süreksizlik aralığı parametreleri genel olarak sınıflandırılarak kaya faktörüne dâhil edilmiştir. Bu sınıflandırma çizelgesinin aralıkları genişletildiğinde, hassas bir şekilde verilecek olan katsayı değerlendirilmesi ile daha gerçekçi sonuçlara yaklaşmak mümkündür. Bölüm 6,4'te Kuz-Ram modeli örnek alınarak, süreksizliklere ait veriler daha kapsamlı bir şekilde gruplandırılarak daha hassas değişkenler elde edilmeye çalışılacaktır. Elde edilen değişkenler ile patlatma işleminin verimliliğinin ilişkisi hesaplanacaktır.

## **BÖLÜM BEŞ**

### **DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE PATLATMA SONRASI PARÇA BOYUT ANALİZİ**

Konuyla ilgili araştırmalar mikro ve makro ölçekte yapılmıştır. Tane boyut dağılımlarının belirlenmesi ile ilgili özellikle mikroskop görüntülerinde mineral tanelerinin dağılımı ve boşluk oranı tespiti gibi çalışmalar yapılsa da madencilik endüstrisinde patlatma veriminin değerlendirilmesinde kendine kullanım alanı bulmuştur. Patlatmalar sonucu oluşan boyut dağılımlarının manuel olarak ölçülmesi oldukça zor ve maliyetli bir iştir. Bütün yığının elekten geçirilmesi ve sınıflandırılması ancak araştırma bazında yapılabilmekte endüstriyel anlamda uygulaması imkânsız görünmektedir. Görüntü işleme metotları ile parça boyut dağılımlarının hızlı bir şekilde yapılabilmesi ve patlatma veriminin değerlendirilmesinin avantajlarını gören çeşitli gruplar ve organizasyonlar araştırmalarını geliştirmişleridir. Bunlardan bazıları; IPACS (Dahlhielm, 1996), TUCIPS (Havermann ve Vogt, 1996), FRAGSCAN (Schleifer ve Tessier, 1996), CIAS (Downs ve Kettunen, 1996), GoldSize (Kleine ve Cameron, 1996), WipFrag (Maerz ve ark., 1996), SPLIT (Kemeny, 1994), PowerSieve (Chung ve Noy, 1996) ve Fragalyst (Raina ve ark., 2002) dır (Karakuş, 2006).

Bu teknik tek bir resim üzerinde hatalardan tamamen arınmış bir yöntem değildir. Gerçekte malzemenin elenmesinde istenilen ölçülere tamamen uyması beklenemez. Resimler üzerinde çalışıldığı için, parçaların görüntülerinin temini, parçaların istenilen ölçülerde uygun ölçüm sınıfına göre tespiti tam olmaz. Genelde kullanılan bir elips veya daire şekilli cisimle parça boyutuna ulaşılır. Sadece resim üzerinde görülen parçalar işleme tabi tutulur. Bunların altında kalan görünmeyen parçalar program tarafından hesaba katılmaz. Bu görünüş örneklemeyle bağlıdır. En üstte görünen yüzeydeki parçalar patlatmadan elde edilen kütleyi temsil eder.

Resmin çözünürlüğünü değiştirmek en kısıtlayıcı faktördür. Resmin üzerinde toz halindeki parçalar seçilemez. Bu sebeple belirli bir alanı temsil eden resimlerde çok küçük parçaları görmek mümkün değildir.

## **5.1 Dijital Görüntü İşleme Programlarından “WIPFRAG GRANULOMETRY ANALYSIS SOFTWARE”**

Parçalamanın değerlendirilmesinde çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Bunlardan en verimli olan metot, parçalanma sonucu oluşan tane boyutlarının dijital görüntülerinin elde edilmesi ve bu görüntülerin dijital görüntü işleme teknikleri kullanılarak işlenmesidir.

Parça boyut dağılımının görüntü işleme yöntemleri ile belirlenmesinde yapılan çalışmalarda yığından görüntü alınmakta, zenginleştirme ve biçimlendirme işlemlerinden geçirilerek köşeler belirgin hale getirilmektedir (Karakuş, 2006).

Bu tez çalışmasında uygulama aşamasında kullanılan WIPFRAG 2005 programı için öncelikle dijital görüntüler elde edilir. Sonra her görüntünün ışıklandırma sorunları düzeltilerek piksel ayarları yapılır. Bu işlemde sonra program, tanelerin her bir dijital görüntü işleme algoritması içinde belirlenmesini sağlar. Her görüntü için üç boyutlu parça hacimlerinin tespiti için iki boyutlu parça alanlarına istatistikî algoritmalar uygulanır. Patlatma sonrası oluşan yığına temsil edecek ortalama dağılım için birden fazla görüntü sırasıyla işlenir. Elde edilen tane boyut dağılım grafikleri bilgisayar ortamında birleştirilerek yığına ait tek bir dağılım grafiği elde edilir.

## **5.2 Fotoğraflama Tekniği**

Bu tez kapsamında alınan görüntüler Canon marka Dijital Fotoğraf Makinesi kullanılarak elde edilmiş ve görüntüler doğrudan bilgisayara aktarılmıştır. Görüntü analizi yapılacak olan fotoğrafın netliği önemli olduğu için çekim yapılmadan önce fotoğraf makinesi ayarları yapılmalıdır.

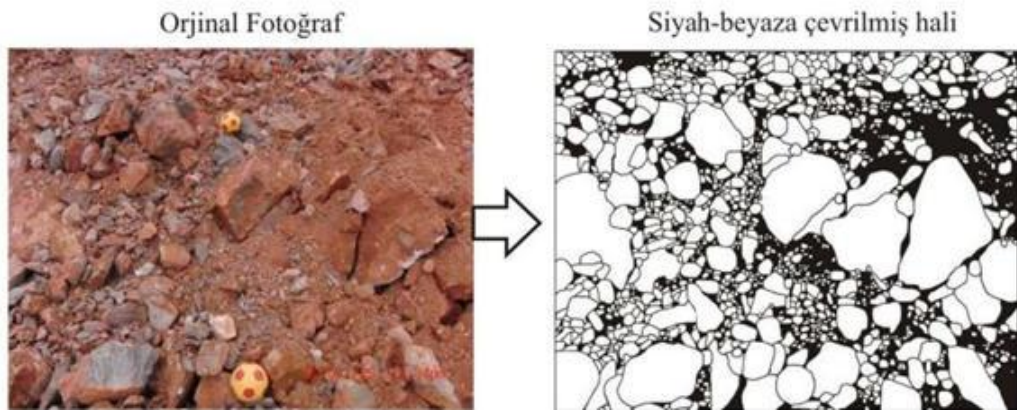
Fotoğraf Makinesi ile alınacak görüntü yığına 90 derece açıda olabileceği gibi açılı da olabilir. Açılı şekilde fotoğraf çekilmek isteniyorsa ölçek olarak kullanılan nesnenin aralarında mesafe olarak aynı hizada bulunması gereklidir. Programa analiz

aşamasında kullanılan nesnelerin verileri ölçeklendirme amacıyla girilerek, bu ölçeklere bağlı olarak parça boyutları tahmin edilir.

Elde edilen sonucun doğruluğu açısından patlatma sonrası oluşan yığında birden fazla resim çekmek önemlidir. Bu sebeple tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında patlatma sonrası oluşan yığında, yığını temsil edebilecek sayıda fotoğraf çekilmiştir.

### 5.3 Görüntünün Hazırlanması

Yığından elde edilen görüntüler hata payını azaltmak amacıyla öncelikle fotoğraf zenginleştirme teknikleriyle siyah beyaz formata çevrilip sınırları belirlenip, çok yüksek çözünürlükte çekildiği için piksel değeri bir miktar düşürülerek JPEG formatında kaydedilir.

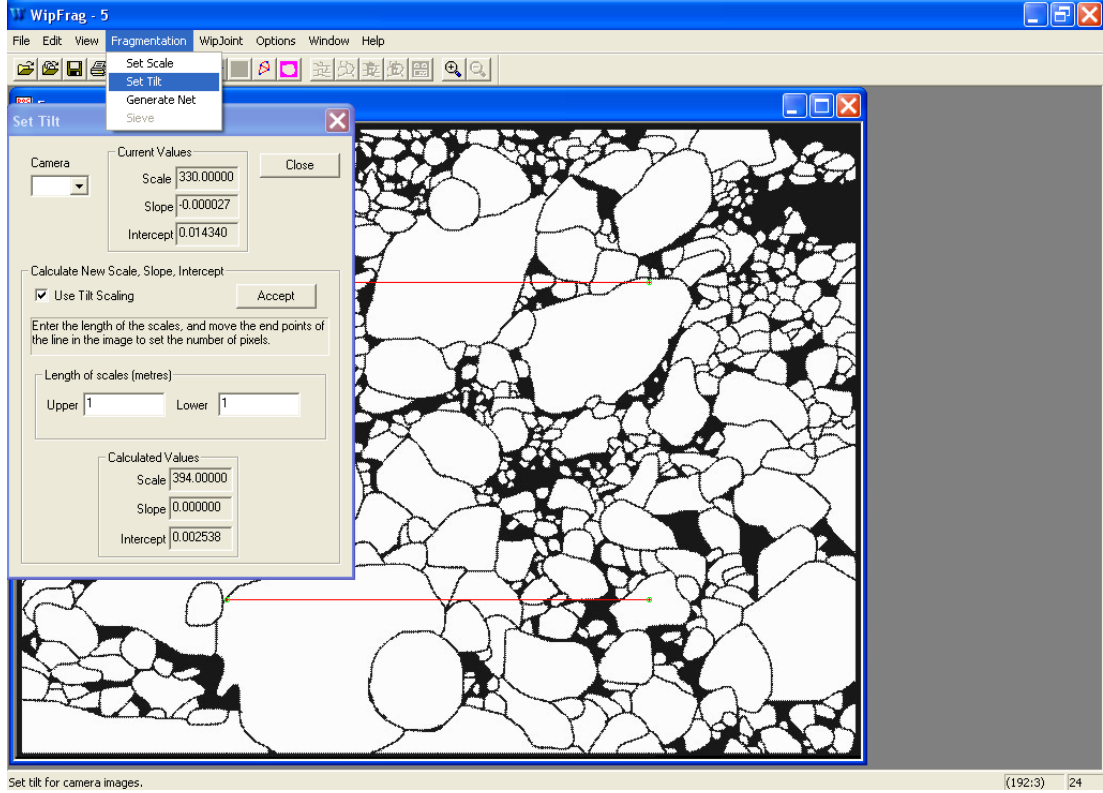


Şekil 5.1 Görüntünün Wipfrag programına hazırlanması.

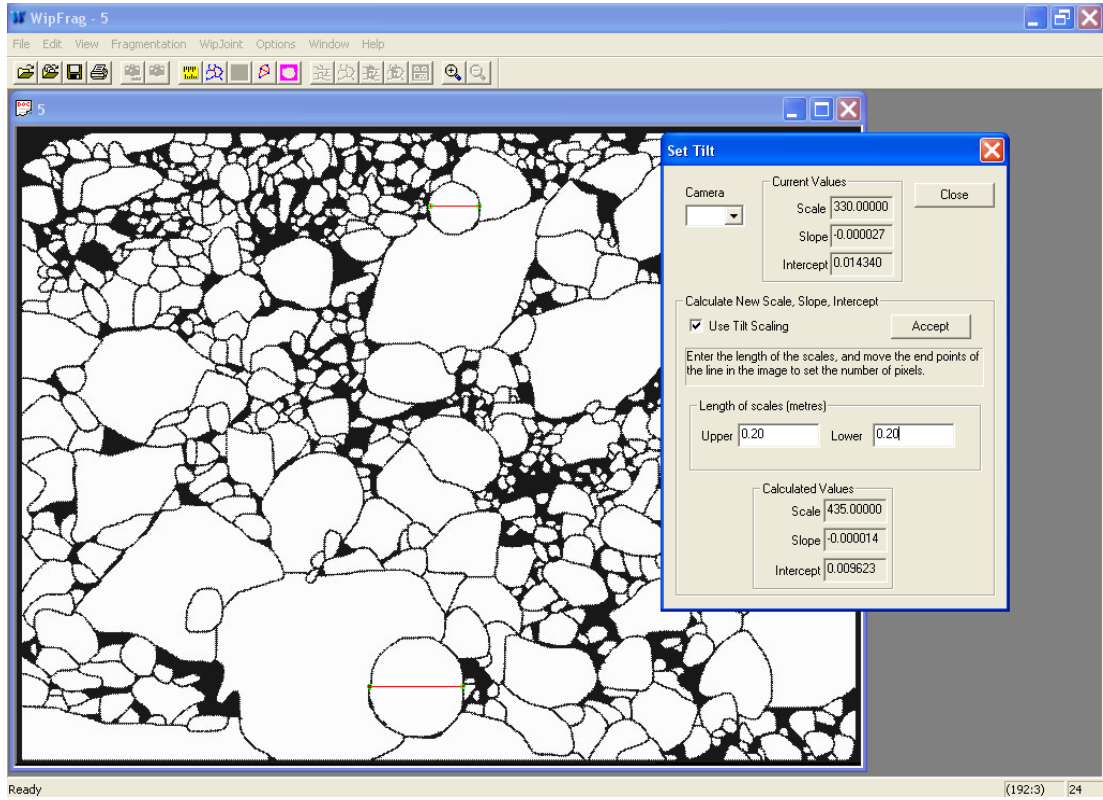
### 5.4 Görüntünün Analizi

Program açıldıktan sonra siyah beyaz formata getirilen görüntüler “file” menüsünden çağırılıp programa aktarılırlar. Daha sonra görüntünün analizi için gerekli olan ölçeklendirme yapılır. Programın çalışma şekli kaya taneleri arasındaki sınırları belirleyip uzunlukları ölçmesi prensibine dayanır.

Bu tez çalışmasında 20 cm çapında toprak ölçek olarak kullanılmıştır. Yığın üzerinde boyut dağılımını belirleyebilmek için yığının üzerine boyutları belli olan iki adet top yerleştirilmiştir. Bu topun çapı analiz aşamasında programa girilmiştir. Girilen bu veriye bağlı olarak, program yığındaki diğer tanelerin boyutunu hesaplamıştır.



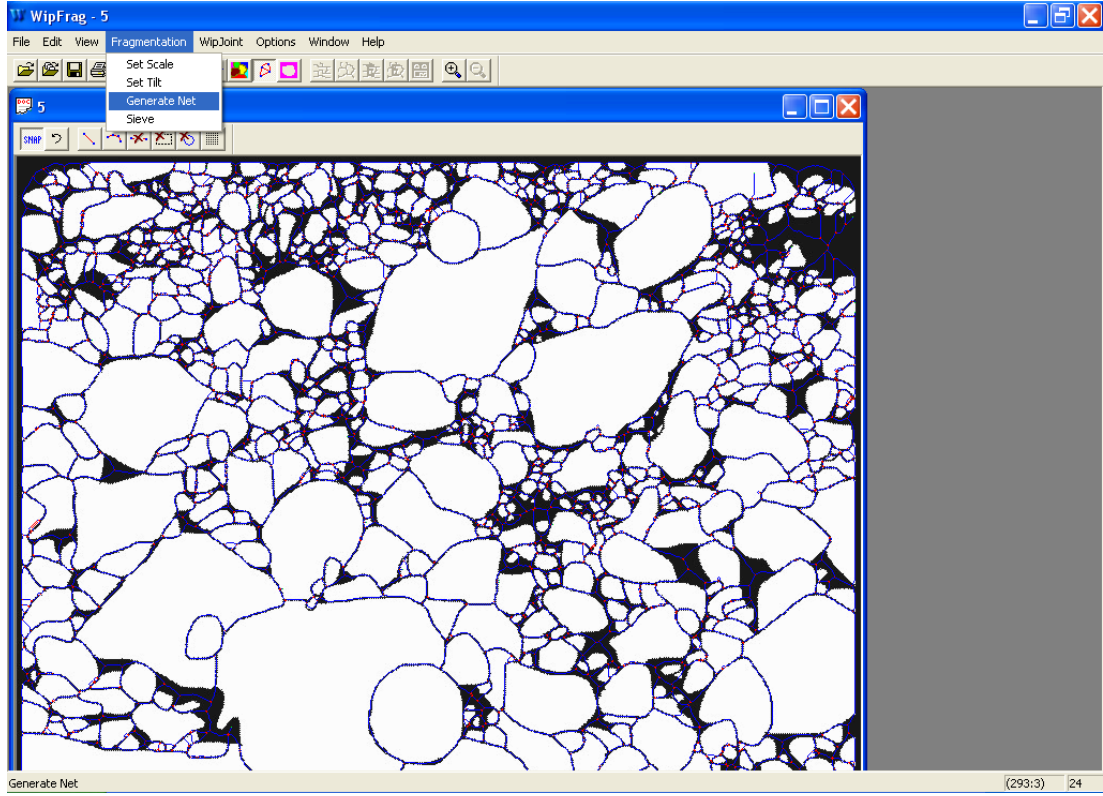
Şekil 5.2 (a) Wipfrag programında ölçeklendirme menüsü.



Şekil 5.2 (b) Wipfrag programında ölçeklendirme işlemi.

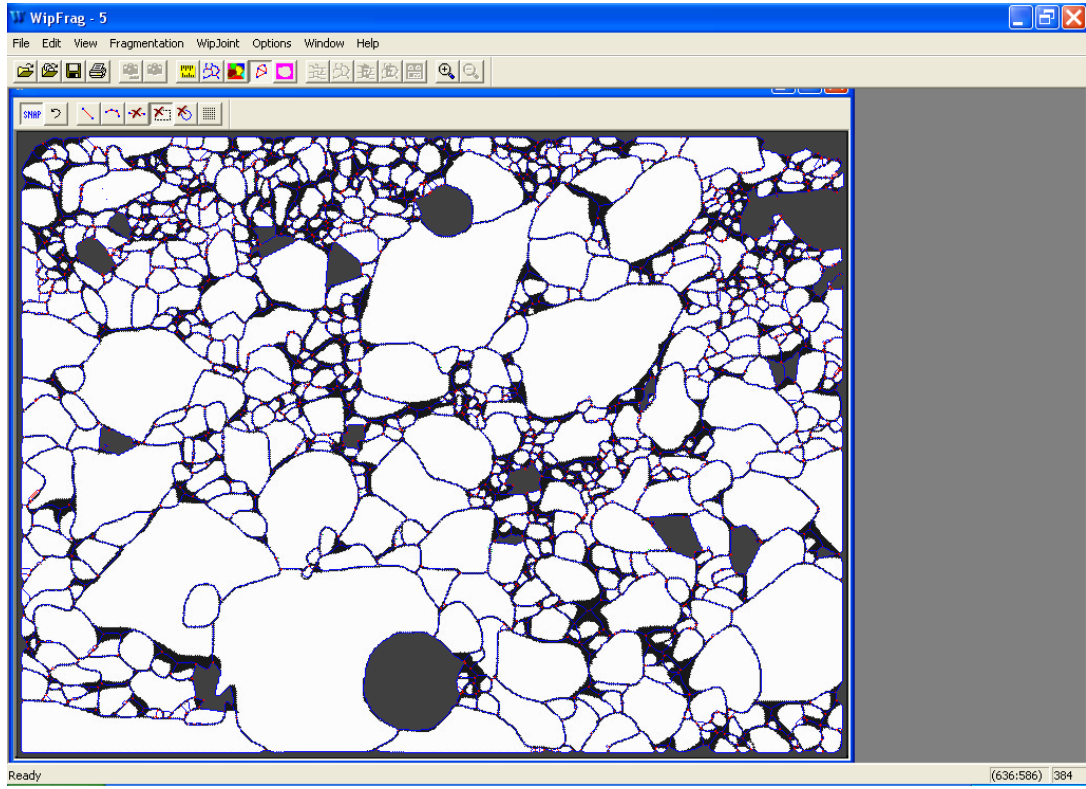
Ölçeklendirme işlemi bitikten sonra programın boyut analizi yapabilmesi için blokların sınırlarının belirlenmesi şarttır. Program sınır belirleme işlemini yaptıktan sonra yanlış sınırları düzeltme durumunu kullanıcıya sağlamaktadır. Fotoğrafın çekildiği ışık veya resim kalitesi her zaman yeterli olmadığından, program bazı görüntülerde sınırları oluştururken hatalar verebilmektedir. Sınırları belirlenen her görüntü incelenerek hatalı sınırlar kullanıcı tarafından düzeltilmelidir



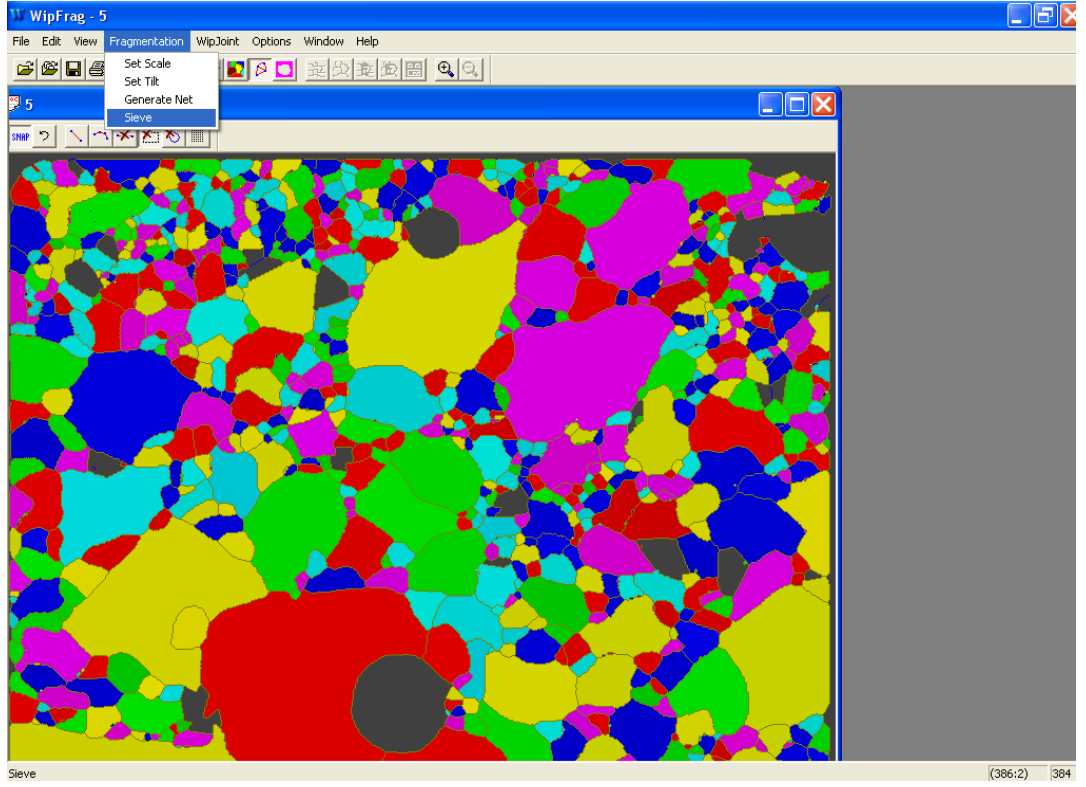


Şekil 5.3 Wipfrag programında tane boyut dağılımı öncesi sınır tespiti.

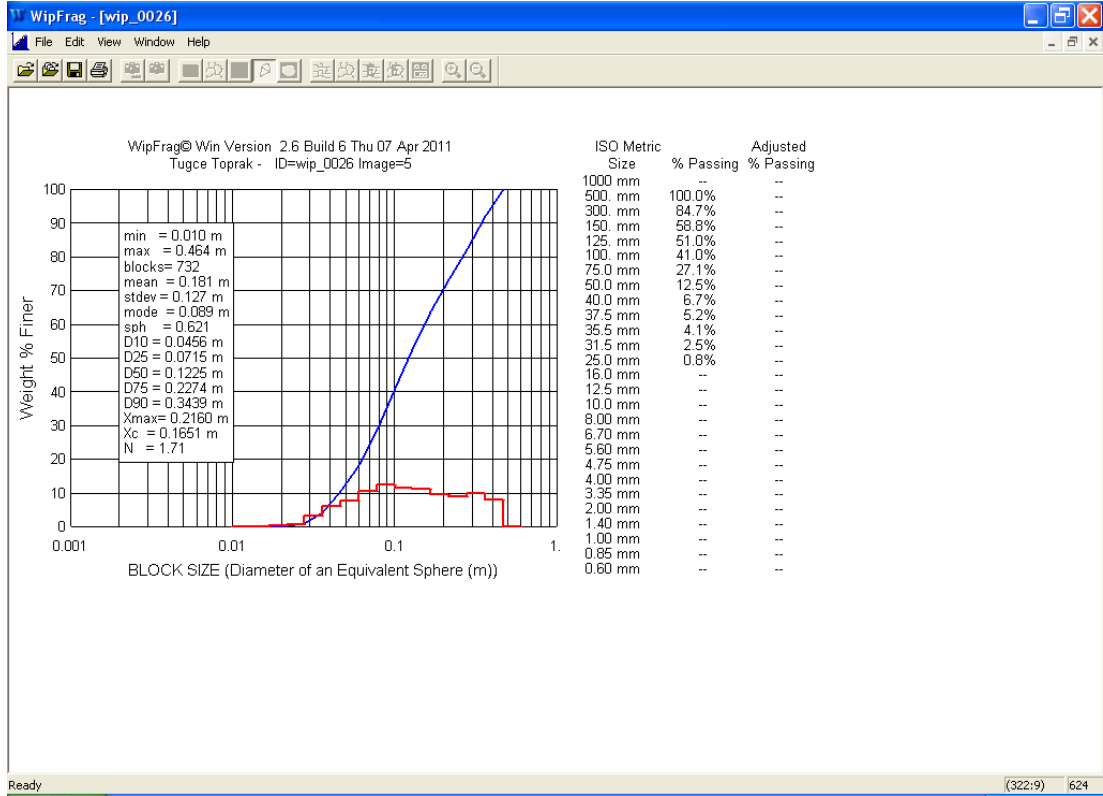
Sınırları tespit edilen görüntünün analizi gerçekleştirilmeden önce, analize girmemesi gereken ve ölçek olarak kullanılan toplar ve blok barındırmayan kısımlar siyaha çevrilir. Bu işlemden sonra fotoğraf tane boyut dağılım analizi için hazır hale getirilmiş olur.



Şekil 5.4 Ölçek olarak kullanılan toprakların tane boyut analizini etkilememesi için siyahlaştırılması.



Şekil 5.5 Blokların boyutlarının gruplaştırılması.



Şekil 5.6 Elde edilen tane boyut dağılım grafiği.

Bu şekilde bir patlatmaya ait ne kadar fotoğraf mevcutsa ayrı ayrı bu analize tabi tutulur. Son olarak aynayı temsil edecek ortalama değerlere tüm fotoğraflardan elde edilen grafiklerin birleştirilmesi ile ulaşılr.

## **BÖLÜM ALTI**

### **ÇALIŞMA BÖLGELERİNİN TANITIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLEN UYGULAMALAR**

#### **6.1 Giriş**

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmaları boyunca Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası Türk A.Ş' ye ait iki farklı kireçtaşı ocağından ölçümler alınmıştır.

Aşağıda kapsamlı olarak ölçümlerin alındığı bölge tanıtımı ve gerçekleştirilen arazi çalışmaları anlatılmaktadır.

#### **6.2 Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası Türk A.Ş' ye Ait Olan Açık İşletmenin ve Bölgenin Tanıtımı**

İzmir' e 6 km mesafede, Işıklar köyü yakınlarında bulunan Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası Türk A.Ş' ye ait olan kireçtaşı ocağına ait genel görünüm şekil 6.1 ve şekil 6.2' de verilmektedir.



Şekil 6.1 Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası Türk A.Ş' ye ait ocaktan genel bir görünüm.



Şekil 6.2 Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası Türk A.Ş' ye ait bir patlatma aynasından görünüm.

### **6.2.1 Coğrafi Konum**

Kireçtaşı yayılımı, Işıkkent mevkiinin kuzeydoğusuna kadar uzanmaktadır. Çimentaş' a ait kalker ocağı da İzmir'e 6 km mesafede, Işıklar köyü yakınlarında bulunan Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası Türk A.Ş'ye ait fabrikanın üzerindedir. Genel olarak doğudan batıya doğru bir yükselme bölgesinin içerisinde kalmaktadır. Önemli yükselteler; Kalabak tepe (379 m) ile 313, 293, 273 m rakımlı tepelerdir.

### **6.2.2 İklim ve Bitki Örtüsü**

İzmir çevresinde yer alan yükseltelerin özellikle kuzeye bakan yamaçların daha çok makilik olup, buralarda yoğun biçimde araştırma yapılmaktadır. Çimentaş kalker ocağının doğusu bitki örtüsü bakımından oldukça zengindir. Ilıman iklim kuşağı içinde kalan bölgede, yazlar genellikle sıcak e kurak; kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Ortalama yıllık yağış miktarı 700 mm<sup>3</sup> tür. Yıllık ortalama sıcaklık ise 17 derecedir. Yağışın en bol olduğu dönem kasım-nisan ayları arasındır.

### **6.2.3 Genel Jeoloji**

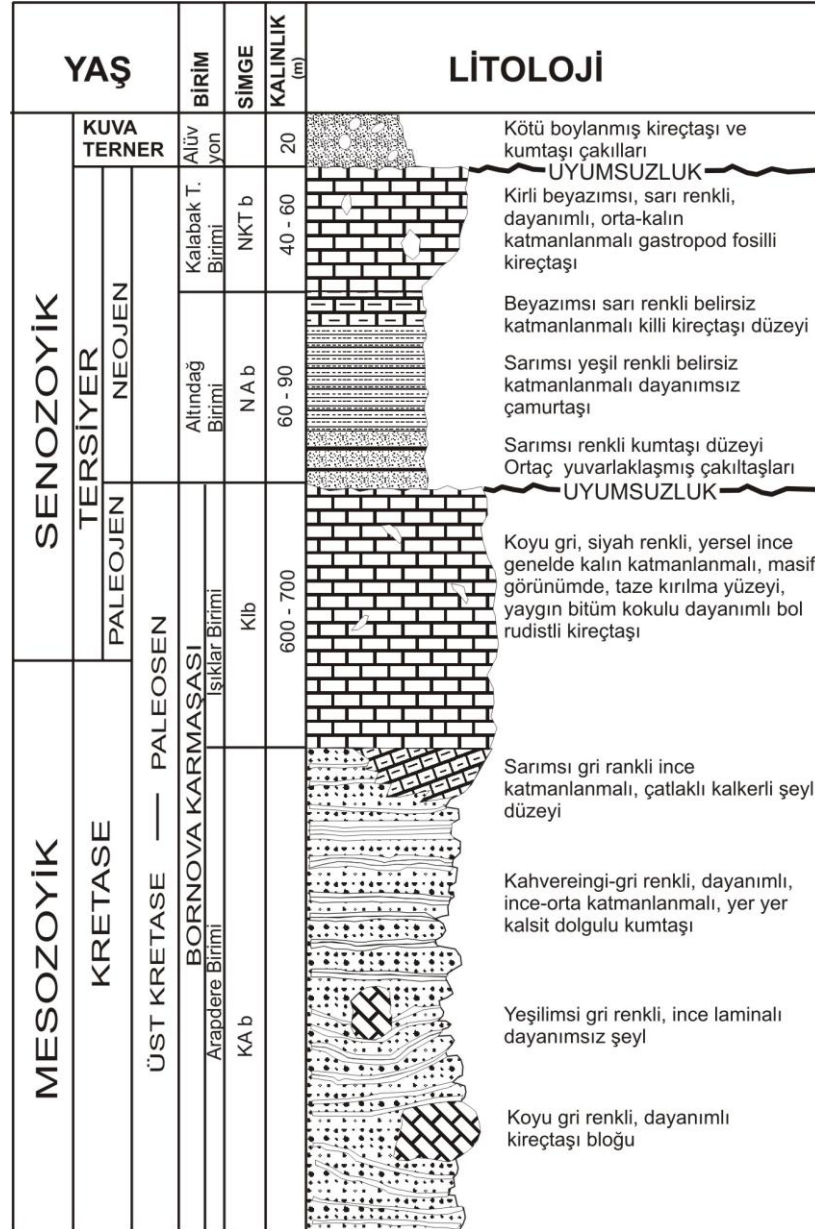
#### *6.2.3.1 Bölgenin Genel Jeolojisi*

İzmir körfezinin kuzeydoğusunda kalan bölgede, menderes masifi olarak bilinen metamorfik temel kayaları ve bunların üzerini örten İzmir-Ankara zonunun çökel kayaları bulunmaktadır. Stratigrafik olarak paleozoik temel üzerine uyumsuz olarak mezazoyik ve senozoyik yaşlı, farklı dilimlere bölünmüştür. Sahanın doğusunda yer alan ve kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı genç çökellerle temsil edilen Nit dağı- Spil dağı dilinimi yine kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu dik kırık sistemi ile dilimlere ayrılmaktadır. Bu dilimin temelinde üst kretase, kireçtaşı üzerinde ise mikrit ve marnlardan oluşan istit ile Belkahve formasyonu olarak bilinen aynı yaşlı fillistler gelmektedir. En üstte açısal uyumsuzlukla gelen ve kumtaşından oluşan birim bulunmaktadır.

#### *6.2.3.2 Çalışma Alanının Genel Jeolojisi*

Çalışma alanının genel jeolojisi ile bölgenin genel jeolojisi neredeyse tamamen örtüşmektedir. Kayaların yaşlarıyla ilgili farklılıklar olduğu yolunda tahminler mevcuttur. Batı Anadolu' da İzmir-Ankara zonunun açılımı sonucu bloklu bir birim olan Bornova karmaşığı oluşumu meydana gelmiştir.





Şekil 6.3 Çalışma alanının genel jeolojisi.

### 6.3 Çimento İzmir Çimento Fabrikası Türk A.Ş.'ye Ait Açık Ocakta Patlatma Öncesi Yapılan Çalışmalar

Bu çalışmada İzmir Işıkkent mevkiindeki ÇİMENTAŞ İzmir Çimento Fabrikası Türk A.Ş.'ye ait olan "8.kademe" ve "Sol ocak" adı verilen kireçtaşı ocaklarında sırasıyla 5 ve 7 adet patlatma aynasının incelemeleri yapılmıştır. Patlatma öncesi ocakta yapılan çalışmalar iki ana başlık altında toplanabilir. Bunlardan ilki patlatma

parametrelerinin ölçümü ve kaydedilmesi, ikincisi ise süreksizlik yönelimleri ve hat etüdü ölçümleridir. Bu işlemler çalışılan her ayna için ayrı ayrı verilmiştir.



Şekil 6.4 “Sol ocak” ve “8.kademe”den genel görünüm.

Patlatma işlemi yapılacak olan aynalarda süreksizlik ölçümlerinden önce patlatma parametreleri ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Tüm aynalarda delik çapı eşit olup 89 mm’dir. Delikler dik olarak delinmiştir. Şeşbeş düzende açılan patlatma delikleri nonel kapsül ve ANFO ile gecikmeli patlatma patterni kullanılarak patlatılmıştır.

Aynalara ait patlatma tekniği verilerinin elde edilmesinin ardından, sahada yapılan patlatmaların sonucunda oluşan yığın boyut dağılımının süreksizlik yönelimi ile ilişkisini incelemek amacıyla, çalışmanın yapıldığı açık ocak sahasında süreksizlik



aralığını bulmak, hâkim olan tabakalanmanın ve çatlak takımının eğim yönü ve eğim bilgilerini tespit etmek için sahanın çeşitli yerlerinde şerit metre ve pusula yardımıyla ölçümler yapılmıştır. Ölçümlerin gerçekleştirileceği sahada ön incelemeler yapılarak ocağın bir kısmında gözle görülebilen süreksizlikler tespit edilmiştir.



Şekil 6.5 Bir patlatma aynasında gözlenen süreksizliklere örnek.

Süreksizliklerin uzaydaki konumları, jeolog pusulası yardımıyla ölçülen eğim ve doğrultularıyla tanımlanır. Daha hızlı ölçüm alınmasını sağlaması ve veri değerlendirmeyi kolaylaştırdığı için, uygulamalarda doğrultu yerine eğim yönünün ölçülmesi tercih edilmektedir (Ak, 2006). Bu sebeple, yapılan arazi çalışmasında aynalardan alınan ölçümler eğim yönü/eğim şeklindedir. Elde edilen eğim yönü/eğim değerlerine ait kontur diyagramları (stereonet) çizilmiştir.

Süreksizlik aralıklarının ölçülmesi, kaya kütlesi içinde görünmeyen blokların boyutlarını ve boyut dağılımını, su geçirgenliğini ve sızıntı karakteristiklerini belirleme amacıyla yapılırken; duraylılık analizlerinde ortamın süreksizlik yoğunluğunun ortaya çıkarılması, delme patlatma işlemlerinde süreksizliklerin etkilerinin ortaya konulması gibi amaçlar içinde yapılmaktadır.

Patlatma aynasında yapılan süreksizlik ölçümlerinde ölçülen süreksizliğin, patlatma sonucunda oluşmuş bir kırılma yüzeyi olmamasına özen gösterilerek ölçüm yapılmış,

doğal süreksizliklere ait eğim yönü ve eğim değerleri tespit edilmiştir. Süreksizliklerin eğim yönü ve eğimlerini ölçmek amacıyla Brunton tipi jeolog pusulası kullanılmıştır.



Şekil 6.6 Uygulama sahasında pusulanın tabaka altından kullanımı.



Şekil 6.7 Uygulama sahasında pusulanın tabaka yüzeyinden kullanımı.

Bu çalışmada, önceden süreksizlik ölçümleri alınmış olan, ardından gecikmeli patlatma düzeni kullanılarak basamak patlatmaları gerçekleştirilen aynalara ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak görüntü alma tekniği ile ölçekli görüntüler elde edilmiş ve daha sonra elde edilen bu görüntülere zenginleştirme uygulanarak siyah-beyaz formata getirilmiştir. Tane boyut analizi için hazır hale getirilen fotoğrafların, WIPFRAG programı kullanılarak dağılım analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerden elde edilen veriler derlenerek aynayı temsil eden ortalama bir sonuca varılmıştır. Bu işlemin yapılma gerekliliği, patlatma sonrası devamlılık arz eden kazı-yükleme-nakliye-kırma-eleme-öğütme işlemlerinin verimliliğini etkilemesidir.

Yapılan tüm çalışmalar her ayna için ayrı ayrı yapılmış olup, her biri aşağıda verilmiştir. İki ayrı bölgedeki ocağa ait ayna sıralamasının karışmaması için, 8.kademede bulunan aynaların isimlendirilme formatı “K-A1” şeklinde, sol ocakta bulunan aynaların “S-A1” şeklinde düzenlenmiştir.

### **6.3.1 Çimentoş “8.Kademe” Bölgesinde Yapılan Çalışmalar**

#### **6.3.1.1 K-A1’e Ait Çalışmalar**



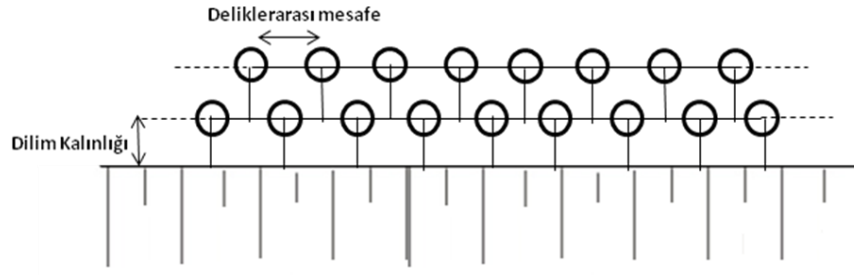
Şekil 6.8 Çalışılan ayna yüzeyinden bir görünüm.

Süreksizlik ölçümleri öncesinde yerinde ölçümler ile patlatmaya ait teknik veriler tespit edilmiş ve tablo 6.1’de verilmiştir. Aynanın özgül şarjı  $0,60 \text{ kg/m}^3$  tür.

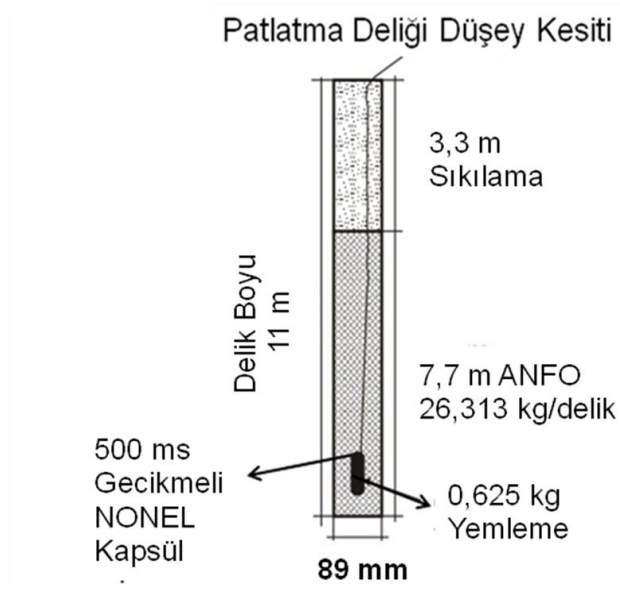
Tablo 6.1 K-A1’e ait teknik veriler

	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıklama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
1.delik	11	1,82		3,30	0,625	26,313		500
			2,30				25	
2.delik	11	2,25		3,30	0,625	26,313		500
			2,30				25	
3.delik	11	1,90		3,30	0,625	26,313		500
			2,30				25	
4.delik	11	1,86		3,30	0,625	26,313		500
			2,50				25	
5.delik	11	1,67		3,30	0,625	26,313		500
			2,70				25	
6.delik	11	1,75		3,30	0,625	26,313		500
			2,60				25	
7.delik	11	1,75		3,30	0,625	26,313		500
			2,50				25	
8.delik	11	1,66		3,30	0,625	26,313		500
			2,15				25	
9.delik	11	1,65		3,30	0,690	26,313		500
	İkinci sıra						25	
10.delik	11	2,25		3,30	0,625	26,313		500
			1,90				25	
11.delik	11	2,05		3,30	0,625	26,313		500
			2,10				25	
12.delik	11	2,00		3,30	0,625	26,313		500
			2,40				25	
13.delik	11	1,95		3,30	0,625	26,313		500
			2,80				25	
14.delik	11	1,85		3,30	0,625	26,313		500
			2,40				25	
15.delik	11	1,86		3,30	0,625	26,313		500
			2,50				25	
16.delik	11	1,70		3,30	0,625	26,313		500
			2,70				25	
17.delik	11	1,70		3,30	0,625	26,313		500



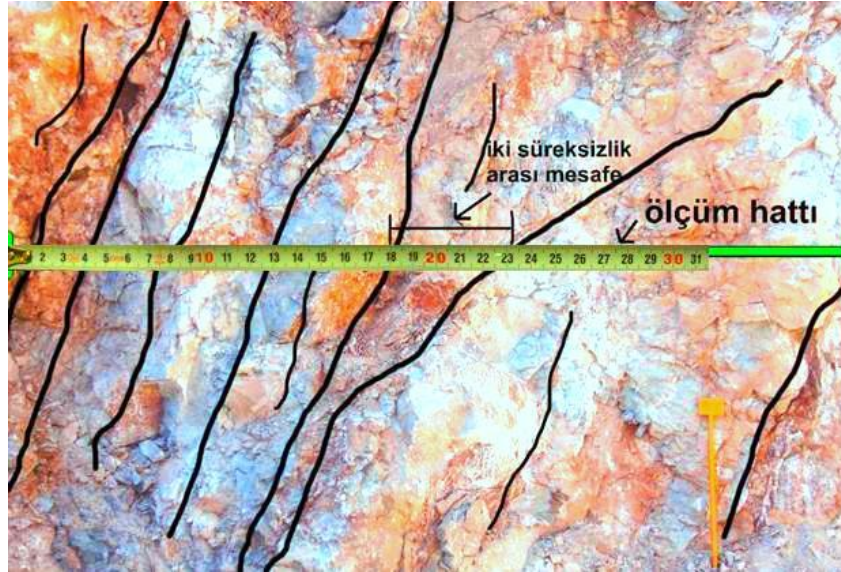


Şekil 6.9 K-A1 patlatma paterni plan görüntüsü.



Şekil 6.10 K-A1'e ait patlatma deliği düşey kesiti.

Çalışılan aynadan hat etüdü ölçümün ne şekilde yapıldığının anlaşılabilmesi için bir fotoğraf üzerinde şematik olarak gösterim yapılmış, K-A1'den alınan ölçüm parametreleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 6.11 Çalşıılan aynalardan K-A1'e ait olan bir fotoğraf üzerinde şematik hat etüdü gösterimi.

Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 13,05 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 43'dür. Yapılan hat etüdü işlemine örnek teşkil etmesi amacıyla aşağıda K-A1'e ait şeritmetre ölçümleri verilmiştir.

Tablo 6.2 K-A1'e ait hat etüdü ölçümleri

0.cm, 2.cm, 7.cm, 31-50.cm ( <i>parçalanmış zon</i> ), 55.cm, 58.cm, 66.cm, 77-81.cm ( <i>kil, kalsit</i> ), 89.cm, 110-112.cm ( <i>kil, kireçtaşı</i> ), 142.cm, 195.cm, 239.cm, 271.cm, 286.cm, 308-309.cm ( <i>kireçtaşı</i> ), 330.cm, 378.cm, 392.cm, 422.cm, 478-480.cm ( <i>kalsit</i> ), 535.cm, 560.cm, 580.cm, 603.cm, 667.cm, 793.cm, 825.cm, 990.cm, 1041.cm, 1052.cm, 1084.cm, 1114.cm, 1150.cm, 1183.cm, 1198.cm, 1221.cm, 1272.cm, 1305.cm.
--

Verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;

$$1305 / 43 = 30,35 \text{ cm} = 303,5 \text{ mm 'dir.}$$

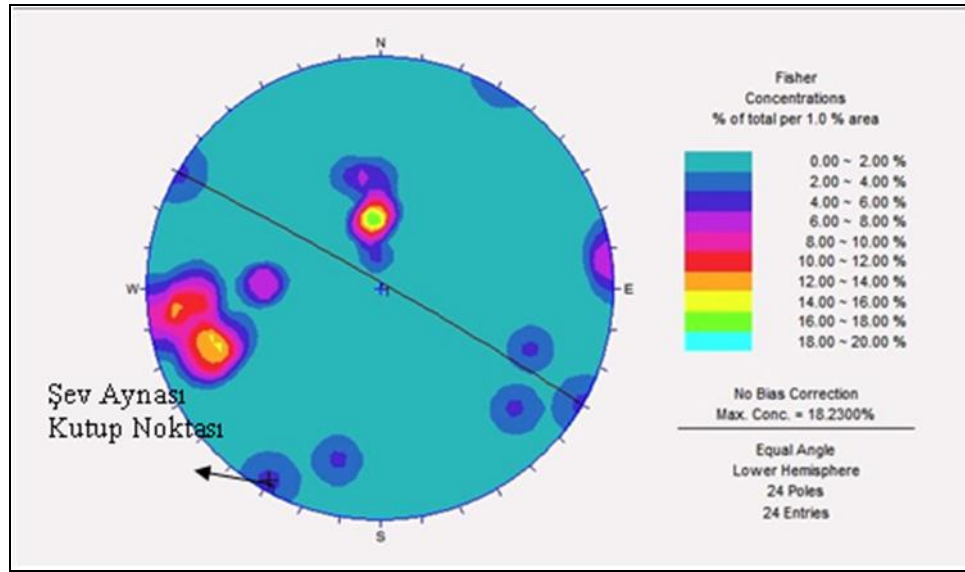
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre "Orta derece aralıklı" sınıfına dâhil olmaktadır.

K-A1'in konumu ile içerdiği süreksizliklere ait konumlar eğim yönü/eğim olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 6.3 K-A1'e ait tabakalar, çatlaklar ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerleri

TABAKA		ÇATLAK				AYNA
166/30	181/38	300/90	80/89	91/55	68/78	30/87
168/32	180/33	292/69	81/78	94/51	72/66	
173/16	174/36	312/75	85/76	91/76	68/73	
165/53	179/51	14/74	86/89	70/76		

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonetü aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.12 K-A1'e ait stereonet.

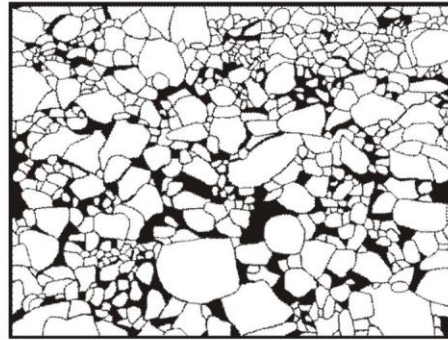
K-A1'e ait stereonet incelendiğinde, çatlak takımlarının yoğunlaştığı iki bölge olduğu görülmektedir. Bunlar sırası ile 80/73 ve 301/78 dir. Tabakalanma ise 173/36 eğim yönü/eğimde yoğunlaşmıştır.

Süreksizlik ölçümleri alınan aynada gerçekleştirilen patlatma işlemi sonrası oluşan yığından, yığını temsil edecek şekilde toplam 5 görüntü alınmış, WIPFRAG programı kullanılarak her bir görüntü tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu yığın için, alınan 5 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren şekil 6.13 aşağıda verilmiştir.

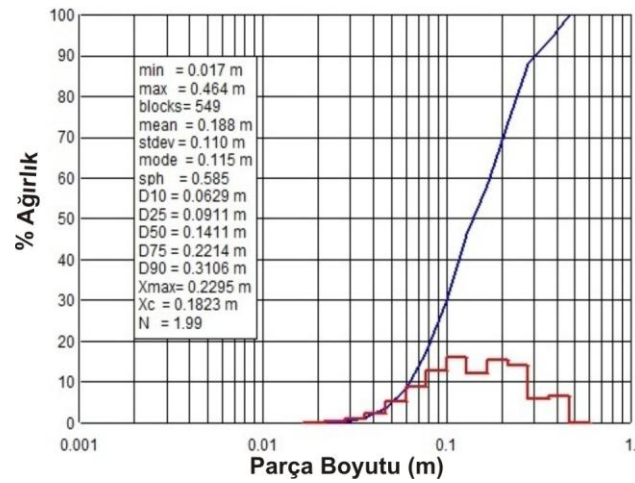
Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Tane boyut dağılım grafiği



Şekil 6.13 Örnek olarak K-A1'e ait patlatma yığımından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.



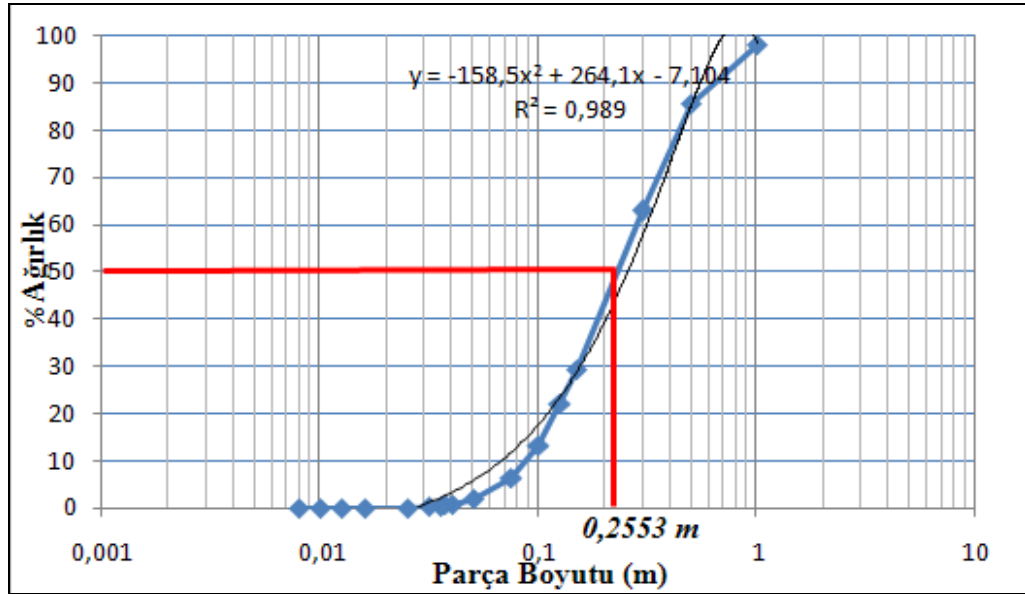
Yığından alınan 5 görüntünün işlenmesiyle 2173 parça analize tabi tutulmuş, 5 görüntüye ait dağılım grafikleri bulunmuş, bu grafiklerin tek bir grafik altında toplanmasıyla da yığına ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 0,2553 m olarak hesaplanmıştır.

Tablo 6.4 K-A1 Patlatma sonrası elde edilen her bir görüntüye ait parça sayıları, ortalama parça boyutu ve en küçük-en büyük parça boyutu

	<b>En küçük parça boyutu(m)</b>	<b>En büyük parça boyutu (m)</b>	<b>Ortalama parça boyutu D50 (m)</b>	<b>Parça Sayısı</b>
<b>Foto 1</b>	0,022	1,292	0,2732	447
<b>Foto 2</b>	0,013	0,599	0,2652	400
<b>Foto 3</b>	0,028	1,000	0,3302	456
<b>Foto 4</b>	0,013	0,774	0,2094	321
<b>Foto 5</b>	0,017	0,464	0,1411	549

Tablo 6.5 K-A1 Patlatma sonrası yığından elde edilen 5 adet görüntünün parça boyutuna göre ortalama % dağılımı

<b>Parça Boyutu (mm)</b>	<b>% Ağırlık</b>
1000	98,04
500	85,65
300	62,93
150	29,15
125	21,98
100	13,29
75	6,48
50	1,79
40	0,77
37,5	0,50
35,5	0,44
31,5	0,24
25	0,05



Şekil 6.14 K-A1 Yığından elde edilen görüntülere ait ortalama tane boyut dağılım analizi ve D50 değeri.

### 6.3.1.2 K-A2' ye Ait Çalışmalar

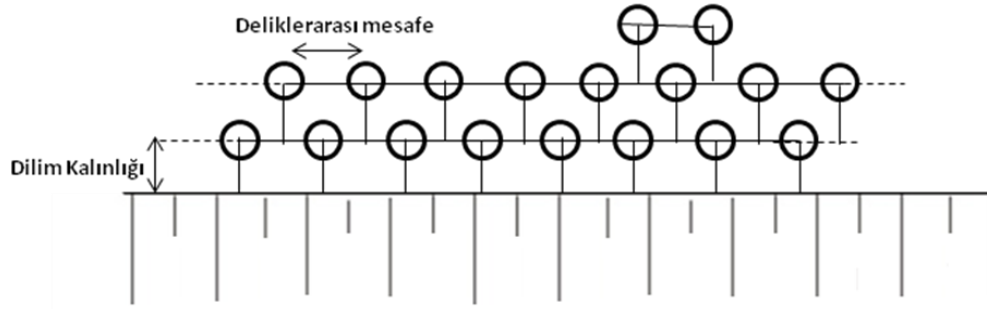


Şekil 6.15 Çalışılan aynadan genel bir görünüm.

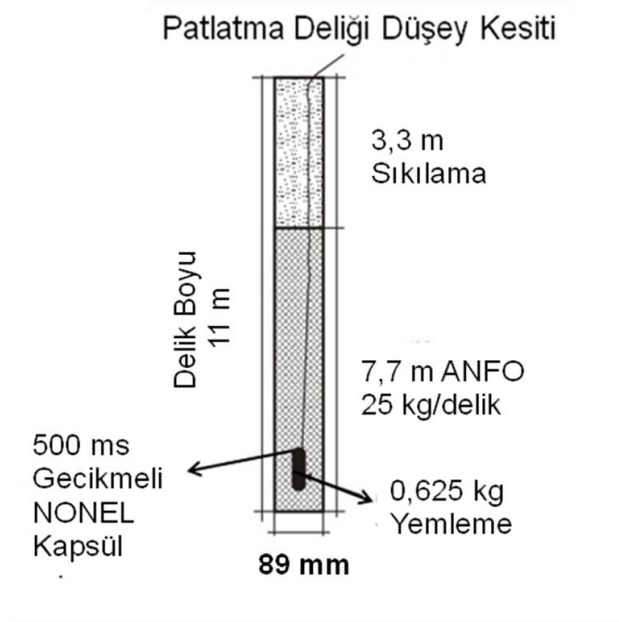
Süreksizlik ölçümleri öncesinde yerinde ölçümler ile patlatmaya ait teknik veriler tespit edilmiş ve tablo 6.6'da verilmiştir. Aynanın özgül şarjı  $0,48 \text{ kg/m}^3$  tür.

Tablo 6.6 K –A2'e ait teknik veriler

	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıklama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
<b>1.delik</b>	11	2,70		3,30	0,625	25,00		500
			2,40				25	
<b>2.delik</b>	11	3,00		3,30	0,625	25,00		500
			2,30				25	
<b>3.delik</b>	11	3,00		3,30	0,625	25,00		500
			2,60				25	
<b>4.delik</b>	11	2,40		3,30	0,625	25,00		500
			2,40				25	
<b>5.delik</b>	11	2,15		3,30	0,625	25,00		500
			2,30				25	
<b>6.delik</b>	11	1,60		3,30	0,625	25,00		500
			2,30				25	
<b>7.delik</b>	11	1,90		3,30	0,625	25,00		500
			2,10				25	
<b>8.delik</b>	11	2,40		3,30	0,625	25,00		500
	İkinci sıra						25	
<b>9.delik</b>	11	2,10		3,30	0,690	25,00		500
			3,00				25	
<b>10.delik</b>	11	1,90		3,30	0,625	25,00		500
			2,70				25	
<b>11.delik</b>	11	1,75		3,30	0,625	25,00		500
			2,50				25	
<b>12.delik</b>	11	2,20		3,30	0,625	25,00		500
			2,20				25	
<b>13.delik</b>	11	2,80		3,30	0,625	25,00		500
			2,70				25	
<b>14.delik</b>	11	2,05		3,30	0,625	25,00		500
			2,50				25	
<b>15.delik</b>	11	2,00		3,30	0,625	25,00		500
			2,20				25	
<b>16.delik</b>	11	2,10		3,30	0,625	25,00		500
	Üçüncü sıra							
<b>17.delik</b>	11	1,80		3,30	0,625	25,00		500
			2,50				25	
<b>18.delik</b>	11	1,95		3,30	0,625	25,00		500



Şekil 6.16 K-A2 patlatma paterni plan görüntüsü.



Şekil 6.17 K-A2'ye ait patlatma deliği düşey kesiti.

Aynada yapılan şerit metre ölçümleri sonucu toplam ölçüm hattı uzunluğu 15,90 m olarak bulunmuş, ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 22 olarak tespit edilmiştir. Ölçümler esnasında süreksizlik arası dolgu malzemesine rastlanmamıştır. Yapılan hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;

$$1590 / 22 = 72,27 \text{ cm} = 722,7 \text{ mm' dir.}$$

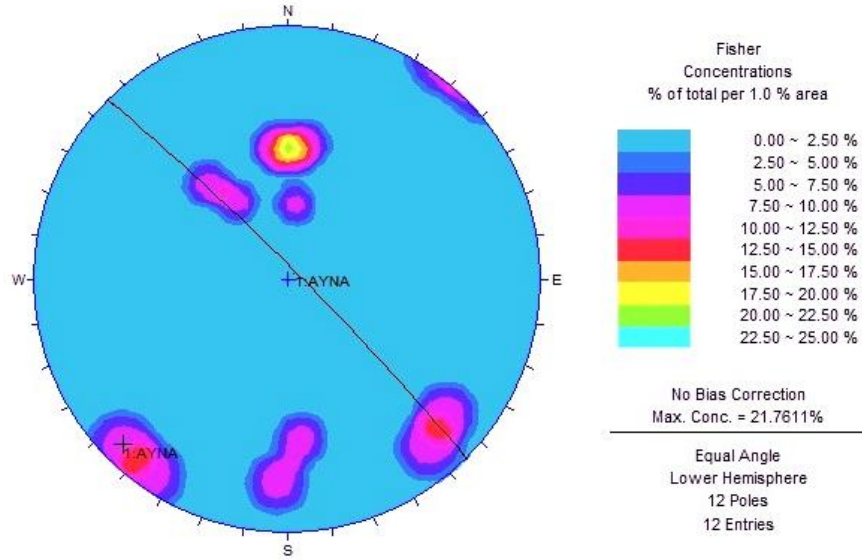
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre "Geniş aralıklı" sınıfına dâhil olmaktadır.

K-A2'nin konumu ile içerdiği süreksizliklere ait konumlar eğim yönü/eğim olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 6.7 K-A1'e ait tabakalar, çatlaklar ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerleri

TABAKA		ÇATLAK		AYNA
186733	174/55	35/86	355/64	45/85
181753	140/52	320/81	310/78	
188/56	147/40	03/77		

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonetü aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.18 K-A2'ye ait stereonet.

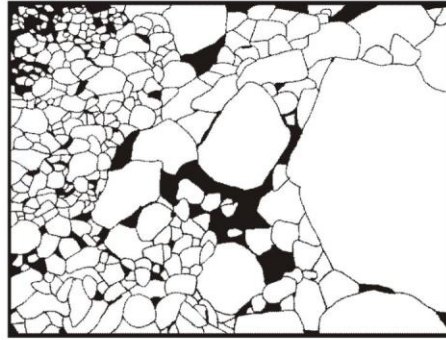
K-A2'ye ait stereonet incelendiğinde, çatlak takımlarının yoğunlaştığı tek bölge 348/75 olduğu, tabakalanmanın ise 170/47 eğim yönü/eğiminde yoğunlaştığı görülmektedir.

K-A2'ye ait patlatma sonrası oluşan yığın, bölümlere ayrılarak toplam 4 görüntü elde edilmiş, bunların her biri WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu 4 görüntüden bir tanesine ait tane boyut dağılım işlemi aşamaları aşağıdaki şekil 6.19'da verilmiştir.

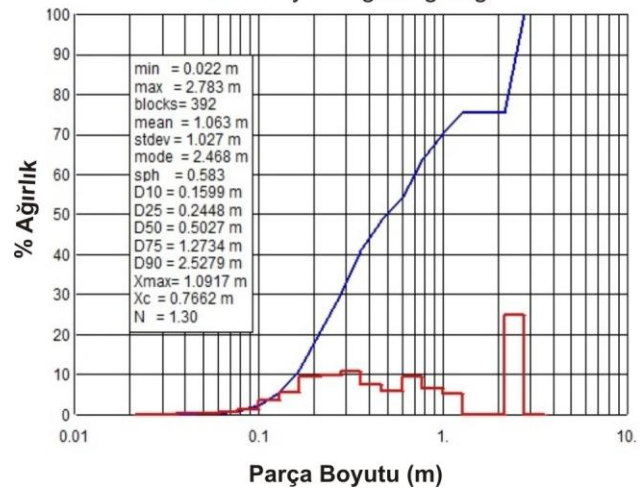
Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Tane boyut dağılım grafiği



Şekil 6.19 Örnek olarak K-A2'ye ait patlatma yığımından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

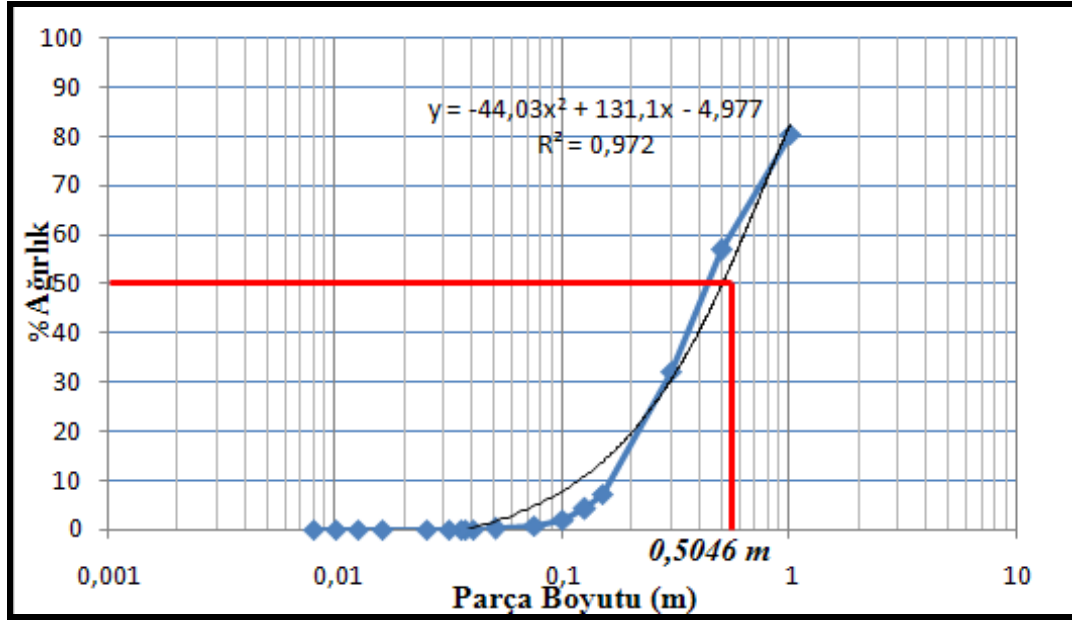
K-A2 yığınının alınmış 4 görüntünün işlenmesiyle 1241 parça incelemeye alınmıştır. 4 görüntünün dağılım grafikleri bulunmuştur. Bu grafiklerin tek bir grafikte birleştirilmesiyle bütün yığının ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 0,5046 m olarak bulunmuştur.

Tablo 6.8 K-A2 Patlatma sonrası elde edilen her bir görüntüye ait parça sayıları, ortalama parça boyutu ve en küçük-en büyük parça boyutu

	<b>En küçük parça boyutu(m)</b>	<b>En büyük parça boyutu (m)</b>	<b>Ortalama parça boyutu D50 (m)</b>	<b>Parça Sayısı</b>
<b>Foto 1</b>	0,022	2,783	0,5027	392
<b>Foto 2</b>	0,022	1,668	0,4695	276
<b>Foto 3</b>	0,028	1,292	0,3566	237
<b>Foto 4</b>	0,036	0,1292	0,4044	336

Tablo 6.9 K-A2 Patlatma sonrası yığından elde edilen 4 adet görüntünün parça boyutuna göre ortalama % dağılımı

<b>Parça Boyutu (mm)</b>	<b>% Ağırlık</b>
1000	80,52
500	56,86
300	32,06
150	7,26
125	4,18
100	1,87
75	0,74
50	0,15



Şekil 6.20 K-A2 Yığından elde edilen görüntülere ait ortalama tane boyut dağılım analizi ve D50 değeri.

### 6.3.1.3 K-A3' e Ait Çalışmalar



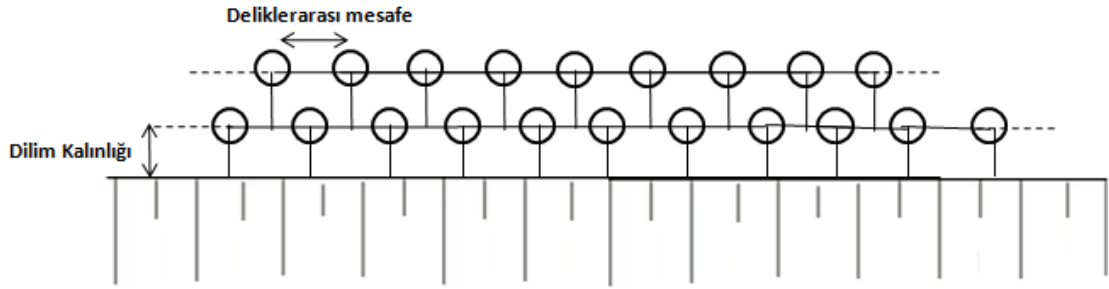
Şekil 6.21 Çalışılan aynadan genel bir görünüm.

Yapılan çalışmalardan ilki yerinde ölçümler ile patlatmaya ait teknik veriler tespit edilmesidir. Aynaya ait teknik veriler aşağıda tablo olarak verilmiştir. Aynanın özgül şarjı  $0,57 \text{ kg/m}^3$  tür.

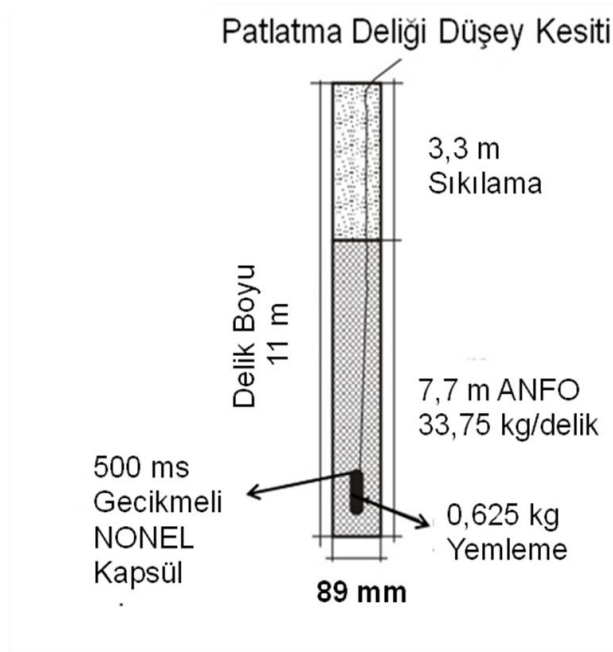


Tablo 6.10 K-A3'e ait teknik veriler

	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıkılama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
<b>1.delik</b>	11	2,30		3,30	0,625	33,75		500
			2,30				25	
<b>2.delik</b>	11	2,20		3,30	0,625	33,75		500
			2,80				25	
<b>3.delik</b>	11	2,70		3,30	0,625	33,75		500
			2,80				25	
<b>4.delik</b>	11	2,10		3,30	0,625	33,75		500
			2,70				25	
<b>5.delik</b>	11	2,35		3,30	0,625	33,75		500
			2,60				25	
<b>6.delik</b>	11	2,10		3,30	0,625	33,75		500
			2,80				25	
<b>7.delik</b>	11	2,50		3,30	0,625	33,75		500
			2,70				25	
<b>8.delik</b>	11	1,85		3,30	0,625	33,75		500
			2,80				25	
<b>9.delik</b>	11	2,30		3,30	0,690	33,75		500
			2,40				25	
<b>10.delik</b>	11	2,10		3,30	0,625	33,75		500
			2,50				25	
<b>11.delik</b>	11	2,20		3,30	0,625	33,75		500
	İkinci sıra						25	
<b>12.delik</b>	11	2,05		3,30	0,625	33,75		500
			2,90				25	
<b>13.delik</b>	11	2,52		3,30	0,625	33,75		500
			2,50				25	
<b>14.delik</b>	11	2,70		3,30	0,625	33,75		500
			2,90				25	
<b>15.delik</b>	11	2,53		3,30	0,625	33,75		500
			2,30					
<b>16.delik</b>	11	2,45		3,30	0,625	33,75	25	
			2,55					500
<b>17.delik</b>	11	2,40		3,30	0,625	33,75	25	
			2,60					500
<b>18.delik</b>	11	2,30		3,30	0,625	33,75	25	
			2,90					500
<b>19.delik</b>	11	1,95		3,30	0,625	33,75	25	
			2,40					500
<b>20.delik</b>	11	2,40		3,30	0,625		25	



Şekil 6.22 K-A3 patlatma paterni plan görüntüsü.



Şekil 6.23 K-A3'e ait patlatma deliği düşey kesiti.

Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümlerde toplam ölçüm hattı uzunluğu 27,97 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 55'dir. Süreksizlik arası dolgu malzemesine tek bir yerde rastlanılmış, 3 cm'lik kalsit damarı gözlenmiştir. Yapılan hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;

$$2797 / 55 = 50,85 \text{ cm} = 508,5 \text{ mm'dir.}$$

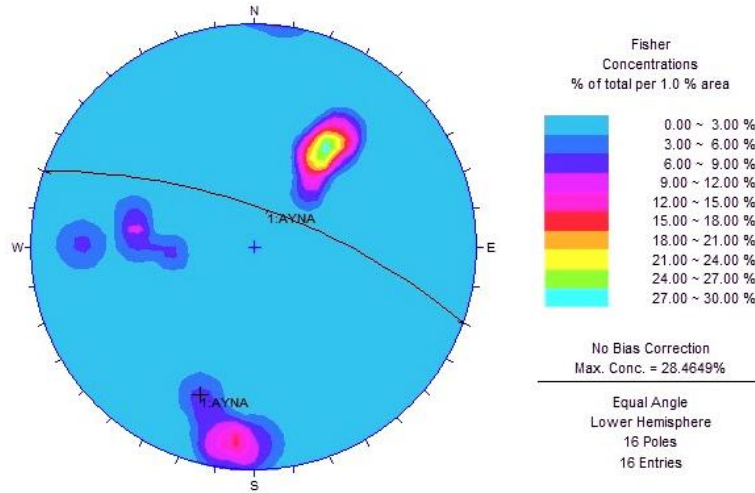
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre "Orta derece aralıklı" sınıfına dâhil olmaktadır.

K-A3'ün konumu ile içerdiği süreksizliklere ait konumlar eğim yönü/eğim olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 6.11 K-A3 Tabakalar, çatlaklar ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerleri

TABAKA		ÇATLAK		AYNA
225/37	221/59	86/40	92/55	20/75
220/46	214/56	11/80	105/58	
212/54	218/66	91/75	359/82	
215/63	214/50	07/85		

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonetı aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.24 K-A3'e ait stereonet.

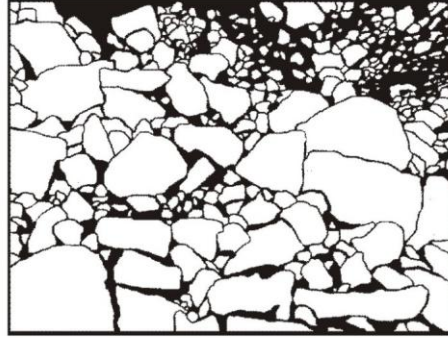
K-A3'e ait stereonet incelendiğinde, iki ayrı bölgede de çatlakların yoğunlaştığı görülmektedir. Bunlar sırasıyla 94/74 ve 06/82'dir. Tabakalanmanın yoğunlaştığı bölge ise 217/54 eğim yönü/eğimidir.

Patlatma sonrası K-A3'e ait yığını temsil edecek toplam 3 görüntü alınmış, bu görüntülerin, WIPFRAG programı vasıtasıyla tane boyut analizleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.25' te bu yığından alınan bir görüntünün analiz aşamaları verilmiştir.

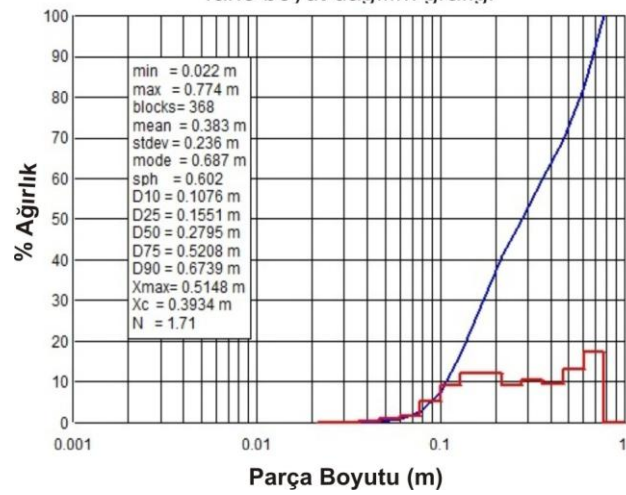
Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Tane boyut dağılım grafiği



Şekil 6.25 Örnek olarak K-A3'e ait patlatma yığımından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

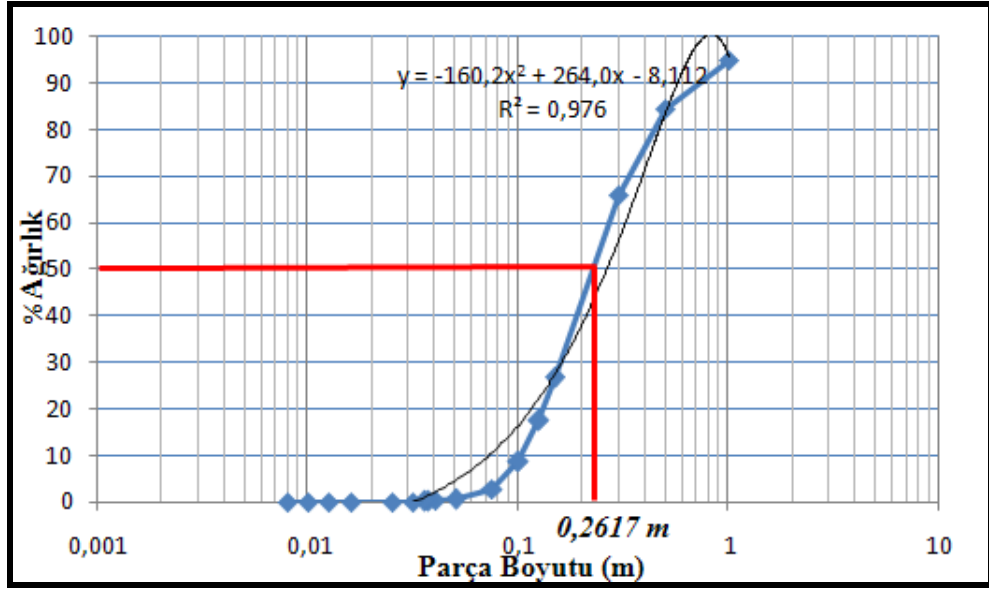
Yığından alınan görüntülerin işlenmesiyle toplamda 1361 parça analize alınmış, 3 görüntüye ait dağılım grafikleri bulunmuş, bu grafiklerin tek bir grafikte birleştirilmesiyle yığına ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiş, elde edilen bu grafikten D50 değeri 0,2617 m olarak bulunmuştur.

Tablo 6.12 K-A3 Patlatma sonrası elde edilen her bir görüntüye ait parça sayıları, ortalama parça boyutu ve en küçük-en büyük parça boyutu

	<b>En küçük parça boyutu(m)</b>	<b>En büyük parça boyutu (m)</b>	<b>Ortalama parça boyutu D50 (m)</b>	<b>Parça Sayısı</b>
<b>Foto 1</b>	0,017	0,774	0,1911	580
<b>Foto 2</b>	0,022	1,668	0,2468	413
<b>Foto 3</b>	0,022	0,774	0,2795	368

Tablo 6.13 K-A3 Patlatma sonrası yığından elde edilen 3 adet görüntünün parça boyutuna göre ortalama % dağılımı

<b>Parça Boyutu (mm)</b>	<b>% Ağırlık</b>
1000	94,93
500	84,51
300	65,82
150	26,65
125	17,43
100	8,52
75	2,72
50	0,51
40	0,24
37,5	0,14
35,5	0,08
31,5	0,04



Şekil 6.26 K-A3 Yığından elde edilen görüntülere ait ortalama tane boyut dağılım analizi ve D50 değeri.

#### 6.3.1.4 K-A4' e Ait Çalışmalar



Şekil 6.27 Çalışılan aynadan genel bir görünüm.

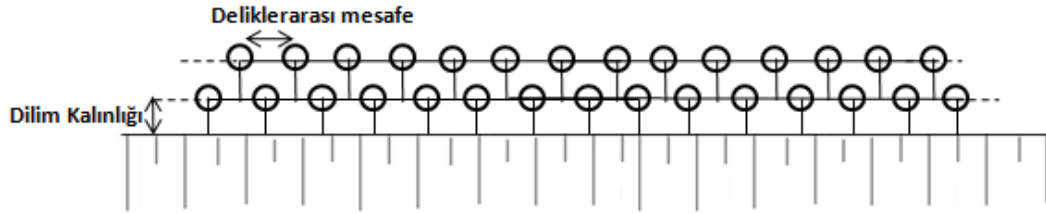
Süreksizlik ölçümlerini gerçekleştirmeden önce patlatmaya ait teknik veriler kayıt altına alınmıştır (Tablo 6.14). Aynanın özgül şarjı  $0,54 \text{ kg/m}^3$  tür.

Tablo 6.14 K-A4'e ait teknik veriler

	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıkılama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
1.delik	11	2,50		3,30	0,625	38,71		500
			2,80				25	
2.delik	11	3,00		3,30	0,625	38,71		500
			2,65				25	
3.delik	11	2,60		3,30	0,625	38,71		500
			2,70				25	
4.delik	11	3,15		3,30	0,625	38,71		500
			2,70				25	
5.delik	11	3,00		3,30	0,625	38,71		500
			2,80				25	
6.delik	11	2,70		3,30	0,625	38,71		500
			2,90				25	
7.delik	11	2,80		3,30	0,625	38,71		500
			3,00				25	
8.delik	11	2,30		3,30	0,625	38,71		500
			2,70				25	
9.delik	11	2,60		3,30	0,690	38,71		500
			2,60				25	
10.delik	11	2,55		3,30	0,625	38,71		500
			3,00				25	
11.delik	11	3,10		3,30	0,625	38,71		500
			2,65				25	
12.delik	11	2,60		3,30	0,625	38,71		500
			2,70				25	
13.delik	11	2,65		3,30	0,625	38,71		500
			3,10				25	
14.delik	11	2,80		3,30	0,625	38,71		500
			2,90				25	
15.delik	11	2,70		3,30	0,625	38,71		500
	ikinci sıra							
16.delik	11	2,20		3,30	0,625	38,71		500
			2,70				25	
17.delik	11	2,30		3,30	0,625	38,71		500
			2,90				25	
18.delik	11	2,35		3,30	0,625	38,71		500
			3,00				25	
19.delik	11	2,70		3,30	0,625	38,71		500
			2,50				25	
20.delik	11	2,55		3,30	0,625	38,71		500
			2,60				25	
21.delik	11	2,45		3,30	0,625	38,71		500
			3,40				25	

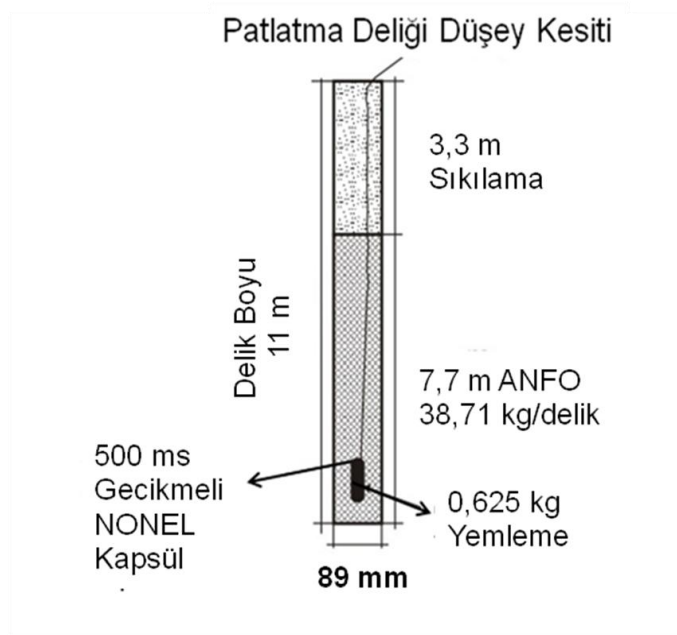
Tablo 6.14 K-A4'e ait teknik veriler (DEVAM)

	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıkılama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
<b>22.delik</b>	11	2,50		3,30	0,625	38,71		500
			2,30				25	
<b>23.delik</b>	11	2,70		3,30	0,625	38,71		500
			3,25				25	
<b>24.delik</b>	11	2,30		3,30	0,625	38,71		500
			3,10				25	
<b>25.delik</b>	11	2,60		3,30	0,625	38,71		500
			3,00				25	
<b>26.delik</b>	11	2,70		3,30	0,625	38,71		500
			2,50				25	
<b>27.delik</b>	11	2,70		3,30	0,625	38,71		500
			2,60				25	
<b>28.delik</b>	11	2,60		3,30	0,625	38,71		500
			2,70				25	
<b>29.delik</b>	11	1,60		3,30	0,625	38,71		500



Şekil 6.28 K-A4 patlatma paterni plan görüntüsü.





Şekil 6.29 K-A4' e ait patlatma deliği düşey kesiti.

Patlatma aynasında yapılan hat etüdü ölçümü sonucunda toplam ölçüm hattı uzunluğu 39,20 m ve bu ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 154'dir. Ölçüm yapılırken süreksizlik arası dolguya rastlanılmış, 0,90 m'de 6 cm'lik kalsit, 16,57 m'de 4 cm'lik kireçtaşı 21,32 m de 7 cm'lik kil, 28,63 m'de 1 cm'lik kil, 34,24 m'de 1 cm'lik kireçtaşı gözlenmiştir. Yapılan hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;

$$3920 / 154 = 25,45 \text{ cm} = \mathbf{254,5 \text{ mm}'dir.}$$

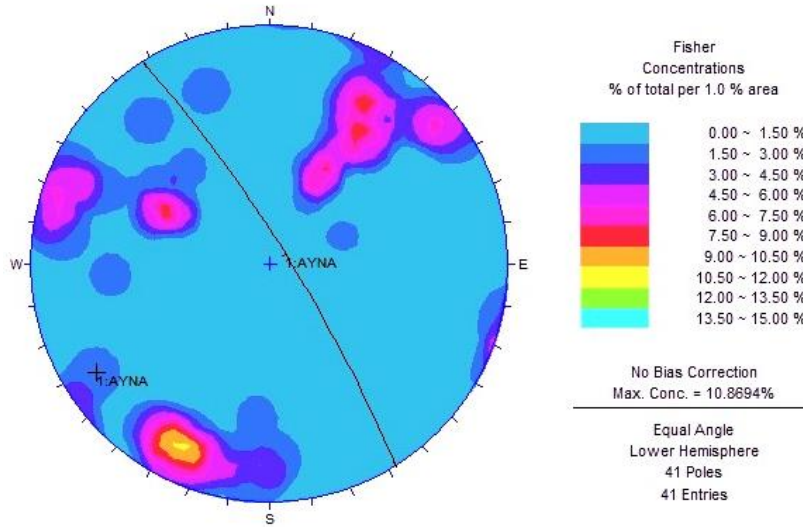
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Orta derece aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır.

K-A4' ün konumu ile içerdiği süreksizliklere ait konumlar eğim yönü/eğim olarak tablo 6.15'te verilmiştir.

Tablo 6.15 K-A4 Tabakalar, çatlaklar ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerleri

TABAKA			ÇATLAK				AYNA
249/36	219/64	208/62	04/84	114/74	112/56	115/86	58/81
225/81	202/47	213/44	160/75	98/82	140/55	25/855	
235/86	210/35	211/47	15/80	358/78	124/60	32/79	
206/76	210/82	208/72	05/65	86/67	121/47	36/80	
212/56	216/74	221/66	110/84	114/54	118/45	140/76	
			25/76	103/89	28/82	19/83	

Çalışılan şev aynasının stereoneti, yapılan pusula ölçümleri neticesinde aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.30 K-A4'e ait stereonet.

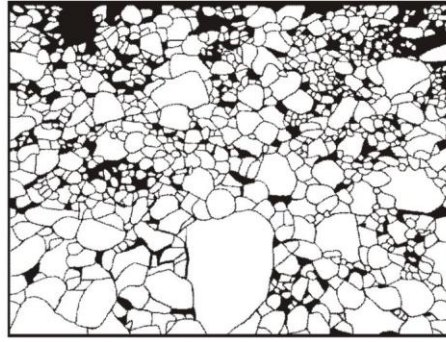
Şekil 6.30'da verilen stereonete bakıldığında, çatlak takımlarının iki bölgede yoğunlaştığı, yoğunlaşan iki bölgeye ait eğim yönü ve eğim değerlerinin de 19/79 ve 118/67 olduğu görülmektedir. Tabakalanmanın yoğunlaştığı eğim yönü/eğim ise 216/67'dir.

Süreksizlik ölçümleri gerçekleştirilen K-A4'ün patlatma işlemi gerçekleştirilmiş ve oluşan yığını temsil edecek şekilde toplam 4 görüntü alınmıştır. WIPFRAG programı kullanılarak görüntülerin her biri tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Yığından alınan görüntülerden birine ait tane boyut analiz aşamaları şekil 6.31'de verilmiştir.

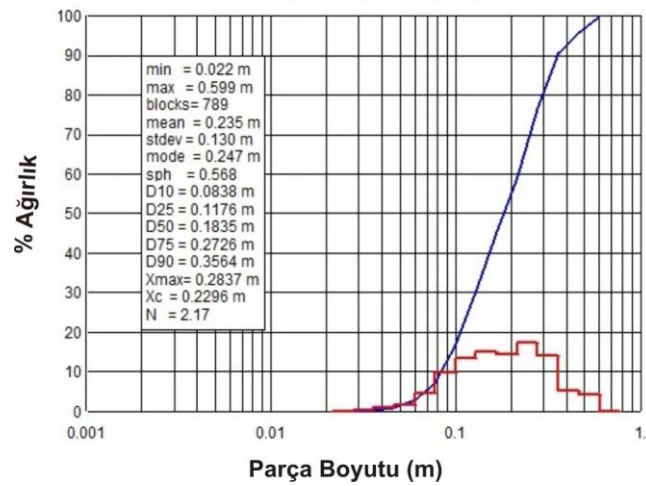
Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Tane boyut dağılım grafiği



Şekil 6.31 Örnek olarak K-A4'e ait patlatma yığımından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

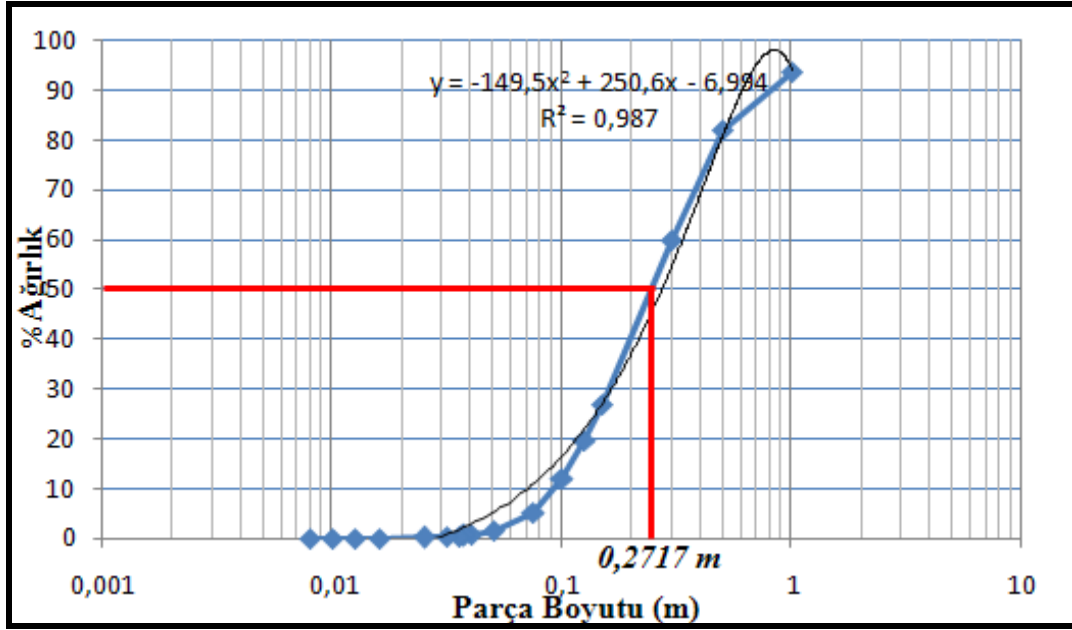
Patlatma sonrası yığıcı temsil eden görüntülerin işlenmesiyle 2125 parça incelemeye alınmış, 4 görüntüye ait dağılım grafikleri bulunmuş, 4 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Bu grafikten yapılan hesaplamayla yığıcıa ait D50 değeri 0,2717 m olarak bulunmuştur.

Tablo 6.16 K-A4 Patlatma sonrası elde edilen her bir görüntüye ait parça sayıları, ortalama parça boyutu ve en küçük-en büyük parça boyutu

	<b>En küçük parça boyutu(m)</b>	<b>En büyük parça boyutu (m)</b>	<b>Ortalama parça boyutu D50 (m)</b>	<b>Parça Sayısı</b>
<b>Foto 1</b>	0,013	0,774	0,2501	394
<b>Foto 2</b>	0,022	0,599	0,1835	789
<b>Foto 3</b>	0,022	1,668	0,3021	547
<b>Foto 4</b>	0,028	2,154	0,4270	395

Tablo 6.17 K-A4 Patlatma sonrası yığıcıdan elde edilen 4 adet görüntünün parça boyutuna göre ortalama % dağılımı

<b>Parça Boyutu (mm)</b>	<b>% Ağırlık</b>
1000	93,61
500	82,02
300	59,83
150	26,74
125	19,59
100	11,96
75	5,26
50	1,43
40	0,61
37,5	0,46
35,5	0,34
31,5	0,17
25	0,07



Şekil 6.32 K-A4 Yığından elde edilen görüntülere ait ortalama tane boyut dağılım analizi ve D50 değeri.

#### 6.3.1.5 K-A5' e Ait Çalışmalar



Şekil 6.33 Çalışılan aynadan genel bir görünüm.

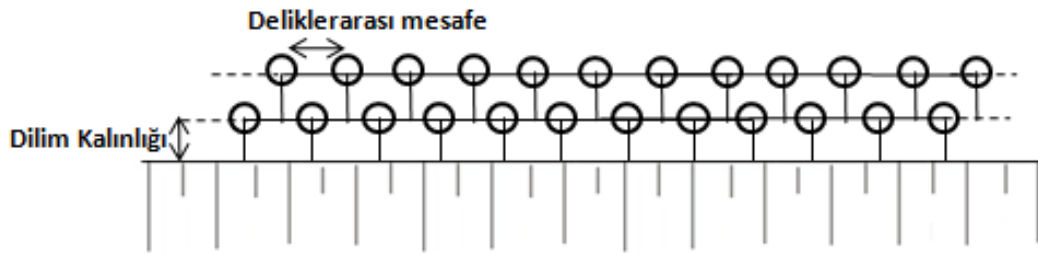
K-A5'in patlatmaya ait teknik verileri kayıt altına alınarak tablo 6.18'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Aynanın özgül şarjı  $0,56 \text{ kg/m}^3$  tür.

Tablo 6.18 K-A5'e ait teknik veriler

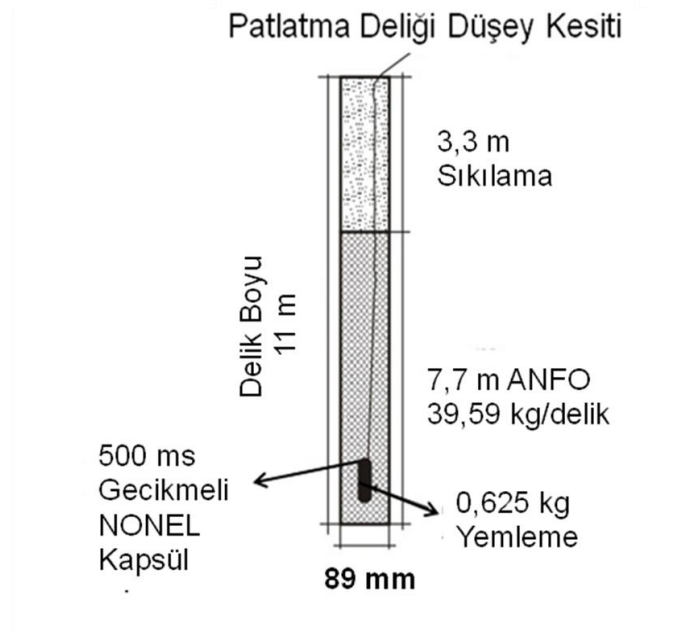
	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıkılama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
<b>1.delik</b>	11	3,30		3,30	0,625	39,59		500
			3,00				25	
<b>2.delik</b>	11	3,00		3,30	0,625	39,59		500
			2,50				25	
<b>3.delik</b>	11	3,00		3,30	0,625	39,59		500
			2,90				25	
<b>4.delik</b>	11	3,00		3,30	0,625	39,59		500
			3,00				25	
<b>5.delik</b>	11	3,00		3,30	0,625	39,59		500
			3,00				25	
<b>6.delik</b>	11	2,80		3,30	0,625	39,59		500
			2,80				25	
<b>7.delik</b>	11	3,20		3,30	0,625	39,59		500
			2,90				25	
<b>8.delik</b>	11	3,60		3,30	0,625	39,59		500
			2,70				25	
<b>9.delik</b>	11	3,70		3,30	0,690	39,59		500
			2,80				25	
<b>10.delik</b>	11	3,50		3,30	0,625	39,59		500
			2,80				25	
<b>11.delik</b>	11	2,50		3,30	0,625	39,59		500
			3,00				25	
<b>12.delik</b>	11	1,90		3,30	0,625	39,59		500
	İkinci sıra						25	
<b>13.delik</b>	11	2,40		3,30	0,625	39,59		500
			2,80				25	
<b>14.delik</b>	11	2,35		3,30	0,625	39,59		500
			2,65				25	
<b>15.delik</b>	11	2,25		3,30	0,625	39,59		500
			2,80				25	
<b>16.delik</b>	11	2,40		3,30	0,625	39,59		500
			3,40				25	
<b>17.delik</b>	11	2,40		3,30	0,625	39,59		500
			2,80				25	
<b>18.delik</b>	11	2,50		3,30	0,625	39,59		500
			2,90				25	
<b>19.delik</b>	11	2,40		3,30	0,625	39,59		500
			3,10				25	
<b>20.delik</b>	11	2,65		3,30	0,625	39,59	25	
			3,10					500
<b>21.delik</b>	11	2,50		3,30	0,625	39,59	25	
			2,50					500

Tablo 6.18 K-A5'e ait teknik veriler (DEVAM)

	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıkılama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
22.delik	11	1,75		3,30	0,625	39,59	25	
			1,20					500
23.delik	11	1,70		3,30	0,625	39,59	25	
			1,10					500
24.delik	11	1,90		3,30	0,625	39,59	25	



Şekil 6.34 K-A5 patlatma paterni plan görüntüsü.



Şekil 6.35 K-A5'e ait patlatma deliği düşey kesiti.

K-A5'in şerit metre ile yapılan ölçümleri neticesinde toplam ölçüm hattı uzunluğu 23,80 m'dir. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 115'dir. Ölçüm yapılırken süreksizlik arası dolguya rastlanılmış, 0,98 m'de ve 19,44 m'de 2 cm'lik parçalanmış

zon, 9,72 m’de 1 cm’lik ve 22,80 m’de 8 cm’lik kireçtaşı gözlenmiştir. Yapılan hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;

$$2380 / 115 = 20,7 \text{ cm} = 207 \text{ mm}'dir.$$

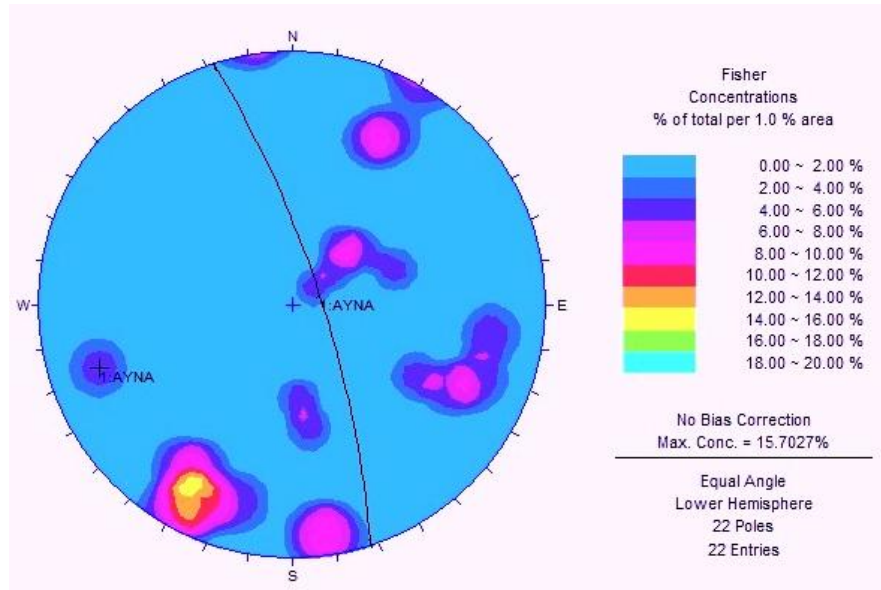
ISRM’nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Orta derece aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır.

K-A5’in konumu ile içerdiği süreksizliklere ait konumlar eğim yönü/eğim olarak tablo 6.19’da verilmiştir.

Tablo 6.19 K-A5 Tabakalar, çatlaklar ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerleri

TABAKA					ÇATLAK		AYNA
218/34	300/58	292/76	210/75	290/72	32/75	715/77	72/77
350/85	352/52	298/70	230/12	278/76	28/82	24/81	
354/84	251/46	205/71	232/38	230/25	30/88		
356/40							

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonetı aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.36 K-A5’e ait stereonet.



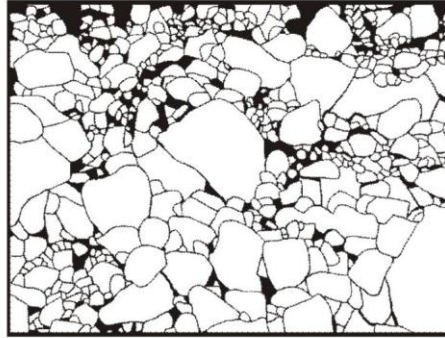
K-A5'e ait stereonet incelendiğinde, çatlak takımlarının 26/81 eğim yönü/eğimde yoğunlaştığı, tabakalanmanın 255/21 eğim yönü/eğimde yoğunlaştığı görülmektedir.

Patlatma parametreleri kayıt altına alınan, süreksizlik ölçümleri gerçekleştirilen K-A5'in patlatma işlemi sonrasında oluşan yığından toplam 4 görüntü elde edilmiş, WIPFRAG programı vasıtasıyla tane boyut analizleri gerçekleştirilmiştir.

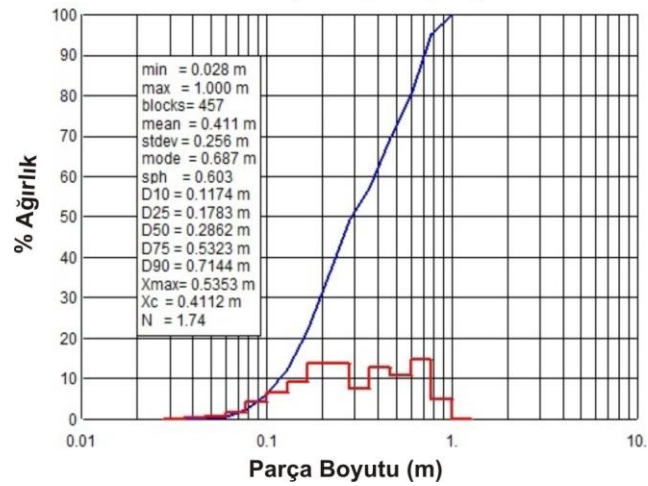
Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Tane boyut dağılım grafiği



Şekil 6.37 Örnek olarak K-A5'e ait patlatma yığımından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

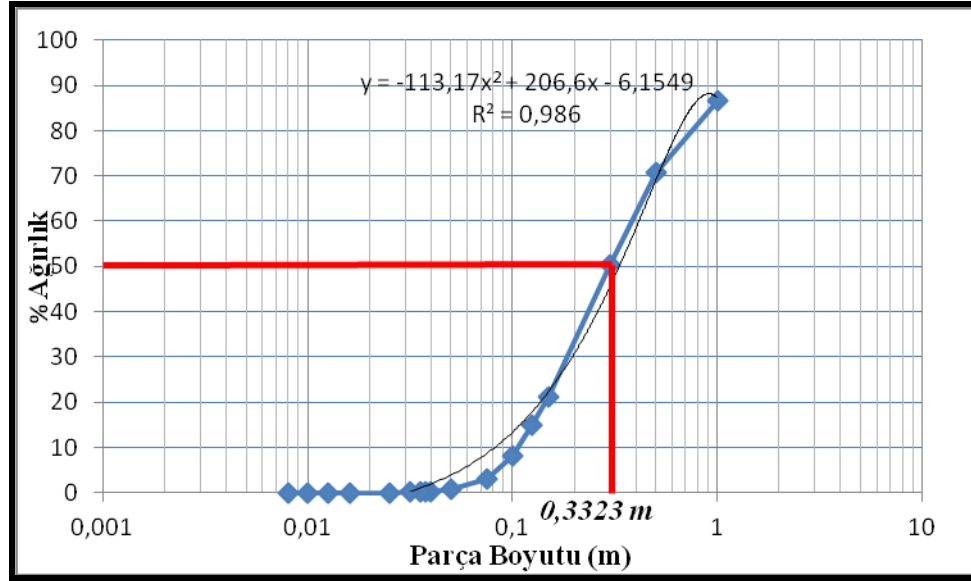
K-A5 yığından alınan 4 adet görüntünün işlenmesiyle 1731 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 4 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilerek D50 değeri 0,3323 m olarak bulunmuştur.

Tablo 6.20 K-A5 Patlatma sonrası elde edilen her bir görüntüye ait parça sayıları, ortalama parça boyutu ve en küçük-en büyük parça boyutu

	<b>En küçük parça boyutu(m)</b>	<b>En büyük parça boyutu (m)</b>	<b>Ortalama parça boyutu D50 (m)</b>	<b>Parça Sayısı</b>
<b>Foto 1</b>	0,022	1,668	0,2875	500
<b>Foto 2</b>	0,028	1,000	0,2862	457
<b>Foto 3</b>	0,017	0,774	0,2376	464
<b>Foto 4</b>	0,022	2,738	1,0101	310

Tablo 6.21 K-A5 Patlatma sonrası yığından elde edilen 4 adet görüntünün parça boyutuna göre ortalama % dağılımı

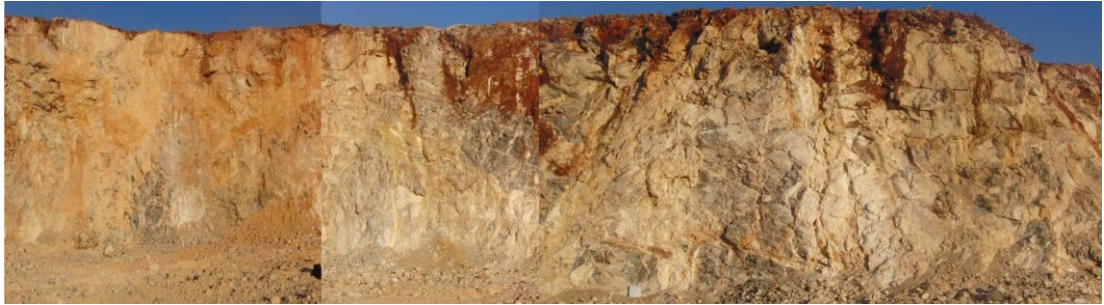
<b>Parça Boyutu (mm)</b>	<b>% Ağırlık</b>
1000	86,59
500	70,62
300	50,22
150	21,25
125	15,05
100	8,23
75	3,06
50	0,69
40	0,24
37,5	0,22
35,5	0,19
31,5	0,08



Şekil 6.38 K-A5 Yığından elde edilen görüntülere ait ortalama tane boyut dağılım analizi ve D50 değeri.

### 6.3.2 Çimentaş “Sol ocak” Bölgesinde Yapılan Çalışmalar

#### 6.3.2.1 S-A1'e Ait Çalışmalar



Şekil 6.39 Çalışılan ayna yüzeyinden bir görünüm.

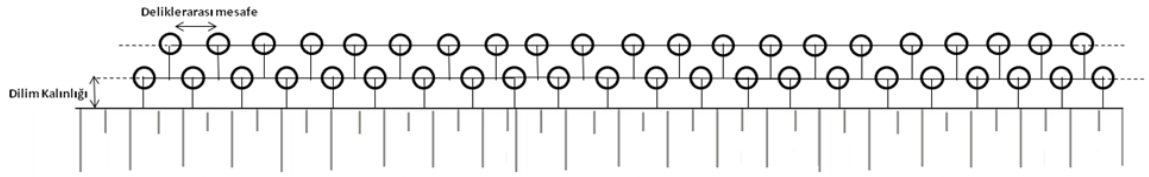
Süreksizlik ölçümleri öncesinde yerinde ölçümler ile patlatmaya ait teknik veriler kayıt altına alınmış, kayıt altına alınan veriler tablo 6.22’de verilmiştir. Aynanın özgül şarjı  $0,54 \text{ kg/m}^3$  tür.

Tablo 6.22 S-A1'e ait teknik veriler

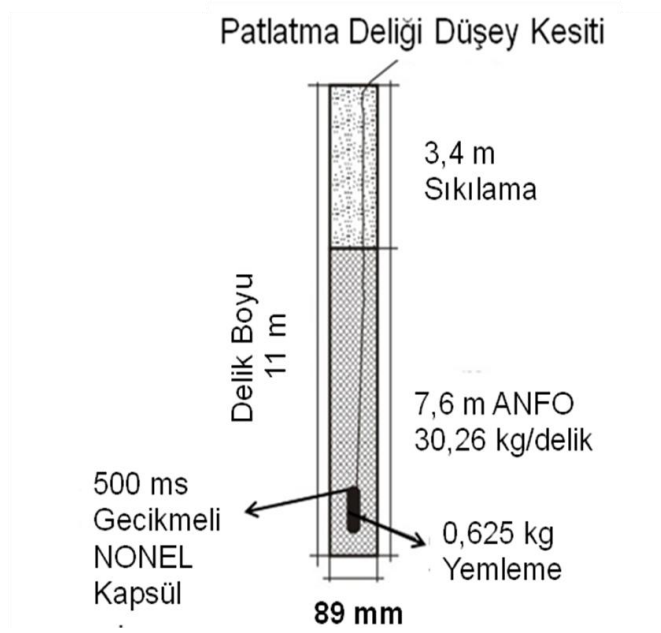
	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıkılama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
<b>1.delik</b>	11	3,30		3,40	0,625	30,26		500
			2,70				25	
<b>2.delik</b>	11	3,8		3,40	0,625	30,26		500
			2,33				25	
<b>3.delik</b>	11	3,45		3,40	0,625	30,26		500
			2,24				25	
<b>4.delik</b>	11	3,05		3,40	0,625	30,26		500
			2,20				25	
<b>5.delik</b>	11	2,95		3,40	0,625	30,26		500
			2,18				25	
<b>6.delik</b>	11	3,26		3,40	0,625	30,26		500
			2,26				25	
<b>7.delik</b>	11	3,40		3,40	0,625	30,26		500
			2,36				25	
<b>8.delik</b>	11	2,60		3,40	0,625	30,26		500
			2,26				25	
<b>9.delik</b>	11	2,84		3,40	0,690	30,26		500
			2,22				25	
<b>10.delik</b>	11	2,70		3,40	0,625	30,26		500
			2,30				25	
<b>11.delik</b>	11	2,54		3,40	0,625	30,26		500
			2,08				25	
<b>12.delik</b>	11	2,62		3,40	0,625	30,26		500
			2,20				25	
<b>13.delik</b>	11	2,00		3,40	0,625	30,26		500
			2,50				25	
<b>14.delik</b>	11	3,32		3,40	0,625	30,26		500
			2,20				25	
<b>15.delik</b>	11	3,11		3,40	0,625	30,26		500
			2,14				25	
<b>16.delik</b>	11	2,50		3,40	0,625	30,26		500
			2,38				25	
<b>17.delik</b>	11	2,74		3,40	0,625	30,26		500
			2,38				25	
<b>18.delik</b>	11	2,77		3,40	0,625	30,26		500
			2,21				25	
<b>19.delik</b>	11	2,65		3,40	0,625	30,26		500
			2,40				25	
<b>20.delik</b>	11	2,56		3,40	0,625	30,26		500
			2,34				25	
<b>21.delik</b>	11	1,98		3,40	0,625	30,26		500
			1,90				25	
<b>22delik</b>	11	2,44		3,40	0,625	30,26		500

Tablo 6.22 S-A1' e ait teknik veriler (DEVAM)

	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıkılama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
	İkinci sıra						25	
23.delik	11	1,95		3,40	0,625	30,26		500
			2,33				25	
24.delik	11	2,24		3,40	0,625	30,26		500
			2,12				25	
25.delik	11	2,45		3,40	0,625	30,26		500
			2,38				25	
26.delik	11	2,44		3,40	0,625	30,26		500
			2,42				25	
27.delik	11	2,07		3,40	0,625	30,26		500
			2,40				25	
28.delik	11	1,86		3,40	0,625	30,26		500
			2,44				25	
29.delik	11	2,23		3,40	0,625	30,26		500
			2,25				25	
30.delik	11	2,22		3,40	0,625	30,26		500
			2,60				25	
31.delik	11	1,98		3,40	0,625	30,26		500
			2,24				25	
32.delik	11	2,14		3,40	0,625	30,26		500
			2,16				25	
33.delik	11	1,70		3,40	0,625	30,26		500
			2,22				25	
34.delik	11	2,04		3,40	0,625	30,26		500
			2,32				25	
35.delik	11	2,32		3,40	0,625	30,26		500
			2,15				25	
36.delik	11	2,15		3,40	0,625	30,26		500
			2,46				25	
37.delik	11	2,46		3,40	0,625	30,26		500
			2,14				25	
38.delik	11	2,14		3,40	0,625	30,26		500
			2,42				25	
39.delik	11	2,42		3,40	0,625	30,26		500
			2,38				25	
40.delik	11	2,38		3,40	0,625	30,26		500
			2,21				25	
41.delik	11	2,29		3,40	0,625	30,26		500
			2,05				25	
42.delik	11	2,05		3,40	0,625	30,26		500
			3,10				25	
43.delik	11	3,1		3,40	0,625	30,26		500



Şekil 6.40 S-A1 patlatma paterni plan görüntüsü.



Şekil 6.41 S-A1'e ait patlatma deliği düşey kesiti.

Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 58,09 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 117'dir. Hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;

$$5809 / 117 = 49,65 \text{ cm} = \mathbf{496,5 \text{ mm 'dir.}}$$

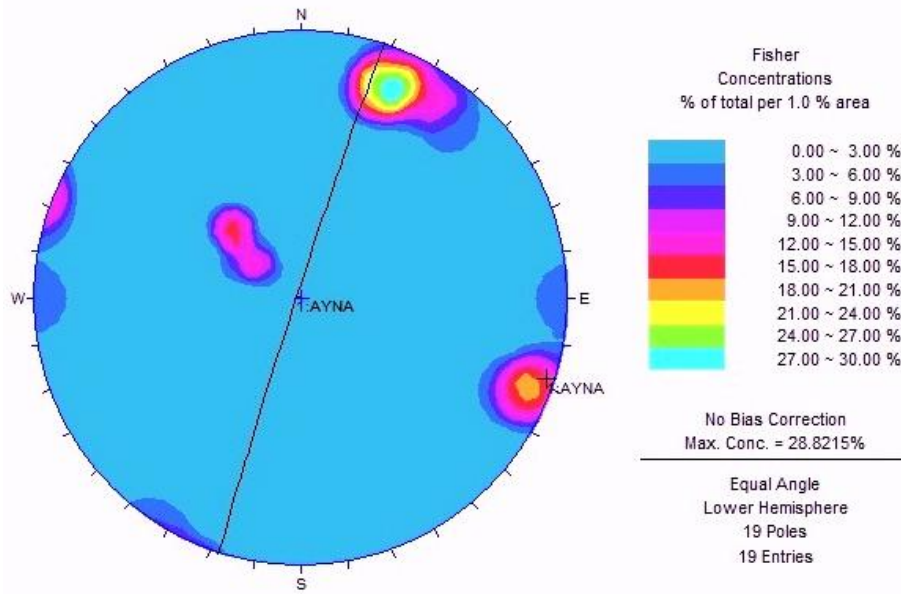
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre "Orta derece aralıklı" sınıfına dâhil olmaktadır.

S-A1'in konumu ile içerdiği süreksizliklere ait konumlar eğim yönü/eğim olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 6.23 S-A1 Tabakalar, çatlaklar ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerleri

TABAKA		ÇATLAK			AYNA
136/42	135/40	210/81	200/78	201/82	288/88
120/30	128/20	202/84	203/79	212/88	
136/38	131/25	200/78	294/80	291/85	
		220/81	270/90	293/86	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonetini aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.42 S-A1'e ait stereonet.

S-A1'e ait stereonet incelendiğinde, çatlak takımlarının yoğunlaştığı iki bölge olduğu görülmektedir. Bunlar sırası ile 293/84 ve 206/81 dir. Tabakalanma ise 132/32 eğim yönü/eğimde yoğunlaşmıştır.

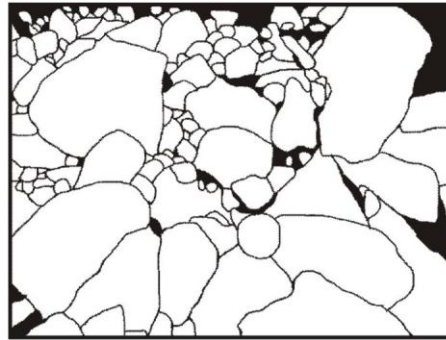
S-A1'e ait patlatma sonrası oluşan yığından toplam 8 görüntü elde edilmiş, WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur.



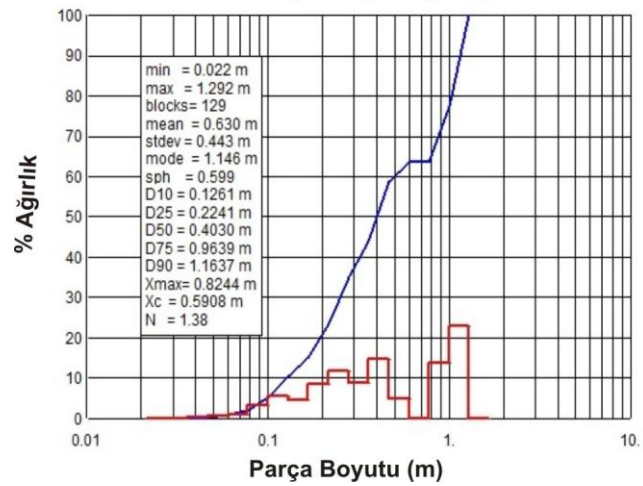
Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Tane boyut dağılım grafiği



Şekil 6.43 Örnek olarak S-A1'e ait patlatma yığımından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

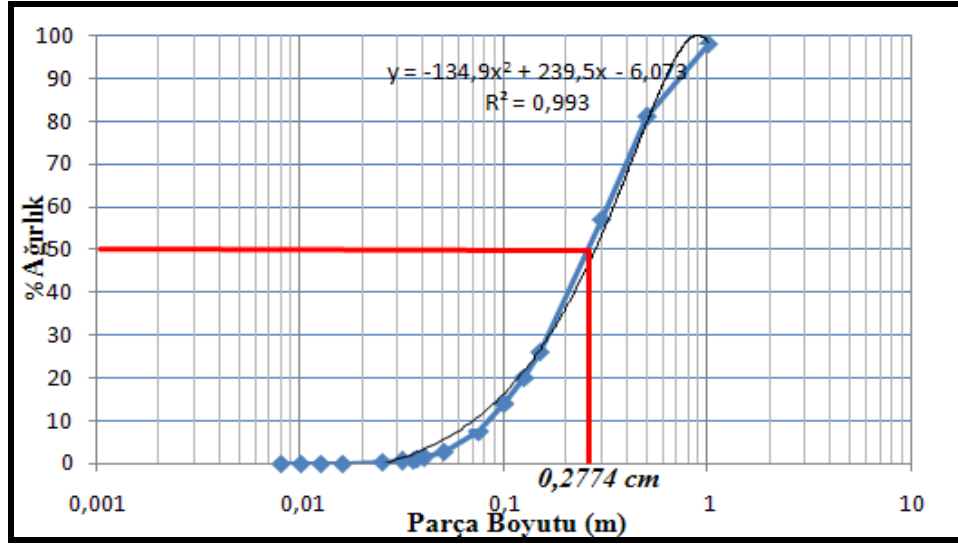
Yığından alınan 8 görüntünün işlenmesiyle 1519 parça incelenmiştir. 8 görüntüye ait dağılım grafikleri bulunmuş, bu grafikler tek bir grafik altında toplanarak yığına ait ortalama tane boyut dağılım grafiği ve D50 değeri 0,2774 m olarak elde edilmiştir.

Tablo 6.24 S-A1 Patlatma sonrası elde edilen her bir görüntüye ait parça sayıları, ortalama parça boyutu ve en küçük-en büyük parça boyutu

	<b>En küçük parça boyutu(m)</b>	<b>En büyük parça boyutu (m)</b>	<b>Ortalama parça boyutu D50 (m)</b>	<b>Parça Sayısı</b>
<b>Foto 1</b>	0,010	0,599	0,2520	148
<b>Foto 2</b>	0,013	0,774	0,3260	109
<b>Foto 3</b>	0,008	0,464	0,2373	151
<b>Foto 4</b>	0,010	0,464	0,1792	238
<b>Foto 5</b>	0,013	0,599	0,2250	297
<b>Foto 6</b>	0,010	0,599	0,3212	95
<b>Foto 7</b>	0,022	1,292	0,4030	129
<b>Foto 8</b>	0,017	1,000	0,3103	352

Tablo 6.25 S-A1 Patlatma sonrası yığından elde edilen 8 adet görüntünün parça boyutuna göre ortalama % dağılımı

<b>Parça Boyutu (mm)</b>	<b>% Ağırlık</b>
1000	98,09
500	81,03
300	56,94
150	26,07
125	20,13
100	13,93
75	7,40
50	2,84
40	1,34
37,5	0,97
35,5	0,76
31,5	0,49
25	0,18



Şekil 6.44 S-A1 yığından elde edilen görüntülere ait ortalama tane boyut dağılım analizi ve D50 değeri.

### 6.3.2.2 S-A2'ye Ait Çalışmalar



Şekil 6.45 Çalışılan ayna yüzeyinden bir görünüm.

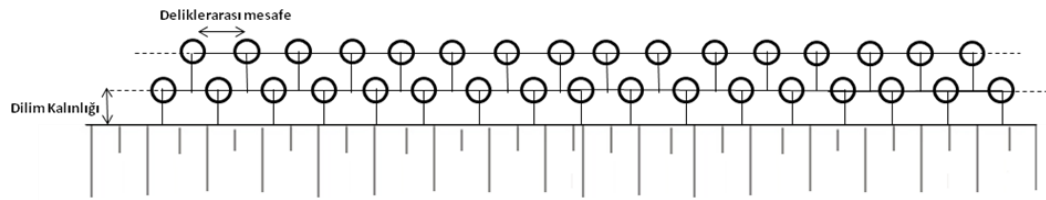
Süreksizlik ölçümlerini gerçekleştirmeden önce patlatmaya ait teknik veriler tespit edilerek kayıt altına alınmıştır. Tablo 6.26'da bu veriler sunulmaktadır. Aynanın özgül şarjı  $0,54 \text{ kg/m}^3$  tür.

Tablo 6.26 S-A2'ye ait teknik veriler

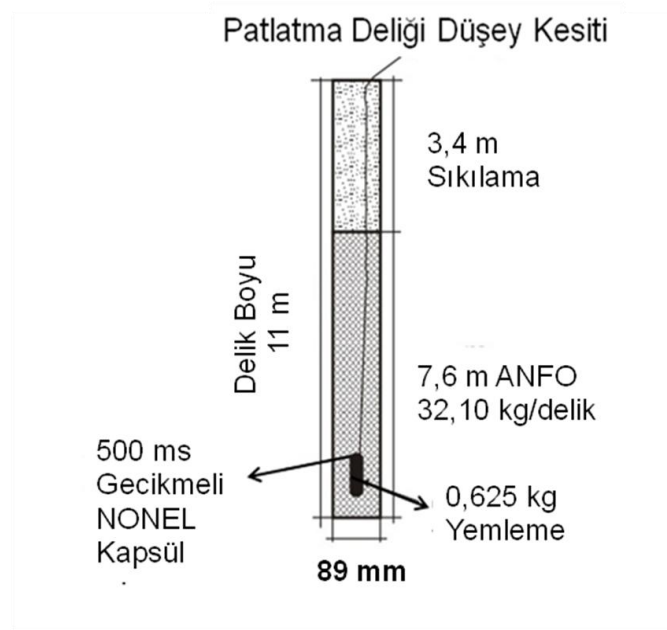
	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıklama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
1.delik	11	3,10		3,40	0,625	32,10		500
			2,10				25	
2.delik	11	2,66		3,40	0,625	32,10		500
			2,62				25	
3.delik	11	2,73		3,40	0,625	32,10		500
			2,30				25	
4.delik	11	3,20		3,40	0,625	32,10		500
			2,45				25	
5.delik	11	2,50		3,40	0,625	32,10		500
			2,34				25	
6.delik	11	3,14		3,40	0,625	32,10		500
			2,23				25	
7.delik	11	2,70		3,40	0,625	32,10		500
			2,12				25	
8.delik	11	3,65		3,40	0,625	32,10		500
			2,43				25	
9.delik	11	3,00		3,40	0,690	32,10		500
			2,57				25	
10.delik	11	3,00		3,40	0,625	32,10		500
			2,15				25	
11.delik	11	3,64		3,40	0,625	32,10		500
			2,32				25	
12.delik	11	2,73		3,40	0,625	32,10		500
			2,41				25	
13.delik	11	2,80		3,40	0,625	32,10		500
			2,17				25	
14.delik	11	3,20		3,40	0,625	32,10		500
			2,28				25	
15.delik	11	3,60		3,40	0,625	32,10		500
			2,30				25	
16.delik	11	2,72		3,40	0,625	32,10		500
			2,46				25	
17.delik	11	2,84		3,40	0,625	32,10		500
	İkinci sıra						25	
18.delik	11	2,30		3,40	0,625	32,10		500
			2,50				25	
19.delik	11	1,95		3,40	0,625	32,10		500
			2,30				25	
20.delik	11	2,15		3,40	0,625	32,10		500
			2,50				25	
21.delik	11	2,10		3,40	0,625	32,10		500
			2,24				25	

Tablo 6.26 S-A2'ye ait teknik veriler (DEVAM)

	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıklama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
<b>22.delik</b>	11	1,75		3,40	0,625	32,10		500
			2,25				25	
<b>23.delik</b>	11	2,00		3,40	0,625	32,10		500
			2,70				25	
<b>24.delik</b>	11	2,36		3,40	0,625	32,10		500
			2,22				25	
<b>25.delik</b>	11	2,32		3,40	0,625	32,10		500
			2,25				25	
<b>26.delik</b>	11	2,25		3,40	0,625	32,10		500
			2,62				25	
<b>27.delik</b>	11	2,20		3,40	0,625	32,10		500
			2,35				25	
<b>28.delik</b>	11	2,12		3,40	0,625	32,10		500
			2,86				25	
<b>29.delik</b>	11	2,06		3,40	0,625	32,10		500
			2,50				25	
<b>30.delik</b>	11	2,60		3,40	0,625	32,10		500
			2,54				25	
<b>31.delik</b>	11	2,340		3,40	0,625	32,10		500
			2,15				25	
<b>32.delik</b>	11	2,38		3,40	0,625	32,10		500
			2,15				25	



Şekil 6.46 S-A2 patlatma paterni plan görüntüsü.



Şekil 6.47 S-A2'ye ait patlatma deliği düşey kesiti.

Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 43,79 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 122'dir. Hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;

$$4379 / 122 = 35,90 \text{ cm} = \mathbf{359 \text{ mm}'dir.}$$

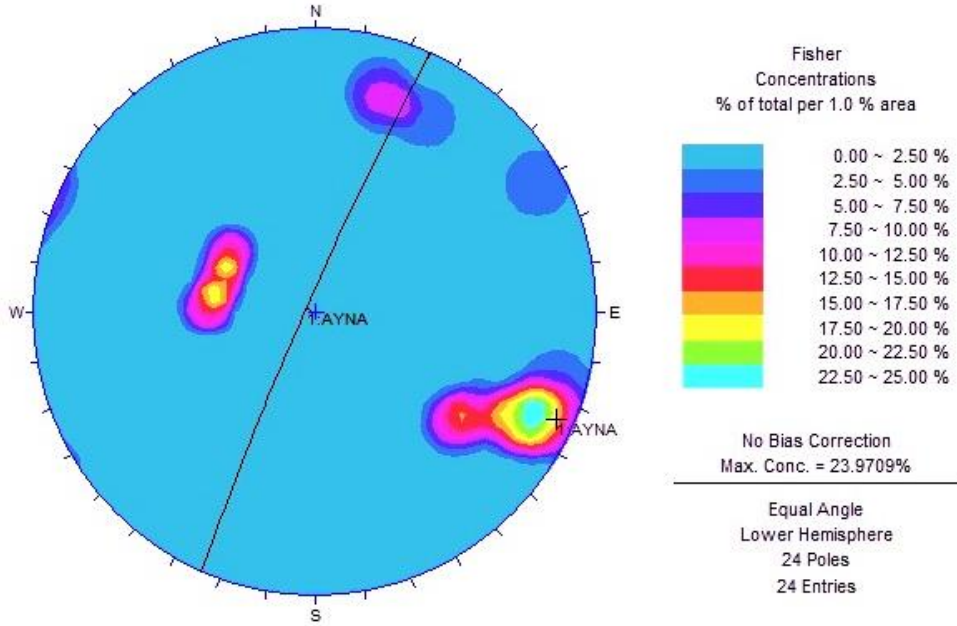
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre "Orta derece aralıklı" sınıfına dâhil olmaktadır.

S-A2'nin konumu ile içerdiği süreksizliklere ait konumlar eğim yönü/eğim olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 6.27 S-A2 Tabakalar, çatlaklar ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerleri

TABAKA			ÇATLAK			AYNA
128/40	91/41	110/39	305/65	310/65	286/83	294/86
125/38	93/44	108/38	298/80	308/61	295/79	
123/42	92/40	105/38	296/78	300/67	299/76	
			198/75	210/76	295/83	
			196/78	240/84		

Pusulâ ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereoneti aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.48 S-A2'ye ait stereonet.

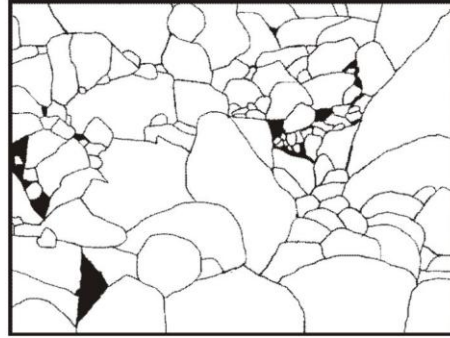
S-A2'ye ait stereonet incelendiğinde, çatlak takımlarının yoğunlaştığı iki bölge olduğu görülmektedir. Bunlar sırası ile 201/76 ve 299/74 dir. Tabakalanma ise 108/39 eğim yönü/eğimde yoğunlaşmıştır.

S-A2'ye ait patlatma sonrası oluşan yığına temsil edecek şekilde toplam 5 görüntü alınmış, bu görüntüler WIPFRAG programı kullanılarak yığına ait tane boyut analizi gerçekleştirilmiştir. Aşağıda S-A2'ye ait yığından bir görüntünün analiz aşamaları verilmiştir.

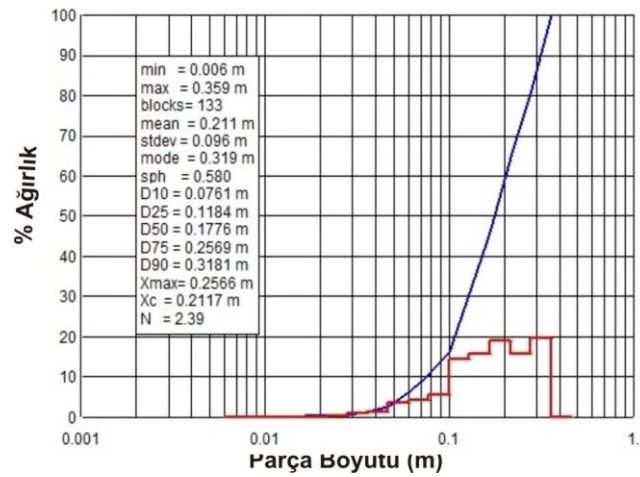
Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Tane boyut dağılım grafiği



Şekil 6.49 Örnek olarak S-A2'ye ait patlatma yığımından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.



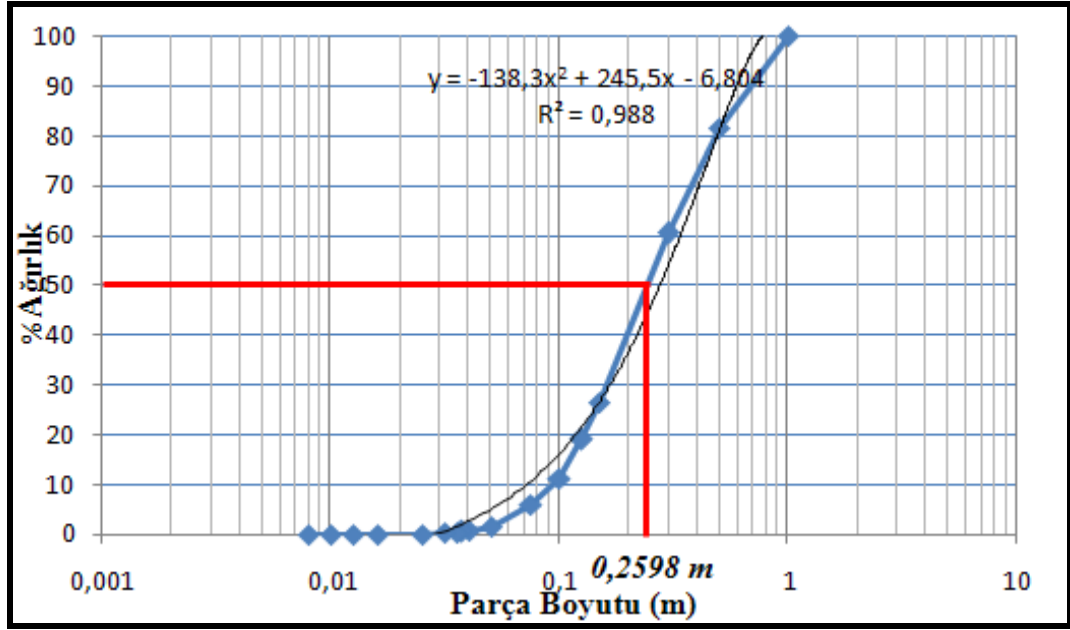
Yığından alınan görüntünün işlenmesiyle 1020 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 5 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 0,2598 m olarak bulunmuştur.

Tablo 6.28 S-A2 Patlatma sonrası elde edilen her bir görüntüye ait parça sayıları, ortalama parça boyutu ve en küçük-en büyük parça boyutu

	<b>En küçük parça boyutu(m)</b>	<b>En büyük parça boyutu (m)</b>	<b>Ortalama parça boyutu D50 (m)</b>	<b>Parça Sayısı</b>
<b>Foto 1</b>	0,017	0,774	0,2118	208
<b>Foto 2</b>	0,010	0,599	0,2142	219
<b>Foto 3</b>	0,010	0,774	0,3927	231
<b>Foto 4</b>	0,060	0,359	0,1779	133
<b>Foto 5</b>	0,017	0,774	0,3381	229

Tablo 6.29 S-A2 Patlatma sonrası yığından elde edilen 5 adet görüntünün parça boyutuna göre ortalama % dağılımı

<b>Parça Boyutu (mm)</b>	<b>% Ağırlık</b>
1000	100,00
500	81,68
300	60,47
150	26,56
125	18,97
100	11,24
75	5,81
50	1,54
40	0,66
37,5	0,54
35,5	0,41
31,5	0,27
25	0,04



Şekil 6.50 S-A2 Yığından elde edilen görüntülere ait ortalama tane boyut dağılım analizi ve D50 değeri.

### 6.3.2.3 S-A3'e Ait Çalışmalar



Şekil 6.51 Çalışılan ayna yüzeyinden bir görünüm.

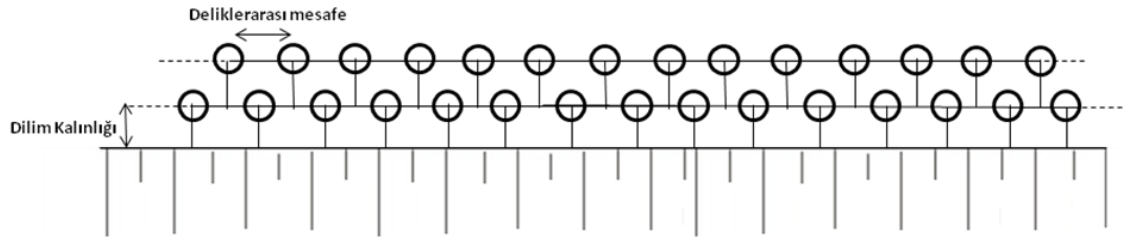
Süreksizlik ölçümleri öncesinde yerinde ölçümler ile patlatmaya ait teknik veriler tespit edilmiş ve aşağıda tablo olarak verilmiştir. Aynanın özgül şarjı  $0,55 \text{ kg/m}^3$  tür.

Tablo 6.30 S-A3'e ait teknik veriler

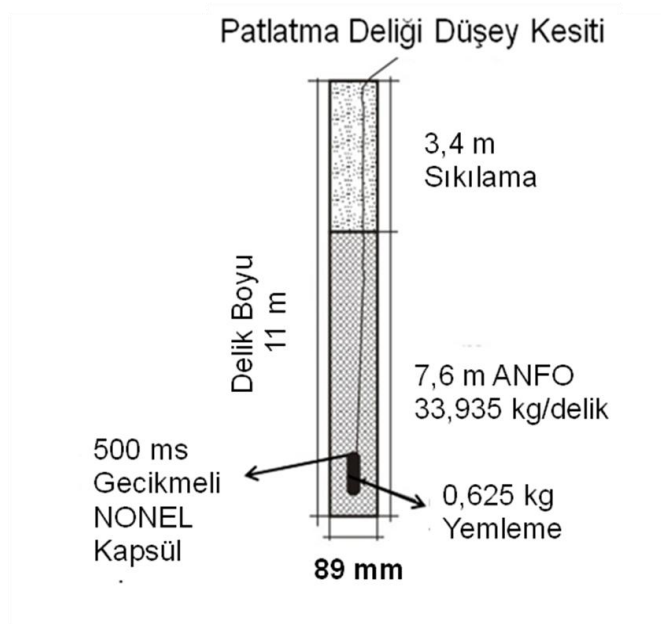
	<b>Delik Boyu (m)</b>	<b>Dilim Kalınlığı (m)</b>	<b>Delikler Arası Mesafe (m)</b>	<b>Sıklama (m)</b>	<b>Yemleme (kg)</b>	<b>Şarj Miktarı (kg)</b>	<b>Yüzey Gecikmesi (ms)</b>	<b>Delik İçi Gecikme (ms)</b>
<b>1.delik</b>	11	3,50		3,40	0,625	33,935		500
			2,38				25	
<b>2.delik</b>	11	2,80		3,40	0,625	33,935		500
			2,41				25	
<b>3.delik</b>	11	2,85		3,40	0,625	33,935		500
			2,16				25	
<b>4.delik</b>	11	3,10		3,40	0,625	33,935		500
			2,18				25	
<b>5.delik</b>	11	3,20		3,40	0,625	33,935		500
			2,49				25	
<b>6.delik</b>	11	2,50		3,40	0,625	33,935		500
			2,62				25	
<b>7.delik</b>	11	3,00		3,40	0,625	33,935		500
			2,45				25	
<b>8.delik</b>	11	2,60		3,40	0,625	33,935		500
			2,38				25	
<b>9.delik</b>	11	2,80		3,40	0,690	33,935		500
			2,53				25	
<b>10.delik</b>	11	2,92		3,40	0,625	33,935		500
			2,75				25	
<b>11.delik</b>	11	2,95		3,40	0,625	33,935		500
			2,50				25	
<b>12.delik</b>	11	3,10		3,40	0,625	33,935		500
			2,85				25	
<b>13.delik</b>	11	3,64		3,40	0,625	33,935		500
			2,82				25	
<b>14.delik</b>	11	3,17		3,40	0,625	33,935		500
			2,29				25	
<b>15.delik</b>	11	4,20		3,40	0,625	33,935		500
	İkinci sıra						25	
<b>16.delik</b>	11	2,15		3,40	0,625	33,935		500
			2,30				25	
<b>17.delik</b>	11	2,22		3,40	0,625	33,935		500
			2,42				25	
<b>18.delik</b>	11	1,81		3,40	0,625	33,935		500
			2,34				25	
<b>19.delik</b>	11	1,96		3,40	0,625	33,935		500
			2,45				25	
<b>20.delik</b>	11	1,93		3,40	0,625	33,935		500
			2,36				25	
<b>21.delik</b>	11	2,20		3,40	0,625	33,935		500
			2,22				25	

Tablo 6.30 S-A3'e ait teknik veriler (DEVAM)

	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıkılama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
<b>22delik</b>	11	2,10		3,40	0,625	33,935		500
			1,96				25	
<b>23.delik</b>	11	2,00		3,40	0,625	33,935		500
			2,47				25	
<b>24.delik</b>	11	2,10		3,40	0,625	33,935		500
			2,43				25	
<b>25.delik</b>	11	2,04		3,40	0,625	33,935		500
			2,58				25	
<b>26.delik</b>	11	2,47		3,40	0,625	33,935		500
			2,36				25	
<b>27.delik</b>	11	2,48		3,40	0,625	33,935		500
			1,98				25	
<b>28.delik</b>	11	1,96		3,40	0,625	33,935		500



Şekil 6.52 S-A3 patlatma paterni plan görüntüsü.



Şekil 6.53 S-A3'e ait patlatma deliği düşey kesiti.

Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 19,54 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 78'dir. Hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;

$$1954 / 78 = 25,06 \text{ cm} = \mathbf{250,6 \text{ mm 'dir.}}$$

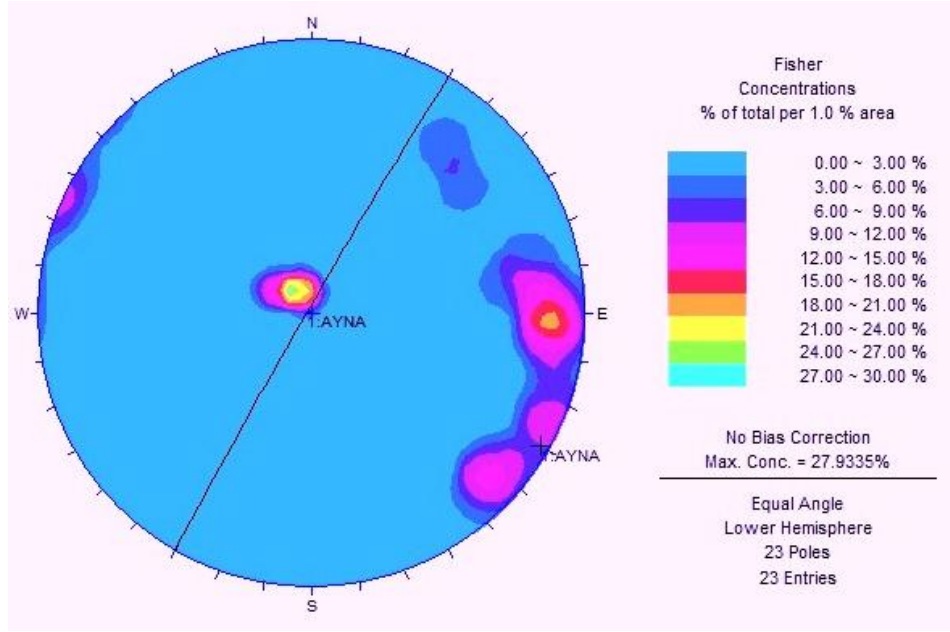
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Orta derece aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır.

S-A3'ün konumu ile içerdiği süreksizliklere ait konumlar eğim yönü/eğim olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 6.31 S-A3 Tabakalar, çatlaklar ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerleri

TABAKA		ÇATLAK			AYNA
160/12	126/16	275/82	278/83	218/76	300/88
162/08	151/11	272/81	256/78	316/84	
120/20	158/09	268/84	261/70	290/86	
124/18	157/11	266/80	230/71	312/83	
		310/81	294/88		

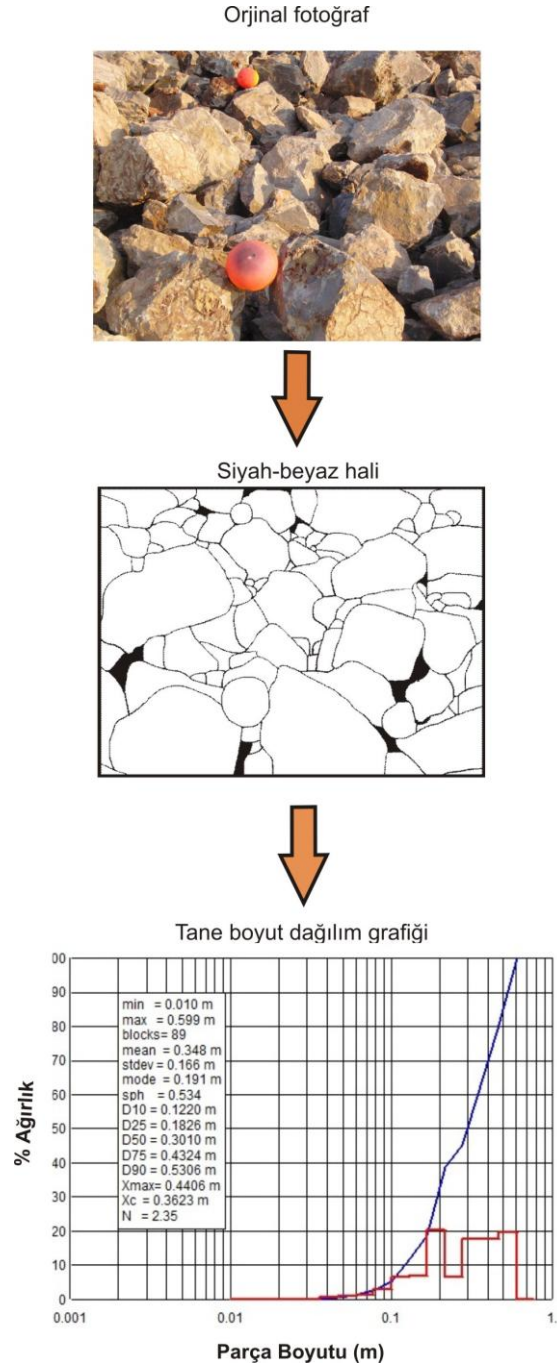
Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereoneti aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.54 S-A3'e ait stereonet.

S-A3'e ait stereonet incelendiğinde, çatlak takımlarının yoğunlaştığı tek bölge olduğu görülmektedir. Bu bölgenin eğim yönü/eğim değeri 273/81 dir. Tabakalanma ise 140/13 eğim yönü/eğimde yoğunlaşmıştır.

S-A3'e ait patlatma sonrası yığından toplam 7 görüntü alınarak WIPFRAG programında tane boyut analizleri yapılmıştır.



Şekil 6.55 Örnek olarak S-A3'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Patlatma sonrası yığından alınan 7 adet görüntünün işlenmesiyle 1338 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 7 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 0,2922 m olarak bulunmuştur.

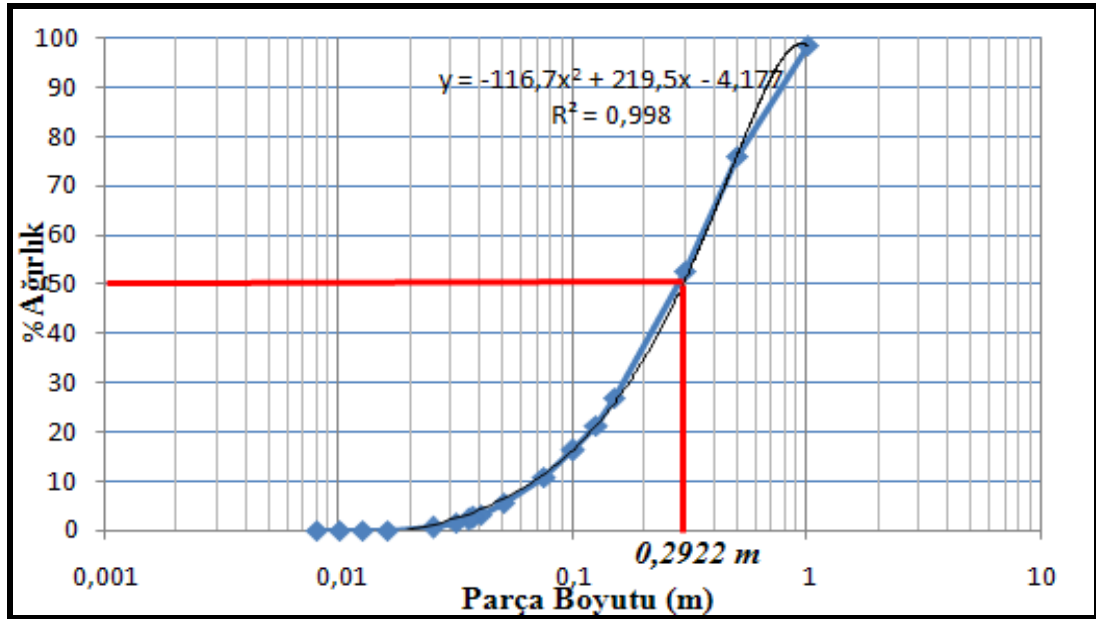
Tablo 6.32 S-A3 Patlatma sonrası elde edilen her bir görüntüye ait parça sayıları, ortalama parça boyutu ve en küçük-en büyük parça boyutu

	<b>En küçük parça boyutu(m)</b>	<b>En büyük parça boyutu (m)</b>	<b>Ortalama parça boyutu D50 (m)</b>	<b>Parça Sayısı</b>
<b>Foto 1</b>	0,017	1,000	0,4035	87
<b>Foto 2</b>	0,013	0,774	0,4573	54
<b>Foto 3</b>	0,017	1,000	0,6494	59
<b>Foto 4</b>	0,017	1,292	0,6842	125
<b>Foto 5</b>	0,013	0,774	0,1941	598
<b>Foto 6</b>	0,010	0,599	0,3010	89
<b>Foto 7</b>	0,013	0,599	0,2478	326

Tablo 6.33 S-A3 Patlatma sonrası yığından elde edilen 7 adet görüntünün parça boyutuna göre ortalama % dağılımı

<b>Parça Boyutu (mm)</b>	<b>% Ağırlık</b>
1000	98,61
500	75,89
300	52,76
150	26,80
125	21,27
100	16,24
75	10,86
50	5,40
40	3,20
37,5	2,57
35,5	2,08
31,5	1,39
25	0,54





Şekil 6.56 S-A3 Yığından elde edilen görüntülere ait ortalama tane boyut dağılım analizi ve D50 değeri.

#### 6.3.2.4 S-A4'e Ait Çalışmalar



Şekil 6.57 Çalışılan ayna yüzeyinden bir görünüm.

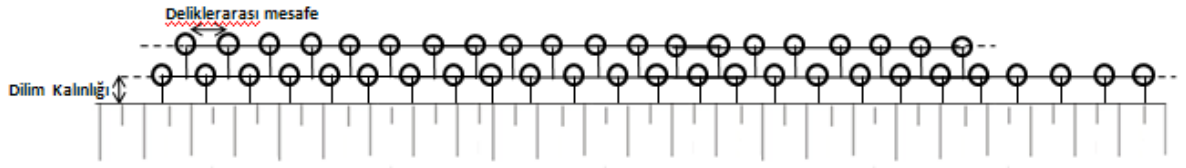
Yerinde ölçümler ile patlatmaya ait teknik veriler kayıt altına alınmış tablo 6.34'te verilmiştir. Aynanın özgül şarjı  $0,51 \text{ kg/m}^3$  tür.

Tablo 6.34 S-A4' e ait teknik veriler

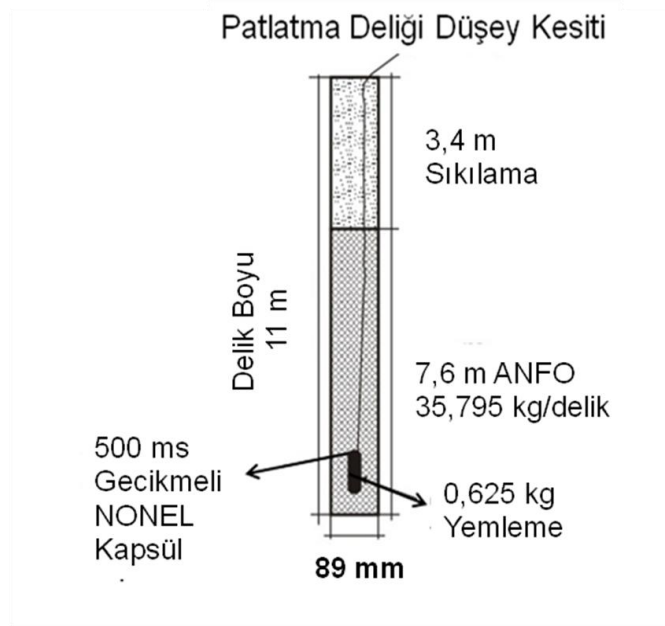
	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıkılama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
1.delik	11	4,70		3,40	0,625	35,795		500
			1,94				25	
2.delik	11	3,70		3,40	0,625	35,795		500
			2,50				25	
3.delik	11	4,00		3,40	0,625	35,795		500
			2,20				25	
4.delik	11	3,50		3,40	0,625	35,795		500
			2,26				25	
5.delik	11	3,20		3,40	0,625	35,795		500
+5 boş delik			5,30				25	
6.delik	11	3,40		3,40	0,625	35,795		500
			2,60				25	
7.delik	11	2,50		3,40	0,625	35,795		500
			2,40				25	
8.delik	11	3,50		3,40	0,625	35,795		500
			2,71				25	
9.delik	11	4,50		3,40	0,690	35,795		500
			2,30				25	
10.delik	11	4,30		3,40	0,625	35,795		500
			2,26				25	
11.delik	11	4,00		3,40	0,625	35,795		500
			2,62				25	
12.delik	11	2,80		3,40	0,625	35,795		500
			2,58				25	
13.delik	11	2,30		3,40	0,625	35,795		500
			2,10				25	
14.delik	11	2,50		3,40	0,625	35,795		500
			2,45				25	
15.delik	11	3,40		3,40	0,625	35,795		500
			2,25				25	
16.delik	11	3,90		3,40	0,625	35,795		500
			2,22				25	
17.delik	11	3,20		3,40	0,625	35,795		500
			2,56				25	
18.delik	11	3,10		3,40	0,625	35,795		500
			2,21				25	
19.delik	11	2,80		3,40	0,625	35,795		500
			2,30				25	
20.delik	11	4,50		3,40	0,625	35,795		500
			1,97				25	
21.delik	11	4,80		3,40	0,625	35,795		500
			2,26				25	

Tablo 6.34 S-A4' e ait teknik veriler (DEVAM)

	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıkalama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
22.delik	11	3,35		3,40	0,625	35,795		500
			1,90				25	
23.delik	11	3,00		3,40	0,625	35,795		500
			1,30				25	
24.delik	11	4,35		3,40	0,625	35,795		500
			2,30				25	
25.delik	11	3,60		3,40	0,625	35,795		500
	İkinciSıra						25	
26.delik	11	1,80		3,40	0,625	35,795		500
			2,00				25	
27.delik	11	2,20		3,40	0,625	35,795		500
			2,57				25	
28.delik	11	2,10		3,40	0,625	35,795		500
			2,36				25	
29.delik	11	2,10		3,40	0,625	35,795		500
			2,24				25	
30.delik	11	2,17		3,40	0,625	35,795		500
			2,60				25	
31.delik	11	1,87		3,40	0,625	35,795		500
			3,00				25	
32.delik	11	1,90		3,40	0,625	35,795		500
			2,54				25	
33.delik	11	2,40		3,40	0,625	35,795		500
			2,50				25	
34.delik	11	2,24		3,40	0,625	35,795		500
			2,85				25	
35.delik	11	1,95		3,40	0,625	35,795		500
			3,95				25	
36.delik	11	2,05		3,40	0,625	35,795		500
			2,62				25	
37.delik	11	2,47		3,40	0,625	35,795		500
			2,37				25	
38.delik	11	1,95		3,40	0,625	35,795		500
			2,45				25	
39.delik	11	2,00		3,40	0,625	35,795		500
			3,40				25	
40.delik	11	1,86		3,40	0,625	35,795		500
			2,15				25	
41.delik	11	2,00		3,40	0,625	35,795		500
			2,92				25	
42.delik	11	2,20		3,40	0,625	35,795		500
			2,10				25	
43.delik	11	1,90		3,40	0,625	35,795		500
			1,83				25	
44.delik	11	1,62		3,40	0,625	35,795		500



Şekil 6.58 S-A4 patlatma paterni plan görüntüsü.



Şekil 6.59 S-A4'e ait patlatma deliği düşey kesiti.

Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 23,57 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 53'dir. Hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;

$$2357 / 53 = 44,48 \text{ cm} = \mathbf{444,8 \text{ mm}'dir.}$$

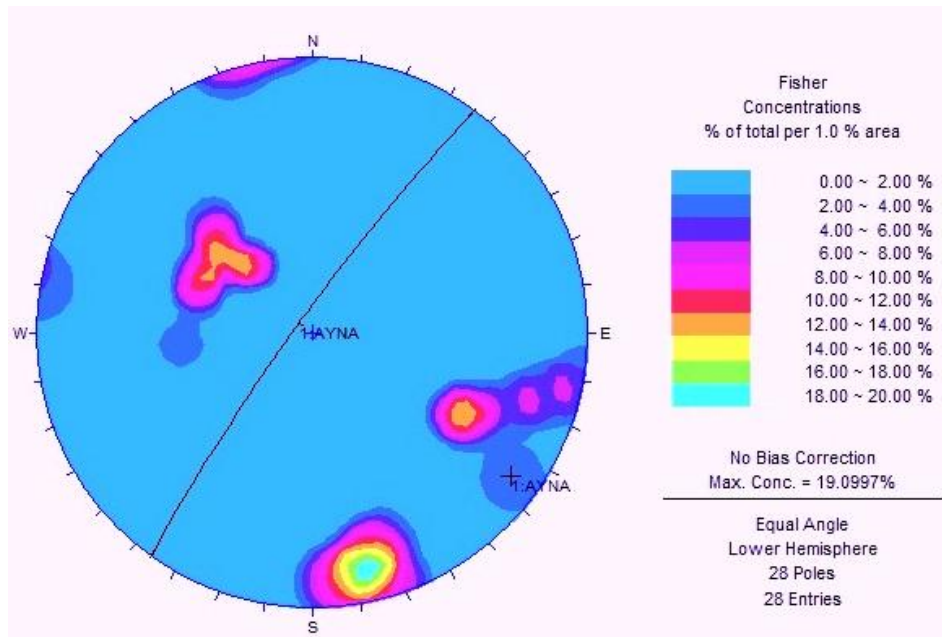
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre "Orta derece aralıklı" sınıfına dâhil olmaktadır.

S-A4'ün konumu ile içerdiği süreksizliklere ait konumlar eğim yönü/eğim olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 6.35 S-A4 Tabakalar, çatlaklar ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerleri

TABAKA			ÇATLAK				AYNA
138/36	136/38	112/48	350/85	354/83	280/90	299/62	306/84
116/50	140/35	138/57	341/76	342/85	285/82	295/65	
85/51	107/46	125/49	348/80	345/77	290/75	356/84	
136/52	134/50	128/42	343/89	300/66	300/60	16/76	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereoneti aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.60 S-A4 'e ait stereonet.

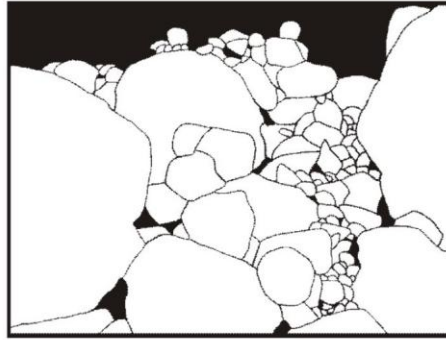
S-A4'e ait stereonet incelendiğinde, çatlak takımlarının yoğunlaştığı iki bölge olduğu görülmektedir. Bu bölgelerin eğim yönü/eğim değerleri 350/82 ve 292/71 dir. Tabakalanma ise 124/45 eğim yönü/eğimde yoğunlaşmıştır.

S-A4'e ait patlatma sonrası oluşan yığından toplam 6 görüntü elde edilmiş, WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur.

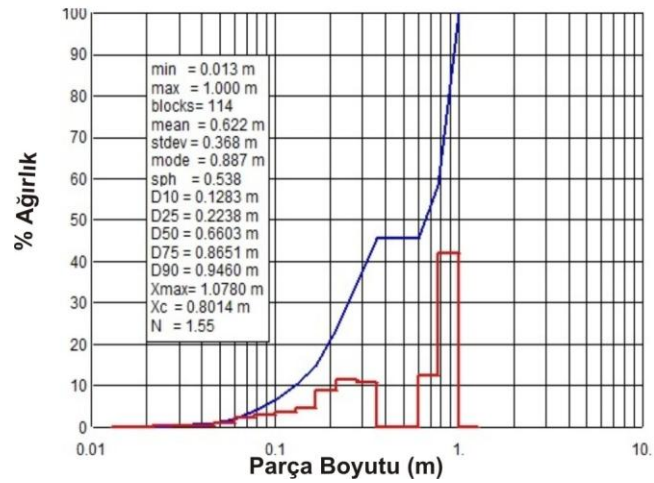
Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Tane boyut dağılım grafiği



Şekil 6.61 Örnek olarak S-A-4'e ait patlatma yığımından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

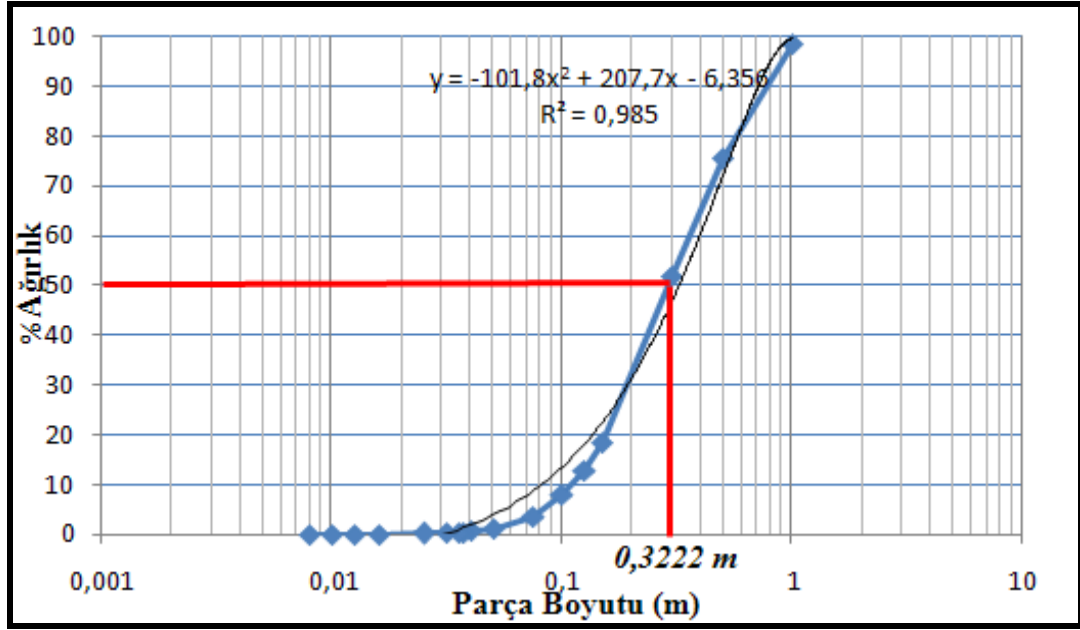
Yığından alınan görüntülerin işlenmesiyle 950 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuştur. Toplam 6 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 0,3222 m olarak bulunmuştur.

Tablo 6.36 S-A4 Patlatma sonrası elde edilen her bir görüntüye ait parça sayıları, ortalama parça boyutu ve en küçük-en büyük parça boyutu

	<b>En küçük parça boyutu(m)</b>	<b>En büyük parça boyutu (m)</b>	<b>Ortalama parça boyutu D50 (m)</b>	<b>Parça Sayısı</b>
<b>Foto 1</b>	0,010	0,358	0,2030	160
<b>Foto 2</b>	0,013	1,000	0,6603	114
<b>Foto 3</b>	0,028	1,292	0,8837	38
<b>Foto 4</b>	0,028	1,000	0,2621	280
<b>Foto 5</b>	0,017	0,774	0,3211	190
<b>Foto 6</b>	0,013	1,000	0,3471	168

Tablo 6.37 S-A4 Patlatma sonrası yığından elde edilen 6 adet görüntünün parça boyutuna göre ortalama % dağılımı

<b>Parça Boyutu (mm)</b>	<b>% Ağırlık</b>
1000	98,47
500	75,53
300	51,84
150	18,34
125	12,80
100	8,06
75	3,67
50	1,24
40	0,61
37,5	0,45
35,5	0,37
31,5	0,25
25	0,09



Şekil 6.62 S-A4 Yığından elde edilen görüntülere ait ortalama tane boyut dağılım analizi ve D50 değeri.

#### 6.3.2.5 S-A5'e Ait Çalışmalar



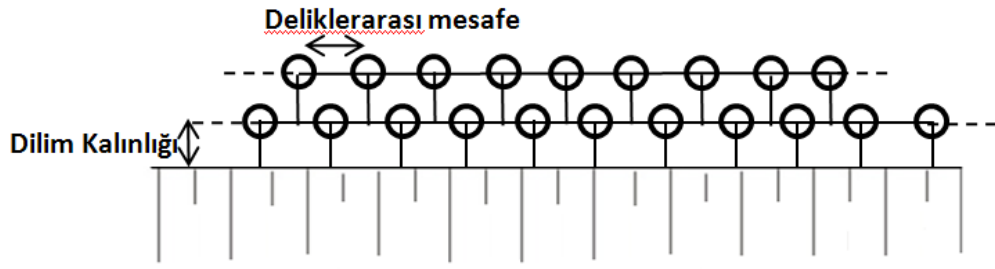
Şekil 6.63 Çalışılan ayna yüzeyinden bir görünüm.

Süreksizlik ölçümleri öncesinde yerinde ölçümler ile patlatmaya ait teknik veriler tespit edilmiş ve aşağıda tablo olarak verilmiştir. Aynanın özgül şarjı  $0,50 \text{ kg/m}^3$  tür.

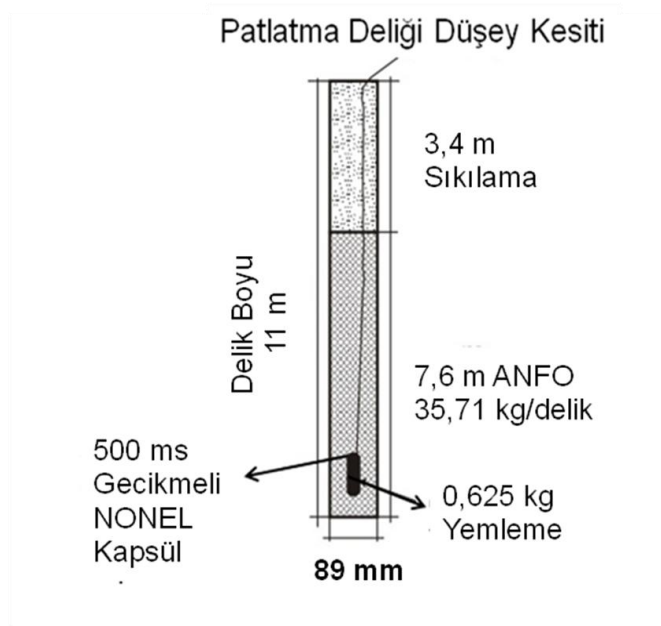


Tablo 6.38 S-A5'e ait teknik veriler

	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıklama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
1.delik	11	4,45		3,40	0,625	35,71		500
			2,40				25	
2.delik	11	5,10		3,40	0,625	35,71		500
			2,32				25	
3.delik	11	4,50		3,40	0,625	35,71		500
			2,58				25	
4.delik	11	3,20		3,40	0,625	35,71		500
			2,30				25	
5.delik	11	2,82		3,40	0,625	35,71		500
+5 boş delik			2,46				25	
6.delik	11	2,68		3,40	0,625	35,71		500
			2,63				25	
7.delik	11	2,90		3,40	0,625	35,71		500
			2,42				25	
8.delik	11	2,51		3,40	0,625	35,71		500
			2,63				25	
9.delik	11	2,68		3,40	0,690	35,71		500
			2,50				25	
10.delik	11	4,00		3,40	0,625	35,71		500
			1,80				25	
11.delik	11	2,60		3,40	0,625	35,71		500
	İkinci sıra						25	
12.delik	11	2,30		3,40	0,625	35,71		500
			2,31				25	
13.delik	11	2,48		3,40	0,625	35,71		500
			2,64				25	
14.delik	11	2,51		3,40	0,625	35,71		500
			3,10				25	
15.delik	11	2,20		3,40	0,625	35,71		500
			2,00				25	
16.delik	11	2,56		3,40	0,625	35,71		500
			2,80				25	
17.delik	11	2,62		3,40	0,625	35,71		500
			2,50				25	
18.delik	11	2,54		3,40	0,625	35,71		500
			2,34				25	
19.delik	11	2,48		3,40	0,625	35,71		500
			2,10				25	
20.delik	11	2,56		3,40	0,625	35,71		500



Şekil 6.64 S-A5 patlatma paterni plan görüntüsü.



Şekil 6.65 S-A5'e ait patlatma deliği düşey kesiti.

Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 11,24 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 27'dir. Hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;

$$1124 / 27 = 41,62 \text{ cm} = \mathbf{416,2 \text{ mm}'dir.}$$

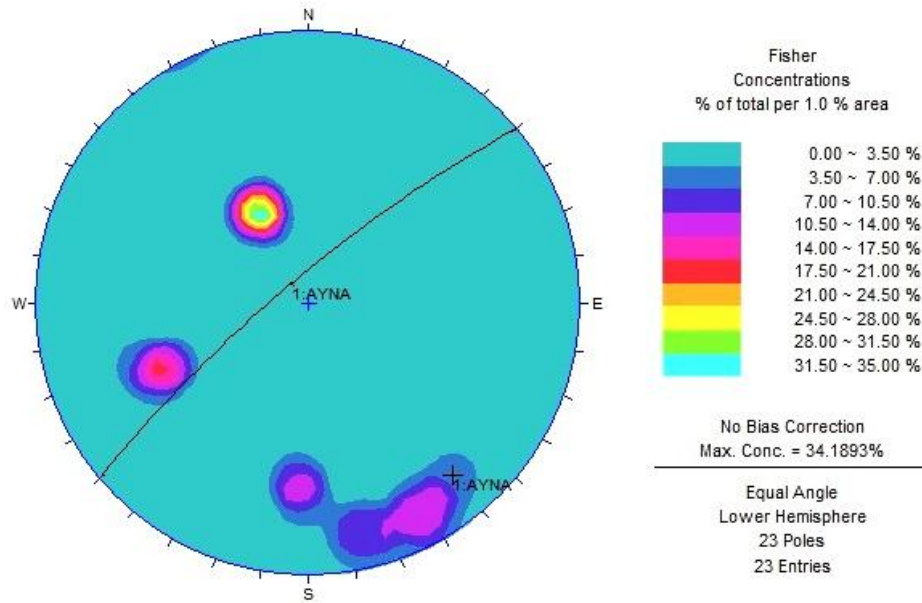
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre "Orta derece aralıklı" sınıfına dâhil olmaktadır.

S-A5'in konumu ile içerdiği süreksizliklere ait konumlar eğim yönü/eğim olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 6.39 S-A5 Tabakalar, çatlaklar ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerleri

TABAKA		ÇATLAK			AYNA
144/43	150/45	330/83	348/82	62/64	320/79
158/34	154/44	04/65	331/80	66/56	
157/42	156/43	01/72	03/67	70/67	
148/36	147/40	335/84	65/58		
150/44	151/42	346/81	67/61		

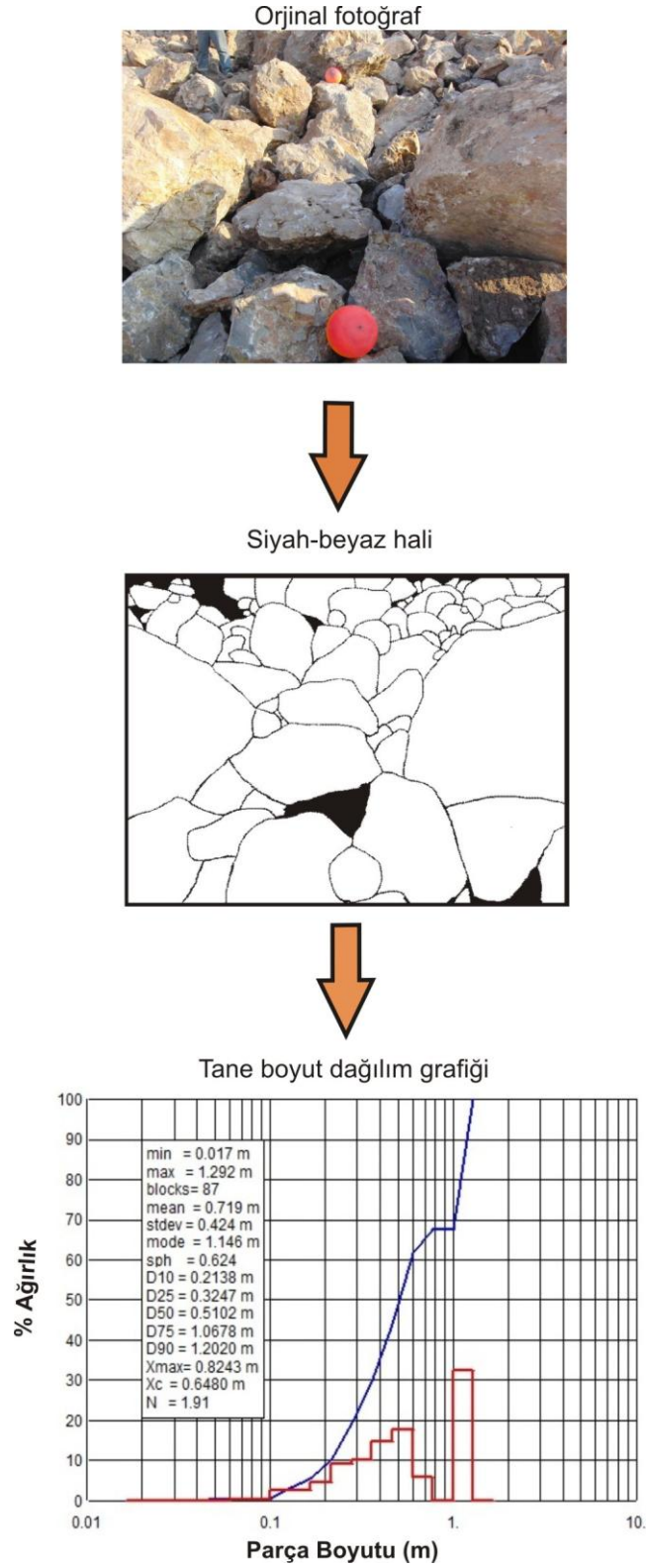
Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonetı aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.66 S-A5'e ait stereonet.

S-A5'e ait stereonet incelendiğinde, çatlak takımlarının yoğunlaştığı iki bölge olduğu görülmektedir. Bu bölgelerin eğim yönü/eğim değerleri 66/61 ve 347/76 dir. Tabakalanma ise 152/41 eğim yönü/eğimde yoğunlaşmıştır.

S-A5'e ait patlatma sonrası oluşan yığından toplam 5 görüntü elde edilmiş, WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur.



Şekil 6.67 Örnek olarak S-A5'e ait patlatma yığınından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

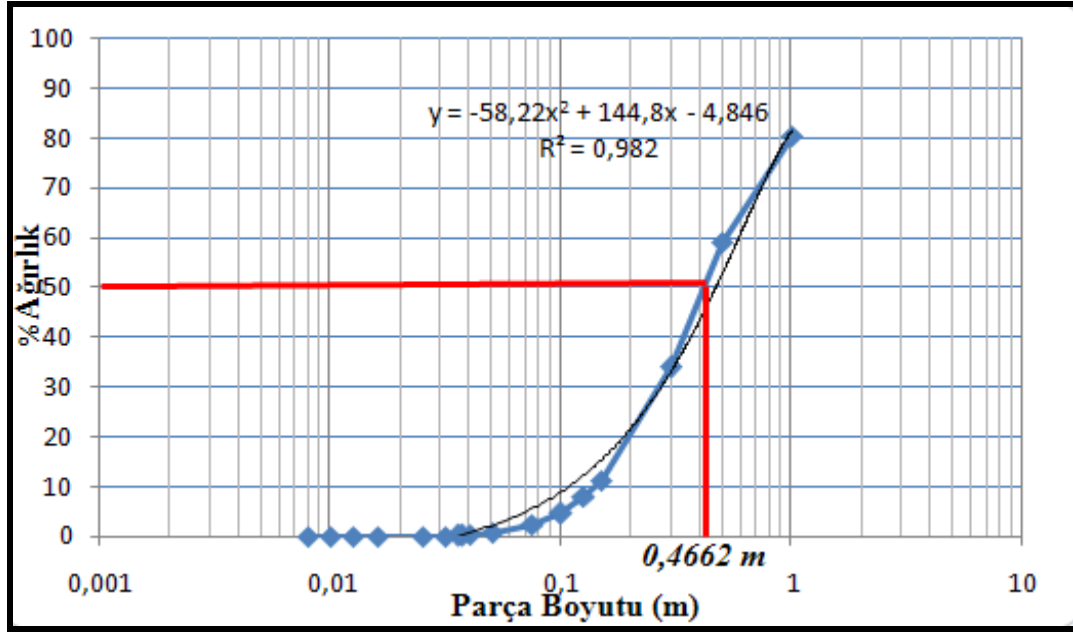
Yığından alınan tüm görüntülerin işlenmesiyle 727 parça incelemeye alınmış, her görüntüye ait dağılım grafikleri bulunmuş, 5 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 0,4662 m olarak bulunmuştur.

Tablo 6.40 S-A5 Patlatma sonrası elde edilen her bir görüntüye ait parça sayıları, ortalama parça boyutu ve en küçük-en büyük parça boyutu

	<b>En küçük parça boyutu(m)</b>	<b>En büyük parça boyutu (m)</b>	<b>Ortalama parça boyutu D50 (m)</b>	<b>Parça Sayısı</b>
<b>Foto 1</b>	0,017	1,292	0,5102	87
<b>Foto 2</b>	0,036	2,783	1,7818	83
<b>Foto 3</b>	0,022	0,774	0,3445	204
<b>Foto 4</b>	0,028	1,292	0,4498	263
<b>Foto 5</b>	0,010	0,599	0,2946	90

Tablo 6.41 S-A5 Patlatma sonrası yığından elde edilen 5 adet görüntünün parça boyutuna göre ortalama % dağılımı

<b>Parça Boyutu (mm)</b>	<b>% Ağırlık</b>
1000	80,41
500	59,01
300	33,90
150	11,26
125	7,96
100	4,53
75	2,19
50	0,58
40	0,19
37,5	0,09
35,5	0,06
31,5	0,05
25	0,02



Şekil 6.68 S-A5 Yığından elde edilen görüntülere ait ortalama tane boyut dağılım analizi ve D50 değeri.

#### 6.3.2.6 S-A6'ya Ait Çalışmalar

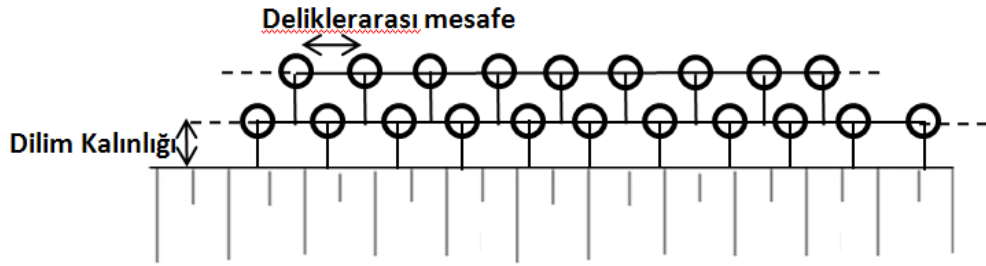


Şekil 6.69 Çalışılan ayna yüzeyinden bir görünüm.

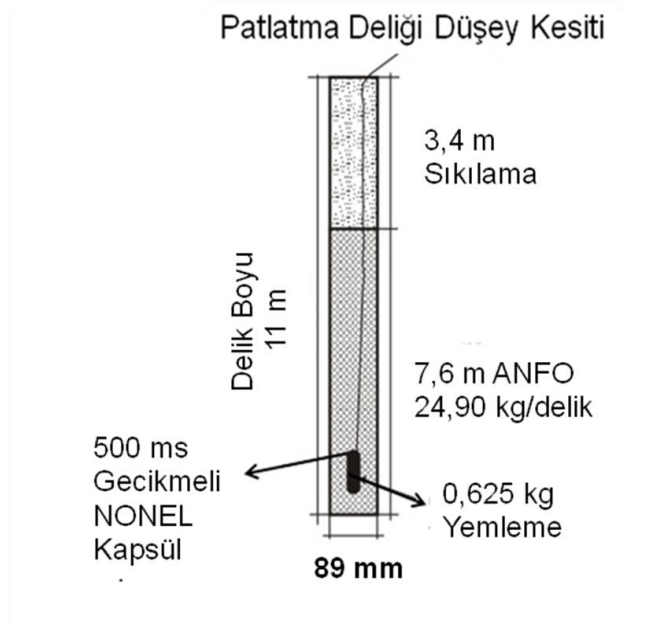
Süreksizlik ölçümlerini gerçekleştirmeden önce patlatmaya ait teknik veriler tespit edilmiş ve tablo 6.42' de verilmiştir. Aynanın özgül şarjı  $0,53 \text{ kg/m}^3$  tür.

Tablo 6.42 S-A6'ya ait teknik veriler

	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıklama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
1.delik	11	2,30		3,40	0,625	24,90		500
			4,70				25	
2.delik	11	2,34		3,40	0,625	24,90		500
			3,30				25	
3.delik	11	3,60		3,40	0,625	24,90		500
			2,00				25	
4.delik	11	2,40		3,40	0,625	24,90		500
			2,10				25	
5.delik	11	2,10		3,40	0,625	24,90		500
			2,30				25	
6.delik	11	2,25		3,40	0,625	24,90		500
			2,20				25	
7.delik	11	2,75		3,40	0,625	24,90		500
			2,70				25	
8.delik	11	2,33		3,40	0,625	24,90		500
			2,00				25	
9.delik	11	1,40		3,40	0,690	24,90		500
			1,30				25	
10.delik	11	1,50		3,40	0,625	24,90		500
			1,80				25	
11.delik	11	1,90		3,40	0,625	24,90		500
	İkinci sıra						25	
12.delik	11	1,90		3,40	0,625	24,90		500
			2,20				25	
13.delik	11	2,10		3,40	0,625	24,90		500
			1,95				25	
14.delik	11	2,17		3,40	0,625	24,90		500
			2,25				25	
15.delik	11	1,65		3,40	0,625	24,90		500
			2,30				25	
16.delik	11	1,65		3,40	0,625	24,90		500
			2,20				25	
17.delik	11	1,90		3,40	0,625	24,90		500
			1,85				25	
18.delik	11	1,60		3,40	0,625	24,90		500
			2,70				25	
19.delik	11	1,90		3,40	0,625	24,90		500
			3,30				25	
20.delik	11	1,10		3,40	0,625	24,90		500



Şekil 6.70 S-A6 patlatma paterni plan görüntüsü.



Şekil 6.71 S-A6'ya ait patlatma deliği düşey kesiti.

Patlatma aynasında süreksizlik aralığı için yapılan ölçümler sonucu toplam ölçüm hattı uzunluğu 32,85 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 112'dir. Ölçüm hattı boyunca kireçtaşı ve kil dolgusuna sıkça rastlanılmıştır. Hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;

$$3285 / 112 = 29,33 \text{ cm} = \mathbf{293,3 \text{ mm 'dir.}}$$

ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre "Orta derece aralıklı" sınıfına dâhil olmaktadır.

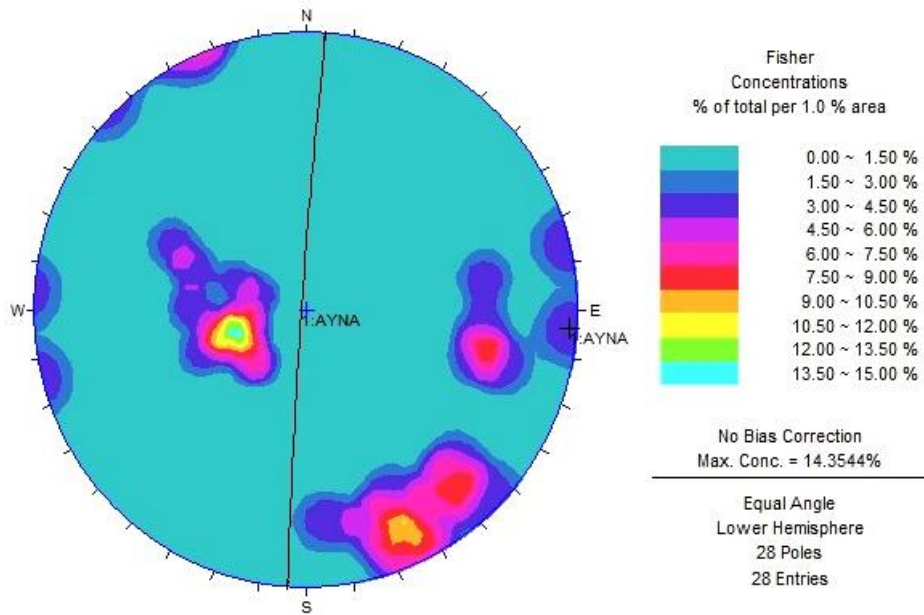


S-A6'nın konumu ile içerdiği süreksizliklere ait konumlar eğim yönü/eğim olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 6.43 S-A6 Tabakalar, çatlaklar ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerleri

TABAKA			ÇATLAK			AYNA
116/57	69/34	81/26	355/74	328/82	276/66	274/88
71/24	78/36	91/46	321/77	339/85	335/88	
75/32	68/45	110/47	315/87	342/77	260/67	
47/28	49/31	112/31	335/72	285/65	285/73	
109/20			256/89	315/75		

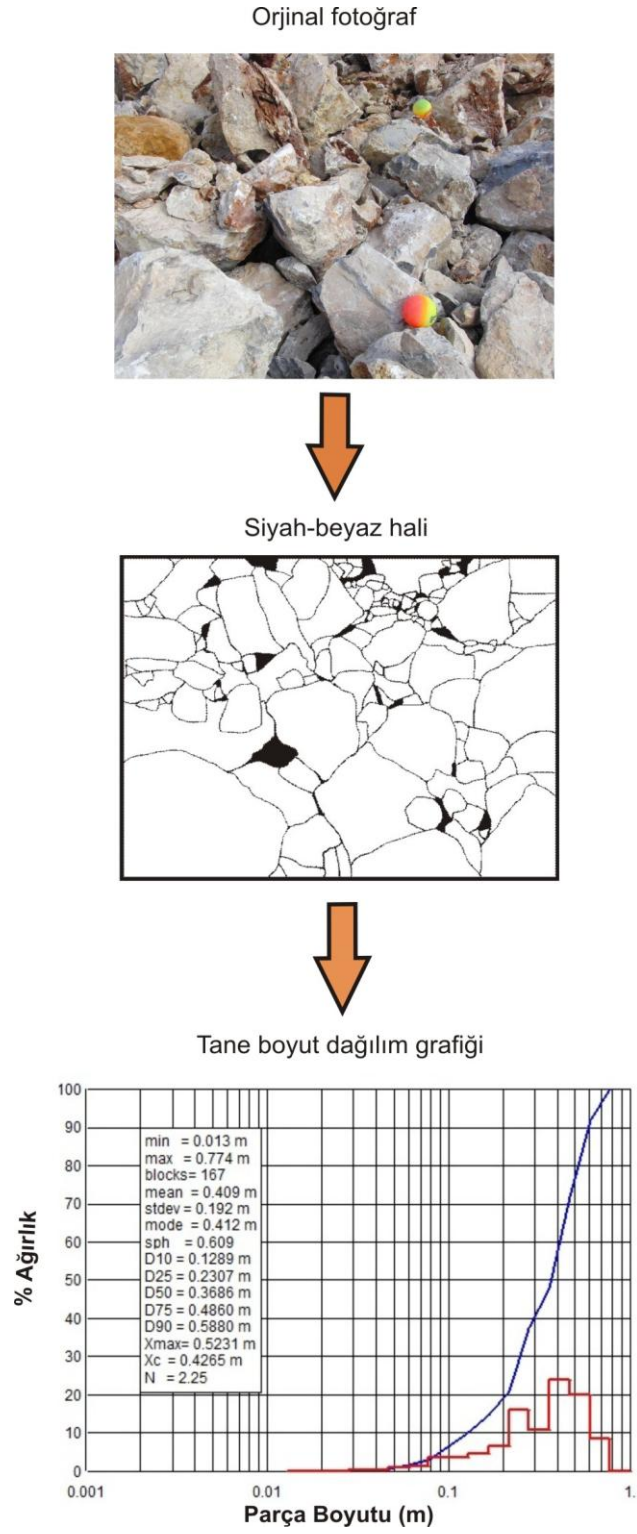
Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonetı aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.72 S-A6'ya ait stereonet.

S-A6'ya ait stereonet incelendiğinde, çatlak takımları 273/74 ve 382/79 eğim yönü/eğim değerlerinde yoğunlaşmıştır. Tabakalanma ise 84/33 eğim yönü/eğiminde yoğunlaşmıştır.

S-A6'ya ait patlatma sonrası oluşan yığından toplam 6 görüntü elde edilmiş, WIPFRAG programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur.



Şekil 6.73 Örnek olarak S-A6'ya ait patlatma yığından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

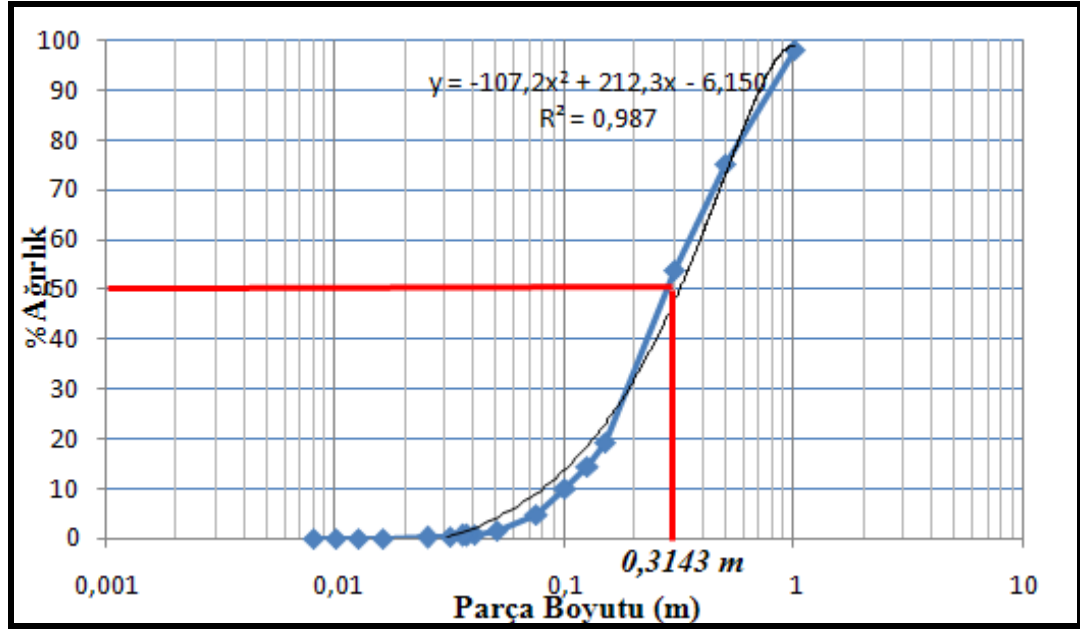
Yığından elde edilen görüntülerin toplamında 1251 parça incelemeye alınmış, bu görüntülere ait dağılım grafikleri bulunmuş, 6 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 0,3143 m olarak bulunmuştur.

Tablo 6.44 S-A6 Patlatma sonrası elde edilen her bir görüntüye ait parça sayıları, ortalama parça boyutu ve en küçük-en büyük parça boyutu

	<b>En küçük parça boyutu(m)</b>	<b>En büyük parça boyutu (m)</b>	<b>Ortalama parça boyutu D50 (m)</b>	<b>Parça Sayısı</b>
<b>Foto 1</b>	0,013	0,774	0,2379	165
<b>Foto 2</b>	0,028	1,668	0,6544	89
<b>Foto 3</b>	0,017	1,000	0,3096	340
<b>Foto 4</b>	0,017	1,000	0,4093	170
<b>Foto 5</b>	0,013	0,774	0,3686	167
<b>Foto 6</b>	0,013	0,464	0,1989	320

Tablo 6.45 S-A6 Patlatma sonrası yığından elde edilen 6 adet görüntünün parça boyutuna göre ortalama % dağılımı

<b>Parça Boyutu (mm)</b>	<b>% Ağırlık</b>
1000	98,18
500	75,12
300	53,76
150	19,34
125	14,48
100	9,86
75	4,80
50	1,58
40	0,76
37,5	0,56
35,5	0,46
31,5	0,30
25	0,09



Şekil 6.74 S-A6 Yığından elde edilen görüntülere ait ortalama tane boyut dağılım analizi ve D50 değeri.

#### 6.3.2.7 S-A7'ye Ait Çalışmalar

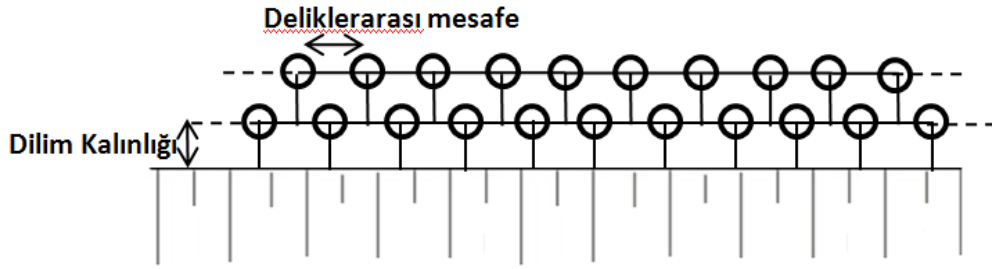


Şekil 6.75 Çalışılan ayna yüzeyinden bir görünüm.

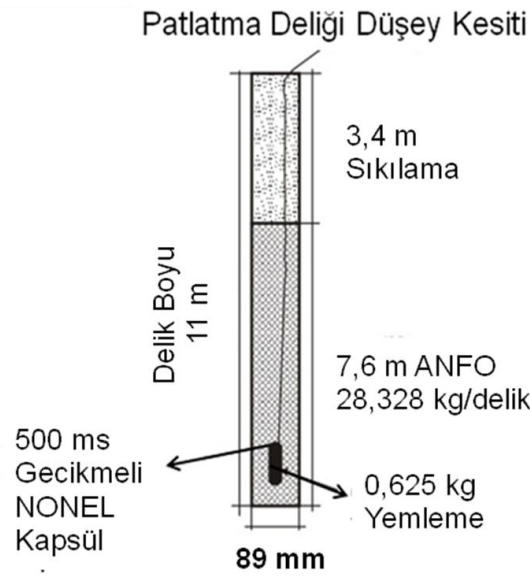
Süreksizlik ölçümleri öncesi ölçümler yapılarak patlatmaya ait teknik verilerin tespiti yapılmıştır. Aynanın özgül şarjı  $0,49 \text{ kg/m}^3$  tür.

Tablo 6.46 S-A7' ye ait teknik veriler

	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Sıklama (m)	Yemleme (kg)	Şarj Miktarı (kg)	Yüzey Gecikmesi (ms)	Delik İçi Gecikme (ms)
1.delik	11	2,45		3,40	0,625	28,328		500
			2,30				25	
2.delik	11	2,53		3,40	0,625	28,328		500
			2,30				25	
3.delik	11	2,44		3,40	0,625	28,328		500
			2,25				25	
4.delik	11	2,32		3,40	0,625	28,328		500
			2,40				25	
5.delik	11	2,88		3,40	0,625	28,328		500
			2,65				25	
6.delik	11	3,01		3,40	0,625	28,328		500
			2,40				25	
7.delik	11	3,40		3,40	0,625	28,328		500
			2,25				25	
8.delik	11	2,95		3,40	0,625	28,328		500
			2,50				25	
9.delik	11	3,00		3,40	0,690	28,328		500
			2,35				25	
10.delik	11	3,10		3,40	0,625	28,328		500
			2,40				25	
11.delik	11	2,60		3,40	0,625	28,328		500
	İkinci sıra						25	
12.delik	11	2,64		3,40	0,625	28,328		500
			2,50				25	
13.delik	11	2,20		3,40	0,625	28,328		500
			2,32				25	
14.delik	11	2,60		3,40	0,625	28,328		500
			2,25				25	
15.delik	11	2,36		3,40	0,625	28,328		500
			2,75				25	
16.delik	11	1,94		3,40	0,625	28,328		500
			2,05				25	
17.delik	11	2,05		3,40	0,625	28,328		500
			2,20				25	
18.delik	11	2,05		3,40	0,625	28,328		500
			2,50				25	
19.delik	11	2,00		3,40	0,625	28,328		500
			2,27				25	
20.delik	11	2,10		3,40	0,625	28,328		500
			2,36				25	
21.delik	11	1,70		3,40	0,625	28,328		500



Şekil 6.76 S-A7 patlatma paterni plan görüntüsü.



Şekil 6.77 S-A7' ye ait patlatma deliği düşey kesiti.

Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 18,76 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 59'dur. Ölçüm hattı boyunca herhangi bir dolgu malzemesi gözlenmemiştir. Hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;

$$1876 / 59 = 31,80 \text{ cm} = 318 \text{ mm'dir.}$$

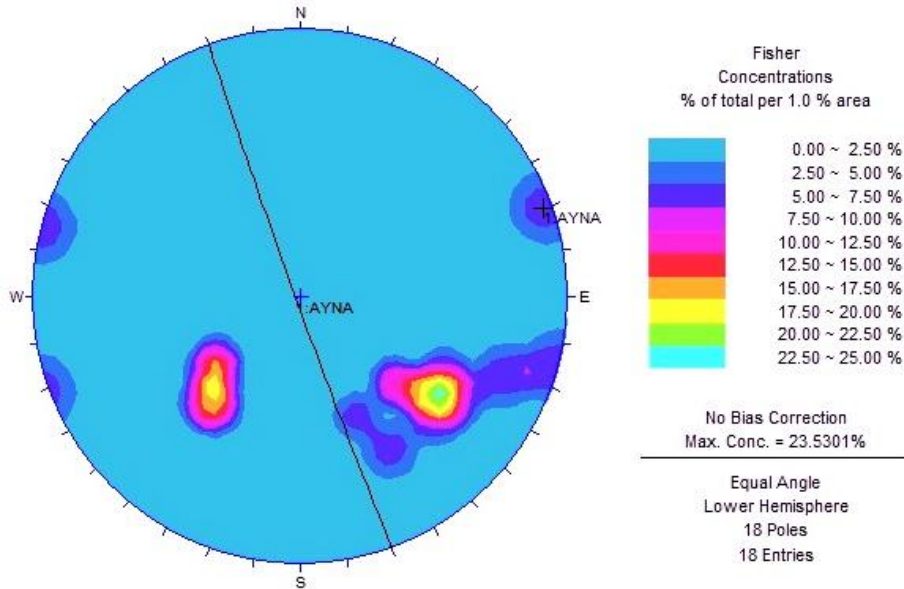
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre "Orta derece aralıklı" sınıfına dâhil olmaktadır.

S-A7'nin konumu ile içerdiği süreksizliklere ait konumlar eğim yönü/eğim olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 6.47 S-A7 Tabakalar, çatlaklar ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerleri

TABAKA		ÇATLAK			AYNA
40/52	52/48	330/67	312/54	285/90	250/88
42/56	46/44	335/52	312/49	291/78	
36/56	55/41	312/68	305/64	303/69	
		308/62	298/62		

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonetı aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.78 S-A7'ye ait stereonet.

S-A7'ye ait stereonet incelendiğinde, çatlak takımlarının yoğunlaştığı tek bölge olduğu görülmektedir. Bu bölgenin eğim yönü/eğim değeri 308/64 dür. Tabakalanma ise 45/49 eğim yönü/eğimde yoğunlaşmıştır.

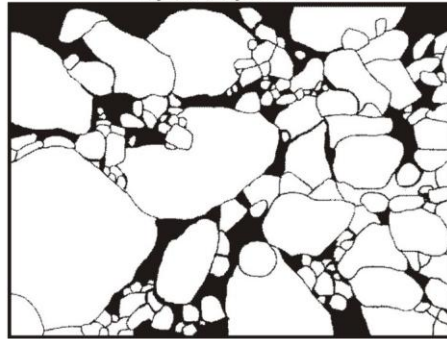
S-A7'ye ait patlatma sonrası yığını temsil edecek şekilde toplam 4 görüntü elde edilmiş, WIPFRAG programında tane boyut analizine tabi tutulmuştur.



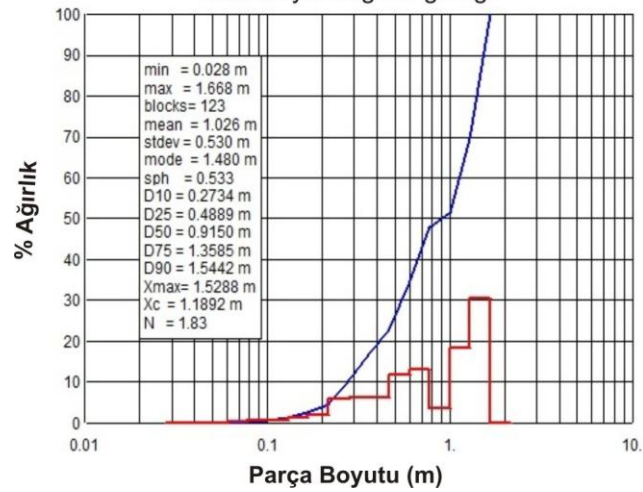
Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Tane boyut dağılım grafiği



Şekil 6.79 Örnek olarak S-A7'ye ait patlatma yığımından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.



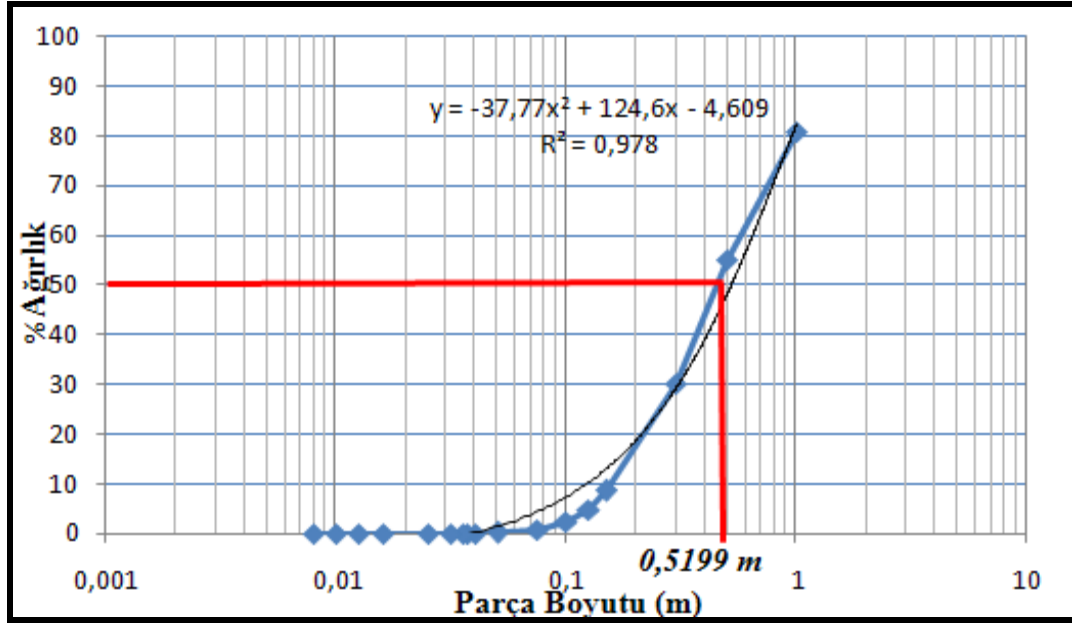
Yığın görüntülerinin işlenmesiyle 688 parça incelemeye alınmış, görüntülere ait dağılım grafikleri bulunmuş, 4 adet grafiğin tek bir grafikte birleştirilmesiyle aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 0,5199 m olarak bulunmuştur.

Tablo 6.48 S-A7 Patlatma sonrası elde edilen her bir görüntüye ait parça sayıları, ortalama parça boyutu ve en küçük-en büyük parça boyutu

	<b>En küçük parça boyutu(m)</b>	<b>En büyük parça boyutu (m)</b>	<b>Ortalama parça boyutu D50 (m)</b>	<b>Parça Sayısı</b>
<b>Foto 1</b>	0,028	1,292	0,5118	100
<b>Foto 2</b>	0,028	1,668	0,9150	123
<b>Foto 3</b>	0,028	1,000	0,3229	227
<b>Foto 4</b>	0,028	1,668	0,5443	238

Tablo 6.49 S-A7 Patlatma sonrası yığından elde edilen 4 adet görüntünün parça boyutuna göre ortalama % dağılımı

<b>Parça Boyutu (mm)</b>	<b>% Ağırlık</b>
1000	80,80
500	55,03
300	30,00
150	8,57
125	4,71
100	2,23
75	0,85
50	0,11



Şekil 6.80 S-A7 yığından elde edilen görüntülere ait ortalama tane boyut dağılım analizi ve D50 değeri.

#### 6.4 Çimentoş Kalker Ocağında Çalışılan Aynalardan Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

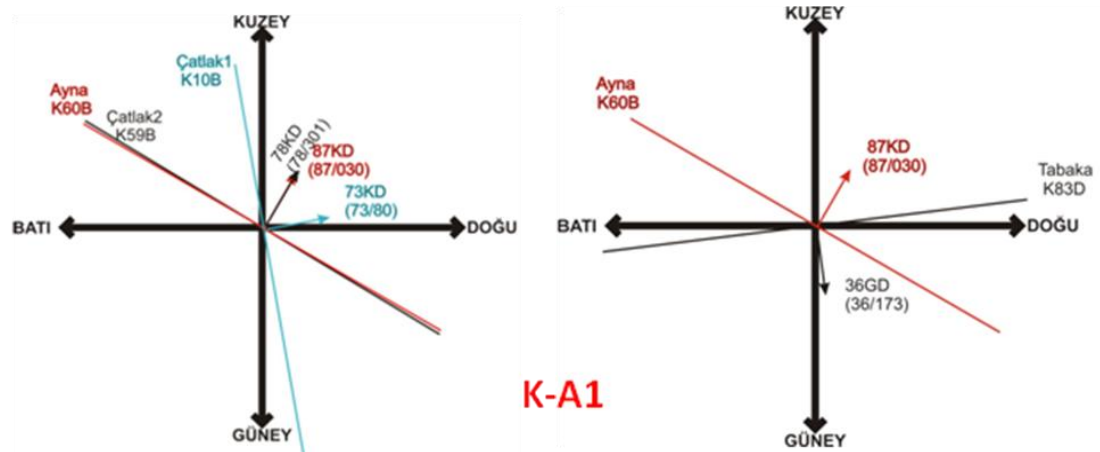
Çalışılan kireçtaşı ocağının her ikisinde de süreksizlik yüzeylerinin açıklık özelliği incelendiğinde; kapalı ve dolgulu süreksizlikler gözlemlenebilmektedir. Çalışılan aynalarda açık süreksizlik aralığına hiç rastlanılmamıştır. İnceleme alanındaki kireçtaşlarındaki süreksizlikleri dolduran dolgu maddeleri; kireçtaşı, kalsit ve kildir. Süreksizliklerin boş ve dolgulu (kil, kalsit, parçalanmış zon) olması patlatma sonucu oluşan parça boyutunu etkilemektedir. Kil dolgulu süreksizlik aralıklarında patlayıcı madde basınç etkisi azaldığından bazı aynalarda patar oluşmaktadır. Kireçtaşının süreksizlik içeren yapısı olduğu için, özellikle yüzeye yakın sıkılama bölgelerinden büyük boyutlu blokların oluştuğu gözlemlenmiştir.

Süreksizlik aralığı ve sıklığı sınıflamasında Çimentoş'ta elde edilen sonuçlara göre "8.Kademe" ve "Sol Ocak" diye adlandırılan ocaklardaki kireçtaşları genel olarak "az çatlaklı - kırıklı" sınıfına girmektedir. (Tablo 6.50)

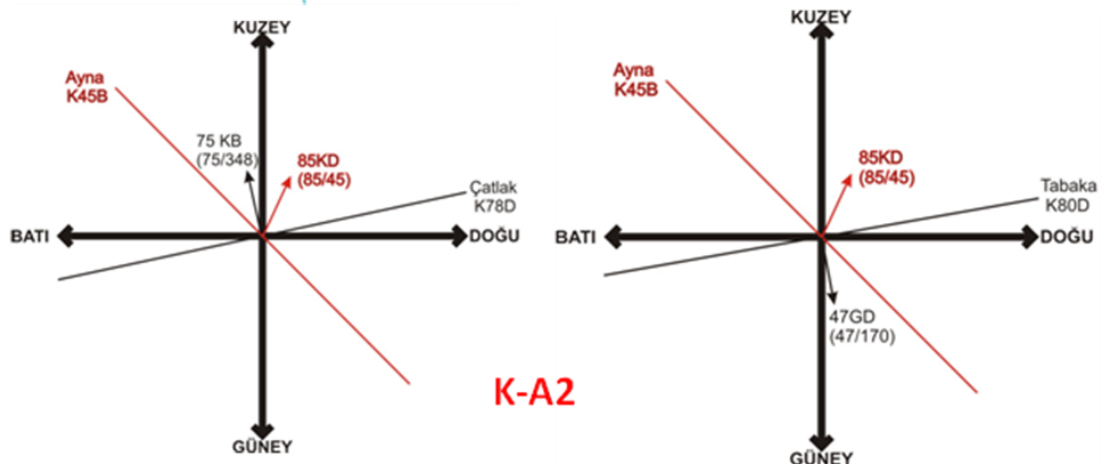
Tablo 6.50 Süreksizlik aralığı ve sıklığı sınıfları (Golder Associates, 1979)

Sınıflama	Sınıflama Ortalama süreksizlik aralığı, X (m)	Ortalama süreksizlik sıklığı, $\lambda$ (m <sup>-1</sup> )
Masif	$X > 1$	$< 1$
Az çatlaklı-kırıklı	$0.3 < X < 1$	1 – 3
Kırıklı-çatlaklı	$0.1 < X < 0.3$	3 – 10
Çok çatlaklı-kırıklı	$0.02 < X < 0.1$	10 – 50
Parçalanmış	$X < 0.02$	$> 50$

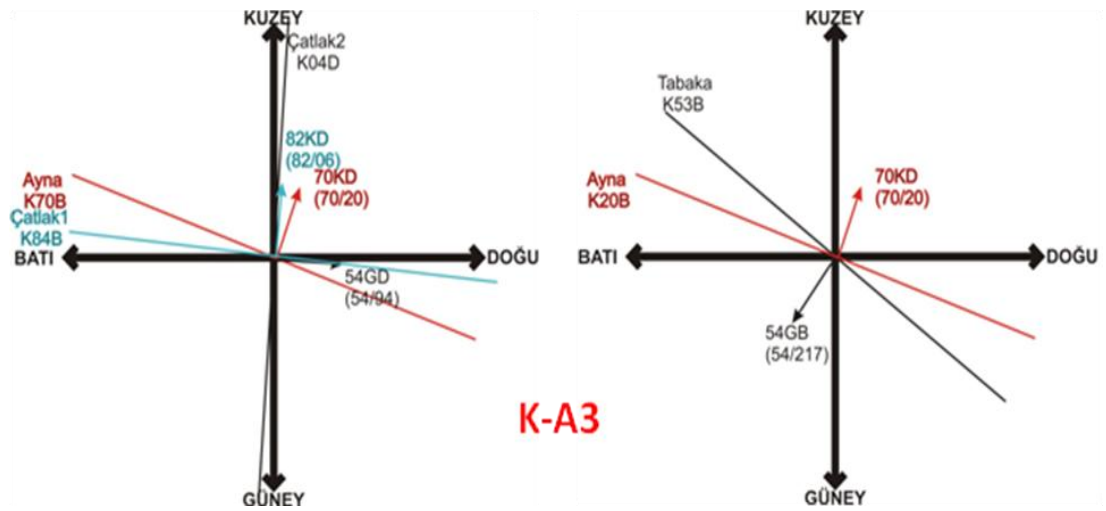
Araştırma sürecinde, süreksizlik aralığı, özgül şarj, D50 değeri ve aynayla süreksizliklerin birbiriyle ilişkisinin patlatma verimine etkisi irdelenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışma neticesinde; patlatma verimliliğini etkileyen parametrelerden biri olan arazi yapısını oluşturan tabakalanma ve çatlaklar ile ayna arasında yalnızca sayısal farklar gözetilerek ilişki kurmak çok kolay değildir. Bu sebepten ötürü, ayna ve tabakalara ait eğim yönü/eğim değerleri koordinat sistemine işlenmiş, sayısal olarak elde edilen farklar görsele çevrilmiştir. Aşağıda her aynaya ait iki boyutlu koordinat sistemleri verilmiştir.



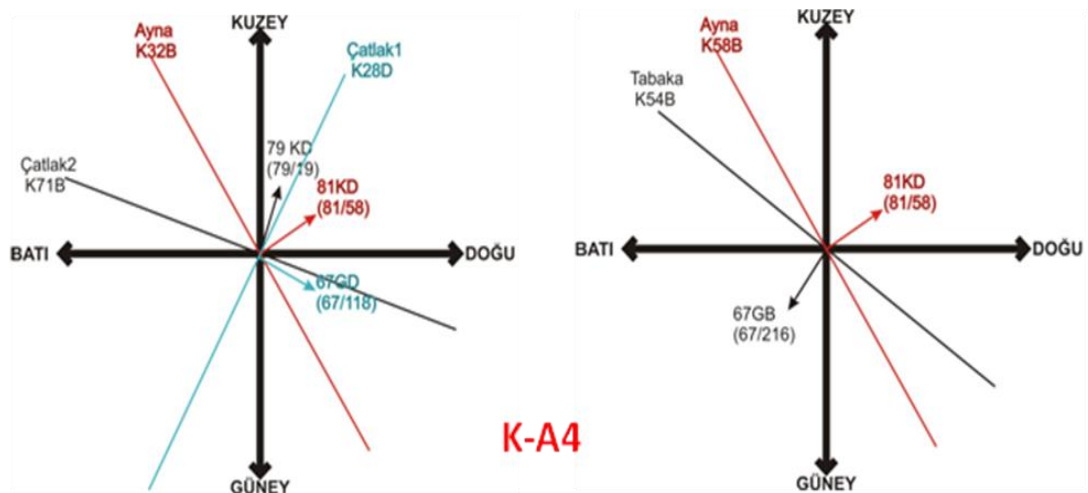
Şekil 6.81 8.kademe Ayna-1'e ait tabaka ve çatlak takımlarının aynayla olan konumlarının koordinat sisteminde gösterilmesi.



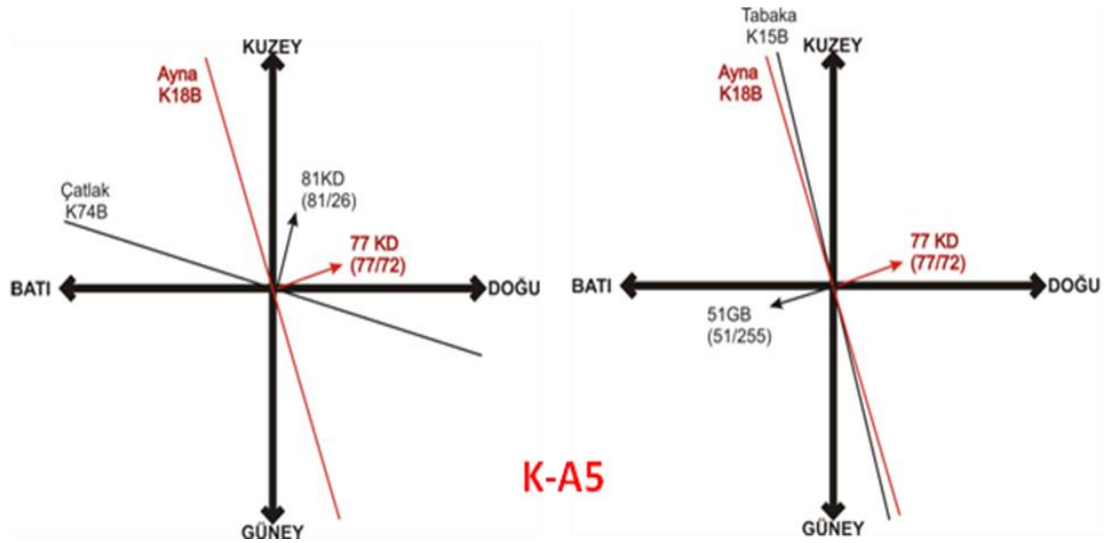
Şekil 6.82 8.kademe Ayna-2'ye ait tabaka ve çatlak takımlarının aynayla olan konumlarının koordinat sisteminde gösterilmesi.



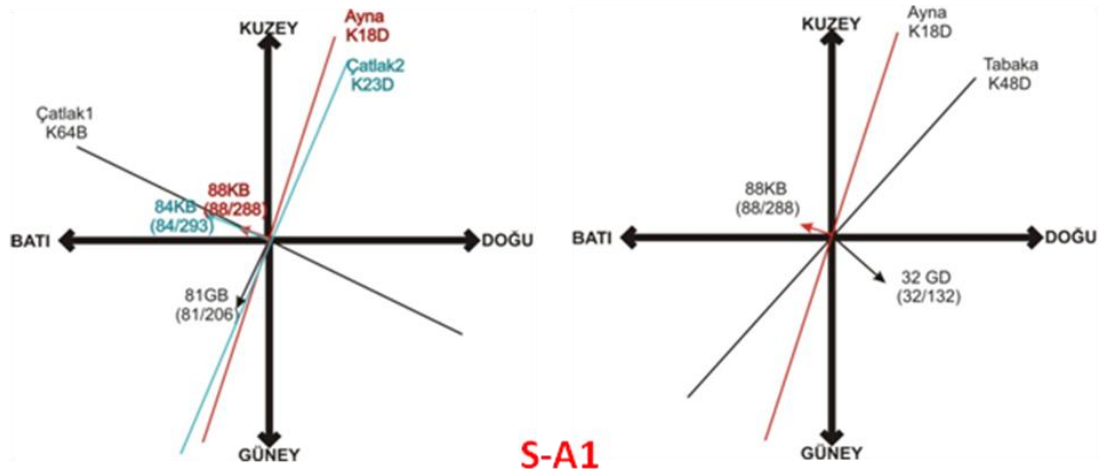
Şekil 6.83 8.kademe Ayna-3'e ait tabaka ve çatlak takımlarının aynayla olan konumlarının koordinat sisteminde gösterilmesi.



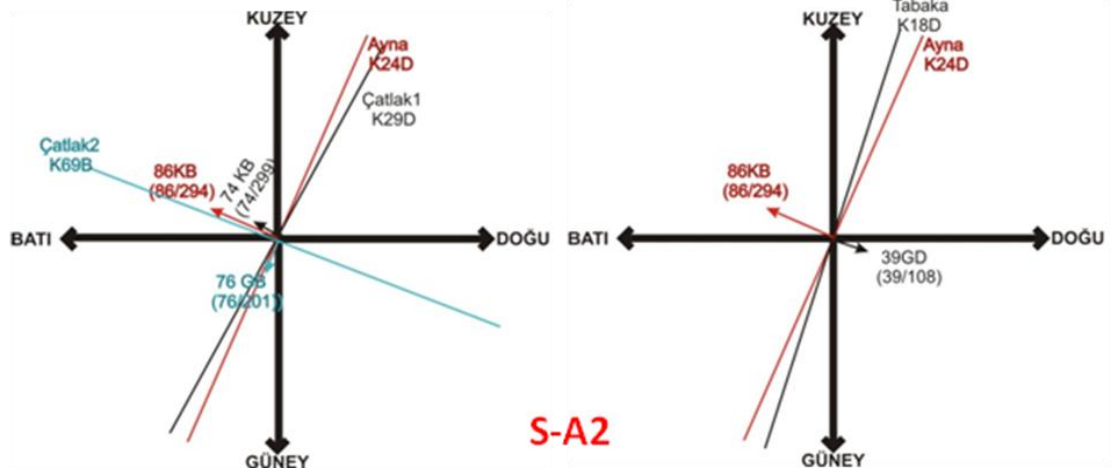
Şekil 6.84 8.kademe Ayna-4'e ait tabaka ve çatlak takımlarının aynayla olan konumlarının koordinat sisteminde gösterilmesi.



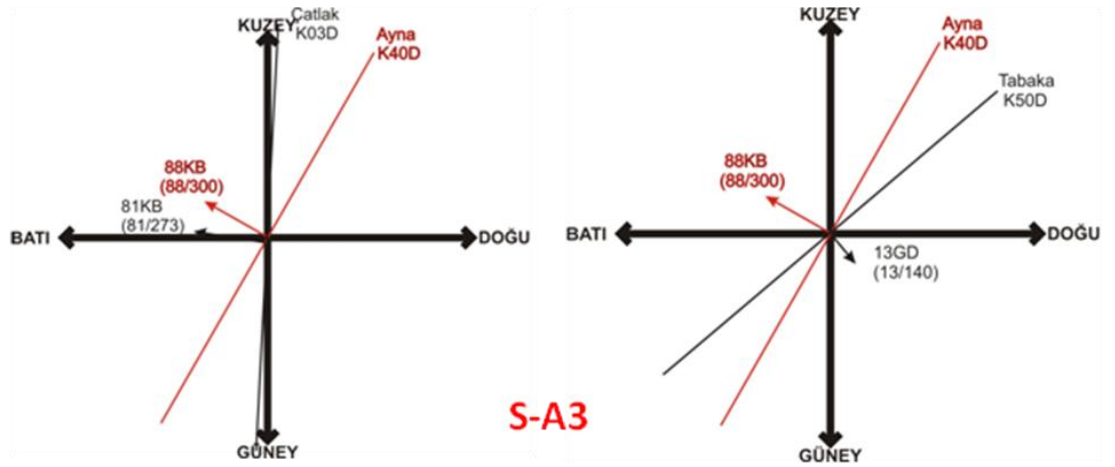
Şekil 6.85 8.kademe Ayna-5'e ait tabaka ve çatlak takımlarının aynayla olan konumlarının koordinat sisteminde gösterilmesi.



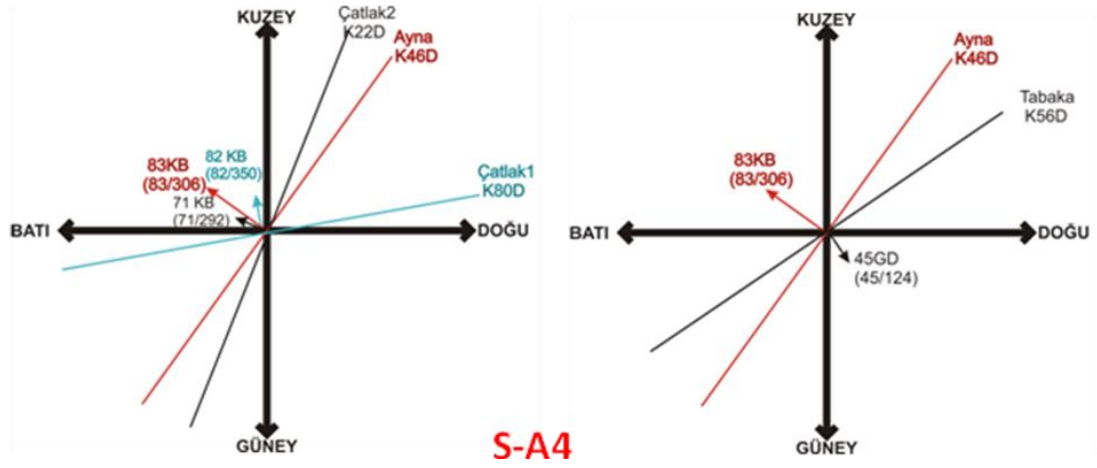
Şekil 6.86 “Sol ocak” Ayna-1'e ait tabaka ve çatlak takımlarının aynayla olan konumlarının koordinat sisteminde gösterilmesi.



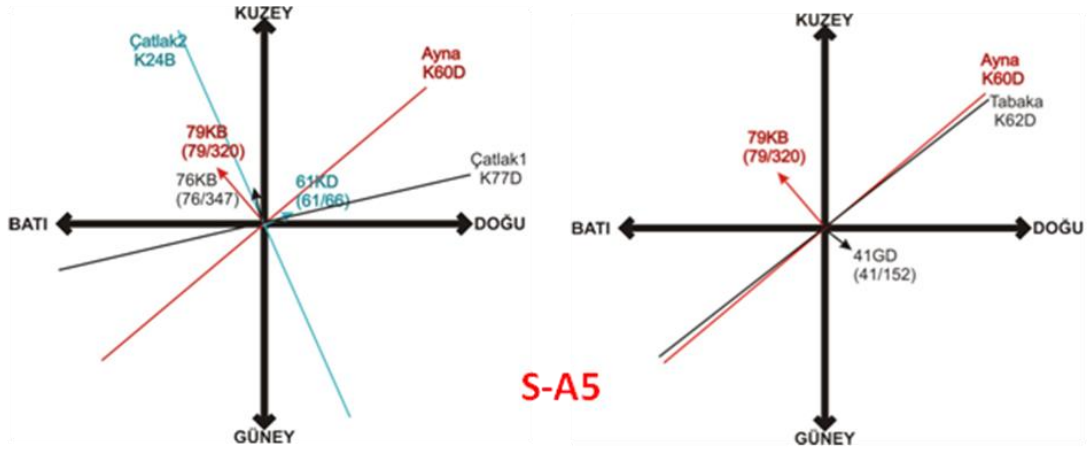
Şekil 6.87 “Sol ocak” Ayna-2’ e ait tabaka ve çatlak takımlarının aynayla olan konumlarının koordinat sisteminde gösterilmesi.



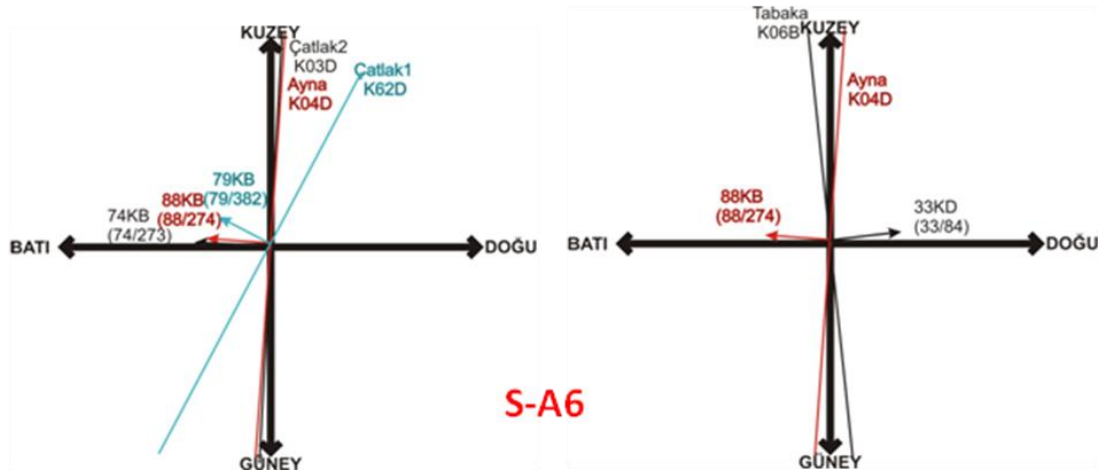
Şekil 6.88 “Sol ocak” Ayna-3’ e ait tabaka ve çatlak takımlarının aynayla olan konumlarının koordinat sisteminde gösterilmesi.



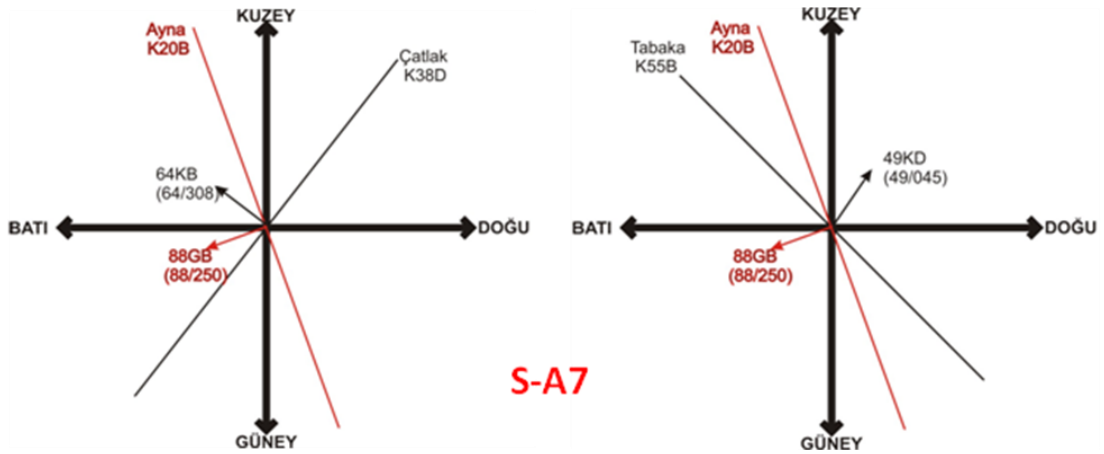
Şekil 6.89 “Sol ocak” Ayna-4’e ait tabaka ve çatlak takımlarının aynayla olan konumlarının koordinat sisteminde gösterilmesi.



Şekil 6.90 “Sol ocak” Ayna-5’e ait tabaka ve çatlak takımlarının aynayla olan konumlarının koordinat sisteminde gösterilmesi.



Şekil 6.91 “Sol ocak” Ayna-6’ya ait tabaka ve çatlak takımlarının aynayla olan konumlarının koordinat sisteminde gösterilmesi.



Şekil 6.92 “Sol ocak” Ayna-7’ye ait tabaka ve çatlak takımlarının aynayla olan konumlarının koordinat sisteminde gösterilmesi.

İki boyutlu koordinat sistemi kullanılarak elde edilen süreksizlik yönelimleri ve patlatma aynası konumları arasındaki ilişki veri değerlendirmesi için yetersiz kalmaktadır. Bu sebepten dolayı literatürde kabul görmüş değerlendirmelerden yola çıkarak ayna-tabaka, ayna-çatlak arasındaki eğim yönü farkları, koordinat sisteminden ait olduğu bölgeler de göz önüne alınarak bir katsayı değerlendirilmesine tabi tutulmuştur. Bölüm 4’te bahsedilen Kuz-Ram modelinde yapılan yönelim değerlendirmesi çok sınırlı tutulmuş olup, daha hassas bir değerlendirme yapabilmek için aşağıda verilen çizelgede süreksizlik ve ayna



arasındaki konum farkına dayanılarak bir puanlama sistemi geliştirilmiştir. Bu puanlama sistemindeki temel prensip, ayna eğim yönü ile süreksizlik eğim yönü aynı yönde ise patlatma işlemi açısından en verimli durum kabul edilmesidir.

Tablo 6.51 Eğim yönü farklarının derecelendirilmesi

<b>Eğim yönü farkları (<math>F_{a-s}</math>)</b>	
<b>(Ayna eğim yönü- süreksizlik eğim yönü)</b>	
<b>Derece</b>	<b>Katsayı (<math>S_f</math>)</b>
0-20	10
20-40	9
40-60	8
60-80	7
80-100	6
100-120	5
120-140	4
140-160	2
160-180	1
180-200	1
200-220	2
220-240	4
240-260	5
260-280	6
280-300	7
300-320	8
320-340	9
340-360	10

Patlatma aynası ile süreksizlikler arasındaki eğim yönü farkına dayanan değerlendirme tek başına yeterli değildir. Süreksizlik eğimleri de göz önüne alınmalıdır. Eğim etkisinin göz önüne alınarak; patlatma verimliliği için yapılacak bir değerlendirmede hesaba katılabilmesi için, eğim açıları ile ilgili olarak ta bir puanlama sistemi geliştirilmiştir. Eğim açısının patlatmaya etki derecelerine göre geliştirilen puanlama sistemi katsayıları ( $E_s$ ) Tablo 6.52’de verilmektedir. Eğim açısı puanlama sisteminin mantığı, eğim yönlerine bağlı olarak avantajlı olan eğim

açılara yüksek puan verilmesi, eğitim açısının olumlu etkisi azaldıkça, verilen katsayı değerinin azaltılmasıdır.

Tablo 6.52 Eğitim açılarının etkisinin belirlenmesi için ayna ile süreksizlik eğim yönü farklarına bağlı olarak geliştirilen puanlama sistemi

Eğim yönü farkı (F <sub>a-s</sub> )	Süreksizlik eğimi								
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90
0-45	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,95	2
45-90	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,55	1,6	1,65	1,8
90-135	1,3	1,1	0,9	0,7	0,5	0,7	1	1,3	1,6
135-180	1,3	0,9	0,7	0,5	0,4	0,5	0,8	1,2	1,7
180-225	1,3	0,9	0,7	0,5	0,4	0,5	0,8	1,2	1,7
225-270	1,3	1,1	0,9	0,7	0,5	0,7	1	1,3	1,6
270-315	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,55	1,6	1,65	1,8
315-360	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,95	2

Patlatma işlemine etkiyen parametreler bununla da sınırlı değildir. Kuz-Ram modelinde de görüldüğü gibi özgül şarjın etkisi göz ardı edilemeyecek kadar fazla olup, literatürde bu etki ampirik olarak yaklaşık %95 olarak kabul görmüştür. Bu sebeple süreksizliklerin etkisiyle patlatma sonrası oluşan tane boyut dağılımı arasında bir ilişki olup olmadığına bakarken özgül şarj da hesaba katılacaktır. Aynı şekilde bir diğer değişken olan süreksizlik aralığına yönelik çok çeşitli sınıflamalar mevcuttur. Örneğin ISRM tarafından verilen sınıflamada aralıklar arasındaki mesafenin fazla oluşu patlatma açısından yapılacak bir değerlendirmede yetersiz kalacaktır. Süreksizlik aralığının sayısal değeri bize patlatma sonrası oluşacak tane boyutu açısından fikir verebilmektedir. Çünkü süreksizlikler arasında sınırlı kalan kayaç blok boyutu(kaya bloğu), süreksizlik aralığı ile doğru orantılıdır. Bu sebeple de yapılacak değerlendirmede etkisinin daha anlaşılabilir olması için geliştirtmiş olan değerlendirme sistemi Tablo 6.53’de verilmektedir.

Tablo 6.53 Süreksizlik aralığı değerlerinin patlatmaya etkisini gösteren katsayı değerlendirilmesi

<b>Süreksizlik aralığı sınıflama katsayıları</b>	
<b>Süreksizlik Aralığı (x)(m)</b>	<b>Katsayı (S<sub>a</sub>)</b>
$x < 0,2$	5
$0,2 < x < 0,25$	4,5
$0,25 < x < 0,30$	4
$0,3 < x < 0,35$	3,5
$0,35 < x < 0,4$	3
$0,4 < x < 0,45$	2,5
$0,45 < x < 0,5$	2
$0,5 < x < 0,55$	1,5
$0,55 < x$	1

Tarafımızca yukarıda verilen katsayılar hesaba katılarak basit bir denklem ile patlatma sonrası oluşan tane boyutu arasında nasıl bir ilişki olduğu ortaya konulmaya çalışılmıştır. Her iki ocak için de ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır. Özgül şarj % olarak hesaba alınmış, herhangi bir katsayı değeri verilmemiştir. Özgül şarjın etkisinin daha net anlaşılabilmesi için değişik % değerleri ile aynı hesaplamalar yapılmıştır. Aşağıda ayrıntılı olarak her iki ocak için yapılan hesaplamalar verilmektedir.

“8.kademe” diye adlandırılan bölgede toplam 5 aynada gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucu; özgül şarj değerleri, süreksizlik aralığı değerleri, süreksizlik ve aynaya ait yönelimler elde edilmiştir. Bu elde edilen verilerin; patlatma sonrası oluşan yığınlara ait tane boyut dağılımlarından elde edilen ortalama tane boyutları ile ilişkilerini irdelemek için yukarıda verilen katsayılar geliştirilmiş ve bu katsayılar kullanılarak bir formül oluşturulmuştur. Bu formül sonucu elde edilen değerler ile WIPFRAG programından elde edilen analizlerin bütününden bulunan D50 değerleri arasında bir grafik oluşturulmuştur. Bu işlemde özgül şarjın etkisini gösterebilmek adına farklı % değerleri ile özgül şarj bu formülde değerlendirilmeye alınmıştır. Süreksizliklerin patlatma verimine etkisinin belirlenmesi için geliştirilen sayısal modellemeye ait veriler ve hesaplamaları Tablo 6.54’te sunulmuştur.

Tablo 6.54 “8.Kademe” için süreksizliklerin patlatma üzerine etkisinin gösterilmesi

Ayna No	K-A1	K-A2	K-A3	K-A4	K-A5
<b>Ayna Eğim Yönü</b>	30	45	20	58	72
<b>Tabaka Eğim Yönü</b>	173	170	217	216	255
<b>Tabaka Eğimi</b>	36	47	54	67	51
$F_{a-s}$	217	235	163	202	177
$S_f$	2,00	4,00	1,00	2,00	1,00
$E_s$	0,70	0,50	0,50	0,80	0,50
$(S_f * E_s)_T$	1,40	2,00	0,50	1,60	0,50
<b>Çatlak-1 Eğim Yönü</b>	80	-----	6	118	26
<b>Çatlak-1 Eğim</b>	73	-----	82	67	81
$F_{a-s}$	310	-----	14	300	46
$S_f$	8,00	-----	10,00	8,00	8,00
$E_s$	1,65	-----	2,00	1,60	1,80
$(S_f * E_s)_{C1}$	13,2	-----	20	12,8	14,4
<b>Çatlak-2 Eğim Yönü</b>	301	348	94	19	-----
<b>Çatlak-2 Eğim</b>	78	75	54	79	-----
$F_{a-s}$	89	57	286	39	-----
$S_f$	6,00	8,00	7,00	9,00	-----
$E_s$	1,65	1,65	1,55	1,95	-----
$(S_f * E_s)_{C2}$	9,90	13,20	10,85	17,55	-----
<b>Özgül Şarj (kg/m<sup>3</sup>)</b>	0,60	0,48	0,57	0,54	0,56
<b>Süreksizlik Aralığı (cm)</b>	30,35	72,27	50,85	25,45	20,70
$S_a$	3,50	1,00	1,50	4,00	4,50
<b>D50 (m)</b>	0,2553	0,505	0,262	0,2717	0,3320
$K_{sür}$	11,67	8,60	11,95	14,65	11,95
<b>95% Ağırlıklı Özgül Şarja bağlı <math>K_A</math></b>	115,33	88,60	113,90	124,55	113,00
<b>90% Ağırlıklı Özgül Şarja bağlı <math>K_A</math></b>	170,67	129,20	170,80	195,10	169,90
<b>85% Ağırlıklı Özgül Şarja bağlı <math>K_A</math></b>	226,00	169,80	227,70	265,65	226,90

Burada;

$F_{a-s}$  : Ayna ile tabaka arasındaki eğim yönü farkı

$S_f$  : Eğim yönü farkına göre puan katsayısı

$E_s$  : Eğim açısının patlatmaya etki derecelerine göre puan katsayısı

$(S_f * E_s)_T$  : Tabaka için eğim yönü farkı ile eğim açısı puanlamalarının çarpımı

$(S_f * E_s)_{Ç1}$  : 1. Çatlak sistemi için eğim yönü farkı ile eğim açısı puanlamalarının çarpımı

$(S_f * E_s)_{Ç2}$  : 2. Çatlak sistemi için eğim yönü farkı ile eğim açısı puanlamalarının çarpımı

$S_a$  : Süreksizlik aralığı katsayısı

$K_{sür}$  : Modele göre hesaplanan süreksizlik katsayı değeri

$K_A$  :  $K_{sür}$  değerinin ve özgül şarjın % etkisini kapsayarak aynayı temsil eden katsayı değeridir.

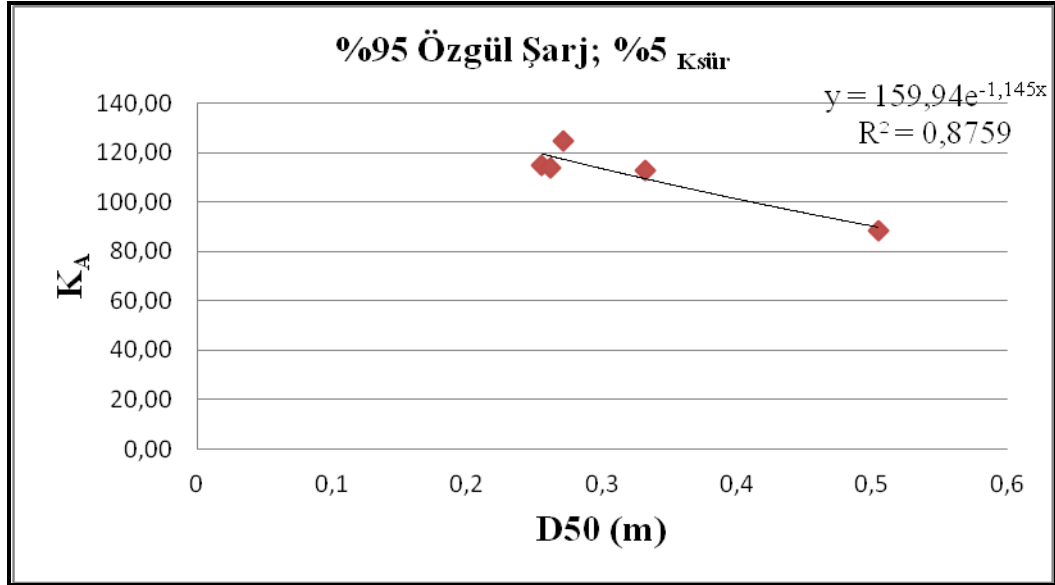
Yukarıdaki tabloda aynayı temsil eden süreksizlik katsayıların ortalaması; tablo 6.51, tablo 6.52 ve tablo 6.53'te sunulan katsayılardan yola çıkılarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır;

$$K_{sür} = [(S_f * E_s)_T + (S_f * E_s)_{Ç1} + (S_f * E_s)_{Ç2}] / 3 + S_a \quad (6.1)$$

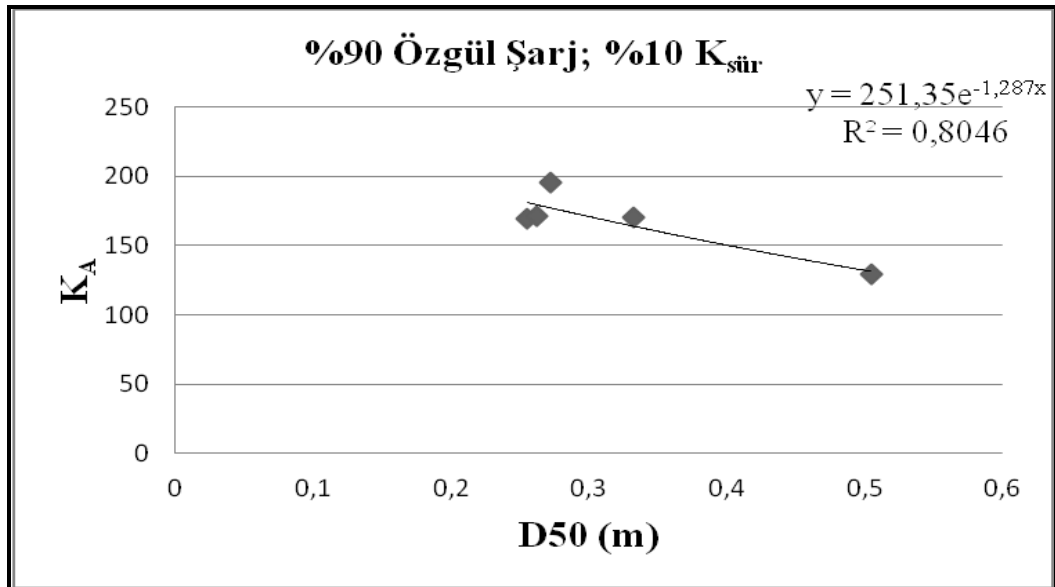
Bu formülden elde edilen  $K_{sür}$  değeri ile özgül şarjın % etkisini kapsayan bir denklem ile hem süreksizlik özellikleri hem de özgül şarjı kapsayarak aynayı temsil eden bir katsayı değeri elde edilmeye çalışılmıştır.

$$K_A = [0,95 * \text{Özgül şarj} + K_{sür} * 0,05] * 100 \quad (6.2)$$

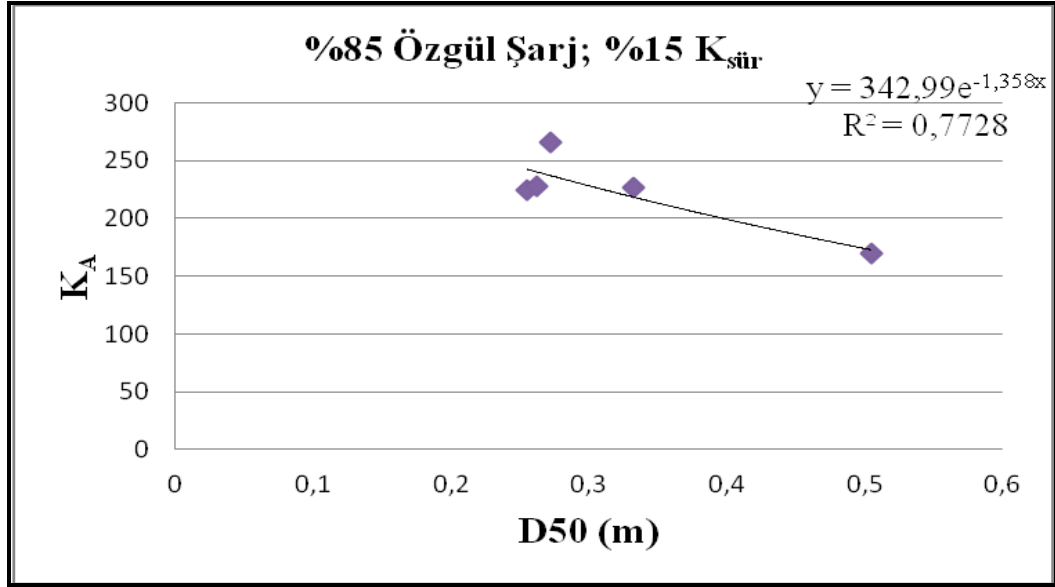
Bu denklemde kullanılan özgül şarj etkisi %95 olarak kabul edilip bu şekilde yapılan hesaplama sonucu aynalara ait  $K_A$  değeri ile D50 değerleri arasında bir grafik elde edilmiştir. Aynı denklem kullanılarak sırası ile özgül şarjın etkisi % 90 ve % 85 olacak şekilde hesaplanmalar yapılarak  $K_A$  değerleri bulunmuştur. Çalışmaların yapılmış olduğu 8. Kademe'ye ait  $K_A$  ile D50 değerleri arasındaki grafikler Şekil 6.93, 6.94 ve 6.95'de verilmiştir.



Şekil 6.93 8.kademe için özgül şarj etkisi % 95'e göre hesaplanan  $K_A$  değeri ile ortalama tane boyutu arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi.



Şekil 6.94 8.kademe için özgül şarj etkisi % 90'a göre hesaplanan  $K_A$  değeri ile ortalama tane boyutu arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi.



Şekil 6.95 8.kademe için özgül şarj etkisi % 80'e göre hesaplanan  $K_A$  değeri ile ortalama tane boyutu arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi.

Patlatma sonrası yığılı temsil eden ortalama tane boyutu ile süreksizliklerin ve özgül şarjın doğrudan etkisi olduğu grafiklerden anlaşılmaktadır. Yukarıda verilen üç grafiği incelediğimizde korelasyon katsayısı en yüksek değer için %95 etkisi alındığı takdirde elde edildiği görülmektedir. Bu durumda literatürle de örtüşen bir sonuç elde edilmektedir. Seçilen korelasyon denklemi üstel olup,  $y$  ye bağlı  $x$  için, özel bir oranda artan ya da azalan ölçüleri karşılayan veri kümeleriyle kullanılmaktadır. Bu durum  $K_A$  ile D50 arasındaki ilişkiye en yakın denklemdir.  $K_A$  arttıkça D50 değeri de üstel olarak artmaktadır.

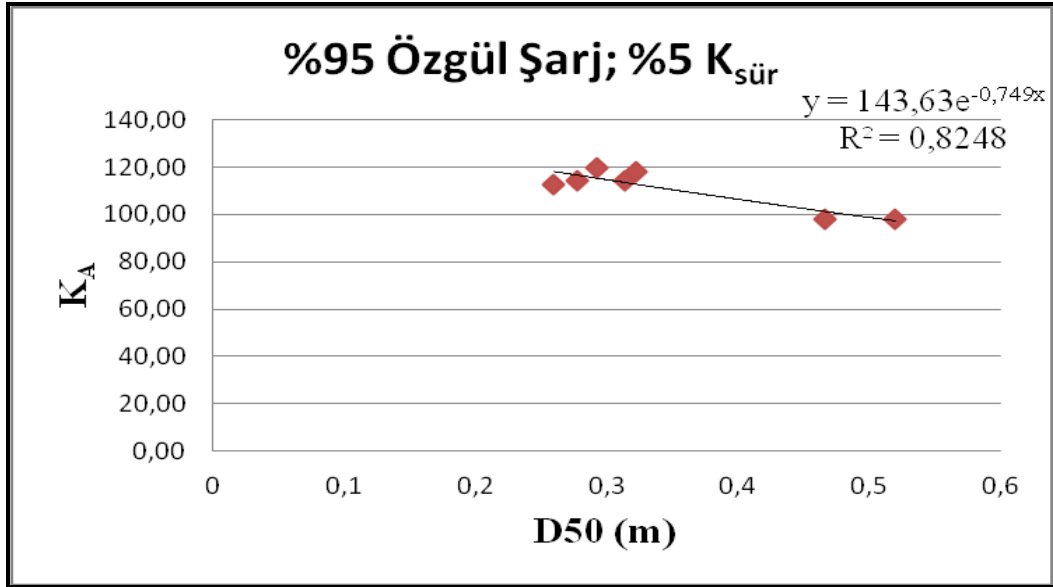
Aynı formülasyon "sol ocak" için de kullanılmıştır. . Toplam 7 ayna için yapılan hesaplama sonucu süreksizliklerin tane boyutuyla olan ilişkilerini gösteren  $K_A$  değerleri elde edilmiş ve ortalama tane boyutuyla bağıntısı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Tablo 6.55'te bu bölgeye ait veriler ve hesaplamalar mevcuttur.

Tablo 6.55 “Sol Ocak” için süreksizliklerin patlatma üzerine etkisinin gösterilmesi

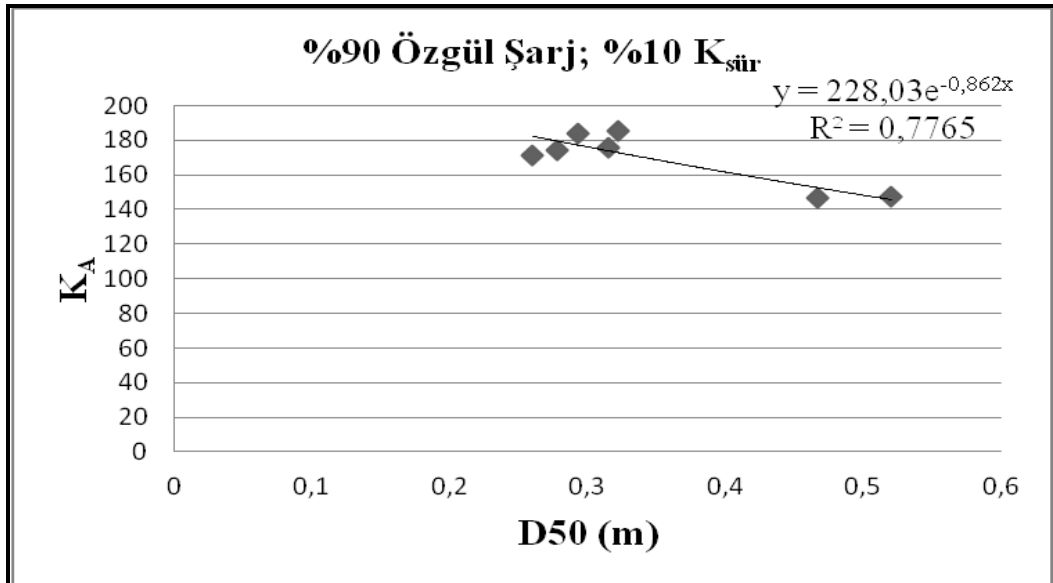
Ayna No	S-A1	S-A2	S-A3	S-A4	S-A5	S-A6	S-A7
<b>Ayna Eğim Yönü</b>	288	294	300	306	320	274	250
<b>Tabaka Eğim Yönü</b>	132	108	140	124	152	84	45
<b>Tabaka Eğimi</b>	32	39	13	45	41	33	49
$F_{a-s}$	156	186	160	182	168	190	205
$S_f$	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
$E_s$	0,50	0,50	0,90	0,40	0,40	0,50	0,40
$(S_f * E_s)_T$	1,00	0,50	0,90	0,40	0,40	0,50	0,80
<b>Çatlak-1 Eğim Yönü</b>	206	201	-----	292	66	273	308
<b>Çatlak-1 Eğim</b>	81	76	-----	71	61	74	64
$F_{a-s}$	82	93	-----	14	254	1	302
$S_f$	6,00	6,00	-----	10,00	5,00	10,00	8,00
$E_s$	1,80	1,30	-----	1,95	1,00	1,95	1,60
$(S_f * E_s)_{C1}$	10,80	7,80	-----	19,50	5,00	19,50	12,80
<b>Çatlak-2 Eğim Yönü</b>	293	299	273	350	347	382	-----
<b>Çatlak-2 Eğim</b>	84	74	81	82	76	79	-----
$F_{a-s}$	355	355	27	316	333	252	-----
$S_f$	10,00	10,00	9,00	8,00	9,00	5,00	-----
$E_s$	2,00	1,95	2,00	2,00	1,95	1,30	-----
$(S_f * E_s)_{C2}$	20,00	19,50	18,00	16,00	17,55	6,50	-----
<b>Özgül Şarj (kg/m<sub>3</sub>)</b>	0,54	0,54	0,55	0,51	0,5	0,53	0,49
<b>Süreksizlik Aralığı (cm)</b>	49,65	35,9	25,06	44,48	41,62	29,33	31,8
$S_a$	2,00	3,00	4,00	2,00	2,50	4,00	3,50
<b>D50 (m)</b>	0,2774	0,2598	0,2922	0,3222	0,4662	0,3143	0,5199
$K_{sür}$	12,60	12,27	13,45	13,97	10,15	12,83	10,30
<b>95% Ağırlıklı Özgül Şarja Bağlı <math>K_A</math></b>	114,3	112,63	119,50	118,28	98,25	114,52	98,05
<b>90% Ağırlıklı Özgül Şarja Bağlı <math>K_A</math></b>	174,6	171,267	184	185,57	146,5	176,03	147,1
<b>85% Ağırlıklı Özgül Şarja Bağlı <math>K_A</math></b>	234,9	229,9	248,5	252,85	194,75	237,55	196,15



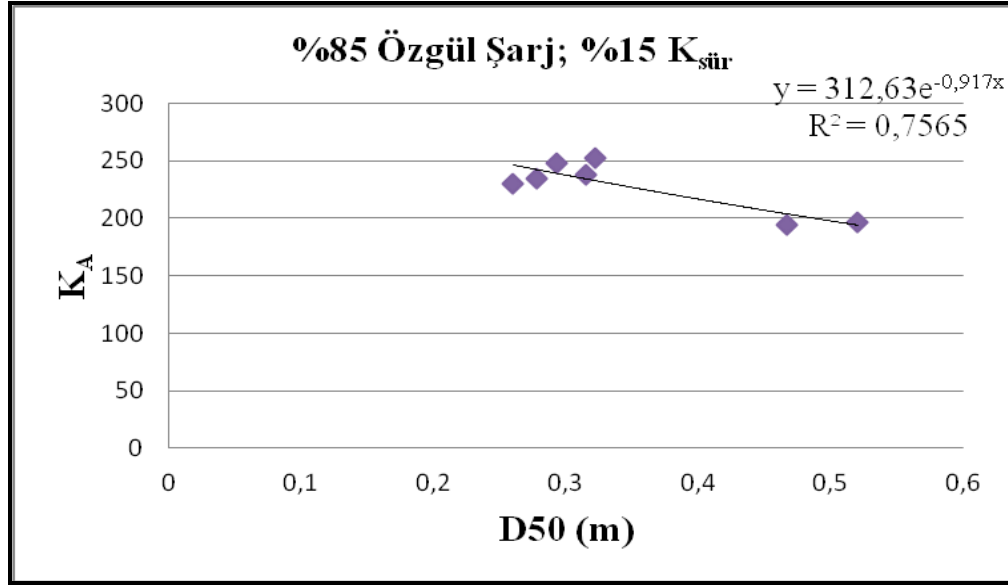
Bu tablodan elde edilen  $K_A$  ile D50 grafikleri “8.kademe”de olduğu gibi farklı özgül şarj etkileri kullanılarak hesaplanmış ve D50 değerleri ile ilişkileri Şekil 6.96, 6.97 ve 6.98’da verilmiştir.



Şekil 6.96 Sol Ocak için özgül şarj etkisi % 95’e göre hesaplanan  $K_A$  değeri ile ortalama tane boyutu arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi.



Şekil 6.97 Sol Ocak için özgül şarj etkisi % 90’a göre hesaplanan  $K_A$  değeri ile ortalama tane boyutu arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi.



Şekil 6.98 Sol Ocak için özgül şarj etkisi % 85'e göre hesaplanan K<sub>A</sub> değeri ile ortalama tane boyutu arasındaki ilişkinin grafiksel gösterimi.

Süreksizliklerin etkisinin belirlenmesine yönelik oluşturulan puanlama sistemi ile özgül şarjın ortalama tane boyutuyla (D50) ilişkisini gösteren sayısal değerlendirme (modelleme), her iki ocak için de kabul edilebilir ve anlamlı ilişkiler ortaya koymaktadır. İki ocakta da yapılan çalışmaların neticesinde elde edilen grafikler K<sub>A</sub> değeri arttıkça D50 değerinin de göreceli olarak azalığı yönündedir. Gerçekleştirilen arazi çalışmaları ve değerlendirilmesi sonucunda süreksizliklerin patlatmaya etkisinin olduğu görülmektedir. Yapılan hesaplamalar neticesinde süreksizlik etkisi %5 alındığında en yüksek korelasyon katsayısını vermiş olup, süreksizliklerin etkisi artırılıp özgül şarjın etkisi düşürüldükçe eğilim çizgisi noktalardan uzağa düşmekte, korelasyon katsayısı azalmaktadır. İki ocakta da yapılan çalışmalar neticesinde özgül şarjın tek başına etkisinin olamayacağı, mutlak surette kayacın jeolojik özelliklerinin hesaba katılması gerektiği görülmektedir. Bu durum süreksizliklerin yönelimleri ile süreksizlik aralığı değerleri patlatma sonrası oluşacak yığın boyut dağılımını etkileyeceği, patlatma aynasının bu özellikler göz önüne alınarak süreksizliklere göre konumlandırılması gerektiğini göstermektedir

## BÖLÜM YEDİ

### SONUÇLAR

İyi bir patlatma tasarımı sonucunda patlatma sonrası oluşan yığın dağılımı daha homojen olacaktır. Böyle bir durumda patlatma sonrası devam eden işlemler optimum düzeye ulaşacaktır. Yükleyicilerin çalışma verimi artacak, patar oluşmayacağı için ikincil kırmaya gerek kalmayacak ve kırıcı verimliliği de artacaktır. Patlatılacak kayacın homojen olduğu düşünülürse, yani kaya kütlelerinin süreksizlik içermediği durumun söz konusu olduğu varsayılırsa yalnızca özgül şarj hesaba katılarak oluşabilecek boyut dağılımı tahmin edilebilir. Ancak pratikte kayacın hiçbir zaman süreksizlik içermemesi gibi bir durum mümkün değildir. Açık ocak madenciliğinde kontrol edilebilir ve kontrol edilemeyen (kayacın fiziksel ve mekanik özellikleri, şevin süreksizlik özellikleri vb.) parametreler fazla olması nedeniyle, literatürde boyut dağılımının tahmini için verilen ampirik yaklaşımlar çoğu zaman yetersiz kalmaktadır.

Açık ocak madenciliğinde patlatma tasarımı yapılmadan önce çalışılacak bölgeye ait jeolojik yapının incelenmesi gerekmektedir. Patlayıcı enerjisinin yayılımını etkileyen hatta bazen enerjinin sönümlenmesine etki eden tabaka düzlemleri, faylar, eklemler vs. gibi süreksizlik yapılarının tespitine yönelik analizler yapılmalıdır. Çalışılan ocağa ait kayaç yapıları arasında bulunan mesafelerin ne kadar olduğu ve kayaç parçalanmasını ne şekilde etkileyebileceği göz önüne alınmalıdır.

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında iki farklı ocakta ölçümler yapılmıştır. İlk önce çalışma sahasının jeolojik yapısı incelenerek, patlatma işlemleri gerçekleştirilen aynalarda süreksizlik yönelimleri ve hat etüdü ölçümleri yapılmıştır. Çalışılan aynalar ocağın farklı yerlerinde seçilmiştir. Böylelikle farklı ayna yönleriyle, farklı süreksizlik yönelimlerinin birbirleriyle olan konumları patlatma sonuçlarına bağlı olarak değerlendirilmiştir. Çalışılan aynalarda patlatma sonucu oluşan yığın boyut dağılımına etki eden bir diğer parametre olan süreksizlik aralıklarının tespitine yönelik hat etütleri yapılmıştır. Toplam 12 hat üzerinde yapılan ölçümlerde süreksizlik aralığı değeri ve sınıflaması bulunmuş, süreksizlik arası dolgu

ya da boşluk varlığı incelenmiştir. Aynı zamanda aynalara ait hâkim süreksizlik yönelimleri tespit edilmiştir.

Hâkim süreksizlik yönlerinin tespiti ile aynanın yönü arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çünkü hâkim süreksizlik yönü patlatma sırasında oluşan enerjinin yayılımını etkilemektedir. Dolayısıyla patlatma verimine etki etmektedir. Yapılan ölçümler neticesinde elde edilen sonuçlara göre, süreksizlik eğim yönü ile ayna eğim yönünün paralel veya paralele yakın olduğu durumun en ideal konum olduğu görülmüştür. Süreksizlik eğim yönü ile ayna eğim yönü paralel olduğunda patlayıcı madde enerjisinden yeterince yararlanılabilmekte ve meydana gelen ortalama tane boyutu küçülmektedir. Bölüm 6'da detaylarıyla verilen puanlama sistemi sonucunda aynalara yönelik yapılan hesaplamalarda da görüldüğü üzere; paralellikten uzaklaştıkça eğimin düşük olması avantaj yaratmaktadır. Yalnız; belirli bir eğim derecesinde; eğim yönü, kavramını kaybetmektedir. Dike yaklaştıkça ayna eğim yönü ile süreksizlik eğim yönünün paralel olması ya da olmaması önemini yitirmeye başlamaktadır ve iki durumda da eğimin yüksek olması ( $<75^0$ ) patlatma verimliliği açısından istenilen bir durumdur. Bu durumu daha net ortaya koyabilmek için, eğim yönlerine bağlı olarak etki gösterecek olan eğim açıları da puanlama sistemine dâhil edilmiş ve patlatma verimliliği açısından avantajlı durumda olanlar yüksek katsayı ile değerlendirmeye alınmıştır.

Hâkim süreksizlik ile ayna eğim yönleri arasındaki fark arttıkça özgül şarjın daha yüksek seçilmesi gerekmektedir. Ayna ile süreksizliğin doğrultuları aynı yönde ve aralarındaki açı farkı az olsa bile, eğer eğim yönleri birbirine zıt ise patlatma sonucu oluşan ortalama tane boyut değeri artacak, yığılım yüksek parça boyutuna doğru olacaktır. Bu durumda özgül şarj değeri yükseltilerek iyi bir parçalanma sağlanıp istenilen parça boyutu elde edilebilir. Ancak; özgül şarjın arttırılması daha fazla patlayıcı madde kullanımı demek olduğundan patlatma işleri için ayrılan maliyet de artacaktır. Bunun yerine basamak oluşturmadan önce süreksizliklerin yönelimleri tespit edilmeli ve basamak aynaları en iyi sonucu verecek şekilde oluşturulmalıdır.

Hâkim süreksizlik ile aynanın eğim yönleri aynı yöne doğru ve doğrultuları arasındaki açı farkı çok düşük iken (yapılan ölçümler neticesinde yaklaşık  $\leq 45^{\circ}$ ) iyi bir parçalanma elde edilmektedir.

Yapılan ölçümler neticesinde kayaç yapılarında bulunan süreksizlikler arasındaki dolgu durumu da incelenmiştir. Aralıkları kapalı ve sıkı olan süreksizliklerde patlatma enerjisi kayba uğramayacağından arazi genelinde bu bölgelerin seçilmesi patlatmanın verimliliği açısından önemlidir. Ayrıca süreksizlik aralığı değerlerinin patlatma verimliliği açısından göz ardı edilemeyeceği yapılan arazi çalışmaları neticesinde ortaya konulmuştur. Literatürde sunulan sınıflama sistemleri genel jeolojik bilgi açısından yeterli durumdayken, patlatma tasarımı yapabilmek için yeterli değildir. Bölüm 6.4'te bahsedilen bu durumu gidermek için bir puanlama sistemi geliştirilerek süreksizliklerin parça boyut dağılımına yönelik etkisi daha hassas olarak belirlenmiştir. Süreksizlik aralığı parametresini tek başına patlatma için etken olarak düşünürsek; süreksizlik aralığı arttıkça patlatma sonrası oluşacak tane boyutları da artacaktır. Teorik olarak doğru olan bu düşünce, pratikte tam olarak geçerli değildir. Bu parametrenin etkisini düşünürken, kullanılan patlayıcı miktarı ve süreksizlik yönelimlerini de hesaba katmak gerekmektedir.

Patlatma sonrası elde edilen ortalama tane boyut dağılımı, yükleme açısından ve kırıcılara beslenen malzemenin belirli boyutlarda olması istendiğinden büyük önem arz etmektedir. Tez kapsamında yapılan patlatma öncesi ve patlatma sonrası ölçümler neticesinde, elde edilen süreksizlik yönelimleri, süreksizlik aralığı, özgül şarj ve ortalama tane boyutu (D50) arasında bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Toplam 12 aynada gerçekleştirilen patlatma işlemlerinin verimliliğini analiz etmek için literatürdeki teorik yaklaşımlarda kullanılan katsayı değerlerini göz önüne alarak daha kapsamlı bir süreksizlik puanlama sistemi geliştirilmiş, bu sistemin Wipfrag programı yardımıyla hesaplanan D50 değerleri arasındaki ilişki durumu irdelenmiştir. Sol ocakta ve 8.kademe olarak adlandırılmış olan kireçtaşı ocaklarında kullanılan özgül şarj ve süreksizlik katsayı değerleri ile D50 arasındaki ilişkide kurulan sayısal çözümleme neticesinde sırasıyla %87 ve %83 korelasyona

ulaşmıştır. Böylelikle süreksizliklerin patlatma verimine etkisi olduğu ortaya konulmuştur.

Arazini jeolojik yapısı, içerdiği süreksizlik tipleri, yönelimleri, süreksizlik aralığı gibi yapısal parametreler patlatma sonucunda oluşan tane boyut dağılımını olumlu ya da olumsuz olarak etkilemektedir. Bu nedenle iyi bir parça boyut dağılımının sağlanması için patlatma yapılacak olan ocaklarda süreksizliklere yönelik tespit ve değerlendirmelerin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekir. Tez kapsamında geliştirilen sayısal çözümlene tekniği farklı kireçtaşlarında da kullanılabilir olup; yapılmış olan çalışmanın neticesinde, gerçekleştirilecek olan patlatma tasarımlarından önce süreksizliklerin etkisinin de göz önüne alınması gerektiği anlaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Ak, H. (2006). *Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntularının Yönel Değişiminin Araştırılması*. Doktora Tezi. Eskişehir: Osmangazi Üniv. F.B.E. Maden müh. Bölümü
- Akyol, E. (2002). *Kaya Mekaniği-I Ders Notları*. Denizli: Pamukkale Üniversitesi Müh. Fak.
- Aldaş, G. U. (1999). *Kaya Formasyonunun Patlatma Üzerine Etkileri*. Barutsan Dergisi (1), 30-32.
- Arıoğlu, E. (1990). *Açık İşletmelerde Patlatma tasarımında 'Dilim Kalınlığının Belirlenmesine İşletme ve Jeomekanik Büyüklükleri Gözeten yarı Analitik Bir Yaklaşım*. 2. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, 5-7 Kasım, Ankara. 55-81.
- Ash, R.L. (1973). *The Influence of Geological Discontinuities on Rock Blasting*. Minneapolis: Ph.D. Dissertation, University of Minnesota.
- Atlas Powder Company, (1987). *Explosives and Rock Blasting*. Dallas, Texas, USA: Filed Technical Operations, Subsidiary of the Tyler Corporation
- Bhandari, S. (1997). *Engineering Rock Blasting Operations*. Rotterdam: A.A. Balkema Publishers, Brookfield, ISBN: 90 5410 658 1.
- Bieniawski, Z.T. (1973). *Engineering Classification of Jointed Rock Masses*, The Civil Engineer in South Africa, 335-343.
- Bieniawski, Z.T. (1989). *Engineering Rock Mass Classification*. New York: Mc Graw Hill.

- Bilgin, H.A. (1986). *Açık işletmelerde patlatma sorunları ve tasarımı*. Ankara: Tki Genel Müdürlüğü Yayını. ODTÜ Maden Müh. Böl. Seminerleri, 2.
- Bilgin, H.A., Paşamehmetoğlu, A.G., Özkahraman, H.T. (1993). *Optimum Burden Determination and Fragmentation Evaluation By Full Scale Slab Blasting*. Proc. 4th Int. Symp. On Rock Fragmentation By Blasting. Vienna. Austria
- Broadbent, C. D. (1974) *Predictable Blasting with In Situ Seismic Surveys*. *Mining Engineering*. SME New York, U.S.A. 37-41.
- Crosta, G. (1997). *Evaluating Rock Mass Geometry From Photographic Images*. *Rock Mechanics and Rock Engineering* ISSN 0723-2632. 30 (1).35-58.
- Cunningham, C .V. B., (1983) *The Kuz-Ram Model for Prediction of Fragmentation From Blasting*. In *Proc. 1st Int. Symp on Rock Fragmentation by Blasting*, Lulea, Sweden, 439- 453.
- Cunningham, C. V. B. (1987). *Fragmentation estimations and the Kuz-Ram model – Four Years on*. *Int. Proc. 2nd Int. Symp. on Rock Fragmentation by Blasting*, Lulea, Sweden, 475-487.
- Da Gama, D. (1983). *Use of Communtion Theory to Predict Fragmentation of Jointed Rock Masses Subjected to Blasting* Proceedings, First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Lulea, Sweden, 565-579.
- Deere, D.U. and Miller, R.P. (1966). *Engineering Classification and Index Properties for Intact Rock*. Tech. Rept. New Mexico: Air Force Weapons Ltd. Kirtland Air Force Base, AFWL-TR-65-116.
- Dirik, K. (2006). “*Yapısal Jeoloji Ders Notları*”. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Müh. Fak.



- Dick, R.A. ve Ark. (1983). *Explosives and Blasting Procedures Manuel*. USBM, Department of the Interior, Bureau of Mines, Minneapolis, U.S.A.
- Efremov, E. I. ve Ark. (1980). *Influence on the Structure of a Medium on Fragment-Size Composition in Blasting*. Rock Breaking. Institute of Geotechnical Mechanics, Academy of Science of Ukrainian SSR.
- Erguvanlı, K. (1995). *Mühendislik Jeolojisi* (4. Baskı). İstanbul: Seç Yayın Dağıtım.
- Erkoç, Ö.Y. (1990). *Kaya Patlatma Tekniği*, İstanbul, Çeliker Matbaası.
- Fourney, L. W., Barker, B. D., ve Holloway, C. D., (1983). *Fragmentation in Jointed Rock Material*. Proceedings, First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Lulea, Sweden, 505-531.
- Golder Hoek and Associates. (1979). *Instriction Manual: Geotechnical Data Collection*. UNDP Training Project, Contract No: Con. 97/78.
- Özkahraman, H. T. (1994). *Critical Evaluation of Blast Design Parameters for Discontinuous Rocks by Blasting*. Doktora Tezi, ODTÜ, Ankara:
- Gupta, R.N. and Adhikari, G.R., (1989). *Influence of Discontinuity Structure on Rock Fragmentation by Blasting*. Geotechnical and Geological Engineering, DOI:10.1007/BF00880945, 7 (3), 239-248,
- Gustafsson, R. (1973). *Swedish Blasting Technique*. Plublished by SPI., Gothenberg, Sweden.
- Hafsaoui, A. and Talhi, K. (2009). *Influence of Joint Direction and Position of Explosive Charge on Fragmentation*. The Arabian Journal for Science and Engineering, 34 (2A).

- Hagan, T.N. and Harries, G. (1977). *The Effects of Blast Geometry And Initiation Sequence on Blasting Results*. in Australian Mineral Foundation's "Drilling and Blasting Technology" Course, Adelaide,
- Harries, G. (1983). *A Mathematical Model of Cratering and Blasting*, Proceeding National Symposium on Rock Fragmentation, Adelaide, 41-54.
- Hatcher, J. R. ve Robert, D. (1995). *Structural Geology*. (Second Edition). New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 07632.
- Hempfill, G.B. (1981). *Blasting Operations*. New York: Mc. Graw-Hill.
- Hoek, E. ve Brown, E. T. (1980). *Underground Excavations in Rock*, *Institution of Mining and Metallurgy* içinde (527). London: Stephen Austin and Sons.
- Hoek, E. and Bray, J.W. (1991). *Rock Slope Engineering*. New York: Elsevier Science Publishing.
- Hopler, R. B. (1998). *Blaster's Handbook*. International Society of Explosives Engineers (17th ed.), Cleveland, Ohio, USA: ISBN: 1-892396-00-9
- Hudson, J. A. (1989). *Rock Mechanics Principles in Rock Engineering Practice*. England: Butterworth-Heinemann Ltd.
- Hustrulid, W. (1999). *Blasting Principles for Open Pit Mining*, A.A. Balkema, 112.
- I.S.R.M. (1978) *Suggested Method For The Quantitative Description Of Discontinuities In Rock Masses* içinde (319-368), Commission on Standardization of Laboratory and Field Test. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr., 15
- I.S.R.M. (1981). *Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring*. London: E.T. Brown (ed), Pergamon Pres.

- Kahriman, A. (1999). *Açık Ocak Ekipman Seçimi Eğitim Semineri*. Yurt Madencilik Geliştirme Vakfı, İstanbul.
- Karaman, M.E. ve Kibici, Y. (1999). *Temel Jeoloji Prensipleri*. Ankara: ISBN 975-94970-1-8.
- Karakuş, D. (2006). *Görüntü Analiz Yöntemleri İle Kayaçların Yapısal Özelliklerinin Tanımlanması*. Doktora Tezi. İzmir: D.E.Ü Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü.
- Karakuş, D., Konak, G., Onur H.A. (2010). *Basamak Patlatması Sonucu Oluşan Yığın Boyut Dağılımının Ampirik Modeller ile Tahmini ve görüntü Analizi Yöntemleri ile Karşılaştırılması*. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Dergisi. Ankara, (49/1).
- Karaman, E. (2001). *Yapısal Jeoloji ve Uygulamaları*. (İkinci baskı). Ankara: Devran Matbaası.
- Kim, K. (2006). *Blasting Design Using Fracture Toughness and Image Analysis of the Bench Face and Muckpile*. Master Thesis. Virginia.
- Kızıl, M.S. ve Köse, H. (1995). *Açık İşletmelerde Şev Stabilitesi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 254.
- Konya, J.A. and Walter, E.J (1990). *Surface Blast Design*. New Jersey: Printed by Prenticehall
- Kou, S. Q. and Rustan, A. (1992). *Burden Related to Blasthole Diameter in Rock Blasting*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. 29 (6), 543-553.
- Kösa, A. B. (2006). *Kayaç Delme Tekniğine Yönelik Kayaç Bilgileri*. 5 Mart 2010, <http://www.ismakinalari.org.tr/tr/article.asp?id=89>

- Köse H. ve Kahraman, B. (1999). *Kaya Mekaniği*. (Genişletilmiş 3. Baskı). İzmir; DEÜ Fakültesi Yayınları, 177.
- Köse, H., Yalçın, E., Şimşir, F., Onargan, T., Konak, G., ve Kızıl, S., (2001). *Açık İşletme Tekniği*. İzmir: D.E.Ü. Müh. Fak. Yayınları, 256.
- Kutter H.K. and Fairhurst, C. (1971). *On the Fracture Process in Blasting*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., B, 181-202, Great Britain: Pergaman Pres.
- Kuznetsov, V. M. (1973) *The Mean Diameter of The Fragments Formed by Blasting Rock*. Soviet Minin Science, 9 (2), 144-148.
- Lande G. (1983). *Influence of Structural Geology on Controlled Blasting in Sedimentary Rocks: Case History*. Proc. Int. Symp. On Rock Fragmentation By Blasting. Lulea. Sweden.
- Langefors, V. and Kihlstrom, B. (1973). *Rock Blasting*. New York: John Wiley and Sons.
- Langefors, V. and Kihlstrom, B. (1978). *The Modern Technique of Rock Blasting*. Halsted Press, A Division of Wiley.
- Lemy, F. ve Hadjigeorgiou, J. (2003). *Discontinuity Trace Map Construction Usingphotographs of Rock Exposures*. International Journal of Rock Mechanics &Mining Sciences, 903–917.
- Lilly, P. A. (1986) *An Empirical Method of Assessing Rock Mass Blastability*. In ProcLarge Open Pit Mining Conference, 89-92.
- Lownds, C. M., ve Seligmann, C. P., (1976). *Primary Fracture from an Array of Shotholes*. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, 76, 307 –310.

Maerz, N. (1990). *Photoanalysis of Rock Fabric*. Ph.D. Thesis Canada: University of Waterloo, Canada.

*Mining and Blasting, Four Basic Surface Firing Patterns*. (b. t.), 20 Ağustos 2009, <http://miningandblasting.wordpress.com/>

Mortazavi, A. Katsabanis. P. D. (2000). *Modelling the Effects of Discontinuity Orientation, Continuity, and Dip on the Process of burden Brekage in Bench Blasting*. *Fragblast: International Journal of Blasting and Fragmentation*: 175-197.

Obert, L. ve Duvall, W. I. (1950). *Generation and Agitation of Strain Waves in Rock Part I*. USBM,RI 4583.

Olofsson, S.O. (2002). *Applied Explosives Technology For Construction And Mining (Second Edition)*. Sweden: Applex ISBN 10- 9197011126.

Öz, K. (1998). *Mersin Bölgesinde bir Kireçtaşı Ocağında Süreksizlik Tanımlamaları ve Mühendislik Uygulamaları*. Mersin: M.E.Ü. F.B.E. Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Özdemir, K. (2004). *Dijital Görüntü İşleme Tekniği ile Patlatma Verimlilik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, F.B.E Maden Müh. Ana Bilim Dalı, İstanbul.

Özer, Ü. (1995). *Delme-Patlatma İşlerinde Kayaçların mukavemeti ve Hekimhan - Deveci Demir Madenindeki Uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Özkahraman, H. T. (1994) *Critical Evaluation of Blast Design Parameters for Discontinuous Rocks by Blasting*. Doktora Tezi, ODTÜ, Ankara:

- Özkahraman, H. T. ve BİLGİN H.A. (1996) *Hâkim Süreksizlik Yönünün Patlatmaya Etkisi: Yerinde İnceleme*. 2. Delme ve Patlatma Sempozyumu. Ankara, 151-157.
- Pincus, H.J. (1953). *The Analysis of Aggregates of Orientation Data in The Earth Sciences*. J. Geo., 61, 482-509.
- Piteau, D.R. (1973). *Charecterizing and Extrapolating Rock Properties in engineering Practise*, Rock Mechanics (Springer-Verlag). Suppl, 2.
- Reid, T. R., ve Harrison, J. P. (2000). *A Semi-Automated Methodology for Discontinuity Trace Detection in Digital Images of Rock Mass Exposures*. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 37, 1073-1089.
- Rosin, P. ve Rammler, E. (1933) *The Laws Governing The Fineness Of Powdered Coal* J Inst Fuel, (7), 29-36.
- Singht, D.P. and Sarma K.S. (1983). *Influence of Joints on Rock Blasting: A Model Scale Study*, Proc. 1st Int. Symp. On Rock Fragmentation By Blasting, Lulea, Sweden.
- Singht, D.P. and Sastry V.R. (1987). *Role of Weakness Planes in Bench Blasting – A Critical Study*. Proc. 2nd int. Symp. On rock fragmentation by blasting. Keystone. Colorado.
- Singht, S.P.(2005). *Blast Damage Control Jointed in Rock Mass*. Canada. Fragblast, 9 (3).
- Şeran, O. ve Akay, T., (1999). *Açık Ocaklarda Delme Patlatma Tasarımı ve Türkiye Kömür İşletmeleri Çan Linyitleri İşletmesinin Delme Patlatma Etüdü*. Bitirme Projesi, İ.Ü. Mühendislik fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Tamrock, (1984). *Handbook on Surface Drilling and Blasting*. PainoFactirit Filland.

Tsoutrelis, C.E., Exadactylos, G.E., Kapenis, A.P. (1990). *Study of The Rock Mass Discontinuity System Using Photoanalysis*, Mechanics of jointed and faulted rock, Rotterdam; Balkema, 103-112.

Ulusay, R., (1994). *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler*. Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, ISBN975-395-107-8.

Ulusay, R., Sönmez, H., (2002). *Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri*. Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 60.

Yıldız, R., ve Köse, H., (2003). *Açık İşletmelerde Delik Delme Metodları ve Delici Makineler*. Kütahya: Kümaş A.Ş.

Yang, Z.G. & Rustan, A. (1983). *The influence from primary structure on fragmentation*. 1<sup>st</sup> Int. Synip. on Rock Fragmentation by Blasting. Sweden: 58.

Zagreba, V., (2003). *Fragm: A Blasting Fragmentation Model of Rocks*. Master of Science in Mining Engineering. West Virginia University.