

# MADEN MÜHENDİSLİĞİ

## AÇIK OCAK İŞLETMECİLİĞİ

### EL KİTABI



#### Editörler

Prof. Dr. Şinasi ESKİKAYA Prof. Dr. Celal KARPUZ

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali HİNDİSTAN Maden Yük. Müh. Nejat TAMZOK



TMMOB  
Maden Mühendisleri Odası

**MADEN MÜHENDİSLİĞİ**  
**AÇIK OCAK İŞLETMECİLİĞİ**  
**EL KİTABI**

*Ülkemiz madenciliğine gönül verenlere  
yararlı olması dileklerimizle...*

***Editörler***

# **MADEN MÜHENDİSLİĞİ AÇIK OCAK İŞLETMECİLİĞİ EL KİTABI**

## **Editörler**

Prof. Dr. Şinasi ESKİKAYA    Prof. Dr. Celal KARPUZ  
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali HİNDİSTAN    Maden Yük. Müh. Nejat TAMZOK



**TMMOB**  
**Maden Mühendisleri Odası**

**Kasım 2005**  
**ANKARA**



**MADEN MÜHENDİSLİĞİ  
AÇIK OCAK İŞLETMECİLİĞİ  
EL KİTABI**

**Editörler**

Prof. Dr. Şinasi ESKİKAYA  
Prof. Dr. Celal KARPUZ  
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali HİNDİSTAN  
Maden Yük. Müh. Nejat TAMZOK

**ISBN: 975-395-980-x**

**Mizanpaj-Kapak:** Banu BULACAK  
**Baskı:** Kozan Ofset

© **Tüm hakları saklıdır.**

TMMOB Maden Mühendisleri Odası'nın yazılı izni olmaksızın  
bu kitap ya da kitabın bir kısmı herhangi bir biçimde çoğaltılamaz ve yayımlanamaz.

**ADRES**

**TMMOB Maden Mühendisleri Odası**  
Selanik Cad. No: 19/3 06650 Kızılay/ANKARA  
Tel : 90 (312) 425 10 80 - 418 36 57 Fax: 90 (312) 417 52 90  
Web : www.maden.org.tr  
E-mail : maden@maden.org.tr

## ***Sunuş***

Bilim ve teknoloji, tarih boyunca dünyadaki değişim, ilerleme ve gelişmenin temel dinamiğini oluşturmuştur. Bilim ve teknoloji alanında güçlü ülkeler, sanayileşme ve giderek zenginleşme yarışında diğer ülkelere göre önemli bir üstünlük sağlamışlardır. Bilimsel bilgi ve buna dayalı teknoloji ve yenilik geliştirebilme kapasitesi, bugün olduğu gibi gelecekte de ülkelerin kaderlerini belirlemeyi sürdürecektir.

İçinde bulunduğumuz yüzyılda bilim ve teknolojinin gelişim hızı baş döndürücüdür. Bilimsel bilgi ve teknolojik gelişmelerin çok kısa bir süre için izlenmemesi durumu bile, mühendisin bilgi birikiminde önemli eksikliklere yol açmaktadır. Bununla beraber, ülkelerin gelişmişlik yarışında öne geçebilmeleri, çok büyük oranda bilimin ve teknolojinin geliştirilmesine ve ülkelerin bilgi ve üretim teknolojileri yaratma yeteneklerine bağlıdır. Bu bakımdan, bilimsel bilgiyi teknoloji ve yeniliğe, yani bilgiyi pazarlanabilir bir ürün veya hizmete, yeni veya geliştirilmiş bir üretim süreci veya dağıtım yöntemine dönüştürmenin en temel aktörleri olan mühendislerin yetkinlik düzeyleri, ülkeler için yaşamsal önem taşımak durumundadır.

Bununla beraber, ülkemizde mühendis eğitime ilişkin önemli sorunlar bulunmaktadır. Lisans düzeyinde arzu edilen kalitenin yakalanamamış olmasının yanı sıra, mühendislere yönelik üniversite sonrası meslek içi eğitim çalışmaları da ihmal edilmektedir. Maden mühendisinin gerek üniversite gerekse üniversite sonrası eğitime yönelik önemli bir açığın mevcut olduğu söylenmelidir.

Maden Mühendisleri Odası, bu açığı, gerek yayınladığı bilimsel dergiler, gerekse düzenlediği kongre, sempozyum ve seminerler yoluyla kapatmaya çalışmakta, bu alanda önemli katkılarda bulunmaktadır. Son yıllarda, doğrudan seminerler aracılığıyla da mühendisin eğitime hız veren Odamız, sektörün yararlanması amacıyla madencilığe ilişkin çeşitli konularda kitap yayınlarını da sürdürmektedir.

Çok uzun süreden beri çalışmaları devam eden "Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği El Kitabı", madencilik sektöründeki bilgi gereksinimini karşılamaya yönelik hazırlanmış olup, maden mühendisinin başucu kitabı olarak önemli bir işlev görecektir.

Kitapta; madencilik politikası, maden hukuku, arama ve üretim yöntemleri, sondaj, patlatma, coğrafi bilgi sistemleri, şev stabilite analizleri, su atımı ve drenaj, nakliyat, doğal taş (mermer) işletmeciliği, çevre mevzuatı ve arazinin yeniden düzenlenmesi gibi son derece geniş bir konu yelpazesi ayrıntılı olarak ele alınmış, çeşitli açık ocak işletmeciliği örneklerine yer verilmiştir. Toplam 22 bilim adamı ve araştırmacı kitabın oluşturulmasına katkıda bulunmuşlardır.

"Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği El Kitabı"nın ülkemiz madencilik sektörünün gelişmesine yönelik önemli bir katkı yapacağına olan inancımızla, kitaba emeği geçen herkese teşekkürlerimizi sunarız.

Saygılarımızla.

***TMMOB  
Maden Mühendisleri Odası  
Yönetim Kurulu***



## **Önsöz**

Sektörde eksikliği her zaman duyulan "Maden Mühendisliği El Kitabı"nın hazırlık çalışmalarına uzun yıllar önce Maden Mühendisleri Odası tarafından başlanılmış, ancak çeşitli nedenlerle kitabın basılıp maden mühendislerinin kullanımına sunulması bugüne kadar mümkün olamamıştır.

Odamız tarafından yapılan son değerlendirmede, toplanabilen yazılarla ve önceki çalışmalarda saptanan içeriği ile "Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği El Kitabı" başlıklı kitabın 2005 yılı içerisinde yayınlanması kararlaştırılmıştır. Söz konusu kararı takiben oluşturulan Editörler Grubumuz tarafından, kitabın sıfırdan alınarak içerik belirlenmesinin ve yeni ek bölümler istenilmesinin bazı sakıncaları olabileceği düşünülmüştür. Kitabın en başından yeniden ele alınması ile, hem daha önce emek ve destek vermiş olan yazarlara haksızlık yapılmış olacağı, hem de uzun bir zaman diliminin gerekeceği değerlendirilmiştir. Söz konusu gerekçelerle ve meslektaşlarımızın beklentilerinin biran önce karşılanması amacıyla da gözeterek, yazılarını daha önce iletmemiş olan yazarlara elde mevcut elektronik çıktılar gönderilmiş ve son düzeltmelerini tamamlamaları istenmiştir. Bazı bölümler ise, yazarlarına tamamen yeniden yazdırılmıştır. Bu süreçte; bilgisayar uygulamaları, optimizasyon çalışmaları, ekonomik analiz, madencilikte risk tayini ve yönetimi gibi bazı önemli konulara el kitabında yer verilememiştir. Ancak, kitabın sonraki basımlarında söz konusu eksikliklerin, meslektaşlarımızdan gelebilecek eleştiriler de dikkate alınarak tamamlanması ve belki de iki cilt halinde yayınlanması yararlı olacaktır.

"Türkçe bir el kitabı basılabilir mi?" veya "Böyle bir kitap gerekli midir?" türünden tartışmalar çok yapılmıştır. Bugün de yapılabilir. Her türlü argümanın, kendine göre haklı yanları da vardır. Bu kitabın basılmasındaki temel amaçlardan birisi de, öğrencilerimize ve uygulamadaki meslektaşlarımıza açık ocak işletmeciliğinde her an ellerinin altında olabilecek bir kaynak kitabı sağlamaktır. Herhangi bir el kitabı ile, uygulayıcıların tüm sorunlarının çözümü mümkün değildir. Ancak, bazı sorunlara çözüm bulunurken, bazı konularda da kaynak gösterilerek okuyucuların yönlendirilmesi amaçlanmıştır.

El kitabı 13 bölüm olarak planlanmış olup, kitapta yer alan bölümlerin yazılmasına, üniversite ve endüstriden toplam 22 meslektaşımız katkı vermiştir. El kitabının, madencilik sektörümüz ve maden mühendislerimiz için yararlı olmasını umuyor, kitabı sektörümüze kazandıran Maden Mühendisleri Odası ve katkı veren bütün arkadaşlarımıza çok teşekkür ediyoruz.

Saygılarımızla.

**Prof. Dr. Celal Karpuz**

## YAZARLAR

Maden Yük. Müh. Yusuf Ziya AKGK  
Dr. Ertan AKN  
Maden Müh. Atilla AKYILDIZ  
Doç. Dr. Hasan Aydın BLGN  
Makina Yük. Müh. Kadir ELK  
Maden Yük. Müh. Çağatay DÖKMEN  
Dr. Tarık DOĞRU  
Doç. Dr. H. Şebnem DÜZGÜN  
Maden Yük. Müh. İrfan Celal ENGN  
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali HNDSTAN  
Prof. Dr. Celal KARPUZ  
Maden Müh. Yalçın KILIÇKAPLAN  
Prof. Dr. Halil KÖSE  
Prof. Dr. Seyfi KULAKSIZ  
Yrd. Doç. Dr. Yılmaz ZELK  
Prof. Dr. Abdurrahim ZGENOLU  
Makina Müh. Uur ÖZKARA  
Prof. Dr. Senai SALTOLU  
Doç. Dr. Ferhan ŐMŐR  
Maden Yük. Müh. Nejat TAMZOK  
Prof. Dr. A. Erhan TERCAN  
Prof. Dr. Tuncel YEGÜLALP

## İÇİNDEKİLER

Sunuş	.....v
Önsöz	.....vii
Yazarlar	.....viii
Bölüm 1	Madencilik Politikası ve Maden Hukuku.....1 <i>Maden Yük. Müh. Nejat TAMZOK</i>
Bölüm 2	Maden Yataklarındaki Aramalar ve Araştırmalar.....57 <i>Prof. Dr. Senai SALTOĞLU</i> Jeoistatistiksel Rezerv Hesabı.....89 <i>Prof. Dr. A. Erhan TERCAN</i>
Bölüm 3	Açık İşletmelerde Üretim Yöntemleri .....113 <i>Prof. Dr. Celal KARPUZ</i> <i>Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali HİNDİSTAN</i>
Bölüm 4	Sondaj.....209 <i>Prof. Dr. Celal KARPUZ</i> <i>Dr. Ertan AKÜN</i>
Bölüm 5	Açık Ocak ve Taşocaklarında Patlatma.....231 <i>Doç. Dr. Hasan Aydın BİLGİN</i>
Bölüm 6	Madencilikte Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Yardımcı Teknolojiler .....315 <i>Doç. Dr. H. Şebnem DÜZGÜN</i>
Bölüm 7	Açık İşletmelerde Şev Stabilitesi Analizi .....337 <i>Prof. Dr. Abdürrahim ÖZGENOĞLU</i>
Bölüm 8	Açık İşletmelerde Su Atımı ve Tulumbalar.....387 <i>Makina Yük. Müh. Uğur ÖZKARA</i> <i>Makina Yük. Müh. Kadir ÇELİK</i>
Bölüm 9	Açık İşletmelerde Nakliyat.....429 9.1 Açık Ocak Taşıma Yolu Tasarımı.....431 <i>Prof. Dr. Celal KARPUZ</i> 9.2 Kamyon Taşımacılığı .....453 <i>Prof. Dr. Senai SALTOĞLU</i> 9.3 Katıların Hidrolik Nakli .....465 <i>Dr. Tarık DOĞRU</i> 9.4 Bant Taşımacılığı.....473 <i>Prof. Dr. Tuncel YEGÜLALP</i>
Bölüm 10	Doğal Taş (Mermer) Maden İşletmeciliği .....517 <i>Prof. Dr. Seyfi KULAKSIZ</i> <i>Yrd. Doç. Dr. Yılmaz ÖZÇELİK</i> <i>Maden Yük. Müh. İrfan Celal ENGİN</i>



Bölüm 11	Açık İşletme Uygulamasına Örnekler .....	613
11.1	Karadeniz Bakır İşletmeleri A.Ş.-Bakır Pazarı Üretim Faaliyetleri .....	617
	<i>Maden Yük. Müh. Yusuf Ziya AKGÖK</i>	
11.2	Bulamaç Tipi Patlayıcıların Madencilikte Kullanımı-KBİ Örneği .....	633
	<i>Maden Yük. Müh. Yalçın KILIÇKAPLAN</i>	
11.3	Boru Hattı Taşımacılığına Ülkemizden Bir Örnek: Karadeniz Bakır İşletmeleri Murgul Tesislerindeki Murgul-Hopa Bakır ve Pirit Konsantre Taşımacılığı.....	639
	<i>Maden Müh. Atilla AKYILDIZ</i>	
11.4	Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü 2004 Yılı Faaliyet Raporu .....	655
Bölüm 12	Açık Maden İşletmelerinde Rekültivasyon ve Rekreasyon .....	679
	<i>Doç. Dr. Ferhan ŞİMŞİR</i>	
	<i>Prof. Dr. Halil KÖSE</i>	
Bölüm 13	Madencilik ve Çevre .....	725
	<i>Maden Yük. Müh. Çağatay DİKMEN</i>	
Konu Dizini.....		743

# Bölüm 1

## Madencilik Politikası ve Maden Hukuku

Maden Yük. Müh. Nejat TAMZOK

### İÇİNDEKİLER

1.1. Giriş	3
1.2. MADENCİLİĞİN TANIMI VE MADENCİLİK SÜREÇLERİ	4
1.3. MADENCİLİK SEKTÖRÜNÜ DİĞER SEKTÖRLERDEN FARKLI KILAN ÖZELLİKLER	5
1.4. MADENCİLİK SEKTÖRÜNÜN AYRI BİR YASA İLE DÜZENLENMESİ GEREĞİNİN NEDENLERİ	5
1.5. MADENCİLİK POLİTİKALARINA YAKLAŞIMLAR VE POLİTİKA KANUN İLİŞKİSİ	6
1.6. MADEN KANUNU TANIMI, KAPSAMI VE TEMEL KAVRAMLARI	11
1.6.1. Madencilik Süreçleri ve Mineral Kaynakları Bakımından Maden Kanununun Kapsamı	12
1.6.2. Madenlerin Mülkiyeti	13
1.6.3. Devletin Konumu	13
1.6.4. Maden Haklarının Verilmesi	14
1.6.5. Arama ve İşletme Dönemlerinde Maden Hakları	14
1.6.5.1. Arama döneminde maden hakları	14
1.6.5.2. İşletme döneminde maden hakları	15
1.6.6. Maden Haklarını Ellerinde Bulunduranların Yükümlülükleri	16
1.6.7. Yabancı Sermaye	16
1.6.8. Vergiler, Devlet Hakkı ve Diğer Mali Yükümlülükler	16
1.6.9. İhracat ve İthalat	16
1.6.10. Çevresel ve Toplumsal Etkiler, İş Sağlığı ve İş Güvenliği	17
1.6.11. Kaynak Koruma	17
1.7. ÇEŞİTLİ ÜLKELERİN MADEN KANUNLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ	17
1.8. TARİHSEL SÜREÇTE ÜLKEMİZ MADENCİLİK POLİTİKALARI İLE MADEN MEVZUATI VE GÜNÜMÜZ MADEN KANUNU'NUN GENEL ÖZELLİKLERİ	19
1.8.1. Osmanlı'dan Günümüze Madencilik Politikaları ve Yasal Düzenlemeler	19
1.8.2. Ülkemiz Maden Kanunu'nun Genel Özellikleri	23
1.8.2.1. Madenlerin mülkiyeti	23
1.8.2.2. Maden tanımı ve kapsamındaki madenler	23
1.8.2.3. Maden ruhsatı ve/veya sertifikasının alınması	23

1.8.2.4. Maden haklarını kimler alabilir? .....	25
1.8.2.5. Maden hakkı müracaatının yapılması .....	25
1.8.2.6. Arama faaliyetleri .....	26
1.8.2.7. İşletme faaliyet ve izinleri .....	26
1.8.2.8. Ruhsat iptal, teminat iradı ve faaliyetin durdurulması .....	28
1.8.2.8.1. Teminatların irad kaydedildiği durumlar .....	29
1.8.2.8.2. Faaliyetin durdurulduğu durumlar .....	29
1.8.2.8.3. Faaliyetin durdurulduğu ve teminatın irad kaydedildiği durumlar .....	30
1.8.2.8.4. Ruhsatın iptal edildiği durumlar .....	30
1.8.2.8.5. Ruhsatın iptal edildiği ve teminatın irat kaydedildiği durumlar .....	31
1.8.2.8.6. Ruhsatın iptal edilerek teminatın irat kaydedildiği ve faaliyetin durdurulduğu durumlar .....	31
1.8.2.9. İşletme dönemi işlemleri .....	31
1.8.2.10. Mücbir sebeplerle geçici tatil .....	32
1.8.2.11. Harita ve çizimler .....	33
1.8.2.12. Maden sevkiyatı .....	33
1.8.2.13. İrtifak, intifa hakkı ve kamulaştırma .....	34
1.8.2.14. İnceleme ve denetim .....	34
1.8.2.15. Devir, intikal ve terk işleri .....	34
1.8.2.16. Devlet hakkı .....	35
1.8.2.17. Buluculuk hakkı .....	36
1.8.2.18. Belediye payı .....	36
1.8.3. Maden Kanunu'nda Maden Mühendisinin Yeri .....	36
1.8.3.1. Teknik nezaret .....	36
1.8.3.2. Teknik nezaretçinin nitelikleri .....	38
1.8.3.3. Yetki ve sorumluluk .....	38
1.8.3.4. Teknik ve daimi nezaret için ruhsat sayıları .....	40
1.8.3.5. Zorunlu olarak daimi nezaretçinin çalıştırılacağı ruhsat sahaları .....	40
1.8.3.6. Arama döneminde maden mühendisi .....	40
1.8.3.7. İşletme ruhsatı alımında, işletme döneminde ve ruhsat terki işlemlerinde maden mühendisi .....	41
1.8.3.8. Teknik nezaretçinin görevinin sona ermesi .....	41
1.8.3.9. İstifa veya azil durumları .....	41
KAYNAKLAR .....	42
EKLER .....	45
EK 1. Ruhsat/Sertifika Müracaat Formu .....	45
EK 2. İlk Müracaat Taahhütnamesi ve Belgeleri .....	46
EK 3. Arama Faaliyet Raporu .....	47
EK 4. İşletme Projesi .....	48
EK 5. İşletme Ruhsatı .....	52
EK 6. İşletme İzni .....	53
EK 7. İşletme Faaliyeti Bilgi Formu .....	54
EK 8. Satış Bilgi Formu .....	55
EK 9. Teknik Nezaretçi Atama Belgesi .....	56

## **1.1. GİRİŞ**

İçinde bulunduğumuz çağda, insan yaşamı için vazgeçilmez önemini algılamak giderek güçleşse de, madencilik, tarih boyunca uygarlıkları şekillendiren temel sektörlerden biri olmuştur. Özellikle, insanlığın gelişim sürecinin son iki yüz yılındaki baş döndürücü ilerlemede kömür ve demirin önemini yadsımak mümkün değildir. İçinde bulunduğumuz yüzyılda da, madencilik faaliyetleri olmaksızın insan yaşamının sürdürülebilmesi olası değildir. Bugün, kullandığımız arabalardan içinde yaşadığımız evlere, bilgisayarlardan telefonlara kadar yaşamımız için vazgeçilmez olan hemen her şey, madencilik etkinlikleri sonucu elde edilen ürünler sayesinde varlık kazanabilmektedir. Yine, madencilik faaliyetleri olmaksızın tarımsal üretimin ya da elektrik enerjisi üretiminin buldukları düzeylerin çok çok altında olacakları da açıktır. Bu bakımdan, madencilik sektörü, dün olduğu gibi gelecekte de, uluslar için vazgeçilmez konumunu sürdürecektir.

Sanayi sektörlerinin motor gücü olması bakımından, doğru planlanıp yönetildiğinde, ekonomik ve toplumsal gelişmenin en önemli unsurlarından biri olan madencilik sektörü, kendine özgü teknik ve ekonomik özellikleri nedeniyle, çok eski zamanlardan itibaren ayrı ve bu sektöre özel yasal düzenlemeleri gerektirmiştir. Ekonominin diğer sektörlerine göre çok daha yüksek bir risk faktörü taşıyan madencilik sektöründe, yenilenememe özellikleri nedeniyle önem taşıyan mineral kaynaklarının aranmasından son kullanımlarına kadar olan sürece ilişkin yasal çerçeveyi oluşturan ve belirli politik yaklaşımları kendisine dayanak alan bu düzenlemeler, genel olarak madencilik sektörünün gelişme düzeyi üzerinde etkili olmaktadır.

Bu çalışmada, genel olarak madencilik politikası kavramının tanımı, kapsamı, politika-kanun ilişkisi, maden kanunu tanımı, temel bileşenleri, çeşitli ülkelerin maden kanunlarının genel özellikleri, ülkemizde Osmanlı'dan günümüze izlenen madencilik politikaları ve bunlara ilişkin yasal düzenlemeler incelenmekte, bölüm sonunda ise ülkemizde uygulanmakta olan maden mevzuatı, özellikle maden mühendisinin mesleki çalışmalarında yararlanmasına yönelik olarak ortaya konulmaktadır.

## **1.2. MADENCİLİĞİN TANIMI VE MADENCİLİK SÜREÇLERİ**

En genel tanımı ile madencilik, yer kabuğundan minerallerin elde edilmesi işlemidir. Bir mineral, belirli bir kimyasal bileşimi ve ayrı fiziksel özellikleri olan ve tabiatta doğal olarak bulunan bir maddedir. Cevher ise, içerisinde yararlı bir maddenin ekonomik olarak elde edilmesi mümkün bir mineral ya da mineraller bileşimidir. (Hartman 1987: s.2-3)

Mineraller, temel bileşenleri ve kullanım alanlarına göre, genellikle üç ana grupta toplanırlar: metalik cevherler, metalik olmayan cevherler ve enerji mineralleri. Metalik cevherler; ferrometaller (demir, manganez, molibden, tungsten gibi), baz metaller (bakır, kurşun, çinko, kalay gibi), değerli metaller (altın, gümüş, platin gibi) ve radyoaktif metallerden (uranyum, toryum, radyum gibi) oluşur. Metalik olmayan cevherler fosfat, potas, taş, kum, çakıl, sülfür, tuz gibi endüstriyel mineralleri içerir. (Hartman 1987: s.2-3, Cummins & Given 1973: s.4.30)

Genel olarak madencilik, arama faaliyetleri ile başlayan, cevher üretimi-zenginleştirilmesi ile devam eden ve çalışılan madenlerin kapatılması ve çevre düzenlenmesi ile son bulan bir süreçler bütünüdür.

Madencilik süreçleri genel olarak dört safhada toplanmaktadır. Bunlar: (1) prospeksiyon, (2) arama, (3) geliştirme ve (4) üretim şeklindedir. (Hartman 1987: s.6-11)

Prospeksiyon, mineral yataklarının araştırılması işlemidir. Araştırma; görsel inceleme, jeolojik çalışmalar, hava fotoğrafları, haritalama gibi doğrudan yöntemler yanında, jeofizik ve jeokimya gibi dolaylı yöntemler ile de yapılır.

Arama safhasında ise, mineral yatağının boyut, şekil, lokasyon ve ekonomik değeri prospeksiyon safhasında kullanılanlara benzer, ancak daha rafine yöntemlerle belirlenir. Arama safhasında, mostradan alınan ya da kuyu, galeri veya sondajlardan elde edilen temsili numuneler, kimyasal, spektrografik, radyometrik ve benzeri analizlere tabi tutularak cevher yatağının yayılımı ve kalitesi hakkında daha kapsamlı ve detaylı bilgiler elde edilmeye çalışılır.

Geçmişte, yüzeyde mostra vermeleri nedeniyle, görece daha kolay, sıklıkla da tesadüfen bulunan cevher damarlarının aranması, günümüzde modern teknoloji ve ekipman gerektirmekte, farklı disiplinlerden oluşan bir ekip tarafından yapılabilmektedir.

Birbirlerinden kesin çizgilerle ayrılmayan prospeksiyon ve arama safhaları ile maden yatağının belirlenmesi tamamlandığında, esas üretim için gerekli olan ve yatağa ulaşmak amacıyla yapılacak olan hazırlık işlemlerini kapsayan geliştirme safhası başlar. Prospeksiyon ve arama safhalarında elde edilen bulgular, aynı zamanda, hazırlık çalışmalarının kapsamı ve cevher kütlesine ulaşmada kullanılacak yöntem ile cevherin üretim yöntemi konularında bilgileri de içermektedir. Yapılan prospeksiyon ve arama çalışmaları sonucunda elde edilen bilgilerin, üretim amaçlı yapılacak yatırımın karlı olacağına işaret etmesi durumunda, hazırlık çalışmalarına başlanabilir. Hazırlık safhası; üretime başlanabilmesi amacıyla cevher kütlesine erişim çalışmaları, cevher hazırlama dahil yerüstü tesislerinin inşası, işgücünün oluşturulması ve eğitimi ya da cevherin satılacağı piyasaların araştırılması gibi faaliyetleri içermektedir.

Üretim safhasında ise, mineralin yer kabuğundan alınarak işlenmesi söz konusudur. (Hartman 1987: s.6-11) Üretim, cevher kütlesinin boyutu ya da yüzeye olan yakınlığı gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak, örneğin kamyon ve ekskavatörler kullanılmak suretiyle açık ocak kazısı ya da eğer cevher derinde ise kuyu ve tüneller kullanılarak yeraltı işletmeciliği ile yapılır.

### 1.3. MADENCİLİK SEKTÖRÜNÜ DİĞER SEKTÖRLERDEN FARKLI KILAN ÖZELLİKLER

Ülke ekonomileri bakımından son derece büyük önem taşıyan madencilik sektörünü, diğer her hangi bir ekonomik sektörden farklı kılan ve tek başına ayrı bir faaliyet alanı şeklinde düzenlenmesini gerektiren temel özellikleri bulunmaktadır. Söz konusu özellikler aşağıda özetlenmektedir. (Bastida 2002a: s.1.6)

- 1) Mineral kaynakları, tükenbilir kaynaklardır.
- 2) Çoğunlukla yerkabuğunun derinliklerinde bulunan yatak oluşumları büyük belirsizlikler taşır.
- 3) Maden üretiminin yapıldığı yer, çoğunlukla alım satımının yapıldığı piyasalardan ya da kullanıldığı yerlerden uzaktadır.
- 4) Üretilen cevherlerin satılabilir ürünlere dönüştürülmesi, genellikle cevherin bir ön işleme tabi tutulmasını gerektirir.
- 5) Üretim öncesi faaliyetler, diğer sektörler nazaran, çok daha uzun süreli, kapsamlı, zorlu ve maliyetlidir.
- 6) Madencilik yatırımlarında arama maliyetleri son derece yüksek olup, büyük risk taşır. Birçok durumda, katlanılan yüksek arama maliyetlerine karşın, ekonomik olarak işletilebilecek bir mineral varlığının belirlenememe olasılığı söz konusudur.
- 7) Madencilik süreçlerinin her safhasında risk unsuru mevcuttur. Arama riski yanında, pek çok cevher için fiyat dalgalanmaları da diğer sektörler göre çok daha büyüktür. Her an bulunabilecek ya da fiyat avantajı elde edebilecek aynı ya da ikame bir cevher kaynağının rekabeti olasıdır.
- 8) Madencilik sektöründe ölçek ekonomisi, diğer sektörler göre çok daha büyük önem taşımaktadır.
- 9) Madencilik üretimlerinin genellikle yerleşim yerlerinden uzakta yapılması zorunluluğu, altyapı inşaat maliyetlerinin diğer sektörler göre çok daha yüksek olmasına neden olmaktadır.
- 10) Madencilik faaliyetleri, aramalardan madenin kapanmasına kadar olan her safhada, gerek çevre gerekse yapıldığı yerdeki yerleşim yerleri ve yerel halk üzerinde olumlu ya da olumsuz ciddi etkiler oluşturmaktadır.

### 1.4. MADENCİLİK SEKTÖRÜNÜN AYRI BİR YASA İLE DÜZENLENMESİ GEREĞİNİN NEDENLERİ

Madencilik sektörünü diğer herhangi bir sektörden farklı kılan ve yukarıda sıralanan özellikler, bir taraftan sektörün ayrı bir yasal çerçeve ile düzenlenmesini gerekli kılarken, diğer taraftan, madencilik sektörüne özgü geliştirilecek yasal düzenlemelerin üzerinde yoğunlaşacağı temel hususları ve özel sorun alanlarını da işaret etmektedir.

Madencilik sektörünün, ayrı bir yasa ile düzenlenmesini gerektiren nedenlerin başında, mineral kaynağın üzerinde bulunan arazinin madencilik alanı dışında da ekonomik olarak değerlendirilme imkanlarının bulunması ve üstteki arazi ile alttaki mineral kaynağın mülkiyetlerinin farklı ellerde bulunabilme olasılığının mevcudiyeti gelmektedir. (Bastida 2002a: s.1)

Herhangi bir arazi parçası madencilik üretimi için kullanıldığında, diğer bir ekonomik faaliyet için olduğundan daha büyük bir ekonomik değer elde edilebilecek ise, bu durumda tercih, kamu yararı noktasından hareketle yapılır. Söz konusu durum, arazi parçasının arazi sahibinin isteğinden bağımsız olarak değerlendirilerek madencilik üretimi amacıyla kullanılmasını gerekli kılabilir.



Ayrıca, mülkiyete konu arazi parçası ile maden yatağının konumu her zaman üst üste çakışmayabilir. Madencilik faaliyetlerinin yapılacağı alanın genişliği, sıklıkla, birden fazla arazi mülkiyetine yayılmaktadır.

Arazi ve maden mülkiyeti arasındaki ayrım, mineral kaynaklarının kullanımı bakımından özgün sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Arazi ve mineral kaynağın mülkiyetlerinin farklı ellerde olması, maden üretiminin kimin tarafından, nasıl ve hangi kurallar çerçevesinde yapılacağı hususları ile, devlet, maden sahibi (veya ruhsat sahibi ya da yatırımcı) ve arazi sahibi arasındaki ilişkilerin ayrı bir yasa ile düzenlenmesini gerekli kılmaktadır. Günümüzde, maden kanunlarının, belirtilen bu üç taraf dışında madencilik faaliyetlerinden doğrudan ya da dolaylı etkilenen yerel halkı da göz önünde bulundurması gerekmektedir.

Madencilik faaliyetleri, günümüzde pek çok ülkede ayrı maden kanunları ile düzenlenmiştir. Bununla beraber, genel olarak madencilik sektörünü ilgilendiren pek çok farklı yasal düzenleme de bulunmaktadır. Bunlar arasında; iş yasası, çevre yasası, orman yasası, vergi yasaları, medeni yasa ve ticaret yasaları ile bunlarla ilgili diğer yasalar bulunmaktadır. Ayrıca, özellikle son yıllarda, ikili ya da çok taraflı uluslararası yasa ve anlaşmaların da, madencilik faaliyetlerinin düzenlenmesine ilişkin belirleyicilikleri artmaktadır. Özellikle, Avrupa Birliği'nin madencilik konusunu düzenleyen yönerge (directive) ve bağlayıcı kararları da bu kapsamda değerlendirilmelidir.

Pring'e göre (Pring 1999: s.9-10); ulusların doğal kaynaklar üzerindeki egemenliklerini kısıtlayan belirli uluslararası gelişmeler söz konusudur. Bunlar arasında; (1) devletlerin, diğer devletlere karşı, sınırötesi çevresel zararları önleme sorumluluklarına ilişkin uluslararası çevre hukuku ilkesi, (2) özel anlaşma ya da sözleşmeler ve (3) "sürdürülebilir kalkınma" kavramı çerçevesinde geliştirilmekte olan ilkeler önemli bir yer tutmaktadır. Pring, henüz uluslararası bir maden kanununun geliştirilmemiş olmasına karşın, "*söz konusu faktörlerin "uluslararası çevre yasası"nı şartırtıcı bir hızda geliştirmekte olduğunu, günümüzde çevre odaklı 1.000'in üzerinde uluslararası anlaşma bulunduğunu*" ifade ederek, bu anlaşma ve düzenlemelerin ulusal madencilik faaliyetleri üzerinde de önemli etkileri olacağına dikkat çekmektedir.

## **1.5. MADENCİLİK POLİTİKALARINA YAKLAŞIMLAR VE POLİTİKA KANUN İLİŞKİSİ**

En genel tanımlamayla, bir ülkenin maden mevzuatı, o ülkenin madencilik politikasının bir ifadesidir.

Maden yasaları, sadece sektörün yasal düzenlenmesine ilişkin bir metin değildir. Aynı zamanda, bulunduğu ülkenin maden kaynaklarının geliştirilmesine yönelik bir politika aracıdır. Maden yasası ile düzenlenen haklar, yükümlülükler, idari ve yasal işlemler, kurumsal yapı ve benzeri hususlar, hükümetlere, madencilik sektörünün gelişmesine yönelik öngördükleri politikalarını uygulama imkanı verir.

Madencilik politikaları ise, ülkelerin politik sistemlerine, ekonomik gelişmişlik durumlarına, sahip oldukları teknoloji düzeyine, toplum yapısına, toplumun çevre duyarlılığının boyutuna, sahip oldukları mineral kaynaklarının miktar ve çeşitliliğine, stratejik önem derecelerine, madencilik sektörünün büyüklüğüne, mevcut ve planlanan mineral talebine, tarihsel madencilik deneyimine ve benzeri hususlara göre ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir.

Ulusal madencilik politikası, bazı ülkelerde resmi ve yazılı bir doküman halinde mevcuttur. Bununla beraber, çoğu ülkede, madencilik politikaları çok çeşitli bilgi kaynaklarının yorumlanması suretiyle anlaşılabilir.

Ulusal madencilik politikasının, resmi ve yazılı bir doküman halinde ortaya konulması, devletin madencilik sektörüne bakışının anlaşılabilmesi ve madencilik sektöründen beklentilerin ortaya konulabilmesi bakımından önemlidir. Söz konusu doküman, madencilik sektöründe taraf olan herkes için genel anlamda bir yol gösterici niteliği taşıyacaktır.

Ulusal madencilik politikasının dayandırılacağı temel ilkeler ya da amaç ve hedefler, doğal olarak her ülke için farklı olacaktır. Bu konuda bir örnek olarak, Maden Mühendisleri Odası tarafından geliştirilen "Ulusal Madencilik Politikası İçin Temel İlkeler" metnine aşağıdaki kutuda yer verilmektedir. Söz konusu metinden de görülebileceği gibi ulusal madencilik politikasının dayandırılacağı temel ilkelerin bir kısmı evrensel nitelikte olabilmekte, bir kısmı ise o ülkenin kendine has özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Şüphesiz, "Ulusal Madencilik Politikası", her ulusun kendi özel koşulları göz önünde tutularak ve kendi gereksinimleri doğrultusunda oluşturulmalı ve söz konusu politika belirli temel ilkeler manzumesine dayandırılmalıdır.

#### **ULUSAL MADENCİLİK POLİTİKASI İÇİN TEMEL İLKELER**

##### **TMMOB Maden Mühendisleri Odası**

Maden Mühendisleri Odası, insanı ve insan emeğini merkeze koyan, bir yandan madencilik faaliyetlerinde kamunun etkin gözetim ve denetimini sağlarken, diğer taraftan söz konusu faaliyetlerin çevre ve ekosistemlerin korunmasını da gözetken, temel olarak ekonomik kalkınmaya ve yoksulluğun azaltılarak gelir dağılımının düzeltilmesi hedeflerine yönlendirilen bir "ulusal madencilik politikası" oluşturmanın, gerek toplumun yararı gerekse madencilik sektörünün gelişimi bakımından son derece büyük önem taşıdığı görüşündedir. Bu çerçevede, Maden Mühendisleri Odası olarak, Ulusal Madencilik Politikası'nın geliştirilmesine yönelik savunduğumuz temel ilkeler aşağıda sıralanmaktadır:

- a) Her tür ekonomik faaliyette olduğu gibi madencilik faaliyetlerinde de amaç, insanın refah ve mutluluğudur. İnsan onuruna ve emeğine saygı, madencilik faaliyetlerinin planlanma ve uygulanmasında hareket noktası olmalıdır. Kamu yararı öncelikli olarak göz önünde tutulmalıdır.
- b) Madencilik sektörünün geliştirilmesine yönelik oluşturulacak tüm amaç ve hedefler ile uygulamalar, bilimsel ve teknik temeller üzerinde geliştirilmeli, bilimsel bilgi ile desteklenmeyen söylem ya da tasarımlardan uzak durulmalıdır.
- c) Madencilik sektörünün tüm alt sektörlerinde üretim artırılmalıdır. Ancak, söz konusu üretimin hedefi dış satım değil, ülke sanayi sektörleri olmalıdır. Madencilik sektörünün ülke kalkınmasındaki kritik önemi, fazla miktarlarda üretilip yurt dışına satılarak döviz elde edilmesinde değil, ancak, yerli sanayiye düşük maliyette ve kaliteli girdi sağlamasındadır. Bu çerçevede, madencilik sektörünün planlanmasında ülke sanayi sektörleri ile entegrasyon ön planda tutulmalıdır.
- d) Ülkemizin ihtiyacı olan enerjinin, yerli maden kaynaklarımızdan karşılanması öncelikli hedef olmalıdır. Sanayinin ihtiyacı olan ucuz enerji üretiminin sağlanması ve bu enerjinin sürekli ve güvenilir olması bakımından, yerli maden kaynaklarımızın kullanılması kaçınılmaz bir gerekliliktir. Elektrik enerjisi arz-talep dengesinin sorunsuz sürdürülebilmesi için, ulusal maden kaynaklarımıza öncelik veren, akılcı bir enerji politikası oluşturulmalıdır.
- e) Maden aramaları uzun yıllardır ihmal edilmiştir. Aramalarla ilgili etkin yasal ve yönetsel yapıların hızla tesisi ve çağdaş teknolojilerin kullanıldığı arama faaliyetlerinin, kamu denetiminde ve mutlaka rasyonel bir stratejik plan çerçevesinde yürütülmesi gerekmektedir.
- f) Madencilik sektöründe aramadan uç ürüne kadar her aşamada ileri teknoloji kullanımı amaçlanmalıdır. Üretim ve kaynak performansının iyileştirilmesine ve yeni ürünlerin elde edilmesine yönelik olarak yeni gelişen teknolojilerin kullanımı, bu sektörün ülke kalkınmasına katkısı bakımından kritik önemdedir. Bu nedenle sektörde yüksek teknoloji kullanımı ve üretilmesine yönelik araştırma-geliştirme çalışmalarına öncelik verilmelidir. İleri üretim teknolojilerinin geliştirilmesi ve kullanımı, daha temiz ve daha etkin madencilik süreç ve ürünlerinin temini bakımından önkoşuldur.

- g) Gelişmiş teknoloji kullanımı ve yeni madencilik teknolojilerinin geliştirilmesi, sektöre önemli katkılar yapacak yeni fırsatlar yaratacaktır. Bu çerçevede söz konusu teknolojilere uyum sağlayacak ve bunları kullanabilecek iyi eğitilmiş işgücünün varlığı önemlidir. Sektörde teknik eleman istihdamının süratle artırılması, genel verimliliğin artışı bakımından son derece önemlidir. Madencilik faaliyetinin her aşamasında, en az bir maden mühendisinin varlığı zorunlu olmalıdır. Madencilik sektöründeki eğitim ve öğretim konusu yeniden ele alınmalı ve sektörün gereksinim ve beklentileri yansıtılmalıdır.
- h) Ülke madencilik sektörünün en önemli darboğazlarından biri, kamu ve özel kuruluşlardaki yönetsel yapıların verimsizliğidir. Bu yapıların verimliliğine yönelik çalışmalar, madencilik sektörünün gelişimi bakımından son derece önemlidir. Söz konusu yapılarda hesap verilebilirlik ve şeffaflık mutlaka sağlanmalıdır.
- i) Sektörde pazar araştırması kavramının kapsamlı bir çerçevede yeniden ele alınması, gerek mevcut gerekse gelişen pazarların yakından takip edilerek değişikliklere uygun stratejilerin belirlenmesi gerekmektedir.
- j) Çevre faktörü göz ardı edilerek madencilik faaliyetlerinin yürütülmesi, içinde bulunduğumuz yüzyılda mümkün değildir. Sürdürülebilir kalkınma kavramı içerisinde ya madencilik ya çevre dayatması bulunmamaktadır. Madencilik sektörünün çevreye etkilerini yadsımak mümkün değildir. Ancak, madencilik sektöründe, çevre dostu teknoloji ve yöntemlerin kullanılması, madencilik süreçlerinde ya da sonrasında çevrenin korunmasına ya da yenilenmesine yönelik önlemlerin alınması, sektörün gelişimini engellemeyecek, aksine genel anlamda sektörün gelişimine yönelik katkıyı yapacaktır.
- k) Madencilik sektöründe, toplumu eğitime ve bilgilendirme gereksinimi hızla artmıştır. Madencilik sektörünün ülke kalkınması ve toplumların gelişmesindeki önemi konusunda kamuoyu bilgilendirilmelidir. Toplumun, bir istihdam alanı ve gelir kaynağı olarak madencilik sektörünün önemi hakkında eğitilmesi, sektörün gelişmesi bakımından son derece önemlidir.
- l) Madencilik sektörünün her alanında, şeffaflık sağlanmalıdır. Sektörde bilgi akışı sağlanmalı, alınan kararlardan toplumun her kesimi bilgilendirilmelidir.
- m) Yerel halkın onayını almamış hiçbir ekonomik girişimin ülkeye yarar getirmesi beklenemez. Madencilik sektörüne ilişkin alınacak kararlarda ilgili yöre halkının da katılımı sağlanmalıdır.
- n) Toplumsal, ekonomik ve çevresel bakımdan sürdürülebilir bir madencilik sektörünün gelişimi; devlet, sektörde faaliyet gösteren kurum ve kuruluşlar ile demokratik kitle örgütleri ve sivil toplum örgütlerinin yapıcı işbirliği ile mümkündür. Söz konusu tarafların doğrudan katılımı olmaksızın hazırlanacak herhangi bir sektör planının ya da plan uygulamasının başarılı olması mümkün görülmemektedir.

Otto (Otto 1997: s.1-7), yazılı bir "Ulusal Madencilik Politikası" oluşturmanın üç temel faydasına işaret etmektedir:

- 1) Politika metni, madencilik sektöründeki anahtar konulara ilişkin olarak, hükümetlerin pozisyonunu gösteren bir rehber görevi görecektir,
- 2) Devletin çeşitli kademelerindeki idarecilere ya da yasa hazırlayıcı veya yasa yapıcılarına yön verecektir,
- 3) Politika metninin hazırlanma sürecinde, en azından anahtar konuların ilgili taraflarca tanımlanıp tartışılarak üzerlerinde belirli mutabakatların sağlanmış olması durumunda, yeni bir maden yasası oluşturulması ya da mevcut mevzuatta değişiklik yapılmasına ilişkin yapılacak çalışmalarda bir uzlaşma aracı olarak kullanılabilir.

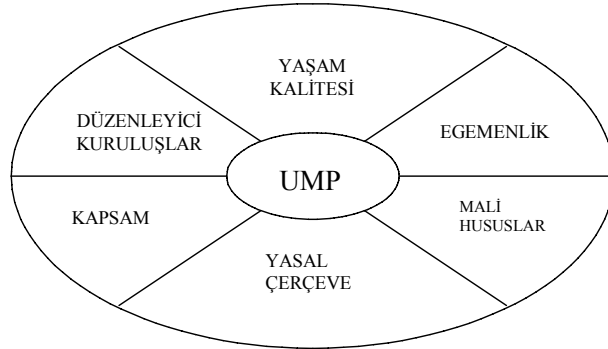
"Ulusal Madencilik Politika"sının başarıyla yaşama geçirilmesi bakımından, madencilik faaliyetleriyle doğrudan ya da dolaylı biçimde ilgili olan tüm toplum kesimlerinin uzlaşısıyla hazırlanmış olması önem taşımaktadır. Söz konusu uzlaşma zayıfladıkça, oluşturulan politikanın yasal mevzuata yansıtılmasında ya da yürütümünde zorluklar yaşanmaktadır.

Pek çok ülkede "Ulusal Madencilik Politikası" çok uzun olmayan metinler şeklinde düzenlenmiştir. Örneğin Sierra Leone'nin politika metni üç sayfadan az ve Kanada'nın politika metni ise sadece 13

sayfadır. (Otto 1997: 4) Politika metinlerinde önemli olan husus, temel ilkeleri ve genel yönelişleri ortaya koyabilmektir. Otto, bu hususla ilgili olarak, Kanada Ulusal Madencilik Politikası'nı örnek olarak vermektedir. (Otto 1997: 4) Söz konusu dokümanda, Kanada maden kaynaklarının araştırılması, geliştirilmesi, üretimi ve kullanımına yönelik olarak altı temel hedef belirlenmektedir. Bunlar:

- 1) Adil ve dengeli bir yasal çerçevenin oluşturulması,
- 2) Bölgesel ekonomik kalkınma için mineral ve metal sektörlerinin gelişmesinin beslenmesi,
- 3) Madencilik sektörünün her alanında teknolojik performansın gelişmesinin ve uluslararası rekabet edebilirlik düzeyinin artırılmasının teşvik edilmesi,
- 4) Madencilik sektörünün düzenlenmesinden etkilenen çalışan kesime ya da yerel topluluklara yardım edilmesi,
- 5) Geliştirilmiş mineral ve metal ihracatı ile yeni ve geleneksel pazarlara girişin kolaylaştırılması,
- 6) Madencilik sektörü, devlet, yerel idareler, çalışanlar ya da genel kamuoyunun gereksindiği ekonomik, teknik ya da bilimsel bilginin zamanında ve doğru şekilde sağlanması.

Ulusal madencilik politikasının dayandırılacağı temel ilkeler için bir eşitlik geliştirmek oldukça güç olmakla beraber, amaç ve hedefler için bu mümkündür. Otto tarafından 1997 yılında yapılan bir çalışma (Otto 1997: s.1-8) ile söz konusu amaç ve hedefler için altı ayrı kategori belirlenmiştir. Bunlar, sırasıyla, kapsam, egemenlik, ekonomi, yaşam kalitesi, yasal çerçeve ve düzenleyici kuruluşlar şeklindedir.



Şekil 1. Ulusal madencilik politikasında (UMP) amaç ve hedef kategorileri (Otto, 1997).

Söz konusu kategoriler aşağıda tanımlanmaktadır:

- 1) Kapsam: Ulusal madencilik politikası ile kapsanan madencilik süreçleri (arama, işletme, zenginleştirme, rafinasyon, yarı mamul hale getirme, pazarlama, kapatma/reklamasyon, vb) ve maden kaynakları (baz metaller, değerli metaller, değerli taşlar, endüstriyel mineraller, petrol ve gaz, radyoaktif mineraller, stratejik mineraller, vb.), madencilik politikasının diğer ulusal politikalarla (diğer doğal kaynak politikaları, kur politikaları, dış ticaret politikaları, çalışma yaşamına ilişkin politikalar, çevre koruma politikaları, vb.) ilişkileri ve öncelik sıralaması.
- 2) Egemenlik: Sektördeki yatırım kararlarında devletin rolü ve etkinliği, sektörde devlet işletmelerinin rolü ve ağırlığı, devlet yatırımları, yabancı sermaye yatırımları, mülkiyet ve denetim, ortak girişim, devletin sermayeye katılımı, vb.
- 3) Ekonomi: Vergilendirme, ithalat-ihracat, sektörün ekonomik kalkınmadaki rolü, istihdam, kaynak koruma ve verimlilik, arazi kullanım önceliği, vb.

- 4) Yaşam kalitesi: Toplumsal etkiler, çevresel etkiler.
- 5) Yasal çerçeve: Uygulanabilir yasalar (ulusal, yerel), arama/işletme haklarına yaklaşım, arama ve işletme başvurularında öncelik, ruhsat güvenliği, vb.
- 6) Düzenleyici kuruluşlar: devlet kurumlarının rolü, devlet kurumlarının yapısı, denetleme ve takip, bilginin yönetimi, vb.

Madencilik politikaları ve bu politikalara dayandırılarak oluşturulan madencilik yasaları, dönemler itibariyle ve ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre önemli farklılıklar göstermiştir.

Mineral kaynaklarının dünya üzerindeki eşitsiz dağılımı ve gelişmenin sürdürülebilmesi için söz konusu kaynaklara olan bağımlılık, geri kalmış ya da az gelişmiş ülke kaynaklarının yüzyıllarca gelişmiş ülkeler tarafından sömürülmesi sonucunu doğurmuştur.

Ancak, özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren, gelişmemiş ya da az gelişmiş ülkeler, kendi doğal kaynakları üzerindeki haklarının tanınmasını giderek daha yüksek sesle talep etmişlerdir. Bu gelişmenin sonucu olarak, 1962 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nda 1803(XVII) sayılı karar kabul edilmiştir. (United Nations 1962) "Doğal Kaynaklar Üzerindeki Daimi Egemenlik Hakları" başlıklı karar ile, gelişmemiş ya da eski sömürge ülkelere kendi doğal kaynaklarını özgür kullanım hakları tanınmıştır.

Günümüzde, dünya üzerindeki farklı ülkelerde uygulanmakta olan farklı madencilik politikalarının geri planında, söz konusu sömürü döneminin ve bu dönemde sömürülen ülkeler tarafından yapılan mücadelenin etkileri olduğu söylenebilir.

1950'lerden 1980'lere kadar olan dönemde madencilik politikalarında ulusçu yaklaşımlar baskındır. Bu yaklaşım, doğal kaynakların üretimi ve kullanımında devlet girişimciliğini ve doğal kaynaklar üzerinde sıkı devlet denetimini ön plana çıkarmıştır. Bu dönemde, madencilik sektörü, ekonomik kalkınmanın finans kaynağı, sanayileşmenin sıçrama tahtası olarak görülmüştür. (Bastida 2002a: s.33-45)

Söz konusu dönemde, ülkemizde de, madencilik sektörü, kalkınma planları çerçevesinde alt sektör olarak planlanmış, madencilik yatırımları kamu iktisadi kuruluşları eliyle yapılmış, özel sektör madencilik girişimleri için yaygın yasal denetimler konulmuş, ithal ikameci politikalar uygulanmış ve yabancı sermaye üzerinde sınırlama ve yasaklamalar getirilmiştir. Devletleştirme-millileştirme uygulamaları ise son derece yaygındır. (Türk 1981: s.33-45) Söz konusu dönemde maden haklarının alınma, muhafaza ve iptali devlet denetiminde ve sıkı bürokratik işlemlere tabi olmuştur.

Madencilik alanında uygulanan politikalar, 1980'lerden sonra büyük oranda değişim göstermiştir. Dünya ekonomisinde 1970'li yıllarda ortaya çıkan durgunluk ile birlikte, mevcut ekonomi politikaları ve bu politikaların dayandığı teorik temeller sorgulanılmaya başlanmıştır. 1929 bunalımı ile başlayan gelişmelerin tam tersi bir hareket olarak ortaya çıkan ve kamu açıklarının en temel nedeni olarak kamu işletmelerinin verimsizliğini gören anlayış, kamu işletmelerinin özelleştirilmesi akımını 1970'li yılların sonlarından itibaren öncelikle İngiltere'den ve maden işletmelerinden başlatmıştır. Söz konusu akım, diğer ülkeleri de etkileyerek hızla gelişerek yaygınlaşmıştır.

Kamu girişimciliğinden vazgeçilerek, kamunun elindeki işletmelerin özelleştirmeler yoluyla özel sektöre devri ve bu yolla madencilik sektöründe yapısal dönüşümün sağlanması gereğini savunan görüşün temel gerekçeleri aşağıda özetlenmektedir:

- 1) Kamu işletmeciliği verimsizliğe neden olmaktadır, piyasa mekanizması içerisinde kaynakların etkin kullanımı sağlanacak, bu yolla kamu açıkları ortadan kalkacaktır,
- 2) Özelleştirmeler ile rekabet sağlanacak, maliyetler ve fiyatlar düşecek, ekonomik verimlilik artacak, hizmet kalitesi yükselecektir,
- 3) Ülkedeki sermaye sıkıntısı, yeni yapı ile aşılabilecektir.

Söz konusu gelişmelerle birlikte, özellikle yabancı sermayenin teşvikine yönelik yeni maden kanun ve sözleşmelerinin oluşturulması çalışmalarını gündeme gelmiştir. Bu çerçevede, özellikle gelişmekte olan çok sayıda ülkede, özel sektörü harekete geçirmek ve yabancı sermayeyi çekmek amacıyla maden kanunlarında değişiklikler yapılmış, hem özel sektöre hem de yabancı sermayeye çeşitli kolaylık ve ayrıcalıklar tanınmıştır.

Bu çerçevede işaret edilmesi gereken bir diğer husus ise, madencilik politikaları ve maden yasalarının şekillenmesinde çokuluslu şirketlerin rolleridir. Dünya madencilik endüstrisinde şirketlerin birleşmeler şeklinde büyümeleri ve toplam üretim ve pazarlamadan daha fazla pay almaları, çokuluslu şirketler için, ulus devletler üzerinde daha fazla güç kullanabilme anlamına gelmektedir. Bu güç, madencilik sektörlerinde, gerek mülkiyet ve yönetim değişikliklerini sağlamaya, gerekse çok uluslu şirketlerin pazara girişinin önündeki engellerin kaldırılmasına yönelik olarak, ilgili ülke yasalarının değiştirilmesinde etkin olarak kullanılmaktadır.(Tamzok 2003) Uluslararası kuruluşların da önemli bir rol oynadıkları bu sürecin, özellikle eski Doğu Bloku, Latin Amerika ve Güney Doğu Asya ülkelerinde hızla yürütülmekte olduğu gözlemlenmektedir.

1985 ve 1995 yılları arasında, 90'ın üzerinde ülkede yeni maden kanunlarının ya da mevcut maden kanunlarında değişikliklerin gündeme gelmiş olması(Öngür 2005, Otto 1997: s.21) yukarıda değinilen gelişmelerin doğal sonuçları olarak görülmelidir. Söz konusu değişiklikler ile özellikle yabancı sermayenin maden kaynaklarına erişimi kolaylaştırılmış, aramadan işletmeye otomatik geçiş dahil çeşitli garantiler ve vergi muafiyetleri sağlanmıştır. (Corpuz 1999) Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, yerli özel madencilik şirketleri, yasal düzenlemeler ile pazara girişleri kolaylaştırılan uluslararası tekellerin rekabeti karşısında tutunamamış, genellikle söz konusu tekellerin içerisinde erimek durumunda kalmışlardır. Kamu madencilik kuruluşları ise büyük oranda tasfiye olmuş, ulusal madencilik üretimlerinde büyük gerilemeler yaşanmıştır.

## 1.6. MADEN KANUNU TANIMI, KAPSAMI VE TEMEL KAVRAMLARI

En genel tanımıyla maden kanunları, ülkedeki madencilik faaliyetlerini düzenleyen temel metinlerdir. Ülkenin tarihsel arka planı, gelişmişlik düzeyi, yasa gelenekleri, mineral kaynaklarının zenginliği ya da çeşitliliği ve ülkenin kamu ya da özel sektör yatırımları arasındaki tercihi gibi hususlar maden kanunlarının genel çerçevesini şekillendirir.

*"Maden Kanunu, haklar, yükümlülükler, idari ve yasal işlemler, idari ve yasal kuruluşlar vasıtasıyla devletin madencilik politikasının yaşama geçirildiği ana metindir. Madencilerin hak ve yükümlülükleri, maden kanunu ile salt bir teknik detaylar ya da bazı temel hak ölçüleri olarak değil, ancak, aynı zamanda tarafların eylemlerine rehberlik edecek bir politika ifadesi olarak da belirlenir. Maden Kanunu, devletin madencilik sektörünün geliştirilmesine ilişkin politikalarının araçlarını sağlar." (Walde 1988: s.177-178)*

Dolayısıyla, maden kanunlarını şekillendiren ana unsur, devletin ortaya koymuş olduğu madencilik



politikalarıdır. Bununla beraber, maden mevzuatını oluşturan genel çerçeve içerisine; çalışma, sağlık, iş güvenliği, çevre, arazi, su, vergi, yabancı sermaye gibi daha pek çok konudaki yasal düzenlemeler de dahil olmaktadır. Bu durumda, maden yasaları ile diğer yasalar arasında, doğal olarak, çelişki ve çatışmalar ortaya çıkacaktır. Maden kanunları, aynı zamanda, diğer yasalar ile olan görelili ilişkisini de ortaya koyabilmelidir.

Maden Kanunu'nun ilgili tarafları; devlet, ruhsat sahibi ya da yatırımcı, arazi sahibi ve madencilik faaliyetinin yapıldığı yerdeki yerel halk olarak belirlenmektedir. Bu bileşim içerisinde devlet, maden kaynaklarından en fazla yararın elde edilmesini amaçlamakta, ruhsat sahibi ya da yatırımcı kar maksimizasyonunu hedeflemekte, arazi sahibi arazisinin başkası tarafından kullanılması nedeniyle uğradığı kaybın telafi edilmesini istemekte, yerel halk ise bulunduğu bölgede yapılan madencilik faaliyetinin neden olabileceği çevresel ve toplumsal etkilere karşın koruma talep etmektedir. Maden Kanunu'nun, ülke madencilik politikasının bir ifadesi olmasından hareketle, mineral kaynaklarının değerlendirilmesinde söz konusu çatışan çıkarların nasıl uzlaştırılacağı hususu, büyük oranda politik ve ekonomik tercihler tarafından belirlenecektir. (Bastida 2002a: s.1.10)

Bu çerçevede maden kanunlarının en temel işlevi maden haklarının tanımlanmasıdır. Dolayısıyla, söz konusu kanun ile; madenlerin mülkiyeti, maden ruhsatlarının alınması, muhafaza edilmesi ve iptal edilmesi, ruhsat sahibinin hak ve yükümlülükleri, ruhsatın kapsam ve süresi, maden haklarının transferi ve maden hakları konusunda çıkacak anlaşmazlıkların çözüm süreçleri ortaya konulmaktadır.

Madencilik sektörüne ilişkin düzenlemeler; bazı ülkelerde, maden kanunları yanında, özel sözleşmeler ya da her iki aracın birlikte kullanımıyla da yapılmaktadır. (Bastida 2002b: s.2.4-2.11) Burada sözleşmelerden kastedilen, devlet ve yatırımcı arasında yapılan anlaşmalardır. Sözleşmeler ile daha özel düzenlemeler yapmak mümkün olmakta ve mevcut maden kanununun yeterli olmaması durumunda karşılaşılabilecek sorunları aşmak amacıyla kullanılabilir. Bu anlaşmalar, özel hukuk geleneğinden gelen ülkelerde maden kanunlarını tamamlamakta ya da onun yerine geçmektedir. Ancak, Türkiye gibi kamu hukuku geleneğinden gelen ülkelerde sözleşmeler ikincildir ve genel maden kanunlarının altında işlem görür.

Aşağıda, bir maden kanununun kapsamı, bileşenleri ve ele alması gereken temel hususlar maddeler halinde özetlenmektedir.

### **1.6.1. Madencilik Süreçleri ve Mineral Kaynakları Bakımından Maden Kanununun Kapsamı**

Yukarıda da belirtildiği üzere, madencilik faaliyetleri, arama ile başlayan, cevher üretimi-zenginleştirilmesi ile devam eden, kaynağın tükenmesini takiben çalışılan yerlerin kapatılması ve çevre düzenlemesini de kapsayan bir süreçler bütünüdür. Geleneksel olarak maden kanunları, arama ve işletme dönemleri üzerine yoğunlaşmakta olup, bazıları zenginleştirme ve rafinasyon süreçlerini de düzenlemektedir.

Maden Kanunu bakımından önemli bir diğer husus ise hangi mineral kaynaklarının, hangi koşullar ile kanun kapsamına gireceğidir. Mineral kaynaklarının ya da madencilik faaliyetlerinin Maden Kanunu'nda sınıflandırılması, kanunun uygulama kapsamını tanımlaması bakımından önemlidir. (Bastida 2002b: s.2.16) Mineral kaynaklarının gruplandırılması, farklı mineral gruplarına farklı uygulama, teşvik veya ceza sistemlerinin getirilebilmesini mümkün kılmakta ve maden kanununun uygulandığı ülkenin özelliklerine göre değişmektedir.

Su, petrol ve doğal gaz genellikle kendi özel kanunları ile düzenlenmekte olup, maden kanunları

kapsamı dışında tutulmaktadır. Yine, kömür de, pek çok ülkede ayrı bir yasal düzenleme metnine sahiptir. Uranyum ve toryum gibi bazı minerallere ise, stratejik ya da politik faktörlerle maden kanunu kapsamında yer verilmediği uygulamalar mevcuttur. Nadir olarak kum, çakıl, kil gibi endüstriyel minerallerin de ayrı bir mevzuat ile düzenlendiğine rastlanılabilmektedir.

### **1.6.2. Madenlerin Mülkiyeti**

Madenlerin mülkiyetinin kime ait olacağı hususu, maden kanunlarında yer alan temel konuların başında gelmektedir. Bu konuda, genel olarak iki uygulama mevcuttur. Madenler, devletin ya da arazi sahibinin mülkiyetinde bırakılmaktadır (Topaloğlu 2003: s.14).

Madenlerin devlete ait olduğu yaklaşımının (regalian system) kökeni, Roma İmparatorluğu'nun bütün fethedilmiş arazilerin sahiabi olduğu Roma Devri'ne kadar gitmektedir. Roma Hukuku'na göre mineral kaynakları, politik otorite tarafından temsil edilen Roma halkının (populus romanus) malıdır. Mineral kaynaklarının aranması ve üretmesi için izin, lisans ve kiralama bir madencilik otoritesi (procurator metallorum) tarafından verilir.(Bastida 2002b: s.2.13) Roma Hukuku geleneğinden gelen ülkelerde, genel olarak madenler devletin mülkiyeti altındadır.

Madenlerin arazi sahibine ait olduğu yaklaşımına (accession system) ise, özel hukuk geleneğine sahip ülkelerde rastlanılmaktadır. Bu yaklaşım, yerüstünde ya da yeraltında olsun madenlerin de toprağın bir parçası olduğu görüşünden hareket eder ve bu sistemde tüm arama ve üretme hakları, arazi sahibi ve madenci arasında yapılan bir kira sözleşmesi ile verilir.

Orta Çağ boyunca söz konusu yaklaşımlar, madenlerin devlete ait olduğu sisteme (regalian sistem) doğru evrildiler. Bu sisteme göre, toprağın egemenliği (dominium directum) doğrudan krala ya da feodal toprak ağalarına verildi ve söz konusu egemenlik, sahiplik hakkından (dominion utile), yani toprağı kullanma ve ondan gelir elde etme hakkından ayrı tutuldu. Bu yaklaşım, günümüze kadar değişik tarzlarda uygulanmış ve daha sonra çeşitli kuram ve yaklaşımlar ile devletin madencilik alanındaki mülkiyetine ilişkin modern kavramlara entegre edilmiştir. Böylece, doğrudan ya da istimlak hakkı şeklinde olsun, devletin kamu ya da özel alanı hakkındaki çeşitli doktrinler, özgün "regalian sistem" in farklı uygulamaları olmuştur. (Bastida 2002b: s.2.13)

Günümüzde, madenler, pek çok ülkede devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. ABD ve Güney Afrika Cumhuriyeti bu konuda iki önemli istisnayı oluşturmakla birlikte, son zamanlarda Güney Afrika Cumhuriyeti'nde de devletleştirmeye yönelik ciddi çalışmalar söz konusudur. (Walde 2002, Biermann 2001: s.7)

### **1.6.3. Devletin Konumu**

Maden kanunu içerisinde devletin konumunun ortaya konulması önemlidir. Bu çerçevede, devletin aramadan üretime kadar her aşamada yer alabileceği bir yapıdan, bütünüyle özel sektör ağırlıklı bir yapıya kadar olan yelpazede bir model seçilebilir. Bu seçim, o ülkede mevcut maden kaynaklarının zenginliğine ve çeşitliliğine, politik ve toplumsal yapıya, ekonomik ve teknolojik gelişme düzeyine bağlı olarak değişebilmekte ve içsel ya da dışsal faktörlerden etkilenmektedir.

Ancak, her durumda, devletin madencilik faaliyetleri ve yatırımlarına ilişkin belirli düzeyde bir kontrol ve düzenleme yetkisi bulunmaktadır. Devlet mülkiyetindeki ya da özel sektör elindeki madenlerin işlettilmesine ilişkin kural ve süreçler, maden kanunları tarafından tanımlanmaktadır. Madenlerin devletin mülkiyetinde olması, ona madenlerle ilgili kanun ve diğer mevzuat hükümlerini belirleme yetkisinin dayanağını oluşturmaktadır (Topaloğlu 2003: s.14).

#### **1.6.4. Maden Haklarının Verilmesi**

Çeşitli ülkelerin maden kanunları ile, maden haklarının verilmesinde belirli kriter ve koşulların yerine getirilmiş olması istenmektedir. Bunlar arasında, o ülkenin vatandaşı olma ya da belirli teknik ve mali yeterliliğe sahip olma gibi koşullar öne çıkmaktadır.

Maden haklarının verilmesinde, farklı ülkelerde farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Aşağıda bu yaklaşımlar genel olarak özetlenmektedir. (Bastida 2002b: s.2.24-2.26, Otto 1999: s.19)

- 1) İlk müracaata öncelik tanınması (takaddüm hakkı): Maden haklarının, ekonomik potansiyeli olan bir mineral yatağını ilk bulana ya da madenin bulucusunun tanımlanmasının güç olduğu durumlarda, minimum koşulları yerine getirmek kaydıyla ilk başvuru sahibine verilmesi. Bu sistemde amaç, maden haklarının ilk başvuruyu yapana (genellikle madenin bulucusu) teknik veya mali yeterlilik aranmaksızın verilmesi suretiyle maden aramacılığı ve işletmeciliğinin teşvik edilmesidir.
- 2) İlk müracaata, değerlendirmede öncelik verilmesi: Öncekinden farklı olarak bu yaklaşımda başvuru sahiplerinde belirli düzeylerde teknik ve mali yeterlilik aranmaktadır. Gerekli koşulları sağlayan ilk müracaat sahibi maden hakkını almaya hak kazanmakta, yeterli bulunmaması durumunda ise sonraki başvurular değerlendirilmektedir.
- 3) İhale sistemi: Bu yaklaşımda, yetkili idare, başvuru sahiplerinden teklifler almak suretiyle ihaleye çıkar ve maden hakları en uygun teklif veren başvuru sahibine verilir.

#### **1.6.5. Arama ve İşletme Dönemlerinde Maden Hakları**

Yukarıda da değinildiği gibi, madenlerin aranıp bulunmasından satılabilir ürünlere dönüşmesine kadar olan süreç bir dizi madencilik etkinliğinden oluşur. Bununla beraber, tüm bu süreç, çoğu ülkenin maden kanunlarında iki temel kategori halinde düzenlenmiştir: arama ve işletme dönemleri. Maden hakları, genellikle bu iki temel dönem için tanımlanmış bir alanda ve tanımlanmış bir süre için, arama ve işletme hakları; ruhsat, kiralama, imtiyaz ya da bir yetki belgesi şeklinde verilmektedir.

Bununla beraber, bazı ülkelerde prospeksiyon, arama, işletme, cevher hazırlama, rafinasyon ve pazarlama safhaları tek bir süreç olarak ele alınırken, bazı ülkelerde ise, arama ve işletme dönemleri dışında, örneğin ön prospeksiyon ya da işletme sonrası gibi safhalar da ayrıca düzenlenmektedir.

Maden Kanunları ile, herhangi bir safha için verilecek maden hakkının verilmiş amacı anlaşılabilir biçimde tanımlanmalı ve verilen haklar arasında ölçek bakımında farklılaşmalar mevcut ise bunlar ortaya konulmalıdır.

##### **1.6.5.1. Arama döneminde maden hakları**

Madenci, arama dönemi için alınan ruhsat ile, ruhsatlı alanda ticari değerde bir maden yatağının bulunup bulunmadığını belirlemeye çalışır. Dolayısıyla, ruhsat sahibinin talebi, arama döneminin mümkün olduğunca uzun tutulması ve ne zaman arama yapacağı ya da işletmeye geçeceğine karar verebilmesi bakımından kendisine esneklik sağlanmasıdır.

Bununla beraber, ruhsatlı alanın hiçbir madencilik faaliyetinde bulunulmadan ruhsat sahibi tarafından uzun süre elde tutulması istenilen bir durum değildir. Devlet, aranan mineral kaynağının mümkün olduğunca kısa sürede bulunup işletmeye alınmasını amaçlar. Arama ruhsatı verilmiş bir

alanda ruhsat sahibi tarafından sonuç alınmadığı durumda, ruhsatın diğer aramacılara devir işlemleri, maden kanunları ile tanımlanır. Çeşitli mineral kaynaklarına göre farklılık göstermekle birlikte, genel olarak, 4-6 yıllık bir süre arama ruhsatı için yeterli olarak kabul edilmektedir.

Maden kanunlarında, arama döneminde verilen hakkın etkin kullanılmasını sağlamak amacıyla çeşitli önlemler tanımlanmaktadır. Bunların arasında; arama ruhsatının sınırlı veya tanımlanmış bir süre için verilmesi, ancak uzatmanın gerekliliği kanıtlandığı takdirde ruhsatın denetimli yenilenmesi ve ruhsatın belirli koşullara bağlı olarak iptal edilmesi bulunmaktadır.

Arama dönemindeki maden hakları ile ilgili olarak maden kanunlarında yer alması gereken hususlar arasında; arama döneminin süresi, süre uzatımının koşulları, arama döneminde üretim yapılıp yapılamayacağı, verilen hakkın ruhsat alanındaki tek bir minerali mi yoksa tüm mineralleri mi kapsadığı, aynı alan içerisinde farklı mineraller için birden fazla ruhsat verilip verilemeyeceği, arama hakkının devredilip devredilemeyeceği, devredilebilecekse bununla ilgili koşulların neler olduğu yer almaktadır.

Burada, maden kanunları bakımından dikkate alınması gereken bir diğer husus da, yapılan aramalar ile cevher yatağı belirlendikçe başlangıçta talep edilen ruhsat alanı büyüklüğünün azalacak olmasıdır. Devlet tarafından arama döneminde birim alan başına harç alınması, arama ruhsatının değerlendirilmesini teşvik etmek bakımından sıkça kullanılan bir yöntemdir.

#### **1.6.5.2. İşletme döneminde maden hakları**

Maden hakları bakımından önemli noktalardan bir diğeri de, arama döneminde yapılan çalışmalar sonucu mineral kaynaklarının bulunmasından sonra işletme dönemine geçiştir. Söz konusu geçişte maden haklarının sahipliği bakımından üç farklı yaklaşım bulunmaktadır: (Bastida 2002b: s.2.21)

- 1) İşletme dönemi maden hakları otomatik olarak arama ruhsatını elinde bulundurana verilir,
- 2) Arama ruhsatı sahibine işletme ruhsatı almada öncelik tanınır, ancak bu durumda devlet, işletme hakkını başkalarına belirli bir tazminat karşılığı verme hakkını saklı tutar,
- 3) İşletme hakkı, devletin takdir yetkisi ile arama ruhsatı sahibine ya da başka bir başvuru sahibine verilebilir.

Arama döneminde ekonomik bir mineral yatağının varlığı belirlendiğinde işletme hakları tesis edilir. Arama döneminde olduğu gibi işletme döneminde de, bulunan kaynağın zaman kaybedilmeden ve etkin kullanımı amacıyla maden kanunlarında çeşitli önlemler tanımlanır.

Maden kanunlarında, işletme dönemindeki maden hakları ile ilgili olarak yapılan düzenlemelerden başlıcaları aşağıda özetlenmektedir.

- işletme haklarının niteliği, işletme ruhsat sahibinin hak ve yükümlülükleri,
- işletme döneminin süresi, uzatma koşulları ve uzatma süresi,
- işletme ruhsat alanının boyutları ile ilgili sınırlamalar,
- ruhsat alanında tek bir mineralin mi yoksa birden fazla mineralin mi üretilebileceği,
- aynı alanda farklı mineraller için birden fazla ruhsat verilip verilmeyeceği,
- işletme hakkının devredilip devredilemeyeceği, devredilebilecekse bununla ilgili koşullar.

Riskli doğası ya da fiyat ve talepteki dalgalanmalar nedeniyle madencilik faaliyetlerinin sürekliliğinin sağlanmasında çeşitli güçlükler bulunmaktadır. Bununla beraber, devlet tarafından,

ruhsat alanındaki maden işletmesinin sürekli çalışır durumda tutulması hedeflenir. Bu hedefin sağlanması amacıyla, ruhsat sahibine minimum bir harcama ya da üretim yükümlülüğü getirilmesi veya madencilik faaliyetlerinin performansının denetlenmesi gibi yaklaşımlar kullanılmaktadır.

Maden haklarının alınabilmeleri ve muhafaza edilebilmeleri bakımından, son yıllarda maden kanunları ile maden ruhsat sahibinin uyması gereken ciddi çevresel ve toplumsal yükümlülükler de getirilmektedir. Söz konusu hususlar, maden kanunları içerisinde giderek ayrı özel yönetmelikleri gerektiren boyutlarda karşımıza çıkmaktadır.

#### **1.6.6. Maden Haklarını Ellerinde Bulunduranların Yükümlülükleri**

Maden hakkını elinde bulunduran, söz konusu hakkın kullanımıyla ilgili olarak, aynı zamanda kamu yararının korunması amacıyla tasarlanmış çeşitli yükümlülükleri de yerine getirmek durumundadır. Bunların arasında; belirlenmiş en az iş ya da harcama miktarını belirli bir dönemde gerçekleştirmek, yetkili idareye dönemsel raporlar sunmak, dönemler itibarıyla arama ya da üretim programları sunmak, yıllık vergi, devlet hakkı ya da harçları düzenli ödemek, madencilik faaliyetlerini ilgilendiren diğer yasal düzenlemelere uymak ve işletme sonrasına ilişkin düzenlemeleri yerine getirmek de bulunmaktadır.

#### **1.6.7. Yabancı Sermaye**

Maden kanunları, yabancı sermayenin, o ülkede madencilik faaliyetlerinde bulunup bulunamayacağını belirler ve faaliyette bulunabildiği durumda, söz konusu faaliyetlerin çerçevesini çizer. Faaliyetlerin niteliği, yabancıların o ülke vatandaşlarıyla aynı muameleyi görüp göremeyeceği, farklı muamele durumunda bunların neler olacağı, yabancıların faaliyetlerinde yerli sermaye ortaklığının istenip istenmeyeceği, istenecekse ortaklığın nitelik ve niceliği konuları maden kanunları ile belirlenmektedir. Varsa, altın hisse uygulaması gibi yabancı sermayeye özel kısıtlamalar, maden kanununda tanımlanmalıdır. Son yıllarda, arama ya da işletme döneminde yabancı sermayeyi madencilik sektörüne çekmeye yönelik olarak çeşitli ülke maden kanunlarında kapsamlı değişiklikler yapılmıştır. (Omalu & Walde 1998)

#### **1.6.8. Vergiler, Devlet Hakkı ve Diğer Mali Yükümlülükler**

Madencilik sektöründe faaliyette bulunanların mali yükümlülükleri, genel olarak, kurumlar vergisi, gelir vergisi, devlet hakkı (maden üretimi ile sağlanacak gelirden devlet payına düşen kısım), yerel yönetim payları, başvuru ya da yenileme harçları, teminat harçları, arazi kullanımına ilişkin harçlar ve benzeri kalemlerden oluşmaktadır. Söz konusu kalemlerden hangilerinin, hangi koşullarda ve ne oranda alınacakları, maden kanunları ile düzenlenmesi gereken konular arasındadır.

#### **1.6.9. İhracat ve İthalat**

Madencilik faaliyetleri sonucu elde edilen ürünlerin ihracatına ya da ülke dışından ithalatlara ilişkin olarak, maden kanunlarında, belirli amaçlarla bazı düzenlemeler yapılabilmektedir.

İhracata ilişkin olarak en sık rastlanan düzenleme, üretilen madencilik ürünlerinin zenginleştirilip ülke içerisinde katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesini hedefleyen ve yüksek ihracat vergileri ile belirlenen kısıtlamalar şeklindedir. Yine, pek çok ülkede stratejik kaynak olarak tanımlanan madencilik ürünlerinin ihracatı da yasaklanabilmektedir.

İthalat kısıtlamaları ise, genellikle, yerli madencilik üretimlerini korumaya yönelik olarak yapılmakta ve bu amaçla yüksek gümrük vergileri getirilebilmektedir.

Bununla beraber, özellikle 1990'lardan sonra hemen tüm dünyada esen liberalleşme rüzgarları, madencilik sektöründeki mal ve hizmet piyasalarını da etkilemiş ve bu etki pek çok ülkenin maden kanunlarına da yansımıştır.

#### **1.6.10. Çevresel ve Toplumsal Etkiler, İş Sağlığı ve İş Güvenliği**

Madencilik faaliyetleri sırasında ya da sonrasında gerek doğal çevre gerekse yerel topluluklar üzerinde olumsuz etkiler de söz konusudur. Bu etkileri ortadan kaldırmaya ya da en aza indirmeye yönelik önlemlerin - ayrı çevre yasaları ile özel olarak düzenlenmiyorsa- maden kanunları ile ortaya konulması gerekmektedir. 1980'li yıllardan bu yana, maden kanunlarında çevre ya da yerel toplulukları korumaya yönelik düzenlemelerin giderek artmakta olduğu gözlenmektedir. (UNCTAD, UNEP & Binker 1999: s.6, Bastida 2002c: s.4, Orellana 2002)

Madencilik sektörü, doğası gereği, kazalar ve sağlık bakımından büyük ölçüde risk taşıyan bir sektördür. Maden kanunları, -diğer kanunlar ile özel olarak düzenlenmiyorsa- sektörün bu özelliğini göz önünde bulundurarak iş sağlığı ve iş güvenliği hususlarında gerekli düzenlemeleri içermelidir.

#### **1.6.11. Kaynak Koruma**

Maden kanunları ile düzenlenmesi gereken en önemli hususlardan biri de maden kaynaklarının korunmasıdır. Tükenebilir kaynaklar olmaları, maden kaynaklarının bulunduğu ülkeye en yüksek yararı sağlayacak şekilde işletilmelerini gerekli kılmaktadır. Özel sermaye, doğası gereği, mineral kaynağı en kısa sürede en yüksek getiri elde edebileceği şekilde işletmek isteyecek ve kaynağın görece daha düşük kalitedeki kısmını belki de bir daha üretilmeyecek şekilde bırakacaktır. Dolayısıyla, kaynağın korunmasına yönelik olarak işletme öncesi ve sırasında alınacak önlemler maden kanunları ile düzenlenmelidir.

### **1.7. ÇEŞİTLİ ÜLKELERİN MADEN KANUNLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ**

Çeşitli ülkelerin madencilik politikaları ve söz konusu politikaların yansımaları olan maden kanunlarında, farklı ya da benzer bir çok husus bulabilmek mümkündür.

Son yıllarda gelişen çevre duyarlılıkları, madencilik yapılan yerdeki yerel toplulukların talepleri ve buna benzer konularda sivil toplum örgütlerinin giderek artan baskıları, ABD, Avustralya, Kanada ve Güney Afrika Cumhuriyeti gibi madencilikte gelişmiş ülkeleri, maden mevzuatlarında çeşitli değişiklikler yapmaya yöneltmiş ve söz konusu ülkelerde maden haklarını elde bulundurabilmenin maliyetleri giderek yükselmiştir.

Avrupa kıtasında ise, gerek yukarıda belirtilen faktörler gerekse rezervlerin büyük oranda tüketilmiş olması nedeniyle, kömür ya da metal madenciliği gerileme içerisine girmiş, her ne kadar yapı malzemeleri ya da endüstriyel hammadde madenciliği görece olarak öne çıkmışsa da genel olarak madencilik sektörü bu kıtada önemini yitirmektedir.

Son yıllarda, pek çok gelişmekte olan ülke yanında, Sovyetler Birliği'nin dağılmasından sonra eski Doğu Bloğundan ayrılan özellikle Doğu Avrupa'daki ülkeler de, özel sektörü harekete geçirmek ve özellikle



yabancı sermayenin teşvikine yönelik olarak maden kanunlarında, madencilik sektörlerinin liberalleşmesine yönelik değişiklikler yapmışlar ve bu yöndeki çalışmalarına devam etmektedirler.

Çizelge 1'de, çeşitli ülkelerin maden kanunlarının genel özellikleri verilmektedir. Veriler, Biermann (Biermann 2001: s.30-32) ve Bastida 'nın(Bastida 2002b: s.2.21-2.23) çalışmalarından derlenmiştir.

Çizelge 1. Çeşitli ülkelerin maden kanunlarının özellikleri (Biermann, 2001 ve Bastida, 2002).

Ülke	Kanun Tarihi	Mülkiyet	Ruhsat süreleri(yıl)		Yükümlülük		Mak. Ruhsat Alanı (hektar)		İşletmeye geçiş
			Arama	İşletme	Arama	İşletme	Arama	İşletme	
<b>Latin Amerika</b>									
Şili	1983	D	2+2	Belirsiz	YH	YH	5.000	10	Otomatik
Arjantin	1886	D	Belirsiz	Belirsiz					
Bolivya		D	Belirsiz	Belirsiz	YH	YH	25	AS	
Meksika	1992	D	6	50	YH+Y	YH+İş	Sınırsız	Sınırsız	Otomatik
Venezuela		D	3+2		Fizibilite				
Brezilya	1996	D	3+				6.156		Fizibilite
Küba	1995	D	5	50					
Peru	1997	D	Belirsiz	Sınırsız	YH	YH	1.000	AS	
<b>Afrika</b>									
Gün.Afrika C.	1991	Ö							
Kongo	1981	D	8	40					
Gabon	1979	D	4	25+					
Gana	1994	D	3+2	60	Iş Programı+ İstihdam		150 km2		Kiralama
Mozambik	1986	D	6	40+					
Namibya	1992	D	8	40+					
Ivory Coast	1995	D	7	Maden ömrü					
Tanzanya	1998	D	3+4	25+25	YH+Min. Harcama+ Teknik Rapor	Üretim +İstihdam			Fizibilite
Tunus		D	6+	99+25					
Zambia	1995	D	6	50					
<b>Batı Avustr.</b>		D	5+Belirsiz	42+					
<b>Asya</b>									
Dominik	1971	D	5	75					
Hindistan	1993	D	5	60					
Japonya	1962	Ö	2+4	Belirsiz	YH		350		
Güney Kore	1994	Ö	6	25+25					
Papua Y. Gine	1992	D	2+Belirsiz	42					
Çin	1997	D	Belirsiz	Belirsiz					
Myanmar	1994	D	2	15					
Moğolistan	1997	D	3+4	60+40	YH	YH	400.000		Otomatik
Malezya	1994	D	10+2	21+21					
Laos	1997	D	2	10+10					
Kamboçya		D	2+2	30+5					
Endonezya	1967	D	3+2	30+20	YH +Min. Harcama	YH+Üretim	5.000	1.000	
Tayland	1967	D	5	25+25					
Filipinler	1997	D	4	25+25					
<b>Avrupa</b>									
İrlanda	1995		6+	Maden ömrü					
Finlandiya		Ö							
Slovakya		D+Ö							
Polonya		Ö							
<b>Kuzey Amerika</b>									
Kanada, Newf.	1996	D	10	30					
Kanada, Quebec	1995	D	2+Belirsiz	5					
Kanada, B. Col.		D							
Kanada, Sask.		D+Ö							
ABD		Ö							

**Kısaltmalar:** D: Devlet, Ö: Özel Sektör, YH: Yıllık Harç, Y: Yatırım, AS: Arama Sonucuna Göre

## 1.8. TARİHSEL SÜREÇTE ÜLKEMİZ MADENCİLİK POLİTİKALARI İLE MADEN MEVZUATI VE GÜNÜMÜZ MADEN KANUNU'NUN GENEL ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde, Osmanlı'dan günümüze kadar ülkemizde uygulanan madencilik politikaları ve bu politikalara ilişkin oluşturulan yasal mevzuat özetlenmekte ve günümüzde uygulanmakta olan 5177 Sayılı Kanunla Değişik 3213 Sayılı Maden Kanunu ve ilgili yönetmeliklerinin genel özellikleri verilmektedir.

### 1.8.1. Osmanlı'dan Günümüze Madencilik Politikaları ve Yasal Düzenlemeler

Osmanlı Dönemi'nde madencilik, fazla gelişmiş değildir. Bu dönemde madencilik sektöründe üretim amaçlı işletmecilikten çok, kazanılmış maden haklarının ticareti tercih edilmiştir.

19. Yüzyılın ikinci yarısında Osmanlı maden mevzuatında yapılan önemli değişikliklerin, Osmanlı İmparatorluğu'nun Avrupa'nın açık bir pazarı haline geliş süreci ile doğrudan ilişkisi bulunmaktadır. Osmanlı Hükümeti, 1861 Maadin Nizamnamesi'ni, 1810 tarihli Fransız Yasası'ndan uyarlayarak hazırlamış ve bu yasa ile madenlerde söz konusu ruhsat ticaretini sınırlamaya çalışmıştır. Bu yasa ile, toprak mülkiyetinden bağımsız bir "maden işletme hakkı" getirilmiştir. Ayrıca Nizamname ile, yabancıların maden şirketlerine ancak hissedar olabilecekleri kabul edilmiştir. Ancak, 1856 İslahat Fermanı ile yabancıların Osmanlı ülkesinde, belirli şartlarla, taşınmaz mal elde edebilecekleri öngörüldüğünden, Nizamname, 1870 tarihinde değiştirilmiş ve 1867 Protokolü'ne katılan devletlerin vatandaşı olan kişilerin "*bizzat veya bil iştirak maden imal edebilecekleri*" esası kabul edilmiştir. (Ökçün 1969: s.808) Fransız Ereğli Şirketi ile öteki yabancı sermaye sahipleri, bu sayede Zonguldak Kömür Havzası'na rahatça ve resmen girebilmiş ve yabancılar, birçok madene bu yasa değişikliği sonucu hakim olmuşlardır. 1906 tarihli Maadin Nizamnamesi ile de, yabancı sermayeye 99 yıllık işletme hakkı tanınmıştır.

Bu koşullarda, verilen çok sayıdaki ruhsat ve imtiyaza rağmen, madencilik sektörü ülke içindeki maden potansiyeli ile orantılı bir gelişme gösterememiştir. Bu dönemde üretilen madenlerin, linyit ve taşkömürü dışında tamamına yakını ihraç edilmiştir. Osmanlı madenleri, yabancılar tarafından üretilip yine yabancılar tarafından kendi ülkelerinde tüketilmiştir. Madenler, yabancı sermaye tarafından büyük ölçüde istismar edilmiş, Türk köylüsü de insanlık dışı koşullarda çalıştırılmıştır.

Yine, Osmanlı'nın son dönemindeki "milli iktisat" düşüncesi çerçevesinde Türkleri destekleme politikası da, madencilik alanında başarılı olamamıştır.

Birinci Dünya Savaşı sonunda Fransızlar, yatırdıkları sermayeyi korumak bahanesiyle Zonguldak Havzası'nı Ereğli'ye kadar işgal etmişler, fakat milli mücadele karşısında tutunamayarak kısa sürede bölgeyi terk etmek zorunda kalmışlardır. (Türkiye Taşkömürü Kurumu 1993: s.38-39) 1921 yılı sonlarında Celal Bayar, özellikle havzada çalışan işçilerin durumlarının düzeltilmesi amacıyla incelemeler yapmak üzere Zonguldak'a gönderilmiş ve bu incelemelerin sonunda yürürlüğe konulan 10 Eylül 1921 tarih ve 151 sayılı "Havza-i Fahmiye Amele Kanunu"(TMMOB Maden Mühendisleri... 2005) ile o zamana kadar yabancı sermaye tarafından büyük ölçüde sömürülen işçiler lehine önemli değişiklikler getirilmiştir. Bu kanunda; işçi yatakhaneleri ve hamam yaptırılması, onsekiz yaşından küçük işçi çalıştırılmaması, çalışma saatinin günde sekiz saat ile sınırlandırılması, fazla mesaiye iki kat ücret ödenmesi, asgari ücretin belirlenmesi, iş kazalarında ücretsiz tedavi gibi konular maddeler halinde yer almıştır.(Ulutan 1987: s.68) Bu düzenlemeler, dönemin yabancı sermayesi ile karşılaştırıldığında Cumhuriyet Yönetimi'nin, çalışma hayatına bakışını yansıtmaması bakımından önemlidir.

Cumhuriyet'in ilk on yılında, özel kesime çeşitli ayrıcalıklar, bağışıklıklar ve iştirak payları sağlanılmıştır. Ancak, "... Cumhuriyetin ilk yıllarında özel girişimciliği destekleyen iktisat politikası, gi-rişimciliğin "özel"liğinden önce "milli"liğine önem vermiştir. Milli olmak, ekonomik olmaktan önce gelmektedir."(Kuruç 1988a: s.XXXVII) Dolayısıyla, ticaret ve sanayi alanlarında Türkler, giderek azınlıkların yerini almaya başlamışlardır.

1923 Şubat'ında toplanan İzmir İktisat Kongresi'nde yeni iktisat politikası için çizilen "milli karakter", madencilik alanı için de geçerlidir: Kongre delegelerinin oybirliği ile kabul ettiği ilk 12 madde (Misak-ı İktisadi Esasları) arasında, "*Türkiye halkı, madenlerini kendi milli istihali için işletir ve servetlerini herkesten fazla tanımaya çalışır.*"(Ökçün 1971: s.388) ifadesi de yer almaktadır. Madencilikle ilgili alınan diğer kararlar "Tüccar Grubunun Esasları" başlığı altındadır. Kararlar arasında "Türkiye tebaası"na ayrıcalık ve "milli üretim"e himaye isteyen maddeler öne çıkmaktadır. Üçüncü maddede "*Mekşuf (açılmış) madenlerin hemen müzayedeye vezedilerek ehliyeti maliyesi olduğu tahakkuk eden taliplerden tercihan milli olanlara derakap (hemen) ihalesi ve müzayedede hususunda her türlü lüzumsuz kuyyuddan (kayıtlardan) ihtiraz edilerek kestirme yol tutulması...*", dördüncü maddede "*Harp ve işgal dolayısıyla işletilmesi kabil olmayan madenlerden Hükümetin istediği rüsum-u mukarrere yani cerip harcının affı ve fakat bu muafiyetin yalnız Türkiye tebaasına hasrı...*" eve altıncı maddede ise "*Kok ve antrasit cinsleri müstesna olmak üzere ihtiyacatımızı temin eden maden kömürlerimizin ecnebi maden kömürleri rekabetine karşı himayesi.*" ifadeleri yer almaktadır. (Ökçün 1971: s. 408-409)

İktisat Kongresi'nde alınan kararlar doğrultusunda 1925 yılında Sanayi ve Maadin Bankası kurulmuştur. "*Sanayi ve Maadin Bankası'nın kuruluş amacı, ekonominin özel sermaye eliyle gelişebilmesini, devletin doğruca sanayi ve bunun tabanı olan maden işlerinde destekleyebilmesidir.*"(Kuruç 1987a: s.143) Bu destekleme için madencilik alanı ile ilgili diğer yasal düzenlemelerin de çıkarılması gerekmektedir. "*Sanayi ve Maadin Bankası ile birlikte, yine aynı ay içinde, Maadin Nizamnamesi'nin Tadili Hakkındaki Yasa Tasarısı ile Taşocakları Nizamnamesi'ni (TMMOB Maden Mühendisleri... 2005), yine 1925'in Ekim ayında Petrol Yasa Tasarısı'nı, 1926'nın Ocak ayında Demir ve Kömür Madenlerini İşletmeye İlişkin Yasa Tasarısını, Şubat'ta ise Demir Sanayii Kurulması Hakkındaki Yasa Tasarısını görebiliriz.*" (Kuruç 1988a: s.XXXVIII-XXXIX) Yine 1926 yılında 1906 tarihli Maadin Nizamnamesi'nde değişiklik yapılarak, madenler üzerindeki yabancı spekülasyonunu önlemek amacıyla, "Devlet'e ait bilinen madenlerin hükümetçe ya doğrudan doğruya veya Türk şirketleri ile birlikte idaresi veya kâra devletin katılması kaydıyla % 51 sermayesi Türk vatandaşlarına ait şirketlere ihalesi" hükmü konulmuştur. Bu gelişmeleri takiben, 1927 yılında Teşviki Sanayi Kanunu çıkarılmıştır. Bütün bu uygulamaların temelinde, "milli" özel sanayi ve "milli" özel maden işletme yatırımlarına sağlanılması düşünülen özendirici uygulamalar vardır.

Cumhuriyet'in ilk on yılının sonlarına doğru, sermaye birikiminin özel sektör tarafından istenen hızda gerçekleştirilememesi, 1929'dan itibaren gelişmiş ülkelerde ortaya çıkan ekonomik bunalımla birleşince, devletçilik uygulamasına bir zemin oluşturmuştur.

Yeni dönemde yönetim, madenleri, uygulanacak sanayi programı çerçevesinde değerlendirmek istemektedir. Birinci Plan ile ithal ikameci bir sanayileşme politikasına yönelik Cumhuriyet yönetimi, dokuma ile başlayan bu politikayı kömür, petrol, altın, demir, bakır ve kükürtü de kapsayacak şekilde genişletmiştir. Bilinen maden yatakları ile yetinilmemiş, ülkenin maden potansiyelini araştırıp ortaya koyacak bir "Jeoloji Enstitüsü" nün kurulması ve madenlerin işletilmesi ile ilgili yasal ve kurumsal yapının oluşturulması istenmiştir. Bu istekler, öncelikle 1933 yılında 2411 sayılı "Altın ve Petrol Arama ve İşletme İdareleri Teşkiline Dair Kanun" un uygulamaya konulması

ve ardından, 1935'te 2804 sayılı kanunla Maden Tetkik Arama Enstitüsü ve 2805 sayılı kanunla Etibank'ın birbirine bağlı biçimde kurulmaları ile gerçekleştirilir.

7 Haziran 1935 tarihli Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Kanunu(TMMOB Maden Mühendisleri... 2005) gerekçesinde; maden arama faaliyetinin pahalı ve riskli bir iş olduğu, bu nedenle özel sermayenin çekingen davrandığı, ancak, memlekette yeni taşkömürü, linyit, petrol, bitümlü şist, krom, kurşun, manyezit yataklarının aranıp bulunma zarureti olduğu, bu nedenle, "*İktisat Vekaleti'ne bağlı, fakat ticari usullerle işleyen ve hükmi şahsiyeti haiz bulunan bir müessese*" kurulmasında yarar görüldüğü ifade edilmektedir.(Kuruç 1988b:s.600-602) Gerçekten, maden ve petrol aramalarının gerektirdiği büyük sermayenin ve taşıdığı riskin, dönemin koşullarında, özel sektör tarafından üstlenilmesi olanaklı değildir.

Sonuç olarak, madencilik alanına devletin yatırımcı ve işletmeci olarak girme düşüncesi, MTA ve Etibank'ın kurulmasıyla somutlaşmıştır. MTA, maden arama, jeolojik ve jeofizik araştırmalar yapma, laboratuvarlar kurma ve personel eğitimi gibi işlevleri üstlenmekte, Etibank ise, maden kaynaklarının işletilmesi, madencilik alanı ile ilgili her türlü işlem, alım-satım, ruhsat ve benzeri faaliyetleri yürütecek, ayrıca, normal bankacılık işlemleri yapacaktır.

Madencilik alanındaki yeni düzenlemelerin devreye girmesiyle 1936 yılından başlayarak madenlerin devletleştirilme işlemleri başlatılmıştır. Zonguldak Havzası'ndaki bütün kömür ocaklarının devletleştirilerek Etibank'a devredilmesi 15 Ekim 1940 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Bu tarihten itibaren Havza'da kömür üretimi, Etibank'a bağlı "Ereğli Kömürleri İşletmesi" tarafından yapılmıştır. Kamulaştırma çalışmalarıyla birlikte, krom ve demir başta olmak üzere, madenlerle ilgili üretim ve arama çalışmaları da yaygınlaştırılmıştır.

İkinci Dünya Savaşı bittiğinde Etibank, kuruluşunu tamamlamış ve belirli bir kurumsallaşma düzeyine erişmiştir. Etibank tarafından 1945 yılında beş yıllık bir sanayi planı ele alınmış ve bu tarihten itibaren yatırımların büyük ağırlığı Zonguldak Kömür Havzası ve linyit ocaklarına verilmiştir.

İkinci Dünya Savaşı sonrası, 1951 yılında Uluslararası İmar ve Kalkınma Bankası'nın (Dünya Bankası) finanse ettiği ve 13 kişilik bir kurul tarafından hazırlanan, kurul başkanı James M. Barker'in ismine atfen Barker Raporu adı verilen bir çalışma, hükümete sunulmuştur. Kapsamlı bir şekilde hazırlanan rapor, birçok konuya değinmiş olup, madencilige ilişkin önerileri de, özetle, ağır makina ve maden sanayisinin geliştirilmemesi, özel kesimin maden arama ve işletme faaliyetlerinin önünün açılması ve Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü tarafından yapılacak arama sonuçlarının halka açılması şeklinde olmuştur. Bu öneriler, bir yandan özel sermayenin herhangi bir arama riskine katlanmadan maden işletmeciliği yapabilmesine, diğer yandan üretilen cevherlerin herhangi bir işleme tabi tutulmaksızın oldukları gibi ülke dışına çıkarılmalarına olanak sağlamaktadır.

Yukarıda belirtilen öneriler doğrultusunda, önce 1951 yılında 5821 sayılı Sermaye Yatırımlarını Teşvik Kanunu, daha sonra ise 1954 yılında 6309 sayılı Maden Kanunu(Maden İşleri... 2005) çıkarılmıştır. Söz konusu Maden Kanunu ile madenlerin devlet eliyle geliştirilmesi esası terkedilmiş, özel ve kamu girişimlerinin eşit haklara sahip olacakları hükmü getirilmiştir.

Aynı dönemde 6326 sayılı Petrol Kanunu (TMMOB Maden Mühendisleri... 2005) da yürürlüğe girmiş, böylece, 1954 tarihli bu yasa ile petrol arama faaliyeti Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü'nden alınarak yerli ve yabancı tüzel kişilere verilmiştir. (Kepenek 1987: s.101)

Planlı Kalkınma Dönemi olarak adlandırılabilir 1961-1980 arası dönemde, bir önceki döneme tepki, devletin ekonomik alanı yönetme ve koordine etmesinin mutlaka gerekli olduğu, ekonomide öncelikli yatırım alanlarının belirlenmesi ve bu alanlara yatırım yapılmasında devletin öncülük yapması gerektiği yönünde olmuştur. Böylece, bu dönem iktisat politikası uygulamaları, beşer yıllık plan ve programlar şeklinde ortaya çıkmıştır. Dönemin başında yapılan Anayasa'ya, doğal servetlerin ve kaynakların devletin hüküm ve tasarrufu altında olduğu hükmü getirilmiş, ancak 1954 tarihli ve 6309 sayılı Maden Kanunu'nda herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

Bu dönemin, madencilik sektörü açısından en önemli gelişmelerinden biri, bir yandan dünya petrol krizlerinin etkisi, diğer yandan linyite dayalı termik santrallerin planlanması nedeni ile çıkarılan ve özel sektörün elindeki bir kısım maden işletmesinin devletleştirilmesine ilişkin 4 Ekim 1978 tarih ve 2172 sayılı "Devletçe İşletilecek Madenler Hakkında Kanun"dur. Bu yasaya dayanılarak 1979 yılında 9 adet bor, 6 adet asfaltit, 79 adet linyit ve 84 adet demir sahasının işletilmesi, özel sektörden alınarak devlete verilmiştir. (Turan 1983: s.1332-1338)

1980'li yıllardan itibaren ise, "ekonomi yönetiminde kamusal mekanizmaların yerine piyasa mekanizmalarının konulması gerektiği, verimlilik ve refahın bu yolla sağlanacağı" şeklindeki "Yeni Sağ" politikaların Türkiye'ye yansımaları gecikmemiş ve bu doğrultuda önce planlı dönem üzerine bir sünger çekilmiştir. 1980 yılından itibaren ekonomide dışa açık gelişme stratejisi yürürlüğe konmuştur. Bu çerçevede, dış ticaretin serbestleştirilmesinden özelleştirmeye, tarımsal destekleme politikalarından enerji politikalarına kadar çok geniş bir alan, Dünya Bankası ile yapılan Yapısal Uyum Kredi anlaşmalarında yer alan taahhütler doğrultusunda biçimlendirilmiştir. Bu dönemde önce 2172 sayılı "Devletçe İşletilecek Madenler Hakkında Kanun"a ilişkin işlemler durdurulmuş, daha sonra 1983 yılında yürürlüğe giren 2840 sayılı yeni bir kanun(TMMOB Maden Mühendisleri... 2005) çıkartılarak "2172 sayılı kanunun iptali ve evvelce kamulaştırılan maden sahalarının sahiplerine iadesi" kararlaştırılmıştır. Ancak, aynı kanun ile stratejik madenlerin devletin elinde bırakılması da hükme bağlanmıştır.

Söz konusu gelişmelerin Türkiye madencilik sektörüne yansımaları, özellikle 1990'lardan itibaren hız kazanmıştır. Bu süreçte, madencilik sektöründe öne çıkan söylem "kamu madencilik kuruluşlarının özelleştirilmesi" olmuş, özellikle 2000'li yıllardan sonra yapılan özelleştirmeler ile devlet, bor ve kömür dışındaki maden işletmeciliğinden hemen hemen tamamen çekilmiştir.

1985 yılında, 6309 sayılı Maden Kanunu'nun yerine geçmek üzere 3213 sayılı Maden Kanunu(Maden İşleri... 2005) çıkarılmış, ancak söz konusu Kanun, sektörün sorunlarına çözüm getiremediği gerekçesiyle yıllar içerisinde sürekli olarak değişikliğe uğratılmıştır. Yasada yapılan kısmi değişikliklerin de sektörün sorunlarının aşılması ve sektörün geliştirilmesi ile ilgili gerekli çözümleri üretmemesi gerekçeleriyle, 2000 yılından itibaren daha kapsamlı bazı yasal değişiklikler yapılmasına ilişkin çalışmalar başlatılmıştır.

Söz konusu çalışmaların sonucunda, 26 Mayıs 2004 tarihinde "3213 Sayılı Maden Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun Tasarısı" Türkiye Büyük Millet Meclisi Genel Kurulu'nda görüşülerek kabul edilmiştir. Söz konusu tasarı, 4 Haziran 2004'te Cumhurbaşkanı Ahmet Necdet Sezer tarafından onaylanmış, 5 Haziran 2004 tarih ve 25483 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Söz konusu yasal değişiklikler, yönetmeliklere de yansıtılmış, "Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği" ile "Maden Kanunu 1 (a) Grubu Madenleri ile İlgili Uygulama Yönetmeliği", 3 Şubat 2005 tarih ve 25716 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliği ise 21 Haziran 2005 tarih ve 25852 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmıştır.

Yapılan değişiklikler ile Taşocakları Nizamnamesi ve Havza-i Fahmiye Kanunu yürürlükten kaldırılarak; kum, çakıl ve taş ocağı işletmeciliği ile Ereğli Taşkömürü Havzası Maden Kanunu kapsamına alınmıştır.

### **1.8.2. Ülkemiz Maden Kanunu'nun Genel Özellikleri**

Ülkemiz Maden Kanunu dayanağını Anayasa'dan almaktadır. Anayasa'nın 168. maddesi; *"Tabii servetler ve kaynaklar Devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bunların aranması ve işletilmesi hakkı Devlete aittir. Devlet bu hakkını belli bir süre için, gerçek ve tüzelkişilere devredebilir. Hangi tabii servet ve kaynağın arama ve işletmesinin, Devletin gerçek ve tüzelkişilerle ortak olarak veya doğrudan gerçek ve tüzelkişiler eliyle yapılması, kanunun açık iznine bağlıdır. Bu durumda gerçek ve tüzelkişilerin uyması gereken şartlar ve Devletçe yapılacak gözetim, denetim usul ve esasları ve müeyyideler kanunda gösterilir."* demektedir.

5 Haziran 2004 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren ve 5177 Sayılı Kanunla Değişik 3213 Sayılı Maden Kanunu da, Anayasa'nın yukarıda değinilen maddesine istinaden, madenlerin aranması, işletilmesi, üzerinde hak sahibi olunması ve terk edilmesi ile ilgili esas ve usulleri düzenlemeyi amaçlamıştır. Kanun'un genel özellikleri aşağıda verilmektedir.

#### **1.8.2.1. Madenlerin Mülkiyeti**

Maden Kanunu, Anayasa'nın 168. maddesi gereği olarak, madenlerin, Devletin hüküm ve tasarrufu altında olduğunu yinelemekte ve madenleri içinde buldukları arzın mülkiyetinden ayırmaktadır. Böylelikle, arazi mülkiyeti ile maden mülkiyeti birbirinden ayrılmakta, öncelik konusu ise kamu yararı çerçevesinde eşitlikte edilmektedir. Devlet, kendisine Anayasa ile verilen tasarrufu sınırlı süreler için gerçek ya da tüzel kişilere, kamu yararı çerçevesinde, devredebilecektir.

#### **1.8.2.2. Maden tanımı ve kapsamdaki madenler**

Maden Kanunu, madenleri *"Yer kabuğunda ve su kaynaklarında tabii olarak bulunan, ekonomik ve ticarî değeri olan her tür madde"* olarak tanımlamakta ve petrol, doğal gaz, jeotermal ile su kaynaklarını kapsam dışında tutmaktadır.

Farklı biçimlerde ruhsatlandırılmalarına olanak sağlamak bakımından beş ayrı grupta toplanan söz konusu madenler, Çizelge 2'de yer almaktadır.

#### **1.8.2.3. Maden ruhsatı ve/veya sertifikasının alınması**

Maden Kanunu ile düzenlenmekte olan Maden Hakkı, ruhsat ya da sertifika şeklinde alınabilmektedir.

Çizelge 2. Maden Kanunu kapsamındaki madenler.

Grup	Madenler
I/a	İnşaat ile yol yapımında kullanılan ve tabiatta doğal olarak bulunan kum ve çakıl, %80'nin altında SiO <sub>2</sub> içeren kum, ariyet malzemesi ve SiO <sub>2</sub> oranına bakılmaksızın denizlerdeki kum ve çakıllar.
I/b	Tuğla-kiremit kili, çimento kili, marn, puzolanik kayaç (tras) ile çimento ve seramik sanayilerinde kullanılan ve diğer gruplarda yer almayan kayaçlar ile; 1) %25'den az Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> içeren killer, 2) %50'den az montmorillonit minerali içeren kayaçlar, 3) %50'den az illit minerali içeren kay açlar, 4) %50'den az zeolit minerali içeren kayaçlar, 5) Na <sub>2</sub> O ve K <sub>2</sub> O toplamı %5'den az olan kayaçlar.
II	Mermer, dekoratif taşlar, traverten, kalker, dolomit, kalsit, granit, siyenit, andezit, bazalt ve benzeri taşlar.
III	Deniz, göl, kaynak suyundan elde edilen eriyik halde bulunan tuzlar, jeotermal kaynaklar, doğal gaz ve petrolü alanların dışında bulunan karbondioksit (CO <sub>2</sub> ) gazı ile IV. grup madenleri içeren ve bu madenlerin elde edilmesinde kullanılan gaz ve sulardır.
IV/a	<i>Endüstriyel Hammaddeler:</i> Kaolen, Dikit, Nakrit, Halloysit, Endellit, Anaksit, Bentonit, Montmorillonit, Baydilit, Nontronit, Saponit, Hektorit, İllit, Vermikülit, Allofan, İmalogit, Klorit, Sepiyolit, Paligorskit (Atapuljit), Loglinit ve bunların karışımı killer, Refrakter kill er, Jips, Anhidrit, Alünit (Şap), Halit, Sodyum, Potasyum, Lityum, Kalsiyum, Magnezyum, Klor, Nitrat, İyot, Flor, Brom ve diğer tuzlar, Bor tuzları (Kolemanit, Uleksit, Borasit, Tinkal, Pandermit veya bünyesinde en az %10 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> içeren diğer Bor mineralleri), Stronsiyum tuzları (Selestin, Stronsiyanit), Barit, Vollaistonit, Talk, Steattit, Pirofillit, Diatomit, Olivin, Dunit, Sillimanit, Andaluzit, Dumortiorit, Disten (Kyanit), Fosfat, Apatit, Asbest (Amyant), Manyezit, Huntit, Tabii Soda mineralleri (Trona, Nakolit, Davsonit), Zeolit, Pomza, Pekştayn, Perlit, Obsidyen, Grafit, Kükürt, Flüorit, Kriyolit, Zımpara Taşı, Korundum, Diyasporit, Kuvars, Kuvarsit ve bileşiminde en az %80 SiO <sub>2</sub> ihtiva eden Kuvars kumu, Feldispat (Feldispat ve Feldispatoid grubu mineraller), Mika (Biyotit, Muskovit, Serisit, Lepidolit, Flogopit), Nefelinli Siyenit, Kalsedon (Sileks, Çört), Harzburgit.
IV/b	<i>Enerji Hammaddeleri:</i> Turba, Linyit, Taşkömürü, Antrasit, Asfaltit, Bitümlü Şist, Bitümlü Şeyl, Radyoaktif Mineraller (Uranyum, Toryum, Radyum).
IV/c	<i>Metalik Madenler:</i> Altın, Gümüş, Platin, Bakır, Kurşun, Çinko, Demir, Pirit, Manganez, Krom, Civa, Antimuan, Kalay, Vanadyum, Arsenik, Molibden, Tungsten (Volframit, Şelit), Kobalt, Nikel, Kadmiyum, Bizmut, Titan (İlmenit, Rutil), Alüminyum (Boksit, Gipsit, Böhmit), Nadir toprak elementleri (Seryum Grubu, Yitriyum Grubu) ve Nadir toprak mineralleri (Bastnazit, Monazit, Ksenotim, Serit, Oyksenit, Samarskit, Fergusonit), Sezyum, Rubidyum, Berilyum, İndiyum, Galyum, Talyum, Zirkonyum, Hafniyum, Germanyum, Niobyum, Tantalyum, Selenyum, Telluryum, Renyum.
V	<i>Kıymetli ve Yarı Kıymetli Mineraller:</i> Elmas, Safir, Yakut, Beril, Zümrüt, Morganit, Akuvamarin, Heliodor, Aleksandirit, Agat, Oniks, Sardoniks, Jasp, Karnolin, Heliotrop, Kantaşı, Krizopras, Opal (İrize Opal, Kırmızı Opal, Siyah Opal, Ağaç Opal), Kuvars kristalleri (Ametist, Sitrin, Neceftaşı (Dağ kristali), Dumanlı Kuvars, Kedigözü, Avanturin, Venüstaşı, Gül Kuvars), Turmalin (Rubellit, Vardelit, İndigolit), Topaz, Aytaşı, Turkuaz (Firuze), Sp odümen, Kehribar, Lazurit (Lapislazuli), Oltutaşı, Diopsit, Amazonit, Lületaş, Labrodorit, Epidot (Zeosit, Tanzonit), Spinel, Jadeit, Yeşim veya Jad, Rodonit, Rodokrozit, Granat Minarelleri (Spesartin, Grosüller Hessianit, Dermontoit, Uvarovit, Pirop, Almandin), Diaspor Kristalleri, Kemererit, Krizoberil, Fenakit, Taaffeit, Oyklas, Krizolit, Zebercet, Uvit, Siberit, Akroit, Safirin, Prazilolit, Sarder, Karneol, Jaspis, Moldavit, Enstatit, Aktinolit, Ateş Opal, Brazilianit, Vezüvyan (İdokras), Kordiyerit, Sfe n Kristalleri, Dioplas, Apofillit, Prehnit, Petalit, Fibrolit, Benitoid, Sanidin, Bitovnit, Andezin, Adularya, Skapolit, Natrolit, Hayün, Pektolit, Polusit (Polluks), Datolit, Kornerupin, Danburit, Sinhalit, Kurnokovit, Lazulit, Ambligonit, Sodalit, Krizokol, Vardit, Nefrit, Sedef, Operkül.

#### 1.8.2.4. Maden haklarını kimler alabilir?

Maden Kanunu'nun 6. maddesi gereği olarak maden haklarını alacak olanlar, gerçek veya tüzel tek kişi olabilirler. Bunlar;

- 1) medeni haklarını kullanmaya ehil Türkiye Cumhuriyeti vatandaşları,
- 2) madencilik yapabileceği statüsünde yazılı ve Türkiye Cumhuriyeti Kanunları'na göre kurulmuş tüzelkişiliği haiz şirketler ve,
- 3) madencilik yapabilme yetkisi bulunan kamu iktisadi teşebbüsleri ve bunların müesseseleri, bağlı ortaklıkları ve iştirakleri ile diğer kamu kurum, kuruluş ve idareleri.

Maden Kanunu, maden haklarını alabilmek bakımından, gerçek ya da tüzel kişilerde doğrudan teknik ya da mali yeterlilik aramamaktadır.

#### 1.8.2.5. Maden hakkı müracaatının yapılması

Maden Kanunu'na göre genel müracaat, I(a) grubu madenler için il özel idarelerine ve diğer grup madenler için ise Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Maden İşleri Genel Müdürlüğü'ne (MİGEM) yapılır. MİGEM'e yapılan müracaatlarda öncelik hakkı esastır. Arama ruhsat/sertifika müracaatı, ilk müracaat harcı yatırılarak, Ek 1'de örneği verilmiş dilekçe ile yapılır. Müracaatlar, farklı grup madenler için verilen maksimum alan büyüklüklerini geçemez. Farklı grup madenler için müracaat yeri, alınacak ruhsat/sertifika cinsi ve maksimum alan genişlikleri Çizelge 3'de verilmektedir.

Çizelge 3. Maden gruplarına göre ruhsat müracaatları.

Grup	Müracaat Yeri	Ruhsat/Sertifika Cinsi	Maks.Alan (Hektar)
1/a	İl Özel İdaresi	İşletme ruhsatı	10
1/b	MİGEM	İşletme ruhsatı	50
2	MİGEM	Arama ruhsatı	100
3	MİGEM	Arama ruhsatı	500
4/a	MİGEM	Arama ruhsatı	2.000
4/b	MİGEM	Arama ruhsatı	2.000
4/c	MİGEM	Arama ruhsatı	2.000
5	MİGEM	Arama Sertifikası	1.000

Maden arama ruhsatı ya da sertifikası müracaatı için, müracaat edilecek gruba karar verildikten sonra, ruhsat alınmak istenen alanın koordinatlarının ve paftasının belirlenmesi gerekir. Söz konusu paftalar gizli askeri paftalar olmaları nedeniyle sadece kamu kuruluşlarından temin edilebilirler.

Müracaatlar; 6 derecelik dilim esas alınarak, yirmi noktayı geçmeyecek şekilde, yedi basamaklı koordinatlar ile 1/25.000 ölçekli pafta adı yazılarak yapılır. Müracaat edilen alanın koordinatları, saat ibresi dönüş yönünde sağa (y), yukarı (x) eksenleri üzerinden yedişer nümerik değer okunmak suretiyle verilir. Müracaatlar tek poligon olarak yapılır.



Herhangi bir ruhsat/sertifika müracaatı en fazla dört paftayı kapsayabilir. Müracaat edilecek alanın dört paftayı aşması durumunda, aşan fazla kısımlar için ayrı bir müracaat yapılması gerekmektedir.

Hak sağlayan müracaat sahibi, müracaatı takip eden günden başlayarak on beş gün içinde; ruhsat harcı, ruhsat teminatı ve Ek 2'de örneği verilen formdaki diğer belgeleri eksiksiz olarak MİGEM'e verir. Belgelerin tamamlanmasını takip eden ilk iş günü arama ruhsatı veya arama sertifikası düzenlenip yürürlüğe girer. Ruhsat teminatı, ruhsat aşamasına ve süresine bağlı olarak hektar başına yıllık ruhsat harcının %0,3'üdür. Ancak, toplam teminat miktarı yıllık harçtan az olamaz.

I(a) Grubu madenler, il özel idaresince ihale yolu ile ruhsatlandırılır. İhaleler il özel idaresinin tabi olduğu mevzuata göre yapılır. Özel mülkiyet içerisinde bulunan I(a) Grubu maden sahaları ihale edilemez.

#### **1.8.2.6. Arama faaliyetleri**

Arama ruhsatı/sertifika sahipleri, arama döneminin ikinci yılı sonuna kadar en az bir adet arama faaliyet raporu (Ek 3) vermek suretiyle sahada yapılmış arama çalışmalarını, bu çalışmalardan elde edilen bulguları ve bunların sonuçlarını bildirmek zorundadırlar.

IV. Grup ruhsatlar için ise, ikinci yılın sonunda verilecek olandan başka en geç üçüncü yılın sonuna kadar, süre uzatımı talebi ile birlikte arama faaliyet raporu verilmesi gereklidir. Bu gruptaki madenler için arama ruhsat süresi; rezervin artırılması, teknolojik testlerin yapılması, üretilecek madenin pazar araştırması için belli bir süreye daha ihtiyaç duyulmasının faaliyet raporları ile belgelenmesi halinde iki yıl daha uzatılabilmektedir. Süresi içinde yeterli arama faaliyetlerinde bulunulmayan ruhsatlar ise iptal edilmektedir.

Arama ruhsatı döneminde; teknolojik araştırma, geliştirme, pilot çalışmalar ve pazar araştırmaları yapmak gerekçeleriyle arama faaliyet raporu ile birlikte müracaat edilmesi halinde, görünür rezervin %10'una kadar maden üretim ve satış izni verilebilmektedir.

#### **1.8.2.7. İşletme faaliyet ve izinleri**

Ruhsat sahibinin, arama ruhsat süresi sonuna kadar, arama faaliyet raporu ve işletme projesi ile müracaatta bulunması halinde işletme ruhsatı hakkı doğmaktadır.

Bu durumda, hazırlanacak arama faaliyet raporu tespit edilen madenin rezerv bilgilerini, işletme projesi ise faaliyet sonrası işletme alanının çevre ile uyumlu hale getirilmesini de içermek zorundadır ve Ek 4'de verilen forma uygun hazırlanmalıdır.

Hazırlanacak işletme projesinde yer alması gereken temel hususlar aşağıda sıralanmaktadır:

- 1) Ruhsat bilgileri (Ruhsat sahasının yeri, sınır koordinatları, paftası, alanı, ruhsatın grubu, madenin cinsi, yer bulduru haritası, talep edilen işletme izin koordinatları ve alanı),
- 2) İşletme projesi ile ilgili genel bilgiler (Yeri, gerekçesi, yatırımın başlama tarihi, süresi, rezerv bilgileri),
- 3) Üretim sahası ile ilgili genel bilgiler (Alt yapı durumu, istihdam, araziden faydalanma durumu, üretim için alınacak izinler),
- 4) Projenin teknik yönü (Maden yatağı ile ilgili bilgiler, rezervler ve rezervin tespit yöntemleri,

- işletme yöntemi, kullanılacak tesis ve teknolojisi hakkında bilgi, çevre ile uyum planı),
- 5) Projenin mali boyutu (finansman kaynakları, üretim maliyeti, yatırım tutarları, satış fiyatı, işletme gelir ve giderleri, işletme kârı, vergiler, devlet hakkı, projenin ülke ekonomisine katkısı).

İşletme projesinin ekinde ise aşağıdaki haritalar ve çizimler yer almalıdır:

- 1) Ruhsat alanının ve varsa ocak yerinin yer bulduru haritası,
- 2) Ruhsat alanının uygun ölçekli jeolojik haritası,
- 3) Uygun ölçekle çizilmiş ruhsat sınırı, talep edilen işletme izin sınırları ile sahada açılmış ocak, galeri, yarma, sondaj, kuyu gibi arama faaliyetlerinin yerini gösterir imalat haritası,
- 4) Sahada belirlenmiş görünür rezerve ve ruhsat süresine bağlı olarak planlanan üretim programlarını gösterir harita,
- 5) Yer altı işletmelerinde işçi sağlığı ve iş güvenliği ile ilgili alınacak önlemler, havalandırma, su tahliyesi, nakliye vs. gibi hususları içeren uygun ölçekli çizimler,
- 6) Mevcut ve yapılması planlanan bina, tesis, kantar, silo, trafo, yol, ve benzeri yapıları gösteren vaziyet planı.

Yukarıdaki belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak yapılan incelemeler ve değerlendirmeler sonucunda; belirlenen görünür, muhtemel ve mümkün rezerv alanı ile ruhsat alanı içinde bu madenin işletilmesi için gerekli tesislerin bulunduğu alana Ek 5'de örneği verilen işletme ruhsatı, görünür rezerv alanına ise gerekli izinlerin de alınmasını takiben Ek 6'da örneği verilen işletme izni verilir.

Maden Kanunu, işletme izni verilmesi hususunu 7. madde ile belirtilen izinlerin alınmış olması koşuluna bağlamaktadır. Söz konusu 7. maddede belirtilen alanlarda madencilik faaliyetlerinin hangi esaslara göre yürütüleceği ve bu esaslarla ilgili olarak bakanlıklar ve diğer kamu kurum ve kuruluşlarının vereceği izinlere dair usul ve esaslar 26 Eylül 2005 tarih ve 25852 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliği" ile düzenlenmektedir. Söz konusu Yönetmelik ile; orman, muhafaza ormanı, ağaçlandırma alanları, kara avcılığı alanları, özel çevre koruma bölgeleri, milli parklar, tabiat parkları, tabiat anıtı, tabiatı koruma alanı, tarım, mera, sit alanları, su havzaları, kıyı alanları ve sahil şeritleri, karasuları, turizm bölgeleri, alanları ve merkezleri ile kültür ve turizm koruma ve gelişim bölgeleri, askerî yasak bölgeler, imar alanları ve mücavir alanlarda madencilik faaliyetlerinin çevresel etki değerlendirmesi, gayrisihhi müesseseler ile ilgili hususlar dahil hangi esaslara göre yürütüleceği belirlenmektedir.

I(b) grubu madenlere doğrudan işletme ruhsatı için müracaat yapılmaktadır. İlk müracaat Ek 1'de örneği verilen dilekçe ile ve maden ismi belirtilerek yapılır. Uygun olan alanlar on beş gün süre ile rezerve edilir. Bu sürede müracaat sahibi, Ek 3'de örneği verilen forma uygun olarak hazırladığı işletme projesini MİGEM'e verir. Projenin, yerinde incelenmesi sonucunda uygun bulunan alana işletme ruhsatı ve gerekli izinlerin alınmasından sonra işletme izni verilir.

Ruhsat sahibi, işletme izninin verildiği tarihten sonra bir yıl içinde, işletme projesinde beyan ettiği şekilde üretim yapmak veya üretime yönelik tesis yapmak suretiyle madeni işletmeye almak zorundadır.

V. Grup madenlerin üretimi ise işletme sertifikası ile yapılır. Arama sertifikası süresi sonuna kadar yapılan çalışmaları içeren arama faaliyet raporu ve talep harcının ödendiğine dair belge ile müracaatta bulunulması halinde uygun olan müracaatlara işletme sertifikası verilmektedir. İşletme sertifikası süresi ise beş yıldır.

Arazi yüzeyinden toplama suretiyle üretimi yapılan bu madenlerin işletilmesi için yarma, galeri, ocak açmak gibi faaliyette bulunulmasının gerekmesi durumunda, en az bir maden mühendisi tarafından Ek 4'te verilen örneğe uygun bir işletme projesi hazırlanarak MİGEM'den işletme izni alınması gerekmektedir.

Ruhsat sahibinin, gerekli izinlerin alınmasını takiben en geç bir yıl içinde işletme faaliyetine başlaması zorunludur. Bu süre içerisinde işletmeye alınmayan ya da üretim yapılmayan ruhsat sahalarından projede belirtilen üretim miktarının %10'u üzerinden Devlet Hakkı alınır.

I(a) Grubu madenlerin işletme ruhsat süresi beş yıldan az olmamak üzere rezerve göre belirlenir. Ruhsat süresinin bitiminden önce talep harcı ve yeni bir projeyle uzatma talebinde bulunulması, sahada projesine uygun üretim yapılmış, maden rezervinin yeterli ve verimli bir şekilde işletilmesi için gerekli yatırımların ve tesislerin inşa edilmiş olması ve temdit projesinin uygun bulunması durumunda ruhsat süresi uzatılabilir. Toplam ruhsat süresi altmış yılı geçemez. Altmış yıldan sonraki sürenin uzatılmasına Bakanlar Kurulu yetkilidir.

### **Ruhsatların üst üste verilmesi**

Maden Kanunu'na göre, aynı grup ruhsatlar birbirleri üzerine verilememekte, ayrı grup ruhsatlar ise üst üste verilebilmektedir. Aynı veya ayrı grup maden ruhsatlarının işletme izin alanlarının üst üste talep edilmesi durumunda, MİGEM tarafından gerekli incelemeler yapılır. İncelemeler sonucu yapılan değerlendirmeler ile; kazanılmış haklar korunmak kaydı ile kaynak kaybına neden olmayacak, maden işletmeciliğini ve işletme güvenliğini tehlikeye düşürmeyecek şekilde, ayrı ayrı çalışma imkanı bulunduğu tespit edildiğinde ayrı gruplarda işletme izinleri verilebilir. Bu mümkün değilse öncelik hakkı esas alınarak faaliyete izin verilir.

Ancak, 2.000 hektardan daha az olan maden ruhsatı işletme izin alanları ile 100 hektardan daha az olan mermer ruhsatı işletme izin alanları üzerine I(b) Grubu işletme izni ve I(b) Grubu maden işletme izni üzerine de IV. Grup veya II. Grup işletme izni verilmez. Bununla birlikte, farklı gruptaki işletme ruhsatlarının aynı kişiye ait olması veya talep sahiplerinin aralarında mutabakat sağladıklarını belgelemeleri halinde üst üste işletme izni verilir.

### **Ruhsatların birleştirilmesi**

Talep harcı ile müracaatta bulunulması halinde aynı kenarda en az iki noktası ortak, aynı grup ve safhadaki ruhsatlar birleştirilebilir. Birleştirme sonucunda ortaya çıkan alan, kanunda belirtilen alan sınırlamalarını geçemez.

Ancak, aynı kişiye ait mücavir işletme ruhsat alanlarında görünür maden rezervinin bir bütünlük teşkil etmesi halinde yeni bir işletme projesi verilerek birleştirme talebinde bulunulabilir. Uygun bulunan taleplerde alan kısıtlaması aranmaz. Birleştirme sonunda yeni ruhsatın süresi, birleştirilenler arasındaki süresi en az kalan ruhsat süresi kadardır.

### **1.8.2.8. Ruhsat iptal, teminat iradı ve faaliyetin durdurulması**

Maden Kanunu ve ilgili yönetmeliklerinde ruhsat iptali, teminat iradı ve yürütülmekte olan faaliyetin durdurulması hususları önemli bir yer tutmaktadır. Aşağıdaki durumlarda ruhsat iptali, teminat iradı ya da faaliyetin durdurulması söz konusu olur:

#### 1.8.2.8.1. Teminatların irad kaydedildiği durumlar

- 1) Arama faaliyet raporlarının süresinde verilmemesi halinde *teminat irat kaydedilir*.
- 2) Geçici tatilin gerekçesinin ortadan kalkmasından itibaren üç ay içinde faaliyete geçilmemesi durumunda *teminat irat kaydedilir*.
- 3) Madenlerin, MİGEM'den alınacak sevk fişi ile sevk edilmesi zorunludur. Yapılan sevkıyatın Maliye Bakanlığı'ndan alınmış sevk irsaliyesi ile yapılmış ve Devlet hakkının ödenmiş olması durumunda, ruhsat sahibi uyarılır. Aynı işlemin tekrarında *teminat irat kaydedilir*.
- 4) Sevkıyatın, Maliye Bakanlığında alınmış sevk irsaliyesi ile yapılması ve Devlet hakkının ödenmemiş olması durumunda MİGEM'den alınan sevk fişlerinin kullanılması yönünde ruhsat sahibi uyarılır. Aynı işlemin tekrarında *teminat irat kaydedilir*.
- 5) MİGEM'den alınmış sevk fişinin, üretim hakkı olan aynı ruhsat sahibine ait başka bir ruhsat sahasında kullanılması ve yapılmış sevkıyatın karşılığı Devlet hakkı ödenmiş olması durumunda, ruhsat sahibi uyarılır. Aynı işlemin tekrarında *teminat irat kaydedilir*.
- 6) Genel Müdürlükten alınmış sevk fişinin, ait olduğu ruhsat dışında başka kişiye ait bir ruhsat alanında kullanılması durumunda, sevk fişini kullanan ve kullandıran ruhsat sahipleri uyarılır. Aynı işlemin tekrarında *teminat irat kaydedilir*.
- 7) Ruhsatın iptali, terk edilmesi veya sevk fişlerinin amacına uygun kullanılmaması durumunda sevk fişleri MİGEM'e iade edilir. Sevk fişleri, tebligat tarihinden itibaren iki ay içinde iade edilmediği takdirde *teminat irat kaydedilir*.
- 8) Belge ve beyanlardaki hata ve noksanlıklar, MİGEM tarafından yapılacak tebligat tarihinden itibaren ruhsat sahibince iki ay içerisinde düzeltilmezse teminat irat kaydedilir.
- 9) Kanunun 7 nci maddesine göre alınması gerekli izinler için işletme ruhsat tarihinden itibaren üç ay içinde müracaat edilmese *teminat irat kaydedilir*.
- 10) Ekonomik değer ihtiva eden ancak, günün şartlarında teknik veya ekonomik değerlendirmesi mümkün olmayan malzemeler, çevre kirliliği açısından da mahzur teşkil etmediği durumda, geçirildikleri son işlemde çıktıkları şekliyle ayrı ayrı muhafaza edilmiyorlarsa, *teminat irat kaydedilir*.
- 11) Geçici tatil gerektiren durumun ortadan kalkmasından itibaren üç ay içinde faaliyete geçilmezse *teminat irat kaydedilir*.
- 12) Teknik nezaretçinin istifa veya azlinin MİGEM'e on beş gün içinde bildirilmesi zorunludur. Bu süreden sonra üretim faaliyetlerine devam edilmesi halinde *teminat irat kaydedilir*.

#### 1.8.2.8.2. Faaliyetin durdurulduğu durumlar

- 1) Arama ruhsatı döneminde üretimin, MİGEM'ce uygun bulunan koordinatlar içinde yapılmaması durumunda koordinatlar dışındaki üretim faaliyetleri, gerekli izin alınıncaya kadar *durdurulur*.
- 2) Üretim yöntemi ile ilgili değişikliklerin, uygulanmadan önce MİGEM'e bildirilmesi zorunludur. Aksi takdirde, sahadaki işçi sağlığı ve iş güvenliği ile ilgili çalışmalar dışındaki faaliyetler, revize projenin onaylanmasına kadar *durdurulur*.
- 3) Hammadde üretim izin belgesi verilen alanlarda, Kanun ve Yönetmeliğe uygun yürütülmeyen veya çevre ve insan sağlığına zarar veren faaliyetler, gerekli önlemler alınıncaya kadar *durdurulur*.
- 4) Ruhsat sahibi, her yıl Nisan ayı sonuna kadar bir önceki yıl içinde gerçekleştirdiği işletme faaliyeti ile ilgili imalat haritası ve kesitleri, satış bilgi formunu, faaliyet bilgi formunu ve işletme sahasında arama yapmış ise arama ile ilgili bilgileri MİGEM'e vermekle

yükümlüdür. Yükümlülüğün yerine getirilmemesi halinde *teminat irat kaydedilir*. Yükümlülük yerine getirilinceye kadar faaliyet *durdurulur*.

- 5) Teknik nezaretçi, işyerinde yaptığı inceleme ve gözlemlerde iş sağlığı ve güvenliği yönünden tehlikeli bir durumun varlığını tespit etmesi ve hemen tedbir alınmasının mümkün olmadığını belirlemesi durumunda, *işletme faaliyetini durdurma yetkisini* kullanır.

#### 1.8.2.8.3. Faaliyetin durdurulduğu ve teminatın irad kaydedildiği durumlar

- 1) Arama döneminde, MİGEM'ce verilen izin çerçevesinde üretim ve satış yılmaması halinde *teminat irat kaydedilir*. Bu şekilde yapılan üretimlerle ilgili, işletme faaliyet bilgi formunun, satış bilgi formunun ve imalat haritasının, Nisan ayı sonuna kadar verilmemesi durumunda *teminat irat kaydedilir*. Yükümlülük yerine getirilinceye kadar *faaliyet durdurulur*.
- 2) III. Grup madenlerin üretilmesinde MİGEM'den izin alınmadan göl ve denizin doğal yüzeyini değiştirecek şekilde havuz, kanal ve sondaj yapıldığının tespiti halinde *faaliyetler durdurulur; teminat irat kaydedilir*.
- 3) Üretim veya hazırlık çalışmaları sürdürülürken işçi sağlığı ve iş güvenliğinin tehlikeye düştüğünün tespiti halinde, gerekli önlemlerin alınması ve çalışmaların yapılabilmesi için ruhsat sahibine altı aya kadar süre verilir. Bu süre sonunda projeye uygun faaliyette bulunulmaması veya tehlikeli durumun ortadan kaldırılmaması halinde *teminat irat kaydedilerek işletme faaliyeti durdurulur*.
- 4) Ruhsatlı alan içinde, ancak işletme izin alanları dışında üretim faaliyetinde bulunulması durumunda işletme izni alanı dışındaki faaliyeti durdurulur. Bu fiilin tekrarı halinde işletme izni alanı dışındaki *faaliyet durdurularak teminat irat kaydedilir*.
- 5) İşletme açısından tehlikeli durumların tespiti halinde, bu halleri gidermek için ruhsat sahibine verilen altı aylık süre sonunda projeye uygun faaliyette bulunulmaması veya tehlikeli durumun ortadan kaldırılmaması halinde *teminat irat kaydedilerek işletme faaliyeti durdurulur*.
- 6) Maden mühendisi istihdamı veya nezareti gerçekleşmeden üretim yapılması halinde *teminat irat kaydedilerek faaliyet durdurulur*.
- 7) Maden mühendisinin daimi istihdam şartının oluştuğu durumlarda, daimi nezaretçi istihdam edilmeden üretim yapılmasının belirlenmesi halinde *teminat irat kaydedilir ve faaliyet durdurulur*.

#### 1.8.2.8.4. Ruhsatın iptal edildiği durumlar

- 1) IV. Grup ruhsatlar için üç yıllık süresi içinde yeterli arama faaliyetlerinde bulunulmayan *ruhsatlar iptal edilir*.
- 2) Mirasçıların altı ay içinde, intikal eden haklarını bir bütün olarak kullanması ve bu hakkı aralarından maden hakkı alabilecek birine ya da maden hakkı alabilecek özel ya da tüzel kişiye devir etmek üzere MİGEM'e müracaat etmemeleri durumunda *ruhsat iptal edilir*.
- 3) Mahkemenin ruhsat hakkını verdiği kişi, mahkeme kararı ile birlikte iki ay içinde intikal için gerekli belgelerle MİGEM'e müracaat etmezse *ruhsat iptal edilir*.
- 4) Ölüm tarihinden itibaren altı ay içerisinde MİGEM'e intikal işlemleri için müracaat edilmediği takdirde, *ruhsat iptal edilir*.
- 5) İrat kaydedilen teminatın üç ay içinde yatırılması ve izin için müracaat edilmesi zorunludur. Verilen ikinci üç ay içinde teminat yatırılarak izin için gerekli müracaat yapılmaz ise *ruhsat iptal edilir*.

#### 1.8.2.8.5. Ruhsatın iptal edildiği ve teminatın irat kaydedildiği durumlar

- 1) Projelerdeki eksikliklerin verilen sürede tamamlanmaması halinde teminatların üç ay içinde iki kat olarak yatırılması gerekir. Bu süre sonunda da teminatını iki kat olarak yatırmayan ve eksikliklerini tamamlamayanların ruhsat *teminatları irat kaydedilir ve ruhsat iptal edilir.*
- 2) Beş yıllık sürede mücbir sebepler ve beklenmeyen haller dışında üç yıldan fazla üretim yapılmayan ruhsatlar, *teminatları irat kaydedilerek iptal edilir.*

#### 1.8.2.8.6. Ruhsatın iptal edilerek teminatın irat kaydedildiği ve faaliyetin durdurulduğu durumlar

- 1) Ruhsat sahiplerinin gerçek dışı veya yanıltıcı beyanda bulunulan ruhsatlarının *teminatları irat kaydedilir.* Bu alandaki *faaliyetler durdurulur.* Beş yıl içinde bu ihlalin üç kez yapılması durumunda *teminat irat kaydedilerek ruhsat iptal edilir.*
- 2) Kanunun 7 nci maddesi hükümlerine aykırı faaliyette bulunulduğunun tespiti halinde *teminat irat kaydedilerek faaliyetler durdurulur.* Beş yıl içinde üç kez bu maddenin ihlali halinde *teminatın tamamı irat kaydedilerek ruhsat iptal edilir.*

#### 1.8.2.9. İşletme dönemi işlemleri

İşletme izinlerinin alınmasını takiben üretim faaliyetleri, projesine uygun olarak yürütülür. Ruhsat sahasında üretim yöntemi ile ilgili değişikliklerin söz konusu olması durumunda, uygulanmadan önce revize projenin MİGEM'e iletilmesi gerekmektedir. Aksi taktirde, sahadaki işçi sağlığı ve iş güvenliği ile ilgili çalışmalar dışındaki faaliyetler, revize projenin onaylanmasına kadar durdurulur.

Üretim veya hazırlık çalışmaları sürdürülürken işçi sağlığı ve iş güvenliğinin tehlikeye düştüğünün tespiti durumunda, gerekli önlemlerin alınması ve çalışmaların yapılabilmesi için ruhsat sahibine altı aya kadar süre verilir. Bu süre sonunda projeye uygun faaliyette bulunulmaması veya tehlikeli durumun ortadan kaldırılmaması halinde teminat irat kaydedilerek işletme faaliyeti durdurulur.

İşletme faaliyetlerinin ve işletmeden satışların idare tarafından takip ve denetlenmesini teminen, ruhsat sahibi tarafından, her yıl Nisan ayı sonuna kadar aşağıdaki belgelerin MİGEM'e teslim edilmesi gerekmektedir:

- 1) İşletme Faaliyet Bilgi Formu (Ek 7),
- 2) Satış Bilgi Formu (Ek 8) (Satış Bilgi Formu'nun, Kanun gereği ödenmesi gereken Devlet Hakkı ve diğer bedellerin hesaplanmasına esas teşkil edecek şekilde doldurulması zorunludur),
- 3) Geçmiş yıllara ait üretim, bir önceki yıl içinde yapılan üretim ile bir sonraki yıl planlanan üretimleri gösteren imalat haritası ve uygun ölçekli kesitler,
- 4) İşletme sahasında arama yapılmış ise arama faaliyet raporu,
- 5) Eğer projede değişiklik varsa;

- İşletme ruhsatı ve işletme iznindeki koordinatlarına göre uygun ölçekle çizilmiş ocak, yarma, kuyu ve galeri gibi faaliyetlerin son durumunu gösterir çizim,
- Kapalı ocaklarda iş güvenliği ve işçi sağlığı ile ilgili havalandırma, su tahliyesi, nakliye vs. gibi hususların en son durumunu gösterir uygun ölçekli çizim,
- Yerüstü bina, tesis, kantar, silo, trafo, yol, vs. gibi son durumu gösterir vaziyet planı,

- Gazlar ile göl, deniz ve kaynak sularına ait işletmeler için her yıl çöktürme, arıtma, üretim havuzları, bina, rezervuar besleme alanı ve havzanın tabii dengesini bozmayacak, kapasitesini aşmayacak işleme tesisleri gibi yerüstü veya var ise yeraltı tesislerinin en son durumunu gösterir uygun ölçekli haritalar.

I(a) grubu madenler için ise, ruhsat sahibi, yine her yıl Nisan ayı sonuna kadar; İşletme Faaliyet Bilgi Formu ile Satış Bilgi Formu'nu il özel idaresine verir. Bu grupta üretim, teknik nezaretçi gözetiminde yapılır. Sevkiyat ise, il özel idarelerinden alınan sevk fişleri kullanılmak suretiyle gerçekleştirilebilir.

I(a) ve V.Grup madenlerin işletme ruhsat süresi en az beş yıldır. Diğer grup madenlerin işletme ruhsat süresi görünür ve muhtemel hale getirilmiş rezerv ve hazırlanmış projesine göre belirlenir. Ancak, bu süre 10 yıldan az olamaz. Maden gruplarına göre arama ve işletme ruhsat süreleri ile uzatma süreleri Çizelge 4'de verilmektedir.

Çizelge 4. Maden gruplarına göre ruhsat süreleri.

Grup	Arama Dönemi	Arama Dönemi Uzatma	İşletme Dönemi
1/a			En az 5 yıl, en fazla 60 yıl
1/b			En az 10 yıl , üst sınır rezerv ve projeye göre belirlenir
2	3 yıl		En az 10 yıl , üst sınır rezerv ve projeye göre belirlenir
3	3 yıl		En az 10 yıl , üst sınır rezerv ve projeye göre belirlenir
4/a	3 yıl	2 yıl	En az 10 yıl , üst sınır rezerv ve projeye göre belirlenir
4/b	3 yıl	2 yıl	En az 10 yıl , üst sınır rezerv ve projeye göre belirlenir
4/c	3 yıl	2 yıl	En az 10 yıl , üst sınır rezerv ve projeye göre belirlenir
5	3 yıl	Belirsiz	5 yıl

İşletme ruhsat ya da sertifika süresinin bitiminden önce yeni bir projeyle uzatma talebinde bulunulması halinde, uygun bulunması durumunda işletme süresi uzatılabilir. Toplam işletme süresi altmış yılı geçemez. Altmış yıldan sonraki sürenin uzatılmasına Bakanlar Kurulu yetkilidir. İşletme ruhsat döneminde üretimin arazi yüzeyinden toplanarak yapılması halinde süre uzatımı için işletme projesi yerine arama faaliyet raporu verilmesi yeterli olmaktadır.

#### 1.8.2.10. Mücbir sebeplerle geçici tatil

Mücbir sebeplerin oluşması halinde, ruhsat sahibince MİGEM'e müracaat edilmesi ile işletme ruhsat sahalarında faaliyet, bir yıla kadar geçici olarak tatil edilebilir.

Maden Kanunu'nda mücbir sebepler; sel baskını, yangın, deprem, grizu patlaması, çökme, heyelan ya da tenörde, jeolojik şartlarda, ülke ve dünya pazarlarındaki gelişme ve değişimler, ulaşım, ulaştırma altyapı durumlarında beklenmeyen değişiklikler şeklinde tanımlanmaktadır.

Geçici tatilin gerekçesinin ortadan kalkmasından itibaren üç ay içinde faaliyete geçilmemesi durumunda ruhsat teminatı irat kaydedilir. Takip eden altı ay içinde de faaliyete geçilmemesi halinde işletme projesinde beyan edilen üretim miktarının %10'u üzerinden Devlet hakkı alınır.

### 1.8.2.11. Harita ve çizimler

Maden Kanunu ve ilgili yönetmelikleri gereğince, gerek arama gerekse işletme dönemlerinde, idare tarafından ruhsat sahibinden, takip ve denetimlerde kullanılmak üzere çeşitli harita ve çizimler istenilmektedir.

Söz konusu takip ve denetlemeler kullanılmak üzere, ruhsat sahibi tarafından, 6 derecelik dilime esas en az iki adet beton sütun ya da benzeri röper noktası belirlenir. Bu noktaların kot ve koordinatları, gerçek değerler kullanılarak harita tekniğine uygun hassaslıkta uygun bir ölçüm aleti ile belirlenerek arazide muhafaza edilir.

İmalat haritaları; yapılan çalışma alanına göre 1/500 veya uygun ölçekte yapılır. Üretim faaliyetleri ile ilgili bilgiler, harita üzerinde ölçekli olarak uygun bir çizimle belirlenir. İmalat haritası; ölçümü yapan teknik eleman, sahadan sorumlu teknik nezaretçi ve ruhsat sahibince imzalanır. Ölçümün yapıldığı tarih, üretim haritası üzerine veri olarak yazılır. İmalat haritalarında, madenin üretim yerinden en az iki adet kesit alınır.

### 1.8.2.12. Maden sevkiyatı

Madenlerin, MİGEM'den alınan sevk fişleri ile sevk edilme zorunluluğu bulunmaktadır. Sevk fişi MİGEM tarafından bastırılır ve her yıl belirlenen bir bedel karşılığında zimmetli olarak ruhsat sahibine verilir.

Sevk fişleri 213 sayılı Vergi Usul Kanununun 240 mncı maddesinde yer alan taşıma irsaliyesi niteliğindedir. MİGEM ve mahalli mülki amirin görev verdiği yetkili kişiler kendi il sınırları içerisinde maden sevkiyatının sevk fişi ile yapılıp yapılmadığını takip ve denetleyerek Kanunun ilgili hükümlerine göre işlem yaparlar.

Ruhsat sahasından üretilen tüvenan cevherin, ocak-tesis mesafesi, nakil güzergahının durumu dikkate alınarak ruhsat sahası içinde ya da mücavirindeki bir alan üzerine kurulmuş bir tesiste kullanılması durumunda;

- 1) Sevkiyatın, ocaktan taşıma araçları ve takiben konveyör ile yapılması halinde, her vardiya sonunda, otomatik kantar/ölçme sistemi ile ölçülen cevher miktarı için bir adet sevk fişi kesilmesi yeterlidir.
- 2) Sevkiyatın, ocaktan doğrudan konveyör sistemi ile yapılması halinde, her vardiya sonunda otomatik kantar sistemi ile ölçülen cevher miktarı için bir adet sevk fişi kesilmesi yeterlidir.
- 3) Sevkiyatın, ocaktan taşıma araçları ile yapılması durumunda, yirmi dört saat zarfında kantardan geçirilerek ölçülen cevher miktarı için bir adet sevk fişi kesilmesi yeterlidir.

Boru hattı ile sevk edilen madenlerin, yirmi dört saat zarfında, boru hattında bulunan ölçüm cihazında ölçülen miktarı için bir adet sevk fişi kesilmesi yeterlidir.

Altın, gümüş, platin gibi kıymetli metallerin elde edilmesi için zenginleştirilecek tüvenan cevherlerin, entegre ve zenginleştirme tesislerine sevkiyatında yukarıdaki esaslar uygulanır. Bu tesislerden elde edilen ürünlerin sevkiyatında da MİGEM'den alınan sevk fişi kullanılır.

Ruhsatlı veya izinli bir alandan ruhsat sahibince üretilmiş bir madenin sevk edilmesi esnasında, mülki amirlerin yetkilendirdiği kişiler tarafından sevk fişi olmaksızın maden sevk edildiğinin tespit



edilmesi halinde, söz konusu madeni üreten ruhsat sahibine ocak başı satış bedelinin üç katı tutarında idari para cezası verilir.

Ruhsat alanının sınırında yapılan üretimin saha sınırı dışına taşıdığı tespit edildiğinde, ruhsat alanı dışında üretilen madene mülki idare amirliğince el konulur. Bu kişilere, bu fıkra kapsamında üretilmiş olup el konulan ve el konulma imkanı ortadan kalkmış olan tüm madenin, ocak başı satış bedelinin beş katı tutarında idari para cezası uygulanır.

Ruhsatın iptali, terk edilmesi veya sevk fişlerinin amacına uygun kullanılmaması durumunda sevk fişleri MİGEM'e iade edilir. Kullanılmış sevk fişlerinin kullanılan tarihten itibaren beş yıl süre ile saklanması gereklidir.

#### **1.8.2.13. İrtifak, intifa hakkı ve kamulaştırma**

Maden arama ve işletme dönemleri içerisinde, faaliyet sahasının üzerinde bulunduğu özel mülkiyete konu gayrimenkul üzerinde ve sadece kullanım amacıyla ilgili olmak üzere belli bir süre için maden ruhsat sahibi tarafından irtifak ve/veya intifa hakkı tesisi istenebilir. Bu durumda, irtifak ve/veya intifa hakkının bedeli, bilirkişiler tarafından tespit edilir.

İşletme ruhsatı safhasında işletme faaliyetleri için gerekli olan özel mülkiyete konu taşınmaz, taraflarca anlaşma sağlanamaması ve işletme ruhsatı sahibinin talebi üzerine Bakanlıkça kamu yararı bulunduğu karar verilmesi halinde kamulaştırılır. Kamulaştırılması talep edilen alan, MİGEM tarafından oluşturulacak heyet tarafından tetkik edilir. Kamulaştırmaya, teknik ve sosyal içerikli tüm etkenler değerlendirilerek karar verilir. Kamulaştırılan taşınmaz, tapuya Hazine adına tescil edilip ruhsat hukuku devam ettiği sürece madencilik faaliyetlerinde kullanılmak üzere ruhsat sahibi adına tahsis edilir.

#### **1.8.2.14. İnceleme ve denetim**

Maden Kanunu gereği, ruhsat veya sertifika sahibince düzenlenmiş mali ve teknik belgelerin, ruhsat veya sertifika alanındaki madencilik faaliyetlerinin, ihbar ve şikayetlerin inceleme ve denetimi MİGEM tarafından görevlendirilen elemanlarca yerinde yapılır. İnceleme ve denetimlerde, sahanın teknik nezaretçisi ve/veya ruhsat sahibinin kendisi ya da vekalet ile görevlendirdiği bir kişinin hazır bulundurulması zorunludur.

İnceleme ve denetim sırasında teknik ve mali belgeler ile bu belgelerin hazırlanmasına esas teşkil eden işletme projesinin uygulanması ile ilgili hususlar, üretim yöntemi, üretim miktarı, üretilen cevherin kullanım alanı, sevk fişleri, faturalar, satış belgeleri ve benzeri ile Kanun ve mevzuat gereği diğer belgeler incelenir. İnceleme ve denetim sonunda düzenlenen ve mevcut durumu belirten tutanak iki nüsha hazırlanarak heyet üyeleri, ruhsat sahibi veya vekili veya sahanın teknik nezaretçisi tarafından imzalanır. Tutanağın bir nüshası ilgiliye verilir. Bu tutanakta belirtilen hususlar ruhsat sahibine tebliğ edilmiş sayılır.

#### **1.8.2.15. Devir, intikal ve terk işleri**

Maden ruhsatları ve sertifikaları talep halinde ve hukuki bir sakınca bulunmadığı takdirde, maden haklarını kullanma ile ilgili şartları taşıyan gerçek veya tüzel kişilere MİGEM ya da il özel idaresi tarafından devir edilebilir. Devir işlemleri yapılacak ruhsatların yıllık harçları ile Devlet Hakkı'nın

eksiksiz ödenmiş olması ve devredildiği tarihe kadar geçen süre için satış bilgi formu ile işletme faaliyeti bilgi formunun verilmesi zorunludur.

Maden ruhsat ve sertifikaları, buluculuk hakkı ve bunlarla ilgili hak ve yükümlülükler, miras yolu ile bir bütün olarak intikal eder. Bu haklar mirasçıların rızası olsa da bölünemez. Mirasçıların altı ay içinde, intikal eden haklarını bir bütün olarak kullanması ve bu hakkı aralarından maden hakkı alabilecek birine ya da maden hakkı alabilecek özel ya da tüzel kişiye devir etmek üzere MİGEM'e müracaat etmeleri zorunludur. Aksi taktirde ruhsat iptal edilir.

Arama ruhsat süresi içinde sahanın terk edilmesi halinde, sahada faaliyette bulunulmamış ise, ruhsat sahibi sahada alınacak bir önlem olmadığını MİGEM'e bildirmek zorundadır. Genel Müdürlük bu dilekçeye dayalı olarak terk talebini değerlendirir.

Eğer sahada üretime yönelik faaliyette bulunulmuş ise, arama ruhsatı veya işletme ruhsatı sahibi;

- 1) Sahanın teknik nezaretçisi veya maden mühendisi tarafından hazırlanmış, işletme projesi ile verilen çevre ile uyum projesinin uygulanıp uygulanmadığını ve ruhsat alanında can ve mal güvenliği ile ilgili alınan önlemleri, çalışılan her bölge için alınan emniyet tedbirlerini içeren rapor ile,
- 2) Sahanın son durumunu gösterir imalat haritası ve jeoloji mühendisi tarafından hazırlanmış maden jeoloji haritası ile MİGEM'e terk talebinde bulunabilir.

MİGEM, bu rapora dayalı olarak terk talebini değerlendirir.

Herhangi bir nedenle hükümden düşmüş ruhsatın sahibi de, gerekli emniyet tedbirlerini almak zorundadır. Gerekli emniyet tedbirlerinin alınmaması durumunda, can ve mal emniyeti ile ilgili kazalardan dolayı ruhsat sahibinin sorumluluğu devam eder.

#### **1.8.2.16. Devlet Hakkı**

Devlet Hakkı ocak başı satış tutarı üzerinden alınır. Ocak başı satış tutarı ocaktan üretilen tüvenan cevherin bedelidir.

Üretilen madenlerden alınacak Devlet Hakkı, I. Grup ve V. Grup madenler ile mıcır, kaba inşaat, baraj, gölet, liman, yol gibi yapılarda kullanılan her türlü yapı hammaddelerinde ocak başı satış tutarının %4'ü, III. ve IV. Grup madenlerle diğer grup madenlerde %2'sidir. Üretilen madenlerden alınacak Devlet Hakkı, I(a) Grubu madenlerde ise ocak başı satış tutarının %4'üdür.

Devlet Hakkı'na esas olan ocak başı satış tutarı;

- 1) Ocak başından satılan cevherin tutarı,
- 2) Üretilen cevherin ruhsat sahibinin kendi tesisinde kullanılması durumunda, benzer işletmelerdeki ocak başı satış tutarı,
- 3) Tüvenan cevherin ocak dışında satılması durumunda, yol masrafları çıkarılarak tespit edilecek ocak başı satış tutarı,
- 4) Üretilen cevherin ruhsat sahibinin kendi tesisinde kullanılması durumunda, benzer işletmelerdeki ocak başı satış tutarının tespit edilememesi halinde, ocak başı üretim maliyetinin %30 fazlası,

göz önüne alınarak belirlenir.

Hazinenin özel mülkiyetinde veya Devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan yerlerde yapılan madencilik faaliyetlerinden Devlet Hakkı %30 fazlasıyla alınır. Bu yerlerin Devlet ormanlarına rastlaması ve Çevre ve Orman Bakanlığınca verilen iznin beş hektarı geçmemesi halinde, bu alana ait fazla alınan Devlet Hakkı ile ağaçlandırma bedeli, Orman Genel Müdürlüğünün ilgili hesabına yatırılır. Bir ruhsat sahasında defaten verilen iznin beş hektarı geçmesi halinde, beş hektarı aşan kısımdan fon bedelleri hariç orman mevzuatı hükümlerine göre diğer bedeller alınır. Beş hektarı aşan kısımdan %30 fazla Devlet Hakkı alınmaz.

Ürettiği tüvenan madeni yarı mamul veya mamul hale getirmek üzere işlemek amacı ile yurt içinde kendine ait tesisinde işleyip ek katma değer sağlayan ruhsat sahiplerinden, bu tesislerde üretimde değerlendirilen maden miktarı için Devlet Hakkı'nın %50'si alınmaz. I.Grup madenler ve mıcır ile kaba inşaat, baraj, gölet, liman, yol gibi yapılarda kullanılan her türlü yapı hammaddesi yukarıda belirtilen teşvikten yararlandırılmaz.

#### **1.8.2.17. Buluculuk hakkı**

Ruhsat sahibi, arama veya işletme ruhsatı süresince hazırlanan koordinatları içeren teknik raporlar ile birlikte görünür rezerv olarak bildirdiği ve MİGEM tarafından yapılan tetkiklerde varlığı tespit edilen madenlerin bulucusu sayılır. Bu hakkın talep edilmesi durumunda ruhsat sahibine buluculuk belgesi verilir. Buluculuk hakkı, ocak başı satış tutarının % 1'dir. Buluculuğa konu madenin bulucusu dışında bir başkası tarafından işletilmesi halinde, bu alandan bir yılda üretilen maden için tahakkuk eden buluculuk hakkı her yıl Haziran ayı sonuna kadar bu alanda üretim yapan kişiler tarafından hak sahibinin hesabına yatırılır.

Ruhsatın devir edilmesi durumunda, buluculuk hakkı sahibi bu hakkını ruhsat ile birlikte devir edebilir. Bildirilen görünür rezervin bitmesi halinde buluculuk hakkı sona erer. Ruhsatın iptal edilmesi durumunda, ihaleden ruhsatı alan kişinin üretim yaptığı madenin buluculuk hakkını süresi içinde buluculuk belgesi sahibine ödemesi zorunludur.

#### **1.8.2.18. Belediye payı**

Maden işletmelerinin belediye sınırları ve mücavir alanlar içinde olması durumunda, üretilen madenin ocak başı satış tutarının %0,2'si belediye payı olarak ruhsat sahibi tarafından Haziran ayı sonuna kadar ilgili belediyeye ödenir.

### **1.8.3. Maden Kanunu'nda Maden Mühendisinin Yeri**

Bilindiği üzere, madencilik faaliyetlerinin kaynak kaybına yol açmadan, çevreyle barışık, akılcı ve ekonomik kurallara göre, iş güvenliği ve işçi sağlığı esasları çerçevesinde yürütülmesi, bilimsel ve teknik bilginin kullanımı ile mümkündür. Bu durum, sektörde bilim ve teknolojinin uygulayıcısı olan maden mühendislerinin madencilik faaliyetlerinin her aşamasında istihdamını gerekli kılmaktadır.

#### **1.8.3.1. Teknik nezaret**

5177 Sayılı Kanunla Değişik 3213 Sayılı Maden Kanunu'nun, maden mühendisleri açısından getirdiği en önemli değişiklik, bu kanun kapsamındaki herhangi bir madenin her ne sebeple olursa olsun, bir maden mühendisinin nezareti olmaksızın üretilmeyecek olmasıdır.

Değişiklik öncesi, "işletme süresince bir maden mühendisinin nezaretçi olarak görevlendirilmesi" yeterli görülürken, bu defa nezaret görevi üretimle ilişkilendirilmektedir. Söz konusu kanunun 31. Maddesi birinci fıkrası son derece açıktır: "Maden üretimi, bir maden mühendisi nezaretinde yapılır."

Kanunun, Tanımlar başlığı altındaki Madde 3'te ise Nezaret ve Nezaretçi kavramları tanımlanmaktadır:

*Nezaret:* İşletmelerin tekniğine ve emniyet nizamnamelerine uygun olarak yürütülmesinin kontrolü.

*Nezaretçi:* İşletmelerin teknik ve emniyet yönünden nezaretini yapan sorumlu ve yetkili maden mühendisi.

Dolayısıyla, Kanun'un 2. Maddesinde Maden olarak sayılan herhangi bir maddenin üretimi, -hangi ölçekte olursa olsun ve hangi kuruluş tarafından yapılırsa yapılsın- mutlaka bir maden mühendisi nezaretinde yapılacaktır?. Yani, söz konusu üretimin yapıldığı işletmenin tekniğine ve emniyet mevzuatına uygun olarak yürütülmesinin kontrolü görevi bir maden mühendisinindir. Teknik nezaretçi, söz konusu denetleme faaliyetini kamu adına yapmaktadır.

Burada önemli bir diğer husus ise, söz konusu maden mühendisinin, kanun maddesi ile denetimden sorumlu tutulması, ancak aynı zamanda yetkili de kılınmasıdır. Maden mühendisine kanun ile verilen bu yetki, sorumluluklarını yerine getirirken kendisine önemli bir kolaylık sağlayabilecektir.

Kanunun 31. Maddesi birinci fıkrası, "*Maden mühendisinin daimî olarak istihdam edileceği işletme büyüklüğü ile istihdam usul ve esasları Bakanlıkça çıkarılacak yönetmelikle belirlenir*" demekle maden işletmelerinde daimi maden mühendisi istihdamını tanımlamaktadır.

İşletmede daimi olarak istihdam edilen maden mühendisi nezaretçi, söz konusu işletmede, işletmenin tekniğine ve emniyet mevzuatına uygun olarak yürütülmesinin kontrolünden sorumlu ve yetkili kişidir.

Maddenin üçüncü paragrafı ise, maden mühendisi istihdamı veya nezareti gerçekleşmeden maden üretiminin yapılamayacağı hususuna bir diğer vurguyu yapmaktadır. "Maden mühendisi istihdamı veya nezareti gerçekleşmeden üretim yapılması halinde ruhsat teminatı irad kaydedilerek faaliyet durdurulacaktır".

Maden üretiminde maden mühendisinin yeri, kanundan alınan yetkiyle "Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği" ile "Maden Kanunu 1 (a) Grubu Madenleri ile İlgili Uygulama Yönetmeliği"nde de düzenlenmiştir.

"Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği"nde Teknik Nezaretçi, "işletmelerdeki faaliyetlerin teknik ve emniyet yönünden nezaretini yapan, Kanunun 29 uncu maddesi gereği faaliyet bilgi formunun hazırlanmasından sorumlu ve yetkili maden mühendisi" şeklinde tanımlanmaktadır.

"Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği"nin "Teknik Nezaretçilik" başlıklı Üçüncü Kısmı'nda; teknik nezaretçinin görevi ve atanması ile teknik ve daimi nezaret için ruhsat sayıları, yetki ve sorumluluklar düzenlenmektedir.

Yönetmelikte ilk göze çarpan husus, teknik nezaretçinin, Maden Kanunu'ndan gelen görevlerinin yanında, 4857 sayılı İş Kanunu çerçevesinde yer alan ilgili görevleri de yerine getirmekle yükümlü tutulmasıdır. Bu durum, teknik nezaretçinin, Maden Kanunu gibi İş Kanunu ile ilgili de bilgi sahibi olmasını gerekli kılmaktadır.

Teknik nezaretçi ataması, geçmiş yasal düzenlemelerde de olduğu gibi yine, "Teknik Nezaretçi Atama Belgesi"nin MİGEM tarafından onaylanması ile gerçekleşmektedir.

Ancak, yeni düzenlemeler ile, "Teknik Nezaretçi Atama Belgesi'nde Maden Mühendisleri Odası onayının da bulunma zorunluluğu getirilmiştir. Oda onayını almamış belgelerin Maden İşleri Genel Müdürlüğü'nce onaylanması yasal olarak mümkün olamayacağından atama gerçekleşmeyecektir. Bu uygulama, sektörde maden mühendisinin etkinliğinin artırılmasına yönelik olarak, mesleki denetimin uygulanabilmesine olanak sağlaması bakımından önemlidir.

Dolayısıyla teknik nezaretçi atanması için;

- 1) Ruhsat sahibi tarafından tayin harcı makbuzunun yatırılması,
- 2) Ek 9'da örneği verilen Teknik Nezaretçi Atama Belgesi'nin hazırlanarak Maden Mühendisleri Odası onayına sunulması,
- 3) Oda onayından geçen belge ile MİGEM'e müracaat edilmesi gerekir.

Atama Belgesi'nin MİGEM tarafından onaylanması ile atama gerçekleşmiş olur.

### **1.8.3.2. Teknik nezaretçinin nitelikleri**

Maden mevzuatına göre, teknik nezaret görevini üstlenebilmek için T.C. vatandaşı ve maden mühendisi olmak koşulları aranmaktadır. Yasada, meslekte deneyim koşulu açık ocaklar için bulunmamaktadır. Yeraltı işletmeleri için ise, belgelemek kaydıyla en az iki yıl deneyim koşulu getirilmiştir.

Teknik nezaretçi olarak ilk defa atanacaklar için lisans sonrası meslek içi eğitim koşulu bulunmaktadır. Söz konusu eğitimler Maden Mühendisleri Odası tarafından yapılacak ve eğitim sonucunda sertifika almaya hak kazanan maden mühendisleri teknik nezaretçilik yapabileceklerdir.

Mühendislik alanındaki gerek teorik gerekse pratik bilginin gelişim hızı dikkate alındığında, söz konusu eğitimin maden mühendislerine ve sektöre olan yararlarının yadsınması mümkün değildir. Ancak, madencilik gibi çok büyük iş güvenliği riskleri taşıyan bir sektörde, maden mühendislerinin, tek bir seminer ile yaşam boyu teknik nezaretçilik yapabileceklerini düşünmek gerçekçi değildir. Meslek içi eğitim programlarının zenginleştirilerek sürekliliğinin sağlanması sektörün geleceği bakımından son derece önemlidir.

### **1.8.3.3. Yetki ve sorumluluk**

Teknik nezaretçinin yetki ve sorumlulukları ilgili yönetmelikte aşağıda verildiği gibi sıralanmaktadır:

- 1) İşletmelerdeki faaliyetlerin teknik ve emniyet yönünden nezaretini yapmak,
- 2) İşyerinin her yerinde görevi ile ilgili inceleme yapmak ve gerekli her türlü bilgiyi almak,
- 3) Ruhsat sahasındaki faaliyet ve üretimleri on beş günde en az bir defa denetlemek, tespit ve

- önerilerini teknik nezaretçi defterine not etmek. İşyerinde yaptığı inceleme ve gözlemlerde iş sağlığı ve güvenliği yönünden tehlikeli bir durumun varlığını tespit etmesi ve hemen tedbir alınmasının mümkün olmadığını belirlemesi durumunda, işletme faaliyetini tedbir alınıncaya kadar durdurma yetkisini kullanarak ilgili kuruluşlara bildirmek,
- 4) Atanmış olduğu işyerindeki faaliyetler ile ilgili eksiklik ve aksaklıkları, öneri ve önlemleri belirlemek. Bunları işyerinde çalışanların görebileceği şekilde ilan etmek ya da panoya asmak. Aynı zamanda noter onaylı "Teknik Nezaretçi Defteri"ne rapor ederek ruhsat sahibine bildirmek,
  - 5) Gerekli koşulları sağladığında iş güvenliği uzmanı olarak da görev yapmak,

Bununla beraber, genel olarak, maden mühendisinin Maden Kanunu kapsamında yapabilecekleri bunlarla sınırlı kalmamakta olup aşağıdaki hususlar da maden mühendisinin hizmet alanına girmektedir:

- 1) Ek 2'de örneği bulunan ve ruhsat sahalarında yürütülen arama çalışmaları, bu çalışmalardan elde edilen bulgular ve bunların sonuçlarının yer aldığı Arama Faaliyet Raporu'nu hazırlamak ve ruhsat sahibi ile birlikte imzalamak,
- 2) İşletme ruhsatı almak için müracaatta gerekli olan; tespit edilen madenin rezerv bilgilerini içeren ve Ek 2'de örneği bulunan içeren arama faaliyet raporu ile faaliyet sonrası işletme alanının çevre ile uyumlu hale getirilmesini de içeren ve Ek 4'de verilen örneğe uygun olarak hazırlanmış işletme projesini hazırlamak ve ruhsat sahibi ile birlikte imzalamak,
- 3) İşletme projesi ekinde verilmesi gereken; ruhsat alanının ve varsa ocak yerinin yer bulduru haritası, ruhsat alanının uygun ölçekli jeolojik haritası, uygun ölçekle çizilmiş ruhsat sınırı, talep edilen işletme izin sınırları ile sahada açılmış ocak, galeri, yarma, sondaj, kuyu gibi arama faaliyetlerinin yerini gösterir imalat haritası, sahada belirlenmiş görünür rezerve ve ruhsat süresine bağlı olarak planlanan üretim programlarını gösterir harita, yer altı işletmelerinde işçi sağlığı ve iş güvenliği ile ilgili alınacak önlemler, havalandırma, su tahliyesi, nakliye vs. gibi hususları içeren uygun ölçekli çizimler, mevcut ve yapılması planlanan bina, tesis, kantar, silo, trafo, yol, ve benzeri yapıları gösteren vaziyet planı gibi harita ve çizimleri hazırlamak,
- 4) Arama ya da işletme döneminde yapılan üretilere ilişkin; yıllık üretim, satış, stok ve bunun gibi bilgileri içeren işletme faaliyet bilgi formu ile yıllık üretim miktarı, satış tutarı, toplam gelir ve tahakkuk eden Devlet Hakkı gibi mali durumu gösteren satış bilgi formunu ve imalat haritasını hazırlamak,
- 5) Her yıl Nisan ayı sonuna kadar idareye verilen işletme faaliyet bilgi formu ve satış bilgi formu ile birlikte; geçmiş yıllara ait üretim, bir önceki yıl içinde yapılan üretim ile bir sonraki yıl planlanan üretimleri gösteren imalat haritası ve uygun ölçekli kesitler ile işletme sahasında arama yapılmış ise arama faaliyet raporunu hazırlamak,
- 6) Projede değişiklik varsa; işletme ruhsatı ve işletme iznindeki koordinatlarına göre uygun ölçekle çizilmiş ocak, yarma, kuyu ve galeri gibi faaliyetlerin son durumunu gösterir çizim, kapalı ocaklarda iş güvenliği ve işçi sağlığı ile ilgili havalandırma, su tahliyesi, nakliye vs. gibi hususların en son durumunu gösterir uygun ölçekli çizim, yerüstü bina, tesis, kantar, silo, trafo, yol, vs. gibi son durumu gösterir vaziyet planı, gazlar ile göl, deniz ve kaynak sularına ait işletmeler için her yıl çöktürme, arıtma, üretim havuzları, bina, rezervuar besleme alanı ve havzanın tabii dengesini bozmayacak, kapasitesini aşmayacak işleme tesisleri gibi yerüstü veya var ise yeraltı tesislerinin en son durumunu gösterir uygun ölçekli haritaları, açık işletme ya da yeraltı işletmesine geçişler ile üretim yöntemi ile ilgili değişikliklerle ilgili revize projeyi hazırlamak,
- 7) İmalat haritalarını; yapılan çalışma alanına göre 1/500 veya uygun ölçekte hazırlamak. Yer altı faaliyetleri ile ilgili olarak açılan kuyu, galeri, başyukarı, fere, ayak gibi çalışma alanları harita üzerinde ölçekli olarak uygun bir çizimle belirlemek. Ölçümleri yapmak ve imalat haritasını sahadan sorumlu teknik nezaretçi ve ruhsat sahibi ile birlikte imzalamak,
- 8) Üretim faaliyetlerinin, projesine uygun olarak yürütüp yürütülmediğini denetlemek,

- 9) Kamu kurum ve kuruluşlarının yapı hammaddesi söz konusu ise, talep formunu hazırlamak ve imzalamak,
- 10) Kamulaştırma talebi için gereken teknik belgeleri hazırlamak,
- 11) MİGEM tarafından yapılacak inceleme ve denetimlerde hazır bulunmak, gerektiğinde inceleme ve denetim sonunda düzenlenen ve mevcut durumu belirten tutanağı imzalamak.

Maden mevzuatında, genel olarak teknik elemanların doğru beyanda bulunma sorumlulukları vardır. Gerçek dışı veya yanıltıcı beyanda bulunan teknik elemanlar uyarılırlar. İkinci kez aynı ruhsat ve/veya başka ruhsat ile ilgili gerçek dışı veya yanıltıcı beyanda bulunmaları durumunda ise, teknik elemanın Maden Kanunu'na ilişkin yapacağı beyanlar bir yıl süreyle geçersiz sayılır. Fiilin her tekrarında bir yıl süreli hak mahrumiyeti uygulamasına devam edilir. Uygulanan uyarı ve hak mahrumiyeti, teknik elemanın bağlı bulunduğu meslek teşekkülüne de bildirilir.

#### **1.8.3.4. Teknik ve daimi nezaret için ruhsat sayıları**

Yürürlüğe giren Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği ile, maden mühendisinin teknik nezaret görevi alabileceği saha sayısı 10'dan 5'e düşürülmüştür. Bu kuralın istisnası I (a) Grubu için getirilmiştir. Diğer gruplardan ruhsat sahalarında teknik nezaretçilik görevi bulunanlar, I (a) Grubu madenlerde de en fazla 5 olmak üzere görev alabilirler. Diğer gruplarda teknik nezaret görevi olmadığı durumlarda ise, I (a) Grubu için bu sayı en fazla 10'a kadar çıkabilir.

Uygulama Yönetmeliği'nin Geçici 5. Maddesi üzerinde beşten fazla ruhsat bulunmakta olan nezaretçilerin durumunu düzenlemektedir. Buna göre, *"Bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihte görev aldıkları ruhsat sayısı beşten daha fazla olan teknik nezaretçiler bu görevlerini sürdürürler. Ancak, görev aldıkları ruhsat sayısı I (a) Grubu dışındaki gruplarda beş'in altına düşüncüye kadar yeni bir ruhsat sahasına atamaları yapılmaz."*

Maden mühendisinin almış olduğu teknik nezaretçilik sayısının yukarıda belirlenen sayıları aştığının tespiti durumunda, on beş gün içerisinde nezaretçilik sayısı belirtilen sınırlara indirilmek durumundadır. Aksi halde, söz konusu maden mühendisleri üç yıl süre ile yeni bir nezaretçilik görevine atanamazlar.

#### **1.8.3.5. Zorunlu olarak daimi nezaretçinin çalıştırılacağı ruhsat sahaları**

Maden Kanunu ve ilgili yönetmelikleri uyarınca;

- 1) En az otuz işçi çalıştıran işletmeler ile,
- 2) En az on beş işçi çalıştıran yeraltı üretim yöntemiyle çalışan işletmeler

bir maden mühendisini daimi nezaretçi olarak istihdam etmeksizin üretim yapamayacaklardır. Bu kurala aykırı bir uygulamanın belirlenmesi durumunda teminat irat kaydedilerek daimi nezaretçi istihdam edilinceye kadar işletmenin faaliyeti durdurulacaktır.

#### **1.8.3.6. Arama döneminde maden mühendisi**

Ruhsat sahalarında yürütülen arama faaliyetleri ile ilgili Genel Müdürlüğe verilmesi gereken arama faaliyet raporlarının hazırlanması konusu, Maden Kanunu'nun 17. Maddesi ile düzenlenmiştir. Buna göre, "Arama faaliyet raporları, yapılan çalışmaların niteliği dikkate alınarak jeoloji, maden, jeofizik mühendisi veya mühendislerince" hazırlanacaktır.

Arama faaliyet raporunun ikinci yılın sonuna kadar verilmesi zorunluluğu bulunmaktadır. Uzatma talebinde bulunulan IV. Grup ruhsatlar için ise, taleple birlikte üçüncü yılın sonunda ikinci bir arama faaliyet raporu'nun verilmesi gerekmektedir.

Maden Kanunu'nun 31. Maddesi, arama döneminde yapılacak üretim sırasında da bir maden mühendisinin teknik nezaretçi olarak bulundurulmasını gerekli kılmaktadır.

#### **1.8.3.7. İşletme ruhsatı alınırken, işletme döneminde ve ruhsat terki işlemlerinde maden mühendisi**

Maden Kanunu Madde 24, işletme ruhsatı ve madenin işletilmesi hususlarını düzenlemektedir. Buna göre; *"arama ruhsat süresi sonuna kadar, tespit edilen madenin rezerv bilgilerini de içeren arama faaliyet raporu, en az bir maden mühendisi tarafından hazırlanan faaliyet sonrası işletme alanının çevre ile uyumlu hale getirilmesini de içeren, işletme projesi ..... ile müracaatta bulunulması halinde işletme ruhsatı hakkı doğar."* Dolayısıyla, işletme ruhsatı alımı amacıyla hazırlanacak arama faaliyet raporu ve işletme projelerinin hazırlanmasında maden mühendisi imzası gerekli olmaktadır.

Aynı madde kapsamında, V. Grup madenlerin üretimi için yarma, galeri gibi faaliyette bulunulmasının gerekmesi durumunda, işletme ruhsatı alabilmek için en az bir maden mühendisi tarafından hazırlanan işletme projesi de zorunlu tutulmaktadır.

Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği 73. Maddesinde ise, sahanın terk edilmek istenmesi durumunda, *"sahanın teknik nezaretçisi veya maden mühendisi tarafından hazırlanmış, işletme projesi ile verilen çevre ile uyum projesinin uygulanıp uygulanmadığını ve ruhsat alanında can ve mal güvenliği ile ilgili alınan önlemleri, çalışılan her bölge için alınan emniyet tedbirlerini içeren rapor"*a dayalı olarak terk talebinin değerlendirileceği belirlenmektedir.

#### **1.8.3.8. Teknik nezaretçinin görevinin sona ermesi**

Teknik nezaret görevi aşağıdaki hallerde sona ermektedir:

- 1) İşveren ile yapılan sözleşmenin feshedilmesi,
- 2) Ruhsatların devri,
- 3) Teknik nezaretçinin istifası,
- 4) Teknik nezaretçinin ölümü.

İstifa ve azillerin MİGEM'e on beş gün içinde bildirilmesi zorunludur. Aksi halde tarafların sorumluluğu devam eder.

#### **1.8.3.9. İstifa veya Azil Durumları**

Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği, maden mühendisinin istifa veya azil durumlarına ilişkin olarak çeşitli düzenlemeler getirmektedir. Buna göre;

- 1) İstifa eden veya azledilen nezaretçiler, aynı yıl içinde en fazla üç yeni nezaretçilik görevi alabilir.
- 2) Teknik nezaretçilik yapan mühendisin istifası halinde, teknik nezaretçi, görev yaptığı döneme ait faaliyet bilgi formunu iki nüsha düzenleyip, bir kopyasını ruhsat sahibine diğer kopyasını ve sahanın son durumuna ilişkin öneri ve önlemlerini içeren raporu ve işletme faaliyet bilgi formunu MİGEM'e verir. Aksi halde teknik nezaretçi olarak yeni bir göreve bir yıl süresince atanamaz.
- 3) Ruhsat sahibinin teknik nezaretçiyi azletmesi ya da ruhsatın devri, iptali ve terk edilmesi hallerinde, teknik nezaretçi görev yaptığı döneme ait işletme faaliyet bilgi formunu, sahanın son durumuna ilişkin öneri ve önlemleri içeren raporu MİGEM'e verir. Aksi halde azledilen teknik nezaretçi yeni bir göreve bir yıl süresince atanamaz.



## **KAYNAKLAR**

- Bastida, E., 2002a, **Mineral Law and Policy, Unit 1: Fundamentals of Mineral Law and Policy**, University of Dundee, Centre for Energy, Petroleum & Mineral Law & Policy in collaboration with the Centre for Medical Education.
- Bastida, E., 2002b, **Mineral Law and Policy, Unit 2: Basic Instruments and Concepts of Mineral Law**, University of Dundee, Centre for Energy, Petroleum & Mineral Law & Policy in collaboration with the Centre for Medical Education.
- Bastida, E., 2002c, **Integrating Sustainability into Legal Frameworks for Mining in Some Selected Latin American Countries**, University of Dundee, Centre for Energy, Petroleum & Mineral Law & Policy in collaboration with the Centre for Medical Education, No. 120.
- Biermann, J., 2001, **Undermining Mineral Rights: An International Comparison**, Free Market Foundation Occasional Paper, No.10, Johannesburg.
- Blinker, L. R., 1999, **Mining and the Natural Environment**, Mining, Environment and Development, Advance Copy, UNCTAD.
- Corpuz, C. L., 1999, **International Developments and Trends in the Mining Industry**, National Workshop on Mining, Baguio City, Philippines.
- Cummins, A. B. & Given, I. A., eds., 1973, **SME Mining Engineering Handbook**, New York: Society of Mining Engineers, Vol. 1.
- Hartman, H. L., 1987, **Introductory Mining Engineering**, John Wiley & Sons, Inc.
- Kepekci, Y., 1987, **Gelişimi, Üretim Yapısı ve Sorunlarıyla Türkiye Ekonomisi**, Teori Yayınları, Dördüncü Baskı, Ankara.
- Kuruç, B., 1988a, **Belgelerle Türkiye İktisat Politikası**, 1. Cilt, (1929 - 1932), Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, No: 569, Ankara.
- Kuruç, B., 1988b, **Belgelerle Türkiye İktisat Politikası**, 2. Cilt, (1933 - 1935), Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, No: 569, Ankara.
- Kuruç, B., 1987, **Mustafa Kemal Döneminde Ekonomi**, Bilgi Yayınevi, Ankara.
- Maden İşleri Genel Müdürlüğü İnternet Sitesi, **3213 Sayılı Maden Kanunu**, <<http://www.migem.gov.tr/>>, (erişim tarihi: 6 Eylül 2005).
- Maden İşleri Genel Müdürlüğü İnternet Sitesi, **6309 Sayılı Maden Kanunu**, <<http://www.migem.gov.tr/>>, (erişim tarihi: 6 Eylül 2005).
- Omalu, M. K. ve Waelde, T. W., 1998, "Key Issues Of Mining Law: A Brief Comparative Survey As A Background Study For The Reform Of Mining Law", **Centre for Energy, Petroleum & Mineral Law & Policy Internet Journal**, Volume 3-13, <<http://www.dundee.ac.uk/cepmlp/journal/html/vol3/vol3-13.html>>(erişim tarihi: 1 Eylül 2005).
- Orellana, M. A., 2002, **Indigenous Peoples, Mining, and International Law**, Working Paper No. 2, London: IIED.
- Otto, J. M., 1999, **Mineral Policy, Legislation and Regulation**, Mining, Environment and Development, Advance Copy, UNCTAD.
- Otto, J. M., 1997, "A National Mineral Policy as a Regulatory Tool", **Resources Policy**, Vol.23, No.1/2.
- Ökçün, G., 1969, "XX. Yüzyıl Başlarında Osmanlı Maden Üretiminde Türk, Azınlık ve Yabancı Payları", **Abadan'a Armağan**, Ankara.
- Ökçün, G., 1971, **Türkiye İktisat Kongresi, 1923 - İzmir, Haberler - Belgeler - Yorumlar**, İkinci Baskı, Sevinç Matbaası, Ankara.
- Öngür T., Küreselleşme ve Maden Yasaları, <<http://www.geocities.com/siyanurlealtin/yazi/kuresellesme.html>>, (erişim tarihi: 26 Ağustos 2005).
- Pring, G. W. (Rock), 1999, **International Law and Mineral Resources**, Mining, Environment and Development, Advance Copy, UNCTAD.

- Tamzok, N., 2003, "Küresel Politikalar ve Türkiye Madencilik Sektörü", **Neoliberal Politikalar ve Kamu Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, KİGEM, Ankara.
- Tamzok, N., 2005, "Yeni Maden Mevzuatı ve Maden Mühendisi", **Madencilik Bülteni**, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Sayı: 71, Ankara.
- TMMOB Maden Mühendisleri Odası İnternet Sitesi, **Bor Tuzları, Trona ve Asfaltit Madenleri ile Nükleer Enerji Hammaddelerinin İşletilmesini, Linyit ve Demir Sahalarının Bazılarının İadesini Düzenleyen Kanun**, <[http://www.maden.org.tr/yeni3/maden\\_kanunu/bortuzlari.htm](http://www.maden.org.tr/yeni3/maden_kanunu/bortuzlari.htm)>, (erişim tarihi: 6 Eylül 2005).
- TMMOB Maden Mühendisleri Odası İnternet Sitesi, **Ereğli Havza-i Fahmiyesindeki Maden Amelesinin Hukukuna Mütealilik Kanun**, <[http://www.maden.org.tr/yeni3/maden\\_kanunu/eregliahavza.htm](http://www.maden.org.tr/yeni3/maden_kanunu/eregliahavza.htm)>, (erişim tarihi: 6 Eylül 2005).
- TMMOB Maden Mühendisleri Odası İnternet Sitesi, **Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Teşkilat Kanunu**, <<http://www.maden.org.tr/yeni3/madenkanunu/mtakanunu.htm>>, (erişim tarihi: 6 Eylül 2005).
- TMMOB Maden Mühendisleri Odası İnternet Sitesi, **Petrol Kanunu**, <<http://www.maden.org.tr/yeni3/madenkanunu/petrolkanunu.htm>>, (erişim tarihi: 6 Eylül 2005).
- TMMOB Maden Mühendisleri Odası İnternet Sitesi, **Taşocakları Nizamnamesi**, <<http://www.maden.org.tr/yeni3/madenkanunu/tasocaklarinizamnamesi.htm>>, (erişim tarihi: 6 Eylül 2005).
- Topaloğlu, M., 2003, **Maden ve Taşocakları Hukuku**, Ankara.
- Turan, M., 1983, "Madencilüğümüzün Tarihsel Gelişimi", **Cumhuriyet Dönemi Türkiye Ansiklopedisi**, Ankara.
- Türk, H. Sami, 1981, "Madenlerin Devletleştirilmesi", **Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 7. Kongresi Bildiriler Kitabı**, Ankara.
- Türkiye Taşkömürü Kurumu, 1993, Zonguldak Maden Kömürü Havzası Tarihçesi, 1829 - 1989, Eğitim Daire Başkanlığı Yayını, No. 59, Derleyen: Bahri Savaşkan, Zonguldak.
- Ulutun, B., 1985, **Etibank, 1935-1985**, Ankara.
- United Nations, **1803 (XVII) Permanent Sovereignty Over Natural Resources, 1962**, Official Document System of the United Nations (ODS), <<http://daccessdds.un.org/doc/RESOLUTION/GEN/NR0/193/11/PDF/NR019311.pdf?OpenElement>>, (erişim tarihi: Ağustos, 2005).
- Walde, T., 1988, "Mineral Development Legislation: Result and Instrument of Mineral Development Planning", **Natural Resources Forum**, Volume 12, No 2.
- Walde, T., 2002, "Mining Law Reform in South Africa", Draft Comment, **Centre for Energy, Petroleum and Mineral Law and Policy**, <<http://www.dundee.ac.uk/cepmlp/journal/html/vol12/article12-2.html>>, (erişim tarihi: 1 Eylül 2005).



## EKLER

### EK 1. Ruhsat/Sertifika Müracaat Formu

**Ek form 1**

**RUHSAT/SERTİFİKA MÜRACAAT FORMU**

**ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞINA**  
(Maden İşleri Genel Müdürlüğü)

İl : .....

İlçe : .....

Köy : .....

Grubu : .....

Alanı : .....

Pafta Adı : .....

**KOORDİNATLAR:**  
(Koordinatlar yedi basamaklı olarak verilecektir)

	1.NOKTA	2.NOKTA	3.NOKTA	4.NOKTA	5.NOKTA
Sağa (Y)	.....	.....	.....	.....	.....
Yukarı (X)	.....	.....	.....	.....	.....
	6.NOKTA	7.NOKTA	8.NOKTA	9.NOKTA	10.NOKTA
Sağa (Y)	.....	.....	.....	.....	.....
Yukarı (X)	.....	.....	.....	.....	.....

Yukarıda belirtilen alan için 3213 sayılı Maden Kanununun 16 ncı maddesi uyarınca;.....Grubu RUHSAT/SERTİFİKA almak istiyorum.

Gereğini arz ederim . Tarih ...../...../.....

Adı, Soyadı  
İmza

**EKLER:**  
EK-1 Müracaat Talep Harcı  
EK-2 İlk Müracaat Taahhütnamesi  
Müracaat tarihi :  
Müracaat saati ve dakikası :  
**ADRES:**  
.....  
.....  
.....  
T.C. Kimlik No:  
Vergi Daire ve No:  
Banka adı ve hesap no:  
Tel :  
Faks :  
e-posta :

NOT: I (b) grubu müracaatlarında maden isminin yazılması zorunludur.

## EK 2. İlk Müracaat Taahhütnamesi ve Belgeleri

### Ek Form- 2

#### İLK MÜRACAAT TAAHHÜTNAMESİ VE BELGELERİ

##### ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞINA (Maden İşleri Genel Müdürlüğü)

3213 sayılı Maden Kanunu kapsamında yaptığım “ruhsat/sertifika müracaatı” sonucunun, Maden İşleri Genel Müdürlüğü ilan panosundan müracaat tarihini takip eden gün ilan edileceğini ve müracaat sonucunu buradan öğreneceğimi, bu ilanın dışında, tarafıma başka bir bildirim yapılmayacağını,

Yapmış olduğum müracaatımın hak kazanması durumunda, **müracaatı takip eden günden başlayan 15 (ONBEŞ) gün içinde ruhsat harç ve teminatını yatırarak** aşağıdaki belgelerimin asıllarını Genel Müdürlüğe vermemin zorunlu olduğunu, aksi taktirde 3213 sayılı Maden Kanunu gereği hakkımın sona erdiğini bildiğimi,

Gerçek kişiler;	Tüzel kişiler:
a) Vatandaşlık numarasını içeren onaylı nüfus cüzdanı örneği,	a) Şirketin; kuruluş statüsünü ve son yönetimini gösterir Ticaret Sicil Gazetesi,
b) bağlı olduğu vergi dairesi, ili ve vergi numarasını gösterir belge,	b) Şirketin bağlı olduğu vergi dairesi, ili ve vergi numarasını gösterir belge,
c) Onaylı imza sirküleri,	c) Şirket yönetiminin onaylı imza sirküleri,
d) Ruhsat harcı,	d) Ruhsat harcı,
e) Ruhsat teminatı,	e) Ruhsat teminatı,

**Not: I (b) Grubu işletme ruhsatı müracaatlarında yukarıdaki belgelerle birlikte işletme ruhsat talep harcı ve bir ay içinde işletme projesinin verilmesi zorunludur.**

Yukarıda sayılan belgeleri verdiğim tarihten sonraki iş günü ruhsatımın hazırlanarak sicile işlenip yürürlüğe gireceğini, yürürlük tarihinin 3213 sayılı Maden Kanunu gereği mali ve teknik yükümlülüklerin yerine getirilmesi için başlangıç tarihi olduğunu bildiğimi,

Ruhsatımı/Sertifikamı aldıktan sonra 3213 sayılı Maden Kanununun uygulanması ile ilgili bütün tebligatların yapılacağı yazışma adresim aşağıda verilmiş olup, adres değişikliği bildirmedığım taktirde bu adrese yapılan tebligatların tarafımdan tebellüğ edilmiş sayılacağını, kabul ve taahhüt ederim.

ADRES:

.....

Telefon:.....

Faks : .....

e-posta:.....

Tarih: .../.../.....

Adı, soyadı, imzası

**NOT:** Müracaat sahibinin Genel Müdürlükte başka bir işlem için onaylı belgelerinin bulunması müracaat sahibinin bu hususu dilekçesinde beyan etmesi ve yapılan kontrolde teyit edilmesi durumunda (a), (b) ve (c) bentlerinde belirtilen belgelerin örneklerinin verilmesi yeterlidir.

### EK 3. Arama Faaliyet Raporu

#### Ek Form- 5

#### ARAMA FAALİYET RAPORU

##### 1. SAHANIN HUKUKİ DURUMU

Ruhsat Sahibinin	:	İl	:
Ruhsatın Grubu	:	İlçe	:
Ruhsat No	:	Pafta	:
Ruhsat Yürürlük Tarihi	:	Ruhsat Alanı	:

##### Koordinatlar

	<u>1. NOKTA</u>	<u>2. NOKTA</u>	<u>3. NOKTA</u>	<u>4. NOKTA</u>	<u>5. NOKTA</u>
Sağ (Y)					
Yukarı (X)					

##### 2. SAHADA YAPILAN ARAMA FAALİYETLERİ

(Açıklama: Arama amaçlı yapılan jeolojik prospeksiyon, jeolojik harita, numune alımı, jeofizik araştırmalar, sondaj, galeri, yarma vb. çalışmaları sonuçları ile birlikte belirtilecektir. Açılan yarma, kuyu, galeri ve sondaj yerleri ile numune yerlerinin koordinatları verilecek ve jeolojik harita üzerinde gösterilecektir.)

##### 3. MADEN JEOLJİSİ

- a) Sahanın Jeolojisi :
- b) Sahada Bulunan Cevher Mineralleri :
- c) Analiz Değerleri :
- d) Cevherin Özellikleri :
- e) Cevherli Zonun Boyutları :
- f) Cevherli Zonun Doğrultu ve Eğimi :

##### 4. REZERV DURUMU

(Açıklama: Tespit edilen görünür, muhtemel, mümkün rezerv boyutları, miktarları ve cevher geometrisi verilerek jeolojik harita üzerindeki yeri, koordinatları ile gösterilecektir. Rezerv miktarı belirlenecek, ayrıca hesaplama yöntemi verilecektir.)

##### 5. RUHSAT SÜRESİ İÇERİSİNDE SEVK FİŞİ TALEP EDİLMESİ DURUMUNDA VERİLECEK EK BİLGİLER

- a) Üretilecek Madenin Cinsi
- b) Tespit Edilen Görünür Rezerv Koordinatları
- c) Üretimin Yapılacağı Alan Koordinatları
- d) Üretim Yöntemini
- e) Üretim Yapılacak Alanın İzne Tabi Bölgeler ile İlişkisi
- f) Yıllık Üretim Miktarı
- g) Talep Edilen Sevk Fişi Miktarı

##### Hazırlayan:

Mühendis/Mühendislerin  
Adı Soyadı  
İmza  
Odan No.su

##### Ruhsat Sahibi:

Adı Soyadı  
İmza

## EK 4. İşletme Projesi

### Ek Form-6

### İŞLETME PROJESİ

#### BÖLÜM I RUHSAT BİLGİLERİ

##### 1.1. Ruhsat Sahasının

İli :  
İlçesi :  
Beldesi :  
Köyü :  
Ruhsat Numarası :  
Ruhsat Grubu :  
Maden cinsi :

##### 1.2. Ruhsat Sahibinin

Adı Soyadı :  
Adres :  
Vergi Dairesi ve Vergi Numarası :  
Tel, Faks, e-posta, :

##### 1.3 Ruhsat Sınır Koordinatları, Paftası ve Alanı

##### 1.4 Yer Bulduru Haritası

**Açıklama:** Ruhsat sahasını yerleşim yerleriyle, sahada çalışma yapılan bölgeleri gösteren uygun ölçekli bir harita hazırlanacaktır.

##### 1.5 Talep Edilen İşletme İzin Koordinatları ve Alanı

**Açıklama:** İşletme izni görünür rezervin ortaya çıkarıldığı alanlar için talep edilecektir. Bu alan işletme ruhsatı ve yapılmış jeoloji haritası üzerinde gösterilecektir.

#### BÖLÜM II PROJE İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

##### 2.1 Kuruluş Yeri

**Açıklama:** Projenin yatırım ve faaliyet yeri belirtilecektir.

##### 2.2 Projenin Gerekçesi

**Açıklama:** Projenin hangi amaçla hazırlandığı belirtilecektir.

##### 2.3 Yatırımın Başlama Tarihi

**Açıklama:** İşletme dönemi yatırımlarına başlanacağı tarih belirtilecektir.

##### 2.4 Yatırım ve Proje Süresi ile İlgili Termin

**Açıklama:** Üretim, kapasite, üretime bağlı tesis yatırımı ile ilgili termin planı verilecektir. Rezerv ve kapasite kullanımı göz önüne alınarak projenin ekonomik ömrü belirtilecektir.

## 2.5 Rezerv Bilgileri

**Açıklama:** Bu bölümde arama faaliyetleri sonucunda belirlenen görünür, muhtemel ve mümkün rezervler alanları boyutları ve miktarı verilecek üretim kayıpları belirtilecektir.

## BÖLÜM III ÜRETİM SAHASI İLE İLGİLİ BİLGİLER

### 3.1 Alt Yapı Durumu

**Açıklama:** Yol, elektrik, su ve iklim durumu belirtilmelidir.

### 3.2 İstihdam Durumu

**Açıklama:** Maden üretiminde çalışacak personel sayısı, çalışacakların vasıfları, ücret düzeyi ve üretime bağlı istihdamın yıllara göre termini konusunda bilgi verilecek.

### 3.3 Arazi Mülkiyeti, Araziden Faydalanma Durumu

**Açıklama:** Maden sahasının mülkiyeti ile ilgili bilgi verilecek.

### 3.4 Üretim İçin Alınacak İzinler

**Açıklama:** Talep edilen işletme izin alanının bulunduğu yer itibarı ile alınması gerekli izinleri belirtecek.

## BÖLÜM IV PROJENİN TEKNİK YÖNÜ

### 4.1. Maden Yatağı ile İlgili Bilgiler

**Açıklama:** Uygun ölçekli topoğrafik harita üzerine işlenmiş ve hazırlayan tarafından imzalanmış jeoloji haritası hazırlanacaktır. Bu harita, cevherleşme ve yatağın yan kayaç ilişkilerini yansıtacak bilgileri içerecektir.

Sahadaki cevherleşmeyi gösteren, arama döneminde yapılmış prospeksiyon, jeofizik, jeokimya, yarma, galeri, sondaj verilerine dayalı olarak hazırlanmış uygun sayıda kesit hazırlanacaktır.

Mermer sahaları için üretim kapasitesi belirtilecektir.

Kaynak, göl ve denizden tuz üretim projelerinde işletmeye konu tuzun oluşum mekanizması, jeolojik, hidrojeolojik ve jeokimyasal özellikleri belirtilecektir.

Maden yatağının diğer özellikleri hakkında bilgi verilecektir.

### 4.2 Numune Alma İşlemleri

**Açıklama:** Sahada alınmış numuneler, alınıp yöntemleri, numune alınan yerlerin koordinatları ve alınan numunenin analiz raporları verilecektir.

### 4.3 Rezervler ve Rezervin Tespit Yöntemleri

**Açıklama:** Ruhsat sahasında aramaya yönelik yapılmış prospeksiyon, jeofizik, jeokimya, yarma, galeri, sondaj verilerine dayalı olarak tespit edilmiş görünür, muhtemel ve mümkün rezerve miktarları, rezerv hesaplama yöntemi, hesaplamalar, bu yöntem için kullanılmış veriler ile ilgili bilgi yazılacaktır. Gaz ve sıvı haldeki madenler için yapılabilecek üretim kapasite sınırları belirtilecektir.

### 4.4 İşletme Yöntemi

**Açıklama:** Projeye konu cevherin işletme yöntemi, rezerv kazanım oranı, kayıp miktarı ve bu yöntemin mevcut görünür rezervin üretimi için uygulamasına yönelik açıklayıcı bilgi verilecektir.

Açık işletme uygulamaları için basamak yüksekliği, genişliği, genel şev açısı, patlayıcı kullanım planı, yöntemi, patlayıcının çevreye olası etkileri ve alınacak önlemler, toz emisyon miktarı ve tozla mücadele teknikleri, üretimde kullanılacak iş makineleri ve kapasiteleri hakkında bilgi verilecektir.



Kapalı işletme uygulamaları için ocak yeri seçimi, kuyu, desandre, galeri uzunlukları, kesiti, bu açıklıkların inşasında kullanılacak teknik ve süreleri, ayak uzunlukları, pano boyu, üretim yöntemi ve uygulaması, üretimde kullanılacak donanım, bu donanımların sayı ve teknik özellikleri, nakliye sistemi ve tekniği, kullanılacak donanımın sayı ve özellikleri, tahkimat sistemi, tahkimat sisteminin uygulaması, havalandırma tekniği ve bu amaçla kullanılacak ekipmanın sayı ve özellikleri, ocak boyutu ile ilişkilendirilmiş gerekli hava miktarı, hızı, hava kapılarının miktarı ve yeri, havalandırma planı, temiz ve kirli hava güzergah planı, kaçamak yolu, su tahliyesi, su ile mücadele ve bununla ilgili donanım, sayı ve teknik özellikleri, iş güvenliği ve işçi sağlığı ile ilgili alınacak diğer önlemler ile yer altı yardımcı tesisleri ve tüm yapıların en son durumunu gösterir kot ve koordinatlarıyla uygun ölçekli planları hazırlanacak vd. hususlar hakkında bilgi verilecektir

Ruhsat süresine uygun olarak yıllara göre cevher üretimi ve hazırlık çalışmalarının ölçekli planları çizilecektir.

Yer üstü bina, tesis, kantar, silo, trafo, yol, vs. gibi son durumu gösterir vaziyet planı hazırlanacaktır.

#### **4.5 Planlanan Kullanım Yeri**

**Açıklama:** Sahadan üretilen grup madenlerin özelliklerine göre hangi sektörde kullanılacağı, piyasanın ürün özellikleri ile satışa sunulan ürün özellikleri açıklanacaktır.

#### **4.6 Tesislerle İlgili Bilgiler**

**Açıklama:** Ara ve uç ürün imalatında kullanılan tesis ve teknolojisi hakkında bilgi verilecektir.

Gazlar ile göl, deniz ve kaynak sularına ait işletmeler için çökertme, arıtma havuzları, bina vs gibi yer üstü veya var ise yer altı tesislerinin durumunu gösterir uygun ölçekli harita hazırlanacaktır.

Cevher zenginleştirme tesisleri için metal denge değerlerini gösteren akım şeması ve proses, proses makineleri ve kapasiteleri ile ilgili bilgi verilecektir.

Tesiste kimyasallar kullanılacak ise, cinsi, kullanılacak miktar ve kimyasal hakkında bilgi verilecektir.

Tesisin yerleşim planı ve diğer açıklayıcı bilgiler verilecektir.

#### **4.7 Çevre ile Uyum Planı**

**Açıklama:** Faaliyet sonrası sahada restorasyon planının uygulanmasıyla ilgili yapılacak işlemleri gösterir çizimler ve açıklamaları verilecektir.

Tesiste kimyasallar kullanılacak ise, kimyasal içeren atıklarının bertaraf edilmesi ile ilgili olarak kullanılacak yöntem ve teknolojiler hakkında detaylı bilgi verilecektir.

## **BÖLÜM V**

### **PROJENİN MALİ BOYUTU**

#### **5.1. Düşünülen Finansman Kaynakları**

**Açıklama:** Sahadaki yatırımlar için finansmanın kendi öz kaynaklarından veya gerek duyulması durumunda kredi alınarak karşılanıp karşılanmayacağı belirtilmelidir

#### **5.2 Üretim Maliyeti**

**Açıklama:** Maliyeti oluşturan her bir kalem açıklanacaktır.

#### **5.3 Toplam Yatırım Tutarı**

**Açıklama:** Yatırıma esas tüm harcama kalemleri liste halinde verilecektir. Bu kapsamda sabit yatırım tutarı ve işletme sermayesi hakkında bilgi verilecektir.

#### **5.4 Pazar ve Satış Fiyatı**

**Açıklama:** Üretim yapılan madenin satış için düşünülen pazarı ve ocak başı satış fiyatı belirtilecektir.

## **BÖLÜM VI İŞLETME DÖNEMİNDEKİ GELİR VE GİDER TAHMİNLERİ**

### **6.1. Yıllık İşletme Gelirleri**

**Açıklama:** Madenin satışından elde edilecek yıllık gelirler belirtilmelidir

### **6.2 Yıllık İşletme Giderleri**

**Açıklama:** Sabit ve değişken giderler olarak (arama giderleri, elektrik giderleri, yakıt ve yağ giderleri, su giderleri, Personel ve işçilik giderleri, bakım ve onarım giderleri, Amortismanlar, harç ve teminat, analiz ücretleri, satış masrafları ve diğer giderler) verilmelidir.

### **6.3 Yıllık İşletme Kârı**

**Açıklama:** Proje kârı belirtilerek yatırımın geri dönüş süresi, kâra geçiş noktası, projenin üretkenliği hakkında bilgi verilecektir.

### **6.4 Projenin Ülke Ekonomisine Katkısı**

**Açıklama:** Gelir ve kurumlar vergisi, Devlet Hakkı ve işçi ücretlerinden kesilen gelir stopaj vergisi belirtilerek devletin projeden elde edeceği gelir belirtilecektir.

#### **PROJEYİ HAZIRLAYANIN:**

Maden Müh./Maden Yük. Müh.

Adı ve Soyadı

Oda Numarası

Projenin hazırlanış tarihi

İmzası

#### **RUHSAT SAHİBİNİN:**

Adı ve Soyadı

## EK 5. İşletme Ruhsatı

### Ek Form- 8

**T.C.**  
**ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI**  
**Maden İşleri Genel Müdürlüğü**

### İŞLETME RUHSATI

İli :  
İlçesi :  
Köyü :  
  
Ruhsat Numarası :  
Ruhsat Grubu :  
Ruhsatın Yürürlüğe Giriş Tarihi :  
Ruhsat Süresi Sonu :  
Erişim Numarası :  
Ruhsat Alanı :  
Ruhsat Sahibi :  
T.C. Kimlik No :  
Vergi Daire ve No :  
  
Ruhsatın Ait Olduğu Paftalar :

### RUHSAT SINIRLARININ KOORDİNATLARI

		1.NOKTA	2.NOKTA	3.NOKTA	4.NOKTA	5.NOKTA
Sağa	(Y)	.....	.....	.....	.....	.....
Yukarı	(X)	.....	.....	.....	.....	.....
		6.NOKTA	7.NOKTA	8.NOKTA	9.NOKTA	10.NOKTA
Sağa	(Y)	.....	.....	.....	.....	.....
Yukarı	(X)	.....	.....	.....	.....	.....
		11.NOKTA	12.NOKTA	13.NOKTA	14.NOKTA	15.NOKTA
Sağa	(Y)	.....	.....	.....	.....	.....
Yukarı	(X)	.....	.....	.....	.....	.....
		16.NOKTA	17.NOKTA	18.NOKTA	19.NOKTA	20.NOKTA
Sağa	(Y)	.....	.....	.....	.....	.....
Yukarı	(X)	.....	.....	.....	.....	.....

Ruhsat Sahibi Adresi:

ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR  
BAKANI

## EK 6. İşletme İzni

Ek: Form- 9

T.C.  
ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI  
Maden İşleri Genel Müdürlüğü

### İŞLETME İZİNİ

İli :  
İlçesi :  
Köyü :

Ruhsat Numarası :  
Erişim Numarası :  
Ruhsat Grubu :  
Ruhsatın Yürürlüğe Giriş Tarihi :  
Ruhsat Süresi Bitim Tarihi :  
Ruhsat Alanı :  
İzin Verilen Maden Cinsi :  
İzin Verildiği Tarih :  
İzin Alanı :  
Ruhsat Sahibi :  
T.C. Kimlik No :  
Vergi Daire ve No :  
Ruhsatın Ait Olduğu Paftalar :

### İZİN KOORDİNATLARI

Sağa (Y)	<u>1. NOKTA</u>	<u>2. NOKTA</u>	<u>3. NOKTA</u>	<u>4. NOKTA</u>	<u>5. NOKTA</u>
Yukarı (X)	.....	.....	.....	.....	.....
Sağa (Y)	<u>6. NOKTA</u>	<u>7. NOKTA</u>	<u>8. NOKTA</u>	<u>9. NOKTA</u>	<u>10. NOKTA</u>
Yukarı (X)	.....	.....	.....	.....	.....
Sağa (Y)	<u>11. NOKTA</u>	<u>12. NOKTA</u>	<u>13. NOKTA</u>	<u>14. NOKTA</u>	<u>15. NOKTA</u>
Yukarı (X)	.....	.....	.....	.....	.....
Sağa (X)	<u>16. NOKTA</u>	<u>17. NOKTA</u>	<u>18. NOKTA</u>	<u>19. NOKTA</u>	<u>20. NOKTA</u>
Yukarı (X)	.....	.....	.....	.....	.....

İzin Sahibinin Adresi :

ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR  
BAKANI a.

## EK 7. İşletme Faaliyeti Bilgi Formu

### Ek Form- 11

#### İŞLETME FAALİYETİ BİLGİ FORMU

##### 1 - Sahanın Hukuki Durumu

Ruhsatın İli :  
Ruhsatın İlçesi :  
Ruhsatın Grubu :  
Madenin Cinsi :  
Ruhsat No :  
Erişim No :  
Ruhsat Yürürlük Tarihi :  
İşletme İzin Tarihi :

##### 2- İşletme Dönemi Arama Faaliyetleri

Mevcut görünür, muhtemel, mümkün rezerv miktarı ve rezerv geliştirme çalışmaları hakkında bilgi (sondaj., yarma, kuyu., galeri jeofizik etüt v.s.) :

##### 3 - Üretim Bilgileri

a) Projede beyan edilen yıllık üretim miktarı :  
b) Gerçekleşen yıllık tüvenan üretim (ton-m) :  
c) Zenginleştirilmiş ürün (Konsantre) (ton) :  
d) Tenor, kalite, blok verimi, debi, kalori vb :  
e) Diğer bilgiler :

##### 4 - Çalışan Personel Sayısı

##### 5 - Molviue Parkı

##### 6 - Satış Miktarı

##### 7 - StoR Miktarı

##### 8 - Ocak Başı Satış Tutan

##### 9 - İşletme Yöntemi

##### 10- Çalışma Dönemindeki İş Kazaları İstatistiği

##### 11- İşletme Faaliyetinin Zaruri Neticesi Olarak Çıkarılan ve Sevk Edilmesine İzin Verilen Madenin Adı ve Miktarı

**NOT:** 1- Birden fazla maden işletme izninin bulunduğu sahalarda bu form ayrı ayrı düzeni en ec ektir.  
2 - Sahada birden fazla üretim faaliyetinde bulunan varsa bu formda ayrı ayrı belirtil ecektir.  
3- Birlikte üretilmesi zorunlu olan kompleks madenler için tek form verilecektir.

##### TEKNİK NEZARETÇİ

Adı ve Soyadı :  
Adresi :  
Tel :  
E-posta :  
Tarih :  
İmza

##### RUHSAT SAHİBİ

Adı ve Soyadı :  
Tel - Faks :  
E-posta :  
Tarih :  
İmza

## EK 8. Satış Bilgi Formu

### Ek Form- 16

#### SATIŞ BİLGİ FORMU

**ÖDEME DÖNEMİ**  
01/01/..... - 31/12/.....

ERİŞİM NO :  
RUHSAT NO :  
RUHSATIN İLİ :  
RUHSATIN GRUBU :

#### MADEN CİNSLERİ

RUH SAT SAHİBİ :  
İŞYERİ ADRESİ :  
VERGİ DAİRESİ VE VERGİ NUMARASI :  
T.C. KİMLİK NO :  
ÜRETİM MİKTARI (ton/m<sup>3</sup>) :  
SATIŞ MİKTARI (ton/m<sup>3</sup>) :  
STOK MİKTARI (ton/m<sup>3</sup>) :  
KULLANILAN SEVK FİŞİ ADEDİ :

#### DEVLET HAKKINA ESAS

ORTALAMA OCAK BAŞI SATIŞ BEDELİ (YTL/ton-m<sup>3</sup>) :  
OCAK BAŞI TOPLAM SATIŞ MİKTARI (ton-m<sup>3</sup>) :  
OCAK B A SI TOPLAM SATIŞ TUTARI (YTL) :

#### DEVLET HAKKI

##### 1. GRUP VE V. GRUP MADENLER

Ocakbaşı saüf tutan x%4 = ..... x 0.04 = ..... YTL

##### II. GRUP, III. GRUP VE IV. GRUP MADENLER

Ocak başı satış tutarı x%2 = ..... x 0.02 = ..... YTL

##### HAZİNE, DEVLET VE ORMAN ARAZİLERİNDE EK DEVLET HAKKI

Ödenecek ek Devlet Hakkı Devlet Hakkı x 0.30 = ..... YTL

Not: Bu bedel orman alanlarındaki 5 hektarlık alan içindeki faaliyetlerde Orman Genel Müdürlüğün hesabına yatırılır.

**TOPLAM DEVLET HAKKI:** = ..... YTL

#### DEVLET HAKKININ DAĞITILMASI

1- ÖZEL İDARE PAYI = DEVLET HAKKI X %50 = ..... YTL  
2- HAZİNE PAYI = DEVLET HAKKI X %50 = ..... YTL  
TOPLAM = ..... YTL

#### BELEDİYE PAYI

BELEDİYE PAYI = Ocak başı satış tutarı x 0.002 = ..... YTL

#### BULUCULUK HAKKI

BULUCULUK = Ocak başı satış tutarı x 0.01 = ..... YTL

#### RUHSAT SAHİBİ

Adı ve Soyadı :  
Tel - Faks :  
Tarih :  
İmza :

**EK 9. Teknik Nezaretçi Atama Belgesi**

**Ek Form- 17**

**T.C. ENERJİ VE TABU KAYNAKLAR BAKANLIĞINA  
(Maden İşleri Genel Müdürlüğü)**

**TEKNİK NEZARETÇİ ATAMA BELGESİ**

**RUHSATIN/SERTİFİKANIN**

İli :  
İlçesi :  
No :  
Grubu :

**RUHSAT/SERTİFİKA SAHİBİNİN**

Adı ve Soyadı :  
T.C. Kimlik No :  
Telefon :  
Vergi Dairesi ve Vergi No'su :  
Harç Makbuz Tarih ve No'su :  
İmza :

**TEKNİK NEZARETÇİNİN**

Adı ve Soyadı :  
T.C. Kimlik No :  
Telefon :  
Diploma Tarih ve No'su :  
Maden Mühendisleri Oda Sicil No :  
Teknik Nezaretçilik Yaptığı Diğer :  
Sahaların Adedi ve Numaraları :  
Sigorta Sicil No'su :  
Vergi Dairesi ve Vergi No'su :  
Yazışma Adresi :  
E-Posta :  
İmza :  
Maden Mühendisleri Odası Vizesi :

Yukarıda bilgileri verilen sahaya Maden Mühendisi .....3213 sayılı Maden Kanununun  
31 inci maddesi gereğince teknik nezaretçi olarak tayin edilmiştir.

ONAY

...../...../.....

**MADEN İŞLERİ GENEL MÜDÜRÜ**

# Bölüm 2

## Maden Yataklarındaki Aramalar ve Araştırmalar

Prof. Dr. Senai SALTOĞLU

## Jeoistatistiksel Rezerv Hesabı

Prof. Dr. A. Erhan TERCAN

### İÇİNDEKİLER

2.1. GİRİŞ .....	59
2.2. MADEN YATAKLARINDAKİ ARAMALAR .....	59
2.2.1. Aramalar .....	59
2.2.1.1. Yarma, çukur ve kuyu .....	60
2.2.1.2. Sondajlar .....	60
2.2.1.2.1. Sondaj sonuçlarının incelenmesi .....	61
2.3. MADEN YATAKLARINDAKİ ARAŞTIRMALAR .....	63
2.3.1. Maden Yatağının Rezervi .....	63
2.3.1.1. Damar kalınlığının bulunması .....	66
2.3.1.2. Rezervin hesaplanması .....	68
2.3.1.2.1. Şekilsiz bir yatağın rezervinin bulunuşu .....	70
2.3.1.2.2. Sondajların cevheri farklı derinliklerde kesmesi .....	73
2.3.2. Maden Yatağının Tenörü .....	74
2.3.2.1. Numune alma yöntemleri .....	74
2.3.2.1.1. Damardan kazarak numune alma .....	75
2.3.2.1.2. Hareket halindeki cevherden numune alma .....	76
2.3.2.1.3. Yığın halindeki cevherden numune alma .....	76
2.3.2.1.4. Ateşleme veya torba numunesi alma yöntemi .....	77
2.3.2.1.5. Sondaj kesintisinin numune olarak alınması .....	77



## Maden Yataklarındaki Aramalar ve Araştırmalar

2.3.2.1.6. Karot numunesi alınması	77
2.3.2.2. Ortalama tenörün hesaplanması	77
2.3.2.2.1. Bir ton cevherin değerinin hesaplanması	78
2.3.2.2.2. Bir ton kömür değerinin hesaplanması	79
2.3.2.3. Numune almada hata kaynakları	79
2.3.2.4. Numunedeki duyarlık derecesi	80
2.3.2.5. Numune miktarı	80
2.3.2.6. Numune azaltma yöntemleri	81
2.3.2.6.1. Bıçaklı ayırıcı	82
2.3.2.6.2. Konileme-dörtleme yöntemi	82
2.3.2.6.3. Alternatif kürek yöntemi	83
2.3.2.6.4. El ile azaltma	83
2.3.2.6.5. Azaltılmış numunenin saklanması	84
2.3.3. Maden Yatağının Değerini Etkileyen Faktörler	84
2.3.3.1. Maden yatağının etkileri	85
2.3.3.1.1. Rezerv	85
2.3.3.1.2. Maden yatağının kalınlığı ve eğimi	85
2.3.3.1.3. Mineral zonlarının sayısı	85
2.3.3.1.4. Tenör	85
2.3.3.1.5. Cevherin içeriğinin bileşimi	86
2.3.3.1.6. Cevher ve yantaşın özellikleri	86
2.3.3.1.7. Maden yatağının bulunduğu derinlik ve örtü	86
2.3.3.1.8. Diğer etkiler	87
2.3.3.2. Teknolojik etkiler	87
2.3.3.2.1. Üretim yöntemi	87
2.3.3.2.2. Nakliye	87
2.3.3.2.3. Cevher hazırlama ve sonraki teknikler	87
2.3.3.3. Dış etkiler	88
2.3.3.3.1. İklim	88
2.3.3.3.2. Coğrafik durum ve işçi temini	88
2.3.3.3.3. Yatırım	88
2.3.3.3.4. Üretilecek cevherin satış durumu, stoklar ve işverenin politikası	88
2.3.3.3.5. Vergi ve hukuki durumlar	88
2.4. JEOİSTATİSTİKSEL REZERV HESABI	89
2.4.1. Rezerv Hesabında Uzaklığa Bağlı İlişki Kavramı	89
2.4.2. Kriging	97

**Prof. Dr. Senai SALTOĞLU**

## **2.1. GİRİŞ**

Madencilik genel olarak yer kabuğunda bulunan ve insanlığa gerekli olan minerallerin aranması, bulunarak çıkarılması gibi işlemleri kapsar. Gerek yeraltı gerekse açık maden işletmeciliğinde mineralin üretimine geçmeden önce maden yatağında bazı aramalar yapılarak miktar ve kalitenin yani rezerv ve tenör ile mineralin özelliği hakkında bilgi toplamak gerekir. Daha sonra minerale olabilecek talep göz önünde bulundurularak senelik üretim, maden yatağının ömrü ve işletme için gerekli olacak yatırım miktarı saptanacaktır. Madencilik yapmak için gerekecek yatırım miktarı çalışma şekline göre değişiklik gösterir. Mineralin yeraltından çıkarıldığı gibi hiçbir işlem görmeden satıldığı küçük çaplı işletmeler için yatırım, sadece maden yatağının bulunduğu sahanın alınması, yol ve bina inşası ile donanımlardan ibarettir. Büyük boyutlu bir maden yatağı için bunlara ek olarak mineral zenginleştirme, izabe, işçi siteleri, demiryolu hatta liman inşası gibi yatırımlara gerek vardır.

Maden yatağındaki aramalarda amacın bu esaslar göz önünde bulundurularak yapılması ile maden işletmeciliğinde üretime geçebilmek için yapılacak planlama ve hazırlıklarda işlerin verimli bir şekilde yürütülmesi sağlanacaktır.

## **2.2. MADEN YATAKLARINDAKİ ARAMALAR**

### **2.2.1. Aramalar**

Arama deyiminden anlaşılın maden yataklarında yerüstünde açılan çukurlar, yarmalar ve kuyular ile yeraltındaki kuyu ve galeriler ile sondaj gibi işlerdir. İnanılır bir sonuca ancak bu tip çalışmalar yapıldıktan sonra erişilebilir. Ayrıca jeolojik araştırmalar ve jeofizik ölçüler bunları tamamlayan bilgiler olmaktadır.

### **2.2.1.1. Yarma, ukur ve kuyular**

Yerüstünden açılan yarma ve çukurlar ile galeri ve kuyular, yeraltındakilere kıyasla daha ucuz olmakta ve daha hızlı ilerlemektedir. Genellikle bu tip çalışmalar, maden yatağının üzerinde gevşek ve ince bir örtü tabakası mevcut olduğu zaman yapılır.

Arama çukurları ancak 2 m derinliğe kadar ekonomik olmaktadır. Bunların mümkün olduğu kadar dar ve yatağın doğrultusuna dik olarak açılması gerekir. Doğrultunun belli olmadığı zamanlarda bu çukurların çeşitli yönlerde açılması şarttır. Ayrıca çukurların çok sayıda karşılıklı olarak ve az derinlikte açılması daha iyi sonuç verir.

Arama kuyuları gevşek tabakalarda 30 m, sağlam kayaçlarda ise daha fazla derinliklere kadar açılabilir. Kalınlığı 1-15 m'den daha fazla olan gevşek tabakalarda ve genellikle suyun varlığı olan yerlerde arama sondajları daha kullanışlı olmaktadır.

Gevşek tabakalardaki arama veya araştırma amacıyla açılan kuyuların kesitleri dairesel, eliptik veya köşeli olur ve boyutları 1,2 x 1,2 m veya 1,2 m x 1,5 m seçilir. Dairesel olanlar arazi basınçlarına daha dayanıklı olduklarından ötürü daha kullanışlıdır. Öte yandan köşeli olanlar ise daha kolaylıkla tahkim edilebilir. Geniş çaplı arama işlerinde, özellikle kalın örtü tabakalarının varlığı halinde sondajlardan ayrı olarak galeriler, kuyular ve kuyulardan sürülmüş galerilerin açılması zorunludur. Bunların kesitleri, arama amacıyla yapıldığı zaman maliyetlerin düşük olması için küçük seçilmesi gerekir. Öte yandan ilerleme hızının fazla olması, dolayısıyla maliyetlerin küçük tutulması için yükleme makineleri vb. mekanize donanım kullanılacağı zaman kesitin orta büyüklükte olması gerekir.

Bir maden yatağının bulunduğu tahmin olunan arazide renk, şekil, döküntü vb. belirtilere rastlandığı zaman, yapılacak kazı yeri, eğim yönünde olmak üzere bu belirtilerin üst başında seçilir. Tek bir kuyu açarak mostranın saptanabilme olanağı oldukça azdır. Bu nedenden ötürü eğim yönünden çukur açılması daha uygun olur. Seçilecek genişliğin 1 m olması halinde en uygun çalışma şartları yerine getirilmiş olunur. Açılacak çukurun derinliği toprak örtüsünün kalınlığına bağlıdır. Derine inildikçe işaretler daha belirli olur. Burada önemli olan, damarın genişliği ve meylinin ölçülebileceği kadar dış etkilerden korunmuş olan kısımlarına inilebilmesinin sağlanabilmesidir. Bu suretle bulunan bölge, damar hakkında fikir vermekle beraber, oksidasyon başlamış olacağından alınacak numune gerçeğe uymayabilir. Numune için damar içinde daha derin kuyuların açılması gerekir.

Görüldüğu üzere buraya kadar yapılan işler sadece yüzey aramalarından ibaret kalmaktadır. Bu hususlar ancak mostra madenciliği sorunlarına cevap verebilir. Büyük çapta madencilik için veya mostra vermeyen maden yataklarında sondaj açılması zorunlu olmaktadır.

### **2.2.1.2. Sondaj**

Arama ve araştırma işlerinde kuyu açılacak yerde sondaj yapılması daha ucuz olmakta ve sonuca daha hızlı ulaşmayı sağlamaktadır. Sondajın nasıl açıldığı ve kullanılan donanımlar hakkında bilgiler ayrı bir konu olarak ilgili derste görülecektir. Burada sadece madencilikte sondajın hangi amaçlarla kullanıldığından bahsedilmiştir.

Bunların başında maden yatağının değerini saptamak amacıyla aramalar yapmak, yatağın derinliğini, damar veya cevher kitlesinin kalınlığını, eğimlerini bulmak ve yan taşların özelliği hakkında bilgi edinmek için sondaj yapmanın önemi gelir. Bir kuyunun açılmasından önce, kuyunun geçeceği tabakalar hakkında bilgi edinmek ve ilerde kuyu açma sırasında sürprizlerle karşılaşmamak için kuyu açımına girişmeden bir sondaj yapmak muhakkak gereklidir.

Madencilikte sıvı veya gaz halindeki maddelerin doğrudan doğruya üretimini sağlamak amacıyla da sondaj açılır. Sıvı olarak petrol ve su; gaz olarak doğal yakıt gazları, karbondioksit veya su buharından bahsedebiliriz. Ayrıca doğada katı olarak bulunan, fakat sıvı veya gaz haline getirilmesi mümkün olan bazı maddeler de sondaj yoluyla elde edilebilirler. Örneğin tuzu suda eriterek, kükürdün ısıtarak sıvı hale getirmek ve sondaj yardımıyla yeryüzüne çıkarmak mümkündür. Keza sondaj yardımıyla kömür tabakaları içinde delik açıldığı ve kömürün yeraltında yakılarak elde edilen gaz ve yanıcı gazların çıkarılıp kullanıldığı da madencilikte görülen üretim yollarından biri olmaktadır.

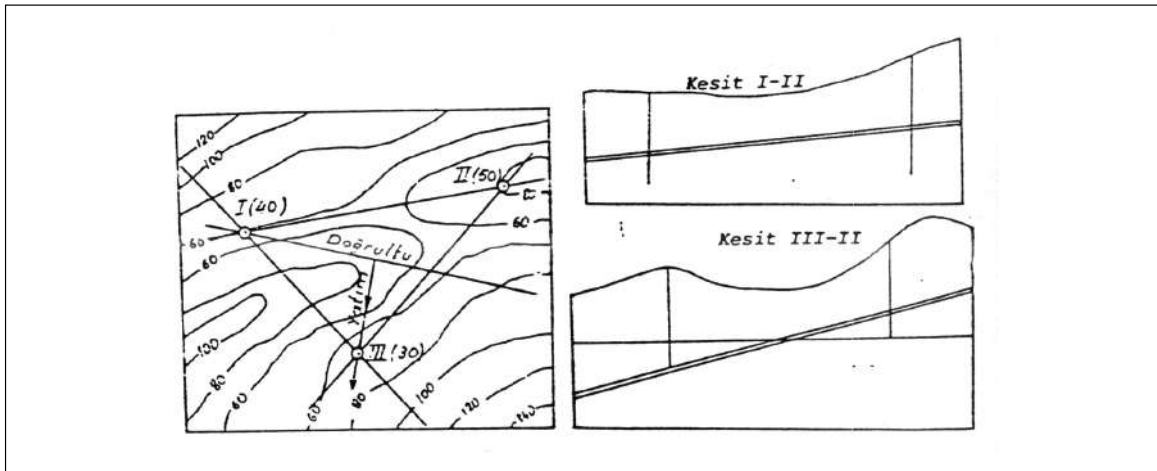
Kuyu açma sırasında sulu ve kumlu tabakalara rastlandığı zaman bu kısmın dondurulması veya çimento basarak sertleştirilmesini sağladıktan sonra kazı işine devam etmek içinde sondaj açma işinden geniş ölçüde yararlanılmaktadır.

Metan gazının fazla olduğu kömür madenlerinde üretimi arttırmak ve emniyetli bir çalışma ortamı sağlamak amacıyla gazın ocak havasına karıştırılmadan dışarı alınması ve yakıt olarak kullanılması için "kaptaj" yöntemi işlerinde sondaj açma geniş ölçüde uygulanır. Bunlara ek olarak geniş çaplı sondaj yaparak damar içinde üretim yapılması da son zamanlarda artan ölçüde kullanılmaktadır.

### 2.2.1.2.1. Sondaj Sonuçlarının İncelenmesi

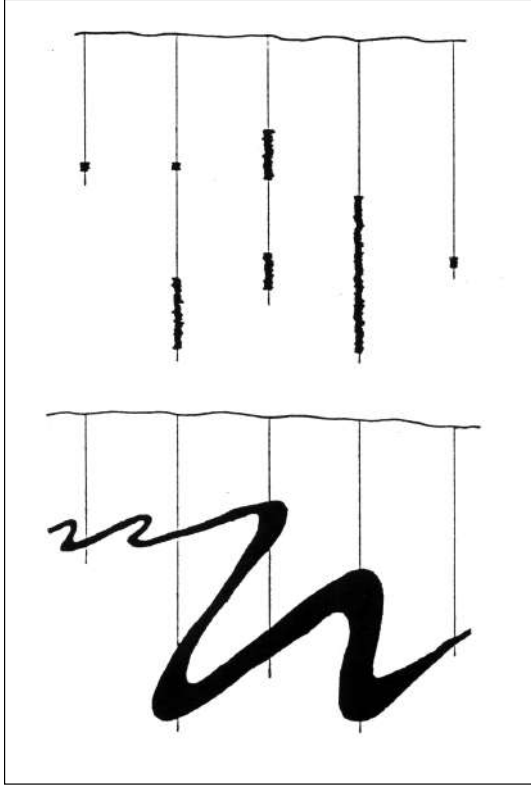
Arazide yapılan sondajların yeri topoğrafik haritada işaretlendikten sonra birbirini takip eden sondajların arasında alınan kesitler çizilerek maden yatağı hakkında tam bir bilgi elde edilmeye çalışılır. Sondajlar şayet damar halindeki bir maden yatağını, örneğin bir kömür damarını kesmişlerse, damarın kesilme derinliğine göre damarın

doğrultusu ve eğimi bulunabilir. Şayet damarda herhangi bir atım veya kıvrılma söz konusu olmazsa, yukarıdaki işlem için 3 adet sondaj yeterlidir (Şekil 1).

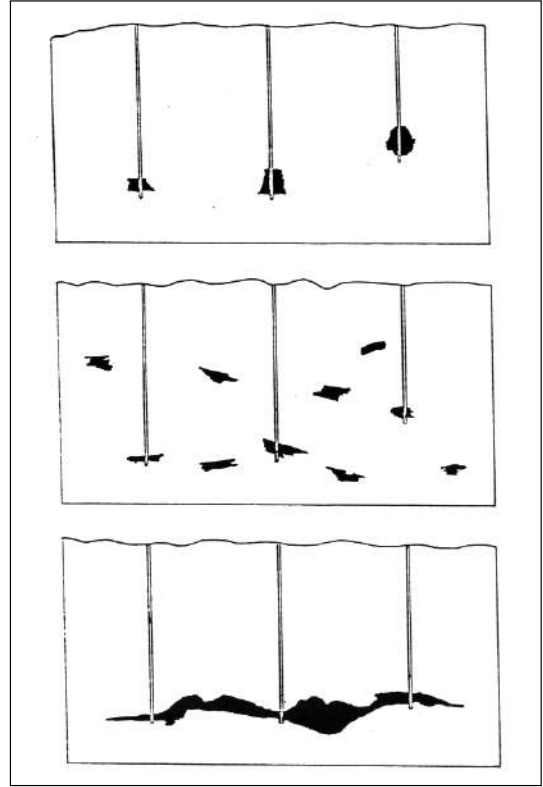


Şekil 1. Üç adet sondajla damarın doğrultusu ve eğiminin bulunuşu.

Şayet damarda dalgalanmalar varsa genel kesitler çizilmek suretiyle dalgalanmalar saptanabilir. Fakat bu durumda sondaj sayısının fazla olması gerekir. Sondajların kestiği özellikle damar tipi maden yataklarındaki değerlendirmelerin yorumlarının yapılmasında hata payları fazla olabilir. Şekil 2 ve 3 bunlara ait örnekleri göstermektedir.

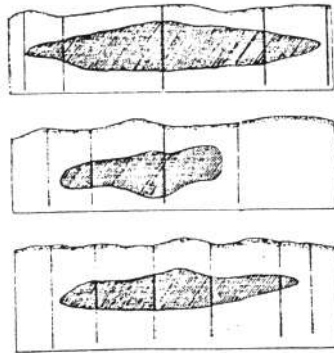


Şekil 2. Damar tipi yatakların sondajlarla belirlenmesi.



Şekil 3. Cevher adesesinin sondajlarla saptanması.

Cevher adese veya kafa şeklinde bir görünüm arz ediyorsa, sistematik olarak yapılan sondajların cevheri kestiği yerler işaretlenerek sondajlar arasındaki cevherin durumunu çizebilmek mümkün olur. Şayet çok sayıda kesit çizebilmek imkanı varsa, bunların ayrı ayrı cam levhalar üzerine resmedilmesi ve daha sonra bu cam levhaların kesit aralığına göre bir zemine tespit edilmesi suretiyle cevher adesesinin boyutlu bir görünümünü elde etmek mümkün olur (Şekil 4).



Şekil 4. Cevher adesesinin sondajlarla saptanması.

## 2.3. MADEN YATAKLARINDAKİ ARAŞTIRMALAR

Arama işlerinde maden yatağının varlığı ve yaygınlığı saptandıktan sonra, bunun rezervinin ve tenörünün bulunması için araştırma işlerine gerek vardır. Ayrıca yatağın işletilebilir olabileceği, çalışma kapasitesi, yani senelik üretim miktarının hesaplanabilmesi için araştırma işlerinin önemi büyüktür. Bunlara ek olarak maden yatağı hakkındaki bilgilerin, güncel teknik ve ekonomik sorunların da göz önünde tutulması zorunludur. Yatağın rezervi ve tenörü yeterli şekilde bilindikten sonra ancak işletmeye karar verilebilir.

Arama ve araştırma işleri arasında belirli bir sınır yoktur. Önemli olan bu çalışmalar sırasında edinilen bilgilerin yeterli ve birbirlerini tamamlayıcı olmalarıdır. Genellikle madencilikte risk diğer sanayi dallarına kıyasla daha fazla olduğundan arama ve araştırma işlerinin önemi büyüktür.

Araştırma işlerinin cinsi, maden yatağının şekline, büyüklüğüne ve düzgün veya karışık bir şekilde yayılımına göre seçilir. Az kalınlıktaki filonlar galeri, kuyu ve kuyudan sürülen galerilerle araştırılır. Yatay galeri ile maden yatağına giriş kuyuya kıyasla su ve ulaşım problemi yönünden daha ucuzdur. Bundan ötürü dağlık bölgelerde yatay galeri ile maden yatağına ulaşmak daha fazla uygulanır. Filonun doğrultusu boyunca sürülmüş bir galeri bunun devamını gösterdiği için çok yararlıdır. Aynı husus filonun yatımı doğrultusunda sürülmüş meyilli bir kuyu ile dik bir kuyu arasındaki karşılaştırma için de geçerlidir.

Tortul maden yatakları, özellikle taş kömürü, linyit ve tuz yatakları için sondaj işleri daha uygundur. Keza yatay bir halde olan cevher yatağı ve çok sayıda cevher kafaları içinde sondaj uygun bir araştırma şeklidir. Petrol, tuzlu su ve su için sondaj akla gelen tek çaredir. Çinko, altın, platin gibi plaser yataklar genellikle sondajlarla araştırılır. Sadece suyun varlığı bilinen kum ve kilden meydana gelmiş olan yeterli sağlamlıktaki yerlerde daha iyi numune alınabilmesi üstünlüğünden ötürü kuyu açma işi uygulanabilir.

Araştırma işlerinin maliyeti geniş sınırlar arasında değişir. Küçük yataklarda ve uygun şartlarda daha az olur. Araştırma için gerekli olan zaman ise birkaç ay veya birkaç sene olabilir.

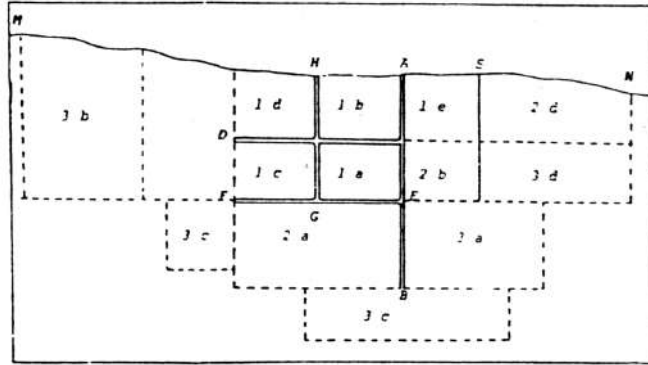
Bütün araştırma çalışmalarının amacı, maden yatağının şekli, derinliği ve tektoniğinden ayrı olarak yatağın rezervinin ve tenörünün de saptanmasıdır. Cevher yataklarında tenör faydalı metalin yüzdesi (%), altın, platin vb. metallerde ise beher ton cevherdeki miktarı (gr/t) olarak gösterilir. Kömür damarlarında ise bu husus kömürün kalorisini, uçucu madde miktarı, koklaşma kabiliyeti, kül ve kükürt miktarı, külün erime derecesi vb. konuları kapsar. Cevherlerde faydalı metal miktarının yanında metalurjik işlemler için zararlı maddeler ile gang cinsinin de dikkate alınması gerekir.

### 2.3.1. Maden Yatağının Rezervi

Maden yatağının rezervi, yatağın tespit edilen yüzeyi ile ortalama kalınlığının ve yoğunluğunun çarpımıyla bulunur. Hesapta esas olan belirli noktaları bilinen bir şeklin orta kısımlarını doldurmak ve dışarıya uzanımlarını düşünerek şekil ve hacim hakkında bir neticeye varmaktır. Bu işin her cins maden yatağı için aynı yakınlıkla yapılamayacağı açıktır. Tortul tabakalar, yatay yönde pek az değişiklik gösterdikleri için süreklilikleri hakkındaki tahminler gerçeğe yakın olabilir. Maden yatağı adese şeklinde ise durum daha değişik olur. Adesenin şekli geometrik olmadığı için, bunun nerede genişleyeceğini ve uzunluğunun ne kadar süreceğini tahmin etmek daha zordur. Bunlara ek olarak

adesenin muhtelif yerleri özellik bakımından da değişik olacağından ayrı bir hata kaynağı daha ortaya çıkacaktır. Yatak şekilsiz ise bir sonuca ulaşabilmek çok daha zor olacaktır.

Genellikle maden yataklarındaki rezervler görünür, muhtemel ve mümkün olmak üzere üç şekilde sınıflandırılır. Bunlardan görünür rezerv tam olarak varlığı saptanmış olan rezervdir. Muhtemel rezerv % 70-80 yakınlıkla, mümkün rezerv ise % 50'den daha az yakınlıkla tahmin edilebilen rezervdir. Görünür, muhtemel ve mümkün rezervler bir örnek olarak Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Görünür muhtemel ve mümkün rezervler.

Tabaka halindeki bir damarın mostrası MN boyunca araştırıldıktan sonra damarın içerisinde kalacak şekilde AB desandresi, CD ve EF galerileri ile H başyukarısı sürülmüştür. Ayrıca S noktasında damarın içinde bir sondaj yapılmıştır. Elde edilen bilgilere göre damar muhtelif panolara bölünebilir. Bu panolardan 4 veya 3 çevresi galeri, mostra veya sondaj yolu ile bilinenler görünür rezerv olarak kabul edilir. Örneğin 1a panosunun dört tarafı galerilerle çevrilidir. Bu panodaki rezerv görünür olarak kabul edilir. Her ne kadar tam ortada bir sıkma bulunması imkansız değilse de, boyutların en fazla 200-300 m'yi geçmediği hallerde bu durum düşünülemez. 1b panosunun üç tarafı galerilerle, bir tarafı mostra ile çevrilidir. Burası da görünür rezerv olarak alınır. 1c panosunun yalnız üç tarafı galerilerle çevrilmiştir. Buradaki durum her ne kadar 1a veya 1b'ye göre daha zayıf ise de, bu panoda görünür rezerve dahil edilebilir. 1d panosunun iki tarafında galeri ve bir tarafında mostra olduğundan ötürü durum 1c'nin benzeri olur. 1e panosunun bir tarafında galeri, bir tarafında mostra ve karşı köşesinde sondaj bulunmakta olup, kesinlik zayıflamışsa da, bu panoda görünür rezerv olarak kabul edilebilir.

2a panosunun yalnız iki tarafı damar içerisindedir. Bu pano muhtemel rezerv olarak kabul edilecektir. 2b panosunun bir tarafında galeri, yan tarafta da bir sondaj vardır. Bu panoda muhtemel rezerv sınıfına girer. 2c panosunda bir taraf mostra ve damar içinde olduğu bilinen D ve F noktaları vardır. Dolayısıyla durum 2a panosunun aynı olur. 2d panosunda ise bir taraf mostra ve bir köşede sondaj olmakla kesinlikle daha da zayıflamıştır. Fakat bu panoda muhtemel rezerv olarak alınabilir.

3a panosunun yalnız bir tarafında damar içerisinde olan bir galeri mevcuttur. Bu durum mümkün rezervin en emin şeklini meydana getirir. 3b panosunun yalnız bir kenarı mostra olarak bilinmektedir. Burası 3a panosuna eşit kabul edilebilir. 3c panosunda yalnız B noktası bilinmektedir. Durum daha da zayıflamakla beraber mümkün rezerv olarak kabul edilebilir. 3d panosunda ise sadece bir köşede sondaj vardır. Diğer panolara göre daha az bir belirlilik varsa da, burası da mümkün rezerv olarak kabul edilebilir.

Yukarıdaki panoları daha değişik şekillerde tertipleme ve biraz daha değişik sonuçlara varmak

mümkün olabilir. Özellikle tek kenarı bilinen panolar yerine göre daha büyük veya dar olarak düşünülebilir. Tamamen belirli olmayan hallerde, maden yatakları bilgisinden faydalanılabilir.

Maden yatağının yayıldığı bölge alanı bu şekilde bulunduktan sonra bu, damar veya filon kalınlığı ve mineralin yoğunluğuyla çarpıldıktan sonra rezerv bulunur.

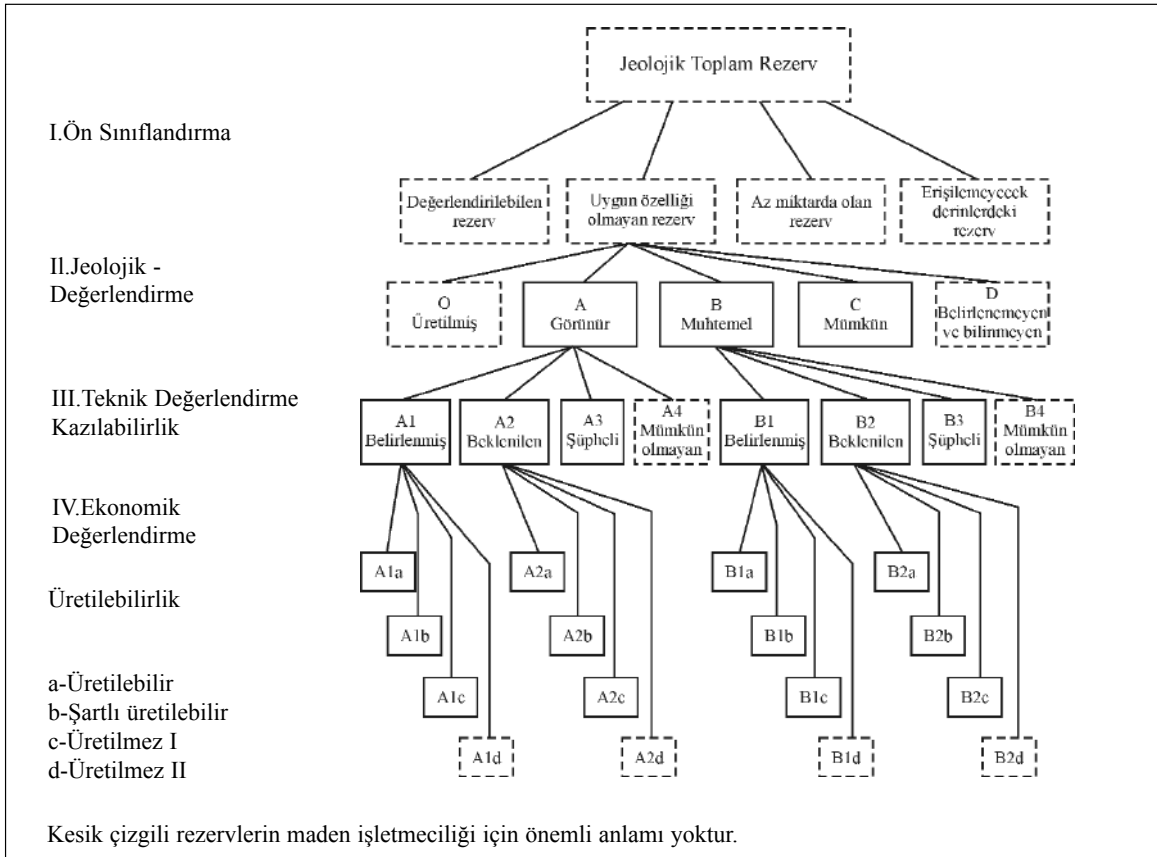
Rezervin, maden yatağının saptanması durumuna göre de sınıflandırma yöntemi, uygulanmakta olan yollardan bir başkasıdır. Buna göre rezerv; jeolojik, üretime hazır ve teknik rezerv olarak üç sınıfta incelenir.

Jeolojik rezervden anlaşılacak yer kabuğunda bulunan mineral miktarının toplamıdır. Bu rezerv jeolojik ve madencilik çalışmaları sonucunda saptanan cevher miktarıdır. Jeolojik rezerv, madencilik ve teknolojinin o andaki durumuna göre işletilemeyecek derecede bulunan cevher kısmını da kapsamaktadır.

Üretime hazır rezerv, jeolojik rezerv içerisinde bulunan sanayinin isteğine uygun ve mevcut teknik ve ekonomik şartlara göre üretimi karlı olan rezerv miktarıdır.

Teknik rezerv, üretime hazır rezervden kazılan ve yerüstüne çıkarılan rezervdir. Bu rezervden üretim sırasında olan kayıpların da çıkarılması gerekir.

Bunun dışında şekil DIN 21941'e göre de sınıflandırılır (Şekil 6).



Şekil 6. DIN 21941'e göre rezerv sınıflaması.

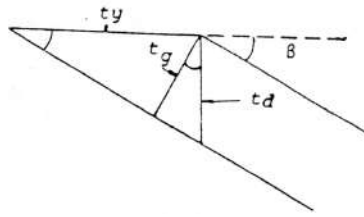


### 2.3.1.1. Damar kalınlığının bulunması

Belirli bir eğimi olan damarın üç kalınlığı vardır. Bunlar gerçek kalınlık  $t_g$ , yatay kalınlık  $t_y$  ve düşey kalınlık  $t_d$  ile gösterilmekte olup, aralarında

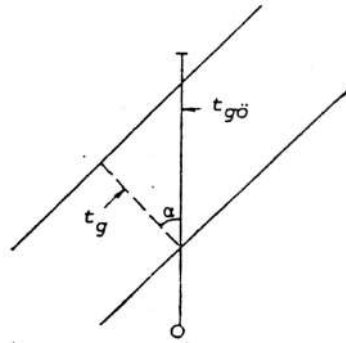
$$t_g = t_d \cos \beta = t_y \sin \beta$$

bağıntısı vardır (Şekil 7). Burada  $\beta$  damarın eğimini gösterir.



Şekil 7. Gerçek, düşey ve yatay kalınlıklar.

Eğer damar kalınlığı, doğrultuya çapraz bir açı ile ölçülecek ise görünür kalınlık  $t_{gö}$   $\cos \alpha$  ile düzeltilmelidir. Burada  $\alpha$  açısı görünür kalınlık düzlemi ile doğrultuya dik düzlem arasındaki açıdır (Şekil 8).



Şekil 8. Damar kalınlığının doğrultuya çapraz olması hali.

Eğer kalınlık gerçek yatıma çapraz açı ile ölçülecek olursa, gerçek kalınlık  $t_g$ , yatay kalınlık  $t_y$  ve düşey kalınlık  $t_d$  çok basit bir hal olan  $\alpha = 0$  için.

$$t_g = t_{gö} \sin(\beta + \theta)$$

$$t_y = t_{gö} \frac{\sin(\beta + \theta)}{\sin \beta}$$

$$t_d = t_{gö} \frac{\sin(\beta + \theta)}{\cos \beta}$$



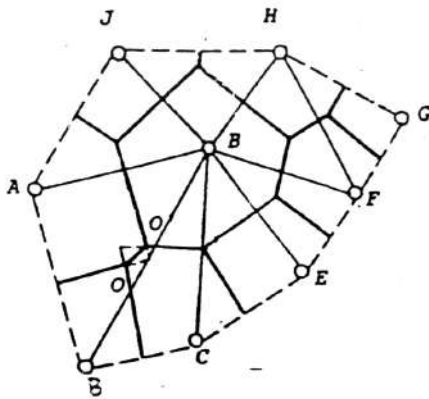
### 2.3.1.2. Rezervin hesaplanması

Bir maden yatağının rezervinin hesaplanmasında uygulanan yöntemlerden biri "Poligon Yöntemi"dir. Bu yöntemde yeryüzünden açılmış sondajların etki alanları yani kesilen cevher kalınlığının eşit kaldığı alan bulunarak yatağın rezervi hesaplanır. Şekil 11 ve 12'de görüldüğü üzere açılan A, B,... J sondajları belirli kalınlıklarda cevher kesmiş olsunlar. Burada örneğin B sondajının etki alanını bulmak için ya karşılıklı iki sondajı birleştiren doğruların (AB, JB, HB.. DB) orta dikmeleri (Şekil 11) veya ABH, HBG,... ABC üçgenlerinin kenar ortayların orta noktalarını birleştiren çokgenler (Şekil 12) B sondajının etki alanını verir.

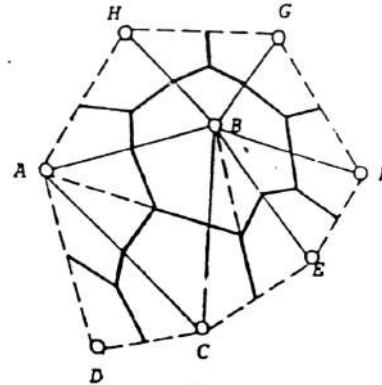
Bu şekilde A.J... D çokgeni o cevherin görünür rezervini verir. Muhtemel rezerv bu çokgenin dışında kalan bölgede B sondajını diğer sondajlarla birleştiren doğruların üzerinde A, J, D sondajlarının etki uzaklıkları işaretlenerek bulunur. Mümkün rezerv ise bu alanın da dışında, maden yatağı bilgilerine göre söylenecek rezerv olacaktır. Çokgenlerin alanları planimetre, milimetrik kağıt veya üçgenlerin alanlarından bulunabileceği gibi üçgenlere ayrılmış çokgenin köşe noktalarının xi yi koordinatların yararlanarak ;

$$S = \frac{1}{2} (x_1 y_2 + x_2 y_3 + \dots + x_{n-1} y_n + x_n y_1 - y_1 x_2 - y_2 x_3 - \dots - y_{n-1} x_n - y_n x_1)$$

eşitliğinden de hesaplanabilir.



Şekil 11. Orta dikme yöntemi.



Şekil 12. Kenar ortay yöntemi.

### Kalınlık ve alanın bulunması

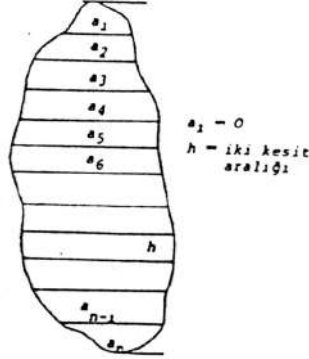
Bir yatağın değişik yerlerdeki kalınlıkları  $t_1, t_2, \dots, t_n$  ise ortalama kalınlık

$$t_{or} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n}$$

aritmetik ortalama ile bulunur.

Alan hesaplamasında ise ya planimetreden faydalanarak ölçüm yapılır veya milimetrik kağıt

kullanılarak söz konusu alan hesaplanır. Ayrıca şekli eşit aralıklara bölerek meydana gelen yamukların toplam alanı bulunur (Şekil 13).



Şekil 13. Yamuklara ayırma.

Burada S alanı

$$S = \frac{a_1 + a_2}{2} h + \frac{a_2 + a_3}{2} h + \dots + \frac{a_{n-1} + a_n}{2} h$$

$$= h \left( \frac{a_1 + a_n}{2} + a_2 + a_3 + \dots + a_{n-1} \right)$$

eşitliğiyle bulunur. Alanın bulunmasında Simpson yöntemi de kullanılabilir (Şekil 14).



Şekil 14. Simpson yöntemi ile alan hesabı.

Burada S alanı

$$S = \frac{1}{3} h (a_1 + 2 \sum a_t + 4 \sum a_ç + a_n)$$

olarak bulunur.

$a_t$  : tek sayılı kenarlar

$a_ç$  : çift sayılı kenarlar

### 2.3.1.2.1. Şekilsiz bir yatağın rezervinin bulunuşu

Herhangi bir geometrik Őekle sahip olmayan bir bloğun rezervinin hesaplanmasında kesitlere ayırma yöntemleri uygulanır. Kesitlere ayırma yöntemleri standart yöntem, lineer yöntem ve eşdeğer çizgiler yöntemi diye üç grupta incelenir .

#### Standart yöntem

##### a) Ortalama alan eşitliği

Birbirine paralel iki kesitin arasında kalan hacmin, dolayısıyla rezervin hesaplanmasında en basit olan yol, ortalama alan eşitliğinin kullanılmasıdır. Buna göre hacim

$$V_1 = \frac{S_1 + S_2}{2} L_1 (m^3)$$

rezerv ise;

$$Q_1 = \frac{S_1 + S_2}{2} L_1 \gamma (ton)$$

eşitliğine göre hesaplanır. Burada;

$S_1, S_2$  : birbirini takip eden kesitlerin alanları ( $m^2$ )

$L_1$  : kesitler arasındaki mesafe (m)

$\gamma$  : cevherin yoğunluğu ( $ton/m^3$ ) dır.

Bu Şekilde bulunan muhtelif ünitelerin toplamından yatağın toplam rezervi bulunur.

$$\sum_{i=1}^n Q = \left( \frac{S_1 + S_2}{2} L_1 + \frac{S_2 + S_3}{2} L_2 + \dots + \frac{S_{n-1} + S_n}{2} L_{n-1} \right) \gamma$$

##### b) Piramid eşitliği

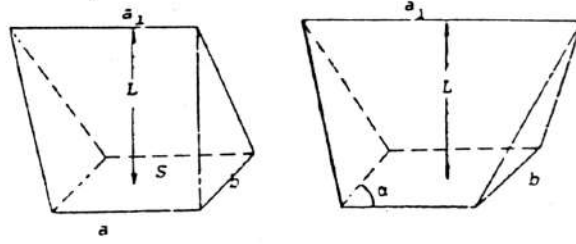
Cevher yatağının Şekli prizma veya koni Şekillerinde olduğuna göre hacim, dolayısıyla rezerv hesabında aŗađdaki eşitlikler uygulanır. Yatak prizma Şeklinde ise (Şekil 15) kullanılan eşitlik.

$$V = \frac{S}{2} L$$

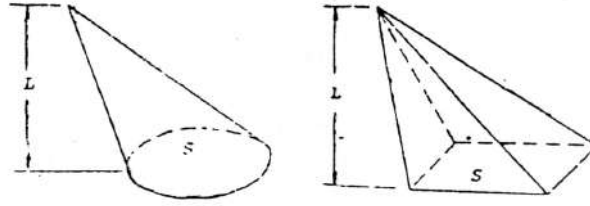
koni Şeklinde ise (Şekil 16)

$$V = \frac{S}{3} L$$

eşitlikleridir.



Şekil 15. Prizma şekilli maden yatağı.

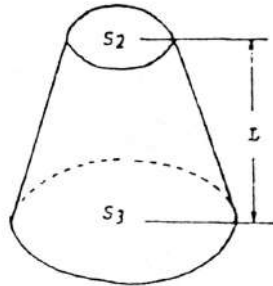


Şekil 16. Koni şekilli maden yatağı.

### c) Kesik koni eşitliği

Paralel yatay kesitlerin alanları  $S_2$  ve  $S_3$  (Şekil 17) ise cevher bloğunun hacmi

$$V = \frac{L}{3} (S_2 + S_3 + \sqrt{S_2 S_3})$$



Şekil 17. Kesik koni şekilli maden yatağı.

### d) Prizmatik eşitlik

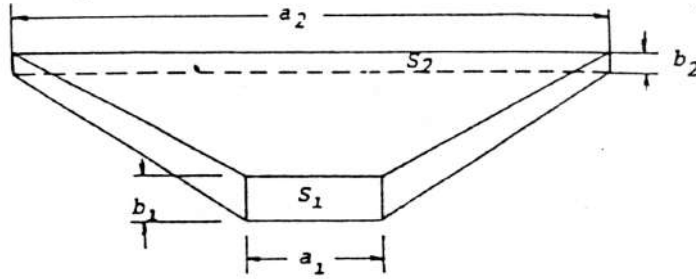
Yatak muntazam olmayan bir şekilde ise bu muntazam olmayan alanlar, muntazam hale getirilerek bulunan şekilden Simpson eşitliğinden türetilen.

$$V = (S_1 + 4m + S_2) \frac{L}{6}$$

eşitliği uygulanarak rezerv hesaplanır. Burada  $m$ ,  $S_1$  ve  $S_2$  kesitleri arasındaki ortalama alanı göstermekte olup, değeri

$$m = \frac{(a_1 + a_2)}{2} + \frac{(b_1 + b_2)}{2}$$

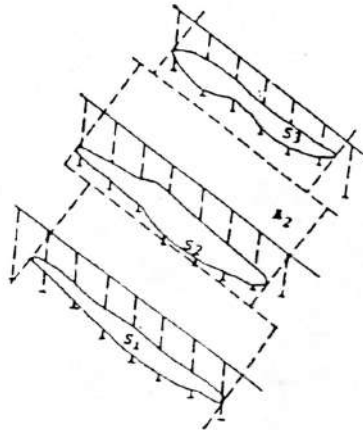
dir (Şekil 18).



Şekil 18. Muntazam olmayan maden yatağı.

### **Lineer yöntem**

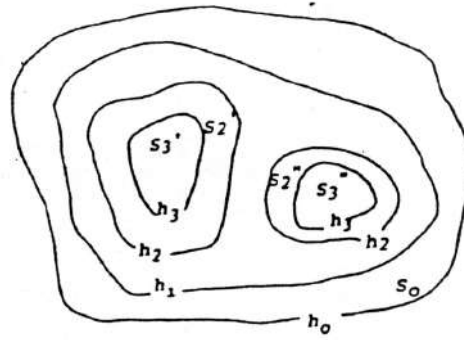
Yöntemin esası birbirine paralel dűşey kesitlerin alanlarının bulunması ve kesitler arasındaki uzaklıklara göre cevher yatağının hacminin, dolayısıyla rezervin hesaplanmasıdır (Őekil 19). Lineer yöntem özellikle aramaların kademeler halinde yapıldığı plaser maden yataklarının rezervinin hesaplanmasında uygulanır.



Şekil 19. Lineer yöntem.

### **Eşdeğer çizgiler yöntemi**

Yöntemin esası cevher kitlesinin aynı düzeydeki kısımlarının işaretlenmesiyle bulunan eşdeğer çizgilerin arasında kalan hacimlerin hesaplanmasıdır. Örneğin bu şekilde çizilmiş olan bir cevher kitlesinin eşdeğer çizgileri şekil 20'deki gibi olsun. Burada;



Şekil 20. Eşdeğer çizgiler.

$S_1$  alanı üzerinde kalan  $S_2'$  ve  $S_2''$  kısmının hacmi

$$V = h \frac{S_1 + (S_2' + S_2'')}{2}$$

olacaktır.  $h$  eşdeğer çizgilerin arasındaki uzaklıktır.  $S_2$  alanlarının üzerindeki kısmın hacmi ise;

$$V = \frac{h}{2} [(S_2' + S_2'') + (S_3' + S_3'')]$$

olacaktır.

### 2.3.1.2.2. Sondajların cevheri farklı derinliklerde kesmesi

Şayet açılan sondajlar cevheri farklı derinliklerde keserse, cevherin hacmi veya ağırlığının hesaplanmasında değişik yöntemlerin uygulanması zorunluluğu vardır.

#### Üçgen yöntemi

Bu yöntemde cevher kitlesi üçgen prizmalara ayrılarak hesap yapılır. Üçgenin üç köşesindeki kalınlıklar  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  ve üçgenin alanı  $S$  ile cevher hacmi

$$V = \frac{1}{3} (t_1 + t_2 + t_3) S$$

olur. Bu şekilde hesaplanan alan ve hacimlerden cevher kitlesinin ortalama kalınlığı

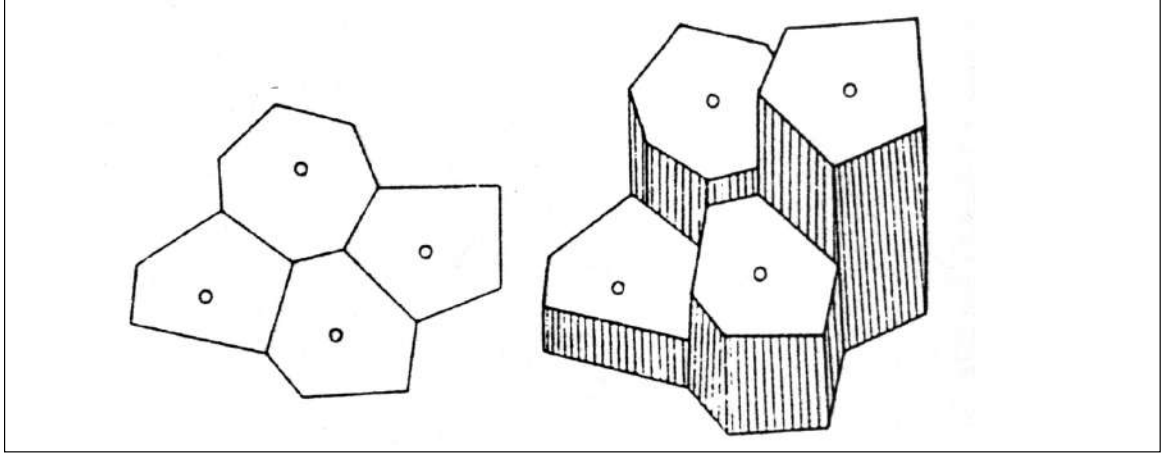
$$t_{or} = \frac{\sum_{i=1}^n V}{\sum_{i=1}^n S}$$

formülü ile bulunur. Rezerv ise  $\sum_{i=1}^n Q$  formülünden muhtelif ünitelerdeki rezervlerin  $i=1$  ayrı ayrı toplamı olarak bulunur.



### **Poligon yöntemi**

Bu yöntemde açılan sondajların etki alanları çokgen prizmalara ayrılmış gibi düşünülür (Şekil 21).



Şekil 21. Poligon yöntemi.

Poligonların bulunuşu daha önceki bölümde görülen yöntemlerin uygulanışı ile olur. Poligonların toplam alanı  $\sum_{i=1}^n S$  ve toplam hacmi  $\sum_{i=1}^n V$  olduğuna göre ortalama kalınlık,

$$t_{or} = \frac{\sum_{i=1}^n V}{\sum_{i=1}^n S}$$

olarak hesaplanır. Burada cevher rezervi ise prizmaların teker teker rezervlerinin toplamı olarak;

$$\sum_{i=1}^n Q$$

eşitliğinden bulunur.

### **2.3.2. Maden Yatağının Tenörü**

Maden yatağının tenörü ancak numune alma yolu ile saptanır. Bu bölümde sadece maden yataklarındaki numune alma şekillerinden bahsedilmeyip ayrıca çıkarılmış ve bu yere yığılmış halde bulunan cevher stoklarındaki numune alma şekillerinden de bahsedilecektir.

#### **2.3.2.1. Numune alma yöntemleri**

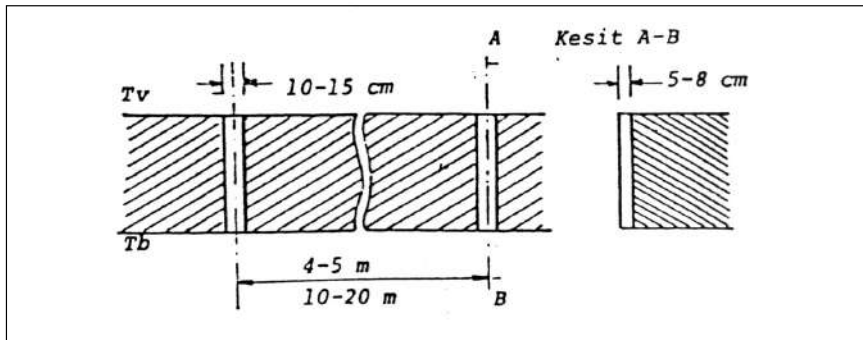
Numune alma yöntemleri maden yatağının şekline göre değişik olarak uygulanmaktadır. Numune alma yöntemleri genel olarak, alındığı yere ve alınış şekline göre sınıflandırılabilir.

Alındığı yere göre numune alma, damardan kazılarak alınan oluk numunesi yöntemi, nakliyatı yapılan hareket halinde cevherden numune alma ve yığın halinde bulunan cevherden numune alma yöntemleri olarak sınıflara ayrılabilir.

Alınış şekline göre numune alma yöntemleri ise elle numune alma, ateşleme yoluyla numune alma, mekanik veya otomatik aletlerle numune alma, sondaj ve karotlardan faydalanmakla numune alma diye sınıflara ayrılabilir. Aşağıda bütün bu numune alma yöntemlerinden sırasıyla bahsedilmiştir.

### 2.3.2.1.1. Damardan kazarak numune alma

Damardan kazarak numune alınması, oluk numune alma yöntemi olarak da isimlendirilir. Filon veya buna benzer maden yataklarında genellikle oluk numunesi alma yöntemi uygulanır. Bu yöntemde düzeltilmiş ve temizlenmiş galeri arınından veya yan duvarından veyahut yatağın doğrultusuna dik tavan ve taban arasında açılan oyuklardan numune toplanır (Şekil 22). Oluğun genişliği ve derinliği cevherin sertliğine bağlı olarak seçilir. Eğer sertlik az ise dar ve derin olmayan oluklar yeterlidir. Sertlik fazla ise tam bir ortalama değer elde etmek için derin ve geniş boyutlu oluk kesiti gerekir. Genellikle 10-15 cm genişliğinde ve 5-8 cm derinliğindeki oluk kesiti yeterlidir. Oluk arasındaki uzaklık, cevherleşme durumuna bağlı olarak seçilir. Eğer cevherleşmede pek fazla bir değişiklik söz konusu olmazsa, oluklar arası uzaklık 10-20 m veya daha fazla olabilir. Cevherleşme fazla değişiklik gösteriyorsa aralıkların 4-5 m ye kadar azaltılması gerekir. Oluk aralıklarının ne kadar olacağı saptandıktan sonra devamlı olarak buna uyulması gerekir. Olukların açılması için balyoz ve keski yeterlidir. Oluğun uzunluğu boyunca boyutlarının aynı kalmasına dikkat etmeli ve kazılan numunenin itinalı bir şekilde toplanması sağlanmalıdır. Bundan sonra numuneler numaralandırılır, torbalara doldurulur, dört bölüme ayrılarak analizi yapılır. Analiz laboratuvarı yakın bir yerde ise, numunenin dörtte biri laboratuvarında saklanmalıdır. Şayet numuneler başka yerlere gönderilecekse, miktar azaltılması muhakkak yapılmalıdır. Günde 10-20 numune alınması iyi bir çalışma yapıldığını gösterir. Maden yatağının hakkında tam bir bilgi almak için numune alma zamanının birkaç gün veya birkaç hafta olması gerekir.



Şekil 22. Oluk numunesi alınması.

Maden kömüründe numune almada da oluk yöntemi uygulanır. 20-30 cm genişliğindeki ve aynı derinlikteki oluk, martopikör, kazma veya basınçlı hava testeresi ile düzeltilmiş arından damarın doğrultusuna dik tavan-taban arasında açılır. Numuneler hava almayan kapalı kaplara konur ve mümkün olduğu kadar çabuk analiz edilir. Sütun halinde kömürden 25 x 25 cm kesitinde basınçlı hava testeresi ile blok çıkartmak iyi sonuçlar vermektedir. Bu husus sadece sert kömürlerde uygulanabilir. Daha sonra kömür parçalanır ve parçalar ayrı ayrı numaralandırılır.

### **2.3.2.1.2. Hareket halindeki cevherden numune alma yöntemi**

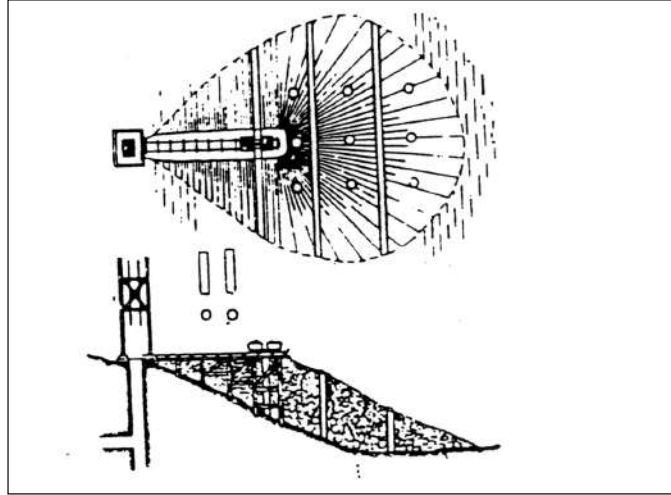
Bu yöntemde numune lavuar ve konsantratrlerdeki bantlar ve oluklardan naklettirilen veya ocaktan çıkan arabalardaki cevherden alınmaktadır.

Band ve oluklardan akan cevherin bir kısmını saptıran özel alet, kovacık vb. araçlarla numune alındığı gibi, gelen cevherin tamamını muntazam aralıklarla alan sistemler de mevcuttur.

Ocaktan çıkan her 10. veya 20. vagonun numune olarak alınması da uygulanan yöntemlerden biridir.

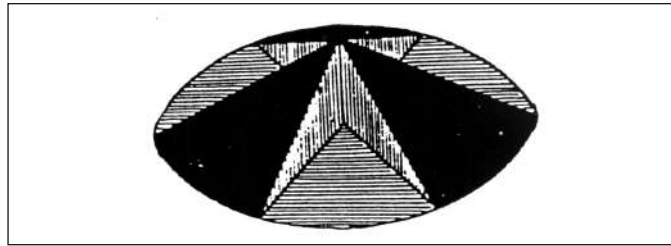
### **2.3.2.1.3. Yığıın halindeki cevherden numune alma yöntemi**

Yığıın halinde bulunan cevherden numune alınırken özellikle çok dikkatli hareket etmek gerekir. Yığıının sadece görünen üst tarafından numune alınması, büyük hatalara yol açar. Çünkü cevher rampalara boşaltıldııka iri parçalar aşağı doğru yuvarlandığından, bunlar dip kısımda birikecektir. Bunun için yığıında açılacak bir kuyunun (şekil 23) kesiti boyunca numune alınması gerekir. Bu durumda da özellikle kuyunun yan duvarının dik bir hale durmasına çalışılması şarttır. Aksi halde dip kısımdan şev dolayısıyla alınacak numune miktarı daha fazla olacak ve dip kısmım daha düşük oranda temsil edilecektir.



şekil 23. Yığıın halindeki cevher içinde açılan kuyu.

Yığıının şekli koni halinde ise bu hususun ehemmiyeti daha da artacaktır. Koni halindeki yığıınlarda en uygun şekil koninin dilimlere ayrılmasıdır (şekil 24).



şekil 24. Koninin dilimlere ayrılması.

Şayet yığın çok ince taneli ise, yığına bir boru çakılarak boru içersinde kalan miktarın numune olarak alınması en uygun yöntem olacaktır.

#### 2.3.2.1.4. Ateşleme veya torba numunesi alma yöntemi

Başka bir numune alma yöntemi olarak ateşleme veya torba halinde numune alma şekillerinden bahsedilebilir. Genellikle çok az uygulanan bu yöntemler, cevher yatağının homojen bir yapı göstermesi halinde kullanılır. Ateşleme ile numune alma, bir atım sonucu alınan cevherin numune olarak değerlendirilmesi esasına dayanır. Torba halinde numune alma ise maden yatağının herhangi bir yerinden koparılan cevherin numune olarak değerlendirilmesidir.

#### 2.3.2.1.5. Sondaj kesintisinin numune olarak alınması

Sondaj kesintisinin numune olarak değerlendirilmesi de ayrı bir yöntem olmaktadır. Bu genellikle galeri aynasının araştırılmasında, yani tavan taban arasında cevherleşmenin tahmin edildiği yerde uygulanır. Burada dikkat edilmesi gerekli olan bir husus, delik kesitinin daima aynı kalmasını sağlamak için sert uçlu matkapların kullanılmasıdır.

#### 2.3.2.1.6. Karot numunesi alınması

En iyi sonuçları karot numuneleri verir. Bu yöntem maden yatağının durumunu tam olarak yansıttığı için en kesin sonucu verir. Genellikle büyük cevher bloklarında, linyit, tuz ve maden kömürü yataklarında başarı ile uygulanır. Bu yöntemde karot alınabilme ve karot randımanı önemli olmaktadır. Randıman % 80'nin altında ise sorunların dikkatli olarak değerlendirilmesi gerekir. Bunun nedeni cevherleşmenin iyi olduğu yer ile, cevherleşmenin olmadığı kısımların karot alınabilmeye gelmemesidir. Bu gibi durumlarda karot almada Craelius yönteminin uygulanması zorunludur.

#### 2.3.2.2. Ortalama Tenörün Hesaplanması

Numuneler alınıp kimyasal analizleri yapıldıktan sonra maden yatağının bilinen kısmındaki ortalama tenör hesaplanır. Bir filon veya damarın ortalama tenörünün hesaplanması, bunların kalınlıkları boyunca alınan numunelerin yardımıyla yapılır. Örneğin kalınlığı 1 m olan bir filondan alınan % 5'lik Bakır numunesi, kalınlığı 20 cm olan bir filondan alınan numuneye kıyasla değişik ağırlığa sahiptir. Analiz sonuçlarında damar veya filon kalınlığının da dikkate alınması gerekir. Aşağıdaki örnek böyle bir hususu çizelge halinde göstermektedir.

Çizelge 1. Ortalama tenör hesabı.

Numune No	Kalınlık	Analiz sonuçları	
		% Cu	cm %
1	110	5,5	605
2	85	3,0	255
3	60	2,6	156
4	90	3,3	297
5	95	5,0	475
6	160	4,6	736
Toplam	600	24,0	2524

Burada 1 m kalınlık için ortalama tenör  $2524 : 600 = \% 4,2$  Bakır bulunur. Oysa aritmetik ortalama  $24:6 = \% 4$ 'dür. Daha sonraki zamanlarda kazılan cevherde tenör, yukarıda bulunan değerden değişik olabilir. Bunun nedeni filon kalınlığının bazı kısımlarda 60 cm'nin altına düşmesi ve buralarda kazı genişliğinin 90 cm olarak alınmasından ötürüdür. 3 numaralı numunenin tenörü yan taşta yapılacak kazıdan dolayı  $\%1,9$  a düşecek, dolayısıyla da en son yığındaki ortalama tenör  $\% 4$  kadar olacaktır.

### **2.3.2.2.1. Bir ton cevherin değerinin hesaplanması**

Faydalı bir cevher yatağının işletilebilirlik derecesi üzerine söz söyleyebilmek için donanımlar ve işletme için gerekli olan kapital ve kârın bilinmesi gerekir. Şayet maden yatağı, işletme için gerekli olan kapitali karşılayacak derecede yüksek kalitede ise, cevher yatağında kazı işine başlanabilir. Kâr veya zarar, masraf ve kazanç arasındaki farkı gösterir.

Bir maden işletmesinin kazancı, 1 ton cevher değerinin günlük, aylık veya senelik üretim miktarıyla çarpılmasıyla bulunur.

1 ton cevherin değeri pek çok sayıda faktörlere bağlıdır. İlk planda cevherdeki metal miktarı ve metal fiyatı gelir. Fakat ocaktan çıkarılan cevher, ayrıca cevher hazırlama tesislerinde zenginleştirmeye çalışılırken kayıplara maruz kalacağından, cevher hazırlama randımanı ayrıca dikkate alınmalıdır. Burada bulunan değer, halen satıcıya ödenecek değer değildir. Bundan, konsantre cevherin ulaşım ve paketleme masraflarını, özellikle izabe masraflarını çıkarmak gerekir. Ayrıca sigorta, boşaltma, kayıplar ve komisyon masraflarını da dikkate almak gerekir.

Bu hususlar aşağıda örnek olarak gösterilmiştir. Hesaplar işletmedeki hazırlanmış konsantreye göre yapılmıştır. Konsantrede  $\% 26,3$  bakır yani 263 kg bakır bulunmuş olsun. Bu miktar izabe sırasındaki kayıplardan dolayı tam olarak elde edilememektedir. Bu kayıp miktarı  $\% 1,3$  kabul edilirse, beher ton konsantrede 250 kg bakır değerlendirilmiş olacaktır. 1 ton bakır 4395 YTL (2005) olduğuna göre 1 ton konsantrenin izabe kaybı göz önüne alındığında değeri

$$\frac{4400 \times 250}{1000} = 1100 \text{ YTL}$$

olacaktır. Burada, konsantredeki 2 g/t altın ve 100 g/t gümüş hesaba katılmamıştır. Şayet izabe için konsantrede zararlı elementler mevcut ise, örneğin bakır cevheri içindeki bizmut, arsenik, antimon ve çinko için ceza kesintileri ilave edilecektir. Bu hususlar örnekte gösterilmemiştir.

İzabe masrafları, bakır miktarına göre değişir ve fakir cevherlerde fazla, zengin cevherlerde ise az olur. Örnekte konsantrenin izabe masrafları 280 YTL/t alınmıştır. Paketleme, yükleme, sigorta, kayıp vb. masraflar olarak ta, beher ton konsantre için 14 YTL alınmıştır. Buna göre toplam izabe ve diğer masraflar  $280 + 14 = 294$  YTL olur ki, bunun daha önce hesaplanan 1 ton konsantrenin değerinden çıkartılması gerekir. Dolayısıyla gerçek değer  $1100 - 294 = 806$  YTL'dir. 1 ton konsantrede 250 kg bakır olduğundan 1 kg bakırın değeri  $806 : 250 = 3,224$  YTL bulunacaktır.

Bütün bu söylenenler her cevher cinsine göre aynı olmayıp, cevher satışında değişik hesap tarzları uygulanmaktadır. Örneğin çinko cevheri satış fiyatının saptanmasında aşağıdaki eşitlik uygulanır.

$$1 \text{ ton çinko cevheri (F.O.B.)} = \left( F \cdot \frac{t-8}{100} - \dot{I}M \right) - \text{Deniz navlunu vb.}$$

Buna karşı kurşun cevherinin satış fiyatında ise;

$$1 \text{ ton kurşun cevheri (F.O.B.)} = \left( F \cdot \frac{t-0.05t}{100} - \dot{I}M \right) - \text{Deniz navlunu vb.}$$

formülü kullanılır. Burada;

F : 1 ton metalin fiyatı  
t : Cevherin tenörü  
İM : İzabe masrafları

F.O.B : Gemiye yüklenmiş cevherin fiyatı (Free On Board)

C.I.F : Alıcı memlekette navlun ve sigorta dahil cevherin fiyatı (Coast Insurance Freight)

Çinko cevheri için bir örnekle bunu belirtelim. Cevherin tenörü  $t = \% 38$ ;  
F= 1835 YTL/ton metal; İM= 40 YTL ise (2005);

$$\begin{aligned} 1 \text{ ton cevher satış fiyatı (CIF)} &= F \cdot \frac{t-8}{100} - \dot{I}M \\ &= 1835 \frac{38-8}{100} - 40 = 510,5 \text{ YTL} \end{aligned}$$

olacaktır. Bu değer, alıcı memleketteki cevher fiyatıdır. Bundan FOB masraflarının (üretim, Kara nakliyatı, DDD, Liman yüklemesi, İmrariye "Devlet hakkı", Merkez giderleri) çıkarılması gerekir.

### 2.3.2.2.2. Bir ton kömür değerinin hesaplanması

Metalik cevher yataklarında uygulanan yol, kömür için geçerli olamamaktadır. Genellikle satılabilir miktar üzerinden değerlendirme yapılır. Bu ise ilk plânda kömürün cinsi ve parça büyüklüğüne bağlıdır. Aynı parça büyüklüğünde 1 ton antrasitin fiyatı ise, değişik parça kömür fiyatlarından dolayı 1 ton maden kömüründen farklı olacaktır. Ayrıca kömürün sertliği de önemli rol oynamaktadır. Öte yandan kömürdeki kükürt, kül, nem fiyatı önemli ölçüde etkilemektedir.

Ocaktan çıkarılan kömürdeki taş miktarının da anlamı önemli olmaktadır. Bunlardan ayrı olarak yatağın şekli, tektonizma, petrografik bileşim, üretim yöntemi ve ulaşım cinsinin de etkileri vardır. Bazen isteğe göre iri parçalar halinde üretim yapılabilir. Damarda ara kesmenin dağınık veya bant halinde oluşunun da anlamı fazla olmaktadır. Kömür satışında önemli olan, bunun kalori değeridir. Kalori değeri ve koklaşma özelliğine göre kömürün fiyatı da değişmektedir.

### 2.3.2.3. Numune almada hata kaynakları

Numune alınırken gereği kadar itina gösterilerek hata yapılmamaya dikkat etmelidir. Buna rağmen uygulamada bazı zorluklar ve hata kaynakları her an mevcuttur. Numune alınırken yapılan hatanın

başında, özellikle numune bir yığından alınmıyorsa, bunun yığın hacminin ortalaması olmasına dikkat edilmemesindedir. Oysa göz sadece yığının üst ve yan yüzeylerini görür. Her ne kadar çukurlar ve kanallar açılacak da olsa, numuneyi alan şahıs daima yüzeyin etkisinde kalır.

Öte yandan faydalı minerallerle taşlar, değişik fiziki özelliklere sahip olduğundan, kazı ve taşıma sırasında farklı ufalanırlar. Bunun sonucu olarak da yığındaki ince ve iri tanelerin bileşimi değişik olur. Dolayısıyla bir yere boşaltma sırasında iri taneler dip kısımlarda toplanır. 5-10 kg olan iri taneler numune olarak alınsa, bu seferde toplam numune içersinde küçük tanelere göre oran dengesizliği meydana gelir. Ayrıca iri numuneleri kenarından koparmakta hatalıdır. Çünkü bunlar madenden sökülürken en zayıf düzlemler boyunca ayrıldığından, bunların içiyle dışarısının bileşimi farklı olur.

Bütün bunların yanında insanı zaafalarda numune almada önemli hata meydana getirirler. Gösterişli ve parlak mineraller, numuneciyi yanıltabileceği gibi, amire hoş ve becerikli görünmek için numuneyi iyi veya fena almak gibi hususlarda hata kaynağı yaratabilirler. Bunlardan başka yatağın değerini artırmak için alınan numuneye hile yoluyla zengin tenörlü cevher katmakta madencilikte görülen olaylardandır.

#### **2.3.2.4. Numunedeki duyarlılık derecesi**

Numunedeki duyarlılık, alınma gayesine bağlı olarak değişik olur. Arama ve üretim sırasında çıkarılan cevher hakkında genel bilgi istendiğinde, duyarlılık üzerinde pek durulmaz. Fakat satış yapılacak ve sonuca göre ödeme olacaksa duyarlılık önem kazanır.

Numune alma işi genellikle üç aşamada yapılır. Bunlar sırasıyla 1. Numuneyi alma, 2. Numuneyi ufalama ve azaltma, 3. Kimyasal Analiz'dir. Birinde yapılacak hata diğerine de etki edeceğinden, duyarlılığa aynı ölçüde dikkat etmek gerekir.

Cevher tenörü bakımından da duyarlılık değişik önem kazanır. İçerdiği faydalı elemanın % 50'ye yakın olduğu cevherlerde duyarlılığın önemi az, fakat daha düşük tenörlü olanlarda ise çok önemlidir. Örneğin 100 parçadan ibaret olan % 50 Fe içeren bir numuneye dikkatsizlik veya bilerek 1 parça saf demir ilave olunursa, numunenin tenörü  $51/101 = \% 50,5$  olacak, yani cevherin değeri 1/100 oranında yükselmiş olacaktır. Aynı hata % 10'luk bir kurşun cevherinde yapılacak olunursa, yani 1 parça saf kurşun konulursa, cevherin tenörü  $11/101 = \% 10,9$ 'a yükselecektir. Dolayısıyla değer artışı 9/100, yani demire kıyasla 9 misli daha fazlalaşmış olacaktır. Bu duruma göre % 50 tenörlü cevherler için duyarlık ihtiyacı en az olur. Cevher % 50'den daha zengin olursa, numuneye taş ilavesi sonucu geniş ölçüde değiştirdiğinden, duyarlılık ihtiyacı tekrar yükselir.

#### **2.3.2.5. Numune miktarı**

Cevher homojen ve ince taneli ise numune miktarı az olur. Taneler homojen değilse alınacak numunenin en az miktarının saptanması gerekir.

Numune alınırken çok yüksek tenörlü bir parçanın karışması, sonucu geniş oranda etkiler. Ancak, numune miktarı ne kadar fazla olursa, bu hususun sonuca etkisi o derecede azalır. Nazari olarak numune miktarı o kadar fazla olmalıdır ki yapılması mümkün olan böyle bir hata sonuca pek az etki edebilsin. Örneğin % 50 demir kapsayan bir yataktan % 0,1 yakınlıkla numune alacağımızı düşünelim ve 1 kiloluk bir taş parçasının numuneye ister dahil edilsin veya edilmesin bunun

etkisinin % 0,1'in altında olmasını kabul edersek, alınacak numune miktarı taşın ağırlığının 1000 katı, yani 1 ton olması gerekeceğini buluruz.

Böyle bir hata, numune alma sırasında birkaç defa yapılabilir. Ayrıca tenörü % 50'den farklı cevherlerde hata sonuca daha fazla etki etmektedir. Bunun için emniyet payı da göz önüne alınarak numune miktarının ortalama parça ağırlığının 10.000 katı olarak saptanması gerekir. Bu durumda 5 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluktaki bir mineral 10 cm büyüklüğünde kırılmışsa, beher parçanın ağırlığı 3-4 kg olacak ve alınacak numune miktarı 30-40 ton bulunacaktır.

İri parçaların ortası ile kenarı arasındaki bileşim de değişiktir. Bu sebeple en iri parçaların da tamamını almak gerekecektir. Fakat bu hususta numune miktarını artıracağından dolayı uygulanamaz. Bu nedenden ötürü parça büyüklüğü 20 cm'den fazla ise kırma işlemine muhakkak girişme zorunluluğu vardır. Büyük parçaları kırarken gereği kadar cevherin ortadan ikiye bölünmesine dikkat edilmelidir.

Yığın içindeki parça büyüklükleri değişik boyutlarda ise, buradan alınan numunedeki parça büyüklükleri de aynı oranda olmalıdır.

Numune almadaki miktar daima 10.000 parça esasına göre olmalıdır. Ancak cevher kum taneleri kadar ufalmış veya toz halinde ise numune miktarının 10.000 parçadan daha fazla olmasını gerektirecektir. Şayet toz ve iri taneler birlikte bulunuyorsa, numune içindeki tane dağılımı ile yığındaki tane dağılımının aynı olması gerekir. Bu durumda iri ve ince taneli kısımların ayrı ayrı alınacağını düşünmek daha doğru olur.

Tenör % 50'den uzaklaştıkça numuneye giren parçaların etkisi hatalı olarak artar. Bu etkinin azaltılması için numune miktarının çoğaltılması gerekir. Yine analiz sonuçlarının % 0.1'den daha duyarlı olması isteniyorsa, numune miktarı keza artırılmalıdır.

Numune alınmasında genel olarak aşağıdaki eşitlik uygulanabilir.

$$N = 10 \text{ yd}^3$$

Burada N: numune miktarı (kg)

y : cevherin yoğunluğu (gr/cm<sup>3</sup>)

d : tane boyutu (cm)

olarak ifade edilmiştir. Ancak bu eşitlik büyük parçalar için çok büyük değerler vermektedir. Örneğin 30 cm çapındaki ve 5 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluğundaki bir cevher için numune miktarı 1350 t olmaktadır. Bu yüzden numune içersinde 20 cm'den büyük tanelerin olmamasına dikkat etmelidir.

### 2.3.2.6. Numune azaltma yöntemleri

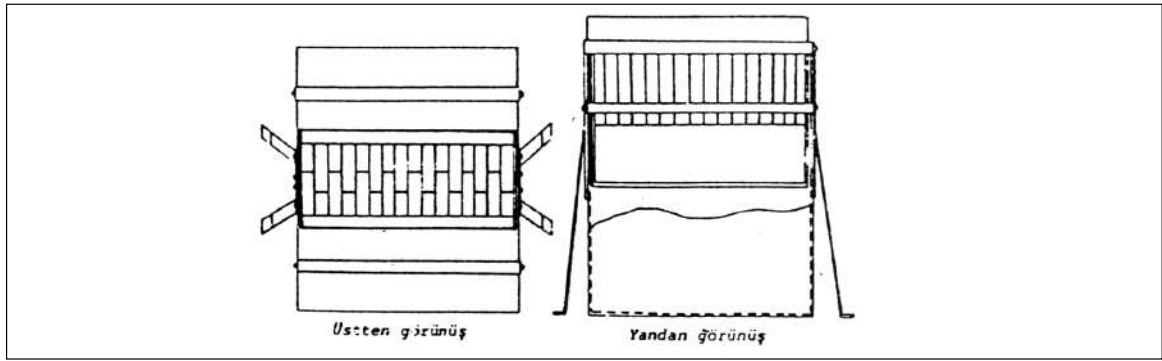
Alınan numune miktarı her zaman analiz için gereken miktarın çok üzerindedir. Genellikle analiz için birkaç kilo yeterlidir. Oysa alınan numune birkaç yüz ton olabilir. Bu nedenden ötürü alınan toplam numune azaltma yoluna gidilir.



Bu işin yapılması için önce numunenin ufaltılması gerekir. 10.000 parçalık prensibin yerine getirilmesi istenirse, numune içindeki en iri parçanın ağırlığı 1/100.000'den fazla olmamalıdır. Örneğin 100 tonluk bir numunede en iri parçanın ağırlığı 1 kiloyu aşmayacaktır. Numune azaldıkça ayrılan kısımların yeniden ufalanarak ihtiyaca yetecek kadar numune elde etmeye çalışılır.

### 2.3.2.6.1. Bıçaklı ayırıcı

Numunenin azaltılmasında kullanılan aletin başında Bıçaklı Ayırıcı (Riffle) gelir (Şekil 25). Aletin esası, üst tarafı dilimlere ayrılmış olan ve dilimlerin altı sağlı-sollu meyilli uzanan oluklardan ibarettir. Numune kürekle aletin üst kısmına atılınca numuneler sağlı-sollu oluklardan akarak ikiye ayrılır. Alttan alınan bölünmüş kısmı tekrar aynı işleme tutularak istenildiği kadar numune azaltılması işi sağlanır.



Şekil 25. Bıçaklı ayırıcı.

Aşağıdaki Çizelge 2'de numune boyutuna göre kullanılacak Bıçaklı Ayırıcıların özellikleri belirtilmiştir.

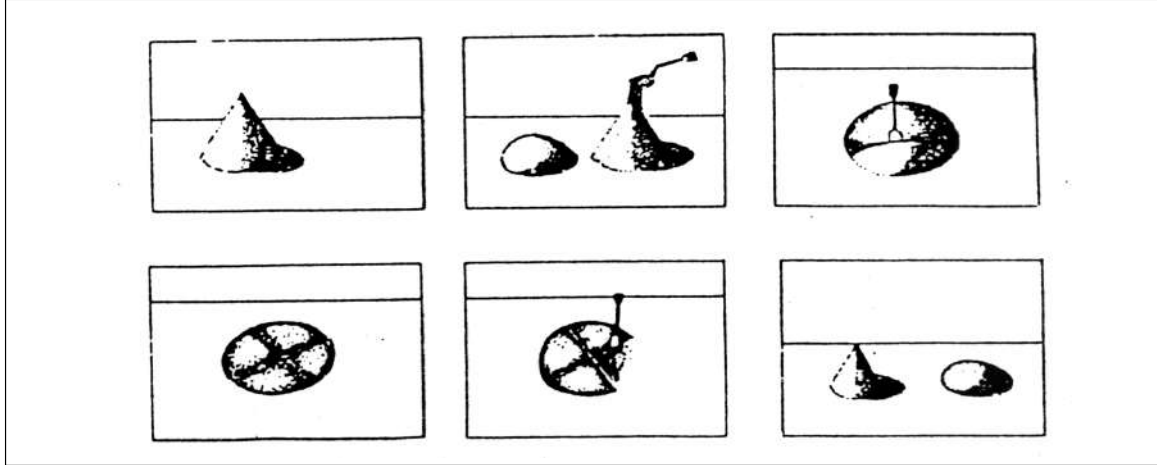
Çizelge 2. Tane büyüklüğüne göre kullanılacak bıçaklı ayırıcılar.

Numunenin % 100'nün geçtiği en küçük elek açıklığı mm	Bıçaklı Ayırıcı No	Oluk Açıklığı mm	Oluk Sayısı
13-20 (hariç)	50	50	12
10-13 (hariç)	30	30	12
5-10 (hariç)	20	20	16
2,4-5 (hariç)	10	10	16
< 2,4	6	6	16

### 2.3.2.6.2. Konileme - dörtleme yöntemi

Numunenin azaltılması yöntemlerinden bir diğeri de Konileme-Dörtleme yöntemidir. Bu yöntemde alınan numune başlangıçtan itibaren bir koni meydana getirecek şekilde bir yerde biriktirilir. Daha sonra koni tepesinden üzerine bastırılarak yassılanır ve dört eşit kısma ayrılır.

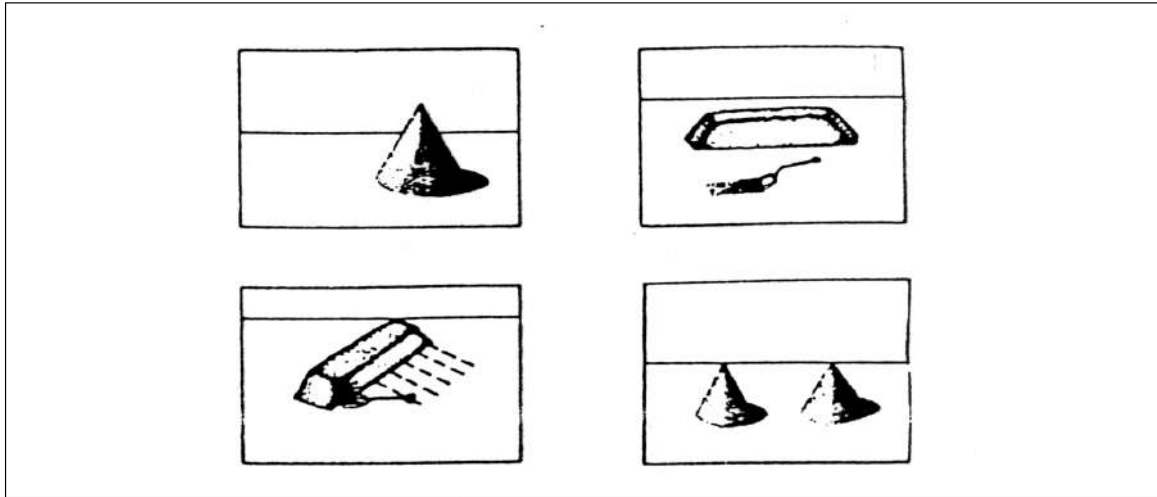
Dörtlenmiş olan numuneden karşılıklı çeyrekleri alınarak tekrar azaltılmak üzere bir yerde biriktirilir ve işlem böylece sürdürülür (Şekil 26).



Şekil 26. Konileme-dörtleme yöntemi.

### 2.3.2.6.3. Alternatif - kürek yöntemi

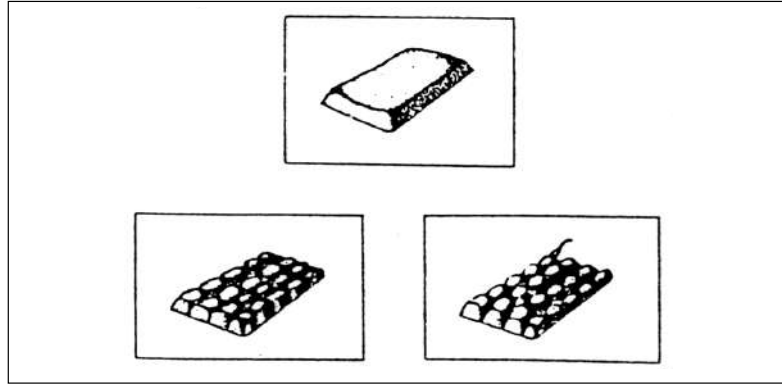
Küçük parça haline getirilen numune düzgün ve sert bir yere koni teşkil edecek şekilde yığılır. Koniden bir kürek dolusu cevher alınarak uzun bir yığın meydana getirilir. Bu uzun yığından kürekle alınan cevher, üst üste tabakalar halinde konur. Uzun yığının çevresinden teker teker kürek dolusu cevher alınarak iki koni meydana getirilir. Bu koniler, alınmış olan kürek dolusu cevherlerin bir ona, bir diğerine konulmasıyla yapılır. İki koniden biri tutularak diğeri atılır ve işlem tekrarlanır (Şekil 27).



Şekil 27. Alternatif - kürek yöntemi.

### 2.3.2.6.4. El ile parça numunenin azaltılması

Öğütülmüş numune dikdörtgen şeklinde ve eşit kalınlıkta bir yığın teşkil edecek şekilde yayılır. Bu dikdörtgen örneğin 20 göze bölünecek şekilde kısımlara ayrılır. Bu 20 gözün her birinin gelişi güzel bir yerinden, bir kepçe dolusu cevher alınır. Kepçe, gözü meydana getiren yığının dibine kadar indirilmelidir. Böylece alınmış olan cevher karıştırılarak numune oluşturulur (Şekil 28).



Şekil 28. El ile parça numune azaltılması.

#### 2.3.2.6.5. Azaltılmış numunenin saklanması

Kimyasal analiz için genellikle 500-1000 gr numune yeterli olmaktadır. Son azaltmalardan sonra elde edilen numune artık toz halindedir. Bu numunenin şişelere konulması, torba içersinde saklanmasından daha iyidir. Bu suretle, numunenin ince toz kısmının kaybı önlendiği gibi, torbanın hileli yol ile açılmasına veya içersine madde karıştırılmasına engel olunabilir. Satış işlerinde şişenin ağzı, taraflarca veya yeminli numuneci firma tarafından mühürlenmelidir. Satıcı ve alıcı birer şişe olarak kendileri için güvendikleri laboratuarlarda analiz yaptırırılar. Üçüncü bir şişe tarafların uyuştuğu bir laboratuarda analiz ettirilir. Bu sonuç hesaplaşmaya esas olur. Bu sonuç üzerinde tarafların anlaşmazlığı söz konusu olabileceği için dördüncü bir şişe daha mühürlenerek muhafaza olunmalıdır. 3 analiz sonunda taraflar anlaşamazsa, dördüncü şişe tarafsız bir ülkede yeminli bir laboratuara gönderilir ve sonuca güvenilir.

Numune işi genellikle büyük masraf ve çalışma karışlığında yapıldığından, sorumlu elemanın şişeleri yanından ayırmaması ve kendisinin bunları ait olduğu kuruma teslim etmesi şarttır.

Numunelerin saklanması ve nakli esnasında kırılma, kaybolma veya çalınmalardan başka hileli davranışlar da mümkün olabilir. Özellikle altın, gümüş gibi pahalı metallerin çok düşük tenörlü olan cevherlerinde çok dikkatli davranmak gerekir. Madencilikte numune yığının içine çekirdeği altın olan merminin tabanca ile sıkıldığı, torbalara enjeksiyon iğnesi ile değerli metallerin tuzlarının zerk edildiği, ufaltma sırasında içersinde değerli mineralin bulunduğu sigara külünün belli etmeden numuneye döküldüğü çok görülen olaylardır. Hatta şişe veya torbaların içersindeki numunelerin değiştirilmesi de dikkatsiz bir numunecinin her an başına gelebilecek olaylardır.

Büyük müesseselerde numunecilik ayrı bir dal haline gelmiş olup, bu işte yetiştirilmiş personel devamlı olarak aynı işte çalıştırılırlar. Ayrıca numune alma işini belirli bir ücret karşılığında yapan özel firmalarda mevcuttur.

#### 2.3.3. Maden Yatağının Değerini Etkileyen Faktörler

Bir maden yatağında üretim yapılmasına karar ancak yatak, çevre vb. pek çok faktörün olumlu sonuç vermesi halinde mümkün olabilir. Ayrıca maden yatağının yeraltı veya açık işletme yöntemleriyle işletilmesi durumunda faktörlerin etkisi farklı olmaktadır. Başka bir deyişle yeraltı üretimi için

olumsuz olan bir faktör maden yatağının açık işletme yöntemiyle üretilmesi halinde olumlu olabilir. Maden yatağının üretilebilirlik durumuna etki eden faktörler üç ana grupta incelenebilir:

Maden yatağının etkileri,  
Teknolojik etkiler,  
Diğer (dış) etkiler.

### **2.3.3.1. Maden yatağının etkileri**

#### **2.3.3.1.1. Rezerv**

Maden yatağının rezervi, yani miktarı özellikle üretime geçebilmek için yapılacak yatırımların büyüklüğünü belirlemek açısından önemlidir. Bu yatırımlar yeraltı madenciligi için gerekli olan galeri, kuyu açılması; makine; yedek parça; malzeme stokları; yerüstü tesisleri; büro; sosyal tesisler; yollar; liman vb. tesisler ile açık işletme madenciligi için arazi ve bina istimlakları; yol güzergahı ve nehir yatağının değiştirilmesi; keza teçhizat alımı ve yatırımlarıdır. Rezerv miktarı bulunduktan ve yatağın ömrü belirlendikten sonra yapılacak yatırımların ve alınacak teçhizatın ömürleri yatağın ömrüne uygun olmalıdır. Yani maden yatağının ömrü tükendiği zaman teçhizatında kendini amorte etmiş olması istenir. Bu durum teçhizatın farklı ömürlerinden dolayı tam anlamıyla uygulanabilmesi hemen hemen mümkün değildir. Dolayısıyla idame yatırımları adı altında ömrünü tamamlayan teçhizatın yerine yenisini almak gerekecektir. Genellikle yapılacak yatırımların değeri mevcut rezervin tümünün satış fiyatının % 20'sini aşmayacak şekilde olmalıdır. Bu nedenden ötürü yüksek kaliteli bir maden yatağı rezerv yetersizliğinden dolayı değersiz olabilir ve üretime alınamaz.

#### **2.3.3.1.2. Maden yatağının kalınlığı ve eğimi**

Yatağın rezervi yeterli olduğu halde bu rezerv çok sayıda ve aralarında fazla mesafe olan çok sayıda ince damarlardan meydana geliyorsa böyle bir oluşumda yeraltı üretiminin uygulanması mümkün olamaz. Buna sebep maden yatağına ulaşmak için taş içerisinde sürülecek galeriler ile maden yatağı içerisinde yapılacak hazırlıkların fazlalığından dolayıdır. Oysa aynı rezerv sadece kalın bir maden yatağına aitse üretime almak mümkün olabilir.

Maden yatağının eğiminin kazı işine, pasanın ve üretilen mineralin nakline, tavan basıncı dolayısıyla tahkimata, dolgu malzemesinin getirilişine, işçinin iş yerine gelişine ve malzemelerin taşınmasına, taş veya faydalı mineralin düşme tehlikesine vb. hususlara etkileri vardır. Özellikle kömür tipi oluşumlarda eğimin dik olması çalışma şartlarını çok zorlaştırdığından üretimin yapılabilmesini engelleyebilmektedir.

#### **2.3.3.1.3. Mineral zonlarının sayısı**

Bir formasyonda mineralli zonların sayısının fazla olması ve özellikle bunların arasındaki mesafelerin azlığı veya fazlalığı bu maden yatağının üretilebilmesini önemli ölçüde etkiler. Örneğin 1000 m kalınlığındaki bir karbonifer formasyonunda kömür damarları arasında büyük mesafeler varsa ve kalınlıklarda yeterli değilse üretim ekonomik olmayabilir.

#### **2.3.3.1.4. Tenör**

Cevherin tenörü tüvenan içindeki faydalı metal veya element oranıdır. Tüvenan cevherin değeri

içersindeki faydalı metal veya elementin değeri ile ayırma için yapılacak masrafların farkından ibarettir. Yani metal veya element ne kadar değerli ise cevher tenörü de o kadar düşük olabilir. Öte yandan cevherdeki mineralizasyonun homojenitesi de üretimi etkileyen önemli bir faktördür. Bu husus üretimin daha iyi organize edilebilmesini sağladığı gibi cevher hazırlama tesislerinin beslenmesinin de daha kolaylıkla yerine getirilmesini sağlar. Cevherin zengin olan kısımları yuvalar halinde ise bunlar çok düşük tenörlü fakir cevherler tarafından çevrilmişse üretimin ayrı ayrı yapılması zorunluluğunu gerektirebilir ki buda üretilebilme durumunu engelleyebilir.

#### **2.3.3.1.5. Cevher içeriğinin bileşimi**

Cevherdeki değerli minerallerin yüzde miktarları, konsantrasyon dereceleri, kendi kendine yanma, tuz minerallerinin nem çekme, sülfürlü cevherlerin okside olabilmesi, tesislerde zenginleştirilebilme özellikleri ve kirliliği, cevherin üretilebilirliğini önemli ölçüde etkiler. Keza maden yatağında kal-ker, kil vb. mineraller mevcutsa, bunlar kazılmış cevheri birbirine yapıştırıp siloları tıkayabilmesi dolayısıyla bunun üretilebilme şansını önemli ölçüde etkileyebilir. Cevher içeriğinde başka bir faydalı metal varsa, örneğin bakır cevherindeki altın, gümüş gibi metaller üretilebilmeyi olumlu; demir cevheri içersindeki bakır veya arsenik bulunması ise olumsuz yönde etkiler.

#### **2.3.3.1.6. Cevher ve yantaşın özellikleri**

Faydalı mineralin üretilebilirliğini etkileyen önemli faktörlerden biri olup çalışma güvenliğinin sağlanması yönünden bunların fiziksel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu özellikler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir :

- Cevher ve yantaş sağlam
- Sağlam cevher, çürük yantaş
- Çürük cevher, sağlam yantaş
- Cevher ve yantaş çürük.

Yukarda belirlenen özellikler üretim yönteminin seçiminde belirleyici faktörler olmaktadır. Üretim yöntemi yukarıdaki şartlara göre çok pahalı önlemlerin alınmasına gerek göstermesi halinde maden yatağının üretimi ekonomik sınırların dışına çıkabileceğinden üretim mümkün olmayabilir.

Tabaka halinde oluşum gösteren maden yataklarında örneğin kömür vb. oluşumlarda ara kesmeler, çatlaklar, sertlik, yangına yatkınlık gibi özellikler yantaşın üretimini önemli yönde etkileyen faktörlerdir. Kömürdeki ara kesmeler kazı işini güçleştirdiği gibi kül oranını fazlaştıran değerini düşürür. Çatlaklar kazıya yardımcı olduğu gibi öte yandan büyük bloklarında düşmesine, dolayısıyla tahkimat masraflarının artmasına neden olabilir.

Kömürün sertliği yani ana kütlede koparıma direnci, uygulanacak kazı şekli ile mekanizasyona geçilebilme derecesini etkiler. Yangına yatkınlık üretimin özel önlemler alınarak yürütümünü gerektirir.

#### **2.3.3.1.7. Maden yatağının bulunduğu derinlik ve örtü**

Derinlik fazlaştıkça gerek jeotermik gradyenden (33 m/derece) gerek havanın kendi basıncından (100 m/derece) dolayı sıcaklık artacağından kazı yerinin iyi bir şekilde havalandırılması sorunu ortaya çıkacaktır. Bu ise ek masrafları beraberinde getireceğinden büyük derinlikler ancak değerli

minerallerin üretimi için uygun olacaktır. Bunun yanında üretilen mineralin yerüstüne nakli yüksek enerji sarfiyatına, dolayısıyla maliyet artışına neden olacaktır. Derinliğin getirdiği önemli etkilerden biride arazi basıncının artmasıdır. Bu ise yüksek tahkimat yoğunluğu veya dolgulu çalışma zorunluluğunu dolayısıyla maliyetin artışı gündeme getirir. Ayrıca derinlik arttıkça kuyu açma donanımı ve işletme masrafları da yükselmektedir.

Maden yatağının üzerindeki örtü tabakasının yapısı özellikle kuyu açılmasında önemli sorunlar ortaya çıkarır. Akıcı ve sulu kayalar kuyu açmayı önemli ölçüde etkiler ve pahalı ve özel yöntemlerin uygulanma zorunluluğunu ortaya çıkarabilir.

### **2.3.3.1.8. Diğer etkiler**

Maden yatağının özellikle kömür tipi oluşumlarda metan gazı içermesi halinde bunun patlama sınırının altına düşürülmesi için büyük miktarda havanın yeraltına gönderilmesi zorunluluğunu ortaya çıkarır. Yeraltında hava hızı tüzüklerle sınırlandırıldığı için fazla miktarda hava gönderebilmek ancak büyük kesitli galeri ve kuyuların açılmasıyla mümkün olur. Bu ise maliyet artışına neden olabileceği gibi çürük arazilerde geniş kesitler önemli sorunlar yaratabilir.

Gerek üretim, gerekse hazırlık çalışmaları sırasında su açığa çıkmaktadır. Üretilen beher ton faydalı minerale karşı 20-30 m<sup>3</sup> suyun açığa çıktığı maden işletmeleri vardır. Yeraltında asgari iki günlük su gelirinin toplanabileceği su havuzlarının yapılması tüzük hükümlerine göre zorunlu olduğundan büyük su geliri olan işletmelerde olumsuz durumlar ortaya çıkacaktır. Ayrıca bu suyun dışarıya pompalanması da yüksek enerji masraflarına neden olacaktır.

### **2.3.3.2. Teknolojik etkiler**

#### **2.3.3.2.1. Üretim yöntemi**

Seçilecek üretim yöntemi maden yatağının, teknik donanımın, işçiliğin ve yapılacak masrafların fonksiyonu olarak belirlenme durumundadır. Metalik maden yatakları ile kömür tipi sedimanter yataklarda uygulanan üretim yöntemleri farklılık gösterirler. Özellikle metalik maden yataklarında uygulanan yöntemler çok sayıda olup oldukça fazla farklılık gösterirler. Ayrıca üretim için gerekli olabilecek donanıma yapılacak yatırım önemli maliyet artışına neden olabilir. Bu husus yatağın üretime alınabilme şansını azaltabilir.

#### **2.3.3.2.2. Nakliye**

Üretilen faydalı mineralin nakliyesi keza önemli bir faktördür. Maden yatağının üretildiği yerden kullanıcıya kadar nakliyesi artan taşımacılık giderlerinde maliyetin artmasını dolayısıyla üretilebilme durumunu etkileyebilir. Nakliyatın demiryolu, karayolu, denizyolu ile yapılabilmesi; bu nakliyat şebekesine kadar taşınması daima beraberinde bazen çözümü zor olan sorunları da gündeme getirmektedir.

#### **2.3.3.2.3. Cevher hazırlama ve sonraki teknikler**

Cevher hazırlama teknikleri çok düşük tenörlü cevherlerin bile üretilebilme şansını artırmıştır. Fakat cevher hazırlama için gerekli yatırım miktarı (% 25) özellikle açık işletmelerde cevher üretimi için olan yatırımdan (% 6,9) fazla olmaktadır. Bunun dışında bazı cevherlerin bünyesinde bulunan zararlı minerallerin cevher hazırlama tesislerinde bertaraf edilmesi keza zor ve pahalı olmaktadır.

Hazırlama tesislerinde konsantre hale getirilen cevherin metalurjik vb. işlemlere tabi tutulması veya bu haliyle satılması gerekecektir. Bu işlemler için yapılacak masraflar ürünün satışından elde edilecek gelire göre maden yatağının üretime alınıp alınamayacağına karar vermede etkili olacaktır.

### **2.3.3.3. Dış etkiler**

#### **2.3.3.3.1. İklim**

Maden yatağının bulunduğu yerdeki iklim bazen sene içerisinde aralıklı çalışmayı gerektirebilir. Özellikle dağlık yerlerde açık işletme veya yerüstündeki işler kış mevsiminde mümkün olmayabilir. Ayrıca bu tip yerlerden nakliyat yapabilmekte kış aylarında hemen hemen imkansızdır.

#### **2.3.3.3.2. Coğrafik durum ve işçi temini**

Memleketimizde cevherlerin nakil masrafları genellikle üretim masraflarından fazla olmaktadır. Şayet maden yatağı ulaşılması çok zor yerlerde ise ve ulaşım olanakları kısıtlı ise, maden yatağında üretime geçmek ekonomik olmayabilir. Bunun yanında, bu tip yerlerde işçi bulabilmek özellikle usta işçileri temin edebilmek çok zor olduğu gibi, temin edilenlerin barındırılması da önemli bir sorun olabilmektedir. Büyük işletmelerde ise ayrıca sosyal ve kültürel tesisler, lojman vb. tesislerin yapılması zorunludur.

#### **2.3.3.3.3. Yatırım**

Yatırım henüz hiç üretime geçmeden tamamının ödenmesi gereken bir masraftır. Bunların başında yapılan yollar, sürülen galeri ve kuyular, malzeme ve direk ihtiyacı, makineler, gerekli enerjinin temini vb. pek çok husus gelir. Bu hususların yerine getirilmesi ve alınan donanımların kurulması önemli bir zamana ihtiyaç gösterir. Bu işlerin planlanması, yatırımın temini ve donanımların yapımının bitimine kadar hiç üretim yapılmadığından, gerekli olan masrafların önceden karşılanması gerekir. Bu hususlardan ise genellikle sermaye sahibi kişiler kaçınabilirler. Bir maden işletmesinde yapılacak yatırımın miktarı işletilebilir rezervin satış tutarının % 20'si kadarını aşmamalıdır.

#### **2.3.3.3.4. Üretilecek cevherin satış durumu, stoklar ve işverenin politikası**

Faydalı mineralin üretim miktarı piyasadaki isteğe bağlı olarak ayarlanır. İstek arttığı sürece piyasaya sunulacak cevher miktarı da ona göre artırılabilir. Örneğin kış aylarında kömüre olan istek, yaz aylarına kıyasla daha fazladır. Bunun yanında bazı cevherlerin, özellikle stratejik önemi olan cevherlerin üretimi dünya politikasına bağlı olarak azaltılır veya çoğaltılır.

Bunun yanında dünya ihtiyacına göre devamlı üretilmesi zorunlu olan cevherlerde mevcuttur. Bazen cevher, piyasanın isteğinden fazla olarak üretilir ve stok yapılır. Bunun nedenleri çeşitlidir. Nitekim kış aylarında yakıt isteğini karşılayabilmek için yazın kömürün üretilmesi veya stratejik cevherlerin barış zamanlarında gerekli olduğundan fazla üretilmesi gibi.

#### **2.3.3.3.5. Vergi ve hukuki durumlar**

Hukuki bakımdan sorunlu olan sahalarda üretime geçmek mümkün olmayabilir. Bazı hallerde ülkedeki mevzuat hükümlerine göre madenci korunarak gümrükten muaf tutulabileceği gibi kredi imkanları tanınarak maden yatağının çalışabilmesi sağlanmış olabilir.

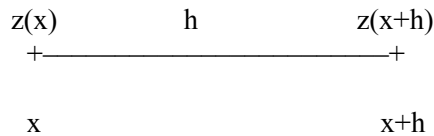
**Prof. Dr. A. Erhan TERCAN**

#### **2.4. JEOİSTATİSTİKSEL REZERV HESABI**

Rezerv hesabı, bütün bir yatak için rezerv ve ortalama tenörün hesaplandığı çalışmaları içerir ve fizibilite incelemesinin ilk ve en önemli adımını oluşturur. Doğru hesaplanmayan rezervler, maden yatağının yanlış bir şekilde işletmeye alınmasına ya da ekonomik olduğu halde işletilmemesine yol açabilir. Bu bakımdan kullanılacak rezerv hesaplama yöntemini iyi seçmek gerekir. Bu bölümde rezervleri diğer yöntemlere göre en az hata ile hesapladığından ve ayrıca yapılan hatanın büyüklüğüne ilişkin bilgiler verdiği için jeoistatistiksel yöntemler üzerinde durulacaktır.

##### **2.4.1. Rezerv Hesabında Uzaklığa Bağlı İlişki Kavramı**

Maden yataklarının değerlendirilmesinde kullanılan tenör, kalınlık gibi değişkenler belirli bir bölgeye özgü olup en az bir koordinatla ifade edilirler. Bu özelliklerinden dolayı bu tür değişkenler bölgesel değişken olarak adlandırılırlar. Bölgesel değişkenler, aynı zamanda uzaklığa bağlı bir ilişki gösterirler. Uzaklığa bağlı ilişki, tenör yada kalınlık değerlerindeki farkların uzaklığa bağlı değişimi olarak tanımlanabilir. Bunun için bir maden yatağının herhangi bir  $x$  noktasındaki tenör değerini  $z(x)$ , bundan  $h$  uzaklıktaki tenör değerini ise  $z(x+h)$  ile gösterelim. Ayrıca tenör değerleri arasındaki fark  $f(h)=z(x)-z(x+h)$  olsun (Şekil 29).

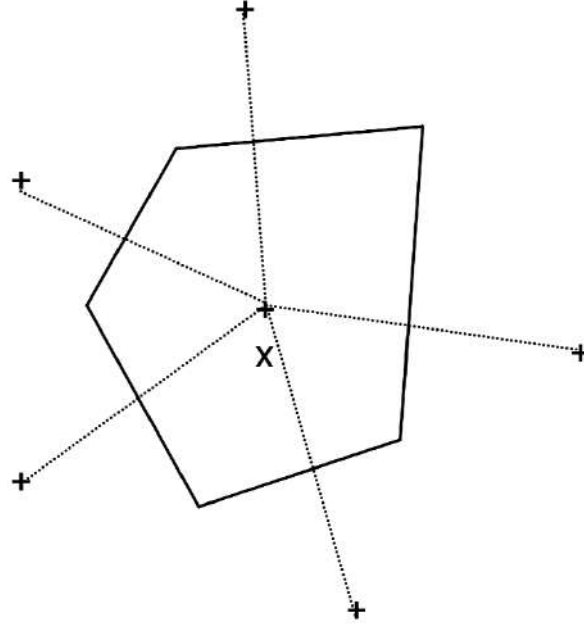


Şekil 29. Tenör değerleri arasındaki farkın uzaklıkla değişimi.



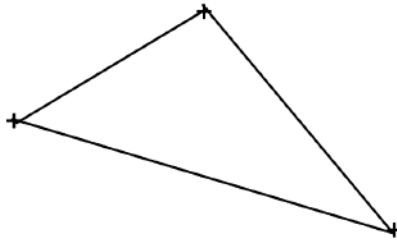
Genelde  $h$  uzaklığı arttıka tenör değerleri arasındaki farkın  $[f(h)]$  artması, uzaklık azaldıkça farkın azalması beklenir.  $f(h)$  fonksiyonu biliniyorsa, örneklelenmemiş bir noktadaki tenör değerini hesaplamak mümkündür. Örneğin Şekil 29'da  $x$  noktasındaki  $z(x)$  değerinin bilinmediğini varsayalım. Bu durumda bilinen  $z(x+h)$  tenörünü ve  $f(h)$  fonksiyonunu kullanarak,  $z(x)$  hesaplanabilir.

$f(h)$  fonksiyonunu modellemenin rezerv hesabında oldukça önemli bir yeri vardır. Örneğin poligon, üçgen ve kesit gibi geometrik rezerv hesaplama yöntemleri, bu fonksiyonun ilgili hesaplama alanı (poligon, üçgen yada kesit) içinde sifıra eşit olduğunu varsayar. Bunu daha iyi açıklamak için Şekil 30'da gösterilen bir sondaja ilişkin poligonu gözönüne alalım.



Şekil 30.  $x$  sondajına ilişkin poligon alanı.

Poligon yönteminde  $x$  sondajına ilişkin poligon alanı içinde herhangi bir noktadaki tenör yada kalınlık değerinin poligonun merkezindeki ( $x$  noktasındaki) tenör yada kalınlık değerine eşit olduğu varsayılır. Diğer ifade ile poligon alanı içinde bölgesel değişken hep aynı değeri içermektedir. Tenör yada kalınlığın değişmemesi,  $f(h)$  fonksiyonunun sifıra eşit olduğu anlamına gelir. Benzer bir durum üçgen yöntemi içinde geçerlidir. Şekil 31, üç adet sondajdan oluşturulan bir üçgeni göstermektedir.



Şekil 31. Üç sondajdan oluşturulan üçgen alanı.

Üçgen yönteminde üçgenin köşelerinde yer alan sondajların ortalama tenör yada kalınlık değerinin üçgenin herhangi bir noktasındaki tenör yada kalınlık değerine eşit olduğu varsayılır. Bu varsayım altında  $f(h)$  nin değeri sıfırdır. Kesit yöntemi de poligon ve üçgen yöntemi gibi aynı varsayımı içerir.

Tenör yada kalınlıkların ilgili hesaplama alanı içinde değişmediği varsayımı gerçekçi bir varsayım değildir ve tenör değerlerindeki farkların uzaklığa bağlı bir modelinin oluşturulmasında en gerçekçi yaklaşım, ilgili yatağın verilerini kullanan ve yatağın özelliklerini yansıtan jeostatistiksel yaklaşımdır.

### **Uzaklığa bağlı ilişkinin ölçülmesi ve modellenmesi**

Bölgesel değişkenin değerleri arasındaki farklar,  $[z(x)-z(x+h)]$ , değişkenin  $h$  uzaklığındaki benzerlik derecesini ortaya koyar. Bir maden yatağında aralarında  $h$  uzaklığı olan birden çok örnek çifti tanımlamak mümkündür. Böyle çok sayıdaki farkın ortalaması, uzaklığa bağlı değişkenliğin bir ölçüsü olarak alınabilir:

$$f(h) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z(x) - z(x+h)]$$

Bu eşitlikte  $n$ ; aralarındaki uzaklığın  $h$  olduğu örnek çifti sayısıdır. Bununla birlikte bu ölçü, uzaklığa bağlı değişkenliğin mutlak bir ölçüsü değildir ve bunun yerine farkların kareleri kullanılır:

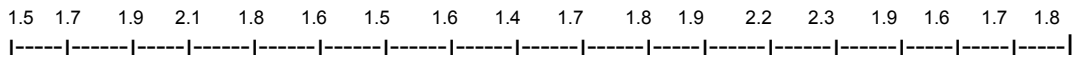
$$f(h) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z(x) - z(x+h)]^2$$

Bu fonksiyonun değerleri, farklı  $h$  uzaklıkları için hesaplanabilir. Buradan tenör değerlerindeki farkların uzaklığa bağlı değişimi incelenebilir.

Jeoistatistik olarak bilinen rezerv hesaplama yöntemi, uzaklığa bağlı ilişkinin modellenmesine dayanır ve  $f(h)$  fonksiyonu, variogram adını alır

$$2\gamma(h) = \frac{1}{n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x) - z(x+h)]^2$$

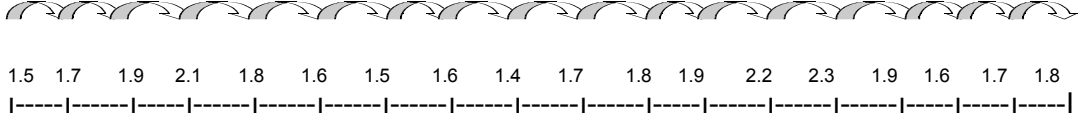
ile hesaplanır. Bir boyutta variogramın nasıl hesaplandığına ilişkin bir örnek aşağıda verilmiştir. Bunun için kömürde sürülmüş bir galeride 1m aralıklarla 18 adet lokasyonda damar kalınlığının ölçüldüğünü varsayalım (Şekil 32).



Şekil 32. Kömürde sürülmüş bir galeride 1 m aralıklarda ölçülen damar kalınlıkları.

1m deki variogram değeri, aralarındaki uzaklığın 1m olduğu örnek çiftleri arasındaki farkın karelerinin ortalaması alınarak hesaplanır.

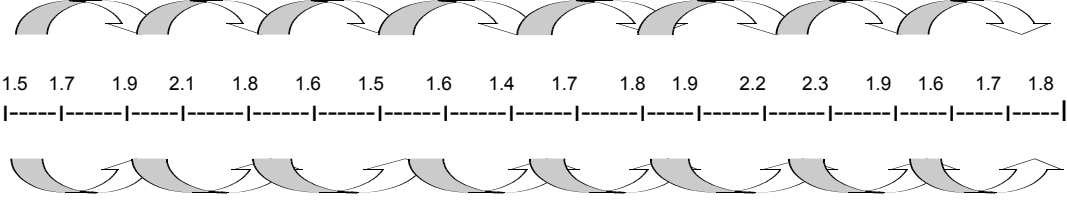
*Maden Yataklarındaki Aramalar ve Araştırmalar*



$$2\gamma(1) = \frac{1}{17} [(1.5-1.7)^2 + (1.7-1.9)^2 + (1.9-2.1)^2 + (2.1-1.8)^2 + (1.8-1.6)^2 + (1.6-1.5)^2 + (1.5-1.6)^2 + (1.6-1.4)^2 + (1.4-1.7)^2 + (1.7-1.8)^2 + (1.8-1.9)^2 + (1.9-2.2)^2 + (2.2-2.3)^2 + (2.3-1.9)^2 + (1.9-1.6)^2 + (1.6-1.7)^2 + (1.7-1.8)^2]$$

$$2\gamma(1) = \frac{1}{17} 0.78 \Rightarrow \gamma(1) = 0.023$$

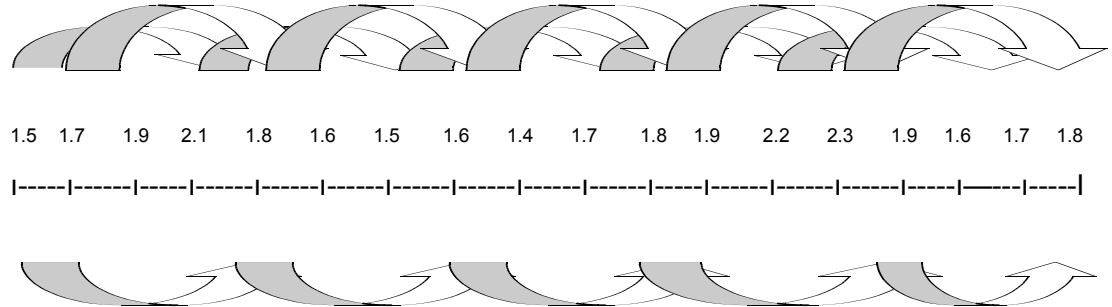
2 m deki variogram değeri, aralarındaki uzaklığın 2m olduğu örnek çiftleri arasındaki farkın karelerinin ortalaması alınarak hesaplanır.



$$2\gamma(2) = \frac{1}{16} [(1.5-1.9)^2 + (1.9-1.8)^2 + (1.8-1.5)^2 + (1.5-1.4)^2 + (1.4-1.8)^2 + (1.8-2.2)^2 + (2.2-1.9)^2 + (1.9-1.7)^2 + (1.7-2.1)^2 + (2.1-1.6)^2 + (1.6-1.6)^2 + (1.6-1.7)^2 + (1.7-1.9)^2 + (1.9-2.3)^2 + (2.3-1.6)^2 + (1.6-1.8)^2]$$

$$2\gamma(2) = \frac{1}{16} 1.85 \Rightarrow \gamma(2) = 0.058$$

3m deki variogram değeri, aralarındaki uzaklığın 3m olduğu örnek çiftleri arasındaki farkın karelerinin ortalaması alınarak hesaplanır.



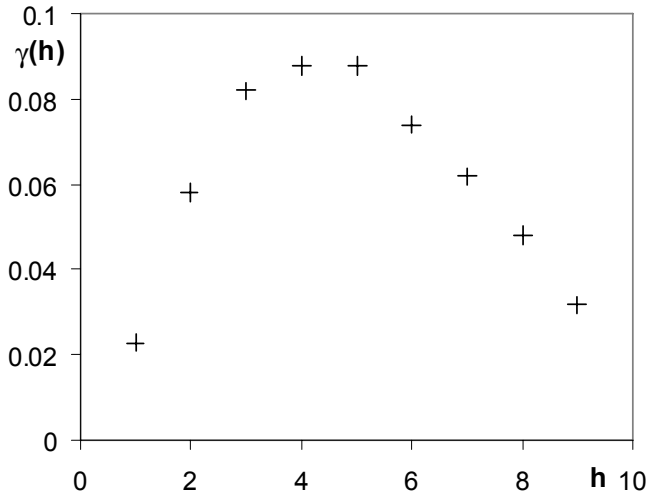
$$2\gamma(3) = \frac{1}{15} [(1.5-2.1)^2 + (2.1-1.5)^2 + (1.5-1.7)^2 + (1.7-2.2)^2 + (2.2-1.6)^2 + (1.7-1.8)^2 + (1.8-1.6)^2 + (1.6-1.8)^2 + (1.8-2.3)^2 + (2.3-1.7)^2 + (1.9-1.6)^2 + (1.6-1.4)^2 + (1.4-1.9)^2 + (1.9-1.9)^2 + (1.9-1.8)^2]$$

$$2\gamma(3) = \frac{1}{15} 2.46 \Rightarrow \gamma(3) = 0.082$$

4m, 5m, 6m ve diğer uzaklıklardaki variogram değerleri benzer şekilde hesaplanır. Pratik olarak variogramlar, örneklerin yayıldığı uzunluğun yarısına kadar hesaplanır. Bu örnekte kalınlık değerleri, toplam 18m lik bir uzunluk üzerinde ölçüldüğünden variogram 9m uzunluğa kadar hesaplanmış ve sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.

$$\gamma(4)=0.088, \gamma(5)=0.088, \gamma(6)=0.074, \gamma(7)=0.062, \gamma(8)=0.048, \gamma(9)=0.032$$

Variogram analizinde bir sonraki aşama, uzaklığa karşı variogram değerlerini bir grafikte göstermektir (Şekil 33).



Şekil 33. Kalınlık verilerinin variogramı.

Şekil 33 kalınlık değerleri arasındaki farkların 4m ye kadar arttığını bundan sonra azaldığını göstermektedir.

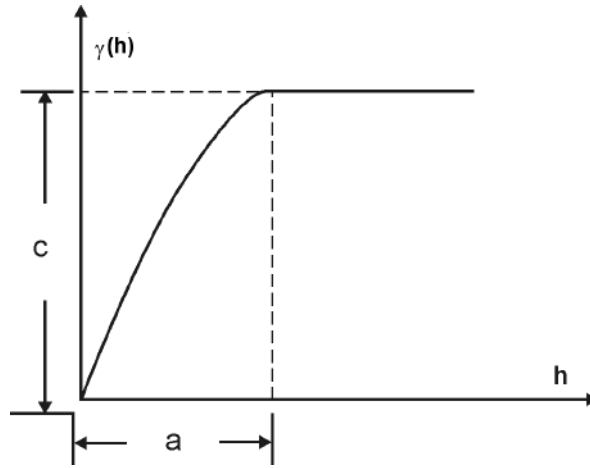
Variogramlar, örnek verileri kullanılarak belirli uzaklıklarda hesaplanabilirler. Bununla birlikte variogram fonksiyonlarını rezerv hesabında kullanabilmek için bunların her uzaklıktaki değerinin bilinmesi gerekir. Bu işlem, hesaplanan variogramları modelleyerek gerçekleştirilir. Variogramların modellenmesi, hesaplanan variogram değerlerine bir eğri yada doğru uyarlamadan başka bir şey değildir. Ancak her analitik fonksiyon bir variogram modeli olarak alınmaz. Variogram modeli olarak kullanılacak fonksiyonun pozitif tanımlı olması gerekir. Bu, rezerv hesabında negatif varyanslar ve çözümü olmayan sistemlerle karşılaşmamak için zorunlu bir gerekliliktir. Uygulamada

sınırlı sayıdaki variogram modelleri ile çalışılır Her ne kadar pratikte kullanılan modellerin sayısı sınırlı olsada bunlarla büyük bir çoğunluğu modellemek olanaklıdır.

*Küresel model*, bunlar içinde en tipik olanıdır. Bu model, matematiksel olarak

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= 0 & h &= 0 \\ \gamma(h) &= C \left[ \frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right] & h &\leq a \\ \gamma(h) &= C & h &> a \end{aligned}$$

ile ifade edilir. Bu ifadede C; variogramın eşik (sill) değerini, a ise yapısal uzaklığu temsil etmektedir. Şekil 34, küresel modelin grafiğini göstermektedir.



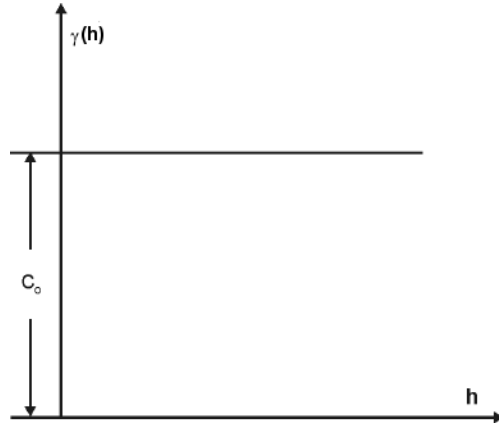
Şekil 34. Küresel variogram modeli.

Zengin ve yoksul bölgeler şeklinde yapılanma gösteren bir bölgesel değişken, genel olarak küresel tipte bir variogram modeli üretir. Variogramın eşik (C) değerini, varyansa eşittir. Yapısal uzaklık ise bölgesel değişkenin yapı gsterdiğu uzaklığu karşılık gelir. Bu uzaklıktan sonra, bir değerini diğerini üzerinde hiç bir etkisi yoktur. Diğer bir ifade ile aralarındaki uzaklığu a parametresinden kk olduğu örnekler ilişkili, büyük olduğu örnekler ise ilişkisizdir. Pratikte yapısal uzaklık bir sondajın etki uzaklığuına eşittir.

*Külçe etki modeli*: Bu model, bir lokasyondan diğerine ani olarak değişen bir bölgesel değişkenin davranışını temsil eder ve matematiksel olarak

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= 0, & h &= 0 \\ \gamma(h) &= C_0, & h &> 0 \end{aligned}$$

ile ifade edilir. Bu ifadede, C<sub>0</sub>; külçe etki değerini göstermektedir (Şekil 35).

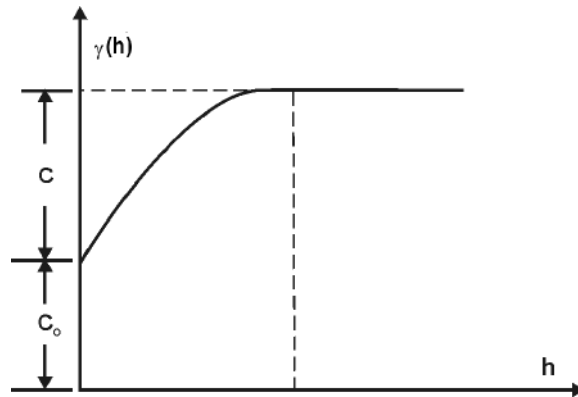


Şekil 35. Külçe etki modeli.

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= 0, & h &= 0 \\ \gamma(h) &= C_0 + C \left[ \frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right], & h &\leq a \\ \gamma(h) &= C_0 + C, & h &> a \end{aligned}$$

Pratikte sıklıkla ortaya çıkan bir model, külçe etki ve küresel modellerin toplamından ibaret olan yuvalı yapı modelidir (Şekil 36).

Kuramsal olarak  $h=0$  olduğunda varyogramın değeri sıfıra eşittir [  $\gamma(h)=0$  ]. Bununla birlikte, uzaklığa bağlı değişimin verilerden belirlenebileceği sınır bir uzaklık vardır. Bu sınır uzaklık, bütün mevcut örnekler içinde birbirine en yakın iki örnek arasındaki uzaklıktır. Pratik olarak, bu uzaklıktan daha küçük uzaklıklarda, bölgesel değişkenin değerleri arasındaki farkın değişimi, veri olmadığından belirlenemez ve bu durum varyogramın orijininde bir süreksizliğe (sıfırdan farklı pozitif bir değer almasına) yol açar. Orijindeki süreksizliğim diğer bir nedeni de örnekleme ve analiz hatalarıdır. Eğer aynı bir noktadan iki örnek almak mümkün olsaydı bu örneklerin değerleri arasında örnekleme ve analiz hatalarından dolayı bir fark olurdu. Süreksizliğin bu iki kaynağını birbirinden ayırt etmek mümkün değildir ve varyogramda bu durum külçe etkisi ( $C_0$ ) şeklinde ortaya çıkar.

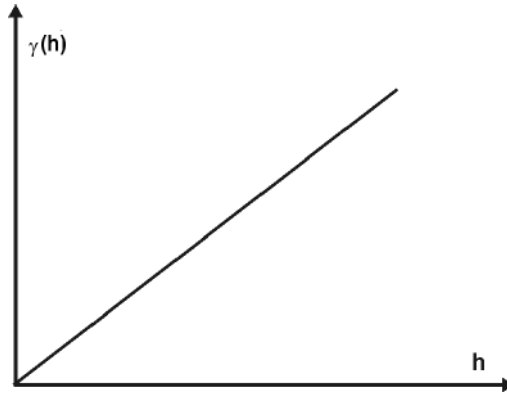


Şekil 36. Yuvalı yapı modeli.

*Doğrusal model:* eğer bölgesel değişken sürekli bir şekilde artıyor ya da azalıyorsa variogram doğrusal bir model ile temsil edilir (Şekil 37).

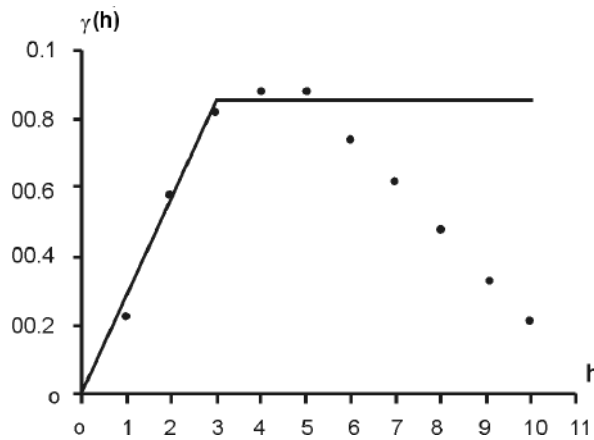
$$\begin{aligned} \gamma(h) &= 0, & h &= 0 \\ \gamma(h) &= k.h, & h &\neq 0 \end{aligned}$$

Bu modelde k; doğrunun eğimini ifade etmektedir.



Şekil 37. Doğrusal model.

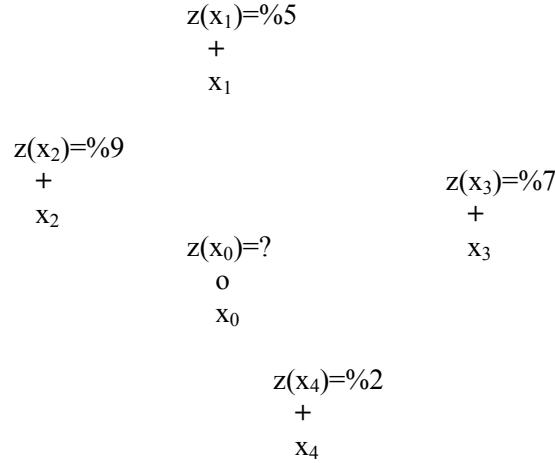
En basitinden bir variogram modeli üç parametre ile tanımlanır: yapısal uzaklık (a), külçe etkisi ( $C_0$ ) ve eşik değer (C). Hesaplanan variogram için bir model seçildikten sonra bu üç parametrenin belirlenmesi gerekir. Buna ilişkin jeostatistikte kullanılan standart bir yöntem yoktur. Bununla birlikte ağırlıklı en küçük kareler yöntemi ve çapraz doğrulama teknikleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Modellenmenin bir örneği olarak Şekil 33'te verilen kalınlık variogramını gözönüne alalım. Bu variogram üç metreye kadar doğrusal bir model kullanılarak modellenebilir. Bununla birlikte üç metreden sonra variogram artışını durdurup beş metreye kadar aynı değerler almakta ve bundan sonra düşmeye başlamaktadır. Bu durumda seçilecek model küresel olup model parametreleri görsel bir uyarlama ile  $C_0=0$ ,  $C=0.085$  ve  $a=4m$  olarak alınabilir (Şekil 38).



Şekil 38. Kalınlık variogramına uyarlanan model.

### 2.4.2. Kriging

Variogram fonksiyonu, bölgesel değişkenin çeşitli özelliklerinin sayısal olarak belirlenmesi yanında, örneklenmemiş noktalardaki bilinmeyen değerlerin kestirimi amacıyla kullanılabilir. Örneğin Şekil 39'da gösterilen  $x_0$  noktasındaki bilinmeyen bir değer için bunun çevresindeki değerleri bilinen noktalardan kestirimini gözönüne alalım.



Şekil 39. Örneklenmemiş bir noktadaki değer için diğer noktalardan kestirimi.

Genel olarak kestirim işlemi, bilinen değerlerin ağırlıklı ortalaması alınarak yapılır. Matematiksel olarak bu,

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad \dots(1)$$

formunda ifade edilir. (1) eşitliğinde  $z^*(x_0)$ ;  $x_0$  noktasında bilinmeyen ancak kestirilen değeri,  $z(x_i)$ ;  $x_0$  noktasının kestiriminde kullanılacak verileri ve  $\lambda_i$ ; bu verilere atanacak ağırlıkları ifade etmektedir. Normal olarak  $x_i$ ,  $i=1, \dots, n$  noktalarındaki değişkenin değerleri bellidir. Ancak bunlara verilecek ağırlıkları hesaplamak gerekir. Jeostatistikte bu ağırlıklar, kestirim hatalarının ortalaması sıfır ve varyansı en küçük olacak şekilde belirlenir. Ağırlıkların bu koşullar altında belirlenmesi işlemine kriging adı verilir.

İlk koşul yansızlık koşulu olarak bilinir ve matematiksel olarak,

$$\text{Ort}[Z(x_0) - Z^*(x_0)] = 0 \quad \dots(2)$$

ile gösterilir. Bu ifade, kestirim hatalarının ortalamasının 0 olduğu anlamına gelmektedir. (2) açılıp gerekli cebirsel işlemler yapıldığında



$$\begin{aligned}
 Ort[Z(x_0) - Z^*(x_0)] &= Ort\left[Z(x_0) - \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)\right] = 0 \\
 &= Ort[Z(x_0)] - \sum_{i=1}^n \lambda_i Ort[Z(x_i)] = \mu - \sum_{i=1}^n \lambda_i \mu = 0 \\
 \mu &= \sum_{i=1}^n \lambda_i \mu \Rightarrow \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1
 \end{aligned}$$

elde edilir. Bu ifadede  $\mu$ , yatağın ortalamasını ve aynı zamanda ağırlıklar toplamının bire eşit olduğunu göstermektedir.

En küçük varyans koşulu, hata varyansı

$$Var[Z(x_0) - Z^*(x_0)] = Ort[Z(x_0) - Z^*(x_0)]^2 \quad \dots(3)$$

ifadesinin minimize edilmesini gerektirir. (2) yansızlık koşulu altında (3) hata varyansı minimize edildiğinde  $n+1$  bilinmeyenden oluşan  $n+1$  adet doğrusal denklemler sistemine (4) ulaşılır:

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_i - x_j) + m &= \gamma(x_0 - x_j) \quad \dots(4) \\
 \sum_{i=1}^n \lambda_i &= 1 \quad j = 1, \dots, n
 \end{aligned}$$

(4) sisteminde  $\gamma(x_i - x_j)$ ;  $x_i$  ve  $x_j$  noktaları arasındaki uzaklığa karşılık gelen variogram değerini  $m$  ise minimizasyondan gelen bir sabiti göstermektedir. Bu sistem daha açık olarak

$$\begin{aligned}
 \lambda_1 \gamma(x_1 - x_1) + \lambda_2 \gamma(x_1 - x_2) + \dots + \lambda_n \gamma(x_1 - x_n) + m &= \gamma(x_0 - x_1) \\
 \lambda_1 \gamma(x_2 - x_1) + \lambda_2 \gamma(x_2 - x_2) + \dots + \lambda_n \gamma(x_2 - x_n) + m &= \gamma(x_0 - x_2) \\
 \dots & \dots \dots \dots \dots \\
 \lambda_1 \gamma(x_n - x_1) + \lambda_2 \gamma(x_n - x_2) + \dots + \lambda_n \gamma(x_n - x_n) + m &= \gamma(x_0 - x_n) \\
 \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n + m &= 1
 \end{aligned} \quad \dots(5)$$

ile gösterilebilir. (5) doğrusal denklem sistemi matris formunda

$$\begin{pmatrix} \gamma(x_1 - x_1) & \gamma(x_1 - x_2) & \dots & \gamma(x_1 - x_n) & 1 \\ \gamma(x_2 - x_1) & \gamma(x_2 - x_2) & \dots & \gamma(x_2 - x_n) & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma(x_n - x_1) & \gamma(x_n - x_2) & \dots & \gamma(x_n - x_n) & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_n \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \gamma(x_0 - x_1) \\ \gamma(x_0 - x_2) \\ \dots \\ \gamma(x_0 - x_n) \\ 1 \end{vmatrix} \quad \dots(6)$$

şeklinde yazılır.  $z(x_0)$ , herhangi bir kestirim yöntemi ile hesaplandığında yapılan hatanın varyansı  $\sigma_K^2$ ;

$$\sigma_K^2(x_0) = 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_0 - x_i) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x_j) \quad \dots(7)$$

ile verilir. Kestirim yöntemi kriging olduğunda hata varyansı kriging varyansı adını alır ve kriging varyansı, (8) eşitliği ile hesaplanır.

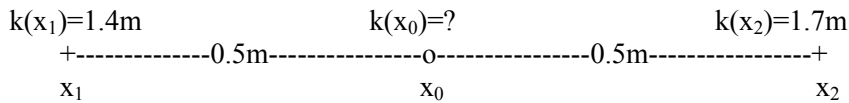
$$\sigma_K^2(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_0 - x_i) + m \quad \dots(8)$$

Kriging denklemler sistemi (5), kriging yöntemi ile kestirimde veri dağılımı üzerinde hiç bir kısıtlamanın olmadığını yalnızca variogram fonksiyonunun değerlerini bilmek gerektiğini göstermektedir. Örnek 1'de bir noktadaki bilinmeyen bir değer kriging ile kestirime ilişkin bir uygulama verilmiştir.

#### Örnek 1.

Kömürde sürülmüş galerinin bir kesitini alalım (Şekil 40). Amaç, damar kalınlıklarının bilindiği iki noktadan ( $x_1$  ve  $x_2$ ) damar kalınlığı bilinmeyen noktanın ( $x_0$ ) kestirimi ve bu kestirime ilişkin hata varyansının hesaplanmasıdır. Kalınlığa ilişkin variogram modeli  $C_0=0.0$ ,  $C=0.085$  ve  $a=4m$  parametreleri ile küreseldir.

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= 0 & h &= 0 \\ \gamma(h) &= 0.085 \left[ \frac{3h}{4} - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{4} \right)^3 \right] & h &\leq 4 \\ \gamma(h) &= 0.085 & h &> 4 \end{aligned}$$



Şekil 40. Kömürde sürülmüş bir galeride damar kalınlıkları.

İlk olarak  $k(x_0)$  in kestiriminde kullanılacak  $k(x_1)$  ve  $k(x_2)$  kalınlık değerlerine atanacak ağırlıkları belirlemek gerekir. Buna ilişkin kriging sistemi, matris formunda aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} & \begin{vmatrix} \gamma(x_1 - x_1) & \gamma(x_1 - x_2) & 1 \\ \gamma(x_2 - x_1) & \gamma(x_2 - x_2) & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \gamma(x_1 - x_0) \\ \gamma(x_2 - x_0) \\ 1 \end{vmatrix} \end{aligned}$$

Bu sistemde

$$\gamma(x_1-x_1)=\gamma(x_2-x_2)=\gamma(0)=0,$$

$$\gamma(x_1-x_2)=\gamma(x_2-x_1)=\gamma(1)=$$

$$C\left[\frac{3}{2}\frac{(x_1-x_2)}{a}-\frac{1}{2}\frac{(x_1-x_2)^3}{a^3}\right]=0.085\left[\frac{3}{2}\frac{1}{4}-\frac{1}{2}\frac{1^3}{4^3}\right]=0.031,$$

$$\gamma(x_1-x_0)=\gamma(0.5)=0.085\left[\frac{3}{2}\frac{0.5}{4}-\frac{1}{2}\frac{0.5^3}{4^3}\right]=0.016,$$

$$\gamma(x_2-x_0)=\gamma(0.5)=0.016$$

olup bu değerler yerine konup, system çözüldüğünde

$$\begin{vmatrix} 0 & 0.031 & 1 \\ 0.031 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.016 \\ 0.016 \\ 1 \end{vmatrix}$$

$\lambda_1=0.5$ ,  $\lambda_2=0.5$  ve  $m=0.005$  elde edilir. Belirlenen ağırlıklar,  $k^*(x_0)=\sum_{i=1}^n \lambda_i k(x_i)$  ifadesinde yerine konduğunda  $x_0$  noktasındaki kalınlık değeri

$$k^*(x_0)=0.5 \times 1.4 + 0.5 \times 1.7 = 1.55 \text{ m}$$

olmak üzere kestirilir. Bu kestirime karşılık gelen hata varyansı

$$\begin{aligned} \sigma_k^2(x_0) &= \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_0 - x_i) + m = \lambda_1 \gamma(x_0 - x_1) + \lambda_2 \gamma(x_0 - x_2) + m \\ &= 0.5 \times 0.016 + 0.5 \times 0.016 + 0.005 = 0.021 \end{aligned}$$

olarak hesaplanır. Eğer hataların 1.55m ortalama ve 0.021'e eşit varyans ile normal dağıldığı varsayılırsa  $x_0$  noktasındaki bilinmeyen kalınlık değerine ilişkin %95 güven aralığı ifadesi aşağıda verildiği gibi yazılabilir:

$$\Pr[k^*(x_0) - 1.96\sigma_k(x_0) \leq k(x_0) \leq k^*(x_0) + 1.96\sigma_k(x_0)] = 0.95$$

Kestirim değeri ve standart sapma değerleri bu olasılık ifadesinde yerine konduğunda

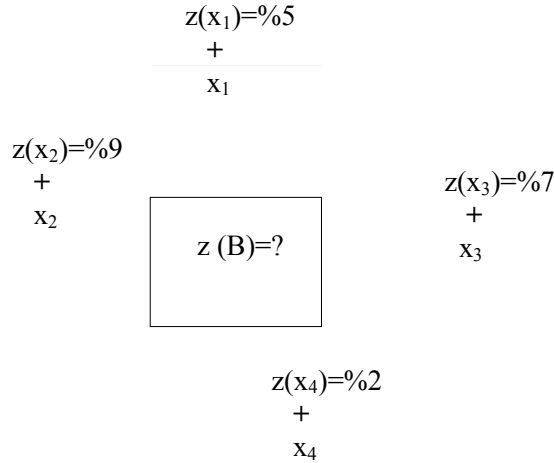
$$\Pr[1.55 - 1.96 \times \sqrt{0.021} \leq k(x_0) \leq 1.55 + 1.96 \times \sqrt{0.021}] = 0.95$$

$$\Pr[1.27 \leq k(x_0) \leq 1.83] = 0.95$$

olarak bulunur. Bu ifade  $x_0$  noktasındaki bilinmeyen kalınlık değerinin %95 olasılıkla 1.27m ve 1.83 m arasında olacağını göstermektedir.

### **Blok Ortalamalarının Kriging Yöntemi ile Kestirimi**

(6) kriging sistemi, bölgesel değişkenin noktasal örnekler üzerinde tanımlandığı varsayımına dayanmaktadır. Ancak, madencilikte çoğu zaman örneklenmemiş bir noktanın kestirimi yanında blokların ortalama değerlerinin kestirimi de istenebilir. Böyle durumlarda kestirilen değişken, bir blok üzerinde tanımlanırken, bunun kestiriminde kullanılacak veriler, blok boyutlarına göre çok daha küçük olan (örneğin, karot örnekleri) noktasal örnekler üzerinde tanımlanır. Yani problem, noktasal veriler kullanarak blok ortalamalarının kestirimi problemidir (Şekil 41).



Şekil 41. B bloğu ortalama değerinin diğer noktalardan kestirimi.

Eğer variogram fonksiyonu biliniyorsa, blok ortalaması kriging yöntemi kullanılarak kolayca kestirilebilir. Bunun için (6) kriging sisteminde eşitliğin sağ tarafındaki vektörün elemanlarını,  $\bar{\gamma}(B-x_i)$  ortalama variogram değerleri ile değiştirmek yeterli olacaktır. Dolayısıyla (6) kriging sistemi, blok değerlerinin kestiriminde

$$\begin{pmatrix} \gamma(x_1-x_1) & \gamma(x_1-x_2) & \dots & \gamma(x_1-x_n) & 1 \\ \gamma(x_2-x_1) & \gamma(x_2-x_2) & \dots & \gamma(x_2-x_n) & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma(x_n-x_1) & \gamma(x_n-x_2) & \dots & \gamma(x_n-x_n) & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_n \\ m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma(B-x_1) \\ \gamma(B-x_2) \\ \dots \\ \gamma(B-x_n) \\ 1 \end{pmatrix} \quad \dots(9)$$

sistemine dönüşecektir. (9) sisteminde  $\gamma(B-x_i)$  ; B bloğu ile  $x_i$  nci veri arasındaki ortalama variogram değerini göstermektedir. Bu durumda B bloğunun ortalama değeri

$$z^*(B) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad \dots(10)$$

ile hesaplanıp, bu kestirime karşılık gelen hata varyansı (yani kriging varyansı):

$$\sigma_K^2(B) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(B-x_i) + m - \bar{\gamma}(B-B) \quad \dots(11)$$



elde edilir. Simetriden dolayı  $\bar{\gamma}(x_1 - D) = \bar{\gamma}(x_2 - D)$  olup bu değerler kriging sisteminde yerine konduğunda

$$\begin{vmatrix} 0 & 0.031 & 1 \\ 0.031 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.016 \\ 0.016 \\ 1 \end{vmatrix}$$

elde edilir. Bu sistemin çözümü  $\lambda_1=0.5$ ,  $\lambda_2=0.5$  ve  $m=0.005$  verir. Dolayısıyla damarın ortalama değeri

$$k^*(D) = \lambda_1 k(x_1) + \lambda_2 k(x_2) = 0.5 \times 1.4 + 0.5 \times 1.7 = 1.55 \text{ m}$$

olmak üzere bulunur. Damarın kestirilen ortalama kalınlığı ile orta noktasındaki kestirilen değer aynı çıkmıştır. Bununla birlikte kestirim hataları fark edecektir. Bu kestirime karşılık gelen hata varyansı

$$\sigma_k^2(D) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(D - x_i) + m - \bar{\gamma}(D - D)$$

olup bu ifadede  $\bar{\gamma}(D - D)$ , D damarı içindeki ortalama variogram değerini göstermektedir. Variogram modeli küresel olduğunda  $\bar{\gamma}(D - D)$ ,

$$\bar{\gamma}(D - D) = \begin{cases} C \left( \frac{1}{2} \frac{h}{a} - \frac{1}{20} \frac{h^3}{a^3} \right), & h \leq a \\ C \left( 1 - \frac{3}{4} \frac{h}{a} + \frac{1}{5} \frac{a^2}{h^2} \right), & h > a \end{cases}$$

ile hesaplanır. Bu durumda

$$\bar{\gamma}(D - D) = 0.085 \left( \frac{1}{2} \frac{1}{4} - \frac{1}{20} \frac{1^3}{4^3} \right) = 0.011$$

olup kriging varyansı

$$\sigma_k^2(D) = 0.5 \times 0.016 + 0.5 \times 0.016 + 0.005 - 0.011 = 0.010$$

elde edilir.  $\sigma_k^2(D) = 0.010 < \sigma_k^2(x_0) = 0.021$  çıkmıştır. Bu eşitsizlikten, kestirilecek alan büyüdükçe yapılan hatanın azalacağı sonucu çıkarılabilir.

### **Kriging Yöntemi ile Kestirimin Özellikleri**

Kriging kestiricisi, veriler ve bu verilere atanacak ağırlıkların toplamından ibarettir. Ağırlıklar, yansızlık ve en küçük hata varyansı ölçütleri gözönüne alınarak oluşturulan doğrusal denklemler sisteminin çözümünden elde edilir. Doğrusal denklem sisteminin katsayılarını variogram fonksiyonunun değerleri oluşturur. Dolayısıyla optimum kriging ağırlıklarının seçiminde örneklerin birbirlerine uzaklıkları kadar kestirilecek nokta yada bloğa göre uzaklıklarda dikkate alınır.



$$\begin{vmatrix} 0 & 20 & 1 \\ 20 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 13.76 \\ 20 \\ 1 \end{vmatrix}$$

elde edilir. Üstteki sistemi çözerek  $\lambda_1=0.656$ ,  $\lambda_2=0.344$  ve  $m=6.88$  bulunur. Kriging ile kestirilen değer:

$$z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) = 0.656 \times 2 + 0.344 \times 5 = 3.03$$

ve kestirim hata varyansı

$$\sigma_K^2 = \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_0 - x_i) + m = 0.656 \times 13.76 + 0.344 \times 20 + 6.88 = 22.78$$

### **Poligon Yöntemi ile Kestirim**

Poligon yönteminde, kestirilecek noktaya en yakın olan değer, kestirim değeri olarak alınır. Bu nedenle  $z^*(x_0)=z(x_1)=2$  ve  $\lambda_1=1$  ve  $\lambda_2=0$  dir.

Poligon yöntemi ile yapılan kestirim hatası varyansı

$$\begin{aligned} \sigma_K^2(x_0) &= 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_0 - x_i) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x_j) = \\ &= 2 \times (1 \times 13.76 + 0 \times 20) - (1 \times 1 \times 0 + 1 \times 0 \times 20 + 0 \times 1 \times 20 + 0 \times 0 \times 0) = 27.52 \end{aligned}$$

### **Ortalama tipi Kestirici ile Yapılan Kestirim**

Bu yöntemde verilerin ortalaması kullanılır ve her veri  $1/n=1/2$  ağırlığını alır. Dolayısıyla  $\lambda_1=0.5$ ,  $\lambda_2=0.5$  ve  $z^*(x_0)=0.5 \times 2 + 0.5 \times 5 = 3.5$  dir. Kestirim hatası varyansı ise

$$\begin{aligned} \sigma_K^2(x_0) &= 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_0 - x_i) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x_j) = \\ &= 2 \times (0.5 \times 13.76 + 0.5 \times 20) - (0.5 \times 0.5 \times 0 + 0.5 \times 0.5 \times 20 + 0.5 \times 0.5 \times 20 + 0.5 \times 20 \times 0) = 23.76 \end{aligned}$$

### **Uzaklığın Tersine ile Ağırlıklandırma (UTA) Yöntemi ile Yapılan Kestirim**

Kestirimde kullanılacak verilere kestirim noktalarına olan uzaklıklarının tersi ile orantılı ağırlıklar verilir:

$$\lambda_i = \left( \frac{1}{d_i} \right) / \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i} \right)$$

Bu eşitlikte  $d_i$ ; kestirilecek nokta ile  $x_i$  noktası arasındaki uzaklıktır. Dolayısıyla



$$\lambda_1=(1/10) / [(1/10)+(1/30)]=0.75$$

$$\lambda_2=(1/30) / [(1/10)+(1/30)]=0.25$$

ve kestirim değeri  $z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) = 0.75 \times 2 + 0.25 \times 5 = 2.75$  dir. Kestirim varyansı ise

$$\sigma_K^2(x_0) = 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_0 - x_i) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x_j) =$$

$$2 \times (0.75 \times 13.76 + 0.25 \times 20) - (0.75 \times 0.75 \times 0 + 0.75 \times 0.25 \times 20 + 0.25 \times 0.75 \times 20 + 0.25 \times 0.25 \times 0) = 23.16$$

Kestirim sonuçları toplu halde izelge 3’de verilmektedir.

Çizelge 3. Kestirim yöntemlerinin karşılaştırılması.

	Kriging	Poligon	Ortalama	UTA
$\lambda_1$	0.656	1.0	0.5	0.75
$\lambda_2$	0.344	0.0	0.5	0.25
$z^*(x_0)$	3.03	2.0	3.5	2.75
$\sigma_K^2(x_0)$	22.78	27.52	23.76	23.16

Poligon yöntemi ile en büyük hata varyansı elde edilmiştir. Bunun bir nedeni kullanılan veri sayısının az olmasıdır. Gerçekten poligon yöntemi ile kestirimde yalnızca bir adet veri kullanılmaktadır. Kriging, Ortalama ve UTA. yöntemleri aynı sayıda (2 adet) veri kullanmasına rağmen kriging yöntemi en az hata varyansı üretmiştir.

### **Kriging Yöntemi ile Variogram Modelinin apraz Doğrulması**

Variogram model parametrelerinin belirlenmesine yönelik sık kullanılan yöntemlerden biri çapraz doğrulama tekniğidir. Bu yöntemde ilk olarak gerçek variogram fonksiyonuna ilişkin bir model ve bu modele ilişkin parametreler seçilir. Daha sonra veri setinden bir örnek uzaklaştırılır ve bu lokasyondaki değer, seçilen variogram modeli ve geri kalan veriler kullanılarak yeniden kestirilir. Kestirim yapılan lokasyonda gerçek değerle kestirilen değer arasındaki fark (kestirim hatası) hesaplanır. Bu işlem veri içeren diğer bütün lokasyonlar ve aday variogram modelleri için tekrar edilir ve kestirim hatalarının istatistiğine bakılır. Bu istatistiklere ilişkin arzu edilen kriterleri sağlayan variogram model ve parametreleri gerekli model ve parametrelerdir. Bu kriterlerden bazıları aşağıda sıralanmıştır.

- Mkemmek bir uyum için kestirim hatalarının dağılımı, sıfır ortalama ve en az varyansla simetrik olmalıdır.

$$\text{Ort}[Z(x_i) - Z^*(x_i)] = 0$$

$$\text{Ort}[Z(x_i) - Z^*(x_i)]^2 = \min$$

- Koşullu yansız kestirimler için gerçek değerlerin kestirilen değerler üzerindeki doğrusal regresyonu orijinden geçen 45 derece eğimli bir doğru vermelidir. Bu koşullu yansızlık olarak bilinir.
- Kestirim hatalarının kareler ortalaması, kriging varyanslarının ortalamasına eşit yada yakın olmalıdır.

$$Ort [z(x_i) - z^*(x_i)]^2 \cong \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_k^2(x_i)$$

### **Kriging Yöntemi ile İlgili Uygulamalar**

#### **Örnek 3.**

x noktasındaki bilinmeyen z(x) değerinin, x+b noktasındaki bilinen z(x+b) değeri kullanarak

$$Pr z^*(x)-4 < z(x) < z^*(x)+4 = 0.95$$

olacak şekilde kriging ile kestirimi isteniyor (Şekil 44).

$$\begin{array}{ccc} z(x) & & z(x+b) \\ o----- b ----- + \end{array}$$

Şekil 44. (x+b) noktasından x noktasının kestirimi.

Variogram modeli

$$(h)=0, \quad h=0$$

$$\gamma(h)=0.5 h^2, h>0$$

şeklinde verilmektedir. b uzaklığı ne olmalıdır ki z(x) değeri yukarıda belirtilen sınırlar arasında hesaplınsın.

Bir noktadan diğer bir noktanın kestiriminde kullanılacak kriging sistemi

$$\left| \begin{array}{cc} \gamma(x+b-(x+b)) & 1 \\ 1 & 0 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \lambda_{x+b} \\ m \end{array} \right| = \left| \begin{array}{cc} \gamma(x-(x+b)) & \\ & 1 \end{array} \right|$$

dir. Burada gerekli variogram değerleri hesaplanıp yerine konduğunda

$$\gamma(x+b-(x+b)) = \gamma(0) = 0$$

$$\gamma(x-(x+b)) = \gamma(b) = 0.5 b^2$$

$$\left| \begin{array}{cc} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \lambda_1 \\ m \end{array} \right| = \left| \begin{array}{cc} 0.5b^2 & \\ & 1 \end{array} \right|$$

elde edilir. Bu sistemi çözürek  $\lambda_1=1$  ve  $m=0.5b^2$  bulunur. Bu değerleri kriging varyansı ifadesinde yerine koyup

$$\sigma_k^2(x) = \lambda_{x+b} \gamma(x - (x+b)) + m = 1 \times 0.5 b^2 + 0.5 b^2 = b^2$$

$\Rightarrow \sigma_k = b$  ve olasılık ifadesinde  $2\sigma_k = 4$  olduğundan  $b=2$  olmak üzere bulunur.

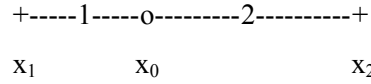
#### Örnek 4.

Variogram fonksiyonu

$$(h)=0, \quad h=0$$

$$\gamma(h)=1-2.h, \quad h>0$$

ile verilmektedir.  $x_0$  noktasındaki bilinmeyen  $z(x_0)$  değeri,  $x_1$  ve  $x_2$  noktalarındaki bilinen değerler kullanılarak kriging yöntemi ile kestirilmek isteniyor (Şekil 45).



Şekil 45.  $x_1$  ve  $x_2$  noktalarından  $x_0$  noktasının kestirimi.

Bu durumda yapılacak hata varyansını (kriging varyansını) hesaplayınız. Problemin çözümünde kullanılacak kriging sistemi

$$\begin{vmatrix} \gamma(x_1 - x_1) & \gamma(x_1 - x_2) & 1 \\ \gamma(x_2 - x_1) & \gamma(x_2 - x_2) & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_{x_1} \\ \lambda_{x_2} \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \gamma(x_1 - x_0) \\ \gamma(x_2 - x_0) \\ 1 \end{vmatrix}$$

ve bu sistemin elemanları

$$\gamma(x_1 - x_1) = \gamma(x_2 - x_2) = \gamma(0) = 0$$

$$\gamma(x_1 - x_2) = \gamma(x_2 - x_1) = \gamma(3) = 1 - 2 \times 3 = -5$$

$$\gamma(x_1 - x_0) = \gamma(1) = 1 - 2 \times 1 = -1$$

$$\gamma(x_2 - x_0) = \gamma(2) = 1 - 2 \times 2 = -3$$

şeklinde hesaplanır. Ağırlıklar ve  $m$  değeri

$$\begin{vmatrix} 0 & -5 & 1 \\ -5 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -1 \\ -3 \\ 1 \end{vmatrix}$$

çözümünden  $\lambda_1=0.7$ ,  $\lambda_2=0.3$  ve  $m=0.5$  olmak üzere elde edilir. Bu değerler kriging varyansı ifadesinde yerine konulduğunda

$$\begin{aligned}\sigma_K^2(x_0) &= \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_0 - x_i) + m = \lambda_1 \gamma(x_0 - x_1) + \lambda_2 \gamma(x_0 - x_2) + m \\ &= 0.7 \times (-1) + 0.3 \times (-3) + 0.5 = -1.1\end{aligned}$$

Varyans ifadesi negatif çıkmıştır (varyans hiçbir zaman negatif değer alamaz). Bunun nedeni kullanılan variogram fonksiyonunun geçersiz bir fonksiyon olmasıdır. Gerçekten kullanılan variogram fonksiyonu negatif tanımlı bir fonksiyondur ve negatif değerler almaktadır.

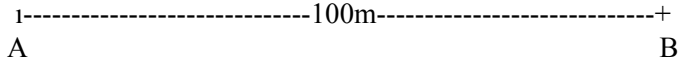
### Örnek 5.

Damar tipi bir yatakta tenöre ilişkin variogram fonksiyonu

$$\gamma(h)=0, h=0$$

$$\gamma(h)=h, h>0$$

ile doğrusal bir model olarak tanımlanmaktadır. 100 m uzunluğundaki bu damarın ortalama tenor değeri, damarın uç kısmından (B noktasından) alınan bir örneğin tenor değeri ile kriging yöntemi kullanılarak kestiriliyor (Şekil 46). Bu durumda yapılacak olan kestirim hatası (kriging) varyansını hesaplayınız.



Şekil 46. B noktasından AB damarınının ortalama tenörünün kestirimi.

Bu problemin çözümünde kullanılacak kriging sistemi:

$$\begin{vmatrix} \gamma(B-B) & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_B \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \bar{\gamma}(B-AB) \\ 1 \end{vmatrix}$$

şeklinde yazılabilir. Bu sistemde  $\gamma(B-B) = \gamma(0) = 0$  olup  $\bar{\gamma}(B-AB)$ ; B noktası ve AB damarı arasındaki ortalama variogram değerine eşittir. Tenöre ilişkin variogram doğrusal olduğunda ortalama variograma ilişkin kuramsal ifade  $\bar{\gamma}(B-AB) = AB/2$  şeklinde verilir. AB uzunluğu 100 m olduğundan  $\bar{\gamma}(B-AB) = 100/2 = 50$  dir. Variogram değerleri üstteki sistemde yerine konduğunda

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_B \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 50 \\ 1 \end{vmatrix}$$

elde edilir ve bu sistemin çözümü  $\lambda_B = 1$  ve  $m=50$  değerlerini verir. AB damarının ortalama tenörü kriging ile kestirildiğinde yapılan hatanın varyansı:

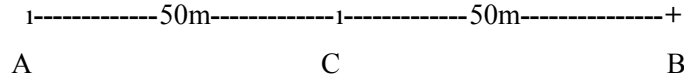
$$\sigma_k^2(AB) = \lambda_B \bar{\gamma}(B - AB) + m - \bar{\gamma}(AB - AB)$$

olup variogram fonksiyonu doğrusal olduğunda  $\bar{\gamma}(AB - AB) = AB/3$  ile ifade edilir. Bu durumda  $\bar{\gamma}(AB - AB) = 100/3 = 33.3$  eşittir ve kriging varyansı

$$\sigma_k^2(AB) = 1 \times 50 + 50 - 33.3 = 66.7$$

### Örnek 6.

Bir önceki örnekte 100 m uzunluğundaki damar bu kez iki eşit kısma bölünüyor ve her bir kısmın ortalama tenor değeri B noktasından ayrı ayrı kestiriliyor (Şekil 47). Diğer bir ifade ile BC ve CA damarlarının ortalama değerleri B noktasından ayrı ayrı kestiriliyor.



Şekil 47. BC ve CA damarları ortalama tenörlerinin B noktasından kestirimi.

Her iki durumda yapılacak hatanın varyansı aşağıdaki gibi hesaplanır. B noktasından BC damarının kestirim hatası varyansı,  $\sigma_k^2(BC)$ ,

$$\sigma_k^2(BC) = \lambda_B \bar{\gamma}(B - BC) + m - \bar{\gamma}(BC - BC)$$

İle hesaplanıp bu ifadedeki  $\lambda_B$  ve m nin değerleri altta verilen blok kriging sisteminin çözümlerinden elde edilirler.

$$\begin{vmatrix} \gamma(B - B) & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_B \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \bar{\gamma}(B - BC) \\ 1 \end{vmatrix}$$

Bu sistemde  $\bar{\gamma}(B - BC) = BC/2 = 50/2 = 25$  ve  $\gamma(B - B) = \gamma(0) = 0$  olup bunlar yerine konduğunda

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_B \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 25 \\ 1 \end{vmatrix}$$

elde edilir. Bu sistemin çözümleri  $\lambda_B = 1$  ve  $m = 25$  değerlerini verir.

$\bar{\gamma}(BC - BC) = BC/3 = 50/3 = 16.67$  olup bu değerleri kriging varyansı ifadesi içine koyarak

$$\sigma_k^2(BC) = 1 \times 25 + 25 - 16.67 = 33.33$$

B noktasından CA damarının kestirim hatası varyansı,  $\sigma_k^2(CA)$ ,

$$\sigma_k^2(CA) = \lambda_B \bar{\gamma}(B - CA) + m - \bar{\gamma}(CA - CA)$$

ile hesaplanıp bu ifadedeki  $\lambda_B$  ve m nin değerleri altta verilen blok kriging sisteminin çözümünden elde edilirler.

$$\begin{vmatrix} \gamma(B-B) & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_B \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \bar{\gamma}(B-CA) \\ 1 \end{vmatrix}$$

Bu sistemde  $\bar{\gamma}(B-CA) = \frac{AB}{CA} \frac{AB}{2} - \frac{CB}{CA} \frac{CB}{2} = \frac{100}{50} \frac{100}{2} - \frac{50}{50} \frac{50}{2} = 75$  ve  $\gamma(B-B)=0$  olup bunlar yerine konduğunda

$$\begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_B \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 75 \\ 1 \end{vmatrix}$$

elde edilir. Bu sistemin çözümü  $\lambda_B=1$  ve  $m=75$  değerlerini verir.  $\bar{\gamma}(CA-CA) = CA/3 = 50/3 = 16.66$  olup bu değerleri kriging varyansı ifadesi içine koyarak

$$\sigma_k^2(CA) = 1 \times 75 + 75 - 16.66 = 133.34$$

$\sigma_k^2(CA) + \sigma_k^2(BC) = 133.34 + 33.33 = 166.67$  olup bu toplam değer,  $\sigma_k^2(AB) = 66.7$  den 2.5 kat büyüktür. Diğer bir ifade ile iki ayrı bölgenin ayrı ayrı yapılan kestirim hata varyanslarının toplamı, bu iki bölge bir bütün olarak kestirildiğinde elde edilen hata varyansından büyüktür. Bu sonucun rezervlerin yapılan hataya göre sınıflandırılması üzerinde önemli bir etkisi vardır. Hata varyansındaki azalmanın doğal bir sonucu olarak mümkün rezerv sınıfı içine giren iki yatak, birleştirildiklerinde görünür rezerv sınıfı içine girebilir.

# Bölüm 3

## Açık İşletmelerde Üretim Yöntemleri

**Prof. Dr. Celal KARPUZ**

**Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali HİNDİSTAN**

### İÇİNDEKİLER

3.1. GİRİŞ	115
3.2. YER ALTI YÖNTEMLERİNE KARŞI AÇIK OCAK	119
3.2.1. Genel Kurallar	119
3.2.2. Açık İşletmenin Üstünlükleri	119
3.2.3. Açık İşletmenin Sakıncaları	120
3.2.4. Açık İşletme Madenciliğinin Geleceği	120
3.2.5. Açık İşletme Madenciliği Örnekleri	121
3.2.6. Açık İşletmecilikle İlgili Temel Kavramlar ve Terimler	121
3.3. ÜRETİM	126
3.3.1. Genel	126
3.3.2. Seçime Etki Eden Faktörler	126
3.3.3. Yöntem Seçimi Aşamaları	127
3.4. ÜRETİM PLANLAMASI	128
3.4.1. Giriş	128
3.4.2. Ocak Planlaması ve Tasarımını Etkileyen Koşullar	128
3.4.3. Açık Ocak Planlamasının Genel Hedefleri	129
3.4.4. Ocak Düzenini Planlamak	129
3.4.4.1. Genel	129
3.4.4.2. Üretimde geometrik düzen	129
3.4.4.3. Uzun vadeli üretim programlaması	131
3.4.4.4. Kısa vadeli üretim programlaması	131
3.4.5. Uzun Vadeli Ocak Planlaması ve Tasarımı	131
3.4.6. Hareketli Koni Algoritması	142
3.4.6.1. Temel yöntem	142

## Açık İşletmelerde Üretim Yöntemleri

3.4.7. Örtü kazı oranı stratejisi	148
3.5. ÖRTÜ KAZI ORANLARI VE OCAK SINIRLARI	149
3.5.1.Nihai Örtü Kazı Oranına Karşı Ekonomik Oran	149
3.6. MAKİNA VE EKİPMAN SEÇİMİ	153
3.6.1. Açık İşletme Birim Faaliyetleri	154
3.6.2. Kaya Parçalanmasının Kuralları	154
3.6.3. Kazı ve Yükleme İşlemleri	155
3.6.3.1. Kazı-yükleme makinalarının seçimi ve bunların bazı özellikleri	156
3.6.3.2 Kazıcı-yükleyici kepçe türleri	157
3.6.4. Taşıma	159
3.6.5. Açık İşletmelerde Yardımcı İşlemler	161
3.6.6 Açık İşletmelerde Kazıcı-Taşıyıcı Ekipman Kapasite Tayini	163
3.6.6.1 Kazıcı birimi	163
3.6.6.2 Taşıma birimi-kamyon	169
3.6.6.3 Yükleme ve taşıma birimlerinin birlikte çalışması (Senkronizasyon)	170
3.6.6.4 Kepçe/kamyonun uyumlu kullanma sistemi (Dispatch)	170
3.6.6.5. Kapasite hesaplamalarına ait bazı örnekler	173
3.7. BÜYÜK BOYUTLU MAKİNA ve SİSTEM SEÇİMİ	175
3.7.1. Yürüyen Çekme Kepçeler	176
3.7.2. Örtü Kazı Yükleyiciler	176
3.7.3. Çekme Kepçeye Karşı Örtü Kazı Yükleyiciler	176
3.7.4. Büyük Boyutlu Ekipmanların Seçim Yöntemi	177
3.7.5. Büyük Ölçekli Makinaların Boyutları	180
3.7.6. Tek Kömür Damarında Çekme Kepçe ile Örtü Kazı Çalışması	183
3.7.6.1. İlk dilim kesmesi	183
3.7.6.1.1 Tekrar kazı olmaksızın	184
3.7.6.1.2. Tekrardan kazı	185
3.7.6.2. İlk dilim sonrası çalışma düzenleri	188
3.7.6.2.1. Basit yan kazı	188
3.7.6.2.2. İlerletimli basamak kazısı	191
3.7.6.2.3. Genişletilmiş basamak kazısı	192
3.7.6.2.4. Geri çekme kazı yöntemi	193
3.7.6.2.5. İki çekme kepçe ile genişletilmiş ara basamak yöntemi	196
3.7.7. Çekme Kepçenin Seçimi	197
3.7.7.1. Basit kenar kesme - Erişim, derinlik ve yığma yüksekliği	197
3.7.7.2. Basit yan kesme - Kepçe büyüklüğü	201
KAYNAKLAR	207



### 3.1. GİRİŞ

İşletilmesi ekonomik olarak uygun bulunan maden yataklarının, mostra verenlerinin doğrudan kazılarak üretilmesi, ya da üzerini kaplayan örtü tabakasının alınarak açılması ve sonrasında cevherin üretilmesi şeklinde yapılan işletme yöntemi açık işletme olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde dünya maden üretiminin yaklaşık %70'i açık işletmecilik yöntemleriyle yapılmaktadır. Metalik cevherlerin yarısı, kömürün 1/3'ü ve metal dışı yapı malzemelerinin tamamı açık ocak işletmeciliği ile üretilmektedir (Çizelge 1). Metalik cevherler için istisnai olarak, bakır cevheri üretiminde açık işletme payı Birleşik Devletlerde %74, Dünyada ise %40; demir cevherinde ise bu oranlar sırasıyla %90 ve %50 olarak gerçekleşmektedir.

Çizelge 1. Dünyada ve Birleşik Devletlerde yapılan metal ve metal dışı ham cevher ile kömür üretim miktarları (milyon kısa-ton) - (Given, 1973).

	DÜNYA			BİRLEŞİK DEVLETLER			B.D.in Dünyadaki payı (%)
	Toplam	Açık	%	Toplam	Açık	%	
Metalik cevherler	2100	1200	57	540	455	84	26
Metal dışı cevherler	1500	1250	80	220	181	82	15
Kil, taş, kum ve çakıl	3300	3300	100	1861	1820	98	56
Kömür	3200	1100	34	582	202	35	18
<i>Toplamlar ve yüzdeler</i>	<i>10100</i>	<i>6800</i>	<i>68</i>	<i>3203</i>	<i>2658</i>	<i>83</i>	<i>32</i>

Eski çağlara kadar uzanan açık işletme madenciliğinin boyutları 20.yüzyıla kadar fazla gelişmemiştir. Özellikle 2.Dünya Savaşı'ndan sonraki yıllarda, teknolojik gelişmelerin madencilik

alanında da uygulanması sonucunda genel olarak madenlerin üretim miktarları hızla artmaya başlamıştır. Böylece, kullanılmakta olan makina türlerinin boyut ve kapasitelerinin artması sonucunda, kalın örtü tabakaları altında bulunan cevher oluşumlarının da ekonomik olarak açık işletme yöntemleri ile üretilmesi fırsatları doğmuştur. Çizelge 2'de görüldüğü gibi, 1950'li yıllarda üretilen toplam kömürün sadece onda biri açık işletmeyle sağlanırken, bu oran 1980'li yıllara gelindiğinde yaklaşık beş kat artarak %50'leri geçmiştir. Benzer şekilde bu süre zarfında demir üretiminde açık işletme payı %80'lere ulaşmıştır. Yaşadığımız dünyamızda gün geçtikçe artan barınma, ulaşım, haberleşme, enerji gibi yaşamsal ihtiyaçlar ve buna ilave olarak evrensel düzeyde yapılan faaliyetler için gerekli olan madensel hammaddelerin daha ekonomik koşullarda üretilmesi önem kazanmakta ve bunun neticesinde teknolojik gelişmelerin hızı kesilmeden sürdürülmektedir.

Çizelge 2. Madenlerin toplam üretiminde açık işletmeciliğin payı (%)-(Given, 1973).

Yıl	1950	1960	1965	1970	1980
Kömür	11	20	24	28	52
Demir cevheri	44	56	63	70	80
Diğer metalik cevherler	46	53	61	64	70
Manganez cevheri	-	29	55	75	80
Kimyasal ham maddeler	-	50	72	78	80
Yapı malzemeleri	100	100	100	100	100

Bir cevher oluşumunun yer kabuğundan ekonomik olarak çıkartılması için uygulanabilecek diğer bir üretim biçimi ise, yeraltı (kapalı) ocak işletmeciliğidir. Cevherin ham madde olarak hangi biçimde üretileceği tamamen her iki işletmecilik şekli için yapılacak ekonomik analiz sonuçlarına bağlıdır ve üretimin daha ekonomik koşullarda gerçekleşmesini sağlayacak işletme yönteminin uygulanması tercih edilir. Bazı durumlarda, özellikle eğimli yapısından dolayı gittikçe derinlere doğru dalan cevher oluşumlarında, her iki işletme yöntemi birlikte kullanılarak, cevherin ekonomik olarak uygun olan bazı kısımları açık, diğer kısımları ise kapalı işletme yöntemi ile üretimi mümkündür.

Diğer taraftan yerüstü/yeraltı, cevher/pasa cinsinden bir karşılaştırma da Çizelge 3'te sunulmuştur. Bu çizelgeden çıkan sonuçlara göre, ABD'de;

- Metal cevheri, kömür ve yapı taşı üretiminin %85'i (yer altı üretiminin 6 katı) yerüstü(açık ocak) işletme yöntemi ile yapılmaktadır. Toplam içindeki payı ise %95 seviyesindedir.
- Kömür ve pasa toplam malzemenin %65'i kadardır.
- Çıkan pasa malzemenin neredeyse tamamı (%99) açık ocak işletmelerinden geliyor.
- Toplam kazılan malzemenin %73'ü pasadır. (Toplam kazılan malzeme:13160\*106 ton, Kazılan pasa malzemesi: 9550\*106 ton)

Dünya genelinde ise;

- Metal cevheri, kömür ve yapı taşı üretiminin 2/3'ü yer üstü işletme yöntemi ile yapılmaktadır.
- Çıkan pasa malzemenin %97'si açık ocak işletmelerinden geliyor.
- Pasa toplam malzemenin %75'i kadardır.

Çizelge 3. Birleşik Devletlerde ve Dünya genelinde, farklı madenler için, yer altı ve yer üstü üretiminde cevher ve pasa miktarları - 1980 yılı (Pfleider et.al., 1972).

Ürün	Yer üstü			Yer altı			Toplam üretim		
	Cevher	Pasa	Toplam	Cevher	Pasa	Toplam	Cevher	Pasa	Toplam
(milyon ton)									
<b>Birleşik Devletler</b>									
Metaller	520	1180	1700	80	10	90	600	1190	1790
Metal dışı	2060	620	2680	80	0	80	2140	620	2760
Kömür	500	7700	8200	370	40	410	870	7740	8610
<i>Toplam</i>	<i>3080</i>	<i>9500</i>	<i>12580</i>	<i>530</i>	<i>50</i>	<i>580</i>	<i>3610</i>	<i>9550</i>	<i>13160</i>
(milyar ton)									
<b>Birleşik Devletler</b>									
Tamamı	3.1	9.5	12.6	0.5	0.1	0.5	3.6	9.6	13.2
Dünya									
Tamamı	7.3	31.5	38.8	3.5	1.0	4.5	10.8	32.5	43.3

Kaynak: Ballard, 1982; Kimbell and Panulas, 1982; Martens, 1982; Anon, 1983a.

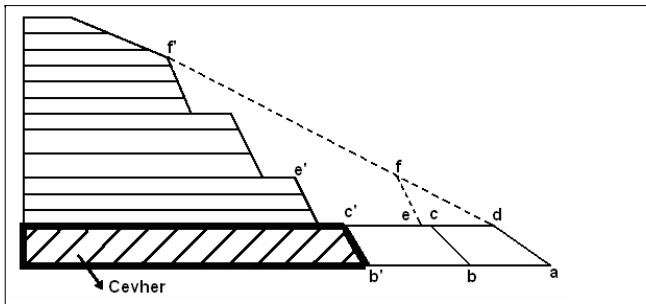
Açık ocak madencilik üretiminde delik delme, kazı, yükleme ve taşıma gibi temel işlemlerin yapılmasında kullanılmakta olan makinaların üretim kapasiteleri ve verimlilik bakımından sağladığı üstünlükler her geçen zaman bu tür madencilik faaliyetini daha avantajlı kılmaktadır. Kapalı işletme yöntemi ile bir karşılaştırma yapıldığında, açık ocak işletmeciliğinin olumlu ve olumsuz yönleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

Açık ocak ile yer altı üretim yöntemleri arasında yapılacak seçimi kontrol eden faktörler;

- üretim maliyeti,
- cevher kazanımı, ve
- seyrelmedir.

Açık ocak işletmesinde işletme maliyeti örtü tabakasının ve şevlerdeki pasanın nakledilme maliyetlerini de kapsar. Bu işleme sıyırma (taşıma) adı verilir. Bir ton cevheri elde edebilmek için nakledilmesi gereken örtü malzeme hacmine örtü kazı oranı (SR) denir.

- Örtü kazı oranı açık ocak ile yer altı işletme yöntemleri arasında karşılaştırma yapmak için kullanılan bir kontrol faktörüdür.
- Eğer yüzey ve damar düz ise SR değeri düzgün ve sabittir. Aksi takdirde, yüzey eğimli olduğunda ocak ölçeği büyüdükçe SR değeri de artarak değişecektir.



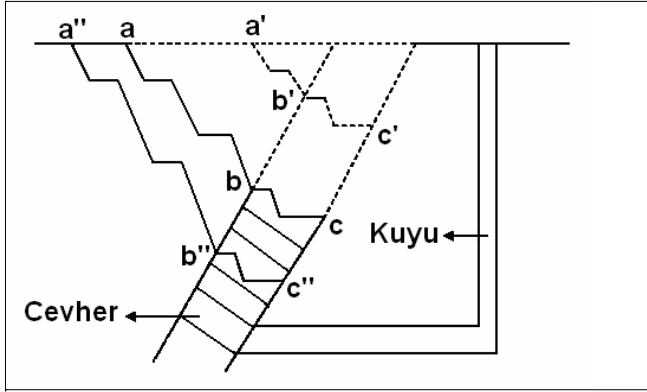
$$abcd = bb'cc'$$

$$c'f'fe \gg efd$$

Yatay damar ve eğimli yüzey durumundaki bir açık ocağın kesit görüntüsü

### Açık İşletmelerde Üretim Yöntemleri

Eğimli ya da dik cevher yatağı olduğunda alınacak olan örtü malzeme miktarı derinlik artıkça artmaktadır.



$$cc''b''b = bb'c'c \rightarrow aa''b''b > aa'b'b$$

Dik damarda açık ocak kesit görüntüsü

Açık işletme yöntemi ile bir ton cevherin üretim maliyeti örtü kazı maliyetini de kapsamaktadır.

$$\text{Maliyet} = a + bx$$

Burada a: bir ton cevherin açık ocak işletme maliyeti  
b : m<sup>3</sup> pasa malzeme için örtü kazı maliyeti  
x : örtü kazı oranı

Eğer  $a + bx > c$  ise açık ocak madenciliği yapılmalıdır.

Burada c : bir ton cevherin yer altı ocağı üretim maliyeti

Maksimum izin verilebilir örtü kazı oranı (MASR) =  $x = (c - a) / b$

$$\text{MASR} = \frac{(\text{ton cevherin yer altı ocağı üretim maliyeti} - \text{ton cevherin açık ocak üretim maliyeti})}{m^3 \text{ pasa malzeme için örtü kazı maliyeti}}$$

Örnek :

Bir cevherin tonunun yer altı işletme maliyeti, c, \$28 olduğunu varsayalım.

Açık ocak üretim maliyeti, a = 4.2 \$/ton

Örtü kazı maliyeti, b = 4.9 \$/m<sup>3</sup>

$$\text{MASR} = (28 - 4.2) / 4.9 = 4.86 \text{ pasa} : 1 \text{ cevher}$$

Bu sonuca göre, açık ocak madencilik üretimi örtü kazı oranı 4.86'ye gelinceye kadar uygundur. Eğer örtü kazı oranı değeri 4.86'yı aşarsa, bu kısımlarda yer altı üretimine geçmek daha ekonomik olur.

Bu nedenle, bu oran cevher yatağının ekonomik olarak işletilebilir bir bölümünde düşük diğer bir

bölümünde yüksek olduğunda bunların ortalaması alınıp bir değer şeklinde hesaplamak yanlış olur. Her durum altında ve her aşamada bu değer en üst müsade edilebilir orandan düşük olmalıdır. Bu oran da nihai ocak sınırı dikkate alınarak bulunur.

- Ekonomik bakış açısıyla ocağın maksimum derinliği açık ocak ile yer altı ocağı maliyetlerin aynı olduğu nokta olarak alınmalıdır.
- Çoğu ocak tasarımlarında nihai örtü kazı oranı müsade edilebilir sınır oran değerinden daha düşük olur.

Sınır oran değeri asla yıldan yıla değişen işletme oranına eşit olmaz.

Nihai örtü kazı oranı dikkate alındığında, genellikle işletmenin ilk yıllarında daha yüksek son yıllarında ise daha düşük örtü kazı değerleri elde edilir. Çünkü ilk yıllarda açılan şevler son yıllardakine göre daha yatık konumda olur.

## 3.2. YER ALTI YÖNTEMLERİNE KARŞI AÇIK OCAK

### 3.2.1. Genel Kurallar

- 1) Tüm birim işlemleri yapmak için gerekli makinalar tanımlanır.
- 2) Devri dengelemek gerekir  
Sistem ünitelerinin kapasiteleri birbirleriyle uyumlu olmalıdır
  - Çalışma sahasından ocak döküm alanına kesintisiz ve düzenli malzeme akışı
  - Tüm üniteler - aynı üretim kapasitesine sahip ölçü anlamında uygundur
  - çıkartılan cevheri işleyecek
  - çalışma sahasının sınırlamaları içinde iş görecektir
  - Bazan iş programında yapılan değişiklikleri dengelemek amacıyla farklı kapasite-lerde makinalar devreye alınabilir.
- 3) Her makinanın belli kapasitelerine ve gerekli üretim miktarına göre ünitelerin (ör. delici ya da kamyon) sayıları hesaplanır (üretim devrinin hesaplanmasında)

Not: Genel verimlilik = Üretim devrindeki münferit makinaların verimlilikleri

Ör.: Ekskavatör=%90, Kamyonlar=%85, Kırıcı=%95; Bu durumda

Genel verimlilik (Sistem verimliliği) =  $0.90 \cdot 0.85 \cdot 0.95 = 0.73 = \%73$

Sistemin çıktısı devir içinde bulunan en yavaş ve en düşük kapasiteli makina ile sınırlıdır.

Bazan bir sistem içindeki denge

- tüm birimleri gereğinden büyük tutarak
- destekleyici üniteler sağlayarak
- fazladan yığınları içine alarak

sağlanabilir.

Üretim devrini uygun dengeye sokmak için üretimi, devir süresini ve ünitelerin sayısını doğru şekilde kestirmek gerekir.

### 3.2.2. Açık İşletmenin Üstünlükleri

- 1) Büyük, güçlü ve yüksek üretkenli madencilik makinalarının kullanılmasına olanak sağlar  
Örneğin, 350 ton kapasiteli kamyonlar,  $170 \text{ m}^3$  kepçe kapasiteli çekme-kepçeler (dragline),

- 40 m<sup>3</sup> kepçe kapasiteli ekskavatörler, saatte 8400 m<sup>3</sup> üretim kapasiteli döner kepçeli ekskavatörler bugün açık işletmelerde kullanılmaktadırlar.
- 2) Kapalı işletmeye göre iş gücü verimliliği daha yüksektir (kişi başına üretim miktarı 5-6 kat fazla).
  - 3) Düşük işletme maliyeti (birim ton cevher için kapalı işletme maliyetinin %25-30'u kadar).
  - 4) Üretim esneklik ve gerektiğinde daha kısa sürede üretimi artırma imkanı sağlar.
  - 5) Hareket serbestliği, yeterli ışık ve hava sağlandığı için çalışma ve sağlık koşulları gelişmiştir, bu da çalışanların verimliliğini artırmaktadır.
  - 6) Tahkimat, havalandırma ve dolgu gibi yüksek işgücü ve malzeme gerektiren işlemlerin yapılması gerekmez.
  - 7) Cevher kazanım oranı yüksektir ve bu nedenle maden kaybı daha azdır.
  - 8) Çok sayıda çalışan makina, yoğun nakliyat sistemi, patlatma işlemi, blokların düşmesi gibi koşullar olmasına rağmen kaza tehlikesi daha azdır.
  - 9) Takip ve kontrol daha etkin ve kolaydır.

### **3.2.3. Açık İşletmenin Sakıncaları**

- 1) Daha yüksek yatırım maliyeti gerektirir.
- 2) Hava koşulları (yağmur, kar, soğuk) üretimi zorlaştırarak iş gücü verimliliğini ve makina üretkenliğini azaltır
- 3) Doğal güzellikleri tahrip etmesi ve maden atıklarının oluşumu nedeniyle kamusal tepki alır.
- 4) Belli derinliklere kadar uygulama yapılabilir.

### **3.2.4. Açık İşletme Madenciliğinin Geleceği**

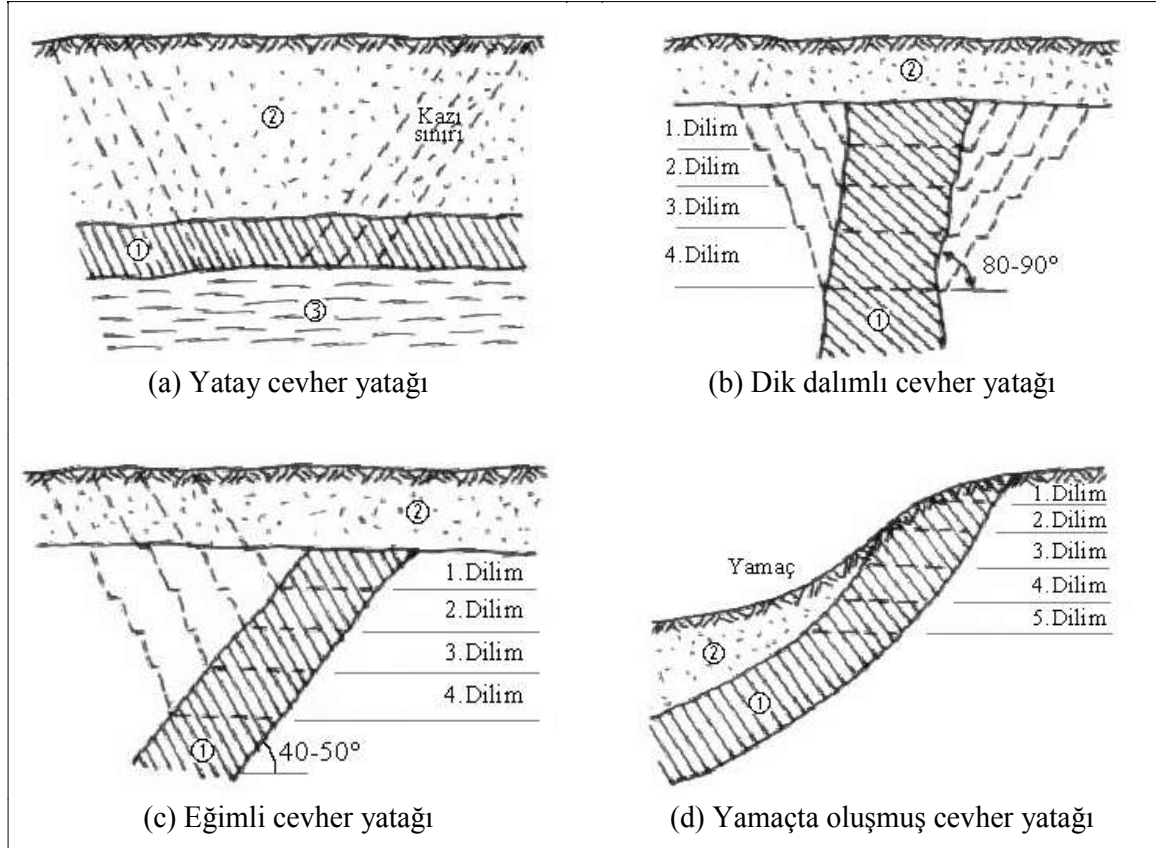
Cevher kazanım oranı, tenör kontrolü, ekonomisi, çalışma esnekliği, emniyet ve çalışma şartları gibi faktörler düşünüldüğünde açık ocak madenciliğinin yer altı işletmeciliğine göre genellikle daha uygun olduğu düşünülür. Bununla beraber, oldukça küçük, düzensiz ve derinlerde bulunan cevher yataklarının açık ocak madenciliği ile ekonomik olarak işletilmesi mümkün görünmemektedir. Ayrıca, cevherleşmenin derinlere doğru devam ettiği koşullarda açık ocak işletmeciliği bir noktaya kadar ekonomik olarak uygulanabilmekte, derinlere gidildikçe örtü tabakası kalınlığının hızla artması sonucunda ya ocak terkedilmeli ya da kapalı işletme üretim şekli ile devam edilmelidir. Bu tespit geçerli olmasına rağmen zaman içerisinde teknolojiye gelişmeler, piyasa şartlarında ve politik düşüncelerdeki değişimler sonucunda cevherin işletilme biçimi tamamen değişebilmektedir.

Açık ocak işletmeciliğinin doğal yapıyı bozduğu, atıkların çevresel sorunlar yarattığı, akarsuların asit ve katı atıklarla, atmosferin tozlarla kirletildiği şeklinde toplumdaki gelen şikayetler genel anlamda madencilik faaliyetleri üzerinde bir baskı oluşturmaktadır. Bunun yanısıra elektronik ve otomasyon alanlarındaki yenilikler ve kaya delme makinelerindeki gelişmeler ile hızlı kazı teknikleri ve ekipmanları üzerinde yapılan araştırmalar yer altı madencilik üretimine ciddi katkılar sağlamaktadır. Ayrıca ulusal savunma politikası gereği stratejik endüstrilerin yer altında yürütülmesi ve stratejik kaynakların yine yer altında depolanması programları yer altı madenciliğini daha cazip hale getirmektedir.

Sonuç olarak, açık ocak işletmecileri büyük miktarlardaki cevheri kapalı işletme yöntemi ile karşılanmayacak maliyetlerle piyasa sürdükleri sürece açık ocak madenciliği var olacak ve büyüyecektir. Fakat dünyanın yoğun nüfusa sahip endüstriyel alanlarında açık ocak madenciliğine karşı ve yer altı madenciliğini destekleyici etmenler artmakta, ve bugün için bu alanlarda açık ocak madenciliği yönünde yapılan tercihlerin ileride tamamen tersine döneceği beklenmektedir.

### 3.2.5. Açık İşletme Madenciliği Örnekleri

Cevher yatağı topoğrafyaya çok yakın ya da sığ derinliklerde olduğu durumlarda açık ocak madenciliği teknolojik ve ekonomik anlamda değişen koşullara uyum sağlayabilir. Şekil 1'de olabilecek cevherleşme türlerine örnekler verilmiştir.



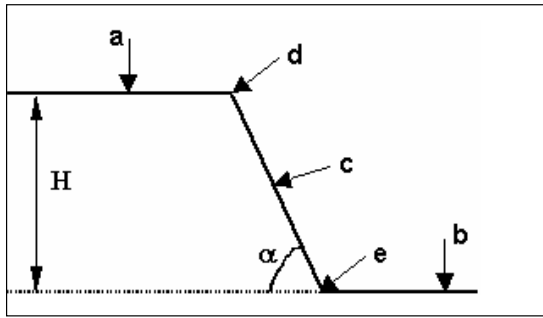
Şekil 1. Cevher yatağı oluşumlarının yataklaşma durumuna göre tanımlanması.

( ① Cevher yatağı; ② Tavan taşı; ③ Taban taşı)

### 3.2.6. Açık İşletmecilikle İlgili Temel Kavramlar ve Terimler

Açık işletmelerde en önemli fiziksel kavramlardan biri basamak ya da kademe olarak tanımlanan şekillerdir. Cevher ya da örtü malzemesi bu basamaklar üzerinde sürekli kademe şeklinde kazılarak alınmaktadır. Bir açık işletme basmağını tanımlayan terimler Şekil 2'de verilmektedir.

Bir üretim basamağı yüksekliği ve eğim açısı ile tanımlanır. Bu değişkenler kullanılan makineye, kayaç yapısına ve üretim koşullarına göre belirlenir. Basamak yüksekliği ile kazı-yükleme makinasının boyutları arasında yapılacak doğru tasarım makinanın verimlilik, emniyet ve ekonomiklik bakımından en uygun şartlarda çalışmasını sağlar.



- a üst kademe (tavan)
- b alt kademe (basamak tabanı)
- c ayna (basamak yüzeyi)
- d basamak aynasının tepesi
- e ayna topuğu
- $\alpha$  basamak açısı
- H basamak yüksekliği

Şekil 2. Bir açık işletme basamağına ait terimler.

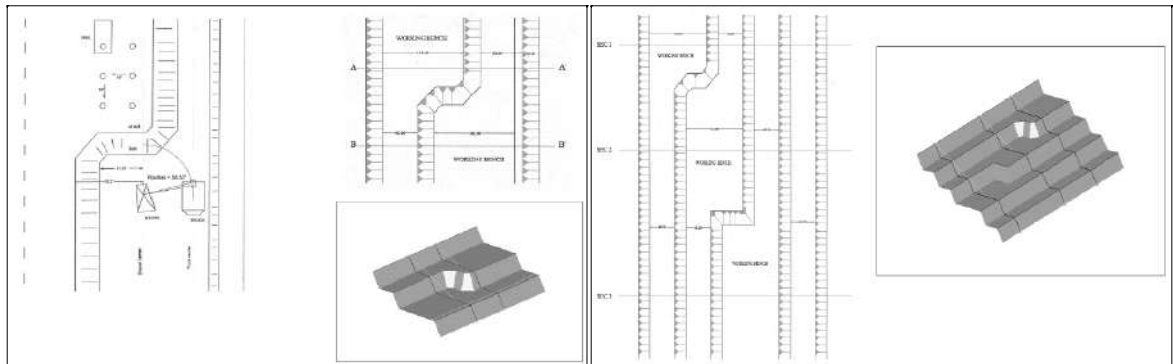
Ayrışmış kayalarda basamak yüksekliği ekskavatörün kazı yüksekliği kadar, sert kayalarda ise bu oran 1,5 katına kadar yükseltilebilir. Ekskavatör ile yapılan çalışmalarda basamak yüksekliği genel olarak, örtü kazı işlerinde 10-15 m, cevher kazısında 8-12 m arasında tutulmaktadır. Basamak açısı;

- kırılğan, parçalı, zayıf ve yumuşak kayalarda malzeme yığın açısından (angle of repose) daha küçük,
- çok sert püskürük ve metamorfik kayalarda 70°-80°,
- çökelti (sedimanter) kayalarda 50°-60°,
- yarı tabakalı ve kuru kumlu zeminlerde 40°-50°,
- killi kayalarda 35°-45°

olacak şekilde tasarlanmalıdır (Dağdelen, 2004).

Basamakların duraylılığı, süreksizliklerin varlığına, onların kesme özelliklerine ve yer altı suyu koşullarına bağlıdır. Bu konu Bölüm 7'de ayrıntılı olarak verilmektedir.

**Basamak:** Basamak aynasından pasa malzemesinin ya da cevherin kazılma işleminin yapılabilmesi için raf şeklinde oluşturulmuş tek bir kademeye denir. Çalışma sırasında gerekli basamak genişliği kullanılan makinanın boyutlarına göre değişir. Tekli ve/veya çoklu olarak basamaklarda aynı anda çalışabilir. Şekil 3'te tekli ve ikili çalışmanın plan ve izometrik görüntüleri, Şekil 4'te ise ekskavatör-kamyon kombinasyonu için basamak boyutları verilmektedir. Basamak geometrisi, tanımlar ve taşıma yolu konumu Şekil 5'te verilmektedir.

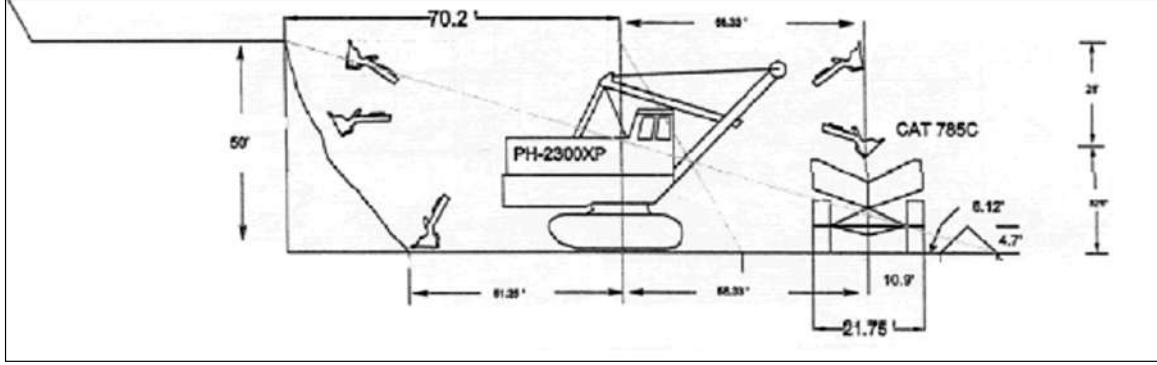


(a) Tekli çalışma basamağı

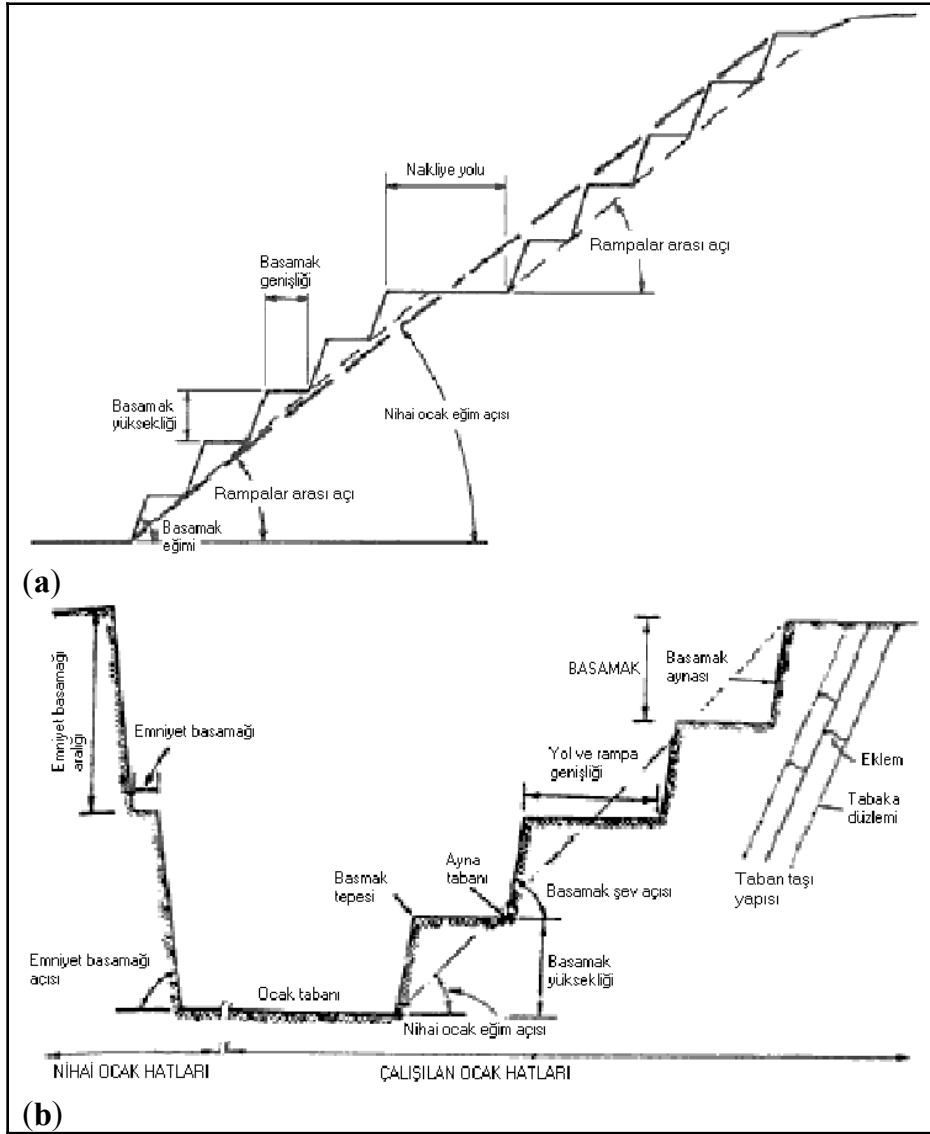
(b) İkili çalışma basamakları

Şekil 3. Basamak çalışması - plan ve izometrik görünüm.





Şekil 4. PH-2300 XP ekskavatör ve CAT 785C kamyon kombinasyonu için basamak boyutları.

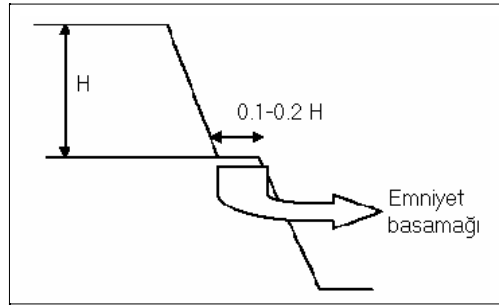


Şekil 5. Basamak aynası, rampalar arası açı ve nihai ocak eğim açısı tanımları (Dağdelen, 2004).

**Basamak açısı:** Basamak aynasının tepe noktası ile topuk noktasını birleştiren çizginin yatayla yapmış olduğu açıya denir.

**Basamak yüksekliği:** Basamak aynasının en üst noktası (ayna tepesi) ile en alt noktası (ayna tabanı) arasındaki dik mesafeye denir. Kullanılan makinanın boyutlarına, işletme özelliğine, şev duraylılığı ve emniyet kurallarına göre değişir.

**Emniyet basamağı:** Ocağın nihai şev profili içinde, emniyeti artırmak ve ocak içi şev duraylılığını geliştirmek amacıyla bırakılan yatay raf şeklinde kademeye denir. Bu emniyet basamaklarının sıklığı, genişliği ve eğimi jeoteknik bulgular ışığında yapılır. Bu basamaklar taşıma ya da kazı amaçlı olarak ta kullanılabilir



**Açık ocak madenciliği:** açık döküm madenciliği; sıyırma madenciliği; Bir madenin yüzeye açık olarak çalışılması ya da kazılması.

**Atık; pasa:** Açık ocak madenciliğinde, değerli madeni almak için kazılarak taşınması gereken üzerinde bulunan değersiz ya da maden özelliği olmayan örtü malzemesidir.

**Cevher derinliği:** İlk cevhere ulaşmak için kazılan örtü derinliğini tanımlar.

**Durma açısı; yığın açısı (Angle of repose):** Gevşek ya da parçalanmış malzemeden oluşan bir yığının akmadan duraylı kalabileceği maksimum eğim, ya da malzeme bir yığına veya bir şeve döküldüğünde durağan duruma gelmesi.

**Eğim:** Araç yolu ya da demiryolu gibi tesislerin yatay mesafeye göre dikey yönde değişiminin açısı ya da oran olarak tanımlanmasıdır.

**Ekskavatör:** Kazıcı kovanın bağlı olduğu kolun (boom) vinç gibi askılı olarak hareket etmesiyle kazı ve yükleme yapabilen bir makinedir.

**Kepçe:** Bir kazı makinasının koluna ya da bumuna rijit olarak bağlı kovadır. Aynı zamanda makinanın kendisi de bu şekilde adlandırılır.

**Nihai ocak eğim açısı:** Ocak en alt basamağının ayna topuğu ile en üst basamağın ayna tepesini birleştiren çizginin yatay düzlemlerle yaptığı açıya denir. Ocak şev duvarının duraylı kalabileceği açıdır ve kayaç dayanımı, jeolojik yapı ve su durumu gibi parametrelere göre hesaplanır. Nakliye yollarının genişliği ve eğimi nihai ocak eğim açısını etkiler.

**Nihai ocak sınırları:** Ekonomik olarak işletilebilecek madenin düşey ve yatay uzanımlarının sınırlarıdır. Bu sınırlar işletilebilir cevherin değerine karşı alınması gereken örtü kazı maliyetleri dikkate alınarak belirlenir.

**Ortalama örtü kazı oranı:** Nihai ocak sınırları içindeki toplam pasa malzeme miktarının toplam cevher miktarına oranıdır.

**Örtü kazı oranı:** Birim miktarda cevheri kazmak için alınması gereken örtü malzeme miktarına denir. Ocak tasarımında ve programlamasında önemli ve kritik değişkendir.

**Riperlenebilirlik:** Zemin ya da kaya malzemeyi, ekonomik olarak genellikle greyder makinası ile taşınabilmesi için, parçalamak amacıyla yapılan riperleme işlemine gösterdiği reaksiyonun kolaylık ya da zorluk derecesini ifade etmek için kullanılan bir tanımdır.

*Set; basamak aynası:* Açık ocak madeninde, doğal ya da gevşetilmiş olarak zemin ya da kaya malzemesinin kazıldığı, genellikle yüksek eğime sahip şev.

*Set eğimi; basamak eğimi:* Açık ocak sahasında, zemin ya da kaya malzemesinin duraylı kalabilmesini sağlayacak büyüklükte kazı aynasının yatayla yaptığı açı miktarıdır.

*Set yüksekliği; basamak yüksekliği; kazı yüksekliği:* Bir eğimli setin en üst noktası ya da tepesi ile en düşük noktası ya da topuğu arasında dik olarak ölçülen mesafeye denir.

*Sınır örtü kazı oranı:* Bir ton cevherin işletme ve bunun için yapılan örtü kazı maliyetlerinin bir ton cevherden elde edilen net satış kazancına eşit olduğu durumdur.

*Sıyırma:* İstenen değerli madenin alınabilmesi için, üzerini örten toprak ya da değersiz kaya malzemesinin kazılması ve taşınması işlemine denir.

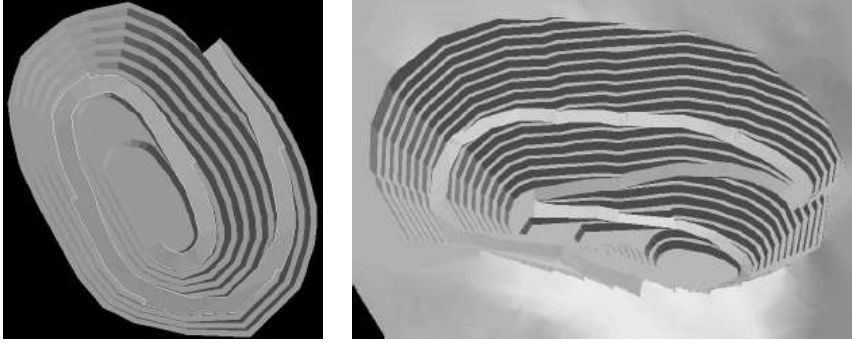
*Şev duraylılığı:* Herhangi bir eğimli yüzeyin kaymaya ya da çökmeye karşı gösterdiği direncin tanımıdır.

*Taşıma yolları:* Yüksek tonajlı kamyonların rahat şekilde hareket etmesini sağlamak için yapılan yoldur. Bu tür yollarda eğim, yüklü gidiş yönünde 17 dereceden daha düşük tutulmalıdır. Ocağın işletilmesi süresince girişler ve malzeme taşınması için bir taşıma yolu tutulmalıdır ve bunlar genelde ya spiral ya da geri dönüşlü olarak tasarlanırlar (Şekil 6a ve b).

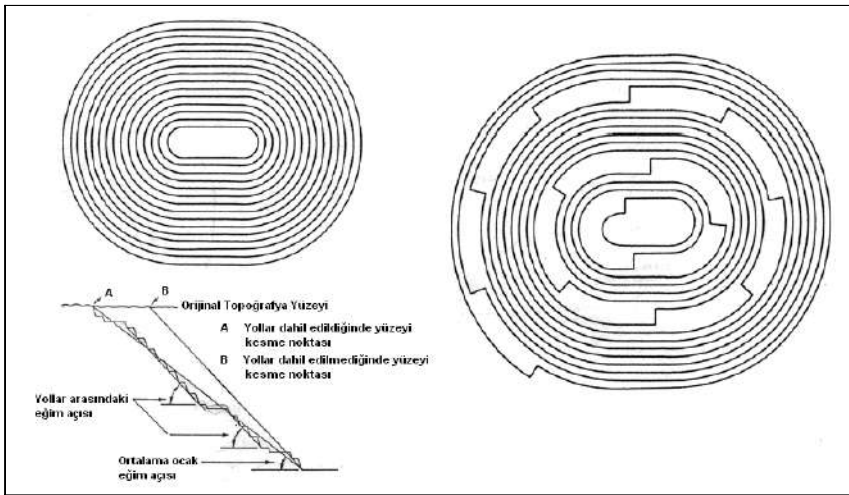
*Taşıma yolu-Spiral sistem:* Ocağı çevreleyen şevler boyunca spiral görünümlü taşıma yolu.

*Taşıma yolu-Geri dönüşlü sistem :* Ocağın bir tarafındaki şev boyunca zig-zag taşıma yolu.

*Taşıma yolu genişliği :* Genel ocak tasarımı aşamasında taşıma yolunun genişliği, işlevi ve çalışacak makinaların boyutları dikkate alınarak yapılmalıdır.



Şekil 6a. Taşıma yollarının üç boyutlu görünümü, spiral ve geri dönüşlü tasarım.



Şekil 6b. Taşıma yolu plan ve kesit görünümü.

*Tenör:* Her bir mineralin bir cevher kütlesi içinde bulunma yüzdesini ifade eder.

*Tumba sahası, döküm harmanı:* Maden artıkları ve pasa malzemenin yığın şeklinde döküldüğü alana denir.

*Üretim öncesi örtü kazı:* İlk cevhere ulaşmak için yapılan örtü kazıyı tanımlar.

*Yükleme makinası:* Kazılan ya da stoklanmış malzemeyi kamyonlara, maden arabalarına, bantlara, ya da diğer malzeme nakletme ünitelerine yüklemek için tek başına ya da birlikte kullanılan mekanik araçlardır.

*Yükleyici:* Zemin ya da parçalanmış malzemeyi kazmak ve yüklemek için kullanılan, kova monte edilmiş makinaların herhangi birini ifade eder.

### **3.3. ÜRETİM**

#### **3.3.1. Genel**

Üretim veya işletme cevherin toprak altından ekonomik olarak yüzeye çıkarılması ve ya yüzeyden doğrudan pazara ya da işleme tesislerine gönderilmesi işi olarak tanımlanabilir. Bu çıkarma faaliyeti bir dizi işlemlerin düzenli bir şekilde yapılması ile gerçekleştirilir. Birincil olarak üretim safhası delik delme, patlatma, yükleme ve taşıma işlemlerinden ve buna bağlı yardımcı ya da tamamlayıcı, ikincil derecede faaliyetlerin uygulanması ile gerçekleştirilir. Uygulanacak işletme yönteminin seçimi nihai anlamda işletmenin ömrünü tanımlamaktadır.

Uygulanacak işletme yönteminin seçimi işletme faaliyetinin yapılmasında çözülmesi gereken en zor sorundur. Bu aşamada en önemli kural işletilecek madenin tipik özelliklerine (doğal, jeolojik, çevre, vb.) en uygun olan madencilik yönteminin seçilmesidir. Bu seçim emniyet, teknoloji ve ekonomi sınırları da göz önüne alınarak yapılmalıdır. Bu kriterler içinde amaç, en düşük maliyetle en yüksek faydayı sağlamak olmalıdır.

#### **3.3.2. Seçime Etki Eden Faktörler**

- 1) Cevherin oluşum özellikleri, cevherin;
  - yer üstü ya da yer altı işletilmesine karar verilmesini,
  - üretim miktarını,
  - cevherin alınmasında uygulanacak yöntemi,
  - cevherin ocak içindeki konumunu

etkiler. Ayrıca,

- a) Cevher büyüklüğü,
- b) Şekli (tabakalı, lens tipi, masif, düzensiz)
- c) Konumu (eğim)
- d) Derinliği (örtü kazı oranı)

göz önüne alınması zorunlu özelliklerdir.

- 2) Jeolojik ve hidrolojik koşullar
  - Cevher yatağının ve ana kayanın jeolojik yapısı madencilik yöntemini,
  - Hidrojeoloji drenaj ve pompa ihtiyacını,
  - Mineroloji mineral zenginleştirme ihtiyacını,

etkiler ve belirleyici olurlar. Bu kapsamda, cevherin

- a) Minerolojisi, petrografisi ve kimyasal bileşimi göz önüne alınması gereken önemli parametrelerdir.

- b) Yatak yapısı (kıvrımlar, faylar, süreksizlikler)
  - c) Zayıflık düzlemleri (eklemler, kırıklar)
  - d) Yer altı suyu ve hidroloji (oluşum, su tablası)
- 3) Jeoteknik (zemin ve kaya mekaniği) özellikleri
- Cevher ve pasa için makina ve ekipman seçiminin belirlenmesinde kullanılabilir.
  - a) Dayanım ve elastisite özellikleri,
  - b) Plastik ya da visko elastik davranış (akma, sünme)
  - c) Gerilme,
  - d) Pekişme, sıkışma ve sağlamlık,
  - e) Birbirliklilik, alterasyon ve bozunma,
  - f) Diğer fiziksel özellikler (porozite, nem içeriği)

bu kapsamda değerlendirilmesi gereken özelliklerdir.

4) Ekonomik koşullar

- Bir işletmenin ekonomik başarısını belirler. Bu
- Üretim, yatırım, para akışı, geri ödeme ve karlılık durumu işletme yönteminin seçimini etkiler. Bu kapsamda;
- a) Varlık durumu (miktar ve tenör)
- b) Üretim miktarı
- c) İşletme ömrü (hazırlık ve üretim)
- d) Üretkenlik (kişi başına ve birim zamana göre üretim)
- e) Uygun işletme yöntemlerinin karşılaştırmalı maliyet analizleri

göz önüne alınacak önemli parametrelerdir.

5) Teknolojik koşullar

- Doğal koşullarla madencilik yöntemleri arasında en uygun uyumu sağlamak önemlidir. Bu uyum İşletme sonrası yapılacak işlemlerle (ör. zenginleştirme) de sürdürülmelidir. Bu kapsamda;
- a) Cevher kazanımı (gerçek anlamda işletilen kısım)
- b) Cevher ile birlikte çıkarılan pasa miktarına bağlı olarak seyrelme miktarı
- c) Yöntemin değişen koşullara uyum sağlama esnekliği
- d) Cevher ve pasanın ayrılması için yöntemin selektif olma özelliği
- e) Çalışmaların yoğunlaştırılması ya da dağıtılması esnekliği
- f) Sermaya, iş gücü ve mekanizasyonun gücü

önemli parametrelerdir.

6) Çevresel koşullar

- Fiziksel, sosyal ve politik koşulları tanımlar.
- a) İşletme çevresinin etkilenmesi ve kontrolü
- b) İşe alma, eğitim, sağlık ve güvenlik, yaşam

gibi işgücünün yönetimini içerir.

### 3.3.3. Yöntem Seçimi Aşamaları

Yöntem belirlenmesinde esas amaç varolan koşullar altında en uygun işletme sisteminin tasarlanmasıdır. Karar aşamasında deneyim önemli rol oynamaktadır. En uygun yöntemin belirlenmesinde; sayısal verilerin, gerektiğinde bilgisayarla da destekli mühendislik değerlendirme teknikleri kullanılarak yapılaması uygundur. Mühendislik değerlendirmesi genelde üç aşamada yapılır;

- 1) Fikirsel (Kavramsal) çalışma: Alternatif işletme yöntemleri fiziksel koşulları, üretim miktarları, boyutları ve sistemleri tanımlanır.

- 2) Mühendislik çalışması: Alternatif koşullar sayısal olarak belirlenir ve karşılaştırılır, tasarım ve maliyetler netleştirilir.
- 3) Detaylı tasarım çalışması: Bu seviyede tercih edilen yöntem için çizimler ve tanımlamalar hazırlanır, yatırım kararları alınır, ekipmanlar satın alınır ve üretim programlaması yapılır, ve bu çalışmalar sonucunda nihai rapor hazırlanır.

Çalışmalar sonucunda yöntem üzerine bir karara varılarak hazırlık ve üretim çalışmaları başlatıldıktan sonra plan üzerinde değişiklik yapılarak başka bir yönteme geçilmesi imkansız denecek kadar zordur. Bu nedenle bu çalışmaların oldukça titiz bir çalışma ile yapılmasında büyük yarar vardır.

### **3.4. ÜRETİM PLANLAMASI**

#### **3.4.1. Giriş**

Üretim planlaması, nihai ocak sınırları içinde, ocağın başlangıç durumundan önceden belirlenmiş bir aşamaya kadar, pasa ve cevherin çıkartılması için yapılan bir zamanlama düzenidir. Ayrıca, kazılacak malzemenin, zamanın, cevher geometrisinin ve alınabilir kaynakların nicelik ve nitelikleri arasında ilişki oluşturur.

#### **3.4.2. Ocak Planlaması ve Tasarımını Etkileyen Koşullar**

- 1) Doğal ve jeolojik koşullar
  - Jeolojik özellikler
  - Cevher çeşidi
  - Hidrolojik koşullar
  - Topoğrafya
  - Metalurjik özellikler
- 2) Ekonomik koşullar
  - Cevher tenörü
  - Cevher tonajı
  - Örtü kazı oranı
  - Sınır tenörü-Cut off grade (maliyetleri karşılayacak en düşük tenör değeri)
  - İşletme maliyeti
  - Yatırım maliyeti
  - Planlanan kar
  - Üretim miktarı
  - Pazar koşulları
- 3) Teknolojik koşullar
  - Ekipman
  - Ocak şev açısı
  - Basamak yüksekliği
  - Yol eğimi
  - Mülkiyet sınırları
  - Ocak sınırı

### 3.4.3. Açık Ocak Planlamasının Genel Hedefleri

- 1) Zenginleştirme tesisinin verimli çalışması ve işletme süreleri için planlanan miktarda konsantre ürün sağlanması için gerekli ham cevher miktarını sağlamak
- 2) Uç ürünün kalitesine ve işletme maliyetine etkisi olan, cevher kütleindeki her değişken için, zenginleştirme tesisinin kabul edeceği tanımlanmış sınırlar içinde tenör değerlerini karşılamak,
- 3) İşletme ömrünün başlangıcında, sürekli bir faaliyetten emin olmak için yeterli miktarda cevher üretmek amacıyla yapılacak üretim öncesi örtü kazı hacmini en az seviyede tutmak,
- 4) İşletmenin ilk yıllarında para akışını en üst seviyede tutmak için örtü kazı işlerini mümkün-kün olduğunca ertelemek,
- 5) Üstü açılan cevherin düzenli olarak kazılmasını, uygun işletme büyüklüğünün korunmasını, işletme alanına girişlerin tutulmasını ve ocak şevlerinin duraylı kalmasını gözeterek uygun bir Madencilik faaliyeti planlaması yapmaktır .
- 6) Planlamanın kalan süreler ile uyumlu olduğundan emin olmak. Diğer bir deyişle, mevcut plan ilerki kazıların yapılabilirliğini sağlamalıdır.
- 7) Cevher kütlesi her yıl için, bir kilogramının üretim maliyetini en düşük seviyede olacak şekilde kazılmalıdır.
- 8) Planlandığı şekilde pozitif bir para akışını sağlamak için, insangücü eğitimine, ekipman yayılmasına ve lojistik desteğe göre uygulanabilir bir başlangıç programı geliştirmek,
- 9) Rezerv modelinde tenör ve cevher miktarlarının beklenenin altında olması durumuna karşı, her planlama döneminin başlangıcında yeterli miktarda cevherin açıldığından emin olmak,
- 10) Ocak şev açılarının tasarımını uygun jeoteknik bulgulara göre maksimize etmek. Dikkatli bir planlama herhangi bir şev duraysızlığının, oluşacak olsa bile, olumsuz etkilerini minimum seviyede tutacaktır.
- 11) Alternatif cevher üretim oranları ve sınır tenörü senaryolarının sağlayacağı ekonomik yararların dikkatlice incelemek,
- 12) Kesin karar verilmeden önce, önerilen işletme stratejisi, ekipman seçimi ve işletme gelişim planını yapmak, olumsuzluk halinde, beklenmedik durum planını, diğer bir deyişle " B planını" etraflıca uygulamak.

### 3.4.4. Ocak Düzenini Planlamak

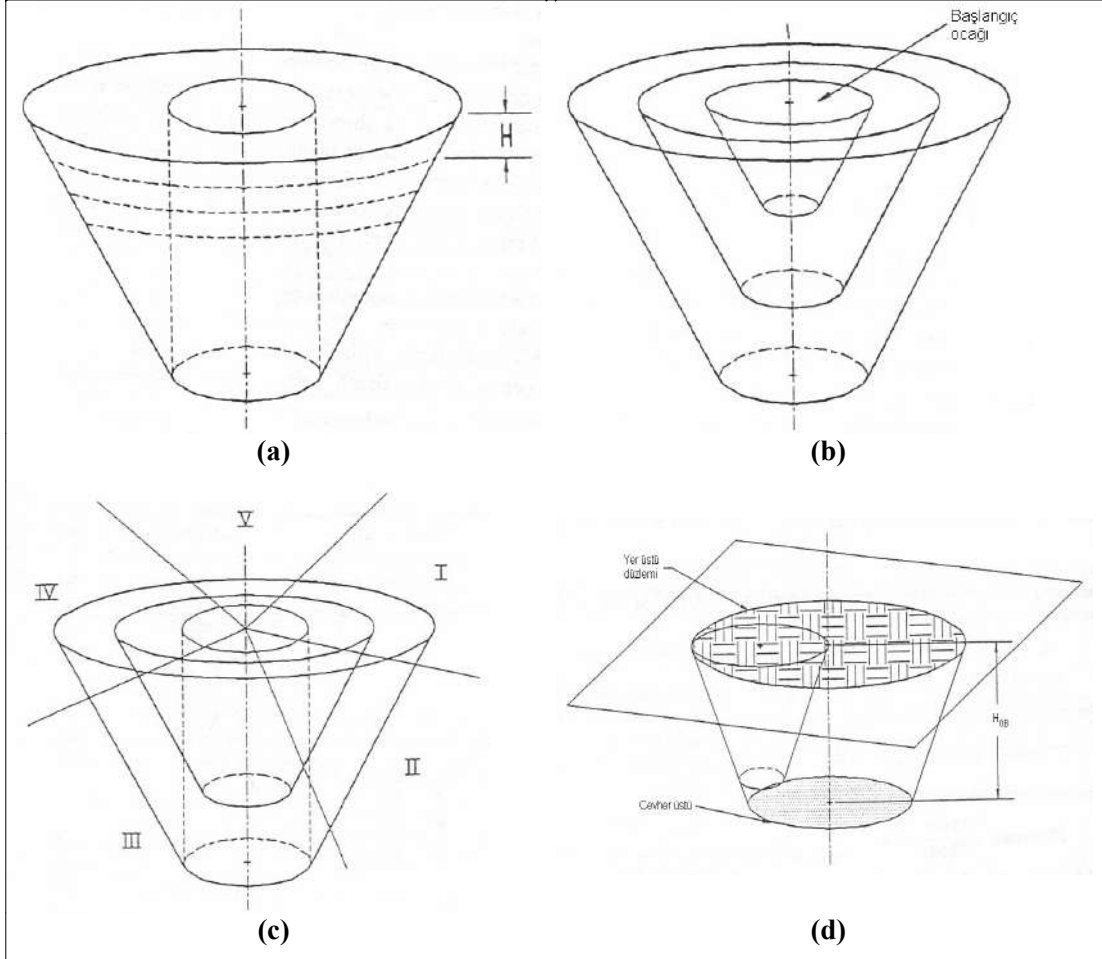
#### 3.4.4.1. Genel

Örtü malzemesinin alınmasını ertelemek ve açık ocak işletmesinin şu anki net değerini en üst seviyede tutmak için cevher yatakları normal olarak kademeli işletilirler. Bu kademeler genel olarak sıralar, genişlemeler, aşamalar, çalışma ocakları, dilimler ya da geriye atmalar olarak adlandırılır. Bu çalışmalar daha sonra yapılacak olan daha ayrıntılı zaman aralıklarının planlanmasına esas oluşturacaktır. Aşama planlaması cevher kütleinin o bölümünün, ki maksimum para akışını sağlayacak, kazılmasını uygun olduğunu öngörür ve sonra daha düşük para akışı sağlayacak kısımların işletilmesine devam etme olanağı sağlar.

#### 3.4.4.2. Üretimde geometrik düzen

Silindirik biçimli bir cevher yatağı değişik yollarla üretilebilir. Bunlardan biri Şekil 7(a)'da görüldüğü gibi kütleli eşit aralıklı bir dizi basamağa bölmektir. Her yıl bir basamağın üretileceği düşünüldüğünde, toplam üretim ve örtü kazı oranı azalırken yıllık maden üretimi sabit kalmaktadır.

Maden projelerinin çoğunda ilk yıllarda yüksek miktarlarda pasa üretimi tercih edilen bir yöntem değildir.



Şekil 7. Bir ocak üretiminde uygulanabilecek farklı üretim düzenleri. (a) Eşit basamaklar açma; (b) Başlangıç ocağı; (c) Sektörlere ayırma; (d) Mostra yapmayan durum. (Hustrulid and Kuchta, 1998)

Şekil 7(b)'de verildiği gibi birkaç basamağın aynı anda üretilmesi alternatif bir üretim geometrisi olarak tasarlanabilir. Öncelikle "başlangıç ocağı" üretilmektedir. Üretim ilerledikçe ocak tabanı yanlara doğru genişlemekte ve başlangıç ocağının eğimi ile nihai ocağın eğimi aynı olmaktadır.

Bazı durumlarda bütün ocağın bir dizi sektörlere ayrılması ile üretim yapılabilir (Şekil 7(c)). Her bir sektör (I⇒V) ayrı bir üretim ve planlama birimi olarak düşünülebilir.

Eğer cevher yerüstüne mostra yapmıyorsa öncelikle örtü kazı faaliyetinin yapılması gerekir (Şekil 7(d)).

Üretim ile ilgili geometrik düzenin karar verilmesinde;  
- cevhere mümkün olduğunca kısa sürede ulaşılması,



- tesis tasarımında kararlaştırılan üretimin sağlanması,
- yüksek tenörlü cevherin daha derinde düşük tenörlü cevherin daha yüze yakın olması,

gibi etmenler belirleyici olmakta ve kararı zorlaştırmaktadır.

#### 3.4.4.3. Uzun vadeli üretim programlaması

- 1) Uzun vadeli üretim programlaması genellikle yatağın başlangıç durumundan (ör., ilk topoğrafya) nihai ocak sınırına kadar, en az bir yıllık dönemler halinde yapılmaktadır.
- 2) Bu programlamanın amacı cevher varlıklarını, örtü kazı oranlarını, gelecek için yapılması gereken yatırımları hesaplamak, mevcut kaynakları korumak ve geliştirmektir.
- 3) Uzun vadeli üretim programlaması, çevresel ve yasal sınırlamalar dahil, sermaye imkanlarını, yatağın şekli ve tenör dağılımını, malzemenin metalurjik ve fiziksel özelliklerini dikkate alır.

#### 3.4.4.4. Kısa vadeli üretim programlaması

- 1) Kısa vadeli üretim programlaması bir günlük, bir haftalık ya da bir aylık süreler için yapılan planlamaları kapsar.
- 2) Cevher zenginleştirme tesisinin planlandığı şekilde verimli çalışabilmesi için düzenli cevher akışının sağlanması bu programın esas amacıdır.
- 3) Bu amaca ulaşmak için, kısa vadeli üretim programlamasının uzun vadeli programlamanın, ekipman imkanlarının, madenin değişik bölümlerinden gelen farklı malzemelerin harmanlanmasının, cevherin açığa çıkarılma imkanlarının getirdiği kısıtlamalar ile uyum içinde olmalıdır.

#### 3.4.5. Uzun Vadeli Ocak Planlaması ve Tasarımı

Yer üstü madencilikine ilk adım uzun vadeli işletme planlaması ya da nihai ocak tasarımının derlenmesidir. Planın hazırlanmasında farklı cevher türlerinin yerlerini ve cevher sınırlarını çizmek nihai ocak sınırlarının belirlenmesine yardımcı olur. Uzun vadeli madencilik planları genellikle zaman geçtikçe değişiklik gösterir. Bu değişiklikler ekonomik koşulların değişmesi, cevher yatağı hakkında elde edilen bilgilerin artması ve madencilik teknolojisindeki gelişmeleri yansıtmak amacıyla yapılır. Bu nedenle uzun vadeli madencilik planları alternatif ocak sınırlarını karşılaştırmak amacıyla düzenli zaman aralıklarında güncellenmelidir.

Nihai ocak sınırlarının kesinleştirilmesi için açık ocak tasarımının anahtar elemanları şunlardır;

- i. Örtü kazı oranı (Ekonomik örtü kazı oranı)
- ii. Nihai ocak şev açısı
- iii. Sınır tenörü

##### *i. Örtü kazı oranı*

Pasa örtü malzemesinin kazılıp taşınması işlemine örtü kazı ve bir ton cevher için taşınan örtü malzemesi hacmine örtü kazı oranı denir. Burada yeri gelmişken üç farklı örtü kazı oranı tanımlandığını belirtmekte yarar vardır. Bunlar;

### Açık İşletmelerde Üretim Yöntemleri

- 1) Cevherin açık ocakla mı yoksa yeraltı yöntemi ile mi işletileceğini belirleyen "Maksimum izin verilebilen örtü kazı oranı - MASR (Maximum Allowable Stripping Ratio).
- 2) Ekonomik örtü kazı oranı - ESR (Economic Stripping Ratio).
- 3) Nihai örtü kazı oranı - OSR (Overall Stripping Ratio).

MASR ve OSR tanımlarına ileride daha ayrıntılı olarak değinilecektir.

Ekonomik örtü kazı oranı kar marjının sıfır konumuna geldiği nihai ocak sınırında hesaplanan kesilme örtü kazı oranıdır.

Üretim maliyeti: Örtü kazı dışında, cevherin inceltirme ve zenginleştirme işlemlerindeki genel

$$ESR = \frac{1 \text{ ton cevherin satış değeri} - 1 \text{ ton cevherin üretim maliyeti}}{1 \text{ m}^3 \text{ pasanın örtü kazı maliyeti}}$$

giderleri kapsar.

Örtü kazı maliyeti : Birim hacim örtü malzemesinin kazılması ve taşınması için yapılan harcamaları kapsar.

Cevher tenörünün ocak genelinde farklılıklar göstermesi ve piyasada cevher fiyatının değişmesi ekonomik örtü kazı oranının da değişmesine neden olur.

ESR fiziksel anlamda nihai ocak sınırlarını ve ekonomik kazı şartlarını belirler. Ayrıca ocak çevresinde varolan fiziksel ve geometrik şartlara göre ocak şekli ve formasyon eğimi belirlenir.

ESR'nin hesaplanmasında kullanılan eşitliğe asgari düzeyde bir kar faktörü de ilave edilebilir.

$$ESR = \frac{1 \text{ ton cevherin satış değeri} - (1 \text{ ton cevherin üretim maliyeti} + \text{minimum kar})}{1 \text{ m}^3 \text{ pasanın örtü kazı maliyeti}}$$

Bu hesaplamalarda, özellikle uzun süreli planlamalarda, tahmin edilmesi zor olan faktör piyasa fiyatıdır. Yüksek fiyat ocağın genişletilebilmesine fırsat tanıyabilir. Aksi durumda, düşük fiyat oluştuğunda ocağın daraltılması gündeme gelir.

Çizelge 4'te bir ocağın farklı tenör dağılımları ve farklı pazar koşulları için hesaplanan ekonomik örtü kazı oranları verilmektedir. Çizelge değerleri ayrıca Şekil 8'de de görülmektedir.

Çizelgede beş farklı tenör (%0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4 Cu ve her tenör için üç farklı metal fiyatı (25¢/lb, 30¢/lb, 35¢/lb) alınarak her alternatif durum için ayrı ayrı ekonomik örtü kazı oranı hesaplanmıştır. Örneğin, %0.8 Cu tenör değeri için, bir ton cevherden yaklaşık %80 metal kazanım oranı ile, elde edilebilecek metal miktarı 14.1 lb olarak alınmıştır. Bu faaliyet (üretim, öğütme, amortisman, zenginleştirme, vs.) için yapılan harcamalar maliyetler bölümünde bir ton cevher ve bir lb Cu için \$ ve ¢ birimlerinde verilmiştir. Maliyet üzerinden örtü kazı oranını hesaplamak için satıştan sağlanacak gelirin de hesaplanması gerekir. 0.8 tenörlü cevherin zenginleştirilmesi sonucunda elde edilen 14.1 lb metal 25¢/lb fiyat ile satıldığında 3.53\$ (=14.1\*0.25) gelir elde edilmektedir. Bu durumda, satış geliri ve maliyetler arasındaki fark net kar olarak 0.98\$ (=3.53\$-2.55\$) bulunur. Bu fark istendiği durumda tamamen örtü kazı için harcanabilir. Bu örnekte bir ton örtü malzemesinin

kazılmasının 40¢ maliyetle yapılacağı varsayıldığından, ekonomik örtü kazı oranı 2.5:1 (=0.98\$/40¢) olarak bulunur. Benzer hesaplar diğer metal fiyatları ve tenör değerleri için yapılır. Herhangi bir durumda eğer satış geliri maliyetlerin altında olursa (örneğin, %0.5 tenör ve 25¢ fiyat; %0.4 tenör ve 25¢ fiyat; %0.4 tenör ve 30¢ fiyat) oran anlamsız olacağı için hesaplanmaz.

Şekil 1 de görülen 3:1 örtü kazı oranı yer üstü ve yer altı üretim yöntemleri arasında sınır olarak alınmaktadır. Diğer bir deyişle MASR 3:1 dir.

Şekil ve çizelgeden görüleceği gibi, tenör değeri ve metal birim fiyatı arttıkça ocağın ekonomikliği artmakta veya bu şartların varlığında daha derinlere inebilmek ve daha çok örtü kaldırmak, yani daha büyük örtü kazı oranları ile çalışabilmek mümkün olabilmektedir.

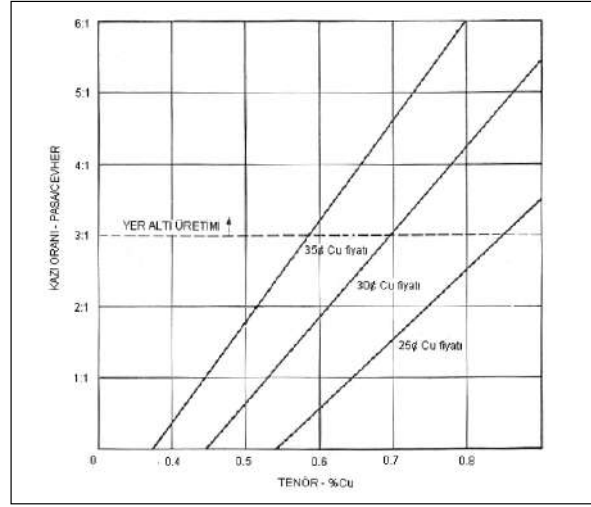
Çizelge 4. Bir bakır (Cu) madeni için ekonomik örtü kazı oranının hesaplanması. (Pfleider et.al., 1972)

Tenör (%Cu)	0.8		0.7		0.6		0.5		0.4	
Metal kazanımı, Cu/ton	14.1 lb		12.2 lb		10.3 lb		8.4 lb		6.6 lb	
	Ton	lb	Ton	lb	Ton	lb	Ton	lb	Ton	lb
	Cevher Cu		Cevher Cu		Cevher Cu		Cevher Cu		Cevher Cu	
<b>Maliyetler:</b>										
Üretim [1]	0.45\$									
Öğütme										
Amortisman										
Genel	1.25\$									
	1.70\$	12.1¢	1.70\$	13.9¢	1.70\$	16.5¢	1.70\$	20.2¢	1.70\$	25.8¢
Zenginleştirme, vs.	0.85\$	6.0¢	0.76\$	6.2¢	0.65\$	6.3¢	0.55\$	6.5¢	0.44\$	6.7¢
TOPLAM	2.55\$	18.1¢	2.46\$	20.1¢	2.35\$	22.8¢	2.25\$	26.7¢	2.14\$	32.5¢
<b>Ekonomik örtü kazı oranı:</b>										
Fiyat: 25¢ Cu										
Değer	3.53\$		3.05\$		2.58\$		2.10\$		1.65\$	
Net gelir	0.98\$		0.59\$		0.23\$		-0.15\$		-0.49\$	
Oran [2]	<b>2.5:1</b>		<b>1.5:1</b>		<b>0.6:1</b>		---		---	
Fiyat: 30¢ Cu										
Değer	4.23\$		3.66\$		3.09\$		2.52\$		1.98\$	
Net gelir	1.68\$		1.20\$		0.74\$		0.27\$		-0.16\$	
Oran [2]	<b>4.2:1</b>		<b>3.0:1</b>		<b>1.8:1</b>		<b>0.7:1</b>		---	
Fiyat: 35¢ Cu										
Değer	4.94\$		4.27\$		3.61\$		2.94\$		2.31\$	
Net gelir	2.39\$		1.81\$		1.26\$		0.68\$		0.17\$	
Oran [2]	<b>6.0:1</b>		<b>4.5:1</b>		<b>3.2:1</b>		<b>1.7:1</b>		<b>0.4:1</b>	

[1] Örtü kazı maliyeti hariç.

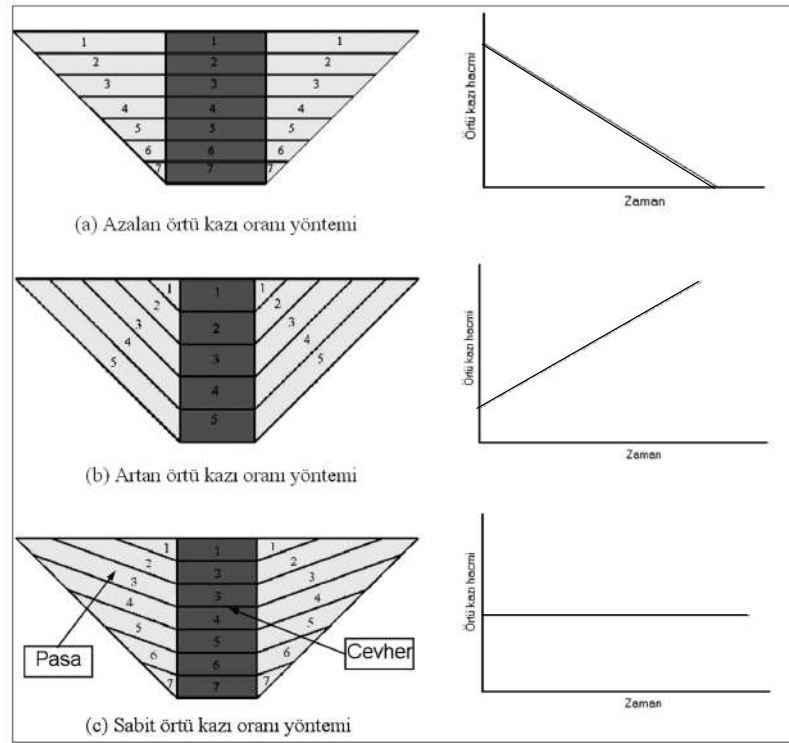
[2] Bir ton pasa için 40¢ kazı maliyetine göre.

(--) Eksik değer almakta (Açık ocak için zarar durumu).



Şekil 8. Cevher tenörü ve pazar fiyatına göre ekonomik örtü kazı oranındaki değişim (Pfleider et.al., 1972).

Ayrıca, cevherin alınması için açılacak basamakların şekli yapılacak örtü kazı miktarının zaman içerisinde değişimini belirlemektedir (Şekil 9). Şekil 9(a)'da görüldüğü gibi yatay dilimleme şeklinde yapılan üretim biçiminde örtü kazı miktarının derinlere inildikçe zamana bağlı olarak doğrusal bir ilişki ile azalmaktadır. Diğer tarafta, genel şev açısı Şekil 9(b)'deki gibi dik ya da Şekil 9(c)'deki gibi daha yatık alındığında örtü kazı miktarı zaman içerisinde artmakta ya da sabit bir değerde tutulabilmektedir. Bu yöntemlerden hangisinin uygulanacağı büyük oranda para akışı durumundaki tercihlere, kısmen de malzeme özelliklerine (şev açısı bakımından) bağlıdır.



Şekil 9. Farklı üretim yöntemleri için zamana karşı kazı miktarındaki değişim.

## ii. Nihai ocak şev açısı

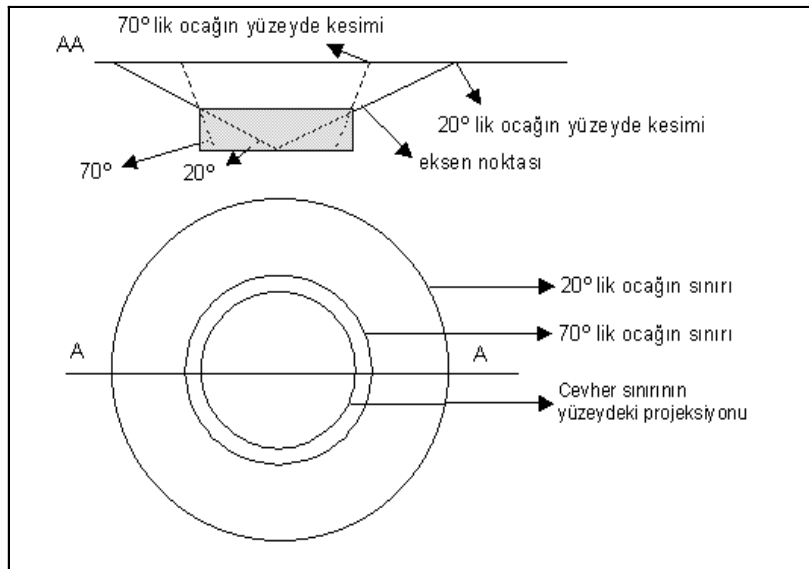
Çalışılabilir örtü kazı oranları kesinleştirildikten sonra nihai ocak şevi hesaplanmalıdır. Şev açısı kritik bir faktördür, özellikle başlangıç aşamalarında hesaplanması zor bir işlemdir. Bu konu el kitabı Bölüm 7'de ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Ancak örtü kazı oranını etkilediği yönüyle kısaca bazı özelliklerine değinilecektir.

Ocak şev tasarımında, Jeolojik yapı ile ilgili eklem ve kayma düzlemleri, faylar, kaya mukavemeti gibi parametreler anahtar rolü oynarlar. Bu sebeple bu parametrelerin mümkün olduğunca detaylı incelenmesi gerekir. Bunların yanında zaman ve su varlığı şev duraylılığı için diğer önemli faktörlerdir. Nihai örtü kazı oranını azaltmak için duraylı kalmak kaydıyla şevler mümkün olduğunca dik kesilmelidir. Ocakta kömürün alınması aşamasında da sorun yaratmayacak şekilde kalıcı şev açıları ile tasarlanmalı ve ekonomik örtü kazı oranına göre sabit tutulmalıdır. Pratik uygulamalarda daha dik şevler daha kısa süreler için duraylı kalabilmekte. Duraysızlık işareti olarak gerilim çatlakları oluşmaya başladığında şevin daha yatık konuma getirilmesi tasarlanmalıdır. Nihai şev açısının ekonomik ya da çalışılabilir nihai örtü kazı sınırını nasıl etkilediğini vurgulamak açısından aşağıdaki farazi örnek çarpıcıdır.

Örnek; silindir biçiminde bir cevher oluşumunda nihai şev açısının değiştirilmesi sonucunda oluşacak etkileri göstermektedir. Burada,

- 900 m çapında
- 150 m kalınlığında
- yatay konumlanmış bir cevher oluşumu söz konusudur (Şekil 10). Bu cevherin;
- nihai örtü kazı oranı
- taşınacak pasa miktarı
- alınacak cevher miktarı gibi parametreleri, şev açıları cevher/örtü temas noktasında

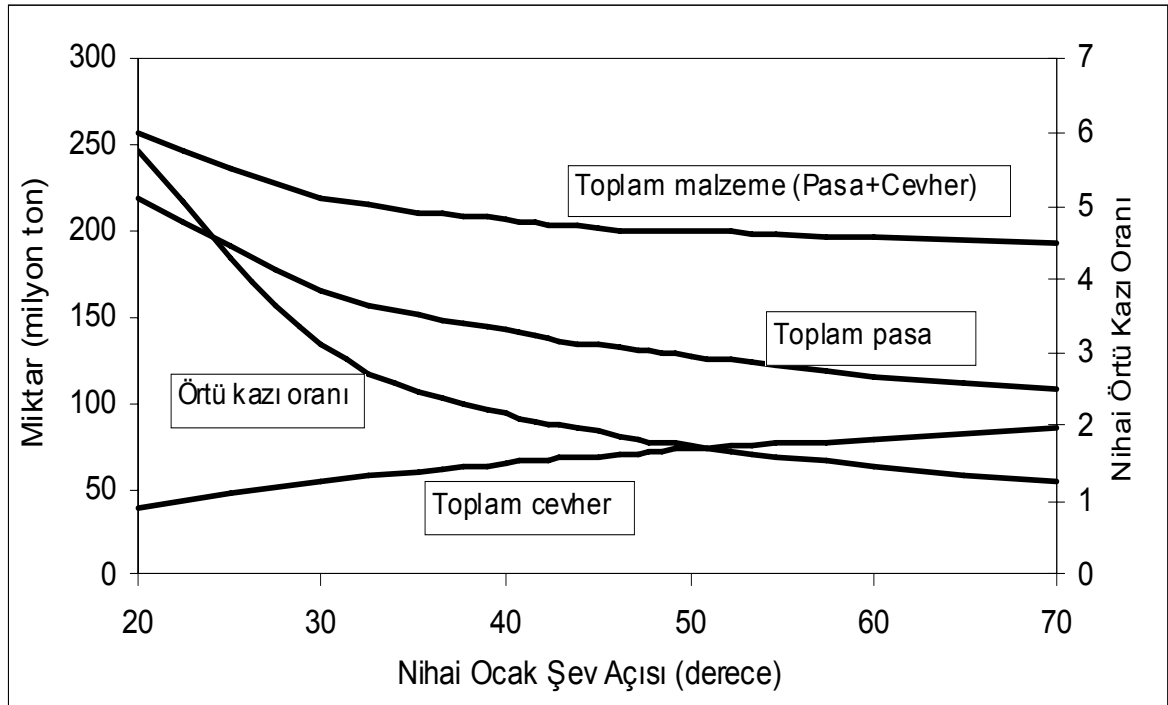
merkezileştirildiğinde, cevher ve pasa için birim ağırlık  $2.5 \text{ ton/m}^3$  varsayılarak hesaplama yapıldığında, sonuçlar Çizelge 5 ve Şekil 11'de verilmektedir.



Şekil 10. Nihai ocak şev açısının ocak sınırına etkisi.

Çizelge 5. Nihai ocak şev açısının nihai örtü kazı oranına etkisi.

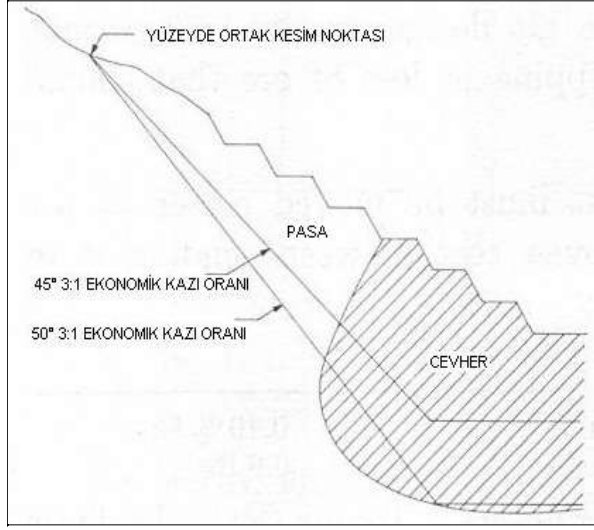
Nihai ocak şev açısı	Kazanılabilir cevher miktarı (ton)	Pasa miktarı (ton)	Toplam malzeme miktarı (ton)	Nihai örtü kazı oranı
20°	37 929 077	218 051 851	255 980 928	5.75: 1
30°	53 570 814	165 879 701	219 450 515	3.10: 1
40°	64 573 895	141 393 918	205 967 813	2.19: 1
45°	68 926 543	133 250 652	202 177 195	1.93: 1
50°	72 759 782	126 638 685	199 398 467	1.74: 1
60°	79 348 378	116 313 435	195 661 813	1.47: 1
70°	85 042 733	108 291 160	193 333 893	1.27: 1



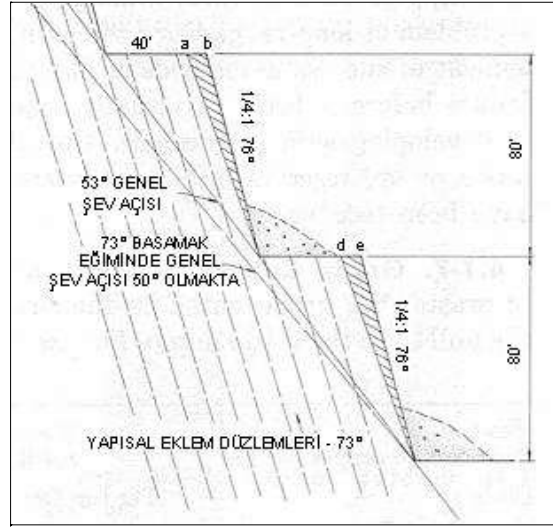
Şekil 11. Nihai örtü kazı oranının nihai ocak şev açısına göre değişimi.

Örtü kazı oranları ile şev açıları arasında işletmeciye bağlı olarak farklı uygulamalar olabilir. Örneğin, aynı örtü kazı oranı için şev açıları farklı ancak ocak sınırının yüzeyle kesişimi farklı şev açıları için aynı olabilir. Şöyleki; 3:1 değerinde örtü kazı oranı için 45°, 50° ve daha dik şevler için yüzey kesişim değeri aynıdır (Şekil 12).

Diğer taraftan, belirgin süreksizliklerin varlığında, yüksek şev açısı ile çalışıp, kayma sonrası temizleme işlemi yapmak yerine, daha düşük bir şev açısı ile çalışıp daha fazla örtü kazılması daha ekonomik ve güvenli olabilir. Bu husus Şekil 13'te verilmektedir. Burada, 76° basamak şev açısı ve 53° nihai şev olarak tasarlamak yerine, basamak şevi 73° ve nihai şev açısı 50° olacak şekilde tasarlanmalıdır.



Şekil 12. Aynı örtü kazı oranı için şev açıları farklı ocak sınırlarının yüzeye aynı noktada kesişimi (Pfleider et.al., 1972).



Şekil 13. Kaya yapısının duraylı şev tasarımına etkisi. (Pfleider et.al., 1972).

### iii. Sınır tenörü

Üretilen cevherin değirmene ya da pasa harmanına nakledilmesini belirleyen tenör değeridir. Diğer bir ifadeyle, ekonomik olarak üretilebilecek minimum tenör değeridir.

Örnek olarak Çizelge 4'te verilen tenör-fiyat değerlerini kullanarak ve örtü kazı miktarını hariç tutarak sınır (grade cutoff) değerini hesaplayalım. 30 cent/pound fiyat değeri için, % 0.437'den düşük tenör değeri ekonomik değildir. Hesaplamanın ayrıntısı Çizelge 6'da verilmektedir.

Çizelge 6. Sınır tenör değerinin hesaplanması (Pfleider et.al., 1972).

Tenör	%0.5 Cu		%0.4 Cu	
Bir ton cevherde kazanılabilir bakır miktarı	8.4 lb		6.6 lb	
<b>Maliyetler:</b>	Ton Cevher	lb Cu	Ton Cevher	lb Cu
Üretim	0.45\$		0.45\$	
Öğütme, genel giderler ve amortisman	1.25\$		1.25\$	
	1.70\$	20.2¢	1.70\$	25.8¢
Zenginleştirme, satış ve pazarlama	0.55\$	6.5¢	0.44\$	6.7¢
Örtü kazı hariç toplam üretim maliyeti	2.25\$	26.7¢	2.14\$	32.5¢
30¢ market fiyatı için bakırın satış değeri	2.52\$	30.0¢	1.98\$	30.0¢
Bir ton cevherden net değer	0.27\$	3.3¢	(0.16\$)	(2.5¢)
Belirlenen sınır tenör değeri (Kestirim yöntemi ile) :	<b>%0.437 Cu</b>			

### Açık İşletmelerde Üretim Yöntemleri

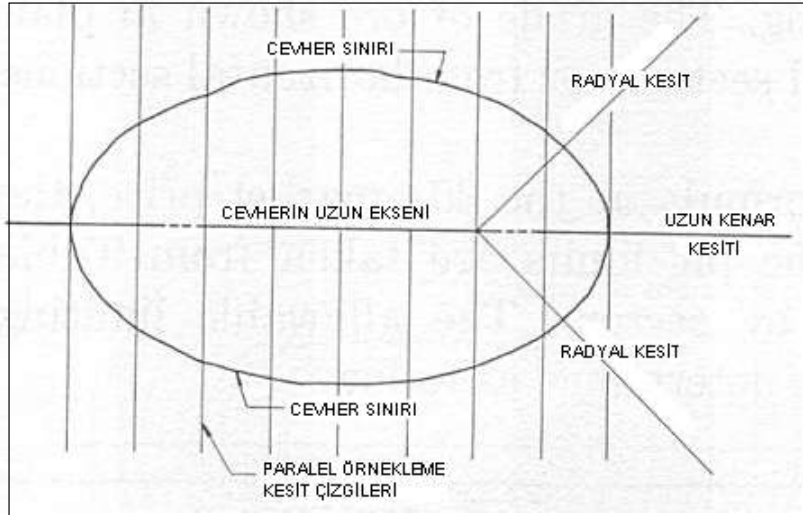
Market fiyatı nihai ocak sınırlarını belirleyen çok önemli faktördür. Bu nedenle duraysız ekonomilerde uzun süreli tahminler konusunda daha bir tutucu davranmak gerekir. Eğer fiyat ve maliyetler değişirse ocak genişliğini de değiştirmek gerekir. Daha gerçekçi davranmak için uzun süreler içinde maliyetler ve piyasa fiyatlarındaki değişim dağılımları ayrıntılı incelenmelidir.

Sınırları belirleyici örtü kazı oranları, nihai ocak şev açıları ve sınır tenör (grade cutoff) değerleri tespit edildikten sonra proje işletmenin geometrik tasarımının yapılması aşamasına gelmiş demektir.

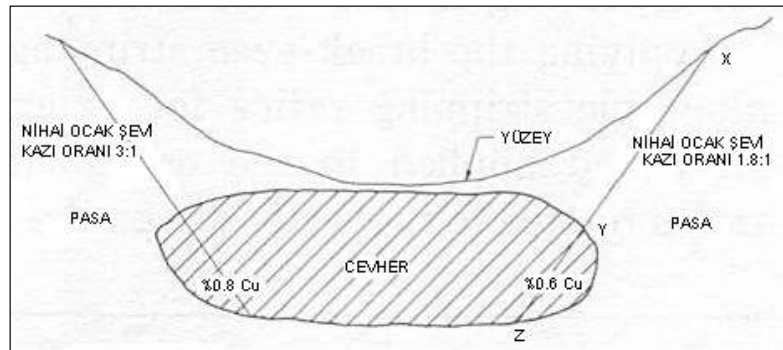
Bu geometrik tasarım üzerinde:

- dik kesitler (topoğrafya ve cevher sınırları), Şekil 14
- plan görünüş (yer üstü kesimler, cevher kesimleri ve ocak tabanı), Şekil 15
- ocak sonlarında radyal kesitler (sınırları sabitlemek amacıyla), Şekil 16

gösterilir.

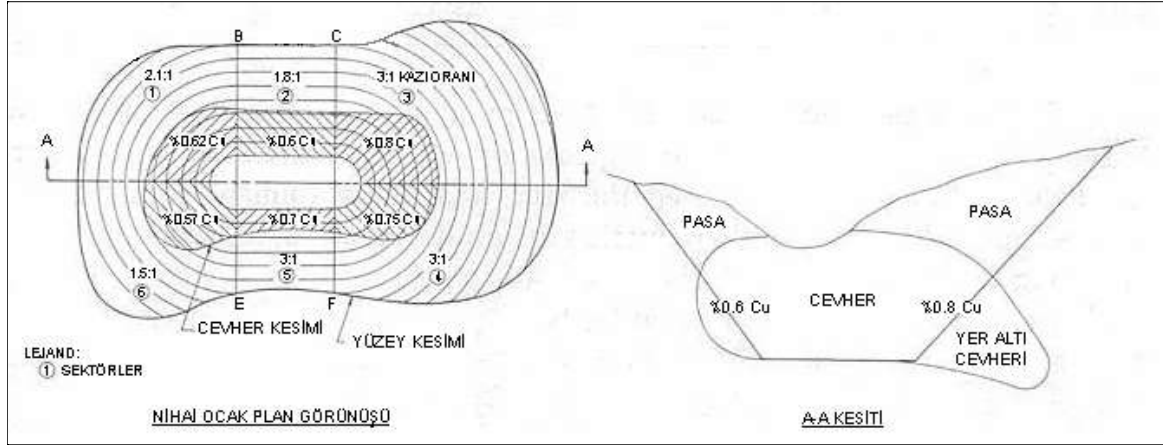


Şekil 14. Cevher yatağının plan görünüşü (Pfleider et.al., 1972).



Şekil 15. Temsili paralel örnek kesit (Pfleider et.al., 1972).





Şekil 16. Ocak tasarımı için elemanlar (Pfleider et.al., 1972).

Çizelge 7. Ekonomik örtü kazı oranı hesabı (Pfleider et.al., 1972).

Ekonomik Örtü Kazı Oranı						
Sektör	Tenör %Cu	Metal kazanımı Cu/ton	Değer 30¢ Cu	Üretim maliyeti/ton	Örtü Kazı için harcanabilir	Ekonomik Örtü Kazı Oranı*
1	0.62	10.7 lb	\$3.21	\$2.37	\$0.84	2.1 : 1
2	0.60	10.3 lb	3.09	2.35	0.74	1.8 : 1
3	0.80	14.1 lb	4.23	2.55	1.68	4.2 : 1
4	0.75	13.1 lb	3.93	2.51	1.42	3.6 : 1
5	0.70	12.2 lb	3.66	2.46	1.20	3.0 : 1
6	0.57	9.7 lb	2.91	2.30	0.61	1.5 : 1

\* Tonu 40¢ örtü kazı maliyetine göre.

Örtü kazı ve tenör oranlarının ortalama olarak alınması her zaman doğru bir teknik değildir. Farklı cevher tenöründe, doğrusu cevherin her sektörü için bu ekonomik oranların tanımlanmasıdır ve öncelikle daha ekonomik, yani daha zengin tenörlü kısmında başlanmasıdır.

Örneğin, ortalama %0.7 bakır tenörüne sahip bir cevher mevcutsa, önce bir kaç yıl için %1 bakır tenörüne sahip kısımlarda üretim yapılır, daha sonra %0.7 ve %0.4 bakır son yıllar için ayrılır. Dolayısıyla, madenin bütün ömrü boyunca ortalama %0.7 civarında tenör işletilir.

En zengin tenörün önce işletilmesi;

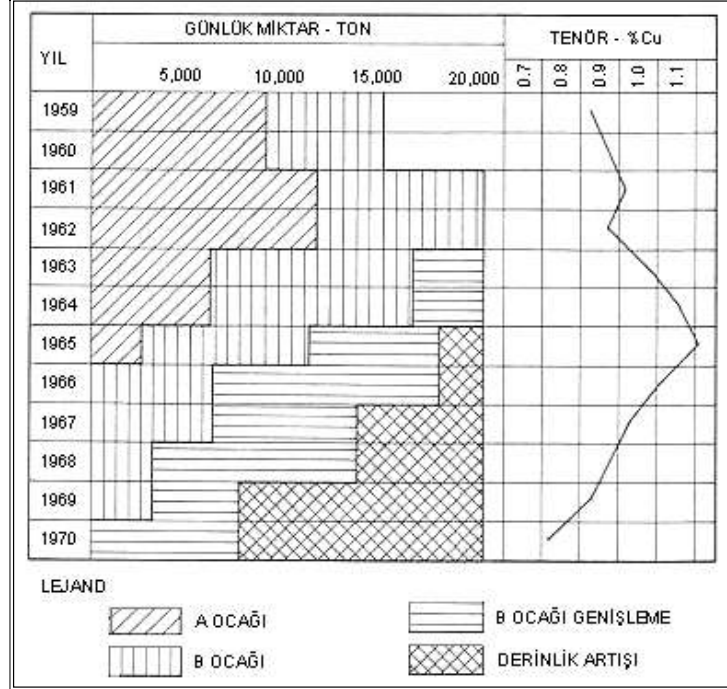
- Gelecekteki karlılığın bugünkü değerini artırır
- Yapılan yatırım giderleri geri kazanılır

Ortalama düzenli tenör işletilmesi;

- Ürünün düzenli teminini sağlar

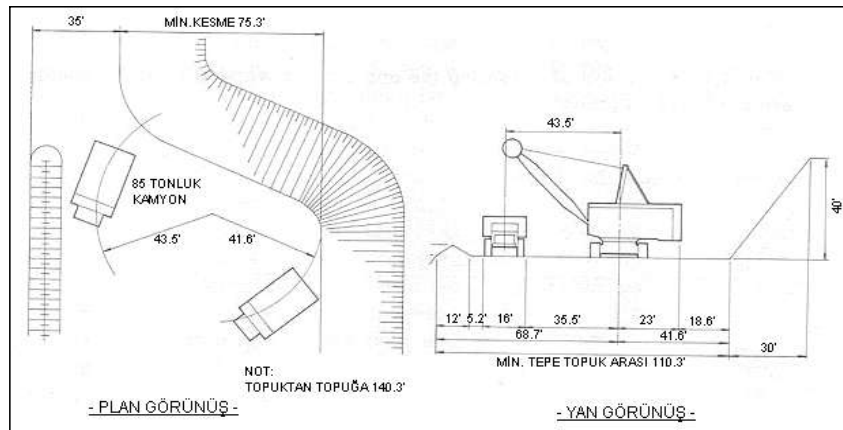
### Açık İşletmelerde Üretim Yöntemleri

Bu nedenlerle, işletme planlarının değişik işletme düzenleri için ayrıntılı çalışılması gerekir. Örnek bir ocak işletme düzeninin yıllara göre dağılımı Şekil 17'de verilmiştir.



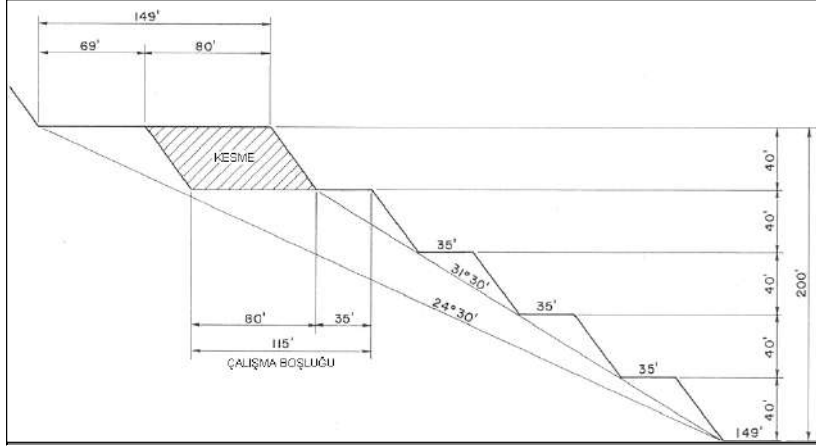
Şekil 17. Farklı türde cevherlerin işletilme sırasını gösterir program (Pfleider et.al., 1972).

Kullanılan makinanın boyutuna, basamak genişliğine ve çalışma boşluğu gereksinimine göre çalışma kademesinin boyutları, büyük kazı makinası ve kamyon taşımacılığı için en az olması gereken ölçülerde Şekil 18'de verilmiştir. Bu örnekte 15 yd<sup>3</sup> kepçe kapasiteli bir shovel ile çift taraflı olarak 85 tonluk (kısa) kamyonlara yükleme yapıldığı varsayılmıştır. Bu ölçülere göre basamaktaki çalışma eğimi 16 derecedir (40 ft/140.3 ft). Bir çok ocak için bu kadar düşük eğim, kazı miktarını artıracığı için tercih edilmemektedir.



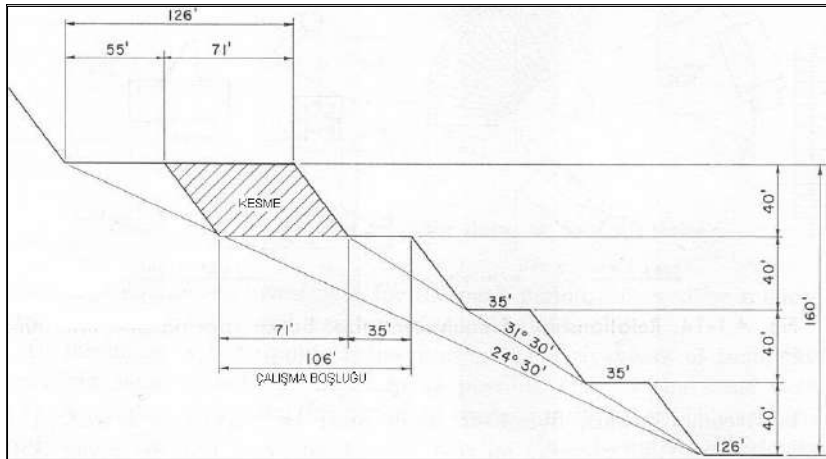
Şekil 18. Makine boyutu, basamak boşluğu ve çalışma genişliği arasındaki sayısal ilişkiler (Pfleider et.al., 1972).

Bu çalışma eğimini arttırmak için bir kaç basamağın grup şeklinde bir arada çalışılması düşünülebilir. Bu durum Şekil 19'da verilmektedir. Çalışma eğiminin 24.5 dereceden daha düşük olmaması varsayılmaktadır. Bu şekilde çalışan makinelerin büyüklükleri dikkate alınarak çalışma boşluğu, en az değer olan 110.3 ft üzerinde, 115 ft olarak uygulanabilir.



Şekil 19. Birkaç kademenin grup olarak çalışılması ile çalışma eğiminin artırılması (Pfleider et.al., 1972).

Bunu sağlamak için 40 ft yüksekliğindeki 5 basamak bir grup olarak alınmaktadır. Eğer 5 basamak çalışması gerken kazı açısından bir kepçenin kapasitesini aşıyor ise grup, aynı eğimi sağlayacak şekilde 4 basamağa düşürülür. Bu durumda çalışma boşluğu 106 ft değerine düşecektir. Eğer bırakılacak manevra genişliği 35 ft alınacaksa kazı makinasının kesme mesafesi de 71 ft olarak düşünülmelidir (Şekil 20).

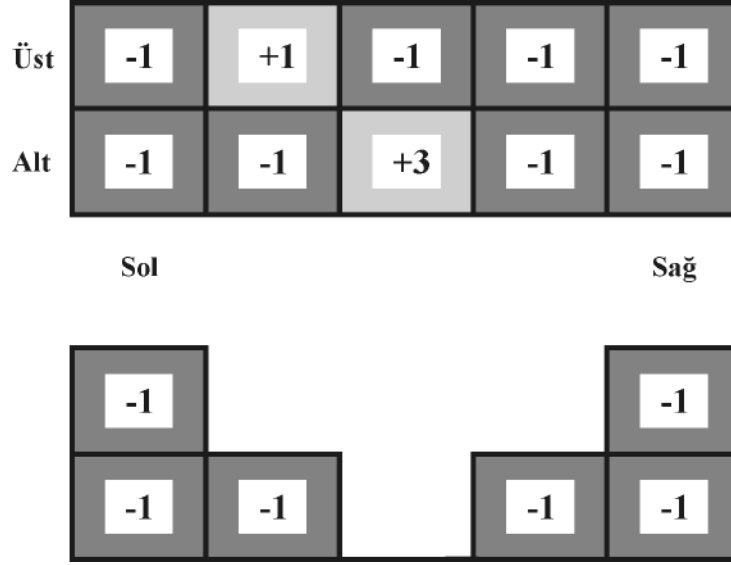


Şekil 20. a) Bir gruptaki çalışma kademe sayısının ve b) kazı makinasının kesme derinliğinin; 1) kazı makinasının kapasitesi ile dengelemek ve 2) eğim açısını aynı tutmak amacıyla değiştirme şekli (Pfleider et.al., 1972).

Bu örnekler, uygun işletme eğiminin, çalışma boşluklarını da dikkate alarak mümkün olduğu kadar dik şekilde nasıl tasarlanması gerektiğini göstermek amacıyla verilmiştir.

### 3.4.6. Hareketli Koni Algoritması

#### 3.4.6.1. Temel yöntem



Keşfe yarayan (heuristik) yöntem

Hareketli koni algoritmasındaki adımlar:

- 1) Koni kesitin üst sıra blokları boyunca soldan sağa doğru kaydırılır. Eğer pozitif blok var ise bu çıkarılır.
- 2) İkinci sıraya geçilir. Soldan başlayarak pozitif ilk blok araştırılır. Eğer koni içine giren bütün blokların toplamı pozitif ise bloklar çıkartılır (işletilmiş).
- 3) Bu işlem sağdan sola ve yukarıdan aşağıya kesitte çıkarılacak blok kalmayınca kadar sürdürülür. Daha sonra blokun üst kenarına geri gidilip ikinci iterasyon için işlem tekrar edilir. Eğer verilen bir iterasyonda işletilecek pozitif blok bulunmazsa işlem durdurulur.
- 4) İşletilen alanın karlılığının hesaplanması için çıkartılan blokların değerleri hesaplanarak toplanır.
- 5) Nihai örtü kazı oranı pozitif blok sayısının negatif blok sayısına bölümü ile hesaplanır.

**Örnek**

-1	-1	-1	-1	-1	+1	-1
	-2	-2	+4	-2	-2	
		+7	+1	-3		

	Cevher
	Pasa

**Başlangıç blok modeli**

-1	-1	-1	-1	-1	+1	-1
	-2	-2	+4	-2	-2	
		+7	+1	-3		

	Cevher
	Pasa
	İşlenmiş

**ADIM 1**

-1	-1	-1	-1	-1	+1	-1
	-2	-2	+4	-2	-2	
		+7	+1	-3		

	Cevher
	Pasa
	İşlenmiş

**ADIM 2**

-1	-1	-1	-1	-1	+1	-1
	-2	-2	+4	-2	-2	
		+7	+1	-3		

	Cevher
	Pasa
	İşlenmiş

**ADIM 3**

Nihai Ocak						-1
				-2	-2	
			+1	-3		

Doğru çözümlene

**Karlı blokları eksik birleştirme hatası**

-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	-2	-2	-2	-2	-2	
		+10	-3	+10		

	Cevher
	Pasa

**Başlangıç blok modeli**

-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	-2	-2	-2	-2	-2	
		+10	-3	+10		

	Cevher
	Pasa
	Düşünülmüş fakat reddedilmiş

**ADIM 1**

-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	-2	-2	-2	-2	-2	
		+10	-3	+10		

	Cevher
	Pasa
	Düşünülmüş fakat reddedilmiş

**ADIM 2**

**İşletilecek blok yok-yanlış çözüme**

-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	-2	-2	-2	-2	-2	
		+10	-3	+10		

	Cevher
	Pasa
	İşlenmiş (Doğru çözüme)

**ADIM 3**

Nihai Ocak						
			-3			

**Doğru çözüme**

Yanlış sıra hatası

-1	-1	-1	-1	-1
	+5	-2	-2	
		+5		

Başlangıç blok modeli

Cevher
Pasa

-1	-1	-1	-1	-1
	+5	-2	-2	
		+5		

Cevher
Pasa
İşlenmiş

↑ Analiz edilen ilk blok

Araştırma işlemi aşağıdan yukarıya doğru yapılmış. Her şey işlenmiş.

-1	-1	-1	-1	-1
	+5	-2	-2	
		+5		

Cevher
Pasa
İşlenmiş

Nihai Ocak

			-1	-1
		-2	-2	
		+5		

Doğru çözümlenme

Problemlerin birleşimi hatası

-1	-1	-4	-1	-1
	+5	-4	+5	
		+3		

	Cevher
	Pasa

Başlangıç blok modeli

-1	-1	-4	-1	-1
	+5	-4	+5	
		+3		

	Cevher
	Pasa
	Düşünülmüş fakat reddedilmiş

ADIM 1

-1	-1	-4	-1	-1
	+5	-4	+5	
		+3		

	Cevher
	Pasa
	Düşünülmüş fakat reddedilmiş

ADIM 2

-1	-1	-4	-1	-1
	+5	-4	+5	
		+3		

	Cevher
	Pasa
	İşlenmiş

Yanlış çözümlenme. Her şey işletilmiş.

-1	-1	-4	-1	-1
	+5	-4	+5	
		+3		

		-4		
		+3		

Nihai Ocak

Doğru çözümlenme



## Örnek

### Başlangıç verileri :

Değirmen ve fırındaki kazanım yüzdesi	: %90
İşlenmiş bakırın değeri	: 1.00 \$/lb
Örtü kazı ve tumbaya nakliye (seviye 1)	: 0.50 \$/ton
İşletme ve tesis seviyesine nakliye	: 0.80 \$/ton
Beher tonun her basamak için taşıma maliyet artışı	: 0.10 \$/ton/basamak
Zenginleştirme, fırınlama ve inceltme	: 1.20 \$/ton
Genel yönetim, idare, vb.	: 1.20 \$/ton
Nihai ocak eğimi	: 1:1

### Jeolojik model:

0.00	1.15	0.08	0.05	0.00	0.00	0.05
	0.00	1.25	1.15	1.13	0.00	
		1.13	1.15	0.50		

Bakır tenör değerleri (%)

### Blok değerleri:

P	: Fiyat
s	: Satış maliyeti
c	: Zenginleştirme maliyeti
y	: Kazanım
m	: Üretim maliyeti
$g_B$	: Blok tenörü
BV	: Blok değeri

**Cevher bloku**  $BV = (P-s)*g_B*y -c-m$

**Pasa bloku**  $\Rightarrow BV = -m$

### Ekonomik model:

-0.50	17.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
	-0.60	19.20	17.40	17.04	-0.60	
		16.94	17.30	-0.70		

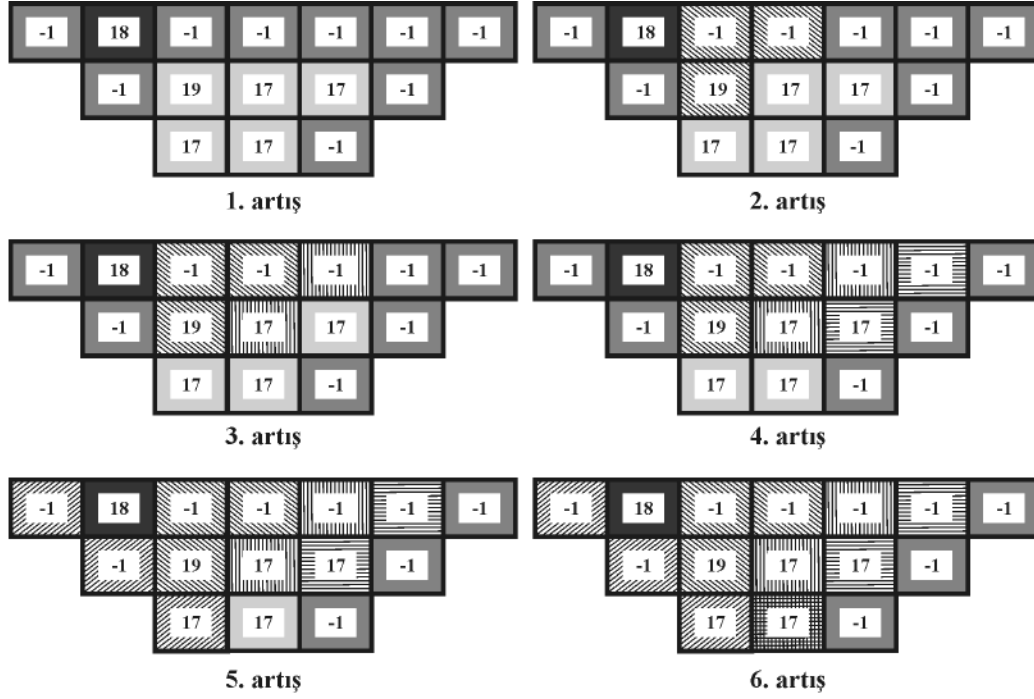
Blok değerleri (\$/ton)

-1	18	-1	-1	-1	-1	-1
	-1	19	17	17	-1	
		17	17	-1		

Blok değerleri (\$/ton)\*

\*Değerler en yakın tam sayıya yuvarlatılmıştır.

Hareketli koni algoritması:



Nihai ocak sınırı:

Toplam ekonomik değer:



Ocak rezervleri:

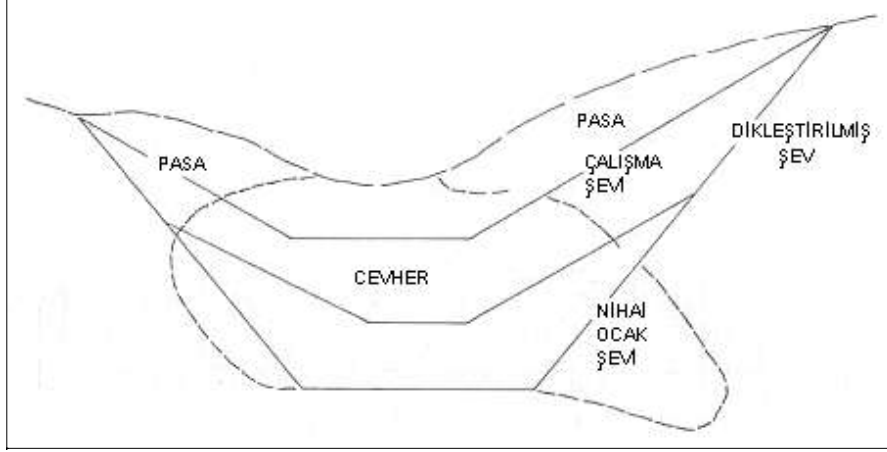
Basamak	Cevher miktarı (ton)*	Pasa miktarı (ton)*	Örtü kazı oranı	Değeri (\$)
1	10 000	50 000	5.00	150 000
2	30 000	10 000	0.33	530 400
3	20 000	0	0.00	342 400
TOPLAM	60 000	60 000	1.00	1 022 800

\* Her bir blok 10.000 ton olarak alınmıştır.

### 3.4.7. Örtü Kazı Oranı Stratejisi

Genelde işletmenin ilk yıllarında çalışılan basamaklardaki örtü kazı oranı nihai orana göre oldukça yüksek olur. Bu nedenle genel maliyete örtü kazı maliyetinin etkisi yüksektir. Çalışmalar ocak tabanına doğru ilerledikçe örtü kazı oranı ve dolayısıyla maliyet etkisi azalmaktadır.

İşletmenin ilk yıllarında yüksek örtü kazı maliyetlerini en düşük seviyede tutmak için çalışılan basamaklar mümkün olduğunca dik ve geniş alan sağlayacak şekilde olmalıdır ve bu strateji özellikle nakit akışını kontrol etmesi bakımından önemlidir. Buna karşın, ocağın mali konumuna ve yönetim anlayışına bağlı olarak farklı örtü kazı senaryoları da mevcuttur. Bunlar Şekil 21'de verilmektedir.



Şekil 21. Çalışma sevi ile nihai ocak sevi arasındaki ilişki (Pfleider et.al., 1972).

### 3.5. ÖRTÜ KAZI ORANLARI VE OCAK SINIRLARI

#### 3.5.1. Nihai Örtü Kazı Oranına Karşı Ekonomik Oran

Daha önceki bölümde bahsedildiği gibi,

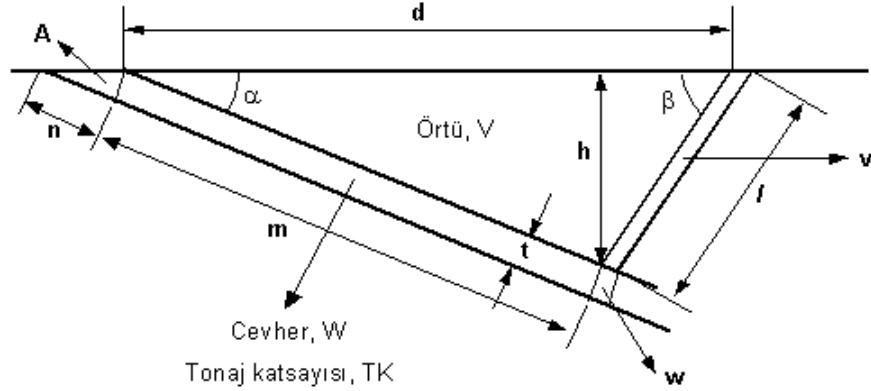
Ekonomik örtü kazı oranı, ESR  
= Örtü malzemesinin hacmi / Ekonomik ocak sınırı içindeki cevherin ağırlığı  
=  $v / w$ , ve

Nihai örtü kazı oranı, OSR  
= Örtü malzemesinin hacmi / Kütlenin tamamındaki cevherin ağırlığı  
=  $V / W$

- Ekonomik örtü kazı oranı, 1) yüzey düz ve 2) cevher sabit kalınlıkta, yatay tabkalanmış olduğu durumda ocak sınırını tanımlamamakta ya da boyut olarak nihai örtü kazı oranını aşmaktadır. Sadece bu durumda ESR belirleyici olmamakta, ve ocak sınırları mülkiyet sınırında sonlandırılmaktadır.
- Diğer bir ayırım ise, OSR gerçek bir sayısal oran iken ( $yd^3/ton$  veya  $m^3/ton$ ) ESR eşdeğer yard biriminde tanımlanmaktadır.

*Eşdeğer ölçü:*  $\$/yd^3$  ya da  $\$/m^3$  biriminde ifade edilen, bir birim miktar kazı maliyeti olan örtü malzemesinin hacmini ifade eder ve uygulandığı maden için bir standart olarak kabul edilir. Birimsiz bir değişkendir.

Malzeme türü	İndeks, e
Kazılmış çamur, su	0,5
Gevşek kum	0,7
Genel toprak (kum, balçık)	1,0
Sert toprak (kil, killi toprak)	1,5
Şistli kayaç	1,5 - 2,5
Kumtaşı, kireçtaşı	2 - 3
Sert takonit	3 - 5



t: damar kalınlığı

d: ocak sınırı ile mostra arasındaki yatay uzaklık

m: Ocak sınırına (cevher) eğimli uzaklık

β: ocak eğimi

W: cevherin ağırlığı

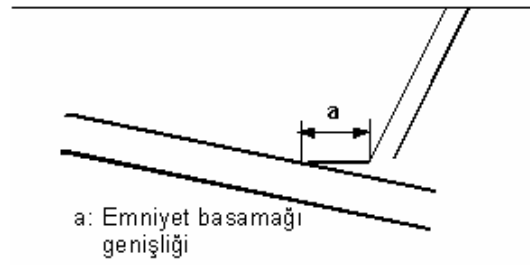
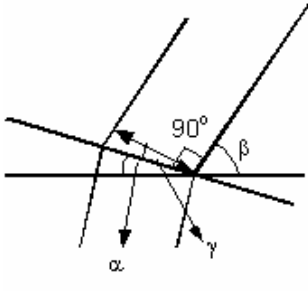
α: damar eğimi

TF: tonaj katsayısı

V: örtü malzeme hacmi

l: eğimli uzunluk (ocak)

h: ocağın dik yüksekliği



ESR için geometrik bir ilişki tanımlamak gerekirse, kesit ocak için ve ocak sınırında bir birim boyut (1 ft ya da 1 m) tanımlıyorsa bu ölçüdeki cevherin birim genişliğini almak için örtünün b ölçüsü genişliğinde alınması gerekir.

Böylece ocak sınırında v hacmi kadar bir örtü kaldırıldığında w ağırlığında bir cevherin üzeri açılmış olacak.

$$v = 1 \cdot b \cdot l / 27$$

$$w = 1 \cdot t \cdot TF$$

b ve l ft ve yd<sup>3</sup> cinsinden kullanılmalıdır (m<sup>3</sup> hesabı için eşitlikten 27 silinir)

ESR = v / w = (e \* b \* l / 27) / (t / TF) (SI biriminde hesap için eşitlikten 27 silinir)

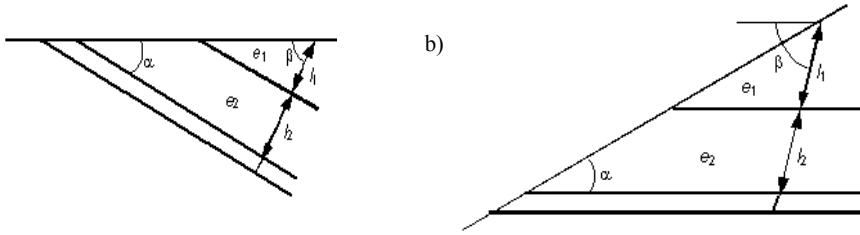
e: eşdeğer libre (Farklı örtü malzemeleri olduğunda eşitliği kullanmamızı sağlar)

$$\alpha + \beta + \gamma + 90^\circ = 180^\circ$$

Bu nedenle

$$\begin{aligned} b &= l \cdot \cos \gamma = \cos (90^\circ - \alpha - \beta) \\ l &= (27 \cdot t \cdot SR) / (e \cdot b \cdot TF) \\ h &= l \cdot \sin \beta \quad (\text{trigonometriden}) \\ d &= a + (h / \tan \alpha) + (h / \tan \beta) \quad (a: \text{topuk genişliği}) \\ m &= h / \sin \alpha \end{aligned}$$

ESR ve ocak sınırının hesaplamasını etkileyen çok farklı örtü malzeme yapısı ve yatak geometrisi tanımlamak mümkündür. Örneğin:



Bu örnekler için ESR eşitliği şu şekilde yeniden düzenlenmiştir:

$$ESR = v / w = [(e_1 b_1 l_1 + e_2 b_2 l_2) / 27] / (t / TF)$$

Farklı örtü malzemeleri için yığın açısı sabit ise,  $b_1 = b_2$  alınır.

$l_2$  trigonometrik ilişkiden bulunur ve eşitlik  $l_1$  için çözümlenir. O halde  $l = l_1 + l_2$ . Son olarak  $h$ ,  $d$  ve  $m$  değerleri bulunur.

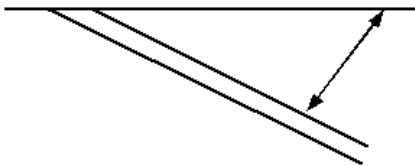
### Nihai örtü kazı oranı için ilişki

$$\begin{aligned} \text{Örtü malzemesinin toplam hacmi } V &= l \cdot \frac{1}{2} \cdot h \cdot d / 27 \\ \text{Cevherin toplam ağırlığı } W &= l \cdot m \cdot t / TF \quad \text{ton cinsinden} \\ SR_{ov} &= V / W = \frac{1}{2} \cdot h \cdot d \cdot TF / m \cdot t \cdot 27 \end{aligned}$$

### Örnek:

Aşağıdaki değerler bir cevher yatağı için verilmiştir. Buna göre:

- ESR değerini,
- Ocak sınırını  $h$  değerine göre,
- Nihai örtü kazı oranını ( $SR_{ov}$ ) hesaplayınız.



### Açık İşletmelerde Üretim Yöntemleri

Cevherin değeri = \$4,80/s-ton (\$5,29/ton)  
Maliyet (örtü kazı hariç) = \$3,30/s-ton (\$3,64/ton)  
Örtü kazı maliyeti (e=1 için) = \$0,20/yard<sup>3</sup> (\$0,26/m<sup>3</sup>)  
Emniyet basamağı, a = 0 ft  
Damar eğimi  $\alpha = 20^\circ$   
Ocak eğimi  $\beta = 60^\circ$   
Damar kalınlığı t = 50 ft (15,2 m)  
Eşdeğer yard e = 2  
Tonaj katsayısı TF = 15 ft<sup>3</sup>/s-ton (0,47m<sup>3</sup>/ton)

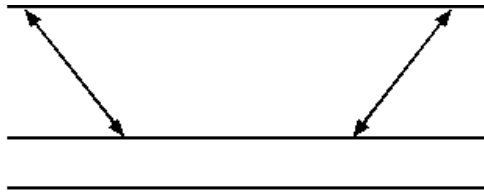
#### Çözüm:

- a) Örtü kazı tahsisatı (0 kar için) = değer – maliyet = 4,80 – 3,30 = \$1,50/s-ton (\$ 1,67/ton)  
ESR = (\$1,50/s-ton) / (\$0,20/yard<sup>3</sup>) = 7,5 yd<sup>3</sup>/s-ton (6,3 m<sup>3</sup>/ton)
- b)  $b = \cos (90^\circ - \alpha - \beta) = \cos (90^\circ - 20^\circ - 60^\circ) = \cos 10^\circ = 0,9848$   
 $l = (27 * 50 * 7.5) / (2 * 0,9848 * 15) = 343 \text{ ft}$   
 $h = 343 * \sin 60^\circ = 343 * 0,8660 = 297 \text{ ft (90,5 m)}$
- c)  $SR_{ov} = V / W = (\frac{1}{2} * h * d * TF) / (m * t * 27)$   
 $d = a + (h / \tan \alpha) + (h / \tan \beta)$  (a: Emniyet basamağı genişliği)  
 $= 0 + 297 / \tan 20^\circ + 297 / \tan 60^\circ = 987 \text{ ft}$   
 $m = 297 / \sin 20^\circ = 868 \text{ ft}$   
 $n = 50^\circ / \tan 20^\circ = 137 \text{ ft}$   
 $A = \frac{1}{2} * 50 * 137 = 3427 \text{ ft}^2$   
 $SR_{ov} = V / W = (\frac{1}{2} * h * d * TF) / (m * t * 27) = 1,739 = 1,7 \text{ yd}^3/\text{s-ton (1,5 m}^3/\text{ton)}$

Eğer bir emniyet basamağı kullanılsaydı ESR ya da h değerlerinde bir değişiklik olmayacak, fakat  $SR_{ov}$  değeri artacaktı.

#### Örnek:

Aşağıdaki değerler bir cevher yatağı için verilmiştir. Nihai örtü kazı oranını ( $SR_{ov}$ ) hesaplayınız.



Cevherin değeri = \$4,80/s-ton (\$5,29/ton)  
Maliyet (örtü kazı hariç) = \$3,30/s-ton (\$3,64/ton)  
Örtü kazı maliyeti (e=1 için) = \$0,20/yard<sup>3</sup> (\$0,26/m<sup>3</sup>)  
Emniyet basamağı, a = 0 ft  
m = 600 ft  
Damar eğimi  $\alpha = 0^\circ$   
Ocak eğimi  $\beta = 60^\circ$   
Damar kalınlığı t = 50 ft (15,2 m)  
Eşdeğer yard e = 2  
Tonaj katsayısı TF = 15 ft<sup>3</sup>/s-ton (0,47m<sup>3</sup>/ton)

Çözüm:

$$\begin{aligned}b &= \cos (90^{\circ}-60^{\circ}) = 0,87 \\l &= (27*50*7,5) / (2*0,87*15) = 388 \text{ ft} \\h &= l*\sin 60^{\circ} = 336 \text{ ft} \\m &= 600 \text{ ft (verilmiş)} \\d &= 600 + [2*(336 / \tan 60^{\circ})] = 988 \text{ ft} \\SR_{ov} &= [((600+988) / 2) * 336 / 27] / (600*50 / 15) = 4,94 \text{ yd}^3/\text{s-ton}\end{aligned}$$

Örnek:

Önceki örneği m = 1000 ft için tekrar çözümleniz.

Çözüm:

$$\begin{aligned}b &= \cos (90^{\circ}-60^{\circ}) = 0,87 \\l &= (27*50*7,5) / (2*0,87*15) = 388 \text{ ft} \\h &= l*\sin 60^{\circ} = 336 \text{ ft} \\m &= 1000 \text{ ft (verilmiş)} \\d &= 1000 + [2*(336 / \tan 60^{\circ})] = 1388 \text{ ft} \\SR_{ov} &= [((1000+1388) / 2) * 336 / 27] / (1000*50 / 15) = 4,46 \text{ yd}^3/\text{s-ton}\end{aligned}$$

Örnek:

Bir önceki örnek için  $SR_{ov}$  7,5  $\text{yd}^3/\text{s-ton}$  olduğunda ocak eğim açısını hesaplayınız.

Çözüm:

$$\begin{aligned}SR_{ov} &= V / W = (1/2*h*d*TF) / (m*t*27) \\7,5 &= [((1000+d) / 2)*336*15] / (1000*50*27) \\d &= 3017,96 \text{ ft} \\d &= 1000 + [2*(336/\tan \alpha)] \\ \alpha &= 18,4^{\circ}\end{aligned}$$

Örnek:

Eğer ocak eğimi  $60^{\circ}$ ,  $SR_{ov}$  7,5  $\text{yd}^3/\text{s-ton}$  ve m = 600 ft ise ocak derinliğinin ne kadar olacağını hesaplayınız.

Çözüm:

$$\begin{aligned}7,5 &= [((600+d) / 2)*h*15] / (600*50*27) & d &= 600+2*h/\tan 60^{\circ} \\1,16h^2 + 1200 h - 810000 &= 0 \\h &= 465,52 \text{ ft}\end{aligned}$$

### 3.6. MAKİNA VE EKİPMAN SEÇİMİ

Açık işletmelerde yapılacak örtü kazı ve üretim çalışmalarının tasarımı programlandığı gibi yürütülebilmesi için kullanılması gereken makinaların boyutları ve miktarları hakkında karar vermek önemli bir aşamadır. Çünkü, kullanılacak makinanın türüne karar verilip te işletme faaliyete geçtikten sonra bir makinanın değiştirilmesi neredeyse imkansız gibidir. Kullanılması düşünülen ekipmanların belirlenmesinde, gerek örtü gerekse de cevher malzemesinin özellikleri, ekonomik anlamda işletilebilecek cevher miktarı ve buna bağlı işletme ömrü, yıllık üretim miktarları, vb. en önemli değişkenler olarak dikkate alınmalıdır.

### **3.6.1. Açık İşletme Birim Faaliyetleri**

Arama, hazırlık ve üretimde, malzemenin serbestleştirilmesi ve nakliyesi için delme ve kazı işlemleri yapılır; bunların yapılmasında uygulanacak temel işlemler madenciliğin birim faaliyetleri olarak adlandırılırlar.

Birim faaliyetler; cevherin kazanımı ile doğrudan ilgili olan üretim faaliyetleri ve esas madencilik faaliyetlerini tamamlayıcı olan yardımcı faaliyetler olarak iki grupta toplanır. Gerek cevher gerekse de pasa olarak çıkartılan malzeme gevşek zemin, parçalanmış kaya ya da yerinde sert kaya şeklinde olabilir. Çıkartılan bu malzeme cevher zenginleştirme tesisine, nakletme limanına ya da pasa atık bölgesine taşınır.

Maden çıkarılmasında (üretiminde) iki temel işlem; kaya parçalanması ve parçalanmış malzemenin kaldırılması yapılır. Parçalanma delik delme (kayaçta açıklık oluşturma) ve patlatma işlemlerinin yapılması ile gerçekleştirilir. Malzemenin kaldırılması ise yükleme (kazı) ve taşıma işlemlerinin beraberce yapılması ile sağlanır. Sonuçta, üretimde dört ana işlem: delik delme, patlatma, yükleme ve taşıma olarak ifade edilir.

Madenin hazırlık ve işletme aşamalarında gerçekleştirilen birim faaliyetlerin bir sıra içinde yapılmasına "işlemlerin devri" adı verilir. Bu ifade en genel anlamda, matematiksel olarak

$$\text{Ana üretim devri} = \text{delme} + \text{patlatma} + \text{yükleme} + \text{taşıma}$$

eşitliği ile tanımlanabilir. Bu tanımlama çalışmanın özelliğine bağlı olarak değişim gösterebilir. Sert kaya madenciliği yapılırken yukarıdaki ana üretim devrinin takip edilmesi kaçınılmaz iken, pekişmemiş ya da gevşek malzemeden oluşan pasa ya da cevherin işletilmesinde yükleme, taşıma madenciliği uygulanırken ana üretim devri tanımlamasında yer alan delme ve patlatma işlemlerinin yapılmasına gerek duyulmaz. Ayrıca yumuşak ile orta sert kayalarda işlemler mekanik kazı ile yapıldığı durumlarda makineler delme ve patlatma işlemlerinin yerini almış olur. Yapı taşı üretimi amacıyla işletilen ocaklarda da malzemeye zarar vermesi nedeniyle patlatma yapılmayarak çatlatma ya da tel kesme gibi yöntemlerle blok üretilmektedir. Mermer ocak üretimi konusunda daha ayrıntılı bilgi 10.Bölümde verilmektedir.

### **3.6.2. Kaya Parçalanmasının Kuralları**

Kaya parçalanması: büyük ölçekli kaya kütlelerinin küçültülmesi amacıyla yapılan işlemdir. Bu amaç için iki temel parçalama yöntemi mevcuttur. Bunlardan birincisi patlayıcı maddeler kullanılarak yapılan parçalama yöntemi, diğeri ise mekanik kazı yöntemidir. Patlatma ile parçalama yöntemi 5.Bölümde ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Mekanik parçalanma ise kazı makinasının, patlayıcı madde yardımı olmaksızın doğrudan kayaların kazılması ilkesine göre yapılır. Açık işletmecilikte mekanik kazı yöntemi daha çok yumuşak, ayrılmış, parçalı ve düşük dayanımlı kaya kütleleri için yaygın olarak kullanılabilir. Sert ve sağlam birimler için patlayıcı madde yardımı alınarak, önce gevşetme yapılır (gevşetme patlatması) sonradan mekanik kazı işlemi sürdürülür. Diğeri bir deyişle patlayıcı madde ve mekanik kazı yöntemleri birlikte kullanılır. Doğrudan mekanik kazı ve patlayıcı destekli mekanik kazı sistemleri ile ilgili bazı görgül yaklaşımlar bu bölümün sonraki kısımlarında daha ayrıntılı olarak verilecektir. Sadece yükleme görevi yapan sürekli ya da süreksiz kazı makineleri bu sınıflamanın dışında tutulmaktadır.



### 3.6.3. Kazı ve Yükleme İşlemleri

Parçalanmış ya da yerindeki cevherin çıkartılması işlemine kazı ya da yükleme denir. Kazı tek başına tanım olarak, malzemenin ana kütlede ayrılarak çıkartılması için uygulanan işlemleri belirtir. Yükleme ise malzemenin kaldırılmasını tanımlar. Madencilik faaliyeti süresince cevher kütlelerinin kazılmasında ve taşınmasında kullanılan bütün birim işlemler malzemenin yerinde alınarak nakledilmesidir. Bu kapsamda yükleme ve taşıma iki temel işlemdir. Sürekli (continuous) faaliyetlerde parçalama ve taşıma birlikte yürütülür; kesme, delme ve patlatma hariç tutulur. Ayrıca çıkarma ve yükleme tek işlem gibi, kazı olarak yürütülür.

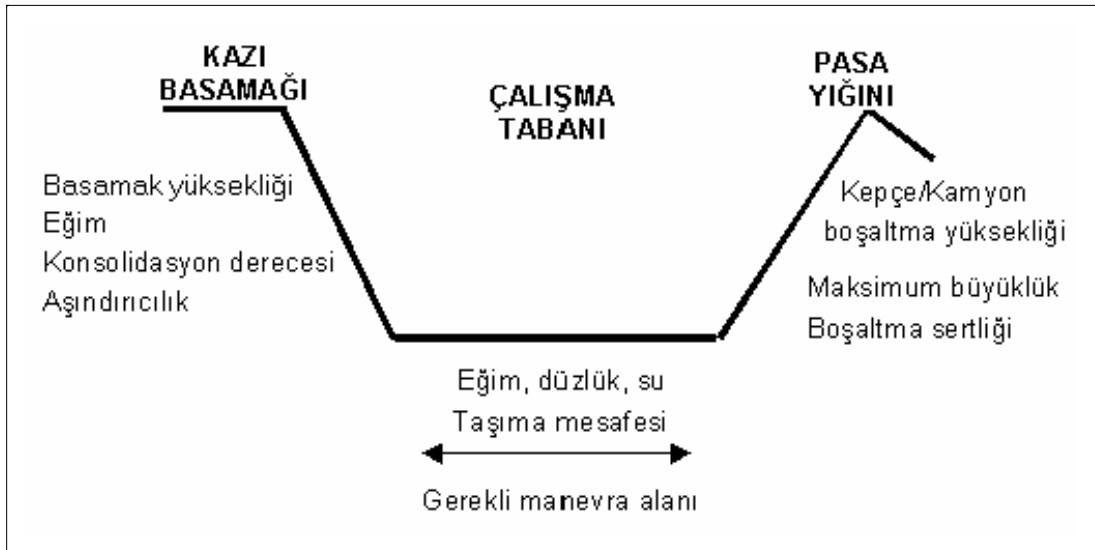
Yükleyici-taşıyıcı makinalarla malzemenin nakledilmesi tek bir işlem gibi yapılır. Malzeme nakli için kullanılan makinaların büyüklükleri oldukça büyük değerlere ulaşmıştır. Örneğin bu günlerde

Kamyonlar	: 350 ton
Çekme kepçeler	: 170 m <sup>3</sup>
Ekskavatörler	: 140 m <sup>3</sup>
Döner kepçeli ekskavatörler	: 8400 m <sup>3</sup> /saat (kömür madenciliğinde)

kapasiteler yaygın olarak kullanılmaktadır.

Makina kapasitelerinin artması sonucunda üretimde artış, birim işlem maliyetlerinde düşüş sağlanmaktadır.

Toprak ya da çok yumuşak kayalar yerinde kazılarak alınırken kaya ya da çok pekişmiş toprak malzemeler kazı öncesinde patlatmaya ya da mekanik parçalamaya tabi tutulmaktadır. Dozer, lastik tekerlekli greyderler, yükle-taşı-boşalt (LHD) gibi bir çok makina yükleme ve taşıma işlemlerini bir arada yapabilme özelliklerine sahiptirler. Çoğu yükleyiciler ve kazıcılar esas olarak 3 çalışma kademesi şeklinde görev yaparlar. Bu kademeler, aşağıdaki Şekil 22'de görüldüğü gibi; kazı, manevra, taşıma ve boşaltma işlemlerini kapsar.



Şekil 22. Bir açık İşletmede çalışma bölgelerinin şematik görünümü

### 3.6.3.1. Kazı-yükleme makinalarının seçimi ve bunların bazı özellikleri

Bir makinanın seçimi iki temel bileşene dayanır. İlki, kazılacak formasyonun kazı zorluğu özelliği (kazılabilirliği), diğeri ise ekipmanın özelliğidir. Bu iki özelliğin birbiri ile iyi bağdaştırılması gerekir. Kazılabilirlik tayini kolay olmayan bir işlemdir. Genel olarak, ya sahada yapılan benzer kazılardan, ya deneme ocaklarında malzemenin davranışından ya da geliştirilmiş görgül yöntemlerden yararlanılarak belirlenebilir. Geliştirilen görgül yöntemlerden ikisi, bu bölümün sonraki kısmında tanıtılacaktır. Öncelikle kazı yönteminin iyi tanımlanması gerekir. Kazı yöntemi ve bu kazı için gerekli makinanın seçiminde esas hedef malzemenin naklini mümkün olan en düşük maliyetle yapmaktır. Çünkü malzeme nakli açık ocak işletmeciliğinin can damarıdır. Diğer taraftan, ocak geometrisinin verimli olarak kullanılacak makinaların türü ve büyüklüğü üzerinde önemli etkisi vardır. Açık ocak madenciliğindeki her türlü mekanik kazı yöntemlerinin kendine özgün geometrileri vardır. Örneğin, açık ocaklar derin ve geniş iken madencilik sığ ve uzun dar panolar boyunca ilerler. Öte yandan taş ocakları oldukça derin ve çok diktirler. Bu farklılıklar kazı için kullanılacak makinaların türü üzerinde olumlu ya da sınırlayıcı etki gösterirler. Genel kural olarak, en büyük ekipmanlar, koşullar için uygun ve güvenli olduğu kadar en düşük maliyetli makinalardır. Büyük malzemeleri kaldırabilen makinalar özellikle üretkenliği teşvik ederek maliyeti düşürmektedir. Diğer taraftan, cevher tenörünün belirgin olarak değiştiği ve stoklamanın ekonomik olmadığı ya da mümkün olmadığı durumlarda düşük kapasiteli çok sayıda ekskavatör gerekebilir. En uygun malzeme kaldırma sistemi seçiminde; üretim hızı, hava şartları gibi farklı çalışma koşulları da düşünülmelidir. Açık ocak işletmesindeki başlıca işlemler birbirine bağlıdır ve dolayısıyla en uygun maliyetin her bir işlemin en az maliyetle yapılması sonucunda sağlandığı söylenemez. Açık ocak kazı ve yükleme makinalarının bağımsız olarak seçilmesi doğru bir yaklaşım değildir. Örneğin, patlayıcıların fazla kullanılması yükleme, taşıma ve kırma maliyetlerini azaltır. Bu da kazı ve yükleme makinasının seçimini etkiler.

Kazıcı ya da yükleyici seçimi öncelikli öneme sahiptir çünkü bu makinalar çalışma şeklini ve gerekli diğer makinaların seçimini büyük oranda belirler ve düşük maliyetli üretim için anahtar konumundadırlar. Bu kapsamda, cevher yatağının büyüklüğü, değerlerin rezerv içindeki dağılımı, üretim hızı ve işletme ömrü, taşıma mesafesi, makinaların gelecekte muhtemel kullanım durumları faktörler de değerlendirilmesi gereken önemli faktörlerdir.

Genel uygulama olarak 6 çeşit malzeme kaldırma (kazı-taşıma) sistemi vardır Bunlar;

- 1) Çekme kepçe (doğrudan döküm)
- 2) Ekskavatör ya da önden yükleyici ve kamyon
- 3) Dozer ve önden yükleyici
- 4) Dozer ve lastik tekerlekli grayder
- 5) Shovel ya da yükleyici, kırıcı ve bant
- 6) Döner kepçeli ekskavatör (DKE) ve bant

Günümüz madencilik çalışmalarında bu sistemlerden;

- Çekme kepçeler doğrudan döküm yapılan örtü kazı çalışmalarında
- Shovel ve kamyonlar açık ocak madenciliğinde örtü kazı çalışmalarında
- Dozer ve grayderler taş ocaklarında

genel olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Diğer taraftan, malzeme üretim (kazı-taşıma) sistemleri çalışma yöntemleri itibarıyla da iki ana guruba ayrılırlar. Bunlar devirsel (cyclic) ve sürekli (continuous) sistemlerdir. Daha yüksek işletme kullanımını sağlaması ve malzeme akışı, mekanik gerilimler, yüksek elektrik gereksinimi gibi her

şekilde yoğunlukları azaltması nedeniyle mümkün olan koşullarda sürekli üretim biçimi tercih edilir. Sürekli sisteme örnek, çok kepçeli ekskavatör (Döner kepçeli ekskavatör) Devirsel sisteme örnekler olarak da, ekskavatör, çekme kepçe, tekerlekli yükleyici, grayder, ripper, buldozer verilebilir.

Ekskavatörler (kazıcı-yükleyiciler): sahip oldukları güçlü itiş hareketi ve yüksek koparma kuvveti uygulayabilmelerinden dolayı sağlam, ağır, aşındırıcı ve kötü parçalanmış malzemelerde çalışma yeteneğine sahiptirler. Damperli kamyonlara, demiryolu vagonlarına ve yükleme silolarına malzeme doldurulması konusunda oldukça randımanlı iş yapabilme imkanı sunar. Güçlü yapısı ve basit hareketleri nedeniyle tercih edilirler. Ancak çok hareketli değildir. Ayrıca kot atında çalışma verimleri çok düşüktür ve sağlam bir çalışma zemininin olması gerekir.

### 3.6.3.2 Kazıcı-yükleyici kepçe türleri

- 1) Büyük boyutlu yükleme kepçeleri: Sağlam, aşındırıcı ve kötü parçalanmış malzemenin olduğu ve büyük boyutlu işletmelerde kullanılır. Ekskavatör (power shovel), çekme kepçe (Dragline) ve döner kepçeli ekskavatörler (bucket wheel excavator) kastedilir.
- 2) Genel amaçlı yükleyici kepçeler: Kum, çakıl, kömür ve gibi nispeten hafif ve iyi parçalanmış ve daha küçük boyutlu işletmelerde malzemelerin kaldırılmasında kullanılır.
- 3) Hidrolik kepçeler daha çok küçük boyutlu ve bireysel inşaat işlerinde kullanılır.

Büyük boyutlu ekskavatörlerin birbirlerine göre üstünlükleri Çizelge 7'de verilmiştir. Bu bölümün ilerleyen kısımlarında bu tür ekipmanlarla ilgili daha ayrıntılı bilgiler verilecektir.

Bir özet olarak ekipman seçimindeki faktörler şöyle sıralanabilir.

- 1) Verimlilik faktörleri (makinanın üretkenliği ile ilgili)  
Devir süresi, kurulu gücü, kazı aralığı, kepçe kapasitesi, hareket hızı, güvenilirliği.
- 2) Tasarım faktörleri
  - Detay tasarımın kalitesi ve etkisi
  - Operatör ve bakım ekibi için insan-makina ara yüzü tasarım kalitesi
  - Kullanılan teknolojik seviye
  - Kontrol çeşitleri
  - Güç kullanımı
- 3) Destekleyici faktörler
  - Servis ve bakım şartları
  - Servis kolaylığı
  - Özel eğitim ihtiyacı
  - Parça temini
  - Üretici firma desteği
- 4) Maliyet faktörleri
  - En sayısal faktör
  - Birim maliyet kullanımı (\$/sa, \$/ton gibi)  
Nihai maliyetin (satın alma + işletme) kestirimi

Okuyucuya ekipman seçiminde bir fikir vermek amacıyla çalışma sistemlerine göre ekipman sınıflaması Çizelge 8'de, ekskavatörlerle ilgili bazı tahmini değişken değerleri Çizelge 9'da sunulmuştur.

Çizelge 7. Ekskavatör, çekme kepçe ve döner kepçeli ekskavatörlerin karşılaştırması.

Makina	Avantajları	Dezavantajları
Ekskavatör	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kepçe kapasitesinin her yd<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>) için düşük yatırım maliyeti. Bum boyu ya da makina ağırlığı dikkate alındığında yatırım maliyeti yaklaşık aynıdır.</li> <li>2. Kötü patlatılmış ve sert malzemeyi daha iyi kazar</li> <li>3. Parçaları iyi taşır</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Daha düşük kömür kazanımında kömüre vereceği zarar daha fazladır</li> <li>2. Malzeme kaymasına ve su baskınına karşı hassastır</li> <li>3. Düşük duraylılığa sahip malzemeyi kolaylıkla taşıyamaz</li> <li>4. Derin kutu kesimlerini kolaylıkla yapamaz</li> <li>5. Çekme kepçe maliyeti ile karşılaştırıldığında derin örtü tabakalarında verimli olmaz</li> <li>6. Hareket etmesi zordur</li> </ol>
Çekme kepçe	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Esnek çalışma, hareketi kolay</li> <li>2. Derin kazı yapma kapasitesi</li> <li>3. Zayıf duraylılıktaki örtü malzemesini taşıyabilir</li> <li>4. Çalışması esnasında olabilecek heyelan ve su baskınlarından etkilenmez</li> <li>5. Kömüre az zarar vererek yüksek kazanım oranı</li> <li>6. Daha derin bir kutu kesme yapabilir</li> <li>7. Düşük bakım maliyeti</li> <li>8. Parçaları kolay taşıyabilir</li> <li>9. Kömür damarı yüzeyindeki durumlardan etkilenmez</li> <li>10. Herhangi bir yönde hareket edebilir</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Basamak hazırlığı gerektirir</li> <li>2. Kötü patlatma ortamlarında verimli çalışmaz</li> <li>3. Kepçe kapasitesinin her yd<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>) için büyük yatırım maliyeti. Bum boyu ya da makina ağırlığı dikkate alındığında yatırım maliyeti yaklaşık aynıdır.</li> </ol>
Döner kepçeli ekskavatör	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sürekli çalışma, dönüş gerektirmez</li> <li>2. Uzun nakletme mesafesine sahiptir</li> <li>3. Kömür üstü basamakta ya da kömür damarı üzerinde çalışabilir</li> <li>4. Zayıf duraylılıktaki örtü malzemesini kolaylıkla taşıyabilir</li> <li>5. Birlikte çalıştırıldığında ekskavatör ya da çekme kepçe kapsamını artırır</li> <li>6. Ortam iyileştirme işlemlerinde kullanılır</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sert malzemeleri kazamaz</li> <li>2. Bazı yüzey hazırlıkları gerekir</li> <li>3. Sahip olma şansı daha düşüktür</li> <li>4. Geniş bakım ekibi gerekir</li> <li>5. Üretim miktarına göre yüksek yatırım gerektirir</li> <li>6. Malzeme kaymasına ve su baskınına karşı hassastır</li> <li>7. Daha düşük kömür kazanımında kömüre vereceği zarar daha fazladır</li> <li>8. Zayıf hareket yeteneği</li> </ol>

Çizelge 8. Kazı-yükleme yöntemleri ile ekipmanlarının sınıflandırılması.

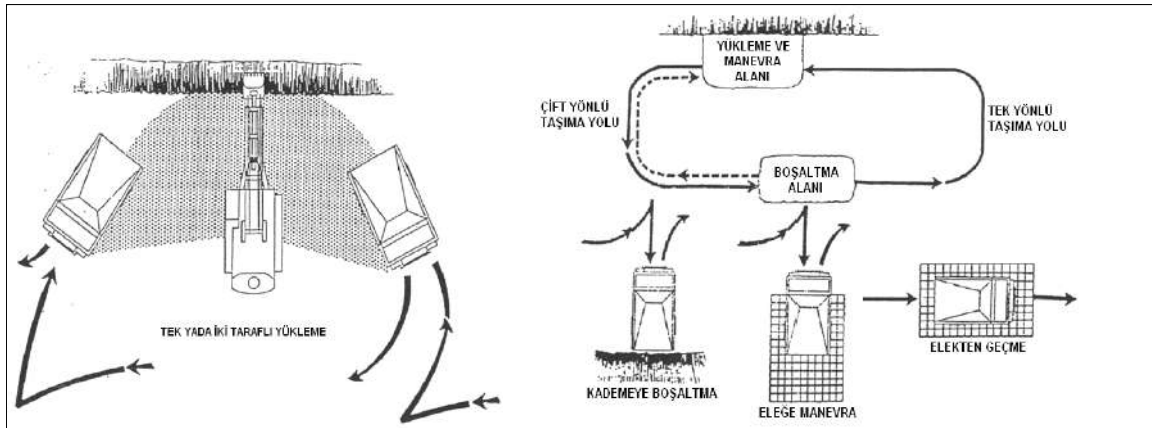
Çalışma sistemi	Ekipman ya da yöntem türü	Makina
Devirsel	Ekskavatör	Elektrikli ekskavatör, önden yükleyici, hidrolik ekskavatör, ters kepçe
	Çekme kepçe	Paletli, yürüyen (dekapaj)
	Dozer	Lastik tekerli, paletli
	Greyder	Lastik tekerli, paletli
Sürekli	Patlatma	Örtü kazı patlatması
	Mekanik ekskavatör	Döner kepçeli (DKE), kesici kafa (zemin, kömür)

Çizelge 9. Ekskavatörler için tahmini değişkenler (\*).

Ekskavatör Adı	Keççe Kapasitesi yd <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	Tahmini ağırlık lb/yd <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Tahmini güç hp/yd <sup>3</sup> (kW/m <sup>3</sup> )	Tahmini ömrü saat	Tahmini değeri \$/yd <sup>3</sup> (\$/m <sup>3</sup> )
Lastik tekerlekli greyder	25-52 (19-40)	2900 (1700)	14 (14)	12000	9500 (12400)
Önden yükleyici	3.5-30 (2.7-23)	12000 (7100)	52 (51)	12000	36000 (47100)
Hidrolik ekskavatör	4-30 (3-23)	30000 (17800)	72 (70)	30000	85000 (111000)
Elektrikli ekskavatör	6-75 (4.6-57)	54000 (32000)	41 (40)	75000	110000 (144000)
Yürüyen çekme keççe	9-180 (6.9-138)	114000 (6800)	102 (99)	100000	210000 (275000)
Döner keççeli ekskavatör	0.1-5.2 (0.1-4)	--	--	30000	--

### 3.6.4. Taşıma

Açık ocak işletmelerinde taşıma öncelikle yatay hareketi tanımlar ve yaygın olarak kamyonlar kullanılır. Kamyonların çalışma sistemi yükleme, yüklü hareket, boşaltma ve boş hareket olmak dört aşamada toplanabilir. Yükleme olarak, tek ya da çift kamyon doldurma şeklinde iki alternatif uygulama kullanılır. Bu işlemler gerçekleşirken gidiş-geliş şeritleri aynı olabileceği gibi farklı da olabilir (Şekil 23)



Şekil 23. Kamyon taşıma sisteminin şematik görünümü.

Bazı taşıma sistemlerinin teknik özellikleri Çizelge 10'da ve bunların birbirleriyle karşılaştırılması Çizelge 11'de verilmektedir.

Çizelge 10. Taşıma Yöntemleri ve Ekipmanlarının Sınıflandırılması.

İşlem	Yöntem	Taşıma mesafesi	Eğim (derece)	
			ort.	en çok
Devirsel	Demiryolu (tren)	sınırsız	2	3
	Kamyon, treyler	0.2-5 mil (0.3-8 km)	8	12
	Greyder (lastik tekerli) (*)	500-5000 ft (150-1500 m)	12	15
	Ön-arka yükleyici	<1000 ft (300 m)	8	12
	Dozer	<500 ft (150 m)	15	20
	Havai hat	0.5-5 mil (0.8-8 km)	5	20
Sürekli	Bant konveyör	0.2-10 mil (0.3-16 km)	17	20
	Yüksek açılı konveyör	<1 mil (1.6 km)	40	60
	Hidrolik konveyör (boru hattı)	sınırsız	sınırsız	sınırsız

(\*) Kendi kendine yükleme ekipmanı.

Çizelge 11. Başlıca taşıma makinalarının özelliklerinin karşılaştırması.

Makina	Üstünlükler	Eksiklikler
Dozer	1. Esnek 2. Yüksek eğim 3. Zor koşullarda çalışabilme	1. Kısa mesafelere taşıma 2. Süreksiz 3. Düşük verim, yavaş
Kamyon, Treyler	1. Esnek ve manevra yetenekli 2. Kaba malzeme taşıyabilme 3. Orta eğim	1. İyi taşıma yolları gerekir 2. Kötü hava şartlarında yavaşlama 3. Yüksek işletme maliyeti
Grayder (Lastik tekerli)	1. Esnek ve manevra yetenekli 2. Yüksek eğim	1. Dolum için itici gerekebilir 2. Zemin ve küçük parçalar için uygun 3. Yüksek işletme maliyeti
Demiryolu	1. Yüksek üretim, düşük maliyet 2. Sınırsız taşıma mesafesi 3. Kaba malzeme taşıyabilme	1. Demir yolu bakımı yüksek 2. Düşük eğim 3. Yüksek yatırım maliyeti
Bant konveyör	1. Yüksek üretim, sürekli 2. Çok yüksek eğim 3. Düşük işletme maliyeti	1. Esnek değil 2. Ufalanmış, küçük parçalar için uygun 3. Yüksek yatırım maliyeti

### 3.6.5. Açık İşletmelerde Yardımcı İşlemler

Açık İşletmelerde yardımcı işlemler; yukarıda açıklanan ana (temel) işlemlerin dışında kalan ve cevher, kömür vb.malzemenin kazanılmasına doğrudan katkısı olmayan ancak destekleyici özellikte olan bütün çalışmaları kapsar. Bunların büyük bölümü ya üretim işlemi öncesinde ya da sonrasında yapılmak üzere programlanır. Bazıları ise, üretim devri ile aynı süre içinde onlarla paralel olarak yapılabilir ve ana işlemlerin başarısı için gereklidir. İşletmelerde, zamanın ve uğraşının %60'ı yardımcı işlemler için kullanıldığı söylenmektedir. Bu nedenle bu işlemlere gerektiği ölçüde önem verilmelidir. Açık İşletmelerde yardımcı işlemler ve işlevleri Çizelge 12'de özetlenmiştir.

Çizelge 12. Açık işletme yardımcı işlemlerinin sınıflandırılması.

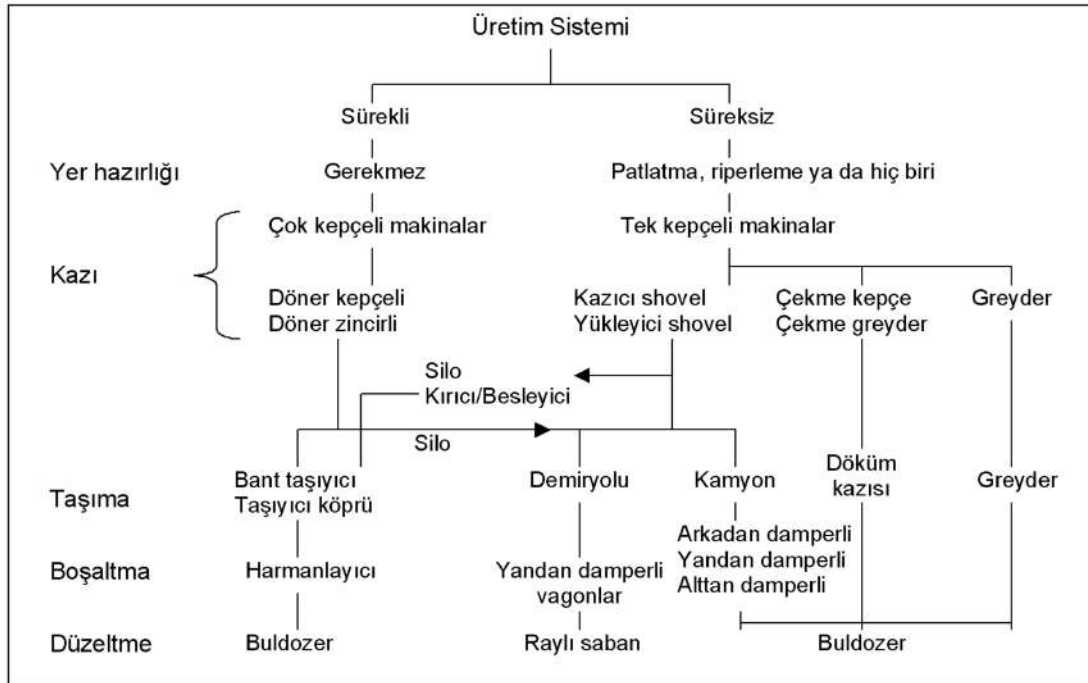
Yapılan işlem	
Üretim	
Sağlık ve emniyet	Toz kontrolü (*)
	Gürültü azaltma
	Kendiliğinden yanmayı önleme (*)
Çevresel kontrol	Hastalık önleme
	Hava ve su koruma
Zemin kontrolü	Pasa atık kontrolü (*)
	Şev duraylılığı
Enerji temini ve dağıtımı	Toprak erozyon kontrolü
Su ve taşkın kontrolü	Enerji dağıtımı (elektrik)
Pasa atma	Pompalama, drenaj
Malzeme temin,	Depolama, döküm
Bakım ve onarım	Depolama, gereçlerin temini
Aydınlatma	Atölye tesisleri
Haberleşme	Portatif cihazlar
İmalat	Radyo, telefon
Personel ulaşımı	Taşıma yolları, vs.
	Personel araçları, otobüsler
İlerleme (üretimin desteğinde)	
Alan hazırlanması	Bölgenin temizlenmesi, giriş, vs.
Üst toprağın taşınması	dekapaj, harmanlama (*)
Yüzey iyileştirmesi	Yer değiştirme, iyileştirme, tekrar ekim

(\*) Üretim devrinde yapılabilir.

Açık İşletmelerde ana ekipman (kazı-taşıma) seçim kılavuzu niteliğindeki bir derleme, okuyucuya yön vermek açısından Çizelge 13'te, açık ocaklardaki ana işlemler ise Şekil 24'te özetlenmiştir.

Çizelge 13. Açık ocaklarda malzeme kaldırma (üretim) işlemini tayin kılavuzu.

	Dozer-Önden yükleyici	Dozer-Grayder	Çekme-Kepçe (doğrudan kazı)	Ekskavatör-Kamyon	Ekskavatör-Kırıcı-Bant	Döner kepçeli eks.-Bant
Maksimum üretim	orta	Orta	yüksek	yüksek	yüksek	yüksek
Üretim miktarı	orta	düşük	yüksek	orta	orta	yüksek
Ocak ömrü	kısa	Kısa	uzun	orta	uzun	uzun
Ocak derinliği	orta	düz ve sığ	orta	derin	derin	orta
Kütle	pekişmemiş	pekişmemiş	pekişmiş	pekişmiş	pekişmiş	düzenli, büyük
Hazırlık (eğer gerekliyse)	riperleme	riperleme	delme-	delme-	delme-	delme-
Sistem yoğunluğu	düşük	Orta	düşük	orta	yüksek	yüksek
Çalışma esnekliği	yüksek	Orta	düşük	yüksek	düşük	düşük
Karışım kapasitesi	yüksek	yüksek	düşük	orta	düşük	düşük
Seçici kazı (pasa)	iyi	mükemmel	zayıf	iyi	orta	orta
Yağışların etkisi	yüksek	yüksek	düşük	orta	düşük	düşük
Programlama ihtiyacı	düşük	yüksek	düşük	yüksek	orta	orta
Sistem sağlama	orta	Orta	yüksek	orta	düşük	düşük
Destek araçları	düşük	düşük	orta	orta	yüksek	yüksek
Başlama kolaylığı	basit	basit	orta	basit	karmaşık	karmaşık
Yatırım	düşük	düşük	orta	orta	yüksek	yüksek



Şekil 24. Açık ocak kazı-taşıma sistemi sınıflandırma çizelgesi.



### 3.6.6 Açık İşletmelerde Kazıcı-Taşıyıcı Ekipman Kapasite Tayini

#### 3.6.6.1 Kazıcı birimi

Kepçe seçiminde birincil derecede önemli adım kepçe kapasitesinin belirlenmesidir. Bu amaçla,

$$C_d = \frac{Q \cdot t_s \cdot S}{(3600) \cdot E \cdot F \cdot D \cdot A}$$

eşitliği kullanılır. Bu eşitlikte;

- $C_d$  : Kepçe kapasitesi (yd<sup>3</sup> ya da m<sup>3</sup>)
- $Q$  : Yerindeki malzemenin üretilen miktarı (hacim/saat)
- $t_s$  : Devir süresi (san.)
- $E$  : Verimlilik katsayısı (zaman kullanım katsayısı)
- $F$  : kepçe dolma faktörü (dipper efficiency)
- $D$  : Kesme derinliği düzeltmesi
- $A$  : Dönüş açısı düzeltmesi
- $S$  : Kabarma katsayısı

#### Devir süresi

Kepçe devir süresi 90°'lik dönüş için, bir kepçenin, kazıya başlayıp, doldurulup boşaltılıp yeni bir kazı devirine başlayıncaya kadar geçen zamanı tanımlar. Genellikle üretici firmanın katalogundaki ilgili tablolardan elde edilebilir. Çizelge 14'te üretici firmaların kataloglarındakine benzer bir devir süresinin (yükleyici için) kepçe kapasitesi ve kazı zorluğuna bağlı değerleri verilmektedir. Burada tanımlanan kazı zorluğu tayini görevli mühendisin tecrübesi ile yapılabilir veya benzer yerlerdeki kazı zorlukları kullanılabilir. Bu tür tayin, doğal olarak görevli mühendisin deneyimine oldukça bağlıdır. Kişi deneyimine daha az bağımlı ve daha objektif olarak geliştirilmiş görgül (ampirik) yöntemler de kullanılabilir. Burada örnek olarak Caterpillar (1988) ve Karpuz (1991) tarafından geliştirilip önerilen yöntemler tanıtılacaktır.

Çizelge 14. Yükleyici kepçeler için kazı zorluğuna göre devir süreleri (saniye).

yd <sup>3</sup>	$B_c$		Kazı şartları *			
	m <sup>3</sup>	$E$	$M$	$M-H$	$H$	
4	3	18	23	28	32	
5	4	20	25	29	33	
6	5	21	26	30	34	
7	5.5	21	26	30	34	
8	6	22	27	31	35	
10	8	23	28	32	36	
12	9	24	29	32	37	
15	11.5	26	30	33	38	
20	15	27	32	35	40	
25	19	29	34	37	42	

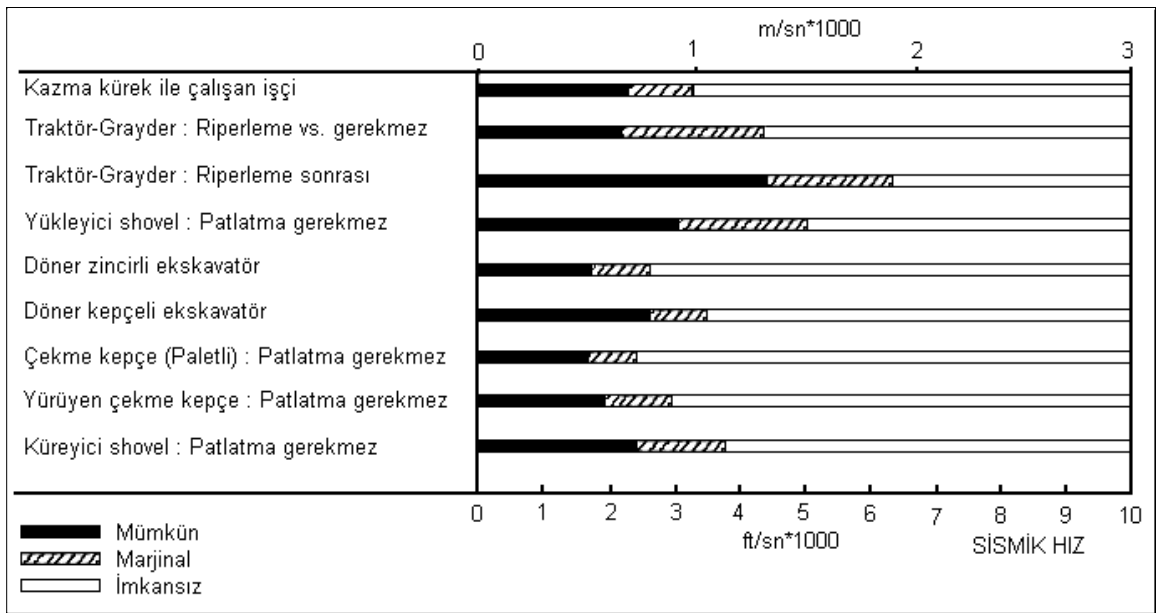
\*  $E$ , Kolay kazı, gevşek, akan malzeme, ör. kum, küçük çakıl.

$M$ , Orta zor kazı, kısmen pekişmiş malzeme, ör. killi çakıl, kil, antrasite, vs.

$M-H$ , Orta zor-zor kazı, ör. iyi parçalanmış kireç taşı, çok ıslak kil, nispeten zayıf cevher, kaba parçalı çakıl, vs.

$H$ , Zor kazı, yüksek derecede patlatma gerektiren malzeme, ör. granit, sert kireç taşı, takonit, vs.

Kazılabilirlik tayini ile ilgili en eski yöntemlerden birisi Caterpillar (1988) tarafından geliştirilen, arazide yapılan sismik hız tayinlerine dayanan ve farklı makine tipleri için kazılabilirlik tayini öneren abak Şekil 25'te verilmektedir. Şekilden incelenmesinden görüldüğü kadarıyla yöntemin esas aldığı tek parametre kaya kütesinin sismik hız değeridir. Diğer bazı kaya kütle özellikleriyle (süreksizlik, sertlik, vb.) ile kaya madde özellikleri temsil edilmemektedir. Bu kapsamda kaya madde ve kütle özelliklerini de içeren pek çok kazılabilirlik sınıflama önerileri olmakla birlikte onlarında tüm arazi şartlarını karakterize ettiklerini söylemekte mümkün değildir. Bu tür sınıflamalara örnek olarak, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu bünyesindeki açık işletmelerde yapılmış kazılabilirlik çalışmalarına dayanan bir kazılabilirlik sistemi de aşağıda tanıtılmaktadır.



Şekil 25. Kazı durumlarının sismik hız yöntemi ile belirlenmesi (Caterpillar, 1988).

Bu kazılabilirlik sınıflama sisteminde; kaya maddesi ve kaya kütle özelliklerini temsilen tek eksenli basma dayanımı, süreksizlik özellikleri, sismik-P dalga hızı, ayrışma derecesi ve sertlik parametreleri kullanılmaktadır. Arazide kazı makinalarında yapılan fiili kazı zorluğu gözlemleri de esas alınarak bu parametrelerin için beş ayrı sınıfta ağırlıklı puanlar atanmıştır (Çizelge 15). Daha sonra bu parametrelerden elde edilen birleştirilmiş toplam puanlara göre kazı zorluğu/kolaylığı sınıfları belirlenmiştir (Çizelge 16). Kazılabilirlik sınıflama sistemi beş farklı kazı zorluğu sınıfına bölünmüş, her bir sınıf için puan aralıkları tayin edilmiş, kazı zorluğu tanımı yapılmış ve kullanılması önerilen makine tipi için patlayıcı gerektirip gerektirmediği ve patlayıcı madde gerekmesi halinde kullanılacak ortalama delme hızları ve özgül şarjlar da verilmektedir. Dolayısıyla çalışma öncesi bazı kaya madde ve kütle özellikleri bilinmesi halinde o arazi için ekipman seçimine esas kazı zorluğu tayinleri yapılabilmesi mümkün olabilecektir.

Çizelge 15. Kazılabilirlik indeksi çıkarmak için kullanılan parametreler (Karpuz, 1991).

Parametre	Sınıf I	Sınıf II	Sınıf III	Sınıf IV	Sınıf V
Tek eksenli basma dayanımı (MPa) Is (50) (MPa) <b>Puan</b>	< 5 (0,2) <b>2</b>	5-20 (0,2-0,8) <b>5</b>	20-40 (0,8-1,6) <b>10</b>	40-110 (1,6-4,4) <b>20</b>	>110 (4,4) <b>25</b>
Ortalama süreksizlik açıklığı (m) <b>Puan</b>	< 0,3 <b>5</b>	0,3-0,6 <b>10</b>	0,6-1,2 <b>15</b>	1,2-2,0 <b>20</b>	>2,0 <b>25</b>
Sismik-P dalga hızı (m/s) <b>Puan</b>	< 1600 <b>5</b>	1600-2000 <b>10</b>	2000-2500 <b>15</b>	2500-3000 <b>20</b>	>3000 <b>25</b>
Ayrışma (Bozunma) <b>Puan</b>	Tamamen <b>0</b>	Yüksek <b>3</b>	Orta <b>6</b>	Az taze <b>10</b>	Az taze <b>10</b>
Sertlik <b>Puan</b>	< 20 <b>3</b>	20-30 <b>5</b>	30-45 <b>8</b>	45-55 <b>12</b>	> 55 <b>15</b>

Çizelge 16. Kazılabilirlik sınıflaması (Karpuz, 1991).

Sınıf	Kazı kolaylığı	Puan	Kazı yöntemi			Patlatma gerektiğinde	
			Ekskavatör	Hidrolik ekskavatör	Riperleme, riper çeşidi	Delme hızı (m/dak)	Özgül sarj (kg/m <sup>3</sup> )
1	Kolay	0-25	Kazı	Kazı	Kolay D7	--	--
2	Orta	25-45	Patlatma	Kazı	Orta-Zor D8 yada D9	1,48	0,13-0,20
3	Kısmen zor	45-65	Patlatma	Patlatma	Zor-Çok zor D9 yada D11	1,28	0,20-0,28
4	Zor	65-85	Patlatma	Patlatma	Riperleme yapılamaz D11	0,57	0,28-0,35
5	Çok zor	85-100	Patlatma	Patlatma	Riperleme yapılamaz (patlatma)	<0,42	> 0,35

Sonuç olarak yukarıdaki yöntemlerden herhangi birisi ile arazinin kazı zorluğu tayini yapıldıktan sonra Çizelge 16'da verilen kazı zorluklarına karşı gelen devir zamanları ve benzeri parametrelerin tesbiti daha kolay ve gerçekçi olabilecektir.

Bu kapsamda en doğru yöntem ise arazide bizzat devir süresi çalışmalarını istatistikleri tutularak, o arazi şartları için en uygun koşullar belirlenir.

### Verimlilik katsayısı

Faydalanma ve iş yönetimi verimliliklerinin birleşim etkisini temsil etmek için kullanılan bir değişkendir. Faydalanma, mekanik olarak, makinanın programlanan süre içerisinde gerçek anlamda faal olduğu süreyi tanımlar. Bir sistemin parçası olarak çalışan kepçe, yönetim, iş gücü eksiklikleri, iş koşulları, iklim gibi nedenlerden dolayı kesintilere uğrayabilir. Bu durum işin verimliliğini etkiler.

Örneğin, olağan dışı iklim koşulları, tozlu bir ortam, ağır ve aşındırıcı zemin, düşük iş gücü kalitesi kötü iş koşulları ve düşük verimlilik anlamına gelir. Eğer yönetim iyi, atölyeler donanımlı, bakım programları plana uygun, nakliyat kesintileri en az düzeyde, imkanlar yüksek ise gerçek üretim süresi de yüksek olur.

Verimlilik katsayısı endüstri mühendisliği yöntemleri ile hesaplanır. Deneyim bilgisi olmayan durumlarda tablolar kullanılır. Tipik bir verimlilik değerleri Çizelge 17'de verilmiştir.

Çizelge 17. Çalışma verimlilik değerleri.

Çalışma koşulları	Yönetim verimliliği			
	Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf
Mükemmel	0.83	0.80	0.77	0.77
İyi	0.76	0.73	0.70	0.64
Orta	0.72	0.69	0.66	0.60
Zayıf	0.63	0.61	0.59	0.54

### **Keççe dolma faktörü**

Doluluk katsayısı, gerçek anlamda keççe içinde taşınan malzemenin yüzde olarak keççe kapasitesine olan oranını tanımlar. Bu değer en iyi çalışma esnasında alınacak ölçümlerle saptanır.

### **Kesme derinliği düzeltmesi**

Bu düzeltme katsayısı bir keççenin (yada çekme keççenin) optimum değerinden farklı olarak çalışma esnasında gerçekleştirdiği kesme derinliğini tanımlar. Optimum kesme derinliği alınan bir keççe ölçüsü için elde edilecek en yüksek üretimi sağlayan derinlik olarak adlandırılır.

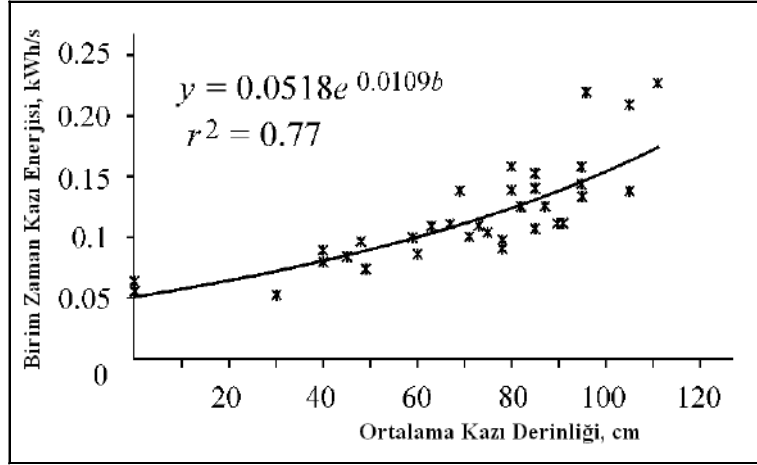
Açık ocak madencilik işlemlerinde en uygun kazı derinliğine kadar keççenin doldurulmasında sorun yoktur. Ancak kazılması gereken örtü tabakasının ince veya kazılabilirliği zor olması durumunda keççeyi doldurmak için çekme-kaldırma süresi artacağından devir süresi de artacaktır. Bu kapsamda aşağıda verilen, kazı derinliğine bağlı empirik devir süresi ilişkisi kullanılabilir.

Düzeltilme katsayısı devir süresi için tanımlandığında:

Optimum kazı derinliği, %	40	60	80	100
Devir süresi düzeltme katsayısı	1.25	1.10	1.02	1.00

Diğer taraftan Karpuz vd. (2001) tarafından elektrikli ekskavatörler için önerilen ortalama kazı derinliğine göre enerji tüketimi ilişkisi Şekil 26'da verilmektedir. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumuna bağlı ocaklarda patlatılmamış malzemede yapılan kazı esnasında alınan ölçüm değerlerine göre, ki bu ölçümler %100 keççe doluluk oranında alınmıştır, elde edilen ilişkide kullanılan güç ve zamana göre normalize edilmiş enerji miktarının kesme derinliğine bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Uygun çalışma koşullarında, enerji tüketiminin minimum düzeyde sağlanabilmesi için keççe kesme derinliğinin, optimum keççe yüksekliği seviyesinde %100 doluluk

oranına ulaşacak şekilde ayarlanmalıdır. Makinanın çalıştığı şevde yüksek kesme derinliği uygulamak suretiyle kepçe doluluğunun sağlanması üretim miktarı bakımından isteneni sağlasa da tüketilen enerji miktarı açısından iyi bir işletme randımanı olmadığı açıktır.



Şekil 26. Kazı enerjisi ile kazı derinliği ilişkisi (Karpuz vd., 2001).

### **Dönme açısı düzeltmesi (Dönüş katsayısı)**

Bu bir kepçenin standart 90o'lik dönüş süresine göre yapılacak düzeltme katsayısıdır. Üretici firmalar bu düzeltme katsayılarını sağlamaktadır. Aşağıdaki çizelge böyle bir hesaplama için bir kılavuzu olarak kullanılabilir.

Dönüş açısı (derece)	45	60	75	90	120	150	180
Dönüş katsayısı	0.84	0.90	0.95	1.00	1.10	1.20	1.30

### **Kabarma faktörü**

Bu yerinde malzemenin gevşetilmiş duruma geçerken hacminde meydana gelen artışın yüzdesini ifade etmek için kullanılan bir faktördür. Bir çok koşulda, makina gevşek malzemede çalışsa dahi makinanın üretim miktarı yerinde ya da katı malzeme miktarına göre hesaplanması tercih edilir. Farklı literatür bilgilerine göre kabarma katsayısı 1'den büyük ya da küçük olarak hesaplanabilir. Buna göre;

a) Kabarma katsayısı 1'den büyük olduğu durumda:

Gevşek malzeme ölçüsü = Yerinde malzeme ölçüsü \* Kabarma katsayısı

$$\text{Kabarma katsayısı} = \frac{\text{Yerinde birim ağırlık}}{\text{Gevşek birim ağırlık}} = \frac{100 + \text{Kabarma yüzdesi}}{100}$$

b) Kabarma katsayısı 1'den küçük olduğu durumda:

Gevşek malzeme ölçüsü = Yerinde malzeme ölçüsü / Kabarma katsayısı

$$\text{Kabarma katsayısı} = \frac{\text{Gevşek birim ağırlık}}{\text{Yerinde birim ağırlık}} = \frac{100}{100 + \text{Kabarma yüzdesi}}$$

Arazide yapılan gerçek ölçümlere göre belirlenmesi zor olmakla birlikte, daha güvenilir bir yöntemdir. Çizelge 18'de bazı kaya birimleri için, kazılabilirliğe bağlı olarak birim ağırlık, kabarma faktörü ve dolma faktörü değerleri verilmiştir.

Çizelge 18. Bazı yaygın kaya türlerinin birim ağırlık (yerinde), kabarma faktörü, dolma faktörü ve kazılabilirlik değerleri (\*).

Kaya türü	Birim Ağırlık (yerinde)		Kabarma Faktörü	Dolma faktörü <sup>Θ</sup>	Kazılabilirlik <sup>Ψ</sup>
	t/m <sup>3</sup>	lb/yd <sup>3</sup>			
Asbest cevheri	1.90	3200	1.4	0.85	M
Bazalt	2.95	5000	1.5	0.80	H
Boksit	1.90	3200	1.35	0.90	M
Tebeşir	1.85	3100	1.3	0.90	M
Kil (Kuru)	1.40	2400	1.26	0.85	M
Kil (Hafif)	1.65	2800	1.3	0.85	M
Kil (Ağır)	2.10	3600	1.35	0.80	M-H
Kil ve çakıl (Kuru)	1.60	2600	1.3	0.85	M
Kil ve çakıl (Islak)	1.80	3000	1.35	0.80	M-H
Kömür (Antrasite)	1.60	2700	1.35	0.90	M
Kömür (Bitümlü)	1.25	2100	1.35	0.90	M
Kömür (Linyit)	1.00	1700	1.3	0.90	M
Bakır cevheri (Düşük tenörlü)	2.55	4300	1.5	0.85	M-H
Bakır cevheri(Yüksek tenörlü)	3.20	5400	1.6	0.80	H
Toprak (Kuru)	1.65	2800	1.3	0.95	M
Toprak (Islak)	2.00	3400	1.3	0.90	M
Granit	2.41	4000	1.55	0.80	H
Çakıl (Kuru)	1.80	3000	1.25	1.00	E
Çakıl (Islak)	2.10	3600	1.25	1.00	E
Jips	2.80	4700	1.5	0.85	M-H
Kireçtaşı	3.20	5400	1.4	0.85	M
Demir cevheri %40 Fe	2.65	4500	1.4	0.80	M-H
Demir cevheri + %40 Fe	2.85	5000	1.45	0.80	M-H
Demir cevheri + %80 Fe	3.85	6500	1.55	0.75	H
Demir cevheri (Takonit)	4.75	8000	1.65	0.75	H
Kireçtaşı (Sert)	2.60	4400	1.6	0.80	M-H
Kireçtaşı (Yumuşak)	2.20	3700	1.5	0.85	M-H
Manganez cevheri	3.10	5200	1.45	0.85	M-H
Fosfat cevheri	2.00	3400	1.5	0.85	M-H
Kum (Kuru)	1.70	2900	1.15	1.00	E
Kum (Islak)	2.00	3400	1.15	1.00	E
Kum ve çakıl (Kuru)	1.95	3300	1.15	1.00	E
Kum ve çakıl (Islak)	2.25	3800	1.15	1.00	E
Kumtaşı (Gözenekli)	2.50	4200	1.6	0.80	M
Kumtaşı (Çimentolu)	2.65	4600	1.6	0.80	M-H
Şeyl	2.35	4000	1.45	0.80	M-H

(\*) Bu değerler bölgeden bölgeye değiştiği için mümkün olan durumlarda saha ölçümü alınmalıdır. Yoğunluk değişeceği için ıslak koşullar dikkate alınmalıdır.

<sup>Θ</sup> Keççe kapasitesine bağlıdır.

<sup>Ψ</sup> Çizelge 14'teki açıklamalara bakınız.

### 3.6.6.2 Taşıma birimi-kamyon

Bu birimle ilgili ayrıntılı bilgiler Bölüm 9 da verilmekle birlikte, konunun bütünlüğü açısından ve tekrardan olabildiğince kaçınarak burada da verilmeye çalışılacaktır.

Açık ocak madenciliğinde kamyon klasik taşıma ünitesidir. Mevcut kamyon boyutları orta ölçekliler için 20-117 ton, büyük ölçekliler için 135-315 ton kapasiteler arasında değişmektedir. Kamyon taşıma kapasiteleri genelde hacim değil ağırlık biriminde tanımlanır. Hacim ölçüsü kullanılacağı zaman gevşek malzeme ölçüsüne göre tanımlanır. Kamyonlar için genel çalışma faktörleri olarak; Çalışma süresi saatte 50 dakika, ve vardiyada 7 saat çalıştığı, kamyon yüklemesi için optimum dönüş sayısı veya kamyonu doldurmak için gerekli kepçe sayısı, küçük ölçekliler için 3 yada 4, orta ölçekliler için 4-6 dönüş, büyük ölçekliler için 5-8 dönüş önerilebilir. 4'ten az dönüşler için aşırı yatırım maliyeti gerektiren çok yüksek kapasiteli yükleyiciler gerektirirken, 6'dan fazla dönüşler de artan yükleme süreleri nedeniyle daha fazla sayıda kamyon ihtiyacını doğurmaktadır. Kamyonlar için,

$$\text{Devir süresi, } T = t_1 + t_s + t_h + t_d + t_r$$

eşitliği ile basitçe bulunur. Burada,

- $t_1$  : kamyon doldurma süresi (dolma zamanı)
- $t_s$  : kepçe yanında yüklenmeye hazır duruma gelme süresi
- $t_h$  : nakletme süresi (yükli hareket zamanı)
- $t_d$  : manevra ve boşaltma süresi
- $t_r$  : dönüş süresi (boş hareket zamanı)

#### Gereken kamyon büyüklüğü ve sayısı - Kılavuz

Kepçe ve kamyon beraberliğinde uygun bir uyum sağlamak için hesaplanan kapasitenin  $\pm\%5$  aralığında bir değere sahip kamyon seçilmelidir. Aksi takdirde küçük kapasiteli kamyonların aşırı yüklenmesi sonucunda tehlike riskleri ortaya çıkar.

Kural olarak, gereken kamyon sayısı ( $N_t$ ) hesabında eğer bulunan değer ondalık kısmı 2 ve daha fazla ise bir üst tam sayıya yuvarlanmalıdır. Örneğin; eğer  $N_t$  5.12 ise 5, 5.3 ise 6 kamyon olarak alınmalıdır. Kamyon sayısı, kamyon kapasitesi ve kepçe kapasitesi ilişkileri aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir.

$$N_t = \frac{P_s}{P_t} = \frac{\text{Kepçenin üretim kapasitesi (ton/saat)}}{\text{Kamyon nakletme kapasitesi (ton/saat)}}$$

$$P_t = \frac{3600 * C_t * E}{T} \quad (\text{ton/saat})$$

- $C_t$  : Kamyon kapasitesi (metrik-ton yada kısa-ton)
- $E$  : Verimlilik
- $T$  : Devir süresi

Devir süresinin ( $T$ ) bulunması için kamyon dolma zamanı ( $t_1$ ) hesaplanmalıdır:

$$t_1 = t_s * n$$

Bu eşitlikte  $n$ , kamyonun dolması için gerekli kepçe sayısını ifade eder.

$$n = \frac{C_t}{C_c} = \frac{\text{Kamyon kapasitesi (ton)}}{\text{Kepçe kapasitesi (ton/devir)}}$$

$$C_c = C_d * \delta_b * F/S$$

Bu eşitlikte:

$C_d$  : Kepçe kapasitesi ( $m^3$  yada  $yd^3$ )

$\delta_b$  : Malzemenin yerinde birim ağırlığı ( $ton/m^3$  yada  $ton/yd^3$ )

S : Malzeme kabarma faktörü

F : Kepçe dolma faktörü

### 3.6.6.3 Yükleme ve taşıma birimlerinin birlikte çalışması (Senkronizasyon)

Kazı-Yükleme ve taşıma birimlerinin seçimlerini tamamlamadan önce yapılması gereken son bir kontrol bu makinelerin birbirleriyle olan uyumu, yani senkronizasyonudur. Yükleme biriminin devirsel çalışma içindeki uyumu incelenirken;

- 1) yükleyicinin kamyonları beklemediği,
- 2) kamyonların uzun süre beklemedikleri (kısa bir süreyi aşmayacak)

hususlarına dikkat edilmelidir. Eğer bu uyum uygun şekilde değil ise makinelerin seçimi yeniden gözden geçirilmeli ve ayrıca devir (hazırlanma-bekleme, hareket yada boşaltma süreleri) süresi değiştirilmelidir.

Doldurma süresi hesaplanırken hazırlanma ve boşaltma süreleri çalışma koşullarına göre, bazı çizelgeler yardımıyla tahmin edilmektedir (Çizelge 19).

Çizelge 19. Kamyon ve treyler için hazırlanma ve boşaltma süreleri.

Çalışma koşulları	Hazırlanma süresi (dak)		Boşaltma süresi (dak)	
	Kamyon	Treyler	Kamyon	Treyler
İyi	0.15	0.15	1.00	0.30
Orta	0.30	0.50	1.30	0.60
Kötü	0.50	1.00	1.80	1.50

Senkronizasyon şu eşitlikle de kontrol edilebilir;

$$T \leq N_t (t_1 + t_s)$$

Bu eşitliğe göre, bir kamyonun devir süresi, T, kepçe ile çalışacak kamyonların tümünün hazırlanma ve boşaltma sürelerinden az olmalıdır.

### 3.6.6.4 Kepçe/kamyon'un uyumlu kullanma sistemi (Dispatch)

Üretimi gereken uygun koşullara getirmek için öncelikli olarak yükleme ünitesi ile taşıma ünitesinin dinamik anlamda dengelenmesi gerekir.

Böyle bir sistemde;

- makina konumlarının girdileri,
- sistem mantığı (taşıma süresi, üretim, vb.),
- mantığın uygulanması,



gibi unsurların iyi tanımlanması ve belirlenmesi gereklidir.

Dispatch sistemleri yapıma biçimlerine göre el ile, yarı otomatik ve otomatik olmak üzere üç şekilde yapılabilir.

### ***i) El ile yapılan sistem***

Bir izleyici ocağın bütün girdilerini ve çıktılarını, her bir kepçenin durumlarını da izleyerek kaydeder. İzleyici, ya belirlenmiş kurallara göre ya da daha önce yapılan çalışmalara göre hazırlanmış dispatch tablolarına göre, hangi kamyonun hangi kepçeye gideceğine karar verir.

Bu sistemin maliyetinin düşük olması gibi bir avantaja sahip olmasına rağmen yapılan bir atamanın doğru olup olmadığının belirlenmesinin en az bir saat alması, dispatch tablolarının genellikle bir haftalık gözlemlerle hazırlanmış olması nedeniyle devir sürelerinin gün ya da saat içinde değişebilmesi ve sistemin uygulanabilme boyutunun kısıtlı olması gibi sakıncalara sahiptir.

### ***ii) Yarı otomatik sistem***

Böyle bir sistemde bir dispatcher, küçük bilgisayara ve kamyonlarla sesli haberleşme sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Sistem şöyle çalışmaktadır:

- 1) Makinanın durumu gözlemlerle ya da telsiz haberleşmesiyle dispatcher'a aktarılır,
- 2) Dispatcher almış olduğu bilgisayara aktararak önceden hazırlanmış mantık temelinde analiz eder. Bu analizde; makinanın durumu (çalışıp çalışmadığı, cevher ya da pasada mı çalıştığı), üretim gereksinimi, tenör gereksinimi ve önceki veriler değerlendirilir.
- 3) Dispatcher kamyonun yönlendirilmesi hakkında bilgi verir,
- 4) Devrin tamamlanması bilgileri dispatcher tarafından bilgisayara verilir. Bilgisayar veri tabanını yeni bilgileri de ekleyerek günceller ve gerektiğinde çalışma raporlarını sunar.

### ***iii) Otomatik sistem***

Pahalı ancak yüksek verimlilik sağlayan bir sistemdir. Böyle bir sistemde;

- 1) Elektronik cihazlarla teçhiz edilmiş kamyonlar ocağa her giriş ve çıkışlarında sisteme otomatik sinyal gönderirler,
- 2) Bu sinyaller bilgisayarın veri tabanında bulunan özel bilgi setine ulaşır ve bilgisayar kamyonu belirli olan yönlendirme mantığına göre yönlendirir,
- 3) Bilgisyardan yönlendirme bilgisi ya kamyonun üzerindeki bir gösterge tablosuna ya da ocak girişine yerleştirilen elektronik bir panoya gönderilir. Bu işlem bir kaç saniye sürer.
- 4) Kamyon yönlendirildiği noktaya vardığında sürücü önünde bulunan bir düğmeye basarak bilgisayara bir sinyal gönderir ve bilgisayar kamyonun konumunu (bekleme) doğrular.
- 5) Bu sistemde görev yapan bir personel işlem akış (ör., üretim artışı, kepçenin durması, tenörün yükselmesi, vb.) bilgilerini takip eder.

### **Dispatch sisteminin ayarlanması**

Bir dispatch sistemi aynı üretim miktarını daha az makinayla sağlayacak şekilde ayarlanmasını ve böylece ana yatırım ve işletme maliyetlerinde önemli ölçüde tasarruf edilmesini sağlar. İhtiyaca cevap

### Açık İşletmelerde Üretim Yöntemleri

verecek gelişmiş bir dispatch sisteminin kurulması 500000-1000000 dolar arasında bir maliyetle gerçekleştirilebilir (1979 yılı rakamları ile). Bu rakam ilk bakışta yüksek görünse de aşağıdaki bilgiler ışığında değerlendirildiğinde ekonomik bir yaklaşım olduğu anlaşılmaktadır. Şöyle ki,

10-12 yd<sup>3</sup>'lük bir kepçenin yatırım maliyeti 1350000-1650000 dolar, işletme maliyeti 400000-500000 dolar arasında değişir. Ayrıca 120-180 kısa-ton'luk bir taşıma kamyonunun yatırım değeri 450000-600000 dolar, yıllık işletme (5000 saat) maliyeti 300000-400000 dolar civarındadır. En kötümser tahminle, bir dispatch sisteminin makina sayısında sağlayacağı %10'luk bir azalma, aynı üretim miktarı için 140 kamyonluk bir filoda 4 kamyonun eksilmesi anlamına gelir.

### **Geleneksel Arkadan Boşaltmalı Kamyonlar**

#### Üstünlükleri

- 1) Değişik özelliklerdeki malzemeyi taşımaya yatkındır,
- 2) Eğime karşı güçlüdür (182-243 kg/kW),
- 3) Ağırlık dağılımının uygunluğu nedeniyle iyi çekiş gücüne sahiptir,
- 4) Zor yol koşullarında dahi yüksek verimlilik sağlar,
- 5) Hareket yeteneği yüksektir,
- 6) Sert yükleme şartlarına uygundur,
- 7) Maksimum derecede esneklik sağlar.

#### Sakıncaları

- 1) Yüksek lastik yükü nedeniyle uzun mesafeli taşımalar için uygun değildir,
- 2) Yükünü boşaltmak durma, dönme, kaldırma gibi hareketleri yapması gerekir,
- 3) Düşük oranlı yük kapasitesine sahiptir.

### **Traktör Treylerler**

#### Üstünlükleri

- 1) Değişik özelliklerdeki malzemeyi taşımaya yatkındır,
- 2) Uzun mesafeli taşımalar için uygundur,
- 3) Taşıma kapasiteleri yüksektir.

#### Sakıncaları

- 1) Eğime karşı güçsüzdür (274-365 kg/kW),
- 2) Yükün dengesiz dağılımı nedeniyle düşük çekiş gücüne sahiptir,
- 3) Manevra yeteneği zayıftır,
- 4) Alttan boşaltmalı olduğu için malzemenin serbest akması gerekir,
- 5) Sert yükleme şartlarına uygun değildir.

### **Altan Boşaltmalı Kamyonlar**

#### Üstünlükleri

- 1) Eğime karşı orta düzeyde güçlüdür (228-335 kg/kW),
- 2) Orta derecede çekiş gücüne sahiptir,
- 3) Orta derecede manevra yeteneği vardır,
- 4) Zor yol koşullarında orta derecede verimlilik sağlar,
- 5) Uygun lastik yükü nedeniyle uzun mesafeli taşımalar için uygundur,

- 6) Siloların üzerine boşaltmak için uygundur,
- 7) Uygun oranlı yük kapasitesine sahiptir.

Sakıncaları

- 1) Malzemenin serbest olarak akması gerekir,
- 2) Sert yükleme şartlarına uygun değildir.

**3.6.6.5. Kapasite hesaplamalarına ait bazı örnekler**

Örnek 1:

80 ton kapasiteli bir kamyonu 20 yd<sup>3</sup> kapasiteli bir yükleyici ile kömür yüklenmektedir. Eğer kömürün yoğunluğu (gevşek) 1500 lb/yd<sup>3</sup> ve kepçe dolma faktörü 0.8 ise kamyonu doldurmak için gerekli olan kepçe sayısını hesaplayınız.

Çözüm 1:

$$\begin{aligned} C_d &= 20 \text{ yd}^3 \\ F &= 0.8 \\ d &= 1500 \text{ lb/yd}^3 \\ \text{Kamyon kapasitesi} &= (80 \cdot 2000) / 1500 = 106.67 \text{ yd}^3 \\ \text{Kepçe sayısı} &= 106.67 / (20 \cdot 0.8) = 6.67 \rightarrow 7 \text{ kepçe.} \end{aligned}$$

Örnek 2:

85 ton kapasiteli bir kamyonu 15 yd<sup>3</sup> kapasiteli bir yükleyici ile kömür yüklenmektedir. Eğer kömürün birim ağırlığı (gevşek) 1400 lb/yd<sup>3</sup> ve kepçe dolma faktörü 0.9 ise kamyonu doldurmak için gerekli olan kepçe sayısını hesaplayınız. Yükleyicinin devir süresi 32 sn ve dakikadaki zaman verimliliği 50 saniye olduğuna göre bir saatte doldurulabilecek kamyon sayısını bulunuz.

Çözüm 2:

$$\begin{aligned} C_d &= 15 \text{ yd}^3 \\ F &= 0.9 \\ d &= 1400 \text{ lb/yd}^3 \\ t_s &= 32 \text{ sn.} \\ E &= 50/60 = 0.83 \\ \text{Kamyon kapasitesi} &= (85 \cdot 2000) / 1400 = 121.43 \text{ yd}^3 \\ \text{Kepçe sayısı} &= 121.43 / (15 \cdot 0.9) = 8.99 \rightarrow 9 \text{ kepçe.} \end{aligned}$$

$$C_d = \frac{Q \cdot t_s \cdot s}{3600 \cdot D \cdot E \cdot F \cdot A} \rightarrow 15 = \frac{Q \cdot 32 \cdot s}{3600 \cdot D \cdot 0.83 \cdot 0.9 \cdot A} \rightarrow Q = 1260.6 \text{ yd}^3/\text{saat}$$

(s, D, A = 1 varsayılmıştır)

$$\text{Saatteki kamyon sayısı} = 1260.6 / 121.43 = 10.38 \rightarrow 11 \text{ kamyon.}$$

Örnek 3:

Aşağıda verilenlere göre;  
Yıllık örtü kazı miktarı =  $13.5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$   
Yükleyici kepçe kapasitesi = 15 yd<sup>3</sup>

### Açık İşletmelerde Üretim Yöntemleri

Kamyon kapasitesi = 65 kısa-ton  
Yıllık çalışma günü sayısı = 270 gün  
Yükleyicinin devir süresi = 33 sn  
Dolma faktörü = 0.9  
Örtü malzemesinin kabarma yüzdesi = %60 (Kabarma faktörü = 1.6)  
Genel verimlilik = 0.8  
Kamyonun dolma süresi = 35 sn  
Taşıma süresi = 220 sn  
Dönüş süresi = 190 sn  
Boşaltma süresi = 70 sn

- Kamyonu doldurmak için gerekli kepçe sayısını,
  - Kamyonun saatteki taşıma miktarını,
  - Yükleyicinin saatteki üretim miktarını,
  - Bir yükleyici için gerekli olan kamyon sayısını,
  - Gereken toplam kamyon ve yükleyici sayısını,
- hesaplayınız.

#### Cözüm 3:

Çalışma süresi, saat/yıl = 270 \* 18 = 4860 saat/yıl  
Kamyon kapasitesi = 65 \* 0,907 = 58,96 ton  
Malzeme hacmi = 58,96/2.5 = 23,58 m<sup>3</sup>  
Kabarmış hacim = 23,58 \* 1,6 = 37,73 m<sup>3</sup>  
Kepçe kapasitesi = 15 \* 0,7645 = 11,47 m<sup>3</sup>

a) Gerekli kepçe sayısı = 37,73 / (11,47\*0,9) = 3,65 ⇒ 4 kepçe.

b) T = 35+190+170+220+132 = 647 san (yükleme süresi = 4 kepçe \* 33 san = 132 san)

$$P_t = \frac{3600 * C_t * E}{T} = \frac{3600 * 37,73 * 0,8}{647} = 168 \text{ m}^3/\text{saat}$$

$$c) C_d = \frac{Q * T_s * s}{3600 * D * E * F * A} \Rightarrow 11,47 = \frac{Q * 33 * 1,6}{3600 * 0,8 * 0,9 * 1} \Rightarrow Q = 563,07 \text{ m}^3/\text{saat}$$

d) Yıllık üretim = 563,07 \* 4860 = 2.736.520,2 m<sup>3</sup>/yıl

$$\text{Kepçe sayısı} = \frac{13,5 * 10^6 \text{ m}^3 / \text{yıl} * 1,6}{2736520,2 \text{ m}^3 / \text{yıl}} = 7,84 \Rightarrow 8 \text{ kepçe} + 1 \text{ yedek} = 9 \text{ kepçe}$$

$$\text{Kamyon sayısı} = 563,07/168 = 3,35 \Rightarrow 4 \text{ kamyon/kepçe} (0.35 > 0.2)$$

e) 4 kamyon/kepçe \* 8 kepçe = 32 kamyon + 5 yedek = 37 kamyon

#### Örnek 4:

Bir açık ocakta paşa malzemesini 835 m rakımdan 970 m rakıma taşımak için 85 kısa-ton (77 ton) kapasiteli bir kamyon seçilmiştir. Taşıma yolunun uzunluğu 1506 m'dir. Aşağıdaki bilgilere göre kamyonun eğim yukarıya doğru boş ve dolu olarak gidip gidemeyeceğini hesaplayınız.

Kamyonun boş ağırlığı = 119000 lb  
Yük kapasitesi = 85 kısa-ton (=77 ton)  
Dingil yükü (boş iken) = 59000 lb  
Dingil yükü (dolu iken) = 134000 lb  
Çekiş gücü katsayısı = 0,3  
Dönüş direnci = %2  
Not : 1 ton=2000 lb alınız.

#### Çözüm 4:

Eğim direnci =  $(970-835) / 1506 = 0,0896 \sim 0,09$   
Araç brüt ağırlığı (ABA) =  $11900 + 85*2000 = 289000$  lb  
 $R_cR = GVW * TR/100$                        $TR = GR + RR = \%9 + \%2 = \%11$   
=  $289000 * 11/100 = 31790$  lb (yüklü)  
 $UR = 134000 * 0,3 = 40200$  lb (yüklü)  
 $UR > R_cR \Rightarrow$  Kamyon eğim yukarı yüklü olarak gidebilir.  
 $R_cR = 119000 * 11/100 = 13090$  lb (boş)  
 $UR = 59000 * 0,3 = 17700$  lb (boş)  
 $UR > R_cR \Rightarrow$  Kamyon eğim yukarı boş olarak gidebilir.

### **3.7. BÜYÜK BOYUTLU MAKİNA ve SİSTEM SEÇİMİ**

Bu makinalar bağlı olan kepçe sayısına göre ikiye ayrılırlar:

- 1) Tek kepçeli örtü kazı makinaları: Yürüyen çekme kepçeler (Walking Dragline) ve örtü kazı yükleyiciler (power shovel). Bunların daha küçük boyutlu ve paletli olan tipleri de mevcuttur.
- 2) Çok kepçeli örtü kazı makinaları: Döner kepçeli ekskavatörler (Bucket Wheel Excavator).

Çalışma sistemleri olarak genelde; çekme kepçeler buldukları basamağın altında kazı yaparlarken, örtü kazı yükleyiciler ve döner kepçeli kazıcı yükleyiciler buldukları basamakta kazı yaparlar. Bu makinalar genelde düzgün geometriye sahip büyük boyutlu ve alan madencilik denilen madencilik faaliyetlerindedeki kullanılırlar ki bu tanıma en uygun maden ise kömür madencilikidir.

Makinaların seçiminde, yüksek yatırım maliyetleri gerektiren bir işlem ve verilecek yatırım kararlarının geri dönülmez olması nedenleriyle aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi oldukça önemlidir.

- Öncelikle maden yükleme makinaları için üretim ihtiyacı sabitlenir ve buna göre örtü kazı makinasının üretimi hesaplanır.
- Kazılacak olan maksimum malzeme hacmi örtü kazı makinasının üretiminin hesaplanmasında esas etkindir ve maksimum ocak derinliği buna ulaşmada belirleyicidir.
- Damar yapısı sadece açılan cevherin üretimine izin verebilir. Bu durumda örtü kazı ve yükleme makinaları birbirleriyle uyumlu seçilmelidir.
- Ürün talebi sezonluk olması, stoklamanın mümkün ve ekonomik olmaması durumunda, işletmenin yapısı maksimum üretim ihtiyacını karşılayabilecek makinaların kullanımı üzerine kurulmalıdır.
- Eğer tenörde önemli değişiklik oluyorsa ve stoklama uygulanabilir değilse, bir seri küçük çaplı kazılar yapılarak cevher çıkarılabilir ve bu durumda da daha çok sayıda düşük kapasiteli makinalar kullanılabilir.

### **3.7.1. Yürüyen Çekme Kepçeler**

Kullanılan en büyük yürüyen çekme kepçe; 170 m<sup>3</sup> kepçe kapasitesine, 95 m bum (boom) uzunluğuna, 12700 ton gövde ağırlığına ve 36000 kW (48500 BG) motor gücüne sahiptir. Bu makineler aşağıdaki kullanım ve tasarım özelliklerine sahiptir:

- 1) Doğrudan, nakliye için ilave araca gerek kalmaksızın, döküm uygulamaları için kullanılır.
- 2) Tasarımında geniş oturma tabanı kullanılması nedeniyle çalıştığı zemin üzerine düşük oturma basıncı uygulamaktadır. Güvenlik bakımından dönme eksenini kenarından yeterince uzaktadır. Ancak bu özellik makinenin kazı ulaşım mesafesini azaltmaktadır.
- 3) Az pekişmiş, iyi parçalanmış kaya malzemeler için düşük kapasiteli; sert fakat iyi patlatılmış malzemeler için yüksek kapasiteli çekme kepçe makineler kullanılır.
- 4) Çekme kepçenin çalışacağı basamağın hazırlanmasında yapılacak patlatmanın kepçe doluluk verimliliğini en iyi şekilde sağlayacak parçalanmayı sağlamalıdır. Ancak, aynı zamanda, makinenin kazı ve yürüyüş hareketleri esnasında herhangi bir basamak duraysızlığı (çökme) yaratmayacak kadar sağlam olmalıdır. Bu nedenle kontrollü patlatma yapılmalıdır.

### **3.7.2. Örtü Kazı Yükleyiciler**

Bu sınıfta üretilmiş en büyük makine; 138 m<sup>3</sup> kepçe kapasitesine, 65 m bum (boom) uzunluğuna ve 22500 kW (30000 BG) motor gücüne sahiptir.

Bu makineler de aşağıdaki kullanım ve tasarım özelliklerine sahiptirler.

- 1) Uygun yönde kepçe doluluk hareketi, daha kısa dönüş zamanı ve sert, ağır malzemeleri yükleme yetenekleri nedeniyle genellikle çekme kepçelerden daha üretkendirler.
- 2) Oturma zemini sıkı olmalı ve büyük makineler için, palet ömrünü yeterli tutmak ve oturma zemininde lokal olarak oluşabilecek aşırı yüklenmeyi azaltmak için zeminin hazırlanması gerekebilir.

### **3.7.3. Çekme Kepçeye Karşı Örtü Kazı Yükleyiciler**

Bu makinelerin kullanım alanları genelde çakışmaktadır. Tercihler yapılırken şu hususlara dikkat edilmelidir:

- 1) Kazıcı yükleyiciler genellikle daha üretkendirler. Yükleyiciler birim m<sup>3</sup> kepçe kapasiteleri için yaklaşık 42 m<sup>3</sup> yerinde malzeme, çekme kepçeler birim m<sup>3</sup> kepçe kapasiteleri için yaklaşık 35 m<sup>3</sup> yerinde malzeme kazabilirler. Diğer tarafta ise aynı basamak genişliği yada kepçe kapasitesi için çekme kepçe daha düşük kütleyle (işletme ağırlığı) ve daha az ana yatırım maliyetine sahiptir. Çekme kepçeler daha uzak erişim ve kalın örtü tabakalarında daha üstün ayırdedici özelliklerine sahiptir.
- 2) Kazıcı yükleyiciler cevher yatağının üzerinde çalışırlar ve ortalama 350-428 kN/m<sup>2</sup>'lik bir basınç uygularlar. Bu basıncın tehlike yaratabileceği, göçme tehlikesi olan yerlerde çekme kepçe kullanılmalıdır. Çünkü çekme kepçeler daha geniş bir alan içinde kendileri için sağlam bir oturma zemini bulabilirler.
- 3) Eğer cevher yatağının yüzeyi düzensiz yada az düzenli ise çekme kepçe kullanımı daha uygun olur.

- 4) Başlangıç aynasının kesiminde çekme kepçeler daha uygundur.
- 5) Malzeme eğer düşük yığın açısına sahipse uzak kepçe erişim özelliği nedeniyle çekme kepçe kullanımı daha uygundur.
- 6) Büyük örtü kazı makineleri önemli ana yatırımlar gerektirir. Nispeten hareketsizdirler fakat ıslak şartlarda kazıcı yükleyiciler üstünlük sağlarlar ki aynı koşullarda çekme kepçeler basamak üzerinde duramazlar.
- 7) Yükleyicilerde aşınma noktaları, örneğin hidrolik manivelalar, paletler ve palet sürücülerini, gibi, daha fazladır. Bu nedenle sıcak ve tozlu ortam koşullarında çekme kepçelere göre daha yüksek bakım maliyeti getirirler.
- 8) Örtü malzemesi sert ve ağır olduğu şartlarda yükleyiciler tercih edilir.
- 9) Sağlam yataklar, süreksizlikler ve açık eklemler nedeniyle kötü parçalanma olduğunda yükleyiciler daha uygundur.
- 10) Yüksek üretim gerektiren, orta kalınlığa kadar örtü bulunan büyük cevher işletmelerinde yükleyici kullanımı daha ekonomiktir.
- 11) Büyük yükleyicilerin paletleri kırılabilir maden yataklarında (ör., kömür, jips) uyguladığı basınç etkisiyle parçalanma yaparak patlatma yapma ihtiyacını azaltır.

Tercih ekonomik değerler üzerinde yapılmalıdır, ancak bazı düşüncelerin sayısal olarak ifade edilmesi güçtür.

AN-FO gibi pahalı olmayan patlayıcıların kullanımı patlatma maliyetini önemli ölçüde düşürmektedir. Bu da malzemenin iyi patlatılmış olması koşulunu gerektiren çekme kepçe kullanımını teşvik etmektedir. Diğer tarafta büyük hafif kepçeye sahip modern büyük yükleyicilerin iyi patlatılmış malzeme gerektirmeleri nedeniyle üstünlüğü azalmaktadır.

Genel olarak, iyi patlatma nihai maliyeti azaltmaktadır çünkü:

- sağlanabilirlik artmakta,
- bakım maliyeti düşmekte,
- kepçe dolma süresi azalmakta,
- kepçe dolma faktörü artmaktadır.

#### 3.7.4. Büyük Boyutlu Ekipmanların Seçim yöntemi

Büyük boyutlu örtü kazı makinasının seçiminde yapılması gereken esas adımlar:

- 1) Yaklaşık kepçe kapasitesinin hesaplanması,
- 2) Makina boyutlarının belirlenmesi,
- 3) Standart bir aralık içinde seçilmesi (ve seçilen modelin tekrar gözden geçirilmesi)

Kepçe kapasitesi, diğer ekskavatörlerde olduğu gibi, aşağıdaki formül aracılığı ile bulunur.

$$C_d = \frac{Q \cdot t_s \cdot S}{(3600) \cdot E \cdot F \cdot D \cdot A}$$

Bu eşitlikte:

$C_d$  : kepçe kapasitesi ( $yd^3$  yada  $m^3$ )

$Q$  : örtü kazı miktarı (cevher üretim ihtiyacına göre belirlenmelidir)

### Açık İşletmelerde Üretim Yöntemleri

Çünkü yüksek yatırım gerektiren örtü kazı makinaları günde 22.5 saat ve yılda 350 gün çalışacak şekilde programlanmaktadır.

$t_s$  : devir süresi (sn) – Çizelge 22'den alınabilir

A : dönüş düzeltmesi, yükleyicinin 90°, çekme kepçenin 120° dönüşleri için 1 olarak alınır

F : dolma faktörü → Çizelge 21'den alınabilir.

E : verimlilik katsayısı

D : kesme derinliği düzeltme katsayısı

S : malzeme kabarma faktörü → Çizelge 21'den alınabilir.

Çekme kepçeler ve ekskavatörlerle (Power Shovel) ilgili bazı değişkenler karşılaştırmalı olarak Çizelgeler 20-23'te verilmektedir.

Çizelge 20. Ekskavatör (Power Shovel) ve çekme kepçelerin saatteki yaklaşık devir sayıları.\*

Kepçe kapasitesi		Çekme Kepçe	Ekskavatör
yd <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		
8-35	6-27	58	69
36-59	28-45	56	68
60-200	46-150	53	64

\* Bu çizelge ekskavatör için 90°, çekme kepçe için 180° dönüş açısı temel alınarak hazırlanmıştır.

Çizelge 21. Örtü kazı makinalarının kabarma ve kepçe dolma faktörleri\*

Örtü malzeme şartları	Malzeme Kabarma Faktörü	Ekskavatör (Power Shovel) Kepçe Dolma Faktörü	Çekme Kepçe Kepçe Dolma faktörü
Hafif şekilde patlatma	1.23	0.90 – 0.95	0.85 – 0.90
Orta kalitede patlatma	1.33	0.85 – 0.95	0.80 – 0.90
İyi derecede patlatma	1.40	0.80 – 0.90	0.75 – 0.85
Kötü parçalanma	1.45	0.75 – 0.85	0.70 – 0.75

\* Doluluk oranlarında alt sınır değerleri küçük kapasiteliler, üst sınır değerleri büyük kapasiteliler için

Çizelge 22. Örtü kazı makinaları için teorik devir süreleri (saniye).

Kepçe kapasitesi		Çekme kepçe				Ekskavatör (Power Shovel)		
yd <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	90°	120°	150°	180°	90°	120°	150°
19'a kadar	15'e kadar	55	62	69	77	51	57	63
20-34	16-26	56	63	70	78	52	58	64
35-59	27-44	57	64	71	79	53	59	66
60-74	45-57	59	65	72	80	54	61	67
75-120	58-92	60	66	73	81	55	62	68
120-200	93-150	62	69	76	84	57	63	70



Çizelge 23. Yürüyen çekme kepçelerin ve ekskavatörlerin (Power Shovel) karakteristik özelliklerinin yaklaşık değerleri.

Yürüyen Çekme Kepçe										
Kepçe boyutu		Dökme yarıçapı		Dökme yüksekliği		Ayaklar arası mesafe		Kütlesi	Balast	FOB değeri
yd <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	M	ft	m	ft	m	ft	t	t	£*1000 <sup>¥</sup>
15	11.5	50	165	21	70	14	45	470	115	350
20	15	58	180	23	75	16	52	550	160	500
40	31	67	220	26	85	22	72	1250	200	1050
50	38	79	260	30	100	23	76	1950	250	1500
60	46	84	275	37	120	27	90	2900	320	2300
90	70	92	300	41	135	32	105	4200	340	2700
110	85	92	300	44	145	35	115	5700	370	4000

Ekskavatör (Power Shovel)										
Kepçe boyutu		Dökme yarıçapı		Dökme yüksekliği		Paletler arası mesafe		Kütlesi	Balast	FOB değeri
yd <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m	ft	m	ft	m	ft	t	t	£*1000 <sup>¥</sup>
40	31	38	126	27	90	13.5	44	1300	350	1100
60	45	43	140	30	100	14.5	48	2000	600	1800
80	62	59	160	37	120	17.5	58	3500	870	2600
90	70	55	160	43	140	18.5	60	4100	950	3100
100	77	60	195	44	145	20	65	4900	1050	3800
120	92	63	205	46	150	23	75	7200	1350	4700
180	140	65	215	46	150	27	88	11000	1650	7900

<sup>¥</sup> 1971 yılı değerlerine göre. Nakliye, sigorta, gibi bedeller ilave edilmemiştir.

Küçük boyutlu paletli çekme kepçelerle ilgili bazı teknik özellikler Çizelge 24'te verilmiştir.

Çizelge 24. Paletli çekme kepçelerin üretim kapasiteleri (yerinde hacim olarak)\*

Kepçe kapasitesi		Bum uzunluğu		Üretim, yd <sup>3</sup> /saat (yerinde) Kazı koşulları**		
yd <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	ft	m	<i>E</i>	<i>M</i>	<i>M-H</i>
3	2.5	65	20	220	135	70
4	3	70	21	250	160	85
5	4	80	24	315	200	105
6	4.5	100	30	330	215	115
7	5.5	140	43	341	224	125
10	8	160	49	435	290	160

\* Bu çizelge 0.8 iş verimlilik faktörü, 0.75 doluluk faktörü, 1.35 malzeme kabarma faktörü ve 110° dönüş açısı temel alınarak hazırlanmıştır. Yürüyüş faktörü dikkate alınmamıştır.

\*\* E: kolay kazı; M: orta zor kazı; M-H: orta zor-zor kazı.

### 3.7.5. Büyük Ölçekli Makinaların Boyutları

Bu makinalarda iki ana boyut oldukça önemlidir. Bunlar;

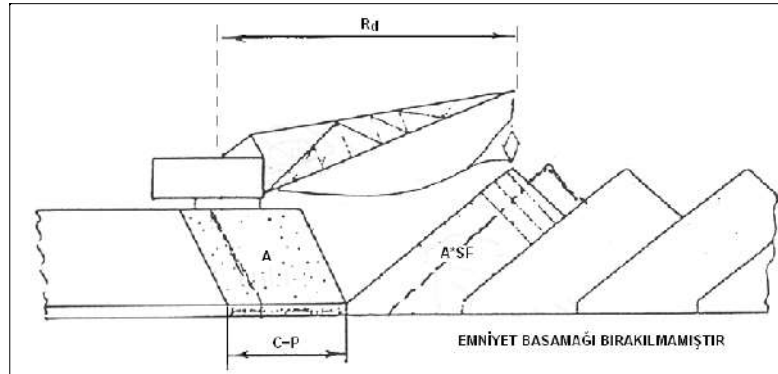
- 1) Boşaltma yarıçapı,
- 2) Boşaltma yüksekliği'dir. (Çizelge 23)

Bum'un uzun olması üretimi artırmasına karşın, ancak aşırı bum uzunluğunun da bazı sakıncaları olması nedeniyle genelde emniyet basamağı kullanılmaz ve kesme genişliği basamak genişliği ile eşit tutulur. Şekil 27'de tipik bir çekme kepçe çalışması görülmektedir. Dar basamak kesmeleri yapıldığında daha kısa bum uzunluğuna sahip makinalar kullanılır ve böylece de yatırım maliyeti düşer. Ayrıca, döküm tepelikleri arasındaki çukurlar küçük olacağı için döküm alanı en verimli şekilde kullanılmış olur. Bum boyunun kısılması devir süresini azaltır ve kazı kapasitesini artırır. Ocak içi genişlik yükleme makinalarının daha rahat çalışabilmeleri, çalışanların ve makinaların güvenliği bakımından gereken minimum ölçülerden daha geniş yapılabilir.

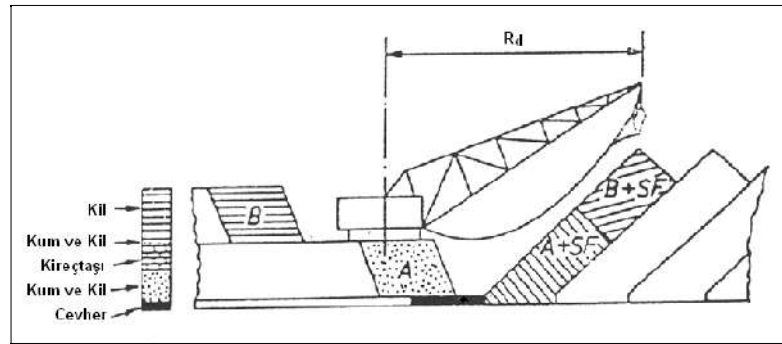
Basamak genişliği seçimi önemli bir faktördür ve her işletme kendi şartlarına uygun genişlikleri seçmelidir. Ancak, yaygın uygulama pratiği olarak, basamak genişlikleri;

- düşük kapasiteli ekskavatörler için, basamak genişliği 15-18 m
- yüksek kapasiteli ekskavatörler için, basamak genişliği 24-30 m olarak önerilebilir.

Örtü malzemesinin taşıma dayanımı çekme kepçe için gerekli olanın çok altında ise makinanın emniyetli çalışabilmesi için çalışma basamağı kesitinde sağlam bir zemin bulunmalıdır (Şekil 28).

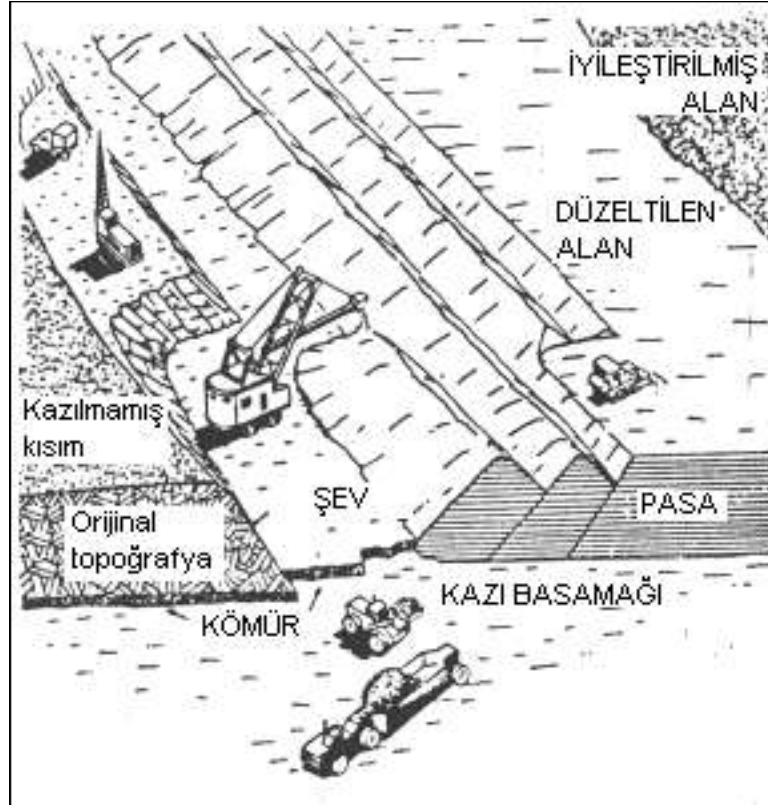
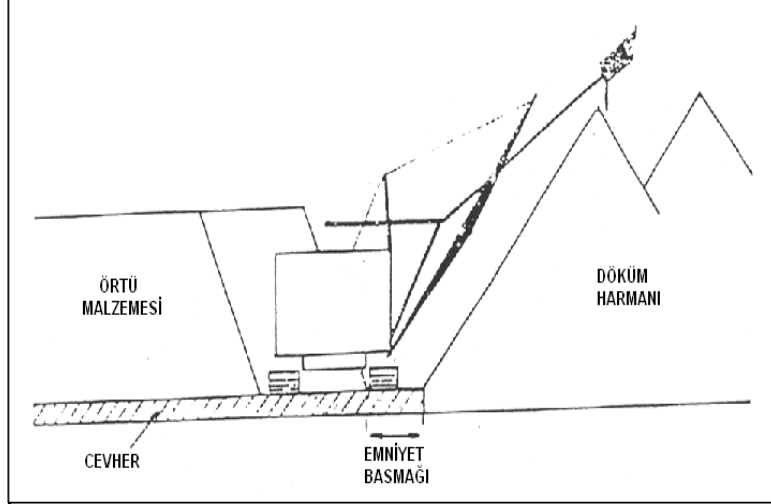


Şekil 27. İdeal çekme kepçe sıyırma işlemi.



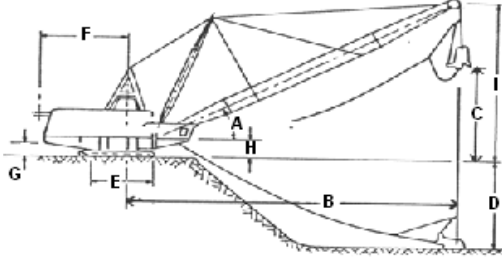
Şekil 28. Çekme kepçe orta kademedeki çalışması.

Ekskavatör (Power Shovel) kazı işlemi için ocak genişliği makinanın en yakın döküm kademesine 90° dönüş yapmasına imkan verecek ölçülerde olmalıdır. Eğer kazı kesme genişliği ocak genişliğinden küçük olursa malzemenin bir bölümü emniyet basamağı olarak kalır (Şekil 29a ve 29b). Kazı kesme genişliği cevher yükleme ve nakletme ekipmanlarının çalışması için gerekli ölçülere bağlıdır (genellikle cevher kesme genişliğine eşit tutulur).



Şekil 29. Ekskavatör (Power Shovel) için ideal çalışma durumu.

Açık İşletmelerde Üretim Yöntemleri



MODEL	Bum açısı, derece (A)	Dökme yarıçapı, ft (B)	Dökme yüksekliği, ft-in (C)	Kazı derinliği, ft-in (D)	Dış çap, ft-in (E)	Açıklık yarıçapı, ft-in (F)	Açıklık yüksekliği, ft-in (G)	Bum bağlantı yüksekliği, ft-in (H)	Bum ucu yüksekliği, ft-in (I)	Keççe kapasitesi, yd <sup>3</sup>
M 7400	30	220	104-0	117-6	31-0	38-0	4-4	7-3		9-14
P 732	30	173	84-0	115-0	37-0	30-10	5-4	10-0		13-19
M 2500	30	209	84-0	130-0	37-0	39-0	4-4	7-3		10-20
XL 480WD	40	154		80-0	36-0	38-0	4-8½	8-6	120	12-18
BE 480W	40	154		80-0	36-0	38-0	4-8½	8-6	120	12-18
M 195M	43	98	63-0	75-0		26-6	5-9	10-2		16-18
P 735	30	171	59-0	115-0	41-0	41-0	5-9	10-6		16-24
P 740	30	197	70-0	120-0	45-0	48-8	7-7	11-8		21-32
BE 800W	35	179		135-0	45-0	50-0	8-8	14-9	127	16-26
BE 1260W	30	215		130-0	55-0	52-0	9-0	14-2	129	25-40
P 752	30	221	75-0	135-0	55-0	57-0	7-6	12-0		36-48
M 7820	30	262	112-0	150-0	50-0	50-0	7-4	13-6		35-45
BE 1300W	34	215		150-0	50-0	57-0	9-0	17-2	148	42
M 7920	30	263	104-0	135-0	52-0	66-0	8-7½	12-3½		40-60
BE 1350W	38	241		150-0	52-0	66-0	8-5	15-2	180	40-50
BE 1370W	38	241		130-0	58-0	66-0	8-6	15-2	180	52
M 8000	32½	299	136-0	180-0	65-0	66-0	8-8	13-9		45-65
P 757	30	263	95-0	155-0	60-6	63-6	9-2½	15-0		45-64
P 762	30	230	113-0	70-0	75-0	75-0	9-7	15-0		62-74
P 867		275	115-0	165-0	66-0	63-0	10-3	17-5½		55-68
M 8050	33	290	135-0	200-0	65-0	66-0	8-8	13-9		50-70
BE 1500W	38	241		115-0	63-6	68-6	8-6	15-2	180	65
M 8200	37	282	137-0	150-0	58-0	68-0	11-0	14-10		60-75
BE 2450W	38	249		130-0	63-6	69-0	8-0	16-0	185	75
M 8400	30½	290	120-0	200-0	65-0	66-0	13-0	19-2		60-80
M 8750	37½	246	132-4	126-6	75-0	77-0	15-10	21-4		80-115
BE 2560W	30	274		175-0	65-0	80-0	14-0	16-0	153	90
BE 2570W	30	283		165-0	74-0	80-0	14-0	16-0	158	115
M 8850	30½	340	146-0	180-0	80-0	84-0	13-0	21-4		110-140
M 8950	34	300	137-0	155-0	80-0	78-0	16-0	22-0		140-160
BE 4250W	38	302		185-0	105-0	105-0	16-7	24-0	214	220

Şekil 30.Çekme keççe modelleri ve teknik özellikleri.

### 3.7.6. Tek Kömür Damarında Çekme Kepçe İle Örtü Kazı Çalışması

Çekme kepçeler çoklu kömür damarlarında da kullanılmalarına karşın, yaygın olarak tek kömür damarlarında kullanılır. Tek kömür damarları bir yada birden çok çekme kepçe kullanılarak örtü kazı çalışması yapılabilir. Uygulanacak örtü kazı yönteminin biçimi:

- basamak yüksekliğine,
- örtü malzemesinin yapısına,
- basamak şev açısına ve duraylılığına, ve
- dökülen malzemenin döküm açısına (angle of repose) ve duraylılığına,

bağlıdır. Bunlara ilave olarak kullanılacak çekme kepçenin boyutları da uygulanacak yöntem üzerinde önemli derecede etki eder. Yeni açılan bir ocakta çekme kepçe boyutları uygulanacak yöntemle göre belirlenirken eski çalışan bir ocakta yöntem mevcut çekme kepçenin büyüklüğüne göre uyarlanması uygun bir yöntemdir.

Bu bölümde, yatay olarak oluşmuş tek bir kömür damarı üzerindeki örtü tabakasının çekme kepçe makinası ile kaldırılmasında uygulanabilecek alternatif yöntemler anlatılmaktadır. Bu yöntemler:

#### A) İlk dilim kesme kesme yöntemleri,(Box cut)

- 1) Tekrardan kazı yapılmaksızın,
  - i) Uç (ön) kesme (End cut),
  - ii) Yan kesme (Side cut),
- 2) Tekrardan kazı yapılarak( rehandle)
  - i) Uç kesme (iki yana döküm yapılarak)- (rehandle end cut)
  - ii) Ödünç çukur alınarak yapılan kesme (Rehandle Borrow cut),

#### B) İlk dilim sonrası çalışma yöntemleri,

- 1) Basit yan kazısı (Simple side casting),
- 2) İlerletimli basamak kazısı (Advance benching),
- 3) Genişletilmiş basamak kazısı (Extended benching),
- 4) Geri çekme kazı yöntemi (Pull back method)
- 5) Diğer kazı şekilleri,
  - i) İki dragline ile yapılan genişletilmiş ara basamak yöntemi,
  - ii) Teras madenciliği (Terrace mining),
  - iii) "Roll over" madencilik,
- 6) Tesviye madenciliği (Contour mining),

şeklinde adlandırılmaktadır. Bu bölümde diğer kazı şekillerine kadar olan yöntemlerin ayrıntısına girilecek, özel yöntemler anlatılmayacaktır.

#### 3.7.6.1. İlk dilim kesmesi

Ocağa yeni başlarken yapılan ilk kesim işlemine ilk dilim kesmesi (box cut) denir ve her kazı şlemi için mutlaka yapılması gereken işlemdir. Dökülen malzemeyi tekrardan taşımamak üzere yapılan yöntemler; tekrar (mükerrer)- rehandle kazı olarak adlandırılır. Çok kalın örtü tabakası bulunan ocaklarda malzemenin

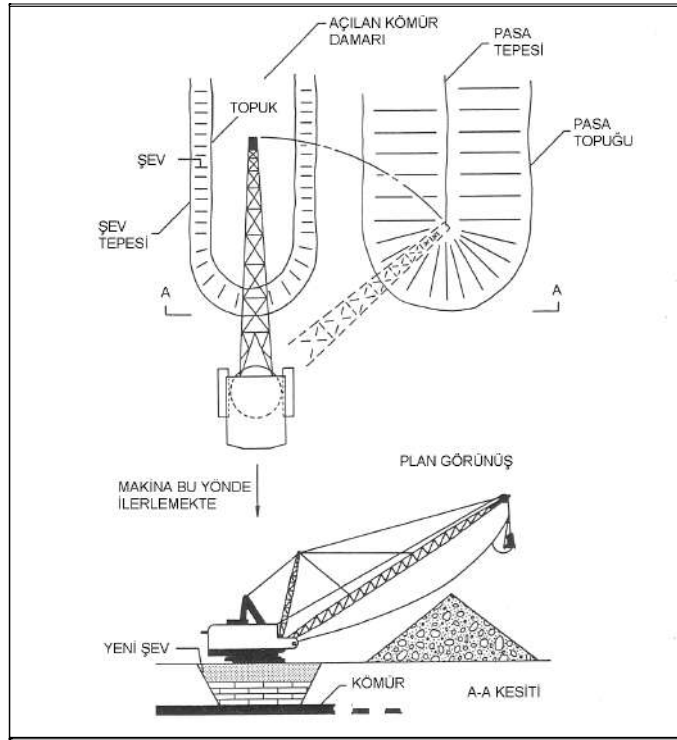
tekrar taşınması prensibine dayalı yöntemler; kutu kesmenin her iki yanına döküm ya da kutu kesmenin yan tarafına sonradan alınmak üzere geçici olarak ödünç alınan bir çukur oluşturmak şeklinde tanımlanabilir.

### 3.7.6.1.1 Tekrar kazı olmaksızın

#### a. Uçtan (önden) kesme

Uç (ön) kesme çukuru çekme kepçenin ocak basamağının ucunda konumlandırılması ile yapılır. Bu yöntem örtü kazı kalınlığının çekme kepçe ölçüleri ile karşılaştırıldığında ince olarak tanımlanabileceği durumlarda kullanılır. Böylece makina bütün malzemeyi kömür damarının uzağına dökülebilmektedir. Şekil 31'de görüldüğü gibi, bu uygulamada çekme kepçe en fazla 60°'lik bir dönüş yapmak suretiyle bütün malzemeyi dökülebilmektedir. Bilindiği gibi çekme kepçe maliyeti kaldırılan malzemenin miktarı kadar yaptığı dönme açısına da büyük oranda bağlıdır. Son kesme yöntemi dönüş açısı bakımından değerlendirildiğinde yan kesme yöntemine göre, en fazla 90°'lik dönüş yeterli olacağı için, önemli bir avantaj sağlamaktadır. Diğer yandan son kesme yöntemi çekme kepçe döküm yarıçapındaki kısıtlaması nedeniyle daha çok sığ örtü tabakalarında uygulanabilmektedir. Derinlikle birlikte kesme arttığında beraberinde döküm malzemesi hacimsel olarak artmakta ve bir noktadan sonra kesilen malzemenin tamamı döküm alanına alınamamaktadır.

Bu kutu basamak kesmelerinde tekrardan kaldırma kömür damarının döküm altında kalıp kalmama durumuna göre ya tamamen (%100) yapılır ya da hiç yapılmaz. Eğer kömür damarı, kesme işlemi ruhsatlı saha sınırında başlaması nedeniyle döküm harmanının altında kalıyorsa, kalan bu kömürün daha sonra alınması ekonomik olabilir. Burgu kazı tekniği bu tür kömürlerin alınmasında kullanılan bir yöntemdir. Aksi takdirde kalan kömür bir kayıp olarak görülür.



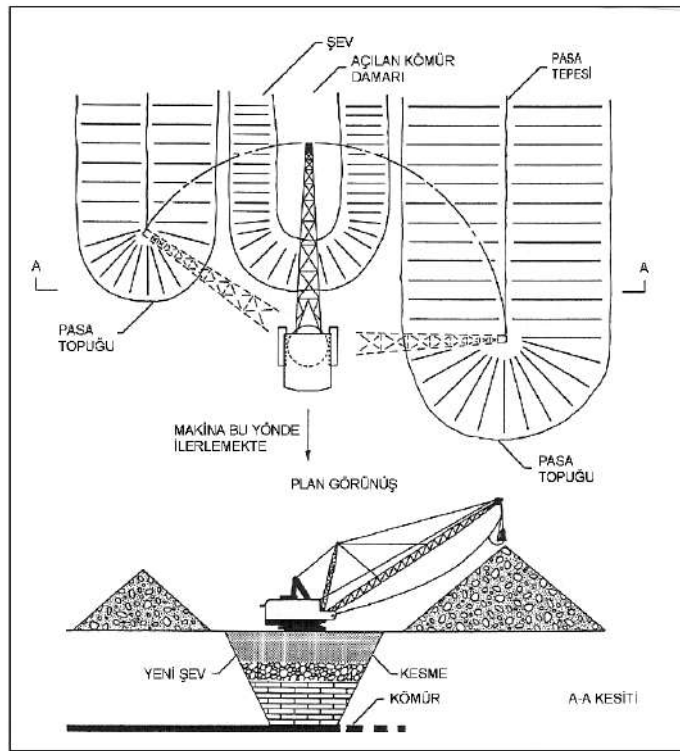
Şekil 31. Son kesme yönteminde kılavuz ocağın açılmasının plan ve yan kesit görünüşleri (Bucyrus-Erie, 1979).



Bu yöntemin uygulanmasının diğer bir örneği düşük döküm açısına sahip malzemede düzenli son kesme oluşturulmak istendiği durumlardır. Böylece malzemenin fazla olan kısmının ocak basamağının üst yanına dökülmesine olanak sağlar.

Bu anlamda yapılan bir ocağın kesitleri Şekil 33'te verilmektedir. Klasik son kesme yönteminde olduğu gibi bu yöntemde de dönüş açısı en fazla 90° olmaktadır.

En fazla malzemenin %50'sinin ocak üst tarafına döküleceği yöntemde bu malzemenin ekskavatör/kamyon ya da yükleyici/kamyon yöntemlerinden biri ile başka bir yere nakledilebilir. Ayrıca dozerler ile ya da dozer/grayder kombinasyonları en yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Bu şekilde yayılan malzeme çekme kepçenin bir sonraki diliminde alınarak yan tarafa dökülmektedir.



Şekil 33. Tekrardan kazı son kesme yönteminde kılavuz ocağın açılmasının plan ve yan kesit görünüşleri (Bucyrus-Erie, 1979).

#### b. Ödünç çukur alınarak yapılan kesme

Bu yöntemde ilave makinaya gerek kalmaksızın tekrardan kazı yapılabilir. Bu yöntemdeki amaç önce geçici (ödünç) çukur dökümü yapılarak bütün malzemenin ocak döküm tarafına nakledilmesi prensibine dayalıdır. Bu yöntemin ilk kesiminde ocağın yan tarafına, paralel olarak ödünç bir çukur oluşturulur (Şekil 34).

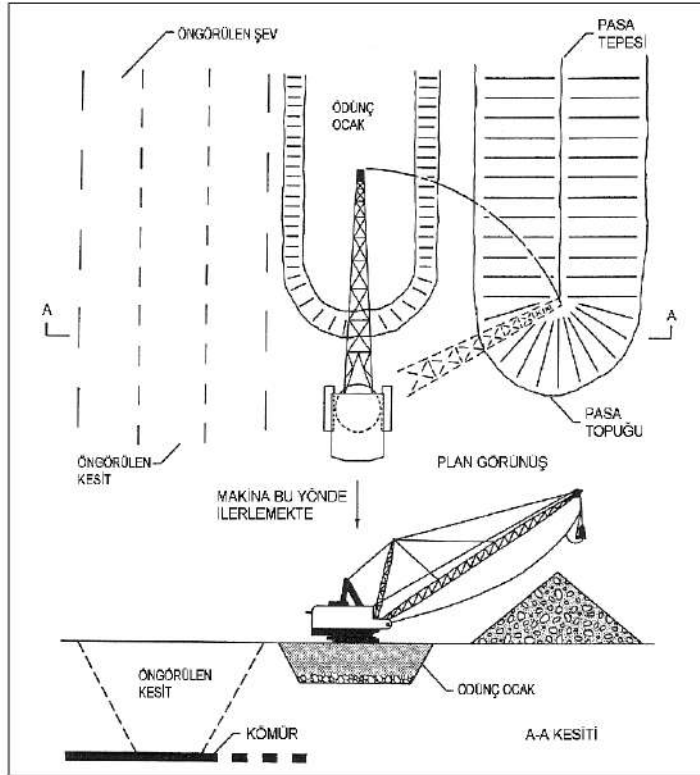
Geçici çukur kaldırılacak bütün malzemeyi alacak büyüklüktedir. Tekrardan kazı malzemesinin



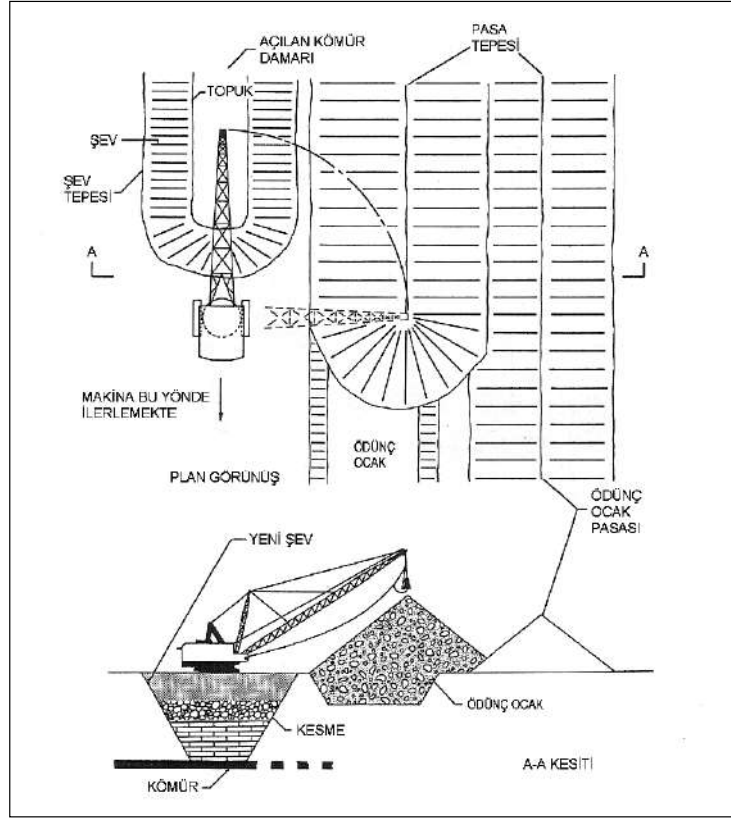
miktarı tamamen nihai kutu kesmesini tek pasa yığını haline getirmek için çıkacak fazladan malzemenin miktarına bağlıdır. Nihai kutu kesmesinin kendisi örtü malzemesinin miktarına bağlı olarak son kesme ya da kenar kesme şeklinde olabilir.

Kutu kesmenin geçici çukura doldurulması Şekil 35'te verilmektedir. Şekilde çekme kepçe çukuru oluşturduktan sonra kazı yapmadan başa dönmekte ve tekrar aynı ilerleme yönünde hareket ederek ocak çukurunu açtığı görülmektedir. Bir çok uygulamada çekme kepçe geçici çukuru tamamladıktan sonra geri dönüş yönünde ocak çukurunu açarak kazı yapmaktadır. Bu durumda ocağa giriş uygun taraftan, ya da tercihan her iki taraftan yapılır.

Kutu çukur açma işlemi yeni bir ocak işletilmeye başlanacağı zaman yapılır. Verilen bir varlık için bu şekilde sadece bir kesim yeterli olur. Bu ilk örtü kazı yöntemleri bütünü sadece küçük bir parçasını oluşturmaktadır.



Şekil 34. Ödünç ocak kazısı yönteminde kılavuz ocağın açılmasının plan ve yan kesit görünüşleri (Bucyrus-Erie, 1979).



Şekil 35. Tekrardan kazı (Ödünç ocak) yöntemi kullanılarak kılavuz ocağın açılmasının plan ve yan kesit görünüşleri (Bucyrus-Erie, 1979).

### 3.7.6.2. İlk dilim sonrası çalışma düzenleri

#### 3.7.6.2.1. Basit yan kazı

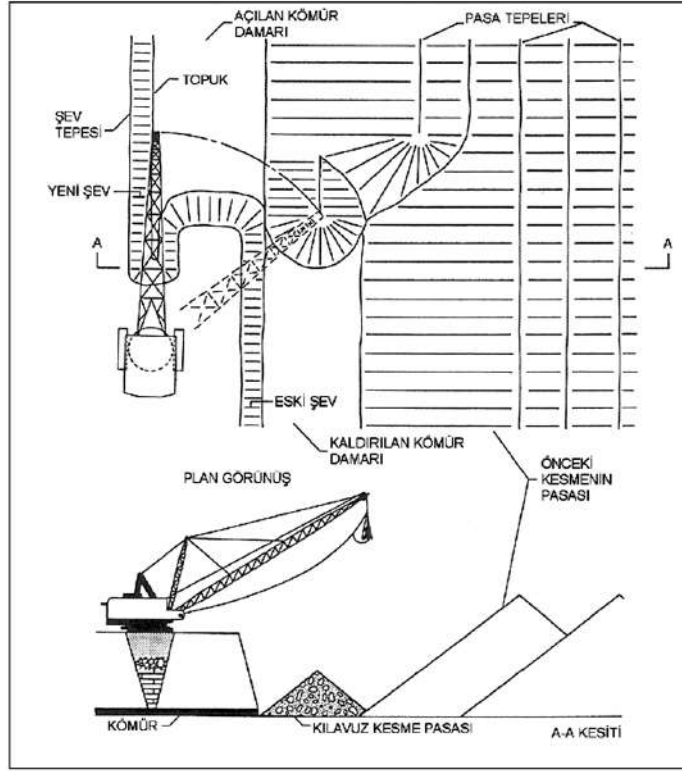
Basit kenar kazısı en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Bu yöntem, yada bunun kombinasyonları, diğer birçok yöntemlerin parçası olarak, en karmaşık döküm şekillerinde dahi kullanılabilir. Temel olarak çekme kepçe örtü malzemesinin yüzeyinde konumlandırılmakta ve kömür damarına doğru kazı yaparak aldığı pasayı bir tarafa yığın şeklinde döker.

Basit kenar kazısında yapılan iki temel kesme işlemi vardır. Bunlar kılavuz kesme (damar üstü şevi oluşturacak şekilde malzemenin kama şeklinde kazılması) ve nihai kesme (çekme kepçe maksimum yükünü uygulamakta) olarak tanımlanır.

Şekil 36'da verildiği gibi, kesim malzeme içinde kılavuz olarak adlandırılan bir kama açılması şeklinde tasarlanır. Bu malzemenin kazılması için çekme kepçe kılavuz kesme doğrultusunda, kazdığı malzemeyi bir önceki kesme boşluğuna doğrudan döküm yapabileceği şekilde konumlandırılır. Kılavuz kesme şev oluşturulmak amacıyla yapılabilecek tek uygulamadır.

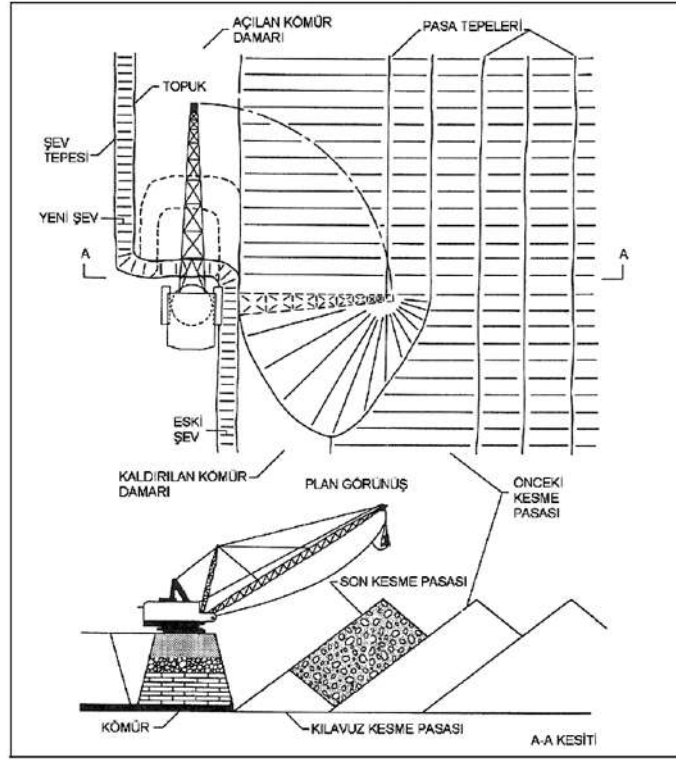
Bu kesmenin yapılmasındaki esas neden kesmenin kalan bölümü için üçüncü bir kazı yüzeyi oluşturmak, böylece olası kazı sorunlarının önlenmesine yardımcı olmaktır. İlave olarak burası döküm noktasına göre en uzak mesafedir. Kılavuz kesmenin yapılması toplam kesme işleminde yapılacak dönüş açılarının azalmasına yardımcı olur. Kılavuz kesme işlemi yapılırken düzgün ve duraylı bir şevin oluşması konusunda dikkatli kazı yapılmalıdır. Kılavuz kesmenin yapılması kalan malzemenin oluşturulan şevden uzak olarak gerçekleştirilmesini sağlar.

Kılavuz kesme tamamlandıktan sonra çekme kepçe kalan malzemenin dışında yeniden konumlandırılmalıdır. Nihai kesme Şekil 37'de verilmektedir. Çekme kepçenin bu yeni konumu en uzak noktalara kadar ulaşılarak kazı yapmasını olanaklı kılar. Ayrıca operatöre daha iyi görüş alanı sağlayarak kepçenin daha kısa sürede doldurulmasını ve böylece devir süresinin de azalmasını sağlar. Bu kazı tamamlandıktan sonra çekme kepçe yeni kılavuz kesme yapacak şekilde yeniden konumlandırılır.

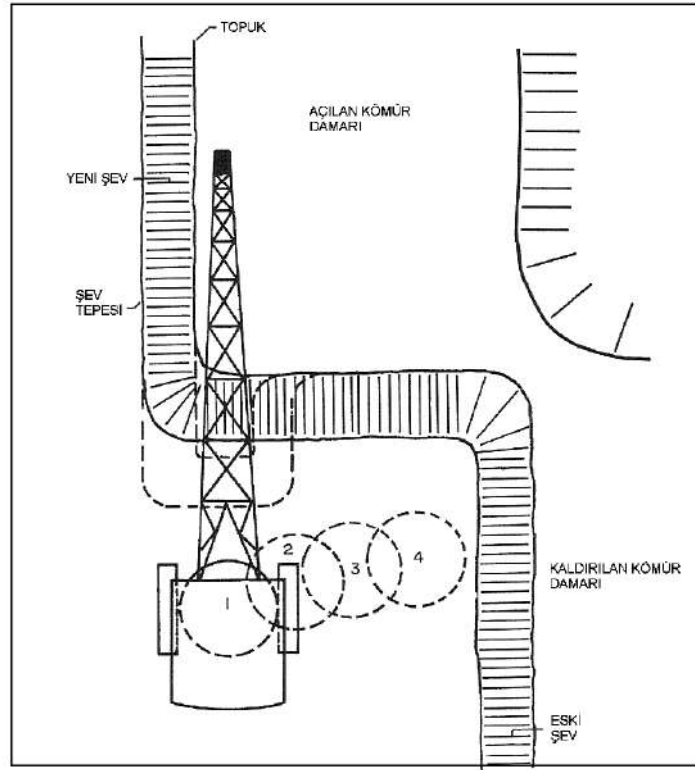


Şekil 36. Basit kenar kazısı yönteminde kılavuz kesme açılmasının plan ve yan kesit görüntüleri (Bucyrus-Erie, 1979).

Bu işlemler esnasında çekme kepçenin yapması gereken hareketler Şekil 38'de verilmektedir. Şekilde kılavuz kesmeyi nihai kesme işleminin izlediği çalışmanın temel altı hareketi gösterilmektedir. Burda çekme kepçenin konumları kabaca verilmekte, yanı bir defada yaklaşık 2 metre civarında olan yürüme adımları ayrıntılı verilmemektedir.



Şekil 37. Basit kenar kazısı yönteminde son kesme kazısının plan ve yan kesit görüntüleri (Bucyrus-Erie, 1979).



Şekil 38. Basit kenar kazısı yönteminde kullanılan çekme kepçe hareketlerinin görünüşü (Bucyrus-Erie, 1979).

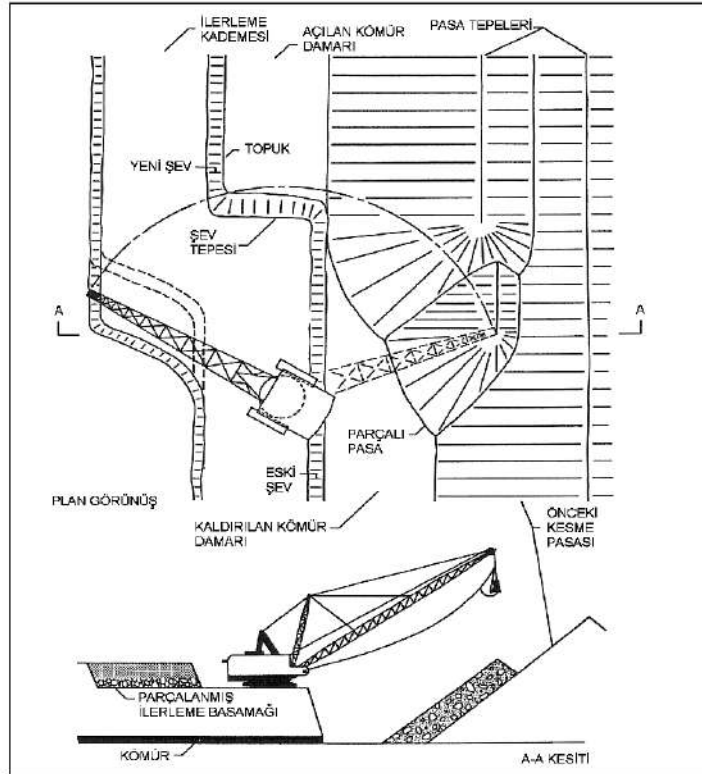
Burada, çekme kepçenin hareketleri esnasında bir nokta kesinlikle unutulmamalıdır. Bu, mümkün olan her koşulda çekme halatının şev tepesinden uzak olmasına dikkat edilmesidir. Çekme halatında oluşan aşırı miktardaki aşınmalar genellikle çekme kepçenin şev tepesine göre yanlış konumlandırılmasından kaynaklanmaktadır. Kural olarak kılavuz kesme tamalandığında şevin dışına çıkılmalıdır.

Kömür kayıplarını önlemek için oluşturulan yığın kömür damarının üzerine dayatılmasındansa yanına kadar gelecek şekilde dökülmelidir. Kömür kayıpları yada karışım genellikle pasa döküm tarafında olduğu unutulmamalıdır. Derinlik arttıkça bunun kontrol edilmesi zorlaşmakta hatta önlenemez bir duruma gelmektedir. Bu durumda alternatif bir örtü kazı yöntemi uygulanmalıdır.

### 3.7.6.2.2. İlerletimli basamak kazısı

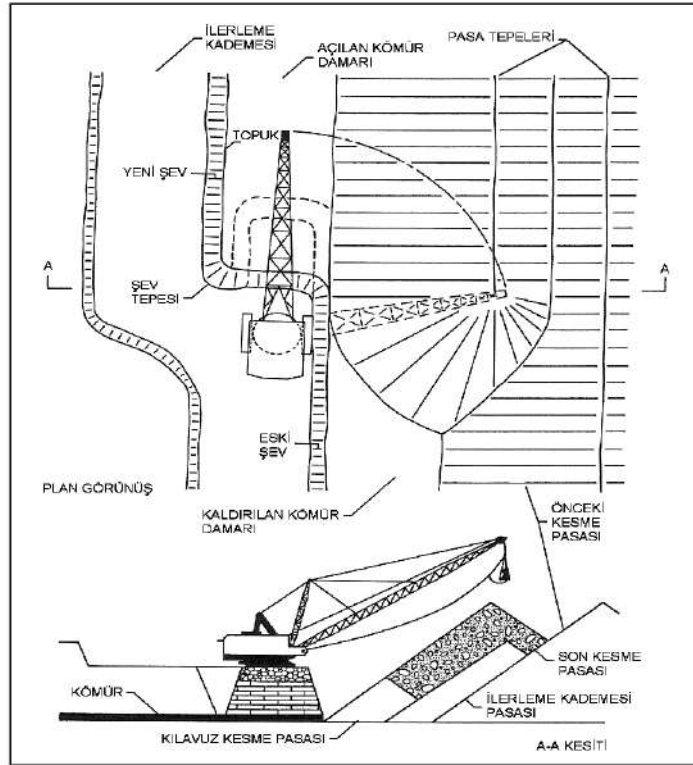
Bu yöntem örtü malzeme yapısının yumuşak olması nedeniyle çekme kepçe için tehlike oluşturabilecek durumlarda uygulanabilir. Ayrıca engebeli, sırt ve vadilerin olduğu arazi koşullarında uygulanması uygundur. Yöntem çekme kepçenin daha sağlam basamakta çalışmasını sağlar.

Genellikle çalışma basamağının ilerisinde bir kesme yapılır. İlerletme basamağı oluşturmak için değişik yöntemler uygulanabilir. Yumuşak yapılar için uygulanabilecek bir yöntem parçalama marifetiyle kademe oluşturulmasıdır (Şekil 39).



Şekil 39. Çekme kepçe parçalama yöntemi ile yapılan ilerleme kademesinin plan ve yan kesit görünüşü (Bucyrus-Erie, 1979).





Şekil 41. İlerlemeli kademe yönteminde son kesme işleminin plan ve yan kesit görünüşü (Bucyrus-Erie, 1979).

Genişletme için gerekli olan malzeme kılavuz kesme yada ilerletimli basamak kazısından sağlanır (Şekil 42). Genişletme istendiği ölçüde sağlanacak şekilde kılavuz kesme genişliği artırılır. Dozer ile yapılan düzeltme çalışmasından sonra çekme kepçe konumlandırılarak nihai kesme işlemi yapılır.

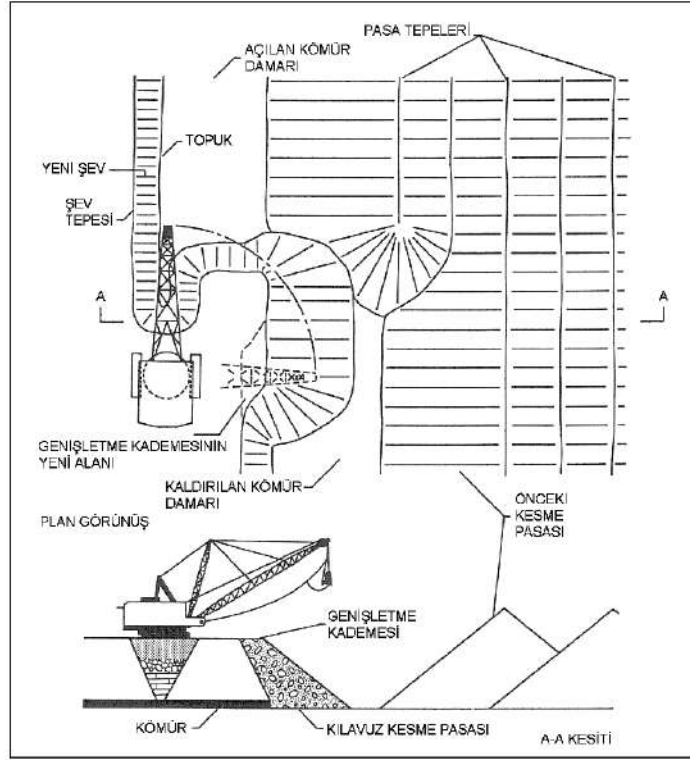
Bir kesme için gerekli genişletme malzemesi bir sonraki kesmeden alındığı not edilmelidir. Şekil 43'te nihai kesme durumu ve bu durumda kaldırılmasına gerek olmayan malzemenin konumu görülmektedir.

Genişletilmiş basamak yöntemi genellikle ilerletimli basamak yöntemi ile birlikte uygulanır. Çekme kepçenin taban oturma seviyesine bağlı olarak gerekli dolgu malzemesi kademe kesmesi ile birlikte gerekirse kılavuz kesmeden sağlanır.

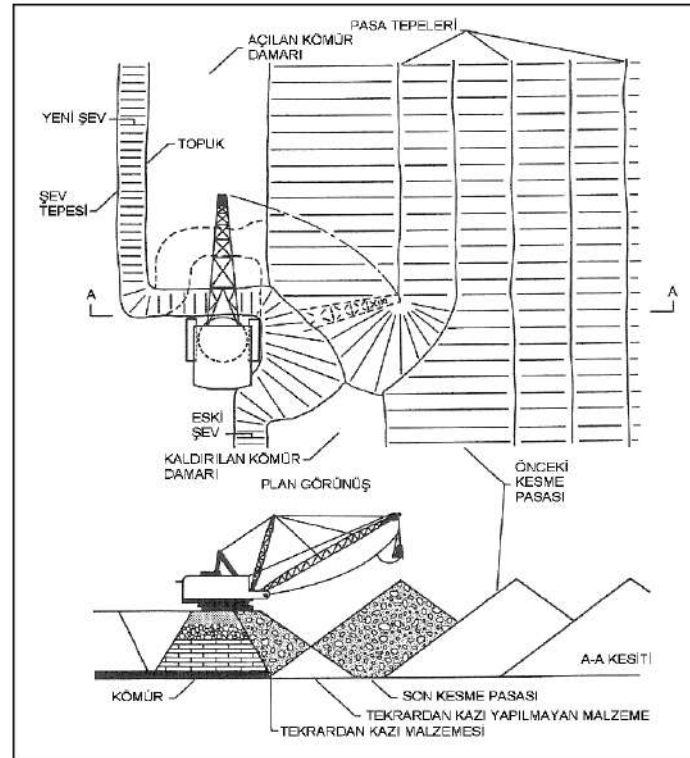
#### 3.7.6.2.4. Geri çekme kazı yöntemi

Bu yöntem, çekme kepçenin, örtü malzeme miktarının tekrardan kazıya gerek kalmayacak şekilde kazılması için yetersiz kaldığı durumlar için genişletilmiş basamak yöntemine bir alternatif olmaktadır. Yöntemin uygulanması için gerekli ocak koşulları genişletilmiş basamak yönteminde olduğu gibidir.

Yöntem tek ya da iki çekme kepçe kullanılarak uygulanabilir. Önce yan kazı ile ya da ilerletimli basamak ile başlangıç kesiminin yapılması şeklinde uygulanır. Bu yöntemde çekme kepçe kömür üstündeki bütün örtü malzemesini kaldırmayı sağlayamamakta. Bu nedenle malzemenin daha sonra



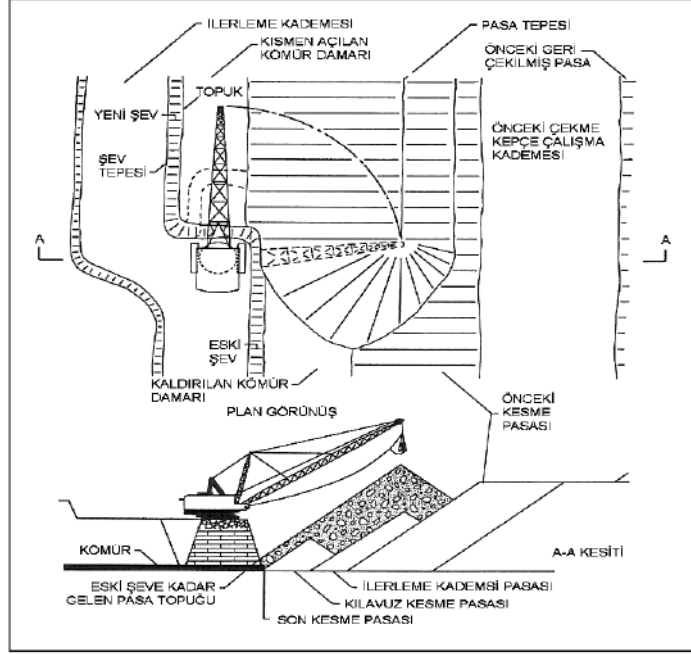
Şekil 42. Kılavuz kesme malzemesi kullanılarak çekme kepçe tarafından yapılan basamak genişletme işleminin plan ve yan kesit görünüşü (Bucyrus-Erie, 1979).



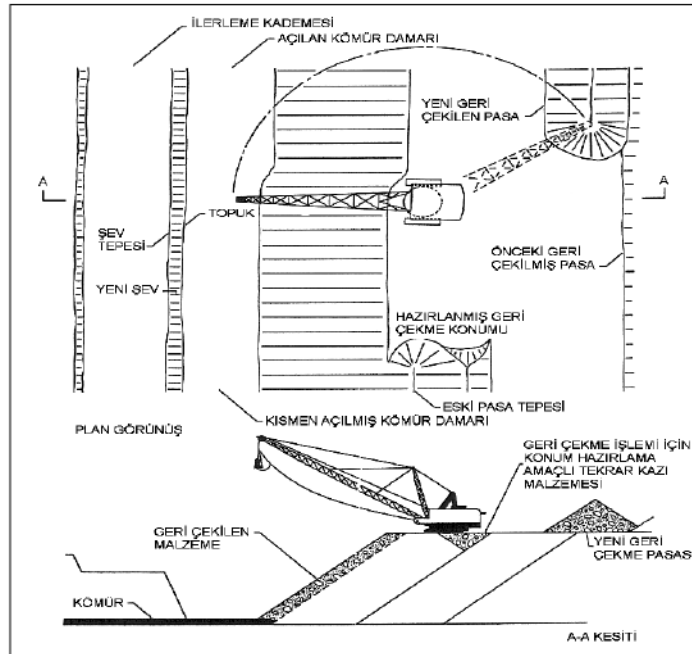
Şekil 43. Son kesme yapılması için çekme kepçenin genişletilmiş kademeyi kullanması işleminin plan ve yan kesit görünüşü (Bucyrus-Erie, 1979).



tekrardan kazı ile kaldırılarak kömürün üstünün tamamen açılması sağlanmalıdır. Bu işlem çekme kepçenin dökülen malzeme üzerinde dozerler tarafından hazırlanan bir platformda çalıştırılması ile sağlanabilir (Şekil 44 ve 45).



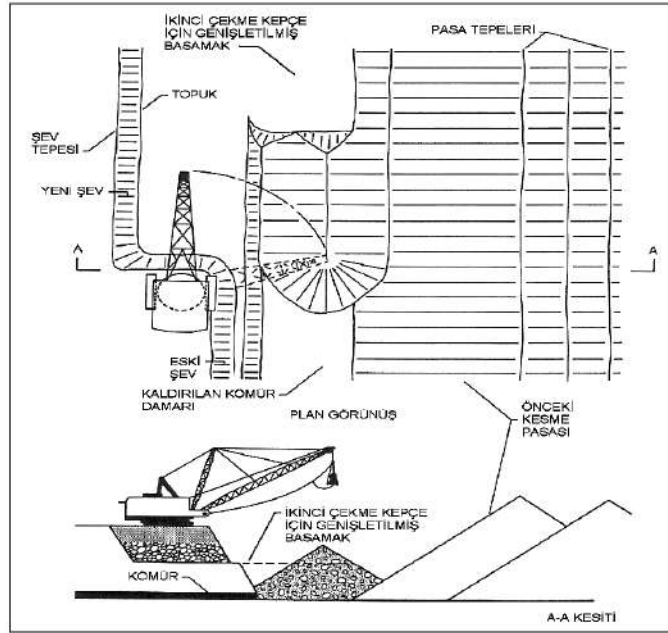
Şekil 44. Geri çekme kazı yöntemine göre bir ilerleme kademesinin son kesme işlemini gerçekleştiren çekme kepçenin plan ve yan kesit görünüşü (Bucyrus-Erie, 1979).



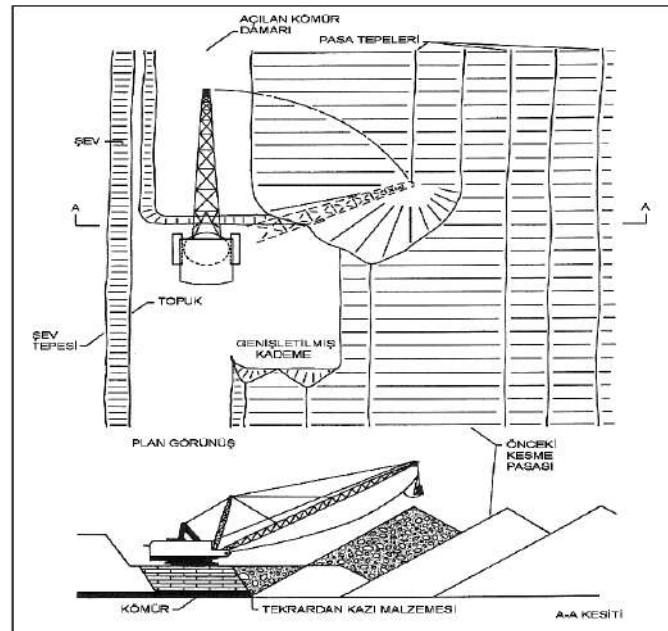
Şekil 45. Geri çekme kazı yöntemi uygulayan bir çekme kepçenin plan ve yan kesit görünüşü (Bucyrus-Erie, 1979).

### 3.7.6.2.5. İki çekme kepçe ile genişletilmiş ara basamak yöntemi

Bu yöntem, basit kenar kazısı tekniği ile genişletilmiş basamak tekniğinin birlikte kullanılması prensibine dayanır. Yöntemde orijinal topoğrafyaya yakın konumlandırılan çekme kepçelerden biri basit kenar kesme yöntemi kullanarak üst kesme işlemini yapar. Bu şekilde kesilen malzeme daha alt kademeye boşaltılmak suretiyle ikinci çekme kepçenin çalışması için gerekli genişletilmiş basamağın oluşturulmasında kullanılır. İkinci çekme kepçe belli bir emniyet mesafesinde ve dozerlerin zemin hazırlamasına zaman tanıyacak şekilde çalıştırılır. Bu yöntemde kömürün üstünü açan ikinci çekme kepçedir. Yöntemin uygulanması ile ilgili görüntüler Şekil 46 ve 47'de verilmektedir.



Şekil 46. Çift çekme kepçe için genişletilmiş kademe kazı yönteminde başlangıç kesmesini yapan çekme kepçenin plan ve yan kesit görünüşü (Bucyrus-Erie, 1979).



Şekil 47. Çift çekme kepçe için genişletilmiş kademe kazı yönteminde son kesmeyi yapan çekme kepçenin plan ve yan kesit görünüşü (Bucyrus-Erie, 1979).

### 3.7.7. Çekme Kepçenin Seçimi

Çekme kepçe seçimi için öncelikli gerekli olan değerler:

- i) Çekme kepçenin erişimi,
- ii) Kesme derinliği kapasitesi,
- iii) Yığma yüksekliği,
- iv) Kepçe kapasitesidir.

Buradaki ilk üç değişken örtü kazı yöntemine bağlıdır. Dördüncü değişken kaldırılması gereken örtü malzemesini belirleyecek olan öngörülen kömür üretim miktarına bağlıdır. Çift çekme kepçe kullanılması durumunda, bunlara ilave olarak üretimin iki çekme kepçeye göre dengelenerek işlemlerin kesintisiz ve planlandığı gibi yürütülmesi düşünülmelidir.

Bu bölümde sadece tek kepçe kullanılarak yapılan kenar kesme yönteminde kullanılacak makinanın seçiminde izlenmesi gereken işlemler anlatılacak ve sayısal bir örnek verilecektir.

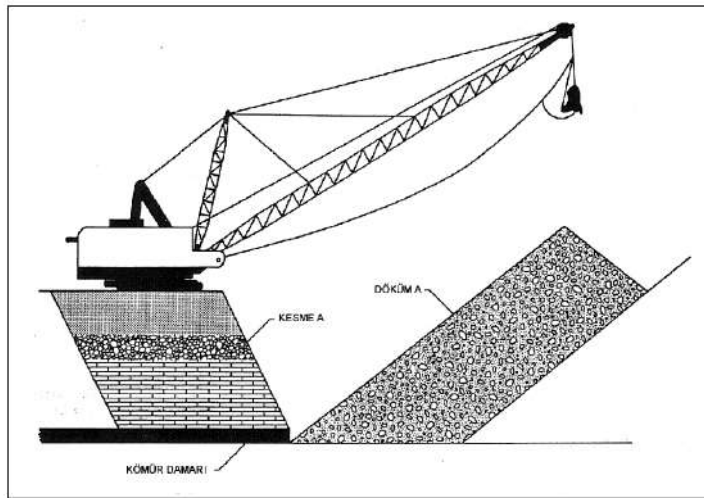
#### 3.7.7.1. Basit kenar kesme - Erişim, derinlik ve yığma yüksekliği

Çekme kepçe boyutlarının belirlenmesi için grafiksel ve analitik çözümlere olarak iki ana yöntem kullanılabilir. Her iki yöntemde de "kesme diyagramı" yada basit mesafe diyagramı kullanılır.

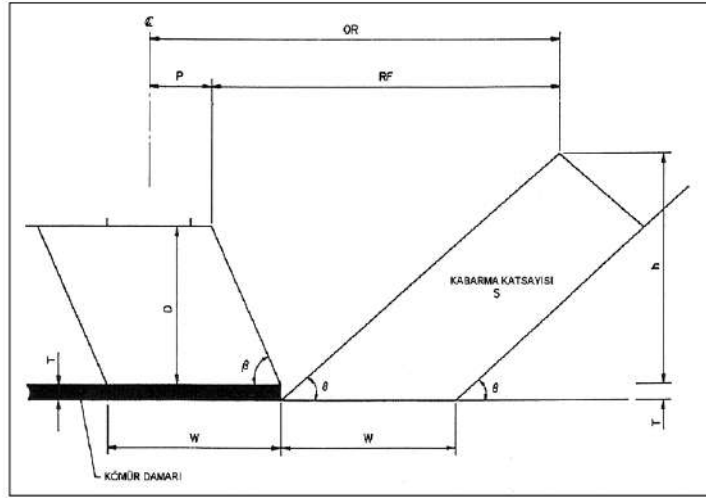
Çekme kepçenin çalışmasını gösteren bir ocağın kesit görüntüsü Şekil 48'de verilmektedir. Örtü malzemesi "Kesme A" olarak gösterilen kısımdan kazılmakta ve "Pasa A" ile gösterilen kısma dökülmektedir. Kabarma yüzdesi %25 olan bir malzeme için şekil üzerinde "Pasa A" olarak tanımlanan alan "Kesme A" olarak tanımlanan alandan %25 daha büyük olacaktır. Bu teknik kullanılarak sahadaki gerçek durum grafiksel yada matematiksel olarak tanımlanabilir.

Sayısal çözümlerde değerlendirilen örtü kazı yöntemi için gerekli olan matematiksel bağıntılar tanımlanmalıdır. Bu ilişkilerde basamak yüksekliği, kömür kalınlığı, pasa yığın açısı, vb. değişkenler dikkate alınmalıdır. Bu şekilde, değişkenlerin bir yada birkaçı değiştiğinde sonuç kolaylıkla hesaplanır.

Şekil 49'da bir ocağın dikey yönde alınan kesit görüntüsü ve boyutlarla ilgili geometrik değişkenler verilmektedir.



Şekil 48. Basit kenar kesme diyagramı yada mesafe diyagramı (Bucyrus-Erie, 1979).



Şekil 49. Basit kenar kesme mesafe diyagramında geometrik ölçüler (Bucyrus-Erie, 1979).

Analizde kullanılan değişkenler şunlardır;

$\beta$  : Şevin yatayla yaptığı açı,

$\theta$  : Pasanın yatayla yaptığı açı,

D : Örtü tabakası kalınlığı,

OR : Çekme kepçenin çalışma yarıçapı,

P : Çekme kepçenin konumu,

RF : Çekme kepçe erişim katsayısı,

S : Pasa kabarma katsayısı,

W : Kademe genişliği,

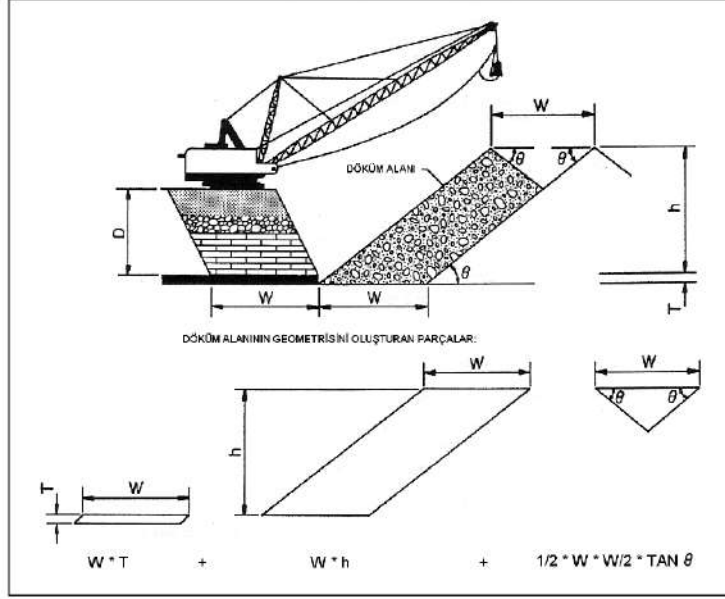
h : Kömür üst kenarından sonra pasa tepesinin yüksekliği,

T : Kömür damarının kalınlığı.

Bu hesaplamada amaç, malzemenin kabarma faktörü de dikkate alınarak kesme alanı ile pasa döküm alanını dengelemek olmalıdır.

Kesilen dilimin alanı  $D \cdot W$ , dökülen pasa malzemesinin alanı ise  $D \cdot W(1+S)$  eşitlikleri ile hesaplanır. Ayrıca, dökülen pasa malzemesinin alanı  $W, T, h$  ve  $\theta$  değişkenleri ile de tanımlanabilir. Bu ilişkiler Şekil 50'de verilmektedir. Şekilden;

$$W.T + W.h - \frac{1}{2}W \cdot \frac{W}{2} \cdot \tan\theta$$



Şekil 50. Pasa döküm alanının matematiksel değişkenlerini gösteren diyagram (Bucyrus-Erie, 1979).

Pasa alanı bu şekilde tanımlandıktan sonra her iki eşitlik birbirine eşitlenebilir.

$$D \cdot W(1+S) = W \cdot T + W \cdot h - \frac{1}{2} W \frac{W}{2} \cdot \tan \theta \quad \text{yada}$$

$$D \cdot (1+S) = T + h - \frac{W}{4} \cdot \tan \theta \quad \text{yada}$$

$$h = D \cdot (1+S) + \frac{W}{4} \cdot \tan \theta - T$$

Şekil 50'den görüleceği gibi, erişim katsayısı (RF) şevin ve pasanın yatay düzlem üzerindeki iz düşümlerinin toplamına eşittir. Buna göre:

$$RF = D \cdot \cot \beta + (h+T) \cdot \cot \theta \quad \text{yada}$$

$$(h+T) = (RF - D \cdot \cot \beta) / \cot \theta \quad \text{yada}$$

$$h = \frac{RF - D \cdot \cot \beta}{\cot \theta} - T$$

Buna göre,  $h$  için tanımlanan iki eşitlik birbirine eşitlenebilir.

$$D \cdot (1+S) + \frac{W}{4} \cdot \tan \theta - T = \frac{RF - D \cdot \cot \beta}{\cot \theta} - T$$

Buradan,

$$D \cdot (1+S) \cdot \cot \theta + \frac{W}{4} \cdot \tan \theta \cdot \cot \theta = RF - D \cdot \cot \beta$$

$$\frac{D \cdot (1+S)}{\tan \theta} + \frac{W}{4} = RF - \frac{D}{\tan \beta} \quad \text{yada}$$

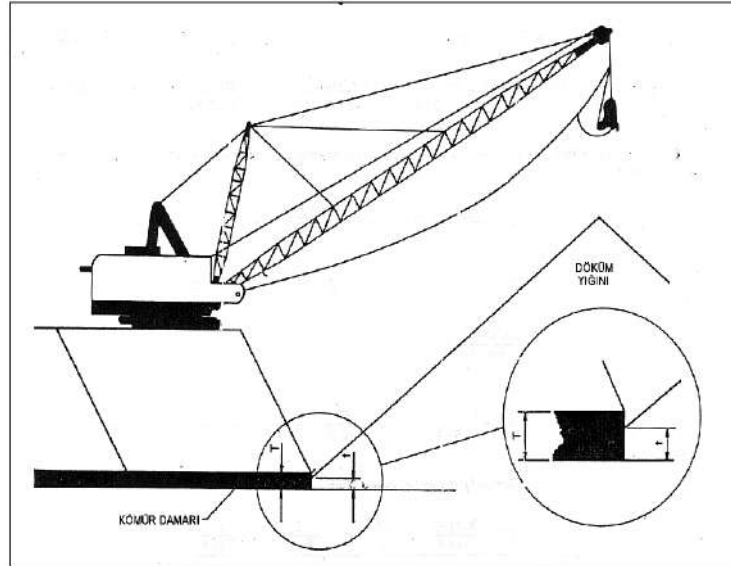
$$RF = \frac{D*(1+S)}{\tan\theta} + \frac{W}{4} + \frac{D}{\tan\beta}$$

Benzer şekilde;

$$RF = \frac{D*(1+S)}{\tan\theta} + \frac{W}{4} + \frac{D}{\tan\beta} - \frac{t}{\tan\theta}$$

Bu eşitlikte kullanılan "t" pasa topuğunun kömür yanına dayandığı durumda oluşan yüksekliği tanımlar. Bu değişkenin fiziksel olarak gösterimi Şekil 51'de verilmiştir. Burada "t" değeri "T" değerine yakalaşırken kömürde karışım ve kayıpların olması söz konusudur.

Kademe genişliğinin artırılmasının çekme kepçe erişim katsayısına nasıl etki edeceği düşünüldüğünde yukarıdaki eşitlikte kademe genişliği (W) sadece bir terimde W/4 olarak kullanılmakta. Dolayısıyla W 4 metre arttırıldığında kademe genişliği 1 metre artacak demektir.



Şekil 51. Basit kenar kesme yönteminde t değişkenini gösterir diyagram (Bucyrus-Erie, 1979).

Çekme kepçe erişim katsayısı pasa tepesi ile şev tepesi arasındaki mesafedir. Makinanın çalışma yarıçapı;

$$\text{Çalışma yarıçapı} = \text{Konumu} + \text{Erişim Katsayısı}$$

eşitliğinden bulunur. Döküm yüksekliği de,

$$\text{Döküm yüksekliği} = h - D$$

eşitliğinden hesaplanır.

### Örnek

Aşağıdaki çalışma değişkenlerinin kullanıldığını düşünerek çekme kepçe erişim mesafesini ve döküm yüksekliğini hesaplayınız.

- $\beta$ : 1'e 3 (şev açısı),
- $\theta$ : 1,25'e 1 (pasa açısı),
- D : 90 ft (örtü tabakası kalınlığı),
- S : %25 (pasa kabarma faktörü),
- W : 120 ft (kademe genişliği),
- T : 5 ft (kömür damarının kalınlığı),
- t : 0 ft (pasa yığınının ucu kömür damarına değmekte).

Öncelikle,

$$RF = \frac{D*(1+S)}{\tan\theta} + \frac{W}{4} + \frac{D}{\tan\beta} - \frac{t}{\tan\theta} \quad \text{yada}$$
$$RF = \frac{90*(1+0.25)}{4/5} + \frac{120}{4} + \frac{90}{3/1} - \frac{0}{4/5} = 140.63 + 30.00 + 30.00 = 200.63 \text{ ft.}$$

Daha sonra,

$$h = \frac{RF - D.Cot\beta}{Cot\theta} - T = \frac{200.63 - 90.1/3}{5/4} - 5 = 136.50 - 5 = 131.50 \text{ ft}$$

$$\text{Döküm yüksekliği} = h - D = 131.50 - 90.00 = 41.50 \text{ ft.}$$

### 3.7.7.2. Basit yan kesme - Kepçe büyüklüğü

Çekme kepçenin boyutlarının belirlenmesi işleminden sonra bir o kadar önemli olan değişken kepçe kapasitesidir. Bunun hesaplanması için grafiksel çözümler gerekmemektedir. Gerekli kepçe kapasitesi öngörülen kömür üretimi ve bunun için gerekli olan örtü kazı oranı değerlerine ihtiyaç vardır.

Gerekli örtü kazı oranı belirlendikten sonra kepçe kapasitesi aşağıdaki değişkenlere göre hesaplanır.

- i) Çekme kepçe devir süresi,
- ii) Malzeme kabarma katsayısı,
- iii) Kepçe dolun oranı,
- iv) Çekme kepçenin programlanan çalışma zamanı,
- v) Çekme kepçenin zaman verimliliği,
- vi) Çekme kepçe yararlanma yüzdesi.

Çekme kepçe döküm süresi bir kepçenin boşaltılması ile bir sonraki kepçenin boşaltılması arasında geçen süredir. Diğer bir ifadeyle tam bir deviri tamamlamak için geçen süredir. Bu bir tasarım değerinden ziyade yıllar içinde sağlanabilecek ortalama değer olarak alınır. Tipik olarak bu değer 58 ile 68 saniye arasındadır.

Malzeme kabarma katsayısı kazı yapılırken kepçenin içine doldurulan malzemenin yerindeki malzemeye göre hacimsel olarak artış miktarıdır. Hesaplama yapılırken bu durum dikkate alınmalıdır ve kazılan malzemenin yerinde hacmi şeklinde hesaplanmalıdır. Genellikle malzeme kabarma oranı %25 ile %35 arasındadır.

### Açık İşletmelerde Üretim Yöntemleri

Kepçe dolun oranı, malzemenin kepçe içinde tepeleme olup olmamasına göre tanımlanır. Teorik olarak %100'ün üstünde olması mümkün iken, malzemenin parçalanmasına göre gerçek olarak bu değer %80 ile %95 arasında değişmektedir.

Çekme kepçeler genellikle sürekli çalışma yapacak, tatiller de dahil, şekilde programlanır. Genel olarak süre anlamında çalışma randımanı %90 ve daha iyi olarak programlanır.

Çekme kepçenin verimliliği, elektrik ve mekanik arıza vermeden programlanan sürenin ne kadarında fiili çalışma yaptığının tanımlanmasıdır. Bu oran %90 seviyesinde sağlanabileceği halde genellikle randıman %80 olarak değerlendirilmektedir.

Son olarak çekme kepçenin faydalı kullanımı, yüzde olarak ne kadar süre için kazı amaçlı kullanılabiliridir. Bu durumda, mekanik ve elektriksel arızalardan kaynaklanan kesintilerden ziyade yemek, elektrik kesilmesi ve patlatma işleminin yapılması, vb. durumlarda kazı yapmaksızın beklediği zamanlardır. Bu durum işletmeden işletmeye geçeceği gibi genellikle %90'ın üzerinde bir oran sağlanabilir.

Bu değişkenler belirlendikten sonra kepçe kapasitesi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Kepçe kapasitesi} = \frac{Y * C * (1 + S)}{O * A * U * B}$$

Bu eşitlikte;

- Y : Yıllık olarak kaldırılması gereken örtü miktarı – yerinde hacim (yd<sup>3</sup>),
- C : Devir süresi (sn),
- S : Kabarma faktörü (%),
- O : Yıllık olarak çekme kepçenin çalışma zamanı (sn),
- A : Çekme kepçenin zaman verimliliği (%),
- U : Çekme kepçenin faydalı kullanımı (%),
- B : Kepçe dolun katsayısı (%).

### Örnek:

Bölüm 3.7.5.1'de verilen örneğe devam olarak aşağıdaki değişkenler de ilave edildiğinde kepçe kapasitesinin hesaplanması.

- C = 65 saniye
- A = %85
- U = %90
- B = %90

Ayrıca yükleme işlemlerinin haftanın 5 günü devam edeceğini ve günlük olarak net 5150 ton kömür üretileceğini varsayalım. İlave olarak çekme kepçe yıllık olarak 350 gün ve günlük olarak 24 saat çalışacaktır. Toplam kömür kaybının %20 olacağı düşünülmektedir.

Öncelikle yıllık kazılması gereken örtü malzeme miktarı yerinde hacim olarak hesaplanmalıdır.

$$\text{Yıllık kömür üretimi} = 5 \text{ gün/hafta} * 52 \text{ hafta/yıl} * 5150 \text{ ton/gün} = 1,339,000 \text{ ton/yıl}$$



Kayıp dikkate alındığında yıllık üretim;

$$\text{Yıllık tuvönan kömür üretimi} = 1,339,000 / 0.8 = 1,673,750 \text{ ton/yıl}$$

Bu miktarda kömürün kapladığı alan, 80 lb/yd<sup>3</sup> kömür yoğunluğu varsayılarak

$$\begin{aligned} \text{Kaplama alanı} &= \frac{\text{Tuvönan miktar} * 2000 \text{ (lb dönüşüm katsayısı)}}{\text{Kömürün yoğunluğu (lb/yd}^3\text{)} * \text{Kömür kalınlığı (ft)}} \\ &= (1,673,750 * 2000) / (80 * 5) = 8,368,752 \text{ ft}^2/\text{yıl} \end{aligned}$$

Kesme genişliği 120 ft olarak alındığında

$$\text{Yıllık kesme uzunluğu} = 8,368,752 / 120 = 69,740 \text{ ft kesme/yıl}$$

Bu kesme miktarına örtü malzemesinin yd<sup>3</sup> biriminde hacmi,

$$\begin{aligned} &\text{Kesme uzunluğu (yd)} * \text{Kesme genişliği (yd)} * \text{Örtü derinliği (yd)} \\ &= (69,740/3) * (120/3) * (90/3) = 27,896,000 \text{ yd}^3/\text{yıl} \end{aligned}$$

Buna göre;

$$\text{Kepçe kapasitesi} = \frac{27,896,000 * 65 * (1 + 0.25)}{(350 * 24 * 60 * 60) * 0.85 * 0.90 * 0.90}$$

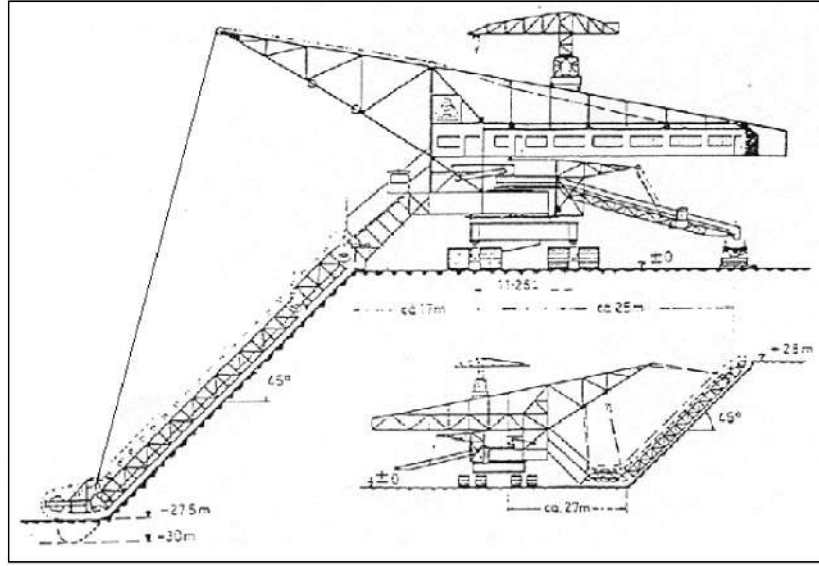
$$\text{Kepçe kapasitesi} = 108.87 \text{ yd}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

Sürekli kazı ekskavatörleri

- Zincirli döner ekskavatör (ZDE)
- Döner kepçeli ekskavatör (DKE)

ZDE- Zayıf pekişmemiş zeminlerde yüksek üretim verimliliği sağlar.

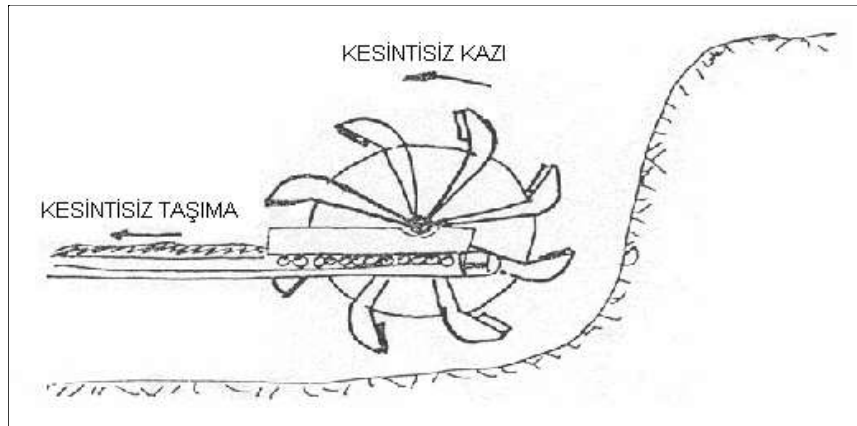
- Sert zeminlerde kazı yapamaz ve değişkenliklere uyum sağlayamaz.
- Aşağı yönde mükemmel, yukarı yönde de kabul edilebilir seviyede kazı becerisine sahiptir (Şekil 52).



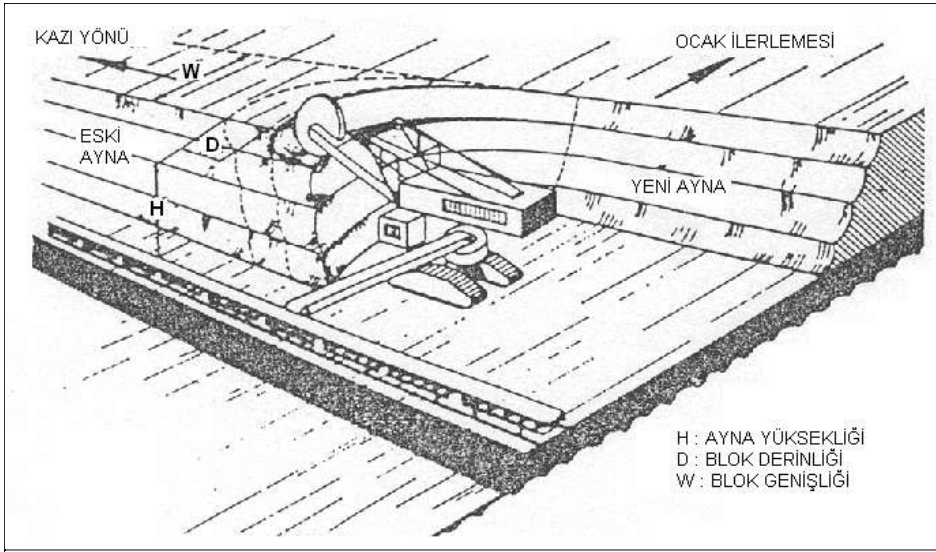
Şekil 52. Zincirli döner ekskavatörün kot seviyesinin altında ve üstünde kazı yapma konumları.

- DKE - Zayıf pekişmemiş zeminlerde en yüksek üretim verimliliğini sağlarlar.
- Faylanmış ya da karışık madenlerde seçici kazı yapabilirler.
- 10 cm kalınlığındaki bantları dahi hassasiyetle kesebilme becerisine sahiptir.
- Aşağı yönde düşük kazı kapasitesine sahiptir.
- Döner tekerlek üzerine uygun aralıklarla kepçeler yerleştirilmiştir (Şekil 53).
- Kazılan malzeme döner teker içerisinde oluk ile nakliye bantı üzerine dökülmektedir.
- Teorik olarak saatte 10000 m<sup>3</sup> yerinde malzeme kazabilme kapasitesine sahiptir.
- Servis ağırlığı 7000 ton civarındadır.

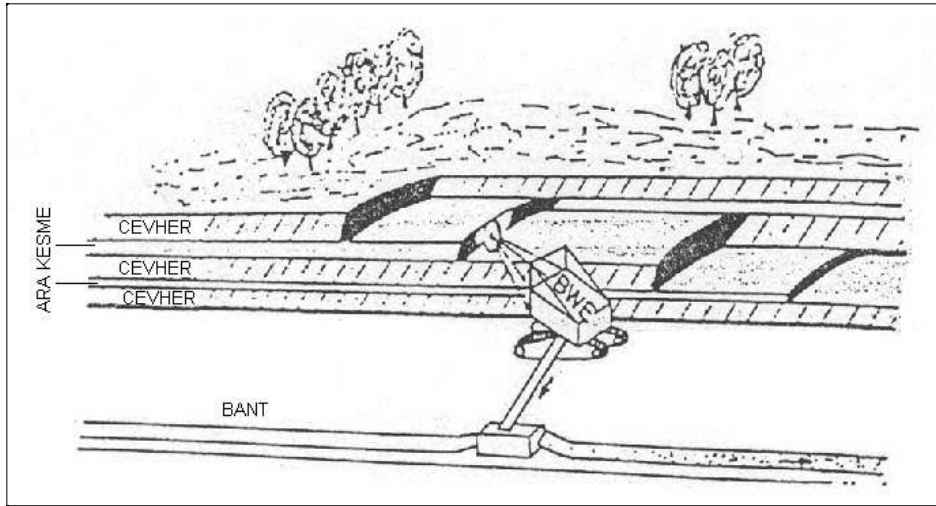
DKE'ler ocaktaki çalışma şartlarına uygun olarak, tam blok (Şekil 54) veya yarım blok (Şekil 55) şeklinde çalışma yapabilirler.



Şekil 53. Döner kepçeli ekskavatörde kepçe konumları.



Şekil 54. Döner kepçeli ekskavatörün tam blok çalışma biçimi.



Şekil 55. Döner kepçeli ekskavatörün yarım blok çalışma biçimi.

### **Sürekli Kazı Ekskavatörlerinin Avantajları**

- Sürekli kazı ekskavatörleri tek kepçeli makinalar ile karşılaştırılabilecek düzeyde oturma yüküne sahiptirler ki bu dinamik basınçların, makina kütlesi (çalışma ağırlığı), bakım maliyetlerinin ve enerji tüketiminin azalmasına etki eder.
- Kazı etkilerinin azalması paletler üzerine yükün kademeli olarak aktarılmasına ve zemin yük taşıma miktarının azalmasına sebep olmaktadır.
- Arazi iyileştirme çalışmaları sürekli kazı makinaları ile daha kolay yapılabilmektedir.

**Sürekli kazı makinalarının verimliliği**

$$Q_t = I \cdot S_s \cdot 3600$$

Bu eşitlikte,

$Q_t$  : Ekskavatörün teorik kapasitesi (m<sup>3</sup>/sa)

$I$  : Anma kepçe kapasitesi (m<sup>3</sup>)

$S_s$  : Birim saniyede boşalan kepçe sayısı

$$S_s = V_1 \cdot Z / \pi D$$

Bu eşitlikte,

$V_1$  : Kepçe tamburunun kesme hızı (m/sn)

$Z$  : Tambur üzerindeki kepçe sayısı

$D$  : Tamburun çapı (m)

Birim zamanda boşalan kepçe sayısı tamburun çevresel hızına bağlıdır. Kepçe tamburunun çevresel hızı tamburun merkezkaç kuvvetine karşı kepçedeki malzemeyi oluk içine boşaltmasında sağlayacak verimliliği ile sınırlıdır. Teorik olarak maksimum çevresel hız kepçenin boşalmasını sağlayacak düzeyde olmalıdır.

$$M \cdot g = M \cdot V / R$$

Bu eşitlikte,

$M$  : Kepçedeki malzemenin kütlesi (kg)

$R$  : Tamburun yarıçapı (m)

$g$  : Yer çekimi ivmesi (m/sn<sup>2</sup>)

$$V_1 = \sqrt{(g \cdot r)} = V_{\max}$$

Pratik kullanımda çevresel hız maksimum hızın %40-60 aralığında olmaktadır.

Kepçe tırnaklarındaki açınmaları en az seviyede tutmak için tambur hızı 5 m/sn'den yüksek uygulanmamalıdır.

- Seçilen çevresel hız büyük oranda kazılan malzemenin yapısına bağlıdır.
- Prensip olarak, daha sert malzemenin kazılması durumunda çevresel hızın artırılmasına karar verilir, ancak bu durumda istenen maksimum üretim sağlanmaz.
- Döner kepçeli ekskavatörlerinin üretimini etkileyen bir diğer faktör kepçe dolum oranıdır. Sert zeminlerde kepçi dolum oranı kepçe anma kapasitesinin %30-40 oranındadır.

Döner kepçeli ekskavatörlerin saatlik kapasiteleri ile kazı direnci arasında aşağıdaki ilişki vardır.

$$Q_1 / Q_2 = (k_2 / k_1)^2$$

Burada,

- $Q_1$  : Ekskavatörün  $k_1$  özgül kesme direncine sahip zeminde  $m^3$  cinsinden saatlık kapasitesi  
 $Q_2$  : Ekskavatörün  $k_2$  özgül kesme direncine sahip zeminde  $m^3$  cinsinden saatlık kapasitesi

Böylece herhangi bir malzemede makinanın gerçek kapasitesi:

$$Q_a = I \cdot B_f \cdot S_s \cdot 3600$$

Burada,

- $B_f$  : Malzeme için kepçe anma kapasitesine göre oransal tanımlanan doluluk miktarı  
 $S_s$  : Saniyede boşalan kepçe sayısı  
 $Q_a$  : Döner kepçeli ekskavatörün gerçek kapasitesi ( $m^3/sa$ )

Döner kepçeli ekskavatörler için yapılan hesaplamalarda, basamak yüksekliği ile tambur çapı arasında 2/3 oranıtısı kullanılır.

Daha düşük basamaklarda maksimum doluluk faydası sağlanamamış olunur. Basamak yüksekliğinin artması alt kesimin oluşmasına sebep olur.

## KAYNAKLAR

- Anon, 1988, Caterpillar Performance Handbook, 19th Edition, Peoria IL, USA.  
Bucyrus-Erie, 1979, Bucyrus-Erie Surface Mining, Supervisory Training Programme: Shovel/Truck.  
Dağdelen, M., 2004, Lecture Notes, Surface Mine Design, CSM  
Given, I.A., 1973, SME Mining Engineering Handbook, AIME, New York.  
Hustrulid, W. and Kuchta, M., 1998, Open Pit Mine Planning and Design, A.A.Balkema, Rotterdam.  
Karpuz, C., 1990, A classification system for excavation of surface coal measures, Mining Science and Technology, Vol.11, pp.157-163.  
Karpuz, C., Hindistan, M.A. and Bozdağ, T., 2001, A new method for determining the depth of cut using power shovel monitoring, Journal of Mining Science, Vol.37, No.1, pp.85-94.  
Pfleider, E.P., Hartman, H.L., Clark, G.B. and Soderberg, A. (Eds.), 1972, Surface Mining, AIME, New York.



# Bölüm 4

## Sondaj

**Prof. Dr. Celal KARPUZ**  
**Dr. Ertan AKÜN**

### İÇİNDEKİLER

4.1. GİRİŞ .....	211
4.2. SONDAJIN HİZMET ETTİĞİ ENDÜSTRİLER .....	212
4.3. SONDAJ SİSTEMİNİN -DELİCİ MAKİNE-TEMEL ELEMANLARI .....	212
4.4. YERÜSTÜ ÇALIŞMALARI İÇİN SONDAJ MAKİNE SEÇİMİNDE KULLANILACAK KRİTERLER ...	214
4.4.1. Darbeli Sondaj Yöntemi .....	215
4.4.2. Dönmeli Sondaj Yöntemi .....	215
4.5. SONDAJ PARAMETRELERİ İLE İLGİLİ HESAPLAMALAR .....	217
4.6. ELMASLI SONDAJ .....	221
4.7. YÖNLÜ SONDAJ, SONDAJLARDAN SAPMA .....	230
KAYNAKLAR .....	230

*Sondaj*



#### 4.1. GİRİŞ

Sondaj, çok genel tanımıyla, bir alet aracılığı ile kayaların içine herhangi bir amaç için dairesel delik açma işidir. Sondajları çok değişik amaçlar için sınıflamak mümkündür. Bunlar, kullanıldıkları endüstriler, kullanıldıkları yerler, makina kapasiteleri, çalışma sistemleri v.b.dir.

Kullanım amacına göre sınırlandırıldığında,

- A- Üretim
- B- Prospeksiyon
- C- Hazırlık
- D- Enjeksiyon

gibi başlıklar altında toplamak mümkündür. Biraz daha açacak olursak aşağıda verilen şekilde bir sınıflandırma yapılabilir:

1. Yeraltı suyu arama/üretim sondajı
2. Madencilik hazırlık çalışmaları için sondaj
  - a. Arama sondajı
  - b. Cevher tipi araştırması
  - c. Madencilik şantiye yeri araştırmaları
  - d. Kaya saplaması ve temel sondajı
  - e. Patlatma deliği sondajı
  - f. Havalandırma, drenaj ve ulaşma sondajı
  - g. Kuyu (shaft) ve atık sondajı
3. İnşaat işleri sondajı
4. Petrol, gaz ve jeotermal enerji arama/üretim sondajı
5. Cevher ve taşıdığı üretim sondajı

## Sondaj

6. Yatak tanımı ve üretim yöntemi tayini için girdi parametresi eldesi için yapılacak sondajlar
7. Yeraltı atık depolama sondajı

Sondajlarda kullanılan enerji kaynaklarına göre sınıflama yapıldığında,

1. Kompresörle (basınçlı havalı) çalışan sondajlar
2. Hidrolik sistemle çalışan sondajlar
3. Elektrikle çalışan sondajlar
4. Yakıtlı motorla çalışan sondajlar
5. Kombine enerji ile çalışan sondajlar
6. İnsan gücü ve buhar gücü ile çalışan sondajlar (eski dönemlerde)

Hangi tür sınıflama yapılırsa yapılsın veya ne amaçla sondaj yapılırsa yapılsın, sondaj çalışmasında temel amaç; diğer mühendislik çalışmalarında da olduğu gibi, en düşük maliyetle en yüksek delme hızının elde edilmesidir. Eğer sondaj karot alma amacıyla da yapılıyorsa - ki en önemli amaçlarından birisidir - en yüksek karot verimi eldesi de birlikte amaçlanır.

Ülkemizde pek çok kamu kuruluşu ile özel kuruluşlar sondaj çalışmaları yapmaktadırlar. Kamu kuruluşları olarak; **MTA, DSİ, EİEİ, İllerBankası, Etibank, TKİ, TTK** sayılabilir.

## 4.2. SONDAJIN HİZMET ETTİĞİ ENDÜSTRİLER

Sondaj çeşitli endüstrilere hizmet eder. Temel olarak "madencilik, petrol" gibi endüstrilerde önemli işe de, gerek yeraltında gerekse yerüstünde gerçekleştirilmek üzere, inşaat mühendisliği ve inşaat sektöründe, tarımda ve bazı durumlarda yıkım işlerinde de önemli bir paya sahiptir. Sondajın hizmet ettiği endüstriler ve bu endüstrilerdeki amaç ve sondaj tipine göre sınıflandırma Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Sondajın hizmet ettiği endüstriler.

Sondaj Amacı	Sondajın Tipi	Endüstri
Patlatma Deliği	Yeraltı Yerüstü	Madencilik İnşaat Mühendisliği İnşaat İşleri Yıkım İşleri
Arama Sondajı	Yeraltı Yerüstü	Madencilik Taş Ocakları
Su Sondajları	Yerüstü	Tarım Diğer
Petrol Sondajları	Yerüstü	Petrol Endüstrisi
Çimento Enjeksiyon Sondajları	Yeraltı Yerüstü	Madencilik İnşaat Mühendisliği
Zemin Sondajları	Yeraltı Yerüstü	Madencilik İnşaat Mühendisliği

## 4.3. SONDAJ SİSTEMİNİN-DELİCİ MAKİNA-TEMEL ELEMANLARI

Herhangi bir sondaj sistemi üç ana bölümden oluşur:

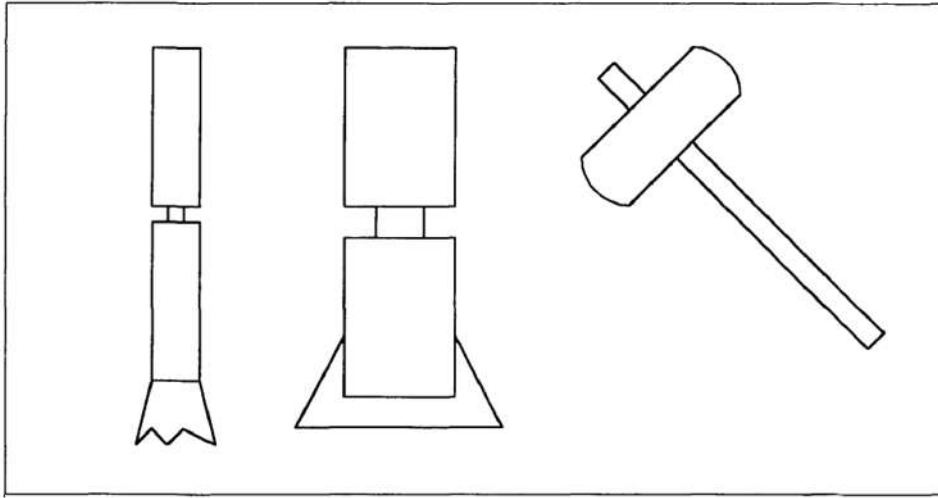
- a) Sondaj Makinasının kendisi ve enerji kaynağı
- b) Güç aktarma birimleri- tijler veya borular

c) Matkaplar-delici uçlar

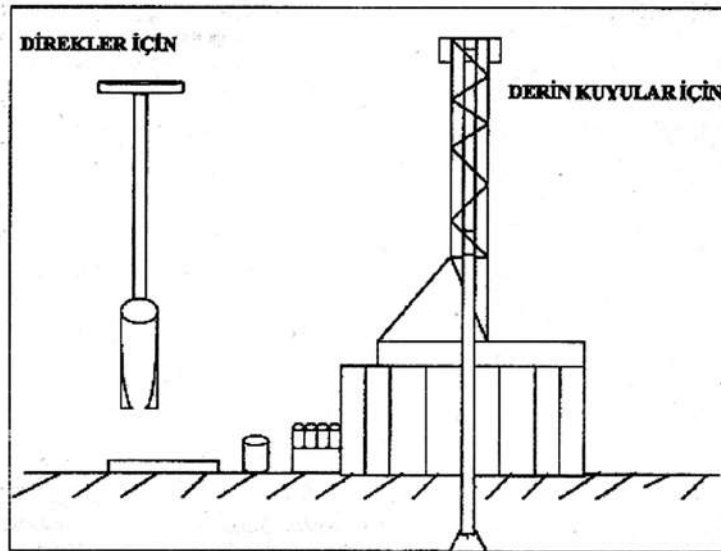
Sondajın tipi ne olursa olsun, hangi amaçla kullanılırsa kullanılsın tüm sondaj makinaları bu üç temel islevi yerine getirmek zorundadır. Bu kapsamda el ile kullanılan tabancalardan, bilgisayarla yönetilen tam otomatik sistem olan jumbolara kadar tüm delici makinalar bu şekilde çalışırlar.

Kayanın delinmesi işlemi, aşağıdaki mekanizmaların en az birisi ile gerçekleştirilmektedir:

- a) Darbeli sistem - üstten çakmalı ve kuyu dibinden çakmalı alt tipleri vardır. (Şekil 1)
- b) Dönmeli sistem- kırmalı ve kesmeli alt tipleri vardır. (Şekil 2)



Şekil 1. Darbeli hareket.



Şekil 2. Dönmeli hareket.

## Sondaj

### 4.4. YERÜSTÜ ÇALIŞMALARI İÇİN SONDAJ MAKİNE SEÇİMİNDE KULLANILACAK KRİTERLER

Yukarıda verilen herhangi bir amaç için gerçekleştirilecek sondaj çalışmalarında belirli faktörler gözönüne alınmalıdır. Burada amaç, ilgili çalışmanın yapılması için en uygun makinenin seçilerek azami ekonominin sağlanmasıdır. Bu kapsamda gözönüne alınacak delici seçim kriterleri aşağıda verilmektedir:

1. İnşaat mühendisliği ile ilgili çalışmalar için : Genel amaçlı sondaj makinesi tercih edilmelidir
2. Maden ve taş ocakları için: Makine seçimi aşağıdaki faktörlere bağlıdır:
  - a- Kuyu çapı
  - b- Kuyu derinliği
  - c- Kaya türü
  - d- İş sahasına ulaşım olanakları
  - e- Verimlilik
  - f- Ekonomi
  - g- Çevresel koşullar
  - h- Parça boyutu gereksinimi
  - i- Stabilite koşulları
3. Kuyu çapına bağlı olarak yapılacak makine seçimi için:
  - Delik çapı < 1.5 inç - Elle kumanda edilen sondaj makinesi
  - Delik çapı < 3.5 inç - Paletli sondaj makinesi, vagon sondaj makinesi
  - Odelik çapı > 4 inç - Taşıyıcıya monte edilmiş sondaj makineleriSeçilmelidir.

Sondaj makinesi seçimi ile ilgili bir öneri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Sondaj makine türleri seçimi.

	DARBELİ		DÖNMELİ	
	ÜSTTEN ÇAKMALI (DARBELİ)	KUYU DİBİ ÇAKMALI (DARBELİ)	DÖNMELİ KIRMALI	DÖNMELİ KESMELİ
Kaya tipi	Orta sert - çok sert	Orta sert - çok sert	Yumuşak - çok sert	Yumuşak - orta sert
Kuyu çap aralığı	9 inç kadar	3 1/2"-8"	5"-17"	1"-17"
Kuyu derinliği				
Azami	25m	150m		
Asgari	15m	20-60m	Patlatma delikleri için 70m	70m
OPERASYON PARAMETRELERİ	200-3500 darbe/dak			
Darbeli	80-250 devir/dak	15-30 devir/dak (asgari 0 azami 50)		
Dönmeli			Yumuşak kaya	70-100 devir/dak
			Orta sert kaya	50-70 devir/dak
			Sert kaya	40-60 devir/dak
Basınçlı akış hızı (hava / su)	12-20 m/san 2400-4000 ft/dak	14-25 m/san 3000-5000 ft/dak	30-45 m/san 6000-9000 ft/dak	30-45 /san 6000-9000 ft/dak
Baskı			Yumuşak kaya	1000-3000 lb/in
			Orta sert kaya	3000-5000 lb/in
			Sert kaya	4000-7000 lb/in

#### 4.4.1. Darbeli Sondaj Yöntemi

Kayayı delmek için gerekli temel kuvvetin kaya yüzeyine dik olarak ve darbeler şeklinde uygulandığı sondaj sistemidir. Delici güç birimi bu kuvveti kuyu dibinde uygulayabileceği gibi (down the hole) sondaj kuyusu dışında bir çekiç gibi yukarıdan da uygulayabilmektedir (top hammer). Bu sondajlar genellikle sığ ve geniş çaplı ve daha çok inşaat mühendisliğine yönelik çalışmalarda avantajlı olmaktadır. Madencilik amaçlı da kullanılmasına karşın, delme hızı bakımından ve derin kuyularda verimsizliği ve daha pahalı olduğu gözlemlenmiştir. Çeşitli alanlarda kullanılan darbeli sondaj yöntemi için temel gereksinim birimleri aşağıda verilmektedir:

- Takım dizisi hareketi için gerekli motor
- Zincirli ve hidrolik baskı sağlayıcı bir düzen
- Tij hareketlerini kontrol edecek bir düzen
- Kuyu dibinde oluşan kaya kırıntılarını temizleyerek yukarıya taşımak için bir kompresör
- Hidrolik seviye kirkoları
- Toz toplama sistemi
- Ana motor (dizel veya elektrik)

#### 4.4.2. Dönmeli Sondaj Yöntemi

Ana kesme hareketinin, baskı ile birlikte, dönme ile sağlandığı delme sistemidir. Dönmeli sondaj sisteminde, dönme hareketi döner tabla aracılığı ile sağlanmaktadır. Bu sistemde, döner tabla içinden geçen ve aşağı yukarı serbestçe hareket eden Kelly ile dönme hareketi sağlanmaktadır. Matkabın ilerlemesi için gerekli baskı, takım dizisini oluşturan tijler ve ağırlık tijleri ile sağlanmaktadır. Dönmeli sondaj sistemi, daha çok aramalar, petrol, doğalgaz, derin su çalışmalarında uygulanmaktadır. Bu sistemin ana elamanları şunlardır:

#### **Kule, motorlar ve güç düzeneği, sondaj dizisi, çamur pompaları**

Dönmeli sondaj makineleri, kızaklı, treylere veya kamyon monte (daha sığ kuyular için) olabilmektedir. Kule sistemleri, belirli bir emniyet katsayısında ve takım ağırlığını, çeşitli kuyu ortamlarında indirip çıkarabilecek kapasitede olmaktadır. Takım dizisinin kuyu içerisine indirilip çıkartıldığı halatın hareketini sağlayan tambur, belirtilen kapasitelere uygun olarak ve farklı hızlarda halat hareketini sağlamaktadır. Kuyu derinliğine ve kullanılan takım dizisine bağlı olarak, seçilecek motorlar gerekli tork değerlerini sağlayacak düzeyde olmalıdır. Çeşitli sondaj türlerine ve kaya dayanım değerlerine bağlı olarak gerekli olan motor kapasiteleri Çizelge 3'de verilmektedir.

## Sondaj

Çizelge 3. Kaya dayanımına ve sondaj türlerine göre motor kapasiteleri.

Ekipman	Kuyu çapı (m)	Kayaya iletilen güç (HP)	Kaya mukavemeti (1000-2000 kg/cm <sup>2</sup> )	Kaya mukavemeti (>2000 kg/cm <sup>2</sup> )
Darbeli	0,038	5	72	108
"	0,048	9	50	76
"	0,076	11	50	76
Merdane	0,200	30	58	233
Drag	0,100	15	22	
Elmaslı	0,050	10	311	1250
Jet etkili delme	0,200	160		1250-4200
Nükleer	1,000	1000-2500		1400-4200
Galeri açma	1,200	42		83
Erozyon delikleri	0,280	90		340
Patlayıcı				2
Çeneli kırıcı				1,6
Değirmen				72
Çarpma takozu				1,5

Sondaj çalışmasında kuyu dibinde oluşan kırıntıları dışarıya taşımak için gerekli olan sıvı devridaimini sağlamak için uygun kapasitede çamur pompaları kullanılmaktadır. Bu pompaların görevi gerekli kuyu hidroliğini sağlayarak kesilen kırıntıları temizlemek, oluşabilecek basınç kayıplarını tolere etmek ve uçların ısınmasını önlemektir. Devridaim sıvısı, sondajın amaçlarına uygun olarak, su, polimer, köpük veya hava olabilmektedir. Kullanılan matkaplar genellikle düz veya yerleştirilmiş kesici uçlar içermektedir.

Dönmeli sondajlarla ilgili 4 ana eleman aşağıda verilmektedir:

- 1- Karşılaşılan herhangi bir formasyonda, matkabı döndürebilecek seviyede yeterli tork sağlanması,
- 2- Optimum ilerleme hızı sağlayacak şekilde, yeterli matkap baskısı.
- 3- Matkabı soğutacak ve kaya kırıntılarını kuyu dışına taşıyabilecek seviyede yeterli hava veya sıvı sirkülasyonu.
- 4- Delinecek formasyon için, en uygun matkap tipinin seçilmesi.

Bu kapsamda patlatma delikleri için Tamrock (1984) tarafından önerilen baskı, devir ve uç tipleri aşağıda Çizelge 4 de verilmiştir.

Çizelge 4. Patlatma delikleri için önerilen devir-baskı değerleri ve uç tipleri.

Kaya tipi	Uygun uç tipi	RPM	Baskı
Yumuşak kaya	İri dişli dönmeli uç drag uç	70 - 100	delik çapının inçi başına 1000-3000 lb (0.5 - 1.4 ton/inç)
Orta sert kaya	Orta büyüklükte dönmeli uç	50 - 70	delik çapının inçi başına 3000-5000 lb (1.4 - 2.3ton/inç)
Sert kaya	Küçük dişli dönmel uç	40 - 60	delik çapının inçi başına 4000-7000 lb (1.8 - 3.5 ton/inç)

#### 4.5. SONDAJ PARAMETRELERİ İLE İLGİLİ HESAPLAMALAR

Aşağıda, gerek darbeli gerekse dönmeli sondaj çalışmalarında yararlanılmak üzere, bazı eşitlikler önerilmektedir:

##### **Darbeli sondaj için gerekli güç:**

Delme işlemi için gerekli güç, piston içinde ileri-geri hareketlerle sıkıştırılmış hava aracılığı ile sağlanmaktadır. Bu kapsamda olması gereken toplam teorik güç:

$$P_o = \frac{P^{3/2} A^{3/2} S^{1/2}}{W^{1/2}} \quad \dots(1)$$

eşitliği aracılığı ile verilmektedir.

Burada,

- A: Piston yüzey alanı, inç<sup>2</sup>
- S: Piston hareket mesafesi, inç
- P: Piston yüzeyine etki eden basınç, psi
- W: Piston ağırlığı, lb

##### **Kuyu temizliği için gerekli basınçlı hava hızı, V:**

$$V = \frac{13.300SD^{3/5}}{(S-1)} \quad \dots(2)$$

ile hesaplanmaktadır.

Burada,

Sondaj

- V: hava hızını, ft / dak,  
S: taşınacak kayanın birim ağırlığını,  
D: taşınacak kayanın çapını, inç

temsil etmektedir.

**Kuyu temizliği için gerekli basınçlı hava debisi, Q:**

$$Q = \frac{V(A-a)}{144} \quad \dots(3)$$

Burada,

- A: Kuyu kesit alanını, inç<sup>2</sup>  
a: Tij kesit alanını, inç<sup>2</sup>  
Q: Basınçlı hava debisini, ft<sup>3</sup> / dak

Darbeli ve dönmeli sondajlar için, V ve Q değerleri aynıdır. Bundan sonra yapılması gerekli işlem istenen debiyi sağlayacak pompanın seçimidir. Pompa gücü,

HP=Q\*p/1714 eşitliği ile hesaplanabilir.

Burada;

- HP: Pompanın hidrolik beygir gücü,  
Q: Pompanın debisi, dakikada galon olarak(Gpm).  
p: Pompanın boşaltma basıncı, psi olarak

Sondaj kırıntılarını temizlemek için kullanılan pompaların debileri genellikle 20-50 Gpm ve basınç değerleri 500-1000 psi arasında değişirler.

**Baskı ve devir için baz pratik değerler:**

Kullanılacak balta matkaplarda, yumuşak formasyonlar için 25-50 devir / dakika, sert formasyonlar için ise, 15 veya daha az devir / dakika matkap hızı kullanılması önerilmektedir. Döner kesicilerde, 50 - 100' den az devir / dakika matkap hızı kullanılması önerilmektedir.

Matkap çapına bağlı olarak kullanılacak matkap baskıları aşağıda verilmektedir:

Matkap Çapı $\Phi$ , in	Önerilen baskı, lb
5	20.000
7	35.000
9	60.000
12	75.000
15	120.000



Yukarıda verilen değerler delinen formasyonun dayanımından bağımsızdır ve sandaj deliğinin inç olarak çapına 4000 ile 8000 lb baskı uygulama esasına dayanır. Dolayısıyla, kayanın dayanımına bağlı olarak bu alt ve üst değerler uygulayıcı mühendis tarafından seçilmelidir.

Çeşitli sondaj sistemleri için özgül enerji (e) kavramından hareketle bulunan ilerleme hızı R, kavramsal olarak aşağıda verilmektedir:

$$R = \frac{P}{Ae} \quad \dots(4)$$

Burada,

R: Matkap delme-İlerleme hızı  
P : Uygulana güç  
A: Kuyu çapı  
e: Özgül enerji

Darbeli sondaj için:

$$R = \frac{BE}{Ae} = \frac{VcBn}{A} \quad \dots(5)$$

Burada,

R: İlerleme hızı, ft / dak  
Vc: Kesme yüzeyi başına parçalanan hacim,ft<sup>3</sup>  
n: Matkap kesme yüzeyi sayısı  
B: Darbe frekansı, darbe / dak  
E: Darbe enerjisi  
E= 0.5mv<sup>2</sup> = CWL<sup>2</sup>B ...(6)

Burada,

m: Piston kütlesi, lb - san<sup>2</sup> / ft  
v: Piston çarpma hızı, ft / san  
C: Katsayı  
W: Piston ağırlığı, lb  
L: Piston strok boyu, in

Dönmeli sondaj için:

a) Genel Eşitlik:

$$R = \frac{2\Pi NT}{Ae} = \Pi DN \tan \beta \quad \dots(7)$$

Sondaj

Burada,

D: Matkap çapı, ft  
p: Matkabın formasyona dalım açısı  
N: Matkap hızı, devir / dak  
T: Tork, lb - ft

b) Balta matkaplar (teorik)

$$R = dnN \quad \dots(8)$$

Burada,

D: Kanat başına kesme derinliği

c) Dönerli matkap (teorik):

$$R = \frac{V_c n_t N}{A} \quad \dots(9)$$

Burada,

$n_t$ : Dönü başına diş çarpma sayısı

d) Teorik genel:

$$R = \frac{k_1 NF}{De} + \frac{k_2 NF^2}{D^3 e^2} + \frac{k_3 NF^3}{D^5 e^3} + \quad \dots(10)$$

Burada,

$k_1, k_2, k_n$  : Katsayı  
F : Baskı, lb  
e : Özgül enerji, lb / ft<sup>2</sup>

e)

$$R = \frac{kNF^2}{D^2 e^2} \quad \dots(11)$$

Burada,

e: Kaya kesme mukavemeti

Çeşitli sondaj sistemlerine bağlı olarak kullanılan matkap tipleri aşağıda Çizelge 4'de verilmektedir:

Çizelge 4. Sondaj yöntemlerine bağlı olarak matkap tipleri.

SONDAJ MATKAPLARI								
DARBELİ SONDAJ MATKAPLARI				DÖNMELİ SONDAJ MATKAPLARI				
ORTA SERT - ÇOK SERT FORMASYONLAR İÇİN				YUMUŞAK - ÇOK SERT FORMASYONLAR İÇİN				
TUNGSTEN KARBİT BAZLI MATKAPLAR			ELMAS BAZLI MATKAPLAR (PDC)	KAROTLU MATKAPLAR		KAROTSUZ MATKAPLAR		
KESKİ MATKAP	METAL KAYNAKLI MATKAP	BUTON MATKAP	BUTON MATKAP	YÜZEY TAŞLI MATKAPLAR	EMPRENYE MATKAPLAR	BALTA MATKAPLAR	DÖNER KONLU MATKAPLAR	BUTONLU DÖNER KONLU

#### 4.6. ELMASLI SONDAJ

Elmaslı sondaj sistemi dönme hareketinin morset aracılığı ile sağlandığı sistemdir. Bu sistemde morset içinden geçen tijler de yine morset aracılığıyla sağlanmaktadır. Matkabın ilerlemesi için gerekli baskı, hidrolik morset ile sağlanmaktadır. Elmaslı sondaj sistemi daha çok karot istenen maden aramacılığı ve jeoteknik amaçlı sondajlarda uygulanmaktadır.

#### **Elmaslı sondaj makinasının tanıtımı ve bölümleri (ana güç ünitesi, morsetler ve hidrolik sistemler)**

Elmaslı sondaj makineleri, dönmeli sondaj sistemi olduğundan, daha önce dönmeli sistemde bahsedilen temel birimlere ek olarak da bazı sondaj ana parçaların tanıtımı da burada yapılacaktır. Sondaj amaçlarına bağlı olarak, kızaklı, treylere veya kamyonu monte olabilmektedir. Kule sistemleri, belirli bir emniyet katsayısında ve takım ağırlığını, çeşitli kuyu ortamlarında indirip çıkarabilecek kapasitede olmalıdır. Takım dizisinin kuyu içerisine indirilip çıkarıldığı halatın hareketini sağlayan tambur, belirtilen kapasitelere uygun olarak ve farklı hızlarda halat hareketini sağlamaktadır. Kuyu derinliğine ve kullanılan takım dizisine bağlı olarak, kullanılacak motorlar gerekli tork değerlerini sağlayacak düzeyde olmalıdır. Sondaj çalışmasında kuyu dibinde oluşan kırıntıları dışarıya taşımak için gerekli olan sıvı devridaimini sağlamak için uygun kapasitede çamur pompaları kullanılmaktadır. Devridaim sıvısı sondajın amaçlarına uygun olarak, su, polimer, köpük veya hava olabilmektedir. Bu pompaların görevi gerekli kuyu hidroliğini sağlamak ve oluşabilecek basınç kayıplarını tolere ederek temizliği sağlamaktır. Kullanılan matkaplar sınav elmaslı üretilen yüzeyden taşlı veya emprenye tipte olup, kaya yüzeyinde kesme işlemini gerçekleştirmektedir. Prensip olarak kaya dayanımının üzerinde ancak elmas dayanımının altında bir basınç uygulaması ile başlayabilen kesme işlemi, saban hareketi veya gerilme rahatlaması ile gerçekleştirilmektedir. Uygulanan basıncın kaya dayanımından düşük olması durumunda, kesme işlemi gerçekleşmemektedir. Bu üç koşul, Şekil 5'de verilmektedir. Kesilen kayaların cinsine göre ise, gerek elmas şekilleri gerekse kesme mekanizmaları, Şekil 3'de verilmektedir.

#### **Tijler, karotiyerler, portkronlar uzatmalar ve keçirler**

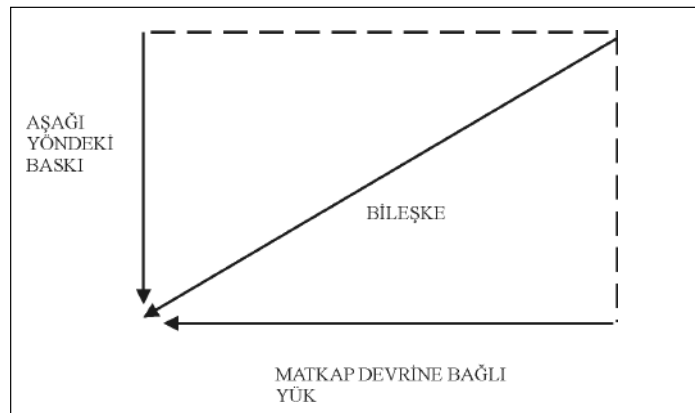
Sondaj makinesinin morsetindeki dönme ve baskı hareketini, takım dizisinin ucundaki matkaba iletilmesi, soğuk çekme çelik borudan üretilmiş her iki ucundan açılmış dişler ile birbirlerine bağlanan ve içleri sondaj sirkülasyon sıvısının geçmesi için boş olan silindir şeklindeki elemanlar (tijler) sağlamaktadır. Tijlerle ilgili genel gruplandırma aşağıda verilmektedir:

**A. Standard tijler.** Karot alınması sonrasında, takım dizisinin tümü kuyu dışına alınarak karotiyer boşaltılmaktadır. İki gruba ayrılırlar:

- (i) İnce standardlı tijler (DCDMA) - "X" ve "W" olarak ikiye ayrılırlar. Çap sınıflandırması ise, büyükten küçüğe doğru N, B, A ve E'dir.
- (ii) Metrik standardlı tijler (CMS) - 33, 42 ve 50 mm çaplarında üretilen tijler. Bu grupta ayrıca, Alüminyum tijler (hafiflik gereksinimi), ağırlık tijleri (kuyu sapmalarını önlemek için kalın iç duvar paylı) veya kaynaklı tijler sayılabilir.

**B. Wireline tijler:** Karot alınabilmesi için, takım dizisinin kuyu dışına alınması gerekli değildir. Kuyu dışındaki bir tamburdan (cathead), kuyu dibindeki karotiyer iç gömleğinin tepesine kadar bir tel halat indirilmekte ve iç gömlek üzerindeki konik mekanizma (spearhead) tel halatın bağlı olduğu özel mekanizma (overshot) ile yakalanıp kuyu dışına çıkarılmaktadır. Tijler yine soğuk çekme çelik borudan imal edilmiş olup, her iki ucunda açılmış dişler ile birbirine bağlanmakta ve içleri sondaj sirkülasyon sıvısının geçmesi için boş olan silindir şeklindeki borulardır. Tij dış dibi mukavemetleri yüksek olup, konik dış yapısına (Q) sahiptirler.

Karotiyerler de ana sistem olarak düz ve wireline olarak iki gruba ayrılmaktadır. Sistem olarak aynı tür karotiyerler, kendi takım dizileri ile birlikte kullanılmalıdır. Bu tür karotiyerlerin, alınan karotun boşaltılması amacıyla kuyu dışına alınma zorunluluklarının olmaması, zaman kayıplarının olmaması dışında önemli ölçüde ekonomi de sağlamaktadır. Karotiyerlerin Standard veya wireline türlerine bağlı olarak, tijler dışında kullanılacak elmas kronların da uygun diş yapısında imal edilmiş olmaları zorunludur. Takım dizisinin ucundaki matkapların çapları ilerleme sonrasında açılan delikten ilk önce geçecek olan karotiyerlerin çapından daha küçüktür. Bu nedenle, matkapla açılan kuyu çapının, karotiyerin ve ardından da tijlerin rahat bir şekilde geçişini sağlamak amacıyla genişletilmesi veya taranması gerekmektedir. Bu tarama işlevini gerçekleştirmek amacıyla, matkap ile karotiyer arasına yerleştirilen ve dış yüzeylerine sinai elmas taneleri konumlandırılan (emprenye) tarayıcı mekanizmalar "portkron", olarak adlandırılmaktadır. Portkronların dış çapları belirli aralıklarla kontrol edilmeli ve karotiyerlerin rahat geçişine engel olacak şekilde aşınmamış olduklarından emin olunmalıdır. Wireline takım dizilerinde, karot kırma işlemi (manevra bitiğinde takımın yukarıya alınmasından önce, bir bölümü karotiyer içerisinde olan kaya blokunun, makine ile bir miktar tork uygulayarak kırılarak koparılması) ertesinde içgömlek yukarıya alınırken karotun kuyu içerisine düşmemesi veya dökülmemesi (alınan örneklerin masif olmaması durumunda) için kullanılan ve matkap içerisinde konumlandırılan ekipman, "keçir" olarak adlandırılır. Keçire yuva görevi yapan mekanizma ise "uzatma" olarak adlandırılır ve iç gömleğin en ucunda yer alır (Özbayoğlu, 1980).

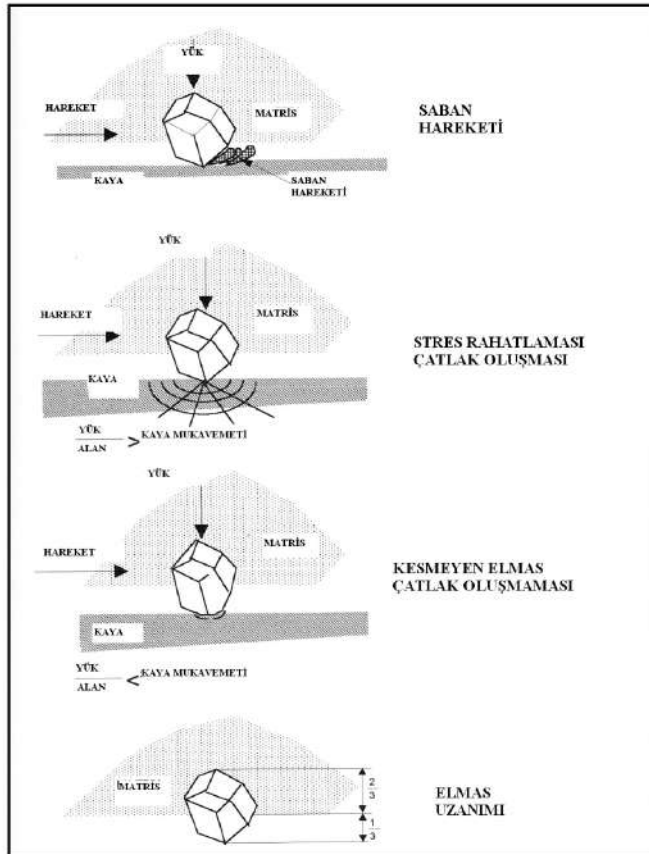


Şekil 3. Elmaslı sondaj çalışmalarında, baskı, dönme ve bileşke kuvvetleri (Cumming and Wickland, 1980).

Elmaslı sondaj çalışmalarında, kaya cinsine göre elmas şekilleri ve kesme mekanizmaları ise Şekil 4'de verilmekte olup, yine elmaslı sondaj çalışmalarında kesme mekanizmaları ile ve bu mekanizma üzerinde önemli ölçüde öneme sahip olan elmas kron üzerine yerleştirilen elmasların uzanımları, Şekil 5'de verilmektedir.

DELİNEBİLİRLİK	YUMUŞAK KAYALAR	ORTA SERT KAYALAR	SERT KAYALAR
FORMASYON	KIREÇTAŞI KİLTAŞI GENİŞEK SİTİLER KİMTAŞI	İNCE TANELİ KİMTAŞI KRİSTALIN KİREÇTAŞI DOLOMIT	GRANİT GRAYS KUVARŞİ PEGMATİT
KESME METODLARI	KESME	KESME PARÇALAMA	PARÇALAMA AŞINDIRMA AŞINDIRMA
ELMAS ÖLÇÜLERİ	◆	◆	◆
ELMAS ŞEKLİ	◆	◆	◆

Şekil 4. Elmaslı sondaj çalışmalarında, kaya cinsine göre elmas şekilleri ve kesme mekanizmaları. (Heinz,1983).



Şekil 5. Elmaslı sondaj çalışmalarında kesme mekanizmaları ile elmas kron üzerine yerleştirilen elmasların uzanımı (Heinz, 1983).

## Sondaj

### Elmaslı sondaj parametreleri

Genel sondaj parametreleri Çizelge 5'de verilmektedir Sondaj çalışmalarında verimlilik, kaya özelliklerine bağlı olarak uygun operasyon (işletme) parametrelerinin uygulanması ile sağlanabilir. Operasyon parametreleri, değiştirilebilir veya değiştirilemez olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu değerlerin ortama uygun seçimi, kaya niteliklerinin iyi bilinmesi ve deneyimle elde edilmektedir

### Tahlisiye (kurtarma) işlemi

Sondaj operasyonlarında, kopan, sıkışan veya tabana düşen tij, karotiyer, matkap, muhafaza borusu vs. gibi ekipmanların kurtarılacak kuyu dışına alınması işlemine tahlisiye operasyonu adı verilir. Bu amaçla kullanılan ekipmanlar ise, tahlisiye ekipmanları olarak adlandırılır. Tahlisiye işlemi gerektiren kuyu dibi koşulların çıplak gözle görülebilmesi ve aşağıda koparak kalan parçaların şekil ve konumları ancak tahmin edilebildiğinden tahlisiye işlemleri genellikle zor ve problemlidir.

Çizelge 5. Sondaj parametreleri (Wirth, adapte edilmektedir).

PARAMETRE ADI	PARAMETRE TİPİ	BAĞLILIK	DEĞİŞTİRİLEBİLİRLİK	GÖRÜLDÜĞÜ YER
Matkap yükü	Operasyonel	Matkap çapı	Değiştirilebilir	Matkap
		Karat yükü	"	"
		SPC	"	"
		Elmas kalitesi	"	"
		Matris kompozisyonu	"	"
		Temas alanı	"	"
		Makina HP	Değiştirilemez	Makina
		Hidrolik silindirelerin çapı	"	"
		Kaya tipi	"	"
		UCS	"	"
		RQD	"	"
Matkap devri	Operasyonel	Matkap çapı	Değiştirilebilir	Makina
		Matkap imalat tipi	"	"
		UCS	Değiştirilemez	Kaya
		RQD	"	"
		Takım dizisi uzunluğu	Değiştirilebilir	Ekipman
		Tij uzunluğu	"	"
		Tij tork dayanımı	Değiştirilemez	"
		Kuars miktarı	"	Kaya
		Süreksizlik aralığı	"	"
		Kaya tipi	"	"
		Makina HP	"	Makina
Dolaşım hacmi	Operasyonel	Pompa silindir hacmi	Değiştirilemez	Pompa
		Strokboyn	"	"
		Anülüs alanı	Değiştirilebilir	Kuyu
		Kritik çıkış hızı	Değiştirilemez	"
		Kaya tipi	"	Kaya
		Matkap su kanalları	Değiştirilebilir	Matkap
		Çamur özellikleri	"	Çamur
		Pompa basma kayıpları	"	Kuyu
UCS	Kaya	Jeoloji	Değiştirilemez	Formasyon
RQD	Kaya	Jeoloji	Değiştirilemez	Formasyon
Süreksizlik aralığı	Kaya	Jeoloji	Değiştirilemez	Formasyon
Aşındırıcılık	Kaya	Jeoloji	Değiştirilemez	Formasyon

Değişik kuyu içi koşullara bağlı ve amaca uygun olarak hazırlanmış tahlisiye ekipmanları (erkek - dişi, sağ dişi - sol dişi, miknatıslı, gibi) olabileceği gibi, bazı durumlarda, amaca uygun yeni tahlisiye ekipmanları da üretilebilir. Bazı durumlarda kuyu içerisinde kalan metalik parçaların öğütülebilmesi için, rozbit kullanılabilir. Yine kuyu içerisinde sıkışarak aşağı - yukarı hareket etmeyen takım dizileri, ya krikolarla ya da şahmerdanlarla hareket ettirilebilir; ancak bu işlemler esnasında oluşabilecek olası iş kazalarına karşı özel itina gösterilmelidir.

Sondaj çahşmalan esnasında, takım dizilerindeki sıkışma çeşitli nedenlerle oluşabilir. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir:

- Yıkıntı nedeniyle takım sıkışması
- Killi formasyonların şişmesi nedeniyle takım sıkışması
- Çok kalın çamur keki nedeniyle takım sıkışması
- Sedimanların Çökmesi nedeniyle takım sıkışması
- Karot bloklaşması nedeniyle takım sıkışması
- Tij bağlantı yerlerinden aşırı miktarda su sızması nedeniyle takım sıkışması

Tahlisiye işlemlerinde, üzerinde durulması gereken en önemli konulardan biri de sıkışma noktasının belirlenmesidir. Bu amaçla, kuyu ile ilgili raporlar ve ölçülendirmeler çok hassas bir şekilde değerlendirilmelidir. Kesin sıkışma noktasının tayini için ise aşağıda verilen eşitlik (12) (Heinz, 1983) kullanılmaktadır:

$$\lambda = \frac{P \cdot l}{AXE} \quad \dots(12)$$

Burada,

$X$  : Uzama miktar (cm)

$P$  : Çekme kuvveti (kg)

$A$  : Tij gövdesinin et kalınlığının kesit alanı (cm<sup>2</sup>)

$E$  : Çeliğin elastik modülü (Young Modülü);  $30 \times 10^6$  psi veya  $2.1 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup>

$l$  : Takım dizisinin uzunluğu

Yukarıdaki denklemden çekilecek " $l$ " değeri, takım dizisinin sıkışma noktasını verecektir.

### **Elmas matkaplar**

Elmaslı sondajlarda kullanılan elmas matkaplar, düz veya wireline olarak sınıflandırılmakta olup ya yüzeyden taşlı veya empenye türünde imal edilmektedirler. Tij veya karotiyerler gibi, elmas matkaplar da düz veya wireline türlerindedir. Elmas matkap çapları yukarıdan aşağıya P, H, N, B, A ve E olabilmektedir.

## Sondaj

Yüzey taşlı elmas matkaplar, belirli karat (0.202 g) ağırlığında elmas tanesi kullanılarak imal edilmektedir. Kullanılacak her bir karattaki elmas taş adedi "spc" olarak anılmaktadır. Aktif matkap baskısının belirlenmesi için kullanılacak kesici taş adedi ise, kaya yüzeyine ilk temas eden merkezi çap üzerindeki elmas taşlardır. Elmas tanelerin matkap yüzeyine yerleştirilmeleri, açılan belirli konfigürasyonlardaki (geçilecek kaya birimlerine göre özel olarak belirlenmelidir) küçük delikler içerisine fırınlarak elmasları sıkı bir şekilde tutacak çeşitli metal tozları (matris) ile gerçekleştirilmektedir.

Emprenye elmas matkaplar ise, çok küçük boyuttaki (< 100 spc) elmas tanelerinin uygun metal tozları ile birleştirilerek fırınlanıp imal edilmektedirler. Genel anlamda çok sert formasyonların delinmesinde kullanılıyor olsalar da, son dönemlerde gelişen teknolojiler ile, her tür formasyonun delinmesi amacıyla, emprenye matkaplar (özellikle V -profil) yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür emprenye matkaplarda kullanılacak operasyon parametreleri, Çizelge 6'da verilmektedir.

Çizelge 6. Emprenye matkaplarda kullanılacak operasyon parametreleri (Longyear, 1974).

Sistem	Sıvı sirkülasyon debisi lt/dak	Matkap devri RPM	İlerleme Hızları Seriler 1-9 ±10% cm/dak	İlerleme Hızları Seriler 10 ±10% cm/dak	Matkap baskısı kg
LTK 46	10-13	2300	26	14	450-1360
		1400	16	8	
		1000	11	6	
AQ	15-19	2000	22	12	910-2260
		1200	13	7	
		850	9	5	
LTK 56	10-13	1700	19	10	910-1810
		1000	11	6	
		700	8	4	
BQ	23-30	1700	19	10	910-2260
		1000	11	6	
		700	8	4	
NQ CHD 76	30-38	1350	15	8	1360-2720
		800	9	5	
		550	6	3	
HQ CHD101	38-45	1000	11	6	1810-3620
		600	7	4	
		400	4	2	
HQ CHD134	68-87	800	9	5	2260-4530
		500	6	3	
		350	4	2	

### Matkap Devri

Operasyon parametrelerinin önemlilerinden biridir. Matkap devrine bağlı olarak, ilerleme hızı aşağıda verilen Eşitlik (13) (Christensen, 1977) ile hesaplanmaktadır.

$$V_b = C \cdot a \cdot s \cdot n \quad \dots(13)$$

Burada,  $V_b$ : İlerleme hızı, metre/saat

$C$  : Dönüşüm faktörü,  $6 \times 10^{-2}$

$a$  : Ortalama çap üzerindeki kesici taş adedi



s : Elmas dönüşü başına spesifik kesme derinliği, mm  
n : Matkap devri, dak<sup>-1</sup>

Belirli bir matkap ve formasyon için, C, a ve s sabit olarak kabul edilirse, ilerleme hızı matkap devri ile doğru orantılı olur. Bu durumda, yukarıdaki eşitlik aşağıdaki hali alır (Eşitlik 14 ve 15).

$$V_b = C_1 \cdot n \quad \dots(14)$$

Burada,  $C_1 = C \cdot a \cdot s$ ; ve buradan da,

$$\text{Log } V_b = \text{Log } C_1 + \text{Log } n \quad \dots(15)$$

Elde edilir ki bu durumda 45°'lik bir açıdaki bir çizgi oluşmaktadır.

Matkap devri, ilerleme hızının temel aktörlerinden olan ve devirden kaynaklanan yanal yükü oluşturan temel parametredir. Bu yanal yükü bulabilmek için, aktif kuvvetin ve matkap yarıçapının bilinmesi gereklidir. Bu kuvvet ise, aşağıdaki eşitlikleri (Eşitlik 16 ve 17) kullanarak bulabiliriz.

$$T = \frac{60.75.HP}{2.P.N} \quad \dots(16)$$

Burada, T: Morsett oluşan tork, kg-m

HP: Sondaj makinesinin beygir gücü, HP

N: Matkap devri, rpm

$$F = \frac{T}{r} \quad \dots(17)$$

Burada, F: Dönme kuvveti, kg

r: Matkap yarıçapı, m

### **Matkap yükü**

Tek bir elmas tanesinin hareketinin anlaşılması, uygulanan matkap baskısına bağlı olarak elmas matkabın kesme mekanizmasının anlaşılmasını kolaylaştıracaktır. Yüzeyden taşlı elmaslar için, Van Moppes (1986) bu amaçla aşağıdaki verilen ampirik (Eşitlik 18) eşitliğin kullanılmasını tavsiye etmektedir.

$$BL = \frac{2}{3} \cdot CL \cdot SPC_{av} \cdot BL_{sp} \quad \dots(18)$$

Burada,

BL: Matkap yükü, kg

CL: Karat yükü, karat

## Sondaj

SPC<sub>av</sub> : karot başına ortalama taş sayısı

BL<sub>sp</sub> : elmas taşın varsayılan dayanımı, kg/taş

Kullanılan değişik elmaslar için, Van Mopps (elmas tanesi tam bir küre ve sabit elmas yüzeyi varsayımı ile) aşağıda verilen kg/taş değerlerini önerir.

VMBortz = 3.178 kg/taş

Congo = 2.270 kg/taş

Carbonado = 6.810 kg/taş

Yüzey taşlı elmas matkaplar için, karat yükünün, karat başına düşen taşın (spc) ve elmas kalitesinin, matkap yükünün uygulanması üzerindeki etkisi, yukarıda verilen eşitliklerde açıkça görülmektedir.

### **Sondaj sıvıları**

Sondaj esnasında, kesilen değişik formasyonlardan koparılarak oluşan kırıntıların kuyu dışına atılması, kırıntılarının kompozisyonuna, ağırlığına ve boyutlarına bağlıdır. Bu nedenledir ki sondaj çamur özellikleri, özellikle derin ve problemlili formasyonlar (kil, marn ve stabil olmayan formasyonlar) içeren kuyularda büyük önem kazanmaktadır. Kazılan bu tür kuyularda, tüm çamur özelliklerinin (viskozite, su kaybı, birim ağırlık, plastik viskozite (PV), akma noktası (YP), kum miktarı, v.s.) itinalı bir şekilde kontrol edilmesi zorunludur.

Sondaj esnasında oluşan kırıntıları yeryüzüne taşıyan her türlü sıvıya "Sondaj Sıvısı" denir. Günümüzde çoğunda su kullanıldığından sondaj sıvıları "su bazlı çamurlar" adı ile sınıflandırılırlar. Sıvı bazlı çamurlar üç kısma ayrılır.

- 1- Sıvı kısım (su)
- 2- Aktif katılar (killer; su ile temasta kolayca şişip viskozite yaparlar)
- 3- İnert katılar (su ile temasta hidrasyona uğramayan veya şişmeyen şeyl, kum, kalker ve barit)

Çamurun en önemli kısmı kolloidal kısmı olup, bentonitik kil ve kimyasal madde ilaveleri ile, sondaj sıvısı özellikleri kolayca değiştirilerek istenen özellikler sağlanabilmektedir. Temel baz olan su ise kalsiyum ve tuz gibi maddeler içermemelidir, çünkü bu durumda çamur ya çok kalın veya çok ince olmaktadır. 120 ppm'den daha fazla kalsiyum içeren sular "soda ash" ile muamele edilmelidir.

Sondaj çamurları gerek dönmeli gerekse elmaslı sondajların en kritik ve önemli konusunu oluştururlar. Sirkülasyon sıvısı, ilerleme hızım, çimentolama işlemlerini, kuyunun dengesini, sondaj ekipmanlarının randımanlı çalışmasını ve ömrünü ve bütün bunların sonucu olarak da sondaj maliyetini doğrudan ve öncelikle etkiler. Sondaj sıvılarının önemli görevleri aşağıda verilmektedir:

- 1- Sondaj esnasında oluşan kırıntılan kuyu dışına taşımak
- 2- Kuyu dibi basınçlarını kontrol altına almak
- 3- Matkap ve tijleri soğutmak ve yağlamak
- 4- Göçmeye ve oyuk oluşumuna engel olmak
- 5- Kuyu cidarını dengede tutmak
- 6- Kesintileri süspansiyonda tutmak
- 7- Takım dizisinin ağırlığının taşınmasında yardımcı olmak
- 8- Malzeme korozyonunu önlemek

Basınç kayıplarının hesaplanması için, Suzuki (1978) adım adım uygulanan aşağıdaki eşitliklerin kullanılmasını önermiştir. Anülüs (kuyu yüzeyi ile tij dış çapı arasındaki kısım) hızlarının hesaplanabilmesi için, Eşitlik 19 kullanılmaktadır.

$$V = \frac{12.74Q}{d_1^2 - d_2^2} \quad \dots(19)$$

burada V: Anülüs hızı (cm/dak)

Q: Debi (l/dak)

d<sub>1</sub>: Tij dış çapı (cm)

d<sub>2</sub>: Kuyu çapı (cm)

İkinci adım viskozite katsayısını bulmak için Eşitlik 20'nin kullanılmasıdır.

$$K = n + \frac{47.9 + t_y(d_1 - d_2)}{V} \quad \dots(20)$$

burada K : Viskozite katsayısı (cp)

n : Plastik viskozite

t<sub>y</sub>: Akma mukavemeti (lb/ 100 ft<sup>2</sup>)

Bir sonraki adımda, Reynold sayısı bulunmaktadır. Bunun için, Denklem 21 kullanılmaktadır.

$$N_{Re} = \frac{166.5 SG.V(d_1 - d_2)}{K} \quad \dots(21)$$

burada

N<sub>Re</sub> : Reynold sayısı

SG : Özgül ağırlık (gm/cm<sup>3</sup>)

22 ve 23. Eşitlikler, akış tipini belirlemektedir.

NRe < 2100 düzenli akış ... (22)

NRe > 2100 türbülanslı akış ... (23)

Son olarak, aşağıda verilen Eşitlik 24 ve 25, akış tipine bağlı olarak, basınç kayıplarını vermektedir.

$$P = \frac{t_y L}{386(d_1 - d_2)} + \frac{n.L.V}{18514(d_1 - d_2)^2} \quad \dots(24)$$

burada P : Basınç kaybı ( kg/cm<sup>2</sup>)

L : Muhafaza borusu boyu (m)

$$P = \frac{0.0002232.L.SG.V^2.f}{d_1 - d_2} \quad \dots(25)$$

burada f : Sürtünme faktörü (Çizelgelerden)

#### 4.7. YÖNLÜ SONDAJ, SONDAJLARDA SAPMA

Gerek olağan sondaj uygulaması, gerekse diğer sebeplerden, kuyu sapmaları her zaman karşılaşılabilen olaylardandır. Bazı durumlarda, 30-40 derecenin üzerinde sapmalara raslanılabilmektedir. Bu sapmaları tamamen önlemenin imkansızlığının yamsıra, gerekli uygulamalarla sapmalar minimuma indirilebilmekte, sapan kuyular tekrar doğrultulabilmekte veya kuyular bilerek ve kontrollü bir şekilde saptırılabilmektedir.

#### KAYNAKLAR

- Christensen,H.,1977, "Diamond Bits and Their Use in Shallow Holes", Diamomd Bit Catalouge, pp. 15 - 21, Sweden.
- Cumming, J.D.,Wickland, A.P., 1977, "Diamond Drill Handbook", pp. 146 - 153, Canada.
- Heinz, W.F., 1983, "Diamond Drilling Handbook", South Africa
- Longyear, 1974, "General Catalogue of Longyear-44 Diamond Core Drill", Canada.
- Özbayoğlu, Yıldırım., 1983"Elmaslı Sondaj Tekniği Kitabı", Şafak Matbaası, 440 sayfa, Ankara
- Suzuki, R., 1978, "Laboratory studies for wireline core drilling", Yayınlanmamış Rapor, Sondaj Dairesi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 30 pp. Türkiye.
- Wirth, 1981, "Drilling Technique Manual", p. 70 - 71, Germany.

# Bölüm 5

## Açık Ocak ve Taşocaklarında Patlatma

Doç. Dr. Hasan Aydın BİLGİN

### İÇİNDEKİLER

5.1. GİRİŞ	235
5.1.1. Tarihçe	235
5.1.2. Patlatmanın Önemi	236
5.2. İNFİLAK KURAMI	237
5.3. PATLAYICI MADDE ÖZELLİKLERİ	240
5.3.1. Patlayıcı Madde Özelliklerinin Değerlendirilmesi	240
5.3.2. Patlayıcının Patlama Reaksiyon Enerjisinin, Oksijen Dengesinin ve Patlama Sıcaklığının Belirlenmesi	243
5.3.3. Patlayıcı Maddenin Gücü	244
5.4. PATLAYICI MADDE TÜRLERİ	245
5.4.1. Nitrogliserin Esaslı Patlayıcı Maddeler	246
5.4.2. Amonyum Nitrat Esaslı Patlayıcı Maddeler	246
5.4.3. Slurry, Emülsiyon ve Emülsiyon - ANFO Karışımları	248
5.5. ATEŞLEME SİSTEM VE ELEMANLARI	249
5.5.1. Emniyetli Fital - Adi Kapsül	250
5.5.2. İnfılaklı Fital	250
5.5.3. Elektriksiz Şok Tüplü Kapsüller	251
5.5.4. Elektrikli Ateşleme Yöntemleri	252
5.6. PATLAYICI MADDELERLE KAYA PARÇALAMA MEKANİĞİ VE PATLAYICI MADDE SEÇİMİ	255
5.6.1. Basınç Dalgalarının Etkisi	255
5.6.2. Gaz Basıncının Etkisi	257
5.6.3. Patlatmada Enerjinin Bölüşümü	258
5.6.4. Patlayıcı Madde Seçiminin Yapılması	260
5.7. JEOLJİK ÖZELLİKLERİN PATLATMAYA ETKİSİ	262
5.7.1. Giriş	262
5.7.2. Kaya Malzemesi Özellikleri	262
5.7.3. Kaya Kütlesi Özellikleri	266
5.8. BASAMAK PATLATMASI TASARIMI	269

## Açık Ocak ve Taşocaklarında Patlatma

5.8.1. Delik Çapı (D,mm)	270
5.8.2. Basamak (Ayna) Yüksekliği (K,m)	271
5.8.3. Alt Delme (U,m)	271
5.8.4. Eğimli Delik	272
5.8.5. Kaya Katsayısı	273
5.8.6. Basamak Patlatmasında Hesap Yöntemi	273
5.9. PATLATMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	279
5.10. PATLATMA KAYNAKLI ÇEVRE SORUNLARI	281
5.10.1. Taş Savrulması	282
5.10.2. Hava Şoku	282
5.10.3. Toz Emisyonu	283
5.10.4. Yer Sarsıntısı	283
5.11. PATLATMA CİHAZLARI VE AKSESUARLARI	289
5.11.1. Manyetolar	289
5.11.2. Elektrikli Ateşlemede Devre Kontrol Cihazları	290
5.11.3. Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku Ölçer Cihazlar (Dijital Sismograflar)	290
5.11.4. İnfilak Hızı Ölçüm Sistemi	290
5.11.5. Yüksek Hızlı Video Kamera Sistemi	291
5.11.6. Laser Surveying Sistemleri	291
5.11.7. Delikçi Kamera İzleme Sistemleri	292
5.12. PATLATMALARDA İŞ GÜVENLİĞİ	292
5.12.1. Patlayıcının Depolanması	292
5.12.1.1. Depolar	292
5.12.1.2. Depolama	293
5.12.2. Depodan Patlatma Sahasına Patlayıcı Taşıma	294
5.12.2.1. Taşıma	294
5.12.2.2. Patlayıcı taşımada kullanılan araçlar	294
5.12.2.3. Araç yangınları	295
5.12.2.4. Patlayıcı araç şoförü	295
5.12.3. Patlatma Sahasına Götürelen Patlayıcılar	295
5.12.3.1. Doldurma Öncesi Alınacak Önlemler	296
5.12.3.1.1. Doldurma öncesi patlatma sahasında alınacak önlemler	296
5.12.3.1.2. Elektrikli ateşleme	297
5.12.3.1.3. Elektrik yüklü meteorolojik şartlar	297
5.12.3.2. Yemleyici Dinamit Hazırlama Emniyeti	297
5.12.3.2.1. Yemleyici dinamitler	297
5.12.3.2.2. Kapsüller	298
5.12.3.2.3. Yemleme hazırlama	298
5.12.3.2.4. Kapsülün kartuştan çıkmasından kaynaklanan tehlikeler	299
5.12.3.2.5. Küçük çaplı patlayıcı kartuşlarla kullanılan elektrikli kapsüller	299
5.12.3.2.6. Yemleyici olarak büyük çaplı kartuşlar	299
5.12.3.2.7. Kalıp yemlemeler (Primerler)	299
5.12.3.2.8. İnfilaklı fitilin yemleme kartuşuna bağlanması	299
5.12.3.2.9. İnfilaklı fitilin kalıp yemlemeye bağlanması	299
5.12.3.2.10. Kapsül ve fitil kullanımı	299
5.12.4. Deliklerin Doldurulması	300
5.12.4.1. Doldurma öncesi	300
5.12.4.2. Patlayıcı şarj kolonunun ölçülmesi	300
5.12.4.3. Küçük çaplı deliklere kartuşların doldurulması	300
5.12.4.4. Büyük çaplı patlatma deliklerinin doldurulması	301
5.12.4.5. Harici elektrik ve pnömatik şarjlama	302
5.12.4.6. Sıkılama ve bağlantı	302
5.12.5. Atımın Devre Bağlantısının Yapılması ve Ateşleme	303
5.12.5.1. Ekip sayısı	303
5.12.5.2. Elektrikli ateşleme devreleri	303
5.12.5.3. Çıplak tellerin bağlanması ve önlemler	303
5.12.5.4. Elektrik devre bağlantısı yapıldıktan sonra	303
5.12.5.5. Elektrikli patlatmanın ateşlenmesi	304

5.12.5.6. İnfilaklı fitille yapılan ateşleme	304
5.12.5.7. Emniyetli fitil-adi kapsül ile ateşleme	304
5.12.5.8. Fitillerde görülen başlıca kaza sebepleri	305
5.12.5.9. Genel önlemler	305
5.12.6. Atımın Ateşlenmesi	305
5.12.6.1. Ateşleme zamanı	305
5.12.6.2. Patlatmadan hemen önce	305
5.12.6.3. Koruma	306
5.12.6.4. Patlatmanın yaklaştığını uyarıcı siren çalma	306
5.12.6.5. Nöbetçilerle haberleşme	306
5.12.6.6. Ateşçi tarafından alınması gereken önlemler	306
5.12.6.7. Ateşçi ile nöbetçiler arasındaki haberleşme uygun ve olanaklı değilse	307
5.12.6.8. Ateşlemede genel yöntem	307
5.12.6.9. Yerüstü ocaklarda gece yapılan patlatma	307
5.12.7. Patlatma Sonrası Alınacak Önlemler	307
5.12.7.1. Taş savrulması	307
5.12.7.2. Zehirli gazlar	307
5.12.7.3. Patlatma sahasına girilmesi	307
5.12.8. Patlamamış Patlayıcıların Elden Çıkarılması	308
5.12.8.1. Patlamamış şarjın eden çıkarılması	308
5.12.8.2. Patlamamış deliklerin yeniden ateşlenmesi	308
5.12.8.3. Patlamamış şarjın bertarafı	308
5.12.8.4. Patlamamış delik yakınına yeni bir delik delinmesi ve ateşlenmesi	308
5.12.8.5. Bozulmuş yada hasar görmüş patlayıcıların elden çıkarılması	309
5.12.9. Acil Durumda Uygulanacak Kurallar	309
5.12.10. Elektriksel Tehlikeler Hakkında Geniş Bilgi	309
5.12.10.1. Statik elektrik	309
5.12.10.2. Akım kaçakları ve elektromanyetik alanlar	310
5.12.10.2.1. Akım kaçakları	310
5.12.10.2.2. Elektromanyetik alanlar	311
5.12.10.3. Radyo frekans enerjisi	311
5.12.10.4. Ark	312
5.12.10.5. Yıldırım	312
5.12.11. Sonuç	312
KAYNAKLAR	313





## 5.1. GİRİŞ

### 5.1.1. Tarihçe

Medeniyet tarihinde ve insanoğlunun gelişiminde ekip biçme, deniz ve kara avcılığı, hayvan yetiştirme ve ormancılığı da kapsayan ziraat birinci iş ve iştigal konusu ise ikincisi madencilik olmuştur. Barınma, avlanma, savunma gibi ihtiyaçları karşılamak üzere insanoğlu tarih öncesi çağlardan beri mağara açma, ev yapma, araç, gereç imal etme vb. amaçlarla yeryüzünde veya yeraltında kazı yapmıştır. Bu kazılar ile mağara oluşturmuş, sert taşlar, değerli taşlar, maden cevheri çıkarmış ve kırma taş elde etmiştir. Kazılacak zeminin toprak veya gevşek kaya olması durumunda elinde mevcut kemikten, ağaçtan, sert taşlardan oluşan el aletleri yeterli olmuş ancak sert zeminlerde kazı için yeni alet ve yöntemler geliştirmek zorunda kalmıştır. Örneğin çok miktarda odun kullanarak kayaları önce iyice kızdırıp ısıtarak genleştirmek ve hemen ardından su kullanarak hızla soğutup kayaları çatlatmak (ateş yakma) yöntemi bunlardan biridir (Hartman, 1987). Daha sonraları özellikle demir çağında yaptığı kama, küskü, balyoz gibi alet ve gereçlerle kayaların doğal çatlaklarından da yararlanarak kamalama yöntemini geliştirmiştir. Arap yazar Abdallah'ın 13. Yüzyılda yazdığı eserinde kara barutun hammaddesi olan potasyum nitrattan ilk kez yazılı olarak bahsedilmekle birlikte Çinlilerin daha önce 10. Yüzyılda fişek vb. üretiminde potasyum nitrat kullandığı anlatılmaktadır (Jimeno et. al, 1995). Hernekadar İngiliz rahip Bacon 1242'de kara barutun formülünü vermiş ise de, kaya kazısında ilk büyük devrim kara barutun 1627'de Macaristan Ober-Biberstollen bölgesindeki Schmnitz Kraliyet Madenlerinde kullanımıyla gerçekleşmiştir (Hopler, 1998).

Kara barutun yakılmasında ve kullanımındaki güçlük ve tehlikeler ancak 1831 yılında İngiliz William Bickford'un "emniyetli fitili" icadıyla son bulmuştur. İtalyan Ascanio Sobrero 1846'da hernekadar nitrogliserini buldu ise de gerek imalatının gerekse kullanımının riskli ve tehlikeli olduğunu belirtmiştir (Olofsson, 1990). İsveçli Alfred Nobel önce nitrogliserini güvenli şekilde ateşleme yöntemini bulmuş, ancak nitrogliserinin aşırı hassasiyeti ve tehlikesini bildiğinden

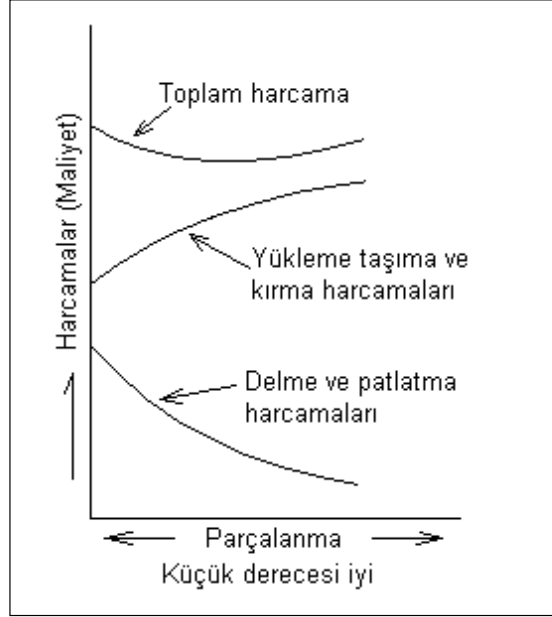
araştırmalarına devam etmiş ve 1867'de nitrogliserini diatomit'e emdirerek "dinamit"i icat etmiştir. Yirminci yüzyılın başlarında grizu güvenli dinamit ve sıvı oksijen patlayıcılar geliştirilmiştir. Sıvı oksijen patlayıcıların ömrü 1950'lerde ANFO'nun madencilikte yaygın olarak kullanımı ile son bulmuştur. Glauber nitrik asit ile amonyum karbonat kullanarak ilk kez 1659'da amonyum nitratı sentetik olarak üretmesine karşın, ANFO'nun patenti ilk olarak 1870'lerde alınmıştır (Hopler, 1998). Madencilik ve kaya kazılarında yaygın olarak kullanılmaya 1950'li yıllarda başlanan ANFO'nun suya dirençli olmaması nedeniyle sulu patlayıcı karışımlar üzerinde araştırmalara başlanmıştır. İlk olarak 1957'de Dr. Cook harç patlayıcı (Slurry) üretmiş ve bunun geliştirilmiş türleri 1960'lardan itibaren ticari olarak madenlerde sulu deliklerde kullanılmaya başlanmıştır. 1960'lı yılların başlarından itibaren de bulamaç türü patlayıcıların bir diğer türü emülsiyon patlayıcılar üzerinde çalışılmış ve 1970'lerden itibaren ticari kullanıma sunulmuştur. Günümüzde ise patlayıcılar arasında fiyatı en ucuz olması sebebiyle kuru deliklerde ANFO, sulu deliklerde bulamaç türü patlayıcılar örneğin su seviyesi geçilene kadar emülsiyon, deliğin kalan bölümünde ANFO yaygın olarak kullanılmaktadır. Nitrogliserin esaslı patlayıcı maddeler ise fiyatının pahalılığına rağmen, üstün infilak hızı ve infilak basıncı nedeniyle yerüstü uygulamalarında yemleyici (primer, booster) olarak, yeraltında ise küçük deliklerde ana patlayıcı madde olarak kullanılmaya devam edilmektedir. Bunun nedeni özellikle kuru patlayıcı karışımların (ANFO) kritik çap sorunu nedeniyle yeraltı işletmelerinde 50 mm'den (2 inç) küçük deliklerde ve 50 mm'den küçük kartuş (lokum) çaplarında verimli ve güvenilir şekilde infilak etmemeleridir. Benzer sorunlar daha küçük çaplardaki sulu patlayıcı karışımlar için de sözkonusu olabilmektedir.

### **5.1.2. Patlatmanın Önemi**

Maden ve taşocağı açık işletmeciliğinde ve yerüstü inşaat işlerinde kaya ve/veya cevher kazısı zeminin sertliği ve dayanımı yüksek olduğunda doğrudan mekanik yolla yapılamadığında kazı genellikle patlatma ile yapılır. Patlayıcı madde kullanılarak kaya ve cevherlerin parçalanması önemli bir konudur. Patlatma ile ilgili alanların başlıcaları sırasıyla delik delme, patlatma, kazı ve yükleme ve taşımadır. Patlatma genellikle yanlış bir yorumla yukarıda sayılan diğer konulardan bağımsız düşünülür. Gerçekte ise uygun bir düzende ve uygun çapta ve boyda delik delmeden ve uygun seçilmiş bir patlayıcı madde kullanmadan patlatmanın başarılı olması mümkün değildir. Benzer şekilde uygunsuz ve yetersiz yapılan patlatma, kazı ve yükleme ile taşıma işlerinin zorluk derecesine ve hızına etki ederek bu işlerde verim düşüklüğüne ve maliyet artışlarına yol açar. Bu bakımdan patlatma konusunu delik delme, kazı ve yükleme ve taşıma işleri ile bir bütün olarak düşünmek gerekir.

Genellikle açık işletmeciden çok miktarda (binlerce veya milyonlarca ton veya m<sup>3</sup>) ve iyi parçalanmış kaya veya cevher temini istenir. Her ocakta ocağın büyüklüğüne göre günde yapılması gereken patlatma adedinin en uygun (optimum) bir sayısı vardır. Dolayısıyla çok miktarda cevher temin edebilmek için yapılan atımların büyütülmesi gerekir. Bu ise bir seferde atılan patlayıcı madde miktarının artması demektir. Patlayıcı miktarı arttıkça meydana gelen yer sarsıntısı da ona göre fazla olur ve şevlerde heyelan riskini artırır. Kaya veya cevheri iyi parçalamak için ise delikleri daha sık delmek, her deliğe daha fazla patlayıcı madde koymak gibi tedbirler gerekir. Öte yandan patlatmanın emniyetle yapılması, çalışanlara, makinalara, basamak ve yollara ve çevreye hiç zarar verilmemesi istenir. O halde açık işletmeci kayanın kontrollü biçimde patlatılmasını ve parçalanmanın istenen düzeyde olmasını temin etmek için patlatma prensiplerini, olaya etki eden nedenleri en iyi şekilde araştırmak, bilmek ve birçok unsuru en uygun şekilde bağdaştırmak zorundadır.

Kaya veya cevherin iyi parçalanması işinde açık işletmeciler üzerindeki ekonomik baskılar Şekil 1'de gösterilmiştir (Hoek, 1981). Daha küçük parça istenildikçe daha sık delik delmek ve daha fazla patlayıcı madde kullanmak gerektiğinden bu halde delme ve patlatma masrafları artar. Öte yandan iyi parçalanmış ve kolay kazılabilir bir yığın yükleme, taşıma ve boyut küçültme (kırmaleme) harcamalarını azaltır. Bu iki kalem harcama Şekil 1'de toplam harcama olarak birleştirilmiştir. Açık işletmecinin hedefi toplam harcama eğrisinin en düşük olduğu noktanın tayini ve temini olmalıdır.



Şekil 1. Açık işletmelerde parçalanma derecesinin delme, patlatma, yükleme, taşıma, kırma maliyetleri üzerine etkisi (Hoek, 1981).

## 5.2. İNFİLAK KURAMI

Bir *patlayıcı madde veya patlayabilir karışım* ısı, darbe, sürtünme veya şokla uyarıldığında, çok büyük miktarlarda ısı ve gaz açığa çıkararak hızla bozunmaya uğrayan bir bileşik veya kimyasal bileşiklerin karışımıdır. Kendi kendine yayılan, ısı açığa çıkaran bu kimyasal reaksiyona patlama adı verilir. Başlıca patlama ürünleri 3000 °C'ye varan sıcaklık ve 10 GPa'ya ulaşabilen basınç altındaki gazlar ve su buharı olup bu yüksek basınç kayaları parçalar (Hopler, 1998; Dowding&Aimone, 1992).

Normal sıcaklık ve basınç altındaki patlayıcı madde aniden yüksek sıcaklık ve basınç ile uyarıldığında bir şok dalgası oluşur ve patlayıcı kolonu boyunca kendi kendini destekleyerek ilerler. İnfilak, patlayıcı maddelerin kimyasal reaksiyona girerek şok dalgasını oluşturmasıdır. Şok dalgası akış özelliklerindeki (sıcaklık, basınç, yoğunluk, vb.) ani değişiklikleri gösterir. Bu nedenle şok dalgası süreksizlik olarak görülebilir (Hopler, 1998; Dowding&Aimone, 1992).

Patlayıcı maddelerin infilak hızları, cinsine bağlı olarak 1500 m/s ile 9000 m/s aralığında değişir. İnfilak sırasında, kimyasal reaksiyon patlayıcı madde içerisinde süpersonik (sesüstü) hızda ilerler.

Oysaki yanma patlayıcı maddenin ses hızının altında bir hızla kimyasal olarak yanması olup sadece ısı içerir fakat şok veya basınç içermez (Hopler, 1998; Dowding&Aimone, 1992).

Bütün ticari patlayıcı maddeler karbon, hidrojen, oksijen ve azot elementlerinden oluşan karışımlardır. En çok enerji, oksijen dengeli patlayıcı maddelerden çıkar. Oksijeni ne yetersiz ne de fazla olmayan bu karışımlardan çıkan başlıca infilak ürünleri su (buhar), karbon dioksit, azot gazları olup zararsızdırlar. Gerçek patlatma koşullarında cüzi miktarlarda zararlı azot oksit (NO, NO<sub>2</sub>), karbon monoksit (CO), amonyak (NH<sub>4</sub>) gazları ve katı karbon oluşur. Bunlar genellikle ideal olmayan infilak koşulları (delikte su, yetersiz yemleme, küçük delik çapı veya patlayıcı madde formülünün uygunsuzluğu) altında oluşur. Ticari patlayıcı madde formülleri daima oksijen dengeli karışımlar hazırlamayı amaçlar (Hopler, 1998; Dowding&Aimone, 1992).

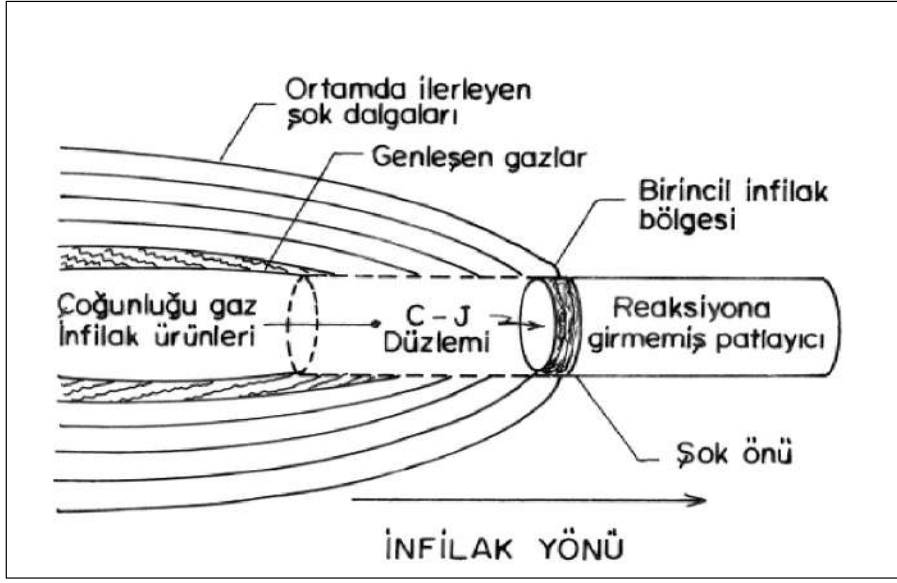
Şekil 2'de tipik bir infilak işlemi görülmektedir. Birincil reaksiyon bölgesinin bir tarafı şok önüyle sınırlıdır ve reaksiyon bu bölgede başlar. Bu bölgenin arkasında Chapman-Jouguet (C-J) düzlemi bulunmaktadır. Bu düzlemin arkasında kararsız bölge (ikincil reaksiyon bölgesi) vardır. Ticari patlayıcıların infilakında (ideal olmayan infilak), reaksiyonun bir kısmı birincil reaksiyon bölgesinde başlar ve gerçekleşir, kalan kısmı da ikincil reaksiyon bölgesinde tamamlanır. İdeal patlayıcıların (askeri amaçlı patlayıcılar) infilakında (ideal infilak) ise reaksiyon birincil reaksiyon bölgesinde tamamlanır. Birincil reaksiyon bölgesinde ne kadar çok enerji açığa çıkarsa patlayıcı madde o kadar ideale yaklaşır. Bu bölgede açığa çıkan enerji kaya kırmada, ikincil bölgedeki reaksiyon ise, şok önünü desteklemediğinden, daha çok kayanın ötelenmesinde önemli rol oynar. Ticari patlayıcıların infilakında, patlayıcının çapına ve patlatıldığı ortam katılığına göre şok cephesi eğri şeklindedir. İnilak özellikleri (infilak hızı, infilak basıncı, özgül hacim, parçacık hızı, sonik hız) bu parametrelere, bazı akış özelliklerine ve reaksiyon yanma yasasına bağlıdır. Diğer taraftan, ideal patlayıcıların infilakında şok cephesi düzdür (Hopler, 1998).

Şekil 3 iki ayrı infilakın oluşturduğu basınç dalga şekillerini göstermektedir. En yüksek basınç değeri patlayıcı maddenin şok (kıрма) enerjisi ile; dalganın etkin olduğu süre ise patlayıcı maddenin gaz basıncı ile doğru orantılıdır (Dowding&Aimone, 1992).

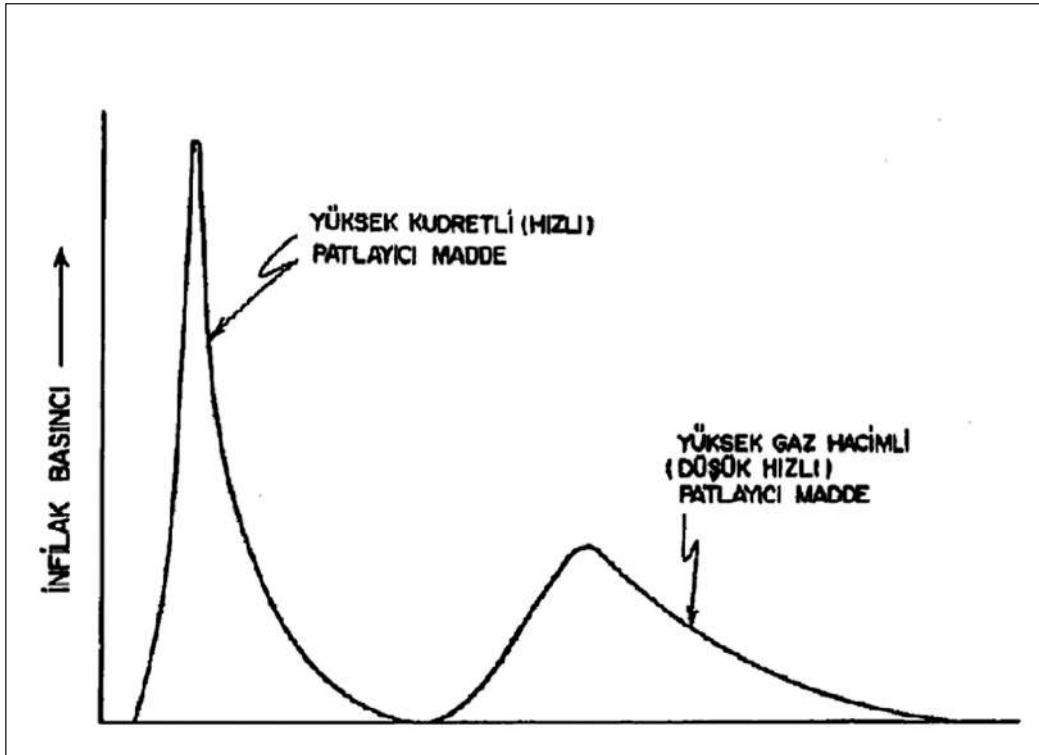
Yüksek hızlı dolayısıyla yüksek kudretli patlayıcı maddeler infilakın başlamasıyla çok şiddetli kırma tesiri yaratırlar. Gaz ürünler çok hızlı olarak açığa çıkar. Bu sebeble şok önü ile C-J düzlemi arası mesafe çok kısa olup, çok yüksek genlikli fakat kısa süreli basınç oluşur. Bu durum çok sert ve sağlam kayalar için arzu edilen bir husustur (Hopler, 1998; Dowding&Aimone, 1992).

Düşük hassasiyetli ve düşük hızda infilak eden patlayıcılar ise düşük genlikli fakat daha uzun süreli bir basınç dalgası oluştururlar. Bu durumda kimyasal reaksiyon yavaştır ve ikincil reaksiyon bölgesinde tamamlanır. Bununla birlikte oluşan gaz hacmi daha büyük olduğundan daha iyi öteleme (kaya kütlelerinin daha çok gevşetilmesini) sağlar. Bu durum parçalanması kolay olan yumuşak kayalar ile çok çatlaklı kaya kütleleri için arzu edilen bir husustur (Hopler, 1998; Dowding&Aimone, 1992).

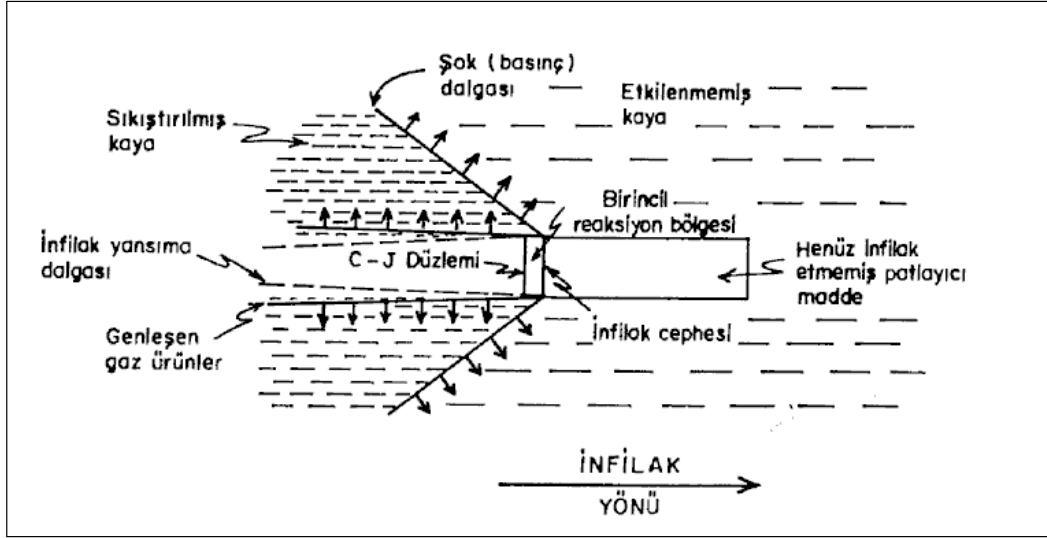
Şekil 4'te sert (masif) kaya ortamında Şekil 5'te ise açıkta veya yumuşak (çok çatlaklı) kaya ortamında infilak durumu görülmektedir. Sert kaya ortamında yansıma dalgasının daha zayıf olması ve reaksiyonun şok önünü desteklemesi infilak hızının daha yüksek olmasına neden olur (Hopler, 1998; Dowding&Aimone, 1992).



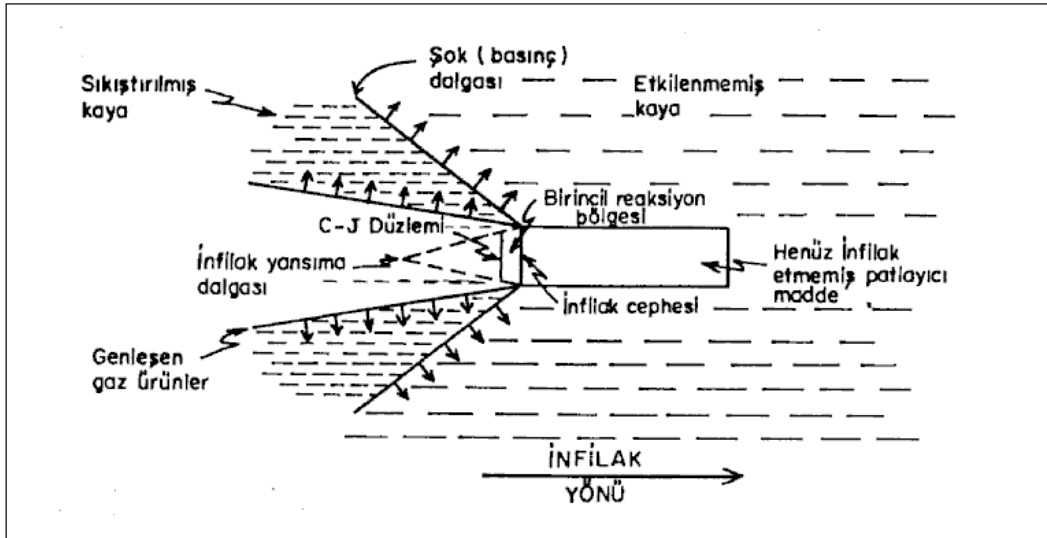
Şekil 2. Patlayıcı maddelerin infilak işlemi (Hopler, 1998).



Şekil 3. Yüksek ve düşük hızda infilak eden iki ayrı patlayıcı maddenin basınç değerleri ve basıncın etki süresi (Dowding&Aimone, 1992).



Şekil 4. Sert veya çok sert kaya (sıkışabilir olmayan) ortamlarında infilak durumu (Hopler, 1998).



Şekil 5. Hava, su gibi sıkışabilir ortamda veya yumuşak kaya ortamındaki infilak durumu (Hopler, 1998).

### 5.3. PATLAYICI MADDE ÖZELLİKLERİ

#### 5.3.1. Patlayıcı Madde Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Patlayıcı maddeler, arazi koşullarında yerine getirdikleri iş ve sonuca bağlı ayırıcı nitelikli çeşitli özellikler ile tanımlanırlar. Bu özellikler aşağıda kısaca değerlendirilmiştir (Hopler, 1998; Olofsson, 1990; Dowding&Aimone, 1992; Bilgin ve ark., 1998; Erkoç, 1990).

- A. Yoğunluk:** Yoğunluk birim hacimdeki ağırlık ( $\text{g/cm}^3$ ) olarak tanımlanır. Patlayıcı maddenin yoğunluğu delik doldurma yoğunluğunu (depolanan enerji miktarını) ve patlayıcı maddenin suda batıp batmayacağını belirler. Ticari patlayıcı maddelerin yoğunluğu 0.5 ile  $1.7 \text{ g/cm}^3$

arasında değişir. Dinamit gibi bazı ticari patlayıcı maddelerin delik içerisinde açığa çıkan enerjisi yoğunluk artışıyla artar. Ancak emülsiyon gibi bünyesinde su içeren patlayıcılarda tersi geçerlidir.

**B. İnfilak Hızı:** İnfilak hızı şok önünün (cephesinin) patlayıcı madde kolonu boyunca ilerleme hızıdır. Patlayıcının en önemli özelliğidir. İnfilak hızını (VOD) şu etmenler etkiler:

- Ortam katılığı,
- Kimyasal içerik (formülasyon),
- Yoğunluk,
- Duyarlaştırıcılar - (kimyasal, gaz, katı, metal),
- Sıcaklık ve sıcaklık dönüşümü,
- Yemleyici boyutu ve tipi,
- Delik içerisinde dolumdan infilaka kadar geçen süre,
- Kritik çapa yakınlık,
- Kritik yoğunluğa yakınlık,
- Delik dolum teknikleri,
- Patlatma tasarımı,
- Dinamik duyarsızlaştırma etkileri,
- Patlayıcı kolon uzunluğu,
- Patlayıcının üretimi,
- Patlayıcı nakliye koşulları,
- Depolama koşulları- raf ömrü,
- Taşınabilir sistemde karıştırma.

Ticari patlayıcıların (emülsiyon, slurry, nitrogliserin bazlı patlayıcılar, ANFO, vb.) infilak hızı, kartuş çapı ve ortam katılığının artmasıyla artar ve ideal olmayan bir tavır gösterirler. Delikte su bulunması ve yetersiz yemleme, patlayıcının kullanıldığı koşullarda beklenen infilak hızından daha düşük hızda infilak etmesine neden olur. Yüksek infilak hızına sahip patlayıcılar genellikle yüksek dayanıma sahip masif kayalarda, düşük infilak hızına sahip patlayıcılar ise düşük dayanıma sahip kayalarda daha başarılı patlatma sonucu verir. Bu nedenle patlatmada patlayıcının başarısı her zaman infilak hızıyla artmaz.

Ticari patlayıcı maddelerin infilak hızı 1640 m/s ile 7600 m/s arasında değişir. Günümüzde üretilen çoğu ticari patlayıcının infilak hızı 3000-5500 m/s aralığına düşer.

Her patlayıcı maddenin bir kritik çapı vardır. Kritik çap, patlayıcı maddenin ateşlenmesiyle infilakın kendini destekleyemediği en düşük şarj çapıdır. Bir ticari patlayıcı maddenin kaya içindeki kritik çapı açıktaki kritik çapından daha düşüktür.

**C. İnfilak Basıncı:** İnfilak basıncı reaksiyon bölgesinde elde edilen en yüksek teorik basınçtır. Çoğu patlayıcılar için infilak basıncı değerleri 2-24 GPa aralığındadır (Dowding&Aimone, 1992). İnfilak basıncı yoğunluk ve infilak hızının karesi ile doğru orantılıdır. İnfilak basıncının hesaplanmasında çok sayıda eşitlikler kullanılmıştır. Aşağıda en çok kullanılan eşitliklerden birisi verilmiştir (Hopler, 1998):

$$P = 0.25 \rho D^2 10^{-6} \quad \dots(1)$$

Burada; P infilak basıncı (GPa),  $\rho$  yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ ) ve D infilak hızı (m/s)'dir.

Yüksek infilak basıncına sahip patlayıcı maddeler sert masif kaya kütlelerinde iyi parçalanma sağlar. Diğer taraftan, düşük infilak basıncına sahip patlayıcı maddeler yumuşak kayalarda tercih edilmelidir. İnfilak basıncının bilinmesi yemleyici seçiminde de önemlidir. Bir yemleyicinin infilak basıncı yemlenen ana patlayıcı maddenin infilak basıncından yüksek olmalıdır.

**D. İnfilak Stabilitesi (Kararlılık):** İnfilak başladıktan sonra patlamanın patlayıcı madde kolonu boyunca kararlı bir şekilde ilerleme özelliğidir. Stabilitenin yüksek oluşu kolon boyunca yeralan patlayıcı maddelerin patlatılmasına yardımcı olur. Kararlılığın düşük olması halinde kolon boyunca var olan hava boşluğu infilakın yayılmasını engelleyerek patlatma deliğinde infilakın kesilmesine neden olur.

**E. Duyarlılık:** Patlayıcı maddenin patlatılabilmesi için gerekli olan en az enerji ihtiyacıdır. Ticari patlayıcı maddeler kapsüle duyarlı olanlar ve kapsülle patlatılmayanlar olmak üzere iki gruba ayrılır. Kapsülle patlatılabilen patlayıcı maddeler 8 numaralı kapsülle patlatılabilir.

**F. Suya Dayanıklılık:** Patlayıcı maddenin suya dayanabilme yeteneği veya normal olarak patlayıcı maddenin daha sonra infilak edebilmesi şartı ile su altında kalabileceği, yani suya dayanabileceği süre olarak ifade edilir. Ticari patlayıcı maddelerin suya dayanabilme kabiliyeti oldukça değişiktir. ANFO'nun suya direnci yoktur. Bunun nedeni amonyum nitratın suda çözünür olmasıdır. Delik içerisinde suyun varlığı söz konusu ise suyun delikten boşaltılması veya ANFO'nun naylon vb. hortumlarla deliğe şarj edilmesi gerekir. Daha güvenli bir yöntem suya dayanıklı patlayıcı madde kullanmaktır. Her iki durumda da delik dolumundan sonra patlatmanın hemen yapılması tavsiye edilir. ANFO'nun naylonla şarj edilmesinde naylondan içeri sızacak çok az miktarda suyun ANFO'yu düşük hızda infilak ettirme ve naylonun deliğe yerleştirme esnasında yırtılma olasılığı dikkate alınmalıdır. Bazı dinamit türleri (jelatinit dinamit, GOM II A-1 dinamit, sismik dinamit, vb.) ile emülsiyon ve harç (slurry) patlayıcıların suya direnci çok iyidir. Emülsiyon/ANFO karışımı patlayıcıların suya dayanıklılığı; düşük karışım oranlarında (%30 emülsiyon/%70 ANFO) düşük, yüksek karışım oranlarında (%80 emülsiyon/%20 ANFO) çok iyidir.

**G. Duman ve Gaz Yoğunluğu:** Patlayıcı maddelerin infilakı sonucunda oluşan gazlar zehirli (karbon monoksit, azot oksitleri, vb.) olan ve olmayan (karbon dioksit, azot, vb.) gazlardan oluşmaktadır. İnfilak sonucu oluşan bu gazlar genellikle açık işletmelerde herhangi bir problem yaratmamakla birlikte yeraltı işletmelerinde bu gazların kabul edilebilir sınırlar içerisinde tutulması zorunludur. Zehirli gazların oluşumuna neden olan bazı etmenler arasında kötü patlayıcı formülasyonu, yetersiz yemleme, sulu deliklerde patlayıcının sudan etkilenmesi, ortam katılığının yetersiz oluşu, patlayıcı maddenin kaya ile reaksiyona girebilmesi, vb. yer alır. Bazı gazlar kokusuz ve renksiz olduğundan patlayıcı madde türü ne olursa olsun patlatma alanına yeterli bir bekleme süresinden sonra ve havalandırma yapıldıktan sonra girilmelidir.

**H. Sıcaklığın Etkisi:** Çok düşük sıcaklıklar (özellikle 0°C'nin altında) patlayıcının stabilitesini ve performansını etkiler. Patlayıcı madde üreticileri, ürettikleri patlayıcı maddelerin kullanımı ve depolanması için uygun sıcaklık aralıklarını tavsiye ederler.

**I. Depolama Ömrü:** Patlayıcı maddeler genellikle uzun süre (bazen uygun olmayan koşullarda), depoda bekletildiklerinden patlayıcının depolanma ömrü büyük önem



taşımaktadır. Üreticiden raf ömrü öğrenilmeli ve ayrıca depoya önce giren patlayıcı madde, öncelikle tüketilmelidir.

### 5.3.2. Patlayıcının Patlama Reaksiyon Enerjisinin, Oksijen Dengesinin ve Patlama Sıcaklığının Belirlenmesi

- A. Patlayıcıyı oluşturan bileşenler 1 kilogramında mevcut miktarları ile belirtilir ve bu miktarlardan yola çıkılarak bileşenlerin mol sayıları hesaplanır.
- B. Patlayıcının formülasyonu, eğer birden çok bileşen varsa, her bir bileşenin içerdiği C, H, N ve O miktarlarının (atom sayılarının) belirlenmesi ve bu sayıların toplanması ile bulunur. İdeal gaz ürünlerinin ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) oluştuğu ve reaksiyonun tam olarak gerçekleştiği kabul edilir.
- C. Oksijen dengesi (OB) aşağıdaki formülle hesaplanır (Abdullohoğlu, 1993):

$$OB = \frac{-32(x + y/4 - z/2)}{MWT} * 100 \quad \dots(2)$$

Burada; x, y ve z sırasıyla C, H ve O elementlerinin mol sayısı ve MWT patlayıcının molekül ağırlığıdır.

- D. Yanmanın tam olduğu kabul edilerek yukarıda elde edilen formülasyona göre yanma reaksiyonu yazılır. Reaksiyona girenlerin ve ürünlerin oluşum ısıları kullanılarak patlayıcının entalpisini ( $\Delta H^\circ$ ) hesaplanır (Dowding&Aimone, 1992).

$$Q = \Delta H^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{ürünler}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{girenler}) \quad \dots(3)$$

- E. 1 mol patlayıcının reaksiyonu sonucunda oluşacak ürünlerin ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$  ve  $\text{O}_2$ ) mol sayıları yanma reaksiyonu kullanılarak hesaplanır (Dowding&Aimone, 1992).
- F. Patlama sıcaklığı aşağıdaki formülle hesaplanır (Dowding&Aimone, 1992).

$$Q = n \left[ a(T - 298) + \frac{b}{2}(T^2 - 298^2) + \frac{c}{3}(T^3 - 298^3) \right] \quad \dots(4)$$

Burada; T patlama sıcaklığı ( $^\circ\text{K}$ ); a, b ve c sabit; n ürünlerin mol sayıları; Q entalpidir (cal/mol).

Katsayılar her bir ürün için aşağıdaki gibidir.

$\text{CO}_2$ :	a= 6.85	b= $8.53 \cdot 10^{-3}$	c= $-2.48 \cdot 10^{-6}$
$\text{H}_2\text{O}$ :	a= 6.89	b= $3.28 \cdot 10^{-3}$	c= $-0.34 \cdot 10^{-6}$
$\text{O}_2$ :	a= 6.13	b= $2.99 \cdot 10^{-3}$	c= $-0.81 \cdot 10^{-6}$
$\text{N}_2$ :	a= 6.30	b= $1.82 \cdot 10^{-3}$	c= $-0.35 \cdot 10^{-6}$

Reaksiyon sonucu oluşan her ürün için entalpi değeri yukarıda verilen 4 numaralı eşitlikten elde edilir. Bu değerlerin toplamı yukarıda D maddesinde hesaplanan Q değerine eşitlenerek sıcaklık bulunur. Örnek olarak ANFO'nun patlama sıcaklığı yaklaşık olarak 2500 °K'dir.

### **5.3.3. Patlayıcı Maddenin Gücü**

Ticari patlayıcı maddelerin gücü çok geniş bir kavram olup gücünü belirlemek için çok basit hesaplama yöntemleri, arazi testleri ve infilak teorisine dayalı çok karmaşık hesaplama yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler üç ana başlık altında toplanmıştır (Hopler, 1998, Dowding&Aimone, 1992, Bilgin ve ark., 1998; Erkoç, 1990; Abdullahoğlu, 1993; Tosun, 1991, 1993; Esen&Bilgin, 1998):

**A. Yerleşik kuvvet testi:** Alfred Nobel'den bu yana farklı patlayıcı maddelerin kuvvetlerinin belirlenmesi ve birbirleriyle karşılaştırılması için oldukça çok sayıda test yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlar arasında Trauzl kurşun blok testi, krater testi, silindir genişleme testi, sualtı infilak testi, vb. yer alır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan patlayabilir karışımların (emülsiyon, slurry ve ANFO türü ticari patlayıcı maddeler) çok küçük çaplarda infilak etmemesi, bu yöntemlerin bazılarının kullanılmasını sınırlandırmıştır. Bu nedenle bu yöntemlerin bazıları günümüzde kullanılmamakta olup literatürde kalmıştır. Ayrıca, bu yöntemler patlayıcı maddenin kaya patlatma işindeki gerçek başarısını doğrudan (performansını) veremediğinden günümüzde kullanılabilirliği kalmamıştır. Sadece karşılaştırma amaçlı kullanılmaktadırlar.

**B. Ağırlıkça kuvvet hesaplama yöntemi:** Bu yöntem de patlayıcı maddelerin kaya patlatmada gerçek performansı hakkında çok fazla bilgi vermemektedir. Bu yöntem teorik olarak hesaplanan toplam termodinamik enerji miktarını vermekte olup bu enerjinin ne kadarının kaya kırma ve ötelemede kullanılabildiği konusunda yetersiz kalmaktadır. Ayrıca, yöntemin öngördüğü patlama sıcaklığı, basıncı ve toplam enerjisi gerçek değerlerden farklıdır. Bu nedenle, patlatma tasarımları ve buna bağlı maliyet analizleri yapılırken bu yöntemin kullanımı yanıltıcı olabilir.

**C. İnilak teorisi yöntemi:** Bu yöntemin temel amacı patlatma işleminin değişik aşamaları sırasında enerjinin bölüşümünü ve delik içerisinde infilak özelliklerini belirlemektir. Patlayıcı maddenin patlatıldığı arazi koşullarında infilak özellikleri (infilak hızı, infilak basıncı, özgül hacim, parçacık hızı ve sonik hızı), basınç - hacim eğrisi ve kullanılabilir enerjinin bölüşümü (kırma ve itme enerjisi olarak) saptanır. Bu yöntem bazı yurtiçi ve yurtdışı firmaların kendi geliştirdikleri bilgisayar yazılımlarının kullanımını gerektirir. Ancak bu yöntemin verebileceği bazı bilgileri, örneğin infilak hızını deneysel olarak elde etmekte mümkündür. Ölçme-izleme cihazları kullanılarak aynı ocakta, aynı kaya, delik çapı, delik geometrisi vb. koşullar altında iki farklı patlayıcının başarı ve verimliliğini tayin etmek olanağı vardır.

Ocaktaki başarı kıstasını kullanmadan ve sadece fiyat karşılaştırması yapmak amacıyla iki veya daha çok patlayıcı maddenin kuvvetini karşılaştırmak ve eşit kuvvet için hangisinin daha ucuza geldiğini bulmak mümkündür (Dowding&Aimone, 1992, Jimeno et. al., 1995, Hagone&Duval, 1993). Burada bir örnek vererek kıyaslama yapalım. Yoğunluğu 0.8 gr/cm<sup>3</sup>, patlatma ısıl enerjisi 3.89 MJ/kg olan ANFO ile yoğunluğu 1.05 gr/cm<sup>3</sup>, patlatma ısıl enerjisi 3.58 MJ/kg olan sulu harç patlayıcıyı (emülsiyon) ele alalım. Her iki patlayıcının kilogram satış fiyatları; ANFO için 620 000 TL/kg, emülsiyon için 720 000 TL/kg olsun. Görüldüğü gibi ANFO'nun hem kilogram fiyatı daha ucuzdur,

hemde enerjisi (3.89>3.58) daha fazladır. Deliklerin susuz olması durumunda ANFO'nun kullanımı daha akılcıdır. Ancak delikte çok miktarda su bulunması ve ANFO'nun ya verimsiz patlaması veya hiç patlamaması olasılığı varsa, emülsiyon kullanımı daha mantıklıdır.

Bu tür basit kıyaslama amaçlı kuvvet hesabında iki tür kuvvet tanımı vardır; ağırlıkça mutlak kuvvet (AMK) ve hacimce mutlak kuvvet (HMK). Bunlar sırasıyla birim ağırlık veya birim hacim başına teorik enerji miktarlarını gösterir.

$$\text{ANFO için AMK} = 3.89 \text{ MJ/kg} = 3890 \text{ kJ/kg} = 3890 \text{ J/gr}$$

$$\text{ANFO için HMK} = \rho (\text{yoğunluk}) \times \text{AMK} = 0.80 \text{ gr/cm}^3 \times 3890 \text{ J/gr} = 3112 \text{ J/cm}^3$$

$$\text{Emülsiyon için AMK} = 3.58 \text{ MJ/kg} = 3580 \text{ kJ/kg} = 3580 \text{ J/gr}$$

$$\text{Emülsiyon için HMK} = 1.05 \text{ gr/cm}^3 \times 3580 \text{ J/gr} = 3759 \text{ J/cm}^3$$

Görüldüğü gibi eşit ağırlık esasına göre ANFO (3890 J/gr > 3580 J/gr) daha güçlüdür. Diğer bir deyişle kuru deliklere eşit miktarlarda ANFO ve emülsiyon konularak iki ayrı patlatma yapılırsa, patlayıcı madde kaya etkileşiminin aynı olduğu kabulü ile ANFO daha iyi parçalama yapacaktır. Emülsiyonun yoğunluğu daha yüksek olduğundan (1.05>0.80) deliklere eşit miktarda konulmaları halinde emülsiyon delik içerisinde daha kısa yer tutacaktır. ANFO kudreti 100 birim kabul edilerek, emülsiyon ile ağırlık esasında kıyaslanır ise buna göreceli ağırlıkça kuvvet (GAK) denir.

Emülsiyon GAK =  $(3580 \text{ J/gr} / 3890 \text{ J/gr}) \times 100 = \% 92$  bulunur. Bu durumda emülsiyon eşit ağırlık esasına göre ANFO' nun kuvvetinin % 92'sine sahiptir veya ANFO'dan % 8 oranında daha güçsüzdür.

Benzer şekilde bir de göreceli hacimce kuvvet (GHK) karşılaştırması yapmak mümkündür. ANFO'nun hacimce mutlak kuvveti 100 birim kabul edilir. Emülsiyon GHK =  $(3759 \text{ J/cm}^3 / 3112 \text{ J/cm}^3) \times 100 = \% 120.8$  bulunur. Bu durumda emülsiyon eşit hacim esasına göre ANFO'dan % 20.8 daha kuvvetlidir. Diğer bir deyişle, farklı deliklere her iki patlayıcıdan eşit hacimde konulursa, yoğunluğu daha fazla olan emülsiyondan daha çok (kilogram) ağırlıkta patlayıcı madde deliğe konulacağından, emülsiyonun yapacağı parçalama daha fazla olacaktır. Bu nedenle aşındırıcı özelliği fazla ve delik delme maliyetinin yüksek olduğu ocaklarda yoğunluğu ve göreceli hacimce kuvveti daha yüksek patlayıcı madde kullanımı daha ekonomik olabilir. Ancak delme maliyeti düşük olan ve parçalanma sorunu bulunmayan ocaklarda hem kilogram fiyatı yüksek, hem de deliğe fazla miktarda konulduğundan toplam maliyeti yüksek olan patlayıcıları kullanmak gereksizdir.

#### 5.4. PATLAYICI MADDE TÜRLERİ

Patlayıcı maddeler iki ana grup altında sınıflandırılabilir: Ticari amaçlı (endüstriyel) ve askeri amaçlı patlayıcı maddeler. Kaya parçalamada ticari amaçlı patlayıcı maddeler kullanılır. Ticari amaçlı patlayıcı maddeler (Dowding&Aimone, 1992; Bilgin ve ark., 1998; Abdullahoğlu, 1993):

- Nitrogliserin esaslı patlayıcı maddeler
- Amonyum nitrat esaslı patlayıcı maddeler
- Slurry, emülsiyon ve emülsiyon-ANFO karışımları (harç patlayıcılar)

Askeri amaçlı patlayıcı maddelere örnek olarak TNT, PETN, RDX, vb. verilebilir. Bunlar ağırlıklı olarak savunma sanayisinde kullanılır. Ancak bazı ticari patlayıcı maddelerin gücünü ve duyarlılığını arttırmak için çok küçük miktarlarda bu patlayıcı maddelere ilave edilebilir. Askeri amaçlı bazı patlayıcı maddeler örneğin PETN ve RDX kapsül imalatında da kullanılmaktadır.

#### 5.4.1. Nitrogliserin Esaslı Patlayıcı Maddeler

Yurdumuzda tek nitrogliserin esaslı patlayıcı madde üreticisi olan MKE BARUTSAN A.Ş.'nin ürettiği tüm dinamitler (Jelatinit, GOM II A1, Sismik, Grizu Güvenli ve Elbar-1 Dinamit) nitrogliserin esaslıdır. İçlerinde değişik oranlarda nitroselüloz, nitroglükol, dinitrotoluen, vb. bulunur. Özellikle yeraltı patlatmalarında dinamit seçiminde patlatılan kayanın yoğunluğu, sertliği, kırılabilirliği, vb.; istenen parçalanma seviyesi; deliklerin kuru veya sulu olması; havalandırma olanakları; yanabilecek gazların ve tozların varlığı gözönünde bulundurulmalıdır.

Grizu Güvenli Dinamit özellikle yeraltı kömür madenlerinde kullanılmak üzere geliştirilen, metanhava karışımı veya kömür tozunun ateşlenmesi riskini engelleyici bir patlayıcı maddedir. Sismik Dinamit sismik araştırmalarda, sualtı patlatmalarında, petrol ve doğalgaz çalışmalarında kullanılır. Elbar-1 Dinamit ise tünel patlatmalarında çevre deliklerin patlatılmasında, hem yeraltı hem de yerüstü son-kesme ve ön-kesme uygulamalarında kullanılan bir dinamittir. Jelatin ve GOM II A1 Dinamitler de yeraltı patlatmalarında yüksek dayanımlı masif kayaların patlatılmasında ve açık ocak patlatmalarında yemleyici olarak kullanılır.

#### 5.4.2. Amonyum Nitrat Esaslı Patlayıcı Maddeler

Amonyum Nitrat (AN) hemen hemen bütün ticari patlayıcı maddelerin ana ham maddelerinden birisidir. Gözenekli pril amonyum nitrat genellikle mazot ile karıştırılıp ANFO hazırlanmasında kullanılmaktadır. 1950'li yıllarda kullanılmaya başlanan ANFO açık kömür ocaklarında, metal madenlerinde, taş ocaklarında ve inşaat sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. ANFO'nun en önemli sakıncası ise suya dayanıklı bir patlayıcı madde olmamasıdır.

En yaygın olarak kullanılan ANFO ürünü oksijen dengeli, serbest olarak akabilen, ağırlıkça %94.3 gözenekli AN tanecikleri ve %5.7 mazottan üretilendir. Diğer ANFO ürünleri de bu basit ANFO formülünün uyarlanmış halidir. Bunlar:

- (1) ANFO'nun enerjisini arttırmak için karışıma belli oranda (genellikle %3-10) alüminyum tozu eklenmiş ANFO,
- (2) Kısmen veya tamamen öğütülmüş AN'ın mazotla karıştırılmasıyla elde edilen ürün. Bu ürün normal ANFO'ya göre daha yüksek yoğunluğa ve infilak hızına sahiptir.
- (3) Suya kısmen dayanıklı ANFO. Bu patlayıcı madde kısmen veya tamamen öğütülmüş AN, mazot ve jel yapıcı maddelerle karıştırılarak elde edilir. Bu ürünü kullanmak için delik dibinde birikmiş çok miktarda su varsa öncelikle suyun delikten boşaltılması gerekir. Delik nemli yada ıslak ise doğrudan kullanılabilir.
- (4) Çok düşük yoğunluklu ANFO. Bu ürün özellikle zayıf, yumuşak kayalara sahip açık kömür ocaklarında dekapaj patlatmalarında daha iyi gevşetme (öteleme) yapmak ve yer sarsıntısını düşürmek amacıyla kullanılır.

#### **ANFO'nun infilak özelliklerini etkileyen etmenler:**

**A. Mazot Yüzdesi:** ANFO hazırlanırken karışımdaki mazot yüzdesi infilak sonucu açığa çıkan enerjinin belirlenmesinde hayati önem taşır. Mazotun ağırlıkça %5.7 olduğu karışımlarda ANFO en yüksek teorik enerjiye ve infilak hızına ulaşır. %5.7'den düşük mazot yüzdesinde ANFO'nun enerjisi ve infilak hızı düşmekte ve karışımda reaksiyonun gerektirdiğinden daha fazla oksijen bulunmaktadır. Düşük yüzdeli mazot içeren ANFO patlatma uygulamalarında

portakal rengi-kahverengi dumanlar oluşturur. Mazot oranı fazla olan ANFO oksijen azlığı nedeniyle zehirli karbonmonoksit ve hidrojen gazları çıkarmakta, açığa çıkardığı enerji düşmekte ve fazla mazot kullanımıyla da maliyet artışı getirmektedir. Oksijen fazlası olduğu durumlarda açığa çıkan azot oksit gazları (NO, NO<sub>2</sub>) ile oksijen azlığı bulunduğu ortaya çıkan (CO) zehirli gazları özellikle yeraltı ve tünel patlatmalarında sakıncalı durumlar yaratmaktadır. Bu nedenle doğru karışım oranında hazırlanmış ANFO kullanımı hem iş güvenliği hem de maliyet (patlatma verimi) açılarından önemlidir.

**B. Amonyum Nitratın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri:** AN'ın nitrojen yüzdesi, tane boyutu, gözenekliliği ve yoğunluğu ANFO'nun infilakını etkileyen önemli değişkenlerdir. Ülkemizde patlayıcı madde üreticileri ANFO üretiminde ithal, gözenekli taneciklerden (pril) oluşan AN kullanmaktadır. AN'ın nitrojen yüzdesi arttıkça infilak özelliği de artmaktadır. %33'den fazla nitrojen yüzdesine sahip AN'ların kullanımı ile patlatmalardan etkin verim elde edilir. Patlatma amaçlı üretilen AN küre şeklinde süngerimsi görünümde (gözenekli pril), tane boyutu 6 ile 20 mesh elek aralığındadır. Yüksek gözenekliliğe sahip AN'ın mazot emme yüzdesi %6-12 arasındadır. Gözeneklilik artışıyla yüzey alanı artacağından ANFO'nun infilak hızı da artacaktır. Gözenekli AN'ın yoğunluğu 0.67-0.80 g/cm<sup>3</sup> arasında değişir. AN'ın kristal yapısı -18 ve +32°C'de değişir. Özellikle yaz aylarında iyi havalandırılmayan depolarda ve güneşli yerlerde bulundurulmuş AN'ın kristal yapısı değişeceğinden ve patlatma verimi düşeceğinden depolanmasında özen gösterilmelidir.

**C. İnfilak Hızı:** ANFO'nun infilak hızını (VOD) etkileyen en önemli değişkenlerden ikisi delik çapı ve ortam katılığıdır. Çizelge 1'den ANFO'nun infilak hızının delik çapının ve ortam katılığının (kaya dayanımının) artmasıyla arttığı görülmektedir. Çoğu ANFO açıkta genelde 100 mm'nin altında infilak etmemektedir. Ancak bu değer çok sert kaya ortamlarında 25 mm'ye kadar düşmektedir. Ortam katılığına bağlı olarak bu çap 25-102 mm arasında değişir. Delik çapı küçüldükçe infilak hızı da düşen ANFO'nun infilak basıncı ve parçalama verimi de düşer. Hatta bazı durumlarda küçük çaplı deliklerdeki ANFO hiç patlamayabilir veya ilk anda ateşlense bile infilak yarım kalabilir.

Çizelge 1. ANFO'nun infilak hızı (Bilgin&Esen 1998; Bilgin, 1995; Bilgin&Esen1999b; 1999a; Bilgin, 1986).

Şarj Çapı, mm	Açıkta VOD, m/s	Yumuşak Kayada VOD, m/s	Orta Kayada VOD, m/s	Sert Kayada VOD, m/s
76	2263	2793	2799	2801
89	2671	3124	3131	3133
102	2975	3360	3368	3370
152	3660	3865	3873	3876
229	4130	4193	4202	4205

**D. Yoğunluk:** ANFO'nun dökme yoğunluğu AN'ın yoğunluğuna ve tane boyutuna bağlıdır. Çoğu ANFO'nun dökme yoğunluğu 0.75-0.85 g/cm<sup>3</sup> arasında değişir. ANFO'nun en yüksek pratik yoğunluğu 1.1 g/cm<sup>3</sup>'tür. 1.2 g/cm<sup>3</sup>'ten daha yüksek yoğunluk değerlerinde ANFO'nun duyarlılığı çok çabuk düşer. Bunun sonucu ANFO uygun şekilde yemlendiği (ateşlendiği) halde hiç patlamayabilir.

**E. Yemleme (Bomba):** Kendisi doğrudan kapsülle patlatılamayacak kadar düşük duyarlılığa sahip olan ANFO'yu patlatmak için kullanılan ve içine kapsül konulan dinamit veya eşdeğeri patlayıcılara yem veya bomba adı verilir. Yemleyicinin infilak basıncı ANFO'nun infilak basıncından daha yüksek olmalıdır. Aksi takdirde delik dibinde düşük hızlı infilak oluşur ki bu da delik dibinde verimsiz patlama ve basınç düşüklüğü sonucunda yetersiz parçalama ve tırnak oluşumuna neden olur. Bu husus özellikle sert ve çok sert kayalar için önemlidir. Delik çapının 5" (125 mm)'den az olduğu durumlarda yemleyicinin çapı delik çapına yaklaştırılmalı ve büyük çaplı deliklerde ise bu durum pratik olmadığından yemleyicinin infilak basıncı ANFO'nun infilak basıncından yüksek olmalıdır.

**F. Suya Dayanıklılık:** Sulu deliklerde ANFO doğrudan şarj edilmemelidir. Su AN'ı çözer ve ANFO'yu duyarsızlaştırır. Arazi tecrübeleri ANFO'nun kuru deliklere doğrudan şarj edildiğinde iyi sonuçlar alındığını göstermiştir. Nemli veya az sulu deliklerde ANFO en kısa zamanda doldurulup ateşlenmelidir veya plastik hortum veya kartuşlar içinde kullanılmalıdır. Su çok ise pompalama sonrası yine de ANFO kullanılabilir. Su miktarı ve basıncı çok olduğunda fiyatı yüksek de olsa suya dayanıklı harç (emülsiyon vb.) patlayıcıların kullanımı daha uygundur.

#### 5.4.3. Slurry, Emülsiyon ve Emülsiyon - ANFO Karışımları

**A. Slurry:** Çok verimli ve güvenli bir patlayıcı olan ANFO'nun tek zayıf noktasının, suya karşı olan dirençsizliği herkesce bilinmektedir. Gerçekte her zaman doğa ile mücadele halinde olan patlatma mühendisi ise sulu delik problemi ile çok sık karşılaşmaktadır. Çözüm ise ancak suya dayanıklı ama pahalı olan patlayıcı maddeler ile gelmektedir.

İşte böylesine bir gereksinmeden doğan araştırmalar sonucu, temel maddesi yine AN olan slurry (harç) patlayıcılar gündeme gelmiştir. Suya karşı zayıflığı olan AN çok yüksek konsantrasyonlarda çözeltiler verir. Yürütülen araştırmalar böylesine çözeltilerin içine bazı bitkisel zamkların katılması ile suda erimeye dirençli, kıvamlı karışımların elde edilebildiğini göstermiştir.

Slurry patlayıcılarının çok iyi suya dayanıklılığı, yüksek yoğunluğu, iyi oksijen dengesi ve kaya ile sıkı teması vardır. Yoğunluğu  $1.1-1.3 \text{ g/cm}^3$ , infilak hızı çapa bağlı olarak 4115-6096 m/s, infilak basıncı 5-10 GPa arasında değişir.

Uygun oksijen dengesi verecek şekilde yapılan karışımlar yaklaşık  $1.5 \text{ g/cm}^3$  yoğunluğa ulaşmakta ama infilak etmemektedirler. Karışımların duyarlılaştırılabilmeleri için ya özel maddeler gerekmiş ya da TNT ve alüminyum granüllerinin fiziksel özelliklerini ayarlamak gerekmiştir. Son gelişmelere göre, karışımın içerisine içi boş mikro cam baloncuklar katmak veya değişik yöntemler ile hava kabarcıkları oluşturmak da yararlı olmuştur. Harç patlayıcılar kapsüle duyarlı üretilirse slurry explosive ve yemleme ile infilak ettiriliyorsa slurry blasting agent olarak isimlendirilmektedir.

Karışımlarda değişik kimyasal maddelerin kullanılması, bunların zaman içerisinde birbirlerini etkilemesine yol açabilmekte ve karışımın bozulmasına ve hatta depolama ömrünün kısalmasına neden olmaktadır. Özellikle alüminyum tozunun kullanıldığı karışımlarda, alüminyum ile suyun reaksiyonundan hidrojen gazı salınmakta ve geride alüminyum hidroksit kalmaktadır. Bu nedenle alüminyum tozu özel bir şekilde kaplanmaya

başlanmış ve su ile teması önlenmiştir. Benzer olaylar sonucunda özellikle uzun süre depolanacak olan patlayıcılar için kimyasal duraylılığı (stabiliteyi) sağlayacak önlemler alınmış olup araştırmalar devam etmektedir.

Harç patlayıcıların sağlayabileceği en önemli özelliklerden biri de doğrudan deliğe dökülebilmeleridir. Patlayıcı deliği tam anlamı ile dolduracağı için hem aktarma oranı hem de delik içerisinde en yüksek yoğunluk elde etme açısından önemli yararlar sağlayacaktır.

**B. Emülsiyon Patlayıcılar:** Suya dayanıklı AN esaslı patlayıcı madde üretebilme çabaları sonucu emülsiyon patlayıcılar gündeme gelmiştir. Genelde organik veya mineral yağların çok büyük bir yüzdesi, su içinde çözünmezler. Ancak özel katkı maddeleri aracılığı ile emülsiyon haline getirilebilirler. Emülsiyonlar iki türde oluşurlar; birinci türde, esas ortamı su oluşturur ve yağ zerrecikleri bu ortam içerisinde bulunur (su içinde yağ emülsiyonu). İkinci türde ise esas ortam yağdan oluşur ve su zerrecikleri bu ortam içerisinde bulunur (yağ içinde su emülsiyonu).

Yüksek konsantrasyondaki AN çözeltisi, yakıt olarak kullanılan yağ veya mazot içerisinde ikinci bir emülsiyon haline getirilebilirse suya dayanıklı bir karışım haline gelirler. Böylesine elde edilen emülsiyon kıvamı, yağ ve emülsiyon yapıcı madde oranı ile ayarlanabilmektedir. Eğer emülsiyon yapıcının yüzdesi düşük ise akıcı, pompalanabilir bir kıvam elde edilmektedir. Tersine emülsiyon ajanının yüzdesi yüksek tutulur ise pompalanamayan ancak kartuş şekline getirilebilen katı bir kıvam elde edilmektedir.

Harç patlayıcılarda olduğu gibi emülsiyon patlayıcılarının da duyarlandırılması için içi boş mikro cam balonlar ile karıştırılması veya gazlandırılması gerekmektedir. Bu yapılmadığı sürece infilaka girmezler. Yine, enerjilerini attırmak için gereken yüzdelerde alüminyum tozu da katılabilmektedir.

Emülsiyon patlayıcılar doğrudan deliğe pompalanabilir veya kartuş halinde kullanılabilir. Kapsüle duyarlı emülsiyon patlayıcılar ve yemleme ile infilak edebilen emülsiyon patlayıcılar olarak iki grupta üretilmektedir. İnfilak hızı çapa bağlı olarak 4420-5640 m/s, yoğunluğu 1.15-1.45 g/cm<sup>3</sup> arasında değişmekte ve çok iyi suya dayanıklılık özelliği göstermektedir.

**C. Emülsiyon - ANFO Karışımı:** Bu karışım emülsiyon ve ANFO karışımıdır. Bu patlayıcı maddeler kapsüle duyarlı değildir. Karışımdaki emülsiyon/ANFO oranı 1/99'dan 99/1 olabilmesine rağmen çoğu karışım 20/80 ile 80/20 aralığında hazırlanmaktadır. %50'den az emülsiyon içeren karışımlara ağır (heavy) ANFO adı verilir. Emülsiyon-ANFO karışımının amacı ANFO'nun yoğunluğunu arttırmak, ANFO'ya suya dayanıklılık özelliği sağlamak ve madencilik maliyetlerini düşürmektir. Üretilen bu patlayıcı maddeler kartuşlu ya da dökme olarak pazarlanmaktadır.

## 5.5. ATEŞLEME SİSTEM VE ELEMANLARI

Günümüzde kullanılan tüm patlayıcıların duyarlılığı bir alt sınır değerinde tutulur. Bu değer kapsüle duyarlılık olarak tanımlanır. Bunun anlamı patlayıcıların infilaka başlayabilmesi için bir kapsülün patladığı anda verdiği şoka gereksinim duymasındır.

Başarılı bir patlatmanın planlanmasında, ateşleme sisteminin ve elemanlarının seçimi en az delik geometrisi ve patlayıcı madde seçimi kadar önemlidir. En önemlisi, iş yerinin, çalışanların, makina ve ekipman güvenliğinin de bu seçime bağlı olmasıdır.

Bugün dünyada kullanılan ateşleme yöntemlerini başlıca iki ana grup altında incelemek mümkündür (Hopler, 1998; Olofsson, 1990; Erkoç, 1990; Jimeno et. al., 1995):

- 1) Elektriksiz ateşleme yöntemleri: Emniyetli fitil-adi kapsül, infilaklı fitil, elektriksiz şok tüplü kapsüller. Açık alev çıkararak yanan bu ateşleme yöntemlerinin grizu ve kömür tozu patlaması tehlikesi bulunan yeraltı kömür madenleriyle, kükürt madenlerinde kullanımı sakıncalı ve yasaktır.
- 2) Elektrikli ateşleme yöntemleri: Gecikmeli ve gecikmesiz elektrikli kapsüller. Yeraltı kömür ve kükürt madenlerinde sadece bakır yüksüklü, elektrikli (grizu-güvenli) kapsüller kullanılabilir.

### **5.5.1 Emniyetli Fitol - Adi Kapsül**

Çok eskiden beri kullanılan ateşleme sistemlerinden birisidir. Bir ucu açık olan ve fitil yerleştirildikten sonra özel pense ile sıkıştırılan bu kapsüller sulu deliklerde kesinlikle kullanılmamalıdır. İlke olarak kapsül içindeki birincil şarjı alevle patlatmaya dayanır. Kapsüller ilk zamanlar değişik patlayıcı madde miktarları kullanılarak (0.8 gr) 6 no kapsül ve (1.0 gr) 8 no kapsül olarak üretilirken, günümüzde sadece 8 no kapsüller üretilmektedir (Olofsson, 1990). Bu numarayı gecikme numarası ile karıştırmamak gerekir. Zaten üretici firmalar patlayıcı maddelerin duyarlılığını, kapsül numarası ile belirtirler. Kapsüller içine yerleştirilen patlayıcı maddeler PETN, kurşun azidür ve RDX gibi yüksek hassasiyetli ve güçlü patlayıcılarıdır.

Bu kapsülleri patlatmada kullanılan fitil emniyetli fitil veya katranlı fitil adıyla da bilinmekte olup, bu fitilin ortasında karabarut bulunmakta, barut bir bez ile sarılıp, beze katran, balmumu, plastik vb. emdirilerek su yalıtımı sağlanmaktadır. Fitilin standart yanma hızı  $115 \pm 15$  s/m olduğundan emniyet açısından, uygulama sırasında kullanılan fitil boyunun en az 1 m olmasına dikkat edilmelidir. Bu durumda patlatma sahasından uzaklaşabilmek için bir buçuk dakika zaman kalmaktadır. Fitol boyları hesaplanırken ateşlenecek delik toplam sayısı ve fitil yanma hızı göz önünde bulundurulmalıdır. Kaçacak yeterli zamanı mutlaka sağlamak için bir arada en çok beş delik patlatılmalıdır. Emniyetli fitil yüksek ısı çıkaran güçlü bir alev ile ateşlenmelidir. Ülkemizde fitilin ateşlenmesi için yaygın olarak kullanılan kibrit, çakmak ve karpit lambalarının kullanımı A.B.D.'de yasaktır. A.B.D.' de bu amaçla yavaş hızda fakat yüksek ısı vererek yanan özel ateşleme teli, ateşleme fitili vb. kullanılmaktadır.

Emniyetli fitil-adi kapsül kullanımında deliklerin düzenli bir sırada ve uygun gecikme sürelerinde patlatılmasına olanak yoktur. Bu nedenle günümüzde daha çok patarlama, metal madenlerinde küçük kesitli baca, galeri vb. sürmede kullanılmaktadır.

### **5.5.2. İnfilaklı Fitol**

Patlayıcı maddeler içinde PETN'in kritik çapının hemen hemen sıfır sayılacak kadar küçük olması infilaklı fitilin üretilmesine olanak sağlamıştır. İnfilak hızı 7000 m/s'dir. İnfilaklı fitil metresinde içerdiği patlayıcı miktarı ile sınıflandırılır. PETN miktarı metrede 3 ile 150 g arasında değişebilir. Basamak patlatmasında en yaygın olarak kullanılan 10 g/m PETN içeren infilaklı fitildir. Ön kesme veya son kesme için 20, 50 veya 100 g/m kadar büyük gramajlı fitiller kullanılır.



İnfilaklı fitil statik elektrikten etkilenmez. Sürtünmeye ve çarpmaya karşı hassas değildir. Bu özellikleri nedeniyle elektrikli kapsül kullanımının sakıncalı olduğu ortamlarda ve uygun olmayan hava koşullarında emniyetle kullanılabilir. Böylece işyeri güvenliği tehlikeye atılmamış olur. Patlatma tasarımına göre bazı durumlarda, bir delik içerisinde, belli aralıklarla patlayıcı madde yerleştirmek ve aynı delikte çok noktadan yemleme söz konusu olabilir. Bu tür patlatmalarda infilaklı fitil uygun bir seçimidir.

İnfilaklı fitil kullanımının getirdiği en büyük yararlarından biri sonsuz gecikme aralığı sağlamasıdır. Elektrikli kapsül üreticileri gecikme aralıklarını en çok 20 numaraya kadar yapmaktadır. Daha fazla gecikmeye ihtiyaç duyulduğunda sorunlar çıkmaya başlamaktadır.

İnfilaklı fitil ile ateşleme için röle olarak adlandırılan özel geliştirilmiş yüzey gecikme elemanları kullanılır. Gecikme elemanlarının türüne göre bu gecikme 5-50 ms arasında değişebilir. Röleler delik içine değil, örneğin açık ocaklarda iki deliği birbirine bağlayan infilaklı fitilin herhangi bir noktasına (basamak üstüne) yerleştirilir.

İnfilaklı fitilin sulu ortamda kullanılmasında şu hususa dikkat edilmesi gerekir; fitilin ıslanması patlamasına engel değildir. Ancak infilakın başlayacağı noktanın kuru olması şarttır.

İnfilaklı fitilin kullanımı sırasında tehlike ancak gecikme elemanları ve kapsül bağlantısı yapıldıktan sonra başlar. Gecikme elemanları aynen kapsül özelliğindedir. Atılan düğümlerin düzgün olması ve her türlü bağlantının birbirinden en az 30 cm uzaklıkta olması gerekmektedir. Düğümlerin uzantılarının kıvrılarak ana hattın üzerine düşmemesi, ana hatların birbiri üzerinden atlatılmaması şarttır. Ancak bu şekilde fitil kesilmesi önlenmiş ve patlamamış delik kalmaması sağlanmış olur.

### **5.5.3. Elektriksiz Şok Tüplü Kapsüller**

Bu tür kapsüller delik içine yerleştirilecek bir kapsül ve kapsüle bağlı bir plastik tüpten oluşur. Dış çapı 3 mm, iç çapı 2 mm olan plastik tüpün iç duvarlarına çok az miktarda (0.02 g/m) sıvanmış halde bulunan PETN maddesinin patlatılması ile iletilen şok aracılığı ile kapsülün ateşlenmesi gerçekleştirilmektedir. Sürtünme ve ateşten etkilenmeyen şok tüpleri özel manyeto ile veya bir adet elektrikli kapsülle ateşlenmektedir.

Değişik firmalar tarafından üretilen elektriksiz kapsüller statik elektrikten de etkilenmezler ve her türlü hava koşullarında kullanılabilirler.

Yer üstü patlatmalarında gecikme genellikle delik dışında, yüzeyde yapılır ve varsa bir hata her an düzeltilebilir. Diğer bir deyişle, elektrikli kapsül kullanıldığında, kapsül deliğe konup patlayıcı madde doldurulduğunda geriye dönüş yoktur. Patlatmanın o şekilde yapılması gerekir. Halbuki elektriksiz kapsüllerde delikler hep aynı kapsül ile doldurulur ve gecikme paterni yüzeyde gecikme elemanları kullanılarak yapılır. Son yıllarda kademeli olarak patlayıcı doldurulan deliklerde, delik içinde de gecikme vermek üzere 400 ms, 425 ms, 450 ms, 475 ms, ve 500 ms gecikme süresine sahip şok tüplü kapsüller geliştirilmiştir. Ancak yine de birbirine komşu iki delikten birinin diğerinden sonra patlamasını sağlayacak gecikme yüzeyde (basamak üstünde) verilmektedir.

Elektriksiz kapsül üreticileri gecikme elemanlarını değişik aralıklarda yapmaktadırlar. Genelde bunlar 0, 9, 17, 25, 42, 67, 109 ve 176 ms civarında olmaktadır. Bir planlama için önceden seçim yapmak gerekir.

Burada zerinde durulması gereken bir nokta vardır. Plastik tüpün içindeki patlayıcı maddenin infilak hızı 2000 m/s'dir. Oldukça düşük bir değerdir. Herhangi bir önlem almadan yapılan patlatmalarda, büyük bir olasılıkla 0 numarada patlayan deliğin savurabileceği taş, daha büyük numaralarda sırasını bekleyen herhangi bir gecikme elemanını bozabilir. Patlatmayı tehlikeye sokmamak için üretici firmalar deliğin içine konan kapsülleri genellikle 500 ms gecikme ile üretmektedirler. Dolayısı ile gecikmeler ilk ateşlemeden itibaren 500 ms sonra olmaktadır. Böylece en önde ve ilk patlayan deliğin yüzeydeki gecikme düzenini bozmamasının (şok tüplerinin savrulan taşlarla kopmamasının) tek şartı yüzeydeki toplam gecikme süresinin 500 ms'yi geçmemesidir.

Elektriksiz kapsüllerin çok tüpleri ve yüzey gecikme elemanı tüpleri birbirine uygun şekilde bağlandıktan ve devre oluşturulduktan sonra, tek bir noktadan infilak başlatılır. Bu ya bir elektrikli kapsül ile yapılır ya da bir adi tahrip kapsülü veya yeteri kadar uzunlukta infilaklı fitil ile olur veya üreticilerin bu amaçla ürettikleri başlatıcılar kullanılır.

#### **5.5.4. Elektrikli Ateşleme Yöntemleri**

En ucuz ve kullanışlı oluşu nedeniyle halen dünyada en yaygın olarak kullanılan ateşleme sistemlerinden birisidir. Elektrikli kapsüller gecikme aralıklarına bağlı olarak üç ana grup altında incelenebilir: gecikmesiz, milisaniye gecikmeli ve yarım saniye gecikmeli elektrikli kapsüller.

Gecikmesiz elektrikli kapsüller, adi kapsülün geliştirilmiş bir tipidir. Bu kapsülde emniyetli fitilin yerini elektrik kablosu almış olup kapsül içerisinde bulunan ilk ateşleme eczası elektrik akımı (ısınan direnç teli) ile ateşlenmektedir. Gecikmesiz kapsüller adi kapsüller gibi gecikmenin gereksiz olduğu patlatma işlemlerinde tercih edilmektedir.

Atımlarda gecikmesiz kapsüllerin kullanılması sonucunda atımın başarısı ve bunun sonucunda toplam patlatma ekonomisi olumsuz yönde etkilenmektedir. Büyük atımlarda gecikmeli yerine gecikmesiz (0 zamanlı) kapsül kullanılması durumunda kazı yükleme ve taşıma maliyetleri artmakta ve ikincil patlatmaya gereksinim duyulmaktadır. Bu olumsuzlukların giderilmesi için gecikmeli kapsüllerin tercih edilmesi gerekir.

Diğer ateşleme yöntemlerine göre kaza ile ateşleme riski fazla olduğundan elektrikli kapsül kullanımında bazı emniyet tedbirlerine özen göstermek gerekmektedir. Elektrikli ateşlemelerde başlıca kaza sebepleri şunlardır:

- yağmurlu ve fırtınalı havalarda yıldırım düşmesi, bulutlardaki statik elektrik
- elektrikli iş makinaları, enerji hatları ve kablolardan kaçan elektrik
- yüksek voltaj hatları ve kabloları çevresinde oluşan indükleme akımları
- ANFO'nun kullanımı sırasında hava ile deliklere üflenmesi ve bu iş için yarı iletken boru kullanılmaması
- İşçilerin naylon, perlon, yün giysilerinden kaynaklanan ve vücutlarında biriken statik elektrik. Bunu önlemek için ateşlemede görevli kişilerin pamuklu giysiler ve anti statik ayakkabı giymesi gereklidir.
- Radar, cep telefonu, el telsizi, radyo ve TV verici istasyonlarına yakınlık. Bu tehlikeyi gidermek için delik doldurulan sahaya 10 m mesafe içinde el, araç telsizi ve cep telefonlarının kapalı tutulmasıdır. Seyyar polis telsizi, TV ve radyo istasyonları için gerekli güvenlik uzaklıkları vericinin gücüne bağlıdır. Örneğin 100 Watt gücünde polis vericisi için güvenlik uzaklığı 2 metredir(Hopler, 1998).

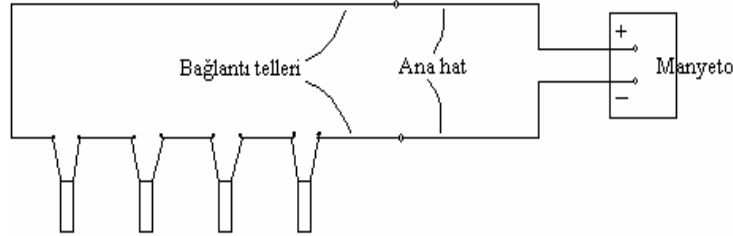
İlke olarak adi tahrip kapsülü ile aynı olan elektrikli kapsüllerde, birincil şarjı patlatmak için fitilin alevi yerine bir kibrit başı vardır. Kibrit başı ise elektriksel bir direnç tarafından ateşlenir. Gecikmeli elektrikli kapsüllerde ise, kibrit başı ile birincil şarj arasında gecikme aralığına göre boyu değişen bir gecikme elemanı vardır. Gecikme elemanları, yanma süreleri belli olan piroteknik maddelerdir. Boyları hassas olarak kesilir ve istenen gecikme aralıkları sağlanır.

Elektrikli kapsül kullanımında en hayati nokta kapsülün elektrik direncidir. Yukarıda belirtilen nedenlerle kazaya neden olması ve planlama esnasında manyeto kapasitesini belirlemesi açısından elektrik direnci önemlidir. Ülkemizde elektrikli kapsül üreticisi olan MKE KAPSÜLSAN A.Ş. elektrikli kapsülleri 1.38-1.58, 1.58-1.78, 1.78-1.98, 1.98-2.18 ve 2.18-2.38 direnç gruplarında üretmekte ve ambalajlarında da belirtmektedir. Bu kapsüller kullanılırken bir seri devresinde aynı direnç grubuna sahip kapsüllerin kullanılmasına ve devrenin toplam direncinin manyeto kapasitesinin % 70'ini aşmamasına dikkat etmek gerekir.

**A. Elektrikli kapsüllerin seri devrede kullanımı:** Eğer planlanması yapılan ateşleme ufak, diğer bir deyişle kapsül sayısı 50'den az ise basit olması nedeni ile seri devre kullanılır (Şekil 6). Bu durumda kapsüllerin toplam direnci, devre bağlantısı direnci ve ana hat direncinin toplamının manyetonun kapasitesini aşmaması gerekir. Seri bağlamada (Erkoç ,1990);

$$R_{top} = nR_{kap} + R_{bağ} + R_{ana} \quad \dots(5)$$

Burada;  $R_{top}$ : toplam direnç ( $\Omega$ ),  $n$ : kapsül adedi,  $R_{kap}$ : bir kapsülün direnci ( $\Omega$ ),  $R_{bağ}$ : bağlantı tellerinin direnci ( $\Omega$ ) ve  $R_{ana}$ : ana hat direnci ( $\Omega$ )'dir.



Şekil 6. Seri devre (Erkoç, 1990).

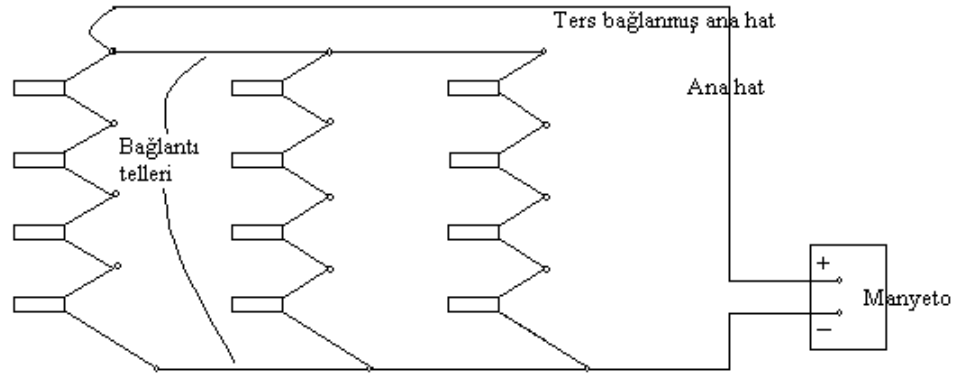
**B. Elektrikli kapsüllerin basit paralel devrede kullanımı:** Planlanan ateşlemede delik sayısının fazlalığı nedeniyle devre direncinin düşürülmesinde yarar görülüyor ise paralel devre kullanılması düşünülebilir. Ancak basit paralel bağlamada devrenin toplam direnci o kadar küçük olur ki, patlatma devrelerini kontrol için kullanılan ohmmetre vb. cihazlarla kopmuş telleri veya hatalı bağlantı noktalarını tespit etmek mümkün olmaz. Ayrıca tüm delikleri ateşlemek için çok yüksek voltaj gerekir. Bu iki nedenle basit paralel devre kesinlikle kullanılmamalıdır.

**C. Seri döngü devrelerin paralel bağlanması:** Uygulamada çok sayıda delikle yapılan patlatmalarda en çok kullanılan bağlantı şeklidir. Seri bağlanarak oluşturulan döngüler

birbirlerine paralel olarak bağlanırlar (Şekil 7). Öncelikle her bir seri döngüdeki direnç hesaplanır ve sonra paralel bağlamada olduğu üzere hesap yapılarak devrenin toplam direnci hesaplanır (Hopler, 1998, Erkoç, 1990).

Özellikle manyeto kapasitesini zorlayan durumlarda, her bir seri döngüdeki (koldaki) direncin birbirlerine yakın ayarlanması gerekir. Aksi takdirde, akım düşük dirençli döngüden kısa devre yapar ve yüksek dirençli olanı patlatmaz. Aynı nedenle ve buna ek olarak ana hat tellerinden biri ters bağlanır (Şekil 7). Böylece elektrik akımının her koldan (her bir seri devreden) eşit miktarda akması ve patlamayan delik kalmaması sağlanır. Bu tür bağlantılarda her serinin direnci

$$R_{\text{seri}} = n \times R_{\text{kap}} \quad \dots(6)$$



Şekil 7. Seri döngü devrelerinin paralel bağlanması (Erkoç, 1990).

olur. Eğer varsa her bir serinin kendi içindeki bağlantı telleri dirençleri de buna eklenir ve formül aşağıdaki hali alır.

$$R_{\text{seri}} = n \times R_{\text{kap}} + R_{\text{bağ. seri}} \quad \dots(7)$$

Seri döngüler (kollar) daha sonra birbirlerine paralel bağlanacağından bunların eşdeğer direncini bulmak gerekir ve aşağıdaki formülle bulunur:

Bu durumda toplam direnç aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$R_{\text{eşd}} = R_{\text{seri}} / n_{\text{seri}} \quad \dots(8)$$

Burada;  $R_{\text{eşd}} = n$  adet seri devrenin eşdeğer direnci

$R_{\text{seri}} =$  herhangi bir seri devrenin direnci

$n_{\text{seri}} =$  seri döngülerin toplam sayısıdır.

Bu durumda toplam direnç aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$R_{\text{top}} = R_{\text{esd}} + R_{\text{bağ}} + R_{\text{ana}} \quad \dots(9)$$

## 5.6. PATLAYICI MADDELERLE KAYA PARÇALAMA MEKANİZMASI VE PATLAYICI MADDE SEÇİMİ

Patlayıcı madde kullanarak ticari amaçla kaya parçalama işlemine patlatma adı verilir. Patlatma yoluyla kaya yapılarının kırılma kuramını iyi bir biçimde anlamadıkça doğru hesap yöntemleri ve daha iyi patlatma teknikleri geliştirmek ve verimli patlatma yapmak mümkün olmaz. Bir başka deyişle, istenen tane boyut dağılımını, yeterince ötelenmiş ve gevşetilmiş ancak fazla savrulmamış yığınları, kolay kazılabilir ve yüklenebilir yığınları temin etmek ayrıca patlatma kaynaklı çevresel sorunların (yer sarsıntısı, gürültü, taş savrulması ve toz) giderilmesi mümkün olmaz.

Patlatma ile kaya parçalamada başlıca iki farklı kırılma mekanizması vardır: patlayıcı madde infilak (şok enerjisi) kuvvetiyle kaya kütlelerinde yaratılan basınç dalgaları ve infilak ürünü gazların yarattığı delik içi basıncı (itme enerjisi).

Patlayıcı/kaya etkileşim modeli patlayıcı seçiminde ve patlayıcıların kaya parçalamada performanslarının belirlenmesinde iyi bir yaklaşım sunar.

### 5.6.1. Basınç Dalgalarının Etkisi

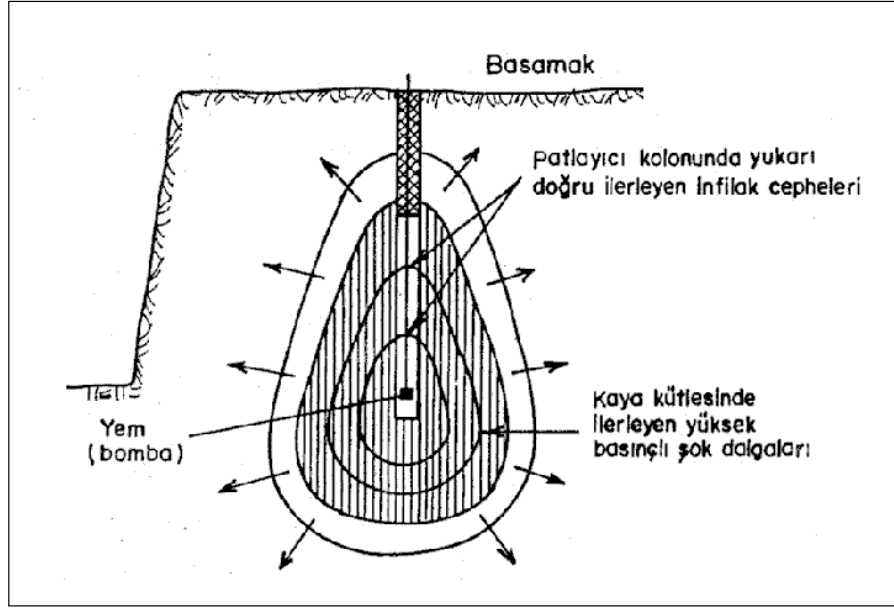
Delikte infilak başlayınca, bir şok dalgası oluşur ve kaya kütlesi içine yayılır. Deliği çevreleyen kaya üzerinde, şok dalgası kayaya büyük basınç uygular ve kayayı sıkıştırır (Şekil 8).

Kaya kütlelerine yayılan basınç dalgasının bir yarıçap yönünde bir de teğet yönde bileşenleri vardır (Şekil 9). Dalga delikten uzaklaştıkça her iki bileşenin hem şiddeti (genliği) azalır hem de şekli değişir. Deliğe yakın kesimlerde, yarıçap yönündeki bileşen kayanın dinamik basınç dayanımından çok daha yüksek değerdedir. Bu yüksek basınç gerilmesi deliğe yakın kesimlerde kayayı aşırı derecede makaslar ve tümüyle kırar (Şekil 10A). Ancak kayayı kırdıkça enerjisini tüketen bu basınç gerilmesi, delikten uzaklaştıkça kayanın dayanım değeri altına düşer (Şekil 9) ve kırılma bölgesi (Şekil 10a) sınırını tanımlar (Dowding&Aimone, 1992).

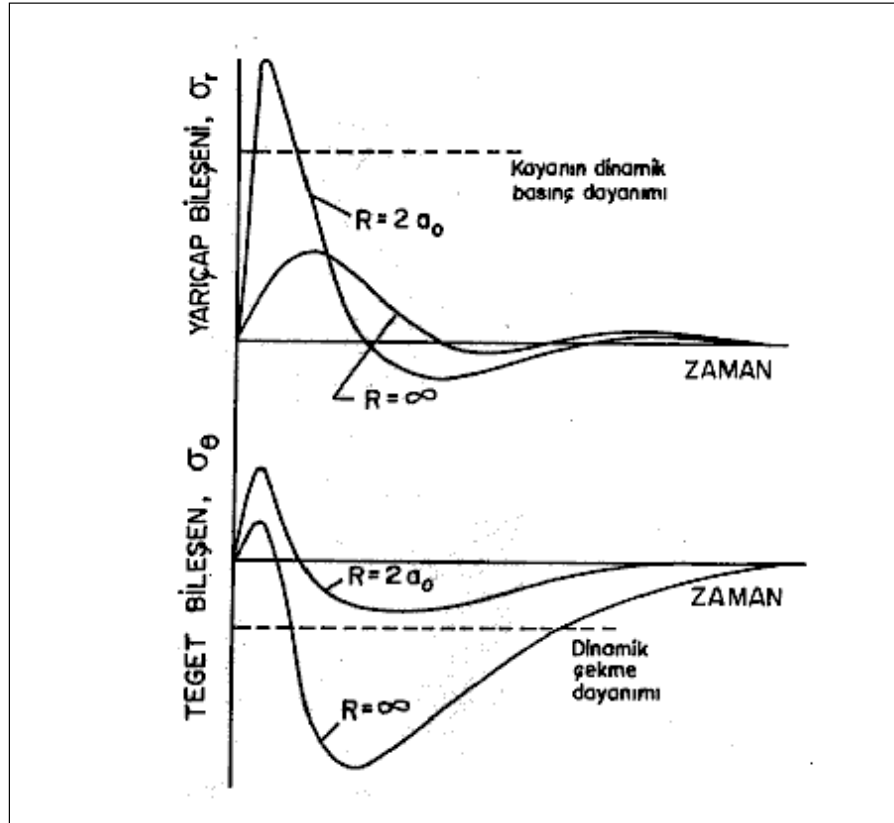
Dalganın teğet yöndeki bileşeni ise çekme gerilmesi niteliğindedir. Değeri ise kayanın dinamik çekme dayanımından büyüktür (Şekil 9). Deliği çevreleyen kaya, çekme gerilmesi altında yenildikçe, yarıçap yönünde çatlaklar oluşur (Şekil 10B). Teğet gerilmenin genliği kayanın dinamik çekme dayanımı altına düştüğünde (Şekil 9), çatlama durur. Enerjileri düşen her iki bileşen eğer yakında herhangi bir serbest yüzey (basamak aynası) yok ise kaya kütlesi içinde bir elastik ses dalgası olarak ilerler ve yer sarsıntısı yaratır (Şekil 10 C) (Dowding&Aimone, 1992).

Patlayıcı maddenin gücü ve kayanın dayanımına bağlı olarak, delikten itibaren farklı uzaklıklarda kırılma ve çatlama bölgeleri oluşur. Kırılmış bölge delik merkezinden itibaren 2 ya da 4 yarıçap mesafesine ulaşabilir. Çatlamış bölge genellikle 20 yarıçap mesafesinde olup, 50 yarıçap mesafeye kadar çatlaklar uzayabilir (Dowding&Aimone, 1992).

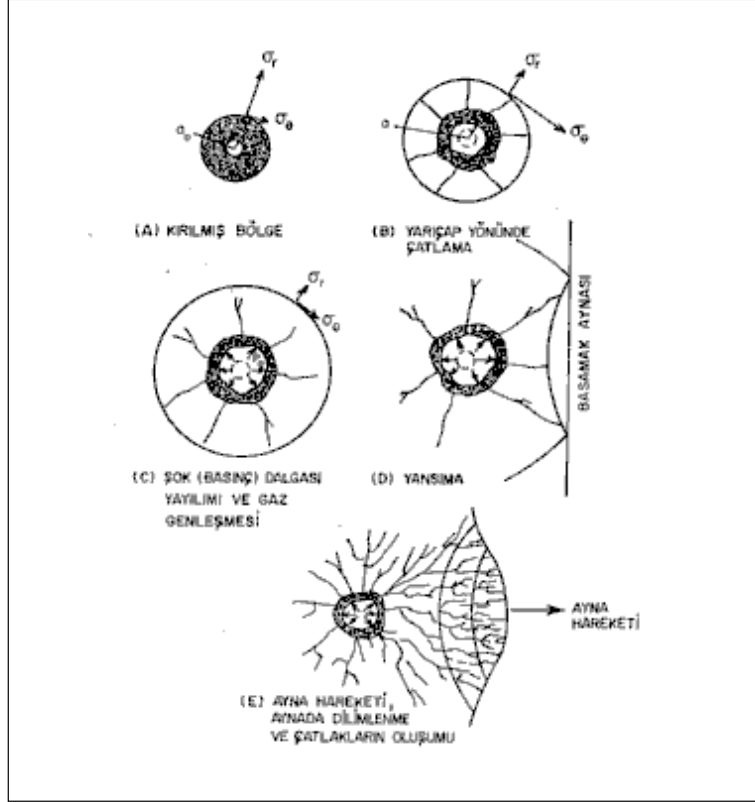
Yakında serbest yüzey(ler) varsa çatlak sistemleri artarak gelişir. Bu durum düşük enerjili de olsa, serbest yüzeye ulaşan bir basınç gerilmesi dalgasının, bu yüzeyden (örneğin basamak aynası) yansiyarak bir çekme gerilmesi dalgasına dönüşümü sonucu gerçekleşir (Şekil 11). Yansıyan dalga geri gelirken kaya dilimlenir ve dalga hemen tümüyle sönmümlenene değin dilimlenme devam eder. Ayrıca dalgaların birbirleriyle kesişimi ve etkileşimi de kaya kütlelerinde çatlamlar yaratır (Dowding&Aimone, 1992).



Şekil 8. Patlayıcı madde infilak ettiğinde basamak içindeki olayları gösterir kesit.



Şekil 9. Delik merkezinden R uzaklıkta basınç dalgasının yarıçap yarıçap ve teğet bileşenlerinin zamanla değişimi.  $a_0$  = özgül delik yarıçapı (Dowding&Aimone, 1992).



$a_0$  = özgün delik yarıçapı,  $a$  = genişlemiş delik yarıçapı,  $P_g$  = delik içi basıncı,  $\sigma_r$  = basıncın teğet bileşeni,  $\sigma_t$  = basıncın yarıçap yönündeki bileşeni

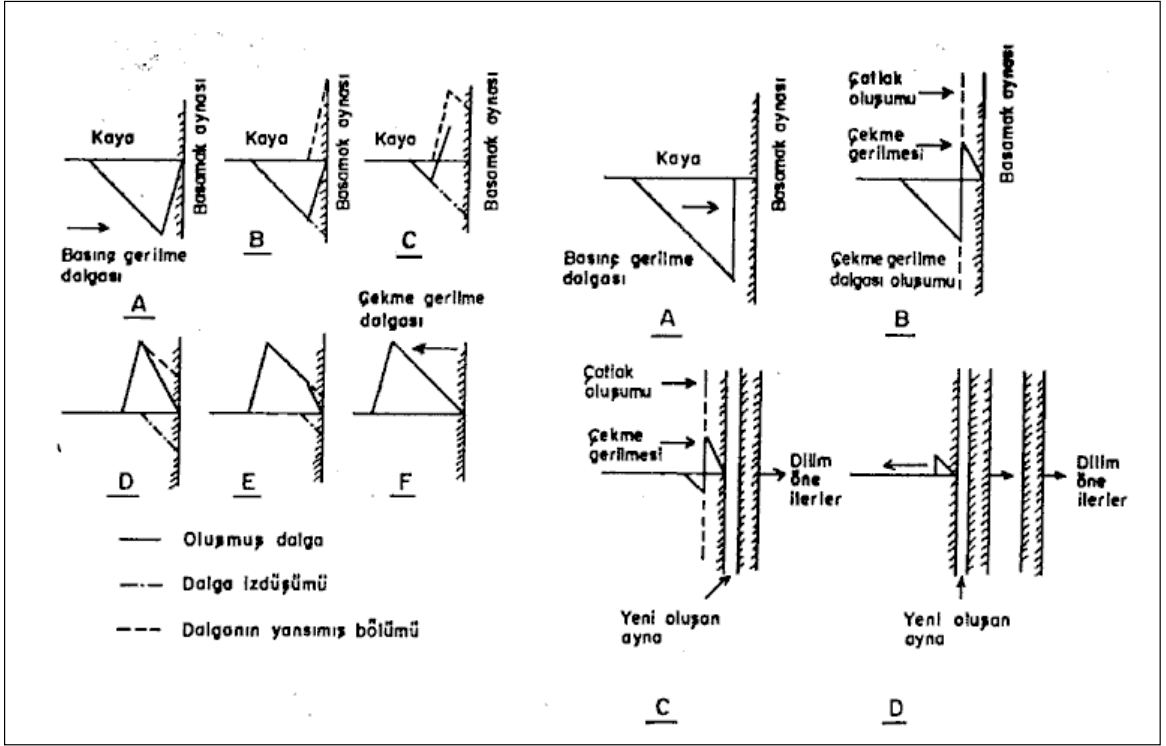
Şekil 10. Oluş sırasına göre delikte infilak eden patlayıcı maddenin kaya kütleğinde yol açtığı olaylar (Dowding&Aimone, 1992).

Sert, sağlam, masif ve yoğunluğu yüksek kaya kütlelerinin çok iyi parçalanması yüksek şok enerjili patlayıcı maddeler gerektirir. Nitrogliserin esaslı dinamitler ve çok hassaslaştırılmış patlayıcı karışımlar emülsiyon vb. bu tür kayalarda çok iyi iş görür.

### 5.6.2. Gaz Basıncının Etkisi

İnfilak sonrası oluşan gaz ürünler delik duvarlarını ve çevreleyen kayaları sıkıştırır. Gazlar çatlaklara dolur, kama etkisi yaratarak onları sürer ve uzatır. Basamak aynasında oluşan dilimlenmeler sonucu ayna-delik arası mesafe (dilim kalınlığı) azalınca, yüksek basınçlı gazlar kaya kütlelerini öterler.

Diğer bazı araştırmacılar yüksek basınç altındaki bu gazların sadece kütleyi kaldırıp öteleme ve gevşetme (kabartma) yaptığını söylemektedir. Bu otoritelere göre önceden şok dalgalarının parçaladığı kütlenin ileri doğru hareketi sonucu kabarma ve gevşemenin oluştuğu ifade edilmiştir.



Şekil 11. Basınç gerilmesi dalgasının yansımalarıyla çekme çatlak oluşumu.

Genel olarak amonyum nitrat veya sodyum nitrat esaslı patlayıcı maddelerin çok büyük hacimlerde gaz üretimi yoluyla iyi gevşetme ve kabartma ve ileri hareket oluşturduğu görülmüştür. Bu tür patlayıcı maddelerin tortul kayalar gibi iyi gelişmiş tabakalanma düzlemleri, eklem ve çatlaklar içeren kaya kütlelerinde veya ayrılmış zayıf cevherlerde iyi parçalanma oluşturduğu bilinmektedir.

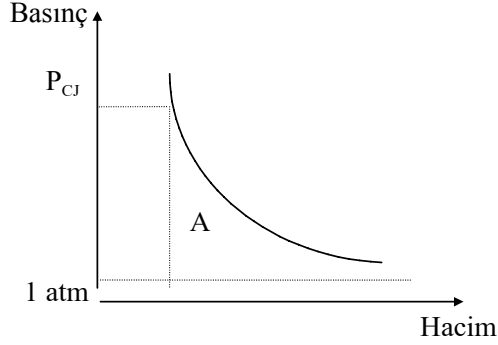
Şok dalga ve gaz basıncı mekanizmalarının her ikisi de kaya patlatmalarında yer almakta ve iyi bir parçalanma her iki mekanizmanın da birlikte işlev görmesi sonucu oluşmaktadır (Esen&Bilgin, 1998).

### 5.6.3. Patlatmada Enerjinin Bölüşümü

İnfilak başladıktan sonra patlatma deliği yarıçap yönünde denge durumuna ulaşmaya kadar genişlemeye başlar. Denge durumu patlayıcının basıncıyla kayanın dinamik dayanımının dengelendiği durumdur. Bu ana kadar harcanan enerjiye şok enerjisi denir. Gazların çatlak sistemine girip aynadan çıkıncaya kadar deliği genişletmesi sırasında açığa çıkan enerjiye itme enerjisi denir. Gazlar atmosfere ulaştıktan sonra faydalı iş yapmadığı düşünülürse bu süreden sonra açığa çıkan enerji boşa giden enerji olup ısı, ışık, ve hava şoku yaratır.

Patlatmada enerjinin bölüşümünü açıklayabilmek için basınç-hacim eğrisine ihtiyaç vardır. Basınç-hacim eğrisi, patlayıcıdan patlayıcıya değişir ve eğrinin şekli patlayıcının ideallğine bağlıdır. Eğrinin altında kalan alan patlayıcının toplam enerjisini verir (Şekil 12) (Tosun, 1991, 1993; Esen&Bilgin, 1998).





Şekil 12. Bir patlayıcının basınç-hacim eğrisi (Esen&Bilgin, 1998).

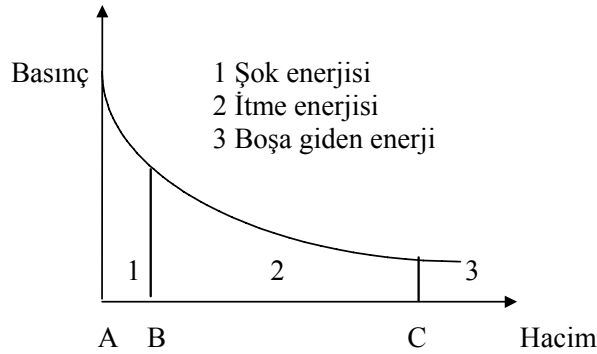
Şekil 13'de B noktası denge durumunu, C noktası gazların atmosfere kaçtığı anı gösterir. Böylece, şok enerjisi, kırma enerjisi ve boşa giden enerji sırasıyla 1, 2, ve 3 numaralı alanlarla gösterilir. Şok enerjisi ile itme enerjisi birlikte, patlayıcının kullanılabilir enerjisini oluşturur. Kullanılabilir enerjinin ne kadarının şok enerjisi ve itme enerjisi olarak bölüştüğü hem patlayıcının hem de kayanın özelliklerine bağlıdır (Esen&Bilgin, 1998).

Patlayıcının P3 ve P4 durumları arasında yaptığı iş şok enerjisidir (Şekil 14). Şok enerjisinin iki tip bileşeni vardır: strain (birim deformasyon) bileşeni (bölge 2) ve kinetik bileşeni (bölge 1). Kinetik bileşen ufalanma bölgesinin oluşumunda ve sismik dalgaların oluşumunda harcanır. Strain bileşeni kaya kırma için kullanılır ve bu bileşen etkili kırma enerjisidir.

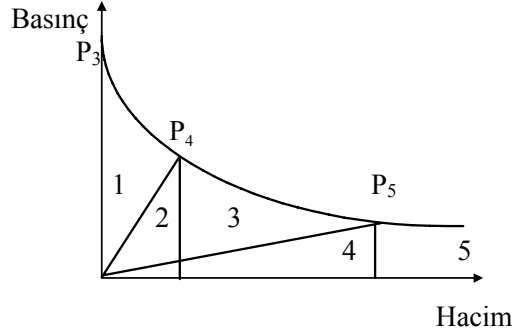
Patlayıcının P4 ve P5 durumları arasında yaptığı iş itme enerjisidir (Şekil 14). İtme enerjisinin iki tip bileşeni vardır: strain bileşeni (bölge 4) ve kinetik bileşeni (bölge 3). Kinetik bileşen parçalanmaya yardımcı olur. Strain bileşeni kayanın ötelenmesinde kullanılır.

Etkili enerji genişleyen gazların belli bir basınç değerinin üstünde açığa çıkardığı enerji olarak tanımlanır. Etkili enerji etkili kırma enerjisi ile etkili itme enerjisinin toplamıdır.

Etkili enerji yaklaşımı kullanılabilir enerjinin tamamının kaya kırma ve ötelenmede kullanılmadığını belirtir. Bu nedenle etkili kırma enerjisi ile etkili itme enerjisinin belirlenmesi gereklidir (Esen&Bilgin, 1998).



Şekil 13. Patlatmada enerjinin bölüşümünü gösteren basınç-hacim eğrisi (Esen&Bilgin, 1998).



Şekil 14. Patlatmada enerjinin değişik bölgelere bölüşümü (Erkoç, 1990).

#### 5.6.4. Patlayıcı Madde Seçiminin Yapılması

**A. Patlayıcı Madde Seçimi:** Patlayıcı madde, patlatma tasarımında değiştirilebilen en önemli parametrelerden birisidir. Patlayıcı madde seçiminde şu faktörler dikkate alınmalıdır: delik çapı, kaya özellikleri, patlayıcı madde özellikleri, patlayıcı/kaya etkileşimi, maliyet, patlatılan kaya hacmi, hava koşulları, su, çevresel etkiler, duman, emniyet, patlatılan ortamın gazlı olup olmaması ve depolama (Dowding&Aimone, 1992.; Bilgin&Esen, 1998).

Yüksek dayanıma sahip masif kayaların patlatılmasında etkili kırma enerjisi en önemli performans parametresidir. Bu uygulamalarda, daha yüksek etkili kırma enerjisine sahip (ideale yakın) patlayıcı madde seçilmelidir. Çatlaklı ve düşük dayanıma sahip kayaların patlatılmasında ise etkili itme enerjisi en önemli performans parametresidir. Bu uygulamalarda, daha yüksek etkili itme enerjisine sahip (idealden uzak) patlayıcı madde seçilmelidir (Esen&Bilgin, 1998). Patlatmalarda blok oluşumu söz konusu ise bu tür patlatmalarda daha dengeli kırma ve itme enerjisine sahip patlayıcı madde tercih edilmelidir. Bu gibi durumlarda, patlayıcı maddenin yanısıra patlatma geometrisi de parçalanmayı önemli derecede etkiler (Erkoç, 1993).

Bir başka deyişle, yüksek infilak hızına ve yüksek basınç oluşturma kabiliyetine sahip patlayıcılar genellikle yüksek dayanıma sahip masif kayalarda, düşük infilak hızına sahip patlayıcılar ise düşük dayanıma sahip ve çok çatlaklı ve tabakalı kayalarda daha iyi patlatma performansı verir (Tosun, 1993; Esen&Bilgin, 1998; Bilgin, 1995). Buna göre; infilak hızının artmasıyla patlayıcının kırma enerjisinin de artacağı söylenebilir.

Yüksek dayanıma sahip masif kayalarda patlayıcı madde seçimi yapılırken; yüksek kırma enerjisinin yanısıra patlayıcı madde kolonu boyunca az infilak hızı düşüşüne sahip patlayıcı madde kullanılmalıdır. Yerinde infilak hızı ölçümü yaparak patlayıcının infilak hızının ölçülmesi patlayıcıdan maksimum verim elde etmek için gerekli bir araç olmalıdır (Bilgin&Esen, 1998).

Özellikle delme maliyetlerinin yüksek olduğu ocaklarda (ör: KBİ dasitik tüf) infilak özelliği daha iyi ve pahalı patlayıcı maddeler delik geometrisini genişletmekte, özgül delik değerini düşürmekte ve sonuçta daha düşük maliyet verebilmektedir (Erkoç, 1990, 1993).

Patlayıcı madde karşılaştırılması sadece satın alma fiyatına göre yapılmamalıdır. Gerçek karşılaştırmayı patlayıcı maddenin ocaktaki verimine, elde edilen patlatma sonuçlarına

(parçalanma, yığın geometrisi, geri çatlak oluşumu ve fazla kırılma, vb.) ve patlatma sonrası madencilik işlemlerine (yükleme, taşıma, kırma, öğütme, vb.) göre yapmak gerekir (Bilgin&Esen, 1998; Erkoç, 1990,1993).

Diğer bir önemli konu da deliklerde su bulunması durumunda patlayıcı madde seçimini yapmaktır. Böylesine koşullarda ya ANFO doğru teknikler ile kullanılmalı ya da doğrudan suya dirençli patlayıcı maddeler (slurry, emülsiyon, emülsiyon-ANFO karışımı) kullanılmalıdır (Bilgin&Esen, 1998; Erkoç, 1993).

**B. Yemleyici Seçimi:** Yemleyici seçimi ana patlayıcı maddenin (ör: ANFO) etkin bir şekilde ateşlenmesinde hayati öneme sahiptir. Yemleyici seçiminde dikkate alınması gereken başlıca unsurlar (Bilgin&Esen, 1998; Erkoç, 1993):

- Yemleyicinin infilak basıncı,
- Yemleyicinin çapı ve boyu, delik çapı
- Ana patlayıcı madde türü (ör.: ANFO) ve ortam katılığı (kaya özellikleri).

**C. İnfilak Basıncı:** İnfilak basıncı reaksiyon bölgesinde elde edilen en yüksek teorik basınç olup patlayıcının infilak hızı ile yoğunluğunun bir fonksiyonudur. İnfilak basıncı düşük yemleyiciler kullanıldığında ANFO'nun ilk infilak hızı çok düşük, infilak basıncı yüksek yemleyiciler kullanıldığında ise yüksek olmaktadır. Yemleyicinin infilak basıncı ANFO'nun infilak basıncından oldukça (mümkün mertebe) yüksek olmalıdır (Bilgin&Esen, 1999b; 1999a). Aksi takdirde delik dibinde düşük hızda yanma (patlama) gerçekleşir. Düşük hızda patlayan ANFO'nun patlama basıncı da düşük olacağından delik dibinde parçalanma yetersiz olur ve tırnak (taban) oluşur. Bu durum kazı-yükleme esnasında sorun yaratır. Diğer bir deyişle, ANFO'nun düşük hızla patlaması verim düşüklüğü yaratır. Bu ise ekonomik kayıp demektir (Erkoç, 1990).

**D. Yemleyicinin Çapı ve Boyu, Delik Çapı:** Yemleyicinin ANFO'yu infilak ettirme verimliliği, yemleyicinin çapı delik çapına yaklaştığında artar. Bu özellikle delik çapının 5" (125 mm)'den az olduğu durumlarda geçerlidir. Fakat, daha büyük çaplı deliklerde pratik olmaması açısından geçerli değildir (Bilgin&Esen, 1998). Ancak yem çapının, delik çapı kadar değil, olabildiğince büyük olmasının yararı yine de vardır. Büyük çaplı deliklerde, yemleyicinin infilak basıncı ana patlayıcı maddenin infilak basıncından daha yüksek olmalıdır. Yemleyicinin boyu çapından daha büyük (1-4 katı arası) olmalıdır (Bilgin&Esen, 1999a).

**E. Yemlenen Ana Patlayıcı Madde ve Kaya Özellikleri:** Yemlenen ana patlayıcı maddenin infilak basıncı yemleyici seçim aşamasında gerekli bir parametredir. Çoğu üretici firmalar, patlatılan ortam katılığında (kaya özelliklerinde) ve delik çapında ana patlayıcı maddenin infilak basıncını verirler. Buna göre, infilak basıncı ana patlayıcınınkinden yüksek olan bir yemleyici seçilir (Bilgin&Esen, 1998; Erkoç, 1990).

**F. Yemleyici Seçiminin Deneysel Yöntemle Yapılması:** Yemleyicinin ana patlayıcı maddeyi verimli bir şekilde yemleyip yemlemediğini deneysel olarak anlayabilmek için patlatma deliklerinin bir tanesinde infilak hızı ölçümü yapılır ve alınan kayıt irdelenir. Alınan kaydın infilak hızı-zaman grafiğine bakılır. Grafikten delik dibindeki infilak hızı incelenir. Delik dibinde yüksek infilak hızı ölçülürse yemleyicinin etkin olduğuna karar verilir. Delik dibinde eğer düşük infilak hızı ölçülmüşse ve ana patlayıcının hızının gittikçe arttığı

saptanmışsa, ana kayıt (ham veri) incelenerek infilakın kararlı duruma gelmesi için katedilen uzaklık (run-up uzaklığı) da tespit edilebilir. Run-up uzaklığı, ana patlayıcı madde kolonunun ne kadarının verimsiz yandığının göstergesidir.

## **5.7. JEOLJİK ÖZELLİKLERİN PATLATMAYA ETKİSİ**

### **5.7.1. Giriş**

Patlatılacak kaya kütleleri, kayanın kökeni veya türü (tortul, volkanik, metamorfik) ve oluşum sonrasında geçirdiği jeolojik evrelere bağlı olarak farklı fiziksel özellikler ve patlatmaya karşı değişik davranışlar gösterirler. Diğer bir deyişle kayanın hem taş malzemesi, hem de yapısal jeolojik özellikleri delme ve patlatma uygulamaları üzerinde önem taşır. Delik çapı ve delik düzeni seçimi, patlayıcı madde seçimi ve patlatma tasarımı kaya özelliklerine ve patlatılacak kütlenin kullanım amacına göre yapılmak durumundadır.

Taş malzemesinin dayanımı, kırılabilirliği veya esnekliği (plastikliği) tamamen kayanın kökenine bağlıdır ve patlayıcı maddenin patlamasıyla açığa çıkan şok enerjisi ve gaz enerjisinin bölüşümü bununla uyumlu olmalıdır, yani kullanılacak patlayıcı madde parçalanacak kaya özelliklerine göre seçilmelidir. Kayanın sertliği ve aşındırıcılığı da farklılık gösterir ve delme hızına, matkap ucu ve tij ömrüne ve dolayısıyla delme maliyeti ve delici makina seçimine etki eder, hatta delik çapı seçiminde de kaya özelliklerini gözlemek gerekir.

Patlatma tasarımında kayanın parçalanmasını etkileyen pek çok değişken gözönüne alınmalıdır. Bu değişkenlerden delik çapı, boyu, düzeni, eğimi, patlayıcı madde ve yemleyici türü, ateşleme tipi ve gecikme zamanı gibi bazıları mühendisin denetleyebildikleridir. Ancak jeoloji, diğer bir deyişle kaya türü, ayrılmış veya ayrılmamış oluşu ve tabakalanma, yapraklanma, eklem ve çatlak, fay zonu ve dokanak yüzeyleri gibi yapısal unsurları değiştirmek olanaklı olmayıp, mühendis bu unsurları olabildiğince leyhte kullanmak ve delme ve patlatma tasarımını buna göre yapmak zorundadır. Zayıf ve ayrılmış bölgeler, kil vb. yumuşak tabakalar, tabakalanma kalınlığı, eklem ve çatlak aralığı gibi unsurlar patlayıcı madde enerjisinin hapsedilme durumunu ve kaya kütlesi içinde dağılımını ve dolayısıyla parçalanma derecesini ve patlatmaya bağlı ortaya çıkabilecek sorunların büyüklüğünü denetler. Bu nedenle patlatma mühendisi tasarımı yapmadan önce mevcut jeolojiyi ve jeolojik yapıyı dikkatle incelemelidir.

### **5.7.2. Kaya Malzemesi Özellikleri**

#### **A. Yoğunluk**

Kayaların yoğunluğu arttıkça dayanımları da artmaktadır. Genellikle düşük yoğunluklu kayalar düşük birim patlayıcı tüketimi ( $\text{kg/m}^3$ ) ile kolayca kırılırken, ince parçalanma ve iyi öteleme ve kabarma temini için yoğun ve masif kayalarda daha yüksek birim patlayıcı madde sarfedilir. Yüksek yoğunluklu kayalarda iyi parçalanma için;

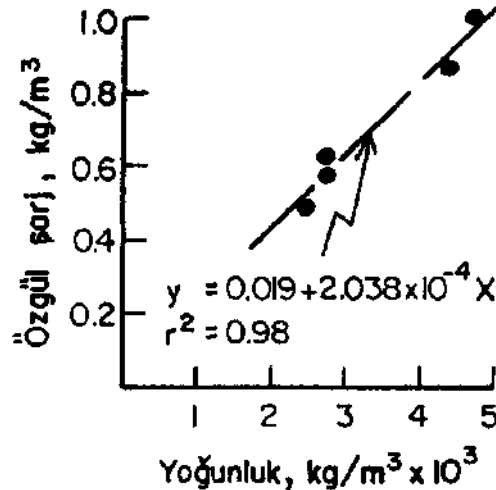
- İnfilak hızını artırarak, delik içi basıncını da artırmak için küçük değil, orta büyüklükte delik çapları seçilir,
- Delik düzeni (dilim kalınlığı ve deliklerarası uzaklık) daraltılır ve ateşleme düzeni (sırası) değiştirilir.

- Sıkılama boyu ve malzeme kalitesi gereğince artırılarak gaz basıncının hapsedilme ve etki süresi artırılır.
- Şok enerjisi (yani infilak hızı) daha yüksek veya şok enerjisi/gas enerjisi oranı uygun patlayıcı maddeler seçilir.

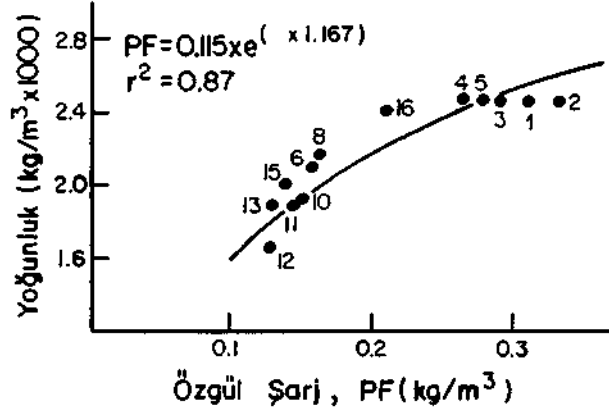
## B. Dayanım

Kaya dayanımının patlatma ile parçalama üzerindeki etkisi öteden beri bilinmektedir. Bu konudaki bir ön çalışmada Hino (1959) kayanın statik yöntemle ölçülen basınç dayanımı/çekme dayanımı oranını "patlatılabilirlik belirteci(katsayısı)" olarak tanımlamıştır. Daha sonraki yıllarda pek çok yabancı ve yerli araştırmacılar ağırlığı birkaç yüz kilogramdan 2-15 tona kadar değişen ve doğal kaya veya yapay malzemeden oluşturulmuş bloklar üzerinde yaptıkları patlatma deneyleri sonucu birim patlayıcı madde tüketimi ile kaya özellikleri arasında ilişkiler kurmaya çalışmışlardır (Persson, 1993, Hino, 1959; Bergman, 1983). Yerli araştırmacılardan Müftüoğlu ve ark. (1991) kömür, Bilgin ve Paşamehmetoğlu (1986) ise metal madeni ocaklarında; yerinde yaptıkları patlatmalarda yine birim patlayıcı madde tüketimi ile bazı kaya özellikleri arasındaki ilişkileri ortaya koymuşlardır. Çalışılan kaya özelliklerinden bazıları yoğunluk, basınç dayanımı, çekme dayanımı, darbe dayanımı, p-dalga hızı, empedans'dır.

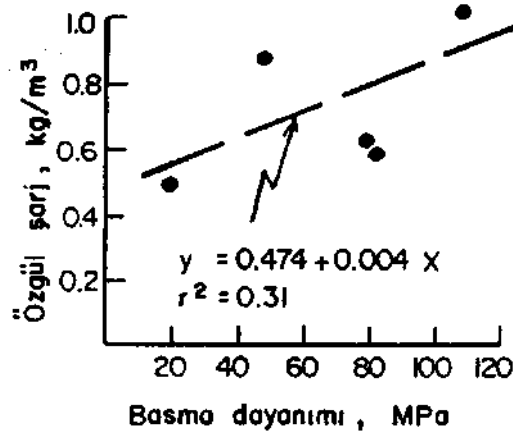
Kaya yoğunluğu ile birim patlayıcı madde tüketimi (özellikler arasında bulunan ilişkiler orta sert ve sert kayalardan oluşan metal maden ocakları için Şekil 15'de (Bilgin&Paşamehmetoğlu, 1986), yumuşak ve orta sert kayaları içeren kömür açık işletmeleri için Şekil 16'da (Müftüoğlu ve ark., 1991) verilmiştir. Basınç dayanımı-özellikler arasında bulunan ilişkiler ise metal maden ocakları için Şekil 17 ve 18'de, kömür açık işletmeleri için Şekil 19 ve 20'de sunulmuştur. Günümüzde ise kayaların dinamik dayanımlarının, daha iyi bir gösterge olabileceği anlaşılmış olup, bununla ilgili araştırmalar devam etmektedir.



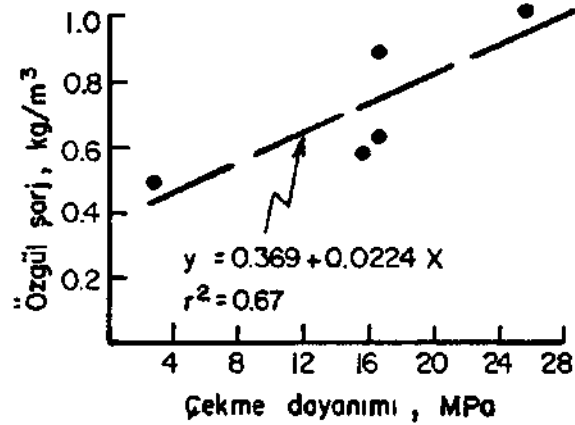
Şekil 15. Demir madeninde yoğunluk özgül şarj ilişkisi (Bilgin&Paşamehmetoğlu, 1986).



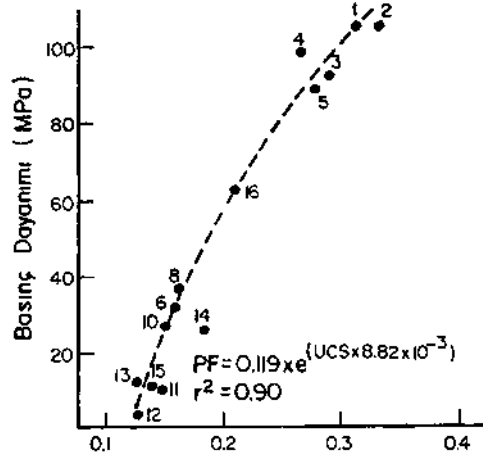
Şekil 16. Kömür işletmelerinde yoğunluk özgül şarj ilişkisi (Müftüoğlu ve ark., 1991).



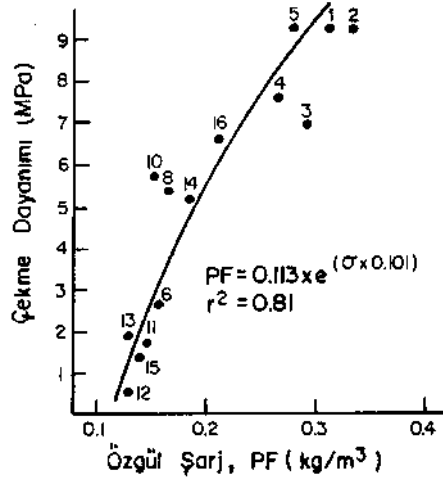
Şekil 17. Demir madeninde basınç dayanımı özgül şarj ilişkisi (Bilgin&Paşamehmetoğlu, 1986).



Şekil 18. Demir madeninde çekme dayanımı özgül şarj ilişkisi (Bilgin&Paşamehmetoğlu, 1986).



Şekil 19. Kömür işletmelerinde basınç dayanımı özgül şarj ilişkisi (Müftüoğlu ve ark., 1991).



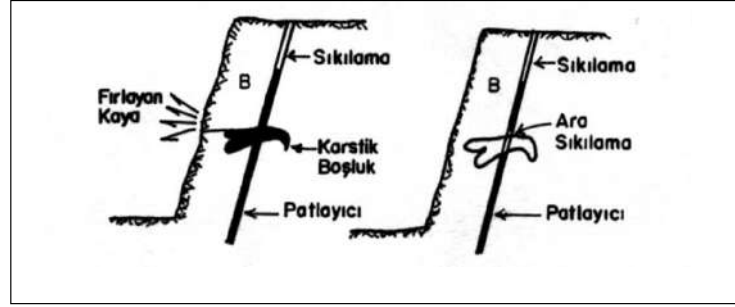
Şekil 20. Kömür işletmelerinde çekme dayanımı özgül şarj ilişkisi (Müftüoğlu ve ark., 1991).

### C. Gözeneklilik, Plastisite ve Gevreklik

Masif, sert ve yüksek dayanımlı kayalar genellikle daha gevrek ve kırılındırlar. Böyle kayalarda şok enerjisi ve gas enerjisi oranı daha dengeli patlayıcı maddeleri kullanmak daha iyi sonuç verir. Ancak plastik ve kolay şekil değiştirebilen kayalarda şok enerjisi daha çabuk sönmüldüğünden ve bunları daha iyi gevşetmek, parçalamak amacıyla gaz enerjisi şok enerjisine göre daha fazla olan örneğin ANFO türü patlayıcı maddeleri kullanmak daha yararlıdır.

Kayalardaki gözeneklilik ise kristaller arasındaki homojen gözeneklilik ve sonradan oluşmuş düzensiz gözeneklilik, örneğin karstik erime boşlukları vb., olarak iki türdür. Gözenekli kayalarda da ANFO gibi gaz enerjisi fazla olan patlayıcılar kullanmak, bu tür patlayıcıları püsüs yada kartuş içerisine koyarak delik duvarı ile patlayıcı madde arasında boşluk bırakmak (ayrık patlatma), sıkılamayı iyi yaparak gaz enerjisinin etkinliğini artırmak alınabilecek tedbirler

arasındadır (Erkoç, 1993). Ayrıca karstik boşluklara patlayıcı madde konulmaması, buraların ara sıkılama ile geçilmesi gerekir (Şekil 21). Bunun için delik delme esnasında özenli gözlem yapılmalı ve elde edilecek boşluk bilgilerine göre deliklere patlayıcı madde doldurulmalıdır. Böyle bir ocağa ilişkin pratik bilgiler Kuruç (1999) ve Sül ve Kuruç (2000) tarafından verilmiştir. Bu tür sorunlarla karşılaşmamak için herhangi bir ocak açılmadan önce yeterli düzeyde jeolojik, sondaj, jeofizik ve kaya mekaniği etüdüleri yapılmasının gereği açıktır.



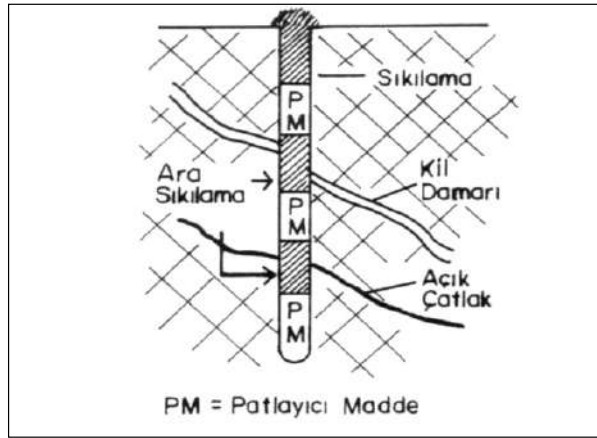
Şekil 21. Karstik boşluk (Jimeno et. al., 1995).

### 5.7.3. Kaya Kütleleri Özellikleri

#### A. Kaya Türü

Cevher ve yantaş kontağını veya dayanımları farklı iki değişik yantaşı bir patlatma deliğinin katetmesi önlenmelidir. Farklı dayanımlardaki iki değişik kaya, patlayıcı maddeye ve patlatma düzenine farklı tepkiler vererek değişik ölçülerde etkileneceklerinden parçalanma iyi olmaz ve cevhere yantaş karışarak seyrelmeye neden olur. Bu gibi durumlarda alınabilecek önlemler şunlardır:

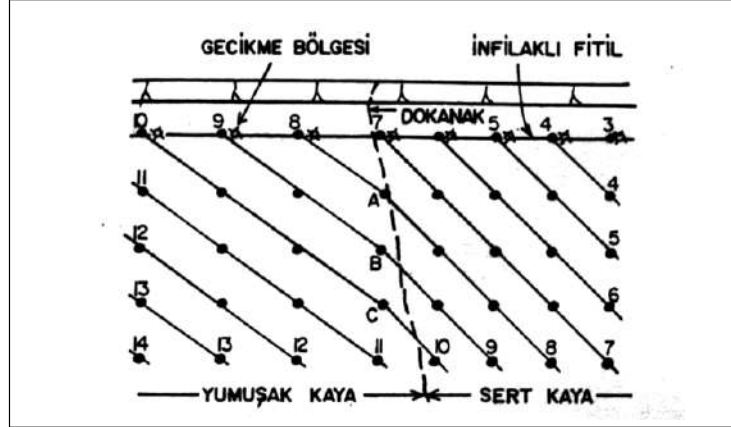
- Tortul kaya kütlelerinde istiflenmeyi gözönüne alarak mümkünse değişik kayalar farklı kademeler (basamaklar) halinde patlatılmalıdır. Tabaka kalınlıklarının ince olması halinde yumuşak kayalar, killi zonlar ve açık çatlaklar, ara sıkılama ile geçilmeli, patlayıcı madde sert kayalara rast getirilmelidir (Şekil 22). Yem de patlayıcı kolonun ortasına yerleştirilmelidir.



Şekil 22. Zayıflık zonlarının ara sıkılama ile geçilmesi (Jimeno et. al., 1995).



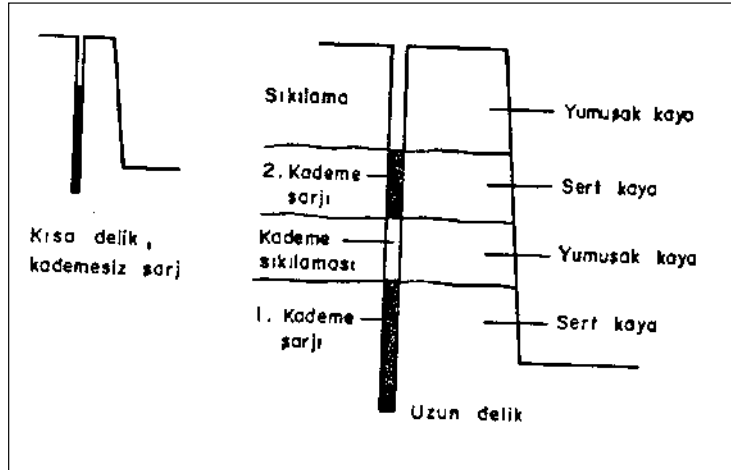
- Aynı patlayıcı madde kullanılacak ve deliklere eşit miktarda konulacak ise farklı delik düzenleri uygulanmalıdır (Şekil 23).



Şekil 23. Değişik dayanımlı kayalarda farklı delik düzeni kullanımı (Jimeno et. al., 1995).

- Aynı delik düzeni (dilim kalınlığı ve deliklerarası uzaklık) ve aynı patlayıcı madde kullanılacak ise deliklere konulacak patlayıcı madde miktarı (azaltılıp, artırılarak değiştirilmelidir.

- Sert ve yumuşak kayaların ardalanmalı olarak bulunduğu tortul kaya kütlelerinde yumuşak tabakalar ara sıkılama ile geçilmeli, patlayıcı maddeler sert kaya tabakalarına rastlatılmalıdır (Şekil 24).



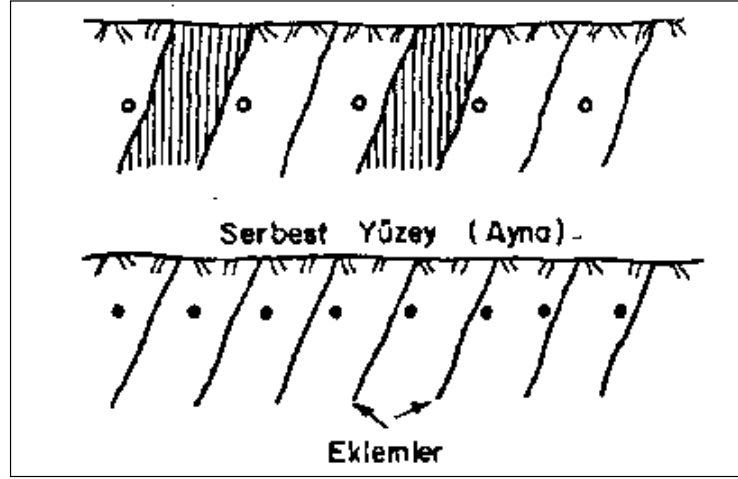
Şekil 24. Kademesiz ve kademeli şarj örnekleri (Bilgin, 1986).

## B. Doğal Süreksizlikler

Doğadaki bütün kaya kütlelerinde küçük veya büyük ölçekli eklem, çatlak ve diğer süreksizlik düzlemleri bulunduğu için kütlelerin davranışını ve patlatma sonuçlarını etkiler. Başlıca süreksizlikler tabakalanma düzlemleri, yapraklanma ve foliasyon düzlemleri, şistozite düzlemleri, eklem, kırık ve faylardır. Süreksizlikler açık, sıkı veya dolgulu

olabilirler. Süreksizlikler şok dalgasının kırılabileceği, yansıyabileceği veya sönümlenebileceği zayıflık düzlemleri olduğu kadar, patlayıcı maddelerin çıkardığı gaz ürünleri ve basıncın atmosfere kaçabileceği yollar olarak da bilinirler. Doğaldır ki bütün bunların sonucunda parçalanma ve gevşetme kötüleşir.

Süreksizliklere ilişkin bir başka önemli özellik aralıktır. Düzenli sistemler halinde gelişmiş paralel eklemeler arası uzaklık (eklem aralığı) önemlidir. Eklem aralığı fazla olduğu bazı durumlarda her kaya bloğuna bir patlatma deliği rastgelmeyebilir. Bunun sonucunda Şekil 25'te taralı olarak verilen bloklarda yetersiz parçalanma söz konusu olur. Çözüm delikler arası uzaklığı azaltmak (delik düzenini daraltmak) ve her bloğa bir delik isabet ettirmek ile olur. Ancak delik çapı geniş ve her delik çok miktarda patlayıcı madde alıyor ise birim patlayıcı madde tüketiminin (özellik şarj) artmasını önlemek için ya delik çapı küçültülmelidir (Şekil 25) yada bu mümkün değil ise geniş çaplı delik kademeli olarak patlayıcı madde ile doldurulmalıdır (Şekil 24).

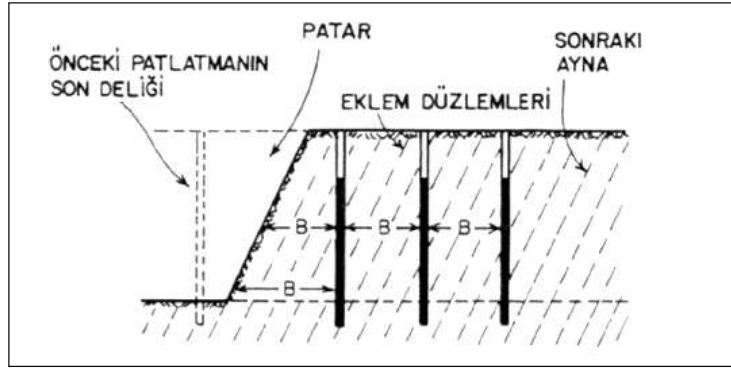


Şekil 25. Delik çapı ile süreksizlik aralığının parçalanmaya etkisi (Bilgin, 1986).

Süreksizliklerin yönelimi (doğrultusu) ve eğimi de patlatmanın başarısında önem taşır. Bu durum kaya kütlelerinin patlatmadaki davranışını yapısal jeolojinin denetlediği anlamına gelir. Bu durumda tabakalanmanın ve süreksizliklerin, basamak aynası ve patlatma yönü ile yaptığı açı önemlidir. Başarıyı arttırmak için mühendis, jeolojik unsurları değiştiremeyeceğine göre basamak ve/veya patlatma yönünü değiştirerek en uygun çözüme ulaşabilir. Bu konuda Bilgin ve ark. (1994)'nin bir taş ocağında yaptıkları çalışmada, parçalanma hacminin en fazla olduğu durum dik ve dike yakın eğimli süreksizliklerin basamak aynasına paralel (atım yönüne dik) olduğu durum olarak saptanmıştır. Parçalanma kütle hacminin en az olduğu hal ise süreksizliklerin aynaya dik olduğu durumdur. Bu durumda ayrıca parçalanmanın çok düzensiz olduğu ve çok sayıda patar (iri parça) çıktığı da gözlemlenmiştir (Bilgin ve ark., 1994). 1994 yılında yapılan bu gözlemlerin 1995 yılında yayınlanan bir kitapta (Jimeno et. al., 1995) daha kapsamlı olarak yer alan hususlarla uyduğu görülmüştür.

Sözü edilen kitapta (Jimeno et. al., 1995) yer alan önemli husulardan biri Şekil 26'da

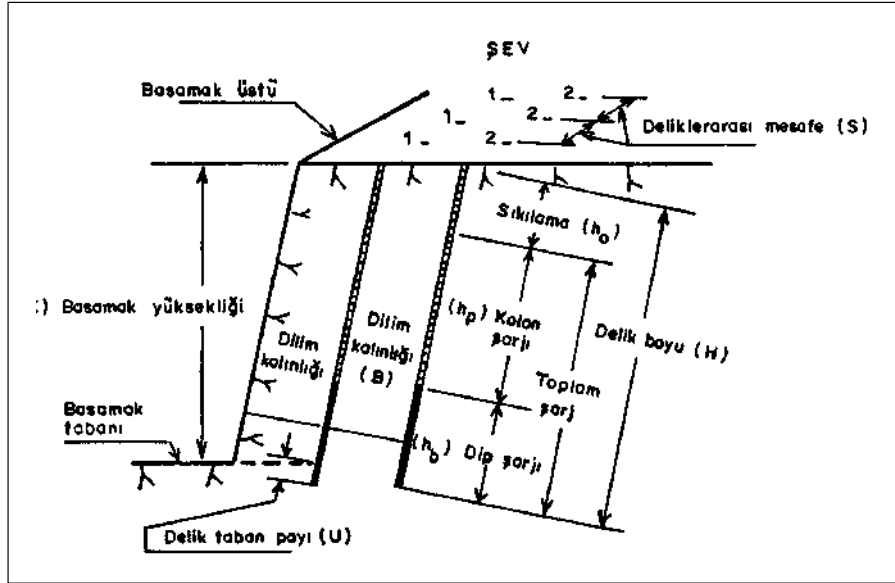
verilmiştir. Buna göre arka sıradaki deliklerin gerisinde, düşük eğim açılı süreksizliklerin kontrol ettiği aşırı kazı, heyelan ve iri parça oluşumu olasıdır. Ayrıca bu nedenle bir sonra yapılacak patlatmada ilk sıra deliklerin dilim kalınlığının (yük mesafesi) fazla ve atımın başarısız olma tehlikesi doğmaktadır. Bunu gidermek için deliklerin aynaya paralel olacak şekilde, süreksizliklerin eğim açısında delinmesi gerekir. Bu sorunları tümüyle aşmanın yolu basamak aynasının yönünü (örneğin  $45^\circ$ ) değiştirmektir. Mümkün olduğunca patlatma (kayanın hareket) yönünün, süreksizlik doğrultusuna dik (veya oldukça buna yakın açıda) yönde olmasına özen gösterilmelidir. Patlatma yönünün, gecikmeli kapsüllerle yapılan patlatmalarda ateşleme sırasını değiştirerek de kontrol edilebileceği unutulmamalıdır.



Şekil 26. Patlatma yönünün az eğimli süreksizliklerin eğim yönü ile çakışması (Jimeno et. al., 1995).

## 5.8. BASAMAK PATLATMASI TASARIMI

Açık Maden ocakları ile taş ocaklarında işletmecilik basamaklar oluşturularak yapılır. Bu nedenle yapılan patlatmalara basamak patlatması denilmektedir. Basamak patlatması hesap yöntemine geçmeden önce bazı terimlerin ve kavramların önceden bilinmesinde yarar vardır. Şekil 27'de pasamak patlatması terimleri açıklanmıştır.



Şekil 27. Basamak patlatması terimleri (Bilgin, 1986).

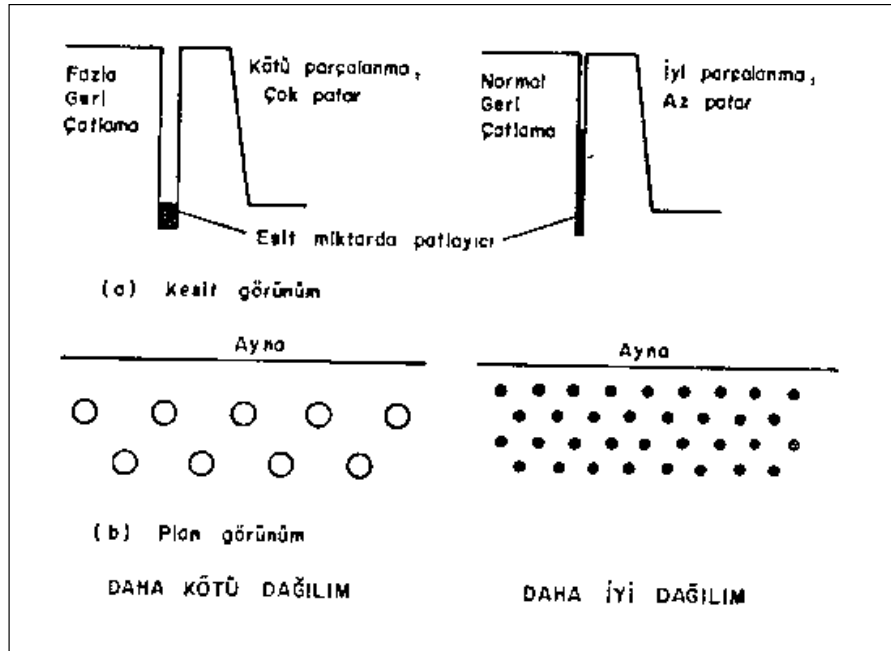
### 5.8.1. Delik Çapı (D,mm)

Patlatılacak kaya yapılarının içerisine patlayıcı madde yerleştirmenin en verimli yolu, bu kaya yapılarına delik delmektir. Bu işlem ise;

- i) Patlatmanın verimini
- ii) Patlayıcı maddenin verimini
- iii) Patlatmanın maliyetini

tayin eden faktör olması açısından çok önemlidir.

Genel kural olarak bilinir ki, patlayıcı, kaya yapısının içerisine ne kadar iyi dağıtılırsa, o kadar iyi verim alınır. Diğer bir deyişle küçük delik çapı ve dar geometri her zaman için, büyük delik çapı ve geniş geometriden daha iyi verim ve küçük parça boyutu sağlar. Kolayca anlaşılacağı gibi, artan delik çapı, içine konulabilecek patlayıcı miktarını arttıracak, bu ise delik geometrisinin genişlemesine yol açacaktır. Genişleyen geometri de, patlayıcı maddenin kaya yapılarını daha geniş açı ile etkilemesine ve elde edilen yığında, tane boyutunun, jeolojik etkenlere de bağlı olarak artmasına neden olacaktır (Şekil 28) (Erkoç, 1990; Bilgin, 1986).

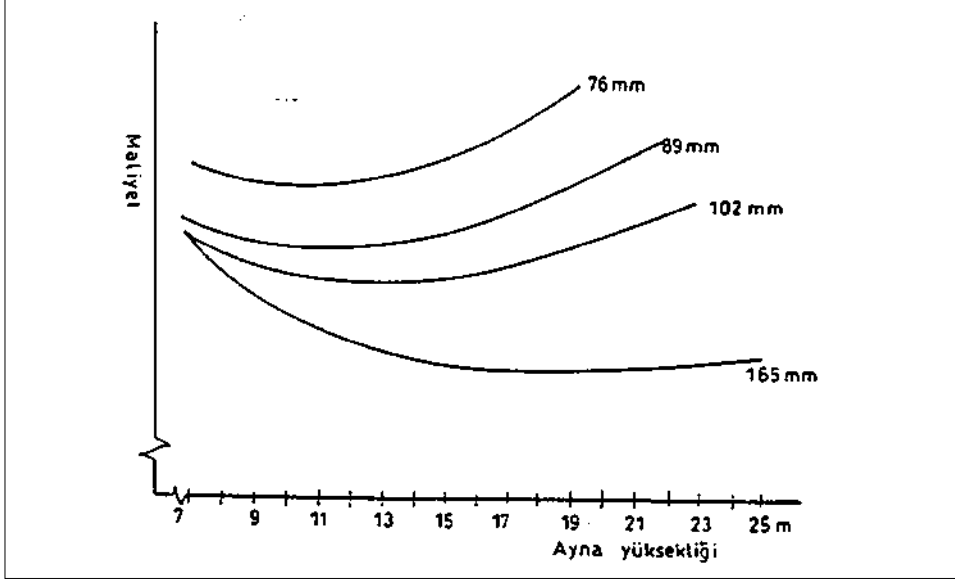


Şekil 28. Eşit miktarda patlayıcı maddelerin farklı dağılımlarının sonuçları (Bilgin, 1986).

Öte yandan delik çapının, özellikle ANFO gibi patlayıcıların verimini etkilediği daima göz önünde tutulmalıdır.

Gerçekte kaya içerisine delinen delik, maliyeti yüksek bir girdidir. Delici makinelerin amortismanları da göz önüne alındığında, maliyet unsuru tüm boyutları ile ortaya çıkacaktır. Bir de kaya yapısının aşındırıcı olması halinde, delik maliyeti bir işletmenin giderlerinde önde gelen kalemlerden olabilmektedir. Öte yandan maliyeti düşürmek için yapılan bilinçsiz yaklaşımlar, bu sefer işletmenin yükleme, taşıma, öğütme gibi maliyetlerini arttırabilmektedir.

İşte tüm bu değerlendirmelerin ışığı altında, delik çapı seçimini doğru yapmak gerekir. 1950 ve 1960'lı yıllarda, açık ocak maden işletmelerinde karlı olduğu düşüncesi ile, büyük çaplı delikler kullanılmış, 300 mm çapına kadar delikler delinmiştir. Sonradan yapılan analizler, bunun doğru olmadığını ortaya koymuştur. İleride inceleyeceğimiz gibi, delik çapı ve ayna yüksekliği arasında bir uyum olması gerekmektedir. Her çapın verimli ve ekonomik olduğu ayna yükseklikleri vardır. Şekil 29'da Olofsson'un (1990) verdiği eğriler bu konuya biraz daha açıklık getirmektedir.



Şekil 29. Olofsson'a göre delik çapı, ayna yüksekliği ve maliyet arasındaki ilişki (Olofsson, 1990).

### 5.8.2. Basamak (Ayna) Yüksekliği (K,m)

Kaya yapılarının kırılma teorisini incelerken, serbest yüzeylerin ne denli önemli olduğuna değinilmişti. Aslında patlatma tekniğinde şekilciliğin büyük önemi vardır. Atımlar planlanırken sürekli olarak, düzgün, dibinde tırnak ve malzeme olmayan aynalar düşünülür (Erkoç, 1990).

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

Normal patlatmalarda, kural olarak basamak ayna yüksekliğinin, delik ayna uzaklığının en az 2,5 en fazla 6 katı alınması doğru bir seçim olacaktır. Yükleyici makinelerin de, güvenli ve verimli çalışabilmeleri açısından, karşılarında uygun bir ayna yüksekliği olması gerekir. Tarif olarak bu kepeçe erişebilme yüksekliğidir.

### 5.8.3. Alt Delme (U,m)

Yerinde basınç dağılımı ve patlayıcının etkinliği açısından konu incelendiğinde görülür ki, aynaların tabanında kırılması güç bir kısım vardır. Eğer delikler tam basamak yüksekliğinde delinirse, kırılmanın tam 90° olmaması nedeni ile tırnak dediğimiz sert bir kısım kalacaktır. Bu ise yükleyici

makinerler açısından olsun, kazıcı makinerler açısından olsun hiç istenmeyen bir olaydır. Bu nedenle delikler, aynayı tam tabanından kesecek gibi biraz derin delinir. Bu fazlalığa alt delme veya delik taban payı (Sub- drilling) denir.

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

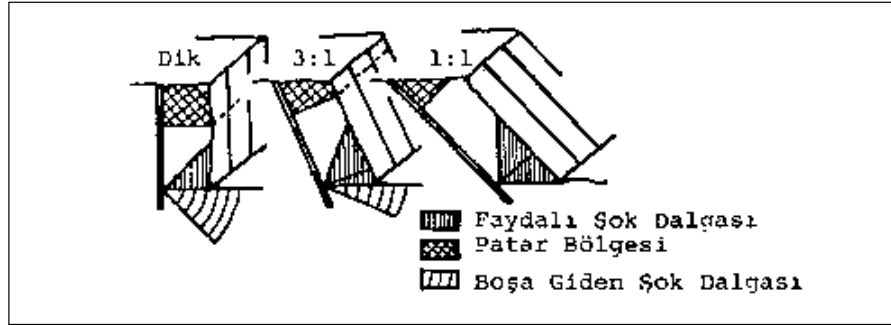
Alt delmenin boyu gerçekte, delik ayna uzaklığının fonksiyonudur. İleride de göreceğimiz gibi başlangıç olarak;

$$\text{Alt delme} = 0,3 \times \text{Delik ayna uzaklığı} \quad \dots(10)$$

almak doğru olacaktır.

#### 5.8.4. Eğimli Delik

Patlatma tekniğinde, son 30 yılda eğimli delikler gündeme gelmiştir. Aslında bu taban zorluğuna karşı bir önlemdir. Teorik olarak, kayanın kırılmasında, yansıyan dalgalar kavramı kullanılarak açıklanmaktadır (Şekil 30).



Şekil 30. Eğimli deliklerin dik deliklere göre yararları (Bilgin, 1986).

İleride tekrar inceleneceği gibi Langefors (1979) eşitliğinde taban zorluğu "f" değeri, delik eğimine göre Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Delik eğimine göre taban zorluğu(f) ve delik boyu(k) katsayıları (Erkoç, 1990; Langefors, 1979).

Eğim ve Açısı	Dik (90°)	10/1 (84°)	5/1 (79°)	4/1 (76°)	3/1 (62°)	2/1 (63°)	1/1 (45°)
f	1.11	1.075	1.05	1.025	1.00	0.95	0.83
k	1.0	1.005	1.02	1.03	1.05	1.12	1.41

Çizelgeden de görüleceği gibi artan eğimle beraber taban zorluğu azalmaktadır. Bununla beraber delinen deliğin boyu fazlalaşmaktadır. Diğer bir deyişle bir metre küp kaya kırmak için gerekli, delik metrajı (özgül delik) artmaktadır. Özellikle aşındırıcı kaya yapılarında önemli bir olaydır. Yarar ve sakıncalarının iyi analiz edilmesi gerekir.

Eğimli delikle yapılan patlatmanın, dik delikle yapılabildiğine kıyasla, pasa geometrisi de değişik olmaktadır. Eğimli deliklerin malzemeyi daha iyi gevşetmesi, daha çok yayılmış bir pasa geometrisine neden olmaktadır. Böylesine bir malzeme ise, özellikle koparma gücü nispeten az olan lastik tekerlekli yükleyiciler için, daha uygun olmaktadır.

Öte yandan eğimli delik delmek, daha dikkatli bir denetim gerektirmektedir. Bom açısı aynı olmakla beraber, delici makineler yavaşırken, gerekli açıya dikkat etmezler ise, çok önemli hatalara ve delik sapmalarına neden olabilirler. Eğimli deliklerin aynı düzlem üzerinde olmamaları, üstten verilen geometrinin sapmalar nedeni ile tabanda bambaşka bir şekil almasına yol açar. Bu ise tabanda iyi patlamamış kısımlar kalmasının nedenidir.

### 5.8.5. Kaya Katsayısı

Kaya yapılarının patlatma tekniği açısından sınıflandırılması zordur. Sadece mekanik, fiziksel özelliklerin değerlendirilmesi yeterli bulunmamakta, yapısal özellikleri saptama ise hesaplamalarda kullanılacak duyarlılıkta mümkün olmamaktadır.

Konu üzerinde en doğru yaklaşımı Langefors gerçekleştirmiştir. Bir anlamda kaya yapısının, bir bütün olarak patlatmaya gösterdiği direnci belirleyen bir katsayı önermiştir. Langefors, formüllerini ortaya koyarken çalışmalarını İsveç Graniti üzerinde yapmıştır. Bu yapıda kaya katsayısı 0,4 alınmaktadır. Patlatma planlaması yapılan kaya yapısı, İsveç Graniti ile kıyaslanmalı, daha sağlam kaya yapılarında katsayının büyümesi aksine durumlarda da küçülmesi gerekmektedir.

Anlaşılabileceği gibi kaya katsayısını tayin edebilmek için iyi bir istatistiksel bilgiye gereksinim vardır. Konu ile uğraşan büyük kuruluşlarda ve deneyimli mühendislerde bu bilgi vardır, yaklaşımları çok kolay olur. Gereksinim duyanlar buradaki kaya yapıları ile kendi kayalarını kıyaslayıp, bir katsayı saptaması yapabilirler. Bir kaç deneme atımından sonra en uygun kaya katsayısı saptanabilir.

### 5.8.6. Basamak Patlatmasında Hesap Yöntemi

Basamak patlatması üzerine çok sayıda kaynaktan, çok farklı formüller ile yaklaşımlara rastlanmaktadır (Hopler, 1998; Olofsson, 1990; Erkoç, 1990; Jimeno et. al., 1995; Bilgin, 1986; Langefors, 1979). Bunların içerisinde bizim seçtiğimiz, İsveç' te başlatılan Langefors (1979) yaklaşımıdır. Bunun anlamı diğerlerinin uygun olmadıkları değildir. Nedeni, bazı olay ve parametrelerin daha iyi açıklanabilmesidir.

#### A. Delik - Ayna Uzaklığı (yük, burden, m)

Langefors İsveç granitinde, Nitro Nobel üretimi Dynamex M dinamiti kullanıldığında, delik ayna uzaklığını şöyle vermektedir;

$$V_{\max} = \frac{D \cdot 45}{1000} \quad \dots(11)$$

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

Bu değeri İsveç granitinden başka bir kayaya uygulamak gerektiğinde, daha önce değindiğimiz kaya katsayısını kullanarak düzeltme yapılmalıdır.

*Açık Ocak ve Taşocaklarında Patlatma*

$$V_{\max} = \frac{D \cdot 45}{1000} \cdot (0,4/c)^{1/2} \quad \dots (12)$$

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

Yine yukarıda değindiğimiz gibi bu formül Dynamex M patlayıcısına göre verilmiştir. Bunu ocakta kullanılacak olan patlayıcı cinsine göre düzeltmek gerekir.

$$V_{\max} = \frac{D \cdot 45}{1000} \times (0,4/c)^{1/2} \times (P \times S / 1,25)^{1/2} \quad \dots(13)$$

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

Burada önemli olan noktalar;

- i) Eşitlikte Dynamex M için S=1 alınmaktadır. Değişik patlayıcılar için Çizelge 3'de verilen göreceli kuvvet değerleri kullanılmalıdır .
- ii) Dökme patlayıcılarda (ANFO gibi), patlayıcının yoğunluğu doğrudan alınabilir. Kartuş patlayıcılarda yerleştirme şekline göre hesaplanmalıdır.

Çizelge 3. Bazı patlayıcı maddelerin göreceli kuvvet değerleri (Erkoç, 1990).

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



Örnek:

Çapı 89 mm olan delikte, dip kısım kartuş patlayıcı ile doldurulacaktır. Bir demet halinde bağlanan 8 adet kartuş ancak sığmaktadır. Kartuşların her biri 20 cm boyunda ve 0,150 kg ağırlığındadır. Şu halde deliğin 20 cm'lik bölümüne (yani delik kesiti ile çarpıldığında 1,24 lt)  $8 \times 0,150 = 1,2$  Kg patlayıcı konabilmektedir. Eşitlikte kullanılması gereken yoğunluk  $1,2 / 1,24$  Kg / lt olmalıdır.

Son düzeltmemiz delik eğimi ve taban zorluğuna göre olanıdır.

$$V_{\max} = \frac{D \cdot 45}{1000} \times (0,4 / C)^{1/2} \times (P \times S / 1,25)^{1/2} \times (1 / f)^{1/2} \quad \dots(14)$$

f değeri delik eğimine göre Çizelge 2'den seçilmelidir.

**B. Alt Delme (sub-drilling, m )**

Daha önce değinildiği gibi basamak tabanını sıfırdan kesebilmek için, deliğin biraz derin delinmesi gerekmektedir. Bu ek uzunluk (U = Alt delme, m); olarak hesaplanmaktadır.

$$U = 0,3 \times V_{\max} \quad \dots(15)$$

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

Delik boyunun, basamak yüksekliği ile alt delme uzunluğunun toplamı olacağı açıktır. Eğer eğimli delik deliniyor ise, trigonometrik olarak ek uzunluk hesaplanmalıdır.

$$H = (K + U) \times k \quad \dots(16)$$

Burada;

- K: Basamak yüksekliği, m
- U: Alt delme, m
- k : Trigonometrik katsayı (Çizelge 2)

İş yerindeki çalışma şartlarının gereği bir miktar delgi hatası yapılması doğaldır. İlk hata türü delici operatörünün delici ucu tam işaretlenen yere nişanlayamamasından kaynaklanır. Bu nedenle D / 1000 kadar bir yanılma payı kabul edilmektedir. İkinci tür hata olarak delgi işlemi sırasında deliğin sapması söz konusu olur. Bunun için delik boyunun % 3'ü kadar bir yanılma payı kabul görmüştür. O zaman delgi hatası;

$$F = D / 1000 + 0,03 \times H \quad \dots(17)$$

Burada;

- D: Delik çapı, mm
- H: Delik boyu, m

olarak hesaplanabilmektedir.

### E. Gerçek Delik Ayna Uzaklığı (V ,m)

Delgi hatası kaçınılmaz olduğuna göre hesap edilen ve arazide işaretlenen Vmax değerinden kısa bir yük mesafesi (dilim kalınlığı) söz konusu olacaktır. Özgül şarjın ve özgül deliğin biraz artmasından başka sakıncası yoktur. Ama aksi olursa ve delik arkaya düşer ve Vmax değeri hesap edilenden fazla olursa tabanda sert patlamamış bir kısım kalması kaçınılmaz olur. Tüm patlatmanın verimi açısından özgül delik ve şarjdan fedakarlık yaparak en kötü durumla karşılaşılacağı varsayılmış ve uygulamadaki delik ayna uzunluğunun;

$$V= V_{\max} - F \quad \dots(18)$$

şeklinde hesabı öngörülmüştür.

### F. Delikler Arası Uzaklık ( E, m)

Delik geometrisinin temel unsurlarından ilki, önceki bölümlerde hesaplanan delik ayna uzaklığıdır. İkincisi ise, delikler arası uzaklıktır. Bu ikinci eleman yine birincinin fonksiyonudur. Normal kabullerde 1,25 ortalama değeri kullanılır.

$$E= 1,25 \times V \quad \dots(19)$$

Gerçekte tane iriliğinin denetiminde E ile V oranının işlevi olduğu görülmüştür.

### G. Dip Şarj Hesabı (Q<sub>dip</sub>, kg)

Bir basamak patlatmasında dip şarj ve kolon şarjı olmak üzere genellikle iki tür patlayıcı kullanılmaktadır.

Yurdumuzda yaygın uygulamada ise delikler tamamen tek tip patlayıcı ile doldurulur. Bu ise gerçekte, bir miktar patlayıcının gereksiz tüketimine yol açmaktadır. Bunun nedeni, basamak yüksekliği boyunca patlamaya en fazla direnç gösteren yerin basınç gerilmelerinin etkili olduğu basamak taban kısmı olmasıdır. V ve E uzunlukları hesabı bu kesim için yapılır. Çünkü çekme gerilmelerinin etkili olduğu basamak üst bölgesi patlamaya karşı oldukça dirençsizdir. Bu nedenlerle deliğin taban kısmı yeteri kadar kuvvetli dip şarj ile, kolon kısmı ise daha zayıf patlayıcı (kolon şarj) ile doldurulmalıdır. Kolon kısmının dip şarj gibi doldurulması bu bölgede gereksiz bir enerji ve patlayıcı tüketimine yol açar.

Delik boyunca dip şarjın yüklenmesi gereken uzunluk basınç bölgesinin boyuna eşittir. Dip şarj uzunluğu delik ayna uzaklığının bir fonksiyonu olup genelde kabul gördüğü gibi

$$L_{\text{dip}}=1,3 \times V \quad \dots(20)$$

olarak hesaplanır. Buna göre dip şarj hesabında

$$Q_{dip} = L_{dip} \times A \times \rho_{dip} \quad \dots(21)$$

Burada;  $L_{dip}$  : Dip şarj uzunluğu, dm  
 $A$  : Delik Kesiti,  $dm^2$   
 $\rho_{dip}$  : Patlayıcı yoğunluğu,  $kg / dm^3$

eşitliği kullanılır. Patlayıcının yoğunluğu alınırken, eğer patlayıcı dökme ise doğrudan patlayıcının yoğunluğu kullanılır. Ama kartuş tipi kullanılıyor ise titiz hesaplama ile gerçek yoğunluk kullanılmalıdır.

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

Kolon şarjın boyu;

$$L_{kol} = H - L_{dip} - S \quad \dots(22)$$

Burada;  $H$ : Delik boyu, dm  
 $L_{dip}$ : Dip şarj boyu, dm  
 $S$ : Sıkılama boyu, dm

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Delik doldurma yoğunluğuna (metre başına şarj) gelince; bu bölgede dip şarjdaki enerjinin 0,4 ile 0,6 kadarı yeterli olmaktadır. Bunu elde etmenin değişik yöntemleri vardır.

- i) Dip şarjda kalın çaplı kartuşlar ve özel şarj cihazları kullanılıp yüksek yoğunluk elde edilebilir. Kolon şarjda ince kartuşlar kullanılabilir.
- ii) ANFO uygulamasında, dip şarjda dökme ANFO kolonda uygun çapta kartuş ANFO kullanılabilir.
- iii) ANFO uygulamasında, dip şarjda yine dökme ANFO kullanılırken kolonda yine belirli yüzdelere ile perlit, polystrene gibi hafifleştirici katılmış ANFO uygulanabilir.
- iv) Farklı kuvvette patlayıcılar kullanılabilir. Örneğin dip şarj olarak % 5 Al ilave edilmiş ANFO, kolonda ise normal ANFO yerleştirilebilir.

Patlatma mühendisi kendi yorumuna göre bu yöntemlerden birini seçmeli ve buna göre kolon şarj patlayıcısının yoğunluğunu hesap etmelidir. Bunu takip eden aşamada kolon şarj;

$$Q_{kol} = L_{kol} \times A \times \rho_{kol} \quad \dots(23)$$

Burada ;  $L_{kol}$ : Kolon şarj uzunluğu, dm  
 $A$ : Delik kesiti,  $dm^2$   
 $\rho_{kol}$  : Patlayıcı yoğunluğu,  $kg / dm^3$

olmaktadır.

Dip şarj ve kolon şarjda değişik patlayıcılar kullanılmak istendiğinde patlayıcı seçimi için Çizelge 3' den yararlanılabilir.

### I. Sıkılama Boyu (S, m)

Patlayıcı maddenin verimli bir şekilde kayayı parçalayabilmesi için sıkılama gereklidir. Sıkılama aynı zamanda taş savurmaya ve gürültü oluşumuna karşı bir güvencedir. Doğru bir sıkılama için formül;

$$S=V \quad \dots(24)$$

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

şeklinde verilmektedir.

Sıkılama boyu kadar önemli olan bir başka husus sıkılama malzemesinin niteliğidir. En uygun sıkılama malzemesi kuru, tercihen köşeli, 0-10 mm boyutlarından oluşan, kohezyonsuz malzemedir. Uygulamada, delme sırasında elde edilen artık malzeme, başarılı sonuç vermektedir. Duyarlı davranılması gereken yerlerde, kırma taş veya kuru kum veya bunların karışımının kullanılması istenen sonuçları sağlamaktadır.

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

Buraya kadar olan aşamalarda bir basamak patlatmasının tüm elemanlarını, ve nasıl hesapladığını gördük. Teknik ve ekonomik açıdan kıyaslama yapabilmek için özgül delik ve özgül şarj kavramları kullanılmaktadır.

$$I=H/(E.V.K) \quad \dots(25)$$

Burada; H: Delik boyu, m  
E: Delikler arası, m  
V: Delik aynaya uzaklığı, m  
K: Basamak yüksekliği, m

Özgül delik anlam olarak, I m<sup>3</sup> kayayı patlatmak için delinen delik boyunu gösterir.

$$q= Q_{top} / (E.V.K) \quad \dots(26)$$

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

Özgül şarj ise anlam olarak, I m<sup>3</sup> kayayı patlatmak için kullanılan patlayıcı madde miktarını gösterir. Genelde;

$$Q_{top}=Q_{dip}+Q_{kol} \quad \dots(27)$$

alınır ve eğer kullanılıyorsa patlayıcı madde farklılığı üzerinde durulmaz. Bazen ayrıntılı karşılaştırma yapmak istendiğinde, patlayıcılar baz olarak alınan patlayıcıya (örneğin, ANFO veya Dynamex M'e) dönüştürülür.

**Basamak Patlatmasında Örnek Hesaplama**

Hesap yönetimini inceledikten sonra, konunun iyice anlaşılması için örnek bir hesaplama yapalım. Bunun için ön verileri şöyle seçelim.

- Delik çapı: 89 mm
- Kayaç: Bazalt (İsveç granitinden zayıf)  $C=0,375$
- Patlayıcı madde: Dip şarj için ANFO + % 5 Al  $P=0,85$   $S=1,10$   
Kolon şarj için ANFO  $P=0,85$   $S=0,962$
- Delikler dik delinecek:  $f=1,11$
- Basamak yüksekliği:  $K=10$  m

Bu verilerden hareketle;

- A- Delik ayna uzaklığı:  $V_{max}=D \times 45 / 1000=89 \times 45 / 1000=4,00$  m
- Kaya düzeltme faktörü:  $(0,4 / c)^{1/2}=(0,4 / 0,375)^{1/2}=1,03$
- Patlayıcı düzeltme faktörü :  $(P \times S / 1,25)^{1/2}=[(1,1 \times 0,85) / 1,25]^{1/2}=0,86$
- Taban zorluğu faktörü:  $(1 / f)^{1/2}=(1 / 1,11)^{1/2}=0,95$
- $V_{max}=4,00 \times 1,03 \times 0,86 \times 0,95=3,35$  m
- B- Alt delme:  $U=0,3 \times V_{max}=0,3 \times 3,35=1,00$  m
- C- Delik boyu :  $H=(K+U) \times k=(10+1) \times 1=11,0$  m
- D- Delgi hatası:  $F=D / 1000 + 0,03 \times H=89 / 1000 + 0,03 \times 11=0,419$  m
- E- Gerçek delik ayna uzaklığı:  $V=V_{max} - F=3,35-0,419=2,95$  m
- F- Delikler arası uzaklık :  $E=1,25 \times V=1,25 \times 2,95=3,70$  m
- G- Dip şarj hesabı:  $L_{dip}=1,3 \times V=1,3 \times 2,95=3,85$  m = 38,5 dm  
 $Q_{dip}=L_{dip} \times A \times \rho_p=38,5 \times 0,622 \times 0,85=20$  Kg
- H-Kolon şarj hesabı:  $L_{kol}=H - L_{dip} - S=11-3,85-2,95=4,2$  m = 42 dm  
 $Q_{kol}=L_{kol} \times A \times \rho_p=42 \times 0,622 \times 0,85=22$  Kg
- I- Sıkılama boyu hesabı:  $S=V=2,95$  m
- K- Özgül delik ve özgül şarj:
- Özgül delik :  $I=H / (E \times V \times K)=11 / (2,95 \times 3,7 \times 10)=0,1007$  m / m<sup>3</sup>
- Özgül şarj:  $q=Q_{top} / (E \times V \times K)=42 / (2,95 \times 3,7 \times 10)=0,385$  kg / m<sup>3</sup>

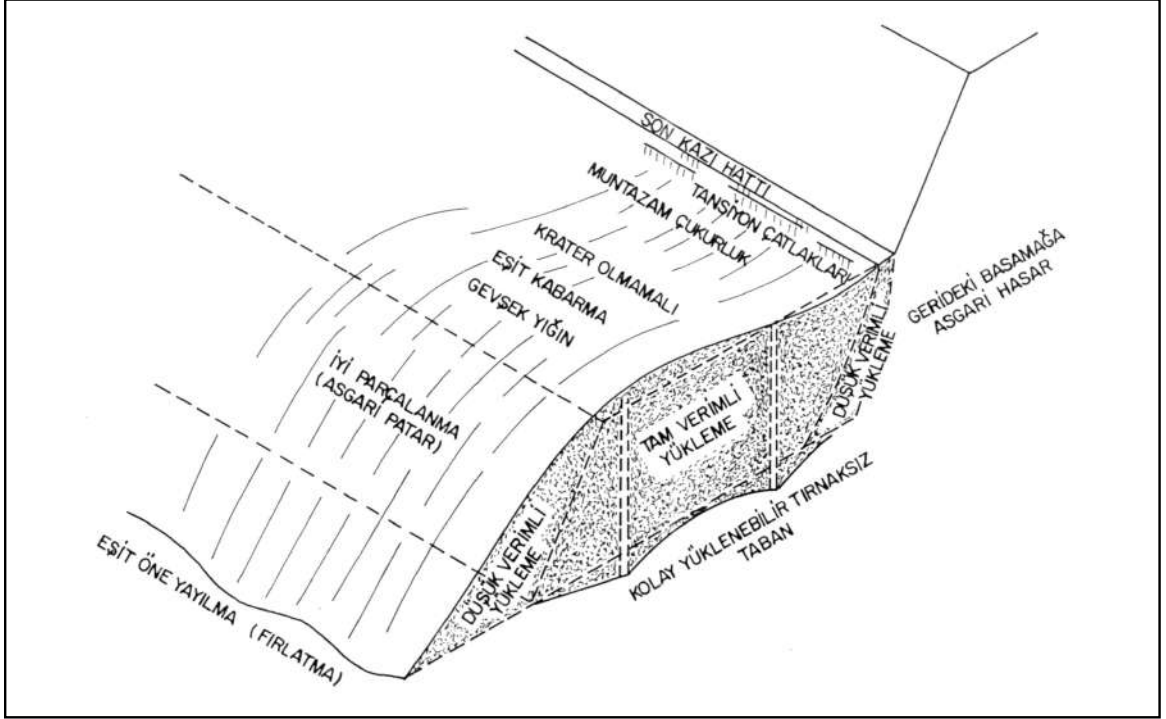
Yukarıdaki örnekte dip şarj olarak % 5 Al katkılı ANFO kullanılmış ve sonuçları uygun delme patlatma tasarlanmıştır.

**5.9. PATLATMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Patlatma sonrasında, tozlar yatıştıktan ve patlama sonucu ortaya çıkan zehirli gazlar dağıldıktan sonra patlatma bölgesi mutlaka incelenmelidir. Bu inceleme patlatma etkinliğinin değerlendirilmesi, böylece varsa hataların bulunması ve bir sonra yapılacak patlatmada bunların giderilmesi, ayrıca

patlamaksızın kalmış lağım var ise bunların tespiti ve gerekli önlemler alınarak güvenliğin sağlanması için zorunludur.

Patlatma etkinliğinin değerlendirilmesi öncelikle yığın şekli ve geometrisi, ortalama parça boyutunun saptanması, büyük parçaların (patar veya takoz) olup olmadığı, varsa yüzdesi vb. incelenerek yapılabilir. Bu konuda yapılması gerekenler Hoek ve Bray'ın (1981) ve Bilgin'in (1986) önerilerinden de yararlanılarak aşağıda sırayla verilmiş ve Şekil 31'de açıklanmıştır.



Şekil 31. Başarılı bir atımın başlıca göstergeleri (Hoek&Bray, 1981, Bilgin, 1986).

1. Parçalanmış malzeme eşit olarak ve yeterince ileri yayılmalı ve aşırı ötelenmiş kütle veya münferit bloklar görülmemelidir.
2. Etkin bir yükleme ve yüksek kepçe doluluk yüzdesi için yığındaki en iri parçanın boyutu, ekskavatör veya yükleyici kepçesinin kısa boyutunun üçte birinden büyük olmamalıdır. Bunun üst sınır olduğu, yüksek kepçe doluluk faktörü için daha küçük boyutun tercih edilmesi gereği ortadadır.
3. Parçalanma homojen olmalı ve patar atımı gerektiren büyük parçaların sayısı en az sayıda bulunmalıdır.
4. Yığın gevşek ve kolay kazılabilir olmalıdır. Diğer bir deyişle ekskavatör kazı işinden çok yükleme işi yapmalıdır. Bu amaçla zaman tutularak (kronometraj) kepçe döngü zamanının tespiti ve birbirleriyle karşılaştırılması yararlı olur.
5. Öte yandan yığın yüksekliği ekskavatörün kepçesini, kepçenin kaldırılabilceği en fazla yüksekliğe kaldırmasına kadar tümüyle ve bir kerede doldurmasına imkan vermemelidir. Bununla birlikte yığının etek ve arka bölümlerinde bir miktar düşük verimli yükleme bölgesi olması kaçınılmaz olup, bunlar en az düzeyde olmalıdır.
6. Parçalanmış yığın eşit olarak kabarmış gözükmelidir.

7. Yığın üzerinde ağızdan püskürmenin göstergesi olan kraterler(çukurlar), patlamamış lağımın işareti olan düz ve bozulmamış yüzeyler ile tepecikler görülmemelidir.
8. Yığının arka tarafında parçalanmış malzemenin yeterince ileri atıldığıının göstergesi olan muntazam bir çukurluk gözlenmelidir.
9. Son kazı hattı net ve belirgin olmalıdır. Bunların önünde genellikle tansiyon çatlakları görülür.
10. Son kazı hattının gerisindeki basamakta asgari hasar (geri çatlatma) ve en az sayıda çatlak gözlenmelidir.
11. Tabanda kazı işini güçleştiren tırnaklar (parçalanmamış kısımlar) kalmamalıdır.

Başarılı bir patlatmanın göstergeleri arasında kepçe dolma faktörü (%), ekskavatör veya yükleyici kepçe periyodu (saniye) ve fiili verimi (%), anma kapasitesine göre fiili kapasitesi) de sayılabilir. Örneğin üretici firmanın katalogda belirttiği kepçe periyoduna nazaran fiilen bir kepçe yükün kaç saniyede yüklendiği veya katalogda verilen bir saatte yüklenebilecek miktarın (ton/s veya m<sup>3</sup>/s olarak kapasite) fiilen tutturulup tutturulmadığı mühendis tarafından denetlenmelidir. Hiç değilse kepçenin yüzde kaç oranında dolduğu gözlenmelidir. Bir fikir vermek ve patlatmanın başarısını değerlendirmek amacıyla aşağıda kepçe dolma faktörleri verilmiştir. Örneğin kepçenin her seferde %70'inden azı doluyor ise bu "çok zor kazı" durumu olarak adlandırılır ve patlatmanın iyi yapılmadığının bir göstergesidir.

Çizelge 4. Kazı Sınıfına Göre Kepçe Doluluk Oranı.

Kazı Sınıfı	Kepçe Dolma Faktörü(DF), %
Kolay kazı	DF>0.95
Orta kazı	0.90<DF<0.95
Orta-zor kazı	0.80<DF<0.90
Zor kazı	0.70<DF<0.80
Çok zor kazı	DF<0.70

## 5.10. PATLATMA KAYNAKLI ÇEVRE SORUNLARI

İnsanlık tarihinin incelendiğinde barutun icadından beri patlayıcı madde kullanımına rastlanmaktadır. İnsanlar ilk bulunuşundan beri patlayıcı maddenin korkunç gücünü kontrol altına almaya çabalamıştır. Son bir kaç yüzyıldan beri de patlayıcı maddeler ağırlıklı olarak askeri amaçların dışında kaya kütlelerini parçalamak amacı ile kullanılmaya başlanmıştır.

Patlayıcı maddelerin kaya yapılarını kırma amacı ile kullanımlarında çevreye verebilecekleri başlıca dört değişik olumsuzluk bulunmaktadır. Bunlar;

- Taş savrulması
- Hava şoku
- Yer sarsıntısı
- Toz emisyonu

Söz konusu olumsuzlukları tek tek incelemek gerekirse.

### 5.10.1. Taş Savrulması

Patlayıcı maddeler bilimsel tanımları ile "Herhangi bir fiziksel etki ile ses üstü bir hızla kimyasal reaksiyona giren, sonuçta çok büyük oranda gaz ürünler oluşturan organik veya inorganik kimyasal maddelerdir."

Kaya yapılarını kırmak amacı ile kullanıldığında temel olarak öncelikle, ses üstü hızda gelişen kimyasal reaksiyonun yarattığı şok enerjisi etkin olur. İkinci olarak da, reaksiyon sonucu oluşan gaz ürünlerin çok büyük basınçlar ile çatlaklara doluşması parçalama işlemini tamamlar ve parçalanmış kütleyi gevşetir ve öteler.

Patlayıcı maddenin kaya kütlesinin içinde iyi bir şekilde hapsedilmediği durumlarda, reaksiyon sonucu oluşan yüksek basınçlı gaz ürünler bulabildikleri çatlaklardan atmosfere boşalır. Çok yüksek hızla oluşan gaz boşalımı kaya kütlesinde bir kısım yırtılmalar neden olur ve beraberinde kaya parçalarını da hareketlendirir. Böylece savrulan kaya parçaları çevrede tehlike yaratırlar.

Taş savrulmasını kontrol edebilmek için şu önlemler alınır;

- 1) Patlayıcı madde uygun çap ve boyutta delikler kullanılarak kaya yapısı içinde olabildiğince homojen dağıtılır ve hapsedilir.
- 2) Patlayıcının büyük miktarlarda odaklaştığı ve kaya yapısının kontrol edilemediği "galeri patlatması" uygulanmaz.
- 3) Patlatma delikleri kullanıldığında uygun delik geometrisi hesaplanarak bulunur, böylelikle deliklere uygun yükler verilmiş olur.
- 4) En az delik ayna mesafesi boyuunda sıkılama boyu bırakılır ve uygun bir malzeme kullanılarak ağız sıkılması yapılır.
- 5) Gecikmeli kapsüller kullanılır.

### 5.10.2. Hava Şoku

Taş savrulması bahsinde de değinildiği üzere, önlemler alınmadığı durumlarda kaya çatlaklarından dış atmosfere hızla boşalan reaksiyon ürünü gazlar önemli düzeyde gürültü oluştururlar. Önlemlerin alınmadığı koşullarda gürültü düzeyi yüksek boyutlara ulaşarak hava şoku dalgalarına dönüşür. Şok dalgalarının oluşmasında diğer bir etkeninde hızla harekete geçen kaya kütlesi olduğu savlari bulunmaktadır. Harekete geçen kaya kütlesi bir piston görevi görerek şok dalgaları yaratmaktadır.

Şok dalgaları çoğunlukla insanlarda psikolojik rahatsızlıklara neden olmakta, patlamanın kendilerine zarar vereceği endişesi yaratmaktadır. Atmosferde yol alarak binalara ulaşan şok dalgaları uzun ve gevşek çerçevelerin titreşimine (şangırdamasına) yol açmakta, insanlarda patlamanın çok şiddetli olduğu kanısını uyandırmaktadır.

Şok dalgalarının insanlar üzerine etkisi, insanların o andaki psikolojik durumlarına göre değişmektedir. Keyifli ve mutlu oldukları durumlarda çok şiddetli hava şokunu umursamıyan insanlar, keyifsiz ve kızgın oldukları durumlarda en ufak şok dalgalarına aşırı tepki verebilmektedirler.

Zaman zaman hava şok dalgaları şiddetli olabilmekte ve yapılarda hasara yol açabilmektedir. En belirgin hasar cam kırılmasıdır. Bununla beraber cam kırılmalarında, camların iyi tesbit edilmemiş olması, çerçeve ve kasaların gevşek olması gibi bina sahiplerinde kusurları bulunmaktadır. Şok dalgaları daha yüksek şiddetlerinde bacalarda hasar ve duvarlarda sıva çatlakları gözlemlendiği de görülebilmektedir.



Hava şokunun yayılmasında, sıcaklık, nem oranı, havanın bulutlu oluşu, rüzgar yönü ve şiddeti gibi atmosferik koşullarda etkin olabilmektedir.

Hava şokunun önlenmesi için bir önceki bahiste olduğu gibi;

- 1) Basamak patlatma tekniği kullanılarak, patlayıcı madde kaya yapısı içinde olabildiğince homojen dağıtılır ve hapsedilir.
- 2) Galeri patlatması uygulanmaz.
- 3) Uygun delik geometrisi kullanılır.
- 4) Uygun sıkılama boyu ve malzemesi kullanılır.
- 5) Gecikmeli elektrikli veya şok tüplü ateşleme sistemi kullanılır.
- 6) Delme öncesi patlatma aynası incelenerek gaz deşarjına yol açabilecek bir jeolojik olgu olup olmadığı incelenir. Böylesine bir jeolojik olgunun varlığında o bölgeye az patlayıcı madde yerleştirilir.
- 7) Gerek patar gerekse basamak patlatmalarında infilaklı fitil kullanılmaz.

### 5.10.3. Toz Emisyonu

Patlatma ile kayaların kırılması aşamasında, büyük miktarlarda kaya kütlesi harekete geçirilmektedir. Söz konusu hareket sırasında da bir kısım iç öğütme süregelir. Bu nedenler ile belirli bir miktar toz emisyonu kaçınılmazdır. Ne varki patlatma ile verilen toz emisyonu, konkasör tesisi, yollar sulanmadan yapılan kamyon nakliyesi gibi diğer toz kaynaklarına kıyasla ihmal edilebilecek kadar az miktarlarda ve kısa süreli olmaktadır. Basamak patlatması sırasında toz oluşumuna karşı alınabilecek teknik bir önlem bulunmamaktadır.

### 5.10.4. Yer Sarsıntısı

Patlatma ile çevreye verilen olumsuzlukların en önemlisi yer sarsıntısıdır. Çünkü gerek taş savrulması ve gerekse hava şoku patlatma noktasına yakın bölgelerde etkin olabilirken yer sarsıntısı çok uzaklarda da kendini hissettirebilmektedir.

Yer sarsıntısının depremler ile benzer etkiler yaparlar. Dolayısı ile oluşan yapı hasarları benzerlik gösterirler. Bu nedenle deprem yahut patlatma sarsıntısı ile oluşan hasarları, diğer nedenler ile oluşan hasarlardan ayırmak teknik olarak mümkündür. Ancak deprem sonucu oluşmuş hasar ile patlatma sonucu oluşmuş hasarları birbirinden ayırdetmek uzmanlık gerektirmektedir. Bu nedenle bazı kötü niyetli kişiler, yapılarda deprem sonucu oluşmuş hasarları eğer çevrede bir ocak varsa, ocak sahibine atfetmekte ve tazminat isteğinde bulunabilmektedirler.

Tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de yapılan gözlemlerde, sarsıntı nedeni ile yapılan şikayetler üç ana grupta toplanmaktadır;

- 1) Gerçek hasara bağlı şikayetler
- 2) Endişe, korku ve bilgisizlikten kaynaklanan şikayetler
- 3) Çıkar sağlamaya yönelik kötü niyetli şikayetler.

Dünya genelinde yapılan değerlendirmelerde birinci grup şikayetlerin azınlıkta kaldığı ve diğer gruptaki şikayetlerin çoğunlukta olduğu anlaşılmıştır.

### A. Yer Sarsıntılarının Özellikleri

Patlatma ile oluşan sarsıntılar taşıdıkları enerji düzeyinde hasara neden olmaktadır. Sarsıntıların enerji düzeyleri şu parametrelerle ölçülmeye çalışılmaktadır; parçacık yer değiştirmesi (mm), parçacık hızı (mm/s), parçacık ivmesi ( $\text{mm/s}^2$ ) ve dalga frekansı (Hz). Binalara verilen hasarda, sarsıntıların taşıdığı enerji düzeyinin yanısıra binaların yapım tekniği, boyutları ve üzerine oturdukları zemin özellikleri de etkin olmaktadır (Siskind et. al., 1980). Bu nedenlerle sarsıntıya bağlı hasar etüdlerinde çok kapsamlı çalışmak gerekmektedir. Hasar etüdlerinde batılı ülkelerde saptanmış sınır değerler bulunmaktadır. Ülkemizde bu konuda bir yönetmelik bulunmadığından, mühendisler ancak diğer ülkelerdeki sınır değerleri kullanarak yorum yapmaya çalışmaktadırlar.

Ocak patlatmalarından kaynaklanan yer sarsıntıları kısa süreli (gelip-geçici) ve düzensiz yer hareketleridir. Zemindeki bir parçacığın hareket hızına parçacık hızı denir. Parçacık hızı sıfırdan başlar, en yüksek değerine ulaşır ve giderek sönümlenir. Şu halde yer sarsıntısı incelemelerinde en önemli özelliklerden biri en yüksek parçacık hızıdır. Çünkü en yüksek hız değeri ne kadar büyük ise bina da o denli yüksek şiddette sarsılır.

Frekans (f) ise, zemindeki bir parçacığın 1 saniyede kaç kez (devir/saniye) sarsıldığını gösterir. Frekans Hertz (Hz) birimi ile ifade edilir.

Yer sarsıntısının özellikleri ve niteliği, patlatma yerine yakın kesimlerde daha çok patlatma parametreleri, özellikle bir seferde ateşlenen patlayıcı miktarı, ateşleme aralığı (gecikme süresi) ve bir yere kadar da ateşleme yönünden etkilenir. Diğer bir deyişle bu etmenlere bağlı olarak oluşan parçacık hızı önemli bir hasar göstergesidir. Ancak patlatma yerinden uzaklarda, sarsıntının özellikleri ve niteliği daha çok yer sarsıntısı dalgasının iletiği kaya veya zemin ortamının özelliklerinden etkilenir. Diğer bir deyişle arazi katsayıları ve yer sarsıntısının frekansı da hasar oluşumunda veya oluşmamasında önemli ve tayin edici etmenlerdir. A.B.D. Maden Dairesi (USBM) ve Açık Ocak Maden Bürosu (OSMRE) ölçütleri hem en yüksek parçacık hızını (PPV) hem de frekansı (f) gözönüne aldıkları için genellikle ülkemizde de bu konuda yapılan çalışmalarda sonuçları yorumlamak için seçilmektedirler.

Kömür ocaklarında oluşan yer sarsıntısı dalgaları, metal madeni ve taş ocakları ile inşaat kazılarındaki patlatma dalgalarından farklılık gösterir. Kömür madenlerindeki patlatmalardan kaynaklanan yer sarsıntı dalgaları büyük genlikleri ve düşük frekansları ile bilinirler. Kömür ocaklarındaki yer sarsıntısı dalgaları, esas olarak bu özellikleri nedeniyle ve ayrıca büyük dilim kalınlıkları, çok sayıdaki delikten oluşan büyük atım grupları ile sedimanter kaya formasyonları ve dalgaların uzak mesafelere iletim kabiliyetleri sebebiyle yapılar da hasar oluşumu açısından son derece önemlidirler (Siskind et. al., 1980). Bu nedenle kömür açık ocaklarındaki sarsıntı problemleri özel analiz ve yorum gerektirirler.

### B. Frekansın Önemi, Rezonans ve Büyütme Faktörü

Yer sarsıntılarının frekans özellikleri başlıca iki unsurdan etkilenirler. Bunlar jeoloji (kaya türleri) ve gecikmeli ateşlemelerde gecikme aralığıdır (Siskind et. al., 1989). Çan Linyit İşletmesinde yapılan bir çalışmada (Bilgin ve ark., 1998, 1999) görüldüğü gibi sürekli şikayetlerin çoğunda, parçacık hızı 12.7 mm/s değerinin çok altında olduğu ve hiçbir hasarın

meydana gelmediği durumlarda dahi ciddi titreşim hissedildiği yönündeki his ve endişeler tamamen düşük frekans özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Çünkü düşük frekanslı dalgaları insanlar kolayca hissedebilirler. Frekans yüksek olduğunda ise insanların bunları algılaması çok zordur ve bu nedenle fazla endişeye kapılmazlar. Ayrıca 10 Hz değerinin altındaki frekanslar zeminde büyük yerdeğişimler ve yüksek düzeyli birim deformasyonlar yarattığı için hasar olasılığını da artırır (Siskind et. al., 1980).

Binalarda hasar olasılığı, zeminde patlatmanın oluşturduğu uyarıcı dalganın frekansı ile sözkonusu binanın doğal (özyapısal) frekansının birbirleri ile olan ilişkisine bağlıdır. Patlatmalarda en kritik durum zemindeki uyarıcı dalganın frekansının, bir veya iki katlı binalarda genellikle 5-10 Hz arasında değişen bina özyapısal frekansına eşit veya buna yakın değerde olduğunda oluşur. Bu durumda bina rezonansa girer ve zemindeki uyarıcı dalga geçip gittiği halde bina sarsılmaya devam eder. İşte insanların hissedip, endişeye kapılmalarına neden olan da budur. Bina rezonans halindeyken, parçacık hızı sınır değerlerin oldukça altında ise binada hasar oluşmaz ama kişiler rahatsız olur. Fakat bina rezonans halindeyken parçacık hızı da yeterli büyüklükte (genlikte) ise binada hasar oluşur. Bir başka durumda da zemindeki uyarıcı dalganın genliği tam yeterli düzeyde olmasa bile rezonans halindeki binanın bu genliği birkaç kat artırması sonucu bina yine de hasar görebilir. Zemindeki uyarıcı dalganın binaya iletilmesi sonucu binada ölçülen genlikte zemindeki genliğe göre artış olmasına büyütme; binadaki genliğin zemindeki genliğe oranına da büyütme faktörü denir.

Konut tipi (1-2 katlı) binaların özyapısal frekanslarının 5-10 Hz arasında değiştiği hatırlandığında (Dowding, 1992), en yüksek parçacık hızında meydana gelebilecek artım olasılığının, zemin hareketinin (uyarıcı dalganın) frekansının da 5-12 Hz arasında olması durumunda oluşacağı açıktır.

### C. Hasar Sınıflaması

A.B.D. Madencilik Dairesi'nin geliştirdiği sınıflamada "Eşik Hasar", "Hafif Hasar" ve "Esaslı Hasar" olmak üzere üç hasar sınıfı tanımlanır (Siskind et. al., 1980). Boya ve sıvada kılcal çatlakların olduğu "eşik hasar" sadece görünüm bozucu niteliktedir. Sıva düşmesi, çatlakların 3 mm'ye kadar genişlemesi şeklinde görülen "hafif hasar" göreceli olarak daha fazla rahatsız edici olmasına rağmen yapıların dayanımını ve yapı elemanlarının yük taşıma kabiliyetlerini etkilemez. Duvarlarda geniş çatlaklar, duvar ve bacalardan taş, tuğla düşmesi sonucu yapıda kalıcı deformasyonlar oluşturan ve yapıyı zayıflatan tek hasar türü ise "esaslı hasar" sınıfıdır.

### D. Konut Tipi Yapılar İçin Emniyetli Yer Sarsıntısı Düzeyleri

Çizelge 5'te konut tipi yapılarda hasar yaratmayacak emniyetli sarsıntı düzeyleri yapı türlerine göre verilmiştir (Siskind et. al., 1980). Burada verilen değerler binaların layığıyla yapılmış temeller üzerine oturduğu, iki kattan daha yüksek olmadığı ve zemindeki dalgaların patlatma kaynaklı ve birkaç saniyeden fazla sürmeyen dalgalar olduğu kabülleri için geçerlidir.

Çizelge 5'te verilen sınır değerler A.B.D.'deki yerinde ölçüm ve gözlemlerde eşik hasar olduğu gözlenen düzeylerden daha düşük seçilmiştir. Bu değerler yüzeysel çatlak oluşum

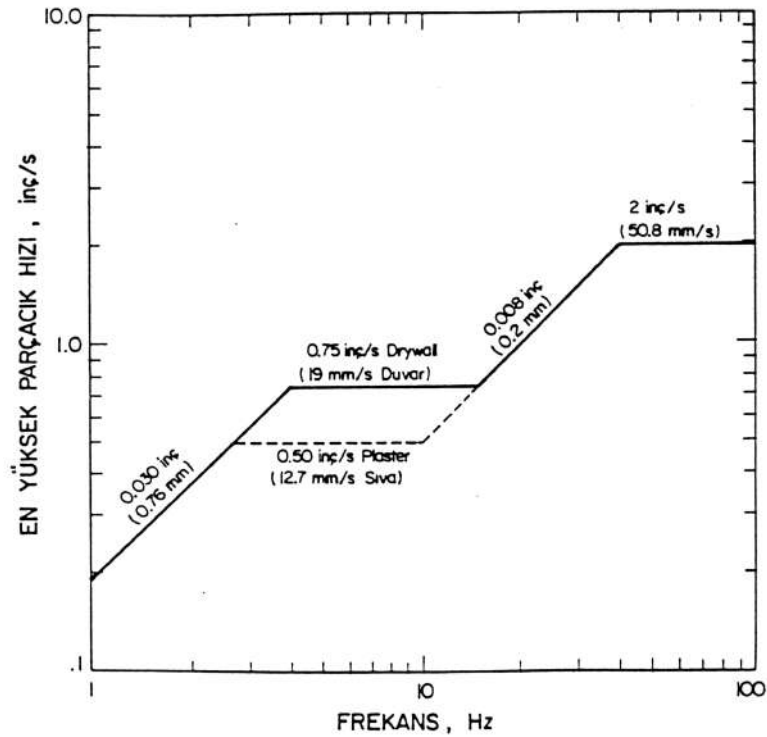
olasılığının en fazla %5 olabileceğini kabul eder. Diğer bir deyişle yüzeysel çatlak oluşmamasını %95 oranında garanti eder. Buna rağmen frekans değerlerini daha hassas olarak gözeten alternatif bir değerlendirme ölçütü Şekil 32'de verilmiştir.

Çizelge 5. Emniyetli yer sarsıntısı düzeyleri (Siskind et. al., 1980).

Yapı Türü	Yer sarsıntısı en yüksek parçacık hızı (mm/s)	
	Düşük frekans (<40 Hz)	Yüksek frekans (>40 Hz)
Modern Evler	19.0	50.8
Eski Yapılar (Ahşap Elemanlı)	12.7	50.8

### E. Yüze Dalgaları

Açık kömür işletmelerinde mevcut örtü kayalarının özellikleri sonucu, buralarda yapılan patlatmalardan kaynaklanan yer sarsıntısı dalga formlarının tipik karakteri düşük frekanslı ve büyük genlikli olmalarıdır. Ayrıca arazinin yapısal jeolojisi de (fay, dokanak yüzeyi, tabakalanma, eski heyelan yüzeyleri vb.) sarsıntı ölçer cihazların kaydettiği dalga formlarında etkiler yapmaktadır ve bu etkiler değerlendirilmelidir. Sarsıntı kayıtları dalga formları dikkate alınmadan olduğu gibi (ham olarak) değerlendirildiğinde arazi (iletim ve sönümlenme) katsayıları doğru bir şekilde belirlenememektedir (Bilgin ve ark., 1998; Erkoç&Esen, 1998).



Şekil 32. Konut tipi binalarda hasar başlangıcı sınır değerleri (Siskind et. al., 1980).

Patlatma ile oluşan dalga formları incelendiğinde, ölçüm noktasına ilk önce P ve S dalgalarının ulaştığı görülmektedir. P ve S dalgaları genelde kaya yapısının derinliklerine kadar nüfuz etmeleri ile "gövde dalgaları" olarak isimlendirilmektedirler. Ancak kaya yapılarında kaçınılmaz olarak bulunan süreksizlik yüzeylerinde, çökelti katmanları yüzeylerinde veya kaya-toprak örtüsü kontaklarında yansıma ve kırılmaya bağlı olarak değişik dalga formları oluşmaktadır. Bunlara "yüzey dalgaları" (Rayleigh, Love dalgaları, vb.) ismi verilmektedir (Siskind et. al., 1989).

Rayleigh (R) dalgaları en bilinen ve etkin olan bir dalga formudur. Tanımlanması gerekirse; boyuna ve düşey ekseninde elemanları olan, ters dönüşlü eliptik hareketlere neden olan bir dalga formudur (Siskind et. al., 1989).

Love (L) dalgaları ise boyuna ve yanal eksenlerde elemanları bulunan dalga formudur (Siskind et. al., 1989).

Yüzey dalga formlarının temel benzerlikleri, kaya yapısında bulunan yüzeylerde polarizasyon ile oluşmaları, düşük frekanslı olmaları, düşük yayılma hızı nedeni ile ölçüm noktalarına P ve S dalgalarından sonra ulaşmalarıdır. Ancak bu dalgalar genlikleri büyük olduğundan ve yavaş sönümlendiklerinden hasar riskini arttırmaktadırlar.

#### F. En Yüksek Parçacık Hızı - Ölçekli Mesafe İlişkisinin Belirlenmesi

Sismograflar ölçüm yapılacak yerlere yerleştirilip patlatma yapılan bölgeye yönlendirilerek kayıtlar alındıktan sonra yanal, düşey, boyuna ve en yüksek vektörel bileşke eksenlerinde en yüksek parçacık hızı ve ölçekli mesafe ilişkisinin belirlenmesi gerekir. Bu ilişki aşağıdaki eşitlik ile gösterilebilir (Dowding, 1985):

$$PPV = k \left( \frac{R}{Q^{1/2}} \right)^{-\beta} \quad \dots(28)$$

Yukarıdaki eşitlikte; PPV en yüksek parçacık hızı (mm/s), R ölçüm noktasının patlatma yerinden olan uzaklığı (m), Q her gecikmede devreye giren patlayıcı madde miktarı (kg), k ve b sarsıntı iletim ve sönümlenme katsayılarıdır.

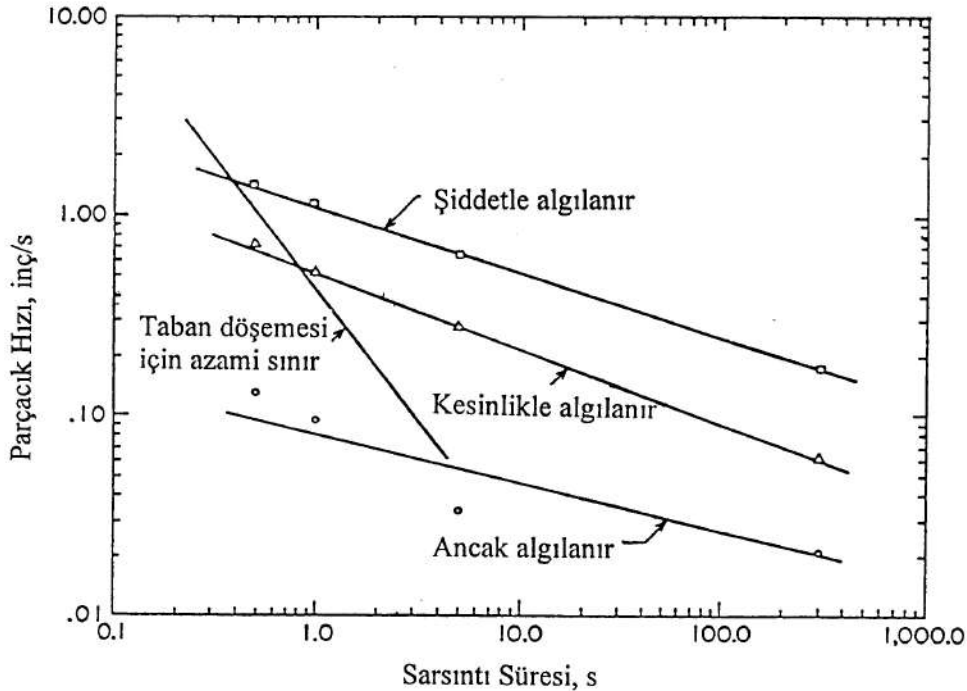
Bu eşitlik çoğu araştırmacı tarafından %50 güvenilirlikte kullanılmıştır. Ancak %50 güvenilirlikte elde edilen eşitliğin korelasyon katsayısı (R) bire yakın olursa eşitlik güvenilir olarak kullanılabilir. Ancak korelasyon katsayısının çok düşük olduğu durumlarda bu eşitlikler kullanılmamalıdır. Bu gibi durumlarda bazı araştırmacılar (Bilgin ve ark., 1998; Erkoç&Esen, 1998) ayrıntılı analizlerle korelasyon katsayılarında tatmin edici artış sağlamaya çalışmışlardır ve bunda da başarılı olmuşlardır. Ayrıntılı analizler kapsamında FFT analizi ve filtreleme işlemleri yer almaktadır. Ancak bu işlemler oldukça kapsamlıdır ve sismografin yazılımının bunları yapabilecek bir yazılım olması gerekir (Bilgin ve ark., 2000).

Günümüze kadar geliştirilen en pratik ve güvenilir yöntem ham verilerle bulunan bu eşitliği %95 güvenilirlikte belirlemektir. %95 güvenilirlik, gerçekleşmesi olası sarsıntı değerinin ölçümlerden çıkarılan formülle hesaplanan değerden %95 olasılıkla küçük olması anlamına gelir. Bu yaklaşımı sismografla birlikte verilen bazı yazılımlar (ör: White firmasına ait "Sismograf Veri Analizi" yazılımı) sağlayabilir ya da Dowding (1985)'in hesaplama yöntemiyle kullanıcı kendisi hesaplayabilir (Bilgin ve ark., 2000).

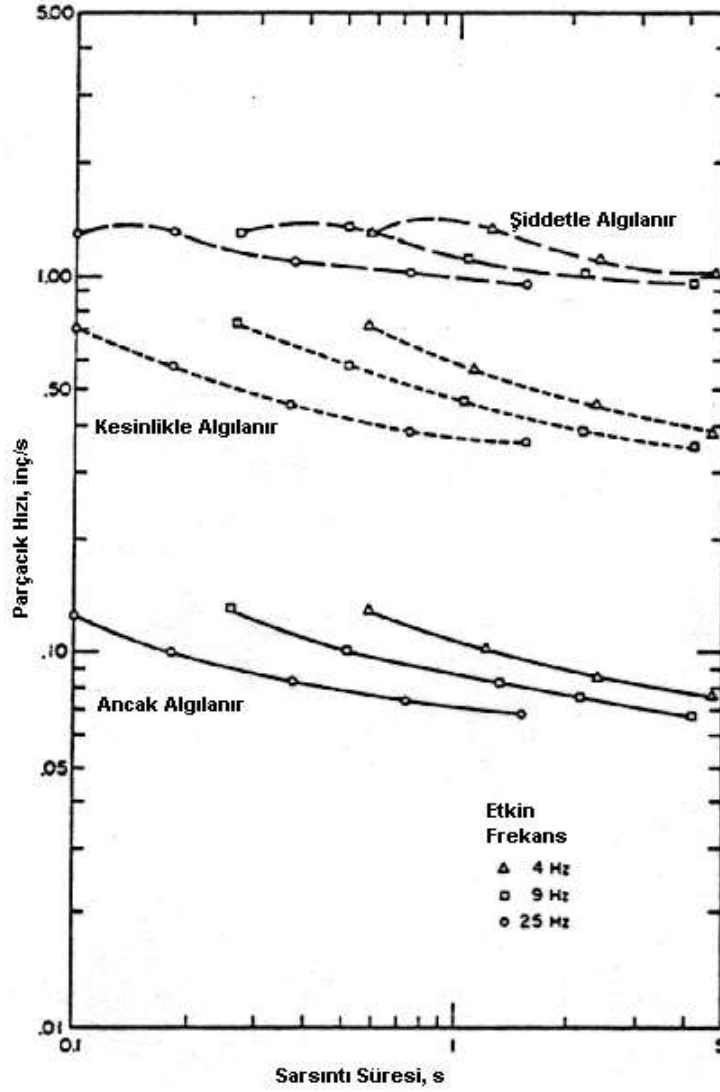
### G. İnsanların Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntularına Tepkileri

İnsanların patlatma kaynaklı yer sarsıntularına olan tepkileri yer sarsıntısı kontrol aşamasında bazen en belirleyici etmen olabilir. İnsanlar yer sarsıntularına karşı çok duyarlıdır ve duyarlı oldukları sarsıntı değerleri yapılarda eşik hasar yaratmayacak emniyetli sarsıntı düzeylerinin çok altındadır. Yer sarsıntısının çoğu insan tarafından algılanabileceği parçacık hızı 1.5 mm/s civarında olup, bazı koşullarda bu değer 0.5 mm/s gibi çok düşük değerler olabilir. İnsanların sarsıntıya tepkisi yer sarsıntısının genliğinin yanısıra frekansına ve süresine de bağlıdır (Bilgin ve ark., 2000). Şekil 33'de sarsıntı süresine bağlı olarak insanların değişik seviyelerde algıladıkları parçacık hızı değerleri görülmektedir (Siskind et. al., 1980). Şekil 34'te ise sarsıntı süresine (0.1-5.0 saniye) ve frekans aralığına (4-25 Hz) bağlı olarak insanların "ancak algıladıkları", "kesinlikle algıladıkları" ve "şiddetle algıladıkları" düzeyler gösterilmiştir.

İnsanların evlerinde uyurken, TV seyredirken, okurken, yemek yerken, vb. durumlarda rahatsız olacak şekilde yer sarsıntısına maruz kalması onları etkiler ve rahatsızlık duyarlar. Evdeki insanlar için en ciddi yer sarsıntısı problemi evde hasar olabileceği ya da yaralanabileceği korkusudur (Siskind et. al., 1980, 1993). Yapısal hasar düzeyinin çok altında olmasına rağmen insanların güncel hayatında (yemek yerken yemek masasının sallanması, rafların içindeki malzemelerin hareket etmesi ve düşmesi, vb.) hoşnutsuzluk olması bu gibi samimi tepkilerin sarsıntı denetimi aşamasında mutlaka dikkate alınmasını gerektirir (Bilgin ve ark., 2000).



Şekil 33. Sarsıntı süresine göre insanların değişik seviyelerde algıladıkları parçacık hızı değerleri (Siskind et. al., 1980).



Şekil 34. Sarsıntı süresi ve frekansına göre insanların değişik seviyelerde algıladıkları sarsıntı düzeyleri (Siskind et. al., 1980).

## 5.11. PATLATMA CİHAZLARI VE AKSESUARLARI

### 5.11.1. Manyetolar

Manyetolar değişik üretici firmalar tarafından değişik kapasitelerde yapılmakta olup, elektrikli kapsüllerin ateşlenmelerinde kullanılmaktadır. Son zamanlarda sağladığı avantajlar nedeni ile kondansatörlü tipleri yaygınlık kazanmıştır. Bu konuda, bir patlatma mühendisinin dikkat etmesi gereken hususlar: resmi onaylı üreticilerin ürünlerini kullanması ve manyetosunun kapasitesini çok iyi öğrenmiş olmasıdır. Ayrıca, nizamname gereği manyetoların her ay kontrol edilmesi gerekmektedir. Bunun için üretici firmaların özel manyeto kontrol cihazları kullanılmalıdır (Hopler, 1998; Erkoç, 1990).

### 5.11.2. Elektrikli Ateşlemede Devre Kontrol Cihazları

**A. Multimetre:** Elektrikli ateşleme sisteminin kullanıldığı patlatma devrelerinde direnç, voltaj ve akımı ayrı ayrı ölçmek üzere özel olarak imal edilmiş çok amaçlı cihazlardır. Elektrikçilerin kullandığı standart multimetre patlatma devresinin kontrolünde kesinlikle kullanılmamalıdır (Hopler, 1998; Erkoç, 1990). Bunun nedeni elektrikçi multimetrelerin yüksek uyarıcı akım vermeleri ve kazaen patlamalara yol açabilmeleridir.

**B. Ohmmetre:** Analog ve dijital olarak iki değişik türde üretilmektedir. Patlatma devresinin ve kapsüllerin direncini ölçmede kullanılır. Dijital ohmmetreler daha hassas cihazlardır. Devre kontrolünde kullanılan bu cihazların patlatma işi için özel olarak üretilmiş olması gerekir. Bunlar devreye minimum düzeyde akım vererek ölçümleri gerçekleştirir. Yurdumuzda ise çoğunlukla piyasadan alınan standart basit ohmmetreler kullanılmaktadır. Bunların devreye hangi miktarda hangi güvenle akım verdiği bilinmemektedir. Bir de bunlara onarım amacı ile müdahale edildiğinde çok tehlikeli olaylara yol açabilmektedir. Bu nedenle amaca uygun üretilmiş ohmmetrelerin kullanılması kaçınılmaz bir zorunluluktur (Hopler, 1998; Erkoç, 1990).

### 5.11.3. Yer Sarsıntısı ve Hava Şoku Ölçer Cihazlar (Dijital Sismograflar)

Patlatma kaynaklı yer sarsıntısı ve hava şoku sebebiyle çevre halkının şikayetçi olması nedeniyle patlatma uygulamalarında kullanılan dijital sismograflar parçacık hızını ve gürültüyü ölçer. Bununla birlikte frekans, OSM/USBM/DIN vb. hasar ölçütlerine uygunluk, ivme, yerdeğiştirme, vb. analizleri de yapar. Bu cihazla şikayetlerin haklı olup olmadığı ve haklıysa patlatma tasarımında değişiklikler yaparak sarsıntı ve hava şoku sorununun giderilmesi mümkündür. Tipik bir sismografin parçacık hızı ölçüm aralığı 0-254 mm/s ve frekans aralığı da 2-200 Hz'dir (Dowding, 1985, 1992).

### 5.11.4. İnfilak Hızı Ölçüm Sistemi

Patlayıcı maddenin infilak hızı (VOD) ölçülerek, ürünün arazi koşullarındaki performansı ile ilgili olarak birçok önemli bilgiler edinilir. infilak hızı sonuçları aşağıda belirtilen amaçlar için kullanılabilir (Bilgin ve ark, 1998; Bilgin&Esen, 1998, 1999b; Chipetta, 1993, 1998,):

- Patlayıcı maddelerin performansını değerlendirmek (aynı patlayıcının değişik kaya türlerindeki verimini, aynı cins kayada aynı koşullar altında aynı patlayıcının değişik zamanlarda üretilmiş partilerinin verimini denetlemek),
- Yemleyicinin performansını değerlendirmek,
- Daha etkin ve verimli patlatma tasarımları yapmak,
- En uygun sıkılama malzemesi cinsini ve miktarını saptamak,
- Patlayıcının duyarsızlaşmasını ve/veya sempatik ateşleme oluşumunu gidermek,
- Çatlak oluşumunu ve parçalanmayı arttıracak, öteleme ve gevşetmeyi fazlaştıran, yer sarsıntılarının büyüklük ve frekansını kontrol edebilmeyi sağlayacak en uygun patlayıcıyı, ateşleyiciyi ve delik düzenini seçmek,
- Ateşleme sistemlerini ve kapsül hassasiyetini (gecikme zamanlarındaki sapmaları) değerlendirmek,
- Suyun patlayıcıların infilakını ne derecede etkilediğini ortaya koymak,
- Patlayıcı miktarını (%10-50 oranlarında) kısıtlamak ve yer sarsıntılarını %75'e varan oranlarda azaltmak için patlayıcı kademeleri arasında kullanılan hava yastıklarının yararlılığını ortaya koymak,



- Azot oksit gazları oluşumuna yol açan kısmi infilak veya düşük hızlı infilakı saptamak ve nedenlerini (su, uygun olmayan karışım veya formülasyon, yetersiz yemleme, vb.) tespit etmek,
- Kütleli kaya hareketiyle komşu deliklerin bozulup bozulmadığını tespit etmek.

İnfilak hızı ölçümü yerinde yapılan bir doğrudan yöntem olduğundan şok, gerilme dalgaları, kinetik, yer sarsıntısı, hava şoku, parçalanma ve istenmeyen azot oksit gazları hakkında önemli bilgiler sağlar. Eğer infilak hızı ölçümü yapılmazsa ve patlayıcının verilen performans değerlerinde infilak ettiği varsayılırsa; parçalanma ve çevresel etkiler (yer sarsıntısı, taş savrulması, vb.) gibi patlatma sırasında ve sonrasında yaşanan sorunlara ilişkin ölçüm sonuçlarını yorumlamak sorun olabilir. Bu nedenle, ürünün infilak hızı karakteristiklerini kaya ortamı, patlatma tasarımı ve diğer ölçümlerle ilişkilendirmek oldukça önemlidir (Bilgin ve ark., 1998; Bilgin&Esen, 1999b; Katsabanis, 1996)

Birçok infilak hızı sistemleri günümüzde ticari olarak elde edilebilir. Bu sistemler iki ana gruba ayrılabilir (Bilgin ve ark., 1998; Chipetta, 1993, 1998):

1. Noktadan noktaya infilak hızı sistemleri
  - a. fiber optik kablo (tek kablo)
  - b. patlatma teli
  - c. şerit kablo
2. Sürekli infilak hızı sistemleri
  - a. direnç teli (çift tel): Voltaj düşüşünü ölçer.
  - b. indüktans (koaksiyal kablo): Frekans değişimini ölçer
  - c. TDR (koaksiyal kablo): Gönderilen sinyalin geri dönmesini ölçer.

#### 5.11.5. Yüksek Hızlı Video Kamera Sistemi

Patlatma uygulamalarında yüksek hızlı video kamera sistemi kullanılarak kaya hareketinin izlenmesinin çok değerli bilgiler verdiği bilinmektedir. Patlatma izleme sistemleri arasında patlatma tasarımının değerlendirilmesinde yardımcı olması ve sorunların saptanması ve çözüm geliştirilebilmesi açısından en değerli bilgileri sağlayan bir sistemdir. Bu sistemle patlatma uygulamalarında bir saniyede 250-1000 kare arasında görüntü alınabilir.

Yüksek hızlı video kamera sisteminin başlıca kullanım alanları arasında: araziye özgü patlatma tasarımlarının geliştirilmesi; dilim kalınlığı, ayna hızı ve patlayıcının enerjisi arasındaki ilişkilerin saptanması; delikler arası ve sıralar arası gecikme aralığının seçimi için malzeme tepki süresinin belirlenmesi; sıkılamanın etkinliğinin değerlendirilmesi; gaz kaçışlarının belirlenmesi; kötü parçalanmanın nedenlerinin belirlenmesi; optimum ateşleme sisteminin belirlenmesi; değişik dilim kalınlıklarının ve/veya basamak geometrilerinin son patlatma sonuçlarına etkilerinin incelenmesi; optimum patlayıcı-kaya-dilim kalınlığının belirlenmesi; pasa geometrisinin ve döküm uzaklığının belirlenmesi yer alır (Chipetta, 1993, 1998).

#### 5.11.6. Laser Surveying Sistemleri

Patlatma verimini arttırmak için kullanılan sistemlerden birisi olan laser surveying sistemleri basamak aynasının ve yığın şeklinin modellenmesinde kullanılır. Bu sistem ile aynanın modellenmesi ve delik sapmasının belirlenmesindeki bazı yararlar şunlardır: deliğe göre gerçek dilim

kalınlığının saptanması, taş savrulması potansiyeli olan yerlerin ve aynanın durumunun belirlenmesi, delik taban payının aynaya göre verilmesi ve delik-ayna durumuna göre patlayıcı madde miktarının belirlenmesidir. Bu sistemin kullanıldığı bir başka alan da patlatma sonrası yığın şeklinin ve kabarmasının belirlenmesidir (Dowding&Aimone, 1992; Jimeno et. al., 1995).

### **5.11.7. Delikiçi Kamera İzleme Sistemleri**

76-305 mm delik çaplarında uygulanabilen bu sistemde delik içine sarkıtılan kamera ile gözlem yapılmaktadır. Bu yöntemin kullanılabilceği başlıca kullanım alanları şunlardır: delik durumunun değerlendirilmesi, yapısal jeolojinin belirlenmesi, kömür damarlarının ve süreksizliklerin saptanması, delik içinde tıkanmaların saptanması, delici matkap ucu delik içerisinde görüntülenebildiğinden kaybolan matkap ucunun geri kazanılmasında yardımcı olma, delik dolum tekniğinin iyileştirilmesi. Bir başka kullanım alanı da patlayıcı madde üreticilerinin dökme kamyonlarının ve depolama tanklarının çalışmadan, ulaşımdan ve sürekli depolamadan önce temiz olup olmadığının belirlenmesidir (Chipetta, 1998).

## **5.12. PATLATMALARDA İŞ GÜVENLİĞİ**

Patlayıcının ilk depolanmasından patlatma sonrasına kadar olan tüm aşamalarda alınması gerekli emniyet ile ilgili tavsiyeler aşağıda konularına göre verilmiştir.

### **5.12.1. Patlayıcının Depolanması**

#### **5.12.1.1. Depolar**

- Patlayıcı depoları, 87/12028 sayılı Tüzük ve 14 Mayıs 1999 tarih ve 23695 sayılı ve 23 Mayıs 2001 tarih ve 24410 sayılı Resmi Gazetelerde yayımlanarak yürürlüğe giren tüzük değişikliklerine uygun olarak inşa edilmiş olmalıdır.
- Tüm patlayıcılar, patlayabilir karışımlar ve kapsüller resmi ve yerel makamlarca onaylanmış, izin verilmiş depolarda ayrı ayrı muhafaza edilmelidir.
- Patlayıcı depoları, kuru, temiz, iyi havalandırılmış, gerekli serinliğe haiz, iyi düzenlenmiş, tüzük maddelerine uygun inşa edilmiş, emniyetli bir kilite sahip, hava şartlarına dayanıklı, hırsızlığa imkan vermeyecek ve kurşun geçirmez özellikte olmalıdır. Betonarme, blok beton yapılar tercih edilmelidir.
- Depoların birbirleri arasındaki mesafeler, meskun sahalara, karayollarına, demiryollarına olan uzaklıklar, ilgi tüzükte belirtilen uzaklıklara uygun olmalıdır.
- Depo sınırlarına, "patlayıcı madde", "sigara içilmez" vb. ikaz ve uyarı levhaları görülür yerlere yerleştirilmelidir.
- Depoya patlayıcı girişi ve çıkışı dışında depolar daima kilitli tutulmalıdır.
- Depoların iç ve dış bakımı, temizliği çok iyi yapılmalıdır.
- Patlayıcı madde depolarına ve taşıtlarına ateşle yaklaşılmamalıdır.
- Yer altı gömme depolarından genelde sakınılır. Bunlar nemli olurlar, drenajı ve havalandırılmaları zordur.
- Çevredeki yolların ve yapıların güvenliği için doğal sütre bulunmayan düz ve açık sahalarda yapay sütre (örneğin topraktan) gerekir.
- Isı değişimlerini azaltmak için, depoların dış duvarlarını ve tavanı açık renkle (yansıtıcı renkle) boyanmalıdır.

- İçerideki havanın ısınmaması için çift katlı tavan (gölge tavan) yapılması faydalıdır.
- Hem sabit, hem seyyar depolarda paratoner, seyyar depolarda ayrıca uygun fren tertibatı bulunmalıdır.
- Depo girişine statik elektriği boşaltacak, topraklanmış bakır levha konulmalıdır.
- Depoların içinde sadece izin verilen elektrikli aydınlatma kullanılmalıdır.

### 5.12.1.2. Depolama

- Patlayıcı maddeler sadece patlayıcı depolarında depolanmalıdır.
- Patlayıcı maddeler, yağ, nemli yerlerde, alevlenebilir veya diğer ateşleyici maddelerle birlikte veya aşırı ısı kaynaklarının yakınında depolanmamalıdır.
- Kapsüller, diğer patlayıcı maddelerle birlikte depolanmamalıdır.
- Patlayıcıların depolarda çok uzun süreyle depolanmasından kaçınılmalıdır.
- Kapsül ile donatılmış patlayıcılar, depolarda asla depolanmamalıdır.
- Patlayıcılar düzgün bir şekilde istif edilmelidir. Patlayıcı madde kasaları, kutuları ile duvarlar arasında boşluk bırakılmalıdır.
- Depoya ilk giren ilk çıkar, son giren son çıkar ilkesi göz önünde bulundurularak üretim tarihi en eski patlayıcılar öncelikle kullanılmalıdır. Depo kayıtları ciddiyle tutulmalıdır.
- Patlayıcı deposunun 15 m yakınında duman ve alev çıkarıcı herhangi bir ateşleme kaynağına (sigara, kibrit, çakmak, el feneri, yanıcı sıvılar) izin verilmemelidir.
- Deponun 50 m etrafındaki bölge, yangın tehlikelerine karşı ağaç, kuru ot gibi nesnelere arındırılmalıdır.
- Patlayıcı madde, aşırı vurma, çarpma, sürtünme, elektrik akımı ve ısı etkisinde bırakılmamalıdır. Yükleme-boşaltma işi ciddiyle yapılmalı, gereksiz şakalaşmalar yapılmamalıdır.
- Depoya çivili ayakkabılarla girilmemeli, ayrıca depo görevlileri naylon, orlon, perlon gibi statik elektrik oluşturan giysileri kullanmamalıdır.
- Depolar ihtiyaç dışı hallerde daima kilitli olmalı ve girenlere sınırlama getirilmelidir. Ancak bekçi, ateşçi ve yetkili ve görevli personel girebilir. Yetkisi olmayan girmemelidir.
- Malzemeler depoda orijinal ambalajlarında saklanmalıdır.
- İçinde patlayıcı madde bulunan ambalajların açılmasında, ağaç, bakır, pirinç vb. gibi yumuşak, kıvılcım çıkarmayan malzemelerden yapılmış aletler kullanılmalıdır.
- Patlayıcı madde depolarında sadece; kapsüle duyarlılar, patlayabilir karışımlar, yemlemeler (primerler), emniyetli fitiller ve infilaklı fitiller saklanmalıdır.
- Kapsül deposunda; 8no'lu tahrip kapsülü (adi kapsül), elektrikli kapsüller, elektriksiz kapsüller ve kapsüllü fitiller (capped fuses) saklanmalıdır.
- Atım sahasına gereğinden fazla patlayıcı madde götürülmemelidir. Fazla miktar, en kısa sürede tekrar depoya gönderilmeli ve depo defterine kaydedilmelidir.
- Patlayıcı madde depolarında, izin verilen depolanacak en çok miktardan daha fazla malzeme depolanmamalıdır.
- Kutular, yükseklikleri 2m'yi geçmeyecek ve üretim tarihleri görülecek şekilde istiflenmelidir.
- Patlayıcı madde döküntüleri (örneğin ANFO) dikkatlice toplanmalı ve uzaklaştırılmalıdır.
- Herhangi bir kayıp ya da hırsızlık acilen polise ve ilgili resmi makamlara bildirilmelidir.
- Depoların tamir ve bakımına dikkat edilmelidir. Depoda herhangi bir tamir işi (özellikle sıcak işler) yapılmadan önce patlayıcılar, döküntüler temizlenmeli ve uzaklaştırılmalıdır.
- Eğer patlayıcı madde deposunda yangın çıkarsa, bölge boşaltılmalı ve güvenli bir mesafeden büyük miktarlarda suyun püskürtülmesi mümkün ise ancak o zaman yangınla

mücadele edilmelidir. (Bu esnada patlayıcıların infilak edebileceği düşünülmelidir.) Su ile mücadele olanağı yok ise güvenli bir uzaklıkta kalınmalı ve depo çevresine giriş çıkışlar denetlenmelidir.

### **5.12.2. Depodan Patlatma Sahasına Patlayıcı Taşıma**

#### **5.12.2.1. Taşıma**

- Depodan patlatma sahasına olan yol güzergahı şirket mülkiyetinin dışında yer alıyorsa, patlayıcı nakliyesi bu işle ilgili mevzuat hükümlerine tabidir. Güvenlik makamlarından mutlaka gerekli yol izni alınmalıdır.
- Pikap, kamyonet gibi üstü açık araçlarda taşıma yapıldığında patlayıcı sandıkları, kamyon kasası yüksekliğini aşmayacak şekilde istif edilmelidir.
- Üstü açık araçlarla taşıma yapıldığında, patlayıcı sandıklarının üzeri ateşe dayanıklı tarpaulin yada yangına dayanıklı malzemeyle örtülmelidir.
- Patlayıcı yüklü bir araç asla yalnız bırakılmamalıdır.
- Patlayıcı yüklü aracın içinde yada yakınında asla sigara içilmemelidir.
- Patlayıcı madde dışında hiç bir malzeme aracın kargo bölümünde taşınmamalıdır.
- Patlayıcı madde araçları, personel ve araç gereç taşımada kullanılmamalıdır.
- Patlayıcı madde araçları, otoyollarda ve binaların yakınlarında park edilmemelidir. Park halindeki aracın güvenliği denetlenmelidir.
- Patlayıcı ambalajları, araç içinde sıkışmayacak, sarsılmayacak, ve yuvarlanmayacak biçimde istif edilmeli ve ıslanmamaları için gerekli önlemler alınmalıdır.
- Bunlara ek olarak patlayıcı madde taşımada kullanılan araçlar, belli koşullar dışında köprü, tünel vb. gibi yerlerden geçmemelidirler.
- Kapsüle duyarlılar, yemlemeye duyarlılar ve barutlar, kapsüller ile aynı araçta nakledilmemelidirler. Kapsüller, diğer patlayıcılarla birlikte taşınmakta ise uygun bir şekilde ayırt edilmiş sağlam bölmelerde taşınmalıdır.
- Patlayıcılar depodan doğruca patlatma sahasına nakledilmelidir. Araçlar kesinlikle yalnız bırakılmamalı ofislere, depolara veya yakıt bölgelerine yaklaştırılmamalıdır.
- Patlayıcı madde taşıyan araçlar kesinlikle istiaab haddinden (izin verilen tonajdan) fazla yüklenmemelidir.
- Diğer tüm hareketli araçların patlayıcı madde taşıyan araca yol vermesi gerekir. Patlayıcı taşıyan araç daima yolun sağını takip etmeli ve risk alınmamalıdır.
- Patlayıcı taşımada kullanılan küçük araçları, büyük ve ağır araçların her zaman göremeyebileceği ve duramayabileceği akıldan çıkarılmamalıdır.
- Bazı maden ve taş ocağı sahalarında patlayıcı taşıyan araçlar belli hız sınırlamalarına tabidir eşlik eden bir araç gerekebilir.

#### **5.12.2.2. Patlayıcı taşımada kullanılan araçlar**

- Bakımı iyi yapılmış, onaylı ve bu işe uygun donanımlı bir araç kullanılmalıdır. Özellikle aküler, fren, elektrik ve egzoz sistemi iyi izole edilmiş olmalı ve yükten uzak tutulmalıdır.
- Mümkünse patlayıcılar kapalı araçlarda taşınmalıdır.
- Patlayıcı konulan bölümün iç kısmı ahşap veya kıvılcım çıkarmaz malzemeden yapılmış olmalı yada kontrplak, fiberglas, vb. gibi alev çıkarmaz malzemeyle kaplı olmalıdır.
- Kapsüllerin elektrikle temasını önleyici önlemler alınmalıdır.
- Yangın söndürme aletleri, reflektör, ikaz ve uyarı levhaları daima araç üzerinde hazır

- bulundurulmalıdır ve hergün kontrol edilmelidir.
- Araçların bakım işleri araç boşken yapılmalıdır.
- Akünün topraklanmamış ucu, kolayca erişilebilir "izolasyon butonuna" bağlanmalıdır. Bu buton her zaman araç gövdesinden izole olacaktır.
- Yük taşınan bagajın uygun çıkışları (arkada veya yanda) olmalıdır.
- Uyarı yazısı, beyaz veya sarı zemin üzerine kırmızı harflerle yazılmalıdır.
- Daima, patlayıcı yüklenmeden önce arabanın durumu kontrol edilmelidir.

### 5.12.2.3. Araç yangınları

- Patlayıcı kargosu eğer uygun bir şekilde izole edilmiş ise, araç üzerinde çıkan küçük yangınlarla mücadele edilebilir.
- Eğer yangın patlayıcı kargosuna ulaşmış ise patlama tehlikesi olabileceğinden araç terk edilmeli ve güvenli bir yerde siper altına girilmelidir. Ayrıca üçüncü kişilerin araca yaklaşması önlenmelidir.

### 5.12.2.4. Patlayıcı araç şoförü

- Patlayıcı naklini yapacak araçların sürücüsü ve yardımcısı, dikkatli, güvenilir, fiziksel ve ruhsal sağlığı iyi, seçilmiş insanlardan olmalıdır.
- Araç kullanan kişi ve yardımcısı hem araç kullanımı hem de patlayıcı nakliyesi konusunda iyi bir eğitim almış olmalıdır.
- Yolcu ve ilgisiz kimse taşınmamalıdır.
- Patlayıcı yüklü aracı kullanmadan önce patlayıcıların araç üzerinden düşmeyeceğinden emin olacak şekilde yükleme güvenli bir şekilde yapılmalıdır. Sürtünme ve darbe ile patlayıcının infilak edebileceği asla akıldan çıkarılmamalıdır. Bu husus demiryolu nakliyesi için de geçerlidir.

### 5.12.3. Patlatma Sahasına Götürülen Patlayıcılar

- Patlayıcıları, taş düşmelerine, çalışan ekipmanlara yada olası trafik akışına maruz kalabilecek yerlerden uzakta güvenli bir yerde bulundurunuz.
- Patlayıcıları asla doğrudan güneş ışınlarına maruz bırakmayınız.
- Patlayıcı deposundan çıkmış patlayıcılar daima sıkı bir nezaret altında tutulmalıdır.
- Araca yüklenen ve herhangi bir iş için alınan patlayıcı miktarının o iş için gerekli ihtiyaçtan fazla olmaması gerekir. Bu nedenle depo açılmadan önce doğru miktarları belirlemek için doğru patlatma tasarımı yapılmış olmalıdır.
- Kapsüller ve patlayıcılar asla, uygun malzemeyle yapılmış sağlam bölmelerle iyi bir şekilde ayrılmadıkça bir arada taşınmamalıdır. Kapsüller için ayrı, kilitlenebilir kutu veya bölmeler tavsiye edilir hatta kanuni olarak da bu gerekebilir. Bu ayırma işi, bir bölmedeki yangın ya da patlamanın diğer bölmedeki yükü infilak ettirmeyecek şekilde yapılmış olmalıdır.
- Şarjlama biter bitmez tüm kullanılmayan patlayıcılar ve kapsüller dikkatlice toplanmalı, kendi kutularına konup depolarına geri gönderilmelidir.

Not:

1. Tüm yemleyicilerin, kutularına yerleştirilirken kapsül içermediğini kontrol et.
2. Kutuların temiz, kuru, iyi durumda olduğunu kontrol et.

3. Boş kutular geri getirilip depoda saklanmamalıdır.
4. Artan patlatıcı ve kapsüller araç içinde yalnız bırakılmamalıdır.
5. Geri dönen artmış patlayıcı depo stok takip defterine mutlaka kaydedilmelidir.

### 5.12.3.1. Doldurma öncesi alınacak önlemler

#### 5.12.3.1.1. Doldurma öncesi patlatma sahasında alınacak önlemler

- Doldurma işlemlerine başlamadan önce patlatma sahası bayrak, huni yada gözle kolayca görülebilir göstergeçler ile işaretlenmelidir.
- Gereksiz ekipmanlar bu sahadan uzaklaştırılmalıdır.
- Doldurma işiyle ilgisi olmayan tüm personel patlatma sahasından uzaklaştırılmalıdır.
- Ateşçi şantiyedekilere ve komşularına, atım yeri ile atım yapmayı düşündükleri saati, atım günü mümkün olduğunca erken bildirmelidir.
- Delik doldurma işi iyi planlanmalı ve eğitilmiş bir sorumlunun denetiminde yapılmalıdır. Birkaç kişinin yardımı söz konusu olduğu durumda, çalışmaya başlamadan önce tüm bireysel sorumluluklar paylaşılmalı ve fikirbirliğine varılmalıdır.
- Doldurma işleminden önce, uygun bir atım planı yapılmalı, üzerinde anlaşılmalı ve kağıt üzerinde çizilmelidir.
- Patlayıcıların ve delik doldurulan bölgenin 6 m yakınında sigara içilmesine izin verilmemelidir.
- Kapsüller ve patlayıcılar, güvenli bir yerde ayrı kutularda olmalı, bunlar uygun işaretlerle belirtilmeli ve ekipmanlardan ayrı olmalıdır.
- Tehlike yaratabilecek herhangi bir elektrik güç bağlantısı yapılmamalıdır.
- Elektrikli kapsül kullanılıyorsa harici elektrik (yer akımları, statik elektrik, radyo frekans enerjisi, yıldırım vs. gibi) testleri yapılmalıdır
- Kişisel koruma araçları: Doldurmada çalışacak personelin kişisel güvenlik araçları:

- Baret
- Botlar (çelik uçlu, antistatik)
- Gözlük
- İşe ve mevsime uygun giysi
- Eldiven ve özel işler için kulak koruyucudur.

#### Not:

- Uygun gözlük, sıçrayan parçalardan kaynaklanan darbelerden korur.
- Sıvı sıçramaları için gözü tam kapatan kanatlı gözlükler kullanılmalıdır.
- Özel işler için (örneğin basınçlı hava, bulk emülsiyon pompalarken) gözlük gerekir.
- Yüksek basınçlı hidrolik sistem çevresinde çalışırken göz koruması mutlaka yapılmalıdır.
- Baret tehlike olsun yada olmasın mutlaka giyilmelidir.
- Güneşten korunmak için barete kenarlık takılabilir.
- Maden veya taş ocağının her yerinde güvenli botlar giyilmelidir.
- Dökme patlayıcıların şarjlama hortumları tutulurken lastik eldiven giyilmelidir.
- Patlatma ekibi, güvenli ve verimli patlatmalar için şu gereçleri beraberinde bulundurmalıdır:
- Patlatma galvanometresi veya ohmmetresi
- Ucunda kurşun veya kıvılcım çıkartmayan ağırlık bulunan, metal olmayan şerit metre
- İndirme (alçaltma) ipi
- Kıvılcım çıkartmayan alçaltma veya geri çekme kancası

- Kıvılcım çıkartmayan patlayıcı delicisi
- Sıkılama çubuğu (ağaç veya kıvılcım çıkartmayan)
- Patlayıcı bıçağı
- Ayna
- Sürtünme bantı
- Bağlantı kablosu (önceki atımlardan toplanan değil, yeni)
- Ana hat teli
- Güç kaynağı (ateşleme makinası, manyeto)
- Uygulanabilirse, patlatma hasırı

Bu ekipmalar birinci kalite olmalı ve bakımları muntazam yapılmalıdır.

Bunların dışında, ağırlık olarak demir gülle veya saplamalar, sıkılama çubuğu olarak çelik boru veya matkap, ölçü şeridi olarak infilaklı fitil parçası, bağlantı hattı olarak geri toplanmış teller ve uygun olmayan ölçü cihazları kullanılmasına kesinlikle izin verilmemelidir.

#### 5.12.3.1.2. Elektrikli ateşleme

- Harici elektrikten şüphe ediliyor ise patlatma ohmmetresi (direnç ölçer) yada sürekli yer akımı ölçer cihazı kullanarak kontrol ediniz.
- Harici elektrik sorunu halen devam etmekte ise elektrikli olmayan ateşleme sistemi kullanınız.
- Elektrikli patlatma yapılıyor ise patlatma sahası yakınında (10 m mesafe içinde) cep telefonları, telsizler daima kapalı tutulmalıdır.
- Bu işle ilgili kişiler, anti-statik ayakkabı giymeli, naylon, orlon, perlon gibi statik elektrik oluşturabilen giysiler kullanmamalı, pamuklu giysiler giyilmelidir.
- Elektrikli kapsüller, her türlü elektrik kaynağından ve potansiyel akım kaçağı tehlikesi olan yerlerden uzakta, sarılı halde, kullanılıncaya kadar saklanmalıdır.

#### 5.12.3.1.3. Elektrik yüklü meteorolojik şartlar

- Kullanılan ateşleme sistemi ne olursa olsun elektrikli fırtına daima bir tehlike arz eder.
- Yeraltı ocakları için de bu bir tehlikedir.
- Elektrikli fırtınanın yaklaşması halinde doldurma işlemleri durdurulmalı ve bütün personel güvenli bir yere çekilmelidir.
- Elektrikli fırtınanın yaklaştığını ses veya ışıkla haber veren cihazların kullanılması önerilir.
- Hava raporları hakkında bilgi edinilmelidir.

#### 5.12.3.2. Yemleyici dinamit hazırlama emniyeti

##### 5.12.3.2.1. Yemleyici dinamitler

- Kritik bir iş olan yemlemenin hazırlanması ve yerleştirilmesinde acele edilmemelidir. Hassas kapsüller ve yüksek patlayıcılar biraraya getirildiği için tavsiye edilen yöntem dikkatle uygulanmalıdır.
- Yemleme deliğe yerleştirilmeden hemen önce delik başında hazırlanmalıdır. Asla önceden hazırlanıp etrafta gereksiz tehlike oluşturacak şekilde bırakılmamalıdır.
- Kapsüller kartaşa veya kalıplanmış yemlere yerleştirilirken zorlanmamalıdır. Uygun delici

ile kartuşta açılan deliğe zorlamadan sokulmalıdır.

-Kapsüller ile yemleme dinamit kartuşları yada kalıplanmış yemlemeler patlatma sahasında birbirinden yeterince ayrı uzaklıkta tutulmalıdır. Kapsül ile donatılmış dinamitler patlatma sahasında depolanmamalı hazırlanan yemlele hemen deliğe doldurulmalıdır.

#### **5.12.3.2.2. Kapsüller**

-Kapsüller son derece güvenli olarak saklansalar da duyarlı birincil (başlatıcı) patlayıcı ve piroteknik madde içerirler. Tüm kapsüller, ısı, şok ve darbe ile kazara patlamaya karşı duyarlıdır, bu nedenle bu tehlikelerden korunmalıdır.

-Kapsüller, atım sahasına orijinal kaplarında veya kapsüller için özel yapılmış kaplarda taşınmalı ve şarjlamadan hemen önce uzaklaştırılmalıdır.

-Ateşleyiciler şarjlama başlamadan önce ateşleme sistemini ve kapsüller için alınacak önlemleri bilmelidir. Ateşleme sistemi için imalatçının yöntemleri ve tavsiyeleri dikkate alınmalıdır.

-Elektrikli kapsüller, yemleyici hazırlanmadan uygun aletle kontrol edilmelidir. Kapsül tellerinin dolumdan zarar görmediğinden emin olabilmek için sıkılamadan önce de kontrol edilmelidir. Dolum sırasında kapsül tellerinin zarar gördüğünden kuşku duyuluyorsa, test edilmeli, arızalıysa değiştirilmelidir. Her ne kadar elektrikli kapsüller elektrik enerjisi ile ateşlenecek şekilde üretilmişse de kaçak akımlar, statik elektrik, radyo dalgaları, yüksek gerilim hatları ve elektrikli fırtınalı havalara da duyarlıdır, kazayla ateş alabilir.

-Elektriksiz kapsüllerin kullanımında imalatçının yöntemleri ve tavsiyeleri dikkate alınmalıdır. Elektriksiz ateşleme sistemleri, kazara ateşlemeye (kaçak akımlar, radyo frekans enerjileri, statik elektrik vb. yollarla) elektrikli sistemlerden çok daha az duyarlı olmalarına rağmen hepsi hassas birincil patlayıcı ve piroteknik içerirler. Bu nedenle bunların, yıldırım, statik elektrik veya güçlü elektriksiz ortamlardan etkilenmeyeceği düşünülmemelidir. Çünkü yıldırım düşmesi ile güçlü enerji boşalması olur, dolayısıyla elektrikli fırtınanın yaklaştığı veya varolduğu ortamlarda, ateşleme sistemine bakılmaksızın patlatma durdurulmalı ve personel güvenli bir bölgeye alınmalıdır.

#### **5.12.3.2.3. Yemleme hazırlama**

-Dinamit kartuşuna kapsülün yerleştirilmesi için delik açma işleminde kıvılcım çıkarmaz bir alet, örneğin ağaç kullanınız.

-Eğer elektrikli kapsül kullanılıyor ise elektrik tehlikelerini kontrol ediniz.

-Kapsülün dinamit kartuşu içerisine tam olarak yerleştiğinden emin olunuz.

-Kapsül kuyruk tellerine yada şok tüplere bir gerilme uygulandığında kapsülün yerinden çıkmayacak şekilde dinamite yerleşmiş olduğundan emin olunuz.

-Sertleşmiş bir kartuşu yuvarlatarak yumuşatmaya çalışmayınız. Bu hem kartuşun şeklini bozar hem de kapsülün kartuşa tam olarak girmesine engel olur. Yumuşatma yerine kıvılcım çıkarmaz sivri uçlu metal olmayan bir madde ile kapsül deliği açılmalıdır.

-Yemleme delik içinde zorlanmamalı ve dikkatlice deliğe indirilerek yerleştirilmelidir.

-Eğer yemleme, delik içinde herhangi bir yerde sıkışırsa onu hareket ettirmek için kuvvet kullanmaya kalkışılmamalıdır. Bu durumda, genellikle deliğin, sıkışan kısmından ağzına kadar olan bölümü kısmen şarjlanır.

-İçlerindeki, kapsül darbeye veya korozyona maruz kalabileceğinden kartuşlar kesilip yırtılmamalıdır.

-Yemleme deliğe yavaş yavaş indirilmelidir, kendi ağırlığı ile aşırı hızla serbest düşmesine



izin verilmemelidir. Bu durum, kazalara, yemlemenin ve kapsülün zarar görmesine veya kapsülün kesilmesine neden olabilir.

#### 5.12.3.2.4. Kapsülün kartuştan çıkmasından kaynaklanan tehlikeler

- Kapsül, doldurma ve sıkıştırma esnasında darbe görebilir ve erken patlamaya neden olabilir.
- Kapsül, dinamitin patlamamasına yol açabilir. Bu yüzden kapsül dinamit içine tam olarak girmelidir ve kartuş yükü kapsül teline değil sağlam ek kablosuna gelecek şekilde bağlantı yapılmalıdır.

#### 5.12.3.2.5. Küçük çaplı patlayıcı kartuşlarla kullanılan elektrikli kapsüller

- Kapsülün yerleştirilmesi için kartuşun bir ucundan delik açılır.
- Kapsül kuyruk tellerini kartuşa yarım düğüm atarak sıkıca bağlanır. Bu kapsül üzerinde gerilme olasılığını ortadan kaldıracaktır.

#### 5.12.3.2.6. Yemleyici olarak büyük çaplı kartuşlar

- Kartuş ebadının büyük olması nedeniyle kapsül deliğinin yan taraftan açılmasını gerektirebilir.

#### 5.12.3.2.7. Kalıp yemlemeler (Primerler)

- Kapsül, kalıp yemeleme (primer) kanalı içerisinden geçirilir ve kapsül deliğine yerleştirilir.
- Ek güvenlik için kapsül kuyruk telleri kalıp yemlemeye bantlanır.
- Şok tüplü kapsül kullanılması durumunda tüpün kartuşa bantlanması tavsiye edilir. Sert kıvrımlar tüp içersinde şok dalganın ilerlemesine engel olabilir.
- Doğru yemeleme hazırlığı için üretici firmaya danışınız.

#### 5.12.3.2.8. İnfilaklı fitilin yemeleme kartuşuna bağlanması

- İnfilaklı fitil doğrudan yemeleme kartuşuna bağlandığında güvenilir olması için sıkı bir düğüm atılır ve ek olarak yarım düğümle takviye edilir.

#### 5.12.3.2.9. İnfilaklı fitilin kalıp yemlemeye bağlanması

- Fitili kartuş içerisindeki boşluktan geçirin ve yemeleme (primerin) kaymasını önlemek için fitil ucuna bir düğüm atılır.
- Diğer yemlemeler fitil üzerinden kaydırarak indirilir.

#### 5.12.3.2.10. Kapsül ve fitil kullanımı

Kapsül ve fitil kullanıldığında

- Kartuş boyunca diyagonal bir delik açılır.
- Kapsülü yerleştirmek için kartuş ucunun merkezinden bir delik açılır.
- Kapsül ve fitili diyagonal delikten geçirilir.

- Kapsülü kartuşun ucunda açılan deliğe yerleştirin yada
  - a. Kartuş kenarından açılan diyagonal tek bir deliğe kapsül yerleştirin
  - b. Fital kartuşa düğüm atarak bağlayın

Not: Fitle bu şekilde yapılan bağlantı, 180 derece kıvrılmaya karşı koyacaktır.

#### **5.12.4. Deliklerin Doldurulması**

##### **5.12.4.1. Doldurma öncesi**

- Bölgede ilgisiz personel ve ekipman olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- Eğer elektrikli kapsül kullanılıyorsa olası elektrik tehlikeleri kontrol edilir.
  - a. Elektrikli fırtınanın yaklaşması halinde kullanılan ateşleme türü ne olursa olsun bölge derhal boşaltılmalı ve çevre emniyeti alınmalıdır.
  - b. Hava raporları, yıldırım detektörleri yada AM radyo alıcıları, elektrikli fırtınanın yaklaştığını uyarır.
  - c. Herhangi bir kapsül yada patlayıcı maddeyi patlatma sahasına getirmeden önce yakındaki tüm elektrik hatlarının (kabloların) enerjisi kesilmeli ve topraklama ile tamamen boşaltılmalıdır (kapasitans yük).

-Doldurma işlemine başlamadan önce deliklerin doğru boyda (derinlikte) delinip delinmediği ölçülmeli, tıkanma veya delikte su olup olmadığı kontrol edilmelidir.

- a. Delikler herhangi bir taş tıkanmasına karşın kontrol edilmelidir. Delik ağzında sorun çıkarabilecek gevşek taşlar doldurmaya başlamadan önce temizlenmelidir.
- b. Delikler hesap edilenden daha derin delinmişse, delik, tabanını doğru seviyeye çekmek için delikten çıkan kırıntılarla kısmen yeniden doldurulur. Fazla doldurma durumunda patlayıcı şarj kolonunun aşırı yükselmesi ve sıkılama boyunun kısa olması aşırı taş savrulmasına yol açar.
- c. Delikler hesap edilenden kısa delinmiş ise tabanda tırnak kalacağı kesindir. Bu nedenle basınçlı hava ile temizlenmeli yada yeniden delinmelidir.

##### **5.12.4.2. Patlayıcı şarj kolonunun ölçülmesi**

- Şarjlama esnasında ağırlıklı şerit metre ile şarj kolonu boyu sık sık ölçülmelidir. Nispeten kısa ve küçük çaplı deliklerde delik derinliğini ve deliklerde tıkanma olup olmadığını ölçmek için sıkılama çubuğu kullanılabilir.
- Karstik boşluklar yada açık süreksizlikler şarj kolonunun beklenenden kısa olmasına dolayısıyla aşırı savrulmaya yol açabilir. Bu yüzden denetlenmesi gerekir.
- Eğer şarj kolonu beklenen değere yaklaşmakta ise sık sık yapılan ölçüm aşırı şarjlamayı önler ve sıkılamanın istenilen boyda olmasına olanak sağlar. Genel bir kural olarak açık işletmelerde yapılan basamak patlatmalarında sıkılama boyu, yük mesafesine eşit yada patlatma delik çapının 14 ile 28 katı arasında olmalıdır.

##### **5.12.4.3. Küçük çaplı deliklere kartuşların doldurulması**

- Küçük çaplı kartuşların yatay deliklere doldurulması esnasında kıvılcım çıkarmaz bir sıkılama çubuğu kullanılmalıdır. Sıkılama çubuğu ağaç yada sağlam bir plastik

malzemeden yapılmış olmalıdır.

-Görüş ayrılıkları olmasına rağmen ortak görüş yastık kartuşunun küçük çaplı deliklerde kullanılmamasıdır. Bu yüzden deliğe konulacak ilk patlayıcı, yemleme dinamiti (primer) olmalıdır.

- Kapsül ucu daima delik ağzına (ateşleme yönüne) bakacak şekilde yerleştirilmelidir.
- Yemleme kartuş (primer) asla ortadan ikiye bölünmemeli ve yerine sıkıca itilmelidir.
- Çok şiddetli, vurarak yapılan sıkıştırmadan kaçınılmalıdır.

-Yemleme (primer) şarjlandıktan sonra kapsül telleri yeteri kadar gerilerek yukarıda deliğin ağzında sabitlenmelidir. Eğer infilaklı fitil kullanılıyorsa makaradan kesilip sabitlenmeli ve patlayıcılardan uzakta tutulmalıdır.

-Diğer kartuşlar ise ortadan bölünebilir ve sıkıca sıkıştırılabilir. Aşırı sıkıştırma asla yapılmamalıdır.

-Kapsül kuyruk tellerine yada şok tüplere hasar vermemek için azami dikkat gösterilmelidir.

-Yüzeyi pürüzlü veya kil sıvanarak daralmış deliklere kartuş şarjlanmasında, sıkılama çubuğunun kullanılması, asılı kalma olayını önlemede yararlı olur. Eğer kartuş asılı kalır sıkışır, geri çekme kancası ile kartuş geri alınabilir veya sıkılama çubuğu ile vurularak serbestleştirilebilir. Sıkışmış kartuşu kurtarmak için asla, demir matkap, boru, ağırlık kullanılmamalıdır. Kilde sıkışan kartuşu kurtarmak için genellikle su dökülür (kili yumuşatmak için).

#### 5.12.4.4. Büyük çaplı patlatma deliklerinin doldurulması

-Esas patlayıcı, yemleme kartuşunun kapsül kuyruk telleri veya şok tüpler zarar görmeyecek şekilde delik içerisine dikkatlice indirilmelidir.

-Eğer 5kg veya daha az yemleme şarjlanacaksa, kartuşlar kapsül hattına bağlanarak deliğe indirilebilir. Daha ağır miktarlar ve büyük çaplarda ise kapsül tellerinin zarar görmemesi için alçaltma ipi kullanılmalıdır. Büyük çaplı deliklerde nisbeten daha az miktarlarda (0,5kg- 2,5kg) kullanılan kartuşların, delik dibindeki delgi tozları veya çamura gömülmesini önlemek için ana şarjdan ayrı olarak öncelikle deliğe bir kartuş veya az bir miktar toz patlayıcı doldurulması tavsiye edilir.

-Sulu deliklerde ANFO torbalarının deliklere atılması esnasında torbalar yırtılabilir ya da patlayabilir. Bunun sonucunda ANFO, bünyesine su alarak duyarsızlaşma durumları ortaya çıkabilir. Bu tür uygulamalar hem verim kaybına hem de malzeme ziyanına yol açtığından ve daha önemlisi patlatma emniyetini tehlikeye attığından suya dirençli patlayıcılar kullanılmalıdır.

-Kuru ve büyük çaplı deliklerde ANFO'nun dökme olarak kullanılmasında olası bir sorun, deliklerin aşırı bir şekilde doldurulmasıdır ki bu yüzden şarjlama esnasında şarj kolonu boyunun sık sık ölçülmesi gerekir.

-ANFO kullanıldığı hallerde keseklerin iyice ezilmesi şarttır. Dikkatsizce delik içine kaçırılan kesekler deliğin tıkanmasına neden olurlar. ANFO dolumu esnasında sıkılama çubuğu ile sıkılama yapmaya çalışılmamalıdır. ANFO'nun kendi halinde akması ile deliği doldurmasına izin verilmelidir. Sıkılama hareketi kapsül tellerini koparabilir.

-Elektrikli kapsül kullanılmakta ise kapsülün bulunduğu yemleme indirilirken herhangi bir takılma ve zorlanmaya karşı dikkatli davranılmalıdır. Tellerin kopması ihtimaline karşın sert hareketler yapılmamalıdır.

-Kapsül ek tellerinin ayırt edilebilir renklerden olması bağlantının doğru yapılabilmesi için

#### *Açık Ocak ve Taşocaklarında Patlatma*

- çok yararlıdır. Eğer delik içinde birden fazla kapsül var ise aynı kapsülden çıkan telleri karıştırmamak için gereken önlem alınmalıdır.
- Taş savrulmasına karşın delik ağızlarına yakın, serbest halde bulunan taşlar atım sahasından uzaklaştırılmalıdır.
  - Yerüstü patlatmalarında sıkılama malzemesi olarak kuru deliklerde delicilerin çıkardığı malzeme kullanılabilir (çok ince ve yaş olmamak kaydıyla), ancak sulu deliklerde köşeli parçacıklardan oluşan akışkan özelliğe haiz, konkasörlerin 25 mm altı by-pass malzeme en etkin sıkılama işlevi görür.
  - Atım sahasında kesinlikle sigara içilmesine müsaade edilmemelidir.

#### **5.12.4.5. Harici elektrik ve pnömatik şarjlama**

- Basınçlı hava ile yada vakum-emme (venturi) yapan şarjlayıcılar kullanılarak pnömatik olarak şarjlama yapılan patlatma deliklerinde elektrikli kapsül kuyruk telleri üzerinde statik elektrik oluşumunu önlemek için şarjlayıcı topraklanmalı ve antistatik (yarı iletken) hortum, boru, vb. kullanılmalıdır. Bu topraklama işlemi, borulara, hava hatlarına yada yer akımlarına karşı çok iyi iletken olan diğer parçalara asla uygulanmamalıdır.
- Küçük çaplı patlatma deliklerini pnömatik şarjlamada plastik astarlar kullanılmamalıdır. Çünkü bu statik elektrik oluşma riskini artırır.
- Elektrikli kapsüller ile patlatma yapılıyor ise yarı iletken şarjlayıcı hortum kullanılmalıdır.

- a. En az direnç 1,000 ohms/ayak (30 cm)
- b. Toplam direnç 10,000 ohms
- c. En yüksek toplam direnç 2,000,000 ohms olmalıdır.

- Harici elektrik bir sorun ise yada kapsül kuyruk telleri üzerine pnömatik şarjlamanın yapılması tüzüğe aykırı ise elektrikli olmayan ateşleme sistemi kullanılmalıdır. Bu tehlikeyi tamamen gidermemektedir, bu yüzden önceden bahsedilen emniyet önlemleri yine izlenmelidir.

#### **5.12.4.6. Sıkılama ve bağlantı**

- Tüm delikler doldurulduktan sonra, deliklerdeki kapsüller kontrol edilmeden sıkılama yapılmamalıdır.
- Kontrolde, patlatma için özel ölçü aleti kullanılmalıdır. Elektriksiz sistemler ise gözle ve elle çekilerek şok tüpün dolumda zarar görüp görmediği kontrol edilmelidir.
- Eğer, yemlemenin veya ateşleme sisteminin hasara uğradığına dair bir işaret varsa ya da herhangi bir kapsül telinin veya şok tüpün koptuğundan, kesildiğinden kuşku duyuluyorsa yedek yemleme deliğe yerleştirilip delik daha sonra sıkılanmalıdır.
- Sıkılamada hattın fazla gerdirilmemesine dikkat edilmelidir.
- Sıkılama malzemesi temiz olmalı ve düşey deliklerde kullanılıyorsa akıcı olmalıdır. İri tanelerden sakınılmalıdır çünkü hatta zarar verebilir veya köprü yapıp deliği tıkayabilir.
- Boş kartuşlar, kağıt ya da plastik torbalar, patlayıcı kutuları veya diğer tür yanıcı materyaller sıkılama için kullanılmamalıdır.
- Yatay veya yukarı doğru delinen deliklerde, sıkılama torbaları, kil veya sıkılama tıkaçları kullanılır.
- Sıkılama işi bittikten sonra patlatma sorumlusu, boş kutuların, torbaların ve fazla patlayıcıların patlatma bölgesinden uzaklaştırıldığından emin olmalıdır. Bu işlem bağlantı

yapılmadan önce yapılmalı ki personel dolaşırken bağlantıya zarar vermesin. Artan patlayıcı, kamyona yüklenip depoya yollanmalıdır.

-Boş kutular, ambalajlar uygun uzak bir yerde yakılarak imha edilmelidir. Kesinlikle atım sahasında veya yakınında paketleme malzemeleri yakılmamalıdır. Bu kutular yakılmadan önce kontrol edilmeli ve içerisinde patlayıcı kalmadığından emin olunmalıdır.

### 5.12.5. Atımın Devre Bağlantısının Yapılması ve Ateşleme

#### 5.12.5.1. Ekip sayısı

-Atımın devre bağlantısını yapacak ekip en az sayıda kişiden oluşmalıdır.  
-Son kontrolden tek bir kişi sorumlu olmalıdır. Kontrol patlatma tasarımına uygun yapılmalıdır.

#### 5.12.5.2. Elektrikli Ateşleme Devreleri

-Seri devre en basit, en güvenilir ve en emniyetli olanıdır.  
-Aynı anda birden fazla sayıda atım yapılması gerekiyorsa ve bir atımda ateşlenecek kapsül sayısı çok fazla ise paralel-seri devre kullanılmalıdır.  
-Basit paralel devre kullanılarak yapılan ateşleme kesinlikle kullanılmamalıdır. Çünkü devreye yüksek miktarda akım gerekirken olup manyetolar bunu sağlayamamaktadır. Ayrıca, kısa devre yada kırılmış, kopmuş teller varsa bunlar kontrol edilememektedir.  
-Her bir serideki kapsül omaj grubunun aynı olması gerektiğine dikkat edilmelidir. Bu yüzden depoda kapsüller, geliş tarihi, omaj grubu ve gecikme numaralarına göre düzenli bir şekilde muhafaza edilmelidir.

#### 5.12.5.3. Çıplak tellerin bağlanması ve önlemler

-Kapsüllere kablo eklemesi yaptıktan sonra mutlaka sağlamlığı kontrol edilmelidir  
-Ek yapmada yeteri kalınlıkta ve çok damarlı teller kullanılmalıdır. Eklenecek tel, yeni ve uygun bakır tel olmalıdır.  
-Ek yerleri iyi temas sağlamalı ve çekme dayanımına sahip olmalıdır. Ek yerleri kesinlikle izolebantla izole edilmelidir.  
-Devre bağlantısında karışıklığa yol açmaması için delikler arasında kalan uzun kapsül telleri genelde sarılmakta yada kesilmektedir. Bu tür uygulama paralel ve seri devrelerde, devre omajının (direncinin) değişmesine yol açabilir.  
-Kısa devre, akım kaçağı yada harici elektrik oluşumunu önlemek için çıplak tel bağlantılarının birbiriyle yada toprakla temas etmesine asla izin verilmemelidir.

#### 5.12.5.4. Elektrik devre bağlantısı yapıldıktan sonra

-Her bir devre kısmının bağlantısı yapıldıktan sonra devrenin sürekliliği ve gerçek omajı sadece özel amaçlı patlatma ohmmetresi kullanarak ölçülmelidir.  
-Piyasada satılan normal elektrik devresi ölçen cihazlar patlatma amaçlı olmadığından çok tehlikelidir ve asla kullanılmamalıdır.  
-Patlatma öncesi son devre bağlantısı yapılıncaya değin her delikten çıkan teller kısa devre yapılmalıdır.

- Atım ateşlemeye hazır oluncaya değin uzatma kablosu atım yapılan yerde kısa devre yapılmış halde tutulmalıdır.
- Tüm bağlantılar yapıldıktan sonra, patlatma sorumlusu, ateşleme için sahayı boşaltmadan önce devreyi incelemeli ve unutulmuş bir bağlantı veya şarjlanmayan bir delik olup olmadığından emin olmalıdır.

#### **5.12.5.5. Elektrikli patlatmanın ateşlenmesi**

- Ateşleme için bu amaçla üretilmiş uygun kapasitede ve sağlıklı patlatma cihazı kullanılmalıdır. Eskimiş yıpranmış cihazlar kullanılmamalıdır. Zaten tüzük gereği bu cihazların her ay kontrol edilmeleri şarttır.
- Ateşleme cihazı yerine asla jeneratör, akü veya şebeke cıreyanı yada batarya kullanılmamalıdır. Çünkü bunların çıkış gücü bilinmediğinden atımın sadece bir kısmının patlamasına, bazı deliklerin patlamamasına neden olabilir.
- Üretici firmaların tavsiye ettiği ateşleme akımlarının üzerinde ateşleme yapılmamalıdır.

#### **5.12.5.6. İnfilaklı fitille yapılan ateşleme**

- Bağlantı düğümünün sıkı ve güvenilir olduğundan emin olunmalıdır.
- Çok gergin hatlardan ve geniş açılardan kaçınılmalıdır.
- Fitilin kendi üzerinden geçerek kendini kesmesine asla izin verilmemelidir.
- İnfilaklı fitil devresinin tasarımı, devreyi ateşlemede kullanılan kapsülden başlayan infilakın, her bir patlatma deliğine en az iki koldan ulaşabileceği şekilde yapılmalıdır.
- Devre bağlantısı ve yüzey gecikme röleleri bağlantısı yapıldıktan sonra devre son kez gözle kontrol edilmelidir.
- Düğüm ve gecikme rölelerinin birbirinden en az 30 cm uzaklıkta olmasına özen gösterilmelidir. Hatların birbiri üzerinden atlamasına asla izin verilmemelidir.
- Ateşleme yapıncaya değin ateşleme kapsülü fitile asla bağlanmamalıdır.
- Ateşleme kapsülü ateşleme yönüne bakacak şekilde yerleştirilmelidir.

#### **5.12.5.7. Emniyetli fitil-adi kapsül ile ateşleme**

- Fitilin ateşlenecek ucu temiz bir şekilde 45 derece eğimle kesilir
- Fitilin kapsülün içine girecek ucu 90 derecede kesilir ve fitil kimyevi maddelere temas edene kadar yavaşça sokulur. Hareketlerin yumuşak olmasına dikkat edilmelidir.
- Kapsül boğaz kısmından (5 mm kadar) özel pense ile düzgünce boğulur.
- Bu iş için kesinlikle dişler veya başka bir alet kullanılmamalıdır.
- Adi kapsül, içinde çok hassas kimyevi maddeler bulundurması nedeniyle sürtünme, darbe, çarpma ve ısıya karşı oldukça duyarlıdır. Kapsül dinamit kartuşuna yerleştirilirken bile hareketler yumuşak olmalıdır.
- Adi kapsülün su sızdırmazlığı olmadığından sulu deliklerde asla kullanılmamalıdır. Bazı yerlerde gresle sızdırmazlık sağlanmakta ise de asla yapılmamalıdır.
- Çok sayıda deliği ateşlemede emniyetli fitil kullanıldığında;
  - a. Tüm fitiller aynı boyda olmalıdır
  - b. Fitil boyları gecikme sürelerini tayin eder. Bu yüzden kullanmadan önce yanma hızı sık sık kontrol edilmelidir.
  - c. Fitil kendi kendisini kesmemelidir.
  - d. Ateş bölgesinden, telaşa kapılmadan uzaklaşabilecek süre ve buna karşılık gelen fitil boyu titizlikle hesaplanmalıdır.

- Bir kişinin bir defasında yakabileceği fitil sayısı sınırlıdır. Sayı mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Emniyetli fitille ateşleme en çok 2 kişi tarafından yapılmalıdır.
- Yakma sırasında en güvenilir zaman ölçer eldeki meşaledir (mıçadır). Yakma süresine karşılık gelen uzunlukta kesilen ve çentiklenen meşale ile fitiller yakılır. Meşalenin yanması bitince ne olursa olsun bölgeden uzaklaşılmalıdır.

#### 5.12.5.8. Fitillerde görülen başlıca kaza sebepleri

- Bir seferde çok fazla sayıda fitil ateşlenmesi.
- Islak yada bozuk fitil kullanılması.
- Ateşlemenin yetersiz yada doğru yapılmaması.

#### 5.12.5.9. Genel önlemler

- Emniyetli fitille yapılan ateşleme, genelde diğer ateşleme yöntemlerinden çok daha tehlikelidir.
- En son ateşleme sistemleri (infilaklı fitil, şok tüplü kapsüller, detaline cord gibi) kullanılacaksa bunların bağlantılarının doğru yapılması için üretici firmaya danışılmalıdır.

#### 5.12.6. Atımın Ateşlenmesi

##### 5.12.6.1. Ateşleme zamanı

Şarjlama işlemi tamamlandıktan sonra mümkün olduğunca kısa sürede ateşleme yapılmalıdır. Eğer, patlatma sırasında çalışma durdurulmuyorsa, önlem olarak, öğlen yemek arası, vardiya değişimi ya da iş bırakma zamanları gibi personelin sahada olmadığı zamanlarda patlatma yapılmalıdır.

- Kazaların çoğu bu zamanda oluşur.
- Ateşçi, olası taş savrulması menzili içinde hiç kimse bulunmadığından emin olmalı, atım sahası yakınındaki insanların emniyeti için gereken ek önlemlerin alınmalıdır.
- Uygun görülen zamanın dışında, izin almadıkça ve atımdan etkilenebilecek insanlar ikaz edilmedikçe asla ateşleme yapmamalıdır.
- Eğer belirli saatlerin dışında veya herhangi bir zamanda atıma izin veriliyor ise, atım sahası yakınında ki insanların emniyeti için gereken ek önlemler alınmalı ve bundan emin olunmalıdır.

##### 5.12.6.2. Patlatmadan hemen önce

- Atım sahası, ateşlemeden 20 dakika önce tüm personel ve ekipmanlardan arındırılır.
- Ateşçi, ateşlemeden 20 dakika önce, atım sahasına olan tüm girişlere görevli koyup gerekli talimatları vermelidir.
- Atım sahası boşaltıldıktan sonra, sorumludan izinsiz kimse boşaltılan sahaya dönemez.
- Patlatma sorumlusu, kendisi çevreyi araştırmalı ve hala bölgede gezinen şahısları güvenli yere girmeleri için yönlendirmelidir.
- Ateşçi, tüm bölgenin boşaltıldığından emin olunca güvenlik görevlilerine telsizle son talimatlarını vermelidir ve tekrar bölgeye giriş olmadığından emin olmalıdır.
- Ateşlemeden 5 dakika önce ateşçi, herkesle bağlantı kurup ateşlemenin yapılmak üzere olduğunu bildirmeli ve telsizlerin kapatılmasını istemelidir. Daha sonra ateşçi, 2 dakika

### *Açık Ocak ve Taşocaklarında Patlatma*

- siren çalar (bu, telsizle haberleşmenin yerinedir).
- Ateşlemeden 1 dakika önce tekrar siren çalınır ve ateşlemeye kadar sürer.
- Ateşçi tüm gerekli kontrolleri ve ölçümleri yapar (devrede kesiklik olmadığı, devrenin direnci).
- Ateşçi, ateşlemeyi resmi kurallara göre yapar.
- Ateşleme yapılırken mesafeye bakılmaksızın kimsenin atıma karşı durmaması önemle tavsiye edilir. Açık işletmelerde 1000m uzaklığa kadar kaya fırlaması olmuştur.
- Manyeto, elektriksiz ateşleme sistemi için başlatıcı veya ateşlemede kullanılan her türlü ekipmanın himayesinden ve bakımından ateşçi sorumludur.
- Devre tamamlanıp elektriksel kontrolü yapıldıktan sonra atım sahası son kez gözle denetlenir. Daha sonra, ana hat, atım sahasından ateşlemenin yapılacağı güvenli bir yere çekilir.
- Devreyi ana hatta bağlamadan önce, ana hat patlatma galvanometresi ile test edilmeli ve akımın devamlılığına bakılmalıdır. Eğer, ana hat olarak elektriksiz hat kullanılıyorsa, bağlantılar ve kontrol için üreticinin tavsiyeleri dikkate alınmalıdır.
- Hat, ateşleme kaynağına bağlanmadan önce tekrar test edilip hattın devamlılığından emin olunmalıdır.
- Eğer devre tamamsa, hat, ateşleme kaynağına bağlanır ve patlatma ikaz sirenine kadar beklenir. İşaret alındıktan sonra ateşleme yapılır.

#### **5.12.6.3. Koruma**

- Patlatma sahasına ilgisiz kişilerin girmesini önlemek için yeterli sayıda nöbetçi bulundurulmalıdır.
- Nöbetçiler, taş savrulması, kaya fırlaması ve zehirli gazlardan etkilenmeyecek şekilde güvenli bir uzaklıkta bulunmalıdırlar.

#### **5.12.6.4. Patlatmanın yaklaştığını uyarıcı siren çalma**

- Patlama öncesi işitilebilir mesafesi yaklaşık 750 m olan uyarıcı bir siren çalınmalıdır.
- İkaz ve uyarı levha işaretleri konulmalıdır. İşaretler yada işitilebilir uyarıcı cihazlar tek başına patlatma sahası dışında bulunanlar için güvenilir değildir. Bu tür uyarıcı sistemler bölgedeki kişilerce anlaşılabilir ve sahanın tehlikeli olduğunun farkında olmayabilirler.

#### **5.12.6.5. Nöbetçilerle haberleşme**

- Birden fazla atım yapılacaksa bu durum nöbetçilere bildirilmelidir.
- Tüm atımın ateşlenmesi yapılsa bile nöbetçi işitilebilir yada gözle görülebilir işaret almadıkça hiç kimsenin bu bölgeye girmesine müsaade etmemelidir. Eğer nöbetçi şüphe ediyorsa saha güvenlik altında tutulmalıdır.

#### **5.12.6.6. Ateşçi tarafından alınması gereken önlemler**

- Taş savrulması, sarsıntı, zehirli gazlardan korunmak için emniyetli bir ateşleme yeri seçilmelidir.
- Nöbetçiler ile kişisel yada görsel haberleşmede bulunulmalıdır.
- Ateşleme cihazı kolunu çevirmeden yada düğmesine basmadan hemen önce nöbetçilere haber vermeli ve nöbetçilerden olumlu yanıt alınmalıdır.



- Eğer atımda bir sorun çıkarsa
  - a. Güvenlik önlemleri alınmalı ve
  - b. Sorun ateşçi tarafından giderilmelidir.

#### 5.12.6.7. Ateşçi ile nöbetçiler arasındaki haberleşme uygun ve olanaklı değilse

- Nöbetçiler, tüm atım ateşleninceye kadar ve
- Patlatma faaliyetleri tamamlanıncaya değin güvenliği sağlamalıdır.

#### 5.12.6.8. Ateşlemede genel yöntem

- Patlatma sahası tamamen boşaltılmalı ve güvenlik önlemleri alınmalıdır.
- Patlatma faaliyetleri tamamlanıncaya değin güvenlik kesintisiz sağlanmalıdır.

#### 5.12.6.9. Yerüstü ocaklarda gece yapılan patlatma

- Yerüstünde geceleyin patlatma yapılması yasak ve sakıncalıdır.

#### 5.12.7. Patlatma Sonrası Alınacak Önlemler

- Atımdan sonra saha incelenmeden önce, ana hat manyetodan ayrılarak kısa devre halinde bağlanmalı ve anahtar ile makine birlikte alınmalıdır.

##### 5.12.7.1. Taş savrulması

- Atımdan sonra güvenli yerde 1 dakika kalarak herhangi bir kaya fırlamasının yol açacağı zarardan korunmak doğru bir alışkanlıktır. Atımın yakınına gitmeden önce, atım sonrası saha durumu dikkatlice incelenmelidir.
- Tüm taş savrulması ortadan kalksa dahi patlatma sahasında zehirli gazlar ve gevşek kaya tehlikesi olduğu asla akıldan çıkarılmamalıdır.
- Pasa genellikle duraysızdır ve aniden herhangi bir işaret vermeden kaya yuvarlanması olabilir. Yeraltında ise tavan ve duvarlardan düşmeler olabilir.
- Atımdan kaynaklanan titreşim (yer sarsıntısı), atım sahasından uzaktaki bölgelerde bile duraysızlığa neden olabilir. Atımdan önce güvenli olan bölge atımdan sonra güvensiz hale gelebilir veya çökebilir.

##### 5.12.7.2. Zehirli gazlar

- Patlatma gazları dağılmadan patlatma sahasına girilmemelidir. Bunun için gerekli bekleme süresi yerüstü patlatmalarında en az 1 dakika, yeraltı patlatmalarında ise havalandırma tertibatına bağlı olarak en az 1 saat ve daha yukarıdır.
- Patlamama durumlarında emniyetli fitil-adi kapsül kullanılırsa bekleme süresi en az 1 saat elektrikli ateşleme sistemlerinde ise en az 5 dakikadır.

##### 5.12.7.3. Patlatma sahasına girilmesi

- Patlatma sahasına giren kişi personel için tehlike arz edecek gevşek kayalar olup olmadığını kontrol etmelidir.

-Eğer varsa, bu tür gevşek kayalar düşürülmeli ve patlatma sahası tehlikeden arındırılmalıdır.

-Patlamamış patlayıcı olup olmadığını anlamak için;

- a. Pasa yığımında patlayıcı yada infilaklı fitil olup olmadığı,
- b. Patlatma deliğinde kapsül telleri, infilaklı fitil yada şok tüp olup olmadığı,
- c. Atım sonrası düzgün bir kırılma yada orta çekme olup olmadığı,
- d. Düz ve patlama öncesindeki haliyle duran zemin (patlamamış delik) bulunup bulunmadığı kontrol edilmelidir.

-Hiçbir tehlike olmadığından emin oluncaya değin diğer personelin patlatma sahasına girmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır.

-Kesinlikle gerekli değilse pasanın üzerinde dolaşılıp araştırma yapılmamalıdır.

-Atım sonucu araştırılırken daima yakındaki biriyle temas halinde olunmalıdır.

### **5.12.8. Patlamamış Patlayıcıların Elden Çıkarılması**

#### **5.12.8.1. Patlamamış şarjın elden çıkarılması**

-Yatay yada sığ deliklerde patlamamış olan patlayıcıyı çıkarmak için su püskürtme yada basınçlı hava yöntemi kullanılır. İşlemi yapan kişi tecrübeli olmalı ve gözlük gibi koruyucu malzeme kullanmalıdır. Geniş çaplı deliklerde iç içe iki PVC boru gerekli olabilir.

-Bir ışık kaynağı kullanarak delik gözle incelenmelidir. Delik içerisinde hiçbir patlayıcı kalmadığından emin olunmalıdır.

#### **5.13.8.2. Patlamamış deliklerin yeniden ateşlenmesi**

-Patlamamış patlayıcının delikten çıkarılması çok zor ise diğer bir yöntem patlayıcının patlatılmasıdır. Bu işlem için azami önem gösterilmelidir.

-Delik ağzından uzanan kapsül telleri, tüpleri yada infilaklı fitil kontrol edilmelidir. Hiçbir hasar görmemişler ise yeniden bağlantısı yapılarak ateşlenir.

-Eğer bu mümkün değil ise;

- a. Sıkılama malzemesi dikkatlice dışarı çıkarılır.
- b. Şarjın üst kısmına yeni bir yemleme (primer) patlayıcı yerleştirilir.
- c. Delik yeniden ateşlenir.

#### **5.12.8.3. Patlamamış şarjın bertarafı**

-Delik su ile doldurulur.

-Patlamamış delik yakınındaki kaya dikkatlice kazılır. Ekskavatör operatörüne uzman bir kişi yol göstericilik yapmalıdır.

#### **5.12.8.4. Patlamamış delik yakınına yeni bir delik delinmesi ve ateşlenmesi**

-Bu yöntem pek tavsiye edilmemektedir.

-Çünkü oldukça tehlikeli bir operasyondur.

-Tüzükte böyle bir deliğin en az 30 cm yakınında yeni bir delik delinmesi yazılı ise de, bu kadar kısa mesafe açık ocaklar için yetersizdir.

#### 5.12.8.5. Bozulmuş yada hasar görmüş patlayıcıların elden çıkarılması

- Patlayıcı üretici firmasına danışılmalıdır.
- Bozuk ya da hasar görmüş patlayıcı, üretici firma uzmanları tarafından imha edilmelidir.

#### 5.12.9. Acil Durumda Uygulanacak Kurallar

1. Sakin ol ve durumu değerlendir
2. Kendin ve diğerleri için herhangi bir tehlikeli durum olup olmadığını denetle
3. Yaralanan kişiye ilk yardım uygula
4. Telsiz veya telefonla haberleşmeye geç
5. Eğer gerekiyorsa bölgenin güvenliğini sağla

Acil durumda haberleşirken;

- 1- Panik yapmadan ve açık sesle İMDAT İMDAT İMDAT diye bağıarak yardım iste
- 2- a. Adını  
b. Acil durum yerini  
c. Acil durum türünü  
d. Gereken yardımı, belirt.
- 3- Mesajının açıkça anlaşıldığından emin ol.
- 4- Genel hat boş olmadıkça telsiz trafiği sürdürülmez.

#### 5.12.10. Elektriksel Tehlikeler Hakkında Geniş Bilgi

Elektrikli kapsüller, normal şartlarda infilaklı fitil veya elektriksiz kapsüllerin etkilenmeyeceği tehlikelere maruz kalabilirler. Asıl tehlike dış kaynaktan kapsüle elektriğin girmesidir.

- Elektriksel enerji, bir kapsül devresine yıldırım, statik elektrik, telsiz ileticiler veya hatalı elektriksel ekipmandan kaynaklanan zemindeki akım kaçakları ile girebilir.
- Elektrikli kapsüller, olası tehlikeleri bilinerek doğru şekilde kullanılırsa güvenli bir ateşleyici olarak değerlendirilebilir.

#### 5.12.10.1. Statik elektrik

Topraktan izole olmuş bir kişi veya ekipmanın üzerinde elektrostatik yük oluşabilir ve depolanabilir. Bir statik yük, uygun lastik materyallerin hareketleri veya sürtünmesi sonucu yaratılabilir. Patlatma operasyonlarında, ANFO veya benzer patlayıcının deliğe dökülmesi veya hava ile şarjlanması sırasında plastiklerin sürtünmesi, sentetik giysilerin sürtünmesi, kuru rüzgar esintisi, kum ve kar fırtınaları ve araç motorlarının egzozlarından statik elektrik oluşabilir.

- ANFO, şarj hortumundan basınçlı olarak iletilirken, hortumun içinde sürtünmeli temastan dolayı priller statik yük kazanırlar. ANFO üzerinde 60.000 Volt'a kadar statik yük ölçülmüştür.

## Açık Ocak ve Taşocaklarında Patlatma

- İnsanlar veya ekipman üzerinde biriken statik elektrik yük seviyesi büyük ölçüde değişkendir. İnsanlar için, giysi türüne, ayakkabısının iletkenliğine ve derisinin kuruluşuna bağlıdır.
- Havadaki nem, statik elektrikten dolayı doğabilecek tehlikeleri önemli ölçüde azaltır. Nem oranı nisbeten yüksekse, yüzeyleri kaplayan ince nem tabakası statik yükü iletmeye yardım eder.

Eğer statik elektrik yüklü biri, elektrikli kapsül kovasını elinde tutarken tellerini zemine düşürürse (veya tersi durumda ), bu durumda eczanın çevrelediği direnç teli ve kapsül kovası arasında bir statik boşalma olur. Bu durum kapsülün ateşlenmesine neden olabilir.

Adi kapsüller, kapsül içindeki fitilin çekirdeğinden metal kovana doğru statik kıvılcım boşalması nedeniyle infilak edebilir.

Kapsüllerin üzerine ANFO şarjlanırken, yarı iletken şarjlama hortumu ve şarjlama sistemine uygun topraklama gerekir. Ayrıca yarı iletken botlar giymek ve elektriksiz kapsül kullanmak tavsiye edilir.

- Hava ile ANFO şarjı yapılırken kullanılan ateşleme sistemine bakılmaksızın yarı iletken şarjlama hortumu kullanılmalıdır.
- Şarjlama hortumunun elektriksel direnci tipik olarak;
- 15.000 ohm/m ile 2.000.000 ohm / (toplam uzunluk), arasında olmalıdır.
- Statik yükleri güvenli olarak boşaltmak için şarjlama sistemi ve toprak arasındaki elektriksel direnç 1.000.000 ohm'u geçmemelidir. Fazla dirençler statik yüklerin tehlikeli seviyelerde birikmesine neden olabilir.
- Operatör, üzerinde statik elektriğin birikmesini önlemek için izole edilmiş eldivenler giymemeli ve eli doğrudan şarjlama hortumuna temas etmelidir.
- Eğer elektrikli kapsül üzerine ANFO havayla şarjlanıyorsa, kapsüllerin korunumlu kibritbaşına sahip olduğundan ve kapsül tellerinin plastik muhafazasında bağlı halde bulunduğundan emin olunmalı ve kapsül telleri bağlantı yapılmadan hemen önce ayrılmalıdır.
- Plastik delik kaplamaları, elektrostatik yüklerin toprağa boşaltılmasını önlerler ve büyük statik voltajların birikmesine neden olurlar. Bu nedenle, yalıtkan (örneğin, plastik) delik kaplamaları içinde asla elektrikli kapsül kullanılmamalıdır.
- Elektrikli kapsüller her ne kadar statik elektrikle atışlanmaya karşı büyük oranda emniyetli olmalarına rağmen, hava ile ANFO şarj edilirken, yalıtkan delik kaplaması içine yerleştirilmemelidir.

### 5.12.10.2. Akım kaçakları ve elektromanyetik alanlar

#### 5.12.10.2.1. Akım kaçakları

Bir bataryadan, transformatörden ya da jenaratörden bir güç hattı boyunca elektriksel ekipmana giden elektrik akımı, daima bulabildiği herhangi bir yoldan tekrar kaynağına dönecektir. Bu kaçak akımlar, çıplak uzun iletkenler üzerinden (örneğin, raylar, çelik borular veya toprağın kendisi) gidebilirler.

- Toprak ve temas dirençleri nisbeten fazla olduğu için zeminde iki nokta arasında, bir kapsülün ateşleyecek şekilde yeterli akımın sağlanması olağan değildir. Bununla beraber, iyi iletkenler ve toprak arasında tehlikeli akımlar ve voltajlar bulunabilir.

- 0,15 A'lık akım ve 0,15 V'luk voltaj tehlikeli olarak değerlendirilir.
- Açık ocaklar ve taş ocakları için, deliciler ve pompalara enerji getiren kablolar, en büyük akım kaçakları kaynağı olabilirler. Bu kabloların hatalı izalasyonu, bunları muhtemel bir kaçak akım kaynağı yapar. Bu gibi ekipmanın kullanıldığı her yerde akım kaçakları beklenmelidir.
- Elektrikli kapsül devresi, sürekli iletkenlerden uzakta tutulmalıdır.
- Akım kaçaklarının yarattığı tehlikeler, büyük ölçüde şöyle azaltılabilir:

Tüm elektriksel ekipmanları düşük dirençli toprağa bağlamak (örneğin, <1 ohm)  
Kabloların ve izolatörlerin bakımının iyi yapılması  
Kapsül tellerini bağlı olarak bırakmak ve bağlantı yapıldığı kadar izole etmek  
Ateşleme hattını ve kapsül devresini, yerden, diğer iletkenlerden ve muhtemel kaçak akım kaynağından izole etmek  
Tüm patlatmaların kaçak akım tehlikesi olmayan yerlerden ateşlenmesi

### 5.12.10.2.2. Elektromanyetik alanlar

Yüksek gerilim hatları ve trafo merkezleri buldukları yerin yakınında elektromanyetik alanlar oluştururlar. Bunlara yakın bölgelerde Çizelge 10'da verilen güvenli uzaklıklardan daha yakın mesafeler içinde elektrikli ateşleme yapılmaması önerilir:

Çizelge 10. Elektromanyetik alanlar için güvenlik uzaklıkları.

İLETİM HATTINDAKİ VOLTAJ	MİNİMUM EMNİYET MESAFESİ (m)			
	KAPSÜL TELİ UZUNLUĞU (M)			
	1,8	2,5	3,6	5,0
33.000	100	100	100	150
66.000	100	150	200	250
132.000	200	250	400	500
330.000	500	650	950	1300

### 5.12.10.3. Radyo frekans enerjisi

Bazı durumlarda, uzunluğuna ve yönelimine bağlı olarak elektrikli kapsül telleri bir anten gibi davranır. Eğer, her nasılsa anten gibi ayarlanmış kapsül tellerine yeterince yakında güçlü radyo frekans ileticileri çalıştırılıyorsa, yeterli akım kapsülün ateşlenmesine yol açabilir.

- Işımsal RF ileticileri (askeri tesisler, deniz kuleleri ve telsiz ileticileri vb.) kuvvetli ışın güçlerinden dolayı ciddi tehlike kaynaklarıdır.
- Çıkış güçleri düşük olmasına rağmen, doğrudan atım sahasına getirilebildikleri için mobil el ve araç telsizleri ve cep telefonları potansiyel tehlike sayılmalıdır. Bunlar, elektrikli kapsül kullanılan yerlerden uzakta tutulmalıdır.
- Atım sahasında, alıcıların kapatılmasını hatırlatan ikaz işaretleri yerleştirilmelidir.

Eğer kapsül telleri alındığı gibi sarılı halde ise, radyo alıcıları elektrikli kapsüllerin taşınması esnasında tehlike oluşturmaz. Bu şekilde taşıma, indüklemeye akım oluşmasını önler.

#### *Açık Ocak ve Taşocaklarında Patlatma*

- Elektrikli kapsüller, kullanımları gerekene kadar alındıkları gibi sarılı halde bırakılmalıdır.
- Eğer, elektrikli kapsül taşınmasında telsiz sistemi olan araçlar kullanılıyorsa;

Kapsüller, ahşapla kaplı metal kutularda taşınmalı ve Kapsüller, bu kutuya yerleştirilene veya buradan alınana kadar, telsiz sistemi kapatılmalıdır.

#### **5.12.10.4. Ark**

Elektrik enerjisi bir devreden geçerken, kapsül direnç teli ile kapsül kovani arasında ark yapması olasıdır. Bu durum, ateşlenen ince kapsül kovainde küçük bir delik açabilir ki bu olay (pin-holing) gecikmeli kapsüllerin tahminden farklı zamanda yanmasına neden olabilir.

- Kapalı haldeki kapsül içinde, piroteknik gecikme elemanı belirli hızda yanmak üzere tasarlanmıştır. Eğer kovan delinirse, gecikme elemanının yanma hızı da düzensiz olacaktır.
- "Ark" ve "pin-holing" durumları, kapsül tellerine yaklaşık 50 Volt'dan daha fazla alternatif akım (A.C.) voltajının verilmesi durumunda görülebilir.

#### **5.12.10.5. Yıldırım**

Üzerine doğrudan yıldırım düşmesi sonucu herhangi bir patlayıcının infilak etmesi beklenir ama elektrikli ateşleme devreleri bir kaç kilometre uzaktaki yıldırım düşmesi olayından dahi etkilenebilirler.

- Patlatma işlerinde, yıldırım düşmesi sonucu elektriğin patlatma devresine girip kapsülleri ateşlemesi ölümcül kaza nedenlerinden biridir.
- Zeminin iletken olduğu durumda (örneğin sülfürlü cevherler) ve sürekli iletkenlerin (metal borular, kablolar veya raylar) yakınında ateşleme devresinin yıldırım düşmesi ile ateşlenme riski daha yüksektir.
- Patlatma alanı elektriksel fırtınaya maruz kalırsa, şunlar önerilir:

Havadaki elektriksel aktivitelerin fazla olduğu mevsimlerde yıldırımsavar kullanılmalı.

Patlatma ekibini uyarmak için ikaz işaretleri düşünülmelidir.

Elektriksel fırtınanın kopmak üzere olduğu veya yaklaştığı durumda, patlatma operasyonları kesilmeli ve alan tüm insanlardan arındırılmalıdır.

#### **5.12.11. Sonuç**

Tüm patlayıcı maddeler tehlikelidir ve bu yüzden ilgili mevzuat hükümlerine göre taşınmalı, depolanmalı ve kullanılmalıdır. Aksi halde kazalar kaçınılmaz olur.

Patlayıcı maddenin ilk depolanmasından patlatma sonrasına kadar olan tüm aşamalarda alınması gereken emniyetle ilgili tavsiyeler bunlarla sınırlı değildir. Bu yüzden, daha ayrıntılı bilgiye ihtiyaç duyulduğundan patlayıcı madde üretici firmalarının talimat ve yönergelerinden yararlanmak faydalı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Abdullahoğlu, A. E., 1993, Ticari Patlayıcı Maddeler Özellikleri ve Seçimi, 13. Madencilik Kongresi, Ankara, s. 137-194.
- Bergman, O. R., 1983, Effect of Explosives Properties, Rock Type and Delays on Fragmentation on Large Model Blasts, 1st International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Lulea, Sweden, pp. 71-78.
- Bilgin, H.A., 1986, Açık İşletmelerde Patlatma Sorunları ve Tasarımı, TKİ Eğitim Seminer No.2, ODTÜ, Ankara, 102 sayfa.
- Bilgin, H. A., Paşamehmetoğlu, A. G., 1986, Kayaların Patlatılabilirlikleri ve Delinebilirlikleri Üzerine Bir Çalışma, 1. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, Ankara, s. 113-125.
- Bilgin, H. A., Paşamehmetoğlu, A. G., Özkahraman, H. T., 1994, Effect of Dominant Discontinuity Orientation in Blasting: A Case Study, Proceedings of Symposium on Mine Planning and Equipment Selection'94, A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 663-668.
- Bilgin, H. A., 1995, PATARGE Projesi 5. Ara Rapor, Ankara.
- Bilgin, H. A., Esen, S., Kılıç, M., Erkoç, Ö. Y., Aldaş, G. G. U., & İpek, T., 1998, Patlatmada Sürekli İnfilak Hızı Ölçümlerinin Yararı ve Önemi, 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Ankara, s. 47-62,
- Bilgin, H.A., Esen, S. ve Kılıç, M., 1998, TKİ Çan Linyit İşletmesinde Patlatmaların Yol Açtığı Çevre Sorunlarının Giderilmesi İçin Araştırma, Proje Kod No: 97-03-05-01-08, ODTÜ, Ankara, 100 sayfa.
- Bilgin, H.A. & Esen, S., 1999a, Assessment of Ideality of Some Commercial Explosives, 25th Conference on Explosives and Blasting Technique, Nashville, Tennessee, USA, Vol.1, pp. 35-44, Feb. 7-10.
- Bilgin, H. A., Esen, S., 1999b, Baştaş Taş Ocağında Bazı Ticari Patlayıcıların Delik İçerisindeki Performanslarının Değerlendirilmesi, 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul, s. 157-168.
- Bilgin, H. A., Esen, S., 1998, Sıkılama Malzemesinin Patlatma Performansına Etkisi, 3. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Ankara, s. 59-70.
- Bilgin, H.A., Esen, S. ve Kılıç, M., 1999, Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Binalar Üzerindeki Etkisi ve Büyütme Faktörünün Önemi, Türkiye 16. Madencilik Kongresi, Ankara, s. 25-32.
- Bilgin, H.A., Esen, S., Kılıç, M. ve Aldaş, G.G.U., 2000, Yeniköy Linyit İşletmesi'nde Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının İncelenmesi, 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Ankara, s. 147-158.
- Chiappetta, R.F., 1993, Continuous Velocity of Detonation Measurements in Full Scale Blast Environments, Proceedings of International Congress on Mine Design, Ontario, Canada, A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 759-785.
- Chipetta, R. F., 1998, Blast Monitoring Instrumentation and Analysis Techniques with an Emphasis on Field Applications, FRAGBLAST-International Journal of Blasting and Fragmentation, Vol.2, No.1, A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 79-122.
- Dowding, C.H., 1985, Blast Vibration Monitoring and Control, Prentice-Hall, 297 pages.
- Dowding, C.H., 1992, Monitoring and Control of Blast Effects, SME Mining Engineering Handbook, Hartman, H.L., (Senior Editor), Chapter 9.2, pp. 746-760, Littleton, Colorado.
- Dowding, C. H., & Aimone, C. T., 1992, Rock Breakage: Explosives, Mining Engineering Handbook, Chapter 9.2, pp. 722-737.
- Erkoç, Ö. Y., 1990, Kaya Patlatma Tekniği, Çelikler Matbaacılık, İstanbul, 164 sayfa.
- Erkoç, Ö. Y., 1993, Patlatmalı Kaya Kazısında Kullanılan Patlayıcı Maddenin Maliyete Etkisi, 13. Madencilik Kongresi, Ankara, s. 145-155.
- Erkoç, Ö.Y. ve Esen, S., 1998, Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Ölçülmesi ve Sarsıntı Ölçer Cihaz Çıktılarının Değerlendirilmesi, 3. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Ankara, s. 139-147.

- Esen, S., & Bilgin, H. A., 1998, Ticari Patlayıcıların İdeal İnfilak Davranışları ve Patlayıcı/Kaya Etkileşim Modelinin Geliştirilmesi, 3. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Ankara, s. 44-57.
- Hagan, T. N., Duval, M. B., 1993, The Importance of Some Performance Properties of Bulk Explosives in Rock Blasting, Proceedings of the Fourth International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting-Fragblast-4, Vienna, Austria, pp. 397-393, July.
- Hartman, H. L., 1987, Introductory Mining Engineering, John Wiley & Sons, Singapore, 633 pages.
- Hino, K., 1959, Theory and Practice of Blasting, Nippon Kayaku Co. Ltd.
- Hoek, E., Bray, J., 1981, Rock Slope Engineering, IMM, 3rd Edition, London, 358 pages.
- Honma, H., 1993, The Necessary Amount of Explosive and Rock Strength in Blasting, Proceedings of the Fourth International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting-Fragblast-4, Vienna, Austria, pp. 39-45, July.
- Hopler, R. B. (ed), 1998, Blasters' Handbook, The Int. Society of Explosives Engineers, Cleveland, Ohio, USA, 742 pages.
- Jimeno, C. L., Jimeno, E. L., Carcedo, F. J. A., 1995, Drilling and Blasting of Rocks, A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- Katsabanis, P. D., 1996, Part A: Explosives Technology, Queen's University, Canada, pp. 283-286.
- Koruç, Ş., 1999, Sivas'ta Karstik Boşluk İçeren Pliyosen Yaşlı Kireçtaşı Ocağındaki Patlatma Problemlerinin İncelenmesi, 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul, s. 143-147.
- Langefors, U., Kihlström, B., 1979, The Modern Technique of Rock Blasting, 3rd edition, John Wiley & Sons, New York, 437 pages.
- Müftüoğlu, Y. V., Paşamehmetoğlu, A. G., Karpuz, C., 1991, Correlation of Powder Factor with Physical Rock Properties and Rotary Drill Performance in Turkish Surface Coal Mines, 7th International Congress on Rock Mechanics, Aachen, Deutschland, pp. 1049-1051.
- Olofsson, S.O., 1990, Applied Explosives Technology for Construction and Mining, Applex, Arla, Sweden, 304 pages.
- Persson, P., Holmberg, R., & Lee, J., 1993, Rock Blasting and Explosives Technology, CRC Press.
- Rustan, A., 1983, The Influence from Specific Charge, Geometric Scale and Physical Properties of Homogeneous Rock in Fragmentation, 1st International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Lulea, Sweden, pp. 115-142.
- Siskind, D.E., Stagg, M.S., Kopp, J.W., Dowding, C.H., 1980, Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration from Surface Mine Blasting, RI 8507, Bureau of Mines, 74 pages.
- Siskind, D.E., Crum, S.V., Otterness, R.E., Kopp, J.W., 1989, Comparative Study of Blasting Vibrations From Indiana Surface Coal Mines, RI 9226, Bureau of Mines, 41 pages.
- Siskind, D.E., Crum, S.V., Plis, M.N., 1993, Blast Vibrations and Other Potential Causes of Damage in Homes Near a Large Surface Coal Mine in Indiana, RI 9455, Bureau of Mines, 62 pages.
- Sül, O. L., Koruç, Ş., 2000, Karstik Boşluklar İçeren Bir Taş Ocağında Delme ve Patlatma Çalışmaları ve Maliyet Analizi, 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Ankara, s. 95-102.
- Tosun, S., 1991, Madencilikte Patlatılacak Ortama Uygun Patlayıcı Madde Seçimi, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, s. 5-11.
- Tosun, S., 1993, Madencilikte Kullanılan Patlayıcı Maddelerin Performans Hesaplamaları Ve Uygun Patlayıcının Seçimi, 13. Madencilik Kongresi, Ankara, s. 124-135.



# Bölüm 6

## Madencilikte Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Yardımcı Teknolojiler

Doç. Dr. H. Şebnem DÜZGÜN

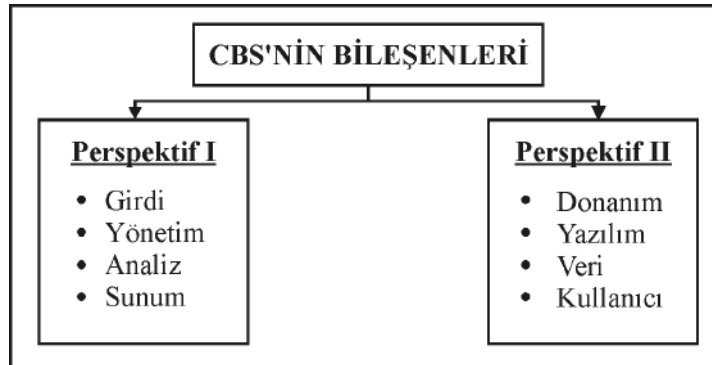
### İÇİNDEKİLER

6.1. GİRİŞ	317
6.2. CBS'DE VERİ SAKLAMA YÖNTEMLERİ	319
6.3. CBS'İN TEMEL FONKSİYONLARI	319
6.3.1. Veri İşlemleri	319
6.3.2. Sorgulamalar	320
6.3.3. Mekansal Analizler	320
6.3.3.1. Temel mekansal analizler	320
6.3.3.2. Ağ analizleri	323
6.3.3.3. Geometrik ve istatistiksel işlemler	324
6.3.3.4. Sayısal arazi/yükseklik modelleri (SAM/SYM)	324
6.3.4. Senaryo Analizleri	325
6.3.5. Sunumlar	325
6.4. CBS'yi DESTEKLEYİCİ TEKNOLOJİLER	325
6.4.1. Küresel Konumlama Sistemleri (KKS)	325
6.4.2. Uzaktan Algılama (UA)	327
6.4.3. Madencilikte CBS ve Yardımcı Teknolojiler	330
KAYNAKLAR	334



## 6.1. GİRİŞ

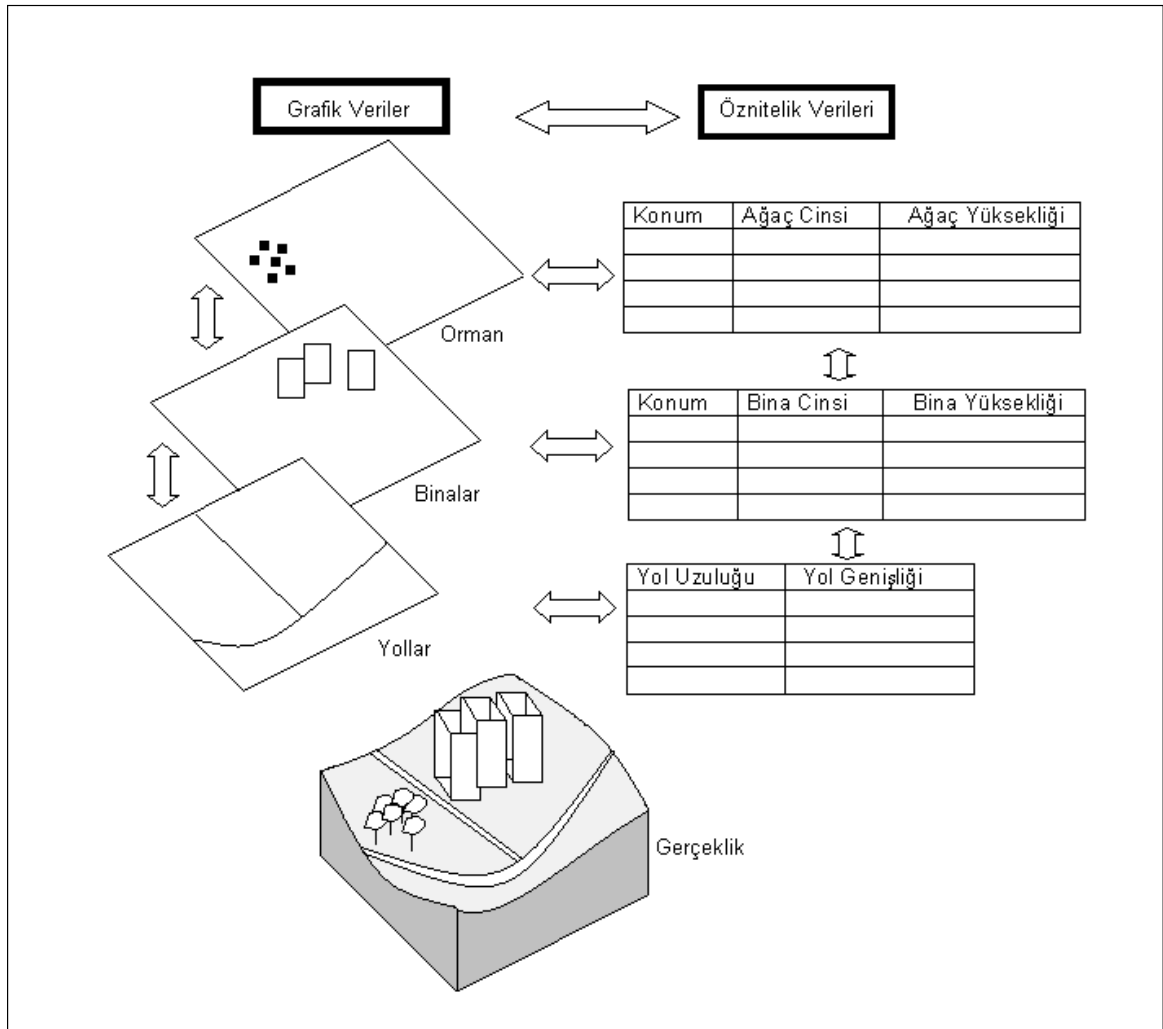
Veri ve bilgilerin sistemli şekilde toplanıp depolanması, işlenmesi ve anlamlı hale dönüştürülmesi için oluşturulmuş sistemlere bilgi sistemi denir. Veri ve bilginin hızla arttığı günümüzde, bilginin etkin, kolay ve verimli kullanılmasına duyulan ihtiyaç bilgi sistemlerinin geliştirilmesini kaçınılmaz hale getirmiştir. Bilgi sistemlerinin temel fonksiyonu karar verme işlemini kolaylaştırmak ve bu süreci kısaltmaktır (Yomralıoğlu, 2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin bilgi sistemlerinden farkı; sistemin değişik nesnelere ait öznitelik bilgilerine ilave olarak konum bilgilerini de içermesidir (Sağlam ve ark., 2004). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekansal kökenli bilgilerin (grafik ve öznitelik) bilgisayar ortamında toplanması, girilmesi, saklanması, sorgulanması, mekansal analizlerinin yapılması, görüntülenmesi ve farklı formatlarda çıktı alınması için oluşturulan bir bilgi sistemidir (Aranoff, 1991). CBS 1960'lı yılların başında daha çok bilgisayar destekli harita birleştirme amaçlı geliştirilmişken (Yomralıoğlu, 2000) günümüzde pek çok alanda farklı amaçlara hizmet eden bir teknolojiye dönüşmüştür. Coğrafi bilgi sistemleri'nin bileşenleri iki ayrı perspektifte incelenebilir (Şekil 1).



Şekil 1. İki farklı perspektifle CBS'nin bileşenleri.

Şekil 1'de de görüldüğü gibi Perspektif I'de CBS bileşenleri, sistemin daha çok iç işleyiş yapısı için gerekli parçalar olarak ele alınmıştır. Dolayısı ile Perspektif I, daha çok CBS'nin yazılım boyutuna yönelik bir bakış açısını temsil etmektedir. Perspektif II'de ise sistem hem iç hem de dış bileşenler bütünü olarak resmedilmiştir. Bu bakış açısında sistemin içsel mekanizmasından çok fiziksel yapısı öndedir. CBS'nin bileşenleri hangi perspektiften incelenirse incelenir, önemli olan her bir bileşenin eşit öneme sahip olduğunun bilinmesidir. Bir başka deyişle, CBS'de yazılım ve donanım kadar veri toplama, işleme ve yönetimi, kullanıcı yetkinliği, analizler ve sunum da çok önemlidir.

CBS'nin temel çalışma prensibi belli bir coğrafi bölge için grafik (konumsal) ve öznel (grafik/konumsal olmayan) verilerinin ilişkilendirilerek farklı katmanlar halinde saklanması ve bu katmanları kullanarak istenilen analizlerin yapılmasına dayanmaktadır. Öznel bilgileri ilişkisel bir veritabanı yönetim sistemi (VTYS) ile çizelgesel veriler olarak sistemde saklanırken aynı zamanda ilgili grafik veri katmanı ile bağlantılıdır. Şekil 2'de de görüleceği gibi grafik veriler genellikle haritalar iken, öznel verileri haritalara ait bilgilerin çizelgeleridir.



Şekil 2. CBS'nin genel çalışma prensibi.

## 6.2. CBS'DE VERİ SAKLAMA YÖNTEMLERİ

Öznelik verileri bir veritabanı yönetim sistemi (VTYS) ile yönetilmektedir. Söz konusu VTYS ilişkişel bir veritabanıdır. Bu tür veritabanlarında tüm verileri tek bir çizelgede toplamak yerine veriler gruplar halinde farklı çizelgeler olarak saklanır ve her birbiri ile bir anahtar alan kodu ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle veritabanında yapılacak sorgulamalar daha etkin ve ekonomik hale gelmektedir.

CBS'de grafik veriler temel olarak üç çeşittir: Noktalar (ağaçlar, volkan konileri, suç mahalleri, vb.), çizgiler (yollar, nehirler, telefon hatları vb.) ve alanlar (parseller, Jeolojik birimler, vb.). Bunları CBS ortamında saklamanın ise iki yolu vardır. Grafik veriler ya vektörel olarak ya da hücreşel (grid ya da raster da olarak adlandırılır) olarak saklanır. CBS yazılımları da grafik veriyi saklama özelliklerine göre "vektörel/hücreşel CBS" olarak adlandırılırlar.

Vektörel veri saklama şeklinde katmanlarda yer alan grafik yapılar (noktalar, çizgiler, alanlar) vektör objeler olarak algılanır ve bu grafik yapılar koordinat (x,y) değerleriyle kodlanarak depolanırlar. Noktalar tek bir koordinat çifti ile ifade edilirken, çizgi ve alanlar birbirini izleyen bir dizi koordinat çifti [(x1,y1), (x2,y2),..., (xn,yn)] ile gösterilir. Koordinat dizisinde başlangıç ve bitiş koordinatının aynı olması alana ait bir koordinat dizisi olduğunu ifade eder. Vektör tabanlı CBS'ler grafik objelerin konumlarının önemli olduğu uygulamalarda oldukça etkilidirler. Ancak jeolojik formasyonlar, kaya ve toprak özellikleri, arazi kullanımındaki değişiklikler, gibi sürekliliği olan katmanlarla ilgili uygulamalarda daha verimsizdirler.

Hücreşel veri saklama yönteminde ise katmanlardaki grafik objeler düzenli oluşturulmuş hücrelere ya da karelere aktarılır. Bu veri modeli genellikle kaya ve toprak özellikleri gibi incelenen alanda süreklilik niteliği olan katmanların gösterilmesinde daha etkilidir. Hücrelerin herbirine piksel adı da verilmektedir. CBS'nin önemli girdilerinden oluşan uzaktan algılama (UA) yöntemi ile elde edilmiş hava fotoğrafları, uydu görüntüleri bu veri modeli ile ifade edilmektedir. Çoğunlukla etkin bir CBS kullanımında hem vektör hem de hücreşel veri modelini içeren katmanlar olduğundan günümüz CBS yazılımlarının çoğu her iki veri modelini de aynı anda kullanabilme özelliğine sahiptir. Bu kullanım şekline melez veri modeli de denilmektedir.

## 6.3. CBS'İN TEMEL FONKSİYONLARI

Herhangi bir CBS'de bulunan temel fonksiyonlar altı başlık altında incelenebilir:

1. Veri işlemleri
2. Sorgulamalar
3. Mekansal analizler
4. Senaryo analizleri
5. Sunumlar

### 6.3.1. Veri İşlemleri

Bu fonksiyon verinin toplanması, depolanması, güncellenmesi ve CBS'de üretilmesi ile ilgili tüm işlemleri içerir. Veri ile ilgili işlemlerin başında veri entegrasyonu gelir. Grafik veriler (bilgisayar destekli tasarım çizimleri, elde yapılmış çizimler, haritalar,vb.), çizelgesel veriler (VTYS'nde oluşturulmuş veriler, çizelge halinde oluşturulmuş listeler, vb) ve görüntü verileri (hava fotoğrafı,

uydu görüntüsü vb.) eşzamanlı olarak sistemde farklı amaçlar için kullanılabilir. Diğer önemli bir veri işlemi ise verinin güncellenmesi, başka ortamlara aktarılması ve başka ortamlardan CBS'ye veri eklemesinin yapılmasıdır. Ayrıca CBS bünyesinde verileri kullanarak çeşitli analizler yardımı ile veri üretimi de yapılmaktadır. Tüm bu işlemler sayısal ortamda yapıldığından, veri ile ilgili işlemler hızla gerçekleştirilebilmektedir.

### **6.3.2. Sorgulamalar**

Sorgulamalar mekansal ve mekansal olmayanlar olarak iki grupta incelenebilir. Mekansal olmayan sorgulamalar var olan ilişkisel VTYS içinde öznitelik verileri ile ilgili sorgulamaları kapsar. Mekansal sorgulamalar ise grafik veriler ve hem grafik hem de öznitelik verileri için aynı anda yapılan sorgulamaları içerir. Dolayısı ile grafik veriden öznitelik verisine ya da öznitelik verisinden grafik verisine hızlı bir geçiş sözkonusudur. Söz gelimi CBS'nin mekansal sorgulama özelliği ile haritadaki coğrafi objeler (nokta, çizgi ya da alan) imleç yolu ile seçilerek öznitelik bilgileri görüntülenebilir.

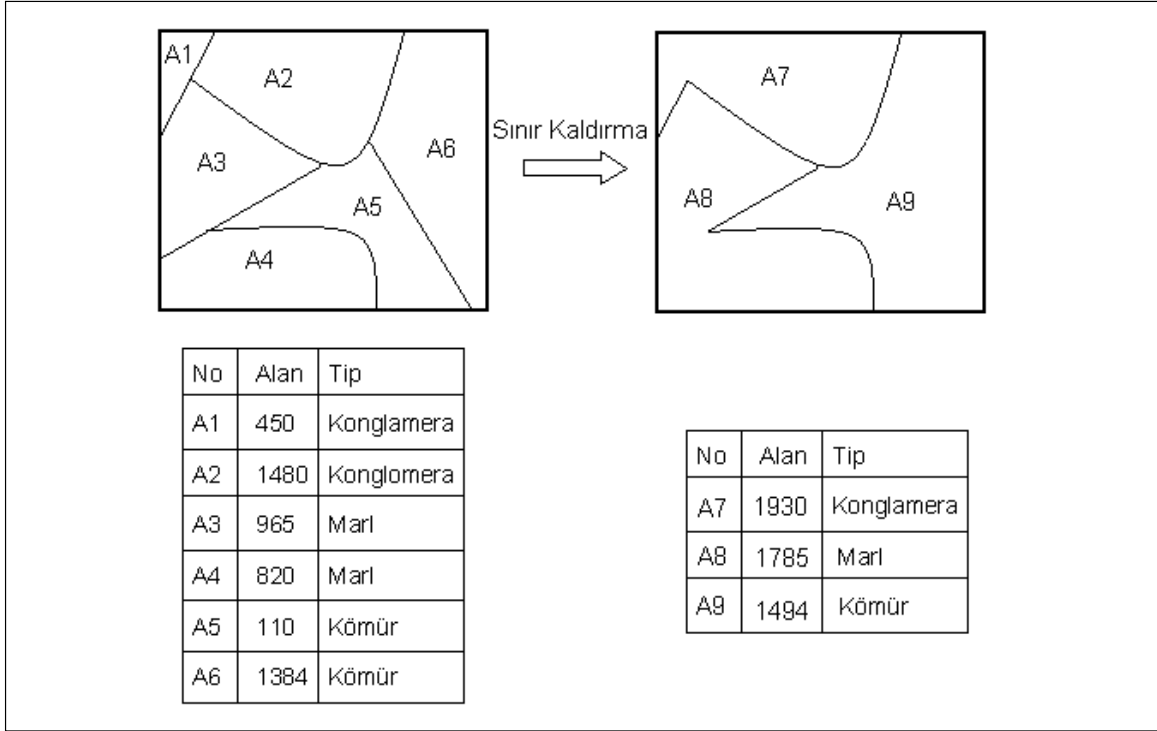
### **6.3.3. Mekansal Analizler**

CBS'de mekansal ve mekansal olmayan analizler yapmak mümkün olsa da sistemin en güçlü yanı mekansal analiz yapma özelliğidir. Mekansal analizin en önemli özelliği CBS'de var olan verilerden yararlanarak yeni veriler üretmektir. Mekansal analizler tek bir katman kullanılarak yapılabileceği gibi iki ya da daha çok katman kullanılarak da elde edilebilir. Başlıca mekansal analizler şunlardır:

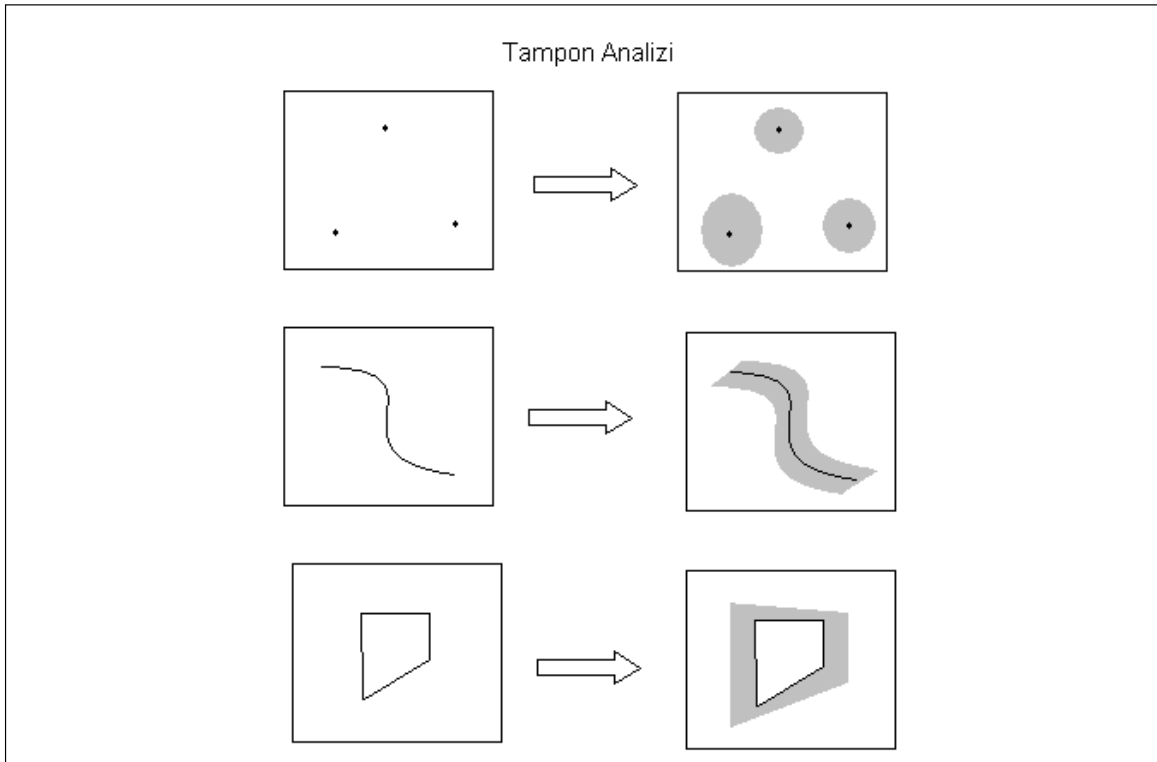
- Temel mekansal analizler
- Ağ analizleri
- Geometrik ve istatistiksel işlemler
- Sayısal arazi/yükseklik modelleri (SAM/SYM)

#### **6.3.3.1. Temel mekansal analizler**

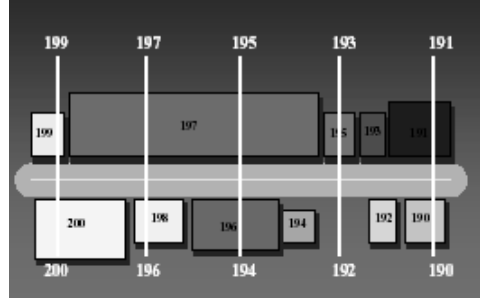
Temel mekansal analizler içinde tek bir katman kullanılarak yapılan analizlerden en sık kullanılanı sınır kaldırma, yakınlık analizleri ve interpolasyon teknikleridir. Sınır kaldırma işlemi herhangi bir katmandaki alanların ortak öznitelik özelliklerine göre birleştirilerek yeni bir katman oluşturulmasına denir (Şekil 3). Yakınlık analizleri herhangi bir coğrafi objenin başka bir objeye uzaklığının analizi ile oluşturulur. En yaygın yakınlık analizlerinden biri tampon analizidir. Seçilmiş bir coğrafi objenin etrafına (nokta, çizgi ya da alan) verilen mesafede tanımlanmış bir tampon alan oluşturulmasından ibarettir (Şekil 4). İnterpolasyon ile herhangi bir katmanda bilinmeyen noktaların öznitelik değerleri, komşuluklarındaki bilinen noktaların öznitelik değerleri kullanılarak bulunur. İnterpolasyon polinom yöntemleri kullanılarak yapılabileceği gibi, Kriging gibi jeostatistiksel yöntemler kullanılarak da yapılabilir. Şekil 5'te interpolasyonun temel prensibi gösterilmiştir.



Şekil 3. CBS'de sınır kaldırma işlemi.

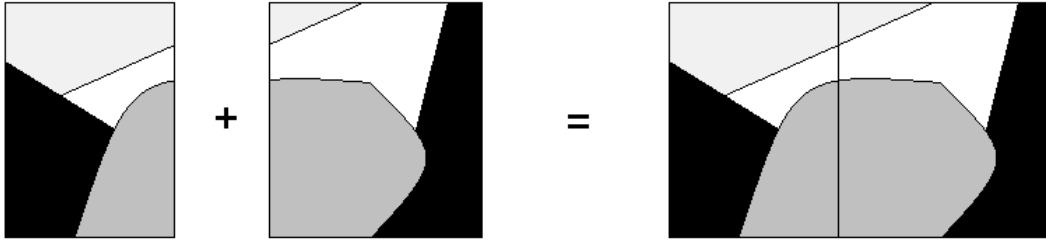


Şekil 4. CBS'de çeşitli coğrafi objeler için tampon analizi.



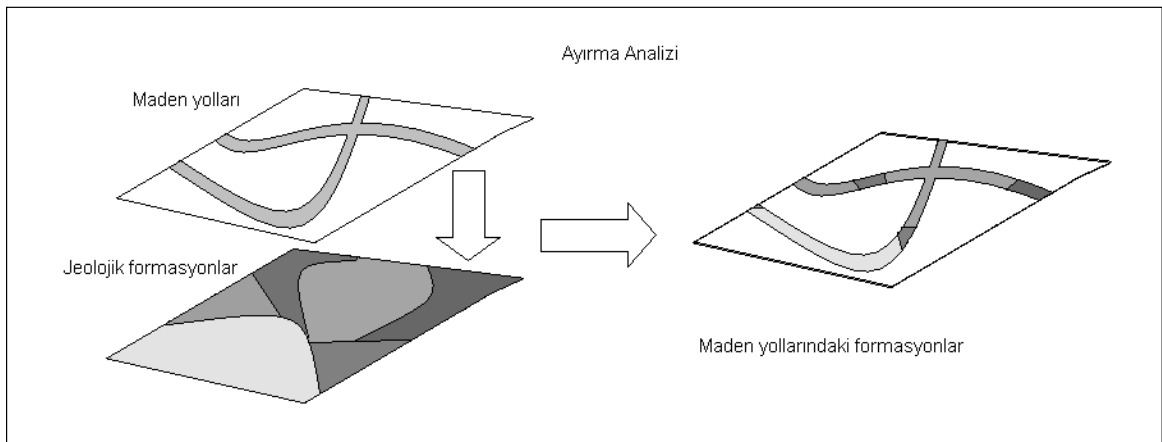
Şekil 5. İnterpolasyonun temel prensibi (kaynak: <http://cgis.fau.edu/docs/4152c/Spring%20Week%205.pdf#search='spatial%20analysis%20functions%20in%20gis'>).

İki ya da daha çok katman kullanılarak yapılan temel mekansal analizler arasında en yaygınları, "ekleme", "ayırma", "keşişim" ve "birleşim" analizleridir. Ekleme analizi birbiri ile ilintili iki katmanın birleştirilerek tek bir katman haline dönüştürülmesine denir (Şekil 6). Bir çalışma alanının jeolojik haritasını elde etmek için, alana ait jeolojik paftaların birleştirilmesi işlemi ekleme analizine bir örnektir.



Şekil 6. CBS'de ekleme işlemi.

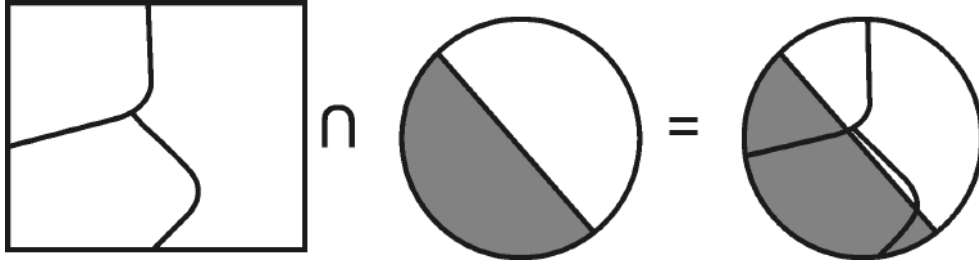
Ayrırma işlemi ise belli bir katmanın bir parçasının başka bir katman referans alınarak kesilip çıkarılmasıdır. Söz gelimi maden yollarının hangi jeolojik formasyonlardan geçtiğini görmek için jeolojik formasyon haritasından, yollar haritası ayrılarak yeni bir katman elde edilebilir (Şekil 7).



Şekil 7. CBS'de ayırma analizi.

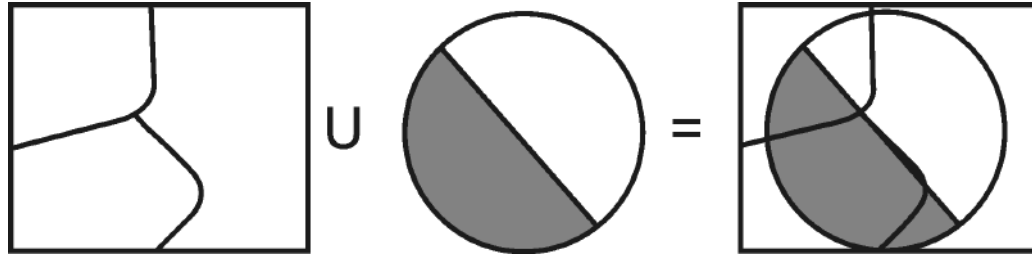


Kesişim işlemi iki ayrı katmandaki ortak jeolojik obje ve bunlara ait öznelik bilgilerinin belirlenerek yeni bir katmana aktarılmasına denir. Matematiksel olarak iki kümenin kesişim kümesini ayrı bir katman olarak ifade etme işlemidir (Şekil 8). Sözelimi, uygun yer seçimi gibi analizlerde belli bir eğimin altındaki belli bir fomasyon seçilmek isteniyorsa, eğim ve jeoloji katmanları kesiştirilerek uygun alanlar belirlenebilir.



Şekil 8. CBS'de kesişim işlemi.

İki katmanın tüm özelliklerinin birleştirilerek yeni bir katman elde edilmesi işlemi birleşim analizidir. Matematikteki birleşim işleminin karşılığıdır (Şekil 9). İki ya da daha fazla katman ile yapılan tüm mekansal analizlerde grafik veri için uygulanan işlemlerin aynısı grafik verinin ilişkili olduğu öznelik verilerinin bulunduğu çizelgelerde de uygulandığından oluşan yeni katman istenen tüm öznelik verilerini de bünyesinde bulundurmaktadır. Bu nedenle birleşim işleminde iki katmanın çizelgesel verileri de birleştirilip yeni bir çizelge olarak oluşturulan katmana iletilir.



Şekil 9. CBS'de birleşim işlemi.

### 6.3.3.2. Ağ analizleri

Ağ analizleri, birbirine bağlı çizgisel coğrafi objelerin oluşturduğu şebekelerden karar verme sürecini destekleyecek analizlerin yapılmasını içerir. Ağların oluşması için çizgilerin düğüm noktaları ile birleştirilmesi gerekmektedir. Ağ analizleri çoğunlukla en uygun güzergah seçimi için kullanılır. En uygun güzergah seçimi iki nokta arasında olabilecek en uygun birleşme yolunun belirlenmesidir. Bu yol en kısa mesafeli yol olabileceği gibi, başlangıç noktasından bitiş noktasına gidişte aranan niteliklere ve var olan kısıtlara bağlı olarak en kısa süre, en uygun eğim de olabilir. Söz gelimi haritada en kısa mesafe kuş uçuşu mesafe olarak belirlenebilir ancak şehir içinde bir yerden bir yere ulaşımında trafik yoğunluğu ve yol kısıtları nedeni ile en uygun güzergah kuş uçuşu güzergahtan her zaman daha farklıdır.

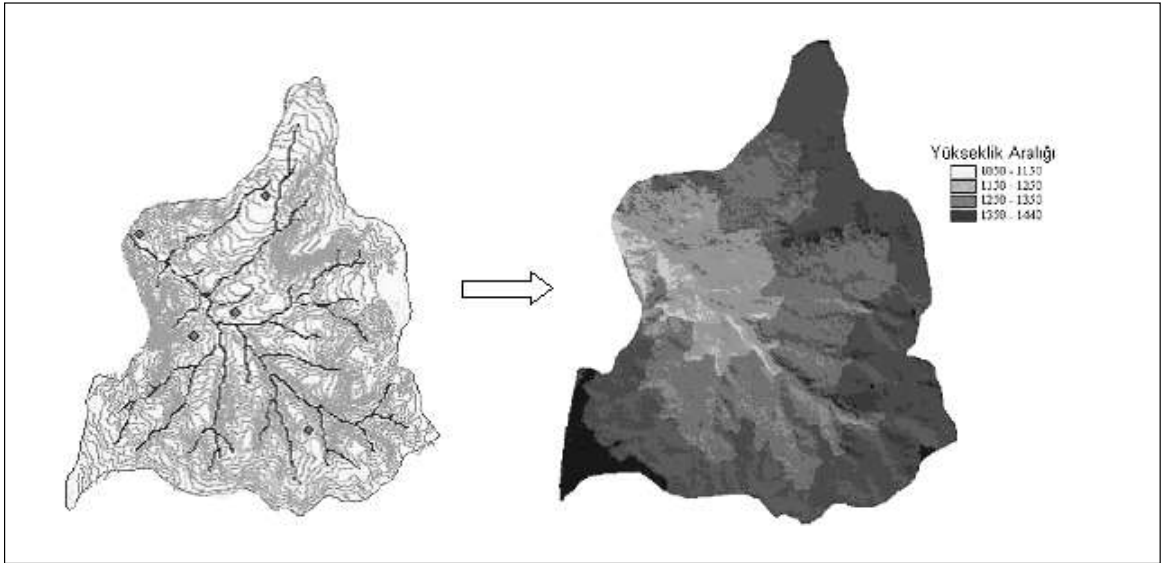
### 6.3.3.3. Geometrik ve istatistiksel işlemler

Geometrik işlemler koordinat belirlemesi ve uzunluk, açı ve alan ölçmeden oluşmaktadır. CBS'de herhangi bir noktanın koordinatı sisteme eklenebileceği gibi, sistemde var olan katmanlardaki noktaların koordinatları da otomatik olarak bulunabilmektedir. Benzer şekilde uzunluk, açı ve alan ölçme işlemleri de CBS'de otomatik olarak yapılabilmektedir. Ayrıca haritacılıkta özel amaçlar için geliştirilmiş teğet nokta, poligon vb hesapların yapılabildiği fonksiyonlar da mevcuttur (Yomralıoğlu, 2000).

İstatistiksel işlemler ise CBS'nin veritabanında bulunan öznitelik verileri ile ilgili tanımlayıcı istatistik analizleri içermektedir. Tanımlayıcı istatistik değişkenleri arasında ortalama, standart sapma, varyans, dağılım parametreleri gibi özellikler yer almaktadır.

### 6.3.3.4. Sayısal arazi/yükseklik modelleri (SAM/SYM)

Sayısal yükseklik modelleri, toptografik haritalardaki eş yükselti eğrileri kullanılarak oluşturulur. Ancak yükseltinin yanında haritada eğriler ile gösterilmiş başka değişkenler için de sayısal modeller oluşturmak mümkündür. SYM eş yükselti eğrilerinden 3 boyutlu arazi modeli üretme yoludur. Şekil 10'da eşyükselti eğrilerinden elde edilmiş bir SYM görülmektedir. SYM oluşturulduktan sonra eğim ve baki haritaları oluşturmak, araziyi 3 boyutlu olarak modellemek, kesit çıkarmak, görünebilirlik analizleri ve hacim hesapları yapmak da mümkündür. SYM elde etmenin matematiksel parça ve şekil yöntemleri olmak üzere iki yolu vardır (Yomralıoğlu, 2000). Matematiksel parça yöntemleri, katı yüzey şekillerini matematiksel fonksiyonlarla temsil etme prensibine dayanır. Dolayısı ile değişik interpolasyon metodları analizlerde kullanılır. Şekil yöntemlerinde ise eşyükselti eğrilerindeki nokta ve çizgiler kullanılarak SYM elde edilir. Sıkça kullanılan SYM yöntemlerinden biri de Üçgenlenmiş Düzensiz Ağ (UDA) yöntemidir. Bu modeller TIN (triangulated irregular network) modelleri olarak da bilinir. UDA ve diğer SYM elde etme tekniklerinin ayrıntıları Yomralıoğlu (2000)'de açıklanmıştır. SYM ayrıca uydu görünümü ve hava fotoğrafları yardımı ile de elde edilebilmektedir.



Şekil 10. CBS'de sayısal yükseklik modeli.

#### 6.3.4. Senaryo Analizleri

CBS yukarıda da sözü edilen konumsal analiz fonksiyonlarının çokluğu ve veri yapısı nedeni ile farklı senaryoların tasarlanıp analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu niteliğinden dolayı CBS mekansal karar destek sistemlerinin vazgeçilmez elemanlarından biridir. Senaryo analizleri özellikle doğal afet, çevre etki değerlendirmesi ya da sistemin zamana bağlı olarak değişiminin gözlenmesi gibi uygulamalarda oldukça etkili bir yöntemdir.

#### 6.3.5. Sunumlar

Mekansal analiz işlemleri sonucunda ya da senaryo analizleri sonrasında elde edilenlerin sunumu için CBS çok alternatifli bir yapıya sahiptir. Tüm analizlerin bilgisayar ortamında yapılması sonuçların ekranda gösterilmesini sağlarken yazıcılar yolu ile çıktılar alınarak kullanıcıya sunulmasına da olanak sağlamıştır. Ayrıca CBS'nin internet ortamında kullanımı için son yıllarda geliştirilen Web-tabanlı CBS'ler yolu ile de tüm analiz sonuçları ve veriler internet yolu ile ilgili kişilere sunulup paylaşılabilir. Ayrıca CBS'nin internet ortamında kullanımı için son yıllarda geliştirilen Web-tabanlı CBS'ler yolu ile de tüm analiz sonuçları ve veriler internet yolu ile ilgili kişilere sunulup paylaşılabilir.

### 6.4. CBS'Yİ DESTEKLEYİCİ TEKNOLOJİLER

Uzaktan algılama (UA) ve Küresel Konumlama Sistemleri (KKS; GPS, Global positioning systems) CBS'yi destekleyici en önemli iki teknolojidir. Bu teknolojilerin daha çok CBS'ye veri sağlaması, verinin güncellenmesi ve yapılan analizlerin doğruluğunun kontrol edilmesi amaçlı katkıları vardır. KKS (GPS) yerküredeki herhangi bir noktanın koordinatının belirlenmesi için uydu teknolojisine bağlı olarak geliştirilmiş sistemlerdir. UA ise yere temas etmeden bir uydu ya da uçağa yerleştirilmiş algılayıcılar yolu ile yeryüzündeki objelere ait bilgi toplama tekniğidir. Söz konusu algılayıcılar, elektromanyetik spektrumun ultraviyole, görünür, kızılötesi ve mikro dalga bölgelerini kullanarak bilgiyi depolarlar. Daha sonra bu bilgi fotoğraf ve görüntü yorumlaması ve sayısal görüntü işleme teknikleri ile analiz edilerek kullanılabilir hale dönüştürülmektedir (bu işlemin ayrıntıları için Ehlers ve ark., 1990; Jensen, 1996; Lillesand ve Kiefer, 1994 kaynaklarından yararlanılabilir).

#### 6.4.1. Küresel Konumlama Sistemleri (KKS)

Küresel konumlama sistemleri (GPS olarak da bilinmektedir) yerküredeki konum bilgisini elde ederken üç ayrı bölümden oluşmuş bir sistemdir (Alporal, 2005). Birinci bölüm uydu teknolojisidir. Bu teknoloji dünya çevresinde belirli yörüngelerde hareket eden toplam 28 adet NAVSTAR uydusundan oluşmaktadır (Şekil 11 ve 12). Bu uydular ABD orijinli olup, şu anki sistemin temelini oluşturmaktadır. Yakın bir gelecekte Avrupa Birliği 24 uydudan oluşan GALILEO isimli bir sistemi devreye sokmayı planlamaktadır (Alporal, 2005). KKS'nin ikinci bileşeni ise kontrol birimidir. Kontrol birimi yeryüzünde birbiri ile ilintili çalışan 5 adet yer kontrol istasyonundan oluşmuştur. Bu istasyonların temel görevi uyduların kalibrasyonudur. KKS'nin son bileşeni de, günümüzde elde taşınabilecek kadar küçülmüş olan KKS (GPS) alıcılarıdır. Bu alıcılar yardımı ile yeryüzündeki herhangi bir noktanın koordinatı bilinebilmektedir.



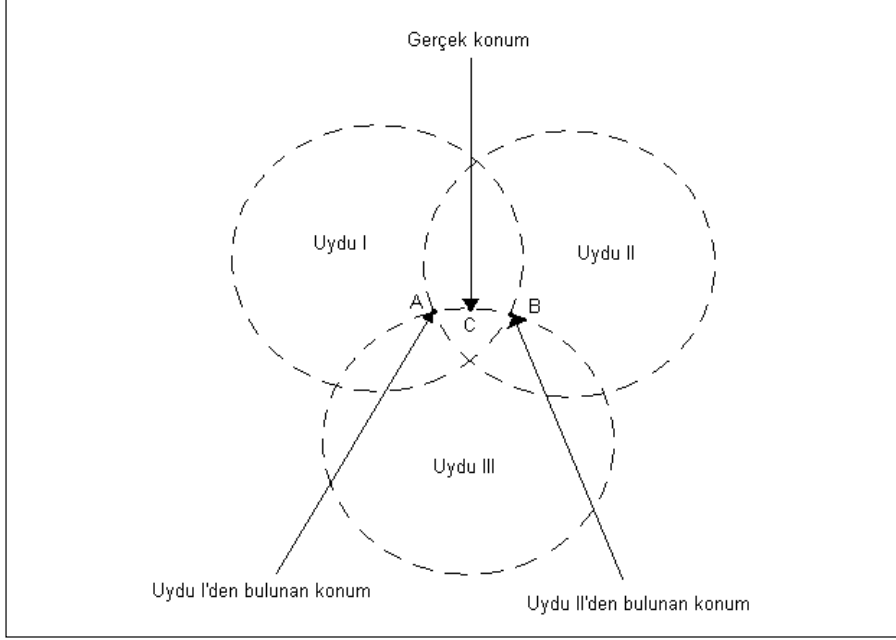
Şekil 11. NAVSTAR Uydusu (Kaynak: <http://www.howstuffworks.com/gps.htm/printable>. sayfasından alınan ABD Ordusu fotoğrafı).



Şekil 12. KKS uydu sistemi (Kaynak: <http://www.howstuffworks.com/gps.htm/printable> sayfasından alınan ABD Savunma Bakanlığı fotoğrafı).

Herhangi bir KKS alıcısının koordinat bulabilmesi prensibi alıcı ile uydular arasındaki mesafenin radyo dalgaları yolu ile belirlenmesine dayanır. Konum bilgisinin elde edilmesi için uydudan mesafe ölçümü işleminin aynı anda en az 3 uydu ile yapılması gerekmektedir. Ancak daha doğru ölçümler için aynı anda uydu kullanımının üçten daha fazla olması tercih edilir. Konum, uydudan gönderilen radyo sinyalinin alıcıya ulaşana kadar geçen süre, sinyalin çıktığı andaki uydunun uzaydaki konumu ve sinyalin atmosferden geçerken kırılması ve gecikmesi parametreleri gözönüne alınarak bulunur. Sistemin çalışması hasas zaman ölçümüne dayandığından, zaman ölçümü atomik saatler ile yapılır. Bu işlem 3 ya da daha fazla uydu ile yapılarak kontrol edilir ve sonuç koordinat bilgisi elde edilir. Şekil 13'de de görüldüğü gibi iki uydu ile konum bulunması sırasında uyduların yeryüzünde buldukları A ve B noktaları birbirinden oldukça uzaktır. Uydu III'un devreye girmesi ile konum

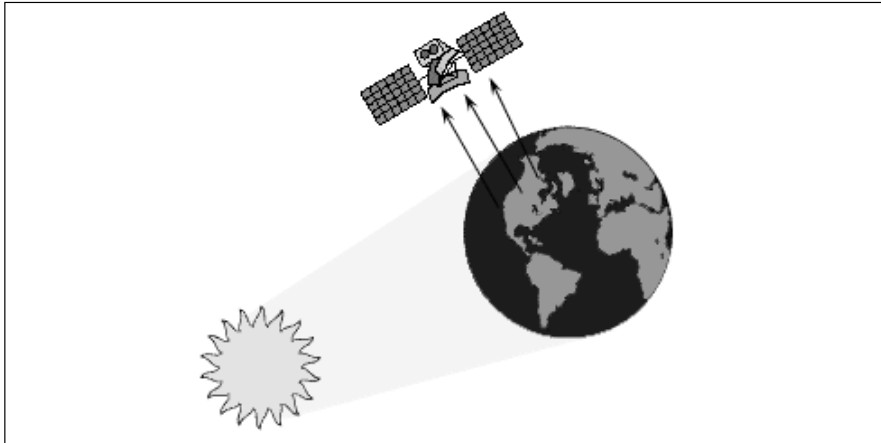
bilgisi istenen nokta daha doğru şekilde tahmin edilmektedir. Şekil 13'den anlaşılacağı gibi KKS'nde konum belirleme işlemi 3'den daha fazla uydu ile yapıldığında daha hassas sonuçlar alınmaktadır.



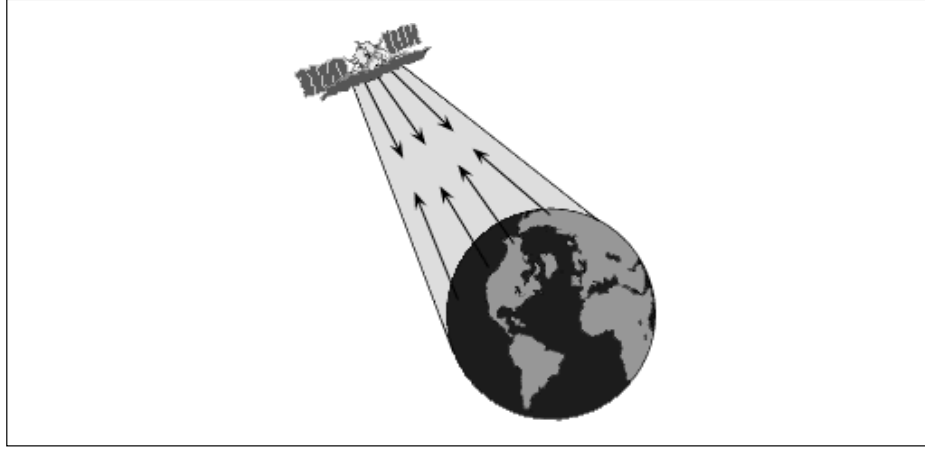
Şekil 13. KKS'nde konum belirleme prensibi.

#### 6.4.2. Uzaktan Algılama (UA)

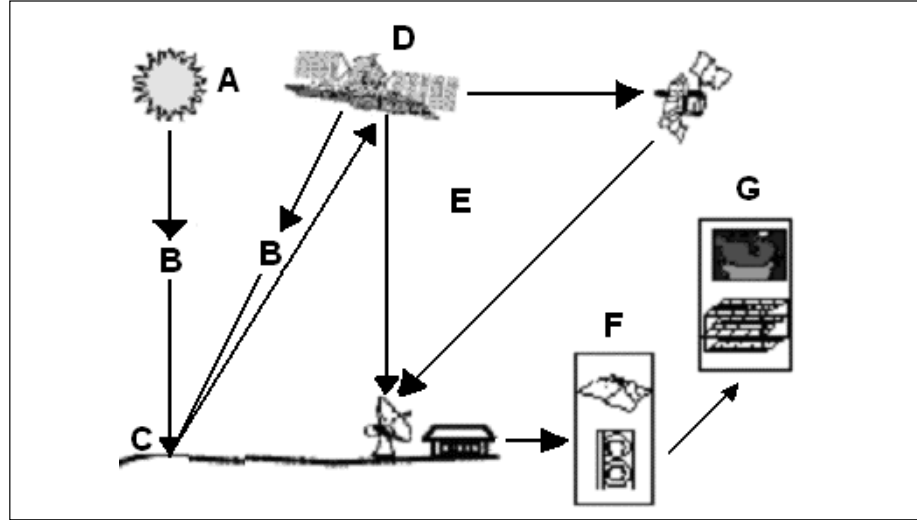
Elektromanyetik ışınım (electromagnetic radiation) uzaktan algılama araçları tarafından toplanan tüm sinyallerin kaynağıdır. Elektromanyetik (EM) enerji çeşitleri algılayıcı özelliklerine göre değişmektedir. Pek çok algılayıcı güneşin meydana getirdiği EM enerjiyi kullanarak veri toplar ki bu tür sistemlere pasif sistemler denir (Şekil14). Aktif sistemler ise kendi EM enerjilerini üretirler ve bu enerjiyi belli bir yönde yeryüzüne göndererek yansıyan kısmının özelliklerini kaydederler (Şekil 15). Uzaktan algılanmış veri elde etmenin temel olarak 8 bileşeni vardır (Şekil 16).



Şekil 14. Pasif RS sistemleri (Kaynak: [http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1\\_6\\_e.html](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_6_e.html)).



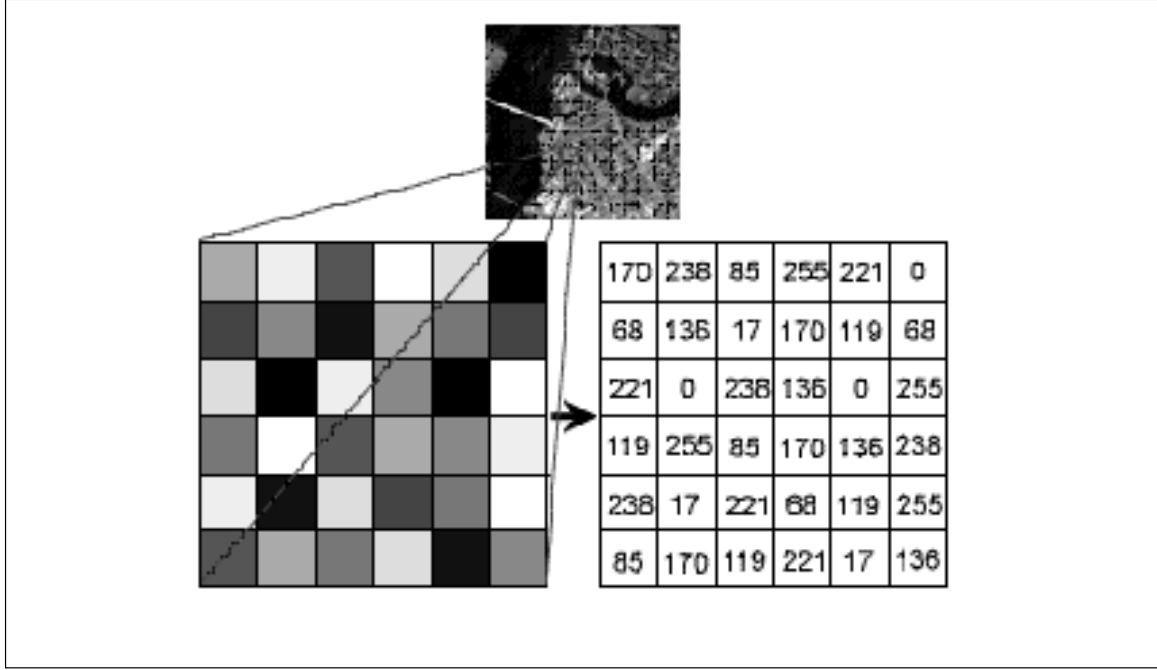
Şekil 15. Aktif RS sistemleri (Kaynak: [http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1\\_6\\_e.html](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_6_e.html)).



Şekil 16. Uzaktan algılamamanın bileşenleri (Kaynak: [http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1\\_1\\_e.html](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_1_e.html)).

Şekil 16'da de görüleceği gibi bu bileşenler, enerji kaynağı (A), ışınım ve atmosfer (B), hedef ile etkileşim (C), algılayıcı ile enerjiyi kaydetme (D), nakil, kabul ve işleme (E), yorumlama ve analiz (F) ve uygulamadır (G). UA için gerekli birinci bileşen ilgilenilen hedef alana EM enerji gönderecek kaynaktır (A). EM enerji kaynaktan hedefe giderken ve hedeften algılayıcıya yansırken atmosferden geçer (B). Enerji atmosferden geçerek hedefe ulaştığında ışınımın ve hedefin özelliğine göre hedef ile tekilleşir (C). Enerji hedeften yandıktan sonra algılayıcı yardımı ile kaydedilir (D). Algılayıcıda kaydedilen enerji elektronik olarak yer istasyonuna gönderilir ve burada işlenir (E). İşlenmiş görüntü daha sonra sayısal görsel yollarla ve görüntü işleme teknikleriyle yorumlanıp analiz edilir (F). Son aşamada da işlenmiş görüntü başka bilgiler ile birleştirilerek çeşitli amaçlar için kullanılır (G) ki bu aşamada CBS ile entegrasyon büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

UA'da elde edilen görüntüler elektronik ortamda saklanırken eşit büyüklükteki küçük karelere bölünür ve her karede görüntünün o bölgesindeki parlaklığı gösteren bir parlaklık değeri vardır (Şekil 17). Karelere hücre ya da piksel de denir.



Şekil 17. UA'da elektronik ortamda görüntü saklama (Kaynak: [http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1\\_7\\_e.html](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_7_e.html)).

Uzaktan algılamada görüntülerin çözünürlüğü algılayıcının bulunduğu platform ile hedef arasındaki mesafeyle ilintilidir. Hedeften uzakta bulunan algılayıcılar daha geniş bir alanı görebilirken bu alandan elde edilen görüntünün çözünürlüğü düşüktür. Bu durum, uçaktan yere bakarken görünen alan ile uzay mekiğinden dünyaya bakarken görünen alanın karşılaştırılmasına benzer. Bu mantıkla, uçaklara takılan algılayıcılar ile elde edilen hava fotoğraflarının çözünürlüğü uydu görüntülerinin çözünürlüğünden daha fazladır. Bir başka deyişle hava fotoğraflarında uydu görüntülerine nazaran daha çok ayrıntı yer alır. Bir görüntüde saptanabilecek en küçük ayrıntı o görüntünün mekansal çözünürlüğünü verir. UA'da algılayıcıların başka çözünürlük türleri de görüntünün kalitesini etkiler. Uydu algılayıcısının EM dalga boyları arasındaki farkı seçme özelliğine spektral çözünürlük denir. Spektral çözünürlüğün yüksek olduğu algılayıcıların birbirine benzer özelliği olan objeleri ayırt etme niteliği artar. Sözelimi bitki örtüsü ve suyu ayırt etmek için çok yüksek spektral çözünürlüğe ihtiyaç yokken kaya çeşitlerini ayırmak için yüksek spektral çözünürlük gerekmektedir. Şekil 17'de gösterildiği gibi sayısal görüntü elektronik ortamda hücrelerin parlaklık değeri ile ifade edilir. Bu nedenle algılayıcının EM enerjisinin büyüklüğüne olan hassasiyetine radyometrik çözünürlük denir. Yüksek radyometrik çözünürlükteki algılayıcılar yansıyan EM enerjiler arasındaki farkı kolayca saptayabilmektedirler. Elektronik ortamda görüntü 0 ila 255'in katları arasında değişen bir aralıktaki değerler ile saklanır. Bu aralık, sayıları iki tabanına göre kodlamada kullanılan bitlere karşılık gelir. Bu nedenle görüntüde saklanacak parlaklık değerleri, olabilecek en büyük bit sayısı ile ifade edilir. Söz gelimi bir algılayıcının kayıt kapasitesi 8 bit ise, görüntüde 256 adet parlaklık değeri vardır. Bir başka deyişle bu görüntünün parlaklık değerleri 0 ila 255 arasında değişmektedir. Eğer bir algılayıcının görüntü kaydetme kapasitesi 4 bit ise, görüntüdeki parlaklık değerleri 0 ila 15 arasında yer almaktadır.

Farklı amaçlar için tasarlanmış değişik uydu algılayıcıları mevcuttur. Başlıcaları hava deniz ve yer algılayıcılarıdır. Çizelge 1'de bu algılayıcıların özellikleri verilmektedir.

Çizelge 1. UA'da kullanılan çeşitli uydu algılayıcıları.

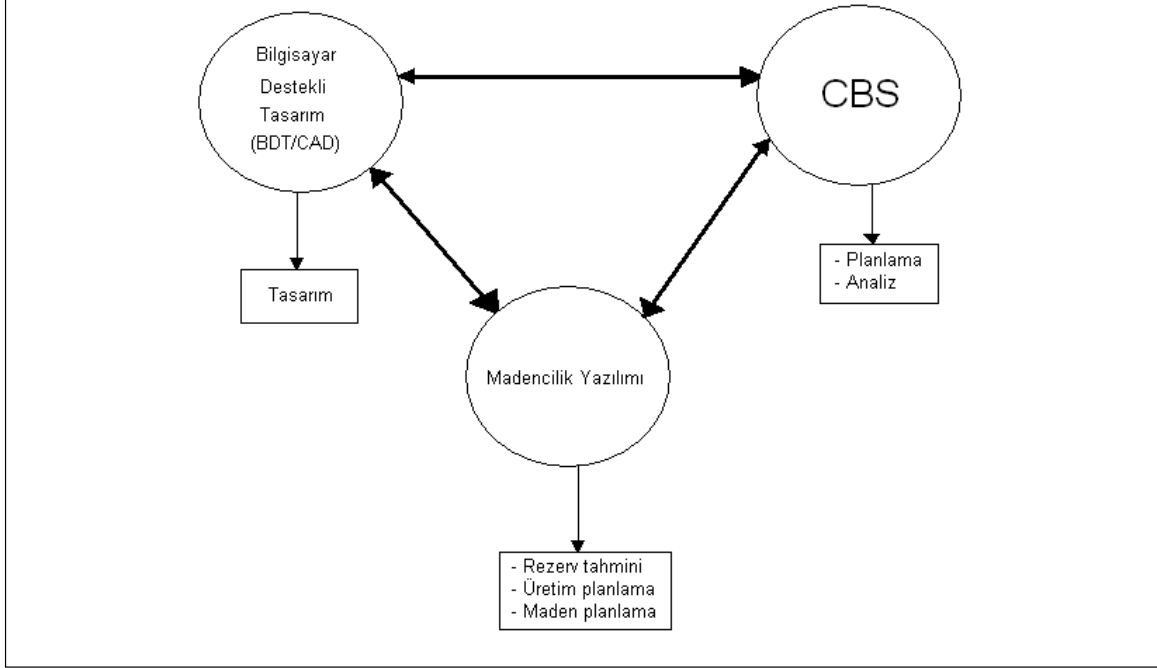
Uydunun Adı	Mekansal Çözünürlük	Uygulama Alanı
GOES	1 – 4 km	Meteoroloji
NOAA	1.1 – 4 km	Meteoroloji
GMS	5 km	Meteoroloji
OLS	2.7 km	Meteoroloji
METEOSAT	5 km	Meteoroloji
CZCS	825 m	Deniz bilimleri
MOS	50 m – 2.7 km	Deniz bilimleri
SeaWIFS	1.1 km	Deniz bilimleri
LANDSAT - 7	30 – 60 m	Yer gözlemleri
SPOT-2	10 - 20 m	Yer gözlemleri
IRS-1B	4 m	Yer gözlemleri
IRS-1C	1 - 3 m	Yer gözlemleri
ERS	1 – 4 m	Yer gözlemleri
IKONOS	1- 4 m	Yer gözlemleri
EROS	1.5 m	Yer gözlemleri
SPIN	2 m	Yer gözlemleri
BILSAT-Coban	120 m	Yer gözlemleri

#### 6.4.3. Madencilikte CBS ve Yardımcı Teknolojiler

CBS'nin doğal kaynaklara dayalı endüstrilerde kullanımı oldukça yaygın iken, madencilikte kullanımı diğer disiplinlerde kullanımından daha az yaygındır. Bunun en önemli nedeni madenciliğin tasarım aşamasında daha çok bilgisayar destekli yazılım (BDT; CAD-computer aided design olarak da bilinir) kullanımının oldukça yaygın olması ve bu yazılımların madencilik için tasarlanmış özel yazılımlar (söz gelimi, TECHBASE, Vulcan, MineSight, SURPAC2000) ile entegre olarak çalışarak pekçok madencilik problemine çözüm bulmasıdır. Ancak CBS'nin yaygınlaşması ile birlikte yukarıda sözü edilen BDT-Madencilik yazılımı ikilisine CBS'de katılmıştır ([www.hammond.swayne.com/GIS\\_mining.htm](http://www.hammond.swayne.com/GIS_mining.htm)). Şekil 18'de de görüleceği gibi CBS grafik ve öznitelik verilerini aynı anda kullanabilme özelliği nedeni ile madencilik birimleri arasındaki eşgüdümü pekiştirmek amaçlı olarak sisteme entegre olmuştur. Ayrıca madenciliğin hemen hemen tüm safhalarında grafik ve öznitelik verilerinin aynı anda kullanımına duyulan ihtiyaç ve pek çok verinin mekansal bir nitelik taşıması da CBS'nin madencilikte kullanımını gün geçtikçe artırmaktadır. Tüm bunların yanında CBS'nin madencilikte ilk uygulamaları daha çok açık ocak madenciliğinde ve özellikle maden rehabilitasyonu çalışmalarında iken, son yıllarda Şekil 18'de gösterilen entegrasyon sayesinde yeraltı ve açık ocak madenciliğinin pek çok safhalarında



uygulamalar giderek artmaktadır. Maden işletme haklarının yönetimi, maden arama faaliyetleri, tasarım ve yer seçimi, çevre etki değerlendirmesi, üretim, güvenlik, ve maden reabilitasyonu CBS'nin madencilikteki başlıca kullanım alanlarını teşkil etmektedir.



Şekil 18. CBS'nin madencilik yazılımları ve BDT ile birlikte kullanımı.

Maden işletme haklarının yönetiminde CBS'nin kullanımı organizasyona büyük esneklik, hız ve birimler arası koordinasyon sağlayacaktır. İşletim haklarına ait çizelgesel verilerin, işletim sahaları ile ilişkilendirilmesi en etkili şekilde CBS ile yapılabilmektedir. Aslında sistemin işleyişi bakımından, maden işletme haklarının yönetimi tapu-kadastro işlemlerinin yönetimi ile büyük benzerlik göstermektedir. Günümüzde pek çok tapu-kadastro bilgi sistemi, CBS ortamında iş görmektedir. Dolayısı ile maden işletme haklarının yönetiminde CBS kullanımı henüz yaygın olarak kullanılmaya başlamasına bile yakın gelecekteki CBS'nin potansiyel uygulama alanları arasında sayılabilir.

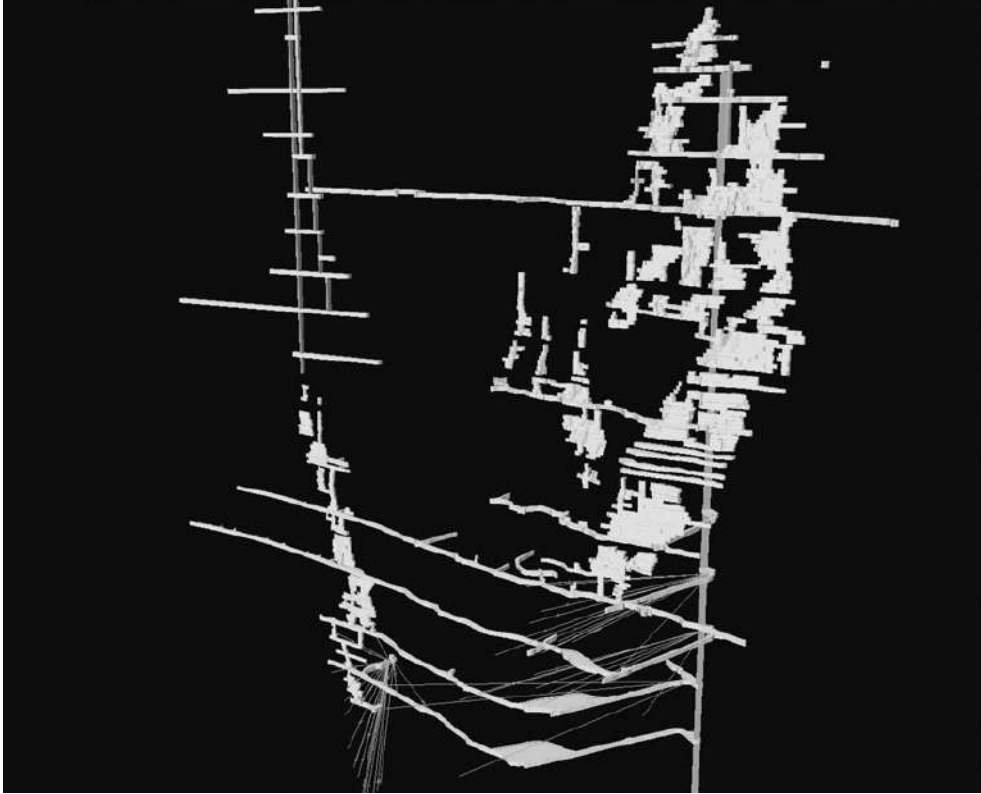
CBS'nin madencilik uygulamalarında kullanımı çoğunlukla CBS'yi destekleyen teknolojilerin CBS'ye entegre edilmesi ile olmaktadır. Uzaktan algılama CBS'ye en önemli girdi sağlayan teknolojilerden birisidir. KKS ise daha çok verinin doğruluğunun kontrolünde ve navigasyon sistemlerinin etkili kullanımında yer almaktadır.

Maden arama faaliyetleri, madencilğin yanında, jeoloji, jeofizik gibi yerbilimlerinin diğer kollarının göz önüne alınmasını gerektirmektedir. Bu nedenle, arama faaliyetlerinde farklı disiplinlerce toplanan verinin CBS ortamında analizi büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Ayrıca maden arama faaliyetlerinde çok çeşitli verinin analiz edilerek anlamlı bir bilgi çıkarılması, çalışmaların başarısını etkileyen en önemli faktörlerdendir. CBS' arama faaliyetlerinde kullanılacak verilerin (söz gelimi, jeoloji haritaları, uydu görüntüleri, topoğrafik haritalar, jeofizik görünüm ve veriler) birlikte analiz edilip yorumlanacağı en ideal platformdur ([www.esri.com.industries/mining/business/exploration.html](http://www.esri.com.industries/mining/business/exploration.html)). CBS'nin maden aramalarında kullanımına örnek olarak Khatediya ve Verma'nin (<http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0004pf.htm>)'nin Hindistan'da

uygun kimberlit arama alanlarının seçilmesi çalışması verilebilir. Bu çalışmada jeolojik, tektonik katmanlar ile IRS uydusundan alınan görüntünün işlenerek kayanın kimsyasal içeriğini veren katmanlar, CBS'de bulanık mantık analizi yöntemi ile birleştirilerek uygun arama bölgeleri saptanmıştır. Benzer çalışmalar Ayachi (<http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/ma03050pf.htm>), Rahimi ve Rad (<http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0016pf.htm>), Moore (<http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0009pf.htm>), tarafından da yapılmıştır.

Maden aramalarında CBS ve yardımcı teknolojilerin kullanımı ayrıntılı bir şekilde Bhasin (<http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0014pf.htm>) ve Ray (<http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0012pf.htm>) tarafından açıklanmıştır. Ülkemizde MTA Genel Müdürlüğü ve Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) ile ortaklaşa yürütülen Jeolojik Uzaktan Algılama Projesi kapsamında da maden aramalarında CBS kullanımına yönelik çalışmalar yapılmaktadır (<http://www.mta.gov.tr/uluslararası/ulusproje.asp>)

Madencilikğin işletme operasyonları sırasında CBS ve destekleyici teknolojilerin kullanımı çok çeşitlilik göstermektedir. Çoğunlukla yeraltı madencilikinde CBS yalnız başına ve değişik operasyonların eşgüdümü için kullanılırken, açık ocak madencilikinde CBS, UA ve KKS ile entegre edilmiştir. CBS'nin yeraltı madencilikinde en yaygın kullanım alanlarından biri de madenin 3 boyutlu görselleştirilmesi ve madene ait çizelgesel bilgi ile eşleştirilmesidir. ABD Montana'daki Mayflower altın madeni için CBS'de oluşturulmuş üç boyutlu model Şekil 19'da gösterilmektedir.



Şekil 19. CBS'de 3 boyutlu yeraltı maden ocağı görüntülemesi (Kaynak: <http://www.esri.com/news/arcnews/winter0203articles/winter0203gifs/p30p1-lg.jpg>).

Madencilik operasyonel aamalarında madencilik kullanımı için özel olarak hazırlanmış yazılımlarda (TECHBASE, Vulcan, MineSight, Surpac2000, MVS) oluşturulmuş blok modelleri yollar, elektrik hatları gibi çeşitli madencilik katmanları ile CBS ortamında birleştirilerek madenin halihazır ve gelecekteki durumu için planlamalar ve analizler yapmaya olanak tanır.

Ayrıca açık ocak madencilğinde şev duraylılığı ve dekapaj hesapları gibi analizlerde son yıllarda CBS'nin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Bunlara Erdoğan (2002), Düzgün ve Karpuz (2003), Mote ve ark. (2005) çalışmaları örnek olarak gösterilebilir. Erdoğan (2002) çalışmasında, TKİ Bolu-Göynük Himmetoğlu Açık ocağında (GÖLİ), yapılan dekapajın alansal dağılımı SPOT uydu görüntüsü ve CBS entegrasyonu ile bulunarak, klasik yöntemlerle elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Düzgün ve Karpuz (2003)'de Etibor'un Bandırma limanı stok sahasındaki şev duraylılığı ve kayma riski, jeostatistik ve olasılık yöntemlerin CBS ortamında birleştirilmesi sonucu haritalanmıştır. Mote ve Ark. (2005) çalışması ise yapısal jeoloji ve topoğrafya katmanlarını bir CBS modelinde birleştirerek çalışma alanında oluşabilecek kinematik şev duraysızlıkları analizini içerir.

Madencilikte CBS, yaygın olarak UA ile entegre olarak kullanılır. CBS ve UA enegrasyonu en çok çevre etki değerlendirmesi ve maden rehabilitasyonu çalışmalarında yer aldığından daha önce bahsedilmişti. Tören (2001) TKİ Soma açık ocağında çevresel değişimleri incelemek için farklı yıllarda elde edilmiş Landsat TM uydu görüntülerini analiz edip CBS ile entergasyonunu sağlamıştır. Mengenli (2001) TKİ'nin Eynez açık ocağı için benzeri analizleri yaparak madencilik faaliyetleri sırasındaki çevresel değişimleri gözlemiştir. Ficher (2002) HYMAP hiperspektral uydu görüntüsü analizleri ile CBS analizlerini birleştirerek tasman gözlemlemek için bir yöntem geliştirmiştir.

CBS ve UA entegrasyonunun madencilik faaliyetlerindeki diğer yaygın kullanımı da kaya mekaniği uygulamalarıdır. Wu ve ark. (2000) çalışmasında uzaktan algılamanın kaya mekaniğinde kullanımı ayrıntılı şekilde tartışılmaktadır. Koçal (2004)'in çalışması kaya mekaniğinde CBS ve UA entegrasyonunun bir örneğidir. Bu çalışmada yüksek çözünürlükteki IKONOS uydu görüntüsü kullanılarak çizgisellikler otomatik olarak bulunmuş daha sonra CBS yardımı ile yol, parsel sınırları gibi yapay çizgiselliklerden ayıklanarak süreksizlik haritası elde edilmiştir. Elle oluşturulan süreksizlik haritası ile otomatik yolla uydu görüntüsünden elde edilen süreksizlik haritasının karşılaştırılması sonucu işlemin doğruluğunu belirleyen bir doğruluk analizi yöntemi geliştirilmiştir. CBS ve UA entegrasyonunun kaya mekaniğinde kullanımı ayrıntılı olarak Kapuz (2005)'te tartışılmıştır.

Madencilikte KKS (GPS) kullanımı delme- patlatma ve kamyon-ekskavator eşleşmesi işlemlerinde yaygındır. Delme-patlatma işlemleri sırasında patlatmanın verimliliğini artırıcı etkisi olan deliklerin doğru delinmesi işlemleri KKS yardımı ile kontrol edilir ([www.trimble.com/mn\\_drilling.shtml](http://www.trimble.com/mn_drilling.shtml)). Açık ocak madencilğinde üretimin performansını etkileyen faktörlerden biri olan kamyon ekskavator eşleşmesi işlemleri, KKS ve kablosuz IT teknolojileri yardımı daha etkili hale dönüşmüştür ([www.trimble.com/mn\\_truck.shtml](http://www.trimble.com/mn_truck.shtml))

Sonuç olarak; CBS ve yardımcı teknolojilerin madencilikte kullanımı, madencilikte kontrol ve izleme işlemlerini daha etkin hale getirdiğinden bu teknolojilerin kullanımına yönelik eğilimler gün geçtikçe artmaktadır. CBS ve UA'nin Ülkemiz madencilğinde şu ana kadar henüz uygulama olanağı bulamadığı, ancak büyük katkılar sağlayacağı anlaşılanlar şöyle sıralanabilir:

- Madencilik faaliyetlerinin hepsini içeren bir bilgi sisteminin oluşturulması (Maden Bilgi Sistem, MBS)

- Maden yönetiminin tüm madencilik faaliyetlerini toplu halde bir sistemde görmesi, gerekli sorgulamaların ve analizlerin yapılması
- Üretim planlamasının yapılması
- Jeolojik yapıların üretime etkilerinin gözlenmesi
- Tüm ocak içi yolların ve yollara ait bilgilerin sorgulanması, ilişkili tematik haritaların hazırlanması
- Maden kazalarının ocak haritasında işlenmesi ve bu haritadan yararlanılarak olası risk haritasının elde edilmesi
- Personele ait veri tabanının oluşturulması ve personelin çalıştığı bölümler ile ilişkilendirilmesi
- Ocak ile ilgili istenilen her türlü tematik haritanın hazırlanabilmesi
- Madene ait her türlü değişim ve ölçümlerin bilgisayar ortamında kısa zamanda güncellenebilmesi

## **KAYNAKLAR**

- Alporal, O., 2005. "Madencilikte GPS ve EMAD Yazılım Uygulamaları", Madencilik Teknolojisinde Yeni Gelişmeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı İstanbul Üniversitesi: 183-188.
- Aranoff, S., 1989. "Geographical Information Systems: A Management Perspective", WDL Publications, Ottawa, Canada.
- Duzgun, H.S.B. ve Karpuz, C., 2003. "GIS-Based Landslide Risk Assessment for Bandırma Harbor", 12th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA, Vol.1: 2803-2810.
- Ehlers, M., Edwards, G. ve Bédard, Y., 1990. "Integration of Remote Sensing with Geographic Information Systems: A Necessary Evolution", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 55, No. 11: 1619-1627.
- Erdogan, N., 2002. "Monitoring Changes in surface Mining Area by Using SOPT Satellite Images", Master Tezi, ODTU Maden Muhendisliği Bölümü, Ankara, 118 sayfa.
- Fischer, C., 2002. "Use of GIS and Multitemporal Imaging Spectrometer Data for Modelling and Mapping Environmental Changes in Mining Areas", Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, Canada.
- Jensen, J. R., 1996. "Introductory Digital Image Processing", Prentice Hall Series in Geographic Information Science, New Jersey, 316 sayfa.
- Lillesand, R. M. ve Kiefer, R. W., 1994. "Remote Sensing and Image Interpretation", 3rd Ed. New York Wiley, 750 pages.
- Karpuz, C., 2005. "Kaya Mekanığı Uygulamalarında Yeni Eğilimler", Madencilik Teknolojisinde Yeni Gelişmeler Sempozyumun Bildiriler Kitabı, İstanbul Üniversitesi: 135-153.
- Kocal, A., 2004. "A Methodology for Detection and Evaluation of Lineaments from Satellite Imagery", Master Tezi, ODTU Maden Muhendisliği Bölümü, Ankara, 122 sayfa.
- Mengenli, E. O., 2001. "Assessment and Monitoring of Environmental Impacts in Eynez Surface Coal Mine by Using Remote Sensing", Master Tezi, ODTU Maden Muhendisliği Bölümü, Ankara, 117 sayfa.
- Mote, T., Morley, D., Keuscher, T. Ve Crampton, T., 2005. "GIS-Based Kinematic Slope Stability Analysis", Geological Society of America, 101. Annual Meeting Bildiriler Kitabı.
- Sağlam, A., Duzgun, H.S.B. ve Usul N., 2004. "Çanakkale Savaşlarına Farklı Bir Yaklaşım: Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Gelibolu 1915", Çanakkale Araştırmaları Türk Yılığ - The Turkish Yearbook of Gallipoli Studies, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Atatürk ve Çanakkale Savaşları Araştırma Merkezi, Sayı 2: 117-133.

- Tören, T., 2001. "Determination of Mining Induced Environmental Impacts Using Remote Sensing and GIS", Doktora Tezi, ODTU Maden Muhendisligi Bolumu, Ankara, 181 sayfa.
- Wu, L., Cui, C., Geng, N. ve Wang, J., 2000. "Remote Sensing Rock Mechanics (RSRM) Associated Experimental Studies", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 37: 879-888.
- Yomralioğlu, T., 2000. " Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar", Akademi Katbevi, 2. Baskı, 479 sayfa.'
- <http://cgis.fau.edu/docs/4152c/Spring%20Week%205.pdf#search='spatial%20analysis%20functions%20in%20gis>, 28.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir.
- <http://www.howstuffworks.com/gps.htm/printable>, 24.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.howstuffworks.com/gps.htm/printable>, 24.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- [http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1\\_6\\_e.html](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_6_e.html), 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- [http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1\\_6\\_e.html](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_6_e.html), 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir [http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1\\_1\\_e.html](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/chapter1/chapter1_1_e.html), 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- [www.hammond.swayne.com/GIS\\_mining.htm](http://www.hammond.swayne.com/GIS_mining.htm), 21.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- [www.esri.com/industries/mining/business/exploration.html](http://www.esri.com/industries/mining/business/exploration.html), 21.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0004pf.htm>, 21.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/ma03050pf.htm>, 21.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0016pf.htm>, 21.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0009pf.htm>, 22.06.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0014pf.htm>, 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.mta.gov.tr/uluslararasi/ulusproje.asp>, 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- <http://www.esri.com/news/arcnews/winter0203/articles/winter0203gifs/p30p1-lg.jpg>, 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- [www.trimble.com/mn\\_truck.shtml](http://www.trimble.com/mn_truck.shtml), 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir
- [www.trimble.com/mn\\_drilling.shtml](http://www.trimble.com/mn_drilling.shtml), 3.07.2005 Tarihi'nde ziyaret edilmiştir

# Bölüm 7

## Açık İşletmelerde Şev Stabilitesi Analizi

Prof. Dr. Abdurrahim ÖZGENOĞLU

### İÇİNDEKİLER

7.1. GİRİŞ	339
7.2. TANIMLAR	340
7.3. ŞEVLERDE YENİLME MEKANİĞİ VE YENİLME TÜRLERİ	341
7.4. ŞEV STABİLİTE ANALİZ YÖNTEMLERİ	344
7.5. ŞEVLERDE MALZEME ÖZELLİKLERİ VE TAYİNİ (c ve $\phi$ )	344
7.5.1. Deneysel Yöntemler	347
7.5.2. Ampirik Yaklaşımlar	348
7.6. ŞEVLERDE JEOLÖJİK VERİ TOPLAMA, DEĞERLENDİRME VE KİNEMATİK ANALİZ	351
7.6.1. Giriş	351
7.6.2. Süreksizlik Verilerinin Sunuluşu	351
7.6.3. Kinematik Analiz	353
7.7. ŞEV TASARIMI	355
7.7.1. Giriş	355
7.7.2. Tasarım Aşamaları	355
7.7.3. Fizibilite ve Ocak Tasarımı Aşamaları	356
7.7.3.1. Araştırmalar	356
7.7.3.2. Stabilite analizler	356
7.7.4. İşletme Aşamaları	357
7.7.5. Bağdaşık Tasarımlar	357
7.7.6. Şev Stabilite Analizleri	358
7.7.6.1. Düzlemsel kayma analizi	358
7.7.6.2. Kama kayması analizi	360
7.7.6.3. Dairesel kayma analizi	367
7.7.6.4. Aktif-pasif kama kayması analizi	374
7.7.6.5. Devrilme analizi	378

7.8. ŞEVLERİN YENİLMELERE KARŞI SAĞLAMLAŞTIRILMASI .....	382
7.8.1. Giriş .....	382
7.8.1.1. Kaymayı önleyecek sağlamaştırma .....	382
7.8.1.2. Devrilmeyi önleyecek sağlamaştırma .....	383
KAYNAKLAR .....	385

## 7.1. GİRİŞ

Yüzeeye yakın maden yatakları son yıllarda giderek azalmakla beraber, gerek devasa kapasite ve güçte iş makinalarının geliştirilmesi, gerek ucuz bir patlayıcı olan ANFO'nun madencilikte kullanılması ve gerekse cevher zenginleştirmede uygulanan yeni teknolojilerin düşük tenörlü yatakların işletilmesine olanak tanınması açık ocak madencilğini oldukça derin kazılarda bile daha karlı hale getirmiştir. Derinliği 1000 m'ye yaklaşan bu açık ocakların şev tasarımı, ekonomik, verimli ve emniyetli bir madencilik yapılabilmesi açısından çok önemlidir. Burada mühendis birbiriyle çelişen iki gereksinimle karşı karşıyadır. Bir tarafta şevleri dik tutarak daha az kazı yapıp büyük parasal tasarruf sağlamak olasılığı, diğer tarafta ise -aşırı- dik şevlerin neden olacağı kaymaların mala ve cana zarar vermesi olasılığı, üretimde verim düşüklüğü olasılığı vardır.

Açık ocaklarda şev stabilitesini jeolojik yapısal özellikler, şevin geometrisi, yeraltı su durumu, malzeme özellikleri ve uygulanan kazı tekniği gibi çeşitli faktörler kontrol eder. Bu faktörler her işletmede farklı olacağından bir şevin duraylı olmasını sağlayan koşulları belirleyen genel kurallar koymak çok zor olmakla beraber sahanın özellikleri yanında mühendislik önsezisine da dayanan bazı yaklaşımlarla sonuca ulaşılabilir. Şev stabilitesi çalışmaları uzmanlık gerektiren, çoğu zaman sayısal hesap ağırlıklı işlemlerdir. Jeolojik veri toplanması ve bunların değerlendirilmesi, kinematik analiz, ortamın ve/veya süreksizliklerin dayanım parametrelerinin tayini, stabilite analizlerinin yapılması ve duraysızlık durumunda alınacak önlemlerin belirlenmesi gibi uzman bilgi ve deneyimini gerektiren bir çok aşamayı içerir. Bu aşamaları vermeden önce konu ile ilgili bazı tanımların verilmesi yararlı olacaktır.

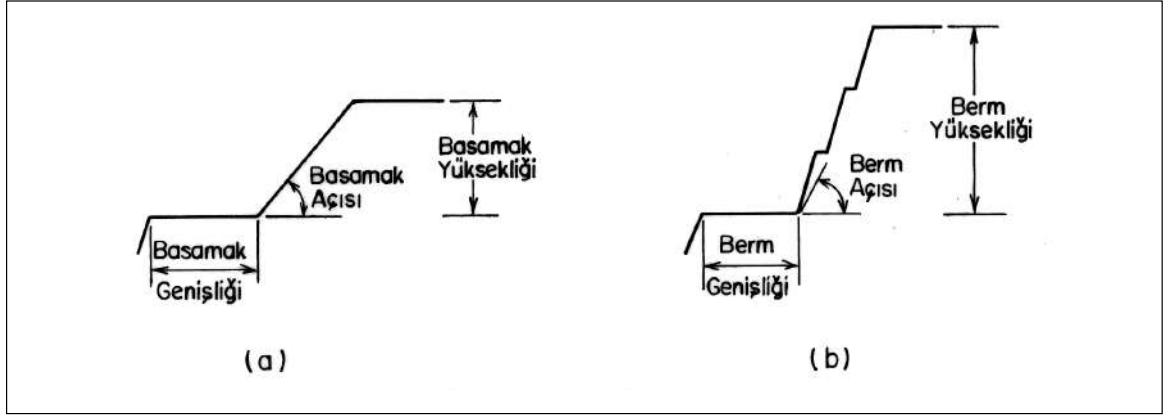


## 7.2. TANIMLAR

*Ayna:* (Bak: Şev Aynası)

*Basamak:* Açık ocaklarda üretime dönük kazıyı oluşturan en küçük birimdeki geometrik yapı olup basamak açısı, basamak genişliği ve basamak yüksekliği gibi boyutları içerir (Şekil 1a).

*Berm:* Ardarda iki veya daha çok basamaktan oluşan geometrik yapı olup berm açısı, berm genişliği ve berm yüksekliği gibi boyutları içerir (Şekil 1b).



Şekil 1. Basamak (a) ve berm (b) geometrisi.

*Denge Sınırı:* Kaymaya karşı koyan kuvvetlerin kaymaya neden olan kuvvetlere eşit olduğu durum, yani güvenlik katsayısının kuramsal olarak 1'e eşit olduğu denge durumu.

*Doğrultu:* Mostra, eklem, fay yüzeyi gibi eğik bir düzlem üzerindeki yatay hattın kuzey ile yaptığı açıdır.

*Eğim:* (Bak: Yatım)

*Eğim Yönü:* (Bak: Yatım Yönü)

*Eklem:* Düzlemsel veya hafif kıvrımlı çatlak veya fisür olup birbirine yaklaşık paralel olarak oluşan bir dizi eklem "eklem takımı" olarak adlandırılır.

*Ekstensometre:* Küçük deformasyon veya yer değiştirmeleri ölçmekte kullanılan cihaz.

*Genel Şev Açısı:* Şev topuğundan şev tepesine çizilen hattın yatayla yaptığı açıdır (Şekil 2a, 2b). Şev profili içbükey ise (Şekil 2c) şevin alt kısmının açısı genel şev açısı olarak alınır, ancak daha dik olan üst kısım için ayrı analiz yapılır. Şev profili dış bükey ise (Şekil 2d) genel şev açısını şev topuğundan şev tepesine uzanan hat belirler, ancak daha dik olan şevin alt kısmı için ayrı analiz yapılır.

*Güvenlik Katsayısı:* Kaymaya karşı koyan kuvvetlerin kaymaya neden olan kuvvetlere oranıdır.

*İçsel Sürtünme Açısı:* Kaya veya zemin içinde bir yüzeyde etkin olan dikey (normal) ve makaslama gerilmeleri arasındaki maksimum yatıklık açısı, kaymaya karşı koyan malzeme özelliği ( $\phi$ ).

*Kohezyon:* Makaslama dayanımını sağlayan parametrelerden biri olup Coulomb eşitliğinde ( $S = c + \sigma \tan \phi$ ) c ile gösterilen terimdir.

*Kritik Kayma Dairesi:* Zemin türü malzemelerde güvenlik katsayısının minimum olduğu kayma yüzeyi.

*Palye:* (Bak: Berm)

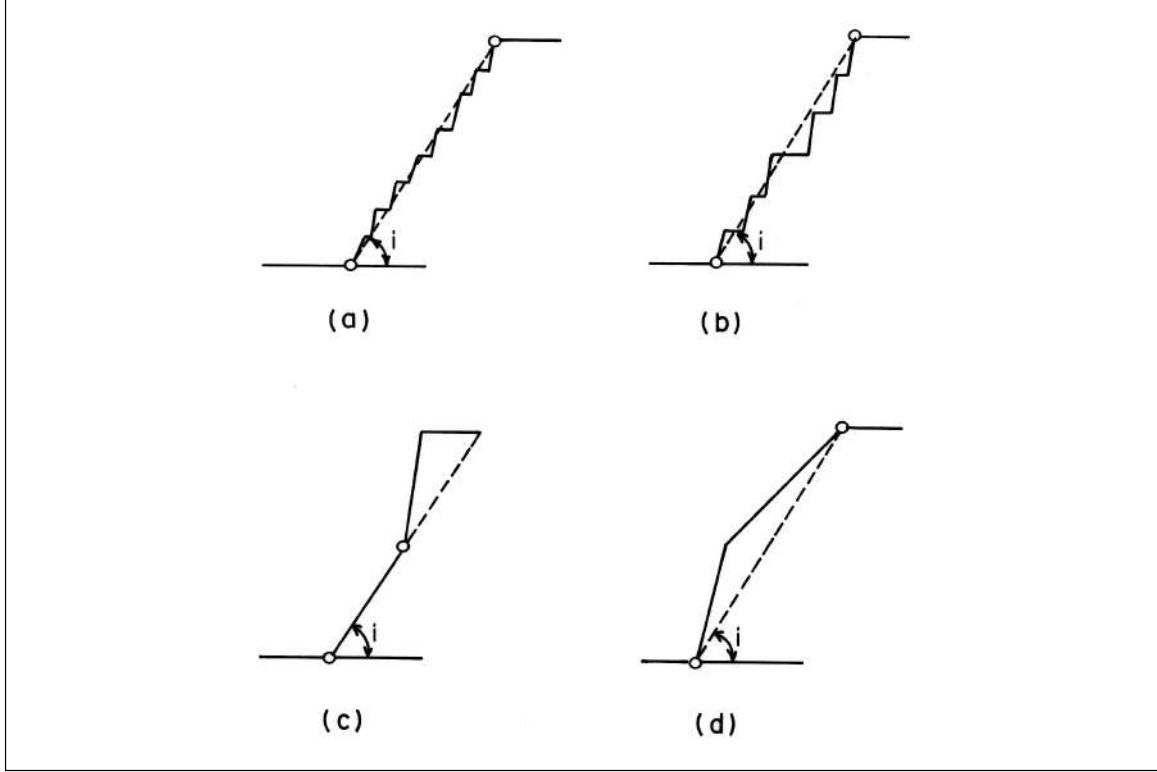
*Sektör:* Stabilite analizi sonucu tek bir şev açısı uygulanabilecek homojenliğe sahip şev aynası uzunluğu.

*Serbest Durma Açısı:* Yatay bir düzlem üzerinde kaymadan duran gevşek malzeme yığınının yatayla yaptığı açı.

*Şev Aynası:* Madencilik faaliyetleri sonucu oluşan dik veya dike yakın kesilmiş kaya yüzeyi.

*Şev Tepesi:* Kesilen şevin en üst noktası.

*Şev Topuğu:* Şev aynasının en dip noktası.



Şekil 2. Genel şev açısının değişik tanımları.

*Süreksizlik:* Kaya kütlesi içinde sağlam kaya bloklarını birbirinden ayıran fay, eklem, tabakalarına düzlemi, dilinim vb. jeolojik yapısal eleman, zayıflık düzlemi.

*Yatım:* Bir süreksizlik düzleminin veya şev aynasının yatayla yaptığı maksimum açı.

*Yatım Yönü:* Yatım hattının (eğik bir düzlem üzerinde maksimum yatım açısını veren hat) yatay bir düzlem üzerindeki izdüşümünün saat yönünde ölçülen kuzeyle yaptığı açı.

*Yeraltı Suyu Tablası:* Altında kalan kaya ve zemin içindeki gözenek ve çatlakların su ile dolu olduğu seviye.

### 7.3. ŞEVLERDE YENİLME MEKANİĞİ VE YENİLME TÜRLERİ

Şevler, doğal veya insan yapısı olarak kazı veya yığma işlemi sonunda yer yüzeyinde yükseklik farkları oluşturmak suretiyle meydana gelirler. Yerçekimi kuvveti nedeniyle, şevin daha yüksekte olan kısmının potansiyel enerjisi daha fazladır ve şev malzemesinin ve/veya süreksizliklerinin dayanımı izin verdiği sürece daha aşağılara inmek ister. Bu şekilde, şevlerde yenilmeye neden olan kuvvetler ile yenilmeye karşı koyan kuvvetler arasında bir denge oluşur. Bu denge "yenilme" yönünde bozulana dek şev duraylıdır. Erozyon veya insan tarafından şev açısının artırılması, alterasyon sonucu dayanımın azalması veya yağışlar sonucu şev malzemesinin suya doyması gibi nedenlerle denge yenilme yönünde bozulabilir.

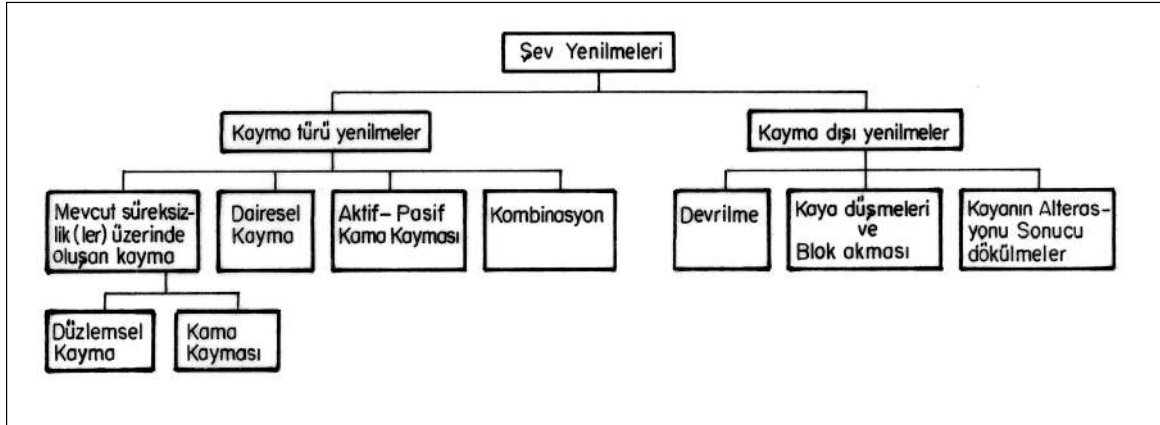
Her şev kendine özgü özellikler taşır. Bu yüzden bir şevin duraylı olmasını sağlayan koşulları belirleyen genel kuralları koymak çok zordur. Ancak uygulamada, oluşturulan şev ortamının türüne uygun bir duraylılık analizi yapılır. Şev ortamları üç ana gruba ayrılabilir. Bunlar:

- i. Süreksiz Ortam (discontinuum) : süreksizlikler içeren kaya kütlesi gibi.
- ii. Yarı Sürekli Ortam (quasicontinuum) : patlatılmış kaya kütlesi, kaya dolgu gibi.
- iii. Sürekli Ortam (continuum) : toprak, öğütülmüş atık malzeme, masif kaya kütlesi gibi.

Sürekli ve yarı sürekli ortam için zemin mekaniği, süreksiz ortam için kaya mekaniği prensipleri uygulanır. Kaya malzemesinin zayıf olduğu kaya kütlesinde ise süreksizlik ve kayanın dayanım parametrelerinin baskınlığına göre hem sürekli hem de süreksiz ortam davranışları irdelenir.

Şev yenilmelerinin mekaniği çok çeşitli olabilmektedir. Yenilme mekanizmasının belirlenmesi, yapılacak denge sınırı analizi ve daha sonra olası yenilmeyi engelleyecek önlemlerin saptanması için son derece önemlidir.

Şevlerde duraysızlık türlerini Şekil 3'de verildiği gibi kayma türü yenilmeler ve kayma dışı yenilmeler olmak üzere önce iki ana sınıfa daha sonra da alt sınıflara ayırmak mümkündür (Özgenoğlu, 1986). Kayma türü yenilme, süreksizlik düzlemi ya da düzlemleri gibi belirgin bir yüzey boyunca olacağı gibi (örneğin: düzlemsel kayma, kama kayması), dairesel kaymada olduğu gibi daha önceden belirlenmemiş bir yüzey boyunca da olabilir. Daha az bilinen kayma dışı yenilmelerde, yenilme mekaniğinin gereği olarak kayma oluşuyorsa da bu edilgen niteliktedir.



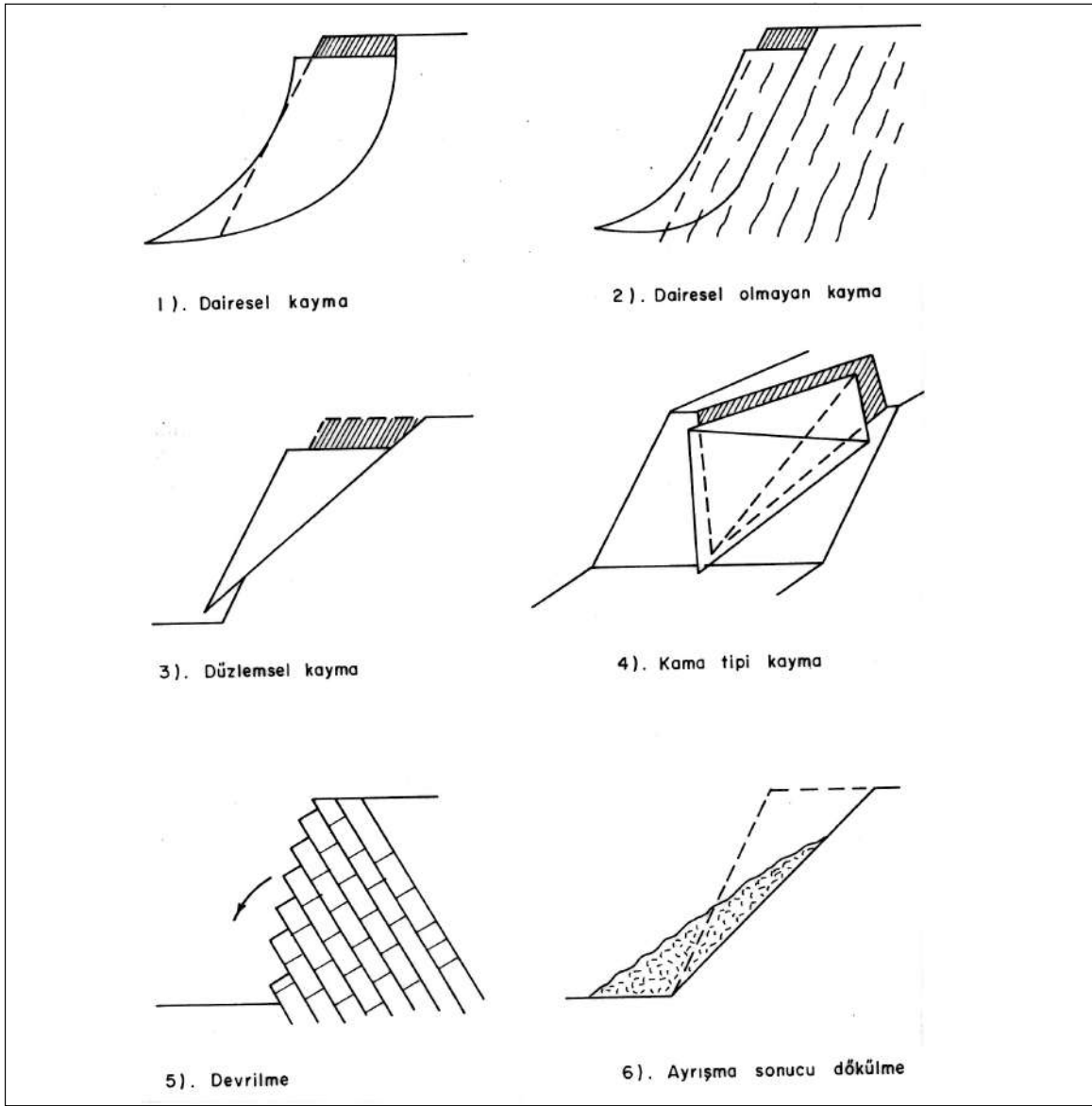
Şekil 3. Şev yenilmelerinin sınıflandırılması.

Stabilitenin süreksizliklerce kontrol edildiği şevlerde, öncelikle, oluşan kuvvetlerin gözönüne alınmadığı, dayanım parametresi olarak yalnız sürtünme açısının ve şevdeki süreksizliklerin "yönelim/yatımlarının dikkate alındığı kinematik analiz yapılır. Bu analiz sonunda yenilme olasılığı olan şevler, yenilmeye neden olabilecek süreksizlikler ve olası yenilmenin türü belirlenir. Bu tür ortamda genellikle kama kayması, düzlemsel kayma ve devrilme türü yenilmeler gözlenir. Daha sonra, kinematik analiz sonuçlarına göre uygun olan denge sınırı analizi uygulanarak ilgili şevin güvenlik katsayısı bulunur.

Örtü tabakasını oluşturan toprak, zemin ya da ufalanmış-ayrışmış kayalarda ise belirgin bir yapısal süreksizlik görülmediğinden, yenilme kaymaya karşı direncin en az olduğu noktalar boyunca, yani genellikle gözlendiği gibi dairesel bir yüzey boyunca yer alır. Bu tür ortamlarda oluşan şevlerin, özellikle zemin şevlerinin duraylılık analizleri yüksek bir hassasiyet ve doğrulukta yürütülebilmektedir.

Dragline dökü harmanlarında veya benzer geometriye sahip toprak harmanlarında, şevi oluşturan malzemenin bir bölümünün yatay yönde, bir bölümünün düşey yönde hareket ettiği, düşey yönde hareket eden kısmın (aktif kama), yatay yönde hareket eden kısmı (pasif kama) ittiği bir yenilme türü olan aktif-pasif kama kayması da görülebilmektedir.

Açık ocak işletmelerinde gözlenen önemli şev yenilme mekanizmaları Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Açık işletmelerde gözlenen şev yenilme mekanizmaları.

#### **7.4. ŞEV STABİLİTE ANALİZ YÖNTEMLERİ**

Şev stabilite analizleri üç değişik yöntemle yürütülebilir. Bunlar,

- a. Ampirik ve gözlemsel yaklaşım
- b. Denge sınırı yöntemi
- c. Gerilme analizi yöntemi

Ampirik yöntem daha önceki deneyimlerle model ve prototip üzerinde yapılan ölçümlere dayanır. Denge sınırı yöntemi zeminin ya da kaya kütesinin (özellikle süreksizliklerin) makaslama dayanımına dayandırılmış olup genellikle Coulomb yenilme kriterinden faydalanır. Gerilme analizi yöntemi kaya kütesinin deformasyon ve dayanım karakteristiklerinin çalışılmasını içerir. Gerilme analizini fotoelastik yöntem ya da Sonlu Elemanlar Yöntemi gibi nümerik bir teknikle yapmak mümkündür. Bilgisayar kapasitelerindeki artışlar ve nümerik yöntemlerdeki gelişmeler nedeniyle fotoelastik yöntem günümüzde kullanılmamaktadır.

Şev stabilitesini süreksizliklerin kontrol ettiği durumlarda kinematik analiz sonucu kritik bulunan şevler ile sürekli ortamda oluşturulup yenilme potansiyeli olan diğer şevler genellikle denge sınırı analizine tabi tutularak duraylılıkları incelenir. Bu analizde, önceden belirlenmiş olası kayma yüzey(ler)inde kaymaya neden olan kuvvetlerle kaymaya karşı koyan kuvvetlerin karşılaştırılması yapılır. İkincisinin birincisine oranlanması ile bulunan katsayıya "güvenlik katsayısı" denir ve bu katsayının değerine göre şevin duraylılığı konusunda bir sonuca varılır. Uzun süreli duraylılık gerektirmeyen açık ocak şevlerinde güvenlik katsayısının en az 1. 3, önemli yapılara ya da nakliye yollarına yakın kritik şevlerde ise bu katsayısının en az 1. 5 olması gerektiği önerilmektedir (Hoek&Bray, 1981). Hoek ve Bray (1981), güvenlik katsayısının karşılaştırma amaçlı tasarım aracı olarak kullanıldığında faydalı bir indeks olduğunu da vurgulamaktadır.

Her ne kadar denge sınırı yöntemi şev duraylılık analizleri için çok kullanışlı bir yöntem ise de kayma yüzeyinin önceden bilinmesi ya da tahmin edilmesi zorunluluğu vardır. Ayrıca, kayan kütenin rijit-tam plastik davrandığının varsayılması bu yöntemin kusurudur, çünkü yenilmenin ilerleyen karakteri gözönüne alınmamaktadır. Düzlemsel kayma analizinde olduğu gibi problemi iki boyuta indirgeyerek analiz basitleştirilse de bu her zaman mümkün olamaz. Problemin üç boyutlu ele alınması gerektiğinde Londe ve arkadaşları (1969, 1970) tarafından geliştirilen analitik, John (1968) tarafından önerilen grafiksel yöntemle başvurulabilir. Bölüm 7.3'de verilen yenilme mekanizmalardan kayma türünden olanlar için denge sınırı yöntemi, kayma yüzeyinin doğru olarak belirlenmesi koşuluyla güvenilir sonuçlar verecektir. Yöntemin ayrıntıları Bölüm 7.7'de verilmiştir. Ayrıca, basit şev geometrileri için de olsa, Goodman ve Bray'in (1976) denge sınırı yöntemini devrilme türü yenilmeye nasıl uyguladıklarına değinilecektir.

#### **7.5. ŞEVLERDE MALZEME ÖZELLİKLERİ VE TAYİNİ (c ve Ø )**

Gerek kaya içinde gerekse de zeminde açılan şevlerin stabilite analizleri yukarıda belirtildiği gibi genellikle denge sınırı yöntemiyle yürütülür. Bu yöntemin uygulamasında gerekli malzeme özellikleri (içsel) sürtünme açısı, kohezyon ve birim ağırlıktır. Kohezyon ve sürtünme açısı, laboratuvar veya arazide (in situ) yapılacak deneyler sonrası makaslama gerilmesi ile normal gerilme (kayma yüzeyine dik etki eden kuvvetlerin yarattığı gerilme) arasındaki ilişkinin kurulması ile bulunur. Bu ilişki en basit haliyle, aşağıdaki Coulomb eşitliğinde verildiği gibi doğrusaldır (Şekil 5).

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

Burada,

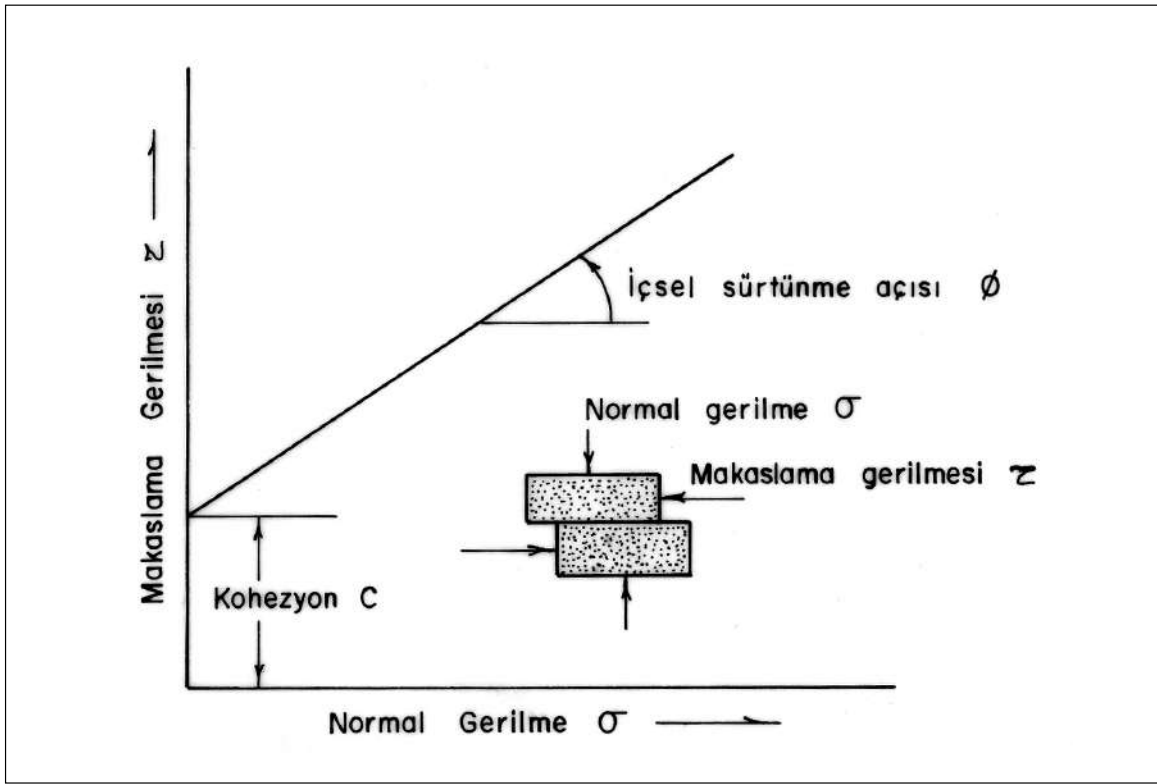
$\tau$  : makaslama gerilmesi

$c$  : kohezyon

$\sigma$  : normal gerilme

$\phi$  : (içsel) sürtünme açısıdır.

Coulomb eşitliği süreksizlik için kullanıldığında, süreksizlik yüzeyleri birbirine kaynamamışsa, yani normal gerilmenin sıfır olduğu durumda makaslama gerilmesi sıfır oluyorsa, kohezyon sıfır olur ve eşitlik daha basitleşerek  $\tau = \sigma \tan \phi$  olarak ifade edilir. Öte yandan, süreksizlik yüzeyleri pürüzlü ise makaslama dayanımı artar, şöyle ki:  $\tau = \sigma \tan(\phi + i)$



Şekil 5. Kaymaya neden olan makaslama gerilmesi ile Normal gerilme arasındaki ilişki.

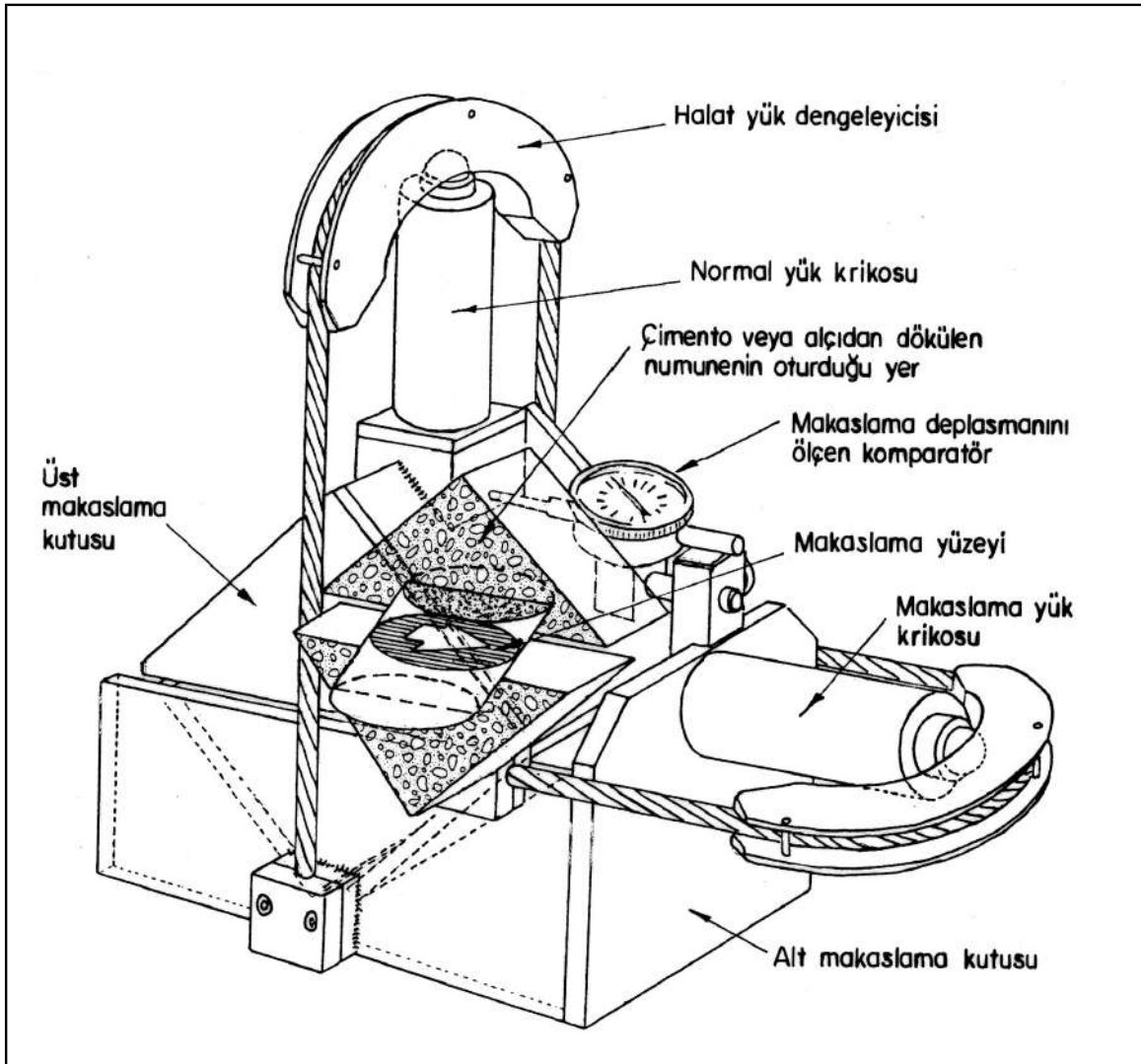
Burada,  $i$  = pürüzlülük açısı olup süreksizlik yüzey profilini çıkartarak ölçülebilir. Süreksizliğin dolgu içermesi yüzey pürüzlülüğünün etkisini yok edebilir. Yumuşak malzeme ile dolu bir süreksizlik kaya şev tasarımında karşılaşılan önemli sorunlardan biridir. Çünkü dolgunun kalın olması süreksizlik yüzeylerinin birbiri ile temasını önler ve bu durumda süreksizliğin davranışını dolgu malzemesinin dayanımı kontrol eder. Barton'un (1974) dolgulu süreksizliklerin makaslama dayanımlarına ilişkin derlemesi Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Dolgulu süreksizliklerin makaslama dayanımı (Barton, 1974).

Kaya	Tanım	Tepe Dayanımı		Kalıntı Dayanımı	
		c(kg/cm <sup>2</sup> )	Ø°	c(kg/cm <sup>2</sup> )	Ø°
Bazalt	Killi bazaltik breş, kilden bazalta kadar geniş değişim	2.4	42		
Bentonit	Tebeşirde bentonit damarı	0.15	7.5		
	İnce tabakalar	0.9-1.2	12-17		
	Üç eksenli deneyler	0.6-1.0	9-13		
Bentonitik Şeyl	Üç eksenli deneyler Direkt makaslama deneyleri	0-2.7	8.5-29	0.3	8.5
Killer	Aşırı konsolide olmuş, kaymalar, eklemler ve küçük makaslama	0-1.8	12-18.5	0-0.03	10.5-16
Killi şeyl	Üç eksenli deneyler	0.6	32	0	19-25
Killi şeyl	Tabakalanma yüzeyleri				
Kömür içeren kayalar	Kil milonit damarları, 1-2.5 cm kalınlıkta	0.11-0.13	16	0	11-11.5
	Altere olmuş şeyl tabakası yaklaşık 15 cm kalınlığında	0.41	14.5	0.22	17
Diyorit, grano Diyorit ve porfiri	Kil dolgu (%2 kil, PI=17%)	0	26.5		
Granit	Kil dolgulu faylar	0-1.0	24-45		
	Kumlu-toprak fay dolgusuyla zayıflamış	0.5	40		
	Tektonik makaslama zonu, yapraklı ve kırılmış granit, parçalanmış kaya ve dolgu	2.42	42		
Grovak	Tabakalanma düzlemlerinde 1-2 mm kil			0	21
Kireçtaşı	6 mm kil tabakası			0	13
	1-2 cm kil dolgu	1.0	13-14		
	<1 mm kil dolgu	0.5-2.0	17-21		
Kireçtaşı, marn ve linyitler	Ara katmanlı linyit tabakaları	0.8	38		
	Linyit/marn kontağı	1.0	10		
Kireçtaşı	Marnlı eklemler, 2 cm kalınlık	0	25	0	15-24
Linyit	Linyit ve altındaki kil arasında kalan tabaka	0.14-0.3	15-17.5		
Montmorillonit kil	8 cm'lik bentonit damarları (montmorillonit) tebeşirde kil	3.6	14	0.8	11
		0.16-0.2	7.5-11.5		
Şist, kuvarsitler ve silisli şistler	10-15 cm kalınlığında kil dolgu	0.3-0.8	32		
	İnce killi tabakalanma	6.1-7.4	41		
	Kalın killi tabakalanma	3.8	31		
Arduvazlar Kuvars/kaolin/pirolusit	İnce tabakalı ve altere olmuş	0.5	33		
	Örselenmiş numunede üç eksenli deney	0.42-0.9	36-38		

### 7.5.1. Deneysel Yöntemler

Kaya ve zeminde açılan şevlerin tasarımında kullanılmak üzere gereken makaslama dayanımı parametrelerini ( $c$  ve  $\phi$ ) elde etmek için en iyi yöntem deney yapmaktır. Bu, kayadaki süreksizliği veya zemini en iyi biçimde temsil edecek örnekler üzerinde yapılan çok gelişmiş laboratuvar ya da in situ deneyleri şeklinde olabilir. Laboratuvar deneyleri bilgisayar kontrollü çok gelişmiş aygıtların (Sarı, 1996) yanında, arazide elde edilen küçük karot numunelerdeki kaya süreksizliklerini test etmek üzere geliştirilen, taşınabilir makaslama aygıtı (Şekil 6) ile de yapılabilir. İn situ deneyleri çok pahalı ve zahmetli olup ancak çok kritik şevlerin tasarımında gerekli görülebilir. Bazı kaya ve zeminlerde yapılan makaslama deneylerinden elde edilen tipik sürtünme açısı ve kohezyon değerleri ile bu malzemelerin birim ağırlıkları Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 6. Taşınabilir direkt makaslama aygıtının şematik görünümü.



Çizelge 2. Tipik zemin ve kaya özellikleri.

		Tanım	Birim ağırlık (Suya doymuş/kuru)		Sürtünme açısı <i>derece</i>	Kohezyon	
Tip	Malzeme	ton/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	ton/m <sup>3</sup>		kPa	
Kohezyonsuz	Kum	Gevşek kum, uniform tane büyüklüğü	1.94/1.43	19/14	28-34*		
		Yoğun kum, uniform tane büyüklüğü	2.14/1.73	21/17	32-40*		
		Gevşek kum, karışık tane büyüklüğü	2.04/1.63	20/16	34-40*		
Yoğun kum, karışık tane büyüklüğü		2.14/1.84	21/18	38-46*			
Çakıl	Çakıl uniform tane büyüklüğü	2.24/2.04	22/20	34-37*			
	Kum ve çakıl, karışık tane büyüklüğü	1.94/1.73	19/17	48-45*			
Patlatılmış/ kırmış kaya	Bazalt	2.24/1.73	22/17	40-50*			
	Tebeşir	1.33/1.02	13/10	30-40*			
	Granit	2.04/1.73	20/20	45-50*			
	Kireçtaşı	1.94/1.63	19/16	35-40*			
	Kumtaşı	1.73/1.33	17/13	35-45*			
	Şeyl	2.04/1.63	20/16	30-35*			
Kohezyonlu	Kil	Yumuşak bentonit	1.33/0.61	13/6	7-13	1.02-2.04	10-20
		Çok yumuşak organik kil	1.43/0.61	14/6	12-16	1.02-3.06	10-30
		Yumuşak, Hafif organik kil	1.63/1.02	16/10	22-27	2.04-5.10	20-50
		Yumuşak buzul kili	1.73/1.22	17/12	27-32	3.06-7.13	30-70
		Sıkı buzul kili	2.04/1.73	20/17	30-32	7.13-15-29	70-150
		Moren ve karışık tane büyüklüğü	2.35/2.04	23/20	32-35	15.29-25-48	150-250
		Kaya	Sert volkanik kayalar <i>granit, bazalt, porfiri</i>	2.55/3.06	25-30	34-45	3570-5600
Metamorfik kayalar <i>kuvarzit, gnays, ardıvaz</i>	2.55/2.86		25-28	30-40	2040-4080	20000-40000	
Sert tortul kayalar <i>kireçtaşı, dolomit, kumtaşı</i>	2.35/2.86		23-28	35-45	1020 -3060	10000-30000	
Yumuşak tortul kayalar <i>kumtaşı, kömür, tebeşir, şeyl</i>	1.73/2.35		17-35	25-35	100-2040	1000-20000	

\* Kohezyonsuz malzemelerdeki yüksek sürtünme açıları düşük yan basınç ya da normal gerilmelerde olur.

\*\* Sağlam kaya malzemesi için, gözenekli kumtaşları gibi kayalar hariç, birim ağırlığı suya doymuş ve kuru durumlar için önemli ölçüde değişmez.

### 7.5.2. Ampirik Yaklaşımlar

Süreksizliklerin makaslama dayanımını laboratuvar veya in situ deneylerle tayin etmek olası değilse değişik ampirik yaklaşımlardan biri kullanılabilir. Pürüzlü eklemlerin makaslama dayanımını bulmak için Barton (1973) tarafından önerilen ampirik eşitlik şöyledir:


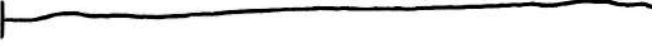









$$\tau = \sigma \tan (\phi_b + JRC \cdot \log_{10} \sigma_j / \sigma)$$

Burada:

$\phi_b$  : Temel sürtünme açısı (düz pürüzsüz yüzeyin sürtünme açısı)

JRC : Eklemlerin pürüzlülük katsayısı olup Şekil 7'de verilen profillere göre değer alır.

$\sigma_j$  : Süreksizlik yüzeyini oluşturan kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı.

TİPİK PÜRÜZLÜLÜK PROFİLLERİ İÇİN		JRC DEĞERİ
1		0 - 2
2		2 - 4
3		4 - 6
4		6 - 8
5		8 - 10
6		10 - 12
7		12 - 14
8		14 - 16
9		16 - 18
10		18 - 20
		ÖLÇEK

Şekil 7. Pürüzlülük profilleri ve bunlara ait JRC değerleri.

Barton'un eşitliğinde yer alan temel sürtünme açısını ( $\phi_b$ ) deneysel olarak tayin etmek mümkün olmazsa Çizelge 3'den kaya türüne göre yaklaşık bir değer seçilebilir.

Çizelge 3. Değişik kayalar için yaklaşık temel sürtünme açısı ( $\phi_b$ ) değerleri.

Kaya	$\phi_b$ (derece)
Amfibolit	32
Arduvaz	25-30
Bazalt	31-38
Dolomit	27-31
Gnays (şistoz)	23-29
Granit(ince taneli)	29-35
Granit (iri taneli)	31-35
Kireçtaşı	33-40
Konglomera	35
Kumtaşı	25-35
Porfiri	31
Silttaşı	27
Şeyl	27-31
Tebeşir	30

Not: Düşük değerler genellikle ıslak yüzeylerde yapılan deneylerden elde edilmiştir.

Çok çatlaklı veya sık eklemlili kaya kütesinin makaslama dayanımı için Hoek ve Brown (1980) tarafından önerilen aşağıdaki ampirik eşitlik  $\tau$  ile  $\sigma$  arasında doğrusal olmayan bir ilişki ortaya koyar.

$$\tau = A \sigma_c (\sigma / \sigma_c - T)^B$$

Burada

$\sigma_c$  : kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı

A,B : yenilme zarfının şeklini belirleyen katsayılar

T :  $1/2 (m - \sqrt{m^2 + 4s})$  olup bu eşitlikteki m ve s kaya kütesindeki blokların kenetlenmesine ve şekline bağlı boyutsuz katsayılardır.

A, B, m ve s katsayılarını bulmak için kaya kütesinden alınan örneklerin laboratuvarında üç eksenli basınç deneyine tabi tutulması gerekir. Ancak bu deneyin zorluğunu düşünen Hoek ve Brown (1980) pratik bir yol bulmuş ve kaya kütesi kalitesini belirleyen Q ve RMR değerleri ile söz konusu katsayılar ilişkilendirmişlerdir.

## 7.6. ŞEVLERDE JEOLJİK VERİ TOPLAMA, DEĞERLENDİRME VE KİNEMATİK ANALİZ

### 7.6.1. Giriş

Kaya içinde açılan şevlerin davranışında süreksizliklerin önemli rolü olduğu vurgulanmıştır. Dolayısıyla, duraylılık analizlerinin yeterli nitelikte jeolojik veri ile yapılması gerektiği tartışılmaz

bir gerçektir. Ancak, yeterli nitelikte veri nedir? Stabilite analizleri için ne tip ve ne derecede ayrıntılı veri toplanması gerekmektedir? Kritik olmayan şevler için çok veri toplamak anlamsızdır. Ancak kritik şevlerin belirlenmesi de yeterli veriyle mümkün olur. Bunun için veri toplama işlemi Şekil 8'de görüldüğü gibi iki aşamalı yürütülmelidir.

Birinci aşama, mevcut bölgesel jeolojik haritaların, hava fotoğraflarının, kolay ulaşılabilen mostraların ve etüt sondajları sırasında elde edilen karotların incelenmesini kapsar. Bu bilgilerle yapılan ön analiz hangi şevlerin kritik olabileceği ve daha ayrıntılı bir etüde gerek duyulacağını ortaya koyar.

İkinci aşama, bu kritik bölgelerin jeolojik özelliklerinin çok daha ayrıntılı olarak incelenmesini içerir. Cevher yatağının dışında özel sondaj delikleri açılmasına, galeriler sürülmesine, yarmaların açılmasına ve ayrıntılı haritalama ve süreksizliklerin özelliklerinin deneylerle tespitine gerek duyulabilir. Birinci ve ikinci aşamalarda yapılan jeolojik araştırmalarda önemli olan, elde edilen bilgilerin stabilite analizi ile ilgili ya da bu analizlerin neticesini kontrol eden kişiler tarafından anlaşılıp, yorumlanabilecek bir biçimde ifade edilmesidir. Ayrıca, konu ile ilgili herkesin kullanılan jeolojik terimlerin ne anlama geldiğinin bilincinde olması ve verilerin sunuş tekniklerini anlaması gerekir.

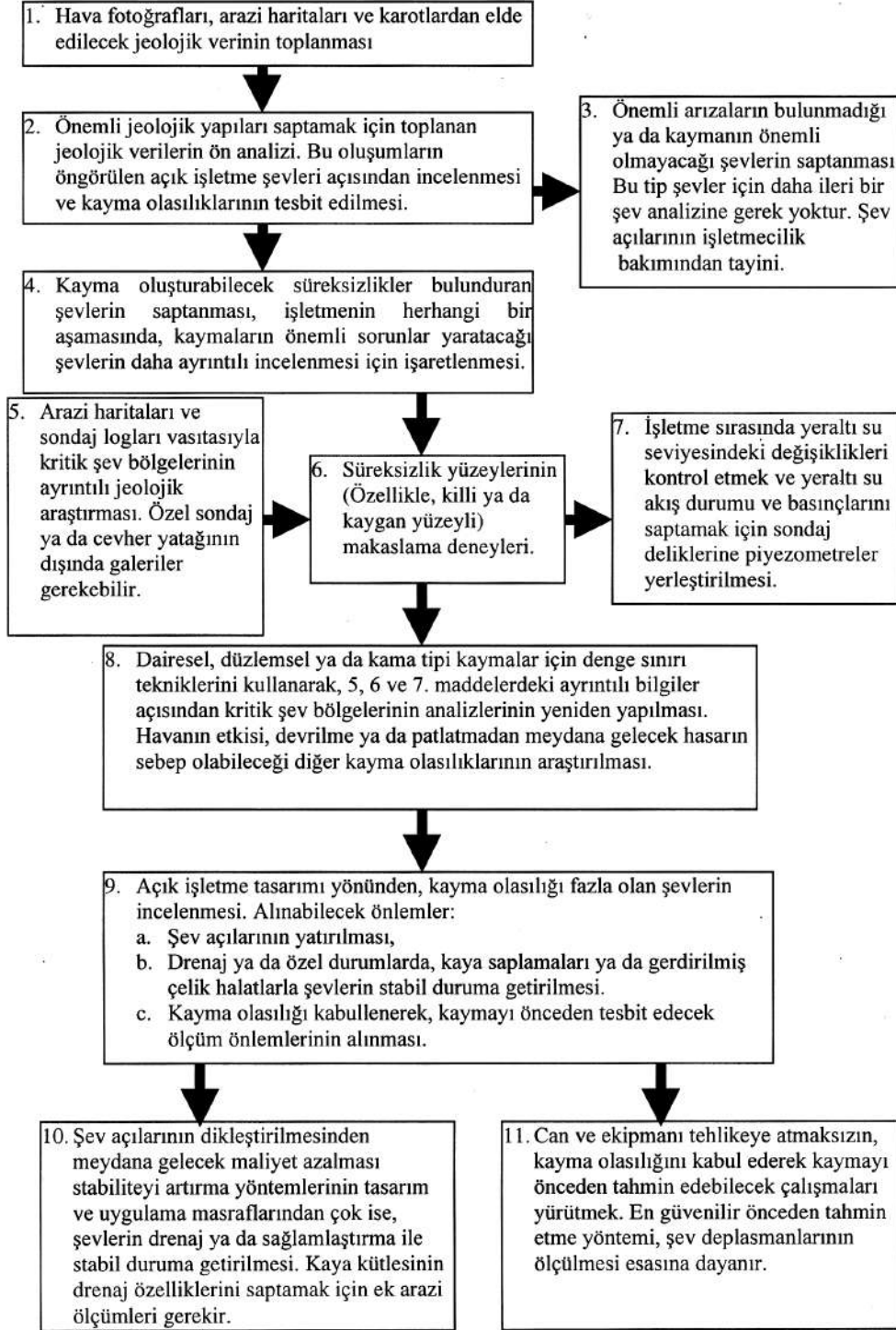
#### 7.6.2. Süreksizlik Verilerinin Sunuluşu

Ayrıntılı şev stabilite analizi için süreksizliklere ilişkin birçok verinin toplanması gerekir. Bunlardan önemli olan şunlardır:

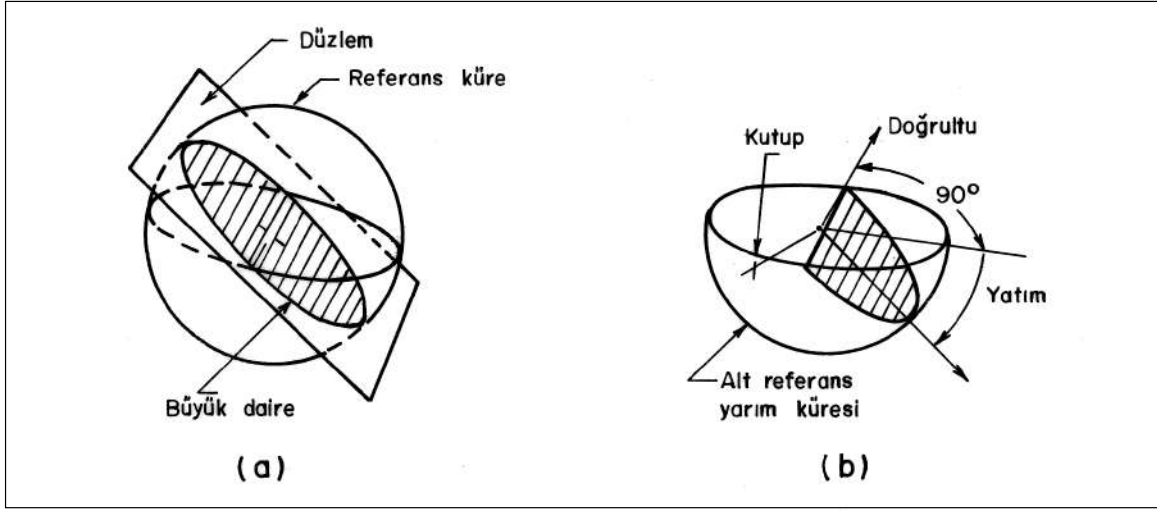
- Süreksizliğin türü (fay, eklem, tabaklanma düzlemi vb.)
- Süreksizliğin devamlılığı
- Dolgu malzemesinin kalınlığı, türü (dolgu varsa)
- Yüzey pürüzlülüğü
- Süreksizlik düzleminin uzaydaki konumu (doğrultu/yatım veya yatım yönü/yatım olarak ölçülür)

Kaya şev analizlerinin en önemli aşamalarından birisi jeolojik verilerin, yani süreksizlik verilerinin, stabilite analizlerinde kolaylıkla uygulanabilecek şekilde sistematik olarak toplanması ve sunulmasıdır. Bu amaçla genellikle küresel projeksiyon tekniklerinden yararlanır. Şev analizlerinde çoğunlukla Lambert projeksiyonu veya Schmidt diyagramı olarak adlandırılan eş-alan projeksiyonu kullanılır. Bu teknikte, uzaydaki bir düzlemin referans küre ile kesişmesinden oluşan ve "büyük daire" olarak adlandırılan daire ile o düzlemin yatım ve yatım yönü tanımlanır (Şekil 9a ve 9b). Ayrıca söz konusu düzleme dik doğrunun küre yüzeyini kestiği nokta ile de, ki buna düzlemin kutbu denir, düzlemin uzaydaki konumunu belirlemek mümkündür (Şekil 9b). Arazi ölçümlerinin istatistiki olarak değerlendirildiği bu grafiksel yöntemin ayrıntılarına burada girilmeyecektir. Çünkü bu verileri bilgisayar ortamında işleyen birçok yazılım geliştirilmiştir (örneğin DIPS, STERONET). Süreksizlik verilerinin çizim ve konturlanması için bu yazılımlardan birinin kullanılması önerilir.

## ŞEV STABİLİTE ANALİZLERİ PLANLAMASI



Şekil 8. Şev stabilite analiz planlaması.

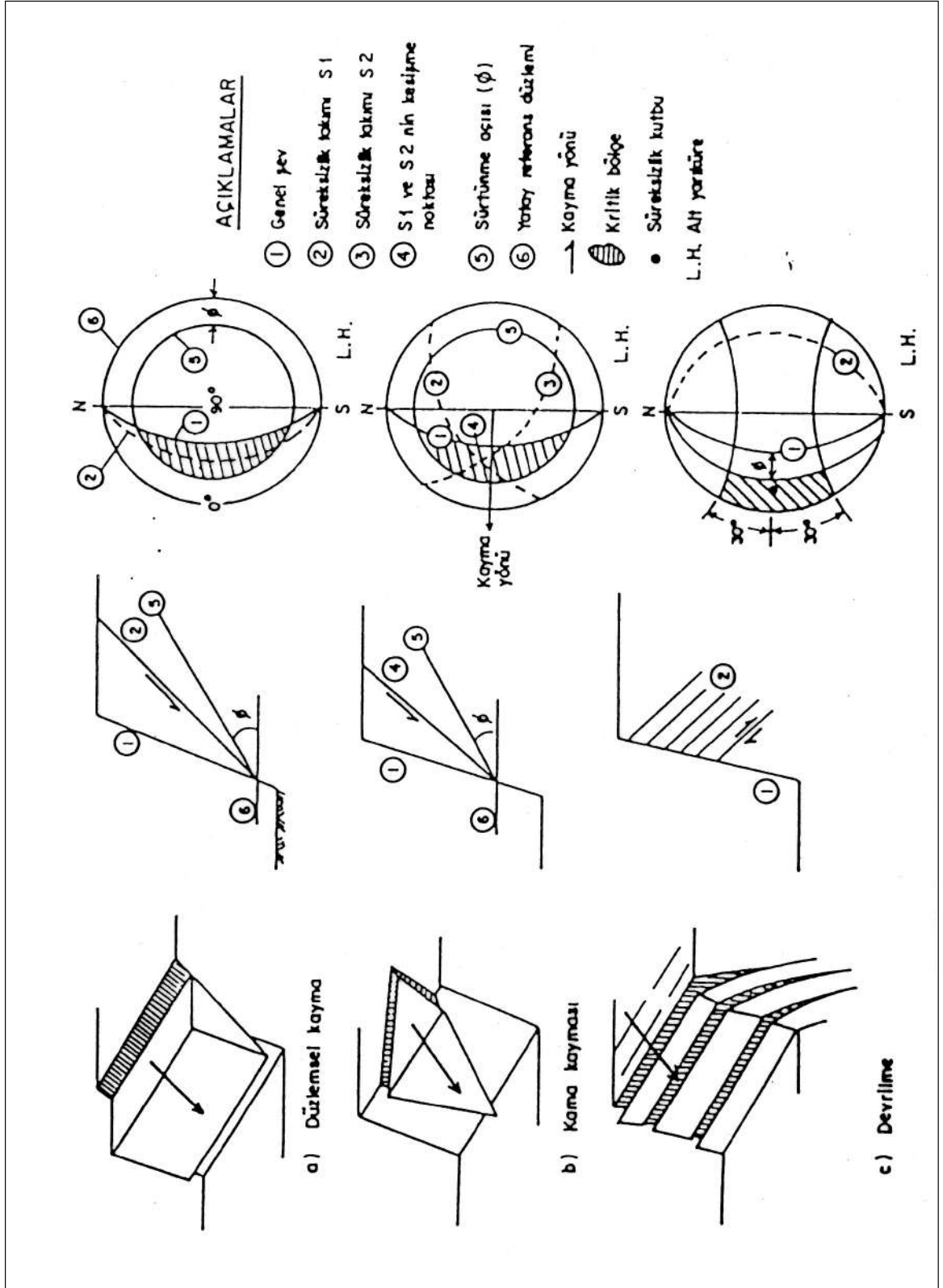


Şekil 9. Küresel projeksiyonla bir düzlemin uzaydaki konumunu belirleyen büyük dairesi ve kutbu.

### 7.6.3. Kinematik Analiz

Stabiliteyi süreksizliklerin kontrol ettiği şevlerde öncelikle yenilme olasılığının ve türünün belirlenmesi için kinematik analiz yapılması gerekir. Süreksizliklerin oluşturduğu kaya bloklarının hareket serbestliğinin incelendiği bu analizde, kayanın dayanımından ziyade süreksizliklerin ve şevlerin konumları birbiriyle ilişkili olarak ele alınır ve ayrıntılı analiz yapılması gereken kritik şevler belirlenir. Bu amaçla, yukarıda kısaca değinilen küresel projeksiyon tekniğinden yararlanılır. Bu tekniğin ayrıntılarını bilmeyen mühendis veya jeoloğun işini kolaylaştırmak için bilgisayardan yararlanma yoluna gidilmiş ve Öcal (1994) tarafından süreksizlik ölçümlerindeki dağılımları da dikkate alan bir kinematik analiz programı (KANROS) geliştirilmiştir.

Kinematik analizle, Hoek ve Bray'in (1981) uyguladığı şekliyle, yatım ve yatım yönü verilen bir şevdeki kinematik olasılıklı duraysızlıklar tespit edilebildiği gibi, Goodman'in (1980) uyguladığı haliyle, yatım yönü veya doğrultusu bilinen bir şevdeki olası duraysızlıkları sınırlayan şev açıları, buradan da söz konusu şev için kinematik olasılık bakımından maksimum güvenli şev açısı bulunur. Düzlemsel ve kama tipi kaymalarla, devrilme türü yenilmenin belirlenmesinde Hoek ve Bray'in (1981) küresel projeksiyon tekniğini nasıl kullandıkları Şekil 10'da gösterilmiştir. Buna göre, düzlemsel kayma olasılığı, şev aynası ile yaklaşık aynı doğrultuya sahip olan ve yatımı şevin açısından küçük fakat kayma yüzeyinin sürtünme açısından büyük olan süreksizlikler için vardır (Şekil 10a). İki süreksizliğin kesişerek oluşturduğu bir kama, her iki düzlemin de yüzey temasını koruması halinde, ancak kesişme doğrusu boyunca kayabilir. Yani kesişme doğrusunun eğimi, şev aynasının kayma yönünde ölçülen eğiminden küçük fakat sürtünme açısından büyük olmalıdır. Bu koşullar, iki süreksizliğe ait büyük dairelerin kesişme noktası, şev aynasını tanımlayan büyük daire ile sürtünme açısı dairesinin sınırlarını çizdiği kritik bölge (taralı kısım) içinde kaldığı zaman gerçekleşir (Şekil 10b). Devrilme olasılığı, yatımı şev içine doğru olan ve eğimi yüksek olan süreksizlik takımının varlığına bağlı olup, bu süreksizliğe ait kutup Şekil 10'deki taralı kritik bölgeye düşerse kinematik olasılık ortaya çıkar.



Şekil 10. Düzlemsel ve kama kaymasıyla devrilmenin kinematik analizle belirlenmesi.

## 7.7. ŞEV TASARIMI

### 7.7.1. Giriş

Şev tasarımı şevlerin konum ve açılarının belirlenmesini içerir. Tasarım, tecrübe, deney ve analizlerle düzeltilmiş bir işlem olarak algılanmalıdır. Bu işlem saha ölçümleri, stabilite araştırmaları ve ekonomik analiz verilerine ihtiyaç duyar.

Açık ocak şevlerinin seçiminde dik açının ana yararı cevher yatağının kazanılması için yapılacak dekapaj miktarının azalmasından ileri gelir. Geçici ve çalışılan şevlerdeki dekapaj kazısı ertelemeleri de ayrıca faydalıdır. Dik şevlerin en önemli maliyeti, artan duraysızlık maliyetlerinden kaynaklanır. Diğer maliyetler çalışma randımanının düşmesinden ortaya çıkar. Kamyon yükleme noktasının iki yerine bir olması ve delme, patlatma yükleme ve pasa nakliyatından kaynaklanan diğer birçok randıman düşüklükleri (daha) az sayıda aynada çalışılmasını zorunlu kılarak maliyet artışının diğer bir nedeni olabilir.

### 7.7.2. Tasarım Aşamaları

Bir açık ocak ömrü içinde üç ana şev tasarım aşaması vardır. Bunlar (i) fizibilite, (ii) ocak tasarımı, (iii) işletme aşamalarıdır (Stead, 1984).

*Fizibilite aşaması* eksplorasyondan elde edilen veriler analiz edilirken gerçekleşir. Potansiyel cevher yatağının ekonomik değer taşıyıp taşımadığının belirlenmesi için geçici bir ocak planı gerekir. Bazı durumlarda, yatağın işletilip işletilemeyeceği kararı şev açısı belirler. Bu aşama genellikle bir sonraki aşama ile içiçerir.

*Ocak tasarımı aşaması*, bir cevher yatağının varlığı ve üretim için finansal kaynakların sağlanması ile gerçekleşir. Başta yapılmış birçok varsayımın doğrulanması gerekir. Şevler daha ayrıntılı analiz edilmelidir. İncelemeler ilk aşamaya oranla daha etkin olmalıdır.

*Ocağın işletme aşamasında*, ilk tasarımda yapılmış varsayımlar sıkça değiştirilir. Muhtemel ürün fiyatları değişir, tenör bilgileri çoğalır ve rezerv miktarı yeni kriterlerle belirlenir. Bazı kesimlerde yatağın tekrar tasarımı kaçınılmaz olur. Bu zaman zarfında bazı formasyonlarda açılan şevlerden değerli deneyimler elde edilir. Konumu değiştirilmiş şevler yeni formasyonlar içinde yer alabilir. Bu durum, şevlerin yeniden tasarlanması için ek gerekçeler oluşturur.

Genel olarak, şevlerin stabilite analizlerinin her aşamasında aşağıdaki adımlar izlenmelidir.

- a. Tasarım sektörlerinin sınırlarını belirle.
- b. Her sektör için tasarım gereksinimlerini belirle, örneğin rampa konumları, tutma basamaklarının özellikleri, vb.
- c. Potansiyel duraysızlık türlerini belirle. (Bu adımda kaya şevleri için kinematik analiz yapılmalıdır).
- d. Basamak yüksekliği ve açısı gibi tasarım değişkenlerini belirle.



- e. Gerekli inceleme verilerinin ve analizlerin raporlara alındığını kontrol et.
- f. En dik ekonomik şev açılarını belirle. (Bir an için stabiliteyi dikkate almadan yalnız uygulamadan gelen kısıtlamaları gözönüne alarak).
- g. Şevlerin duraylılığını analiz et. (Beklenen duraysızlıklar için stabilite analizi yapılarak güvenlik katsayısı bulunmalıdır).
- h. Duraysızlığın dekapaj maliyetine, ana nakliyat yolları, cevher hazırlama tesisleri gibi kritik yapılara ve üretim planlamasına etkilerini belirle,
- i. g ve h adımlarında elde edilen verileri kullanarak kazanç-maliyet karşılaştırması yap ve optimum şev açılarını belirle,
- j. Optimum şev açılarını ocak planına uyarla.
- k. Sınır hattında deliklerle (perimeter) patlatma için saha denemeleri planla.
  1. Kritik şevler için izleme sistemi tasarla,
- m. Gerekli olan durumlarda mekanik sağlamlaştırma (kaya saptamaları) sistemleri tasarla,
- n. Sağlıklı veri elde edebilecek yerlerde deneme şevleri tasarla.

### **7.7.3. Fizibilite ve Ocak Tasarımı Aşamaları**

#### **7.7.3.1. Araştırmalar**

Araştırma gereksinimleri açık ocağın tipine ve hazırlık aşamasına bağlı olarak farklılık gösterir. Küçük ya da yüzeye yakın bir cevher yatağı yoğun bir araştırmayı gerektirmeyebilir. Dekapaj oranı ve jeolojik veya tenör sınırlarının varlığı da araştırmaları etkileyecektir. Üretim miktarı, özellikle dibe doğru ilerleme hızı da doğrudan ilgili olabilir. Karmaşık jeolojik yapı ve geniş ölçüde değişen kaya özellikleri genellikle özel araştırmalar gerektirir. Tabakalanma gösteren cevherleşmeler ve volkanik/metamorfik birimler içinde yer alan ocakların arasındaki farklılıklar gereksinimleri etkileyebilir.

Yapısal jeoloji, yeraltı suyu ve şevin açıldığı kaya malzemesinin mekanik özelliklerine ilişkin veriler toplanmalıdır. Tüm tasarım parametrelerinin ortalama değerleri yanında bunlardaki dağılımı veren standart sapma gibi değerler de gereklidir. Bütün bu verilerin raporlarda yer alması önemlidir.

Varsa benzer formasyonlarda daha önce açılan şevlere ilişkin veriler çok faydalıdır. Bu verilerin irdelenmesi sonucunda yapılan tasarımın doğrulanması veya analizlerin yeniden gözden geçirilmesi imkanı elde edilir.

#### **7.7.3.2. Stabilitate Analizleri**

Saha çalışmaları dikkate alınarak açık ocak tasarım sektörlerine ayrılır. Bu sektörler, farklı kaya birimleri veya çalışma koşulları nedeniyle farklı duraylılık analizleri gerektirir. *Fizibilite aşamasında* şev açıları, daha önceki deneyimler dikkate alınarak veya kullanılacak ekipmanın özelliklerine bağlı olarak seçilebilir. *Ocak tasarımı aşamasında*, bermlerin, çalışılan aynaların, rampa şevlerinin ve genel şevlerin optimum açılarını belirlemek için stabilite analizleri yapılmalıdır. Bu amaçla geliştirilen bilgisayar programlarını kullanarak analizleri hızlı ve ayrıntılı bir şekilde yapmak mümkündür. Bu programlarla farklı şev açıları ve şev yükseklikleri için güvenlik katsayısı

hesaplanır. Elde bu analizleri yapacak programlar yok ise, Bölüm 7.7.6'da verilen grafiklerle kolaylaştırılmış analitik çözümleri kullanmak gerekir.

Rampa konumunun belirlenmesi önemlidir. Nakliye masraflarını en aza indirmek ile rampayı zayıf birimlerin olduğu tarafta açarak fazla dekapaj yapmadan genel şev açısını düşürmek arasında bir denge kurulabilir. Basamaklardaki güvenlik bermlerinin bakımı bir sorun oluşturabilir. Her ocağın, şev tasarımıyla birleştirilmesi gereken bazı özel sorunu olabilir.

#### 7.7.4. İşletme Aşaması

İşletme sırasında, jeolojik yapı, yeraltı suyu ve şevin açıldığı kaya birimlerinin mekanik özellikleri hakkında geniş bilgi toplanabilir. Ek arama sondajları yapılmış olabilir. Bunlar ek verilerin önemli kaynaklarıdır. Basamakların oluşturulmasıyla aynanın açığa çıkması az masrafla yapısal jeoloji verilerinin elde edilmesi için iyi bir fırsat yaratır. Basamakların haritalan(dırıl)ması düzenli olarak yapılmalıdır. Böylece değişimleri saptayarak olağan dışı davranıştan belirleyip kontrol altına almak mümkün olabilir.

Aynada gözlenen su sızıntılan ve akış miktarları değerleri verilerdir. Maden arama ve tasarımı aşamalarında yerleştirilen piyezometrelerden uzun süre veri toplanabilir. Sulu deliklerin konumları ile bu deliklerdeki su seviye ölçümlerinin kaydedilmesi de faydalı olabilir. Çünkü böylece, ocak alanında yıllık en yüksek yeraltı suyu seviyesinin sağlıklı olarak öngörülmesi için yeterli veri elde edilmiş olur.

Aynaların açılmasıyla büyük deney numuneleri elde edilebilir ve fay, eklem ve diğer süreksizliklerin dayanım özellikleri bulunabilir. Küçük çapta da olsa mevcut kaymaların ayrıntılı analizinden yararlı bilgiler elde edilir.

Ocağın işletmeye başlamasıyla birlikte sahaya bir izleme sistemi yerleştirilmişse deformasyon ölçümleri bulunacaktır. Bu ölçümleri şevlerin geometrisi ve muhtemelen geçen zamanla ilişkilendirmek mümkün olabilecektir. Böylelikle duraysızlığın habercisi olan olağandışı deformasyonlar konusunda bir yargıya varmak için temel sağlanmış olur.

#### 7.7.5. Bağdaşık Tasarımlar

##### Ölçme - İzleme

Stabilite ve finansal analizler sonucu belirlenmiş olan optimum şev açılan oldukça dik olabilir. Bu tasarımları uygulamak için genellikle bir bedel ödemek gerekir. Şevlerin izlenmesi ocakta çalışanların ve ekipmanın güvenliğini artırır.

##### Kontrollü Patlatma

Dik şevlerin uygulanabilirliği gevşemiş kaya bloklarının bertaraf edilmesine bağlıdır. Bu ise uygun kontrollü patlatma teknikleri ve iyi traşlama ile sağlanabilir.

##### Mekanik İyileştirme

Şevlerin mekanik olarak iyileştirilmesinin ekonomik olarak avantajlı olduğu durumlar ortaya çıkabilir. Örneğin, yüzeydeki tesisleri hemen altındaki şevlere uygulanacak tahkimatla koruyarak bir

yatağın işletilmesi fizibil olabilir. Bazı ocaklarda ise mekanik sağlamlaştırma uygulayıp şevleri dik tutmak fazla(dan) dekapaj yapmaktan daha hesaplı olabilir.

### **Deneme Şevleri**

Deneme şevleri faydalı olabilir. Şevlerin ön tasarımında pahalı, tutucu varsayımlar yapılmış olabilir. Bazen, üretimin önemli ölçüde etkilenmeyeceği yerlerde deneme şevleri açarak daha az tutucu bir yaklaşım için temel oluşturulabilir.

### **7.7.6. Şev Stabilité Analizleri**

Kinematik analiz sonucu ortaya çıkan duraysızlık türleri için ayrı ayrı stabilite analizi yapılarak şev tasarımına esas olmak üzere değişik şev geometrileri için güvenlik katsayısı hesaplanmalıdır. Daha önce de değinildiği gibi, bu analizleri geliştirilmiş programlarla bilgisayarda hızlı bir şekilde yapmak mümkündür. Ancak, bu mümkün olmuyorsa aşağıda verilen analitik çözümlere başvurmak gerekir. Hoek ve Bray (1981), düzlemsel, kama ve dairesel kayma analizleri için grafikler geliştirerek bu çözümleri kolay ve hızlı bir şekilde yürütülür hale getirmişlerdir.

#### **7.7.6.1. Düzlemsel Kayma Analizi**

##### **a. Giriş**

Düzlemsel kayma, oluşması için birçok geometrik koşulun bir araya gelmesini gerektirdiğinden nadiren görülen bir yenilme türüdür. Kaymanın bir düzlem üzerinde olabilmesi için aşağıdaki geometrik koşullar sağlanmış olmalıdır:

- i. Kayma düzleminin doğrultusu şev aynasının doğrultusuna paralel ya da paralele yakın ( $\pm 20^\circ$ ) olmalıdır,
- ii. Kayma düzleminin eğimi şevin eğiminden küçük olmalıdır, yani süreksizlik şev aynasında yüzeylenmelidir.
- iii. Kayma düzleminin eğimi bu yüzeydeki sürtünme açısından büyük olmalıdır,
- iv. Kayan kütleinin iki tarafında kaymaya direnç göstermeyen yüzeyler bulunmalıdır.

##### **b. Düzlemsel kayma analizi**

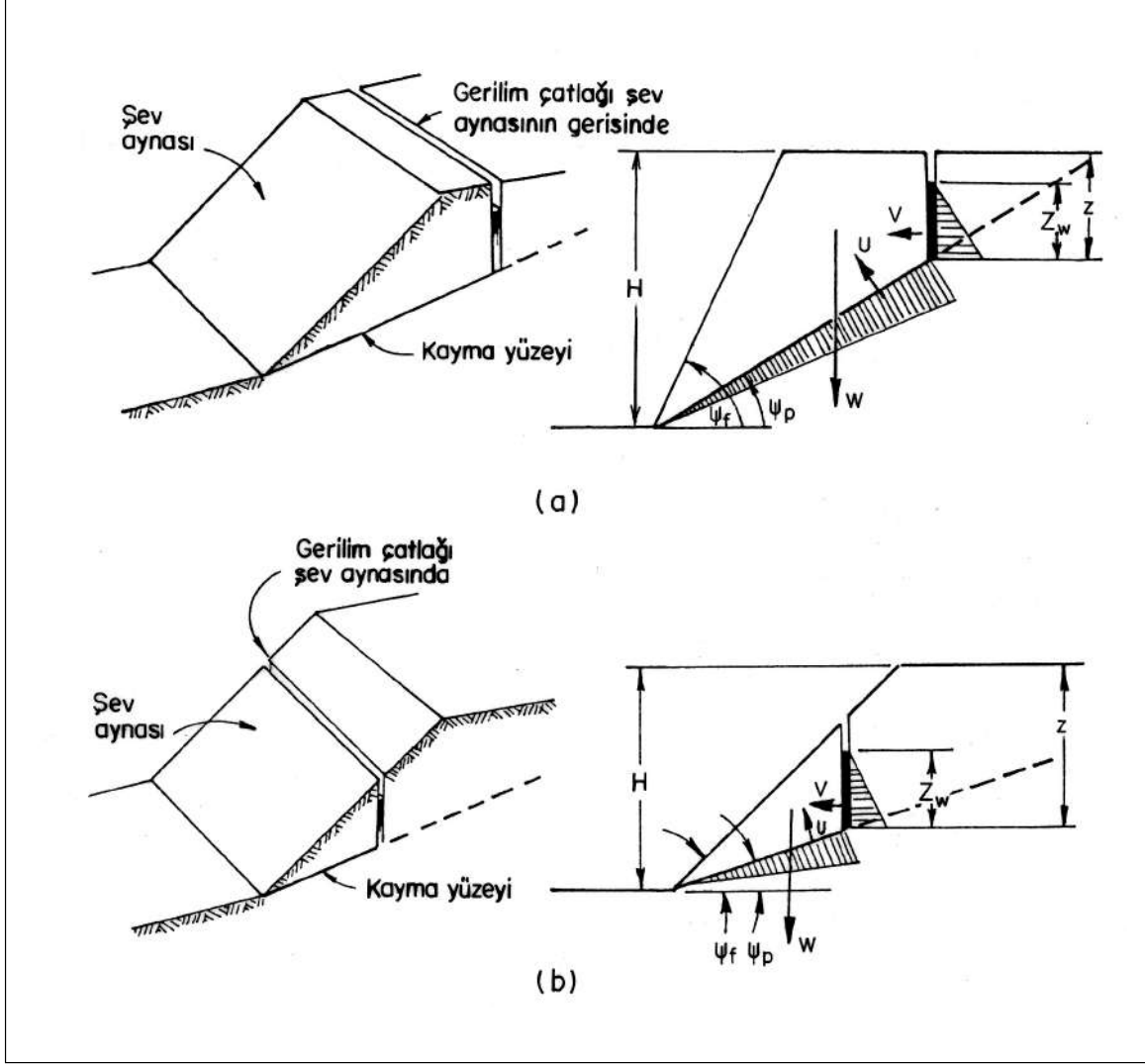
Kayma yüzeyinin genişliği bir birim olarak alınarak analiz iki boyuta indirgenmiştir. Bu durumda, kayma yüzeyinin alanı kayma yüzeyinin uzunluğuna, kayan kütleinin hacmi ise bu yüzeyin üzerinde kalan parçanın alanına eşit olur. Aşağıda verilen analizde gerilim çatlağının iki ayrı konumu göz önüne alınmıştır. Bunlar,

- a. Gerilim çatlağının şev üst yüzeyinde yer aldığı durum (Şekil 11a)
- b. Gerilim çatlağının şev aynasında olduğu durum (Şekil 11b)

Bir dizi varsayım yapılarak analiz basitleştirilmiştir. Bu varsayımlar şunlardır:

- a. Kayma yüzeyi ve gerilim çatlağının doğrultulan şev aynasının doğrultusu ile aynıdır.
- b. Gerilim çatlağı diktir ve  $Z_w$  yüksekliğinde su vardır.

- c. Gerilim çatlığında ve kayma yüzeyinde bulunan suyun yarattığı basınç dağılımı Şekil 11 'de verildiği gibidir.
- d. Kayan kütle üzerinde etkin olan kuvvetlerin tümü kütlein ağırlık merkezinden geçer, dolayısıyla momentler oluşmaz.
- e. Kayma düzleminin makaslama dayanımı  $\tau = c + \sigma \tan \phi$  eşitliği ile tanımlanır.
- f. Analiz birim kalınlıkta bir dilim esas alınarak ve kayan kütleye yan yüzeylerden herhangi bir direnç gösterilmediği varsayılarak yapılmıştır.



Şekil 11. Düzlemsel kayma geometrisi (A) Gerilim çatlığının şev üst yüzeyinde olduğu durum (B) Gerilim çatlığının şev aynasında olduğu durum.

Yukarıda sıralanan varsayımlar ışığında, düzlemsel kayma için güvenlik katsayısı, aşağıdaki eşitlikte verildiği gibi kaymaya karşı koyan kuvvetlerin kaymaya neden olan kuvvetlere oranı olarak yazılır.

$$F = [cA + (W \cdot \cos \psi_p - u - v \cdot \sin \psi_p) \tan \phi] / (W \sin \psi_p + V \cos \psi_p) \quad \dots(1)$$

Hesaplamaları basitleştirmek için yukarıdaki eşitlik P, Q, R ve S boyutsuz parametreleri ile şöyle ifade edilmiştir.

$$F = \{(2c / \gamma H)P + [Q \cot\psi_p - R(P + S)] \tan\phi\} / (Q + R \cdot S \cdot \cot\psi_p) \quad \dots(2)$$

Burada;

$$P = (1 - Z/H) \operatorname{Cosec}\psi_p$$

$$Q = [(1 - Z/H)^2 \cot\psi_p - \cot\psi_f] \sin\psi_p \quad (\text{Gerilim çatlaklı şev üst yüzeyindeyse})$$

$$Q = [(1 - Z/H)^2 \cot\psi_p (\cot\psi_p \tan\psi_f - 1)] \quad (\text{Gerilim çatlaklı şev aynasındaysa})$$

$$S = (Z_w / Z) \cdot (Z / H) \cdot \sin\psi_f$$

$$R = (\gamma_w / \gamma) \cdot (Z_w / Z) \cdot (Z / H)$$

Değişik şev geometrilerindeki P, Q, ve S oranlarını kolayca bulabilmek için Şekil 12'de verilen grafikler düzenlenmiştir.

Not: (Gerilim çatlaklı derinliği Z'nin bütün durumlarda şevin üst yüzeyinden ölçülmesine dikkat edilmelidir.)

Yukarıdaki verilen 1 ve 2 no. lu eşitlikler hem kayma düzleminde hem de gerilim çatlaklarında suyun varlığını dikkate alan en genel durum içindir. Şevdeki su durumuna göre bu eşitliklerde suyun etkisini yansıtan terimlere uygun değerler verilmelidir. Örneğin, 1 no. lu eşitlikte, kayma düzleminde su yoksa  $u = 0$ , gerilim çatlaklarında su yoksa  $v = 0$  alınmalı, şev tamamen susuz ise hem  $u = 0$  hem de  $v = 0$  alınmalıdır. 2 no. lu eşitlikte ise kuru şev için R ve S oranları sıfır alınarak güvenlik katsayısı hesaplanmalıdır.

#### 7.7.6.2. Kama kayması analizi

Bu bölümde, süreksizliklerin şev aynasını diyagonal olarak kestikleri ve kaymanın bu süreksizliklerden herhangi ikisinin kesişme doğrusu boyunca meydana geldiği kama kaymasının analizi en basit durum ele alınarak verilmiştir. Bunun nedeni, gerçekte bu tip kaymanın mekaniğinin çok basit olmasına karşın, birçok değişkenin varlığının kaymanın matematiksel ifadesini karmaşık kılmasıdır. Sonuç olarak, aşağıda verilen yöntemde, kayma yüzeylerinin yatım ve yatım yönleri ile sürtünme açıları biliniyorsa sunulan grafikler yardımıyla kamanın güvenlik katsayısı kolayca bulunabilmektedir. Kamaı oluşturan süreksizlik düzlemlerinin kohezyonlarını sıfır, şevin tamamen kuru olduğunu varsayan bu analizde güvenlik katsayısı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$F = A \tan\phi_A + B \tan\phi_B \quad \dots(3)$$

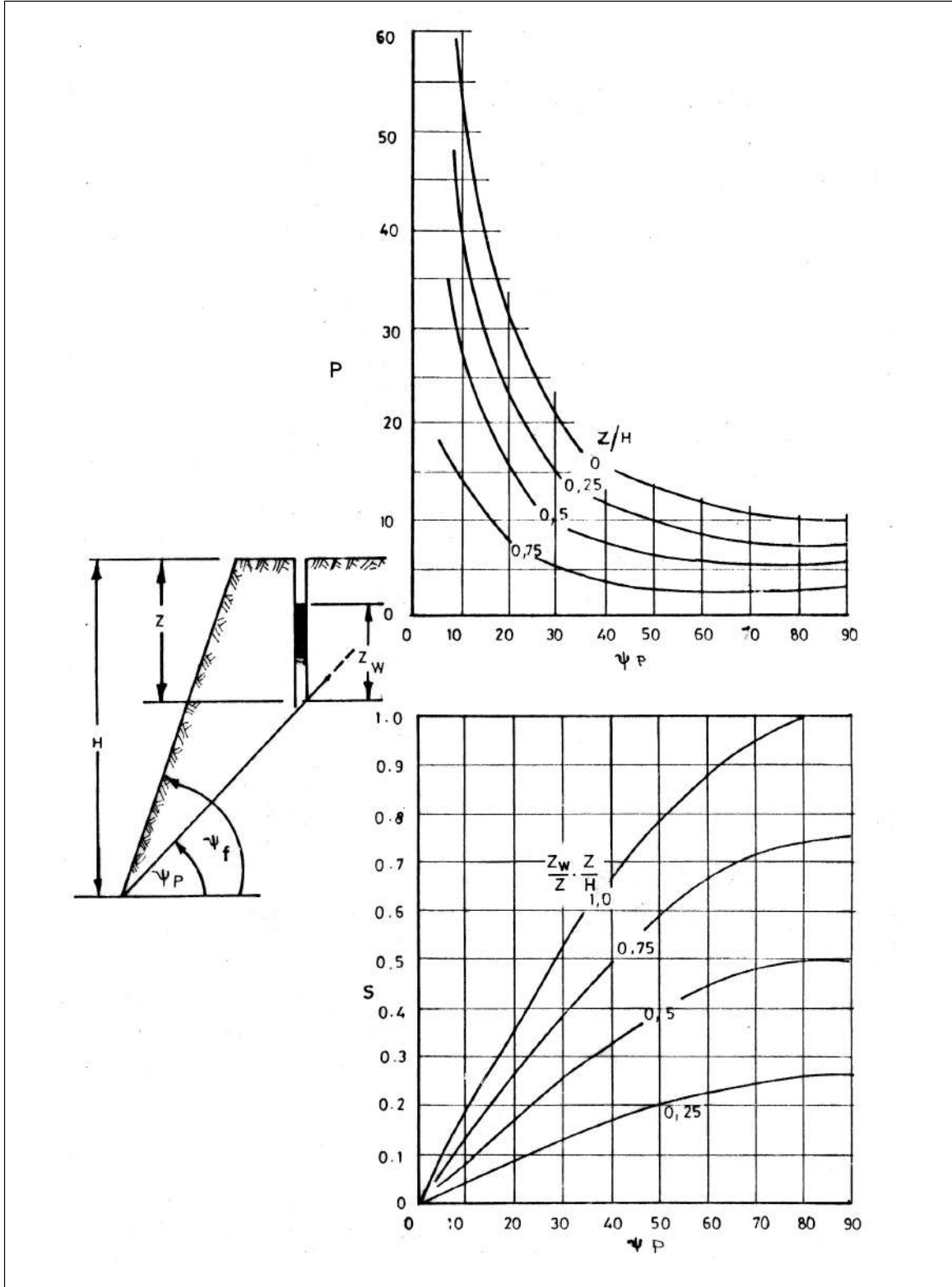
Burada;

A ve B kamaı oluşturan her iki düzlemin yatım ve yatım yönlerine bağlı boyutsuz katsayılar,

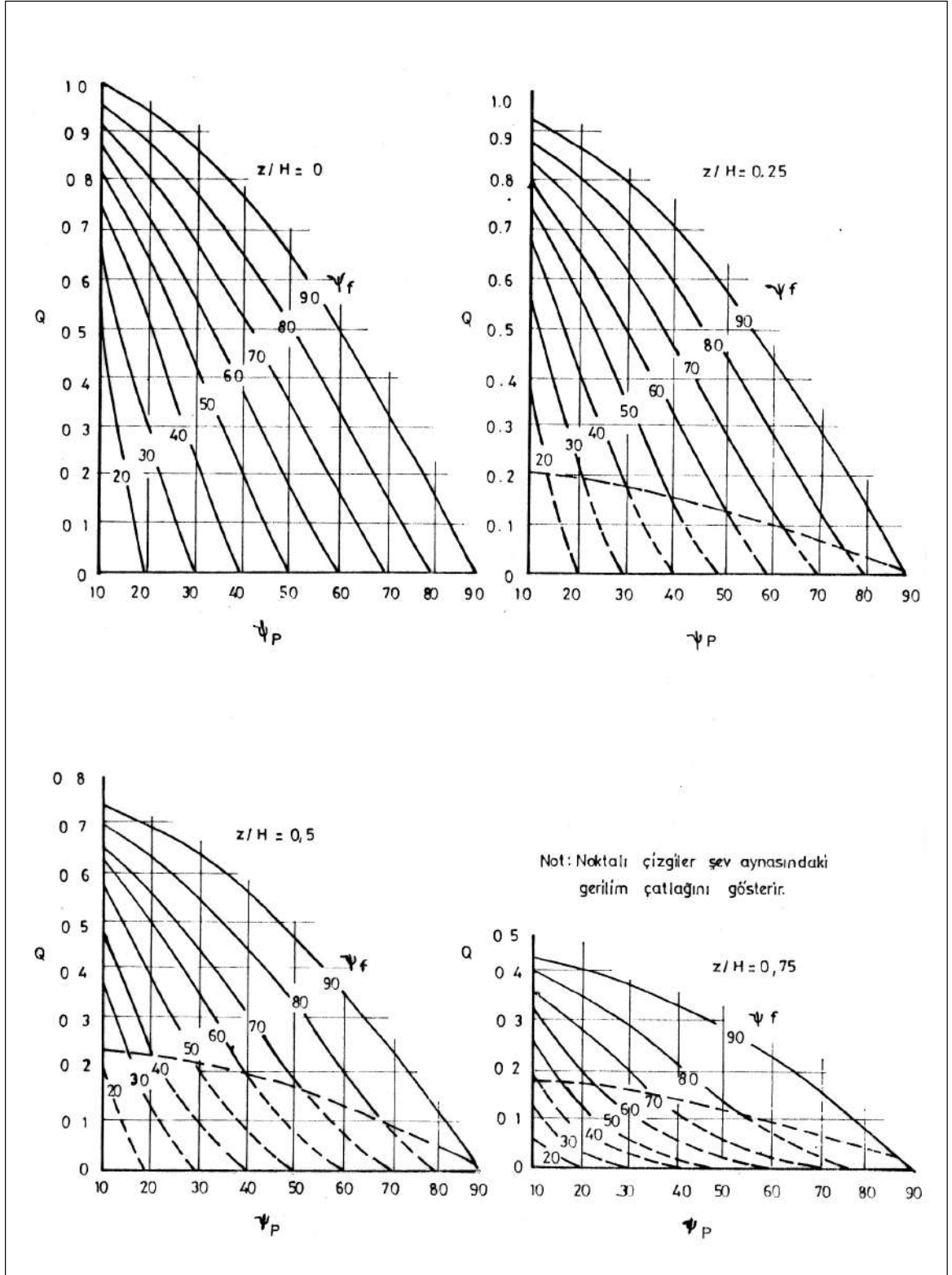
$\phi_A$  : A düzleminin (daha yatık olan düzlem) sürtünme açısı,

$\phi_B$  : B düzleminin (daha dik olan düzlem) sürtünme açısıdır.

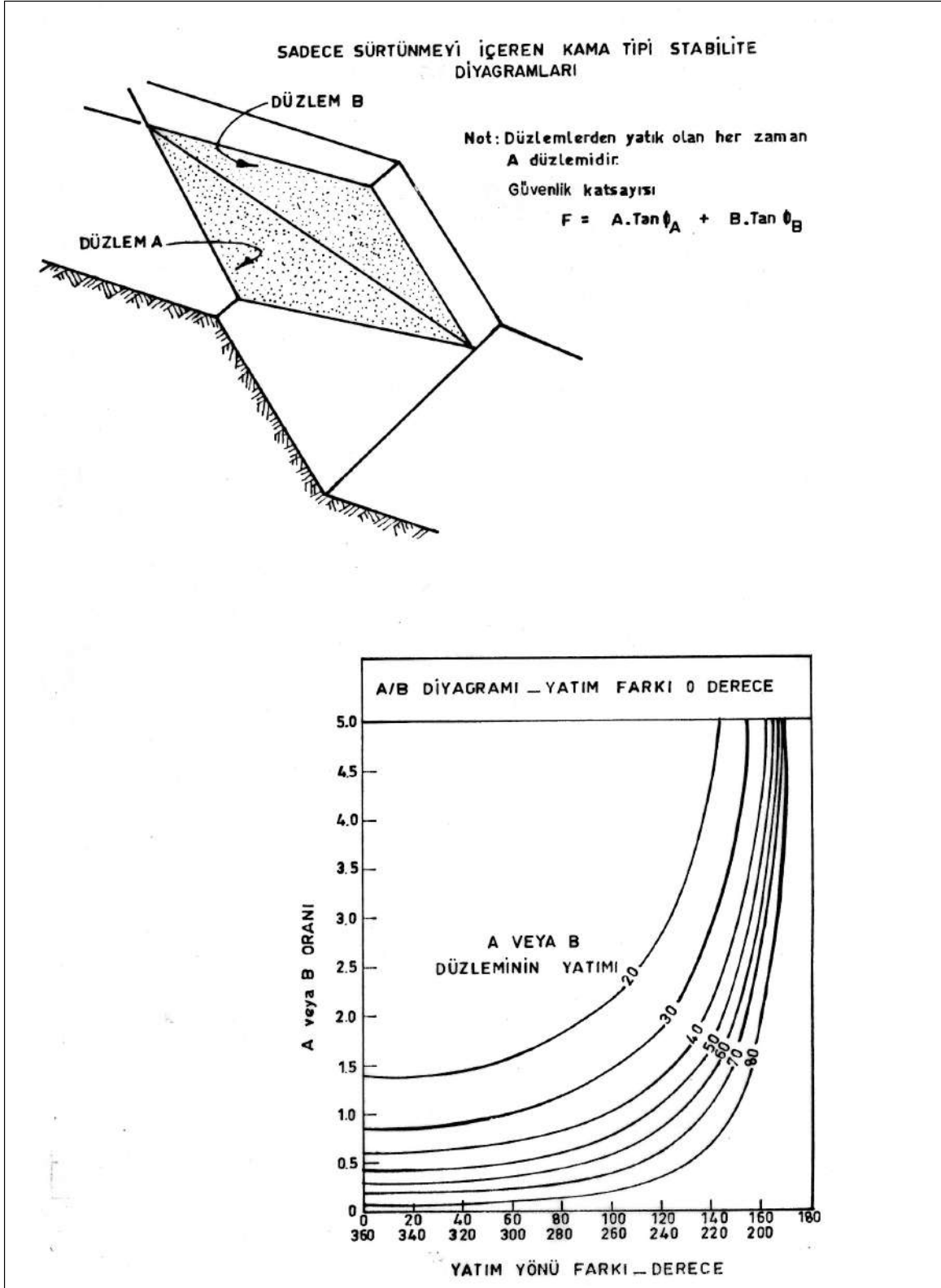
A ve B katsayılarının değerleri bir dizi kama geometrisi için hesaplanarak diyagramlar haline getirilmiştir (Hoek&Bray, 1981). 10'ar derece aralıklı yatım farkları için (0 dereceden 70 dereceye kadar) oluşturulan A ve B diyagramları (Şekil 13) takip eden sayfalarda verilmiştir. Yatım farkının arada olduğu durumlarda A ve B katsayıları interpolasyon yapılarak bulunmalıdır.



Şekil 12a. Değişik şev geometrileri için P ve S oranlarının değerleri.

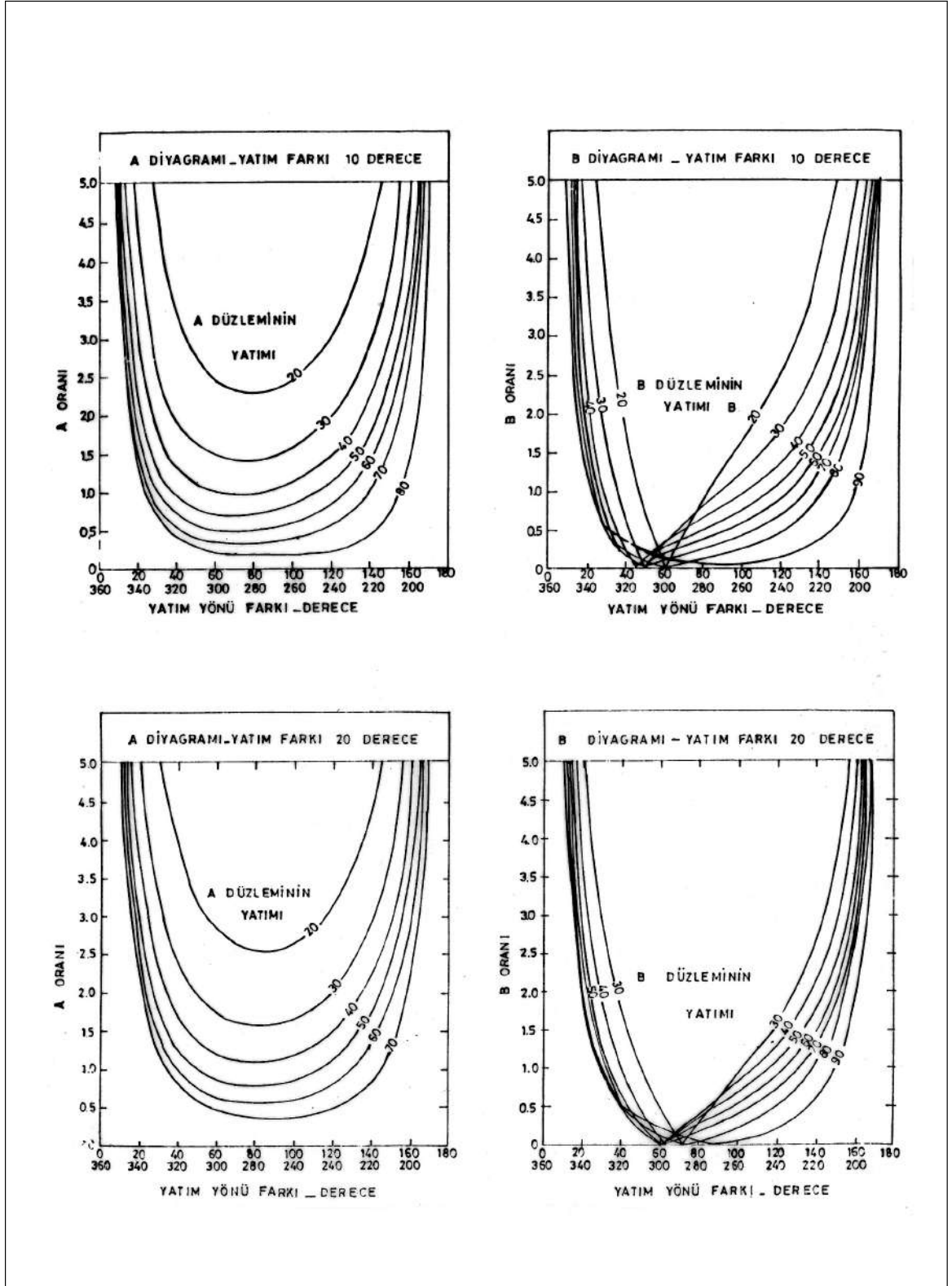


Şekil 12b. Değişik şev geometrileri için Q oranının değerleri.

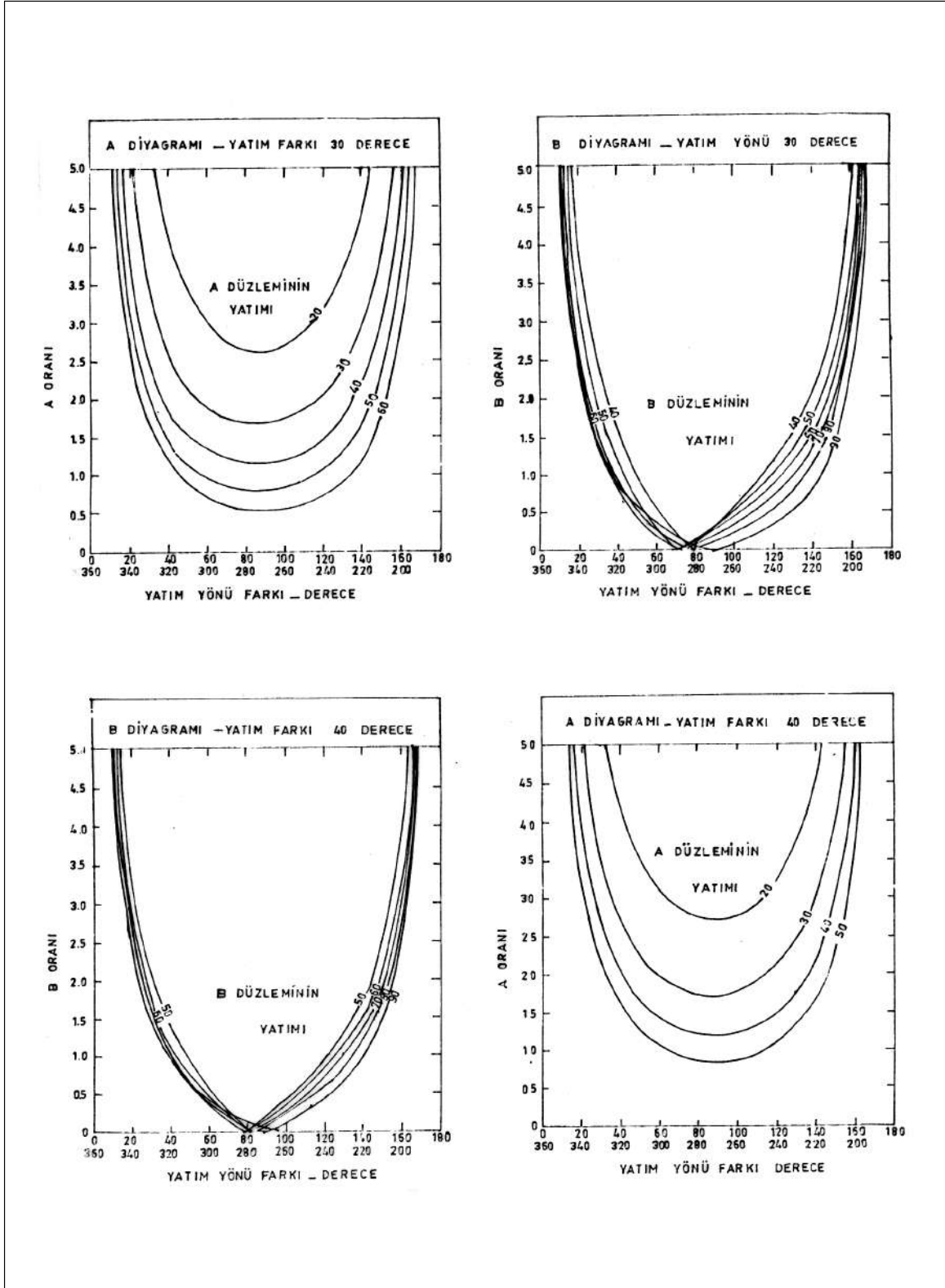


Şekil 13. Yalnız Sürtünmeyi İçeren Kama Kayması Analiz Diyagramları.

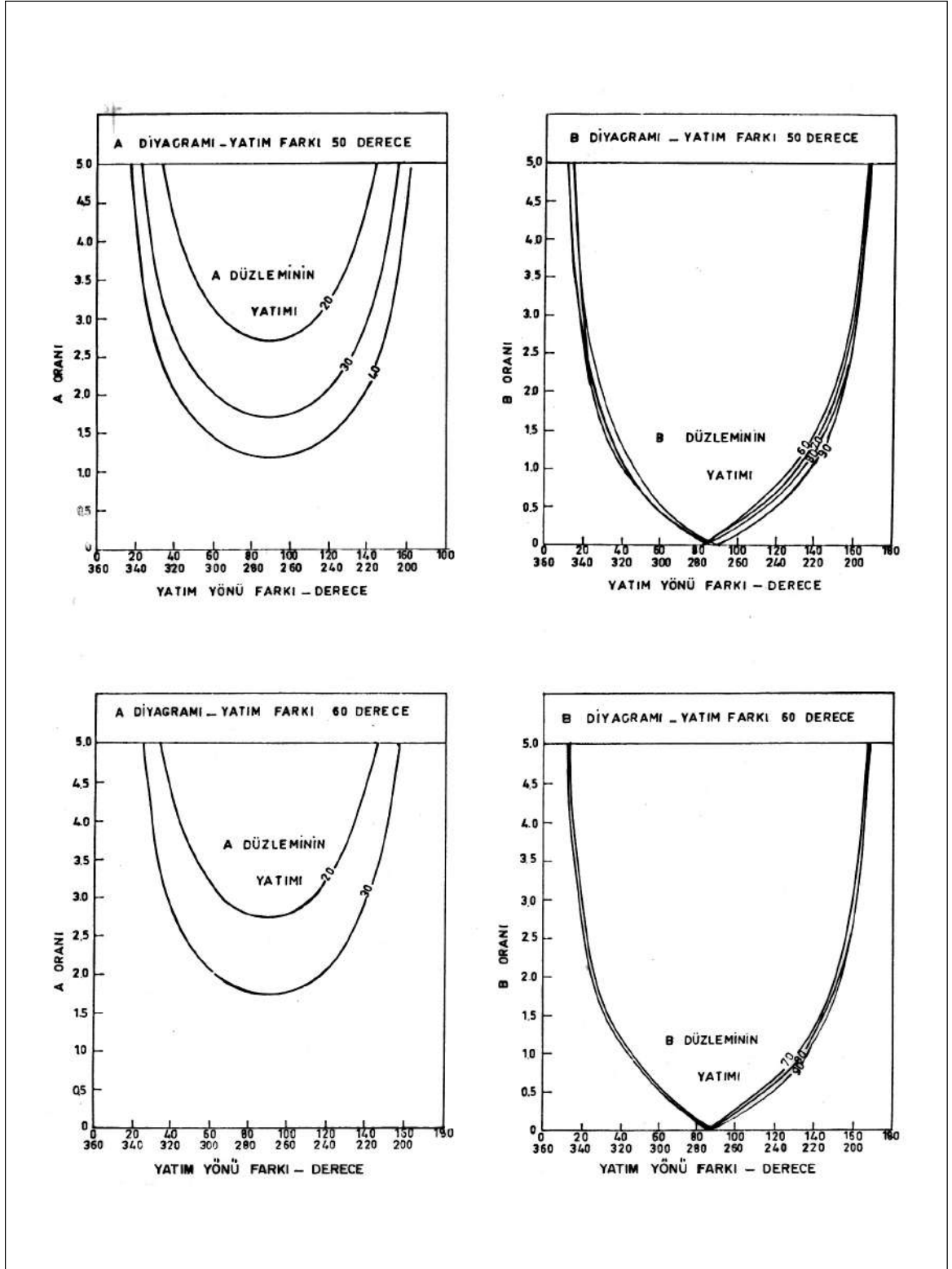




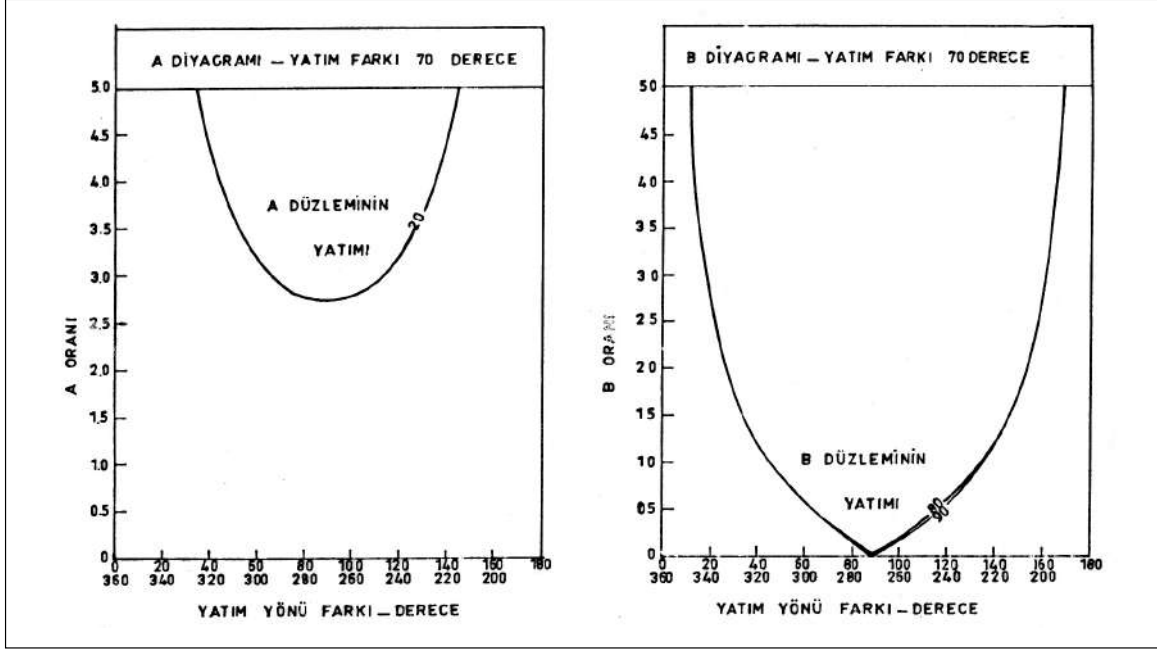
Şekil 13. (Devamı)



Şekil 13. (Devamı)



Şekil 13. (Devamı)



Şekil 13. (Devamı)

Bu analizde dikkati çeken husus 3 no. lu eşitlikle hesaplanan güvenlik katsayısının şev yüksekliğine, şev açısına ve şev üst yüzeyi eğimine bağlı olmadığıdır. Bu basitleştirme, mühendisin şevin açıldığı kaya kütlelerinde ölçülen süreksizliklerin yatım ve yatım yönlerini kullanarak o şevin stabilitesini verilen diyagramlar aracılığıyla kolayca kontrol etmesine olanak tanınması açısından çok yararlıdır.

Yapılan hesaplamalar yalnız sürtünme açısı gözönüne alınarak oluşturulan diyagramlarla bulunan güvenlik katsayısı 2.0'nin üzerinde ise, en kötü koşulların tümünün etkisi altında olsa bile (örneğin süreksizlik kohezyonlarının sıfır ve su basıncının maksimum olduğu durum) şevin duraylı olacağını göstermiştir. Bu nedenle, söz konusu diyagramlar kullanılarak hangi şevin ilerde ayrıntılı bir analizi gerektirmeyecek kadar duraylı olduğu kolayca saptanabilir. Güvenlik katsayısının 2.0'nin altında olduğu kritik şevler için daha ayrıntılı stabilite analizi yapılmalıdır.

### 7.7.6.3. Dairesel Kayma Analizi

#### a. Giriş

Zemin türü malzemelerde açılan şevlerde olası kayma, şevde kaymaya karşı direncin en az olduğu yüzey boyunca oluşur ve bu yüzey genellikle daireseldir. Benzer davranış parçalanmış, kırılmış irili ufaklı kaya parçalarının oluşturduğu büyük toprak harmanlarında da gözlenir. Cevher hazırlama veya lavvar tesislerinin çok ince öğütülmüş artıklarından meydana gelen birkaç metre yükseklikteki şevlerinde bile dairesel kayma yüzeyleri oluşur. Son derece altere olmuş ve ayrışmış kaya kütleleri ile sık eklemlili kaya kütlelerinde de bu tip kaymalar beklenir. Bu nedenle, projelendirilen ocağın örtü tabakasını altere olmuş birimler oluşturuyorsa şev tasarımını dairesel kayma varsayımına göre yapmak yerinde olacaktır. Dairesel kayma analizi yapmak için birçok yöntem bulunmaktadır. Ancak, burada pratik ve kolay olması açısından Hoek ve Bray (1981) tarafından geliştirilen dairesel kayma diyagramları verilecektir.

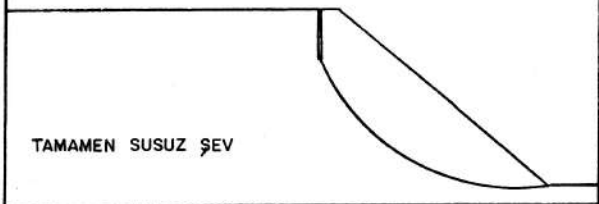
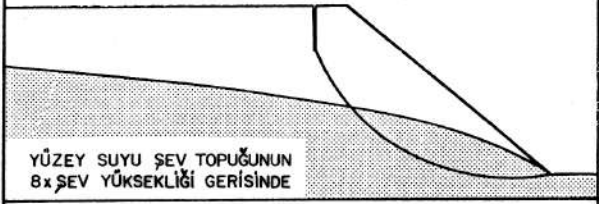



**b. Dairesel kayma diyagramları ile analiz**

Bu diyagramlar hazırlanırken aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır :

- Şevin açıldığı ortam homojendir.
- Ortamın makaslama dayanımı Coulomb eşitliğiyle ( $\tau=c+\sigma \tan \phi$ ) tanımlanmıştır.
- Kayma şev topuğundan geçen dairesel bir yüzeyde meydana gelir.
- Şev üst yüzeyinde ya da şev aynasında düşey konumda gerilim çatlakları vardır.
- Verilen şev geometrisi ve yeraltı su durumu için minimum güvenlik katsayısını

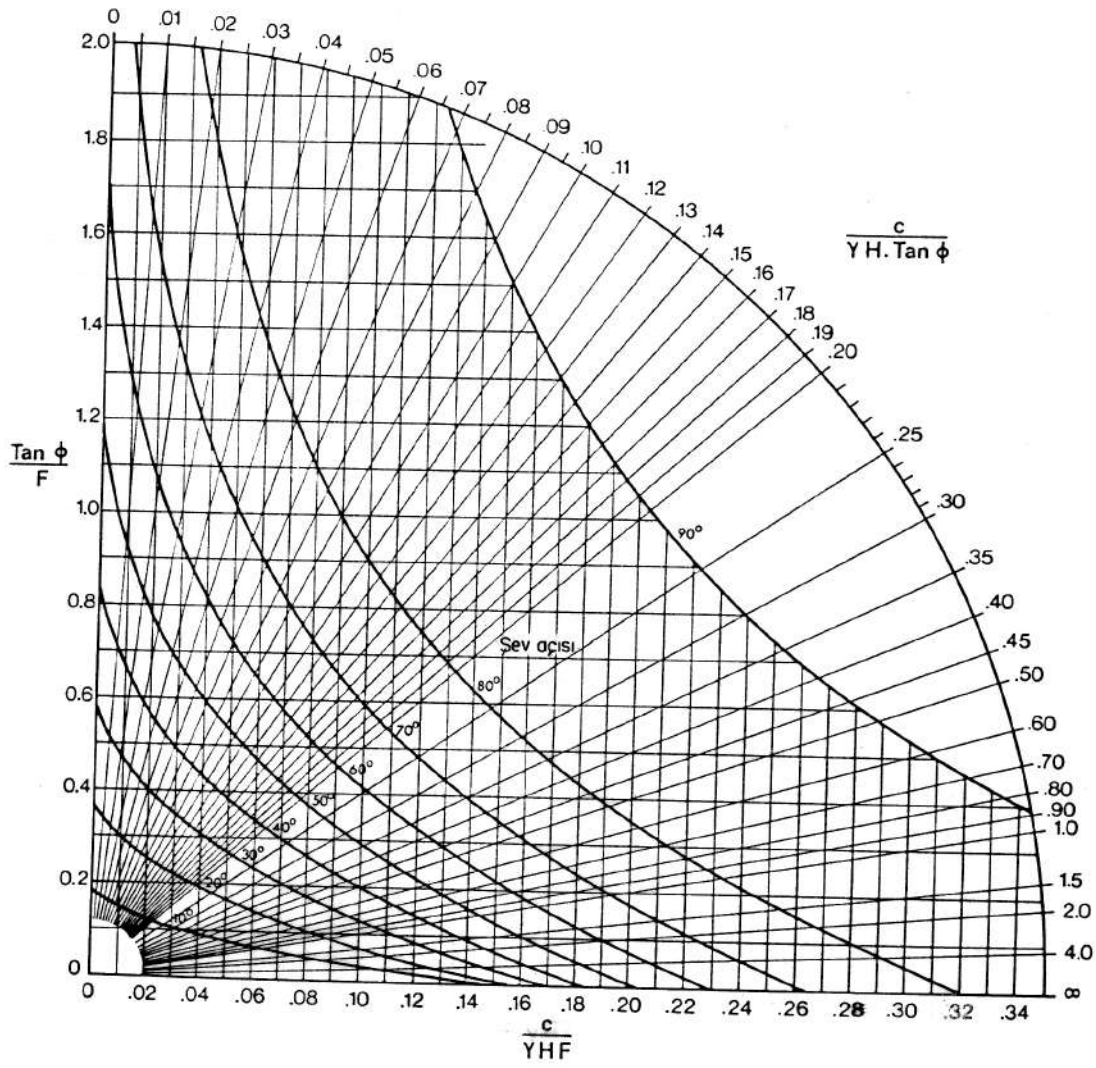
veren gerilim çatlakları ve kayma yüzeyi konumları dikkate alınmıştır.

Analizleri Şekil 14'de verilen 5 ayrı yeraltı suyu koşullarında yapmak üzere 5 ayrı diyagram (Şekiller 15, 16, 17, 18 ve 19) hazırlanmıştır.

YERALTI SUYU AKIŞ KOŞULLARI	DİYAGRAM NO.
TAMAMEN SUSUZ ŞEV 	1
YÜZEY SUYU ŞEV TOPUĞUNUN 8x ŞEV YÜKSEKLİĞİ GERİSİNDE 	2
YÜZEY SUYU ŞEV TOPUĞUNUN 4x ŞEV YÜKSEKLİĞİ GERİSİNDE 	3
YÜZEY SUYU ŞEV TOPUĞUNUN 2x ŞEV YÜKSEKLİĞİ GERİSİNDE 	4
SUYA DOYMUŞ ŞEV 	5

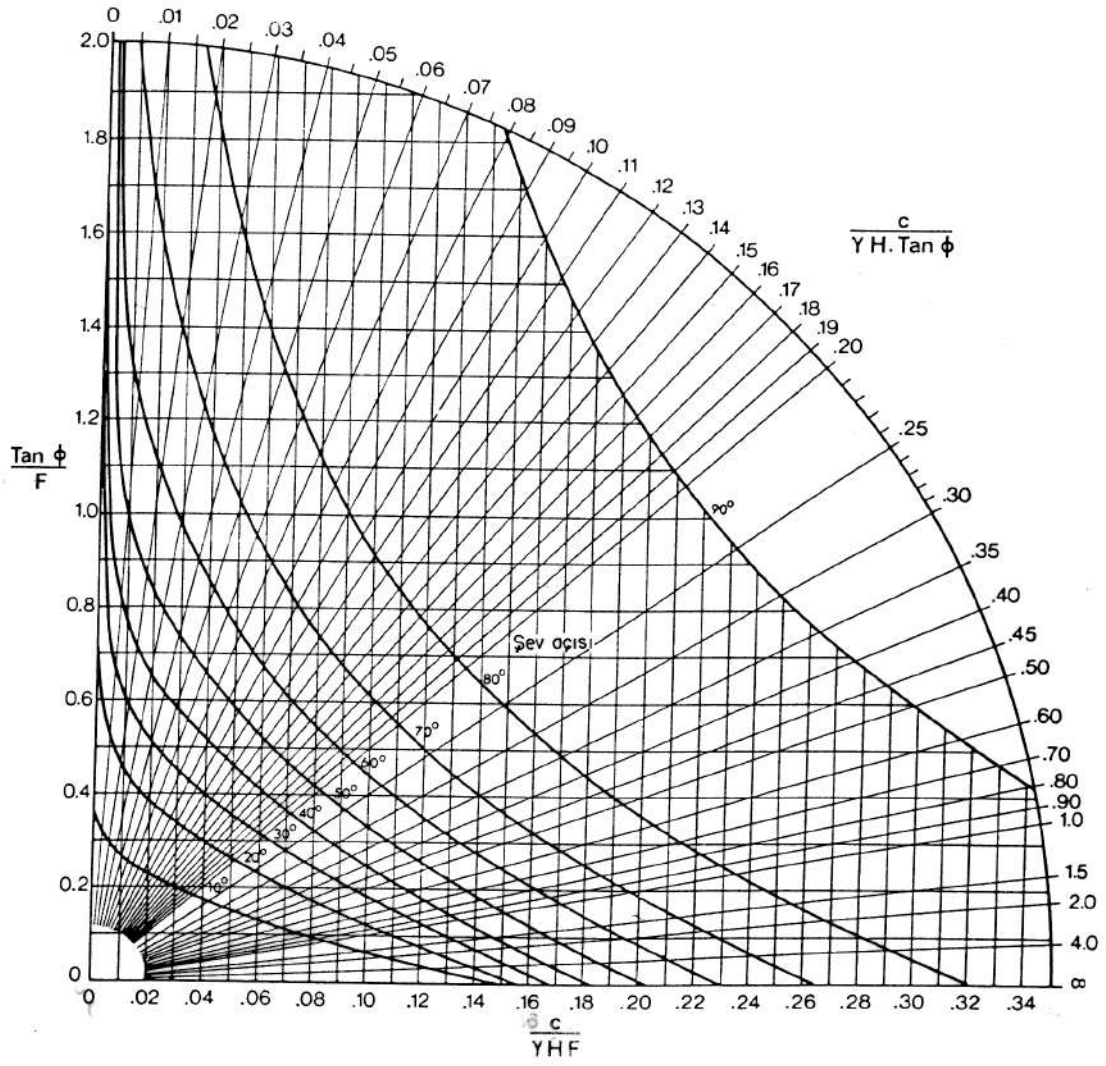
Şekil 14. Dairesel kayma analizinde gözönüne alınan yeraltı suyu koşulları.

## DAİRESEL KAYMA DİYAGRAMI 1



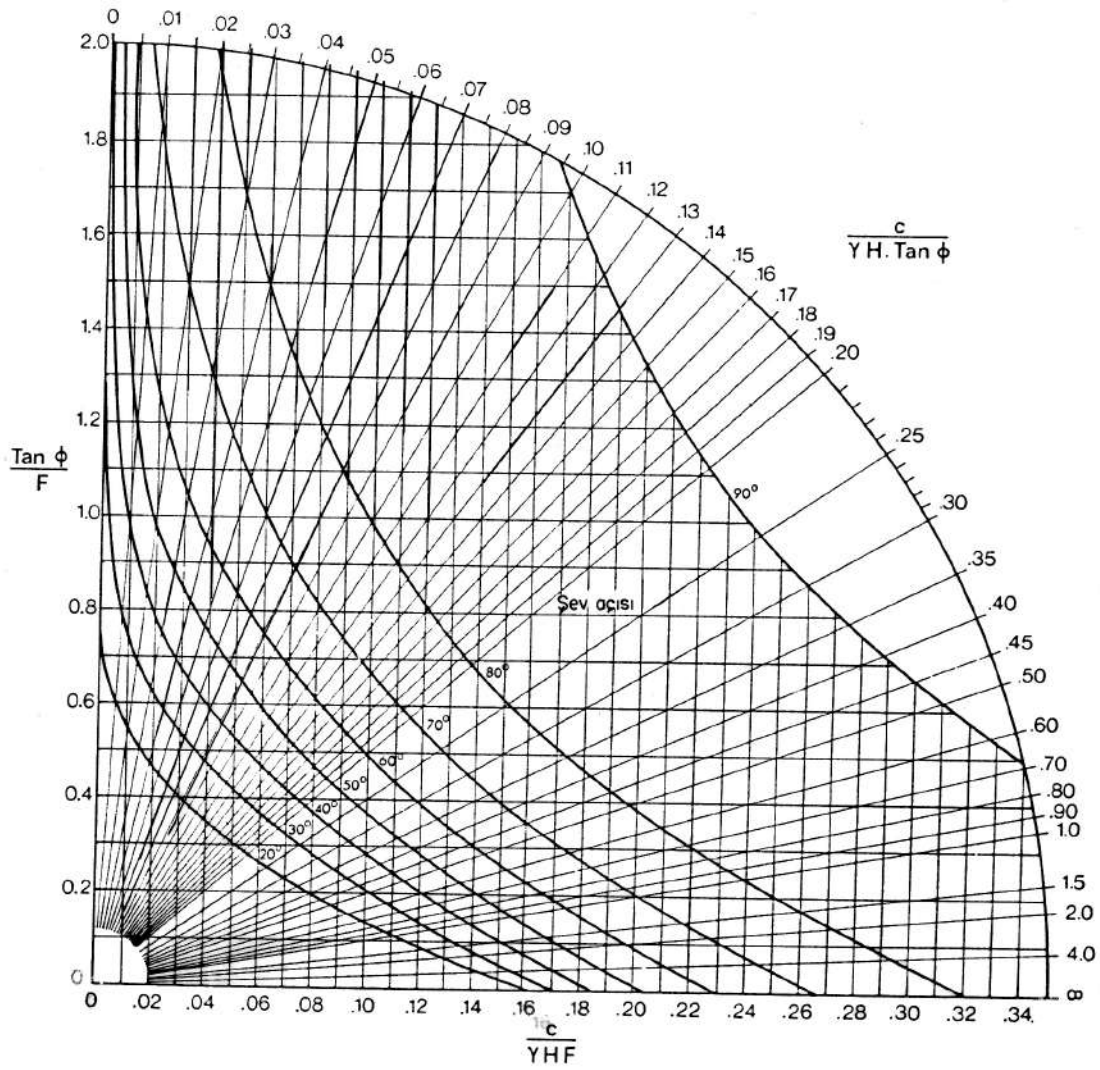
Şekil 15. Dairesel kayma diyagramı 1.

## DAİRESEL KAYMA DİYAGRAMI 2



Şekil 16. Dairesel kayma diyagramı 2.

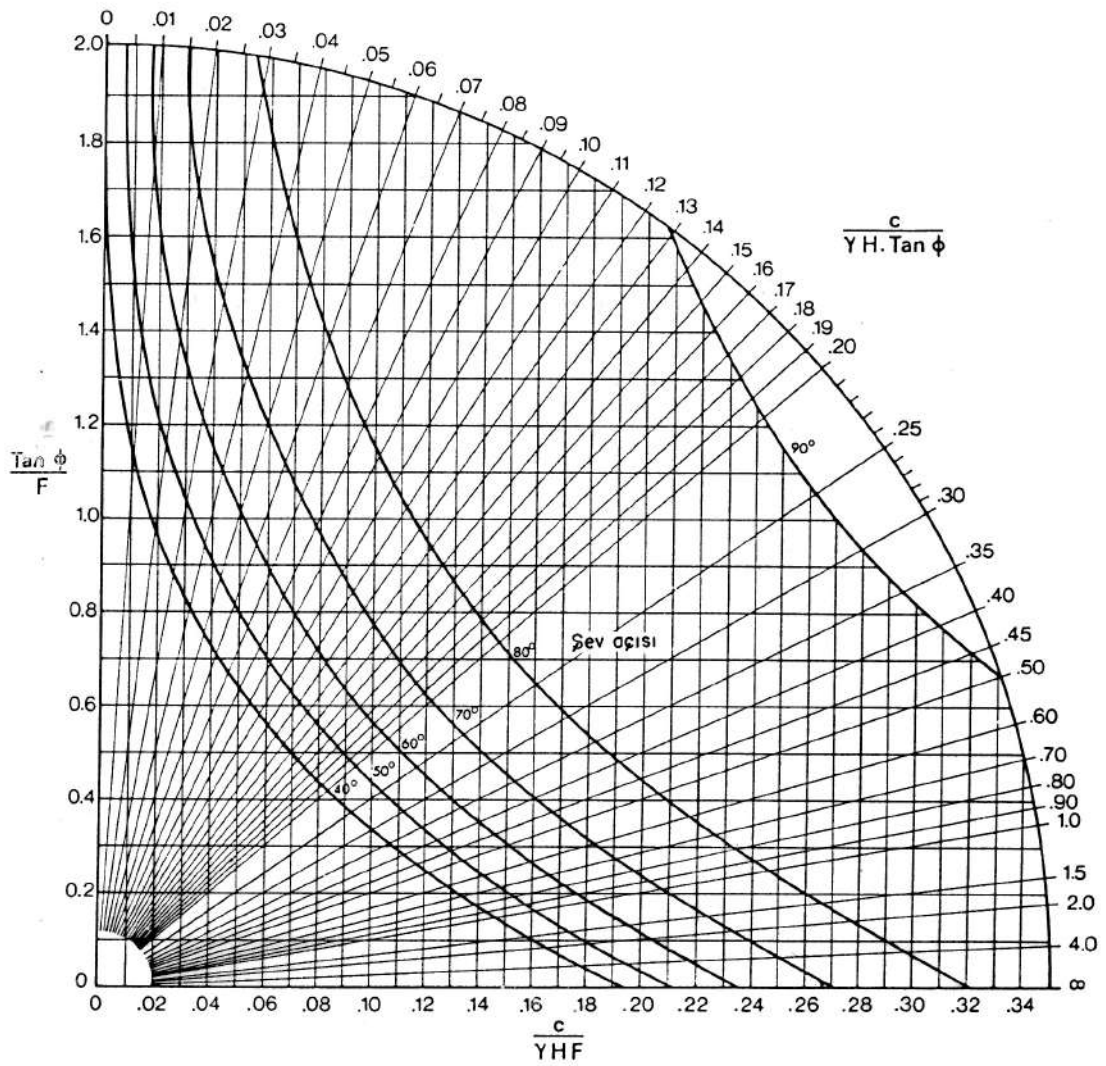
### DAİRESEL KAYMA DİYAGRAMI 3



Şekil 17. Dairesel kayma diyagramı 3.

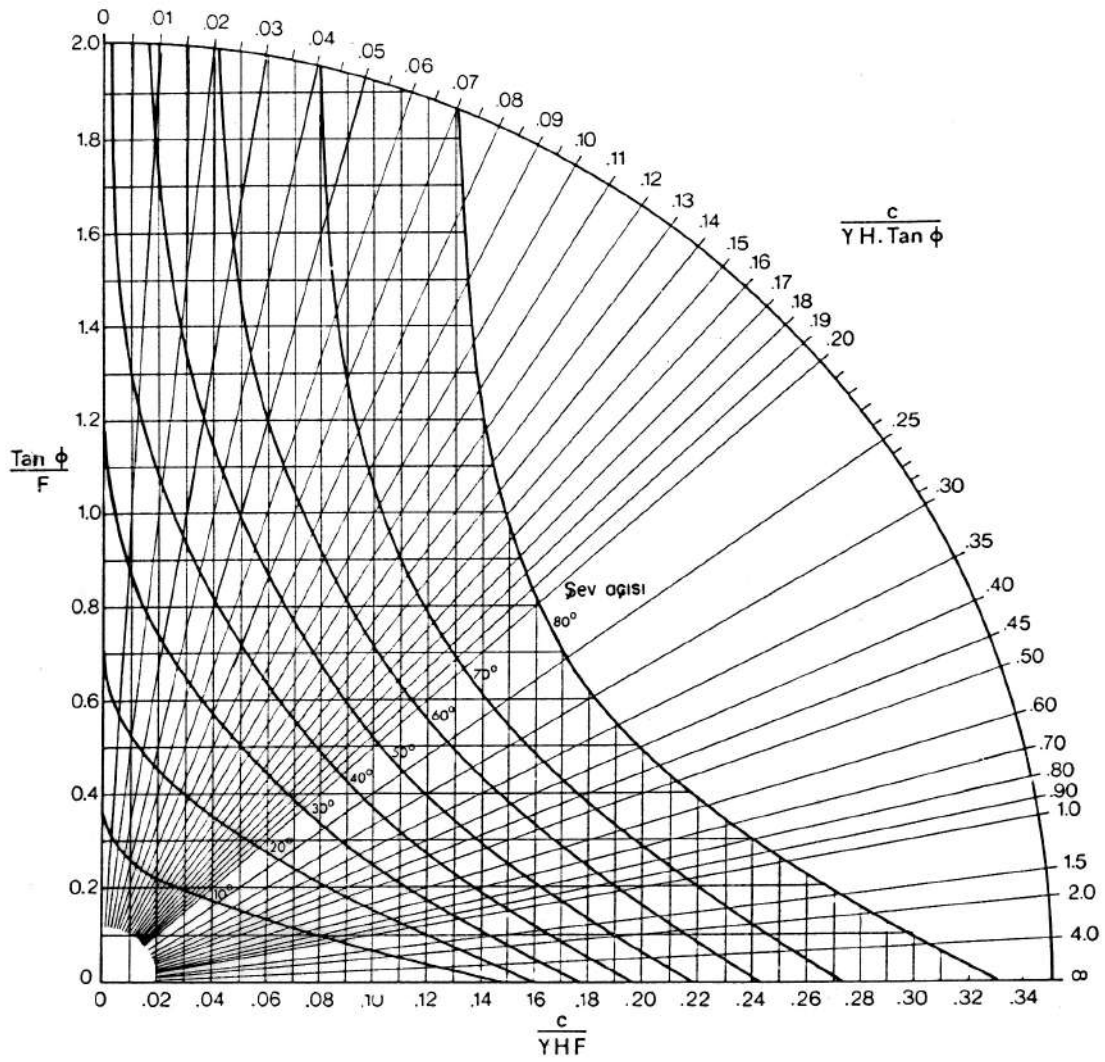


## DAİRESEL KAYMA DİYAGRAMI 4



Şekil 18. Dairesel kayma diyagramı 4.

## DAİRESEL KAYMA DİYAGRAMI 5

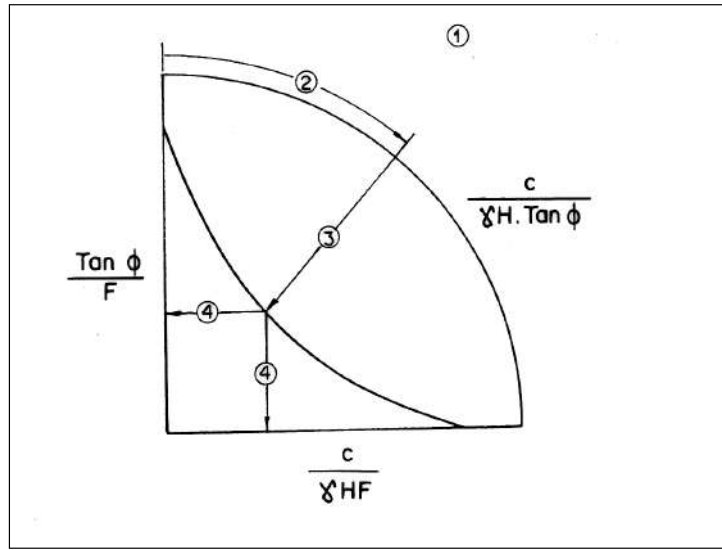


Şekil 19. Dairesel kayma diyagramı 5.

Belirli bir şevin güvenlik katsayısını bulmak için aşağıda verilen ve Şekil 20'de gösterilen sıra takip edilmelidir.

1. Şevde mevcut yeraltı su koşulu belirlenir ve buna en yakın yeraltı su durumu Şekil 14'den seçilerek kullanılacak diyagram saptanır.
2.  $c / (\gamma \cdot H \cdot \tan \phi)$  oranının boyutsuz değeri hesaplanır ve bu değer diyagramın dış yayında işaretlenir.
3. İkinci aşamada bulunan noktadan geçen radyal doğru çalışılan şev açısını veren eğriye kadar izlenir.
4. Üçüncü aşamada bulunan noktadan ya  $\tan \phi / F$  ya da  $c / (\gamma \cdot HF)$  eksenine

gidilerek güvenlik katsayısı F hesaplanır.



Şekil 20. Dairesel kayma analiz sırası.

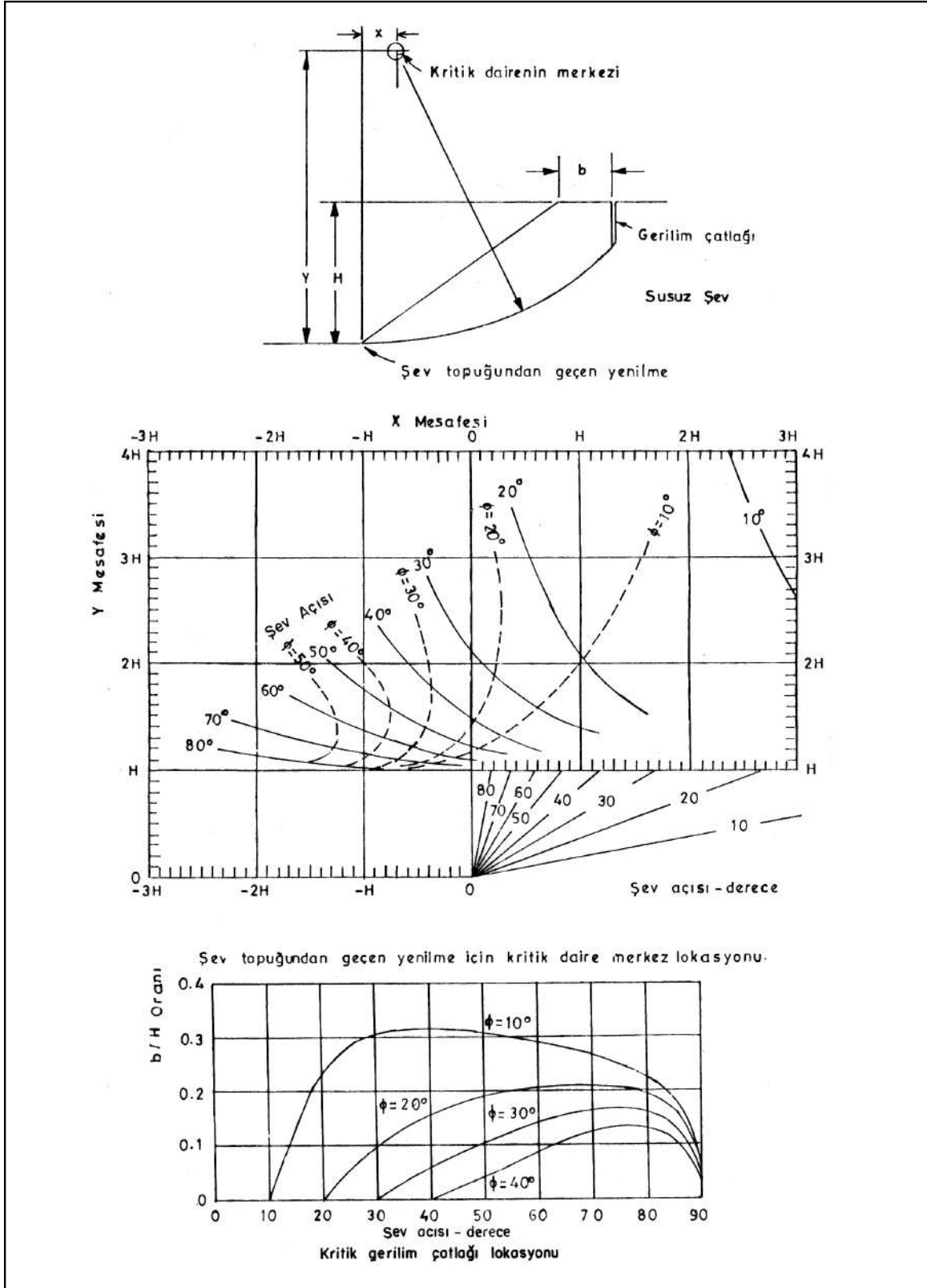
### c. Kritik kayma dairesinin ve gerilim çatlığının konumu

Şekiller 15, 16, 17, 18 ve 19'da verilen kayma diyagramlarının hazırlanmasında minimum güvenlik katsayısını veren kritik kayma dairesi ve kritik gerilim çatlığı konumları grafiksel olarak Şekil 21a ve b'de sunulmuştur. Bu grafikler potansiyel kayma dairelerinin çizimlerinin yapılmasında ve var olan dairesel kaymaların geriye doğru analizinin yapılarak sürtünme açısının bulunmasında kullanılırlar.

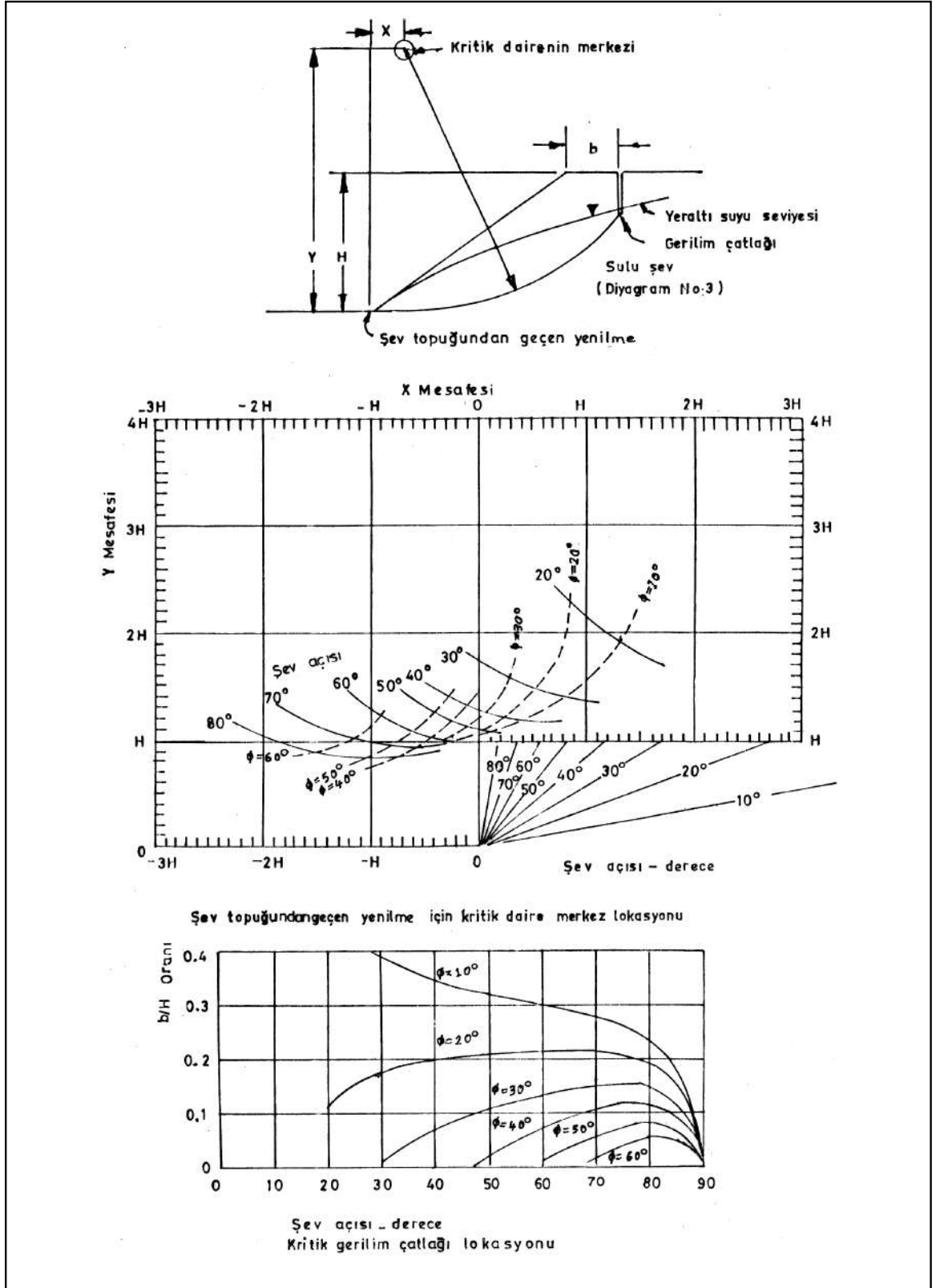
#### 7.7.6.4. Aktif- Pasif Kama Kayması Analizi

##### a. Giriş

Açık ocak kömür madenciliğinde rastlanan önemli bir duraysızlık türü olan aktif-pasif kama kayması bazen "iki bloklü düzlemsel kayma" bazen "çift düzlemli kama kayması" olarak da adlandırılır. Stead'in (1984) İngiltere'deki açık kömür ocaklarında izlenen duraysızlıkların analizlerinden elde ettiği sonuçlara göre 171 kaya şev duraysızlığından %20'si, 56 döküm harmanı duraysızlığından %23'ü aktif-pasif kama kayması olarak meydana gelmiştir.



Şekil 21a. Susuz şevler için kritik yenilme yüzeyi ve kritik gerilim çatlakları lokasyonları.



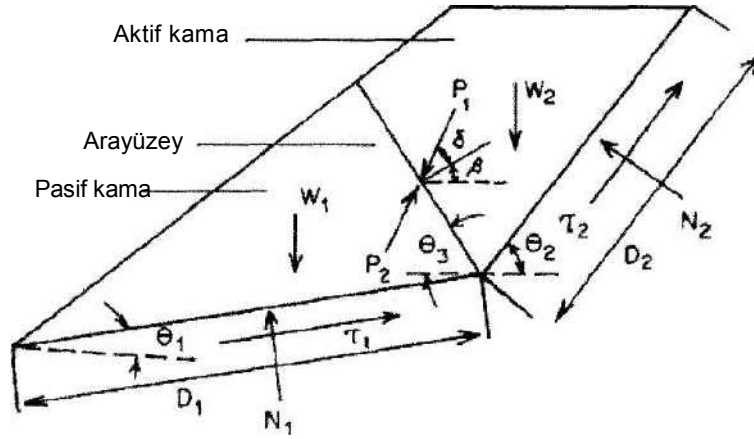
Şekil 21b. Sulu şevler için kritik yenilme yüzeyi ve kritik gerilim çatlakları lokasyonları.

### b. Aktif-pasif kama kayması analizinin kuramı

Aktif-pasif kama kaymasının kinematik olasılığı için üstteki aktif kama ile alttaki pasif kama arasında bir ara yüzey oluşmalıdır. Üst kayma yüzeyini genellikle ya bir ana süreksizlik düzlemi ya da eklem yüzeyleri ile birlikte kaya malzemesi yenilmelerinden meydana gelen bir yüzey oluşturur.

Dragline döküm harmanlarında sıkça görülen aktif-pasif kama kaymasında eğimli harman tabanı genellikle alt kama kayma yüzeyini, pasa yığınlarının kontakt yüzeyleri ise üst kama kayma düzlemini oluşturur.

Tipik bir aktif-pasif kama geometrisi aşağıda gösterilmiştir :



Burada,

- $W_1$  : Alttaki pasif kamanın ağırlığı
- $W_2$  : Üstteki aktif kamanın ağırlığı
- $N_1, N_2$  : Alt ve üst kamaların tabanlarında etki eden dikey kuvvetler
- $\tau_1, \tau_2$  : Alt ve üst kamaların tabanlarında etki eden makaslama kuvvetleri
- $P_1$  : Kama arayüzeyinde etkin olan aktif kuvvet
- $P_2$  : Kama arayüzeyinde etkin olan pasif kuvvet
- $\theta_1, \theta_2$  : Alt ve üst kama kayma yüzeylerinin yatayla yaptığı açılar
- $\theta_3$  : Kama arayüzeyinin yatayla yaptığı dar açı
- $D_1, D_2$  : Alt ve üst kama kayma yüzeylerinin uzunlukları
- $\delta$  : Arayüzeyde etkin olan kuvvetlerin yönü ile ara yüzeye dik doğru arasındaki açı
- $\beta$  : Arayüzeye dik doğru ile yatay arasındaki açı

Denge sınırında (koşulunda), her iki kamanın taban yüzeyleri boyunca ortalama güvenlik katsayısı,  $F=1$  ve  $P_1 = P_2 (\equiv P)$  kabul edilerek :

(i) Üstteki aktif kama göz önüne alınarak (kuru durum için)

$$P = \frac{F_2 (W_2 \sin \theta_2 - W_2 \cos \theta_2 \tan \phi_2) + c_2 D_2}{F_2 \cdot \cos (\delta + \beta - \theta_2) - \sin (\delta + \beta - \theta_2) \cdot \tan \phi_2}$$

yazılır. Burada :

$c_2, \theta_2$  : Üst kamanın tabanında harekete geçen görünür kohezyon ve sürtünme açısı  
 $F_2$  : Üst kama için kabul edilen güvenlik katsayısı (denge sınırında 1'e eşittir)

(ii) Alttaki pasif kama gözönüne alınarak (kuru durum için)

$$F_1 = \frac{c_1 D_1 + [W_1 \cos \theta_1 \tan \theta_1 - P \cos (\delta + \beta - \theta_1)] + \tan \theta_1}{W_1 \sin \theta_1 + P \sin (\delta + \beta - \theta_1)}$$

yazılır. Burada :

$F_1$  : Alt kama için hesaplanan güvenlik katsayısı  
 $c_1, \theta_1$  : Alt kamanın tabanı boyunca devinime geçen görünür kohezyon ve sürtünme açısı

Sarma'nın (1979) geliştirdiği analizi esas alarak Hoek (1987) tarafından yazılan SARMA programı ile aktif-pasif kama kayması analizi yapılabilir.

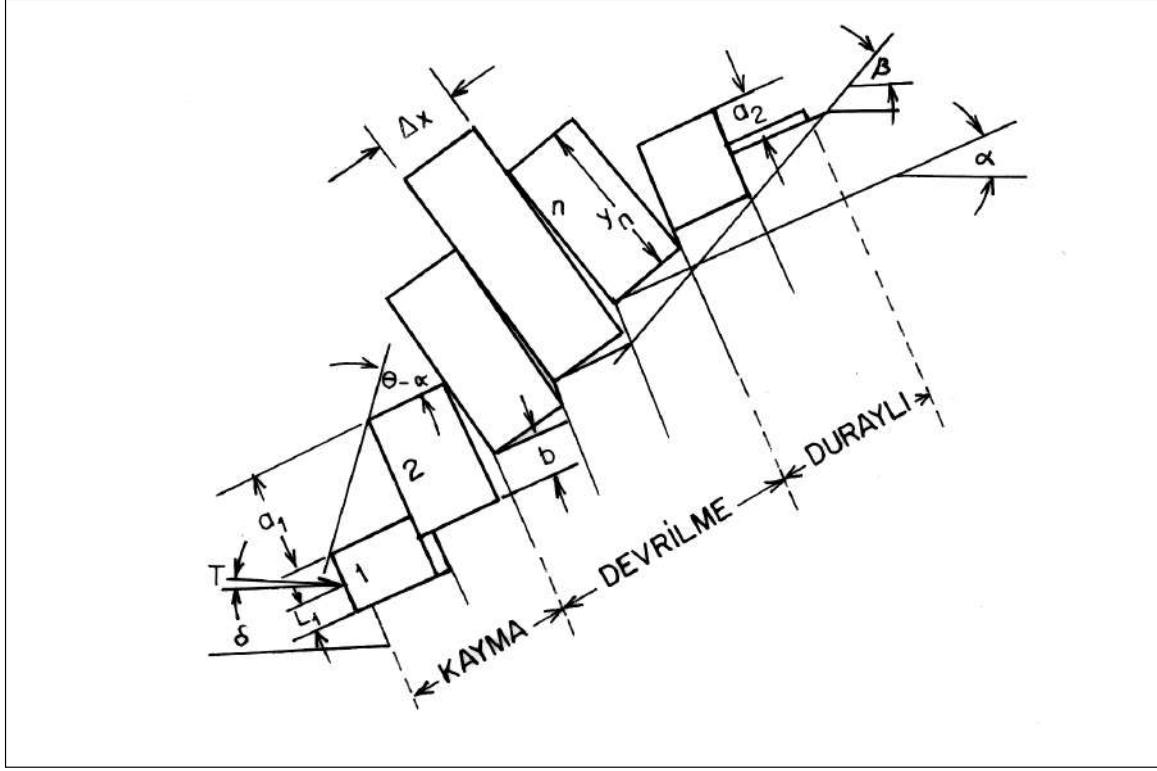
#### 7.7.6.5. Devrilme Analizi

##### a. Giriş

Devrilme, yatımı şev içine doğru olan, dike yakın eğimli ve şeve aşağı yukarı paralel doğrultudaki süreksizliklerin sütunsal bir yapı oluşturduğu durumlarda kaya şevlerinde görülen bir duraysızlık türüdür. Bu duraysızlık, şevi oluşturan kaya sütunlarının veya bloklarının tabandaki sabit bir nokta etrafında rotasyonu biçiminde gelişir.

Model çalışmaları ve arazi gözlemleri devrilme türü yenilmelerde üç farklı, davranış bölgesinin varlığını ortaya koymuştur. Bunlar;

- i. Topuk civarında kayma bölgesi,
- ii. Yenilen kütlede orta kısmında oluşan devrilme veya devrilme ve kaymanın birlikte yer aldığı bölge,
- iii. Şevin üst kısmında, devrilme bölgesinin hemen ardında yer alan duraylı bölge (Şekil 22).



Şekil 22. Basamaklı tabanda devrilme.

### b. Denge sınırı yöntemiyle devrilme analizi

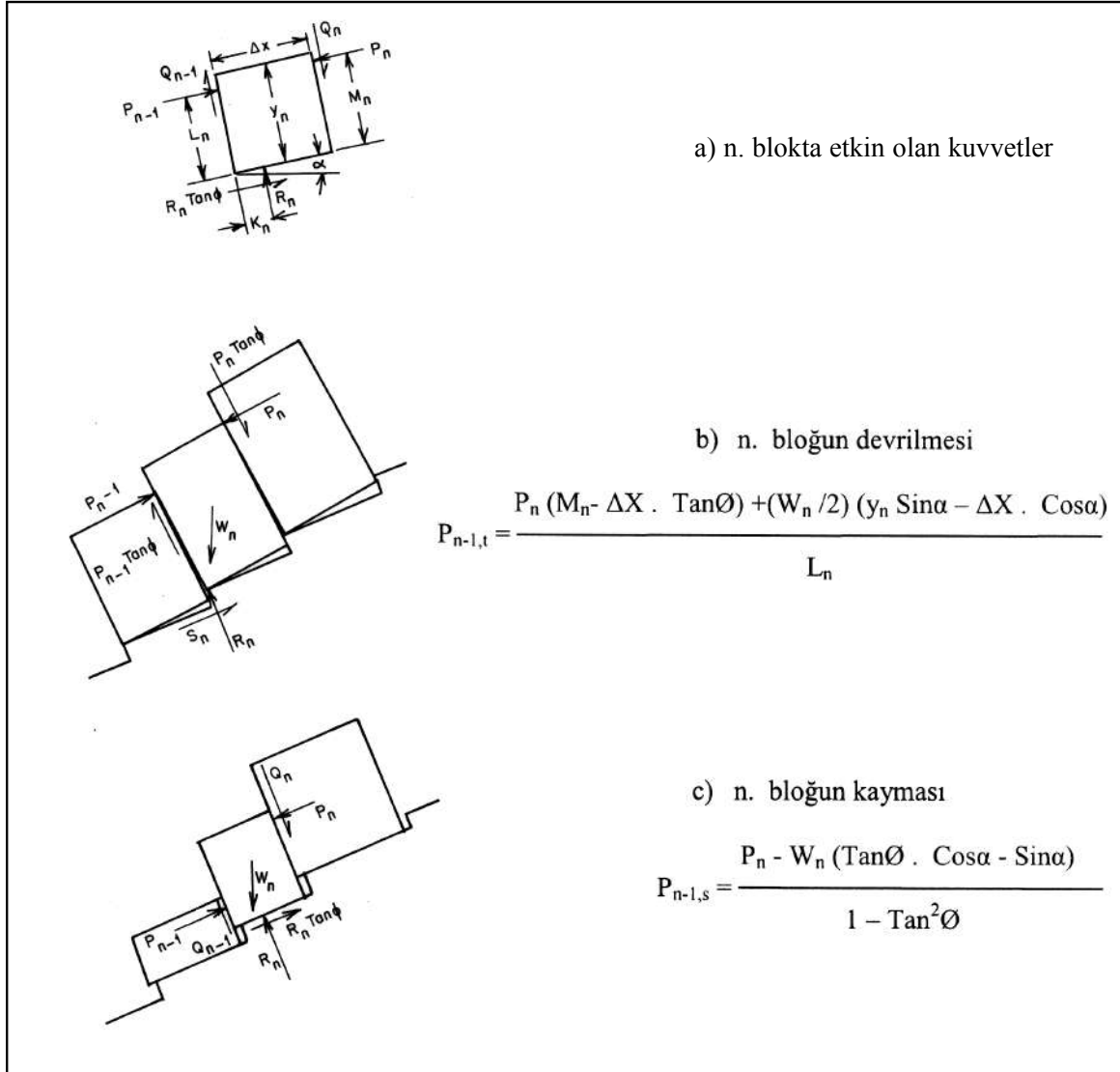
Goodman ve Bray (1976) denge sınır yöntemi Şekil 22'de görüldüğü gibi geometrisi basit de olsa devrilme analizinde uygulamışlardır. Bu analiz aşağıdaki varsayımlara dayandırılmıştır.

- Şev düzgün geometrilili ve sütunsal yapıdaki tek parça kaya bloklarından oluşur.
- Blokler basamaklı bir taban üzerinde yer alırlar.
- Blokler kınılmaz ve deforme olmaz.
- Şevde su basıncı sıfırdır.

Analiz, her blok üzerinde etkin olan net kuvvetin, blok ağırlığı ve bloklar arası makaslama direnci gözönüne alınarak, hesap edilmesi ve her bloğun nasıl davranacağını (yan duraylı kalma, devrilme veya kayma durumlarını) belirlenmesini içerir. Tipik bir n. bloğun tabanında ( $R_n$ ,  $S_n$ ) ve bitişiğindeki bloklarla temas halindeki yüzeylerinde ( $P_n$ ,  $Q_n$ ,  $P_{n-1}$ ,  $Q_{n-1}$ ) oluşan kuvvetler Şekil 23a'da görülmektedir.

Eğer blok devriliyorsa kuvvetlerin etki noktaları bilinir (Şekil 23b). Bloğun yan yüzeylerindeki kuvvetler sürtünmeden dolayı olup,





Şekil 23. n Bloğun devrilmesi ve kayması durumunda denge sınırı koşulları.

$$Q_n = P_n \cdot \text{Tan}\theta$$

$$Q_{n-1} = P_{n-1} \cdot \text{Tan}\theta \quad \text{dir.}$$

Tabana paralel ve dik olarak etki eden kuvvetlerin çözümlenmesinde ise

$$R_n = W_n \text{Cos}\alpha + (P - P_{n-1}) \text{Tan}\theta$$

$$S_n = W_n \text{Sin}\alpha + (P - P_{n-1}) \quad \text{elde edilir.}$$

Rotasyonel denge için devrilmeyi önleyecek  $P_{n-1}$  kuvveti aşağıdaki değerde olmalıdır.

$$P_{n-1,t} = \frac{P_n (M_n - \Delta X \cdot \tan\theta) + (W_n / 2) (y_n \sin\alpha - \Delta X \cdot \cos\alpha)}{L_n}$$

Bloğun kaymasını önleyecek P kuvveti ise,

$$P_{n-1,s} = P_n - \frac{W_n (\tan\theta \cdot \cos\alpha - \sin\alpha)}{1 - \tan^2\theta}$$

olur.

Bu analiz denge koşulunu verecek olan  $\theta$ 'yi bulmak üzere aşağıdaki sırada yürütülür.

- $\theta > \alpha$  olmak üzere uygun bir  $\theta$  değeri alınır.
- Devrilmenin üst sınırını, yani  $y_n / \Delta X > \cot\alpha$  koşulunu yerine getiren en üst blok saptanır.
- Bu bloktan başlayarak devrilmeyi engelleyecek  $P_{n-1,t}$  ve kaymayı önleyecek  $P_{n-1,s}$  yanal kuvvetleri yukarıdaki eşitliklerden bulunur.  
Eğer  $P_{n-1,t} > P_{n-1,s}$  ise blok devrilme noktasındadır ve  $P_{n-1} = P_{n-1,t}$  olur.  
Eğer  $P_{n-1,s} > P_{n-1,t}$  ise blok kayma noktasındadır ve  $P_{n-1} = P_{n-1,s}$  olur.

Ayrıca aşağıdaki koşulların sağlandığı kontrol edilmelidir.

$$R_n > 0$$
$$|S_n| < R_n \cdot \tan\theta$$

- Bir alttaki blok ve onu takip eden diğer bloklar sırayla aynı işlemlere tabi tutulurlar.
- Sonunda  $P_{n-1,s} > P_{n-1,t}$  olan bir bloğa erişilebilir. Bu blok ve altındaki diğer bloklar için kritik durum kaymadır. Eğer  $P_{n-1,s} > P_{n-1,t}$  koşulu hiçbir blok tarafından yerine getirilmiyorsa kayma oluşmaz ve devrilme 1 no. lu bloğa kadar yayılır.
- 1 no. lu blok gözönüne alındığında :  
Eğer  $P_0 > 0$  ise, şev başlangıçta varsayılan  $\theta$  değeri için duraysızdır. Bu durumda  $\theta$ 'yi artırıp hesapları tekrarlamak gerekir.  
Eğer  $P_0 < 0$  ise  $\theta$ 'yi azaltıp hesaplar tekrarlanır.  $P_0$  yeteri kadar küçük bir değer aldığında bunu sağlayan  $\theta$  değeri denge sınırını sağlayan sürtünme açısı olarak kabul edilir.



$$F = \frac{cA + (W \cdot \cos\psi_p - u - v \sin\psi_p + T \sin\beta) \tan\theta}{W \sin\psi_p + v \cos\psi_p - T \cos\beta}$$

Ancak bu eşitlik denge sınır koşulu için ( $F = 1$ ) geçerlidir. Yani bu eşitliği çözerek bulunacak  $T$  değeri öngörülen güvenlik katsayısını tüm değişkenlere yansıtmayacaktır. Ayrıca, değişkenlerin tamamının da aynı hassasiyetle belirlendiği söylenemez. Su basıncı, kohezyon gibi parametreler çoğunlukla kaba bir şekilde tayin edilirken, kayan kütlelerin ağırlığı hassas bir şekilde hesap edilebilir. Bu nedenle, Hoek ve Bray (1981), Londe'nin önerisi doğrultusunda, her parametreye aynı güvenlik katsayısını uygulamaktansa, tayinindeki hassasiyete bağlı olarak değişik parametrelere değişik güvenlik katsayılarının uygulanmasının doğru olacağını belirtmişlerdir. Tayini kabaca yapılan parametrelere yüksek güvenlik katsayısı uygulanırken, hassas olarak belirlenen parametrelere daha düşük güvenlik katsayısı uygulanacaktır. Londe değişik parametrelere aşağıdaki güvenlik katsayılarını önermiştir.

Kohezyon $c$ için	$F_c = 1.5$
Sürtünme açısı ( $\theta$ ) için	$F_\theta = 1.2$
Su basıncı ( $u, v$ ) için	$F_u = 2.0$
Ağırlık ( $W$ ) ve diğer kuvvetler için	$F_w = 1.0$

Bu değerler kullanıldığında denge sınırı koşulu aşağıdaki eşitlikle ifade edilecektir.

$$W \sin\psi_p + 2v \cos\psi_p - T \cos\beta = \frac{cA}{1.5} + (W \cos\psi_p - 2u + T \sin\beta) \frac{\tan\theta}{1.2}$$

eşitliği bulunur.

Buradan  $T$  çekilirse,

$$T = \frac{W(\sin\psi_p - 0.83 \cos\psi_p \cdot \tan\theta) + 2v + 1.67u \tan\theta - 0.67cA}{0.83 \sin\beta \cdot \tan\theta + \cos\beta}$$

### 7.8.1.2. Devrilmeyi önleyecek sağlamlaştırma

Devrilmeyi önleyecek sağlamlaştırma en etkin biçimde topuktaki "anahtar" bloğun hareketinin engellenmesiyle yapılabilir. Şekil 22'de görüldüğü gibi topuktaki 1 nolu blok çelik bir halatla tabanda emniyetli bir mesafeye ankre edildiğinde bloğun devrilmesini önleyecek  $T_t$  kuvveti

$$T_t = \frac{(W_1/2)(y_1 \sin\alpha - \Delta X \cdot \cos\alpha) + P_1(y_1 - \Delta X \cdot \tan\theta)}{L_1 \cos(\alpha + \delta)}$$

eşitliği ile bulunurken, bloğun kaymasını önleyecek  $T_s$  kuvveti ise

$$T_s = \frac{P_1(1 - \tan^2 \delta) - W_n(\tan \delta \cdot \cos \alpha - \sin \alpha)}{\tan \delta \cdot \sin(\alpha + \delta) + \cos(\alpha + \delta)}$$

eşitliği ile hesaplanır.

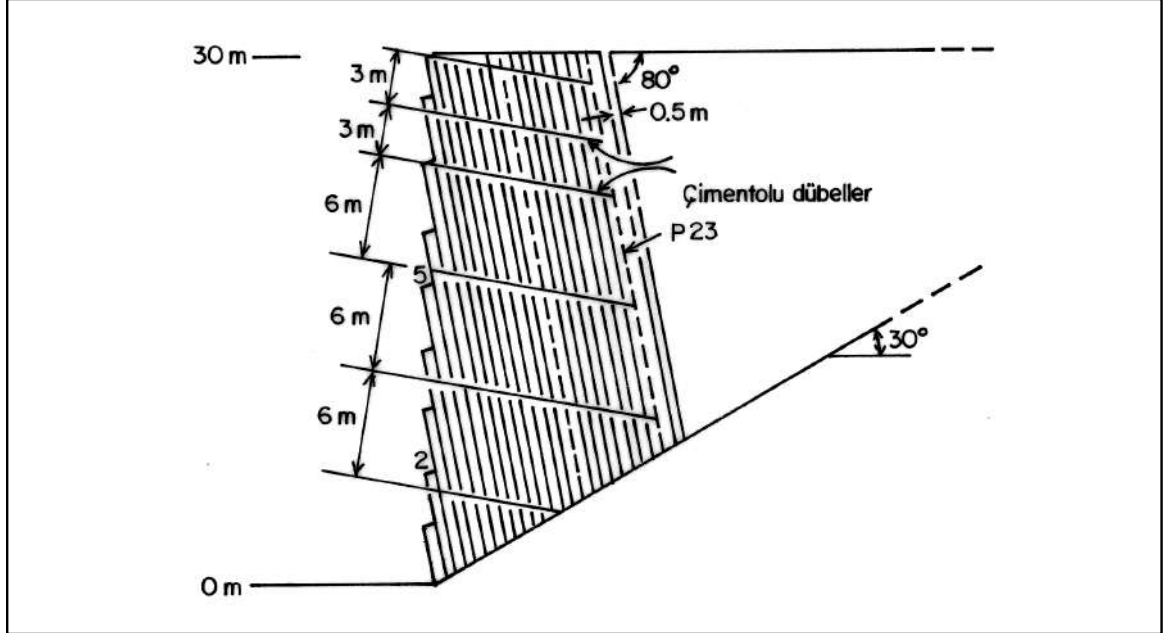
Bloğun tabanındaki normal ve makaslama kuvvetlerini ise aşağıdaki eşitlikler verecektir.

$$R_1 = P_1 \cdot \tan \delta + T \cdot \sin(\alpha + \delta) + W_1 \cdot \cos \alpha$$

$$S_1 = P_1 - T \cdot \cos(\alpha + \delta) + W_1 \cdot \sin \alpha$$

Bu durumda takip edilecek yol, 1 nolu blok için yapılacak hesaplamalar dışında, Bölüm 7.7.6.5b 'de verilenle aynıdır. Hesaplanan  $T_t$  ve  $T_s$  kuvvetlerinden büyük olan gerekli halat gerdirmesi olacaktır.

Öte yandan, şev açısının dik ve dike yakın veya şev yüksekliğinin fazla olması gibi durumlarda yalnız topuk bloğunun sağlamlaştırılması yetersiz olabilir. Bu durumda, sistematik çelik halat veya dübel uygulanarak tüm şev aynasının Şekil 25'de görüldüğü gibi sağlamlaştırılması gerekir. Burada amaçlanan etkin kolon kalınlıklarının artırılmasıdır. Ancak böyle bir tasarım için jeolojik yapının ayrıntılı bilinmesinin yanında arazi denemeleri de gereklidir. İlk yaklaşım olarak, kolon kalınlıklarının şev güvenlik katsayısına olan etkisi denge sınırı yöntemiyle araştırılabilir.



Şekil 25. Devrilmeye karşı şev aynasının sistematik dübel (dovel) uygulamasıyla sağlamlaştırılması.

## KAYNAKLAR

- Barton, N. R., 1973, Review of a new shear strength criterion for rock joints, Engineering Geology, Elsevier Vol. 7, s. 287-332.
- Barton, N. R., 1974, A review of the shear strength of filled discontinuities in rock, NGI Publication No=105, 38 s. Özgenoğlu, A. (1986) Madencilikte şev duraylılık analizi yaklaşımları, Madencilik, 25, 1, 17-27.
- Goodman, R. E. & Bray, J. W., 1976, Toppling of rock slopes, Speciality Conference on Rock Engineering For Foundations and Slopes, Boulder, Colorado, ASCE, s. 201-234.
- Goodman, R. E., 1980, Introduction to rock mechanics, New York, John Wiley & Sons, 478 s. Coates, D.F., 1977, Pit slope manual Chapter 5 -Design, CANMET, CANMET Report 77-5, 126 s.
- Hoek, E. & Brown, E. T., 1980, Underground Excavations in Rock, Institution of Mining and Metallurgy, London, 527 s.
- Hoek, E., Bray, J. W., 1981, Rock Slope Engineennng, Institution of Mining and Metallurgy, London, 402 s.
- Hoek, E., 1987, General two-dimensional slople stability analysis, in "Analytical and computational methods in engineering rock mechanics", E. T. Brown(ed. ), s. 95-128, London, Ailen & Unwin.
- John, K. W., 1968, Graphical stability analysis of slopes in jointed rock, J. Soil Mech. and Found. Div. ASCE, 94/SM2, 497-526.
- Londe, P., Vigier, G. ve Vormeringer, R., 1969, Stability of rock slopes - A three dimensional study, J. Soil Mech. and Found. Div. ASCE, 95/SM1, 235-262.
- Londe, P. , Vigier, G. ve Vormeringer, R., 1970, Stability of rock slopes - Graphical methods, J. Soil Mech. and Found. Div. ASCE, 96/SM2, 1411-34.
- Öcal, A., 1994, Computer-aided kinematic analysis for jointed rock slopes, M. Sc. Thesis, Mining Engineering Department, METU, Ankara, 121 s.
- Özgenoğlu, A., 1986, Madencilikte Şev Duraylılık Analizi Yaklaşımları, Madencilik, 25, 1, S.17-27.
- Sarı, D., 1996, An experimental and numerical approach to shallow focus earthquake mechanism, Ph. D. Thesis, Mining Engineering Department, METU, Ankara, 165 s.
- Sarma, S. K., 1979, Stability analysis of embankments and slopes, J. Geotech. Engng. Div., ASCE, 105/GT12, 1511-1524.
- Stead, D., 1984, An evaluation of the factors governing the stability of surface coal mine slopes, Ph. D. Thesis, Univ. of Nottingham.



# Bölüm 8

## Açık İşletmelerde Su Atımı ve Tulumbalar

Makina Müh. Uğur ÖZKARA  
Makina Yük. Müh. Kadir ÇELİK

### İÇİNDEKİLER

8.1. HİDROLİK ENERJİ	389
8.1.1. Potansiyel Enerji	389
8.1.1.1. Seviye (Konum) Enerjisi	390
8.1.1.2. Basınç Enerjisi	390
8.1.2. Kinetik Enerji	391
8.1.3. Toplam Enerji	392
8.2. POMPA TİPLERİ	393
8.2.1. Hacimsel Pompalar	393
8.2.2. Dinamik Pompalar	394
8.2.3. Santrifüj Pompalar	394
8.2.3.1. Santrifüj Pompalarda Kanat Teorisi	395
8.2.3.2. Kanat Çizimi;	395
8.2.3.3. Verim	397
8.2.3.4. Özgül Hız	398
8.2.3.5. Pompa Mil Gücü	399
8.2.3.6. Pompayı Tahrik Eden Motor Gücü	400
8.2.3.7. Santrifüj Pompaların Kısımları	400
8.2.3.8. Santrifüj Pompalarda Kaviteasyon	401
8.2.4. Pistonlu Pompalar	402
8.2.4.1. Pistonlu ve Santrifüj Pompaların Karşılaştırılması	402
8.2.5. Nargile Tulumbalar (Dalgıç Pompa)	403
8.2.6. Dalgıç Pompalar	404
8.3. BORULAR	405
8.3.1. Toplam Boru Kayıpları (Yerel + Düz Boru)	406
8.3.1.1. Yerel (Lokal) Kayıplar	406
8.3.1.2. Düz Boru Kayıpları	410



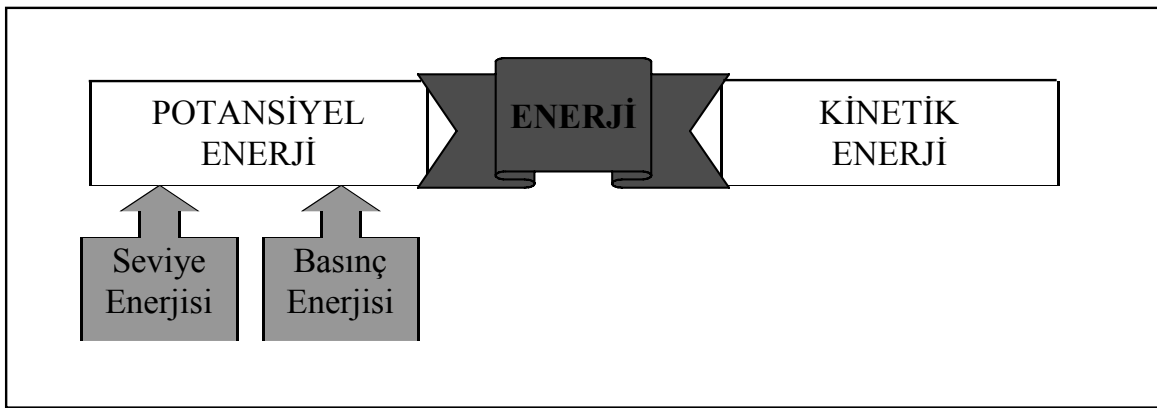
8.4. SU ATIMI (POMPA HESABI) .....	412
8.5. BELİRLİ BİR POMPA VE TESİSTE ÇALIŞMA NOKTASININ TESPİTİ .....	420
8.5.1. Karakteristikleri Aynı İki Pompanın Paralel Bağlanması .....	421
8.5.2. Karakteristikleri Aynı İki Pompanın Seri Bağlanması .....	422
8.5.3. Bir Pompanın İki Ayrı Ortama Su Basması .....	422
8.6. SANTRİFÜJ POMPALARDA KARAKTERİSTİK ARIZALAR .....	423
8.6.1. Pompa Hiç Su Basmamaktadır .....	423
8.6.2. Pompa Debisi Nominal Değerden Düşüktür. ....	424
8.6.3. Pompanın Bastığı Basma Yüksekliği Yetersiz. ....	425
8.6.4. Pompa Bir Süre Çalıştıktan Sonra Stop Etmektedir .....	425
8.6.5. Pompa Motoru Normalden Fazla Güç Çekmektedir. ....	426
8.6.6. Salmastralardan Fazla Su Sızmaktadır. ....	426
8.6.7. Salmastralar Çabuk Aşınmaktadır. ....	426
8.6.8. Pompa Titreşim Yapmakta ve Gürültülü Çalışmaktadır .....	426
8.6.9. Yataklar Çabuk Aşınmaktadır. ....	427
8.6.10. Pompa Fazla Isınmaktadır .....	427
KAYNAKLAR .....	427

## 8.1. HİDROLİK ENERJİ

Tulumbalar, mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren makinalardır. Sıvıyı sahip olduğu enerji seviyesinden daha yüksek seviyeye çıkarmak için kullanılırlar.

Tulumbalar (Pompalar) konusuna detaylı olarak girmeden önce Sıvıların enerji seviyelerine kısaca değinmekte fayda var.

Hidrolikte, Potansiyel Enerji ve Kinetik Enerji olmak üzere iki çeşit enerji göz önüne alınır.

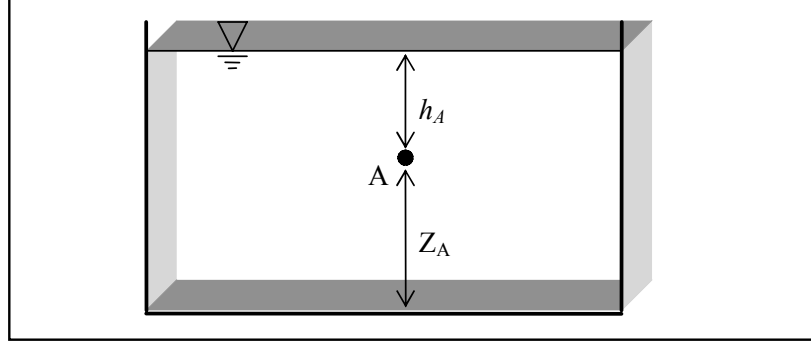


### 8.1.1. Potansiyel Enerji

Sıvıların bulunduğu seviye veya durumdan dolayı sahip oldukları enerjiye denir. Potansiyel enerjiyi de Seviye Enerjisi ve Basınç Enerjisi oluşturmaktadır.

### 8.1.1.1. Seviye (Konum) Enerjisi

Sıvı içerisindeki bir A noktasının, yerçekimi kuvveti etkisi altında, bulunduğu seviye nedeniyle sahip olduğu enerjiye denir. Kıyas düzlemi olarak sıvının bulunduğu sistemin tabanını kabul edersek, kıyas düzleminden  $Z_A$  mesafesi kadar yukarıda bulunan ağırlığındaki A noktasının seviye enerjisi aşağıda verilen eşitlik ile gösterilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Statik halde bulunan sıvıda potansiyel enerjinin gösterilmesi.

$$E_S = \gamma \cdot Z_A$$

- $E_S$  : Seviye enerjisi  
 $\gamma$  : Birim hacimdeki sıvının ağırlığı  
 $Z_A$  : A noktası ile kıyas düzlemi olan kabın tabanı arasındaki mesafe. Yukarıdaki eşitliğin birim ağırlık için ;

$$E_S = Z_A \quad \dots(1)$$

olduğu açıkça görülmektedir.

### 8.1.1.2. Basınç Enerjisi

Sıvı yüzeyinden A noktasına kadar olan birim hacimdeki  $h_A$  sıvı sütununun ağırlığına eşit olan enerjiye basınç enerjisi denir.

$$E_B = \gamma \cdot h_A$$

- $E_B$  : Basınç Enerjisi  
 $\gamma$  : Birim hacimdeki sıvının ağırlığı  
 $h_A$  : A noktası ile sıvı yüzeyi arasındaki mesafe.

Burada bulunan eşitliğinde birim ağırlık için ;

$$E_B = h_A \quad \dots(2)$$

olduğu açıkça görülmektedir.

Potansiyel Enerji eşitliğini Seviye ve Basınç Enerjisi olarak düzenlersek

$$\begin{aligned} E_{Potansiyel} &= E_{Seviye} + E_{Basınç} \\ &= Z_A + h_A \end{aligned} \quad \dots(3)$$

elde edilir

$h_A$ , Birim ağırlıktaki A noktasının Basınç Enerjisini,  $Z_A$  da Seviye Enerjisini ifade etmektedir.

Şekil 1 göz önüne alınarak, A noktası ile Serbest sıvı yüzeyi arasındaki birim hacim ağırlığındaki sıvı sütununun meydana getirdiği basınç farkının denklemi;

$$\int_0^{h_A} dp = \int_0^{h_A} \gamma \cdot dh$$
$$P_A - P_0 = \gamma \cdot h_A$$

$P_0$  atmosfer basıncı olup mutlak basınç şartlarında sifira eşittir.

$$h_A = \frac{P_A}{\gamma}$$

Bulunan  $h_A$  değerini (3) nolu eşitlikte yerine koyalım;

Böylece bir sıvı içerisindeki A sıvı zerreciğinin herhangi bir konumu için Potansiyel Enerjisini veren denklemi elde etmiş oluruz.

$$E_p = Z_A + \frac{P_A}{\gamma} \quad \dots(4)$$

### 8.1.2. Kinetik Enerji

- Birim ağırlıktaki akışkanın hızından dolayı sahip olduğu iş yapabilme yeteneği Kinetik Enerji olarak tanımlanabilir.
- Mekanikte, m kütesine ve V hızına sahip bir cismin kinetik enerjisi;

$$E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 \quad \text{dir.}$$

Bu eşitliği Şekil 1'deki A sıvı zerreciği için düzenlediğimizde;

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot V^2$$

g : Yer çekim ivmesi (9,81 m/sn<sup>2</sup>)

eşitliği elde edilir. Bu eşitliği, birim ağırlık (m=γ/g) için tekrar düzenlediğimizde;

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{V^2}{g} \quad \dots(5)$$

elde ederiz.

### 8.1.3. Toplam Enerji

Potansiyel Enerji ve Kinetik Enerji için elde ettiğimiz (4) ve (5) nolu eşitlikleri Hidrolik Enerjinin tanımında yerlerine koyarsak;

$$E_{hidrolik} = E_p + E_k$$

$$E_H = Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad \dots(6)$$

Pompalama işlemi, sıvı akışkanın enerji seviyesinin yükseltilmesi olduğuna göre, (6) eşitlikteki her bir terime karşılık gelen bir pompa şekli düşünmek mümkündür.

- Madenlerden dışarı su bastığımız tulumbalar, (seviye enerjisi) (Z) ,
- Kalorifer dairelerindeki sirkülasyon pompaları, (basınç enerjisi) (P/ γ) ,
- İtfaiye tulumbaları, (hız enerjisi) (V<sup>2</sup>/2g),

üreten tulumbalardır (Çizelge 1).

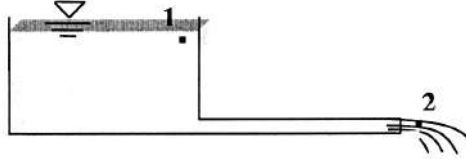
Çizelge 1. Hidrolikteki Enerji çeşitleri, isimleri, formülleri ve birimleri.

ENERJİ ÇEŞİDİ	HİDROLİK İSMİ	FORMÜLÜ	BİRİMİ
Potansiyel Enerji	Seviye Enerjisi	Z <sub>A</sub>	m
Potansiyel Enerji	Basınç Enerjisi	P <sub>A</sub> /γ	kg/m <sup>2</sup> /(kg/m <sup>3</sup> ) = m
Kinetik Enerji	Kinetik Enerji	V <sup>2</sup> /(2·g)	(m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )/(m/s <sup>2</sup> ) = m
Toplam Enerji	Toplam Enerji	Z <sub>A</sub> +P <sub>A</sub> /γ+V <sup>2</sup> /(2·g)	m

Elde ettiğimiz enerji seviyesi toplamına hidrolikte toplam yük denir ve H sembolü ile gösterilir.

Sürtünmesiz ve sıkışamaz (ideal) akışkan için ise de gerçek sıvı için;  $H_1=H_2$  eşitliği geçerlidir (Şekil 2).

$$H_1=H_2 + h_L$$



Şekil 2. 1 ve 2 noktaları arasındaki hidrolik yük

Burada ifade edilen  $h_L$ , sürtünme kaybı yani yük kaybıdır. Bu eşitlik Bernoulli denkleminin kısa formundan başka bir şey değildir. Akış halindeki sıkışamaz sıvı için 1 ve 2 noktaları arasında Bernoulli eşitliği,

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + \sum h_L$$

$\sum h_L$  plam yük kaybı olup, akışın gerçekleştiği sistem içerisindeki tüm kayıpları ifade eder. Bölüm 8.3.'te bu konuya daha detaylı olarak değinilecektir.

## 8.2. POMPA TİPLERİ

Pompalar iki ayrı guruba ayrılırlar.

Hacimsel pompalar  
Dinamik tip pompalar

Hacimsel pompalar ile sıvı akışkana enerji aktarılmasındaki ana prensip, hacmi değişken bir ortam içerisindeki sıvının, hacim daraltılarak statik basıncının artırılmasıdır.

Dinamik tip pompalarda sıvının enerjisindeki artış ise, sıvı hızının ve böylece sıvının kinetik enerjisinin artırılmasıyla olur.

### 8.2.1. Hacimsel Pompalar

Hacimsel pompalar için, Pistonlu pompalar, Diyaframlı pompalar, Dişli pompalar, Paletli Pompalar örnek olarak gösterilebilir.

Dinamik tip pompalara ise Santrifüj Pompalar ve Jet Pompalar iyi birer örnektir.

Hacimsel ve dinamik tip pompalar arasındaki en büyük fark çalışma sistemleridir.

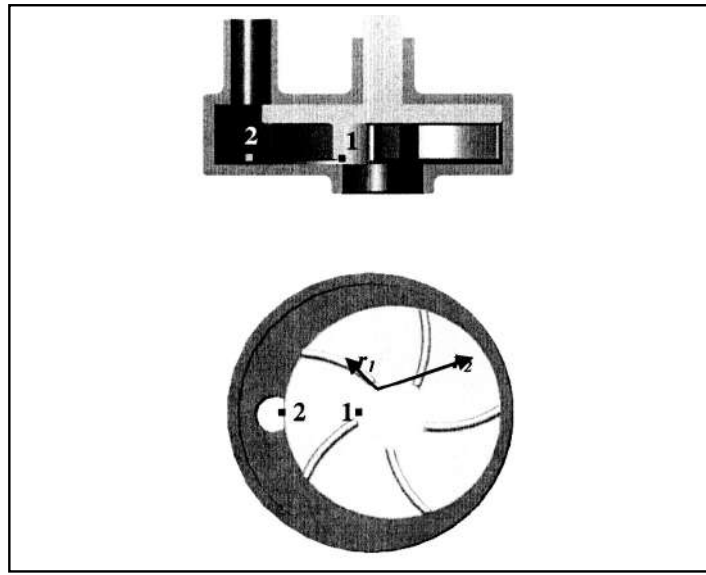
Hacimsel pompalarda, kapalı hacim içerisindeki sıvı sıkıştırılarak, çok yüksek basınç değerlerine ulaşılır ve bu nedenle büyük basma yükseklikleri elde edilir.

Dinamik tip pompalarda ise, sıvının geçiş kanallarının serbest oluşu ve enerji artışının sıvıdaki hız artışı ile orantılı olması belirli basınç ve basma yüksekliklerinden fazlasının sağlanamamasına neden olur.

### 8.2.2. Dinamik Pompalar

Dinamik pompalarda enerji dönüşümü, sıvının statik basıncının artırılması yerine bir takım pompa aksamı ile sıvı arasında kinematik ve dinamik bakımdan bir bağlantı bulunması ve makina aksamı tarafından sıvıya tatbik edilen kuvvetlerin büyük hız değişiklikleri (bu hıza karşılık gelen kinetik enerji değişikliği) meydana getirmesidir.

### 8.2.3. Santrifüj Pompalar



Şekil 3. Santrifüj pompa kesiti.

Şekil 3.'teki gibi silindirik kap içerisinde kanatçıkları olan bir silindirik parçanın açısal hızı ile döndürüldüğünü düşünelim. Sistem su ile dolu olsun. Sisteme su giriş ve çıkışı olmasın.. 1 ile 2 noktaları arasında Bernoulli eşitliği

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{U_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{U_2^2}{2 \cdot g}$$

dir. Burada  $U_1$  1 noktasındaki,  $U_2$  de 2 noktasındaki açısal hızından dolayı oluşan çevre hızlarıdır.

$$U = \omega \cdot r$$

1 ve 2 noktaları kıyas düzleminde bulduklarından  $Z_1=Z_2$  dir. Eşitliğimizi 1 ve 2 noktaları için tekrar düzenlediğimizde bu iki nokta arasında;

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma} = \frac{\omega^2 \cdot (r_2^2 - r_1^2)}{2g}$$

eşitliğine eşit bir basınç farkı doğar. Sisteme su giriş ve çıkışına izin verdiğimizde ise merkezden dışarı doğru bir su akışı başlar ve bulmuş olduğumuz yukarıdaki eşitlik geçerliliğini yitirir.

### 8.2.3.1. Santrifüj Pompalarda Kanat Teorisi

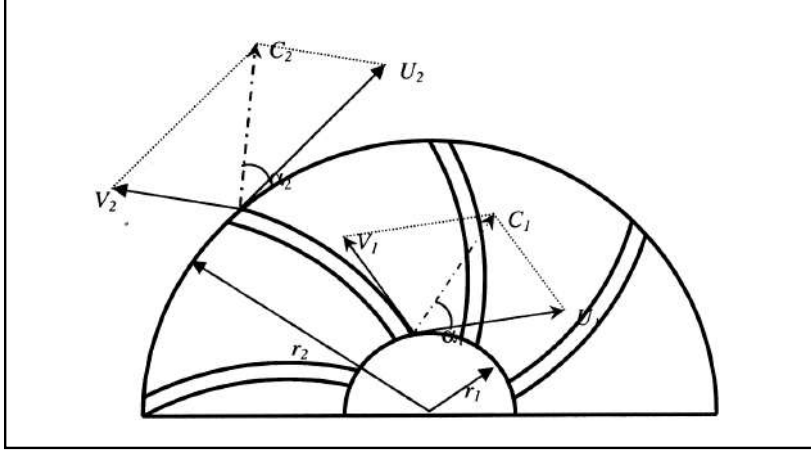
1 noktasındaki birim su kütesinin 2 noktasına doğru hareketi sırasında suyun kanatçıklara giriş debisi kanatçıklardan çıkış debisine eşittir. Kanatçıklar arasındaki kanalın kesitinin 2 noktasına gidildikçe genişlemesinden dolayı suyun hızı düşecektir. Yani suyun kanala girişteki hızı  $V_1$  iken çıkıştaki hızı  $V_2$  olur. ( $V_1 > V_2$ ) dir. Bu hız farklılığından dolayı meydana gelen basınç farkı  $h_1$  ise;

$$h_1 = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} \quad \dots(7)$$

dir.

### 8.2.3.2. Kanat Çizimi

$U_1$  çevre hızı ile kanatçığa giren sıvı, kanatçıktan çıkarken çaptaki farklılıktan dolayı  $U_2$  çevre hızına ulaşır (Şekil 4). Bu hız artışına bağlı olarak merkezkaç kuvvet de artar ( $U_2 > U_1$ ). Hız artışından dolayı meydana gelen basınç farkı ise;



Şekil 4. Santrifüj pompada giriş ve çıkış hız üçgenleri

$$h_2 = \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g} \quad \dots(8)$$

dir.

Bu iki farklı hızın sebep olduğu mutlak hız vardır ki, gerçek akımı niteleyen bu mutlak hızın büyüklüğü ve yönüdür. Mutlak hız  $V$  hızı ile  $U$  hızının bileşkesi olup  $C$  ile ifade edilir. Mutlak hızın kanatçığa girişteki değeri  $C_1$  ve çıkıştaki değeri de  $C_2$  ise bu değişimden dolayı meydana gelen basınç farkı;



$$h_3 = \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} \quad \dots(9)$$

olacaktır.

Sıvının pompa içinde kazanacağı toplam enerjinin değeri;

$$Ht_{\infty} = h_1 + h_2 + h_3 = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} + \frac{U_2^2 - U_1^2}{2g} + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} \text{ [mss]} \quad \dots(10)$$

[mss] → (metre su sütünü).

olacaktır.

$U, V$  ve  $C$  arasındaki trigonometrik bağıntılardan yararlanılarak (10) eşitliği;

$$Ht_{\infty} = \frac{1}{g} \cdot [U_2 \cdot C_2 \cdot \cos \alpha_2 - U_1 \cdot C_1 \cdot \cos \alpha_1] \quad \text{[mss]}$$

olarak yazılabilir.  $\alpha_1$  ve  $\alpha_2$  mutlak hızlar ile çevre hızlarının yönleri arasındaki açıdır. Genellikle sıvı kanada dik girer. Bu nedenle  $\alpha_1 \approx 90^\circ$  kabul edersek;

$$Ht_{\infty} = \frac{1}{g} \cdot [U_2 \cdot C_2 \cdot \cos \alpha_2] \quad \text{[mss]}$$

şeklini alır. Şekil incelendiğinde  $(C_2 \cdot \cos \alpha_2)$ ,  $(-C_2)$  nin  $U_2$  üzerindeki iz düşümüdür  $(C_2 \cdot \cos \alpha_2)$ yi,  $Cu_2$  olarak ifade edersek;

$$Ht_{\infty} = \frac{U_2 \cdot Cu_2}{g} \quad \text{[mss]}$$

yazmak mümkündür.

Bu hesaplama, tek boyutlu akım şartlarında hiç bir kayıp olmadığı ve sonsuz sayıda kanat olduğu kabulü ile yapılmıştır. Gerçekte bu kabuller geçerli olmayıp elde ettiğimiz bağıntıyı;

$$Ht = k \cdot Ht_{\infty}$$

şeklinde düzenlememiz gerekmektedir. Burada  $k$  ifadesi, çark çapına, kanat sayısına, kanat kalınlığına ve kanat açılmasına bağlı bir katsayıdır. Teorik basma yüksekliği ile manometrik basma yüksekliği arasında;

$$Hm = \xi \cdot Ht \quad \text{[mss]} \quad \dots(11)$$

bağıntısı mevcut olup burada, sürtünme, yön değiştirme vs. gibi bütün kayıpları kapsamaktadır.

### 8.2.3.3. Verim

Santrifüj pompanın genel verimi; pompanın sıvıya devrettiği faydalı enerji ile pompa milindeki enerjinin oranıdır. Bir pompanın kalitesinin tespitinde önemli bir ölçüdür. Genel verim; hidrolik verim, mekanik verim ve kaçak verim gibi üç değişik verimin çarpımından elde edilir.

#### a. Hidrolik Verim

Pompanın çarkı tarafından sıvıya devredilen hidrolik güç  $N_h$  ve pompa çarkının çıkışında elde ettiğimiz faydalı güç  $N_f'$  ise;

Pompanın hidrolik verimi; faydalı gücün hidrolik güce oranı şeklinde olacaktır,

$$\eta_h = \frac{N_f'}{N_h} \quad \dots(12)$$

#### b. Kaçak Verimi

Pompanın basmakta olduğu debi  $Q$  ve çarktan geçmekte olan debi de  $Q'$  olsun ( $Q' > Q$ ). Çark içinden geçmekte olan debi aynen basma borusuna geçmez. Bu iki debi arasındaki fark kaçak debisidir. Kaçak debi, pompa çarkı ile sabit kısımlar arasındaki aralıklardan geçerek, çark çıkışı ile girişi arasında devreden sıvı ve pompa salmastralarından sızan sıvıyı karakterize etmektedir.

Aynı zamanda  $N_f'$  pompa çarkı çıkışındaki gücü,  $N_f$  ise pompa çıkışındaki faydalı gücü karakterize etmektedir. Kaçak verim  $\eta_k$ 'yi şu şekilde tarif edebiliriz. Yani pompanın basmakta olduğu debinin, pompa çarkından geçmekte olan debiye oranı veya pompanın vermekte olduğu faydalı gücün, pompa çarkından çıkıştaki faydalı güce oranı olmaktadır.

$$\eta_k = \frac{Q}{Q'} \cdot \frac{N_f'}{N_f} \quad \dots(13)$$

#### c. Mekanik Verim

Pompa miline verilen enerji, yatak ve salmastralardaki mekanik sürtünmeler ile çarkın ön ve arka yüzeylerindeki sürtünme yüzünden aynen suya uygulanmaz. Mekanik verim, pompa çarkı tarafından sıvıya iletilen gücün, pompa miline uygulanan tahrik gücüne oranıdır.

$$\eta_m = \frac{N_h}{N_e} \quad \dots(14)$$

Bu tariflere göre toplam verim ( $\eta_g$ ), hidrolik, kaçak ve mekanik verimlerin çarpımına eşittir;

$$\eta_g = \eta_h \cdot \eta_k \cdot \eta_m = \frac{N_f'}{N_h} \cdot \frac{N_f}{N_f'} \cdot \frac{N_h}{N_e}$$

$$\eta_g = \frac{N_f}{N_e} \quad \dots(15)$$

Sonuç olarak toplam verimin, pompa çıkışındaki gücün pompayı tahrik eden tahrik gücüne oranı olduğunu göstermiş olduk.

#### 8.2.3.4. Özgül Hız

Santrifüj pompalar için kullanılmakta olan özgül hızın fiziki anlamı; 1 metre manometrik basma yüksekliğine saniyede 1 m<sup>3</sup> su basan pompanın max. verim sağlayabilmesi için dakikada dönmesi gereken devir sayısıdır. Geometrik bakımdan benzer pompaların özgül devir sayıları aynıdır. Metrik sistemde özgül hız;

$$n_s = 3,65 \cdot n \cdot \frac{\sqrt{Q}}{H_m^{3/4}} \quad [\text{dev/dak}] \quad \dots(16)$$

- $n$  : Pompanın devir sayısı [dev/dak]  
 $Q$  : Pompanın sn'deki debisi [m<sup>3</sup>/sn]  
 $H_m$  : Metre cinsinden manometrik basma yüksekliği [m]  
 $n_s$  : Özgül hız [dev/dak]

Özgül hız ifadesini incelendiğinde şu sonuçlar elde edilir.

Eşit manometrik basma yüksekliği ve eşit debi ile çalışan iki santrifüj pompadan özgül hızı büyük olan pompa daha yüksek devir adedi ile çalışır ve boyutları daha küçüktür.

Eşit debi ve devir sayısı ile çalışan iki pompadan özgül hızı büyük olan pompanın manometrik basma yüksekliği daha küçüktür

Eşit manometrik basma yüksekliği ve devir adedi ile çalışan iki pompadan özgül hızı büyük olan pompanın basacağı debi diğerinden daha fazladır.

Tam santrifüj pompaların özgül hızları 50 ile 200 dev/dak arasındadır. Özgül hız küçüldükçe pompa tam radyal tipe dönüşür ve çark çapı büyür, suyun geçiş kesiti daralır. Bu sebeple pompanın küçük özgül hızlı olması hem konstrüktif ve imalat zorlukları doğurur ve hem de genel verimin düşmesine neden olur. Çok zorunlu kalınmadıkça düşük verimli ve küçük özgül hızlı pompa imalatında kaçınılır ve özgül hızı artırma çareleri aranır.

Benzer şekilde, yüksek özgül hızlı pompaların, özellikle çarklarının dönük kanatlı imal edilme zorunluluğu ve konstrüktif güçlükler sebebiyle pahalı olmaları, çok zaman aynı işi görecektir ve daha ucuz olan pompa tipine kaymayı zorunlu kılar. Bu durumda da özgül hızı düşürme çareleri aranır. Tam santrifüj pompaların kademeli yapılmasına karar vermek için devir sayısı ve sınır özgül hız değerleri göz önüne alınır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Pompa devrine göre özgül hız alt limitleri.

Pompa Devir sayısı $n$ [dev/dak]	Sınır özgül hız $n_s$ [dev/dak]
1500	33
3000	80
4000	120

Hesaplanan özgül hız değeri verilen sınır özgül hız değerinden küçük çıkmışsa pompanın kademeli seçilmesi uygun olur.

Özgül hız yukarıda verilen tablodaki değerlerden düşük olursa verim anormal şekilde düşer. Bu nedenle pompayı çok kademeli seçme yoluna gidilir ve böylece tek bir kademeye düşen özgül hız değeri büyütülmüş olur. Tek kademeye düşen manometrik yükseklik, çok kademeli pompalarda 15-30 m metre arasında seçilir. Pompanın hareketini yüksek devirli bir tahrik elamanından alması durumunda bu değer 60 m'ye kadar yükseltilebilir.

Artırılan kademe sayısına göre yeni özgül hız;

$$n_s = n_{s1} \cdot i^{3/4} \quad \dots(17)$$

$i$  : kademe sayısı

eşitliği ile hesaplanır. Bulunan yeni özgül hız müsaade edilen sınırlar içinde değilse kademe sayısı artırılır ve kademe başına düşen özgül hız değeri yeniden hesaplanır. Bu işlem müsaade edilen sınırlar içerisindeki özgül hız değeri bulunana kadar tekrarlanır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Farklı manometrik yükseklikler için normal tesislerde tavsiye edilen max. özgül hız değerleri verilmiştir.

$H_m$	Max. Özgül Hız
10	240 [dev/dak]
20	120 [dev/dak]
30	100 [dev/dak]
60	80 [dev/dak]
100	50 [dev/dak]

Herhangi bir manometrik yükseklik değeri için özgül hız kavitasyon tehlikesi yüzünden sınırlanmıştır.

### 8.2.3.5. Pompa Mil Gücü

Pompanın bastığı sıvının, özgül ağırlığı  $\gamma$  [N/m<sup>3</sup>], basılan debi  $Q$  [m<sup>3</sup>/sn], manometrik yükseklik  $H_m$  [m] ve genel verim değeri  $\eta_g$ , pompa miline verilmesi gereken gücü bulmamız için yeterlidir.

$$N_e = \frac{\gamma \cdot H_m \cdot Q}{\eta_g \text{ (Boyutsuz)}} \quad [kW] \quad \dots(18)$$

$$N_e = \frac{N}{m^3} \cdot m \cdot \frac{m^3}{sn} = \frac{N \cdot m}{sn} = [watt] = 10^{-3} \cdot [kW]$$

eşitliğini kullanarak bulunur. Pompa mil gücü [BG] cinsinden istenirse;

$$[kW] \cong 1,3593 \cdot [BG]$$

eşitliğinden yararlanırız.

Pompanın bir çevirici makinaya bağlantısında genellikle elastik kavrama kullanılır. Kavramanın bağlantısında herhangi bir kasıntıya asla müsaade edilmemelidir. Özel ölçü aletleri ile kontrol edilerek, pompa ve çevirici makina millerinin aynı ekseninde olması muhakkak sağlanmalıdır. Aksi halde, mekanik verim, dolayısı ile genel verim düşer. Pompa hesaplanandan fazla güç çeker. Ayrıca hem çevirici makina ve hem de pompanın yatakları zorlanır. Aşırı ısınma ve zamansız aşınmalar ortaya çıkar .

### 8.2.3.6. Pompayı Tahrik Eden Motor Gücü

Pompayı çeviren makina genellikle elektrik motoru, benzin veya dizel motoru, buhar türbini veya su türbini olur.

En tehlikeli durum, Pompanın elektrik motoru ile tahrik edilmesi durumlarında görülür. Motor gücü uygun seçilmezse elektrik motoru yanabilir. Diğer tahrik edici makinalarda güç yeterli değilse, pompanın devir sayısı düşer. Bu durumda tahrik edici makina hasar görmemesine rağmen, istenilen basma yüksekliği ve debi sağlanamaz.

Motor gücü, pompanın hesaplanan mil gücü değerinin bir  $\alpha$  emniyet katsayısı (Çizelge 4) çarpımı ile bulunur.

$$N_{mot} = \alpha \cdot \frac{\gamma \cdot H_m \cdot Q}{1000 \cdot \eta_g} [KW] \quad \dots(19)$$

Çizelge 4. Pompa mil gücüne bağlı emniyet katsayıları.

$Ne < 5 BG$ için	$\alpha = 1,2 - 1,3$
$5 < Ne < 25 BG$ için	$\alpha = 1,1 - 1,2$
$Ne > 25 BG$ için	$\alpha = 1,05 - 1,1$

Emniyet katsayısı, mil gücünün büyüklüğüne bağlı olarak Çizelge 4'den seçilebilir.

### 8.2.3.7. Santrifüj Pompaların Kısımları

Bir santrifüj pompa aşağıdaki kısımlardan meydana gelmiştir. Şekil5'te örnek olarak tek girişli, tek kademeli bir santrifüj pompa ele alınmıştır.

*i-Çark:* Üzerinde kanatları olan ve pompa milinden aldığı mekanik enerjinin hidrolik enerjiye dönüşümünü gerçekleştiren parça.

*ii-Salyangoz:* Çarktan çıkan suyu toplayıp basma borusuna aktaran parça.

*iii-Difüzör:* Üzerindeki kanatları sayesinde suya yön verir. En önemli görevlerinden biri de çarktan çıkan suyun hızını azaltarak, suyun sahip olduğu kinetik enerjisinin bir kısmını basınç enerjisine dönüştürür.

*iv-Yıpranma halkası ve hidrolik conta:* Pompa gövdesi ile çark arasındaki kaçak kayıplarını azaltmak için kullanılır.

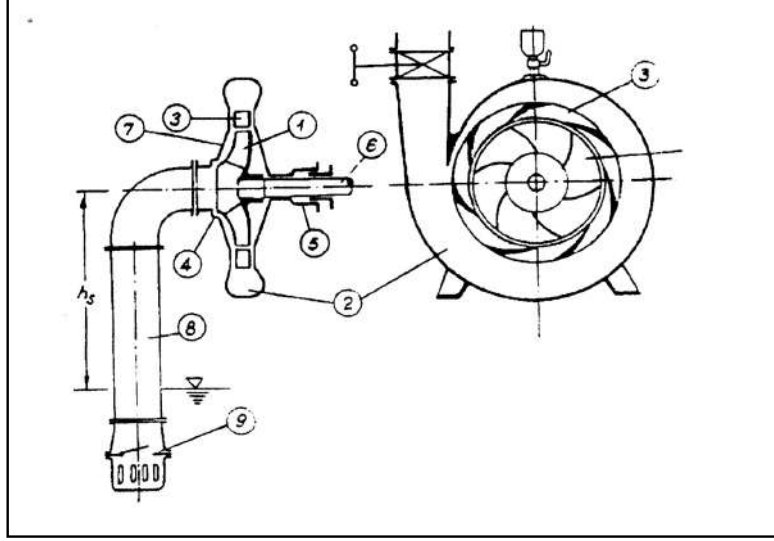
*v-Salmastra kutusu:* Mil ile gövde arasındaki su kaçaklarını önler.

*vi-Mil:* Tahrik elemanından aldığı mekanik enerjiyi pompa çarkına iletir.

*vii-Gövde:* Pompanın tüm parçalarını üzerine toplayan parça.

*viii-Emme borusu:* Suyun pompa içine alındığı kısım

*ix-Süzgeç ve klape:* Süzgeç, pompanın içerisine girmesi sakıncalı büyüklükteki parçaların girmesini önler. Klape ise pompanın çalışmadığı durumlarda suyun geri akışını önler.



Şekil 5. Santrifüj pompaların kısımları.

### 8.2.3.8. Santrifüj Pompalarda Kavitezyon

Kavitezyon kelimesi Latince olup (Cavus) boşluk anlamındadır.

Pompa içinde emme tarafında herhangi bir noktadaki su basıncının, doymuş buhar basıncından daha düşük basınç değerine inmesinden dolayı sudaki erimiş gazların ayrılması ve su buharı ile dolu küçük zerreciklerin oluşmasıyla başlar. Bu zerrecikler, içinde bulunduğu su ile birlikte sürüklenerek basıncın buharlaşma basıncından daha yüksek olduğu bir ortama kadar ilerler ve orada yoğunlaşır. Bu yoğunlaşma hızı çok yüksek olup saniyenin binde 2-3'ü kadardır. Bu ani yoğunlaşma sonucu yoğunlaşma noktasındaki basınç 300 atmosfer basınca kadar yükselir ve saniyede 25000 (max.) frekans seviyesine kadar tekrarlanır. Oluşan bu basınç dalgaları temas halinde oldukları pompa yüzeylerini basınç bombardımanına maruz bırakır. Bu tesirler altında cidarlardaki malzeme içinde titreşim başlar. Titreşim malzemenin iç bünyesinde deformasyona ve kavitezyon tahribatı denilen malzemenin sünger şeklini alarak çürümesine yol açar.

Malzemede meydana gelen kavitezyon tahribatı, erozyon ve korozyon tahribatı ile karıştırılmamalıdır. Korozyon; sadece kimyasal bir etkinin sonucudur, erozyon ise suyun birlikte sürüklediği katı cisimlerin (kum gibi) cidarlara sürtünmesi sonucu veya bazı noktalarda su hızının çok yüksek değerlere çıkması ile meydana gelen aşınma olayıdır.

Kavitezyon tahribatına genellikle, fan kanatlarında, fan profilinde ve özellikle pompa girişinde rastlanır. Pompanın normal kapasitesi üzerinde çalışmasının sonucu olarak, fan kanatlarının sırt taraflarında, fan çıkışında ve salyangoz kanatlarında da görülmektedir.

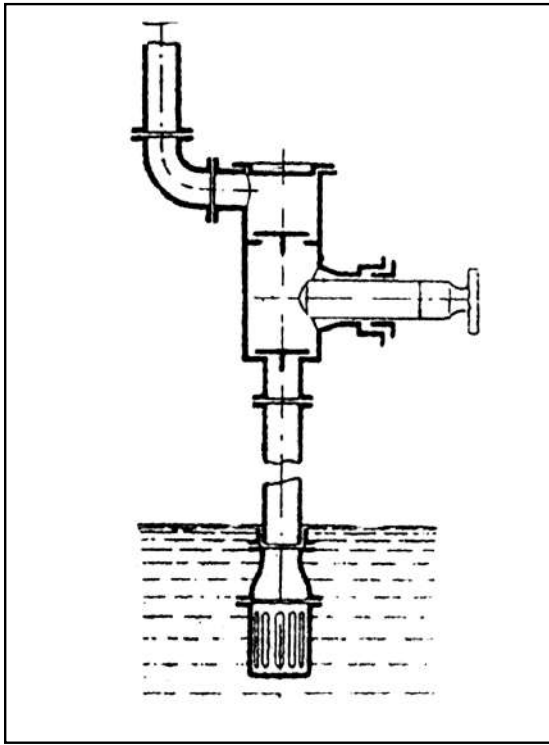
Pompa çalışırken içerisinde çakıl taşı çarpmalarını andıran sesler ve titreşimler meydana gelmesi.

Manometrik basma yüksekliği ile debi (H-Q) eğrisinin ani olarak düşmesi, pompanın kavitasyonlu çalıştığının belirtileridir.

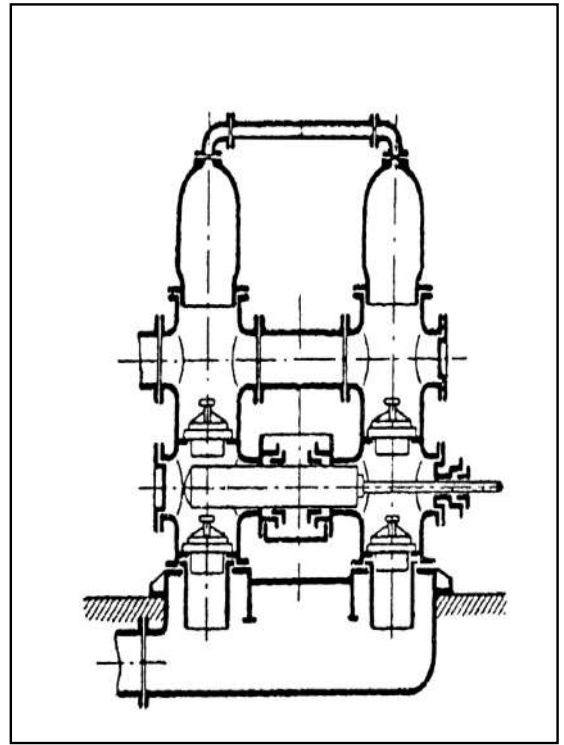
#### 8.2.4. Pistonlu Pompalar

Pistonlu pompalarda, suyun taşınması bir silindir içerisinde ileri geri giden bir pistonun yardımı ile yapıldığından su ancak kesik kesik taşınabilir. Bunun için emme ve basma donanımlarını açıp kapayan klapeleri vardır. Suyun borularda yapacağı kesik hareketin önüne geçmek için, su tesis borularına verilmeden önce bir basma hava kazanına (Hidrofordaki gibi) verilir. Buradaki basınç farklılığı çok düşük olduğundan yaklaşık olarak aynı basınçta borulara verilir.

Pistonlu pompalar tek veya çift tesirli olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 6 ve 7).



Şekil 6. Tek tesirli pistonlu pompa.



Şekil 7. Çift tesirli pistonlu pompa.

##### 8.2.4.1. Pistonlu ve Santrifüj Pompaların Karşılaştırılması

Pistonlu pompaların verimleri daha yüksektir (%84-90). Bu yüzden yaklaşık olarak tahrik güçleri hesaplandığında pistonlu pompalar daha az enerjiye ihtiyaç göstereceklerdir.

Bir pistonlu pompa tesisinin tahrik gücü;

$$N = 0,2 \cdot \dot{Q} \cdot H \quad [kW]$$

Santrifüj pompa tahrik gücünü ise;

$$N = 0,25 \cdot Q \cdot H \quad [kW]$$

Olarak kabaca hesap etmek mümkündür.

Ancak maden ocaklarında pompalar günün belirli saatlerinde çalışırlar ve bundan dolayı verimlerinin düşük oluşu (sarf edilecek enerji bakımından) önemli değildir. Buna karşılık pistonlu pompaların ilk yatırım maliyeti yüksektir. Pistonlu pompaların yapıları da büyüktür ve büyük pompa daireleri gerektirir.

Pistonlu pompaların çalışma emniyetleri daha yüksek arızaları daha azdır. Bu da bakım masraflarının daha az olması demektir. Daha az yağlamaya ihtiyaç gösterirler.

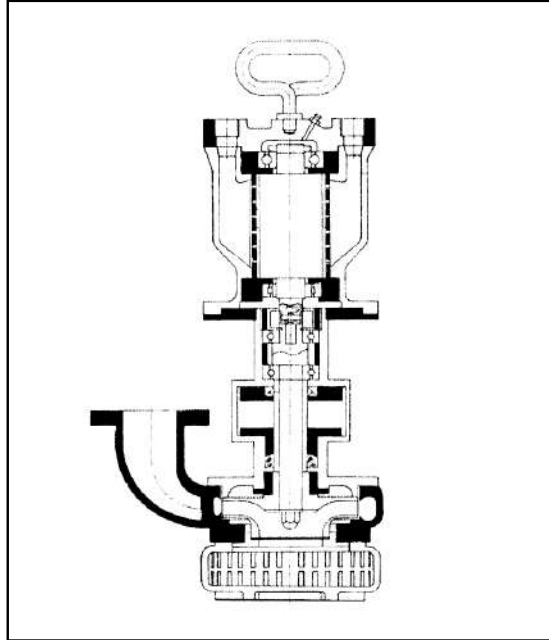
Santrifüj pompaların diğer bir avantajları da sevk ettikleri su miktarları bir vana ayarlanabilmesidir, bu imkan pistonlu pompada yoktur. Bütün bu avantajlardan dolayı santrifüj pompaların madenlerde kullanılmasının önemli yeri vardır.

#### 8.2.5. Nargile Tulumbalar (Dalgıç Pompa)

Nargile pompalar su içinde çalıştıkları için dalma veya dalgıç pompa diye de adlandırılır.

Nargile pompalar, hava motoruyla tahrik edilirler. Hava motoru eksantrik bir silindir, gömlek ve kanatlı rotordan oluşmaktadır (Şekil 8).

Pompayı tahrik eden rotor üzerindeki kanallara yerleştirilmiş NEOTEX kanatlar, silindir çeperine doğru savrulmak suretiyle açılırlar ve içeriye giren basınçlı havanın kanat yüzeyine tesiriyle çalışır.



Şekil 8. Nargile pompa.

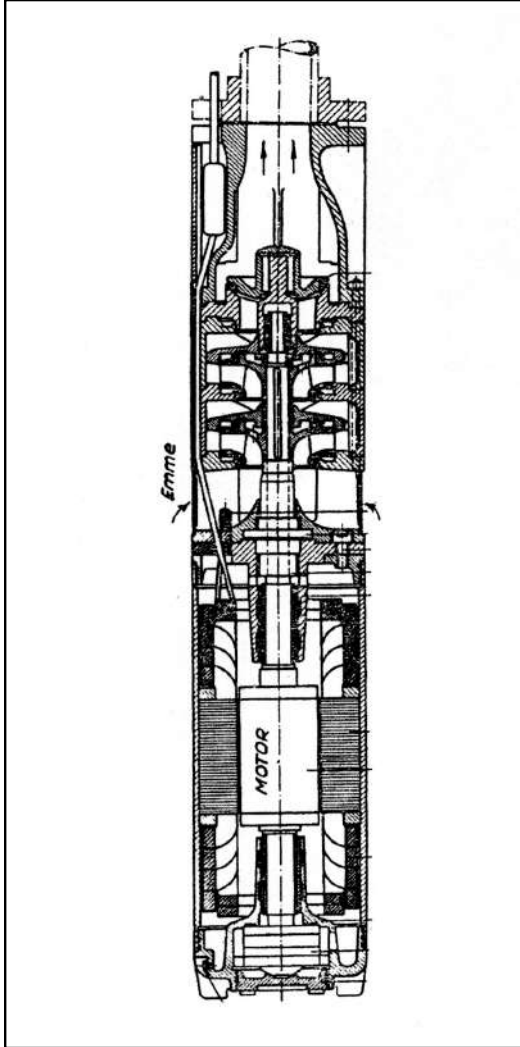


### 8.2.6. Dalgıç Pompalar

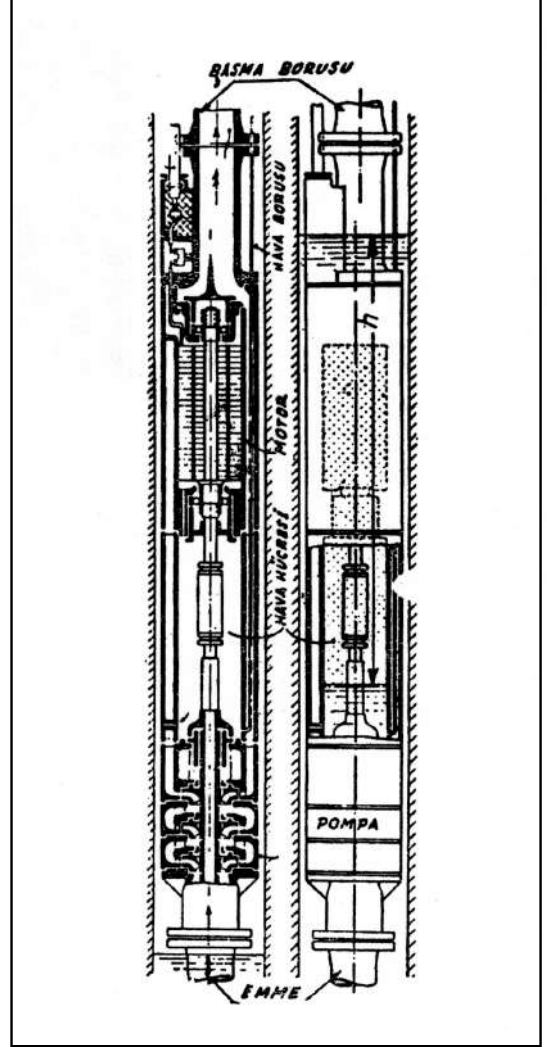
Dalgıç pompalarda motor ile tulumba blok haldedir. Pompa ile motor her ikisi birden kısmen yada tamamen suya gömülü olarak çalışır. Kuyu dışına elektrik kablosu ve basma borusu çıkarılır. Basma borusu aynı zamanda pompayı taşımaya yarar

Dalgıç pompalarda iki tip vardır.

1. *Yaş tip*; Motor alt kısımdadır ve tamamen su içinde çalışır. Emiş motor ile pompa arasındaki çevrelenmiş bir hücreden yapılır. Daha çok rastlanan tip bu tiptir (Şekil 9).
2. *Kuru tip*; Pompa alt kısımda motor üst kısımdadır. Alttan emilen su pompayı geçtikten sonra motorun etrafında bulunan su sızdırmaz ortamdan geçerek basma borusuna gider. Motor ile tulumba arasında bir hava hücresi vardır. Rotor hava ortamında döner (Şekil 10).



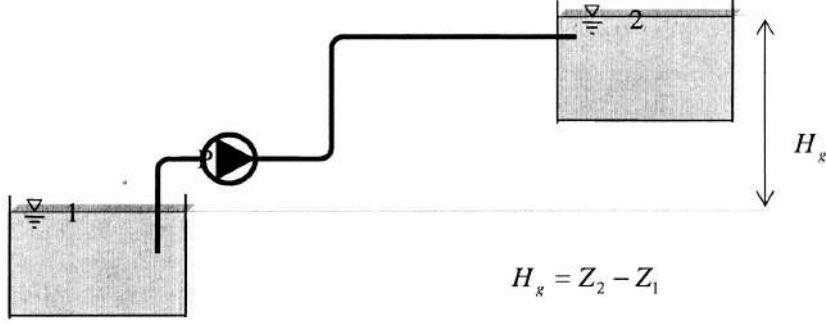
Şekil 9. Yaş tip dalgıç pompa.



Şekil 10. Kuru tip dalgıç pompa.

### 8.3. BORULAR

Şekil 11'de görüldüğü gibi bir tesisimiz olsun ve bu tesisin 1 ile 2 noktaları arası için Bernoulli eşitliğini yazalım. 1 noktasını kıyas düzlemi olarak kabul edersek;



Şekil 11. Örnek tesisat.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + h_L = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_K$$

$Z_1$  : Basılması istenilen sıvı yüzeyinin kıyas düzleminde olan düşey mesafesi. (*Kıyas düzlemi olarak eğer bu sıvı yüzeyini kabul edersek  $Z_1 = 0$  dir*)

$\gamma$  : Basılacak sıvının özgül ağırlığı [ $N/m^3$ ]

$P_1$  : 1 noktasındaki mutlak basınç (*kıyas düzleminde değeri 0 dir.*)

$V_1$  : 1 noktasındaki sıvının azalma hızı.

$h_L$  : Pompanın [*metre*] cinsinden sıvıya vermesi gereken basınç yükü

$Z_2$  : 2 noktasından kıyas düzlemine olan düşey mesafe.

$V_2$  : 2 noktasındaki sıvının artış hızı.

$P_2$  : 2 noktasındaki mutlak basınç.

$\sum h_K$  : Toplam düz ve yerel boru kayıpları.

1 ve 2 noktaları atmosfere açık olduğundan  $P_1$  ve  $P_2$  mutlak basınçları 0 dir. Aynı zamanda 1 ve 2 noktalarında, işlem kolaylığı ve pratik olması bakımından (V hızları birbirine eşit veya  $\infty$  küçük) 0 olacak şekilde seçeriz. Bu kabullerden sonra denkleminizi tekrar düzenlediğimizde;

$$h_L = (Z_2 - Z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + \sum h_K$$

$$h_L = H_m = H_g + \sum h_K \quad \dots(20)$$

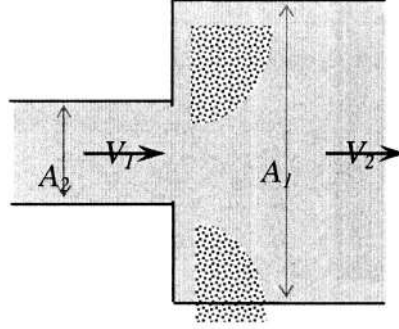
$h_L$  : Pompanın manometrik basma yüksekliğini verir. ( $H_m = h_L$ )

Mevcut bir tesisin pompa seçiminin yapılabilmesi için, pompanın basması gereken  $Q$  debisi,  $H_g$  yüksekliği ve tesisin kayıplarının da bilinmesi gerekmektedir.

### 8.3.1. Toplam Boru Kayıpları (Yerel + Düz Boru)

#### 8.3.1.1. Yerel (Lokal) Kayıplar

##### a. Ani Genişleme Kaybı (Şekil 12)



Şekil 12. Ani genişleme kaybı.

Ortalama hız  $V_1$  değerinden  $V_2$  değerine ani geçişle düşürülürse birim ağırlıktaki sıvı için yerel kayıp;

$$\xi = K \cdot \frac{V_2^2}{2g} \quad \dots(21)$$

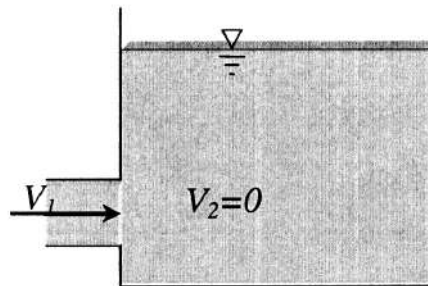
dir. Burada  $K$  yerel kayıp katsayısı olup;

$$K = \left( \frac{1}{m} - 1 \right)^2 \quad m = \frac{V_2}{V_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad \dots(22)$$

$A \rightarrow$  Boru kesiti şeklinde verilmiştir.

##### b. Hazne Girişi (Şekil 13)

İçindeki akışkanın ortalama hızı  $V_1$  olan bir boru yeter derecede geniş bir hazneye bağlanırsa, hazne içerisindeki su hızının boru içindeki su hızına göre ihmal edilebilecek derecede küçük olmasından dolayı, meydana gelen kaybın çok büyük yaklaşımına;

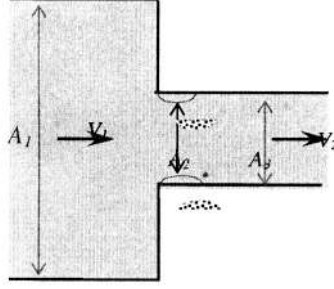


Şekil 13. Hazne giriş kaybı.

$$\xi = K \cdot \frac{V_2^2}{2g} \quad \dots(23)$$

şeklindeki ifadesi doğrudur.

**c. Ani Daralma Kaybı** (Şekil 14)



Şekil 14. Ani daralma kaybı.

$A_1$  kesitli boru ani geçiş ile  $A_2$  kesitli boruya bağlanmış ise buradaki kayıp;

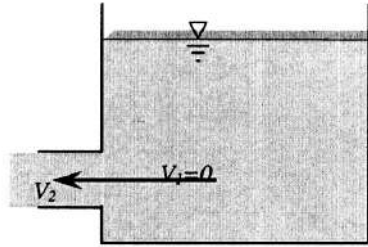
$$\xi = \left( \frac{1}{\beta} - 1 \right) \cdot \frac{V_2^2}{2g} \quad \dots(24)$$

şeklinde verilmiştir. Bu denklemdeki  $\beta$  katsayısı  $A_2/A_1$  olup, Çizelge 5 dairesel kesitli borularda Weisbach'a göre, boru kesit alanlarının oranı cinsinden  $\beta$  değerlerini vermektedir.

Çizelge 5.  $\beta$  değerleri.

$A_2/A_1$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\beta$	0,61	0,62	0,63	0,65	0,68	0,71	0,75	0,81	0,88

**d. Hazne Çıkış Kaybı** (Şekil 15)



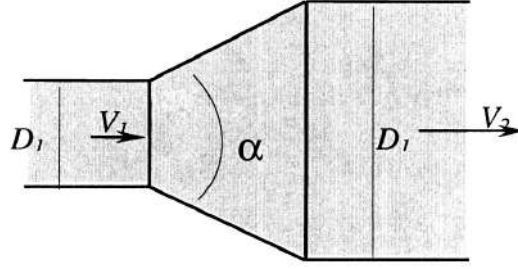
Şekil 15. Hazne çıkış kaybı.

Yeter derecede geniş bir hazneden bir boruya ani çıkış halinde, ortalama bir hesaplama;

$$\xi = 0,5 \cdot \frac{V_2^2}{2g} \quad \dots(25)$$

alınabilir.  $V$  boru içerisindeki ortalama hızdır.

**e. Yavaş Genişleme (İraksak Boru) (Şekil 16)**



Şekil 16. Yavaş genişleme iraksak boru.

$D_1$  çaplı boru ile  $D_2$  çaplı boru arasında tepe açısı  $\alpha$  olan bir konik boru yerleştirildiğinde kayıp;

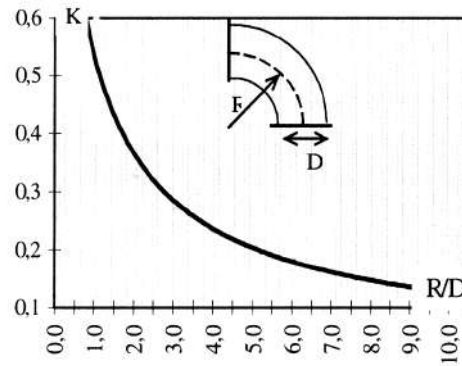
$$\xi = K \cdot \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \quad \dots(26)$$

şeklindedir. Eşitlikteki  $K$  değeri Çizelge 6'dan elde edilir.

Çizelge 6. İki çap oranı için  $K$  katsayısı değerleri.

$\alpha$	$7^\circ$	$10^\circ$	$20^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$120^\circ$	$180^\circ$
$D_2/D_1 = 3$	0,15	0,17	0,40	0,86	1,02	1,06	1,04	1,00
$D_2/D_1 = 2$	0,15	0,17	0,40	1,06	1,21	1,14	1,07	1,00

**f. Dirsek Kayıpları (Şekil 17)**



Şekil 17. Dirsek kayıpları için  $K$  değerleri.

90° lik köşeli dirsekler için  $K=1.3$  alınabilir.

Tesisat işlerinde kullanılan dirsekler için K değerleri Şekil 17'deki grafikte verilmiştir.

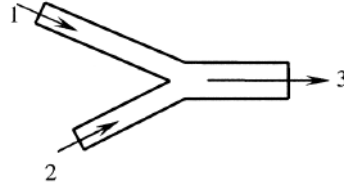
$$\xi = K \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \dots(27)$$

### g. Birleşme ve Ayrılma Parçaları

Birleşme Y parçalarındaki kayıp katsayısı;

$$\xi_L = \frac{H_1 \cdot Q_1 + H_2 \cdot Q_2}{Q_3} - H_3$$

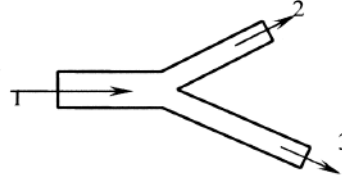
denklemleri oluşturularak hesaplanır.



Ayrılma Y parçalarında ise;

$$\xi_L = H_1 - \frac{H_2 \cdot Q_2 + H_3 \cdot Q_3}{Q_1}$$

denklemleri oluşturulur.



Bu denklemlere göre toplam yük kayıp katsayısı  $K_L$  tanımlanacak olursa;

$$\xi_L = K_L \cdot \frac{V_1^2}{2g}$$

Ayrıca (1) den (2)'ye geçişte  $K_{12}$  ve (1) den (3)'e geçişte  $K_{13}$  katsayıları tanımlanabilir.

$$\xi_{12} = K_{12} \cdot \frac{V_1^2}{2g} = H_1 - H_2$$

$$\xi_{13} = K_{13} \cdot \frac{V_1^2}{2g} = H_1 - H_3$$

Bu kayıp katsayıları arasında;

$$K_L = K_{12} \cdot \frac{Q_2}{Q_1} + K_{13} \cdot \frac{Q_3}{Q_1} \quad \dots(28)$$

bağıntısı vardır.

### ***h. Vana Kayıpları***

Sürgülü vanalar için Çizelge 7'nin a sütunu, Kelebek vanalar için ise çizelgenin b sütunu kullanılacaktır. Ayrıca santrifüj pompalarda kullanılan süzgeçli dip klapelerinde  $K=4-8$  alınması tavsiye edilir.

Çizelge 7.  $\varnothing^\circ$  Açısı Kelebek vananın kelebeğinin açısı olup  $0^\circ$  kelebeğin akış eksenine tam paralel konumudur. Açının  $0^\circ$ 'dan farklı olması kelebeğin akışa karşı oluşturduğu kapanma açısıdır.

<b>a) Sürgülü Vana</b>		<b>b) Kelebek Vana</b>	
$X/D$	$K$	$\varnothing^\circ$	$K$
0	0,12	0	0,4
0,1	0,16	10	0,7
0,2	0,22	20	1,5
0,3	0,4	30	4
0,4	0,8	40	12
0,5	2	50	40
0,6	5,5	60	140
0,7	15	70	400

### ***i. Dip klapesi ve Süzgeci***

Çeşitli tesisat elemanları tiplerine, konstrüksiyonlarına ve imalattaki itinaya bağlı olarak çok değişik kayıp katsayıları gösterir. Genellikle tüm bu yersel kayıp elemanlarının kayıp için tavsiye edilen değerler bir el kitabından diğerine göre farklılık göstermektedir. Dip klapesi ve süzgecin her ikisi bir arada bizim tavsiyemiz

$K=3 \dots 15$  arasında bir değer olacaktır.

### **8.3.1.2. Düz Boru Kayıpları**

Boru içerisinde belirli bir hızla akmakta olan akışkanın boru cidarına sürtünmesinden dolayı enerji kaybına uğraması, yani toplam yükünün bir kısmını kaybetmesi, borularda yük kaybı problemini ortaya çıkarır.

1883 yılında İngiliz fizik mühendisi OSBORNE REYNOLDS borulardaki yük kaybını yaptığı deneylerle kanunlaştırdı.

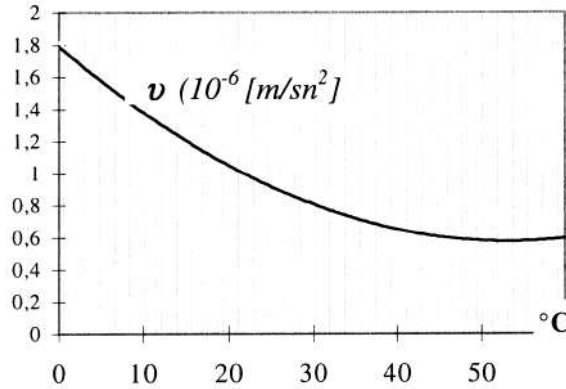
Reynolds, bir cam boru içerisinden geçen su akımına renkli akışkan enjekte etti ve iki ayrı rejimde akış olabileceğini ispatladı. Alçak hızlarda, renkli akışkanın çıktığı noktadan geçen suyun oldukça net, düzgün olduğunu ve akım çizgilerinin muntazam olduğunu görerek bu tip akıma LAMİNER akım adını verdi.

Yüksek hızlarda ise, renkli akışkanın suya karışarak türbülans girdapları meydana getirdiğini gördü ve bu tip akıma TÜRBÜLANSLI akım adını verdi.

Sonuç olarak, bir borudaki akımın türbülanslı olup olmadığını, boru içinden geçen akışkanın yoğunluğuna, boru çapına ortalama hızına ve viskozitesine bağlı olarak Reynolds sayısı ile ifade etti.

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad \dots(29)$$

- $\nu$  : Ortalama hız [m/sn]  
 $D$  : Boru çapı [m]  
 $\mu$  : Dinamik viskozite [kg/(m·sn)]  
 $\rho$  : Yoğunluk [kg/m<sup>3</sup>]  
 $\nu$  : Kinematik viskozite [m<sup>2</sup>/sn] (Şekil 18)  
 $Re$  : Reynolds sayısı [boyutsuz]



Şekil 18. Su için sıcaklığa bağlı olarak Kinematik viskozite değerleri.

$$ortalama\ hız = \frac{Debi}{Boru\ kesitalanı} \Rightarrow v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad \dots(30)$$

Reynolds, Reynolds Sayısının  $Re < 2320$  değerinde laminar akım,  $Re > 2320$  değerinde ise türbülanslı akım sonucunu elde etmiştir.



Darcy-Weisbah laboratuvar şartlarında,  $D$  çapında ve  $L$  boyunda dairesel kesitli bir boru içindeki,  $v$  ortalama hızından dolayı meydana gelen kayıp için, aşağıdaki denklemi elde etmişlerdir..

$$\xi_{DB} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \dots(31)$$

$f \rightarrow$  Sürtünme katsayısı

Akım türbülanslı ise sürtünme katsayısı; ( $Re < 2320$ )

$$f = \left[ \frac{1}{1,14 - 2 \cdot \log \left( \frac{e}{D} + \frac{21,25}{Re^{0,9}} \right)} \right]^2 \quad \dots(32)$$

olarak tanımlanmıştır

$e$ : Ortalama boru pürüz yüksekliği olup Çizelge 8'de değerleri verilmiştir.

Çizelge 8. Ortalama boru pürüz yüksekliği.

Boru Cinsi	Ortalama pürüz yüksekliği [mm]
Dökme demir (Kaplamaşız)	0,24
Dökme demir (Asfalt kaplamalı)	0,12
Dökme demir (Çimento kaplamalı)	0,0024
Dökme demir (Bitüm kaplamalı)	0,0024
Dökme demir (Santrifüj Döküm)	0,003
Galvanizli Çelik	0,15
Kaynaklı Çelik	0,061

Akım Laminer ise; ( $Re < 2320$ )

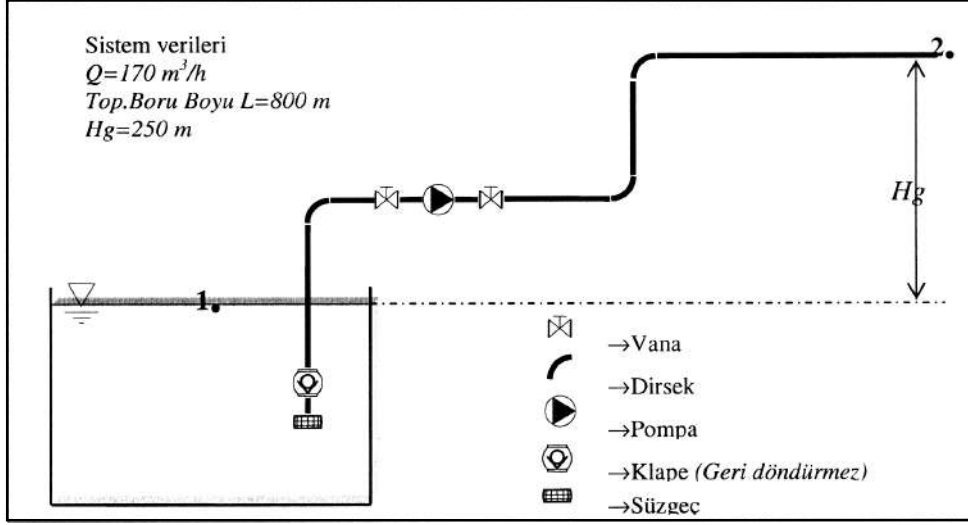
$$f = \frac{64}{Re} \quad \dots(33)$$

#### 8.4. SU ATIMI (POMPA HESABI)

Seçimi yapılan pompanın, şebekedeki tüm kayıplara rağmen, en ekonomik yatırım ve işletme maliyetleri ile çalışması istenir.

Seçimi yapacak kişinin, şebeke debisi ( $Q$ ), toplam dik kot farkı ( $Hg$ ) ve toplam boru boyunu ( $L$ ) bilmesi gerekir.

Bu kriterleri göz önünde bulundurarak, hayali bir şebeke için boru çapı ve pompa seçimi yapmaya çalışalım. Hayali sistemimizin verileri Şekil 19'daki gibi olsun.



Şekil 19. Su atımı hayali sistemi.

$170 \text{ m}^3/\text{saat}$  suyun,  $250 \text{ m}$  dik kot farkı olan ve  $800 \text{ metre}$  hesaplanan boru şebekesi ile tahliyesine ihtiyacımız olsun. Bizden bu şebeke için pompa, boru çapları ve motor seçimi istensin.

Problemimizi çözmeye, pompanın manometrik basma yüksekliği  $H_m$  değerini hesaplayarak başlamalıyız. (Eşitlik 20)

$$h_L = H_m = H_g + \sum h_K$$

$H_g$  değeri belli ve bu değeri sistemimizde ölçerek buluyoruz. Bizim  $\sum h_K$  Toplam kayıpları bulmamız gerekiyor. Toplam kayıplarımız yersel ve düz boru kayıplarının toplamı olup;

$$\sum h_K = \sum h_{K(\text{YERSEL})} + \sum h_{K(\text{DÜZ BORU})}$$

eşitliği ile buluruz. İlk olarak düz boru kayıplarını inceleyelim.

Eşitlik (31)'i pompanın emme ve basma tarafındaki düz boru kayıpları için düzenlersek;

$$\sum h_{K(\text{DÜZ BORU})} = f_e \cdot \frac{L_e}{D_e} \cdot \frac{V_e^2}{2g} + f_b \cdot \frac{L_b}{D_b} \cdot \frac{V_b^2}{2g} \quad \dots(34)$$

eşitliğini elde ederiz.

Boru çapını dolayısıyla akışkanın hızını seçmemiz gerekiyor. Çünkü yersel ve düz boru kayıpları  $\sum h_{K(\text{DÜZ BORU})} = F(f, V)$  akışkanın hızının ve akışkanın geçtiği ortamda maruz kaldığı dirençlerin bir fonksiyonudur.

Öncelikle emme borusundaki çapı seçelim. Emme borusu çapının seçiminde emme borusundaki akışkanın hızı önemli bir kriterdir (Çizelge 9). Bu hız değerini sınırlayan en önemli faktör kaviteasyondur.

Çizelge 9. Emme ve basma boruları için tavsiye edilen su hızları.

Emme Borusu	$V_e = 0,5 \dots 2$	$m/sn$
Basma Borusu	$V_b = 1,5 \dots 4$	$m/sn$

Hızların büyük değerleri, basınç düşmelerine ve dolayısıyla kaviteasyona sebep olacağından emme borusunun çapının büyük seçilmesi uygun olur. Emme borusu, basma borusuna göre genellikle belirli boyda ve kısıdır. Bu sebeple, emme borusunun maliyeti yönünden çapın büyük seçilmesi çok büyük rol oynamaz. Buna rağmen işletme kolaylığı sağlanmış olur.

Madenlerde basılacak su şlam ve çamurlu ise, yoğun ve aşındırıcı olduğundan, emme borusu su hızı max.1 m/sn , basma borusu su hızı da 1,5 m/sn yi geçmemesi tavsiye edilir.

Emme borusundan geçen akışkanın debisi;

$$Q = A \cdot V \quad \dots(35)$$

- A : (Boru kesit alanı)  
V : (Borudan geçen akışkanın hızı) [m/sn]

Çizelge 9'dan emme borusu su hızını  $V_e = 1,7$  m/sn olarak seçelim

$$Q = A \cdot V \quad \Rightarrow \quad Q = \frac{\pi \cdot D_e^2}{4} \cdot V_e$$

- $D_e$  : Emme Borusu çapı  
 $V_e$  : Emme Borusundaki akışkan hızı

eşitliğinden  $D_e$  yi çekersek

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_e}} \quad D_e = \left[ \sqrt{\frac{m^3 / sn}{m / sn}} \right] = [m] \quad \dots(36)$$

elde edilir ve  $V_e$  için  $Q$ -n diyagramından okuduğumuz değeri yerine koyarak

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \cdot (170/3600)}{\pi \cdot 1,7}} = 0,188 \quad [m]$$

olarak bulunur.

Emme borusunun çapı standart boru çapı değerlerinin arasında bir değer çıktığından bir üst boru çapı değerine yükseltmeyi tercih ettik.

Boru çapı standartlarından  $D_e=0,200$  m seçildi. Gerçek  $V_e$  değeri seçilen boru çapı  $D_e$  (8.35) denkleminde yerine konarak su hızı;

$$V_e = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_e^2}$$

$$V_e = 1,5 \quad [m/sn] \text{ olarak bulunur.}$$

Emme tarafındaki düz boru kayıplarını bulmak için  $f$  sürtünme katsayısını bilmemiz gerekiyor.  $f$  Sürtünme katsayısı için, (32) eşitliği incelendiğinde,  $R_e$  (Reynold) sayısı gerekli.

Reynold sayısını bulmak için (29) eşitliği kullanacağız ama, önce  $\nu$  (kinematik viskozite) değerini suyun işletme anında olası en düşük sıcaklığı için Şekil 19'dan seçmemiz gerekiyor.

Bizim hayali işletmemiz için en düşük su sıcaklığı  $10^\circ\text{C}$  olsun. Kinematik viskozite değeri Şekil 19'dan  $10^\circ\text{C}$  için  $\nu = 1,36 \cdot 10^{-6}$  olarak okuruz ve (29) eşitliğinde, okuduğumuz kinematik viskozite değerini,  $V_e$  hızını ve  $D_e$  çapını yerine koyduğumuzda  $R_e$  değerini;

$$R_e = \frac{V_e \cdot D_e}{\nu} = 221048,53$$

olarak buluruz.

$Re > 2320$  olduğundan akış türbülanslıdır.  $f$  Sürtünme katsayısı için türbülanslı akımlar için (32) eşitliğini kullanacağız. Bu eşitlikte bize gerekli olan boru pürüzlülük değeri  $e$  yi Çizelge 7'den kaynaklı çelik borular için  $0,061$  mm olarak seçtik. Tüm verileri eşitlik (32) de yerine koyarsak  $f$  sürtünme katsayısı için;

$$f = \left[ \frac{1}{1,14 - 2 \cdot \log \left( \frac{e}{D} + \frac{21,25}{Re \cdot 0,9} \right)} \right]^2$$

$$f = 0,017610$$

değerini buluruz. (Eşitlikteki verilerin birimlerine dikkat edilmeli).

Emme borusu boyunu  $L_e=10$  m olarak kabul edersek emme tarafındaki toplam düz boru kayıplarını eşitlik (34) ü kullanarak;

$$\sum h_{K(EMME \text{ BORUSU})} = f_e \cdot \frac{L_e}{D_e} \cdot \frac{V_e^2}{2g}$$

$$\sum h_{K(EMME \text{ BORUSU})} = 0,01761 \cdot \frac{10}{0,2} \cdot \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} = 0,10 \quad [mss]$$

Emme tarafında düz boru kayıplarından başka, 1 adet vana, 1 adet dirsek, 1 adet Dip klapesi ve süzgeç kayıpları var. Lokal kayıpları bulmak için kullanacağımız genel eşitlik;

$$\xi = K \cdot \frac{V^2}{2g}$$

dir. Denklemdaki, genel olarak herhangi bir lokal kaybı ifade eden semboldü. Sistemimizdeki lokal kayıpları tam olarak ifade edebilmek için denklemini,

$$h_{K(ELEMAN)} = K_{ELEMAN} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

biçiminde kullanacağız.

Emme tarafındaki kayıp katsayıları belirleyip kayıpları;

$$V_e = 1,5 \text{ m/sn}$$

$$K_{DIRSEK} = 0,3 \quad (R/D \text{ oranı } 2 \text{ kabul edildi ve Şekil 17 deki grafikten } 0,35 \text{ olarak okundu})$$

$$K_{VANA} = 0,12 \quad (Vananın işletme anında tam açık olduğu kabulü ile Çizelge 7 den alındı.)$$

$$K_{SüzKlepe} = 5 \quad (Klepe ve süzgecin temiz ve tam açık konumu için kabul ettiğimiz değeri. 3 ... 15 arasında bir değer seçebilirdik)$$

$$h_{K(DIRSEK)} = 0,3 \cdot \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0344$$

$$h_{K(VANA)} = 0,12 \cdot \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0138$$

$$h_{K(SüzKlepe)} = 5 \cdot \frac{1,5^2}{2 \cdot 9,81} = 0,5734$$

buluruz. Emme tarafı toplam lokal kayıp toplamı;

$$\sum h_{K(YERSEL)} = h_{K(DIRSEK)} + h_{K(VANA)} + h_{K(SüzKlepe)} = 0,6216 \text{ [mss]}$$

Emme tarafındaki toplam kaybımız ise;

$$\sum h_K = \sum h_{K(YERSEL)} + \sum h_{K(DÜZ BORU)} = 0,6216 + 0,1 = 0,7216 \text{ [mss]}$$

olarak buluruz.

Basma borusunun hesabı için ise başlangıç değeri için  $V_b = 3$  m/sn olarak seçelim.

Seçilen bu hız değeri için;

$D_b$  çapını eşitlik (36) ile,

$$D_b = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_b}} = 0,141 \quad [m]$$

olarak buluruz. Standart boru çapını katalogdan,  $D_b = 0,150$  [m] olarak seçeriz

Seçimi yapılan boru çapı için yeni hız değeri,

$$V_b = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_b^2} = 2,67 \quad [m/sn]$$

olarak bulunur. Bu aşamadan sonra sırasıyla  $R_e$ ,  $f$  ve  $H_{Kb(DB)}$  değerlerini;

$$R_e = \frac{V_b \cdot D_b}{\nu} = 294731,38$$

$$f = \left[ \frac{1}{1,14 - 2 \cdot \log \left( \frac{e}{D} + \frac{21,25}{R_e^{0,9}} \right)} \right]^2 = 0,017778$$

$L_b$  basma burusu boyu 800 m için;

$$\sum h_{K(BASMA BORUSU)} = f_b \cdot \frac{L_b}{D_b} \cdot \frac{V_b^2}{2g} = 34,51 \quad [mss]$$

olarak buluruz. Basma tarafı yersel kayıp elemanları olarak 1 adet vana ve 2 adet dirseğimiz var. Emme tarafı için seçtiğimiz  $K$  değerleri Basma tarafında da geçerli olmak üzere yersel kayıplar;

$$h_{K(DIRSEK)} = \text{DirsekSayısı} \cdot K_{DIRSEK} \cdot \frac{V_{BASMA}^2}{2g} = 2 \cdot 0,3 \cdot \frac{2,67^2}{2 \cdot 9,81} = 0,2180$$

$$h_{K(VANA)} = 0,12 \cdot \frac{2,67^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0436$$

buluruz. Basma tarafı toplam yersel kayıp;

$$\sum h_K = 0,2616 + 34,51 = 34,7716 \text{ [mss]}$$

Basma tarafındaki toplam kaybımız ise;

$$\sum h_K = 0,2616 + 34,51 = 34,7716 \text{ [mss]}$$

olarak buluruz.

Şebekenin toplam kaybı ise, emme ve basma tarafındaki kayıpların toplamıdır.

$$\sum h_{K(\text{ŞEBEKE})} = \sum h_{K(\text{EMME})} + \sum h_{K(\text{BASMA})}$$

$$\sum h_{K(\text{ŞEBEKE})} = 0,7216 + 34,7716 = 35,49 \text{ [mss]}$$

olarak buluruz. Artık pompamızın  $H_m$  değerini bulabiliriz. Seçeceğimiz pompanın  $H_m$  değerini Eşitlik [20] ile hesaplarız.

$$h_L = H_m = H_g + \sum h_K$$

$$H_m = 250 + 35,49 = 285,49 \text{ [mss]}$$

olarak buluruz.

Seçeceğimiz pompanın basma yüksekliği, şebekenin  $H_m$  değerini karşılamalıdır. Şebekemiz için gerekli olan pompa ve pompayı tahrik edecek olan motor gücünü sırasıyla eşitlikler [18] ve [19] ile buluruz.

$$N_e = \frac{\gamma_{su} \cdot H_m \cdot Q}{\eta_g \text{ (Boyutsuz)}}$$

$$N_e = \frac{N}{m^3} \cdot m \cdot \frac{m^3}{sn} = \frac{N \cdot m}{sn} = [\text{watt}] = 10^{-3} \cdot [KW]$$

$$\gamma_{su} = 9,81 [m/sn^2] \cdot 1000 [kg/m^3] = 9810 [N/m^3]$$

$$Q = 170/3600 [m^3/sn]$$

Pompa mil gücü;

(Verim Santrifüj pompalarda 0,70 - 0,85 aralığındadır. ZBizim seçtiğimiz pompa için ortalama değer

$$N_e = \frac{9810 \cdot 285,49 \cdot (170 / 3600)}{0,78}$$

$$N_e = 169555,4391 \text{ [Watt]} = 169,56 \text{ [kW]}$$

0,78 seçildi)

$$N_{mot} = \alpha \cdot \frac{\gamma \cdot H_m \cdot Q}{1000 \cdot \eta_g} \text{ [kW]}$$

$$N_{mot} = \alpha \cdot N_e \quad \text{Emniyet katsayısı } \alpha = 1,1 \text{ (Çizelge 4'ten)}$$

$$N_{mot} = 1,1 \cdot 169,56 = 186,52 \text{ [kW]}$$

Pompayı tahrik edecek olan motor gücü ise;

bulunur. Motor gücü standart çizelge değerlerinden 200 kW olarak seçilir.

Sonuç olarak, ilk yatırım maliyeti ile birlikte işletme giderlerinin çok iyi analizi yapılarak işletme için en karlı seçim yapılmalıdır.

Konu hakkında daha iyi fikir vermesi açısından, aynı pompa ve değişik boru çapları için motor gücü tekrar hesaplandı ve Çizelge 10 oluşturuldu.

Çizelge 10. Farklı boru çapları için kıyas tablosu

$D$ [mm]	$V$ [m/sn]	$Re$	$f$	$H_{KAYIP}$	$\Sigma H_{KAYIP}$	$N_e$ pompa kW	$N_m$ motor kW
50	24,05	884194,13	0,020989	9900,21	10008,97	6092,90	6702,19
65	14,23	680149,33	0,019888	2526,58	2569,16	1674,33	1841,76
80	9,39	552621,33	0,019157	861,74	878,38	670,16	737,17
100	6,01	442097,06	0,018517	272,95	279,45	314,45	345,89
125	3,85	353677,65	0,018040	87,13	90,08	201,98	222,17
150	2,67	294731,38	0,017778	34,51	35,50	169,56	186,51
200	1,50	221048,53	0,017610	8,11	8,48	153,52	168,87
250	0,96	176838,83	0,017687	2,67	2,84	150,16	165,18
300	0,67	147365,69	0,017881	1,08	1,17	149,17	164,09
350	0,49	126313,45	0,018130	0,51	0,56	148,81	163,69
400	0,38	110524,27	0,018406	0,26	0,29	148,65	163,51
500	0,24	88419,41	0,018982	0,09	0,10	148,54	163,39
600	0,17	73682,84	0,019550	0,04	0,04	148,50	163,35
700	0,12	63156,72	0,020094	0,02	0,02	148,49	163,34
800	0,09	55262,13	0,020610	0,01	0,01	148,48	163,33



Çizelgedeki veriler incelendiğinde, Boru çapı D nin 150 mm seçilmesi ile 200 mm seçilmesi arasında;

$$N_{m150} - N_{m200} = 186,52 - 168,87$$
$$N_{m\text{ FARK}} = 17,64 \text{ [ kW ]}$$

işletme esnasında saatte tüketilecek enerji farkı vardır. 1 [KW] elektrik enerjisinin 20 YKrş olduğu kabul edilirse;

$$1 \text{ saatte} = 3,53 \text{ YTL}$$
$$10 \text{ saatte} = 35,3 \text{ YTL}$$

günde 12 saat işletme şartlarında

$$1 \text{ ayda } 1270,8 \text{ YTL}$$
$$1 \text{ yılda } 15249,6 \text{ YTL}$$

enerji tasarrufu sağlanabilecektir. Buna karşılık ta ilk yatırım olarak 800 m  $\phi = 150$  lik boru yerine,  $\phi = 200$  lük boru farkını ödememiz gerekecektir.

Bu nedenle seçimi yapacak olan kişi tüm bu faktörleri göz önünde bulundurarak en doğru seçimi yapmak durumundadır.

## **8.5. BELİRLİ BİR POMPA VE TESİSTE ÇALIŞMA NOKTASININ TESPİTİ**

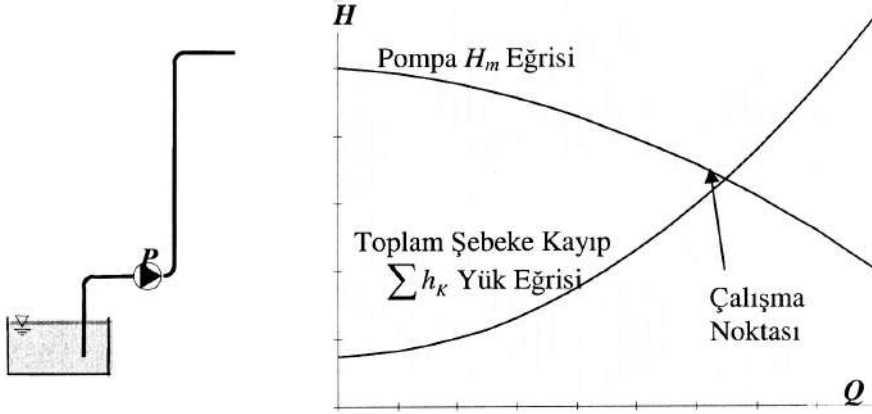
Santrifuj pompalar, pompa içerisinde oluşan yük kayıplarını ve gerekli  $H_m$  manometrik yüksekliği sağlayacak enerjiyi sıvıya kazandırır.

Pompa için, (2) indisi pompa çıkışını, (1) indisi pompa girişini temsil etmek üzere,  $H_m$  manometrik ifadesi;

$$H_m = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g} + Z_2 - Z_1$$

hatırlanacak olursa, yukarıdaki eşitlik manometrik basma yüksekliğinin bir tanımıdır.

Pompa debisinin artması, şebeke yük kayıplarının artmasına ve artan yük kayıplarından dolayı pompanın  $H_m$  manometrik basma yüksekliğinin azalmasına yol açar. Böylece pompanın sağladığı basınç ile şebekenin ihtiyacı olan basınç değerleri birbirine yaklaşır ve her iki değer birbirine eşit olduğu zaman pompanın çalışması rejim haline girer (Şekil 20).



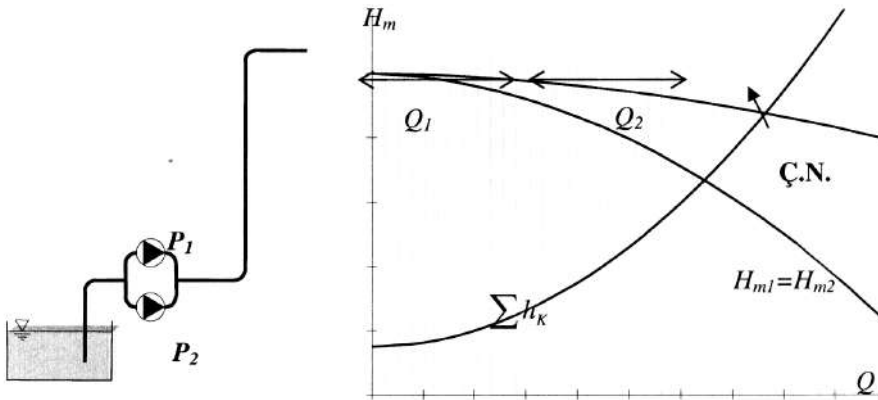
Şekil 20. Pompa ve şebeke karakteristik eğrisi.

Debiye göre azalan pompa karakteristik eğrisi ( $H_m$ ) ile artan şebeke yük kaybı karakteristik eğrisinin ( $\sum h_k$ ) kesişme noktası çalışma noktasını vermektedir. Bu iki eğri ne kadar birbirini dik doğrultuda yakın keserse pompa o kadar çabuk rejim haline ulaşacaktır. Buradaki tüm bilgiler pompa devir sayısının sabit olduğu durumlarda geçerlidir. Pompa devir sayısındaki değişme, yeni bir çalışma noktasının oluşmasına neden olur.

### 8.5.1. Karakteristikleri Aynı İki Pompanın Paralel Bağlanması

Bir işletmede birden fazla pompanın paralel çalıştırılmasına, özellikle debiyi artırmak gerektiğinde ihtiyaç duyulmaktadır. Paralel kullanılacak pompaların karakteristik özellikleri aynı olabileceği gibi farklı da olabilir.

Karakteristikleri aynı paralel bağlı iki pompanın aynı boru hattına su bastıklarını varsayalım. Her bir pompanın bastığı debi  $Q$  ise, sisteme basılan debi  $2Q$  olacaktır. Karakteristikleri farklı pompalar için bu değer, pompa debilerinin toplamı ( $Q_1 + Q_2$ ) olacaktır. Paralel çalışan pompaların manometrik yükseklikleri daima birbirlerine eşit olacaktır (Şekil 21).

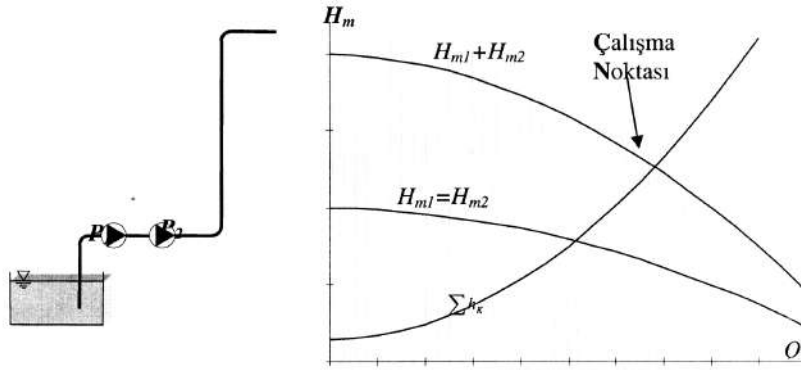


Şekil 21. Karakteristikleri aynı iki pompanın paralel bağlanması.

Paralel sistemin karakteristiği olan  $H_m = f(Q)$  eğrisini çizmek için, her  $H_m$  değeri için  $Q_1$  ve  $Q_2$  debilerini toplamak yeterlidir. Böylece sistemin ortak eğrisi olan  $\Sigma H_m$  eğrisi çizilir.  $\Sigma H_m$  eğrisinin  $\Sigma h_K$  eğrisini kestiği nokta sistemin aranan çalışma noktasıdır.

### 8.5.2. Karakteristikleri Aynı İki Pompanın Seri Bağlanması

İki santrifüj pompa bir şebekeye seri bağlandıklarında, debileri kesinlikle birbirlerine eşittir fakat, sistemin manometrik yüksekliği bu iki pompanın manometrik yüksekliklerinin toplamıdır. Sistemin ortak  $H_m$  eğrisini Şekil 22'de görüldüğü gibi herhangi bir  $Q$  değeri için, pompaların  $H_m$  lerini toplayarak elde ederiz. Şebekenin toplam karakteristik eğrisi  $\Sigma h_K$  ile Pompa Karakteristik eğrisi ( $H_{m1}+H_{m2}$ ) nin kesiştiği nokta bize sistemin çalışma noktasını verir.

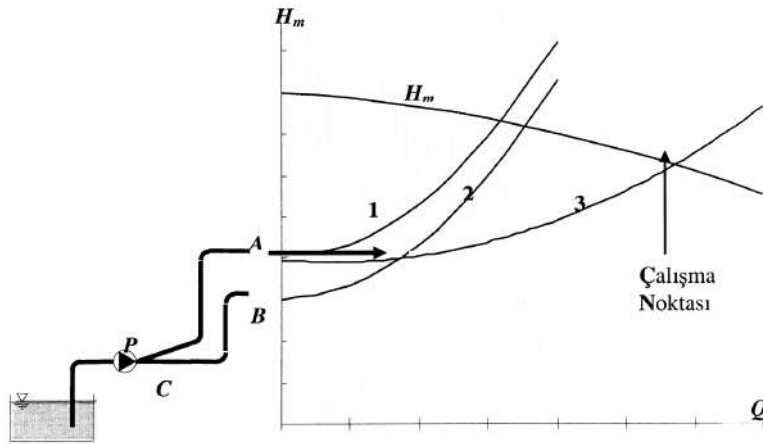


Şekil 22. Karakteristikleri aynı iki pompanın seri bağlanması.

### 8.5.3. Bir Pompanın İki Ayrı Ortama Su Basması

Şekil 23'te görüldüğü gib farklı iki konuma su basan bir pompamız olsun. Her bir konuma ayrı boru hattı gideceğinden, bu borulara ait iki ayrı boru karakteristiği olacaktır. Pompanın her iki ortama da su basabilmesi için pompanın  $H_m$  değeri, kot farkı en yüksek olan  $A$  noktasının,  $H_{mA}$  değerini karşılaması gerekmektedir. Pompanın bastığı debisi ise, her iki hattan geçen debilerin toplamıdır.

$$Q = Q_A + Q_B$$



Şekil 23. Bir pompanın iki ayrı boru ile iki ayrı ortama su basması.

O halde pompanın manometrik yüksekliği,  $H_m$  gibi bir değerde iken  $Q_A$  ve  $Q_B$  değerlerini bulup toplarsak  $H_m = f(Q)$  ortak karakteristik eğrisi elde edilecektir.

Şekilde 1 nolu eğri  $[CA]$  hattının, 2 nolu eğri  $[CB]$  hattının ve 3 nolu eğri müşterek boru karakteristik eğrisidir. Pompa karakteristik eğrisi  $H_m$  ile 3 nolu müşterek boru karakteristik eğrisinin kesiştiği nokta sistemin çalışma noktasıdır.

## 8.6. SANTRİFÜJ POMPALARDA KARAKTERİSTİK ARIZALAR

Bir santrifüj pompadaki, işletme esnasında karşılaşılabilecek, belli başlı arızaları aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür.

### 8.6.1. Pompa Hiç Su Basmamaktadır

#### *i. Pompa çalıştırılmadan önce su ile doldurulmamış veya eksik doldurulmuştur*

**SebeP:** Bu arıza pompalarda en fazla karşılaşılan arızadır. Genellikle boru tesisatı tamamen boşaldığında meydana gelir.

**Önlem:** Pompanın bütün hava boşaltma vanaları açılır. Devamlı ve kesiksiz bir su akışı gerçekleşene kadar sistemin havası alınır.

#### *ii. Emme yüksekliği fazladır*

**SebeP:** Emme tarafındaki bir tıkanıklığın emme yüksekliğini artırma olasılığı vardır.

**Önlem:** Emme boruları ve süzgeçte bir tıkanıklık olup olmadığı kontrol edilmeli, statik emme yüksekliğini azaltmak için emme tarafındaki su seviyesi yükseltilmeli veya emme borusu ağzı daha derine indirilmelidir.

#### *iii. Pompanın çarkı yabancı maddeler ile tıkanmıştır*

**SebeP:** Pompa çarkının tıkanması hiç su basılmaması veya anormal çalışması şeklinde kendini gösterebilir. Özellikle yeni tesislerde emme borusu içinde unutulmuş yabancı cisimler pompa çarkının girişinde birikerek suyun geçmesine engel olurlar.

**Önlem:** Pompa çarkı sökülerek temizlenmelidir.

#### *iv. Dönme yönü terstir*

**SebeP:** Salyangoz üzerindeki ok işaretine bakarak pompanın dönme yönü belirlenir.

**Önlem:** Elektrik motorunun, elektrik bağlantıları kontrol edilmelidir.

#### *v. Emme borusu ağzı yeteri kadar sıvı içine dalmamıştır*

**Önlem:** Emilen su seviyesi yükseltilerek veya emme borusu uzatılarak pompaya hava girmesi önlenmelidir.

#### *vi. Devir sayısı düşüktür*

**SebeP:** Devir sayısı ölçülerek, pompanın nominal devir sayısı ile karşılaştırılır. Düşük devir sayısı, pompanın basma yüksekliğinin azalmasına neden olmaktadır.

**Önlem:** Elektrik motoru ile çalışmada, elektrik tesisatı voltajı kontrol edilmelidir.

**vii. Emme tarafındaki bağlantılardan hava sızmaktadır**

**Sebep:** Emme borularındaki hava sızıntıları pompanın hava yapmasına neden olur. Hava sızıntısı, emme borusu bağlantılarının gevşek olması veya salmastralardan ileri gelebilir.

**Önlem:** Emme borusu bağlantıları sıkıştırılmalı ve salmastralardan bir miktar sıvının akmasına müsaade edilmelidir.

**viii. Şebekenin toplam kayıpları (Hm), pompanın basma yüksekliğinden (Hg) fazladır.**

**Sebep:** Pompanın hatalı seçilmesi, gereksiz aşınma ve işletme masraflarına yol açar.

Boru şebekesinde, zamanla meydana gelebilecek korozyonlar veya tortulaşmaya bağlı kesit daralmaları, şebekenin sürtünme kayıplarını arttırabilir.

Emme havuzunda su alçalabilir ve neticede pompanın basma yüksekliği ihtiyacı karşılayamaz duruma gelir.

Pompa içinde kaçak debi miktarı çok fazla olabilir.

**Önlem:** Önemli tesislerde imalatçıların tecrübelerinden yararlanılması gerekir.

### 8.6.2 Pompa Debisi Nominal Değerden Düşüktür

**i. Pompanın emme tarafında hava kalmıştır**

**Önlem:** Pompa durdurularak yeniden su ile doldurulmalıdır. Emme kısmında hava birikmesine neden olan kısımlar olup olmadığı kontrol edilmelidir.

**ii. Emme yüksekliği fazladır**

**Önlem:** Emme yüksekliği düşürülmelidir.

**iii. Suyun emme basıncı ile buharlaşma basıncı birbirine yakındır**

**Önlem:** Emme yüksekliği düşürülmelidir.

**iv. Emme boruları bağlantılarından içeriye hava sızmaktadır**

**Önlem:** Bağlantı civataları sıkılır ve basınç altındaki su sızdırmazlığı kontrol edilir.

**v. Salmastralardan fazla su sızmaktadır**

**Önlem:** Salmastra değiştirmeli ve basınçlı suya dayanıklı salmastra kullanılmalıdır

**vi. Pompa çarkı eskimiş veya pislik ile tıkanmıştır**

**Önlem:** Çark sökülerek kontrol edilmeli, kanat aralarını tıkayan yabancı cisimlerin bulunup bulunmadığı kontrol edilmelidir.

**vii. Tesisatın sürtünme kayıpları hesaplanan değerden fazladır**

**Sebep:** Zamanla, boru kayıpları korozyon ve tortulaşmaya bağlı artmış olabilir. Yada , şebekeye yapılan ilavelerle hesaplanan değerde artış olabilir.

**Önlem:** Tesisat hesabı gözden geçirilerek, pompanın değiştirilmesi veya yardımcı pompaya ihtiyaç olup olmadığı araştırılmalıdır.

**viii. Dip süzgeci ve klapesi hatalıdır**

**Sebep:** Dip klapesinin yeterli derecede su içine daldırılmaması emme borusunun içine hava girmesine neden olur. Ayrıca dip klapesi hasar görmüş veya süzgeç tıkanmış olabilir.

Dip klapesinin çok dar oluşu büyük kayıplara neden olacağından pompanın emme yüksekliğini arttırır.

Suyun dip klapesine giriş durumu da önemlidir. Alt hazne cidarları ile süzgeç arasında yeteri mesafenin bulunmaması, hazne içersinde istenmeyen girdap hareketlerine oluşmasına neden olur.  
**Önlem:** Dip klapesi değiştirilmeli ve hazne içinde klape ile hazne cidarları arasında yeteri mesafe bırakılmalıdır .

**ix. Paralel çalışan iki veya daha fazla pompa bulunması halinde pompaların bu durumda paralel çalışması uygun değildir**

**Sebep:** İki veya daha fazla pompanın paralel çalışması halinde bu pompaların ortaklaşa basacakları toplam su miktarı ile bir pompanın tek başına basabileceği su miktarı arasında az bir fark bulunması olasılığı yüksektir

**Önlem:** Tesisat ve pompa karakteristik eğrileri oluşturularak her bir pompanın çalışma noktası tespit edilmeli ve uygun olmayan pompa değiştirilmelidir

**x. Pompa devir sayısı veya basılan sıvının viskozitesi ilk hesaplanandan farklıdır**

**Sebep:** Düşük bir devir sayısı veya daha yüksek bir viskozite, basılan sıvının debisinde azalmaya neden olur.

**Önlem:** Motorun gerekli devir sayısını sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Sorun devir sayısından kaynaklanmıyorsa, basılan sıvının viskozitesinin pompa hesaplarında kabul edilmiş değeri ile karşılaştırılmalıdır.

**xi. Pompada fazla kaçak mevcutsa**

**Sebep:** Kaçaklar salmastradan pompa dışına olabileceği gibi, fazla aşınmadan dolayı pompa içerisinde basma tarafından emme tarafına doğru da olabilir.

**Önlem:** Pompanın içindeki aşınmalar pompa açılarak kontrol edilir. Eğer aşınma varsa aşınan parçalar değiştirilir.

**8.6.3. Pompanın Bastığı Basma Yüksekliği Yetersiz**

**Sebep:** Pompa basma yüksekliğinin yetersiz oluşu, basılmakta olan su miktarının az veya hiç olmaması şeklinde kendini belli eder. Sorunun çözümü, debiyi artırma çareleri ile olacaktır. Bu nedenle pompanın basma yüksekliğinin düşme nedenlerini incelemek gerekmektedir. Bunlar;

- Basılmakta olan sıvının içerisine dip klapesinden veya emme borusundan hava sızıyor olabilir.
- Pompanın devir sayısı düşüktür.
- Pompa çarkı ters yöne dönüyor olabilir.
- Sıvı viskozitesi artmıştır.
- Tesisatın gerektirdiği toplam basma yüksekliği eksik hesaplanmıştır.
- Paralel çalışan pompalar mevcut ise bu tesisat için paralel çalışmaya elverişli değildir.
- Pompa çarkı yıpranmıştır.
- Pompa çarkı tıkanmıştır.
- Pompa içinde fazla kaçak vardır.

**8.6.4. Pompa Bir Süre Çalıştıktan Sonra Stop Etmektedir**

**i. Pompa çalışmaya başlamadan önce tamamen su ile doldurulmamış, bazı kısımlarda hava kalmıştır**

**Önlem:** Pompa yeniden doldurularak çalıştırılmalıdır.

**ii. Emme tarafından hava kaçağı vardır**

**Önlem:** Salmastra ve emme tarafındaki bağlantılar kontrol edilmelidir.

**iii. Pompanın emme tarafındaki su seviyesi, pompa çalıştığında, alçalmakta ve su ile birlikte hava emilmektedir**

**8.6.5. Pompa Motoru Normalden Fazla Güç Çekmektedir**

1. Seçilen motor devri, pompanın çalışması gerektiği devir sayısından düşüktür.
2. Devir yönü terstir.
3. Şebekenin basma yüksekliği ( $H_m$ ), seçilen pompanın nominal basma yüksekliğinden eksik veya fazladır.
4. Sıvının viskozite ve özgül ağırlığı pompa hesaplarından farklıdır.
5. Çark içinde bir tıkanıklık mevcuttur.
6. Çark mili eğrilmiş veya döner kısımlarda sürtünmeler mevcuttur.
7. Aşınma bilezikleri fazla aşınmış ve değiştirilmesi gerekmektedir.
8. Salmastra fazla sıkıştırılmış ve mil üzerinde fazla baskı yapmaktadır.

**8.6.6. Salmastralardan Fazla Su Sızmaktadır**

1. Salmastra kutusu iyi bağlanmamış, salmastra malzemesi iyi yerleştirilmemiş olabilir
2. Kavrama hatalı veya pompa ve motor millerinin eksenleri kaçıktır.
3. Yataklar fazla aşınmış ,yatakların arasına aşınmaya sebebiyet veren sert cisimler girmiş olabilir.

**8.6.7. Salmastralar Çabuk Aşınmaktadır**

- 1.Salmastra kutusunun montajı hatalı, salmastra malzemesi kullanışsız veya fazla sıkıştırılmıştır
2. Pompa mili eğilmiş veya motor mili ile eksenler kaçık montaj edilmiştir.
3. Salmastralara basınç altında su sevk eden borularda bir tıkanıklık vardır.
4. Yataklarda veya milde fazla aşınma mevcuttur.
5. Su ile soğutulan soğutma gömleklerinin soğutması yeterli değildir.

**8.6.8. Pompa Titreşim Yapmakta ve Gürültülü Çalışmaktadır**

1. Pompa ve borularda hava cepleri kalmıştır. Yeniden tam olarak su ile doldurularak çalıştırılmalıdır.
2. Pompa kavitasyonlu çalışıyordu.
3. Dip klapesi dar ve yetersiz veya kısmen tıkanmış olduğundan, emme tarafındaki yük kaybı fazladır.
4. Emme ağzı yeteri kadar su içine dalmamıştır .
5. Pompa normal debisinin çok altında çalışmaktadır.
6. Çark kanatları arasına yabancı cisimler sıkışmıştır .
7. Pompa mili motor ekseninden kaçık veya eğrilmiştir.
8. Yataklar fazla aşınmış , iyi yağlanmamakta veya fazla ısınmaktadır.
9. Çark iyi dengelenmemiş veya hasara uğramıştır
10. Döner kısımlar ile sabit kısımlar arasında sürtünmeler mevcuttur veya eksenel dengeleme tertibatı çalışmamaktadır .
11. Pompa temelleri yeteri kadar rijit değildir.

### 8.6.9. Yataklar Çabuk Aşınmaktadır.

1. Pompa ve motor mil eksenleri kaçık veya pompa mili eğilmiştir
2. Yatakların montajı esnasında kaçıklık mevcuttur.
3. Çarklarda balans vardır.
4. Eksenel dengeleme tertibatı bozulduğundan, döner kısımları ile sabit aksamlar arasında mekanik sürtünmeler vardır.
5. Yataklarda yağlama düzenli değildir.
6. Yatak ve mil arasında aşınma vardır.
7. Yataklarda oksitlenme mevcuttur ve yağın kalitesi uygun değildir.
8. Yataklar az veya fazla soğutulmaktadır.

### 8.6.10 Pompa Fazla Isınmaktadır

1. Pompanın bastığı debi normal debinin çok altındadır veya hiç su basmamaktadır .
2. İki pompa paralel bağlı ise, pompalar beraber çalışmaya uygun değildir
3. Pompa içinde sürtünmeler mevcuttur.
4. Pompanın yataklarında sıkılık var veya mili salgılıdır.
5. Eksenel itme dengelenememekte ve sürtünmeye neden olmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Aktan Y., 1988, Maden Makinaları, İlk Adım Matbaası, Zonguldak.  
Alpay S., 1946, Pistonlu pompalar, Üçler Yayınevi.  
Ayyıldız M., 1989, Ankara Üniversitesi Yayınevi, Ankara.  
Baysal K., 1979, Tam Santrifüj Pompalar, İTÜ Matbaası, İstanbul.  
Dağlı F., Ders notları, Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak  
Ergin A., 1979, Su Makinaları Ders Notları, İTÜ Makina Fak Ofset Atölyesi, İstanbul.  
Eskikaya Ş., Madenlerde su atımı, Ders notları.  
Özgür C., 1972, Su Makinaları Dersleri, Çağlayan Basımevi, İstanbul.  
Özgür C., 1987, Pratik Hidrolik Problemleri, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul.





# Bölüm 9

## Açık İşletmelerde Nakliyat

### 9.1. Açık Ocak Taşıma Yolu Tasarımı

Prof. Dr. Celal KARPUZ

### 9.2. Kamyon Taşımacılığı

Prof. Dr. Senai SALTOĞLU

### 9.3. Katıların Hidrolik Nakli

Dr. Tarık DOĞRU

### 9.4. Bant Taşımacılığı

Prof. Dr. Tuncel YEGÜLALP

#### İÇİNDEKİLER

9.1. AÇIK OCAK TAŞIMA YOLU TASARIMI	431
9.1.1. Giriş	431
9.1.2. Yolun Genel Özellikleri	432
9.1.2.1. Eğim direnci	432
9.1.2.2. Yuvarlanma direnci	433
9.1.2.3. Araç tırmanma yeteneği	433
9.1.2.4. Taşıma yolu tipik enkesitleri	434
9.1.3. Taşıma Yolu Geometrik Tasarımı	434
9.1.3.1. Duruş mesafesi-eğim-fren yeteneği ilişkileri	434
9.1.3.2. Emniyetli duruş mesafesinin yol geometrik tasarımında kullanımı	438
9.1.3.3. Düşey eğimlerin optimizasyonu	438

9.1.3.4. Dever yüzdesi	440
9.1.3.5. Rakordman mesafesi	441
9.1.3.6. Taşıma yolu genişliği standartları	442
9.1.3.6.1. Düz yol kısmi genişlikleri	443
9.1.3.6.2. Yatay kurplarda yol genişliği	444
9.1.3.6.3. Enine eğimler	444
9.1.3.6.4. Palyeler	444
9.1.4. Taşıma Yolu Kaplama Tasarımı	445
9.1.4.1. Genel	445
9.1.4.2. Alt temel	445
9.1.4.3. Sıkıştırılmış çakıl ve kırmataş yüzey tabakası	450
9.1.4.4. Drenaj yapımı	451
9.1.5. Yol Bakım Gereksinimi	451
KAYNAKLAR	451
9.2. KAMYON TAŞIMACILIĞI	453
9.2.1. Genel Bilgiler	453
9.2.2. Kamyon Sayısının Hesaplanması	454
9.2.3. Kamyon Sayısını Etkileyen Hususlar	459
9.2.3.1. Kurp Yarıçapı ve Dever	459
9.2.3.2. Ekskavatör Yükleme ve Kamyonun Konumu	460
9.2.3.3. Ekskavatör kepçe kapasitesi ve kamyon kapasitesi arasındaki uyum	461
9.3. KATILARIN HİDROLİK NAKLİ	465
9.3.1. Giriş ve Tarihçe	465
9.3.2. Sistemin Diğer Sistemlerle Mukayesesi	466
9.3.3. Boru Hattı Nakliye Sisteminin Genel Yapısı	466
9.3.4. Boru İçinde Katı Madde Nakliyesinin Hidroliği	466
9.3.4.1. Hidrolik taşıma dizayn parametreleri	467
9.4. BANT TAŞIMACILIĞI	473
9.4.1. Giriş	473
9.4.2. Malzeme Özellikleri	475
9.4.3. Bant Kapasitesi, Hızı ve Boyutları	479
9.4.4. Konveyör Ruloları	482
9.4.5. Bant Gerilmeleri	492
9.4.5.1. Efektif gerilme	492
9.4.5.2. Sürücü Tambur ve Bant Gerilmeleri	503
9.4.5.3. Bant kaymasını önlemek için gerekli minimum gerilme	506
9.4.5.4. Maksimum ve minimum bant gerilmeleri	507
9.4.5.5. Bant gerilme hesapları için bir örnek	509
9.4.6. Tambur Seçimi	511
9.4.7. Motor Gücü	512
9.4.8. Fren Sistemleri	513
9.4.8.1. Backstop durdurucusu	513
9.4.8.2. Fren	515
KAYNAKLAR	516

**Prof. Dr. Celal KARPUZ**

## **9.1. AÇIK OCAK TAŞIMA YOLU TASARIMI**

### **9.1.1. Giriş**

Madencilikğin gerek özel ve gerekse devlet işletmesi olarak ülke ekonomisinde önemli rol oynamaya başladığı yıllardan bu yana, maden mühendisleri sadece çıkarılan madene uygun bir taşıma yöntemi değil, aynı zamanda, bu taşıma yollarında kullanılması gerekli en etkin ve en ekonomik taşıt cinslerini tesbit edebilmek için çaba göstermektedirler. Nitekim son 30 yılı aşkın bir süredir taşıma araçları 20 ton kapasiteden 350 ton kapasiteye kadar büyük bir yükselme göstermiştir. Bir maden işletmesinde arzulan verimliliğin sürdürülmesi bu denli yüksek yüklerle yüklenmiş taşıtların, öngörülen hız ve sıklıkta taşınabilmesine, taşımalar sırasında hem taşıtlarda ve hem de taşıtların gelip geçtiği taşıma yollarında önemli sayılacak arızaların önlenmesine bağlıdır. 30 yıl önce en fazla 20 tonluk taşıtları taşınması yeterli olan ve o zamanın teknolojisine uygun olarak projelendirilen ve inşa edilen taşıma yollarının, bugün ihtiyaç duyulan 350 ton mertebesinde yükleri aynı başarıyla taşıyabilmesi mümkün değildir. Bu düşüncenin aksine bir düşünceyle hareket eden işletmelerde, gerek meydana gelen iş kazaları (yetersiz geometrik standartlara sahip taşıma yolları nedeniyle) ve gerekse elverişsiz yol yüzey şartları (yetersiz kaplama tasarımı) nedeniyle taşıma araçlarında meydana gelen ve sirkülasyonu kötü yönde etkileyerek verimliliği düşüren uzun süreli arızalar, işletmenin performansını önemli ölçüde düşürmektedir.

Bilindiği gibi, açık işletmelerde taşıma yollarının tasarımında en önemli etkenlerin başında, taşıma yolunun kullanım süresi gelmektedir. Genel olarak, madenlerde taşıma yolları, mevcut rezerv'in veya seçilecek işletme yönteminin tipi gibi faktörlere bağlı olarak öngörülen veya hesaplanan bir zaman için planlanırlar. Bu zaman da, birkaç günden birçok yıla kadar uzanabilir. Böylece önerilen taşıma yolunun, tahmin edilen (hesap edilen) kullanım süresinin bilinmesi oldukça önemlidir. Örneğin, ilave bazı bakımlarla (düzeltmelerle), daha düşük yatırım maliyeti ile yolun kullanımını sağlanabileceyse; kısa süreli taşıma yolları için çok pahalı yüzey kaplama malzemesi kullanmanın da bir anlamı yoktur. Bu

nedence, taşıma yolunun planlanmasında, maden işletmesinin genel planının gözönüne alınması gerekir. Açık ocak yol tasarımında dikkate alınacak bir diğer özellik de kullanılacak ekipmanın fiziksel özellikleri ile işletmenin ömrüne bağlı olarak saptanacak olan bu araçlara ait sefer hızı, sefer sıklığı ve sefer sürelerine bağlıdır. Taşıma ekipmanının seçiminde gözönüne alınacak genel ölçütler, Pfeider (1972) de şöyle sıralanmıştır.

1. Uygulama tipi ne olursa olsun, aracın kullanımından en fazla yarar sağlanmalıdır.
2. Mevcut taşıma ve yükleme aletleriyle yeni alınacak olanlar arasında bir uyum sağlanmalıdır.
3. Manevralar için yan ve üst toleranslar ile manevra alanı boyutları gözönüne alınmalıdır.
4. Köprü ve taşıma yolu genişliklerindeki kısıtlar incelenerek değerlendirilmelidir.
5. Fazla eğimlerin özellikle yüklü araçların üzerindeki olumsuz etki gözönüne alınmalıdır.

Genel olarak açık işletmelerde kullanılan taşıma yollarını üç ana gruba ayırmak mümkündür.

- a) Birinci kategori yollar, üretilen (ocak başına çıkartılan) cevher veya örtü malzemesinin taşınmasında kullanılırlar.
- b) İkinci kategori yollar, birinci kategorinin dışında ve altı aydan uzun süre kullanılan ocak içi yollar.
- c) Üçüncü kategori yollar, yine birinci kategorinin dışında ve altı aydan az ömürle kullanılacak olan yollar.

Bu bölümde birinci ve ikinci kategori yollarla ilgili tasarım prensipleri verilecektir. Çünkü üçüncü kategori yollar, üretim sırasında kullanılan araçların (kazıcı, kazıcı-yükleyici veya yükleyici) üretilen malzemeyi nakliyyede kullanılacak taşıtlara (kamyonlara) yükleyebilmek için ; tasarlanmış yoldan ziyade, araçların manevrası için tesviye edilmiş düz zeminlerde olabilmektedir. Bu zeminlerin, üretim arını ilerledikçe veya ocak derinleştikçe yola dönüştürülecekleri de açıktır. O zaman tesviye edilen zemin olarak kullanılan bu kesimler, II. Kategori yol durumuna dönüşür ve tasarlan da o şekilde yapılır.

### **9.1.2. Yolun Genel Özellikleri**

Bir işletmenin üretim hızı ve ekonomik rantabilitesinin artışında rol oynayan önemli etkenlerden birinin, ocak içi ve dışı yüzey ulaşım ağının yeterli olduğu hususu yukarıda belirtilmişti. Zira kolay ve devamlı ulaşım için açık tutulabilen bir yol ağının, ocaktaki yükleme ve boşaltmaları yerine getiren taşıma araçlarının ve diğer makinelerin verimliliğini artıracığı, bu artışın da işletmedeki üretimi olumlu yönde etkileyeceği kesindir. Taşıma yolları ile işletme araç ve makineleri arasında bu etkiyi açıklayıcı çeşitli fonksiyonel bağıntılar vardır. Bu bağıntılar genelde, maden içinde taşınacak yükün, mevcut yol şartları altında (eğim, kurlar, düşey güzergah, yüzey şartları vs.) ne kadar sürede ve hangi seyahat hızı altında ve ne tip araçlarla taşınabileceğini saptamada önemli rol oynamaktadır. Yol yüzey durumu-aracın özellikleri ve yük arasındaki ilişkilerden bazıları aşağıda açıklanmıştır.

#### **9.1.2.1. Eğim direnci**

Eğim direnci, yokuş yukarı tırmanan bir aracın, yerçekimini yenerek hareketine devam edebilmesi için gerekli çekme gücü olarak tanımlanabilir. Gerekli eğim direnci, boyuna eğimin her yüzdesi ve araç ağırlığının her tonu için 20 Ib (10 kg) olarak kabul edilmektedir. Örneğin %5 boyuna eğime sahip bir taşıma yolunda eğim direnci, 1 tonluk yük için 100 Ib (59 kg) olarak hesaplanabilir.

### 9.1.2.2. Yuvarlanma direnci

Yuvarlanma direnci, bir aracın tekerlekleri ile yol yüzeyi arasındaki geciktirici etkiyi yenmesi için gerekli çekme gücü olarak tanımlanmaktadır. Bu direnci, tekerleğin yol yüzeyine gömülmesi, tekerleğin yük altında deformasyonu ve bir dereceye kadar tekerlek bilyalarının direnci gibi faktörlerin birleşmesinden meydana gelmektedir. Genel olarak yuvarlanma direnci, araç ağırlığının her tonu için (lb) cinsinden veya araç ağırlığının belirli bir yüzdesi cinsinden ifade edilmektedir. Bazı yol yüzeyleri için pratikte kullanılan yuvarlanma dirençleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çeşitli yol yüzeyler için yuvarlanma yirençleri.

YOL YÜZEY TIPI	lb/ton	Araç Ağırlığı Yüzdesi (%)
Sert-düzgün yüzey (gömülme yok)	40	2.0
iyi yapılmış ve bakımlı yol sathı	60	3.0
Karlı sath-sıkışmış kar	50	2.5
Gevşek kar	90	4.5
Yük altında deforme olan bakımlı averay yol	100	5.0
Bakımsız ve yumuşak sathlı yol	150	7.5
Gevşek kum veya çakıl	200	10.0
Bakımsız çamurlu patika yol	300-400	15-20

### 9.1.2.3. Araç tırmanma yeteneği

Tırmanma yeteneği, bir aracın mevcut eğim direnci ve yuvarlanma direnci şartları altında bir eğimi geçebilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Bu iki direnç toplamına araç ağırlığının belirli bir yüzdesi olarak "toplam direnç" adı verilir. Toplam direnç tek başına aracın performansını belirleyici bir ölçüt değildir. Bunun için aracın motor performansı, dişli oranları, tekerlek özellikleri, ağırlıkları v.s. gibi özelliklerin de belirlenmesi gereklidir. Bu özellikler, araç üreticilerinin hazırladığı "performans Abağı" yardımıyla hesaplara dahil edilir. Bu abakların kullanılışları ileriki kısımlarda sunulacaktır.

Bu noktaya kadar yapılan özetlemeler, çok çeşitli araç ve makine özelliklerinin, bu araçların kullanımlarındaki performansı etkilediklerini ortaya koymaktadır. Araçların mühendislik girdileri incelendiğinde, karayolu-dışı taşıma kamyonlarının, büyüklükleri, ağırlıkları, tipik kullanım şartları ve kontrol mekanizmaları nedeniyle maden işletmelerinde kullanılan en az emniyet payına sahip araçlar olduklarını ortaya koymaktadır. (Kaufman and Ault, 1977). Yukarıda bahsedilen referansta, bu tür büyük taşıma araçları üreticilerinden toplanan geniş kapsamlı mühendislik verileri biraraya getirilerek aşağıdaki faktörlere göre sınıflandırılmışlardır;

Genişlik, ağırlık ve yüklü ağırlıklar, tekerlek izleri, tekerlek temas alanları, fren sistemleri, direksiyon yetenekleri, gecikme performansları, eğim-hız bağıntıları, yükleme şart ve tipleri, diğer teknik özellikler.

Bu özelliklerin yol üzerine etkileri incelenmiş ve neticede, taşıma yollarının projelendirilmelerinde esas olarak, tüm taşıma araçlarının ağırlıklarına göre 4 kategoriye ayrılmaları uygun bulunmuştur. Bu kategoriler aşağıdaki gibidir;

KATEGORİ	ARAÇ AĞIRLIĞI	
	Pound	Ton
1	<100000	<45
2	100000-200000	45-90
3	200000-400000	90-180
4	> 400000	> 180

Bundan sonraki kısımlarda, bu ağırlık gruplarına bağlı olarak tavsiye edilen taşıma yolu projelendirme yöntemleri özetlenecektir.

#### 9.1.2.4. Taşıma yolu tipik enkesitleri

Taşıma yolu geometrik tasarımı açısından, yol boyu geometrik elemanları ile bu elemanlara ait tipik özellikler Şekil l'de ve bu şekile ait anahtar bilgiler aşağıda verilmiştir.

1. Kaplama kenarı ile hendek merkezi arası uzunluk. Bu uzunluk hendek tabanı (6) ve gerekli yol tarafındaki hendek kenar şevi (7) değerlerine göre değişir.
2. Kaplama genişliği (şerit sayısına ve proje araç ağırlığına göre değişir)
3. Yol yüzeyi enine eğimi (kaplama malzemesine bağlı)
4. Kaplama kalınlığı (aşınma+temel+alttemel)
5. Hendek dış kenar şevi (zemin cinsine bağlı)
6. Hendek taban derinliği (taban seviyesi altında olması istenir)
7. Hendek yol kenarı eğimi (4:1 ila 2:1)
8. Yolun konvansiyonel palye inşaatı için genişletilmiş kısmı (Bu genişlik konulacak palye boyutuna göre değişir).
9. Emniyet palyesi
10. Palye taban desteği (sadece alttemel malzemesinden)

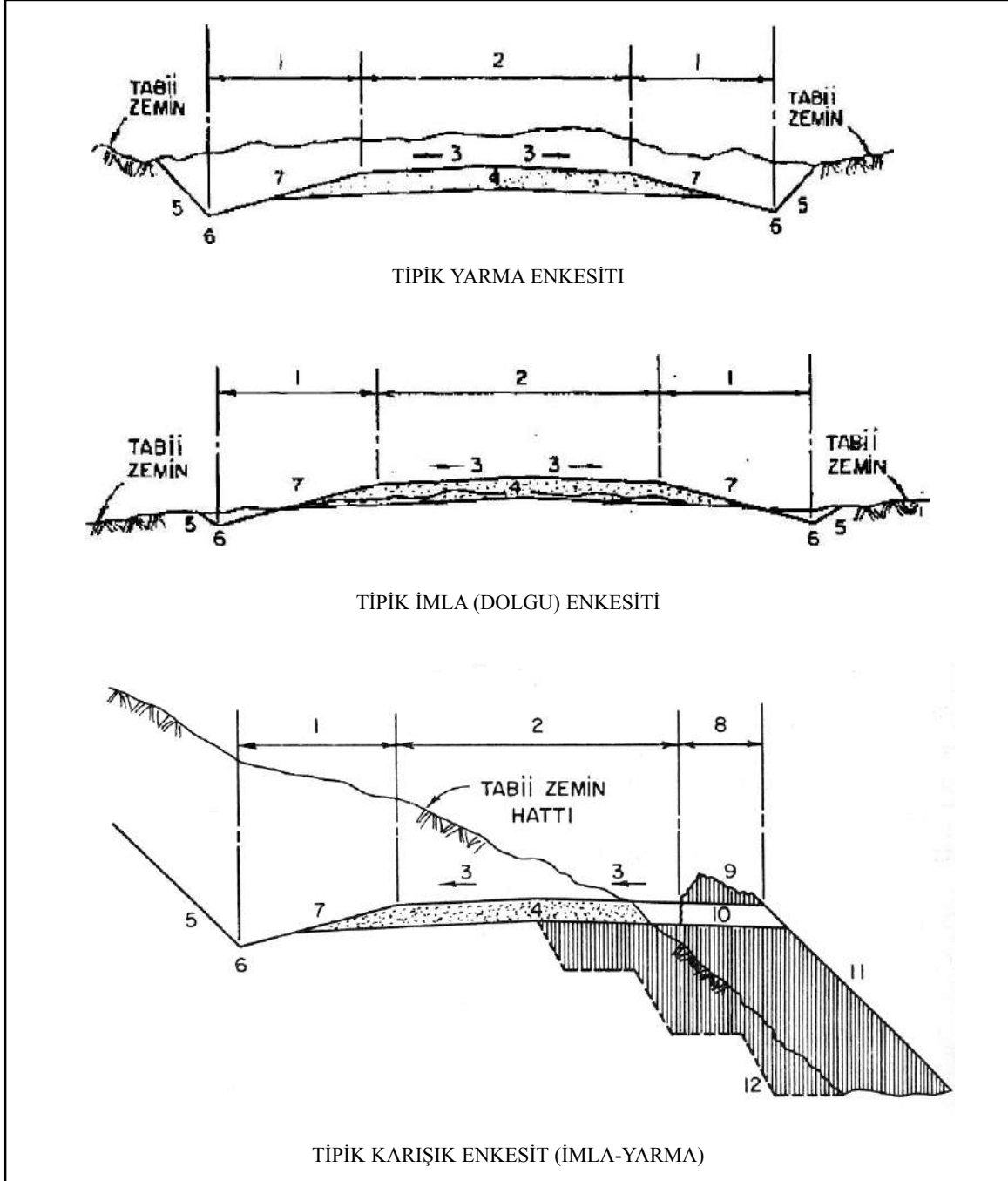
Bir taşıma yolunun iki temel özelliği vardır. Bunlar yolun "geometrik tasarımı ve "kaplama tasarımıdır". İstenen şartlara göre tasarımı yapılan yol için üzerinde durulması gereken bir husus da yolun iyi bakılıp korunmasıdır.

#### 9.1.3. Taşıma Yolu Geometrik Tasarımı

Ekonomik açıdan elverişli olduğu takdirde taşıma yollarının tüm geometrik elemanları normal işletme hızları için emniyetli ve verimli bir seyahat sağlayacak tarzda projelendirilmelidir. Bu emniyet ancak araç operatörünün önünde, aracın emniyetli duruş mesafesine eşit veya daha uzun bir mesafeyi görebilmesi ile sağlanabilir. Bu mesafenin sağlanması, yolun eğimi emniyetli duruş mesafesi ve aracın fren özellikleri arasındaki ilişkilerin formüle edilebilmesi ve elde edilen minimum eğim ve yatay dönüş kurplarının yola uygulanması ile mümkündür.

##### 9.1.3.1. Duruş mesafesi-eğim-fren yeteneği ilişkileri

Emniyet açısından, taşıma yolunu en sık kullanan ve en az frenleme potansiyeline sahip araçlar için görüş şartlarını sağlamak gerekmektedir.



Şekil 1. Tipik taşıma yolu enkesitleri.

Bu araçların diğerlerine göre daha ağır olmaları ve yüksek hıza sahip bulunmaları, frenleme performanslarının daha düşük seviyede kalmasına neden olmaktadır. Taşıma yollarının bu araçların frenleme mesafelerine bağlı olarak projelendirilmesi, yolu daha az kullanan dozer, loder, screper ve greyder gibi diğer makinelerin hareketlerinin çok daha emniyetle sağlanabilmesine yol açacaktır.



### Açık İşletmelerde Nakliyat

Taşıma aracı üreticilerinin çok az sayıdaki bir grubu araçlarının servis ve yardımcı fren sistemlerinin performansları hakkında bilgi vermektedir. Bu nedenle bu kritik araçların eğim aşağı hareketleri sırasında durmaları gerektiğinde, ne kadar bir mesafede durabilecekleri ve bu mesafe içinde meydana gelebilecek arıza sonucu yardımcı fren sisteminin ne denli etkili olacağı konusunda sayısal veri elde etme imkanı bulunmamaktadır. Bu eksikliği gidermek amacıyla SAE (The Society of Automotive Engineers), büyük karayolu-dışı taşıma araçları için bir seri deney programı düzenlemiş ve 4 kategori vasıtalar için aşağıda verilen duruş mesafelerinin kullanılabilmesini saptamıştır. Bu değerler, kuru, temiz ve eğimsiz beton yüzeyler üzerindeki duruşlar için geçerli olup, frene başlama hızı 20 mil/sa (32 km/sa) olarak alınmıştır.

KATEGORİ	Servis Freni ile Duruş Mesafesi (m)
1	18. 50
2	27. 50
3	38. 00
4	53. 50

Bu değerler görüldüğü gibi, değişik eğim ve yol yüzeyi durumlarında mesafenin ne olacağı konusunda bilgi vermemektedir. Ancak bu başlangıç değerlerinden hareketle, değişik hız ve eğimlerdeki duruş mesafelerini matematiksel olarak ifade etmek, aşağıda verilen eşitliğin kullanılması suretiyle mümkün olabilmektedir.

$$DurusMesafesi = \left| \frac{1}{2} gt^2 \cdot \sin e + V_o t \right| + \left| \frac{(gt \cdot \sin e + V_o)^2}{2g(U_{\min} - \sin e)} \right|$$

Bu eşitlikte;

Duruş mesafesi = feet

t : toplam intikal, reaksiyon ve fren reaksiyon süresi (saniye)

e : iniş eğimi (derece olarak)

Vo: intikal sırasındaki araç hızı (feet/saniye)

U<sub>min</sub>: lastik-yol arasındaki boyutsuz sürtünme katsayısı

g : yerçekimi ivmesi (32. 2 feet/sn<sup>2</sup>)

Bu eşitlikte kullanılacak (t) süresi için aşağıdaki değerlerin kullanılması tavsiye edilebilir:

Kategori	t (saniye)
1	2. 00
2	3. 00
3	4. 25
4	6. 00

U<sub>min</sub> değeri için ise aşağıdaki eşitlik kullanılacaktır.

$$U_{\min} = \frac{V^2}{2gS}$$

Bu eşitlikte;

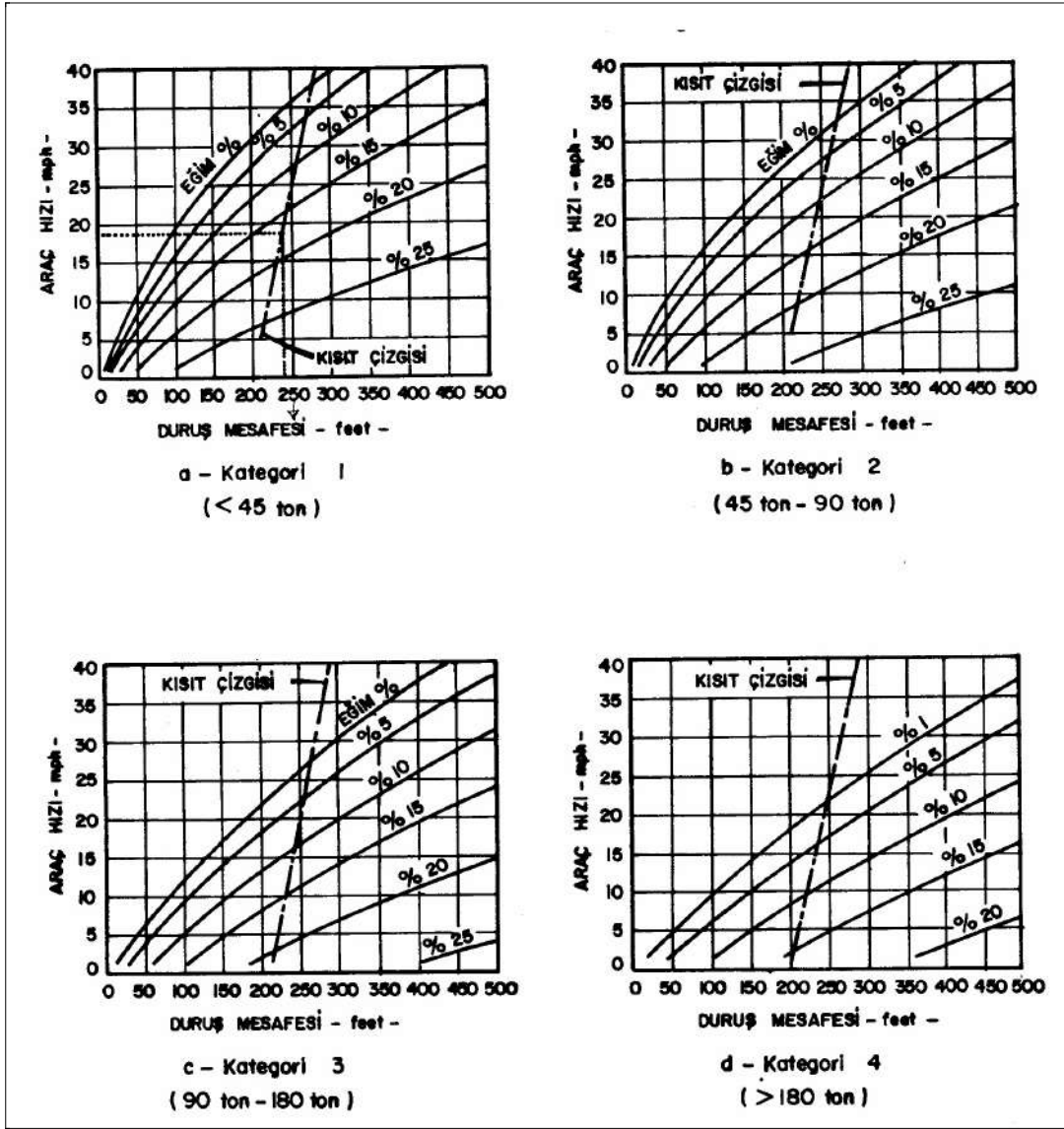
V : SAE deney hızı (29.33 feet/sn)

g : yerçekimi ivmesi (32.2 feet/sn)

S :Hakiki SAE duruş mesafesi, feet (SAE tarafından saptanan servis treni ile duruş mesafelendiren (29.33X(t-1.5)) değerinin çıkarılması ile bulunacak değer)

$U_{min}$  : feet/sn

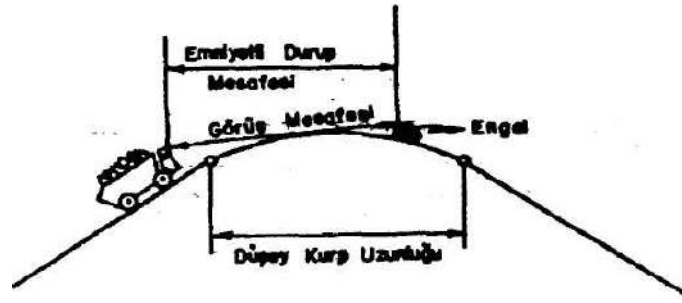
Diğer taraftan, pratik olması bakımından, bu eşitliğin kullanılmasıyla abaklar geliştirilebilir (Şekil 2). Abaklarda verilen düşeye yakın kalın çizgiler, aşılmaması gereken kısıtlama alanlarını göstermektedir. Bu limit aşıldığından aşın ısı birikmesi nedeniyle frenlerin iş göremez hale geldiği deneylerle bulunmuştur. Örneğin, 30 tonluk bir kamyonun 40 km/saat hızla % 15 eğim aşağı inerken frenleme (duruş) mesafesinin bulunması istendiğinde Şekil 2. a kullanılacak, 40 km/saat noktasından çizilen yatay doğrunun % 15 eğim eğrisini kestiği nokta aranacaktır. Bu nokta kısıt çizgisinin sağında kaldığı için, yatay çizginin kısıt çizgisinin kestiği nokta esas alınacak ve sonuç olarak, duruş mesafesi olarak 91 metre yerine 78 metre değeri kullanılacaktır. Genel olarak bu tip büyük araçlarda 61 metreden büyük duruş mesafelerinin, araç mekaniği açısından tehlikeli olduğu saptanmıştır.



Şekil 2. SAE Sınıflandırmasına göre 4 değişik kategorideki ağır taşıtlar için duruş (frenleme) mesafelerini gösterir abaklar.

### 9.1.3.2. Emniyetli Duruş Mesafesinin Yol Geometrik Tasarımında Kullanımı

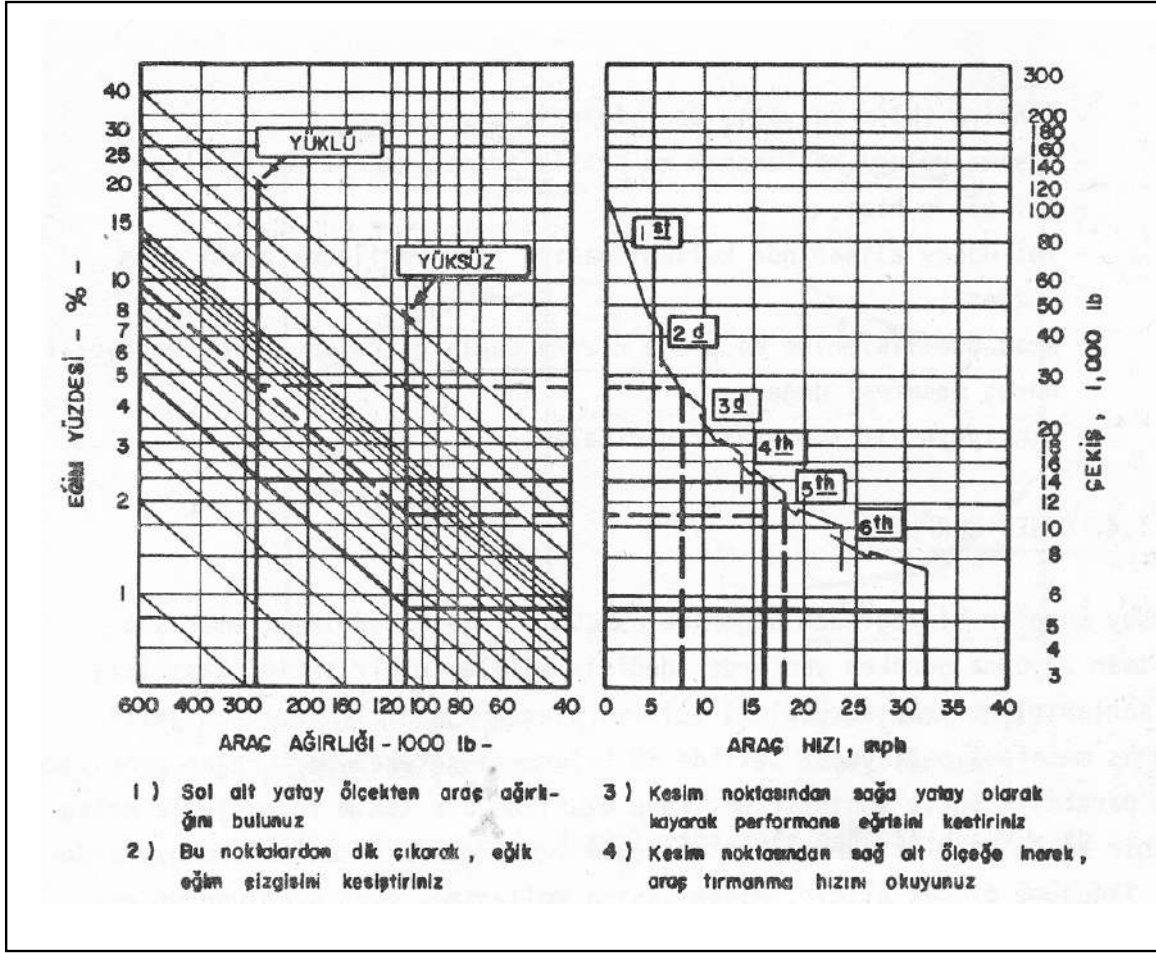
Bir sürücünün ve yol kullanıcı aracın yol bakımından emniyette olduğunun söylenebilmesi için, sürücünün gidişi yönünde yol kısmının en az emniyetli duruş mesafesine eşit miktarını görebilmesini sağlamak gerekmektedir. Bu şart, hem yatay ve hem de düşey kurplar için önemli bir tasarım parametresidir. Dere tipi (açık) düşey kurbalarda, örnek verilirse görüş daima açık olduğundan, bu tür kurbalarda araçların far aydınlatma mesafeleri esas alınır. Ancak tepe tipi (kapalı) düşey kurbalarda (Şekil 3) projelendirme emniyetli duruş mesafesine bağlı olarak yapılır. Yani araç sürücüsü, bu tür kurbaları tırmanırken, en az emniyetli duruş mesafesi kadar bir mesafeyi görmek zorundadır. Bunu sağlamak için gerekirse karp eğimleri ve karp uzunluğu üzerinde gerekli değişikliklere gidilir.



Şekil 3. Kapalı (tepe) tip düşey kurpta emniyetli duruş mesafesi-görüş mesafesi ilişkisi.

### 9.1.3.3. Düşey Eğimlerin Optimizasyonu

Yol yapımındaki ekonomik kısıtlar nedeniyle, karayolu-dışı büyük taşıma yollarının yapımında, mümkün olan en yüksek eğimler kullanılarak düşey kurbaların dizaynı uygun olmaktadır. Seyahat konforunun ve yüksek hızın sağlanmasının önemli olmadığı bu yollarda, kullanılacak en yüksek eğim değerleri, yolu kullanacak araçların performansına bağlıdır. Bu belirleyici eğimlerin Şekil 2'de sunulan abaklar yardımıyla bulunması teorik olarak mümkündür. Ancak bu tespit, sadece araçların durabilme (frenleme) kabiliyetlerine bağlı olarak yapılmış olacak ve pratikte ekonomik açıdan yanlış projelendirmeye neden olabilecektir. Zira bu abaklar yardımıyla elde edilen azami eğimlere göre tasarımı yapılan bir düşey kurbada araç bu eğimi rahatlıkla inebilecektir ise de, bu eğimi çıkışı sırasında sık sık vites küçültmek zorunda kalacaktır. Motorun bu zorlanması sırasında hız düşecek ve bu düşüş üretim zamanını uzatacak, yakıt harcamasını artıracak ve araçta normalin üstünde yıpranmaya sebep olacak, dolayısıyla bakım giderleri de artacaktır. Bu nedenle sadece emniyetli iniş için bulunan azami eğime göre düşey almanın düzenlenmesi yerine, araçların tırmanma ve iniş performanslarını (tırmanma ve inme hızlarını veren) gösterir abakların kullanılarak, çeşitli yönlerden azami ekonomi sağlayan eğim kombinasyonlarını tesbit etmek ve yol tasarımını buna göre yapmak gerekmektedir. Bu tarz bir mukayeseli seçim yapabilmek, ancak kullanılacak araçların mekanik performanslarını bilmekle mümkündür. Gelişmiş firmalar bu amaca hizmet etmek amacıyla, ürettikleri her araç için, Şekil 4 ve Şekil 5'de birer örneği sunulan "Araç Performans Abağı" ve "Araç İniş Hızı Abağı" adında ek bilgiler hazırlayıp alıcıya araçla birlikte sunmaktadır. Bu abaklar yardımıyla, verilen yük ve araç tipi ile eğim ve yuvarlama dirençleri değerleri arasında kurulan ampirik ilişkiler vasıtasıyla araçların belirli eğimlerdeki tırmanma ve iniş hızlarını ve kullanmaları gereken vitesleri belirlemek mümkün olmaktadır.

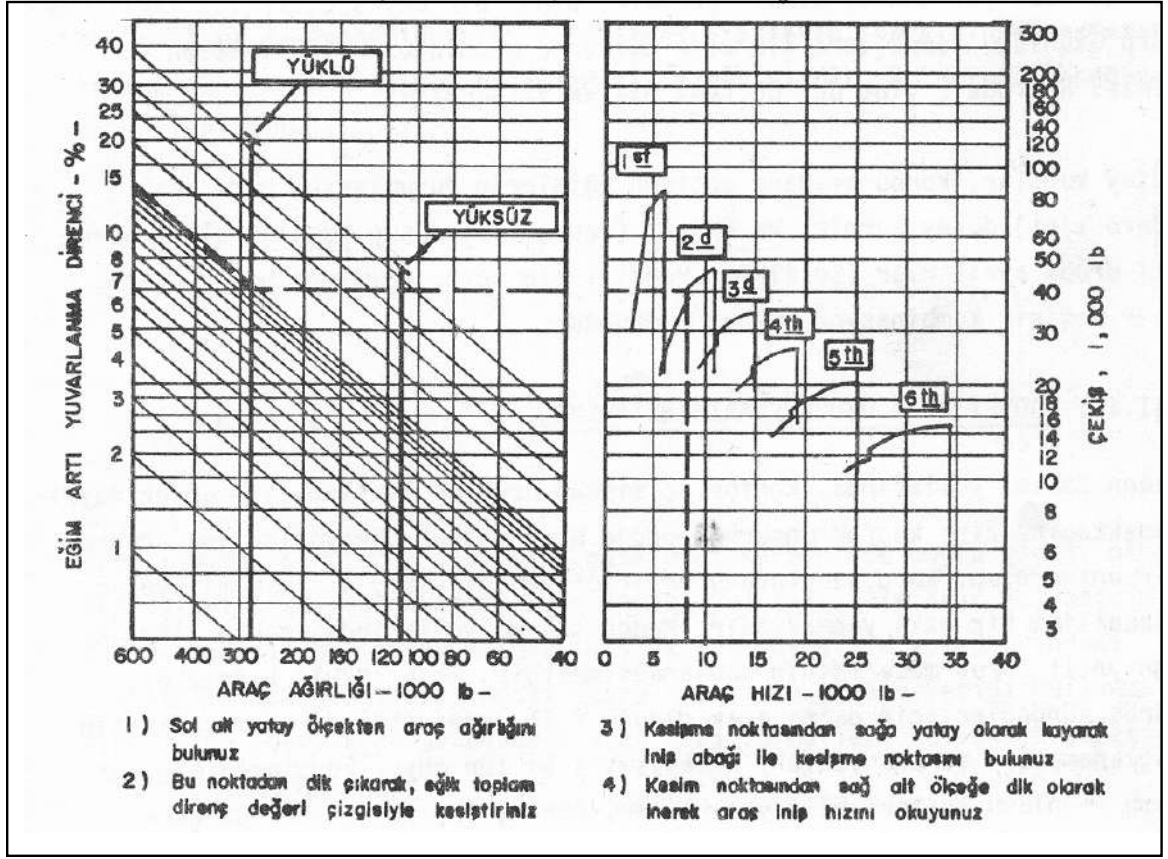


Şekil 4. Araç performans abağı.

Şekil 4'deki abağa çizili olan örneğe baktığımızda, yüklü ağırlığı 280000 lb ve yüksüz ağırlığı 110000 lb olan bir aracın, % 10'luk bir eğimi yüklü iken 2. vitesle ve 8 mph hızla tırmandığını, yüksüz halde ise aynı eğimi 5. vitesle ve 18 mph hızla tırmanabildiğini görüyoruz. Eğim % 5'e indiğinde ise bu değerler 4. vitesle 17 mph ve 6. vitesle 33 mph seviyesine ulaşmaktadır.

Bu tür analizin iniş hızı için bir benzerini yapabilmek, Şekil 5'de verilen abağı kullanmakla mümkündür. Bu abak (eğim-yuvarlanma direnci) değeri, yüklü ve yüksüz ağırlık ile iniş hızı arasındaki ampirik bağıntıyı vermektedir.

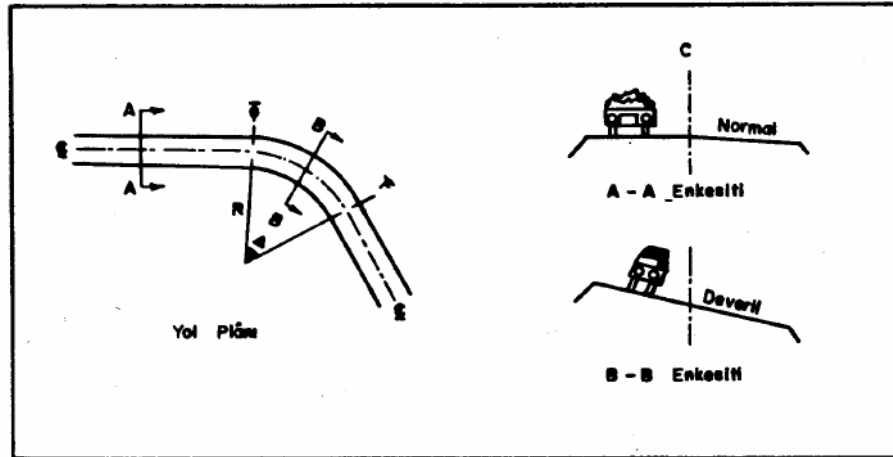
Böylece herhangi bir işletmenin üretim hızı ile taşınacak malzemenin taşıma hızı arasında istenen optimum şartların sağlanması sonucu elde edilecek yol proje hızını ve bu hızı sağlayacak emniyetli duruş mesafelerini ve gerekli azami eğim miktarını Şekil 2, Şekil 4 ve Şekil 5'deki abakları kullanmak suretiyle saptamak mümkündür. Bu girdiler yardımıyla artık iş, yolun geometrik ve kaplama dizaynlarını hazırlamak üzere yol mühendisine kalmaktadır. Bu noktada, aşağıdaki bilgiler sağlıklı olarak proje mühendisince bilinmektedir.



Şekil 5. Araç iniş hızı abağı.

#### 9.1.3.4. Dever yüzdesi

Dever, yol sathının, kurbu dönmekte olan araçların santrifüj kuvveti ile kurp dışına savrulmasını önlenmek amacıyla tek bir yüzde ile yol merkezi etrafında döndürülmesi demektir. (Şekil 6)



Şekil 6. Yatay kurpta yol platformunun enine yatırılması (dever uygulaması).

Bu savrulmayı önleyen mekanizmada iki eleman mevcuttur. Bunlar tekerlek-yol yüzeyi arasındaki sürtünme ve dever sayesinde yaratılan araç ağırlık bileşenidir. Bu noktada değişik kurp çapı, seyahat hızı ve sürtünme katsayısı arasındaki matematik ilişkilere girilmeden, taşıma yolu tasarımcıları için Kaufman ve Ault (1977)'un önerdiği ve Çizelge 2'de verilen değerlerin kullanılması tavsiye edilecektir. Bu tabloda verilen maksimum dever yüzdeleri, karayolları tasarımında kullanılan dever yüzdelerine oranla çok düşük bulunmaktadır. Bunun nedeni, taşıma yollarında daha düşük yançaplı kurpların kullanılması, dolayısıyla kurp uzunluklarının nisbeten kısa olması ve bu nedenle yüksek dever uygulanmasına imkan bulunmamasıdır.

Çizelge 2. Taşıma yolları için tavsiye edilen dever oranları (yol genişliği için mm/cinsinden).

Kurp Yarıçapı		Proje Hızı. V, km/saat (mil/sa)					
R(m)	(feet)	16(10)	25(15)	32(320)	40(25)	50(30)	55(35) ve üstü
15	(50)	0.04	0.04				
30	(100)	0.04	0.04	0.04			
45	(150)	0.04	0.04	0.04	0.05		
75	(250)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.06	
90	(300)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06
180	(600)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
300	(1000)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

Bu tablo iki yönlü hizmet vermektedir. Bunlardan biri verilen hız ve kurp yarıçapı değerlerine göre maksimum dever yüzdesinin bulunabilmesidir. Diğeri ise, uygulanabilen dever yüzdesine göre, gerekli hız azaltılmasının tesbit edilebilmesidir. Örneğin; 50 km/saat proje hızı için 45 metre yançaplı bir kurpta uygulanması gerekli dever yüzdesi tabloda yoktur. Ancak topoğrafik şartlar nedeniyle bu kurpta % 4 dever uygulanmışsa (0.04), taşıtların hızı bu kurba girmeden 32 km/saat hızına indirilmelidir.

#### 9.1.3.5. Rakordman mesafesi

Şekil 6'da görüldüğü üzere yolun AA normal kesiminde, platform normal bir enine eğime sahiptir. Bu eğim genelde, yol yüzeyi drenajını sağlayabilmek amacıyla % 2 civarındadır. Ancak topografya şartlarına göre değişik olabilir. Yatay kurba girildiğinde ise bu enine eğimin Çizelge 2 yardımıyla bulunan değerleri sağlaması gerekmektedir. Bu geçişin birdenbire olması, sürüş ve denge şartlarına uymayacaktır. Bu nedenle normal eğimden deverli eğime geçiş tedrici olarak rakordman mesafesi olarak tanımlanan bir uzunluk boyunca yol yüzeyine uygulanacaktır. Yani, rakordman mesafesi başlangıcında normal olan enine eğim, bu mesafe sonunda (kurbun içinde) maksimum devere ulaşacaktır. Yatay kurbun öteki girişinde ise bu işlem tersine uygulanacaktır. Rakordman mesafesi ( $L_s$ ) Çizelge 3'deki değerler yardımıyla bulunabilir.

Çizelge 3. Taşıma yollar için tavsiye edilen enine eğim değişim oranları.

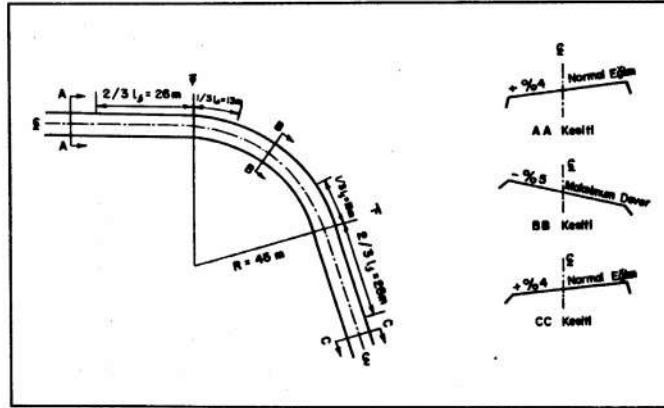
Proje Hızı km/saat (mil/sa)	16(10)	25(15)	32(20)	40(25)	50(30)	55(35) ve üstü
Her 30 metre mesafe için enine Eğim oranı (m/30 m)	0.08	0.08	0.08	0.07	0.06	0.05

Örneğin normal enine eğimi sola doğru % 4 olan ve 40 km/saat proje hızlı bir yolda uygulanması gereken dever yüzdesi Çizelge 2 yardımıyla ( $r=45$  m için) % 5 olarak (sağa doğru) bulunmaktadır. O halde yol enkesiti rakordman mesafesi boyunca ( $\%4 + \%5$ ) = %9 oranında değişmek durumundadır. Bu değişim için gerekli rakordman mesafesi;

Her 30 metre için % 7 (Çizelge 3) olduğuna göre;

$$L_s = \frac{9}{7} \times 30 = 3.52 = 39 \text{ metre olarak bulunur}$$

Rakordman mesafesinin başlangıcı, pratikte  $\emptyset$  noktasından  $2/3 L_s$  önce alınır. (Diğer uç için F noktasından  $2/3 L_s$  sonra). Bu suretle maksimum devere  $\emptyset$  noktasından  $1/3 L_s$  sonra ulaşılır. Kurban kalan kısmı maksimum devere geçilir ve maksimum dever F noktasından  $1/3 L_s$  kadar önce düşürülmeye başlanır. F noktasından  $2/3 L_s$  sonra yol normal eğimine kavuşur. Bu uygulamaya bir örnek, yukanda  $L_s$  mesafesi 39 metre olarak bulunan şartlar için Şekil 7'de verilmiştir. Rakordman mesafesi boyunca yapılacak bu eğim değişikliği, mesafe ile doğru orantılı olacaktır.



Şekil 7. Rakordman mesafesinin uygulaması.

### 9.1.3.6. Taşıma yolu genişliği standartları

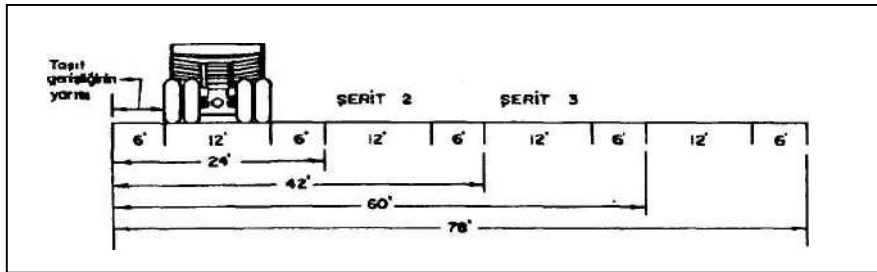
Emniyetli ve kesintisiz servis için gerekli manevra sahası imkanı verecek tarzda yol genişliği tayini, taşıma yollarının tasarımıda önemli bir rol oynamaktadır. Yolcu ve ticari taşıtların taşındığı karayollarında yol genişlikleri kesin standartlara bağlanmış durumda iken, çok çeşitli boyut ve ağırlıktaki araçların geçişine açılan taşıma yollarında belirli standartlar tutturmak mümkün değildir.

### 9.1.3.6.1. Düz yol kısmı genişlikleri

Taşıma yollarının düz kısımlarında (yatay kurplar dışında) yol genişliğinin yolu kullanacak en geniş araca göre tesbit edilmesi gerekmektedir. Ancak araç genişliğinin emniyet payı ilave edilerek kullanılması, trafik akışını hızlandırarak üretimi artırması bakımından önemlidir. Literatürde bu konuda çeşitli tavsiyelerde bulunmaktadır. Çizelge 4 ve Şekil 8'de verilen değerler, tek ve çok şeritli yollarda taşıt genişlik ve emniyet paylarına göre düzenlenmiş taşıma yolu genişliklerini içermektedir.

Çizelge 4. Düz taşıma yolu kesimlerinde tavsiye edilen yol genişlikleri (Kaufman ve Ault 1977).

ARAÇ GENİŞLİĞİ, feet	Tek Şeritli	İki Şeritli	Üç Şeritli	Dört Şeritli
8	16	28.0	40	52.0
9	18	31.5	45	58.5
10	20	35.0	50	65.0
11	22	38.5	55	71.5
12	24	42.0	60	78.0
13	26	45.5	65	84.5
14	28	49.0	70	91.0
15	30	52.5	75	97.5
16	32	56.0	80	104.0
17	34	59.5	85	110.5
18	36	63.0	90	117.0
19	38	66.5	95	123.5
20	40	70.0	100	130.0
21	42	73.5	105	136.5
22	44	77.0	110	143.0
23	46	80.5	115	149.5
24	48	84.0	120	156.0
25	50	87.5	125	162.5
26	52	91.0	130	169.0
27	54	94.5	135	175.5
28	56	98.0	140	182.0



Şekil 8. Foot genişlikteki taşıtlar için Çizelge 4'den elde edilen yol genişliklerinin tek ve çok şeritli yollar için açıklanması.



Çizelge 4'de verilen tek şeritli yol genişliği, görüş mesafesinin duruş mesafesinden fazla olduğu şartlarda geçerlidir. Bunun aksi olduğu yani görüş mesafesinin fren mesafesinden küçük olduğu zorunlu yol kesimlerinde tek şeritli yol genişliğinin yolu kullanacak araç genişliğinin 2.5 katı kadar olması gerekir. Yine tek şeritli yollarda, geniş aracın yolda bozulup yolu tıkaması halinde, kendisine eşit genişlikte bir aracın yolu kullanabilmesini sağlamak amacıyla, Çizelge 4 değerlerine en az 4 foot(ayak) genişliğinde bir ilave şerit ilavesi de tavsiye edilmektedir.

#### **9.1.3.6.2. Yatay kurplarda yol genişliği**

Keskin yatay kurplannın kullanılması mecburi olan yol kesimlerinde, taşıtların bu keskin kurpları dönebilmelerine olanak verecek tarzda yol platformu genişletmesine gitmek mecburidir. Diğer bir deyişle, yolun kurpsuz düz kısmı için tesbit edilen yol genişliği, keskin kurplarda aynı kalmayacaktır. Zira, aracın düz yoldaki genişlik ihtiyacı ile dönüş sırasında gerek duyacağı manevra genişlik miktarı aynı değildir. Dönüş sırasında ön ve arka aksların hareketleri, düz giden araç için gerekenden daha fazla bir alana ihtiyaç göstermektedir. Bu ekstra genişlik ihtiyacı, araç uzunluğu arttıkça daha da fazlaşmaktadır. Bu nedenle, değişik araç kategorileri için şerit sayısı ve kurp iç yarıçapı değişkenlerine göre tavsiye edilen "Keskin Kurplarda Yol Genişlikleri" değerleri, tekil araç ve kombine araçlar için Tapkın ve Karpuz (1986)da sunulmuştur.

#### **9.1.3.6.3. Enine eğimler**

Yol platformunun enine olarak sıfır eğimde inşa edilmesi, sürücünün direksiyon kullanımına rahatlık getirecek, fakat, yol yüzeyinde toplanan suyun kenarlara drenajını engelleyecek bir husustur. Bu nedenle yol platformunun, drenajı sağlayacak ve direksiyon kullanımını kötü yönde fazlaca etkilemeyecek tarzda enine eğimlendirilmesi gerekmektedir.

Enine eğim değeri, hemen tüm referanslarda yol genişliğinin her metresi için 2-4 cm arasında verilmektedir. Bu alt ve üst limitler arasındaki hangi değer kullanılabileceğinin tayini, yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır. 2 cm/metre eğim, suyu çabucak drene edebilecek nisbeten düz yol yüzeyleri için kullanılabilir. Asfalt betonu bu sınıfa dahildir. Ancak daha kötü yol yüzeylerinde de bu minimum eğim kullanılabilir. Örneğin buz ve çamur birikimine sahip yol yüzeylerinde, kaymayı önlemek için 2 cm/metre eğim kullanılmalıdır. Kar ve çamurun etkin olmadığı nisbeten pürüzlü yol satırlarında 4 cm/metre enine eğim tercih edilmelidir. Bu şekilde yüzey suyu çabuk drene edilerek suyun taban ve/veya alttabana sızması önlenir. Bu maksimum eğim, sıkı çakıl ve kırmataş yol yüzeyleri için de uygulanabilir bir değerdir.

Enine eğimin miktarı kadar yönü de önemlidir. Her iki kenarı da kazıda kalan kesitlerde eğim yönü önemli değilken, dolgu kesitlerde daha derin dolguda kalan yol kenarı yükseltilmeli, diğer kenar düşürülmelidir. Bu şart tek şeritli yol kesimleri için geçerli olup, iki üç veya dört şeritli taşıma yollarında, ortak merkez hattı en yüksek noktada kalmalı, yolun sağ ve sol kenarları enine eğim miktarı kadar aşağıya alınmalıdır. Üç şeritli yollarda iki şerit bir yöne ve diğer şerit diğer yöne doğru eğimlendirilmelidir. Aynı eğime sahip olan iki şerit aynı yönde trafik için kullanılmalıdır.

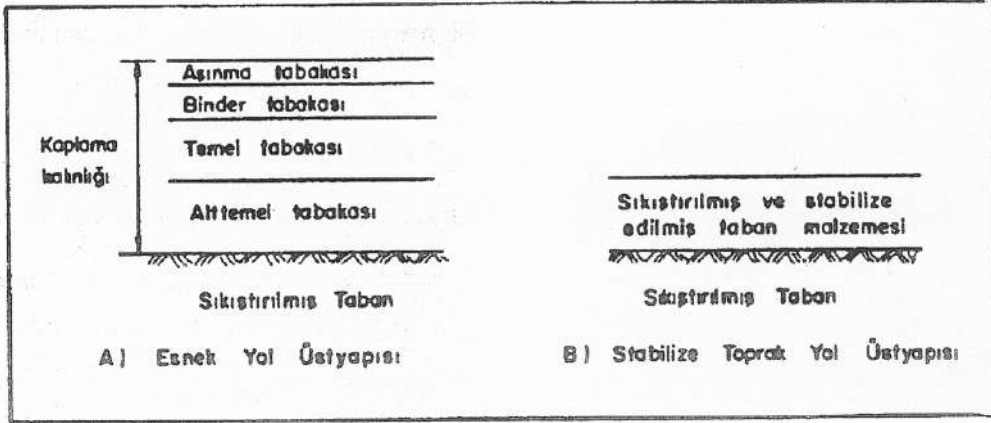
#### **9.1.3.6.4. Palyeler**

Taşıma araçlarının taşıma yolunun dışına kaza ile çıkma durumlarında bir emniyet tedbiri olarak palyelerin oluşturulması öngörülmektedir. Toprak sıyırması ile oluşturulan yumuşak ve toprak arka dolgulu kaya parçalarından oluşturulan iki genel tipi vardır.

#### 9.1.4. Taşıma Yolu Kaplama Tasarımı

##### 9.1.4.1. Genel

Genel olarak yol kaplaması yolu kullanacak araçların ağırlık ve yük tekrarları altında mevcut taban tabakasının belirlenmiş bir proje ömrü süresince istenen seviyede servis verebilmesi için iyileştirilmesi amacıyla üzerine konacak tabaka veya tabakaların kalite ve kalınlık tayinlerini kapsayan bir terimdir. Bu amaca yönelik iki tür kaplamadan bahsetmek mümkün olup, birincisi tabakaların esnek davranış gösteren malzemelerden oluşturulduğu esnek kaplamalardır. İkinci tür ise yük taşıyan asıl yüzey tabakasının Portland çimentosu betonundan teşkil edildiği rijit kaplamalardır. Bu türlere, maliyet açısından düşük ancak hizmet ömrü ve servis kabiliyeti bakımından oldukça verimsiz sonuçlar veren, mevcut taban malzemesinin bir takım usullerle stabilizasyonu sonucu sıkıştırılmasıyla elde edilen stabilize toprak yol tipini eklemek mümkündür. Açık ocak taşıma yolları projelendirilmesinde, genellikle toprak yollar kullanılmaktadır. Ocağın işletme ömrünün uzun olduğu durumlarda ise esnek kaplama tipinin kullanılmasına yer verilmektedir. Bu nedenle bu bölümde esnek ve toprak yol kaplama tasarımlarına yönelik bilgilere özet olarak yer verilecektir. Çok genel tanımıyla esnek kaplama ve stabilize toprak yol enkesitleri Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Tipik esnek kaplama enkesitleri.

##### 9.1.4.2. Alt temel

Yol tasarımındaki en önemli hususlardan birisi, yol yüzeyinin altında dengeli bir temel yaratabilmektir. Üzerinden geçecek trafik yük ve sıklığını taşımaktan aciz bir taban tabakasının üzerine doğrudan doğruya aşınma tabakasını örtmek, araçların mobilitesini ve sürüş kontrollarını olumsuz yönde etkileyecektir. Bunun da ötesinde, yol yüzeyinin altında yetersiz bir taşıyıcı tabakanın bulunmuş olması, tekerlik izi oluşumuna, malzemenin tabana gömülmesine ve taşıma yolunun tamamen bozulmasına neden olacaktır. Böylece hazırlanmış yolun yeterli servisi verebilmesi için çok büyük bakım ve onanm giderleri gerekecek ve sonuçta bakım masrafı karşılanamaz hale gelirken yol bakım süresince servise kapatılmak zorunda kalınacaktır.

Tabii taban malzemesini yeterli hale getirecek bir alttemel tabakasının tüm ayrıntıları ile inşası, ilk bakışta ekonomik açıdan bir külfet gibi görünecektir. Ancak uzun vadede, böyle bir temel malzemesinin varlığının, işletmenin üretim hızı ve taşıma şebekesinin işlerliği birarada

düşünüldüğünde, çok büyük yararlar getireceği ve bu yararların ilk yatırımdaki fazla maliyeti kapatarak işletmeyi karlı hale getireceği düşünülmelidir.

Çoğu açık işletmelerde arazide mevcut tabii toprak tabakası yol yüzeyinin altındaki taşıyıcı temel görevini üstlenmektedir. Taş gömülü zemin formasyonlarında, yol yüzey malzemesinin doğrudan bu formasyon üzerine döşenmesi yeterli olabilir. Ancak bu yeterliliğin asıl ölçüğü, mevcut zemin tabakasının, yolu kullanacak taşıt ağırlıklarını emniyetli bir şekilde taşıyıp taşımayacağını bilimsel olarak tayin edilmesidir. Çeşitli zeminlerin taşıma kapasitesinin tayininde kullanılmak üzere tablolar ve teknisyenlerle yapılacak çok basit deneyler sonucu elde edilen veriler (CBR-Kaliforniya Taşıma Oranı, Yatak Katsayısı, v. s. ) kullanılarak taşıyıcı temel ve alttemel tabaka kalınlıklarının belirlemek için abaklar hazırlanmıştır.

Bu seriden olmak üzere, çeşitli zemin gruplarının  $\text{kg/cm}^2$  cinsinden yaklaşık taşıma kapasiteleri Çizelge 5'de sunulmuştur. Maksimum kapasitede yüklenen çoğu taşıma araçlarının tekerlek basınçları, tekerlekleri tavsiye edilen ölçüde şişirilmiş olduğu takdirde,  $8 \text{ kg/cm}^2$  değerini pek aşmamaktadır. Dolayısıyla, yaklaşık olarak bu değer üzerinde taşıma kapasitesine sahip zeminlerin, alt temel ve temel tabakaları kullanılmadan, örtme tabakasıyla kapatılmak suretiyle taşıma yolu olarak servis vermesi mümkündür. Ancak zeminin taşıma kapasitesi bu değerden düşük ise, taban malzemesinin üzerine destekleyici ve taşıma kapasitesini yükseltici ilavelerde (temel, alttemel) bulunmak şarttır.

Çizelge 5. Çeşitli zemin sınıflarının yaklaşık taşıma kapasiteleri.

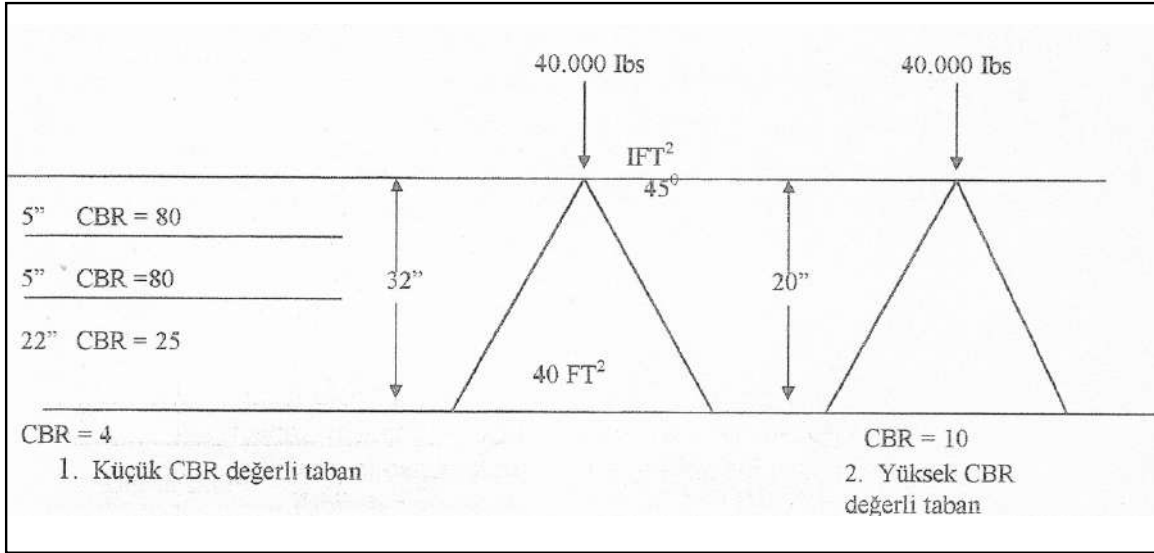
Zemin Malzemesi	Taşıma Kapasitesi $\text{kg/cm}^2$
Sert Kaya	60
Orta sert kaya	35
Kaya taban üzerinde sert küskülük	12
Sıkı çakıl ve iri-taşlı çakıllı formasyon, sıkı kum-çakıl	10
Yumuşak kaya	8
Gevşek çakıl veya kumlu çakıl, sıkı kum veya çakıllı kum, Çok sıkı kum-organik olmayan siltli zemin	6
Sert-kuru konsolide kil	5
Gevşek orta-iri kum, orta sıkılıkta ince kum	4
Sıkı kum-kil zeminler	3
Gevşek ince kum, orta sıkılıkta kum-organik olmayan siltli zeminler	2
Sıkı veya sert kil	1.5
Gevşek doymuş kumlu killi zeminler, orta yumuşak kil	1

Mevcut zeminin veya taban üzerine serilecek değişik malzemelerin taşıma kapasitelerini tayin etmek, taban üzerine konulacak tabaka kalınlıklarını tayin etmekte gerekli ilk ve en önemli adım olmaktadır. Yol mühendislerince bu tayini yapmakta kullanılan CBR (Kaliforniya Taşıma Oranı) deneyi, çok basit olarak, eldeki taban malzemesinin (veya genelde herhangi bir malzemenin) taşıma kapasitesinin, kırmataş taşıma kapasitesine oranı olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle, mühendislik yapılarında kullanılan en sağlam zemin şartlarını oluşturan kırmataş malzemenin CBR değeri 100 olarak kabul edilir. Diğer malzemelerin CBR değeri de bu maksimum değer altında sıralanırlar.

Kumlu kilin CBR değeri 6-10 arasında değişirken, temiz kumun 15-40, kırmataş agreganın ise büyüklüğüne göre 80-100 arasında değişmektedir. CBR değerini saptayabilmek için standart CBR deneyini arazide veya laboratuvarında uygulamak gerekir. Fazla yatırım gerektirmeyen bu deney aletinin, orta büyüklükte bir maden işletmesi laboratuvarında bulunması, yol geçirilecek olan zeminin CBR değerinin tam olarak saptanabilmesi ve yol kalınlık tasarımının maden mühendisince yapılabilmesini de sağlaması bakımından önemlidir. Bu deney aletinin nitelikleri ve bu aletin kullanılmasıyla malzemelerin CBR değerlerinin bulunabilmesi konusunda bilgiler çok çeşitli laboratuvar al kitapları ve zemin mekaniği kitaplarında mevcuttur

Bu bölümde, malzemenin (taban veya temel malzemeleri) CBR değerlerine bağlı olarak taşıma yolu kaplama tasarımına ilişkin yöntem tarif edilecektir. Bu yöntemin yanısıra, ağır yükler altında çalışacak yol kalınlığı hesabı için çok sayıda başka yöntemler de mevcuttur. (Grup indisi, don derinliği, AASHO, çokkatlı elastik tabaka, Asphalt Institute metodları gibi). CBR metodu, bu metodlar yanında, girdilerinin basitliği açısından en pratik olanıdır. Diğer metodlar için gerekli bilgiler çeşitli kitaplarda mevcuttur (Yoder ve Witczak, 1975).

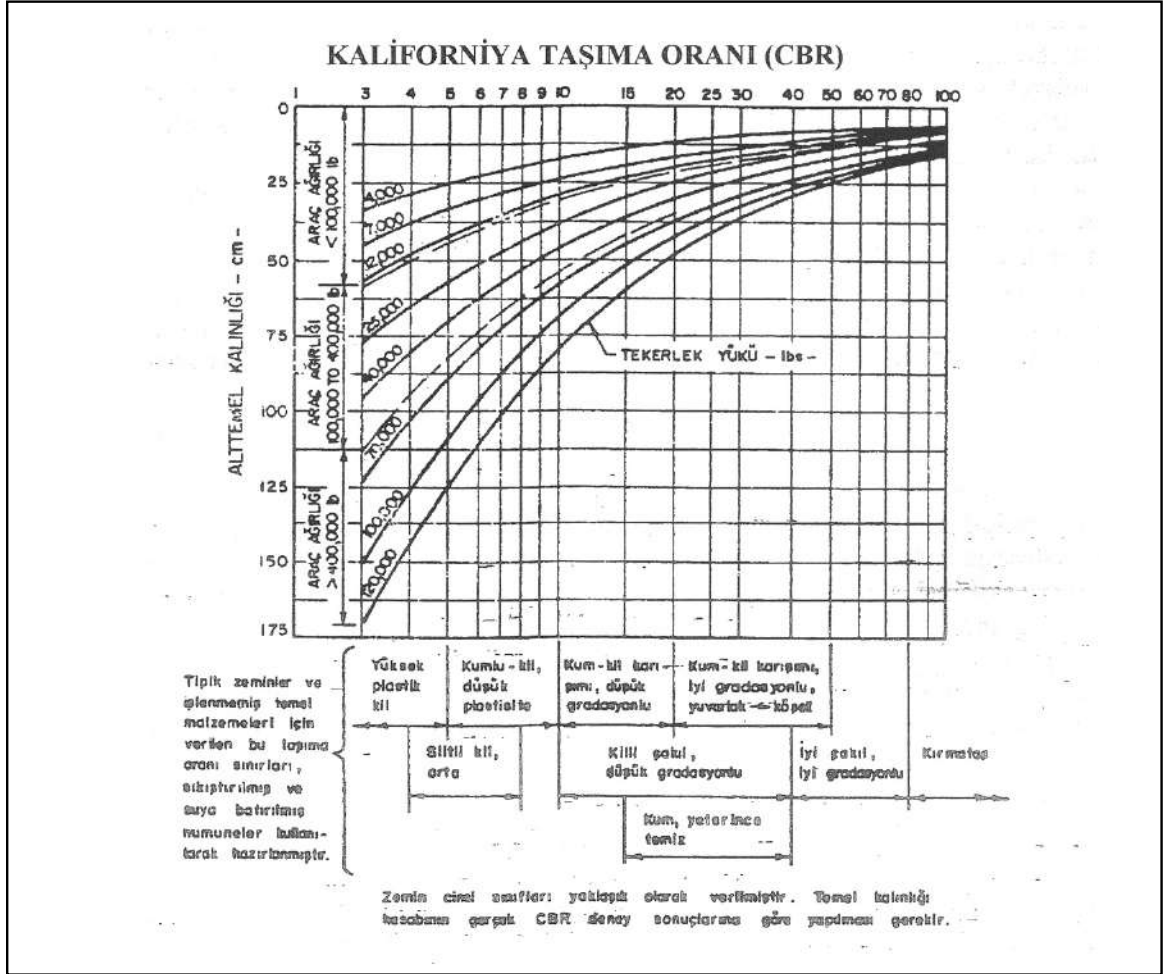
Burada vurgulanması önemli bir husus da, üzerine gelen yükü taşıyacak esas tabaka, en alttaki bulunan taban malzemesidir. Kaplama tabakaları, tekerleğin yükünü tabana aktaran birimlerdir. Taban malzemesi zayıfladıkça (CBR değeri azaldıkça) tekerleğin yükünü tabana aktaracak tabaka ve/veya tabakaların kalınlıkları da artacaktır (Fung, 1981). Şekil 10 bu durumu açıklamaktadır. 40.000 Pound (~ 20 ton) tekerlek yükü bir no. lu taban malzemesinde daha geniş bir alan tarafından taşınırken (Düşük CBR değeri), iki no.lu seçenekte daha dar bir alan tarafından taşınmaktadır.



Şekil 10. Tekerlek yükünün taban birimine aktarılması.

Çeşitli zemin sınıflarına karşı gelen yaklaşık CBR değerleri Şekil 11'de sunulmuştur (Kaufman ve Ault 1977). Bu abak sayesinde, CBR değeri belli olan zeminin hangi sınıfa girdiğini tesbit etmek mümkün olduğu gibi, CBR deneyinin yapılması mümkün olmayan durumlarda zemin sınıfının bilinmesi halinde yaklaşık CBR değerini tahmin etmek mümkün olmaktadır. Şekil 11 'deki eğriler

aynı zamanda geniş bir CBR varyasyonu içinde gerekli alttemel kalınlığı değerini de vermektedir. Değişik zemin tipleri için gerekli alttemel kalınlığının tesbitine olanak sağlamak amacıyla tipik zemin cinslerine ve işlem görmemiş alttemel malzemelerine rastlayan CBR değerleri arasındaki ilişki abağın alt ve üst eksenleri arasında sağlanmıştır. Bu noktada, zemin cinsinden girerek CBR değerini tesbit etmenin oldukça yaklaşık bir sonuç vereceğini belirtmek gerekir. Bu nedenle, bu abaktan bulunan CBR değerlerinin gerçek deney sonuçları yerine kullanılması, sadece kaba bilgi istendiğinde yapılmalıdır. Emniyetli tarafta kalabilmek için verilen zemin cinsi için bulunan en düşük CBR değeri kullanılmalıdır.



Şekil 11. Çeşitli malzemeler için CBR-tekerlek yükü-alttemel kalınlığı ilişkileri.

Bilinen CBR değerini kullanarak, alttaki zeminin (taban) üzerine konulması gerekli üst yapı kalınlığını bulabilmek için, taşıma yolunu kullanacak en yüksek tekerlek yükünü saptamak gerekmektedir. Tekerlek yükü, araç üreticisinin verdiği teknik bilgilerden yararlanarak kolayca bulunabilir. Örneğin bir proje aracı için azami dingil yükü spesifikasyonlarda verilmişse, bu yükün dingildeki tekerlek sayısına bölünmesi ile azami tekerlek yükü bulunur ve abakta bu değer kullanılır. Tekerleğin ikiz aksa monte edilmiş olduğu durumlarda bu değer % 20 oranında artırılır.

Son zamanlarda üretilen taşıtların tekerlek yükü özellikleri için bir gösterge olarak abak üç kategoriye ayrılmıştır. Her kategori tam yüklü halde tekerlek yükü sınırlarını göstermektedir.

Zemin CBR değeri ve azami tekerlek yükü tesbit edildiğinde, bu proje yükünü taşımak için gerekli üst yapı kalınlığını abaktan tayin etmek mümkündür. Bu abak sadece taban üzerine konacak alttemel kalınlığını değil, örneğin CBR değeri bilinen bir alttemel malzemesinin üzerine konacak temel kalınlığını da bulmakta kullanılabilir. Abağın kullanılmasını daha iyi anlayabilmek için aşağıdaki örnek verilmiştir.

Örnek:

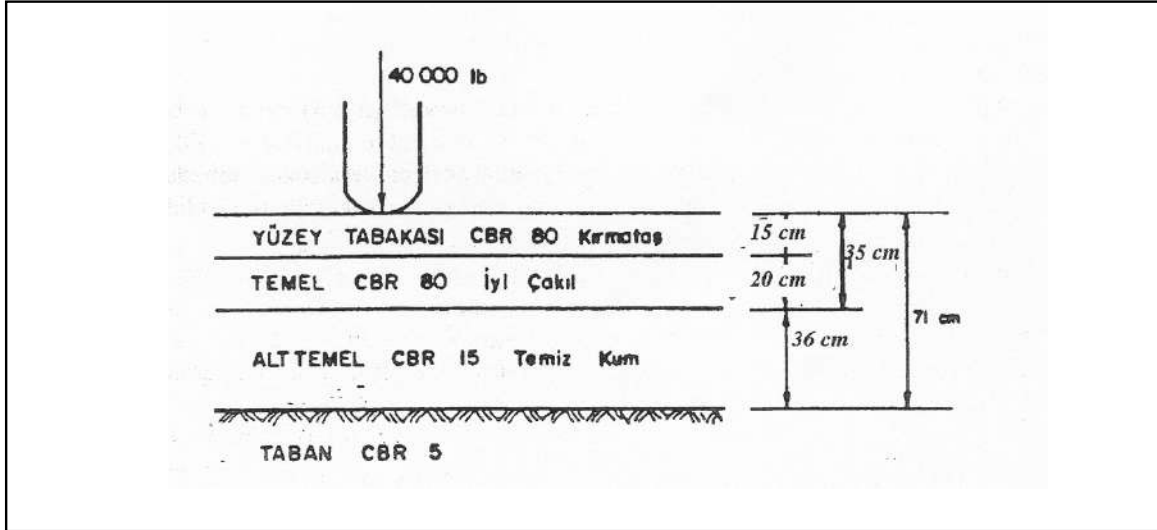
Orta plastisitede siltli kum (milli kum) bir taban malzemesinin CBR değeri 5'dir. Azami tekerlek yükü proje değeri 40000 lb olan bir taşıma yolu bu taban üzerine oturacaktır. Alttemel malzemesi olarak CBR değeri 15 olan oldukça temiz kum tabakası kullanılacaktır. Satın tabakası ise CBR değeri 80 olan iyi çakıl olacaktır. Bu şartlar altında bu yolun tabaka kalınlıklarını bulunuz.

Çözüm:

ADIM 1) Şekil 11 abağı kullanıldığında CBR 5 ve tekerlek yükü 40000 lb için alttemel kalınlığı 71 cm olarak bulunmaktadır. Bunun anlamı ise yol yüzeyinin taban kotundan 71 cm yukarıda olması gereğidir.

ADIM 2) Alttemel malzemesinin CBR değeri olan 15 ile 40000 lb. yük eğrisi 35 cm derinlikte kesişmektedir. Dolayısıyla alttemel tabakası 36 cm (71-35) kalınlığında olacaktır. Alttemel tabakası üstü ile satın arasında 35 cm (71-36) derinlik bulunacaktır.

ADIM 3) Yüzey tabakası olarak kullanılacak iyi çakılın CBR değeri olan 80 ile 40000 lb yük eğrisi 15 cm derinlikte kesişmektedir. Dolayısıyla çakıl tabakası kalınlığı 20 cm (35-15) olarak, ve bu tabakanın üzerine 15 cm kalınlığında nihai kaplama tabakası serilecektir. Bu örnek için tasarlanan yol üst yapı kesiti Şekil 12'deki gibi olacaktır.



Şekil 12. Verilen örnekte hesaplanan kaplama tabaka kalınlıkları.

Tabaka kalınlıklarının tesbitinden sonra, bu tabakaların inşa sırasında yerlerine gerekli mühendislik kurallarına uyularak yerleştirilmeleri gerekir. Kullanılan malzeme ne olursa olsun, alttemel ve temel malzemeleri 20 cm'yi aşmayan kalınlıklarda serilerek sıkıştırılmalıdır. Bitmiş yüzeyin stabilitesini sağlamak amacıyla, malzemeler yol proje genişliğinden en az 60 cm daha geniş serilmelidir ve sıkıştırılmadan önce ıslatılmalıdır. Bu tabakalar normal olarak ağır çelik bandajlı silindirlerle sıkıştırılmalıdır. Ancak işletmenin elinde bu tür silindirler olmadığı takdirde, yüklü ağır makinalar sıkıştırma için kullanılabilir. 20 cm azami kalınlıktaki her tabaka daha fazla ezilmeyecek hale gelinceye kadar çok sayıda geçiş suretiyle sıkıştırılacaktır. Çeşitli malzemelere ait en uygun sıkıştırma makine ve metodlar hakkında geniş bilgi çeşitli referanslardan elde edilebilir (Peurifoy 1970, Forrsblad 1981, Haterley ve Leaver 1967 gibi).

#### 9.1.4.3. Sıkıştırılmış çakıl ve kırmataş yüzey tabakası

İşletme ömrü fazla uzun olmayan maden işletmelerinin büyük çoğunluğu bu tür bir yol kaplamasını tercih edebilmektedir. Gerek çakıl ve gerekse kırmataş kaplamalar, şartnamesine uygun olarak inşa edildikleri ve bakıldıkları sürece, yüksek adezyon katsayısı ve düşük yuvarlanma direnci verecek şekilde yeterli performans göstermektedirler. Bu tip kaplamaların en büyük avantajı düşük maliyete ve kısa yapım süresine sahip olmalarıdır. Bilhassa kısa dönemlerde güzergahlarının değişmesi muhtemel ağır vasıta taşıyan yollar için bu kaplama türü rantabl olmakta, asfalt betonu yol için yüksek yatırıma gitmeye gerek kalmamaktadır.

Bu tip kaplamalar için, yol üst yapısı kalınlıklarının tayini yine daha önce anlatıldığı gibi yapılacaktır. Şekil 11 'den hesaplanacak alttemel kalınlığının üzerinde kalan kalınlık, çakıl veya kırmataş temel ve aşınma tabakası kalınlığı toplamı olacaktır.

Bazı durumlarda temel ve aşınma tabakası için aynı tip malzeme kullanılabilir. Bunların beraber, temel malzemesi 10 cm boyutlarında parçalar da içeriyorsa, aşınma tabakası malzemesinin daha da ince olması gerekmektedir. T.C. Karayolları bu tip temel ve aşınma tabakası malzeme gradasyonlarını (1980, 1983) vermiş olmasına karşın, bu gradasyonlar daha ziyade yük tekrarı fazla, ancak yükü az olan karayolları için geçerli olmaktadır. Çizelge 6 ise taşıma yollar için tavsiye edilen çakıl veya kırmataş aşınma tabakası gradasyonunu vermektedir. Bu şartnameyi tutturun veya daha ince tarafta kalan gradasyonlar, taşıma yolları aşınma tabakası inşaatı için geçerli olan karışımlar olarak kabul edilmektedir.

Çizelge 6. Çakıl veya kırmataş aşınma tabakası gradasyon limitleri ve zemin karakteristikleri (Kaufman and Ault,1977).

ELEK AÇIKLIĞI (inç)	GEÇEN MALZEME (%)
1 1/2"	100
1"	98
3/4"	92
3/8"	82
4	65
10	53
40	33
200	16
Likit Limit	25. 2
Plastik Limit	15. 8
Plastiklik Endisi	9. 4
Serme sırasındaki optimum nem yüzdesi	%12. 2

Dere malzemesi (çakıl ve kum) maden işletmelerinde çoğunlukla mevcut olan malzemedir. Bu yüzden bu tuvenan malzeme ucuz maliyetli aşınma tabakası malzemesi olarak kullanılabilir. Ancak, bu malzeme verilmeden önce iri taş ve çakıllardan, birkişel malzemelerden ve diğer zararlı bileşenlerinden arıtılmalıdır. Aşınma tabakası için kullanılabilir diğer malzeme türleri; ince patlatılmış kaya parçaları, cüruf, aynışmış granit ve şeyl, volkanik kül, mil artıkları gibi malzemelerdir.

#### 9.1.4.4. Drenaj yapımı

Taşıma yollannın işletmesi ve emniyeti açısından önemli bir yer tutan konu, yol boyu yeterli drenajın sağlanması ve taşıma yolunun suyun tahrip etkisinden korunması sorunudur. Taşıma yollarında drenaj kenar hendekleri ve bu hendeklerden gelen suyu boşaltan menfezler yardımıyla sağlanır. Hendeklerin tasarımı için bölge yağış rejiminin ve akışın bilinmesi gerekir. Konu ile ilgili ayrıntılı bilgi ilgili kaynakta mevcuttur. (Tapkın ve Karpuz, 1986).

#### 9.1.5. Yol Bakım Gereksinimi

Taşıma yolunun alt ve üst yapısı ne kadar ayrıntılı ve modern şekilde planlansa ve inşa edilse dahi, taşıdığı taşıt ve makinalann devamlı etkisi altında mutlaka deforme olacaktır. Kullanılan yüzey malzemesi ile bu deformasyon belli bir ölçüde kontrol edilebilirse de, emniyet ve ekonomi yönünden işletmecinin düzenli bir yol bakım programı uygulaması zorunludur. Bu konu ile ilgili ayrıntılı bilgi Tapkın ve Karpuz (1986)'un hazırlamış olduğu seminer kitabında bulunabilir.

## KAYNAKLAR

- Forsblad, L., 1981, "Vibratory Soil and Rockfill Compaction", Dynapac Maskin AB, Solna, Sweden, 175 sayfa.
- Fung, R., 1981, "Surface Coal Mining Technology, Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, USA, 30 pp.
- Hatherly, L. W. and Leaver, P. C., 1967, "Asphaltic Road Materials", Edvard Arnold Ltd, London, 379 sayfa.
- Kaufman, W. W. and Ault, J. C., 1977, "Design of Surface Mine Haulage Roads-A Manual", Pittsburgh Mining and Safety Research Center, Bureau of Mines, Pittsburgh, 68 sayfa.
- Peurifoy, R. L., 1970, "Construction Planning, Equipment and Methods", McGraw-Hill, Civil Engineering Series, Koga Kusha Company, Tokyo.
- Pfleider, P. E., 1972, "Surface Mining", The American Institute of Minin, Metallurgical and Petroleum Engineers, in., s. 553-570.
- Tapkın, H. ve Karpuz, C., 1986, "Açık İşletmelerde Taşıma Yollarının Tasarımı ve Bakımı" ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Proje Kod No 86-03-05-010, Ankara, 101 sayfa.
- T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü, 1983, "Bitümlü Kaplamalar Fenni Şartnamesi", K.G.M. Matbaası, Ankara, Yayın No. 171, 204 sayfa.
- T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü, 1980, "Yollar Fenni Şartnamesi", K.G.M. Matbaası, Ankara, Yayın No: 170/1.
- Yoder, E. J. and Witczak, M. N., 1975, "Principles of Pavement Design", John Wiley and Sons Inc. 711 sayfa.





**Prof. Dr. Senai SALTOĞLU**

## **9.2. KAMYON TAŞIMACILIĞI**

### **9.2.1. Genel Bilgiler**

Lastik tekerlekli taşıma araçları özellikle 2. Dünya Savaşından sonra çok büyük gelişmeler göstermiştir. 2. Dünya Savaşı sırasında sadece 15-20 ton yük taşıyabilen kamyonların taşıma kapasiteleri son senelerde 300-350 tona yükselmiş bulunmaktadır. Bu tip kamyonlarda her tekerlekte müstakil elektrik motoru bulunmakta olup manevra ve dönüş yapabilmeleri kolay ve hızlı bir şekilde olabilmektedir. Lastik tekerli araçların kapasitelerindeki gelişmeler beraberinde ekonomikliği de getirmiştir. Dolayısıyla beher m<sup>3</sup> kasa hacmi için yatırım daha az olduktan başka şoför ve personel masrafı da azalmaktadır. Ayrıca ekskavatörlerin kepçe hacimleri büyüdükçe bir kamyon kasa hacminin 2-3 kepçe veya en az 1 kepçe hacmi kadar büyümesi zorunluluğu, büyük kapasiteli kamyonların yapımı hususunu gündeme getirmiştir.

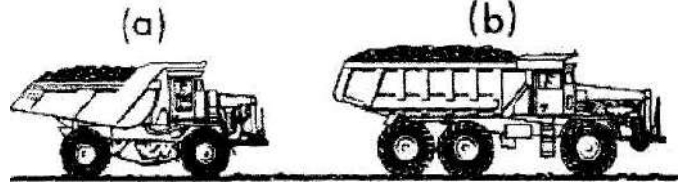
Bu avantajlara karşılık kamyon ağırlığı arttıkça yol yüzeylerinin daha büyük basınca mukavemetli olması, virajların daha geniş tutulması ve özellikle güzergahta bulunabilecek köprü mukavemetinin daha yüksek olması gerekir. Bu sebeple kullanılacak en ağır kamyon arazi şartlarına göre sınırlıdır veya bu araçlara göre yol yapımında gerekli standartlara uyma zorunluluğu vardır. Aşın yük taşıyan bu kamyonların karayollarına çıkışları yasaktır.

Açık işletmelerde kullanılan kamyonlar yüklerini boşaltma durumuna göre aşağıdaki sınıflara ayrılır:

1. Arkadan boşaltmalı veya damperli kamyon
2. Yandan boşaltmalı kamyon
3. Alttan boşaltmalı kamyon

Arkadan ve yandan boşaltmalı kamyonlar genelde dekapaj, alttan boşaltmalı kamyonlar ise kömür taşımada kullanılır.

Kamyon taşımacılığı özellikle sert arazinin patlayıcı madde ile gevşetilip ekskavatörle yüklenmesinin söz konusu olduğu madenlerde uygulanır. Kamyon, arazinin topoğrafik durumuna kolaylıkla uyum sağlayan bir taşıma aracıdır. Ayrıca bu taşımacılığın önemli bir üstünlüğü de kamyonlardan bir veya ikisinin anılanarak devre dışı kalması durumunda ekskavatörün yükleme faaliyetinin durmaması ve ayrıca sistemin şartlara kolaylıkla uyabilme esnekliğinin bulunmasıdır. Şekil 13 açık işletmelerde kullanılan dört ve altı tekerlekli damperli kamyonları göstermektedir.



Şekil 13. Dört ve altı tekerlekli damperli kamyonlar.

### 9.2.2. Kamyon Sayısının Hesaplanması

Bir açık işletmede gerekli kamyon sayısı hesabında başta ekskavatör kapasitesi olmak üzere arazi topografyası, rezerv miktarı, örtü tabakası cinsi ve kalınlığı, yıllık faydalı mineral üretimi ile dekapaj miktarı, taşıma yolunun meyil, yapı ve uzunluğu, yıllık ve günlük çalışma zamanı, kullanılacak kamyonların teknik özellikleri vb. hususların etkisi göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

Gerekli kamyon sayısı nbağıntısından hesaplanır. Ekskavatör iş miktarının tespitinde, yılda ve

$$n = \frac{\text{Ekskavatör iş miktarı} (m^3 / sa \text{ veya } ton / sa)}{\text{Kamyon iş miktarı} (m^3 / sa \text{ veya } ton / sa)}$$

gündeki verimli çalışma saati, periyot süresi, kepçe hacmi, kepçe dolma faktörü ve malzemenin kabarma faktörü gibi hususlar dikkate alınır. Kamyon iş miktarının hesabında ise kamyon dolma zamanı  $t_1$ , manevra zamanı  $t_2$ , dolu gidiş ve boş dönüş zamanı  $t_3$ , ve boşaltma zamanı  $t_4$ 'ün ayn ayn hesaplanmasına gerek vardır.

$$\text{Ekskavatörün kepçe tonajı} = \frac{\text{Kepçe hacmi} \times \text{Malzeme yoğunluğu}}{\text{Malzeme kabarma faktörü}}$$

olduğuna göre

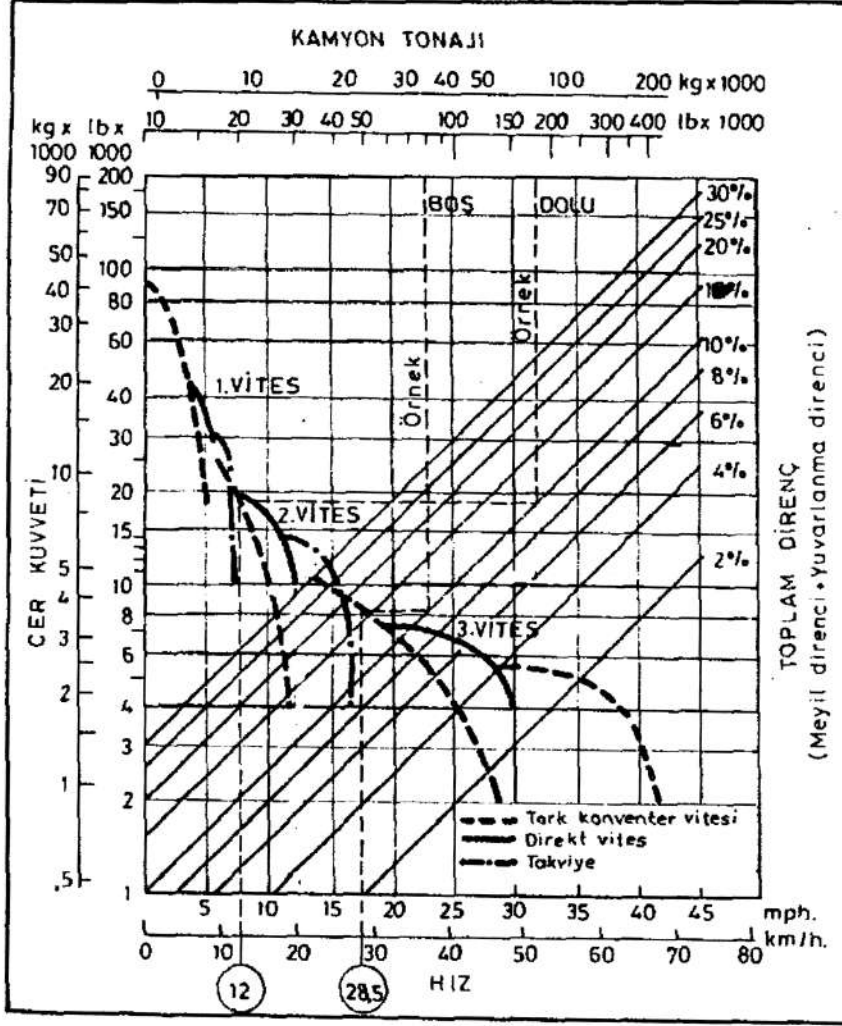
$$\text{Kamyon dolma zamanı } t_1 = \frac{\text{Kepçe periyodu} \times \text{kamyon tonajı}}{\text{Kepçe dolma faktörü} \times \text{Kepçe tonajı}}$$

bağıntısından bulunur.

Kamyonun yolda geçen zamanı  $t_3$ , kamyonun dolu ve boş olmasına, yolun meyil ve mesafelerine bakılarak kamyonla ilgili hız - meyil karakteristik diyagramlarından yararlanmak suretiyle bulunur.

Şekil 14, 50 s.tonluk (45 ton) yük taşıyan damperli bir kamyonun hız, cer kuvveti, kamyon tonajı, toplam direnç, yol meyli ve kamyon vitesleri arasında ilişkiyi göstermektedir. Bu grafikler her kamyon için ayrı ayrı bunlar üretici firmalar tarafından hazırlanarak alıcılara araçla birlikte verilmektedir.

Kamyon güzergahındaki yol meyilleri, ayrı ayrı tespit edildikten sonra Şekil 14'deki diyagramdan bu meyilde kamyonun hangi vitesle gitmesi gerektiği buradan da kamyon hızı bulunur. Bu vitesle gittiği yol uzunluğundan geçen zamanlar ayrı ayrı hesaplanır. Aynı husus boş dönüş için de yapılarak toplam hareket zamanı olan  $t_3$  bulunur.

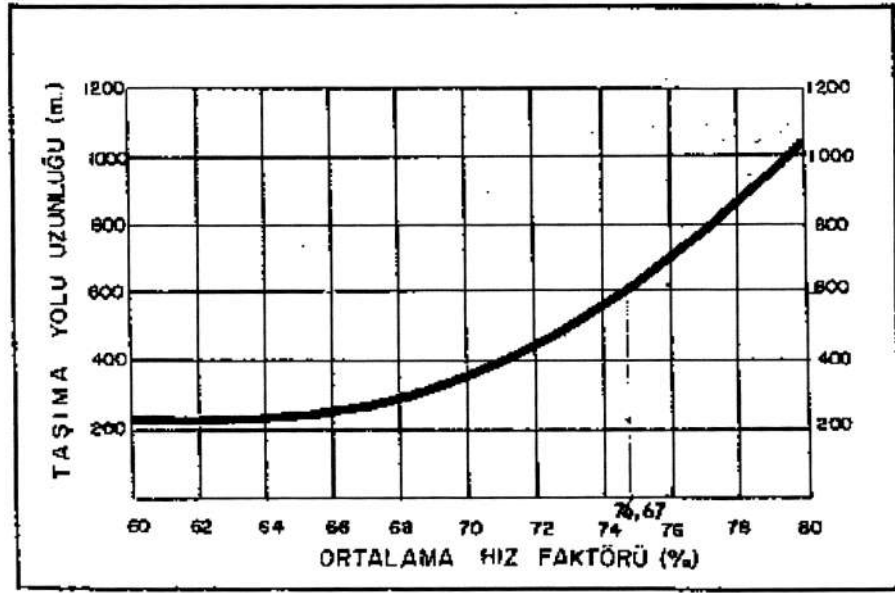


Şekil 14. 50 s. tonluk kamyonun hız - meyil karakteristiği.

Şekil 14'deki grafikte kamyonun boş ağırlığı 35 900 kg taşıdığı faydalı ağırlığı yani yükü 45 400 kg ve toplam ağırlığı 81 300 kg'dır. % 10 meyilde dolu çıkış hızını bulmak için 81 300 kg noktasından şekilde belirtilen kesik çizgi ile gösterildiği gibi % 10 meyilli çizgi kesiştirilir. Kesişme noktasından çizilen yatay çizginin 2.vites eğrisini kestiği noktadan kamyonun bu meyildeki hızı olan 12 km/sa bulunur. Aynı işlem kamyonun bu meyli boş çıkış hızı içinde yapılırsa 28,5 km/sa'lik hız okunur.

Kamyonun aynı meyilden dolu veya boş inmesine göre yine aynı boş ve dolu çizgilerinden hareket edilir. Ancak bu durumda meyil ve yuvarlanma dirençlerinin hesaba katılması gerekir. Grafikte toplam direnç (meyil + yuvarlanma direnci) birlikte alınmıştır. Bunun için meyil aşağı inişlerde grafik meyil değerlerinden ( $2 \times \% 2 = \% 4$ ) sayısının çıkarılması gerekmektedir.

Yukarda bulunan hızlar kamyonun maksimum hızlandır. Bu hızların o meyildeki yol uzunluğuna göre ortalama hızlarının bulunması gerekir. Bunun için Şekil 15'teki grafikten yararlanarak bulunacak ortalama hız faktörü ile çarpılması gerekir.



Şekil 15. Ortalama hız faktörü karakteristiği.

Örneğin % 10 eğimli yolun uzunluğu 600 m ise grafikten ortalama hız faktörü 0,7467 bulunur. Bunun maksimum hız olan 12 km/sa ile çarpılması ile ortalama hız olan 8,96 km/sa bulunur. Dolayısıyla kamyonunun bu yolda geçen zamanı

$$\frac{600 \times 3600}{8960} \cong 241 \text{ saniye}$$

olarak hesaplanır.

Kamyonun meyil yukarı çıkarken motorun karşılaması gereken güç ile meyil aşağı inerken karşılaması gereken güç aynı değildir. Meyil aşağı inerken kamyonun motor gücü olmadan da hareketi söz konusu olduğundan "Yuvarlanma Direnci" denilen büyüklüğün de hesaba katılması gerekir. Bu direnç değişik yol yüzeyine göre farklı olmaktadır. Çizelge 7 yol yüzeyi ile yuvarlanma direnci ve sürtünme katsayısı arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

Çizelge 7. Yol yüzeyi tipi ile yuvarlanma direnci ve sürtünme katsayısı arasındaki ilişki.

Yol Yüzeyi Tipi	Yuvarlanma Direnci %	Sürtünme Katsayısı
Beton, Asfalt	2	0,80-1,00
Stabilize (Tekerlek gömülüyor)	2	0,50-0,70
Az sıkıştırılmış (Tekerlek az gömülüyor)	3	0,50-0,70
Sıkıştırılmamış (Tekerlek 5 cm gömülüyor)	5	0,40-0,50
Yumuşak (Tekerlek 10 cm gömülüyor)	8	0,40-0,50
Gevşek (kum + çakıl)	10	0,20-0,30

Manevra zamanı  $t_2$  ile boşaltma zamanı  $t_4$  şoförün becerisine bağlı olup uygulamalarda 60 ile 70 saniye olarak kabul edilmektedir. Bir periyotluk için geçen zaman  $t=t_1+t_2+t_3+t_4$  olduğuna göre;

$$\text{Kamyonun iş mik.} = \frac{3600 \text{ saniye} \times \text{kamyon tonajı} \times \text{iş yeri randımanı}}{t} \quad (\text{t/sa})$$

olur. Buradan da bir ekskavatör için gerekli kamyon sayısı bulunur. Açık işletmedeki toplam ekskavatör sayısından giderek toplam kamyon sayısı hesaplanır. Bu sayıya kamyonlarda olabilecek arızalardan dolayı yedek kamyon sayısını da eklemek gerekir. Proje uygulamalarında her 6 kamyon için 1 yedek kamyon alındığına göre yedek kamyon sayısı da buradan hesaplanır. Öte yandan taşıma yolu uzunluğu ile kamyon taşıma kapasitesi arasında bir uyum olmalıdır. Taşıma mesafesi arttıkça taşıma kapasitesi de artmalıdır.

Örnek olarak dekapajda 15 yd<sup>3</sup>'lük ekskavatör ile 85 s. tonluk damperli kamyonun kullanıldığı ve döküm sahası uzaklığının 1500 m olduğu bir açık işletmede beher ekskavatöre tahsis edilecek gerekli kamyon sayısı aşağıda belirtilen şekilde hesaplanır.

15 yd<sup>3</sup>'lük Ekskavatörün belirlenen kabullere göre iş kapasitesi 1638,5 t/sa olduğuna göre: Kamyonun dolma zamanı  $t_1$ ; kepçe periyodu 28 sn, toprak yoğunluğu 2,15 t/m<sup>3</sup>, kabarma faktörü 1,45 olduğuna göre

$$t_1 = \frac{28 \text{ sn} \times 0,907 \text{ m} \cdot \text{ton} / \text{s} \cdot \text{ton} \times 85 \text{ s} \cdot \text{ton} \times 1,45}{0,9 \times 15 \text{ yd}^3 \times 0,764 \text{ m}^3 / \text{yd}^3 \times 2,15 \text{ t} / \text{m}^3} = 141 \text{ sn}$$

Kamyonun 1500 m'lik yolda dolu gidiş ve boş dönüş için kullanacağı  $t_3$  zamanı; yol uzunlukları ve meyiller, bu yollardaki kamyon vitesleri ve ortalama hızları belirlendikten sonra aşağıdaki şekilde hesaplanır.

*Açık İşletmelerde Nakliyat*

Dolu gidiş:

Mesafe (m)	Meyil (%)	Vites	Ortalama hız (km/sa)	Zaman (sn)
50	+1	1	7,12	25
50	+1	2	10,73	17
100	+1	3	19,90	18
1200	+3	3	19,90	217
50	+2	2	10,73	17
50	+2	1	7,12	25
1500			<b>Toplam</b>	<b>319</b>

Boş dönüş:

Mesafe (m)	Meyil (%)	Vites	Ortalama hız (km/sa)	Zaman (sn)
50	-2	1	7,12	25
50	-2	2	10,73	17
50	-2	3	14,14	13
50	-2	4	21,07	9
50	-2	5	37,66	5
1000	-3	5	37,66	96
50	-1	5	37,66	5
50	-1	4	21,07	9
50	-1	3	14,14	13
50	-1	2	10,73	17
50	-1	1	7,12	25
1500			<b>Toplam</b>	<b>234</b>

Boş dönüş zamanı: 234 saniye  $t_3 = 319 + 234 = 553$  sn bulunur.

Kamyonun tur zamanı t

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

$$= 141 + 60 + 553 + 70 = 824 \text{ saniye olur.}$$

Kamyonun saatlik iş kapasitesi, iş yeri randımanı 50/60 kabul edildiğine göre

$$\frac{3600 \text{ sn} \times 77 \text{ t} \times 50}{824 \text{ sn} \times 60} = 280,3 \text{ t/sa}$$

1 adet 15  $\text{yd}^3$  ekskavatör için gerekli kamyon sayısı:

$$n = \frac{\text{Ekskavatör iş kapasitesi}}{\text{Kamyon iş kapasitesi}} = \frac{1638,5 \text{ t/sa}}{280,3 \text{ t/sa}} = 5,84 \cong 6 \text{ adet}$$

Açık işletmede 3 adet ekskavatör çalıştığına göre kamyon sayısı  $3 \times 6 = 18$  adet olur. Her 6 kamyonu 1 adet yedek öngörüldüğüne göre yedek kamyon 3 adet, toplam kamyon sayısı ise  $18 + 3 = 21$  olur.

### 9.2.3. Kamyon Sayısını Etkileyen Hususlar

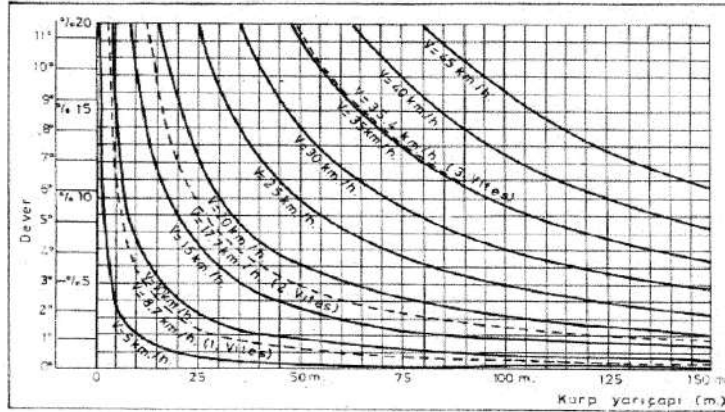
Kamyon sayısı yukarıda belirtilen yolla bulunduktan sonra açık işletmede bu sayıya etki eden, daha doğrusu bu sayının yeterli olmaması durumunu ortaya çıkaran hususların da ayrı ayrı incelenmesi ve önlemlerin alınması gerekir. Aksi halde bulunan kamyon sayısı aşağıda belirtilecek negatif etkilerden dolayı istenilen miktarda taşımının yapılmasına imkan bırakmaz. Bu hususlar şunlardır:

1. Kurp veya viraj yarıçapı ve dever (merkezkaç kuvvetine karşı kurp içerisinde yola verilen meyil); kamyonun hızını, dolayısıyla gidiş dönüş zamanını,
2. Basamak üzerinin düzgün olması; Ekskavatörün yüklemesini ve kamyonun konumunu, dolayısıyla yükleme zamanını,
3. Ekskavatör ve kamyon kapasiteleri arasındaki uyum yüklemenin daha randımanlı olmasını etkilemektedir.

#### 9.2.3.1. Kurp Yarıçapı ve Dever

Yukarıda göz önünde bulundurulmuş hususlar dışında, kamyon hızına, dolayısıyla kamyon sayısına; kurp, dever (Merkezkaç kuvvetine karşı kurp içinde verilen meyil) ve kurp genişliği gibi faktörler de önemli ölçüde tesir etmektedir.

Kurp yarıçapı ve dever açısı değerlerinin kamyon hızlarına olan etkileri yol meyli  $\pm \% 0$  kabul edilerek Şekil 16'daki grafikte gösterilmiştir.

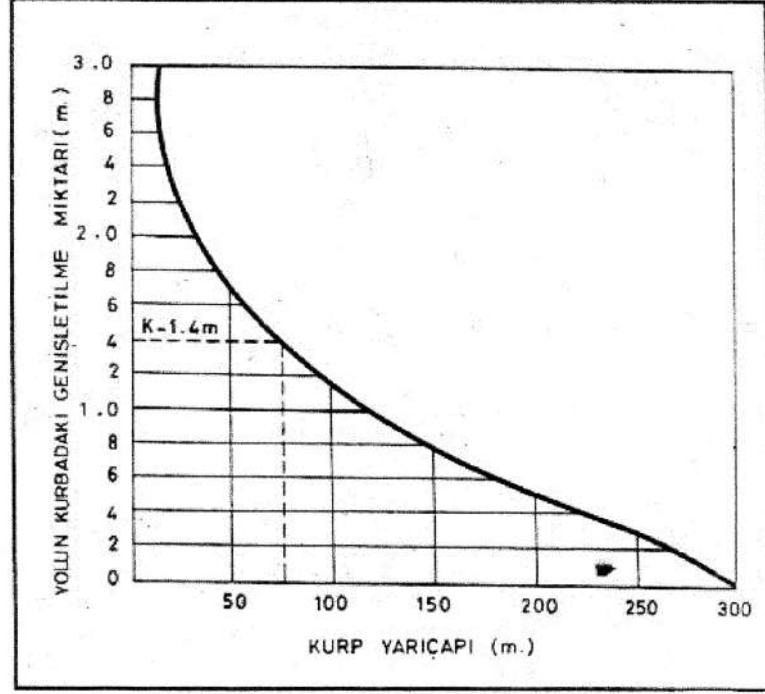


Şekil 16. 27 tonluk kamyon hızının kurp yarıçapı ve dever değerlerine göre değişim grafiği.

Örnek: Kurp yarıçapı = 50 m, Kamyon hızı = 25 km/sa olursa, kurp içindeki meyilin (dever'in) % 10 olması gerekmektedir. Dever % 5 olursa, aynı kurp'da hızın azalması ve 17,7 km. olması, yani kamyonun 3. Vitesten 2. Vitese alınması icap eder. Kamyon hızının değişmemesi arzu edildiğinden, (örneğin 25 km/sa) dever % 5 alınır, kurp yarıçapının 100 m olması gerekmektedir. Buradan anlaşılacağı üzere dekapaj yollarının tesisinde, yolun meyiline, sathına, uzunluğuna olduğu kadar kurp yarıçapına ve dever açısına da dikkat edilmelidir.



Dikkat edilecek diğer bir husus da, yolun kurp içindeki genişliğinin içe doğru Şekil 17'de gösterilen miktarlarda arttırılmasıdır.



Şekil 17. Yolun kurp içindeki genişletilme miktarı.

Kurp içindeki büyük tonaj ve boyuttaki ağır kamyonların, hızlarını azaltmadan kolayca birbirlerini geçebilmeleri için düz doğrultudaki yolda olduğundan daha fazla genişliğe ihtiyaç vardır. Bu miktar, örneğin 14 m yol genişliği için 1,4 m dir ve bu ilave genişliğin kurp içinde yapılması gerekmektedir.

### 9.2.3.2. Ekskavatör Yükleme ve Kamyonun Konumu

Basamak üzerinin düzgün olması ekskavatörün yükleme randımanını artırır. Ateşlemeden sonra tırnak oluşumu ekskavatörün hareketini zorlaştırır. Bunun için deliklerin basamak yüksekliğine bağlı olarak, çalışma düzleminde daha derine delinmesi gerekir. Değişik araştırmalara göre delik taban diye adlandırılan bu büyüklük  $\ell$  'in dilim kalınlığı  $b$  ile veya delik çapı  $d$  ile ilişkilerini gösteren formüller vardır. Örneğin  $\ell = (0,2 \div 0,3 \div 0,4)b$  veya  $\ell = (8 \div 10 \div 12)d$  gibi.

Kamyonun ekskavatör yanındaki konumu ve manevra zamanı da randımanı önemli ölçüde etkiler. Bu bakımdan basamak genişliğine göre kamyonun ekskavatöre yanaşma şekilleri ve konumunun seçimi gerekir. Dolayısıyla;

- Yükleme zamanı optimum,
- Kepçe periyodu kısa,
- Bum dönme açısı az,
- Kamyon değişmesinde ekskavatör bekleme yok,
- Ekskavatör burnunun kamyon üzerine getirilmesi yavaş bir şekilde olmalıdır.

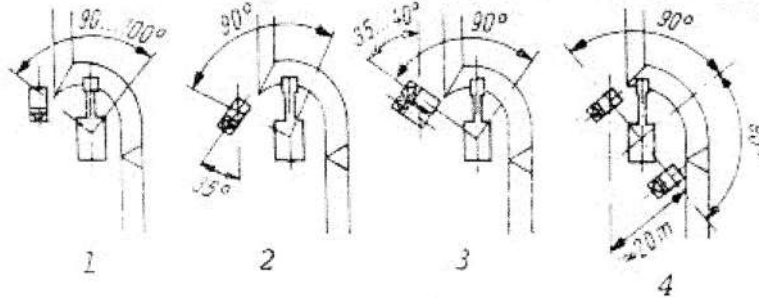
Ekskavatörün çalışma şartlarına ve basamak genişliğine bağlı olarak kamyonun ekskavatör yanındaki hareketi aşağıdaki şekillerde olabilir (Şekil 18 ).

- Kazı yerinin dışından yanaşma,
- Kazı yerinde yanaşma,
- Kazı yerinde geri manevra ile yanaşma.



Şekil 18. Kamyonun ekskavatöre yanaşması.

Kamyonun ekskavatör yanında yükleme durumu ise Şekil 19'da gösterilmiştir. Kepçe periyodunun azaltılması kamyonun ekskavatör yanında uygun konumda bulundurulmasıyla sağlanabilir. Ekskavatör dönme açısı ne kadar az olursa yükleme o kadar kısa zamanda yapılabilir. Ekskavatör yanında tek kamyonun geri manevralı veya manevrasız durumu az veya orta genişlikteki basamaklarda mümkün olur. Diğer konum tarzları geniş basamaklarda uygulanır.



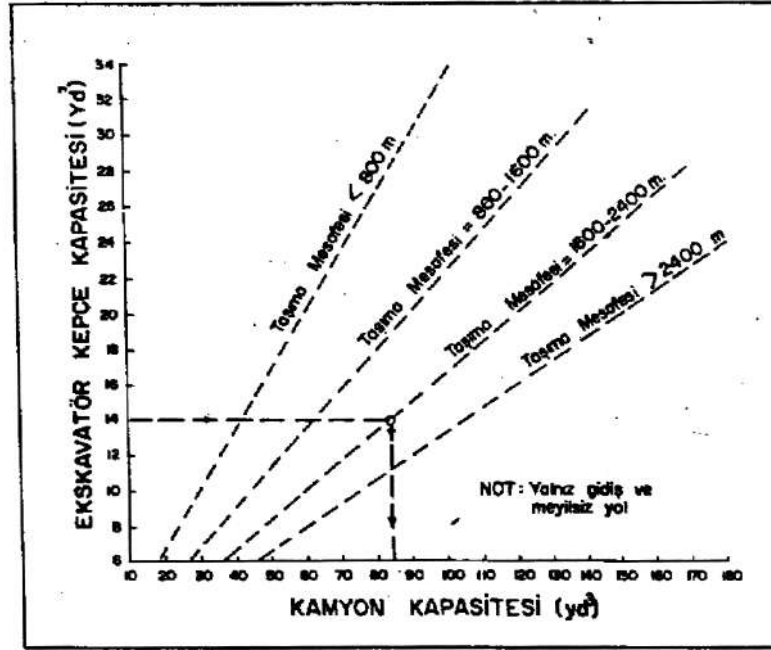
Şekil 19. Kamyonun ekskavatör yanındaki bulunma durumları: 1.Paralel tek yönlü, 2.Virajlı tek yönlü, 3.Grup halinde tek yönlü, 4.Grup halinde iki yönlü.

### 9.2.3.3. Ekskavatör kepçe kapasitesi ve kamyon kapasitesi arasındaki uyum

Ekskavatör kepçe kapasitesi ile kamyon kapasitesi arasında uyum olması yükleme zamanı bakımından önemli olmaktadır. En uyumlu oran kamyon kasasının 5 adet kepçe ile doldurulmasıdır. Kepçe sayısının tam sayı olması da şarttır. Aşağıdaki kepçe hacmi ile kamyon tonajı arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

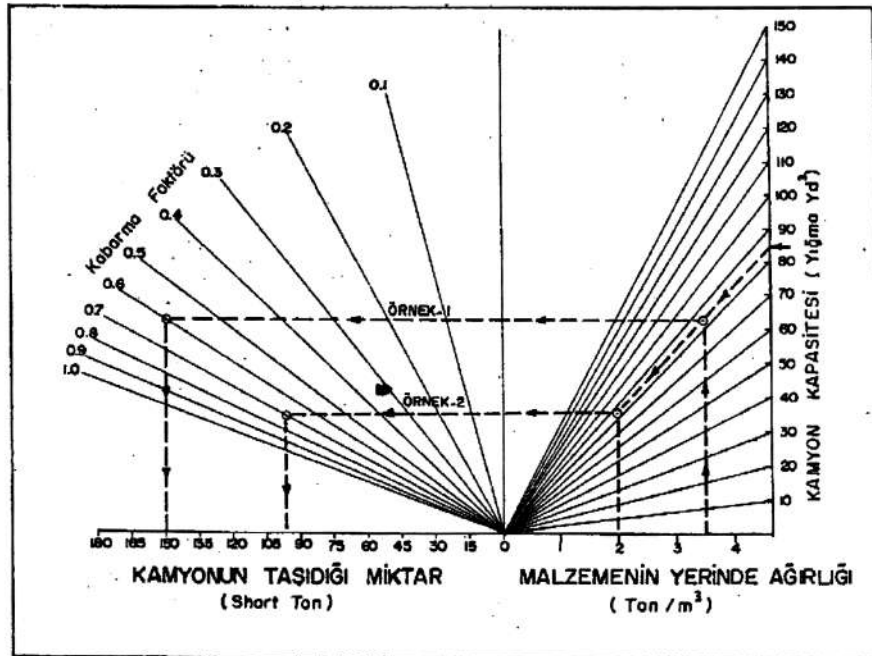
Ekskavatörün Kepçe Hacmi (yd <sup>3</sup> )	Kamyon Tonajı (short ton)
10-20	85
20-30	120
30-45	180
45-60	210
60'dan yukarı	400

Ekskavatörün kepçe kapasitesi ile kamyonun kasa hacmi arasındaki bağıntı dekapajın tek yönlü taşıma uzaklıklarına göre ilişkisi Şekil 20'de gösterilmiştir.



Şekil 20. Ekskavatör kepçe kapasitesi ile kamyon kapasitesi arasındaki ilişki.

Malzemenin yerinde ağırlığı ile kamyon kapasitesi ve malzemenin kabarma faktörü arasında belli bir bağıntı mevcuttur. Bu bağıntı Şekil 21’de grafik olarak gösterilmiştir. Buradan, kullanılan kamyon kapasitesine göre taşınan miktar kolayca hesaplanabilmektedir.



Şekil 21. Kamyon kapasitesi ile taşıdığı miktar arasındaki bağıntı.

Şekilde, grafiğin kullanılmasına ait iki örnek verilmiştir.

Örnek 1. Yerinde birim ağırlığı  $3,6 \text{ ton/m}^3$  olan demir cevheri gibi ağır malzemenin  $85 \text{ yd}^3$ 'lük kamyon ile taşınması durumunda malzemenin kabarma faktörü  $0,6$  ise, bir kamyonun taşıdığı miktar  $150$  short ton veya  $135$  metrik ton'dur.

Örnek 2. Aynı  $85 \text{ yd}^3$ 'lük kamyon, yerinde birim ağırlığı  $2 \text{ ton/m}^3$  ve kabarma faktörü  $0,7$  olan malzeme taşırsa, yüklenebilecek miktar  $97$  short ton veya  $88$  metrik ton olacaktır.

**Dr. Tarık DOĞRU**

### **9.3. KATILARIN HİDROLİK NAKLİ**

#### **9.3.1.Giriş ve Tarihçe**

Katı maddelerin bir boru yardımı ile ve sıvı akımı ile taşınmasına katıların hidrolik taşımını ismi verilir. Taşıyıcı sıvı genellikle sudur. Kum, çakıl, kil, kömür, çeşitli cevherler, kağıt hamuru v.b. katı maddeler taşınır. Günümüzde bu sistem gerek pratiklik ve gerekse, genellikle diğer sistemlere nazaran daha ekonomik oluşuyla tercih edilir.

İlk olarak 1884 yılında Pennsylvania'da ince artık malzeme, bir maden yangınına söndürmek için, ocağa borularla pompalanmıştır. Ancak yüksek konsantrasyonlardaki karışımların uzun mesafelere taşınması, moderen anlamda ancak 1950'lerde başlamıştır. A.B.D. de 173 km lik 25,4 cm çapında Consolidation Coal boru hattı, 115 km lik 15,2 cm çapında Ameriti. 1970 de A.B.D. Arizona'da 436 km lik 45,7 cm çapında kömür taşıyan hidrolik boru hattının günlük kapasitesi, günde 320 vagonluk bir katarın kapasitesi kadardır.

Türkiye'de halen Murgul'dan Hopa'ya bakır cevheri, bir hidrolik taşımın sistemi ile nakledilmektedir. Bu hat 1972 başında işletmeye açılmış, 63 km uzunlukta, 12,7 cm çaplıdır. Bakır konsantresi taşımakta olup, konsantre %41 katı pülp yoğunluğundadır. Yılda 300.000 ton konsantre taşınmaktadır. Bu sistem yerine en az 40 adet 10 tonluk kamyonun 24 saat devamlı çalışması gerektiği hesaplanmıştır.

Katı-sıvı karışımlarının borularda hareketi sırasındaki en önemli problem, taşınan katı malzemenin çökmesidir. Eğer malzeme çöken karakterde değilse, böyle bir problem yoktur. Ancak iri malzemelerde, malzemenin çökmesini önlemek için, akım hızını yeter derecede yükseltmek gerekir. Çökelmeyi önleyecek olan kritik hızın belirlenmesi ve keza bundan sonra da, meydana gelecek yük kaybının hesaplanması gerekir. Enerji çizgisinin eğimi, tanelerin üniform olmaması, boru biçimi gibi

faktörler, yük kayıpları üzerinde etkilidir. Çökelmeyen karışımlarda yük kaybı (malzemenin birim ağırlığı için ) çökelen karışımlara oranla daha az olmaktadır.

### **9.3.2. Sistemin Diğer Sistemlerle Mukayesesi**

- a) Hidrolik taşımının yapılacağı hidrolik boru hattı, bir demir yolu hattından daha ucuz olarak inşa edilebilir ve bakım masrafları da daha düşüktür.
- b) Toprak altında döşenecek bir boru hattı için kamulaştırma, bir kara yolu ya da demiryolu için yapılacak kamulaştırmadan daha kolay bir şekilde halledilir.
- c) Boru hatları, (bilhassa toprak altına döşenenler) hava şartlarından çok daha az etkilenirler. Hatta hiç etkilenmezler.
- d) Bu sistemin maliyetinin büyük bir kısmını yatırım masrafları teşkil eder. Bu sebepten, enflasyon, böyle bir sistemin toplam maliyetini nispeten az ölçüde etkiler.

Günümüzdeki hidrolik taşıma sistemleri için yapılan analizler, bilhassa uzun mesafelerde, diğer taşıma sistemlerine nazaran daha ekonomik olduğunu göstermiştir.

### **9.3.3. Boru Hattı Nakliye Sisteminin Genel Yapısı**

Tipik bir hidrolik taşıma sisteminde herbiri farklı görev yapan birbiri ardınca pek çok ünite mevcuttur. Katı malzeme önce bir nakliye sistemiyle hazırlanma tesisine gelir. İri yabancı cisimler ve çok büyük boyutlu katı taneler elenerek ayıklanır. Buradan malzeme, boru hattını sabit bir katı madde debisinde beslenmesini sağlayacak kadar büyük bir siloya gelir. Taşınacak malzemenin iriliği sadece max. tane çapı ile belirlenmişse, bu taktirde söz konusu silodan önce, bu max tane çapından daha büyük çaplı taneleri geçirmeyecek bir elek, ayrıca bir de kinci tesis edilir. Böylece siloya gelen malzeme, silo tabanından istenilen debide bir karışım tankına geçirilir. Malzeme bu tankta bir taşıyıcı sıvı ile karışır. Bu şekilde elde edilen karışım, özel bir pompa ile sabit debide çekilerek boru hattına verilir. Şayet, taşınacak malzemenin belli bir irilik dağılımına sahip olması isteniyorsa, bu taktirde daha değişik elek ve kinci tertipleri kullanılır. Bu halde malzeme iriliklerine göre birkaç siloda depo edilir ve silolardan istenilen irilik dağılımını sağlayacak oranlarda çekilerek karışım hazırlanır.

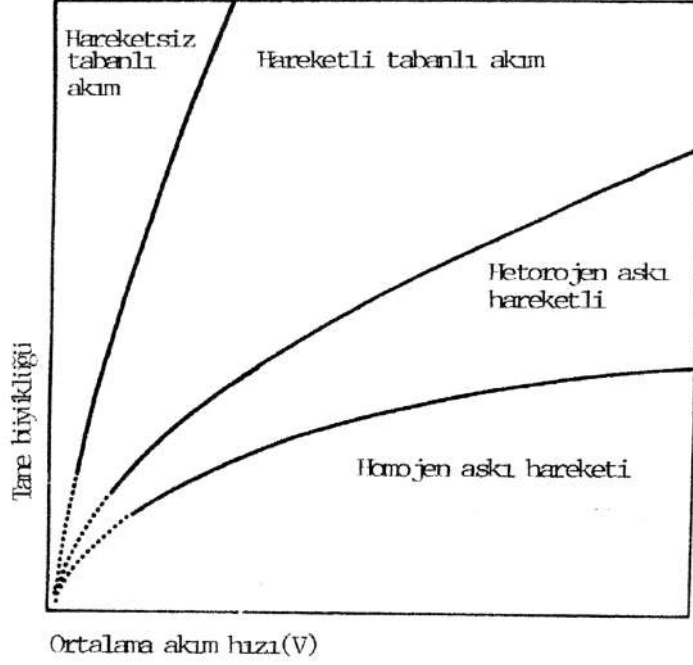
Pompaj için akımın debisine, tanelerin iriliğine ve temini gerekli pompa terfih yüksekliğine bağlı olarak ya pistonlu pompa ya da santrifüj pompa seçilir. Boru hattı hemen hemen daima toprak altına döşenir. Yapılacak hidrolik nakliyatın özelliğine göre, boru malzemesi olarak çelik, dökme demir, beton, asbestos çimento ve birçok plastikler kullanılır. Pompanın ani olarak durması halinde sistemin düşük kotlu noktalarda katı madde birikmesini, dolayısıyla borunun tıkanmasını önlemek için boru hattının eğimindeki değişikliklerin mümkün olduğu kadar az olmasına dikkat edilir. Ayrıca katı madde birikmesi mümkün olan yerlerde biriken malzemeyi almak için özel donanımlar yapılır.

Boru hattı ile taşınan karışımındaki malzeme, hattın sonunda yer alan bir ayırma tesisi ile sudan ayrılır. Ayırma işlemini sağlayacak düzeneğin seçimi, katı tanelerin boyutuna, malzemede kalabilecek max. nem yüzdesine ve ayrılan su içinde kalan ince malzeme miktanna bağlıdır. Elekler, santrifüjler, vakum filitreleri, termal kurutucular, vb kullanılır.

### **9.3.4. Boru İçinde Katı Madde Nakliyesinin Hidroliği**

Katı-sıvı karışımlarının borularda hareketi sırasındaki en önemli problem taşınan katı malzemenin çökmesidir. Bu yüzden tane boyu ile akım hızı arasındaki ilişki değişik katı-sıvı karışımını ortaya

çıkarmaktadır. Katının sıvı ile birlikte taşınmasında katı-sıvı karışımlarının akım rejimleri , katının ve sıvının özelliklerine, boru çapı ve akım hızına bağlı olarak değişmektedir (Şekil 22)



Şekil 22. Katı-sıvı karışımlarının akım rejimleri.

- Hareketsiz Tabanlı Akım:** Burada akım hızı küçüktür. Bu yüzden taneler dibe oturmakta ve hareketsiz kalmaktadır.
- Hareketli Tabanlı Akım:** Hızın artmasıyla taneler sürtünme hareketi yaparlar ve hareketsiz tabanın üzerinde kayarak akarsu tabanlarında görülen dalgali şekli oluştururlar. Hızın daha da artmasıyla sıçrama ve askı hareketi görülür. Bu rejimde taşınan malzeme miktarı çok azdır.
- Heterojen Askı Hareketi:** Hızın daha da artmasıyla malzemenin hepsi askı halinde taşınırlar. Malzemenin büyük kısmı tabana yakın hareket etmektedir.
- Homojen Askı Hareketi:** Akım hızı çok yükseldiğinde (1-8 m/s den büyük hızlarda) boru içinde katı malzemenin konsantrasyon dağılımı homojen duruma çok yakındır. Pratikte ancak çökelme hızı düşük yüksek konsantrasyonlardaki ince tanelerin taşınmasında görülmektedir.

Uygulamada tane ebadı homojen değildir. Farklı incelikte taneler ihtiva eden malzemeler farklı akım rejimlerini bir arada bulundurur. Örneğin böyle bir durumda ince taneler homojen rejim altında, iri taneler ise heterojen rejim altında taşınmaktadır.

#### 9.3.4.1. Hidrolik taşıma dizayn parametreleri

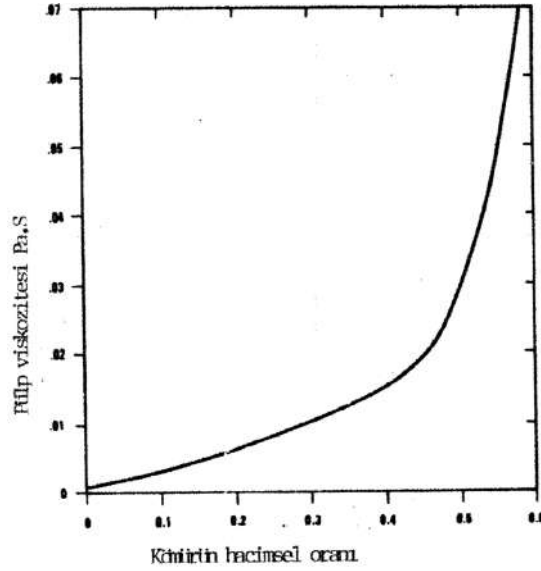
Katıların boru ile nakledilmesinin dizaynı için aşağıdaki değişkenlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Katının Sıvı İçindeki Yoğunluğu.

Katı-Sıvı Karakteristiği  
Akım Hızı  
Boru Çapı  
Sürtünme Kayıpları

### a) Katı Yoğunluğu

Yukarıda yer alan bütün değişkenler tane boyu dağılımı ve katı'nın sıvı içindeki yoğunluğu tarafından değişime uğratılmaktadır. Katının yoğunluğu akışın yukarıya veya aşağıya doğru olmasına göre değişmektedir. Katı yoğunluğu sabit olduğunda katı- sıvı karakteristiği kolayca belirlenebilmektedir. Katı yoğunluğunun mümkün olduğunca fazla olması, taşımada ihtiyaç duyulacak sıvının az kullanılmasını gerektireceğinden tercih edilmektedir. Pompalanabilir katı yoğunluğunun bulunmasında belli tane boyundaki katı-sıvı karışım viskozitesi ile katı yoğunluğu arasındaki ilişki rol oynamaktadır. (Şekil 23) Katı-sıvı karışımları ile ilgili kullanılan deyimler ve bunlar arasındaki ilişkiler aşağıdaki gibidir.



Şekil 23. Kömür pülp'ünün viskozitesi.

*Pülp*: İnce taneli bir katının su içinde dağılmış şekline denir. Toplam pülp ağırlığı ve hacmi, su ve katının ağırlık ve hacimleri toplamlarına eşittir.

*Katı Oranı*: Pülp'teki katı ağırlığının toplam pülp ağırlığı oranına denir.

*Su Oranı*: Pülp'teki su ağırlığının toplam pülp ağırlığı oranına denir.

*Su- Katı Oranı*: Pülp'teki su ağırlığının, pülp'teki katı ağırlığına oranına denir.

*Katının Hacim Oranı*: Pülp'teki katı hacminin toplam pülp hacmine oranına denir.

*Su Hacim Oranı*: Pülp'teki su hacminin toplam pülp hacmine oranına denir.

*Su- Katı Hacim Oranı*: Pülp'teki su hacminin katı hacmine oranına denir.

*Hacim Ağırlığı*: Pülpün ünite hacminin ağırlığına denir. Genellikle litre veya  $m^3$  nün ağırlıkları olarak belirtilir.

Eğer  $q$  miktarında bir su içine özgül ağırlığı  $p$  olan bir katıdan  $k$  miktar karıştırılmış ise:



Pülp ağırlığı	$W = q + k$	...(1)
Pülp Hacmi	$Q = q + \frac{k}{\rho}$	...(2)
Katı Oranı	$a = \frac{k}{W}$	...(3)
Su Oranı	$b = \frac{q}{W}$	...(4)
Su-Katı Oranı	$m = \frac{q}{k}$	...(5)
Katının Hacim Oranı	$a_v = \frac{\frac{k}{\rho}}{Q}$	...(6)
Suyun Hacim Oranı	$b_v = \frac{q}{Q}$	...(7)
Su-Katı Hacim Oranı	$m_v = \frac{\frac{k}{\rho}}{q}$	...(8)
Hacim Ağırlığı	$w = \frac{q + k}{Q}$	...(9)
Ünite Hacimde Katı Ağırlığı	$w_k = \frac{k}{Q}$	...(10)
Ünite Hacimde Su Ağırlığı	$w_s = \frac{q}{Q}$	...(11)

şeklinde belirlenir.

şeklinde belirlenir.

### Uygulama Örnekleri

#### Örnek 1:

100 litre suya özgül ağırlığı 3 olan bir katıdan 60 kg katı karıştırılmaktadır;

- Toplam pülp hacmi
- Pülp'te katı oranı
- Pülp'ün 1 litresinin ağırlığı
- 1 litre pülp'teki katı miktarı ne olur ?

$$a) \quad Q = q + k = 100 + \frac{60}{3} = 120 \text{ litre}$$

$$b) \quad a = \frac{k}{k + q} = \frac{60}{100 + 60} = \%37.5$$

$$c) \quad w = \frac{k + q}{Q} = \frac{60 + 100}{120} = 1.333 \text{ kg / litre}$$

$$d) \quad w_k = \frac{k}{Q} = \frac{60}{120} = 0.5 \text{ kg / litre bulunur.}$$

Örnek 2:

Özgül ağırlığı 3 olan bir katıdan bir pülp hazırlanıyor. Bu pülpün 1 litresi 1.3 kg geliyor ise:

- Pülp'te katı oranı
- Pülp'te su-katı oranı
- Bir litrede katı miktarı nedir?

$$a) a = \frac{\rho(w-1)}{w(\rho-1)} = \frac{3(1.3-1)}{1.3(3-1)} = \%34.6$$

$$b) m = \frac{\rho-w}{\rho(w-1)} = \frac{3-1.3}{3(1.3-1)} = 1.889$$

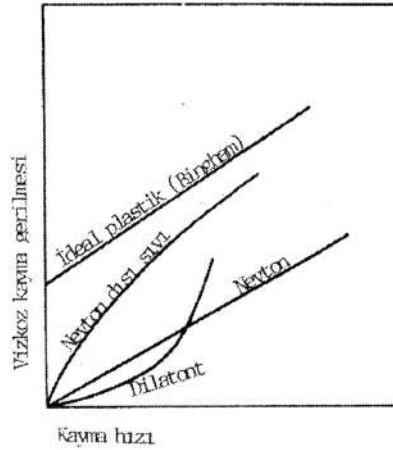
$$c) w_k = \rho \left( \frac{w-1}{\rho-1} \right) = 3 \left( \frac{1.3-1}{3-1} \right) = 0.45 \text{ kg / litre olarak bulunur.}$$

**b) Pülp Reolojisi**

Sıvı içinde bulunan katı, sıvının vizkozitesini artırmaktadır. Vizkozitenin değişkenliği ile ilgili teorik eşitlikler de tane dağılımının düzgün ve katı konsantrasyonunun düşük olduğu haller için oluşturulmuştur. Fakat uygulamada tane boyu dağılımı düzgün değildir. Katı konsantrasyonu çok yüksektir.

Reoloji sıvının laminer akım şartlarında kayma gerilimi ile kayma hızı arasındaki ilişkidir. Sıvıların reolojik özelliklerini belirlemek için kapiler tüp veya vizkozmetre kullanılmaktadır. Şekil 3'te pratikte değişik reolojik özellikteki malzemeler görülmektedir.

**a) Newton Sıvıları:**  $\tau = \xi \left( \frac{dv}{dt} \right)$  konumuna uyarlar yani kayma gerilimi kayma hız gradienti ile orantılıdır. Bu sıvılar için kayma gerilmesi ile hız gradienti arasındaki bağıntıyı gösteren diagram orijinden geçen bir doğrudur ve eğimi vizkoziteyi gösterir. Düşük katı oranlarında bir çok pülp bu özelliği gösterir.



Şekil 24. Birçok reolojik model için kayma hızı ile vizkoz kayma gerilimi arasındaki ilişki.

**b) Newton Dışı Sıvılar:** Çok düşük kayma gerilmeleri dışında, kayma gerilmesi kayma deformasyonu ile orantılı olmayacak biçimde şekil değiştirirler. Bu sıvıların deformasyonu plastik olarak sınıflandırılır.

c) *İdeal Plastik Malzeme*: Şekil değiştirmeden belirli bir miktar kayma gerilmesi ve bu nedenle kayma gerilmesi ile orantılı olarak şekil değiştirir.

Bir çok uygulamada "İdeal plastik (Bingham) reolojik" model uygun gelmektedir. Pülp'ün plastik vizkozitesi ile yüzey gerilmesi, kayma gerilmesi ile kayma hızı gradienti grafiğinden elde edilmektedir.

$$\tau = \tau_y + \eta \dot{\gamma} \quad \dots(12)$$

$\tau$  :  $\dot{\gamma}$  kayma hızı yaratmak için gerekli kayma gerilimi (N/m<sup>2</sup>)

$\tau_y$  : gerilme kuvveti (yield stress) (N/m<sup>2</sup>)

$\eta$  : plastik vizkozite (N.s /m<sup>2</sup> veya Pa.s)

$\dot{\gamma}$  : kayma hızı s<sup>-1</sup>

Dairesel tüpte Nevvton sıvıları için yüzey kayma gerilmesi ile kayma hızı arasındaki ilişki Poiseuille eşitliği ile belirlenmektedir.

$$\tau_w = \mu \frac{8v}{D} \quad \dots(13)$$

Burada;

$\tau_w$  : Yüzey kayma gerilimi (N / m<sup>2</sup>)

$\mu$  : Pülp vizkozitesi (N.s / m<sup>2</sup> veya Pa.s)

$v$  : Ortalama akım hızı (m / s)

$D$  : Tüp çapı (m.)

Bingham plastik pülp için yüzey kayma gerilmesi ve kayma hızı arasındaki ilişki Buckingham eşitliği ile belirlenmektedir.

$$\eta \frac{8v}{D} = \tau_w \left[ 1 - \frac{4\tau_y}{3\tau_w} + \frac{1}{3} \left( \frac{\tau_y}{\tau_w} \right)^4 \right] \quad \dots(14)$$

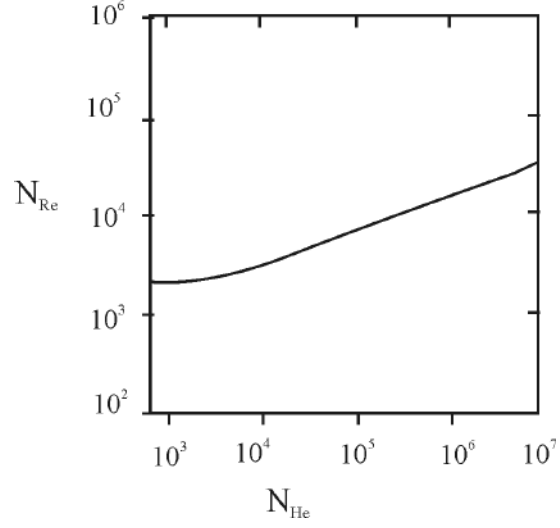
Yaklaşık durum aşağıdaki eşitlikteki gibidir.

$$\tau_w = \frac{8v}{D} \left( \frac{\tau_y D}{6v} + \eta \right) \quad \dots(14a)$$

**c) Akım Hızı:** Pülp'ün boru içindeki akım hızı öyle bir değerde olmalıki, katı taneleri yatay borunun tabanında bir yatak oluşturmasın. Türbülanslı akımda sıvı içindeki taneler askıdadır ve dağılmış haldedir. Pülp boru içinde tiirbülanslı olarak akmalıdır.Tesis içi taşımalarda eğer katının çökmesi zorsa, laniner olarak akış uygulanabilir.

Akış hızı, laminerderı türü Hansa geçiş ara hızından, büyük olmalıdır. EU geçiş hızı kritik Reynold numarası  $R_e$  tarafından belirlenmektedir ve Newton karakterli pülplerde  $R_e$  numarası 2000 üzerinde olmalıdır.

Hanks, Bingham plastik sıvıları için kritik  $N_{Re}$  ile Hedstrom numarası  $N_{He}$  arasında Şekil 25'deki ilişkiyi oluşturmuştur. Reynold ve Hedstrom numaraları aşağıdaki gibidir.



Şekil 25. Boru içinde Bingham plastik malzeme için Kritik Reynold ile Hedstrom numarası arasındaki ilişki.

**Prof. Dr. Tuncel YEGÜLALP**

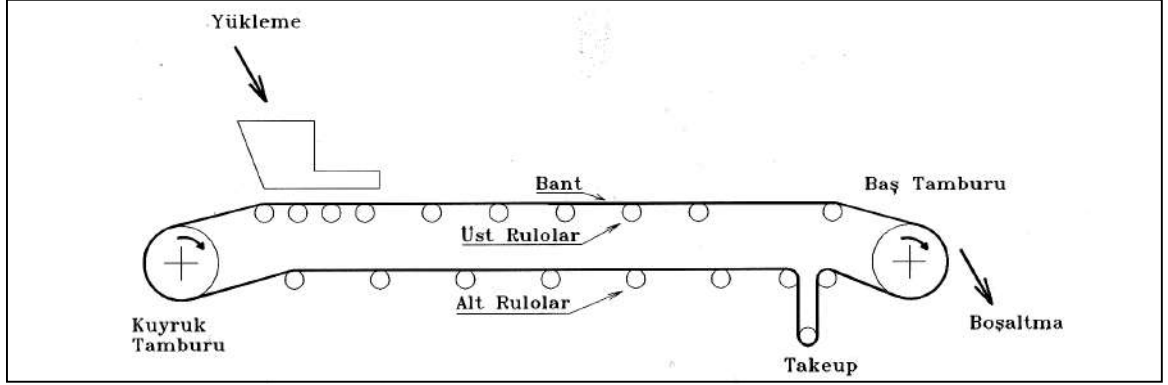
## **9.4. BANT TAŞIMACILIĞI**

### **9.4.1. Giriş**

Bant taşımacılığı, konveyör denilen araçlarla yapılır. Bunlar, yerüstü ve yeraltı işletmelerinde olduğu gibi cevher hazırlama tesislerinde, cevher ve konsantre depolarında limanlarda ve transfer noktalarında da taşımacılıkta kullanılır (CEMA, 1988; Long&John, 1973; Meador; Given, 1973; Walker, 1988) Konveyörler sürekli taşımacılığa uygun olmaları, taşınacak malzemenin bir araçtan başka bir araca transfer gereksiniminin minimize edilmesi, ve otomasyona elverişli oldukları için de işçilik maliyetinin düşürülebilmesi nedenleri ile diğer taşımacılık alternatiflerine bir çok durumlarda ekonomik olarak tercih edilebilirler. Zırhlı konveyörler, kömür işletmelerinde uzun ayak taşımacılığında kullanılırlar (Walker, 1988). Bunlar bant yerine çelik plakalar üstünde hareket eden ve çelik zincirle çekilen taşıyıcı elemanlardan oluşur. Bu bölümde yalnız bantlı konveyörler ele alınmıştır.

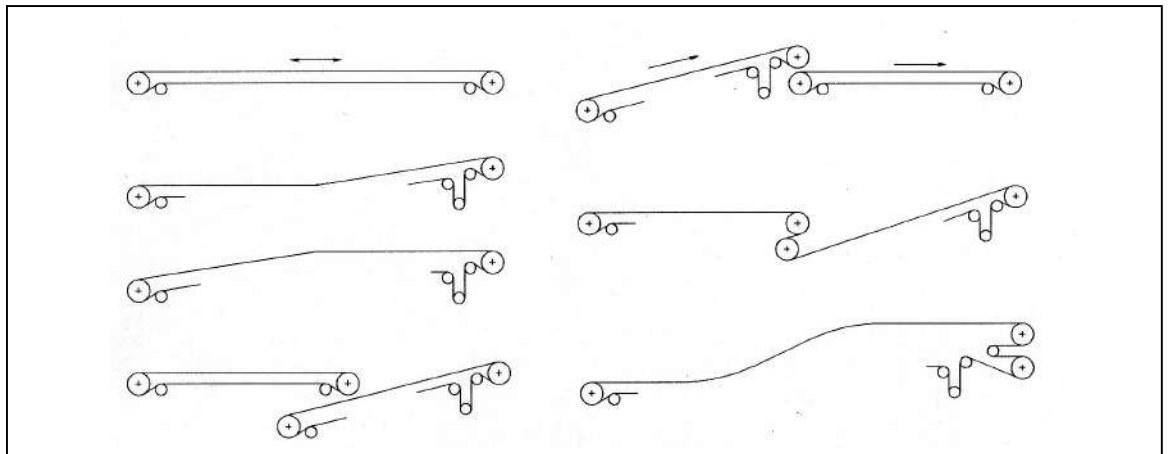
Tipik bir bantlı konveyör sistemi (Şekil 26) şu elemanlardan oluşur:

1. Sonsuz bir bant
2. Bir çift tambur
3. Motor ve dişli gurubu
4. Merdaneler (rulolar)



Şekil 26. Tipik bir bant sistemi ve elemanları.

Bant iki tambur arasında gerdirilmiş olarak hareket eder. Bu tamburlardan bir tanesi (baş tambur) bir elektrikli motor ve dişli gurubu aracılığı ile güçlendirilir. Bantın üst kısmı (taşıyıcı kısım) eşit aralıklı olarak yerleştirilmiş rulolar üstünde hareket eder. Boşta dönen bu ruloların görevi bantı taşımak, sarkmasını önlemek, hareketinin düzgün olmasını sağlamak, ve çukur kesitli bant sistemlerinde kesit geometrisini korumaktır. Taşınması gereken malzeme kuyruk tambur tarafında bantın üst kısmına konur. Malzeme bantın öbür ucuna geldiği zaman, bant baş tambura sarılıp alta geçer ve taşınan malzeme banttan atılır. Alta geçen bant geriye hareket ederken alt merdaneler üzerinde hareket eder. Bu merdaneler genellikle düz bir bant profili oluştururlar. Alt merdanelerin aralığı üst (taşıyıcı) merdane aralığının yaklaşık iki katı kadar olabilir. Bant gerginliği takeup (Şekil 26) denilen çekme mekanizmaları ile sağlanır. Bu mekanizmalar belli uzunlukta bantın yedek uzunluk olarak depolanmasında da kullanılır. Bu yedek uzunluk gerek bant uzunluğunun artırılmasında, gerekse bant kopması sonrası tamir işlerinde gerekli ek bant uzunluğunun karşılanmasında işe yarar. Şekil 26'da tipik bir bant sisteminin elemanları şematik olarak gösterilmiştir. Uygulamanın gereksinimlerine göre yer üstü ve yer altı taşımacılığında bant sistemi genellikle taşıma doğrultusundaki topografyaya uygun bir profil alacak şekilde kurulur. Şekil 27'den de görüldüğü gibi, bu uygulamalarda bant taşıma sistemlerinin yatay, aşağı veya yukarı eğimli, konveks veya konkav profilli, veya bunların herhangi bir kombinasyonu şeklinde kurulma olanakları vardır.



Şekil 27. Çeşitli bant sistemleri.

### 9.4.2. Malzeme Özellikleri

Konveyör sistemlerinin tasarımı yapılırken ilk önce taşınacak malzemenin özelliklerinin saptanması gerekir. Bunların en önemlileri serbest duruş açısı, sürşarj açısı, ve akıcılık özellikleridir.

1. Serbest duruş açısı (*angle of repose*): Bu açı, malzeme bir yığın halinde dururken yığın yüzeyinin yatayla yaptığı açıdır.
2. Sürşarj açısı (*angle of surcharge*): Bu açı malzeme hareket halinde bir konveyör üstünde iken malzeme yüzeyinin yatayla yaptığı açıdır. Bu açı genellikle serbest duruş açısından 5-15 derece daha küçüktür.
3. Akıcılık: Serbest duruş ve sürşarj açısının bir fonksiyonu olarak değişen bu özellik, genellikle dört akıcılık derecesi ile tanımlanır. Bunlar, çok serbest, serbest, orta, tutuklu akıcılık olarak isimlendirilirler. Akıcılık malzeme tanelerinin şekil ve büyüklüğü, iri ve ufak parçaların boyutları ve oranı, malzeme tanelerinin yüzey pürüzlülük derecesi ve nemliliği ile etkilenir. Çizelge 8’de akıcılık ve diğer özellikler arasındaki ilişkiler özetlenmiştir.

Çizelge 8. Akıcılık, Serbest Duruş ve Sürşarj Açısı (CEMA, 1988).

Akıcılık	Çok serbest (1)	Serbest (2)	Orta (3)		Tutuklu (4)
Sürşarj açısı	5°	10°	20°	25°	30°
Serbest duruş açısı	0°-19°	20°-29°	30°-39°	35°-30°	>49°
Malzeme karakteristikleri	Üniform tane iriliği, çok küçük yuvarlak taneler, çok kuru veya çok ıslak (örnek: silika kumu, çimento, ıslak beton)	Yuvarlak, kuru, cilalı, orta ağırlıklı taneler (örnek: buğday, kuru fasulye)	Değişik boyutlu granüler ve iri tanelerin karıştığı, orta ağırlıkta malzeme (örnek: antrasit, kil)	Tipik madencilikte ençok rastlanan malzeme (örnek: bitümlü kömür, taş, birçok cevherler)	Düzensiz yapılı, lifli, ince uzun taneli, birbirine geçen malzeme (örnek: tahta yongası, pancar posası, döküm kumu)

Yukarıda özetlenen özelliklerin dışında malzemenin yoğunluğu, ıslaklığı, tozluluğu, aşındırıcılığı, yapışkanlığı, kimyasal korozyon etkisi, ve sıcaklığının da göz önüne alınması gerekir. Bu özellikler Çizelge 9 ve 10’da sıralanmıştır. Malzeme bant üzerinde hareket halinde iken, bantın hareketi, hareket hızı, ve tırmanış açısı, malzemenin özelliklerini etkiler. Bant ruloların üzerinden geçerken yukarı ve aşağı doğru hareket ederek taşınan malzemeyi karıştırır. Bu olay iri tanelerin üste çıkmasına neden olduğu gibi malzeme yüzeyini de basıklaştırır (sürşarj açısı). Malzeme banta yüklenirken bant ve malzemenin yatay hızları arasındaki farkın malzemenin ivme kazanması ile ortadan kaldırılması gerekir. Bu durum malzeme içinde türbülans yaratır. Malzemenin banta yüklenirken kazandığı düşey hız da bant ve o kısımda bantı taşıyan özel çarpma ruloları tarafından absorbe edilir. Bu da türbülansı artırır. Bütün bu etkiler eğer bant yukarı veya aşağı meyilli bir profilde hareket ediyorsa veya yüksek hızla hareket ediyorsa daha da şiddetli olur. Eğer malzeme gevşek ve iri taneleri içeriyorsa (iri çakıl gibi) bu etkiler daha da artar, ve malzeme zıplamaya ve yuvarlanarak banttan düşmeye başlar.

Çizelge 9. Malzeme Sınıflandırma Kodları (CEMA, 1988).

	Malzeme Özellikleri	Kod
Tane iriliği	Çok ince taneli — 100 meş veya altı	A
	İnce taneli — 1/8 inç (3,18 mm) ve altı	B
	Granüler — 1/2 inç (12,7 mm) ve altı	C
	İri parçalı — 1/2 inç den daha iri parçalar la dolu	D
	Düzensiz — lifli, birbirine geçen, topak yapan parçalar	E
Akıcılık ve serbest duruş açısı	Çok serbest akıcı — serbest duruş açısı < 19°	1
	Serbest akıcı — serbest duruş açısı 20° - 29° arası	2
	Orta akıcı — serbest duruş açısı 30° - 39° arası	3
	Tutuk akıcı — serbest duruş açısı > 49°	4
Aşındırıcılık	Aşındırmaz	5
	Aşındırıcı	6
	Çok aşındırıcı	7
	Çok keskin — bant kaplamalarını keser veya oyar	8
Diğer özellikler (bazen birden fazlası uygulanabilir)	Çok tozlu	L
	Hava ile karışıp akışkanlaşır	M
	Patlayıcı toz içerir	N
	Kontaminasyon yolu ile satış ve kullanım kalitesi bozulabilir	P
	Kullanım kalitesi bozulabilir	Q
	Zararlı duman veya toz çıkarır	R
	Çok korosif	S
	Hafif korosif	T
	Higroskopik	U
	Birbirine kitlenir veya topaklanır	V
	Yağ veya kimyasal maddeleri içerir — lastik yüzeyleri etkileyebilir	W
	Basınç altında sıkışıp birbirine yapışır	X
	Çok hafif ve uçucu — rüzgarla taşınabilir	Y
Çok sıcak	Z	

İniş ve çıkışlı profillerde kullanılan bantlarda bantın taşıma kapasitesini tanımlayan kesit yatay durumda olan banta göre farklıdır. Nominal kesit banta dik düzlemde olan kesittir. Bantın eğimli kısımlarında taşınan malzemenin kesit şekli yerçekimine bağlı olarak değişeceği için bant üstündeki malzemenin kesit alanı hesaplanırken banta dik olan değil düşey düzlemdeki kesit göz önüne alınmalıdır. Buna göre Şekil 29'daki  $A_b$  alanı bant eğiminden etkilenmemekle beraber,  $A_s$  alanı bant eğiminin kosinüsü ile orantılı olarak değişir. Bu değişme malzemenin sürüş açısının düşey düzlemde ölçülmesi gereksiniminden oluşur. Genelde, birçok uygulamalarda eğim nedeni ile olan kapasite düşmesi % 3'ü aşmaz. Eğimli düzeylerde bant taşımacılığında aşağıdaki noktaların göz önüne alınması gerekir:

1. Topaklar, ve iri parçalar büyük bir olasılıkla eğimli bantların kenarlarından yuvarlanıp dökülebilirler.
2. Değişmeyen eğimli bantlarda bant dışına dökülme en çok yükleme noktası yakınlarında olabilir.
3. Malzeme aşırı derecede hava tutar, veya aşın derecede ıslak ise, bant üstünde geriye kayma eğilimini gösterir. Böyle hallerde bant hızı geri kayma etkisini ortadan kaldıracak şekilde arttırılmalıdır.



Çizelge 10. Madencilikle ilgili bazı malzeme karakteristikleri (CEMA, 1988).

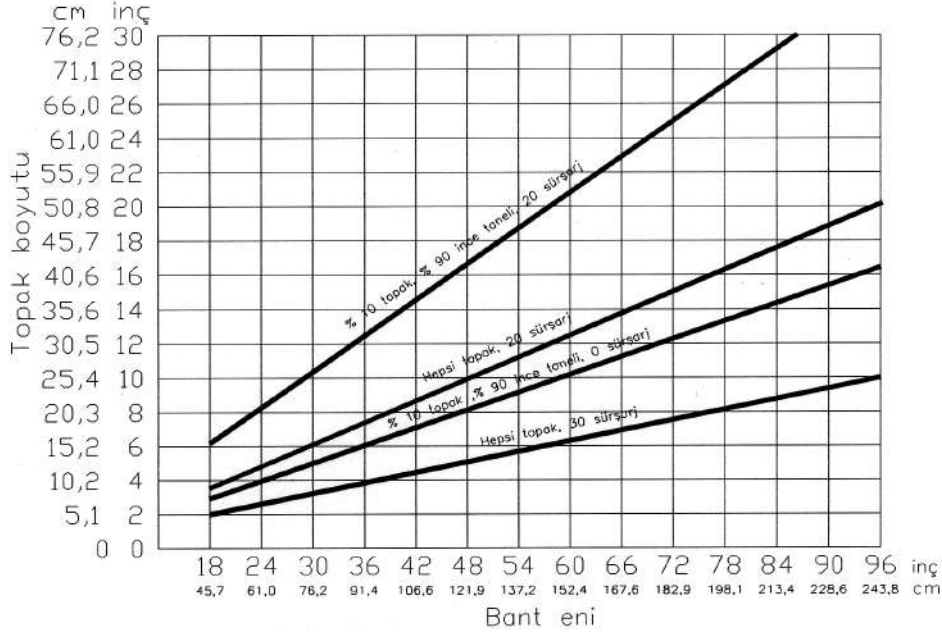
Malzeme	Ortalama Yoğunluk		Serbest Duruş Açısı (Derece)	Öngörülen Maksimum Eğim (Derece)	Kod
	g/cm <sup>3</sup>	lbs/cu ft			
Alumina	0,8-1,04	50-65	22	10-12	B27M
Aluminyum cevheri (bak boksit)					
Amonyum nitrat	0,72	45	30-44		C36NUS
Antrasit elek üstü	0,88-0,96	55-60	27	16	C26
Antrasit, 3,1 mm ve altı	0,96	60	35	18	B35TY
Aplit	1,12-1,28	70-80	30-44		A26
Asbest, cevheri	1,29	81	30-44		D37R
Baca külü	0,64-0,72	40-45	42	20-25	A37
Bakır cevheri	1,92-2,40	120-150	30-44	20	D37
Barit	2,88	180	30-44		B36
Bazalt	1,28-1,65	80-103	20-28		B26
Bitümlü kömür açık işletmeden, tüvenan	0,8-0,96	50-60			D36T
Bitümlü kömür elek üstü	0,72-0,88	45-55	35	16	D35T
Bitümlü kömür tüvenan	0,72-0,88	45-55	38	18	D35T
Bitümlü kömür, 50 meş ve altı	0,80-0,87	50-54	45	24	B45T
Boksit, öğütülmüş, kuru	1,09	68	20-29	20	B26
Boksit, tüvenan	1,28-1,44	80-90	31	17	E37
Boksit, kırılmış, 7,62 cm ve altında	1,20-1,36	75-85	30-44	20	D37
Boraks, 12,7 mm elek üstü	0,88-0,96	55-60	30-44		C36
Boraks, 3 in ve altında	0,96-1,12	60-70	30-44		D35
Borik asit, ince taneli	0,88	55	20-29		B26T
Çakıl taneleri	1,44-1,60	90-100	30	12	D36
Çakıl, kazıldığı gibi	1,44-1,60	90-100	38	20	
Çakıl, kuru, ve keskin kenarlı	1,44-1,60	90-100	30-44	15-17	D37
Çinko cevheri, kırılmış	2,56	160	38	22	
Çinko konsantreleri	1,20-1,28	75-80			B26
Demir cevheri	1,44-1,92	100-120	35	18-20	D36
Demir cevheri, peletlenmiş	1,86-2,08	116-130	30-44	13-15	D37Q
Demir sülfat	1,92-2,16	120-135	30-44		D36
Dolomit, iri taneli	1,28-1,44	80-100	30-44	22	D36
Dolomit, pulverize	0,74	46	41		B36
Feldspat, 1,27 cm. elenmiş	1,12-1,36	70-85	38	18	B36
Feldspat, 200 meş	1,60	100	30-44		A37
Feldspat, 3,81 - 7,62 cm arası. iri taneler	1,44-1,6	90-110	34	17	D36
Ferro karbonat	1,36-1,44	85-90	30-44		B36
Ferro sülfat	0,80-1,20	50-75			C36
Ferro sülfat	1,92-2,16	120-135	20-29		C36
Florit, 1,27 cm. elenmiş	1,36-1,68	85-105	45		C46
Florit, 3,81 - 7,62 cm arası. iri taneler	1,76-1,92	110-120	45		D46
Fosfat cevheri, kırılmış, kuru	1,20-1,36	75-85	25-29	12-15	D26
Galen	3,84-4,17	240-260	30-44		A36
Grafit cevheri	1,04-1,20	65-75	30-44		D37
Granit, 3,81 cm. elenmiş	1,28-1,44	80-90	20-29	C27	
Granit, 3,81-7,72 cm arası parçalar	1,36-1,44	85-90	20-29		D27
Granit, kırılmış	1,52-1,60	95-100	30-44		D37
İlmenit cevheri	2,24-2,56	140-160	30-44		B37
Jips, 3,81 cm. elenmiş	1,12-1,28	70-80	40	21	C36
Jips, 3,81-7,72 cm arası parçalar	1,12-1,28	70-80	30	15	D36

Çizelge 10. Devamı.

Malzeme	Ortalama Yoğunluk		Serbest Duruş Açısı (Derece)	Öngörülen Maksimum Eğim (Derece)	Kod
	g/cm <sup>3</sup>	lbs/cu ft			
Kaolen kil, 7,72 cm ve altı	1,00	63	35	19	D36
Kil, kuru, ince taneli	1,60-1,92	100-120	35	20-22	C37
Kil, kuru, iri taneli, topaklı	0,96-1,20	60-75	35	18-20	D36
Killi toprak, ıslak	1,60-1,76	100-110	45	23	B46
Kireçtaşı, kırılmış	1,36-1,44	85-90	38	18	C36X
Kok	0,37-0,56	23-35	30-44	18	B37QVT
Korborundum, 7,62 cm ve altında	1,60	100	20-29		D27
Kriyolit, topaklı	1,44-1,60	90-100	30-44		D36
Kriyolit, toz	1,20-1,44	75-90	30-44		A36
Kromit	2,00-2,24	125-140	30-44		D37
Kuars, 3,81 cm. elenmiş	1,28-1,44	80-90	20-29		C27Z
Kuars, 3,81-7,72 cm arası parçalar	1,36-1,52	85-95	20-29		D27Z
Kül., (kömür) kuru, 7,72 cm. ve altında	0,56-0,64	35-40	45		D46T
Kül., (kömür), ıslak, 7,72 cm ve altında	0,72-0,80	45-50	45		D46T
Kum, yerinde, ıslak	1,68-2,08	105-130	45	20-22	B47
Kum, yerinde, kuru	1,44-1,76	90-110	35	16-18	B37
Kumtaşı, kırılmış	1,36-1,44	85-90	30-44		D37
Kurşun cevherleri	3,20-4,33	200-270	30	15	B36RT
Linyit	0,64-0,80	40-45	38	22	D36T
Linyit, hava ile kurutulmuş	0,80-0,88	45-55	30-44		D35
Manganez cevheri	2,00-2,24	125-140	39	20	D37
Marn	1,28	80	30-44		C37
Mermer, kırılmış, 1,27 cm ve altı	1,28-1,52	80-95	30-44		C37
Molibden cevheri	1,71	107	40		B36
Nefelin siyenit	1,44-1,68	90-105	30-44		B36
Nikel-kobalt sülfat cevheri	1,28-2,40	80-150	30-44		D37T
Pirit, 5,08 – 7,72 cm arası parçalar	2,16-2,32	135-145	20-29		D26T
Pirit, pelet	1,92-2,08	120-130	30-44		C36T
Ponza taşı, 3,175 mm ve altı	0,64-0,72	40-45	45		B47
Portland çimentosu	1,15-1,27	72-79	30-44	20-23	A36M
Portland çimentosu, havalandırılmış	0,96-1,20	60-75			A16M
Potaş (muriate), tüvenan	1,20	75	30-44		D37
Potaş tuzları, silvit, vb.	1,28	80	20-29		B25T
Şeyl, kırıklı	1,44-1,60	90-100	20-29		D26QZ
Şeyl, kırılmış	1,36-1,44	85-90	39	22	C36
Slate 3,81 – 7,62 cm arası parçalar	1,36-1,52	85-95			D26
Slate, kırılmış, 1,27 cm ve altı	1,28-1,44	80-90	28	15	C36
Taconit peletleri	1,86-2,08	116-130	30-44	13-15	D37Q
Talk, 1,27 cm elek üstü	1,28-1,44	80-90	20-29		C25
Talk, 3,81 – 7,62 cm arası parçalar	1,36-1,52	85-95	20-29		D25
Taş, kırılmış	2,00-2,32	125-145	20-29		D26
Taş, yumuşak (ekskavatörle kazılmış)	1,60-1,76	100-110	30-44	22	D36
Toprak, kuru, kazıldığı gibi	1,12-1,28	70-80	35	20	B36
Tuz, kuru, iri taneli	0,64-0,88	40-55		18-22	C36TU
Vermikülit cevheri	1,12-1,28	70-80		20	D36Y
Zımpara taşı	3,68	230	20-29		A27

### 9.4.3. Bant Kapasitesi, Hızı ve Boyutları

Bant taşıma kapasitesi bantın hızı, eni, kesit alanı ve eğimine bağlı olarak değişir. Bant taşıma sistemlerinin tasarımında yapılan hesaplar sonucu elde edilen boyutlara bağlı olarak standart bant enlerinden en uygunu seçilir. Amerika Birleşik Devletlerinde üretilen standart bantlar 18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60, 72, 84, ve 96 inç enindedir. Bant eni seçilirken topaklı malzemenin banttan düşmesini önlemek için bant enini arttırmak yoluna gidilebilir. Topaklı malzemelerde topak boyutları ve topaklı kısım oranına göre değişen ampirik bir ilişki Şekil 28'de grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 28. Bant eni ve topak boyutları arasındaki ilişki (CEMA, 1988).

Burada malzemenin banttan dökülmesini önlemek için, bant eni belli bir topak boyutu için topak yüzdesi ve sürşarj açısı ile belirtilen doğrunun altında kalacak şekilde seçilmelidir. Bant hızı gereken kapasiteye, taşınacak malzemenin özelliklerine ve banta uygulanacak gerilmeye bağlı olarak değişir. Uygun bir hızın seçiminde yararlı olan üç genel kural şunlardır.

1. Pulverize malzemeler, toz kaldırmayı önlemek için düşük hızlarda taşınmalıdır. Buna özellikle transfer noktalarında, doldurma ve boşaltma yerlerinde uymak yararlıdır.
2. Taşıma sırasında kırılıp ufalanabilen malzeme de düşük hızlarda taşınarak malzeme kalitesinin bozulması önlenmelidir.
3. Ağır, keskin kenarlı malzemeler bant aşınmasını önlemek için orta hızlarda taşınmalıdır.

Malzeme cinsine göre maksimum bant hızları ve bunlara uygun bant boyutları Çizelge 11'de özetlenmiştir. Belli bir hızda bant genişliği arttıkça bant taşıma kapasitesi de artar. Kapasite ayrıca sürşarj açısı ve çukur kesitli bantlarda yan ruloların yatayla

Çizelge 11. Öngörülen bant hız limitleri (CEMA, 1988).

Malzeme	Hız Limiti		Bant Eni	
	fpm	m/dak	cm	inç
Tahıl veya benzeri serbest akıcı aşındırmayan malzeme	500	152,4	45,7	18
	700	213,3	61,0-76,2	24-30
	800	243,8	91,4-106,7	36-42
	1000	304,8	121,9-243,8	48-96
Kömür, ıslak kil, yumuşak cevherler, dekapaj malzemesi ve toprak, ince taneli kırma taş	400	121,9	45,72	18
	600	182,9	61,0-91,4	24-36
	800	243,8	106,7-152,4	42-60
	1000	304,8	182,9-243,8	72-96
Ağır, sert, keskin kenarlı cevher, kalın taneli kırma taş	350	106,7	45,72	18
	500	152,4	61,0-91,4	24-36
	600	182,9	>91,4	>36
Banttın pulluk yolu ile alınan aşındırmayan malzeme	200 (ağaç pülpü için 300 veya 400)	61,0 (ağaç pülpü için 91,5 veya 121,9)	Bütün boyutlar	Bütün boyutlar
Silo veya depolardan az aşındırıcı veya aşındırmayan malzemeleri yükleyen düz veya çukur profilli besleyici bantlar.	50 - 100	15,2- 30,5	Bütün boyutlar	Bütün boyutlar

yaptığı çukurluk açısı (Şekil 29)  $\beta$  ya göre de değişir. Konveyör kesitine göre kapasite aşağıdaki varsayımlar ile hesaplanır:

1. Çukur kesitli konveyörlerde yüklenen malzeme bant kenarına kadar erişmez. Bant kenarından olan bu uzaklık ( $c$  = standart kenar uzaklığı)

$$c = 0.055b + 2,29 \text{ (cm)} \quad \dots(1)$$

eşitliği ile saptanır. Burada  $b$  = bant eni (cm) olarak verilmiştir.

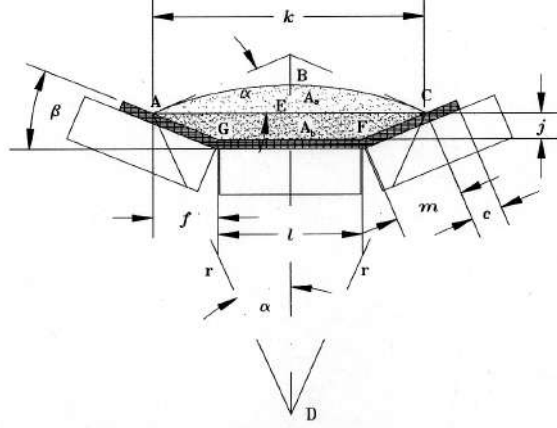
2. Malzemenin üst yüzeyi çembersel kesitli olup, kenarlarda yatayla  $a$  açısı (sürşarj açısı) yapan bir düzleme teğettir.
3.  $l = 0.3716 + 0,635 \text{ (cm)}$  olarak varsayılmıştır.

Şekil 29'dan da görüldüğü gibi malzemenin kesit alanı  $A_s$  ve  $A_b$  ile gösterilmiş olan iki kısımdan oluşur. Burada  $A_g$  alanı çembersel,  $A_b$  alanı ise ikizkenar yamuk şeklindeki kısımlardır. Toplam kesit alanı  $A_t$  ise bunların toplamına eşittir. Bu alanlar aşağıdaki gibi hesaplanır:

İkizkenar yamuk alanı  $A_b$ :

$$(AEFCG) \text{ alanı } A_b = \left( \frac{l+k}{2} \right) j \quad \dots(2)$$

$$\text{Bant eni } b = l + 2m + 2c \quad \dots(3)$$



Şekil 29. Çukur kesitli konveyör.

ve yukardaki varsayımları da gözönüne alarak,

$$A_b = [0,371b + 0,654 + (0,2595b - 2,064) \cos \beta] \times (0,2595b - 2,604) \sin \beta \quad \dots(4)$$

olarak yazılabilir. Çembersel alan  $A_s$ , ise,

$$A_s = \left( \frac{0,1855b + 0,3175 + (0,2595b - 2,604) \cos \beta}{\sin \alpha} \right)^2 \left( \frac{\pi \alpha}{180} - \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \quad \dots(5)$$

olarak yazılabilir. Düz kesitli konveyörlerde (Şekil 30) bantın çukur kısmı olmadığı için sadece  $A_s$  alanı söz konusudur. Burada toplam kesit alanı  $A_t = A_s$  olup

$$A_s = \left( \frac{0,445b - 2,286}{\sin \alpha} \right)^2 \left( \frac{\pi \alpha}{180} - \frac{\sin 2\alpha}{2} \right) \quad \dots(6)$$

eşitliğinden elde edilir. Yukarıda verilen eşitliklerle elde edilecek sonuçlar bant seçiminde kolaylık sağlamak amacıyla  $20^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $35^\circ$ ,  $45^\circ$  çukurluk açılı ve düz kesitli konveyörler için ve çeşitli sürüş hızları kapsayan çizelgeler (Çizelge 12'den, Çizelge 15'e kadar) halinde verilmiştir. Çizelgelerde verilmeyen girdiler için yukarıda verilen eşitlikler kullanılır. Çizelgeleri en faydalı şekilde kullanabilmek için aşağıda sıralanan adımları izlemek gerekir:

Çizelge 12. 20° çukurluk açılı, üç eşit boyda rulolu bantlar. Standart kenar uzaklığı = 0,055b + 2,286 cm (CEMA, 1988).

Bant eni inç	cm	A <sub>1</sub> - Yüklenen malzeme kesiti (cm <sup>2</sup> )										10 m/dak. hızda taşıma kapasitesi (m <sup>3</sup> /saat)										
		Sürüşaj Açısı					Sürüşaj Açısı					Sürüşaj Açısı					Sürüşaj Açısı					
		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	45,7	82,7	100,3	118,9	136,6	155,1	174,7	194,2	0,46	0,56	0,66	0,76	0,87	0,97	1,08	0,46	0,56	0,66	0,76	0,87	0,97	1,08
24	61,0	160,7	194,2	228,5	262,9	297,3	333,5	370,7	0,90	1,09	1,27	1,47	1,66	1,86	2,07	0,90	1,09	1,27	1,47	1,66	1,86	2,07
30	76,2	263,8	318,7	373,5	429,2	484,9	543,5	602,9	1,47	1,78	2,08	2,39	2,71	3,03	3,36	1,47	1,78	2,08	2,39	2,71	3,03	3,36
36	91,4	393,0	472,9	553,7	635,5	719,1	804,5	891,9	2,19	2,64	3,09	3,55	4,01	4,49	4,98	2,19	2,64	3,09	3,55	4,01	4,49	4,98
42	106,7	546,3	657,7	769,2	882,6	997,8	1115,8	1237,5	3,05	3,67	4,29	4,92	5,56	6,22	6,90	3,05	3,67	4,29	4,92	5,56	6,22	6,90
48	121,9	725,6	873,3	1021,0	1170,6	1322,9	1479,0	1639,7	4,05	4,87	5,69	6,53	7,38	8,25	9,14	4,05	4,87	5,69	6,53	7,38	8,25	9,14
54	137,2	930,9	1118,5	1307,1	1498,5	1692,7	1892,4	2097,7	5,19	6,24	7,29	8,35	9,44	10,55	11,70	5,19	6,24	7,29	8,35	9,44	10,55	11,70
60	152,4	1160,3	1394,5	1628,6	1866,4	2108,9	2356,9	2612,4	6,47	7,77	9,08	10,41	11,76	13,14	14,57	6,47	7,77	9,08	10,41	11,76	13,14	14,57
72	182,9	1696,4	2036,4	2378,3	2724,8	3076,9	3438,3	3810,9	9,46	11,36	13,26	15,19	17,16	19,17	21,25	9,46	11,36	13,26	15,19	17,16	19,17	21,25
84	213,4	2334,6	2800,1	3269,2	3744,0	4228,0	4724,1	5235,0	13,02	15,61	18,23	20,88	23,57	26,34	29,19	13,02	15,61	18,23	20,88	23,57	26,34	29,19
96	243,8	3073,2	3685,4	4302,3	4925,7	5561,1	6212,4	6885,0	17,13	20,55	23,99	27,46	31,01	34,64	38,38	17,13	20,55	23,99	27,46	31,01	34,64	38,38

Çizelge 13. 35° çukurluk açılı, üç eşit boyda rulolu bantlar. standart kenar uzaklığı = 0,055b + 2 ,286 cm (CEMA, 1988).

Bant eni ft	cm	A <sub>1</sub> - Yüklenen malzeme kesiti (cm <sup>2</sup> )															10 m/dak. hızda taşıma kapasitesi (m <sup>3</sup> /saat)					
		Sürüşaj Açısı															Sürüşaj Açısı					
		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	45,7	133,8	148,6	164,4	180,2	197,0	213,7	230,4	0,75	0,83	0,92	1,01	1,10	1,19	1,29	0,75	0,83	0,92	1,01	1,10	1,19	1,29
24	61,0	258,3	287,1	316,8	346,5	377,2	408,8	440,4	1,44	1,60	1,77	1,93	2,10	2,28	2,46	1,44	1,60	1,77	1,93	2,10	2,28	2,46
30	76,2	422,7	470,1	517,5	565,8	615,0	665,2	717,2	2,36	2,62	2,89	3,16	3,43	3,71	4,00	2,36	2,62	2,89	3,16	3,43	3,71	4,00
36	91,4	628,0	697,7	767,4	838,9	910,4	984,8	1060,9	3,50	3,89	4,28	4,68	5,08	5,49	5,92	3,50	3,89	4,28	4,68	5,08	5,49	5,92
42	106,7	873,3	969,9	1066,5	1165,0	1264,4	1366,6	1472,5	4,87	5,41	5,95	6,49	7,05	7,62	8,21	4,87	5,41	5,95	6,49	7,05	7,62	8,21
48	121,9	1159,4	1286,7	1414,9	1544,0	1676,0	1810,7	1950,0	6,47	7,17	7,89	8,61	9,34	10,10	10,87	6,47	7,17	7,89	8,61	9,34	10,10	10,87
54	137,2	1485,5	1648,1	1811,6	1977,0	2145,1	2317,0	2495,4	8,28	9,19	10,10	11,02	11,96	12,92	13,91	8,28	9,19	10,10	11,02	11,96	12,92	13,91
60	152,4	1852,5	2054,1	2256,6	2462,8	2671,9	2886,5	3107,6	10,33	11,45	12,59	13,73	14,90	16,09	18,18	10,33	11,45	12,59	13,73	14,90	16,09	18,18
72	182,9	2706,2	2999,8	3295,2	3594,4	3899,1	4210,3	4532,7	15,09	16,73	18,37	20,04	21,74	23,48	25,27	15,09	16,73	18,37	20,04	21,74	23,48	25,27
84	213,4	3722,6	4124,9	4529,9	4939,6	5356,7	5784,1	6225,4	20,75	23,00	25,25	27,54	29,86	32,25	34,71	20,75	23,00	25,25	27,54	29,86	32,25	34,71
96	243,8	4899,7	5427,4	5959,7	6497,6	7045,7	7607,8	8186,5	27,32	30,26	33,22	36,22	39,28	42,41	45,64	27,32	30,26	33,22	36,22	39,28	42,41	45,64

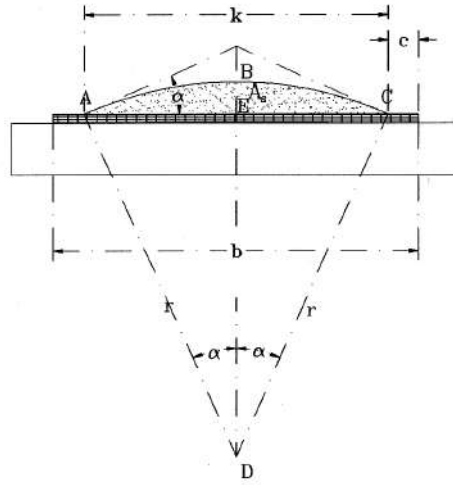
Çizelge 14. 45° çukurluk açılı, üç eşit boyda rulolu bantlar. Standart kenar uzaklığı = 0,055b + 2,286 cm (CEMA, 1988).

Bant eni inç	cm	A <sub>1</sub> - Yüklenen malzeme kesiti (cm <sup>2</sup> )															10 m/dak. hızda taşıma kapasitesi (m <sup>3</sup> /saat)																										
		Sürşarj Açısı							Sürşarj Açısı								Sürşarj Açısı							Sürşarj Açısı																			
		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°														
18	45,72	157,9	170,9	184,9	198,8	213,7	227,6	243,4	0,88	0,96	1,03	1,11	1,19	1,27	1,36	1,70	1,84	1,98	2,13	2,28	2,43	2,59	2,78	3,01	3,24	3,47	3,71	3,95	4,21	4,12	4,46	4,80	5,14	5,49	5,85	6,22	7,60	8,21	8,83	9,45	10,09	10,74	11,41
24	60,96	303,8	329,8	355,8	381,8	407,8	435,7	463,6	1,70	1,84	1,98	2,13	2,28	2,43	2,59	2,78	3,01	3,24	3,47	3,71	3,95	4,21	4,46	4,80	5,14	5,49	5,85	6,22	6,66	7,13	7,62	8,11	8,62	9,12	9,63	10,14	10,66	11,18	11,71	12,24	12,77	13,30	
30	76,2	498,0	538,8	580,6	622,4	665,2	708,8	754,4	2,78	3,01	3,24	3,47	3,71	3,95	4,21	4,46	4,80	5,14	5,49	5,85	6,22	6,66	7,13	7,62	8,11	8,62	9,12	9,63	10,14	10,66	11,18	11,71	12,24	12,77	13,30	13,82	14,35	14,88	15,41	15,94	16,47	17,00	
36	91,44	738,6	799,0	860,3	921,6	984,8	1048,9	1114,8	4,12	4,46	4,80	5,14	5,49	5,85	6,22	6,66	7,13	7,62	8,11	8,62	9,12	9,63	10,14	10,66	11,18	11,71	12,24	12,77	13,30	13,82	14,35	14,88	15,41	15,94	16,47	17,00	17,53	18,06	18,59	19,12	19,65	20,18	
42	106,68	1027,5	1110,2	1194,7	1279,3	1365,7	1454,8	1545,9	5,73	6,19	6,66	7,13	7,62	8,11	8,62	9,12	9,63	10,14	10,66	11,18	11,71	12,24	12,77	13,30	13,82	14,35	14,88	15,41	15,94	16,47	17,00	17,53	18,06	18,59	19,12	19,65	20,18	20,71	21,24	21,77	22,30	22,83	
48	121,92	1362,9	1472,5	1583,1	1695,5	1809,7	1926,8	2047,6	7,60	8,21	8,83	9,45	10,09	10,74	11,41	12,06	12,68	13,30	13,92	14,54	15,16	15,78	16,40	17,02	17,64	18,26	18,88	19,50	20,12	20,74	21,36	21,98	22,60	23,22	23,84	24,46	25,08	25,70	26,32	26,94	27,56	28,18	
54	137,16	1745,6	1885,9	2027,1	2170,2	2315,1	2464,7	2618,9	9,73	10,52	11,30	12,10	12,91	13,74	14,60	15,45	16,30	17,15	18,00	18,85	19,70	20,55	21,40	22,25	23,10	23,95	24,80	25,65	26,50	27,35	28,20	29,05	29,90	30,75	31,60	32,45	33,30	34,15	35,00	35,85	36,70	37,55	
60	152,4	2175,8	2349,5	2525,1	2702,5	2883,7	3068,6	3259,9	12,13	13,10	14,08	15,07	16,08	17,11	18,18	19,24	20,30	21,37	22,44	23,51	24,58	25,65	26,72	27,79	28,86	29,93	31,00	32,07	33,14	34,21	35,28	36,35	37,42	38,49	39,56	40,63	41,70	42,77	43,84	44,91	45,98	47,05	
72	182,88	3177,3	3430,9	3685,4	3943,7	4206,6	4476,0	4753,8	17,72	19,13	20,55	21,99	23,45	24,95	26,50	28,00	29,45	30,90	32,35	33,80	35,25	36,70	38,15	39,60	41,05	42,50	43,95	45,40	46,85	48,30	49,75	51,20	52,65	54,10	55,55	57,00	58,45	59,90	61,35	62,80	64,25	65,70	
84	213,36	4368,3	4715,7	5065,0	5418,1	5778,5	6147,3	6528,2	24,36	26,29	28,24	30,21	32,22	34,27	36,40	38,53	40,66	42,79	44,92	47,05	49,18	51,31	53,44	55,57	57,70	59,83	61,96	64,09	66,22	68,35	70,48	72,61	74,74	76,87	79,00	81,13	83,26	85,39	87,52	89,65	91,78	93,91	
96	243,84	5748,8	6204,0	6663,0	7126,5	7599,4	8083,4	8583,2	32,05	34,59	37,14	39,73	42,37	45,07	47,85	50,63	53,40	56,17	58,94	61,71	64,48	67,25	70,02	72,79	75,56	78,33	81,10	83,87	86,64	89,41	92,18	94,95	97,72	100,49	103,26	106,03	108,80	111,57	114,34	117,11	119,88	122,65	



Çizelge 15. Düz kesitli bantlar. Standart kenar uzaklığı =  $0,055b + 2,286$  cm (CEMA, 1988).

Bant eni		A <sub>1</sub> - Yüklenen malzeme kesiti (cm <sup>2</sup> )										10 m/dak. hızda taşıma kapasitesi (m <sup>3</sup> /saat)										
		Sürşarj Açısı					Sürşarj Açısı					Sürşarj Açısı					Sürşarj Açısı					
inç	cm	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	45,72		18,6	38,1	57,6	77,1	97,5	118,0		0,11	0,21	0,32	0,43	0,54	0,66		0,20	0,40	0,61	0,81	1,03	1,25
24	60,96		36,2	71,5	108,7	145,9	183,9	223,9		0,32	0,65	0,98	1,32	1,66	2,02		0,48	0,96	1,45	1,94	2,45	2,98
30	76,2		58,5	117,1	176,5	236,9	298,2	362,3		0,66	1,33	2,00	2,69	3,40	4,12		0,88	1,76	2,65	3,56	4,50	5,45
36	91,44		85,5	171,9	260,1	349,3	440,4	534,2		1,12	2,25	3,39	4,55	5,74	6,97		1,39	2,80	4,22	5,66	7,15	8,68
42	106,68		120,8	238,8	359,5	483,1	609,4	739,5		2,03	4,07	6,14	8,25	10,41	12,64		2,79	5,59	8,43	11,32	14,29	17,34
48	121,92		157,0	315,9	475,7	639,2	806,4	978,3		3,66	7,35	11,08	14,88	18,77	22,79							
54	137,16		200,7	403,2	607,6	816,6	1030,3	1250,5														
60	152,4		249,9	501,7	756,2	1015,4	1282,1	1556,1														
72	182,88		364,2	730,2	1101,8	1479,9	1867,3	2266,8														
84	213,36		499,8	1003,3	1512,4	2030,8	2562,2	3111,3														
96	243,84		656,8	1318,3	1987,2	2669,1	3367,7	4087,7														



Şekil 30. Düz kesitli konveyör.

1. Çizelge 8 ve Çizelge 10'da verilen bilgilere dayanarak malzemenin sürşarj açısı belirlenir. Genellikle sürşarj açısı serbest duruş açısından (5 dereceden 15 dereceye kadar) daha küçüktür.
2. Malzemenin yoğunluğu belirlenir.
3. Malzemeye ve taşımacılık problemine en uygun rulo aralığı belirlenir.
4. Çizelge 11'den uygun bir bant hızı seçilir.
5. Taşımada istenen saatte ton kapasite buna eşdeğer m<sup>3</sup>/saat değerine dönüştürülür.
6. Volümetrik kapasite (m<sup>3</sup>/saat) 10 m/dak hızda buna eşdeğer olan nominal kapasiteye aşağıdaki şekilde dönüştürülür:

$$\text{Nominal kapasite (10 m/dak. hızda)} = (\text{m}^3/\text{saat})[10/\text{bant hızı (m/dak)}]$$

7. Yukarıda hesaplanan nominal kapasiteyi kullanarak aşağıdaki çizelgelerden (Çizelge 13'ten, Çizelge 15'e kadar) buna uygun bant hızı bulunur.
8. Eğer taşınacak malzeme topaklı ise Şekil 28'deki değerlere karşı kontrol edilir. Bazı hallerde topak boyutu bant enini belirleyebilir. Böyle durumlarda seçilen bant enini değiştirmek gerekir.

#### 9.4.4. Konveyör Ruloları

Banlı konveyörlerde taşıyıcı (üst) ve dönüş (alt) ruloları olmak üzere iki çeşit rulo kullanılır. Taşıyıcı rulolar konveyörün üst kısmında malzemeyi taşıyan bantın altına yerleştirilirler. Bunların görevi taşınan malzemenin yükünü kaldırmak, bantın sarkmasını önlemek, ve çukur kesitli bantlarda çukur bant profilini oluşturmaktır. Genelde her kesitte üç rulo yer alır (Şekil 29). Ortadaki rulo yatay, her iki yandaki rulolar da yatayla belli bir açı (çukurluk açısı) yapacak şekilde monte edilirler. Düz kesitli bantlarda tek bir taşıyıcı rulo vardır. Dönüş (alt) rulolarının görevi ise geriye dönen bantı taşımaktır. Bunlar genellikle yatay olarak konveyör kasasının altına monte edilirler. Büyük ve ağır bantlar için iki rulodan oluşan ve V harfi şeklinde bir kesit oluşturan alt rulolar kullanılır. Endüstride rulolar kullanım alanlarına göre sınıflandırılırlar. Çizelge 16'da Amerika Birleşik Devletlerinde uygulanan sınıflandırma sistemi gösterilmiştir. Ruloların arasında bırakılacak aralık bant ve malzeme ağırlığına, bant cinsine, ve banta uygulanan gerilmeye bağlıdır. Rulo aralığı çok fazla olduğu zaman bant iki

rulo arasında aşırı derecede sarkmaya başlar; bu da bant üstünde taşınan malzemenin dökülmesine neden olur. İki rulo arasında normal olarak bırakılması gereken açıklık bant genişliğine ve taşınan malzemenin yoğunluğuna bağlı olarak Çizelge 17’de sıralanmıştır. Bant eni ve hızı saptandıktan sonra buna uygun taşıyıcı ve dönüş ruloları seçilir. Rulolar seçilirken kullanım şekilleri, ortam, ve hıza bağlı olarak değişen dört faktör gözönüne alınmalıdır. Bu faktörler ( $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ , ve  $K_4$ ) Çizelge 18’den Çizelge 21’e kadar verilmiştir. Bu çizelgelerdeki bilgiler geçmiş uygulamalardan ele edilen ampirik değerlerdir. Bantlı konveyörlerde üst ve alt rulo seçimi bu ruloların sınıflandırma kodlarının belirlenmesi ile yapılır. Bu sınıflandırma kodları rulolara uygulanan yüke bağlı olduğu için, önce bu yüklerin belirlenmesi gerekir. Ruloya gelen gerçek yük GY

$$\text{Gerçek yük} = GY = (W_b + W_m)S_i \quad \dots(7)$$

Eşitliğinden, ve düzeltilmiş yük DY de

$$DY = GY \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \quad \dots(8)$$

Fomülünden bulunur. Burada:

$W_b$  = Bant ağırlığı (kg/m)

$W_m$  = Malzeme ağırlığı (kg/m)

$S_i$  = İki rulo arasındaki açıklık (m)

$K_1$  = Topaklılık düzeltme faktörü (Çizelge 18)

$K_2$  = Çevresel ve bakım düzeltme faktörü (Çizelge 19)

$K_3$  = Çalışma süresi düzeltme faktörü (Çizelge 20)

$K_4$  = Hız düzeltme faktörü (Çizelge 21)

Gerçek yük (7) eşitliğinden bulunur. Eğer  $GY < DY$  ise bunu izleyen hesaplarda DY değeri kullanılır. Eğer  $K_1 K_2 K_3 K_4 < 1$  ise GY değeri kullanılır. Buradan Elde edilen yük değeri rulo sınıflamasını belirlemek için Çizelge 22’den Çizelge 26’ya kadar verilen değerlerle karşılaştırılır. Bu yükleme değerleri CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association) sınıflandırma sisteminde rulo rulmanlı yataklarının 500 devir/dakika hızla en az 90,000 saat dayanma gereksinimi ile tanımlanmıştır. Çizelge 27 ve Çizelge 30’da standart CEMA rulolarının atalet momentleri ( $WK^2$ ) verilmiştir. Bu veriler Bölüm 9.4.5’te bant gerilmelerinin hesaplanmasında kullanılabilir.

Çizelge 16. Rulo sınıflandırması (CEMA, 1988).

Sınıf	Rulo Çapı		Kullanım
	inç	cm	
A4	4	10,16	Hafif yükler
A5	5	12,7	
B4	4	10,16	
B5	5	12,7	
C4	4	10,16	
C5	5	12,7	
C6	6	15,24	
D5	5	12,7	Ağır yükler
D6	6	15,24	
E6	6	15,24	
E7	7	17,78	

Çizelge 17. Rulolar arasındaki açıklık (Sj) (CEMA, 1988).

Bant eni		Taşıyıcı Rulolar arasındaki açıklık Taşınan malzeme yoğunluğu, lbs/ft <sup>3</sup> (g/cm <sup>3</sup> )												Dönüş Ruloları	
inç	cm	30 (0,48)		50 (0,80)		75 (1,20)		100 (1,60)		150 (2,4)		200 (3,2)		ft	m
		ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m		
18	45,72	5,5	1,68	5,0	1,52	5,0	1,52	5,0	1,52	4,5	1,37	4,5	1,37	10	3,05
24	60,96	5,0	1,52	4,5	1,37	4,5	1,37	4,0	1,22	4,0	1,22	4,0	1,22	10	3,05
30	76,20	5,0	1,52	4,5	1,37	4,5	1,37	4,0	1,22	4,0	1,22	4,0	1,22	10	3,05
36	91,44	5,0	1,52	4,5	1,37	4,0	1,22	4,0	1,22	3,5	1,07	3,5	1,07	10	3,05
42	106,68	4,5	1,37	4,5	1,37	4,0	1,22	3,5	1,07	3,0	0,91	3,0	0,91	10	3,05
48	121,92	4,5	1,37	4,0	1,22	4,0	1,22	3,5	1,07	3,0	0,91	3,0	0,91	10	3,05
54	137,16	4,5	1,37	4,0	1,22	3,5	1,07	3,5	1,07	3,0	0,91	3,0	0,91	10	3,05
60	152,40	4,0	1,22	4,0	1,22	3,5	1,07	3,0	0,91	3,0	0,91	3,0	0,91	10	3,05
72	182,88	4,0	1,22	3,5	1,07	3,5	1,07	3,0	0,91	2,5	0,76	2,5	0,76	8	2,44
84	213,36	3,5	1,07	3,5	1,07	3,0	0,91	2,5	0,76	2,5	0,76	2,0	0,61	8	2,44
96	243,84	3,5	1,07	3,5	1,07	3,0	0,91	2,5	0,76	2,0	0,61	2,0	0,61	8	2,44

\* Rulo aralığı rulo yük taşıma kapasitesine göre değişebilir. Çizelge 15-19'a bakınız.

Çizelge 18. Topaklılık düzeltme faktörü, K<sub>1</sub> (CEMA, 1988).

Maksimum Topak Çapı		Malzeme Yoğunluğu, lbs/ft <sup>3</sup> (g/cm <sup>3</sup> )						
inç	cm	50 (0,80)	75 (1,20)	100 (1,6)	125 (2,0)	150 (2,4)	175 (2,8)	200 (3,2)
4	10,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1
6	15,2	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1
8	20,3	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2
10	25,4	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2
12	30,5	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3
14	35,6	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3
16	40,6	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
18	45,7	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4

Çizelge 19. Çevresel ve bakım düzeltme faktörü,  $K_2$  (CEMA, 1988).

Çevresel Şartlar	Bakım		
	İyi	Orta	Zayıf
Temiz	1,00	1,08	1,11
Orta	1,06	1,10	1,13
Kirli	1,09	1,12	1,15

Çizelge 20. Çalışma süresi düzeltme faktörü  $K_3$  (CEMA, 1988).

Çalışma süresi	Faktör
Günde 6 saatten az	0,80
Günde 6 – 9 saat arası	1,00
Günde 10 – 16 saat arası	1,10
Günde 16 saatten fazla	1,21

Çizelge 21. Hız düzeltme faktörü  $K_4$  (CEMA, 1988).

Bant Hızı		Rulo Çapı inç (cm)			
ft/dak	m/dak	4 (10,2)	5 (12,7)	6 (15,2)	7 (17,8)
100	30,5	0,80	0,80	0,80	0,80
200	61,0	0,83	0,80	0,80	0,80
300	91,4	0,90	0,85	0,83	0,81
400	122,0	0,95	0,91	0,88	0,85
500	152,4	0,99	0,95	0,92	0,88
600	182,9	1,03	0,98	0,95	0,92
700	213,4	1,05	1,01	0,98	0,95
800	243,8		1,04	1,00	0,97
900	274,3		1,06	1,03	1,00
1000	304,8			1,05	1,02

Çizelge 22. CEMA A sınıfı rulolarda yük taşıma limitleri (CEMA, 1988).

Bant Eni (b)		Taşıyıcı Rulo						Dönüş Rulosu	
		Çukurluk Açısı							
		20°		35°		45°			
inç	cm	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg
18	45,72	300	136	300	136	300	136	150	68
24	60,96	300	136	300	136	289	131	125	57
30	76,20	300	136	280	127	270	122	100	45
36	91,44	275	125	256	116	248	112	75	34

Çizelge 23. CEMA B sınıfı rulolarda yük taşıma limitleri (CEMA, 1988).

Bant Eni (b)		Taşıyıcı Rulo						Dönüş Rulosu	
		Çukurluk Açısı							
		20°		35°		45°			
inç	cm	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg
18	45,72	410	186	410	186	410	186	220	100
24	60,96	410	186	410	186	410	186	190	86
30	76,20	410	186	410	186	410	186	165	75
36	91,44	410	186	410	186	396	180	155	70
42	106,7	390	177	363	165	351	159	140	64
48	121,9	380	172	353	160	342	155	130	59

Çizelge 24. CEMA C sınıfı rulolarda yük taşıma limitleri (CEMA, 1988).

Bant Eni (b)		Taşıyıcı Rulo						Dönüş Rulosu	
		Çukurluk Açısı							
		20°		35°		45°			
inç	cm	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg
18	45,72	900	408	900	408	900	408	475	215
24	60,96	900	408	900	408	900	408	325	147
30	76,20	900	408	900	408	900	408	250	113
36	91,44	900	408	837	380	810	367	200	91
42	106,7	850	386	791	359	765	347	150	68
48	121,9	800	363	744	337	720	327	125	57
54	137,2	750	340	698	317	675	306	*	*
60	152,4	700	318	650	295	630	286	*	*

\* CEMA D sınıfı dönüş rulolarını kullanınız.

Çizelge 25. CEMA D sınıfı rulolarda yük taşıma limitleri (CEMA, 1988).

Bant Eni (b)		Taşıyıcı Rulo						Dönüş Rulosu	
		Çukurluk Açısı							
		20°		35°		45°			
inç	cm	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg
24	60,96	1200	544	1200	544	1200	544	600	272
30	76,20	1200	544	1200	544	1200	544	600	272
36	91,44	1200	544	1200	544	1200	544	600	272
42	106,7	1200	544	1200	544	1200	544	500	227
48	121,9	1200	544	1200	544	1200	544	425	193
54	137,2	1200	544	1116	506	1080	490	375	170
60	152,4	1150	522	1070	485	1035	469	280	127
72	182,9	1050	476	977	443	945	429	155	70

Çizelge 26. CEMA E sınıfı rulolarda yük taşıma limitleri (CEMA, 1988).

Bant Eni (b)		Taşıyıcı Rulo						Dönüş Rulosu	
		Çukurluk Açısı							
		20°		35°		45°			
inç	cm	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg
36	91,44	1800	816	1800	816	1800	816	1000	436
42	106,7	1800	816	1800	816	1800	816	1000	436
48	121,9	1800	816	1800	816	1800	816	1000	436
54	137,2	1800	816	1800	816	1800	816	925	420
60	152,4	1800	816	1800	816	1800	816	850	386
72	182,9	1800	816	1800	816	1800	816	700	318
84	213,4	1800	816	1674	759	1620	735	550	249
96	243,8	1750	794	1628	738	1575	714	400	181

Çizelge 27. Taşıyıcı rulolarda dönen parçaların ortalama ağırlıkları (kg) (çelik rulolar) (CEMA, 1988).

Bant Eni		CEMA Rulo Sınıfı										
inç	cm	A4	A5	B5	B6	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7
18	45,7	5,8	7,3	6,8	8,7	6,6	8,7	12,1				
24	61,0	7,2	9,6	8,3	11,0	7,9	10,5	14,8	10,5	14,8		
30	76,2	8,6	11,3	9,9	12,8	9,3	12,2	17,2	12,2	17,2		
36	91,4	10,0	13,0	11,5	15,0	10,7	14,2	19,8	14,2	19,8	29,4	37,1
42	106,7			14,0	17,3	12,0	16,0	22,3	16,0	22,3	33,2	41,6
48	121,9			14,9	18,9	13,4	17,8	24,9	17,8	24,9	37,1	45,9
54	137,2						20,8	28,3	20,8	28,3	42,5	55,2
60	152,4						22,7	31,0	22,7	31,0	46,4	60,2
72	182,9						26,3	35,3	26,3	35,3	54,2	70,1
84	213,4										59,9	74,4
96	243,8										65,9	78,5

Çizelge 28. Dönüş rulolarında dönen parçaların ortalama ağırlıkları (kg) (Çelik rulolar)(CEMA, 1988).

Bant Eni		CEMA Rulo Sınıfı										
inç	cm	A4	A5	B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7
18	45,7	5,4	7,0	5,9	7,4	5,5	7,5	9,8				
24	61,0	7,1	8,7	7,4	9,5	6,9	9,1	12,3	9,5	13,7		
30	76,2	8,4	10,5	8,8	11,1	8,3	10,9	14,7	11,7	16,1		
36	91,4	9,9	12,3	10,3	12,9	9,6	12,7	17,1	13,7	18,4	26,8	31,8
42	106,7			11,8	15,0	11,2	14,6	19,6	15,6	21,4	30,6	36,3
48	121,9			12,4	16,4	12,5	16,4	22,0	17,6	24,7	34,3	40,8
54	137,2								19,7	27,6	37,7	45,3
60	152,4								22,3	30,9	41,8	49,6
72	182,9								25,0	34,0	49,6	58,5
84	213,4										51,7	61,8
96	243,8										55,3	67,9

Çizelge 29. Silindirik çelik taşıyıcı pulolar için ortalama  $WK^2$  (Nm) değerleri (eşit boyutlu üç rulodan oluşan set) (CEMA, 1988).

Bant Eni		CEMA Rulo Sınıfı										
inç	cm	A4	A5	B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7
18	45,7	29	61	32	66	33	66	132				
24	61,0	36	78	39	86	41	86	165	86	165		
30	76,2	44	94	48	103	49	103	198	103	198		
36	91,4	52	110	58	119	58	119	231	119	231	329	591
42	106,7			66	136	67	136	264	136	264	370	646
48	121,9			77	153	77	153	295	153	295	416	750
54	137,2						164	330	164	330	463	831
60	152,4						181	364	181	364	508	910
72	182,9								196	397	598	1070
84	213,4										726	1179
96	243,8										822	1330

Çizelge 30. Silindirik çelik dönüş ruloları için ortalama  $WK^2$  (Nm) değerleri (CEMA, 1988).

Bant Eni		CEMA Rulo Sınıfı										
inç	cm	A4	A5	B4	B5	C4	C5	C6	D5	D6	E6	E7
18	45,7	29	62	30	63	31	63	122				
24	61,0	36	77	37	78	38	78	155	78	155		
30	76,2	44	94	45	94	45	94	187	94	187		
36	91,4	52	111	53	112	53	112	230	112	230	309	553
42	106,7			61	128	61	128	257	128	257	353	632
48	121,9			69	145	69	145	284	145	284	398	710
54	137,2								161	316	440	789
60	152,4								173	349	486	868
72	182,9								189	378	575	1026
84	213,4										688	1166
96	243,8										792	1281

#### 9.4.5. Bant Gerilmeleri

##### 9.4.5.1. Efektif gerilme

Bantlı konveyörlerin motor gücü hesaplamalarında kullanılan iki önemli veri bant hızı ve efektif bant gerilmesidir. Bantı hareket ettiren baş tambura uygulanması gereken güç

$$W = \frac{T_e V}{60000} \quad \dots(9)$$

Eşitliği ile hesaplanır. Burada:



- W : güç (kW)  
 $T_e$  : efektif gerilme (*effective tension*) (N)  
V : bant hızı (m/dak) dır.

Efektif gerilmeyi hesaplarırken banta ve sürücü tambura (baş tambur) uygulanan bütün kuvvetlerin göz önüne alınması gerekir. Bu kuvvetler banta bir gerilme kuvveti halinde etki eder. Bunları oluşturan dört kaynak şunlardır:

1. Taşınan malzemeyi yukarı veya aşağı hareket ettirirken oluşan yerçekimi etkisi.
2. Konveyör hareket halinde iken konveyör parçalarının, sürücü sistemin, ve diğer konveyör aksesuarlarının sürtünme direnci.
3. Taşınan malzemenin sürtünme direnci.
4. Malzeme banta yüklenirken malzemenin bant hızına ulaşması için gerekli ivmeyi sağlayacak ek kuvvet.

Bütün bu etkilerin banta uyguladığı gerilme  $T_e$  aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$T_e = (T_x + T_{yc} + T_{yr}) + (T_{ym} \pm T_m) + T_p + T_{am} + T_{ac} \quad \dots(10)$$

Burada:

- $T_x$  : Taşıyıcı (üst) ve dönüş (alt) ruloların sürtünme direncinden doğan gerilme (N).  
 $T_{yc}$ : Bantın taşıyıcı rulolar üstünde hareketi sırasında bükülmeye olan direncinden doğan gerilme (N).  
 $T_{yr}$ : Bantın dönüş ruloları üstünde hareketi sırasında bükülmeye olan direncinden doğan gerilme (N).  
 $T_{ym}$ : Malzemenin taşıyıcı rulolar üstünde hareketi sırasında bükülmeye olan direncinden doğan gerilme (N).  
 $T_m$  : Malzemeyi yukarı kaldırmak (+) veya aşağı indirmek için gerekli kuvvetten doğan gerilme (N).  
 $T_p$  : Bantın baş, kuyruk ve diğer tamburlar etrafına sarılmaya ve bükülmeye karşı direnci, ve tamburların rulmanlı yataklarındaki sürtünme direncinden doğan toplam gerilme (N).  
 $T_{am}$ : Malzemeyi banta yüklendikçe sürekli olarak hızlandırmak için gerekli kuvvetten doğan gerilme (N).  
 $T_{ac}$ : Konveyör aksesuarlarının getirdiği dirençten doğan toplam gerilme (N).

$$T_{ac} = T_{sb} + T_{pl} + T_{tr} + T_{bc} \quad \dots(11)$$

- $T_{sb}$  : Yükleme perdesi (*skirtboard*) sürtünmesini yenmek için gerekli kuvvetten doğan gerilme (N).  
 $T_{pl}$  : Pullukların (*plow*) sürtünmesini yenmek için gerekli kuvvetten doğan gerilme (N).  
 $T_{tr}$  : Konveyör sistemine ek olarak çalışan diğer sistemler (örneğin tripperler) tarafından yaratılan sürtünmelerden doğan gerilme (N).  
 $T_{bc}$ : Bant temizleyicilerinden oluşan sürtünmelerden doğan gerilme (N).

Aşağıda bütün bu gerilme kaynakları ayrıntılı olarak incelenmiştir.

$T_x$ :

$$T_x = 9,81 LK_tK_x \quad \dots(12)$$

Burada:

L : Konveyör uzunluğu (m)

$K_t$  : Sıcaklık düzeltmesi (  $-1^\circ$  ve daha yüksek sıcaklıklar için  $K_t = 1$ ; daha düşük sıcaklıklar için Şekil 31'e bakınız.)

$K_x$ : Ruloların sürtünme direncini ve bantla rulolar arasındaki kayma direncini hesaplamada kullanılan faktör (kg/m)

$$K_x = 0,00068(W_b + W_m) + \frac{A_i}{S_i} \quad \dots(13)$$

Burada:

$W_b$  : bant birim ağırlığı (kg/m) (Çizelge 31'e bakınız)

$W_m$  : malzeme birim ağırlığı (kg/m) ve

$$W_m = \frac{1000Q}{60V} \quad \dots(14)$$

Q : Taşıma kapasitesi (ton/saat)

V : Bant hızı (m/dak)

$S_i$  : Rulo aralığı (m)

$A_1 = 6$  inç (15,24 cm) çaplı CEMA C6 ve D6 rulolar için 0,68

= 5 inç (12,7 cm) çaplı CEMA A5, B5, C5, ve D5 rulolar için 0,816

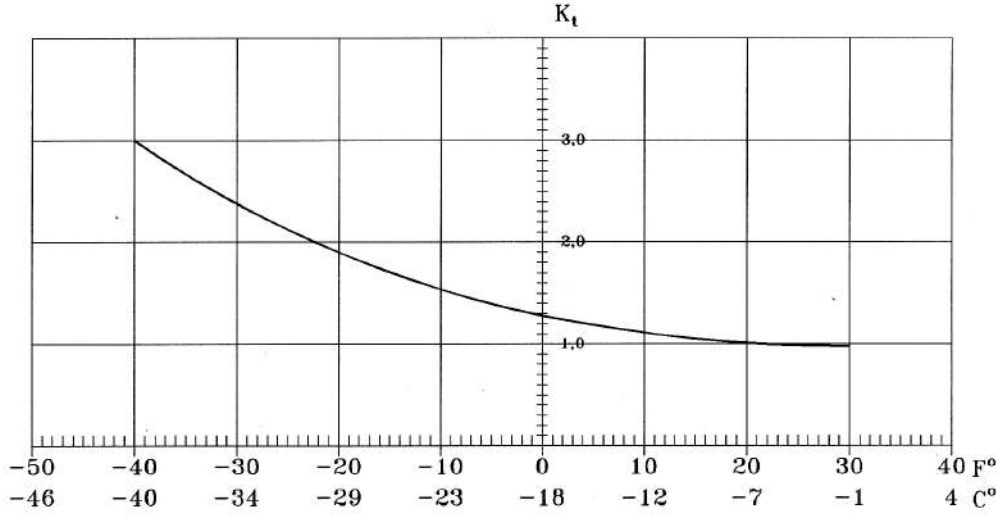
= 4 inç (10,16 cm) çaplı CEMA A4, B4, C4 rulolar için 1,043

= 7 inç (17,78cm) çaplı CEMA E7 rulolar için 1,089

= 6 inç (15,24cm) çaplı CEMA E6 rulolar için 1,27

= aşağı eğimli rejeneratif konveyörlerde 0,0

Burada  $A_1$  değerleri ortalama değerlerdir ve dönüş rulolarını da içerir. Eğer V seklinde düzenlenmiş iki dönüş rulosu kullanılıyorsa  $A_1$  değerlerini % 5 kadar arttırmınız.

Şekil 31. Sıcaklık düzeltme faktörü K<sub>t</sub> (CEMA, 1988).

Çizelge 31. Ortalama bant birim ağırlıkları (kg/m) (CEMA, 1988).

Bant Eni (b)		Taşınan Malzeme Yoğunluğu(g/cm <sup>3</sup> )		
		0,48-1,18	1,19-2,06	2,07-3,2
inç	cm			
18	45,72	5,2	6,0	6,7
24	60,96	6,7	8,2	8,9
30	76,2	8,9	10,4	11,9
36	91,44	13,4	14,9	17,9
42	106,68	16,4	17,9	20,8
48	121,92	20,8	22,3	25,3
54	137,16	23,8	25,3	28,3
60	152,4	26,8	29,8	32,7
72	182,88	31,3	35,7	38,7
84	213,36	37,2	44,6	49,1
96	243,84	44,6	52,1	56,6

1. Çelik kablolu bantlar için yukardaki değerleri % 50 arttırmız
2. Yapımcıya, konstrüksiyon seklne göre bant ağırlıkları değişir. Yukardaki değerler ancak ilk yaklaşım olarak kullanılmalıdır. Kesin hesaplamalarda üretici tarafından verilen değerler kullanılmalıdır.

T<sub>ye</sub>:

$$T_{ye} = 9,81LK_tK_yW_b \quad \dots(15)$$

Burada L, K<sub>t</sub> ve W<sub>b</sub> yukanda daha önce tanımlandığı gibidir. K<sub>y</sub> faktörü bantın taşıyıcı ruloların oluşturduğu çukurluğa uygun olarak bükülüp şekil alması için gereken kuvvetle ilgilidir. Çizelge 32 ve Çizelge 33'de taşıyıcı rulolar için K<sub>y</sub> değerleri W<sub>b</sub>, W<sub>m</sub>, S<sub>i</sub> değerlerine ve bantın yatayla yaptığı tırmanma açısına göre verilmiştir. Eğer S<sub>i</sub> değerleri bu çizelgelerde yoksa, Çizelge 34 kullanılarak doğru K<sub>y</sub> değerleri elde edilebilir. Bu çizelgelerin nasıl kullanılacağını örneklerle gösterelim:

### **Örnek 1.**

Bant boyu  $L = 800$  ft. (243,8 m) ve  $W_m + W_b = 150$  lb/ft (223,2 kg/m) olsun. Eğer bant eğimi %12 ise,  $K_y$  faktörü Çizelgeyi 32'den 0,017 olarak bulunur. Bu değer eğer rulo açıklığı  $S_i = 3$  ft (0,91 m) ise doğrudur. Eğer rulo açıklığı 4ft (1,22 m) olarak seçilmişse, Çizelge 34'deki değerler kullanılmalıdır. Bu örnek için, Çizelge 34'ün ilk satırında verilen değerler arasında 0,017 aranır. Bu değer 0,016 ve 0,018 in tam ortasına geldiği için, 0,017 ye karşılık olan değerler 0,016 ve 0,018 kolonlarındaki değerlerin ortalamaları olacaktır. Düzeltmiş  $K_y$  değeri Çizelge'27 de 0,016 ve 0,018 kolonları içinde  $W_m + W_b = 150$  lb/ft (223,2 kg/m) ve  $S_i = 4$  ft (0,91m) karşısına gelen 0,0187 ve 0,0213 değerlerinin ortalaması alınıp 0,020 olarak bulunur.

### **Örnek 2.**

Bant boyu  $L = 1000$  ft (304,8 m) ve  $W_m + W_b = 125$  lb/ft (186 kg/m) ve bant eğimi de % 12 olsun. Çizelge 33'de bu değerlere uygun  $K_y$  değeri 0,0165 dir. Bu değer ancak  $S_i = 3,5$  ft (1,07 m) için geçerlidir. Eğer  $S_i = 4,5$  ft (1,37 m) ise, Çizelge 34 kullanılmalıdır. Burada 0,0165 değeri 0,016 ve 0,018 arasında olacaktır. Bu çizelgede  $S_i = 4,5$  ft (1,37 m) değeri karşısındaki 0,0188 ve 0,0213 değerleri kullanılarak doğrusal enterpolasyonla  $K_y = 0,0194$  bulunur.

Bu çizelgelere verilen  $K_y$  değerleri 3000 ft (914 m) uzunluğuna kadar olan tek eğim profilli ve taşıyıcı ve dönüş rulolarında en çok % 3 sarkma olan bantlar için geçerlidir. Ayrıca, dönüş ruloları için 10 ft ( 3,05 m) açıklık, ve bant yüklemesinin sürekli ve üniform olduğu varsayılmıştır.

### **T<sub>yr</sub>:**

Bantın dönüş ruloları üstünde hareketi sırasında bükülmeye olan direncinden doğan bu gerilme

$$T_{yr} = (0.015LK_t W_b)9,18 \quad \dots(16)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada  $L$ ,  $K_t$ ,  $W_b$  daha önce tanımlanan sembollerdir.

### **T<sub>ym</sub>:**

Malzemenin bükülmeye olan direncinden doğan gerilme

$$T_{ym} = 9,18(L K_y W_m) \quad \dots(17)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Çizelge 32.  $K_y$  faktörü ( $L = 250 - 800$  ft) (CEMA, 1988).

Bant Uzunluğu L		W <sub>b</sub> + W <sub>m</sub>		Bant eğimi (%)						
				0	3	6	9	12	24	33
				Bant eğimi (derece)						
ft	m	lb/ft	kg/m	0	2	3,5	5	7	14	18
250	82	20	29,8	0,035	0,035	0,034	0,031	0,031	0,031	0,031
		50	74,4	0,035	0,034	0,033	0,032	0,031	0,028	0,027
		75	111,6	0,035	0,034	0,032	0,032	0,030	0,027	0,025
		100	148,8	0,035	0,033	0,032	0,031	0,030	0,026	0,023
		150	223,2	0,035	0,035	0,034	0,033	0,031	0,025	0,021
		200	297,6	0,035	0,035	0,035	0,035	0,032	0,024	0,018
		250	372,0	0,035	0,035	0,035	0,035	0,033	0,021	0,018
		300	446,4	0,035	0,035	0,035	0,035	0,032	0,019	0,018
400	131	20	29,8	0,035	0,034	0,032	0,030	0,030	0,030	0,030
		50	74,4	0,035	0,033	0,031	0,029	0,029	0,026	0,025
		75	111,6	0,034	0,033	0,030	0,029	0,028	0,024	0,021
		100	148,8	0,034	0,032	0,030	0,028	0,028	0,022	0,019
		150	223,2	0,035	0,034	0,031	0,028	0,027	0,019	0,016
		200	297,6	0,035	0,035	0,033	0,030	0,027	0,016	0,014
		250	372,0	0,035	0,035	0,034	0,030	0,026	0,017	0,016
		300	446,4	0,035	0,035	0,034	0,029	0,024	0,018	0,018
500	164	20	29,8	0,035	0,033	0,031	0,030	0,030	0,030	0,030
		50	74,4	0,034	0,032	0,030	0,028	0,028	0,024	0,023
		75	111,6	0,033	0,032	0,029	0,027	0,027	0,021	0,019
		100	148,8	0,033	0,031	0,029	0,028	0,026	0,019	0,016
		150	223,2	0,035	0,033	0,030	0,027	0,024	0,016	0,016
		200	297,6	0,035	0,035	0,030	0,027	0,023	0,016	0,016
		250	372,0	0,035	0,035	0,030	0,025	0,021	0,016	0,015
		300	446,4	0,035	0,035	0,029	0,024	0,019	0,018	0,018
600	197	20	29,8	0,035	0,032	0,030	0,029	0,029	0,029	0,029
		50	74,4	0,033	0,030	0,029	0,027	0,026	0,023	0,021
		75	111,6	0,032	0,030	0,028	0,026	0,024	0,02	0,016
		100	148,8	0,032	0,030	0,027	0,025	0,022	0,016	0,016
		150	223,2	0,035	0,031	0,026	0,024	0,019	0,016	0,016
		200	297,6	0,035	0,031	0,026	0,021	0,017	0,016	0,016
		250	372,0	0,035	0,031	0,024	0,020	0,017	0,016	0,016
		300	446,4	0,035	0,031	0,023	0,018	0,018	0,018	0,018
800	262	20	29,8	0,035	0,031	0,030	0,029	0,029	0,029	0,029
		50	74,4	0,032	0,029	0,028	0,026	0,025	0,021	0,018
		75	111,6	0,031	0,029	0,026	0,024	0,022	0,016	0,016
		100	148,8	0,031	0,028	0,025	0,022	0,020	0,016	0,016
		150	223,2	0,034	0,028	0,023	0,019	0,017	0,016	0,016
		200	297,6	0,035	0,027	0,021	0,016	0,016	0,016	0,016
		250	372,0	0,035	0,026	0,020	0,017	0,016	0,016	0,016
		300	446,4	0,035	0,025	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018

Rulo açıklığı: Yukarıdaki değerler aşağıdaki rulo açıklıkları içindir. Diğer açıklıklar için Çizelge 34'deki değerler kullanılmalıdır.

(W <sub>b</sub> +W <sub>m</sub> ) (kg/m)	S <sub>i</sub> (m)	(W <sub>b</sub> +W <sub>m</sub> ) (kg/m)	S <sub>i</sub> (m)
< 74,4	1,37	148,8 - 223,1	1,07
74,4 - 148,7	1,22	223,2 - ve üstü	0,91

Çizelge 33. Kv faktörü (L = 1000 - 3000 ft) (CEMA, 1988).

Bant Uzunluğu L		W <sub>b</sub> + W <sub>m</sub>		Bant eğimi (%)						
				0	3	6	9	12	24	33
ft	m	lb/ft	kg/m	Bant eğimi (derece)						
				0	2	3,5	5	7	14	18
1000	328	50	74,4	0,031	0,028	0,026	0,024	0,023	0,019	0,016
		75	111,6	0,030	0,027	0,024	0,022	0,019	0,016	0,016
		100	148,8	0,030	0,026	0,022	0,019	0,017	0,016	0,016
		150	223,2	0,033	0,024	0,019	0,016	0,016	0,016	0,016
		200	297,6	0,032	0,023	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016
		250	372,0	0,033	0,022	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016
		300	446,4	0,033	0,021	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
1400	459	50	74,4	0,029	0,026	0,024	0,022	0,021	0,016	0,016
		75	111,6	0,028	0,024	0,021	0,019	0,016	0,016	0,016
		100	148,8	0,028	0,023	0,019	0,016	0,016	0,016	0,016
		150	223,2	0,029	0,020	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		200	297,6	0,030	0,021	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		250	372,0	0,030	0,020	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016
		300	446,4	0,030	0,019	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
2000	656	50	74,4	0,027	0,024	0,022	0,020	0,018	0,016	0,016
		75	111,6	0,026	0,021	0,019	0,016	0,016	0,016	0,016
		100	148,8	0,025	0,020	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		150	223,2	0,026	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		200	297,6	0,024	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		250	372,0	0,023	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		300	446,4	0,022	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
2400	787	50	74,4	0,026	0,023	0,021	0,018	0,017	0,016	0,016
		75	111,6	0,025	0,021	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016
		100	148,8	0,024	0,019	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		150	223,2	0,024	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		200	297,6	0,021	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		250	372,0	0,021	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		300	446,4	0,020	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
3000	984	50	74,4	0,024	0,022	0,019	0,017	0,016	0,016	0,016
		75	111,6	0,023	0,019	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		100	148,8	0,022	0,017	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		150	223,2	0,022	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		200	297,6	0,019	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		250	372,0	0,018	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		300	446,4	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018

Rulo açıklığı: Yukarıdaki değerler aşağıdaki rulo açıklıkları içindir. Diğer açıklıklar için Çizelge 34'deki değerler kullanılmalıdır.

(W <sub>b</sub> +W <sub>m</sub> ) (kg/m)	S <sub>i</sub> (m)	(W <sub>b</sub> +W <sub>m</sub> ) (kg/m)	S <sub>i</sub> (m)
< 74,4	1,37	148,8 - 223,1	1,07
74,4 - 148,7	1,22	223,2 - ve üstü	0,91

Çizelge 34. Çizelgelerde olmayan  $S_i$  değerleri için düzeltilmiş  $K_y$  değerleri (CEMA, 1988).

$Wb + Wm$ Lb/ft	$Wb + Wm$ kg/m	$S_i$		Enterpolasyon için $K_y$ Değerleri																	
		ft	m	0,016	0,018	0,020	0,022	0,024	0,026	0,028	0,030	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040	0,042	0,044			
50 den az	15,2 den az	3,0	0,91	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016		
		3,5	1,07	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	
		4,0	1,22	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		4,5	1,37	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		5,0	1,52	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
50 - 99	15,2 - 30,2	3,0	0,91	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	
		3,5	1,07	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	
		4,0	1,22	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		4,5	1,37	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		5,0	1,52	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
100 - 149	30,3 - 45,4	3,0	0,91	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	
		3,5	1,07	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	
		4,0	1,22	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		4,5	1,37	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		5,0	1,52	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
150 - 199	45,5 - 60,7	3,0	0,91	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	
		3,5	1,07	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	
		4,0	1,22	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		4,5	1,37	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		5,0	1,52	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
200 - 249	60,8 - 75,9	3,0	0,91	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	
		3,5	1,07	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	
		4,0	1,22	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		4,5	1,37	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
		5,0	1,52	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016

**T<sub>m</sub>:**

Malzemeyi yukarı kaldırmak (+) veya aşağı indirmek (-) için gerekli kuvvetten doğan gerilme

$$T_m = \pm 9,18H W_m \quad \dots(18)$$

Eşitliğinden hesaplanır. Burada H düşey uzaklık veya kot farkı (m) dır. Malzeme yukarı taşınıyorsa (+), aşağı taşınıyorsa (-) işareti kullanılır.

**T<sub>p</sub>:**

Bantın baş, kuyruk ve diğer tamburlara sarılmaya karşı olan direnci ve bu tamburlann rulmanlı yataklarındaki sürtünmelerin doğurduğu gerilmeler (sürücü tambur hariç) toplanarak T<sub>p</sub> elde edilir. Bu gerilmeler Çizelge 35'te verilen yaklaşık değerler kullanılarak elde edilebilir. Daha kesin hesaplamalar için aşağıdaki metoda başvurulabilir. Bu metod T<sub>p</sub> gerilmesi toplam T<sub>e</sub> değerine göre büyük bir değer olduğu zaman önem kazanır. T<sub>p</sub> gerilmesi T<sub>p1</sub> ve T<sub>p2</sub> olmak üzere iki gerilmenin toplamı olarak hesaplanır. T<sub>p1</sub> değeri bantın tambur üstüne sarılmasına olan direncinden doğan gerilim, ve T<sub>p2</sub> değeri de tamburların rulmanlı yataklarındaki sürtünmelerden doğan gerilmedir.

Çizelge 35. Tamburlar için gerilme değerleri (CEMA, 1988).

Tambur	Bantın Tambura Sarılma Açısı	Gerilme (N) (tambur başına)
Bantın gergin tarafındaki tamburlar	150° - 240°	900
Bantın gevşek tarafındaki tamburlar	150° - 240°	675
Bütün diğer tamburlar	< 150°	450

T<sub>p1</sub> değeri kumaş karkaslı bantlar için:

$$T_{p1} = 9b(0.8 + 0.01 \frac{T}{b} \frac{B_t}{D_p}) \quad \dots(19)$$

eşitliğinden, çelik karkaslı veya çelik kablolu bantlar için de

$$T_{p1} = 12b(1.142 + 0.01 \frac{T}{b} \frac{B_t}{D_p}) \quad \dots(20)$$

eşitliğinden elde edilir. Burada



- b : bant eni (cm)  
 B<sub>t</sub> : bant kalınlığı (cm)  
 D<sub>p</sub> : tambur çapı (cm)  
 T : bantın tambura sarıldığı noktadaki bant gerilimi (N) dir.

T<sub>p2</sub> değeri hesaplanırken (sürücü tambur için bu hesap yapılmaz)

$$T_{p2} = 0.01 \frac{d_s}{D_p} R \quad \dots(21)$$

eşitliği kullanılır. Burada:

- d<sub>s</sub> : tambur şaftının çapı (cm)  
 R : radyal yük bileşkesi (bant gerilmeleri ve tambur ağırlığının vektör toplamı) (N) dir.

### T<sub>am</sub>:

Malzeme bant üstüne sürekli olarak yüklenirken bantın hareketi yönünde hızlanması için gerekli kuvvetin bantta yarattığı gerilme aşağıdaki şekilde hesaplanır:

Saatte Q ton kapasite ile çalışan bir banta her saniye yüklenen malzemenin kütlesi W:

$$W = \frac{Q}{3,6} \text{ kg/s} \quad \dots(22)$$

ise ve bant hızı V (m/dak) ve malzemenin banta yüklendiği andaki yatay hızı da V<sub>0</sub> (m/dak) ise, malzemenin bant hızına t saniyede ulaşması için gereken a ivmesi

$$a = \frac{V - V_0}{60t} \text{ m/s}^2 \quad \dots(23)$$

ve bu ivmeyi sağlamak için gerekli T<sub>am</sub> kuvveti de

$$T_{am} = Wa = \frac{Q}{3,6} \frac{V - V_0}{60t} = Q \frac{V - V_0}{216t} \text{ Newton} \quad \dots(24)$$

olarak hesaplanır.

### T<sub>sb</sub>:

Malzeme bant üstüne yüklenirken bant dışına dökülüp saçılmasını önlemek için yükleme perdeleri (*skirt board*) kullanılabilir. Bunlar malzemenin bant üstüne dengeli olarak yayılmasını sağlayan metal, ahşap veya benzeri malzemeden yapılan düşey perdelerdir. Genellikle bant eninin 2/3 ü kadar bir aralıkla başlayıp bantın hareketi doğrultusunda gidildikçe araları açılan bir konumda olup banta dokunmayacak bir yükseklikte ya bant yüzeyine paralel, yada bant yüzeyi ile aralan gittikçe açılan

(metre başına 2 cm) bir şekilde monte edilirler. Bantla yükleme perdesi arasındaki aralığı kapatmak için alt kısmına lastik veya benzeri yumuşak bir malzemeden bir parça eklenebilir. Yükleme perdesi uzunluğu her 50m/dak bant hızı için İm olarak seçilebilir. Banta yüklenmekte olan malzeme yükleme perdesine sürtünür ve yükleme perdesi ile bant arasına girmeye çalışır. Bu direnmeleri ve sürtünmeleri yenmek için gerekli kuvvetten doğan sürtünme  $T_{sb}$  ise

$$T_{sb} = L_b(2,26C_s h_s^2 + 88*) \quad \dots(25)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada:

$L_b$  : Yükleme perdesi uzunluğu (m)

$C_s$  : Sürtünme katsayısı (Çizelge 36)

$h_s$  : Yükleme tahtası ile malzemenin birbirine sürtündüğü kısımdaki malzeme derinliği (cm)

: 20° sürşarj açılı malzeme 20° çukurluk açılı bantta taşınıırken 0,10b veya daha az.

: 25° sürşarj açılı malzeme 35° çukurluk açılı bantta taşınıırken 0,15b veya daha az

Çizelge 36. Sürtünme katsayıları (CEMA, 1988).

Malzeme	$C_s$
Kömür külü (kuru)	0,0571
Antrasit (elenmiş)	0,0538
Taşkömürü (tüvenan)	0,0754
Çakıl (tüvenan)	0,1145
Demir cevheri	0,2760
Pulverize kuru kireçtaşı	0,1280
Fosfat cevheri (kırılmış, kuru)	0,1086
Kum (kuru)	0,1378

$T_{pl}$ :

Bazı uygulamalarda banttan malzemenin bir kısmını veya tümünü bantın kuyruk kısmına gelmeden boşaltmak gerekir. Bu uygulamalar için pulluk (*plow*) denilen araçlar kullanılır. Pulluk malzemenin tümünü boşaltacak şekilde kullanılıyorsa bunun getirdiği direnç bantta yaklaşık olarak her cm bant eni için 9N kadar bir gerilmeye neden olur. Eğer pulluk malzemenin yansını boşaltacak şekilde kullanılıyorsa bunun getirdiği gerilmeyi 5N/cm olarak varsayabiliriz. Buna göre  $T_{pl}$  gerilmesi

$$T_{pl} = K_{pl} b \quad \dots(26)$$

eşitliğinden hesaplanır. Burada:

$K_{pl}$  : pulluk sürtünme faktörü (N/cm)

$b$  : bant eni (cm) dir.

### **T<sub>tr</sub>:**

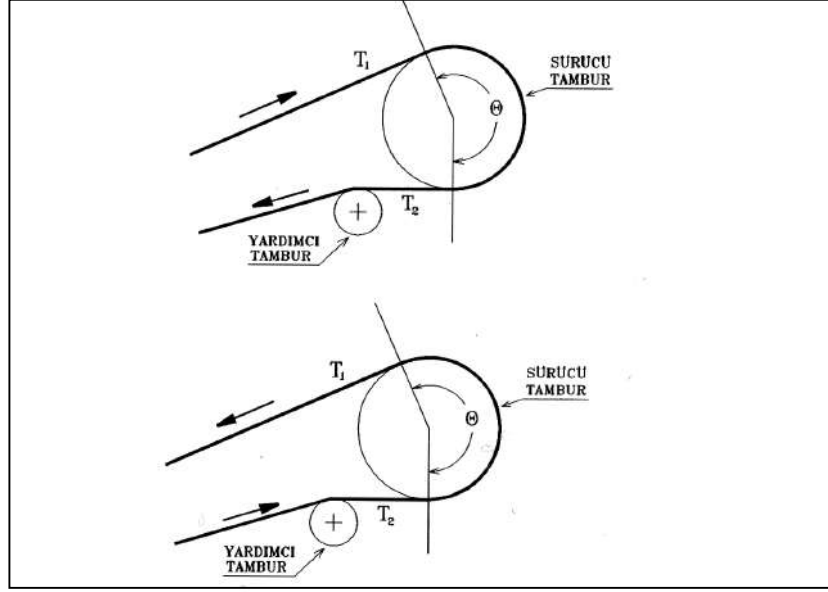
Konveyör sistemi tripper veya stacker gibi ek boşaltıcı ve dağıtıcı parçaları da kapsıyorsa, ve bu parçaların gücü de ana bant tarafından sağlanıyorsa bunların getirdiği eşdeğer gerilmeyi de hesaplara eklemek gerekir. Bu ek parçalardaki ruloların getirdiği gerilme ( $T_p$ ) Çizelge 35'teki değerleri kullanarak veya (19), (20), ve (21) eşitlikleri ile hesaplanabilir. Ayrıca gerekiyorsa malzemeyi bu ek parçalarda yukarı veya aşağı taşımak için gerekli kuvvet ve bunun getirdiği gerilme ( $T_m$ ) de (18) eşitliği ile hesaplanabilir. Bu ek parçalardaki ruloların ve ek bantın getirdiği gerilmeler de yukarıda verilen yöntemlerle hesaplanarak  $T_{tr}$  hesaplanır.

### **T<sub>bc</sub>:**

Bant temizleme araçlarının getirdiği direnç ve bunun yarattığı bant gerilmesi ( $T_{bc}$ ) temizleme araçlarının cinsine göre değişir. Sürtünme katsayısı bıçak şeklinde banta sürtünerek bantı temizleyen araçlar için bıçağın banta sürtünme kısmının uzunluğu ile orantılı olarak 3.5 N/cm ile 25.5 N/cm arasında değişir. Elde kullanılan araçla ilgili kesin değerler yoksa ortalama olarak 9 N/cm kullanılabilir. Dönen fırçalı temizleyiciler bant üzerinde önemli bir gerilmeye neden olmadıkları için bunlar için bir gerilme hesaplanmaz. Ancak bu araçlar konveyörün sürücü şaftından güç alıyorsa güç hesaplanırken bunlar için gerekli güç sürücü gücüne eklenir.

#### **9.4.5.2. Sürücü Tambur ve Bant Gerilmeleri**

Konveyör bantını hareket ettirmek için gerekli kuvvet sürücü tamburdan banta bant ve tambur yüzeyleri arasındaki sürtünme yoluyla aktanır. Aşağı doğru taşıma yapan regeneratif konveyörlerde de yokuş aşağı hareketi frenleme kuvveti de aynı yoldan aktanır. Bu kuvvet aktarımının gerçekleşmesi için bantın tambura girdiği ve tamburdan çıktığı noktalarda bir gerilme farkı olması gerekir. Bu fark, sürücü güç kaynağından sağlanan kuvvetle karşılanır. Şekil 32'de yukarı ve aşağı taşıma yapan iki konveyörün sürücü tamburu şematik olarak gösterilmiştir. Eğer güç tamburdan banta aktarıyorsa bantın tambura yaklaştığı üst kısımdaki  $T_1$  gerilmesi alt kısımdaki  $T_2$  gerilmesinden daha büyüktür. Eğer güç regeneratif konveyörlerde olduğu gibi banttan tambura aktarıyorsa, bunun tersi olarak bantın tamburdan uzaklaştığı üst kısımdaki  $T_1$  gerilmesi bantın tambura yaklaştığı alt kısımdaki  $T_2$  gerilmesinden daha büyüktür. Şekil 32'de görülen  $\theta$  açısı (sarılma açısı) bantla tamburun birbirine değdiği arka kapsayan açıdır. Bu açıyla ilgili olarak sarılma faktörü ( $C_w$ ) tanımlanır.



Şekil 32. Yukarı ve aşağı taşıma yapan konveyörler.

Banta etki eden efektif gerilme  $T_e$  yukarıda adı geçen  $T_1$  ve  $T_2$  gerilmelerinin farkıdır.

$$T_e = T_1 - T_2 \quad \dots(27)$$

Sarılma faktörü  $C_w$  aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$C_w = \frac{T_2}{T_e} = \frac{1}{e^{f\theta} - 1} \quad \dots(28)$$

Burada:

- $f$  : bant ve tambur yüzeyleri arasındaki sürtünme katsayısı
- : 0.25 lastik yüzeyli bant ve çıplak çelik veya dökme demir tambur arasında
- : 0.35 lastik yüzeyli bant ve lastik kaplamalı (*lagged*) tambur arasında
- $\theta$  : sarılma açısı (radyan) olarak tanımlanmıştır.

Burada tanımlanan sarılma faktörü  $T_2$  gerilmesinin hesabı için değil, kuru şartlar altında bantın tambur üstünde kaymadan hareket etmesi için minimum  $T_2$  değerinin ne olması gerektiğinin saptanması için kullanılır. Yukarıda verilen sürtünme katsayıları kuru ortamda geçerlidir. Bant veya tamburun ıslak olması sürtünme katsayısını düşüreceği için bantın tambur üstünde kaymasına neden olabilir. Bazı durumlarda kuru halde iken bile kayma durumu olabildiği için, bantın gevşek tarafındaki gerilmeyi bir takeup mekanizması ile arttırmak gerekir. Takeup mekanizmaları otomatik (yerçekimi ile çalışan) veya elle ayarlanan vidalı sistemler olabilir. Çizelge 37'den de görüldüğü gibi vidalı takeup sistemleri kullanıldığında sarılma faktörü otomatik takeup sistemlerine kıyasla daha yüksek olduğundan kaymayı önleyici minimum  $T_2$  değerinin de daha yüksek olması gerekir. Sarılma açısı yardımcı tambur kullanılarak değiştirilir. Bazı hallerde birden çok sürücü tambur da kullanılabilir (Şekil 33). Çeşitli sürücü tambur sistemleri için geçerli sarılma açısı limitleri Çizelge 38'de gösterilmiştir.

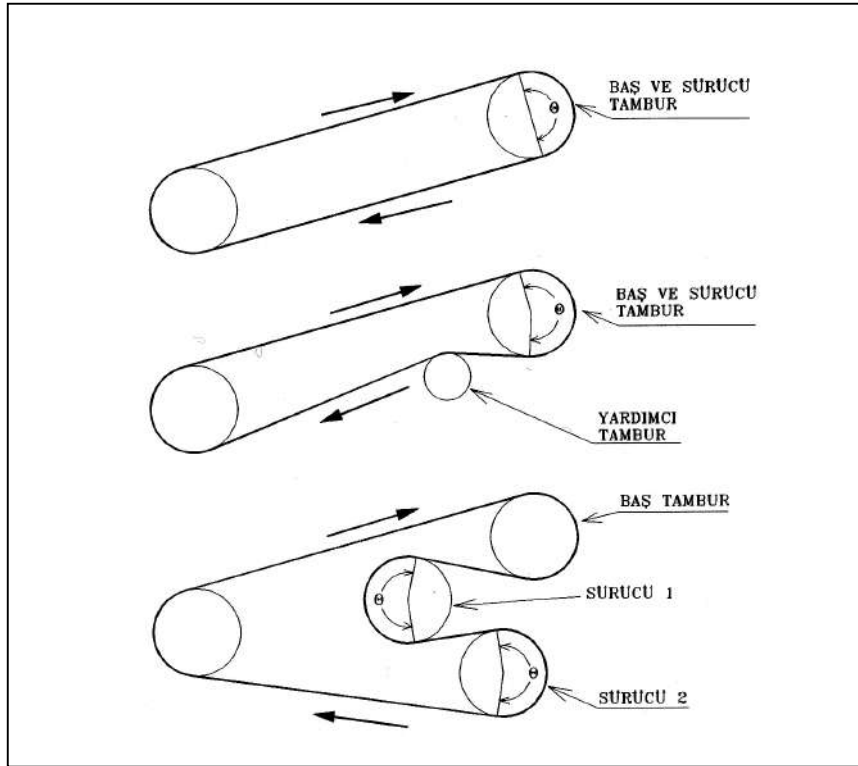
Çizelge 37. Sarılma faktörü  $C_w$  (lastik yüzeyli bant) (CEMA, 1988).

Sürücü Tambur Tipi	Sarılma Açısı $\theta$	Otomatik Takeup		Vidalı Takeup	
		Çıplak Tambur	Kaplamalı Tambur	Çıplak Tambur	Kaplamalı Tambur
Tek tambur	180°	0,84	0,50	1,2	0,8
Tek tambur ve yardımcı tambur	200°	0,72	0,42	1,0	0,7
	210°	0,66	0,38	1,0	0,7
	220°	0,62	0,35	0,9	0,6
	240°	0,54	0,30	0,8	0,6
Çift tambur	380°	0,23	0,11	0,5	0,3
	420°	0,18	0,08	-	-

\*Buradaki değerler kuru şartlar içindir. Islak bantlar ve yivsiz düz tambur kaplamaları için çıplak tambur değerleri kullanılır. Islak bantlar ve yivli kaplamalı tamburlar için de kaplamalı tambur değerleri kullanılır.

Çizelge 38. Sarılma açısı limitleri (CEMA, 1988).

Sürücü Tambur Tipi	Sarılma Açısı $\theta$	
	Minimum	Maksimum
Tek tambur	180°	180°
Tek tambur ve yardımcı tambur	180°	240°
Çift tambur	360°	480°



Şekil 33. Çeşitli sürücü ve yardımcı tambur uygulamaları.

### 9.4.5.3. Bant kaymasını önlemek için gerekli minimum gerilme

Bantın gevşek tarafındaki minimum gerilme ( $T_2$ ) belli bir değerin altına düşünce bant tambur üstünde kaymaya başlar. Bu minimum değerin bulunması için önce aşağıdaki tanımlamaları yapalım:

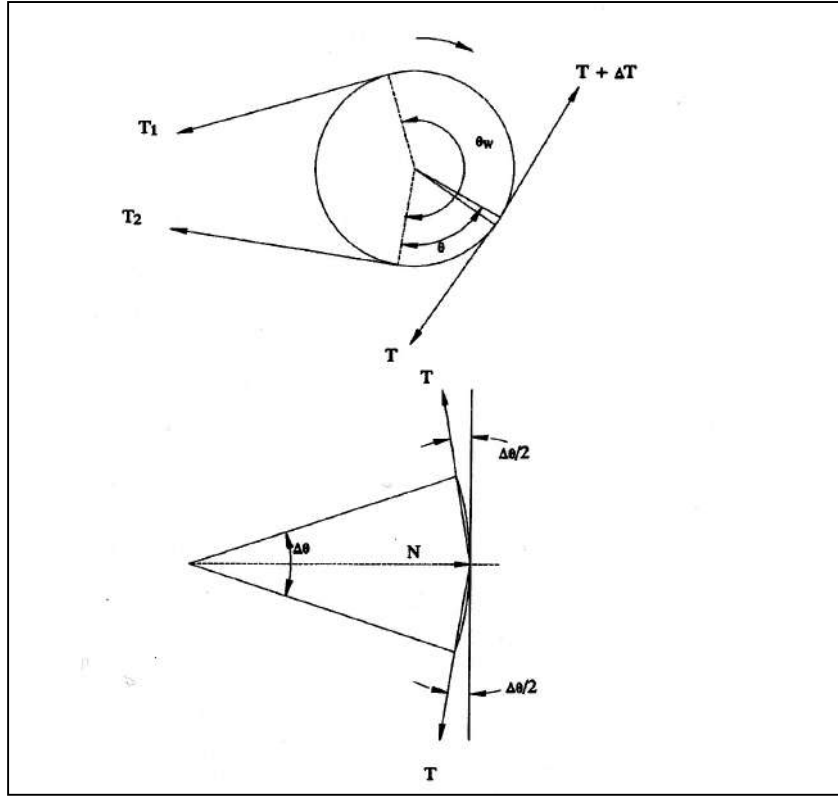
$\Theta$  : Bantın gevşek tarafında bantın tambura teğet olduğu nokta ile bantın tambura değdiği bölgedeki herhangi bir nokta arasındaki açı.

$\Theta_w$  : Sarılma açısı

$T$  :  $\Theta$  açısı ile tanımlanan noktadaki bant gerilmesi

$T_1$  : Maksimum bant gerilmesi

$T_2$  : Gevşek taraftaki gerilme



Şekil 34. Sarılma açısı ilişkileri.

Şekil 34'de görüldüğü gibi  $\Theta$  açısı ile belirlenen noktada bir  $\Delta\Theta$  açısı ile belirlenen dilimi ele alalım. Burada banta dik olarak etki eden kuvvet N

$$N = 2(T \sin \frac{\Delta\Theta}{2}) \cong 2(T \frac{\Delta\Theta}{2}) = T\Delta\Theta \quad \dots(29)$$

şeklinde yazılabilir. Buna göre, banta  $\Delta\Theta$  diliminde bant kaymadan uygulanabilecek net gerilme aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$(T + \Delta T) - T = \Delta T \leq fN \leq fT\Delta\Theta \quad \dots(30)$$

Burada  $f$ , bant ile tambur yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısını belirtir. Buradan,

$$\frac{\Delta T}{T} \leq f \Delta \Theta \quad \text{ve} \quad \frac{dT}{T} \leq f d\Theta \quad \dots(31)$$

yazarak elde ettiğimiz diferansiyel denklem sol tarafı  $T_1$  ve  $T_2$  limitleri ve sağ tarafında 0 ve  $\Theta_w$  limitleri arasında entegre edilerek çözülür ve

$$\int_{T_2}^{T_1} \frac{dT}{T} \leq f \int_0^{\Theta_w} d\Theta \quad \dots(32)$$

$$\ln\left(\frac{T_1}{T_2}\right) \leq f\theta_w \quad \dots(33)$$

veya

$$T_1 \leq T_2 e^{f\theta_w} \quad \dots(34)$$

elde edilir. Daha önce yapılan tanımlamalardan bilindiği gibi

$$T_1 = T_e + T_2 \quad \dots(35)$$

dir. Burada (35) deki değerleri yerine koyarak

$$T_e + T_2 \leq T_2 e^{f\theta_w} \quad \dots(36)$$

ilişisini buluruz. Buradan  $T_2$  için kaymayı önleyici üst limit şartı olarak

$$T_2 \geq \frac{1}{e^{f\theta_w} - 1} T_e \quad \dots(37)$$

ilişkisi elde edilir.

#### 9.4.5.4. Maksimum ve minimum bant gerilmeleri

Maksimum bant gerilmesi ( $T_{\max}$ ) malzeme bant üstünde taşınırken bant boyunca banta çeşitli nedenlerle uygulanan en büyük gerilme olarak tanımlanır. Bu gerilme çoğunluk hallerde malzemeyi aşağı bir kottan yukarı bir kota taşıyan bantlarda malzemenin banttan boşaltıldığı noktada oluşur. Bunun tersine, eğer bant malzemeyi aşağı doğru taşıyorsa (rejeneratif konveyörler), maksimum bant gerilmesi malzemenin banta yüklendiği noktada oluşur. Daha kompleks bant profilleri için ayrıntılı gerilme analizi yapılarak  $T_{\max}$  bulunmalıdır. Bant seçimi yapmadan önce  $T_{\max}$  değerinin bilinmesi gerekir. Statik kuvvetlerin yanında dinamik kuvvetler de bant gerilmesini etkiler. Örneğin, elektrik motorları ilk çalışmaya başladığı anda motor shaftına uygulanan tork, motorun tam yükte çalıştığı zamanki torkun 2.5 katı kadar yüksektir. Bu tork, bant çalışmaya başladığı anda tambur yolu ile banta ek bir gerilme olarak aktarılır. Ayrıca rejeneratif konveyörlerde bant ansızın durdurulursa yüklü

bantın atalet momenti de ek gerilmelere neden olur. Pratikte bant seçimi yapılırken statik hesaplarla bulunan maksimum bant gerilmesinin % 150 si kullanılarak harekete geçme ve ani durmadan oluşan bu dinamik etkiler hesaba katılabilir. Çekme direnci küçük bantlarda bu değer % 180'e çıkarılabilir. Minimum bant gerilmesini ( $T_{min}$ ) bantın kaymasını önlemek için gerekli  $T_2$  gerilmesi ve bant gerilmesinin en az olduğu noktada bantın aşın derecede sarkmasını önlemek için gerekli  $T_0$  gerilmesi etkiler. Bu nedenle minimum gerilme  $T_{min}$  her iki yoldan da aşağıdaki gibi hesaplanır ve bulunan en büyük değer kullanılır. Eğer  $T_0 > T_{min}$  ise  $T_0$  değeri kullanılarak  $T_2$  yeniden hesaplanır.

Bantın kaymadan çalışması için gerekli  $T_2$

$$T_2 = T_e C_w \quad \dots(38)$$

ve  $T_0$  değerini kullanarak elde edilen  $T_2$

$$T_2 = T_0 \pm T_b \pm T_{yr} \quad \dots(39)$$

Burada  $T_{yr}$  daha önce (17) eşitliği ile de tanımlandığı gibi, bantın dönüş ruloları üstünde hareketi sırasında bükülmeye olan direncinden doğan gerilmedir.  $T_b$  ise

$$T_b = 9,81 H W_b \quad \dots(40)$$

ile tanımlanan  $T_0$  değerinin hesaplandığı noktanın üstünde kalan bant ağırlından dolayı hasil olan gerilmedir. Burada  $H$ ,  $T_0$  ve  $T_2$  gerilmelerinin olduğu noktalar arasındaki kot farkı (m), ve  $W_b$  bant birim ağırlığı (kg/m) dir.

Aşın bant sarkmasını önlemek için gerekli minimum gerilme  $T_0$  aşağıdaki şekilde hesaplanır.

İki rulo arasındaki bant, bantın ve bant üstündeki yükün ağırlığına, iki rulo arasındaki açıklığa, ve banta etki eden gerilmeye bağlı olarak sarkar. Bu sarkma ( $y$ ) aşağıdaki eşitlikten bulunur:

$$y = \frac{9,81 S_i^2 (W_b + W_m)}{8 T_0} \quad \dots(41)$$

Burada,

- $S_i$  : Rulo açıklığı (m)
- $T_0$  : Gerilme (N)
- $Y$  : Orta noktadaki sarkma (m)

Pratikte sarkma rulo açıklığının bir yüzdesi olarak kullanılır. Yukarıdaki eşitlikte  $y$  değeri bu şekilde yazılırsa % sarkma için

$$\% \text{ sarkma} = \frac{100y}{S_i} = \frac{981 S_i (W_b + W_m)}{8 T_0} \quad \dots(42)$$

eşitliği elde edilir.



Endüstride kullanılan pratik % sarkma değerleri Çizelge 39'da verilmiştir.

Çizelge 39. Tam yükte çalışan konveyörler için uygun yüzde sarkma değerleri (CEMA, 1988).

Çukurluk Açısı	Malzeme Tane İriliği		
	İnce Taneli	Yarı Yarıya Topaklı	Maksimum Topaklı
20°	%3	%3	%3
35°	%3	%2	%2
45°	%3	%2	%1.5

#### 9.4.5.5. Bant gerilme hesapları için bir örnek

Şekil 35'te şematik olarak gösterilen bir konveyör sistemini ve aşağıda sıralanan veriler ele alınsın:

Bant eni, b	= 71,1 cm(28 inç)
Bant birim ağırlığı, $W_b$	= 22,3 kg/m (15 lb/ft)
Malzeme ağırlığı, $W_m$	= 158,6 kg/m (106,6 lb/ft)

Taşıyıcı rulolar

Çukurluk açısı, $\beta$	= 20°
CEMA sınıfı	= E6
Çap	= 15,24cm(6inç)
Açıklık, $S_i$	= 106,7 cm (3,5 ft)
Faktör, $A_i$	= 1,27

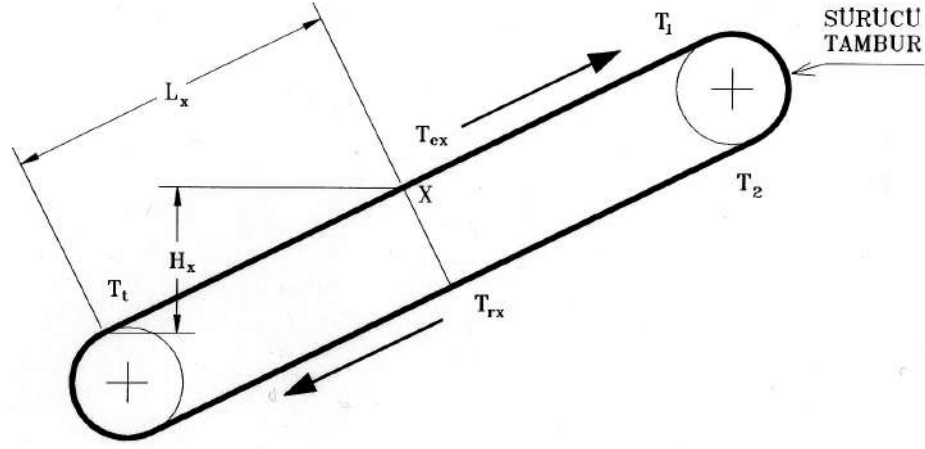
Dönüş Ruloları

CEMA sınıfı	= C6
Çap	= 15,24cm(6inç)
Açıklık, $S_i$	= 304,8 cm (10 ft)

Sıcaklık düzeltme faktörü $K_t$	= 1
$T_t = T_o$	= 7956 N ve $T_o = T_{min}$
$L_x$	= 305 m (1000 ft)
$H_x$	= 9,5 m

Bu verilere göre bantın taşıyıcı (üst) kısmındaki gerilmeler hesaplanacaktır. Burada  $T_{cx}$  = taşıyıcı kısımdaki bir X noktasındaki gerilme,  $T_{wcx}$  = X noktasında bant ve malzemenin ağırlığından oluşan gerilme, ve  $T_{fcx}$  = X noktasında sürtünmeden oluşan gerilme olarak belirtilsin. Buna göre:

$$T_{cx} = T_t + T_{wcx} + T_{fcx} \quad \dots(43)$$



Şekil 35. Gerilme hesapları için bir örnek konveyör sistemi.

$$T_{wax} = 9,81 H_x (W_b + W_m) = 9,81 \times 9,5 \times (22,3 + 158,6) = 16859 N \quad \dots(44)$$

$$T_{fex} = 9,81 [L_x K_i (K_x + K_y W_b) + L_x K_y W_m] \quad \dots(45)$$

$$\begin{aligned} K_x &= 0,00068(W_b + W_m) + \frac{A_i}{S_i} \\ &= 0,00068(22,3 + 158,6) + \frac{1,27}{1,07} \\ &= 1,31 \text{ kg/m} \end{aligned} \quad \dots(46)$$

**K<sub>y</sub>:**

Konveyör eğimi ( $100H_x/L_x$ ) olarak % 3.11 değerini, ve  $W_b+W_m=180,9$  kg/m değerini kullanarak Çizelge 26'dan enterpolasyon yolu ile  $K_y = 0,025$  değeri bulunur. Bunu (45) de yerine koyarak

$$T_{fex} = 9,81 [305(1,31 + 0,025 \times 22,3) + 305 \times 0,025 \times 158,6] = 17451 N \quad \dots(47)$$

bulunur ve,

$$T_{ex} = 7956 + 16859 + 17451 = 42266 N = 42,27 \text{ kN} \quad \dots(48)$$

sonucu elde edilir. Bantın dönüş tarafındaki gerilmeleri bulmak için

- $T_{rx}$  : dönüş tarafında bir X noktasındaki gerilme  
 $T_{wrx}$  : dönüş tarafında bant ağırlığından oluşan gerilme  
 $T_{frx}$  : dönüş tarafında sürtünmelerden oluşan gerilme

tanımlarını yapalım. Buna göre:

$$T_{rx} = T_t + T_{wrx} - T_{frx} \quad \dots(49)$$

denklemini yazılabilir.  $T_{wrx}$  ve  $T_{frx}$  gerilmeleri de aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır:

$$T_{wrx} = 9,81 H_x W_b = 9,81 \times 9,5 \times 22,3 = 2078,2 \text{ N} \quad \dots(50)$$

$$T_{frx} = 9,81 L_x (0,015 W_b K_t) = 9,81 \times 305 \times 0,015 \times 22,3 = 1000,8 \text{ N} \quad \dots(51)$$

Yukarıda bulunan değerleri (50) de yerine koyarak dönüş tarafında X noktasındaki gerilme için

$$T_{rx} = 7956 + 2078,2 + 1000,8 = 11035 \text{ N} = 11,04 \text{ kN} \quad \dots(52)$$

değeri bulunur.

#### 9.4.6. Tambur Seçimi

Bant tambur üstüne sanıldığı zaman bant karkasına uygulanan gerilmeler tambur çapına bağlı olarak değişir. Banta uygulanan gerilmelerin bant yorulması limitinin altında tutulması için tambur çapının da belli bir minimumun üstünde olması gerekir. Tambur çapı bu limitin altında ise sürekli olarak uygulanan bu gerilmeler bant yorulmasına ve bant dilimlerinin birbirinden ayrılmasına neden olur. Tambur genişliği ise bant enine bağlı olarak seçilir. ABD'de uygulanan standart çelik tambur çapları 6 (15,24), 8 (20,32), 10 (25,4), 12 (30,48), 14 (35,56), 16 (40,64), 18 (45,72), 20 (50,80), 24 (60,96), 30 (76,20), 36 (91,44), 42 (106,68), 48 (121,92), 54 (137,16) ve 60 (152,40) inç (cm) dir. Çizelge 40, Çizelge 41 ve Çizelge 42'de çeşitli bant tipleri için en uygun minimum tambur çapları verilmiştir. Bu çizelgelerde belirtilen maksimum gerilme  $T_{max}$ , banta uygulanan maksimum gerilmeyi (çoğu hallerde  $T_1$ ) bant enine bölerek elde edilen değerdir.

$$T_{max} = T_1 / b \quad lb / inç (N / cm) \quad \dots(53)$$

Bu ilişki, sürücü veya baş tambura olduğu gibi uygulanır. Diğer tamburlar için önce bunların olduğu yerdeki bant gerilmesi hesaplanır ve bunların maksimum gerilmenin yüzde kaç olduğu bulunur. Çizelgelerden de görüldüğü gibi gerilme %100 maksimum gerilmenin altında olduğu hallerde tambur çapı da daha küçük olarak seçilebilir. Tambur genişliği bant enine 42 inç (106,68 cm) veya daha dar bantlarda 2 inç (5,08 cm); daha geniş bantlarda ise 3 inç (7,62 cm) eklenerek saptanır.

Çizelge 40. Tek dilimli (reduced-ply tipi) bantlar için minimum tambur çapları (CEMA, 1988).

Maksimum Bant Gerilmesi	Tamburun Olduğu Yerdeki Bant Gerilmesi Maksimum Gerilmenin		
	%80-%100 ü Arasında İse Tambur çapı	% 60-%80 i Arasında İse Tambur çapı	% 40-% 60 ı Arasında İse Tambur çapı
lb/inç (N/cm)	Inç (cm)	Inç (cm)	Inç (cm)
≤ 100 (175,19)	14 (35,56)	12 (30,48)	12 (30,48)
≤ 125 (218,98)	16 (40,64)	14 (35,56)	12 (30,48)
≤ 200 (350,37)	18 (45,72)	16 (40,64)	14 (35,56)
≤ 300 (525,56)	24 (60,96)	20 (50,80)	18 (45,72)
≤ 400 (700,75)	30 (76,20)	24 (60,96)	20 (50,80)
≤ 500 (875,93)	36 (91,44)	30 (76,20)	24 (60,96)
≤ 700 (1226,31)	42 (106,68)	36 (91,44)	30 (76,20)

Çizelge 41. Çelik kablolu bantlar için minimum tambur çapları (CEMA, 1988).

Maksimum Bant Gerilmesi	Tamburun Olduğu Yerdeki Bant Gerilmesi Maksimum Gerilmenin		
	%80-%100 ü Arasında İse Tambur çapı	% 60-%80 i Arasında İse Tambur çapı	% 40-% 60 ı Arasında İse Tambur çapı
lb/inç (N/cm)	Inç (cm)	Inç (cm)	Inç (cm)
≤ 1,000 (1751,86)	30 (76,20)	30 (76,20)	24 (60,96)
≤ 1,800 (3153,36)	42 (106,68)	36 (91,44)	30 (76,20)
≤ 2,400 (4204,48)	48 (121,92)	36 (91,44)	30 (76,20)
≤ 2,800 (4905,23)	54 (137,16)	42 (106,68)	36 (91,44)
≤ 3,500 (6131,53)	54 (137,16)	48 (121,92)	36 (91,44)

#### 9.4.7. Motor Gücü

Motor gücü önce efektif gerilme  $T_e$  değerine dayanılarak (9) eşitliğinde verildiği gibi hesaplanır. Bu hesapla elde edilen değer motor devir hızını tambur devir hızına çeviren dişli sisteminin randımanı da hesaba katılarak arttırılmalıdır. Bunun için önce bant hızı ( $V$ ) ile tamburun dönüş hızı arasındaki ilişkiden tambur devir hızı ( $N_{dp}$ ) hesaplanır:

$$N_{dp} = \frac{100V}{\pi d_{dp}} \quad \dots(54)$$

Burada:

- $N_{dp}$  : Tambur devir hızı (devir/dak)
- $V$  : Bant hızı (m/dak)
- $d_{dp}$  : Tambur çapı (cm) olarak verilmiştir.

Çizelge 42. Çok dilimli (multiple ply) bantlar için minimum tambur çapları [İnç(cm)] (CEMA, 1988).

Bant Dilim Sayısı	MP 35			MP 43, 50			MP 60, 70, 90, 120			MP 155			MP 195, 240		
	Bant Gerilmesi %			Bant Gerilmesi %			Bant Gerilmesi %			Bant Gerilmesi %			Bant Gerilmesi %		
	80-100	60-80	40-60	80-100	60-80	40-60	80-100	60-80	40-60	80-100	60-80	40-60	80-100	60-80	40-60
3	18 (45,72)	14 (35,56)	12 (30,48)	20 (50,80)	18 (45,72)	14 (35,56)	24 (60,96)	20 (50,80)	16 (40,64)	30 (76,20)	24 (60,96)	20 (50,80)	36 (91,44)	30 (76,20)	24 (60,96)
4	20 (50,80)	18 (45,72)	16 (40,64)	24 (60,96)	20 (50,80)	18 (45,72)	30 (76,20)	24 (60,96)	20 (50,80)	42 (106,68)	36 (91,44)	24 (60,96)	42 (106,68)	36 (91,44)	30 (76,20)
5	24 (60,96)	20 (50,80)	18 (45,72)	30 (76,20)	24 (60,96)	20 (50,80)	36 (91,44)	30 (76,20)	24 (60,96)	48 (121,92)	42 (106,68)	30 (76,20)	48 (121,92)	42 (106,68)	36 (91,44)
6	30 (76,20)	24 (60,96)	20 (50,80)	36 (91,44)	30 (76,20)	24 (60,96)	42 (106,68)	42 (106,68)	30 (76,20)	54 (137,16)	48 (121,92)	36 (91,44)	54 (137,16)	48 (121,92)	42 (106,68)
7	36 (91,44)	30 (76,20)	24 (60,96)	42 (106,68)	36 (91,44)	30 (76,20)	48 (121,92)	48 (121,92)	36 (91,44)	60 (152,40)	54 (137,16)	42 (106,68)	60 (152,40)	54 (137,16)	48 (121,92)
8	42 (106,68)	36 (91,44)	30 (76,20)	48 (121,92)	42 (106,68)	36 (91,44)	54 (137,16)	48 (121,92)	42 (106,68)	66 (167,64)	60 (152,40)	48 (121,92)	66 (167,64)	60 (152,40)	54 (137,16)

Motor devir hızından Nap hızına ulaşmak için kullanılacak devir düşürücü mekanizmanın mekanik randımanı (ran) bu mekanizmanın tipine göre % 50 den % 95 e kadar değişebilir. Bu değeri de hesaba katarak motor gücü  $W_m$  hesaplanır:

$$W_m = \frac{W}{ran} \quad \dots(55)$$

#### 9.4.8. Fren Sistemleri

##### 9.4.8.1. Backstop durdurucusu

Yukarı eğimli konveyörler yüklü olarak çalışırken elektrik kesilmesi veya motor arızası nedeniyle tambura verilen güç sıfırlarsa yerçekimi nedeniyle geriye doğru harekete başlayabilirler. *Backstop* durdurucuları bantın ancak bir yönde hareketine izin veren mekanizmalardır. Bu mekanizmalar malzemeyi düşey olarak taşımak için gerekli kuvvet bant ve malzemeyi yatay olarak hareket ettirmek için gerekli kuvvetin yarısından fazla olduğu hallerde gereklidir. Yani

$$HW_m > \frac{L(K_x + K_y W_b + 0.015W_b) + W_m LK_y}{2} \quad \dots(56)$$

Yukarıki eşitlikte daha önce sözü edilen  $T_p$ ,  $T_{am}$ , ve  $T_{ac}$  gerilmeleri ihmal edilmiştir. Eğer durdurucu sürücü tambur üzerine monte edilmişse, bu durdurucunun gerekli tork kapasitesi  $Z_{bs}$  aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$Z_{bs} = 0,0981 r \left[ HW_m - \frac{L(K_x + K_y W_b + 0.015W_b) + W_m LK_y}{2} \right] \quad \dots(57)$$

Burada:

$Z_{bs}$  : Durdurucu için gerekli tork kapasitesi (Nm)

R : Sürücü tambur yarıçapı ( $d_{dp}/2$ ) (cm) olarak belirtilmiştir.

$$W_{bs} = \frac{\pi N_{dp} Z_{bs}}{30} \quad \dots(58)$$

Burada:

$W_{bs}$  : Durdurucu gücü (Watt)

$N_{dp}$  : Sürücü tambur devir hızı (devir/dak)

$Z_{bs}$  : Durdurucu torku (Nm) dır.

##### 9.4.8.2. Fren

Konveyör sistemleri kullanım nedenlerine göre yatay, yukarı eğimli ve aşağı eğimli olarak taşıma yapacak şekilde kurulabilirler. Aşağı eğimli konveyörler eğer yeteri kadar eğim varsa rejeneratif

olarak çalışırlar. Yani, bu tip uygulamalarda taşman yük bantı aşağı doğru yeteri kuvvette çektiği için bant tamburu sürer ve sürücü motoru bir motor gibi değil bir jeneratör gibi çalışır. Bantın hızı motora ters yönde güç vermekle düzenlenir. Böyle hallerde eğer bir elektrik arızası olursa bant kontrolsüz bir şekilde hızlanacağı için bir fren mekanizması gerekir. Yatay veya rejeneratif olamayacak kadar az eğimli bantlarda da elektrik motorunda güç kesilirse bant bir süre gitmekte olduğu doğrultuda harekete devam eder ve bantın boşaltma ucunda malzeme yığılması olabilir. Böyle durumların kontrolü için de bir fren mekanizması gereklidir. Frenin görevi hareket halinde olan kütleleri yavaşlatıp durdurmak olduğuna göre, önce hareket halinde olan kütlelerin hesaplanması gerekir. Bunlar doğrusal olarak hareket eden bant, banta yüklü malzeme, ve bütün dönen parçalar (tamburlar, rulolar)dır. Dönen parçaların atalet momentini eşdeğer doğrusal kütleye çevirmek için aşağıdaki ilişkiden yararlanılabilir:

$$M_e = WK^2 \left[ \frac{2\pi N}{V} \right]^2 \quad \dots(59)$$

Burada:

- $M_e$  : Dönen parçanın atalet momentine eşdeğer kütlesi (kg)
- $N$  : Dönen parçanın devir hızı (devir/dak)
- $WK^2$  : Dönen parçanın kutupsal atalet momenti (kg m<sup>2</sup>)
- $V$  : Bant hızı (m/dak) dir.

Çok basit geometrik şekillerin dışında dönen parçaların kutupsal moment hesabı zor olduğu için motorlar, dişli kutulan gibi parçalar için  $WK^2$  değerleri bu parçaları yapan firmalardan elde edilmelidir. Hareket halinde olan bütün parçaların eşdeğer kütlelerini bulmak için aşağıda verilen pratik metod uygulanabilir:

1. **Rulolar:** Bütün ruloların Çizelge 27 ve Çizelge 28’de verilen gerçek ağırlıkları bu ruloların sayısı ile çarpılarak yaklaşık eşdeğer kütle bulunur.
2. **Tamburlar:** Tamburların gerçek ağırlıklarının 2/3 katı alınarak eşdeğer kütle bulunur.
3. **Motor ve dişli kutusu:** yapımcıların verilerinden  $WK^2$  değerleri bulunup (60) eşitliğinden eşdeğer kütle bulunur.
4. **Bant:** Çizelge 31’den veya yapımcıların verilerinden yararlanarak bantın taşıyıcı, dönüş ve gerdirme için kullanılan ek uzunluklarını da içeren toplam kütlesi hesaplanır.
5. **Malzeme:** bant üstünde taşınan malzemenin birim kütlesi (kg/m) bantın taşıyıcı kısmının uzunluğu ile çarpılarak malzeme kütlesi bulunur.

Yukarıda sıralanan bütün değerler toplanarak toplam efektif kütle  $M_e$  bulunur. Hareket halindeki bantın kinetik enerjisi

$$KE = \frac{1}{2} M_e V^2 \quad (Nm) \quad \dots(60)$$

şeklinde yazılabilir. Banttaki efektif gerilme  $T_e$  kuvveti ile  $t$  süresinde  $s = 1/2 V t$  kadar bir uzaklığa taşımada yapılan iş ise

$$U = s T_e \quad (Nm) \quad \dots(61)$$

şeklinde yazılabilir. Bantın durmasına kadar geçen süre ( $t$ )  $U = KE$  ilişkisinden  $t$  yi çözerek elde edilir:

$$t = \frac{2KE}{VT_e} = M_e \frac{V}{T_e} \quad \dots(62)$$

Bu süre içinde bantın boşaltma tarafında banttın boşalan malzeme kütlesi  $W_d$  ise

$$W_d = \frac{1}{2} V t W_m \quad \dots(63)$$

den bulunur. Burada bulunan değer bantın boşaltma yerinde istenmeyen bir yığınak yapacak kadar büyük olabilir. Eğer belli bir  $W_d$  değeri maksimum olarak saptanmışsa buna erişmek için gerekli durma süresi  $t_m$

$$t_m = \frac{2W_d}{W_m V} \quad \dots(64)$$

den elde edilir. Bunu gerçekleştirmek için gerekli fren kuvveti, yavaşlamakta olan kütlelerin ataletinden oluşan kuvvetlerle sürtünme ve yerçekimi gibi yavaşlatıcı kuvvetlerin cebirsel toplamı alınarak elde edilir. Buna göre, yatay, yukarı eğimli, ve jeneratif olanuyacak şekilde aşağı az eğimli konveyörlerde gerekli fren kuvveti  $F_d$

$$F_d = \frac{M_e V}{t_m} - T_e \quad \dots(65)$$

şeklinde yazılabilir. Aşağı eğimli rejeneratif konveyörlerde ise fren kuvveti

$$F_d = \frac{M_e V}{t_m} + T_e \quad \dots(66)$$

den bulunur.

## KAYNAKLAR

- Belt Conveyors for Bulk Materials, Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA), 1988, 3rd edition.
- Howard L. Hartman, Editör, SME/AIME, 1992, Mining Engineering Handbook.
- Ivan A. Griven, Editör, SME/AIME, 1973, Mining Engineering Handbook.
- Long, John B., "Conveyor Usage in Face-Area Haulage," Mining Engineering Handbook, Bölüm 14.4, Sayfa 14-23 - 14-27.
- Meador, W. E., 1973, "Underground Conveyors for Main-Line and Secondary Haulage," Mining Engineering Handbook, Bölüm 14.3, Sayfa 14-19, 14-23.
- Van Kleunen, 1973, "Belt Conveyors," Mining Engineering Handbook, Bölüm 18.3, sayfa 18-33-18-46,
- Walker, S., C, 1988, Mine Winding and Transport, Elsevier, pp. 546. 5-49.



# Bölüm 10

## Doğal Taş (Mermer) Maden İşletmeciliği

**Prof. Dr. Seyfi KULAKSIZ**  
**Yrd. Doç. Dr. Yılmaz ÖZÇELİK**  
**Maden Yük. Müh. İrfan Celal ENGİN**

### İÇİNDEKİLER

10.1. GİRİŞ .....	519
10.2. DOĞAL TAŞIN (MERMER) PETROGRAFİK VE ENDÜSTRİYEL TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI .....	521
10.2.1. Doğal Taşların/Mermerlerin Sınıflandırılması .....	521
10.2.2. Doğal Taş (Mermer) Madencilik İşlemlerinin Temel Unsurları .....	523
10.3. DOĞAL TAŞ (MERMER) MADENCİLİK İŞLETME YÖNTEMLERİ .....	524
10.3.1. İlkel (Antik) Doğal Taş (Mermer) Blok Kesim/Üretim Yöntemleri .....	524
10.3.1.1. Kama/manivela kullanımı ile blok üretimi .....	524
10.3.1.2. Keski/çekiç yöntemi blok kesimi .....	524
10.3.1.3. Kuvars kumu/ağaç tapan sürtünme ile kesme işlemi .....	525
10.3.1.4. Ateş/su yöntemi .....	525
10.3.2. Doğal Taş (Mermer) Madencilik Yöntemlerinin Sınıflandırılması ve Doğal Taş İşletmeciliğinde (Mermercilikte) Jeomorfoloji .....	525
10.3.3. Açık Ocak Doğal Taş Madenciligi .....	526
10.3.3.1. Ova tipi açık ocak doğal taş işletme yöntemleri .....	529
10.3.3.2. Yamaç tipi doğal taş ocakları .....	531
10.3.3.3. Tepe/doruk tipi açık ocak doğal taş işletme yöntemleri .....	532
10.3.4. Açık Ocak Doğal Taş İşletme Tasarımında Etken Faktörler .....	534
10.3.4.1. Doğal taş ocağı fizibilite çalışmaları, işletme tasarımı .....	534
10.3.5. Açık Ocak Doğal Taş İşletme Evreleri .....	535
10.3.5.1. Açık ocak doğal taş kesim/üretim öncesi planlama ve hazırlık aşaması .....	535
10.3.5.2. İlk ocak açılma yerinin seçimi .....	538
10.3.5.3. Basamak boyutları .....	542
10.4. DOĞAL TAŞ (MERMER) BLOK KESİM/ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ .....	545

10.4.1. Doğal Taş İşletmeciliğinde Yöntem ve Teknoloji	545
10.4.2. Delik Delme Yöntemiyle Blok Kesim/Üretimi ve Teknolojisi	545
10.4.2.1. Delik delme ile doğrudan doğal taş blok kesim/üretimi	546
10.4.2.1.1. Kaya delicileri (delici tabancalar)	547
10.4.2.1.2. Delik delme ve kama-yapraklarla ana kütlede doğal taş üretimi	550
10.4.2.3. Delik delme ve patlayıcılarla blok kesim/üretimi	552
10.4.2.3.1. Patlayıcılarla ön kesme-çatlatma yapılarak doğal taş blok üretimi	552
10.4.2.3.2. Çok yönlü patlatma yöntemi	556
10.4.2.4. Delik delme ve genişleyen kimyasal-çimentolar ile blok kesim/üretimi	556
10.4.3. Doğal Taş Blokların Sayılması	557
10.4.3.1. Sabit delik delme makinalarıyla sayılma	558
10.4.3.2. Zincirli kollu kesici ile sayılma	559
10.4.3.3. Elmas telli kesme makinası ile sayılma	560
10.4.3.3.1. Elmas telli sayılma makinaları	562
10.4.3.3.2. Tek telli sayılma makinası (monoteller)	563
10.4.4. Telli/Bantlı Doğal Taş Blok Kesim/Üretim Teknolojileri	565
10.4.4.1. Çelik telli kesme teknolojisi	566
10.4.4.2. Elmas telli blok kesme teknolojisi	567
10.4.4.2.1. Doğal taş ocağının kesime hazırlanması ve kesme işlemi	571
10.4.4.2.2. Elmas boncuklu tel ile blok kesiminde kullanılan bazı yardımcı ekipmanlar	574
10.4.4.2.3. Elmas telli kesme yönteminde kullanılan makina ve ekipmanlar	577
10.4.4.2.3.1. Elmas telli kesme makinası	577
10.4.4.2.3.2. Elmas boncuklu teli oluşturan parçalar	578
10.4.4.2.4. Elmas telli kesme yönteminde kesime etki eden faktörler	584
10.4.4.2.5. Elmas telli kesme makinasının diğer türleri	590
10.4.4.3. Zincirli/bantlı kollu kesiciler	591
10.4.4.3.1. Zincirli kollu kesiciler	591
10.4.4.3.1.1. Zinciri kollu blok doğal taş kesme makinaları ana parçaları	591
10.4.4.3.2. Bantlı kesiciler	596
10.4.5. Alev ve su jeti ile doğal taş kesim/üretim teknolojisi	600
10.4.5.1. Alev jeti ile sert taş blok kesim/üretim yöntemi	600
10.4.5.2. Su jeti ile kesim/üretim yöntemi	603
KAYNAKLAR	609

## 10.1. GİRİŞ

Doğal taşların kullanımı, insanlık tarihi ile başlamaktadır. İnsanoğlu kayacı başlangıçta beslenme - savunma amaçlı av silahlarının yapımında, daha sonra ise konut olarak barınma ve korunma amaçlı kullanmışlardır. Doğal mağaralar ile yumuşak kayaç ortamında kazı ile meydana getirilen yapay mağaralar, insanların barınma ve korunma amacına örnek gösterilebilir. Ayrıca kayaçların kazılabilir olması, insanların yeraltı mağaraları/şehirleri kurmasına neden olmuştur.

Tarih öncesi insan yaşamında taş öncelikle avlanma ve kendini koruma amaçlı kullanılırken ilk çağa da ismini vermiştir (Hartman, 1987). Afrika'da 40.000 yıl önce Yontma ve Cilalı Taş Devri'nde başlayan açık ocak maden işletmeciliği, kısa mesafeli yeraltı maden işletmeciliğine geçiş ile insanlık tarihinde yeni bir devir başlatmıştır. Anadolu'da buna benzer durum Aksaray civarında görülmektedir.(Aslan, 1977).

Anadolu'daki taş yapıların güzel örnekleri ise kale surları (Şekil 1), tapınaklar, açık tiyatro alanları, pazar yerleri, su kemerleri, köprüler, mermer döşeme taş yollar, caddeler, lahitler ve mezar taşlarıdır. Bunlarla ilgili Dost (1999) tarafından yazılmış olan bir kaynak taramasında geniş bilgi sunulmaktadır.



Şekil 1. Silifke-Kızkalesi (M.Ö. 4. yy.) Su hendekleri ve kale surları. Hendek duvarları için kireçtaşlarının kesilmesi ve kesilen taşların kale duvarlarında kullanılması.

Anadolu da Selçuklu Beylikleri ve Osmanlı İmparatorluğu döneminde en güzel taş yapıtların birçok örneğini görebilmekteyiz (Kars, Erzurum, Sivas, Van, Konya, İstanbul, Manisa, Kırşehir ve Kayseri gibi).

Taş ve taş yapıtlar kale surları ve bu mekan içinde yer alan yerleşim yapıları, konutlar, çeşitli tapınaklar, hanlar, medreseler, konaklar ve saraylarda görülmekle beraber ilk çağlarda savunma ve silah amaçlı kullanılmışlardır.

Doğal taşlar tarih boyunca yapının tamamında yada bu yapının süslenmesinde de kullanılmıştır. İnsanoğlu taşa el emeği göz nuru ile ruh verirken, gerek temel işlerde gerek ise süslemede çevre ile uyumluluk içinde ve doğada yaşama katkıda bulunacak tarz da boyutlandırma ve şekillendirme yaptığını da görebilmekteyiz. Geçmişten günümüze kadar gelen çeşmelerde, tapınaklarda ve diğer mimari eserlere bu tarz mimari yapılarda sıkça rastlamak mümkündür.

Anadolu'da M.Ö. 1700-2000 (3700-4000 yıl önce) yıllarında Hatti uygarlığı ile başlayan mermer üretimi Gaziantep-İslahiye, Yasemek ve Tilman'da; Çorum-Kalınkaya, Boğazköy, Kestikaya, Kızlar Kayası ve Alacahöyük; Frig-Likya; İon-Hellen; Roma döneminde ise Marmara Adası-Sarayköy; Afyon-İscehisar; Eskişehir-Seyitgazi, Çifteler; Bilecik-Vezirhan, Taşkesen; Kütahya-Aslanapa ve Yoncalı, İzmir- Selçuk, Belevi; Ankara-Nallıhan; Bolu-Seben; Çanakkale-Ezine; Antalya, Mersin ve Muğla yöresindeki sayısız ocaklarda, Koçalı ve Kemalli; Çanakkale-Truva, Behramkale, Bergama, Ankara Kalesi, Kırşehir-Kaman Ömerhacılı vb. yerlerde kireçtaşı, traverten, marnlı kalker, kumtaşı, mermer, granit-granodiyorit, andezit ve bazalttan oluşan mermer ocaklarında gerçekleştirilmiştir.

Anadolu'da dünyanın bilinen ilk yeraltı mermer işletmelerinden örnekler bulunmaktadır. Antik dönemde Afyon-İscehisar ve İzmir-Selçuk yakınlarında bulunan Kuş İni ile önce açık ocak şeklinde başlayıp daha sonra kapalı işletmeye dönüştürülen Selçuk'un 1,5 km güneybatısında yer alan Panayır Dağı'nda ve Çamurköy (Manisa-Salihli)'de yeraltı madenciligi ile mermer üretimi yapılmıştır. Ayrıca Antik dönemde İzmir-Karaburun, Tahta İskele'de bulunan kireçtaşları kuyu yöntemi ile işletilmiştir. Romalıların Afyon-İscehisar ocaklarında yüzeyden 50 m derinlikte yapmış oldukları üretimin izleri günümüzde görülmektedir. Ancak tarihi ve bilimsel değeri yüksek antik ocaklar, bilinçsiz ocakçıların "antik ağızlardan iyi blok alınır" düşünceleri ile tahrip edilmekte ve bu değerler Afyon-İscehisar'da, Marmara Adası'nda, İzmir çevresinde, Denizli yöresinde olduğu gibi hızla kaybedilmektedir (İleri,1988; Karaca, 2001).

## 10.2. DOĞAL TAŞIN (MERMER) PETROGRAFİK VE ENDÜSTRİYEL TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

Bugün ülkemizde *doğal taş (mermer) terimi*; kireçtaşı, dolomit, dolomitik kireçtaşı, kristalin karbonatlı kayaçlar ile sert taşlar için kullanılmaktadır.

*Petrografik tanıma göre*; kireçtaşı (kalker), dolomitik kalker ve/veya bunların değişik oranlarından oluşan karbonatlı kayaçların değişik sıcaklık ve basınçta metamorfizmaya uğrayarak, tekrar kristallaşması sonucu oluşan yeni doku ve yapıya sahip metamorfik (başkalaşım) kalsit kristallerinden oluşan kayaçlara *doğal taş (mermer)* adı verilmektedir.

*Ticari (endüstriyel) anlamda doğal taş (mermer)*; ekonomik olarak uygun boyutlarda blok (kütük) olarak kesilip çıkarılabilen, istenilen ebatlarda düzgün olarak kesilip, talebe göre cilalanıp parlatılabilen kayaçlar olarak tanımlanmaktadır.

*Doğal taş (mermer) terimi*, bu kitapta traverten ve oniksler hariç kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) ve/veya dolomit [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ] minerallerinden oluşan karbonatlı kayaçlar için kullanılacaktır. Metamorfizma sürecinde ya da sedimanter oluşumunda tali kuvars veya silikat mineralleri mermer içerisinde yer alabilirler. Doğal taşın/mermerin ana bileşeni kalsit/dolomit mineralleri olup, tane boyutuna ve kökenlerine göre bu kayaçlar değişik şekilde sınıflandırılmaktadır.

### 10.2.1. Doğal Taşların/Mermerlerin Sınıflandırılması

Doğal taşlar/mermerler seçilen kriterlere göre değişik şekillerde sınıflandırılabilirler. Bunlardan ticari ve petrografik sınıflandırılması Çizelge 1'de verilmiştir.

#### a. Oluşumuna göre sınıflandırma (Tüm kayaçlarda olduğu gibi)

1. Sedimanter kökenli doğal taşlar (mermerler) (Tortul)
2. Magmatik kökenli doğal taşlar (mermerler) (Plutonik-Volkanik-Damar)
3. Metamorfik kökenli doğal taşlar (mermerler) (Başkalaşım)

#### b. Mineralojik bileşimlerine göre

1. Karbonat içerikli doğal taşlar (mermerler) (Hakiki mermerler)
2. Silikat grubu mineraller içeren doğal taşlar (mermerler)-sert taş (Ticari anlamda granitler)

#### c. Yapı ve dokularına göre sınıflandırma

1. İnce taneli doğal taşlar (mermerler)

2. Orta taneli doğal taşlar (mermerler)
3. İri taneli doğal taşlar (mermerler)

**d. Kristal/Matriks konumuna göre sınıflandırma**

1. Homojen/İzotrop- Anizotrop
2. Homojen olmayan/İzotrop-Anizotrop

**e. Öngörülen kalite kriterlerine göre sınıflandırma**

Bu herhangi bir araştırmacının etken bir parametre seçimine göre yapmış olduğu sınıflamadır.

Çizelge 1. Doğal taşlarının sınıflandırılması (Kulaksız, 2004).

TİCARİ ADLANDIRMA		HAKİM BİLEŞENLER	PETROGRAFİK (KAYA BİLİMİ) ADLANDIRMA			
			MAGMATİK KAYAÇLAR		METAMORFİK KAYAÇLAR	SEDİMANTER KAYAÇLAR
			Plutonik	Volkanik		
<b>SERT TAŞ (GRANİT)</b>	Granit, Granitoyid, Kumtaşı, Grovak, Gabro, Norit, Andezit, Bazalt, Kuvarsit, Kalksilikatik Şistler, Gnayslar, Yeşil Kayaçlar, Bazik ve Ultra Bazik vb.	Silis ve/veya Silikatlı Mineraller İçerenler veya Kayaç Kırıntıları ve Matriks / Çimento İçerenler	Monzonit – Diyorit	Fonolitler	Gnayslar, Leptinitler	1.Konglomera 2.Kumtaşı (Grovak-Arkoz)
			Granit ve Granit Ailesi Kayaçlar			
			Siyenit ve Siyenit Ailesi Kayaçlar	Foyoidler	Şistler ve Kalksilikatlı Şistler	
			Gabro ve Gabro Ailesi Kayaçları	Bazalt, Andezit, Dasit		
<b>SLEYT</b>	Sleyt / Arduvaz	Ultra Bazik Kayaçlar Yeşil Kayaçlar		Kuvarsit ve Sleyt		
<b>MERMER</b>	Kireçtaşı, Mermer ve Traverten Grubu	Karbonat, Dolomit ve/veya Çimento Matriks İçerenler			Serpantin, Amfibolit, Şist/Hornfels	Kireçtaşı, Dolomit Breşler
					Mermer ve Dolomitik Mermerler	Traverten
<b>DİĞER</b>	Alabatr Pumis Grubu	Diğer		Anglomera, Pumis, Volkanik Tüfler		Jips Alabatr

**f. Jeomekanik özelliklerine göre sınıflandırma**

1. Dayanımlarına Göre Sınıflandırma  
Basma Dayanımı  
Çekme Dayanımı  
Eğilme Dayanımı
2. Aşınma/Aşındırma Özelliklerine Göre Sınıflandırma

Buradaki kriterler farklı olabilir ve doğal taşın (mermerin) yapı, doku ve sertliği ile doğrudan ilişkili olup, konulan kriterlere göre yapılan sınıflamadır.

**g. Fiziksel özelliklerine göre sınıflandırma**

1. Yoğunluk
2. Gözeneklilik - Su emme özelliği
3. Saydamlık
4. Aklık - Koyu renklilik

Hangi türde olursa olsun doğal taşın (mermerin) kesilip çıkarılmasında, levhalara ayrılmasında, parlatılıp cilalanmasında, kullanılmasında, pazarlanmasında ve kalitesinde etkili olan faktörler aşağıda sıralanmıştır:

#### **A. Jeoloji / Yapısal Jeoloji Elemanlar**

- a. Masif
- b. Tabakalı / Akma dokulu
- c. Şistozite / Yapraklanma konumları (Şistoziteli, laminalı)

#### **B. Petrografik ve Mineralojik Özellikler**

- a. Kayacın mineralojik ve buna bağlı kimyasal bileşimleri
- b. Minerallerin tane boyutu, homojenliği ve izotropisi, tane bileşenleri
- c. Kayaç ve mineral sertlikleri buna bağlı aşındırıcılığı
- d. Kayaç ve minerallerin dilinimlenmeleri
- e. Matriks / Çimentolanma durumu
- f. Mineral - Çimentolanma (Bağlayıcı malzeme) özellikleri

Bunlar aynı zamanda kayacın değiştirilmez parametreleridir.

#### **10.2.2. Doğal Taş (Mermer) Madencilik İşlemlerinin Temel Unsurları**

Bir bölgede madencilik faaliyetleri maden yatağının (endüstriyel mineral ve kayaçlar);

- a) aranması (eksplorasyon, prospeksiyon),
- b) bulunan doğal taş (mermer) yatağının üç boyutta görünür hale getirilmesi,
- c) tetkik,
- d) üretim öncesi hazırlıkların yapılması,
- e) üretim,
- f) pazarlaması süreçlerinden geçecektir.

Daha genel anlamda doğal taş (mermer) madencilik faaliyetlerini;

- A. Doğal taş (mermer) madencilik öncesi (arama, bulma, değerlendirme, olasılık projesi)
- B. Doğal taş maden işletmeciliği devresi kazı (üretim öncesi hazırlık, delme, patlatma, gevşetme, blok kesme, yükleme, taşıma)
- C. Doğal taş (mermer) madencilik sonrası

olarak sınıflayabiliriz. Doğal taş (mermer) madencilik öncesi faaliyetlerinin açıklaması ise aşağıda verilmektedir.

Doğal taş (mermer) blok üretim sonrası faaliyetler ise;

- D. Doğal taş (mermer) bloklarının işlenmesi/atıklarının değerlendirilmesi
- E. İşlenmiş ürünlerin pazarlaması (üretim standart hale getirilmesi, kütle üretimi ve kullanımı, üreticiye ulaştırılması)

### 10.3. DOĞAL TAŞ (MERMER) MADENCİLİK İŞLETME YÖNTEMLERİ

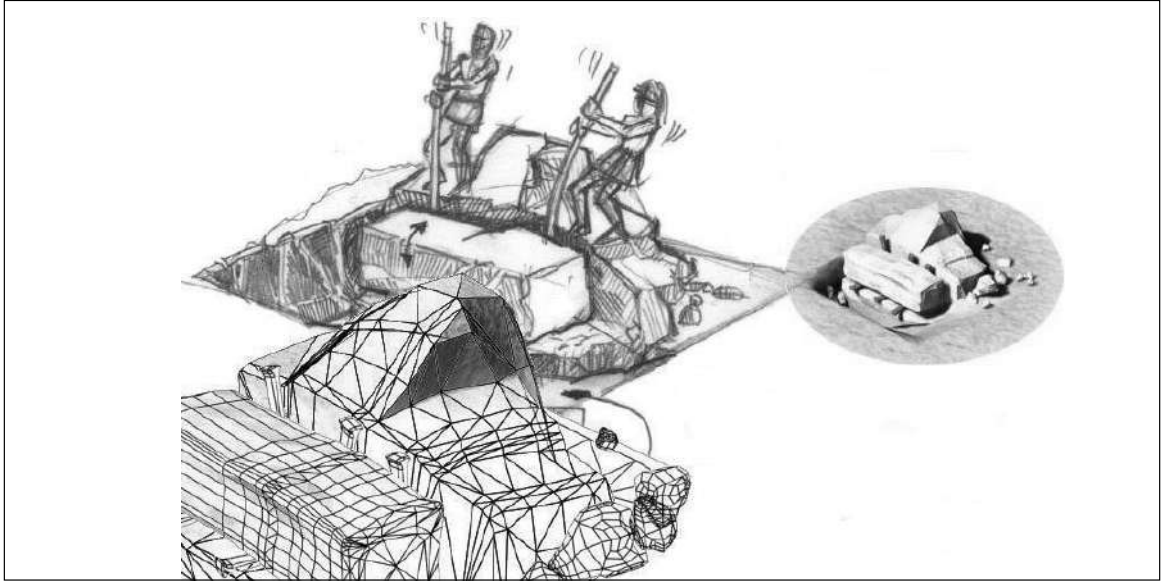
#### 10.3.1. İlkel (Antik) Doğal Taş (Mermer) Blok Kesim/Üretim Yöntemleri

Antik çağlarda doğal taş (mermer) blok üretim yöntemlerini incelersek aşağıda verilen yöntemlerin uygulandığını görmekteyiz. Anadolu'da birçok antik doğal taş ocaklarında bu yöntemlere rastlanmakta olup İleri (1988) ve Karaca (2001) tarafından bilgiler verilmektedir.

Modern tel kesme yönteminin milattan önceki yüzyıllarda Anadolu'da kullanıldığının izleri bulunmaktadır. Buna bir örnek Silifke-Kızıkalesi kale su hendeğinde görülmektedir (Şekil 1). Bugün ise tarihi gelişim içinde doğal taş blok üretiminde, insanoğlunun geliştirdiği kesme yöntemleri ile insan gücünün yerini mekanizasyon ve motor gücü veya ısıtma işlemleriyle birlikte hidrolik güç almıştır. Tarihi yöntemlerin kısa açıklamaları aşağıda verilmektedir.

##### 10.3.1.1. Kama/manivela kullanımı ile blok üretimi

İlkel üretim yöntemlerden bu yöntemde yumuşak ve ortak sertlikteki kayalar zayıf ve süreksizlik zonlarına ağaç kamalarla çakılması ve manivelalarla ana kayadan koparılması ile elde edildiği görülür. Bu yöntemle elde edilen blok taşlar kabataş konumunda olup, birçok eski tapınaklarda bugün kazılar sonucunda ortaya konulmaktadır (Sivrihisar Pessinus harabeleri). Bugün bu teknoloji üçlü kama darbeleri delik delme yönteminin temelini teşkil etmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Kama/manivela yöntemiyle blok üretimi.

##### 10.3.1.2. Keski/çekiç yöntemi blok kesimi

Bugün birçok doğal taş ocağında bu yöntemin izleri bulunmaktadır. Bu üretim yönteminde kesilecek bloğun yüzeyleri keski darbeleri ile kesilerek ana küteden ayrılmaktadır (Şekil 3). Bu yöntemde bugün darbeleri delicilerle kesme işlemi ile birlikte kesikli blok kesicilerle teknolojik olarak benzerlik göstermektedir.





Şekil 3. Keski/çekiç yardımıyla üretimi yapılmış blok örnekleri (Bergama).

#### 10.3.1.3. Kuvars kumu/ağaç tapan sürtünme ile kesme işlemi

Bu yöntemde kesilecek taşın yüzeyi açılan oluk boyunca kuvars kumu ve su karışımının tapan olarak kullanılan ağacın ileri/geri sürtünmesi ile aşındırma işlemi yapılarak blok üretim gerçekleştirilmektedir. Uygulanan bu yöntem daha sonra demir testere kuvars kumu+su karışımı ile kesime dönüşmüştür. Bugün için bu yöntem çelik halat-kuvars kumlu kesimi ile birlikte telli kesim teknolojisi ile benzerlik göstermektedir.

#### 10.3.1.4. Ateş/su yöntemi

Özellikle sert taş üretiminde taş yüzeyi odun ateşi ile ısıtılarak bu yüzeye su dökülmesi ile ani ısıtma/soğutma işlemi yapılarak çatlaklar oluşturularak kesme işlemi yapılmaktadır. Bugün alev jeti ile kesme işlemi ile benzerlik göstermektedir.

İlkel yöntemler olarak tanımlansa bile bu yöntemler bugün de geçerli olup sadece uygulamadaki araç ve gereçler (teknoloji) değişmiştir.

#### 10.3.2. Doğal Taş (Mermer) Madencilik Yöntemlerinin Sınıflandırılması ve Doğal Taş İşletmeciliğinde (Mermercilikte) Jeomorfoloji

Herhangi bir sınıflama yapılırken temel alınan koşullar dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla farklı koşullara göre değişik sınıflamalar ortaya konabilir. Doğal taş madencilik yöntemleri topografik durum, iklim, ekonomi, çevre, üretim tekniği koşullarına göre sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırmaların dışında diğer kıstaslarına göre yapılan sınıflamalar da mevcuttur.

**Çevre koşullarına göre doğal taş maden işletmeciliği:**

- a- Açık ocak doğal taş madenciliği
- b- Yeraltı doğal taş madenciliği

olarak başlıca iki gruba ayrılır.

Açık ocak doğal taş madenciliğinde tüm kazı ve blok doğal taş üretim faaliyetleri açık alan ve havada, doğal ortamda yapılır. Yeraltı doğal taş madenciliğinde ise tüm madencilik üretim işlemleri yeraltında, kısmen doğal koşullar dışında gerçekleştirilir.

**Blok çıkarmada kesme işleminin sürekliliğine göre:**

- a- Kesikli doğal taş üretim yöntemleri
- b- Sürekli (kesintisiz) doğal taş üretim yöntemleri

Kesikli üretim yönteminde ana kayaçtan doğal taş blok kesiminde kesim işlemlerinde kesiklikler bulunur. Örneğin; üçlü kama yönteminde veya delme-patlatma ile blok üretiminde işlemler arasında zaman aralıkları bulunurken, sürekli kesimde kesme zaman aralıkları bulunmaz. Sürekli kesme yöntemine örnekler ise; elmas telli kesme, kollu kesicilerle kesme ve bantlı kesicilerle kesme yöntemleri verilebilir.

**Doğal taş blok kesim/üretim teknolojilerine göre sınıflama ise:**

- 1- Çelik halatlı kesim makinasıyla kesim/üretim yöntemi
- 2- Elmas telli kesim makinasıyla kesim/üretim yöntemi
- 3- Dairesel testerele kesim makinasıyla kesim/üretim yöntemi
- 4- Alev jeti ekipmanı ile blok kesim/üretim yöntemi
- 5- Su jeti ekipmanı ile blok kesim/üretim yöntemi
- 6- Zincirli/bantlı kollu kesme makinalarıyla kesim/üretim yöntemi
- 7- Delik delme makinalarıyla (sondaj) kesim/üretim yöntemi
- 8- Diğer yöntemler ve/veya bu yöntemlerin birlikte kullanıldığı blok kesme yöntemleri

**Jeomorfolojik (jeolojik ve topografik yapı) konuma göre:**

- 1- Ova tipi doğal taş madenciliği
- 2- Yamaç/sırt tipi doğal taş madenciliği
- 3- Doruk/tepe tipi doğal taş madenciliği

**10.3.3. Açık Ocak Doğal Taş Madenciliği**

Açık ocak doğal taş madenciliği de buna bağlı olarak, yukarıda belirlenen morfolojik yapılaraya göre adlandırılmaktadır. Açık ocak işletme yöntemlerinde basamak teşkiline göre de sınıflamaları aşağıda verilmektedir.

**a- Ova tipi doğal taş ocakları işletmeciliği**

- 1. Tek kademeli
- 2. Çok kademeli

3. Kazan tipi ocaklar

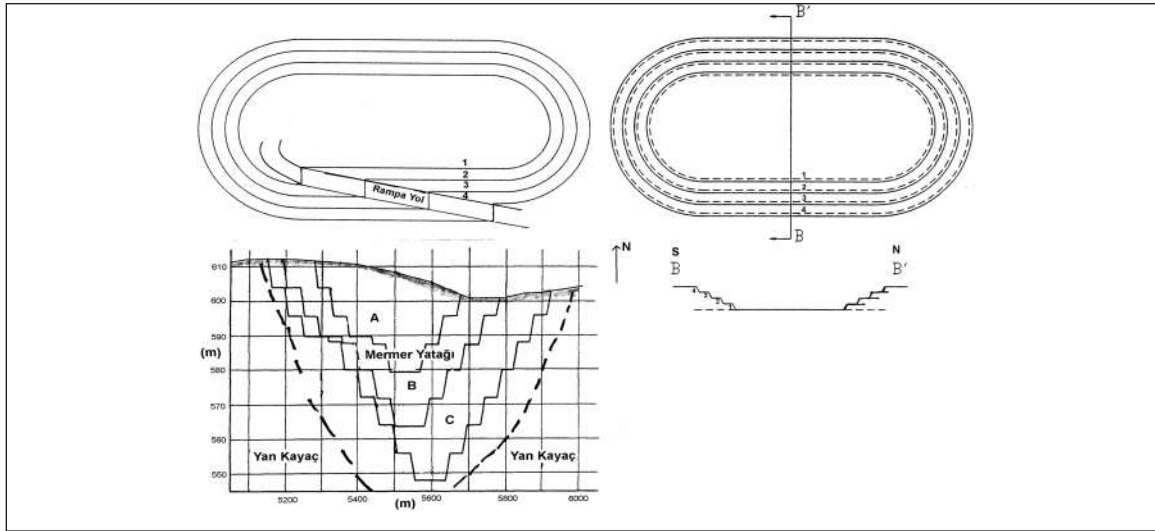
**b- Doruk tipi doğal taş ocak işletmeciliği**

1. Tek kademeli
2. Çok kademeli

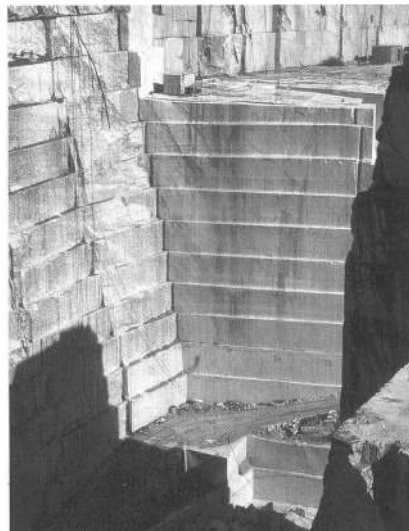
**c- Yamaç tipi doğal taş ocak İşletmeciliği**

1. Tek kademeli
2. Çok kademeli

Açık ocak doğal taş işletmeciliğinin her türünde; tek veya çok kademeli mermer üretimi yapılabilmekte ya da geometrik şekli itibariyle eliptik açık-rampasız veya sadece açık kademeli şeklinde üretim gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 4, 5 ve 7-a,b).

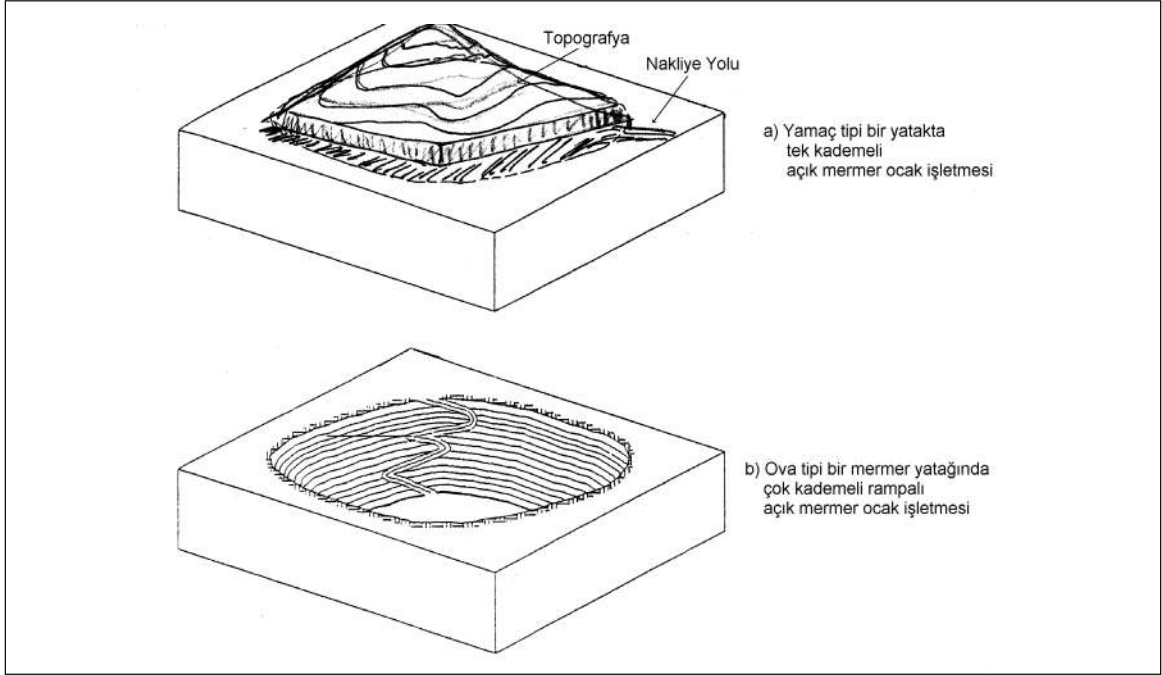


Şekil 4. Ova tipi çok basamaklı doğal taş açık ocak işletmesi harita ve kesit görünümleri.



Şekil 5. Kazan tipli açık ocak doğal taş işletmesi.

Eğer doğal taş yatağı dorukta (tepe) yer alıyorsa üretim teknolojisine bağlı olarak tek-çift kademeli, eliptik kapalı, eliptik açık şeklinde yapılabilir (Şekil 6, 7-a,b). Dorukta bulunan doğal taş yatağı, doruğun masa (tabular), yayvan, dik yapısına göre de uygulanacak üretim metotları değişik olacaktır.



Şekil 6. Tek ve çok kademeli açık doğal taş ocakları.



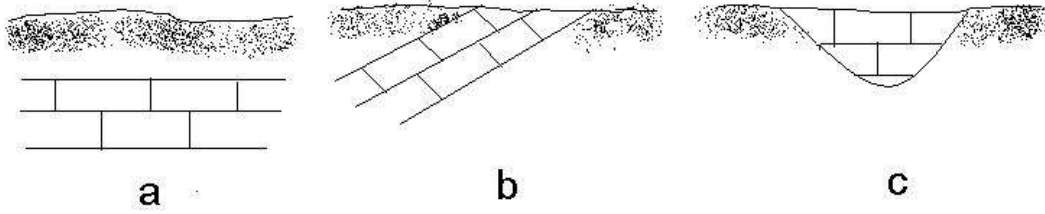
Şekil 7-a. Tek kademeli açık doğal taş ocağı (Toprak Mermer, Diyarbakır).



Şekil 7-b. Çok kademeli açık doğal taş ocağı (Sicilya, İtalya).

### 10.3.3.1. Ova tipi açık ocak doğal taş işletme yöntemleri

Bu özellikteki doğal taş yatakları genellikle topografik seviyenin altında yer alır ve doğal taş işletmecilik faaliyetleri de bu seviyenin altında yürütülür (Şekil 8 ve 9).



Şekil 8. Ova tipi doğal taş yataklarına şematik (a,b,c) ve fotografik örnekler.



Şekil 9. Ova tipi açık-rampasız doğal taş yatağı (Emmioğlu Mermer).

Bu tip doğal taş işletmelerinde gerek yağışlardan kaynaklanan sular, gerekse de yeraltı suyu maliyeti artırıcı faktör olarak ortaya çıkar. Diğer yönden kesilerek çıkarılan doğal taş blokları ya doğrudan vinçler ya da yapılacak rampa düzeneğiyle yapılan yollar ile yapılacaktır.

Doğal taş yatağının dalımlı veya yataya yakın olması durumunda doğal taş ocağında iki şekilde işletme yapılacaktır:

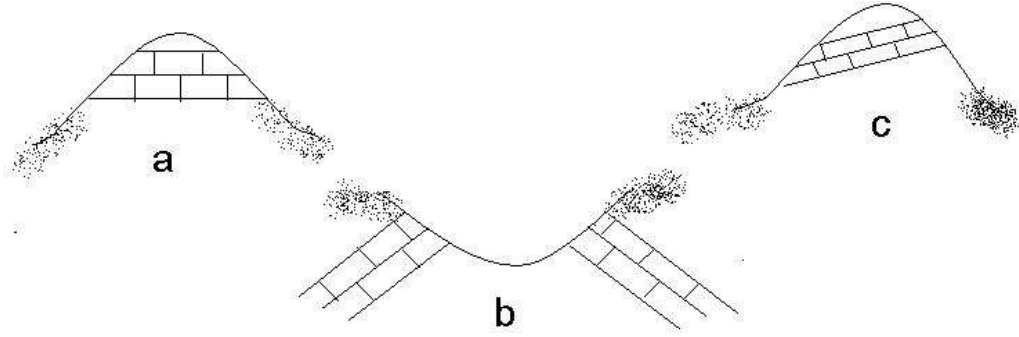
- a- Çukur şekilli (Kazan tipli) rampasız doğal taş açık ocak işletmesi:* Bu tip ocaklar rampasız ulaşım yolu bulunmayan dik veya yan dik basamaklarla çevrili ocak geometrisine sahiptirler. Burada gerek çıkan pasalar, gerek doğal taş blokları ancak vinç sistemi ile taşınabilir. Diğer yönden, ocak içi suların (drenaj) çıkarılması pompalar ile yapılabilir. Çalışanların ocak içine inişi ve çıkışı merdivenler ile yapılmaktadır. Derinliklerin artması bu sistemi zamanla kullanılmaz duruma getirebilir (Şekil 5).
- b- Çukur şekilli (Kazan tipli) rampa yol sistemli doğal taş açık ocak işletmesi:* Bu tip doğal taş üretim metodunda ulaşım, basamaklar arasında ve yüzeyle oluşturulan rampalı yollar ile sağlanmaktadır (Şekil 10). Ulaşımda ve nakliyede kamyon ve loder gibi araçlarla yapılır.



Şekil 10. Çukur şekilli rampa yol sistemli açık ocak doğal taş işletmesi (Koçak Mermer).

### 10.3.3.2. Yamaç tipi doğal taş ocakları

Eğer doğal taş yatakları dağların, tepelerin yamaç kısımlarında, dağ sırtlarında veya vadi yamaçlarında yer alıyorsa üretim teknolojisine bağlı olarak uygulanacak doğal taş işletme metotlarına bu ad verilmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Tepe (a) ve yamaç (b) tipi doğal taş yataklarına örnekler.

Bu tip işletme metotlarında su problemi az olmakla beraber ulaşım yollarının açılması ve bu yolların uzun olması maliyeti artırıcı faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer yandan doğal taş yatağının topografik yükseltisi doğal taş yatağının dalımı ve iklim koşulları problem yaratabilir (ısı ve yükselti farklılıkları, kar yağışları v.b).

### **10.3.3.3. Tepe/doruk tipi açık ocak doğal taş işletme yöntemleri**

Doğal taş yatağının dağın doruklarında (tepelerde) yer alması veya dağın yamaçlarında yer almasına göre üç farklı yöntem uygulanabilir.

- a- Doğal taş açık ocakları şeklinde (Şekil 12)
- b- Tepe (doruk) açık ocakları şeklinde (Şekil 13)
- c- Yamaç açık ocakları şeklinde (Şekil 14)

Doğal taş blok üretim yöntemlerinin diğer bir sınıflamaları ise daha çok blok kesim teknolojilerine bağlı yöntem ile teknolojilerin aynı adla anılması şeklindedir.



Şekil 12. Tepe tipi açık ocak doğal taş işletmesi (Muğla).





Şekil 13. Tepe (doruk) tipi açık ocak doğal taş işletmesi.



Şekil 14. Yamaç tipi açık ocak doğal taş işletmesi (Muğla).

#### 10.3.4. Açık Ocak Doğal Taş İşletme Tasarımında Etken Faktörler

Bir açık ocak doğal taş madenciliğinin yeraltı ocak işletmelerine göre birçok üstünlükleri vardır. Bu üstünlükler; işçi sağlığı ve iş emniyeti, seçimli üretim olanağı sunması, üretimde verimlilik ve kapasite kullanımı esnek bir işletme olanağı sağlamasıdır. Bunun yanında diğer avantajları ise;

1. Düşük yatırım maliyeti, mekanizasyon sınırlı olup karmaşık bir yapısı yoktur.
2. Çok küçük doğal taş yatakları için de uygun olup, sınırlı bir ölçekteki doğal taş yatakları için de uygulanabilir.
3. Üretim metotları ve teknolojiler kolayca uygulanabilir fakat çalışanların ve blokların ocaktan kaldırılması nadiren sorun yaratabilir.
4. Açık doğal taş ocaklarında basamaklar genelde duraylılık problemi yaratmaz.
5. Seçimli üretim imkanı sağlamakla beraber bazen sorunlar yaratabilir.
6. Emniyet ve sağlık açısından daha avantajlıdır.

Açık ocak doğal taş işletmeciliğinin dezavantajları ise;

1. Derinlik sınırlıdır (90 - 300 metre).
2. Üretim verimi düşüktür.
3. Üretim maliyeti yüksektir.
4. Üretim yüzdesi düşüktür.
5. Uygulanan teknolojilerin durumuna göre kalifiye işçi gerekebilir.
6. Esnek olmayan bir üretim yapısı mevcuttur.
7. Metodun tabiatı dolayısıyla ileri bir mekanizasyon için uygun olmayabilir.
8. Patlatma olmadığından yüksek maliyetli ve komplike üretimdir.
9. Aşırı artık çıkabilir.

şeklinde özetlenebilir.

##### 10.3.4.1. Doğal taş ocağı fizibilite çalışmaları, işletme tasarımı

Bir doğal taş ocağı üretim planlaması tasarımında etken faktörler ise;

Doğal ve Jeolojik Faktörler  
Sosyo-Ekonomik Faktörler  
Teknolojik Faktörler

##### Doğal ve jeolojik faktörler

1. Topografya ve bulunduğu ortam, iklim koşulları
2. Doğal taş yatağının boyutları, şekli ve konumu
3. Jeolojik Faktörler (Mineralojisi, petrografik yapısı, doğal taşın kökeni, su geliri v.b)
4. Doğal taşın jeomekanik özellikleri (Dayanımları, aşındırıcılık ve aşındırma özellikleri, kimyasal ve fiziksel özellikleri v.b)

##### Sosyo - ekonomik faktörler

1. Yerel insan kaynakları, davranışları ve kalifiye eleman temini

2. Yerel yönetim ve halk ile karşılıklı ilişkiler
3. Çevre koruma (Su, hava, artıklar v.b)
4. Kapital ve pazarlama
5. Diğer yasa, yönetmelik, tüzüklerin yatırımlara katkısı veya sınırlamaları
6. Enerji temini ve ulaşım

### **Teknolojik faktörler ve metotlar**

1. Doğal taş üretim metotları
2. Doğal taş ocak üretim makinaları
3. Doğal taş ocak üretim yardımcı iş makinaları

Sorunsuz veya sınırlı riskli bir blok doğal taş üretimi için yukarıda üç ana temel konuda özetlenen her bir faktör tek tek irdelenerek doğal taş ocak planlaması yapılması gerekir.

### **10.3.5. Açık Ocak Doğal Taş İşletme Evreleri**

Genel olarak doğal taş maden işletmeciliğinde ana kütlede blok kesimi için takip edilecek evreler şunlardır;

#### **A- Üretim Öncesi Hazırlık - Kanal Açma (Yarma-Oluk)**

**B- Doğal Taş Bloğun Ana Kütlede Ayrılması:** Değişik kesme makinaları ve/veya delme yöntemi ile kesim, kama ve yapraklar ile çatlatıp ayırma, çok zayıf patlayıcılar, hidrolik krikolar ile yapılabilir. Duruma göre yardımcı makinalar da kullanılabilir.

**C- Doğal Taş Bloklarının Devrilmesi/Ötelenmesi:** Hidrolik krikolar, havalı yastıklar, ters kepçe, loder ve dozerlerle ötelenme

**D- Blokların Kaldırma/Yükleme İşlemi:** Değişik tipte vinçler (kule veya gezer vinçler) değişik güçte loderler veya çelik halatlı yükleyici taşıyıcı kamyonlar

**E- Nakliye İşlemi:** Ocaktan nakliye tren, kamyon ve duruma göre rulolu konveyörler ile yapılabilir.

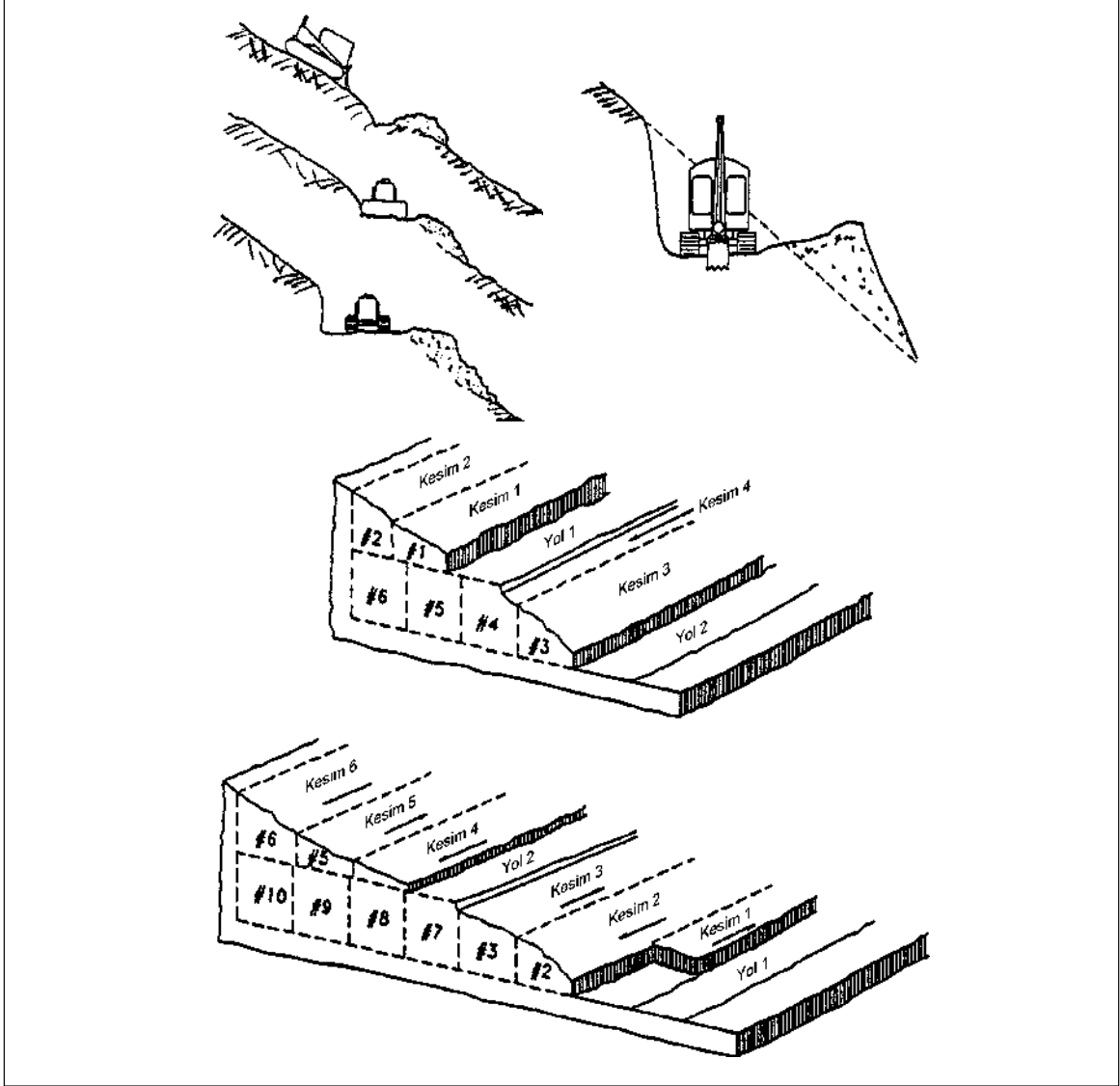
#### **10.3.5.1. Açık ocak doğal taş kesim/üretim öncesi planlama ve hazırlık aşaması**

Her planlamada olduğu gibi doğal taş üretim planlamasında ana hedef ortaya konmalıdır. Bu hedefe ulaşabilmek için ana strateji belirlenmeli bunun için izlenecek yöntemler, politikalar ve uygulamalar sıkı takip edilmelidir. Değişen koşullara göre alternatifler devreye sokulmalıdır.

Üretim öncesi hazırlık evresinde ocakta kullanılacak iş makinalarının, üretilebilecek doğal taş miktarı ve doğal taşın mekanik özelliklerine göre uygun kesme makinalarının seçimi yapılmalıdır.

Doğal taş yatağının jeolojik yapısı, topografik koşullar ve tasarlanan teknolojik yöntemlere ve örtü kütlelerinin özelliklerine göre delme-patlatma ve/veya örtünün sıyrılması şeklinde kazı gerçekleştirilir (Şekil 15). Delme - patlatma ile örtünün gevşetilmesinde ya da kazılmasında ana doğal taş yatağı zarar görmemelidir.

Planlamanın bu aşamasında ileriki yıllarda ocak gelişimi kademe kademe belirlenmeli ve doğal taş üretim olanakları yaratılmalıdır (Şekil 15). Üretim planlaması günlük, haftalık, aylık ve yıllık olarak kısa ya da uzun dönem olarak belirlenmelidir.



Şekil 15. Doğal taş üretimi öncesi yamaçta kademelerin oluşturulması ve yol yapımı.

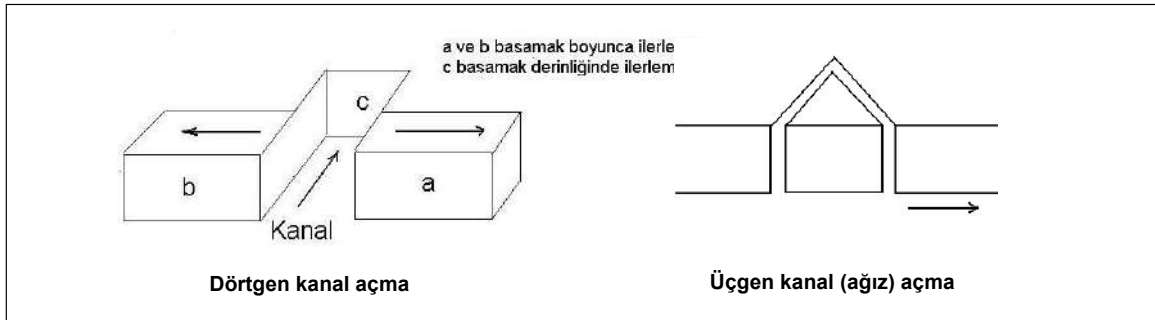
Açık ocak doğal taş madenciliğinde birinci amaç ticari anlamda öngörülen hacim, boyut ve albenide doğal taş bloğunun kesilerek üretilmesidir. Bu üretim ise tasarlanan metotlara göre olmalıdır.

Bir doğal taş ocağının açılması ve blok üretiminin yapılması örtü kütlelerinin olup, olmadığına doğal taş yatağının coğrafi konumuna, jeolojik yapısına üretim teknolojisine bağlı olarak üretimin safhaları farklılık gösterir. Diğer taraftan ocak geometrisi de plan üretim metodu da değişik şekillerde gelişecektir. Bunlara rağmen örtü kütlelerinin kaldırılmasından sonra ilk etap da kanal/cep açılması veya topografik koşullara göre üretim basamaklarının kazı/kesimler sonucunda meydana getirilmesidir. Doğal taş yatağının özelliklerine göre teşkil edilecek basamakla boyutları ile birlikte panoların teşkil edilmesi ilk safhayı oluşturur. İlk üretim öncesi hazırlık safhasında teşkil edilecek basamakların en az üç yüzeyini serbest hale getirmek gerekir (Şekil 16).



Şekil 16. Doğal taş ocağında ilk üretim öncesi hazırlık çalışmaları (üçgen kanal açma).

Eğer doğal taş yatağı ova tipinde ise bunun içinde, kanal/cep açma işlemleri ile kesilecek bloğun üç yüzeyi serbest hale getirilir (Şekil 17 ve 18).

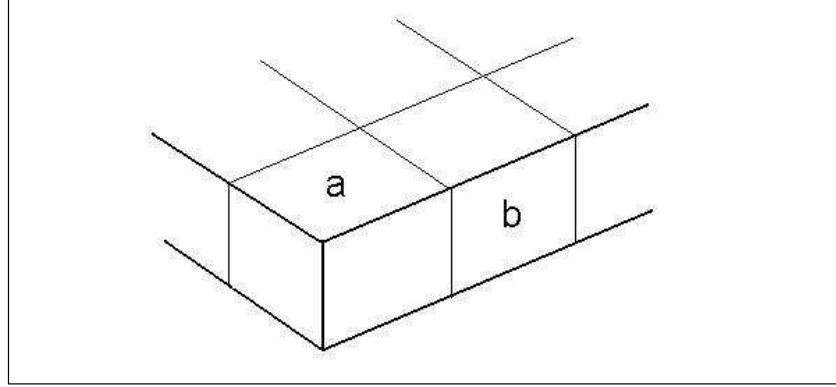


Şekil 17. Kanal açma ile iki yönde ilerleme.



Şekil 18. Üçgen kanal (ağız) açma.

Yamaç veya doruk tipi doğal taş yataklarında durum ova tipi doğal taş yatağına göre daha kolay olup, topografik durum nedeniyle düzensiz bir yapı da olsa en az iki boyutta serbest yüzey bulunabilir. Dolayısıyla ilk basamağın meydana getirilmesi daha kolaydır. İlk kesim dikey yönlerde yapılacak yatay kesimle birlikte dik üçgen piramit ağız açımını gerçekleştirecektir. Yamaç ve doruk topografyasına bağlı olarak ilerleme a veya b yönünde (Şekil 19) kesimlerle ilk basamak tabanı ve yüksekliği meydana getirilir.



Şekil 19. Tek yönlü tek basamaklı ilerleme.

Burada üretim basamak yükseklikleri doğal taş yatağının kalınlığına bağlı olarak tek veya çok kademeli olarak yapılır. Ana kayaktan bu kesimler sonucu üç yüzey serbest hale getirilen doğal taş yatağından belli boyutlar ve şekilde kesimler ile üretim basamaklarla ilk kademe teşkil edilir.

#### 10.3.5.2. İlk ocak açılma yerinin seçimi

Doğal taş işletmeciliğinin temel hedefi istenilen boyutlar ile hacimde ve istenilen yönlü kesimler yapmaktır. Yamaç tipi bir doğal taş yatağında ilk kesim yeri ve yüzeyinin seçilmesinde:

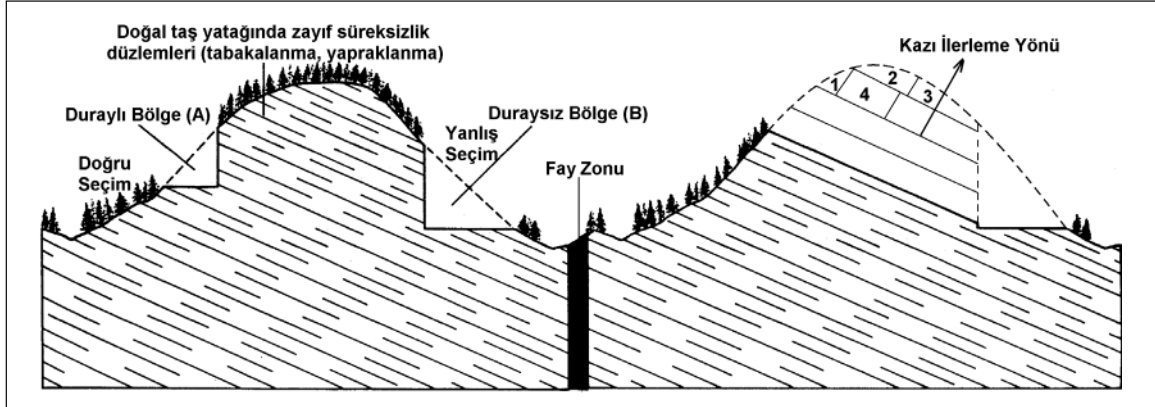
1. Kesilecek bloklar belli bir hacim ve boyut ve istenilen albeniyi sağlamalı
2. Tek yönlü ve çok yönlü ilerleme ile kesim
3. Tek ve çok kademeli doğal taş ocak üretim metodu
4. Doğal taş blok üretim teknolojileri
5. Topografik koşullar
6. Jeolojik koşullar
7. Örtü durumu
8. Ekonomi faktörleri değerlendirilerek yapılmalıdır.

Ocakta doğal taş blok üretimi için blok ana kayaç kesilerek/gevşetilerek koparılması aşağıdaki makina-teçhizat, aletler tek tek veya birlikte kullanılarak yapılmaktadır.

Ocak üretim planlaması ve uygulamasında etken faktörlerden bazıları aşağıda verilmektedir.

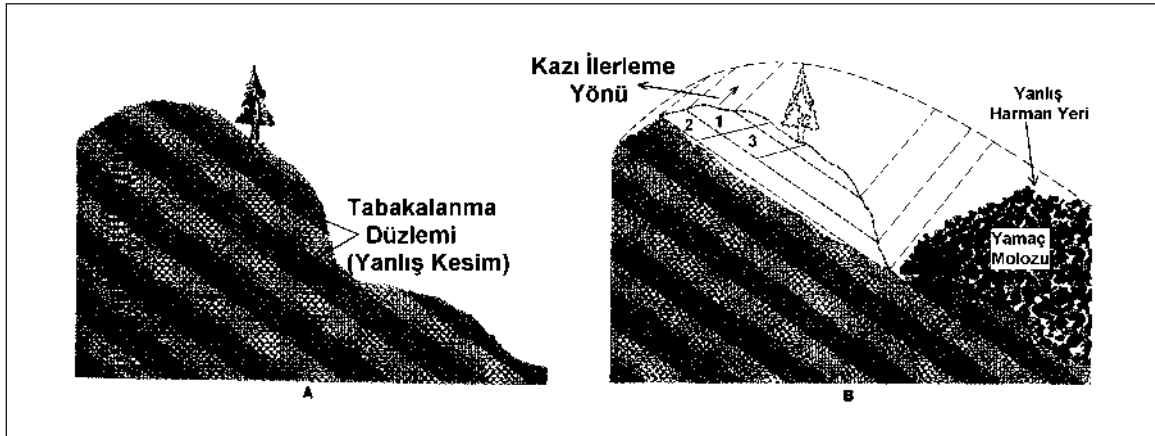
**Yapısal Jeoloji Elemanları:** Koyu sedimanter karbonatlı ve metamorfik doğal taş maden işletmeciliğinde, tabakalanma düzlemi (çökelme) ve yapraklanma bugünkü topografik ortam konumları, basamak yükseklikleri, genişlikleri, açık ocak şev açıları bakımından önemlidir. Bunlara bir örnek Şekil 20'de verilmiştir. Tepe ve yamaçta açılan bir doğal taş yatağında tabakalanma ve

yapraklanma konumu belirli ise, blok üretimlerine daima tabaka eğimine ters yönde yapılmalı veya doruktan başlayarak aynı tabaka düzleminin doğrultusu boyunca kesim/üretim gerçekleştirilmelidir. Böylece düzlemsel blok kaymalar önlenerek iş ve işyeri güvenliği (insan, makina vb.) sağlanacaktır.



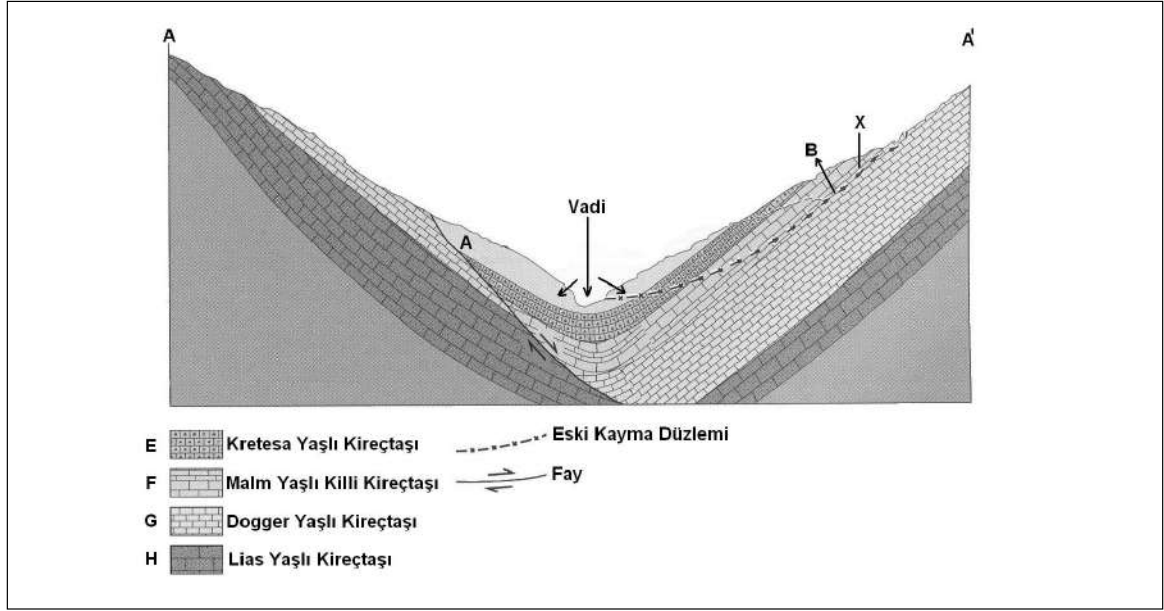
Şekil 20. Bir tepe tipi süreksizlik düzlemlili doğal taş yatağında duraylı ve duraysız bölgeler, Doğru blok kesim alan seçimi ve ilerleme yönü (şematik kesit görünümü).

Şekil 20'de doğru ve yanlış kesim alanları seçimi ile zorunlu durumlarda kesimin A bölgesinden değil de (yol, blok verimi, doğal taşın albenisi vb.) B bölgesinden yapılması istenildiğinde kazı üretimine ya doruktan başlayarak tabana kademeli inilmesinin gerektiği veya doruktan başlayarak tabana veya tabaka doğrultusu boyunca basamaklar kurulmasının gerektiği gösterilmektedir. Bununla ilgili diğer bir şematik gösterim Şekil 21-a ve b'de verilmektedir.



Şekil 21a, b. Tabakalı/sistoziteli bir doğal taş yatağında tabakalanma düzlemi boyunca ve eğim yönünde ilerleme (Öncelikli kesimler 1,2,3).

Eğer doğal taş (mermer) yatağında senklinal (tekne-çukur) şeklinde bir yapısal jeoloji var ise, kayaç birimleri (litolojiler), su geliri, süreksizlik düzlemleri (faylar, çatlak sistemleri, konumu) kayaç duraysızlıklarını etkileyecektir (Şekil 22). Kesit görünümü verilen Şekil 22'de farklı yaşlarda ve farklı litolojilere sahip böyle bir yapıda gözlenen eski kayma düzlemleri ile bir arada bulunması halinde A ve B bölgelerinde kazı/blok üretimi G kayaç serisi içinde nasıl olmalı sorularına cevap bulunmalıdır.



Şekil 22. Bir senklinal ve kanatlarında doğal taş ocak açma planlaması (şematik kesit).

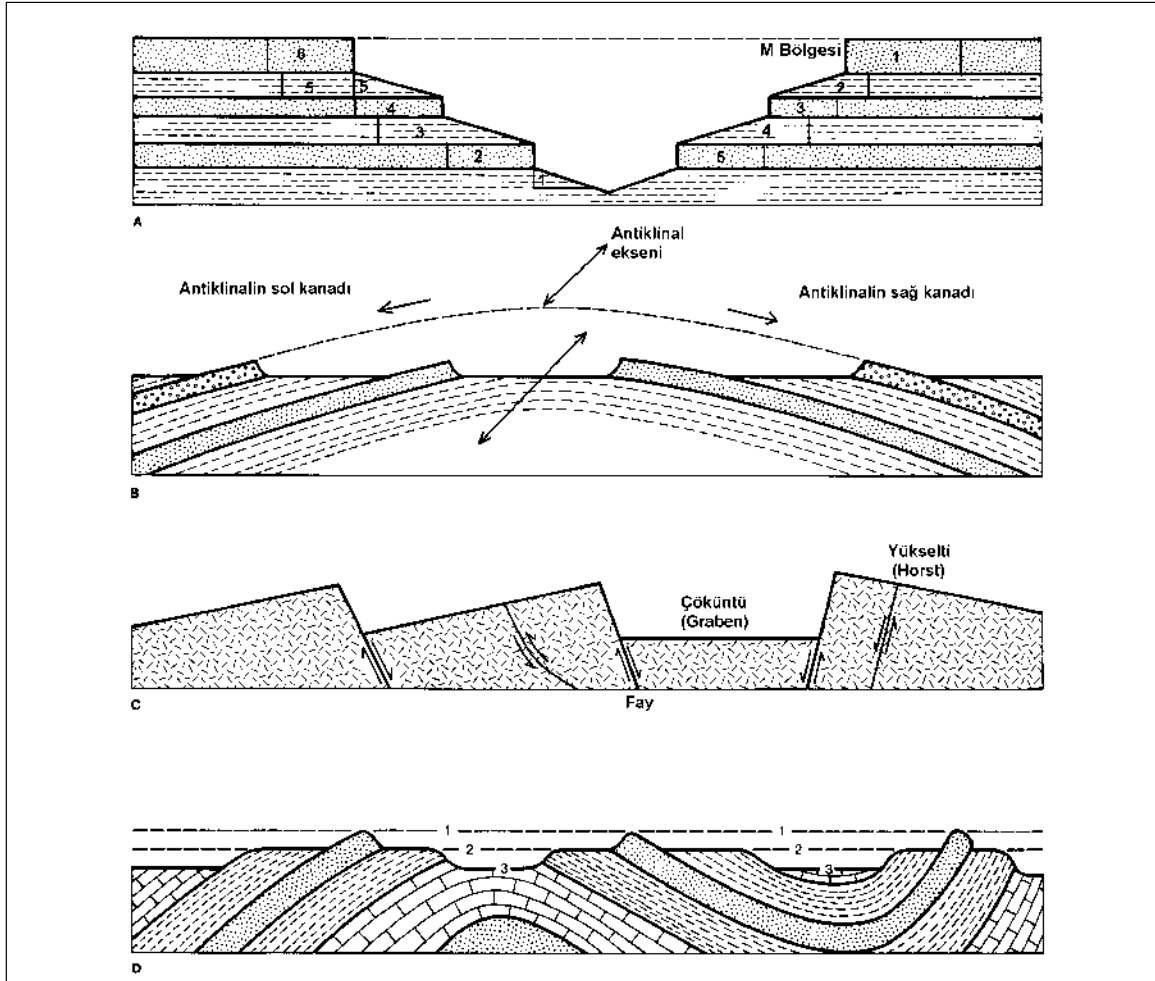
G kayaç serisinin A bölgesinde üretim yapılması halinde her zaman kayaç serisi eğim derecesine bağlı olarak kayma riski vardır. B bölgesinde ise üstten kazı/blok üretimi yapılırken X alanındaki blok kayması hazır hale gelecektir. Çünkü sistemi destekleyen topuk alındığından eski kayma düzlemi harekete geçecektir. Buna benzer alanlarda, doğal taş blok üretimi kesimi daima en üstten başlanarak tabana inilmelidir. Tabandan başlamak, hele birimin eğim derecesinin  $45^\circ$  üstünde olması halinde kaymanın gelişmesi kaçınılmazdır. Eğimli bir senklinal kanadında doğal olarak oluşan kırılmalar ve kaymalar Şekil 23'te gösterilmiştir.



Şekil 23. Doğal eğimli bir yüzey kayacında kırılmalar ve kopmalar.



Diğer yönden genelleştirilerek verilen dört ana jeolojik yapıda ocak açımı ve tasarımı şematik olarak Şekil 24'te verilmiştir.



Şekil 24. Değişik topografik kesit ve jeolojik yapılarda ideal ilk ocak ağı açma konumları.

Buradaki Şekil 24-A'da yatay ve yataya yakın bir doğal taş yatağında ocak ağı açılmasında bir vadi durumu var ise vadi tabanından başlayarak tepeye doğru üretim basamak tasarımı yapılabileceği gibi yüzeyden tabana doğru da blok üretim basamakları teşkil edilebilir. Böyle bir durumda çatlak sistemlerinin eğim-doğrultuları ve kayaç dayanımları devrilme ve kama türü kaymalara açıktır. Bu tip blok kesimlerinde üstten başlayarak tabana inilmesi büyük avantajlara sahiptir (M Bölgesi sırası ile 1,2,3,4,5 basamak teşkili).

Şematik kesit 24-B'de ise aşınmış bir antiklinal yapısında, antiklinal eksenini boyunca veya eksenin merkezinde sağ veya sol kanada doğru mermer ocak açılması ideal yapıyı gösterir. Oklar ocak ağı açılımı ilerleme yönleri göstermektedir.

Horst-Graben yapısındaki faylanmış bölgelerde, antitetik ve sentitetik faylanma zonları devrilme, kayma türü tehlikelere açıktır. Mümkün ise doğal taş üretim ocakları horstlarda (yükselti) açılmalıdır.

Antiklinal ve senklinal yapısının bir arada olduğu yapılarda ise tercihen antiklinal kanatlarının tepe kısımlarından veya senklinal eksenini tepe kısmından üretim planlaması yapılması birçok yararlar sağlayacaktır.

Devrik yapıli kıvrımlarda ise devrik yapının üstünde yer alan kanadından başlayarak kazı planlanmalıdır.

Çatlaklar içeren yatay tabakalı ya da masif kayaçlarda, blok üretiminde çatlakların doğrultuları boyunca doğal taş blok kesimi gerçekleştirilerek kesme verimi arttırılabilir. Plaka/levha üretiminde ise buna dik yönde kesim gerçekleştirilmelidir. Yoksa plaka/levha kesiminde kavlak atmaları kıvrılmalar sonucu dalgalı yapıda yüzeyler gelişecektir.

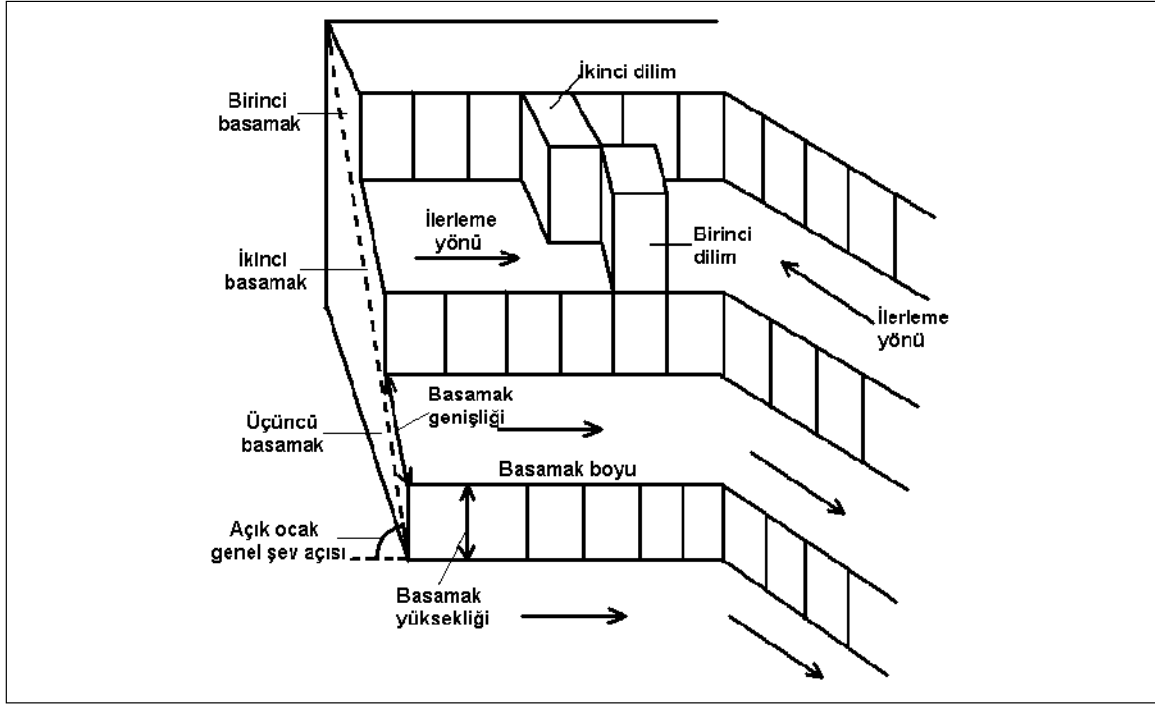
### **10.3.5.3. Basamak boyutları**

Bir doğal taş yatağında teşkil edilecek kademe/basamak sayısı ile basamakların yükseklikleri, uzunlukları ve genişlikleri (Şekil 25) birçok etmene bağlıdır. Bunlardan bazıları ise:

1. Oluşturulacak dilim sayısı
2. Uygulanacak basamak türü (dik-dar, eğimli-dar)
3. Blok kesim/üretim makinalarının boyutları ve buna bağlı olarak makina-ekipmanın oturma-çalışma alan ihtiyacı
4. Yardımcı iş makinalarından hidrolik kepçeli yükleyiciler (Loder, ters kepçeli ekskavatör/yer kazar, dozer, greyder)
5. Blok nakliye sistem ve makinaları
6. Üretim sisteminde, yükleme-nakliyede kule vinçlerin yer alıp, almaması
7. Blok kesilecek ana kayaçtaki makro ve mikro yapı ve dokular (Tabakalanma, yapraklanma, akma dokusu, diğer çizgisel elemanlar, faylar ve kıvrıklı yapılar)
8. Basamak duraylılıkları
9. Ana kayaçtan kesilecek doğal taş blok boyutları
10. Topografik koşullar
11. Doğal taş yatağının kayaç cinsi

Yukarıda sayılan etmenlerin bazıları doğal taş yatağının süreksizlik yapısı ve masiflik durumuna göre değişecek ve/veya ihtiyaç duyulmayacaktır.

Örtü kütlesinin çoğu az veya hiç olmadığı bir veya iki kademeli basamak sistemi ile blok üretiminin yapılacağı doğal taş yataklarında yayvan, dik-geniş basamaklar tercih edinilebilirler. Sedimanter kökenli karbonatlı yataklarda, oluşumundan kaynaklanan bazı zorluklar nedeniyle bu tür yataklarda basamaklar sorun olmaz iken çok kademeli/dilimli açık ocak işletmelerinde basamak boyutlarında sorunlar artabilir.



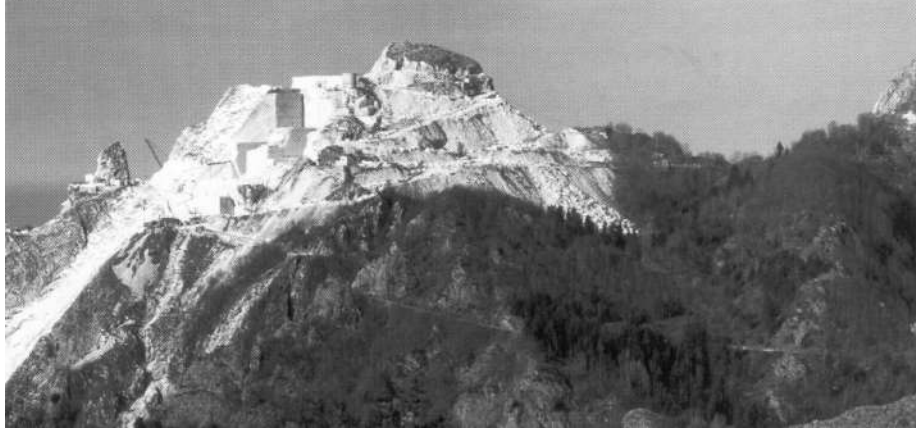
Şekil 25. Açık ocak genel şev açısı, basamak ile ilgili tanımlar ve dilim şematik blok görünümü (ölçeksiz).

Yamaç/sırt tipi veya doruk/tepe türü doğal taş yataklarında çok kademeli bir blok kesim/üretimi durumunda, basamak tasarımında;

- Basmaklar yamaç/sırt tabanından başlayarak yükselerek (Şekil 26)
- Yamaç-doruk tepesinden başlayarak tabana doğru (inilerek) alçalarak teşkil edilecektir. (Şekil 27)



Şekil 26. Yamaç/sırt tabanından başlayarak yükselerek oluşturulan basamaklar.



şekil 27. Yamaç-doruk tepesinden başlayarak tabana doğru oluşturulan basamaklar.

Ova tipi doğal taş açık ocak işletmelerinde morfolojik yapıdan dolayı basamaklar inilerek kademeler oluşturulacaktır.

Yamaç/doruk türü açık ocak doğal taş maden işletmeciliğinde bu iki tür basamak teşkilinde basamak tasarım etmenlerinin yanı sıra örtü kütlesi ile yatırım-işletme sermayesi miktarı, kısa ve uzun vadeli üretimler, miktarları da etken rol oynayacaktır.

Basamakların genişliklerinin fazla olması hem açık ocak genel şev açısını düşük olmasını hem de aynı basamakta faklı yönlerde kesim işlemi yapılmasını sağlayacaktır. Dolayısıyla basamakta birden çok kesme dilimi oluşturulabilir. Basamak yükseklikleri genelde 3-10 metre arasında değişmektedir (şekil 28).

Basamaklar meyilli şekilde yatağın geometrisi ve tektonik yapıya bağlı olarak yapılabilir. Çok kademeli bir açık ocak doğal taş işletmesinde basamak genişlikleri ise dilim adedine bağlı olarak 6-30 metre arasında değişebilir. Dilim, aynı kademe/basamakta kesim yapılacak bloğun boyutlarına uygun tek kesimde alınması veya blokların daha küçük boyutlara ayrılması için kullanılmıştır. Dolayısıyla bir kademe veya basamakta birkaç tane dilim teşkil edilebilir (şekil 28-A Bölgesi).



şekil 28. Farklı yönlerde kesimler yapılabilen bir doğal taş ocağı (DEMMER A.ř.).

## 10.4. DOĞAL TAŞ (MERMER) BLOK KESİM/ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

### 10.4.1. Doğal Taş İşletmeciliğinde Yöntem ve Teknoloji

Konuya başlamadan önce yöntem (metot) ve teknoloji - teknik terimlerini açıklayalım. Bu iki terim birbirleri ile doğrudan ilişkili olmalarına rağmen farklı terimler olup birbirlerinden ayrılmalıdırlar.

Açık ocak doğal taş maden işletmeciliğinde teknoloji (teknik); üretim ve/veya kazıda kullanılan tüm makina, donanım ve teçhizatı yani üretimin ne ile yapıldığını ifade eder.

Yöntem (metot) ise, bir açık ocak madenciliğinin kararlaştırılmış tasarımı ile şekilleri, açık ocağın gelişimi, yatağa üretim için nasıl ve nereden girileceği, uygun üretim evrelerini ifade eder. Diğer bir deyişle üretimin nasıl yapılacağıdır. Bu kısım Bölüm 4'te geniş olarak verilmişti. Bu iki terimin ayrımının zor yapılacağı alanlar ise daha çok üretim sürecinin ve makinanın aynı isimle kullanılmasından kaynaklanmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Doğal taş blok kesim/üretiminde kullanılan yöntem ve teknolojiler.

Yöntem	Teknoloji
Delik Delme + Kama	Darbeleri/dönmeli deliciler + kamalar
Delik delme ile doğrudan kesim	Darbeleri/dönmeli deliciler
Delik delme + patlayıcı madde	Darbeleri/dönmeli deliciler
Delik delme + mekanik ve hidrolik gerdirme düzeneği + genişleyen kimyasallar	Darbeleri/dönmeli deliciler + hidrolik ve mekanik krikolar, hava yastıkları, genişleyen kimyasallar (çimento)
Tel kesme ile kesim	Çelik halatlı kesiciler + elmas telli kesiciler + delik delme makinaları
Dairesel testere ile kesim	Dairesel testereler
Zincirli kollu kesici ile kesim	Zincirli kollu kesici makinası
Alev jeti ile kesim	Alev jeti ile düzenek ekipmanları
Su jeti ile kesim	Su jeti ekipman ve makinaları

### 10.4.2. Delik Delme Yöntemiyle Blok Kesim/Üretimi ve Teknolojisi

Tarihi ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak delik delme ile doğal taş blok üretimi bugün özellikle sert taş tipi doğal taş yataklarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Diğer yönden kapitalce zayıf ve küçük doğal taş madenciliği yapan işletmelerde de bu yöntem kullanılmaktadır.

Delik delme teknolojisi ile doğal taş blok üretiminde deliciler yardımcı makine olarak diğer teknolojilerle kullanıldığı gibi (örneğin; elmas telli kesim makinası ile birlikte) diğer teknolojilerden bağımsız olarak da kullanılmaktadır. Bunlar ise,

- 1- Kesiksiz/aralıksız delik delme ile doğal taş kesim/üretim teknolojisi
- 2- Delik delme ve patlayıcılarla doğal taş üretim teknolojisi
- 3- Delik delme ve hidrolik kaya ayırıcılar
- 4- Delik delme ve çakma kamalar ile üretim teknolojisi
- 5- Delik delme ve genişleyen kimyasal çimentolar

Yöntemin yararları ve zararları aşağıda özetlenerek aşağıda verilmiştir:

#### **Delme teknolojisinin yararları**

1. Kolayca uygulanabilir ve esnek olması
2. Her türlü doğal taş blok kesim üretimine uygulanabilmesi ve geniş bir alanda kullanılması
3. Basit, güvenilir, kuvvetli olması ve kolayca sistemin işletilmesi
4. Ön hazırlıklara gerek olmaması
5. Düşük yatırım maliyetinin olması
6. Kalifiye eleman kullanımına fazla ihtiyaç duyulmaması
7. Çok fazla insan gücüne ihtiyaç duyulmaması

#### **Delme teknolojisinin zararları**

1. Ana kütlede bloğun ayrılması için kullanılan patlayıcı madde veya krikolarla ayırmada blok zayıflığı, gürültü, toz ve titreşimden oluşan çevresel etkiler
2. Blok üretim verimliliğinin düşük olması

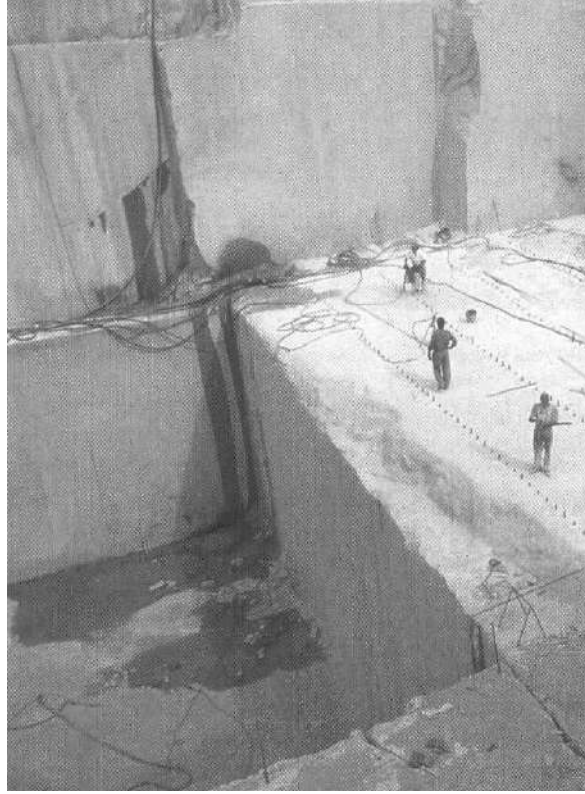
Doğal taş bloğunun kesilmesi sonucu ana kayaktan ayrılması/ koparılması ve devrilme işlemleri aşağıdaki ekipman ve malzemelerle yapılmaktadır:

- a. Krikolar (mekanik ve hidrolik)
- b. Havalı yataklar/hidrolik metal yastıklar
- c. Yardımcı iş makinaları (Dozer, Loder, Ekskavatör)
- d. Şişen kimyasallar (Betonlar)
- e. Hidrolik sistemli deliciler arası çatlatma düzenekleri

Doğal taş blok kesimlerinin teknolojilere göre uygulamaları ise:

#### **10.4.2.1. Delik delme ile doğrudan doğal taş blok kesim/üretimi**

Üretimi yapılacak doğal taş bloğunun hacim ve boyutları belirlenerek basamaktan kesilecek dilimin serbest olan üç yüzeyine karşılık diğer üç yüzeyde belirlenen boyutlara göre hatlar çizilir. Kaya delicilerle (havalı/hidrolik) belirlenen hatlar boyunca önce dikey delikler yan yana bitişik olarak delinir. Daha sonra alt kesim için yatay delikler delinerek bloğun alt yüzeyi serbest hale getirilir (Şekil 29). Böylece kaya delicilerle hiçbir yardımcı ekipman, patlayıcı madde ve teçhizat kullanmadan blok üretimi gerçekleştirilmiş olur.



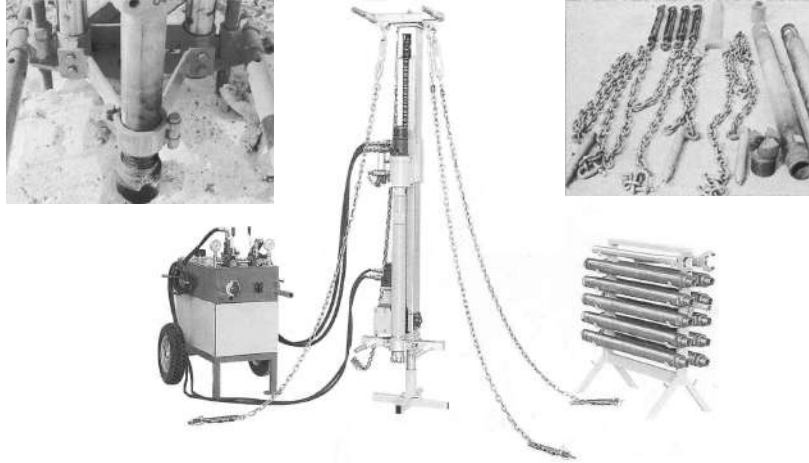
Şekil 29. Delik delme ile doğrudan blok üretimi.

Burada delikler arasında hiçbir şekilde mesafe bırakılmaz. Düzgün bir blok kesimi vermekle beraber maliyeti yüksek olup, tızkı ve masif doğal taş yataklarında kullanılmaktadır. Delik delme ile blok kesiminde tek veya çok tabancalı sistemler aynı zamanda kullanılabilirler. Düzgün kesim yapabilmek için deliklerin aynı hat üzerinde olmasını sağlamak için delik delme hattı kalıpları (slimbars/quarry bars) kullanılabilir. Delici Slimbar düzeneğinde, tabancaları taşıyan 2-3 metre uzunluğunda kule, 4-6 metre boyunda ray ve bu ray üzerinde slimbar tabancalar ve kulesi ve delik düzenek geometrisi sağlayan slimbar kalıp bulunmaktadır.

Delik delme ile doğrudan kesimde, düzenekte güç kaynağı (motor), basınçlı hava ve/veya hidrolik kuvvet, delici tabanca (havalı/hidrolik), delici kulesi, raylar, delik yönlendiricisi ve delik geometrisi kalıbı, makina ve teçhizatı yer alır.

#### **10.4.2.1.1. Kaya Delicileri (delici tabancalar)**

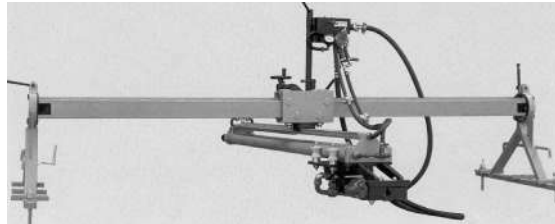
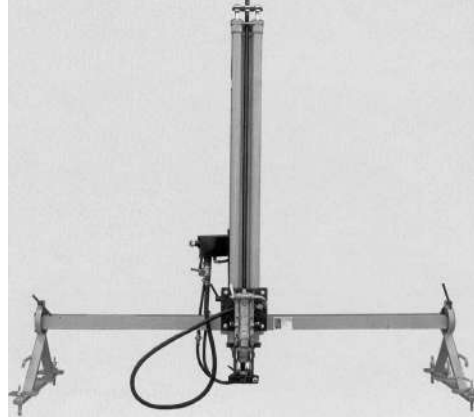
Madencilik ve kazı işlemlerinde hem doğrudan kazma hem de patlatma işlemleri için gerekli patlatma deliklerini açmak için kaya deliciler ve tabancalar kullanılır. Doğal taş madenciliğinde özellikle elmas boncuklu tel ile kesim gerçekleştirilen ocaklarda, elmas boncuklu telin geçeceği büyük çaplı deliklerin açılmasında ve kısa derinlikte (5-30 m) sondaj ve patlatma deliklerinin açılmasında kullanılırlar. Hidrolik (Şekil 30-a) ve basınçlı hava (pnömatik) (Şekil 30-b) ile çalışan iki tipi bulunmaktadır



Şekil 30 a. Hidrolik delik delme makinası.

Bu makinaların avantajları ise,

- İşyerine kolayca taşınması
- Kolayca sökülüp takılması
- Yatay ve düşey yönde delik delmesi
- 5-30 metreye kadar delik açabilmesi
- Parçalarının kolayca taşınması ve kurulması (tij, bağlantı zincirleri, merkezi yağlama, kuyu dibi tabancası)
- Pratik ve hızlı olarak bir hat boyunca hat düzeneği ile sistematik delik delmesi
- Yüksek delme hızı (granitte 10-15 cm/dak, mermerde 25-40 cm/dak)



Şekil 30 b. Basınçlı havalı (pnömomatik) düşey ve yatay delik delme makinası.



Kaya delicileri kuyu dibi tabancası, vidalı sehpa ve zincirli kule düzeneği, kumanda merkezi, matkap ucu ana elemanlarından oluşmaktadır. Kaya deliciler basınçlı hava ile çalışırlar. Bunlara martoperfaratör, havalı delici tabanca adları verilmektedir. Bu delici ekipman üç temel elemandan oluşur. Basınçlı hava ile çalışan tabanca gövdesi, içinde yer alan kapakçıklı kontrollü dönme-darbe hareketi sağlayan merkezi sistem, buna bağlı piston hareketini matkap ucuna ileten tij, matkap ve ucundan oluşur. Bazı durumlarda tij, matkap ve kesici uç tek parça halinde olabilir. Bu kaya delicilerinin özellikleri ise ağırlık, dönme kuvveti ve açısı, devir-darbe sayısı, piston çapı, tij ve piston boyu, darbe enerjisi olarak tanımlanmaktadır.

Kaya delicilerinde önemli faktörlerden birisi, dönme açısının kayacın cinsine göre seçilmesidir. Kayacın sertliği arttıkça dönme açısı (çevrilme) açısı küçülmelidir. Diğer yönden tabanca ağırlığı delme yönü ve itme baskısı da bu açığı etkilemektedir.

Devir sayısı, darbe sayısı ile her darbedeki dönme hareketinden hesaplanır. Devir sayısına göre;

- a) Yavaş (100-120 dev/dak)
- b) Normal (121-140 dev/dak)
- c) Hızlı (141-200 dev/dak) olarak sınıflandırılmaktadırlar.

Bu tabancaların darbe sayısı dakikada 1200-3000 arasında değişmektedir. Buradan delme hızı birçok parametrelere bağlıdır. Bunlar;

- a- Kayaca bağlı sabit parametreler
- b- Kaya delici aletin özellikleri
- c- Çalışma koşulları, delici elemanın kullanımı, baskı kuvveti, matkap ve temizlemedir.

Delik delme işlemi planlamasında en iyi verimin alınabilmesi için dikkate alınması gereken faktörler şunlardır:

- 1- Doğal faktörler:** Kayacın oluşumu ve bunun sonucu mineralojik, petrografik, fiziksel sabit parametreler ve delinen kayacın direnç özellikleri ilgili parametrelerdir. Bunlar spesifik enerji, mekanik mukavemet ve süreksizliklerdir.
- 2- Teknik faktörler:** Delici makinanın performansı ile ilgilidir.
- 3- İnsan gücü:** Operatörün deneyimi ve uygulamasıdır.

Kayaç özellikleri ve baskı gücü sabit alınacağına göre delici makinadaki parametreler dikkate alınmak suretiyle verimin daha da artırılabilmesine yönelik deneysel çalışma ve kontrol mekanizması oluşturulabilir. Bunlar; piston ağırlığı, besleme basıncı, darbe-baskı kuvveti, matkap ve temizlemedir.

### **Piston ağırlığı**

Delik çapı büyüdükçe delici içindeki piston çapının büyümesi gerekir ve tüm ağırlığı da artar. Piston çapı ile yapılan iş orantılı olarak artar.

### **Besleme basıncı**

Belirli bir çalıştırma, hava basıncı ve itme için güç; enerji/darbe zamanı x darbe frekansına eşittir. Enerji ve darbe frekanslarının farklı olarak uygulaması sonuçları incelenebilir. Ayrıca, basınçlı hava

şebekesindeki bağlantılar ve kayaçların mevcut olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bunlar söz konusu ise, basınçtan faydalanmak suretiyle makinanın yer değiştirmesi, hidrolik ayakların ve kulelerin kaldırılması, matkap üzerine kuvvetin uygulanması ve döndürülmesine dayalı delici makina verimi iyi sonuç verse bile, bunların giderilmesi ile verim daha da artırılabilir.

### **Darbe kuvveti**

Kayacın etkin bir şekilde parçalanabilmesi matkap üzerine uygulanan kuvvet ile yakından ilgilidir. Matkap üzerine yetersiz baskı uygulaması sonucu delikten çok ince taneli tozlar çıkmakta, yeterli baskı uygulaması halinde ise, parçacıkların kopartılması ve basınçlı hava yardımıyla delikten dışarı çıkması sağlanır. Bundan dolayı kullanılan delik makinasındaki verimin daha da artırılabilmesine yönelik gerekli baskının uygulanıp uygulanmadığı araştırılabilir. Ayrıca bir delik delme işleminde baskı kuvveti sabit tutulduğunda delme hızında azalma olduğu gözlenirse matkap körlenmesi veya daha sert bir formasyona girmesi söz konusu olacağından bunların işletme esnasında kontrol ve incelemenin yapılması gerekir.

### **Matkaplar**

Matkaplar tijlerin uç kısmına takılan kesici elemanlardır. Kullanılacak matkap tipi delinecek formasyonun karakteristiklerine uygun olarak seçilmesi gerekir. Örneğin; dolomit için sık aralıklı kısa, yarı küresel veya konik dişler seçilebilir. Eğer uygun matkap ucu seçilmez ise optimum delme ve ilerleme hızı etkilenecektir. Delici makinada istenilen verim alınmasına rağmen değişik delici ucun kullanılmasına göre de ilerleme hızı artırılmak suretiyle verim daha da artırılabilir.

### **Temizleme**

Tijlerden verilen basınçlı hava yardımıyla matkabın kestiği kırıntıların delikten dışarı atılmasının sağlanması gerekir ki böylece patlayıcıların iyi bir şekilde yerleştirilerek kazı ve yükleme işine yardımcı olması sağlanır. Bundan dolayı delik makinasında kullanılan hava, su miktarının delik içinin temizlenmesinde yeterli olup olmadığı araştırılmalıdır. Delici makinada istenilen verim alındığı halde hava miktarının artırılmasıyla verim daha da artırılacaktır.

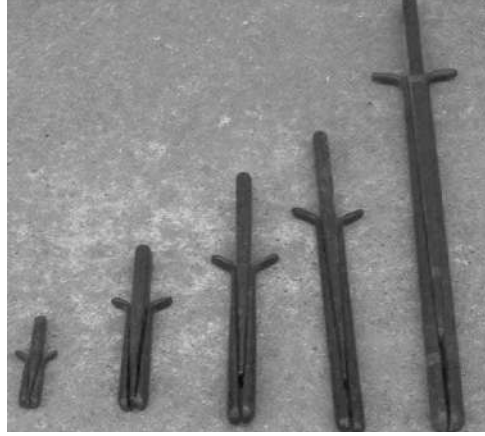
#### **10.4.2.1.2. Delik delme ve kama-yapraklarla ana kütlede doğal taş üretimi**

Öngörülen boyutlarda doğal taş bloğunun üç düzleminde belli aralıklar ile kaya delicilerle (tabancalar) delikler delinir.

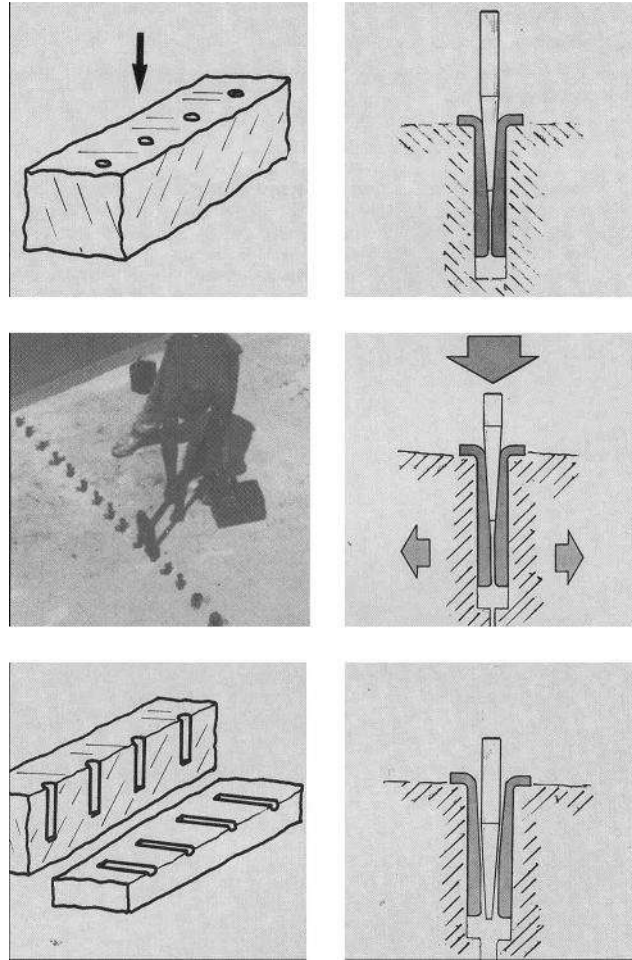
Tabancaların matkap çapları 2,7-4 cm, ağırlıkları 15-35 kg arasında bir taşıyıcı sehpa üstüne monte edilmişlerdir. Eğer insan gücü ile kullanım söz konusu ise ağırlıklar 3-8 kg arasındadır. Yatay ve dikey yönde sehpalar ile de kullanılabilirler.

Delik delme işlemleri tamamlandıktan sonra deliklere değişik boyutlarda ve kesitlerde (yuvarlak/hekzagonal) yapraklar ve kamalar sırayla yerleştirilir (Şekil 31). Doğal taş ocak ustaları her bir kamaya aynı sayıda balyoz ile vurarak çakma işlemini gerçekleştirir. Kamalar ile uygulanan gerdirme kuvveti ile blok ana kütlede ayrılır (Şekil 32). Bu tür doğal taş blok üretiminde kayacın fiziki ve mekanik özellikleri, süreksizlik düzlemlerinin bulunması, blok kesim verimliliğini etkilemektedir. Özellikle zayıf bağlayıcı çatlak sistemlerinin bulunması durumlarında blok ana kütlede koparılırken, kopmalar zayıf zonlar boyunca gelişerek blok zayıflığını arttırmaktadır.

Bazı uygulamalarda kama/yaprak yerine genişleyebilen hidrolik krikolar kullanılarak ya da deliklere su doldurularak basınç uygulayarak öngörülen blok ana kütlede koparılmaktadır.



Şekil 31. Delik delme işleminde kullanılan kamalar ve yapraklar (kompresör çivileri).



Şekil 32. Delik delme ile kesme ve kama-yapraklarla bloğun ayrılması.

### 10.4.2.3. Delik delme ve patlayıcılarla blok kesim/üretimi

Masif ve masife yakın tıkHz, sert doğal taş yataklarında blok üretiminde zayıf patlayıcılar kullanılarak blok üretimi yapılmaktadır. Burada üretim ön çatlatma/patlayıcılarla kesim işleminde bloğun koparılması/ayrılmasını gerçekleştiren patlayıcı maddelerdir. Genelde sert taş dışı doğal taş blok üretiminde yeni çatlakların oluşumu ve blokta meydana gelecek hasarlar, planlanan ve istenilen boyutta blok çıkarılmaması nedeniyle düşük verimlilik sağlamaktadır. Bu nedenle hakiki mermer blok üretiminde çok az kullanılmaktadır.

Patlayıcılarla doğal taş üretiminde birçok etken parametreler bulunmaktadır. Bunlar, patlayıcı madde, kayaç ve uygulanan teknolojilerle ilgili parametreler adı altında gruplandırılabilirler. Diğer yünden bu etken parametrelerin bir kısmı sabit, değıştirme olanağı yoktur.

#### Kayaç ile ilgili sabit parametreler

- a. Kayaçın mineralojik - petrografik yapı ve dokusu
- b. Kayaçın yapısal jeoloji özellikleri (Süreksizlikler ve kıvrımlar, tabakalanma, yapraklanama, şistoziteye çatlak sistemleri)
- c. Kayaçın fiziki parametreleri (gözeneklilik, yoğunluk, su içeriğı ve su emmesi)
- d. Kayaçtaki bozunmalar (alterasyon)
- e. Mekanik özellikler

#### Patlayıcı maddeler ve delik geometrisi ile ilgili yarı değışken parametreler

- 1) Patlayıcı maddenin cinsi ve kimyası
- 2) Patlayıcı maddenin gücü ve miktarı
- 3) Patlayıcı maddenin fiziki özellikleri
- 4) Deliklerin çapları, delikler arası mesafe dilim kalınlığı
- 5) Deliklerin düzgün delinmesi, paralellik göstermesi ve aynı seviye (derinlik) ve aynı boyda olması
- 6) Delik çapı ile patlayıcı madde arasındaki uyumsuzluklar

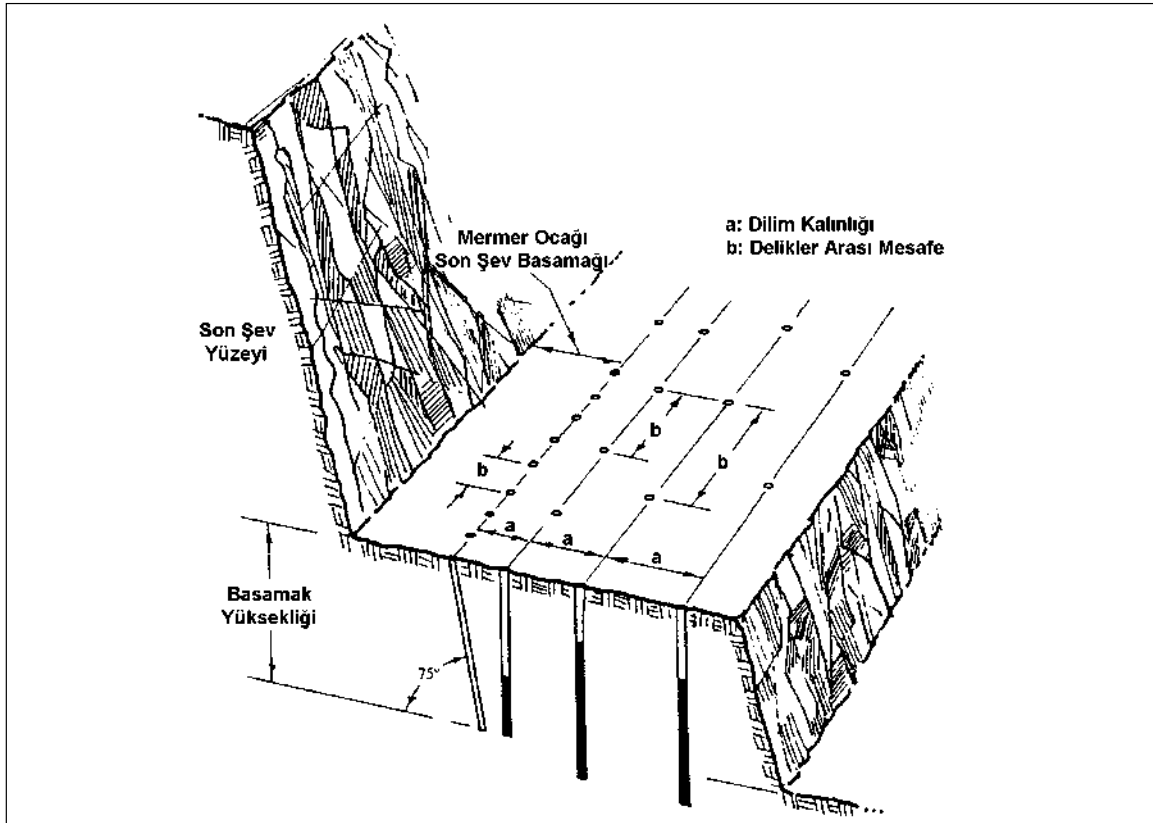
Patlayıcılarla blok doğal taş üretiminde serbest yüzey sayısı ile birlikte bloğun devrilme/ayrılma yönü de önemlidir. En büyük dezavantajı, doğal taş bloğunun zayıf süreksizlikler boyunca ayrılması aynı zamanda gözle görülmeyecek boyutlarda kılcal çatlakların gelişmesidir. Bu durum ocak blok üretim verimliliğini etkilediğı gibi levhalara kesilme ve parlatmalarına doğrudan negatif yönde etkileyecektir. Bu da levha ve fayans kalitesinin bozulmasına neden olacak ve doğrudan fiyatlara yansiyacaktır.

#### 10.4.2.3.1. Patlayıcılarla ön kesme-çatlatma yapılarak doğal taş blok üretimi

Öncelikle bir doğal taş maden ocağı açılmasında üstte sert ve orta sertlik bir kayaç örtüsü var ise bu örtünün delme-patlatma yöntemiyle parçalanarak kaldırılma işlemi yapılır. Burada örtü kütlesi kayaçın fiziki ve mekanik özelliklerine, jeolojik yapısına bağılı olarak delik tasarım önemlidir. Delik geometrisi tasarımında delik boyu (derinliğı), delikler arası mesafe, dilim kalınlığı, delik çapı ve bunların birbirleri ve patlayıcı miktarları ile ilişkisi aşağıda verilmektedir (Şekil 33).

DELİK ÇAPI (mm)	PATLAYICI MİKTARI (kg/m)	ÖNERİLEN YEMLEME ÇAPI (mm)	DELİKLER ARASI MESAFE (m)
75	0,45	22*	0,75
90	0,65	25*	0,90
100	0,80	29*	1,00
115	1,10	32*	1,10
125	1,30	38*	1,20
150	1,85	45	1,45
200	3,30	55*	1,85
230	4,50	65*	2,00
250	5,30	80	2,15
270	6,10	80	2,25
310	7,80	80*	2,40

\* Sürekli kolon şarjı

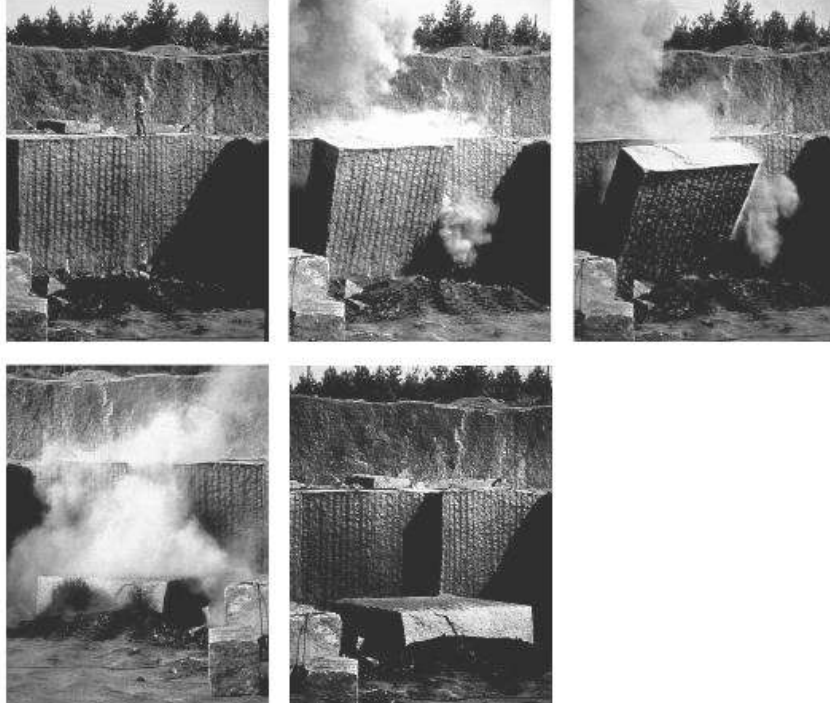


Şekil 33. Patlatma işleminde kullanılan terimleri gösteren şematik görünümü ve delik çapı, patlayıcı madde miktarı ilişkileri.

Bu üretim yönteminde

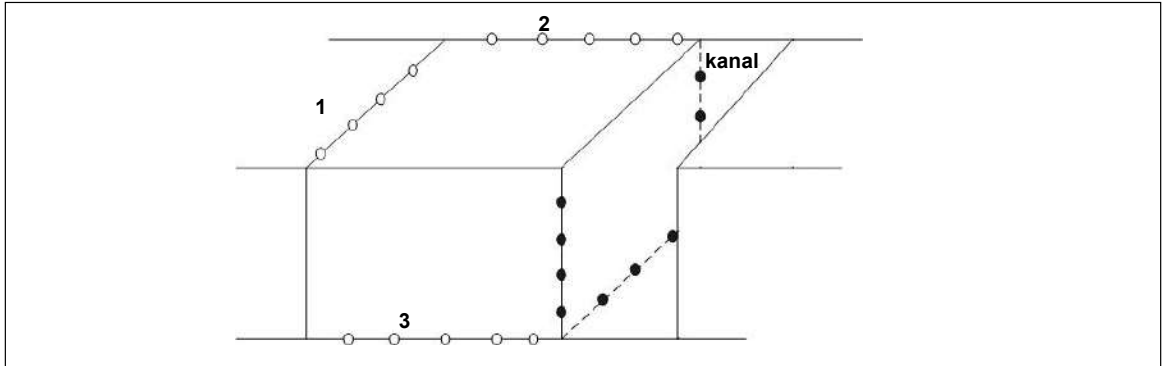
- 1- Ana kayaktan büyük hacimde kütlelerin ayrılması (Şekil 34), ayrılan kütlelerin ticari boyutlara indirgenmesi,
- 2- Ana kayaktan ticari boyutlarda blok üretimi,

şeklinde gerçekleştirilir.



Şekil 34. Ana kayaktan büyük hacimde kütlelerin ayrılması işlemi.

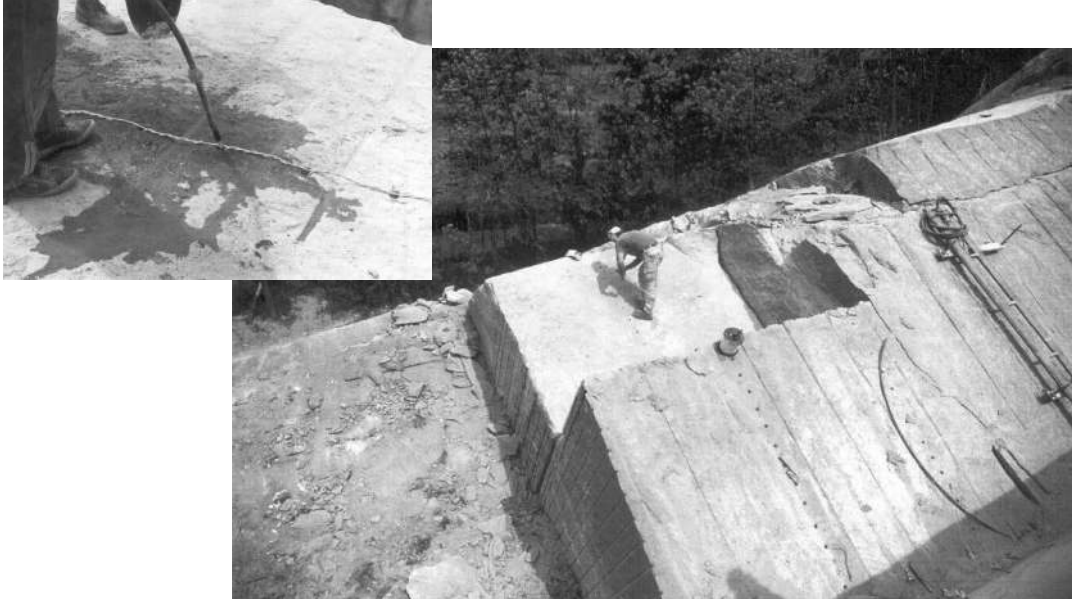
Ön kesme yönteminde ana kütlede ayrılacak bloğun ilerleme yönünde iki dikey ve bir paralel düzlemle kesilmesi gerekir (Şekil 35). Bazen bu kanal açmadan yapılır ise dört düzlemle kesilmesi olabilir.



Şekil 35. Ön kesme yöntemiyle blok üretimi şematik görünümü.

Taban delikleri düzenlemesi, kayadaki tabakalanma, şistozite (yapraklanma), mineral yönlenmeleri ve süreksizlik düzlemleri göz önüne alınarak yapılarak blok üretimi zayıfatı önlenmelidir.

Sert doğal taş blok üretiminde patlatma işleminde patlatma delikleri seçilen delik çapı, dilim kalınlığı ve delik boyuna göre tasarlanarak infilaklı fitiller yerleştirilir (Şekil 36). Daha sonra patlatma deliklerine su doldurulur ve patlatma işlemi gerçekleştirilir. Blokların ebatlanması ve sayılması mekanik olarak veya patlayıcılarla aynı sistem takip edilerek yapılır.



Şekil 36. Patlatma deliklerine infilaklı fitillerin yerleştirilmesi.

Burada kullanılacak patlayıcı madde miktarı ve bunun delik düzenlemesi (delikler arası mesafe) ve patlayıcının deliklere ve delik içinde dağılımı en önemli faktörlerdir. Dilim kalınlığı, delik çapı ve delikler arası mesafe hakkında birçok formül geliştirilmiştir. Diğer yönden kesilecek blok ana kayaktan kaç santimetre ötelenmelidir? Bununla ilgili ortalama patlatma çizelgesi aşağıda verilmiştir.

KAYAÇ, PATLAYICI ELEMANLARI	DEĞER ARALIKLARI
Üretilecek bloğun hacmi	400-100 m <sup>3</sup>
Bloğun ötelenmesi	3-20 cm
Delik çapı	30-35 mm
Patlayıcı türü	Pentrite infilaklı fitil
Fitilde metredeki patlayıcı miktarı	8-15 g
Metre uzunluktaki patlayıcı türü	10-40 g
Birim hacim için özel infilaklı fitil tüketimi	10-60 g

Örneğin; özgül şarj hesabı için ( $g/m^3$ )

$$P = 6,1 + 32,2s + 33,9 \frac{S}{V}$$

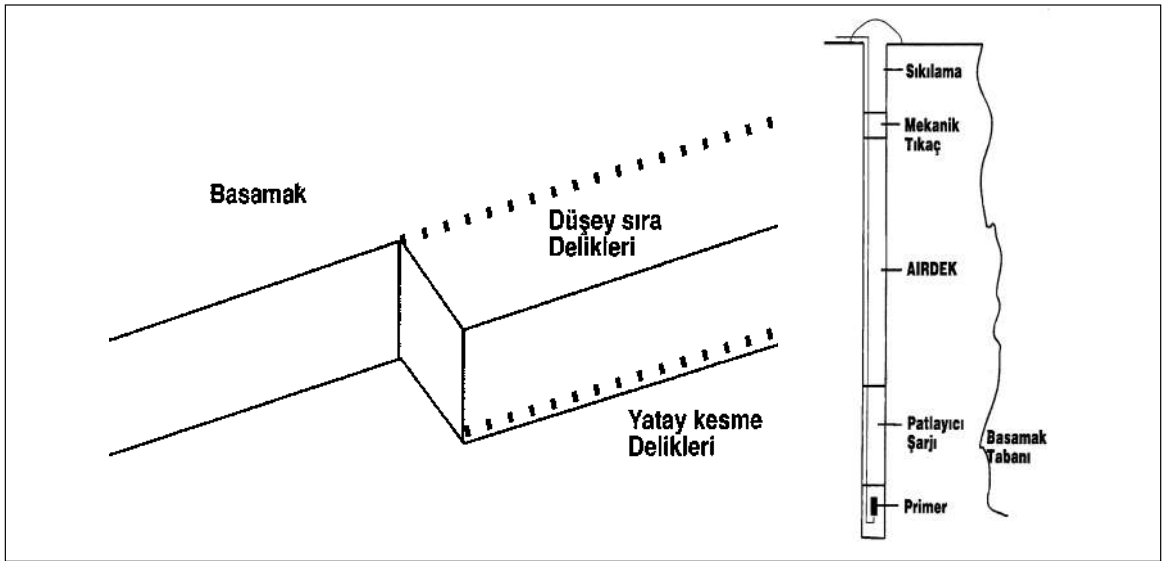
s : Ötelenme (m)

S : Kesilecek alan ( $m^2$ )

V : Kesilecek hacim ( $m^3$ )

#### 10.4.2.3.2. Çok yönlü patlatma yöntemi

Çok yönlü patlatma yönteminde, delik tabanında yerleştirilen az miktarda patlayıcı maddesinin infilak ettirilmesi ve delik sıkılması için ya mekanik tıkaç kullanılması ya da sıkılama yapmadan, patlatmanın delik merkezine yakın yerde tutulmasını esas alır (Şekil 37). Hava boşluklu patlatma delikli ateşleme yöntemi adı verilen bu yöntemde delik çapları 3,8-38 cm arasında değişmektedir. Bu yöntemde önemli unsurlardan biri de mekanik tıkaç adı verilen, şişirilebilen basit bir aletin delik ağzına yakın veya daha içte yerleştirilerek ekonomiklik sağlamasıdır. Bu sistemin en önemli özelliği emniyetli ve ekonomik olmasıdır. Ön kesme veya ön çatlatma sisteminde başarı ile kullanılmaktadır. Yazılı kaynaklara göre delme maliyetinde %25, patlayıcı madde maliyetinde %50 tasarruf sağlamaktadır. Kaplama taş üretiminde ton başına 50 g özgül şarj kullanılarak veya infilaklı fitillerle iyi sonuçlar alındığı ifade edilmektedir.



Şekil 37. Hava boşluklu patlatma delikleri yöntemiyle blok üretimi.

Bu sistemde en büyük avantaj, mekanik tıkaç ile patlatma basıncının yönlendirilmesi olup, duruma göre de farklı ateşleme yönlendirilmesi yapılabilmektedir.

#### 10.4.2.4. Delik delme ve genişleyen kimyasal-çimentolar ile blok kesim/üretimi

Doğal taş maden işletmeciliğinde ocaktan delik delme ve patlayıcı madde teknolojisi ile blok üretiminde patlayıcı maddeler yerine genişleyen kimyasallar ve çimentolar kullanılabilir. Bu karışıma su ilave edildiğinde zamana bağlı olarak yaklaşık  $8000 \text{ ton}/m^2$  bir genişleme basıncı



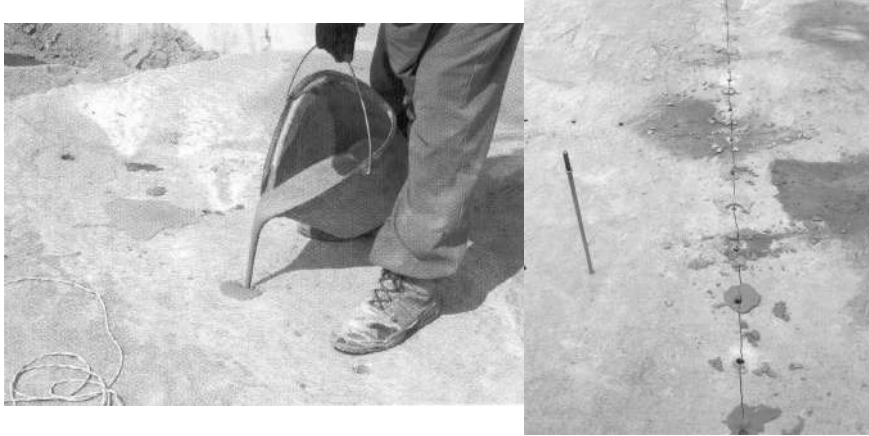
meydana getirmektedir. Dolayısıyla doğal taş olarak işletilen kayacın dayanımından yüksek olması nedeniyle kayaç delik hatları boyunca kırılarak amaca ulaşılmış olur (Şekil 38). Deliklere karışım, hidrolik/pnömatik makine sistemi ile konulduğu gibi mekanik olarak da konulabilir.

Bu yöntemin başarılı olması işletilecek doğal taş ocağındaki taşın yapısal jeoloji özelliklerinin uygunluğuna bağlıdır. Bu yöntemin dezavantajları;

- 1- Yüksek maliyet
- 2- Üretimde bekleme (6-15 saat)
- 3- Uygun iklim koşullarının bulunması
- 4- Basıncın kayaç dayanımından düşük olması nedeniyle yetersizlik

Avantajları ise;

- 1- Patlayıcı madde kullanımı yasaklanan her alanda kullanılabilmesi, dolayısıyla çevre dostu olması
- 2- Büyük boyutlu üretimlerde masif yataklarda uygun oluşu



Şekil 38. Delik delme ve genişletme kimyasal-çimentolar ile blok üretimi.

#### 10.4.3. Doğal Taş Blokların Sayalanması

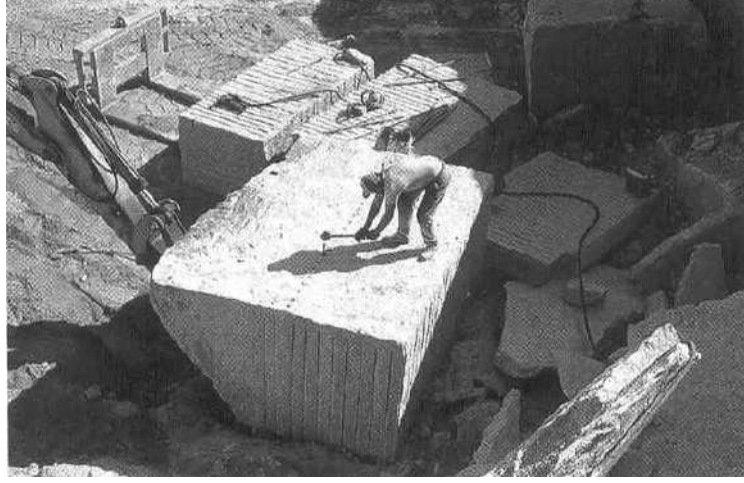
Doğal taş ocağından üretimi gerçekleştirilen büyük ebatlardaki veya düzensiz boyutlardaki blokların ticari boyutlara indirgenmesi veya düzensiz boyutlu blokların küp veya dikdörtgen prizması şeklinde düzenlenmesine sayalama veya blok boyutlandırma (monolama, monotelleme) adı verilir.

Genel de bu işlemler doğal taş üretim ocağında kurulu sabit veya seyyar makina, teçhizat ve düzenekler ile yapılır.

- a. Düzenli delik sistemi kama+yaprak balyoz yardımı ile düzenlenme-kesme
- b. Aralıklı düzenli delik hidrolik ayırma düzeneği ile kesme düzenleme
- c. Düzenli yanyana delik ile kesme düzenleme
- d. Zincirli kollu kesici
- e. Tek testereli hızar (sayalama makinası)

- f. Elmas telli kesme
- g. Çelik halat yöntemi
- h. Büyük çaplı dairesel testerelele ile sayalama

Doğal taş blokların boyutlandırılmasında delicilerle aralıklı düzenli delikler delinerek deliklere kama ve yapraklar yerleştirilir (Şekil 31). Çalışan doğal taş işçisi sıra ile kamalara balyoz ile vurarak çakma işlemleri yaparak delik içinde gerdirmeye kuvveti meydana getirir. Bu işlem yapılırken tüm deliklerde aynı gerilimin homojen olarak meydana getirilmesi sağlanmalıdır (Şekil 39).



Şekil 39. Sayalama işleminde kamaların çakılma işlemi.

#### **10.4.3.1. Sabit delik delme makinalarıyla sayalama**

Bu teknolojiye delik delme makinası zemine sabitlenir. Delici matkap ve/veya matkaplar altında ray sistemi oluşturulur. Ray üzerine tekerlekli araba yerleştirilir. Arabaya yüklenen doğal taş blokları öngörülen boyutlara göre işaretlenerek matkaplar ile delinir. Kesme/ayırma işlemi hidrolik krikolar düzeneğiyle hidrolik vasıtasıyla gerçekleştirilir (Şekil 40).



Şekil 40. Sabit delik delme makinasıyla sayalama.

Eğer delikler yan yana düzenli olarak yapılırsa doğrudan kesme yöntemi ile sayalama (Şekil 41) gerçekleştirilmiş olur.



Şekil 41. Sabit delik delme makinasıyla yapılan kesim işlemi.

#### 10.4.3.2. Zincirli kollu kesici ile sayalama

Zincirli kollu kesici makinası beton veya metal ayaklar üstünde monte edilerek kollu kesici takımı için özel bir platform teşkil edilir. Kesilecek doğal taş bloğu ayak platformunun daha altında yer alır (Şekil 42). Boyutlandırılacak bloklar raylı/arabalı düzenek içinde devamlılık sağlayabilirler.

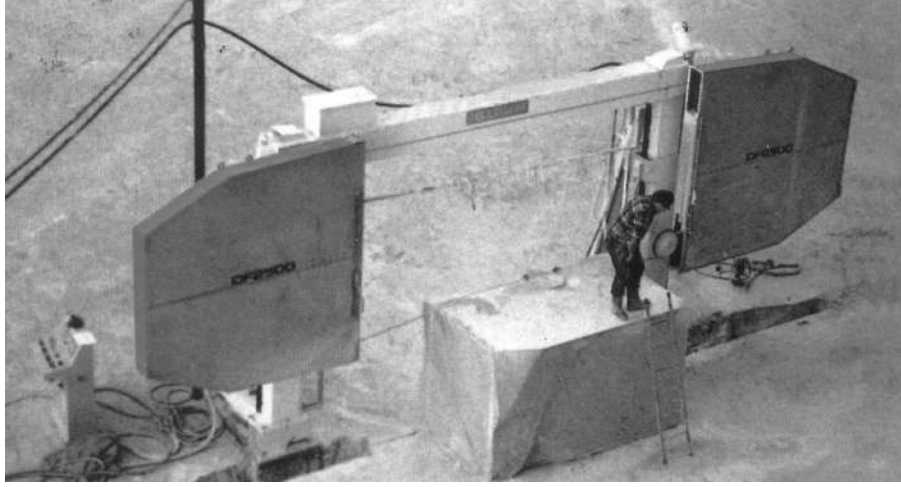


Şekil 42. Zincirli kollu kesici ile sayalama.

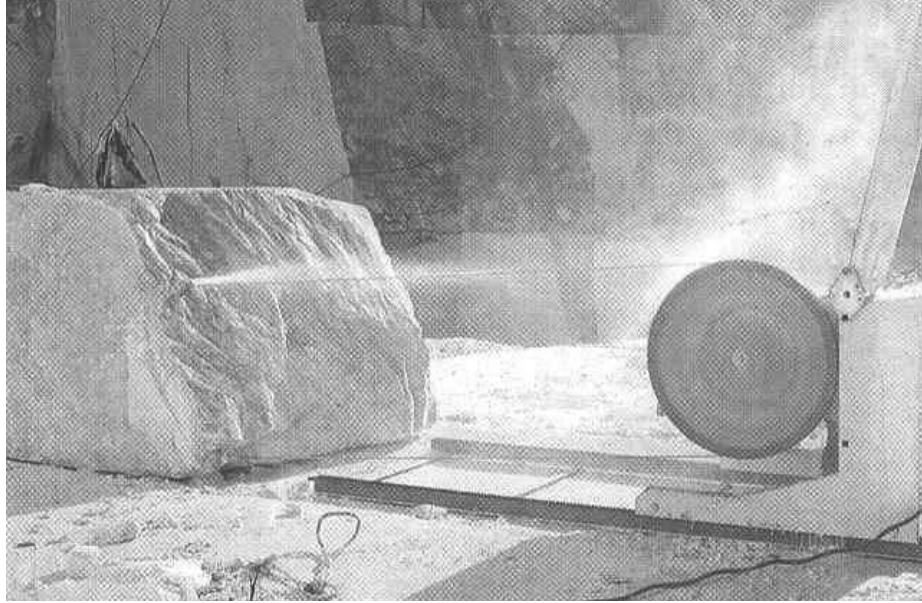
### **10.4.3.3. Elmas telli kesme makinası ile sayalama**

Doğal taş blok sayalamasında iki tür elmas telli sayalama makinası kullanılır.

- a) Metal ayaklar üstünde zemine sabitlendirilmiş elmas telli kesme makinaları (Şekil 43)
- b) Zemine yerleştirilmiş raylar üzerinde hareket edebilen veya çelik konstruksiyon üzerinde tekerlekli sistemli hareketli elmas telli sayalama makinası (Şekil 44)



Şekil 43. Metal ayaklar üzerine monte edilmiş elmas telli sayalama makinası.



Şekil 44. Elmas telli sayalama makinası.

Bu makinaların çalışmaları için özel bir kapalı alana ve tesise ihtiyaç yoktur. Dolayısıyla doğal taş ocak sahasında, yükleme ve stok alanına yakın bir yerde kurulması idealdir. Kesimde ocakta

kullanılan yıpranmış eski elmas boncuklu teller de kullanılabilir. Yüksek kesme hızı ve kolay pozisyon sağlaması bakım-onarım kolaylığı açısından çok kullanışlıdır. Ayrıca doğal taş blok arabalarına ihtiyaç göstermezler.

Geleneksel elmas telli makina uygulamalarında yalnız bir kesitte çalışılır; blok, üzerine oturtulduğu platformda parçalara ayrılır. Bu modellerin başlıca kullanımı:

1. Bloktan tek bir büyük (veya bazı durumlarda daha çok) levhayı diğer amaçlar için uygun boyuta indirmek.
2. Blok kesici makinalar için bloğun kenarlarını şekillendirmek.
3. Blokları kalın parçalara ayırmak
4. Blokları katarak ile kesim için hazırlamak (bu sayede katarak hacimsel olarak daha iyi doldurulmuş olur)

1. ve 2. tür işlemler son zamanlarda oldukça fazla benimsenmiş olup, 3. tür işlemler artık klasikleşmiştir.

Telli kesme makinaları ile teorik olarak bir sınırlama olmamasına rağmen 2,5 m yüksekliğe kadar kesim yapılabilir ve bazı durumlarda 3,5 m çaplı dev dairesel testerelerin kullanımı için de ihtiyaç doğabilmektedir. Makina ve platformu birlikte hareket ettiren özel programlar sayesinde blok genişliği boyunca sabit kalınlıkta kesim yapılabilmektedir.

4. nolu işlem üzerine yapılan eleştiriler, blok düzenlemenin öneminin göreceli olduğu ve elmas boncuklu tel uygulamalarının gereksiz olduğudur. Genel bir tavır da elmas boncuklu telin yalnızca ebatlama için kullanılmasının yararlı olmadığı şeklindedir ve bu düşüncelerin değiştirilmesi gerekmektedir. Bunun nedeni, rutin granit kesimi işlemindeki beton örneği ile açıklanabilir. Granit işleyicilerinin bildiği gibi, tüm bloklar 15-20 veya 30 cm'lik çıkıntılarla elde edilebilirler. Düzgün paralel şekilli bloklarda büyük çıkıntılar oluşmaktadır. Paralel şekilli granit bloklardaki 15-20 cm'lik çıkıntıların yaklaşık 20 çalışma saatinde katarak ile kesilerek düzeltilmesi, işgücü - testere kullanımı - testere aşınması - darbe - kireç ve enerjinin toplamı şeklinde çok verimsiz ve artığa gidecek malzeme üretimine yol açabilir.

Elmas boncuklu tel ile ön ebatlama, bu ölü zamanı katarak için telafi eder. Tel kesmeye başlar başlamaz üretim de başlamış olur. Bu da elmas boncuklu tel uygulamalarının bloklara düzgün şekil vermesi ile katarak verimliliğini artırması ve böylece, maliyet oluşturmak yerine tasarruf sağlaması anlamına gelir. Tel ile kesilen granit bloklardan elde edilen son ürün derecesi mermerdekinden daha düşüktür (süsleyici özellikleri sayesinde beğeni görmelerinin yanı sıra blok içindeki kırık-çatlakların bulunması riski ve bunun yanında genel verim yüksektir). Bunu ön-işleme aşamalarında artırmaya çalışmak (örneğin blok satıldığında) çok daha akla yatkındır.

Örnek olarak, aşağıda Çizelge 3'te sabit makina uygulamalarında sadece ebatlamada kullanılan tel ömrü ve verimliliğini gösteren teknik veriler sunulmuştur.

Elmas telli makinaları her üreticinin sunduğu özelliklere bağlı olarak değişik tiplerdedir. Değerli bir kazanım ise tüm kesim işleminin programlanabilmesi ve raylı makinanın içinde birçok bloğun başarıyla kesilebilmesidir.

Çizelge 3. Ebatlamada kullanılan sabit makina uygulamasındaki tel ömrü ve verimliliği.

MALZEME	TEL ÖMRÜ (m <sup>2</sup> /m)	KESİM HIZI (m <sup>2</sup> /saat)
Hindistan Yeşil Mermer	32 - 40	2.5 – 3.5
İtalyan Kireçtaşı	80-92	4-5
Tivoli Traverten	100-130	4-5
Carrara Mermer	70-90	4-5
1.sınıf ve 2.sınıf Granit	12-15	2-3
3-4.sınıf Granit	8-18	1-3

Makinaların performanslarına göre değerlendirilmesinde verim-dayanıklılık oranındaki değişimler önemlidir. Burada, zorunlu şekilleri, blokların sınırlı yüzeyleri, farklı kesim dinamikleri ve biraz da bilinmeyen nedenlerden dolayı, verimlilik değerleri mermerde ortalama 4-8 m<sup>2</sup>/saat, granitte ise 0.6-3 m<sup>2</sup>/saat değerlerine düşmektedir.

Diğer taraftan, tel ömrü granitte ortalama 8-15 m<sup>2</sup>/m ve mermerde 50-80 m<sup>2</sup>/m, traverten ve diğer yumuşak malzemelerde ise yukarıdaki çizelgede görüldüğü gibi şaşırtıcı derecede yüksek değerlerdedir.

#### 10.4.3.3.1. Elmas telli sayalama makinaları

Doğal taş ocaklarında tel kesme veya diğer yöntemlerle üretilen parçalar, çoğu kez değişik şekil ve büyüklüklerde olur. Bu kütleler, kesilip devrildikten sonra gerek jeolojik gerekse bazı fiziksel özellikleri göz önüne alınarak blok veya moloz boyutlarında ikinci bir kesmeye tabi tutulurlar. Bu işlem sırasında, kesilen kütlenin özelliklerine bağlı olarak: alınabilecek en büyük boyutlu ve düzgün geometrili parçalar kesilir. Bu işlem bazı hallerde fabrikalarda da gerçekleştirilebilir. Ocaklarda ikinci, fabrikalarda ise ön kesme işlemi olarak yapılan bu kesme işlemine sayalama adı verilir.

Özellikle elmas telli kesme yöntemiyle çalışan ocaklarda kesilen büyük kütlelerin nakliyesi mümkün olmadığından sayalama işlemlerinin normal olarak ocakta yapılması gerekir. Ocakta sayalama, genellikle elmas telli sayalama makinası adı verilen bir makina ile yapılır. Bu makinanın bir çeşidi elmas telli kesme makinasının küçük bir benzeridir. Elmas telli kesme makinasında olduğu gibi kesme işlemi elmas boncuklu tel yardımı ile makinanın ray üzerinde geriye doğru hareketi ile yapılırken soğutma yine su ile sağlanmaktadır (Şekil 45).

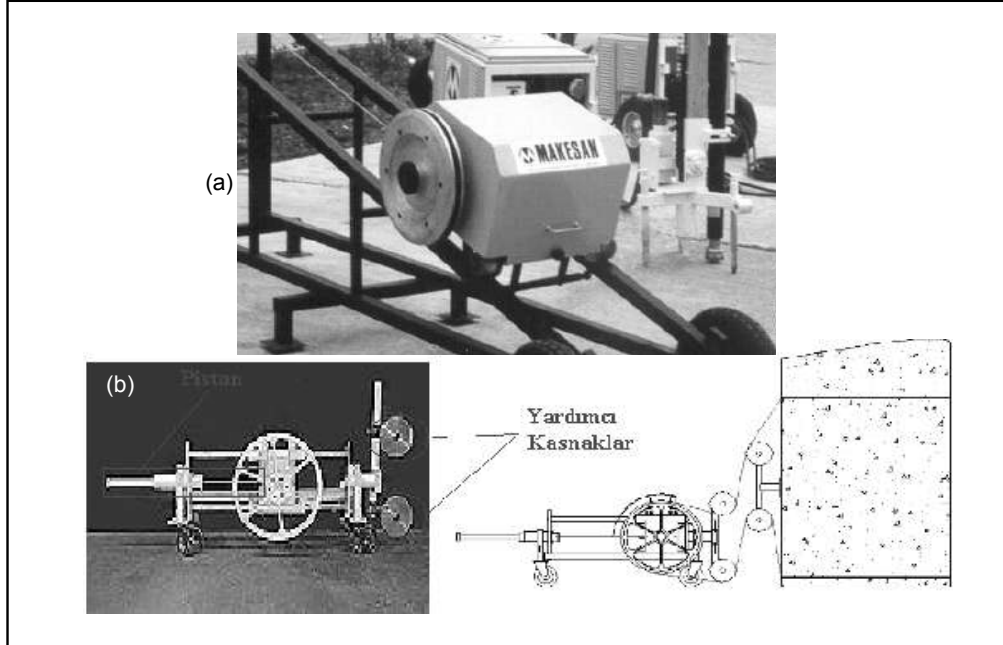


Şekil 45. Ocaklarda kullanılan raylı sayalama makinası.

Elmas telli kesme makinası ile arasındaki tek fark, motor gücünün ve bazı modellerde boyutlarının daha küçük olmasıdır [elmas telli kesme makinasında 40-60 BG (29.6-44.4 kW) arasında olurken ocaklarda kullanılan raylı sayalama makinasında 7,5-20 BG (5.55-14.8 kW)'ne düşmektedir].

Sayalama makinasının diğer bir çeşidi ise rampalı olandır. Bunlar eğimli bir rampadan geriye ve aşağıya doğru makina hareketi sağlanmaktadır. Geriye doğru olan harekete bağlı olarak gergin tutulan elmas boncuklu tel su yardımıyla bloğu keser. Tek testerele kesim makinasına ve elmas telli kesicilere oranla daha yavaş bir kesim sağlanmaktadır. Diğer taraftan ucuz olması ve boyut sınırlamasının olmaması yaygın olarak kullanılmasına neden olmaktadır. Rampalı sayalama makinasının genel görünümü Şekil 46-a'da verilmiştir.

Son çeşidi de sabit olan sayalama makinalarıdır. Bu tür sayalama makinaları ray veya rampa üzerinde hareket etmeksizin telin gerginliği kendi bünyesinde bulunan bir piston sayesinde sağlamaktadır. Kesim sırasında piston teli döndüren kasnağı kesim boyunca kademeli olarak geriye çeker bu sayede telin gerginliği sabit kılıp kesimi tamamlayabilir. Önde bulunan iki yardımcı kasnak telin bloğu sonuna kadar kesmesine müsaade eder. Sabit sayalama makinalarının görünümü Şekil 46-b'de gösterilmektedir.



Şekil 46. Sayalama makinası (a: rampalı; b: sabit).

#### 10.4.3.3.2. Tek telli sayalama makinası (monoteller)

Makina elmas boncuklu tel ile mermer, granit ve kumtaşı bloklarını kübik hale getirmek veya bu bloklardan kalın plakalar kesmek için tasarlanmıştır. Makina iki adet yukarı aşağı hareket eden güçlü kasnak taşıyıcı bölümler, bir adet ara travers ve iki adet kutu şeklinde tasarlanmış kolonlardan meydana gelmiştir, maksimum kesim hassasiyeti sağlayabilmek için kolonların dört yüzeyi de hassas bir şekilde kızak yüzeyi olarak işlenmiştir. Kasnaklar, elmas boncuklu teldeki gerilmeleri en aza indirerek telin dönmesini sağlamak ve titreşimleri en aza indirmek için 2 m çapında üretilirler. Elmas boncuklu telin gerilimi hava basıncı yardımıyla 200 ile 500 kg arasında ayarlanabilir. İki adet 2 m

çapındaki kasnaktan birisi 900 mm boyundaki bir kızak üzerinde bir hava pistonu yardımı ile elmas boncuklu telin gerilmesini sağlar. Monotellerin en önemli avantajlarından bazıları aşağıdaki gibidir;

- Bu sistemde koparak kısalan elmas boncuklu tellerde kullanılabilir.
- Kesim sırasında elektrik motoru zorlandığında hızı düşürür. Bu sayede hızı otomatik olarak kendi ayarlar.
- Telin kopması durumunda makineyi otomatik olarak durduran emniyet sistemine sahiptir.

Tek testereli kesim makinasıyla aynı amaç için kullanılan elmas telli kesicilerin tek farkı elmas boncuklu telle kesim yapmasıdır. Ancak bu makinaların aynı zamanda granit bloklarının sayılanmasında da kullanım olanağı vardır. Elmas telli kesicilerle kayaç, üzeri lastikle kaplanmış makaralarla yönlendirilen elmas boncuklu tel ile kesilir.

Çalışma prensibini genel olarak özetlersek; arabalar üzerine yüklenen bloklar makinenin altına getirtirilerek sabitlenir. Makara yardımıyla belirli bir hıza ulaşan elmas boncuklu tel materyal üzerine kademeli olarak inerek kesim işlemini yapar. Blok tamamıyla plakalara ayrılana kadar her plaka kesiminde sonra işlemi tekrarlar. Doğal taş işletmeciliğinde kullanılan elmas tek telli kesme makinası (monotel) Şekil 47'de görülmektedir.



Şekil 47. Doğal taş işletmeciliğinde kullanılan elmas tek telli kesici (monotel).

Klasik açık ocak madencilik işletmelerinde üretim aşamaları delme, patlatma, yükleme ve nakliyat işlemlerine karşılık blok kesme, ana kütlede ayırma ve/veya öteleme yükleme, nakliyat şeklinde olmaktadır. Diğer taraftan doğal taş madenciliğinde kullanılacak makinalar ise;

- a.) Doğal Taş Blok Kesim/Üretim Makinaları
  - Delik delme makinaları
  - Elmas telli kesme makinaları
  - Çelik tel kesme makinaları
  - Zincirli kollu kesme makinaları



- Alev/su jeti kesme makinaları
- Dairesel testereli kesme makinaları
- b.) Delik Delme Makinaları
  - Darbeli havalı delici makinalar
  - Dönmeli su beslemeli makinalar
  - Havalı tabancalar
  - Hidrolik tabancalar
- c.) Blok Ayırma/Öteleme Makinaları-Aletleri
  - Kama/balyoz
  - Hidrolik/mekanik krikolar
  - Hava yastıkları
  - Mekanik sistemler
    1. Ekskavatörler
    2. Dozerler
    3. Kepçeli Yükleyiciler
- d.) Blok Sayalama ve Düzeltme Makinaları
  - Mekanik Ayırma Düzenekleri
  - Elmas Telli Kesme Makinası
  - Sayalama veya Tek Testereli Biçme Makinası
  - Elmas Telli Sabit Kesme Makinaları
  - Dairesel Yarma Makinaları
- e.) Yükleme Öteleme Taşıma Makinaları
  - Ekskavatörler, loderler, değişik tipte vinçler
- f.) Yardımcı İş Makinaları
  - Dozer, greyder, su tankeri, traktör v.b
- g.) Güç Kaynakları
  - Dizel, benzinli ve elektrik motorları, pnömatik ve hidrolik kompresörler

#### 10.4.4. Telli/Bantlı Doğal Taş Blok Kesim/Üretim Teknolojileri

##### Tarihi Gelişim

Tel kullanımını kesin bir şekilde tarihi bir gelişim içerisinde vermek oldukça güçtür. Çünkü doğal taş sektöründeki firmalar, elmas boncuklu telin ilk kullanıcısı olduklarını belgeleme yarışı içindedirler. Oysaki arkeolojik çalışmalar, buna benzer tekniklerin ve tel uygulamalarının M.S. 25'li yıllarda kullanıldığı varsayımını güçlendirmektedir.

Elmas telli kesim/üretim yönteminin geliştirilmesinde en önemli aşamayı, helezon çelik tel ile üretim yönteminin kullanılmaya başlaması oluşturmaktadır. Helezon çelik tel sistemi 1884 yılında Fransız mühendis Eugene Chevalier tarafından geliştirilmiş ve 1889 yılında uluslararası Paris fuarında dünyaya tanıtılmıştır (Capuzzi, 1980 ve 1989). Daha önceleri kullanılan yöntemler, düşük kapasiteli, üretim esnasında fazla kayba neden olan ve yüksek oranda değişik jeolojik koşullara bağımlı kalan yöntemlerdir (Conti vd., 1986). Carrara'da ilk kullanımı 1895 yılına rastlamaktadır. İtalya'da 1930'larda 150-200 ocakta, 1970'li yıllarda ise 3000 civarında ocakta bu yöntemin kullanıldığı tahmin edilmektedir (Mannoni vd., 1984; Capuzzi, 1989). Çok büyük yüzeylerin kesimine olanak sağlayan bu yöntem ülkemizde ilk defa Afyon'da, daha sonra Çanakkale, Efes, Afrodisias, Bilecik, Marmara Adası ve Nallıhan'da bazı ocaklarda kullanılmıştır (Arıkan, 1967; Erguvanlı, 1984).

Elmas boncuklu telin doğal taş ocaklarında endüstriyel olarak kullanımı 1980 yılında başlamıştır. Elmas boncuklu telin taş sektöründe kullanılması ile başlayan süreç, İtalya'nın Carrara mermer bölgesindeki ocaklarda kullanımının aşama aşama kabul görmesi ile ilerleme kaydetmiştir.

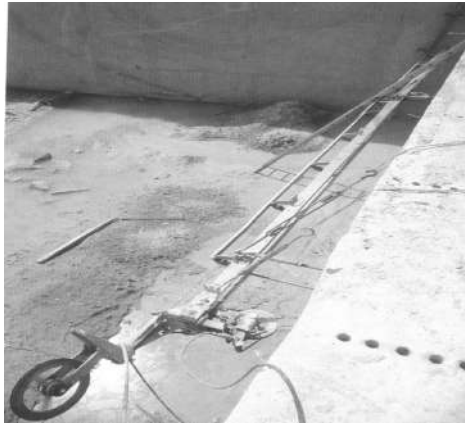
#### **10.4.4.1. Çelik Telli Kesme Teknolojisi**

Karmaşık helezonik telli kesme sistemi bloğun yatağa herhangi bir zarar verilmeden yumuşak bir şekilde ayrılmasını sağlamakta ve sert taşlar hariç hemen her tür malzemede büyük bir kesim esnekliği oluşturmaktadır. Bloklarda yüksek verim, düzenli ocak işletimi ve basamakların kontrolü sayesinde seçimli üretim yapılmasına imkan vermektedir. Üretimde kullanılan ekipmanlar güvenlidir, özellikle İtalya'da bazı mermer üretim bölgelerinde kullanılmakta olup, teknik- insani ve lojistik faktörlere bağlı olarak ekonomik ve karlı bir üretim yöntemi olmaya halen devam etmektedir (Primavori, 2002).

Helezonik çelik telli kesme sistemi; helezonik tel, bir adet motor bölümü, bir germe düzeneği ve kesim sırasında tele kesme yönünde basınç uygulayan iki arabadan oluşmaktadır. Önceleri buharlı motorlarla çalışan bu yöntemin esası; elektrik veya dizel motor (25 beygir gücüne kadar) ile çalışan bir tamburdan geçirilmiş helezonik telin, çeşitli makara ve direkler yardımıyla kesilecek doğal taşın bulunduğu alana taşınması, helezonik çelik telin doğal taşın kesileceği noktaya su ile karışık aşındırıcıların (genellikle 1 mm çapında silisli kum, kuvarsit ya da çakmaktaşı-karborandum karışım tozu) verilmesi ve telin buklümleri arasına giren aşındırıcının telin hareketi ile doğal taşta sürtünmesi sonucu kesme işlemidir. Helezonik tel ile üretimde kullanılan makara sistemleri Şekil 48'de gösterilmektedir.

Söz konusu üretim yönteminde çok uzun çelik halat gerekmede (minimum 250 metreden birkaç bin metreye), tüm kesim alanı boyunca aşındırıcı malzemenin dağıtılması gerekmektedir. Telde meydana gelen hızlı aşınma sonucu kesme verimi azalmakta, kesime hazırlık safhası çok uzun süre istemekte, pahalı olmakta, kesim hızı ise sarf edilen emek ve çalışmaya oranla düşük olmaktadır (Hallez,1992).

Bu teknikte önemli bir husus, kesim sırasında kullanılan su miktarıdır. Telin soğutulmasını da sağlayan su, gereğinden fazla miktarda ortama verildiğinde, aşındırıcıyı sürükleyerek kesim yapılmasını önlemekte, yetersiz olduğu durumda ise telin ısınarak kopmasına sebep olmaktadır. Tel koptuğunda ise, sistemin yeniden çalışır hale gelmesi çok uzun süre almaktadır (Onargan ve Köse, 1997). Helezonik çelik teldeki üretimdeki etken parametreler ve bunların özellikleri Çizelge 4'te verilmektedir.



Şekil 48. Helezonik tel ile üretimde kullanılan makara düzeneği.

Çizelge 4. Helezonik çelik tel ile üretimdeki etken parametreler ve özellikleri.

Parametreler	
Tel çapı	4-6 mm
Döndürme hızı	4-15 m/dak
Tel uzunluğu	Yüzlerce metreden binlerce metreye kadar (600 m'den 1500 m'e kadar)
Kullanılan aşındırıcılar	Silis kumu (%98 SiO <sub>2</sub> )
Kesim kalınlığı	6'dan 10 mm'e kadar

Helezon çelik telli sisteminde silis kumunun yanı sıra tungsten karbür gibi aşındırıcılar kullanılmasına rağmen istenilen kesme verimliliğine ulaşılamamıştır. Bunun en önemli nedenleri; kullanılan aşındırıcı ile kayaç arasındaki sertlik farklılığı, kullanılan karışımdaki kuvars (su+kuvars) kumunun (ya da su+tungsten karbür) kesme ve aşındırma özelliğinin ilk kullanımdan sonra azalmasıdır.

Elmas telli kesme yöntemi doğal taş işleme sektöründe ise ilk defa 1970'li yıllarda, doğal taş fabrikalarında blokların sayılanmasında kullanılmış, ancak aynı yıllarda ortaya çıkan monolomalar bu makinaların yaygın bir biçimde kullanılmasına olanak vermemiştir (Mannoni ve Mannoni, 1984).

Bu ön çalışmalar ile birlikte bir takım girişimler artarak birbirini takip etmiş ve elektrolitik boncukların yer aldığı telleri daha verimli kullanabilecek çeşitli makina kombinasyonları ile blok üretimi sağlamak amacıyla bir takım testler deneme amaçlı olarak 1974 yılında Hannover Üniversitesi'nde yapılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde 1978-1979 yılları arasında, İtalya'nın Carrara mermer bölgesinde bulunan Apuan mermer ocağında ilk defa endüstriyel bazda ocaklarda elmas boncuklu tel kullanımı kesin olarak başlamıştır. İlk önceleri sadece dikey kesim yapabilen bu yöntem, sonraları geliştirilerek, özellikle çatlak ve eklemleri az ve masif yapıdaki doğal taşlar için en ideal üretim yöntemi haline getirilmiştir. 1985 yılından sonra yöntemin uygulanmasında hızlı bir artış görülmüştür. 1990 yılında ise, yöntem, ticari anlamda granit olarak adlandırılan kuvars-feldspat içeren tüm magmatik kayaçlarda (sert kayaçlarda) da kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise yöntemin ve makinanın kullanımı her geçen gün sürekli gelişim göstermektedir. Bugün yalnız blok üretim amaçlı değil, blok işleme aşamalarında da önemini hissettiren elmas boncuklu tel uygulamaları sayesinde, silindirik, konik ve kompleks taslaklar, konveks ve konkav yüzeyler gibi isteklere göre şekillendirilebilen parçaların üretimi sağlanmıştır (Özçelik, 1999; Primavori, 2001 ve 2002).

Bu yöntemin kullanılması ile kesilen blokların satış değeri %10-20 arasında artmış, verimliliğin yanı sıra üretim kapasitesi yükselmiştir (Conti vd., 1986; Herbert, 1986; Hawkins vd., 1990; Tombul, 1992; Wright, 1992).

Elmas telli kesme yönteminde; aşındırıcı, tel üzerinde sabit bir pozisyonda kalmakta ve telin çapı etkin kullanımı süresince sabit olmaktadır. Ayrıca elmas boncuklu telin uzun ömürlü olması, helezonik çelik telli kesme yöntemi ile kıyaslandığında, işçilik maliyetlerinin düşük olmasını sağlamaktadır (Hallez, 1992).

#### 10.4.4.2. Elmas telli blok kesme teknolojisi

Helezonik telli kesme sistemindeki problemlerin üstesinden gelebilecek en iyi aşındırıcının elmas olduğuna karar veren araştırmacılar, elmas boncuk yapısı oluşturma düşüncesini ilk defa 1968-1969

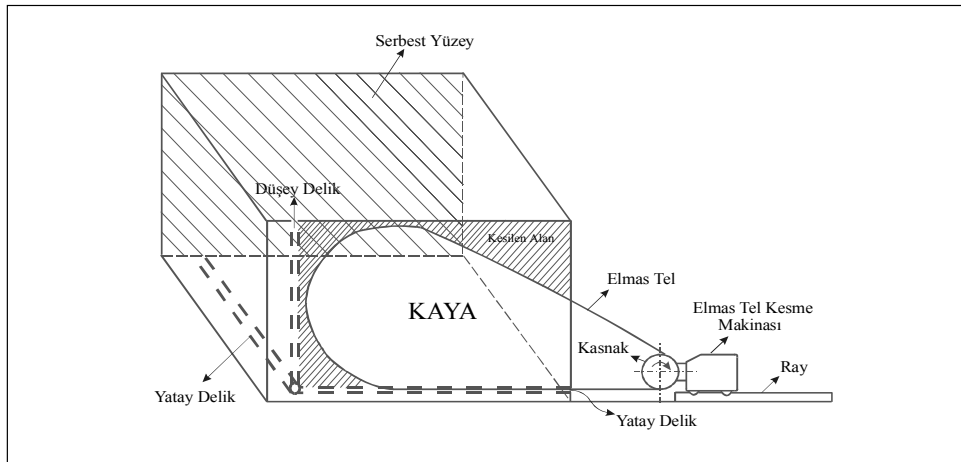
yıllarında değerlendirmişlerdir (Primavori, 2001). Burada, helezonik çelik tel ile doğal taş kesmedeki dezavantajlar sonucunda "helezonik telli kesme sistemi" içinde, yay ile bağlanan elmaslar ile telde "boncuk" yapısı oluşturma düşüncesi değerlendirilmiş ve böylece sanki bir gerdanlık gibi, elmasın üstün ve sıra dışı özellikleri ile telin esneklik özellikleri birleştirilerek taş içinde etkin bir kesici ortam oluşturulması düşüncesi ortaya atılmıştır. Bu düşünce üzerine yapılan çalışmalar sonucu oluşturulan elmas boncuklu tel 1969 ve 1970 yıllarında sergilenmiştir. İlk olarak elektrolitik kaplamalı elmas boncuklu tel ile kesme ekipmanları ocaklarda doğal taş kesimi için denenmiş, ancak büyük çekme ve eğilme gerilmelerine maruz kalan tellerin mekanik dirençlerinde sorunlar çıkmıştır (Kızıltepe, 1990).

Doğal taş ocaklarında blok üretiminde uygulanan üretim yöntemleri, genelde üretimde kullanılan makina ve ekipmana göre isimlendirilmektedir. Bir doğal taş yatağında uygulanacak üretim yöntemi; kayacın fiziksel, mekanik ve petrografik özellikleri ile blok alınabilme durumu, kayacın jeolojik yapısı, planlanan üretim miktarı ve işletme olanakları değerlendirilerek tespit edilmektedir. Doğal taş yatırımının birinci ve en önemli aşamasını ocak işletmeciliği oluşturmaktadır. Bu sebeple hatalı işletme yönteminin seçiminde ekonomik olmayan sonuçların alındığı birçok örnek bulunmaktadır. Ayrıca, seçilen bir işletme yöntemi de işletme döneminde edinilecek tecrübeye göre geliştirilebilmektedir. Fakat üretim esnasında işletme yönteminin değiştirilmesi için yapılacak denemelerin ekonomik olmayan sonuçları beraberinde getirebileceğini de unutmamak gerekir. Bu sebeple üretime geçmeden önce etkili bir fizibilite çalışmasının yapılması gerekmektedir.

Karbonat kökenli doğal taş blok üretim yöntemlerinden günümüzde doğal taş ocaklarının yaklaşık %90'ından fazlasında kullanılan en yaygın üretim yöntemi elmas telli kesme yöntemidir. Şematik görünümü Şekil 49'da verilen elmas telli kesme yöntemi; elmas boncuklar, çelik tel, elmas telli kesme makinası ve yardımcı makina ve ekipmanlar yardımıyla, doğal taş ocaklarında blok doğal taş kesmek ve kesilen blokları nakledilebilir büyüklükteki bloklara parçalamak amacıyla kullanılan modern bir üretim yöntemi ve blok kesme teknolojisidir.

Elmas telli kesme yöntemi genel olarak;

- Doğal taş madenciliği ve dekoratif kesimlerde,
- İnşaat temel yapılarının, tren yolu köprülerinin, eski beton bacaların, baraj bentlerinin kesilerek kaldırılmalarında,
- Çelik yapı/boru kesimlerinde başarı ile kullanılmaktadır.



Şekil 49. Elmas telli kesme yönteminin yanal şematik görünümü.

Özçelik (1999), Primavori (2001 ve 2002)'e göre ise elmas telli kesme yönteminin avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilmektedir;

- Her türlü yeraltı ve yerüstü yapıların kesilmesinde kullanılabilmesi,
- Başka yöntemlerle birlikte kullanılabilen esnek bir yöntemi olması,
- Büyük doğal taş madenciliğinde boyutlu kesimlerin yapılabilmesine olanak sağlaması (200 m<sup>2</sup>'den büyük),
- İlk yatırım maliyetlerinin düşük olması,
- Makina ve ekipmanın kendini amorti etme süresi daha kısa olması,
- Daha az toz ve artık oluşurması,
- Daha az kayıpla daha düzgün blok üretimine olanak sağlaması ve bloğa hasar vermemesi,
- İş yoğunluğu diğer yöntemlerden daha az olduğundan, iş gücünün daha verimli kullanılmasına imkan tanınması,
- Yüksek kesme hızlarında üretim kapasitesini arttırmanın mümkün olması,
- Doğal taş işletmeciliği dışında farklı alanlarda da rahatlıkla kullanılabilmesi (Werland, 1990; Hayes, 1990; Beckman ve Hulick, 1991; Özçelik, 1999).

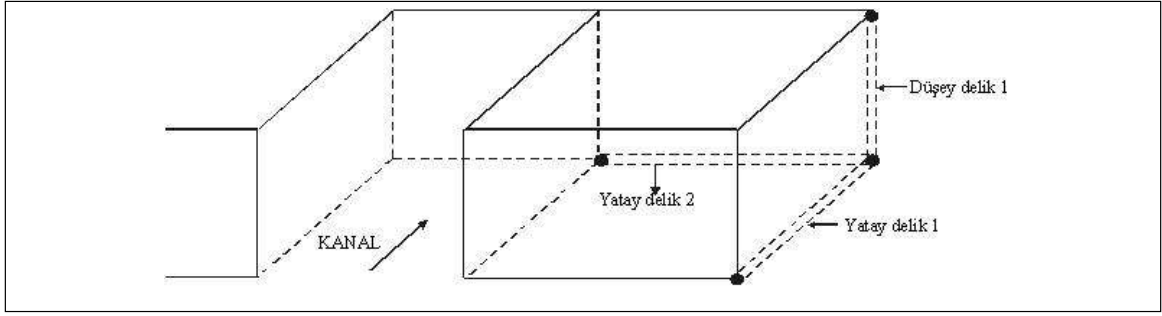
Elmas telli kesme yönteminin dezavantajı ise sadece; ön delik delme gereksiniminin olması, su temininin çok önemli olması ve yetişmiş personelin gerekliliğidir.

Bununla birlikte, elmas telli kesme yöntemi, her tür doğal taş ocağı için uygun değildir (Özçelik, 1999). Özellikle çatlak ve eklemelerinden açılarak çıkartılan doğal taş kütlelerinin bloklara bölünmesi, elmas telli kesme yönteminin kullanılmasından daha ekonomiktir. Çatlak ve eklem sistemi çok gelişmiş doğal taş ocaklarında elmas telli kesme yönteminin kullanılması, verim arttırılmasına bir katkıda bulunmayacağı gibi, aksine, üretim veriminin düşmesine de neden olabilmektedir. Elmas telli kesme yöntemi, çatlak ve eklemeleri az, masif yapıdaki doğal taşlar için uygun bir yöntemdir

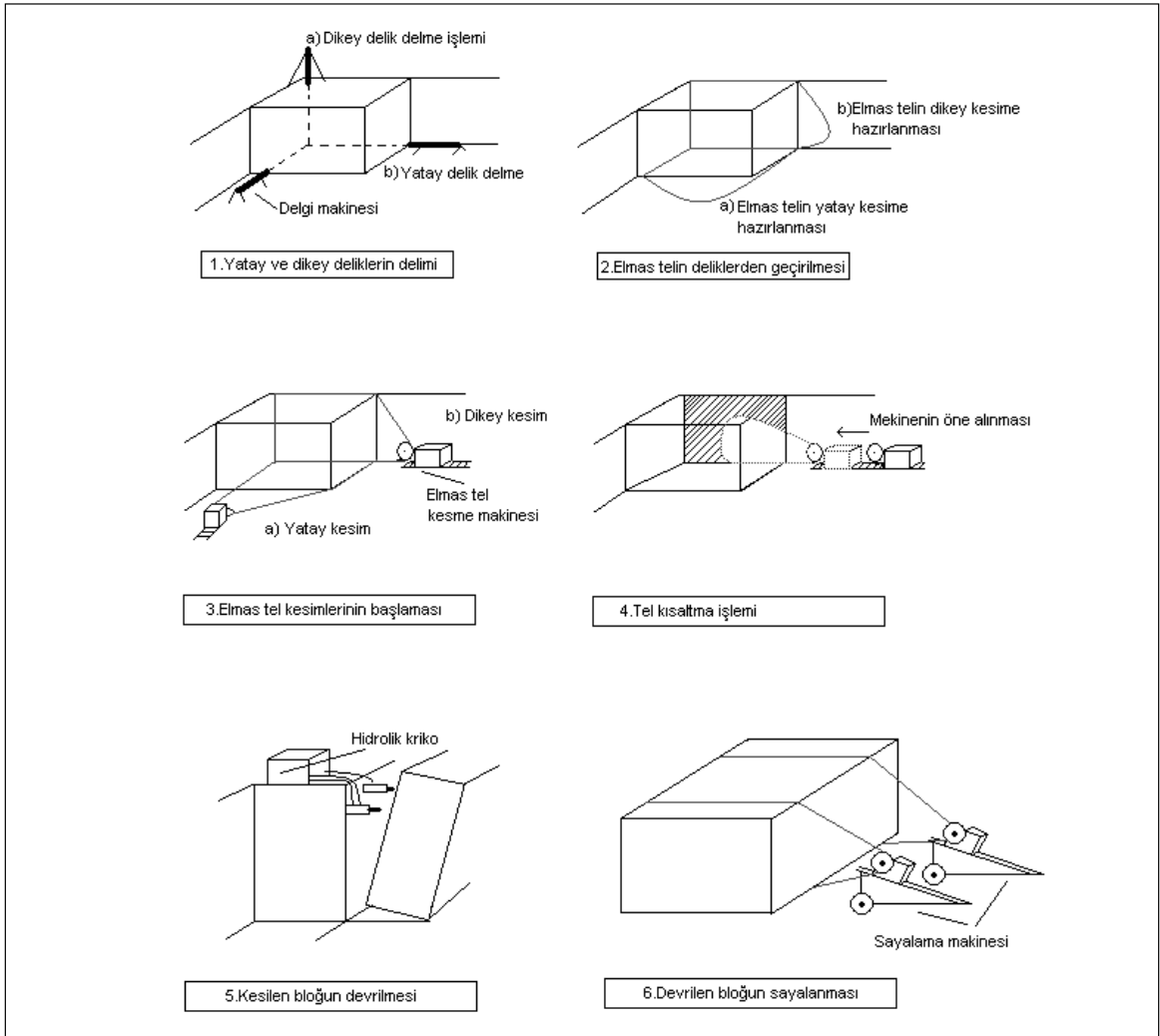
Elmas telli kesme yöntemi ile blok üretimi şematik olarak Şekil 50-a ve Şekil 50-b'de verilmektedir (Polat, 2002). Şekil 50-a'da görüldüğü üzere, öncelikle yarma ve kanal/cep tabir edilen ikinci ve üçüncü serbest yüzeylerin açılması ile işleme başlanılmaktadır. Burada kanal/cep açma işlemi tamamen doğal taş yatağının morfolojik ve topografik yapısına bağlıdır. Kanal/cep açma işlemi Şekil 50-a'da gösterildiği gibi delme patlatma işlemi ile yapılabileceği gibi, eğer kayacın özellikleri uygun ise; alev jeti ile yakma, zincirli kollu ve bantlı kesiciler kullanılarak kesme işlemleriyle de yapılabilmektedir.

Elmas telli kesme makinaları ile doğal taş blok kesim işlemlerinde aşamalar (Şekil 50-a ve b);

- a- Yatay ve düşey deliklerin delinmesi,
- b- Elmas boncuklu tel ile yatay ve düşey kesimlerin gerçekleştirilmesi,
- c- Kesimi yapılan doğal taş bloklarının ana kayaçtan (kütleden) ayrılması ve ötelenmesi,
- d- Blok boyutlandırması ve ebatlaması



Şekil 50 a. Yarma ve kanal/cep açılarak ikinci ve üçüncü serbest yüzeylerin oluşturulması



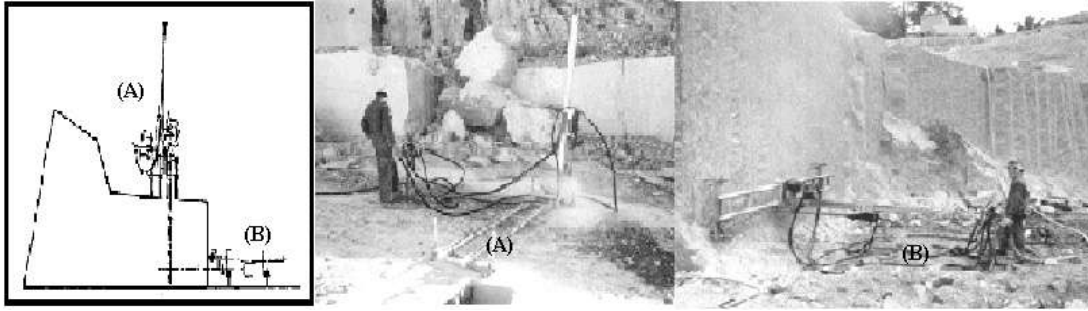
Şekil 50 b. Elmas telli kesme yöntemi ile doğal taş blok üretimi

Elmas boncuklu telin soğutulması ve kesilen kayaç parçacıklarının kesim yatağından uzaklaştırılabilmesi için tel dönme yönünde tele su verilir. Kullanılan suyun miktarı 25-40 lt/dak arasında değişmektedir.

#### 10.4.4.2.1. Doğal taş ocağının kesime hazırlanması ve kesme işlemi

##### Deliklerin delinmesi

Elmas boncuklu telin kesilecek taş koşulabilmesi için Şekil 49 ve 50'de görüldüğü gibi birbirleri ile irtibatlı yatay ve dikey deliklerin açılabilmesi gerekmektedir. Bu ise motor güçleri 7,5-25 kW arasında değişebilen deliciler yardımıyla mümkün olmaktadır. Delme makinası ile delik delinecek nokta saptandıktan sonra makina o noktaya getirilir. Tam dikey olacak konuma (yatay ile tam 90°'lik açı) sokulduktan sonra dört tarafından özel ve üzerinde ayarlanabilir aparatlar bulunan (çektirme) zincirler yardımı ile yere sağlamca sabitlenir. Bu sabitleme işlemlerinde kaya kütlesi içine çakılan özel kamalar kullanılmaktadır. Bu kamalar delik açılacak kayaya çakılır ve sağlamlaştırılır. Genellikle açılan bu deliklerin çapı 9 cm'dir. Bu sistemde önce düşey delik delinir, daha sonra yatay delikler bu deliğe hizalanır (Şekil 51).



Şekil 51. Düşey ve yatay deliklerin delinmesi (A:düşey delik; B:yatay delik).

Doğal taş ocaklarında yaygın olarak kullanılan tipik bir delme makinası Şekil 52'de görülmektedir.



Şekil 52. Doğal taş ocaklarında kullanılan tipik bir delme makinası ve tabancası.

Kullanılan delme makinaları dönerli, darbeli, pnömatik veya hidrolik ya da darbeli sistemle çalışmaktadır. Dönerli sistem daha ucuz olup, su ile çalışmakta ve delme hızı da düşük olmaktadır (1-2 m/saat). Darbeli sistem hava ile çalışmaktadır. Dönerli sistemden daha pahalı olmasına karşın delme hızı yüksektir (8-10 m/saat). Bu tür delicilerde, delik delme işlemi sırasında sapma olmaması, özellikle uzun deliklerde büyük avantaj sağlamaktadır. Dönerli sistemlerde karotiyer eklenip, delici uç elmas kron ile değiştirilerek hem delme sürati artırılır (3-6 m/saat) hem de karotlu sığ sondaj yapılabilir (Urhan ve Şişman, 1992).

Delik delme makinası ile delinen iki deliğin çakışmasını sağlamak için, lazer, teodolit, su terazisi ve bar-şakul gibi çeşitli yardımcı aletler kullanılır. Ancak ülkemizde genellikle gerek ucuz gerekse ocakta pratik olarak kullanılması nedeniyle şakul kullanılmaktadır. Buna göre açılmış dikey delikten, açılacak yatay delik noktasına doğru, kesim yüzeyinin üst kısmından gergin bir ip çekilir. Bu ipin üst kesiminden bir veya iki şakullu ip sarkıtılarak yatay delik noktası bulunmuş olur. Her iki deliğin dik olması telli kesme çalışmalarını kolaylaştırır. Ocakta tüm çalışmalara rağmen, kesilen kütle içindeki olası jeolojik değişikliklerden (toprak dolgulu çatlaklar, farklı sertlikteki nodüller, karstik boşluklar vs.), sondaj makinasından (eskimiş olması, şakulden kaymış olması vs.) veya bu makinanın kullanımından dolayı deliklerde sapmalar olabilir. Bu nedenle delme işlemi sonrası delikler mutlaka kontrol edilmelidir. Bunun en kolay yöntemi, aydınlatılmış deliğin üstünden bakıldığında delik dibinin görünüyorsa olmasıdır. Eğer delmede sapma varsa delik dibi yerine delik duvarları görülecektir.

Deliklerin arasındaki mesafe aynadan çıkartılacak en büyük doğal taş kütlelerinin kesimine imkan tanımalıdır.

### **Elmas boncuklu telin kesime alınması**

Hafif bir malzemeye göre (örneğin pamuk top, çaput) bağlanan elmas boncuklu tel gereken delikten basınçlı hava ile iletilen hafif malzemenin diğer delikten çıkartılması yolu ile geçirilebilir. Basınçlı hava ile iletilen malzeme diğer uçtan çıkmazsa bir kanca yardımı ile çekilip çıkartılabilir. Doğal taş kütlelerine koşulacak telin boyu (TB);

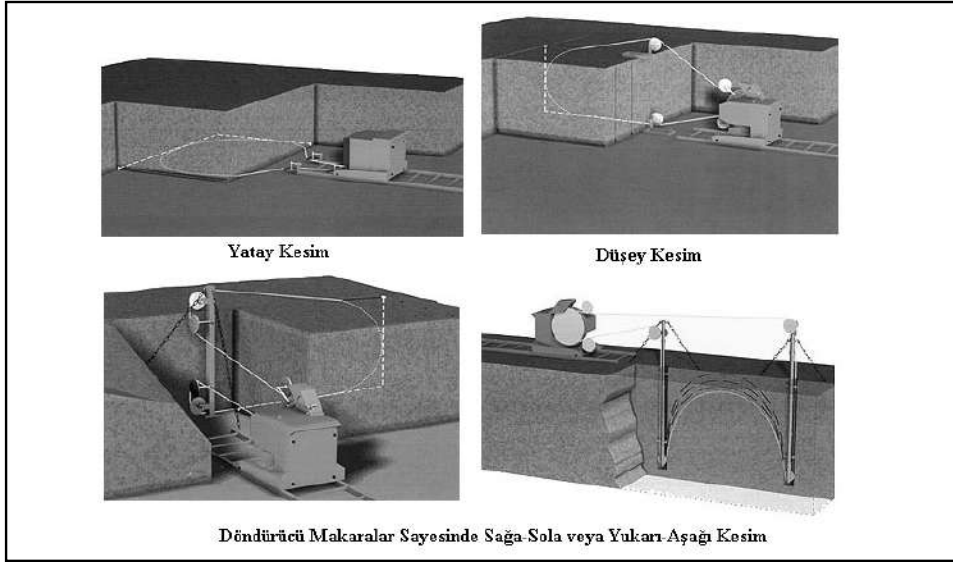
$$TB = 2L + 3H$$

olarak hesaplanmaktadır. Burada L, kesilecek kütlelerin uzunluğu; H ise yüksekliğidir.

### **Doğal taş kütlelerinin kesimi**

Elmas telli kesme makinası, makinanın kasnağı ile doğal taşın içinde elmas boncuklu telin geçtiği delik çıkışı aynı doğru üzerine gelecek şekilde yerleştirilir. Makina aynadan en az 3 m uzağa yerleştirilir. Raylar mutlaka aynı seviyede ve yatay olmalıdır. Elmas boncuklu tel doğal taş kütlelerine ve telli kesme makinasına koşulup iki ucu bağlandıktan sonra, kıvrımlar düzelecek şekilde gerilir. Elmas boncuklu telin yoluna alışması ve telin özellikle deliklerin birleştiği noktalardaki keskin dönüşler düzelinceye kadar 5-10 dakika tele fazla yük bindirmeden makina çalıştırılır. Köşelerde elmas boncuk dizili telin kırılmaması için makaralar kullanılır. Elmas telli kesme makinasının farklı yönlerde kesim yapabilir (Şekil 53).

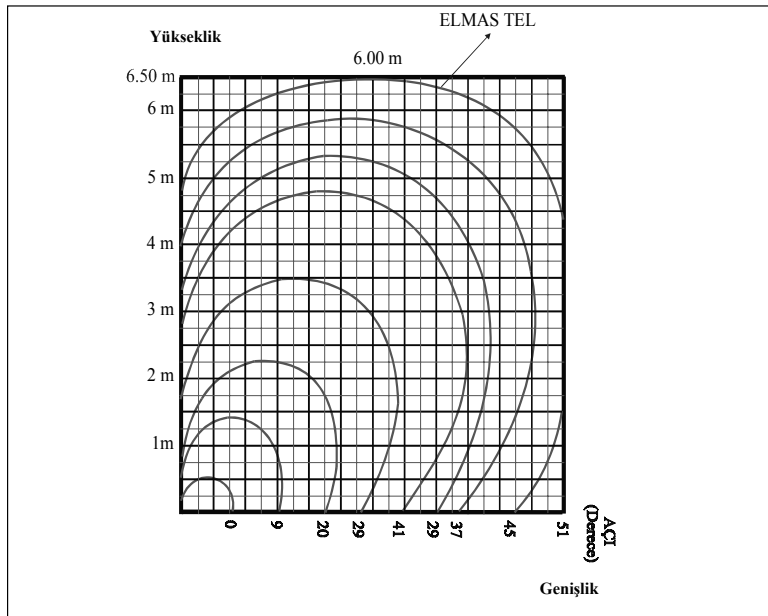




Şekil 53. Elmas telli kesme makinasıyla farklı açılarda doğal taş bloğunun kesimi.

Buradaki uygulamalar kesim uzunluğu ve elmas boncuklu tel ile birlikte kullanılan diğer ekipmanlara (özellikle zincirli kollu kesici) bağlı olarak yapılabilmektedir. Özel koşullarda bazı makineler ray üzerinde hareket etmeksizin, sadece kenardan kenara dönerek iki paralel kesim yapabilir.

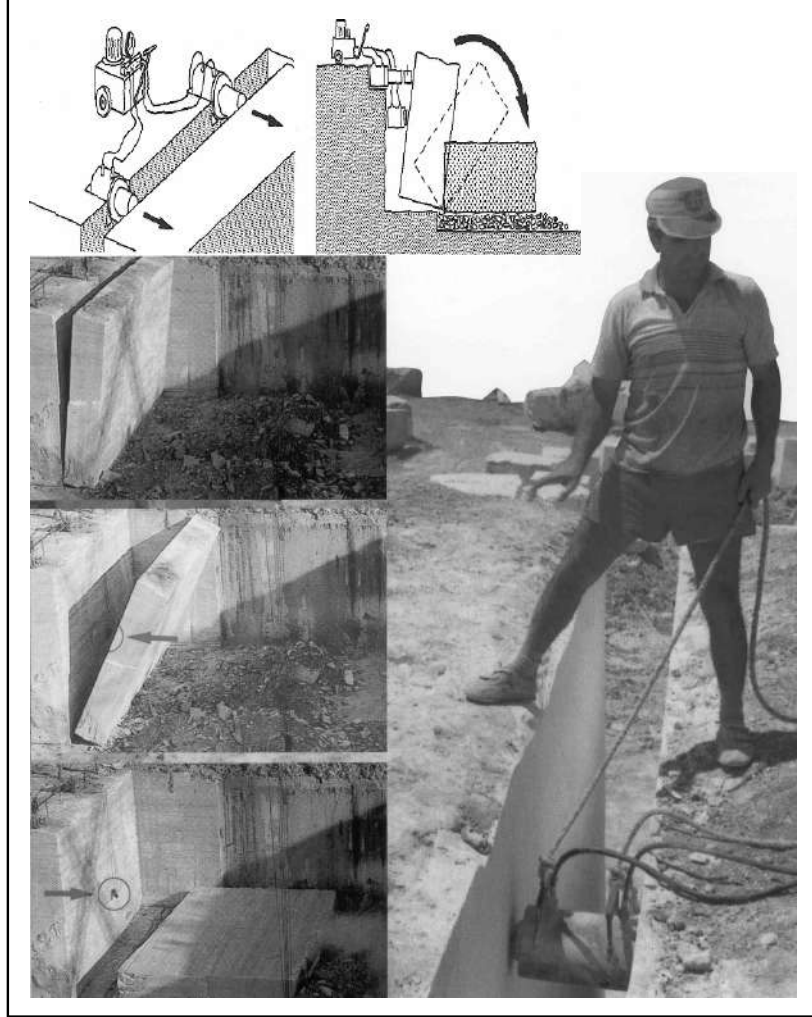
Elmas boncuklu tel ile değişik kesim yöntemleri bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi klasik sistemle kesimdir. Elmas boncuklu telle klasik yöntemle kesim işlemi tamamlandıktan sonra kesim sırasında elmas boncuklu telin blok üzerinde bıraktığı izler (Şekil 54), klasik kesimin başarı derecesini göstermekte bir ölçüt olarak kullanılabilir (Özçelik, 1999). Başarılı ve verimli klasik bir elmas telli kesme işlemi sırasında alt kısımdaki tel sabit, üst kısımdaki tel ise aşağıya doğru toplanarak gelmelidir.



Şekil 54. Verimli bir kesimde elmas boncuklu telin 6,5 m×6,0 m boyutlu doğal taş blok üzerinde bıraktığı izler (Özçelik, 1999).



Telli kesme makinası ve elmas boncuklu tel yardımıyla kesilen kütlein ana kayaktan ayrılması gerekir. Bunun için önce kütlein üzerinde en kısa bomun girebileceği kadar bir bölge açılır. Bu bölgeye kriko (bom) yerleştirilir ve çalıştırılır. Kütle ana kayaktan ayrılmaya başlar. Üst kesimden ayrılmaya başlayan kütle ile ana kayaç arasında oluşan boşluğa ikinci bir kriko (bom) yerleştirilir. İkinci bom, kütlei biraz daha açacağı için ilk bom yukarı alınır. Bu işlem devam ettirilerek kütlein ana kayaçtan ayrılması sağlanır (Şekil 56).



Şekil 56. Telli kesme makinası ile kesilmiş olan kütle ile ana kayaç arasında bom yerleştirilerek kütlein ana kayaçtan ayrılması ve devrilmesi Hava yastığı ve hidrolik metal yastıklar.

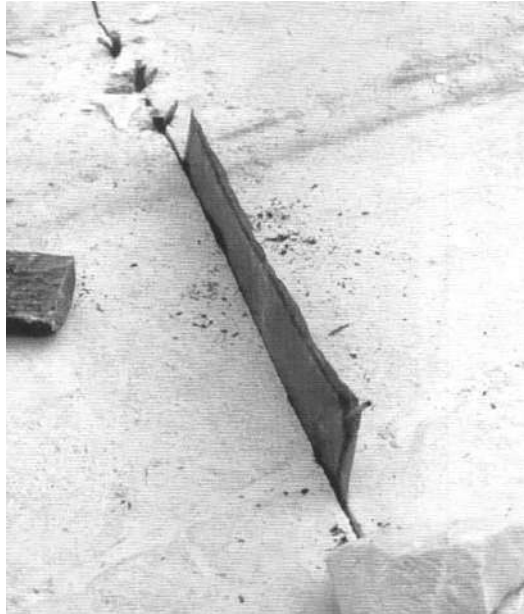
Son yıllarda hidrolik kriko yerine bazı modern doğal taş ocaklarında hava yastığı kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 57). Çalışma prensibi yaklaşık hidrolik kriko ile aynıdır. Ancak hidrolik krikodaki bomların yerine basınca dayanıklı malzemeden imal edilen hava yastıkları kullanılır. Kütle kesildikten sonra aradaki boşluğa oldukça ince olan yastık yerleştirilir ve şişirmeye başlanır. Şiştikçe basınç yapan yastık kütlei ana kayadan iterek uzaklaştırır. Kullanımda büyük avantajları vardır. Kütleye birçok noktadan basınç yaptığı için daha düzgün bir ayrılma sağlar. Ancak patlama ihtimali olduğundan, çalıştırılırken yakınında bulunmamak gerekir.



Şekil 57. Kesilen kütleyi arda kayaçtan ayıran hava yastığı.

Hava yastıklarına benzer sistemle çalışan ve hidrolik metal yastık (dilator) adıyla anılan genişleyen bir ya da daha fazla kare veya dikdörtgen metal plakalardan oluşan sistem de son yıllarda doğal taş ocaklarında blok devirme amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 58). Bunlar hidrolik olarak basınçlı suyun levhalar arasına zorla enjekte edilmesiyle çalışırlar. Hidrolik metal yastıklar son derece dayanıklı çelik levhalardan oluşmuşlardır ve en son tekniklerle lazer lehimleme kullanılarak birleştirilmişlerdir. Kullanım öncesi kalınlık tam 2 mm'dir. Hidrolik bir pompa, hidrolik metal yastığın genişlemesi için gerekli su basıncını ileten bir elektrik ya da pnömomatik motor sayesinde çalışır (30-40 atm). Bu aletler yaklaşık 25 cm'den 30 cm ya da daha fazlasına kadar genişlerken 300 ton'a kadar bir itme sağlayabilirler.

Her alet aynı anda 2 veya 3 hidrolik metal yastığı besleyebilir ki bu hidrolik metal yastıklar çalışma aynasına paralel dikey olarak yerleştirilirler. Büyüklüğe bağlı olarak (150\*150 cm'ye kadar ulaşabilir) ağırlıkları 7 kg'dan 15 kg'a kadar değişebilir. Kullanılan hidrolik metal yastıklar bir kullanımdan sonra yıprandığı için iskartaya çıkartılmak zorundadırlar.



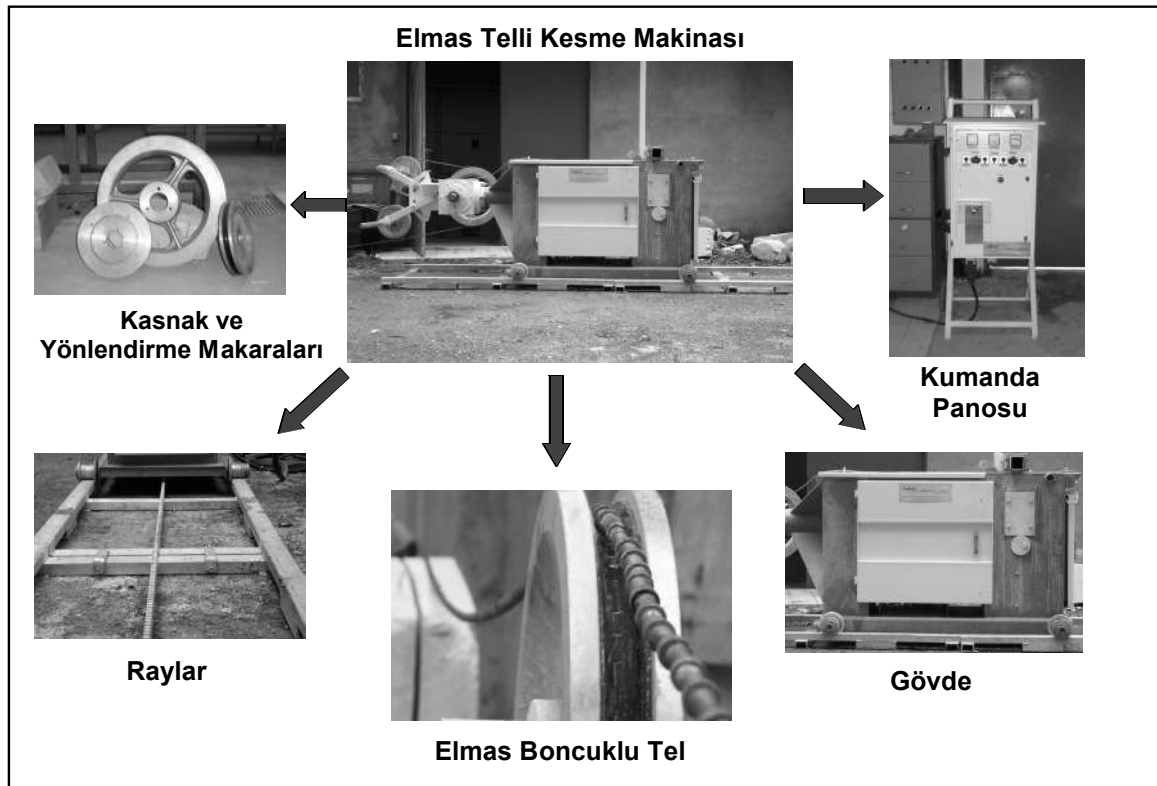
Şekil 58. Doğal taş ocaklarında kullanılan bir hidrolik metal yastığın ilk yerleştirilmiş durumu.

### 10.4.4.2.3. Elmas telli kesme yönteminde kullanılan makina ve ekipmanlar

#### 10.4.4.2.3.1. Elmas telli kesme makinası

Doğal taş ocak işletmesinde makina ve donanım seçimi doğrudan doğruya üretimi ve maliyeti etkileyen en önemli faktörü oluşturmaktadır. Bu açıdan doğal taş ocak işletmelerinde makina ve donanım seçiminden kaynaklanan problemlerin bulunması doğaldır. Doğal taş yatağının tüm niteliklerini belirleyen verilerin teknik ve ekonomik yönden topluca değerlendirilmesi ile yapılacak makina ve donanım seçimiyle yüksek karlılığa ulaşmak mümkün olabilecektir.

Günümüzde sıklıkla kullanılan elmas boncuklu tel ile doğal taş blok kesimi, kırık ve çatlakları blok almaya engel olmayan doğal taş yatakları için ekonomik ve hızlı bir üretim yöntemidir. Elmas telli kesme yöntemi ile Şekil 59'da gösterildiği gibi blok doğal taş üretmek için elmas boncuklu tel, elmas telli kesme makinası, delici makineler ve yardımcı ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bir elmas telli kesme makinası ve makinayı oluşturan parçalar Şekil 59'da gösterilmektedir.

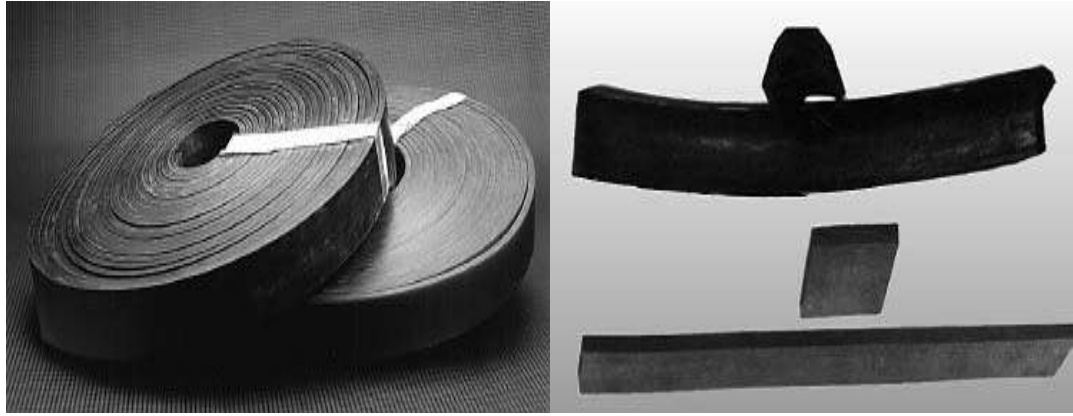


Şekil 59. Elmas telli kesme makinası ve makinayı oluşturan parçalar.

Genel olarak elmas telli kesme makinası dört ana parçadan oluşmaktadır;

- *Gövde-Motor*: Bir saç muhafaza içine yerleştirilmiş, benzin veya elektrikle çalışan bir motor ve dişli sistemden oluşur.
- *Kasnak*: Dökme çelik veya alüminyumdan yapılmış ve gövde üzerinde dişli sistemi ile motora bağlanmıştır (Şekil 59). Üzerinde bulunan oluğa özel yapılmış plastik (Şekil 60)

yerleştirilerek elmas boncuklu telin metal aksam ile teması kesilmiş olur. Telin dönüşü sırasında lastiği yıpratmamak ve elmas boncuklu teli rahatça çevirebilmek için volanın çevresinin mümkün olduğu kadar büyük bir bölümünün tel tarafından kullanılması gerekir. Bunu sağlamak için makinayı kesilecek kütleden belli bir uzaklığa koymak veya yardımcı, yönlendirici makaralar kullanmak gerekir. Aksi halde elmas boncuklu tel kasnak üzerinde kayacak ve bu da lastik yıpranmasına ve dönme hızının kontrol edilememesine neden olacaktır.



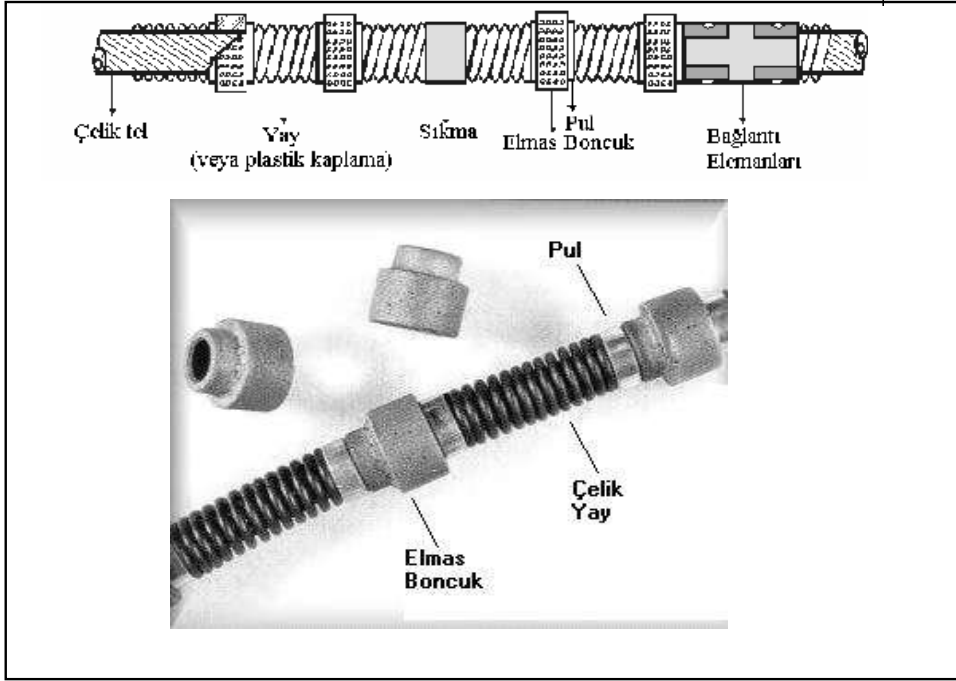
Şekil 60. Kasnak üzerine monte edilen plastikten yapılmış kaplama.

- Ray: Telli kesme makinasının üzerinde hareket edebildiği ve yol aldığı kısımdır (Şekil 59). Genellikle ? profilden yapılmış bir çelik malzemedir. Bir telli kesme makinasında 3'er metrelik 2 veya 3 adet ray parçası bulunur. Raylar kesim sırasında ağaç balastlar üzerine monte edilir. Rayların sabitlendiği zemin makinanın çalışması açısından önemlidir. Zeminin düzgün olmaması nedeniyle makinanın sallantılı çalışması, kesime ve kullanılan elmas boncuklu tele zarar verebilir. Ray uzunluğu, kesilen yüzeyin uzun kenarından daha fazla tutulmalıdır. Bu fazlalık en az, yüzeyin % 10'u kadar olmalıdır. Basamak yüksekliği 7 metreye kadar olan işletmelerde raylar ön yüzden 3 metre, basamak yüksekliği 7 metreden fazla olanlarda ise 4 metre uzaklığa yerleştirilmelidir.
- Kumanda tablosu: Elmas telli kesme makinasına kesim sırasında kumanda, bu pano yardımıyla yapılmaktadır (Şekil 59).

#### 10.4.4.2.3.2. Elmas boncuklu teli oluşturan parçalar

Doğal taş işletmeciliğinde kullanılan elmas boncuklu tel, Şekil 61'de gösterildiği gibi 5 mm çapında çelik tel ve bunlar üzerine paslanmaz çelikten yapılmış yaylar arasına yerleştirilmiş elmas boncuklardan oluşmaktadır (Capuzzi, 1989; Cai ve Mancini, 1989; Urhan ve Şişman, 1992; Biasco, 1993). Bunlara ek olarak, telin iki ucunu birbirine bağlayan, bağlantı elemanı, elmas boncuk ile yaylar arasına yerleştirilen küçük çaplı pullar yer almaktadır.

*Çelik Tel:* Krom-nikel alaşımli her biri 19-61 telcikten oluşan 7 adet telin burulması ile elde edilmektedir (Capuzzi, 1980 ve 1989).



Şekil 61. Elmas boncuklu telin dizilimi ve parçaları.

**Yaylar:** Boncuklar arasına dizilmiş çelik özellikli elastik elemanlardır. Dış çapı 8 mm olup, uzunluğu 20-30 mm arasında değişmektedir (Primavori, 2002). Yaylar paslanmaz çelik telin bükülüp özel ısıl işleminden geçirilmesi yolu ile üretilmektedir. Kesim süresince telde olabilecek ani gerilmeleri azaltmak ve de boncukların tel üzerinde kaymasını önlemek için kullanılmaktadır. Granit gibi sert kayalara yönelik uygulamalarda ise, granitten kesim sonucu çıkan çamuru mermer çamurundan çok daha aşındırıcı olduğundan, çelik tel ve elmas boncuk iç çeperlerinin aşınması söz konusudur. Bu yüzden sert taşların kesiminde ya çelik yay yerine aynı görevi üstlenen plastik tüpler kullanılmakta ya da tüm elmas boncuklu tel sisteminin üstü yüksek basınçla yerleştirilen termoplastik reçine ile kaplanmaktadır. Boncukların üzerine kaplanan bu plastiğin çapı boncuktan çok az fazladır, ancak, kesim esnasında boncuğun üstündeki kaplama açılmakta ve böylece boncukla taşın teması engellenmemektedir. Bu plastik aşındırıcı, kesim esnasında çıkan çamurun çelik teli aşındırmasına engel olmaktadır (Hawkins vd., 1990; Wright, 1992; Biasco, 1993; Daniel, 1993; Özçelik, 1999; Primavori, 2001 ve 2002).

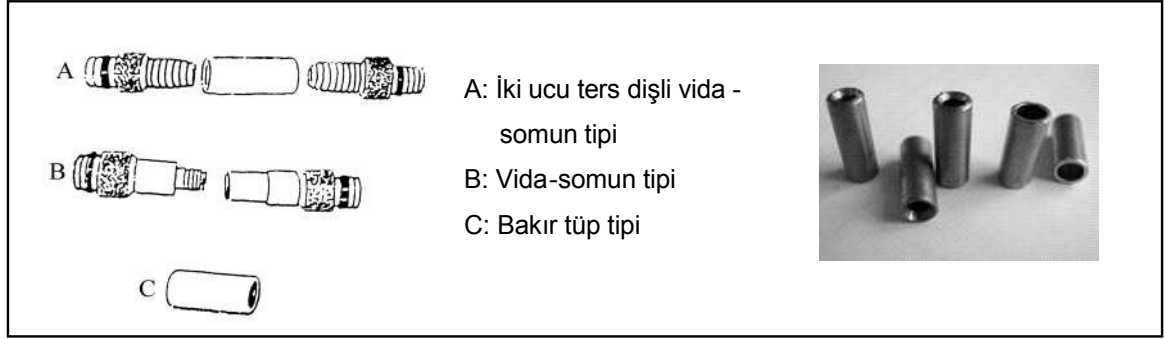
**Sıkmalar:** Elmas boncukların kesim süresinde tel üzerinde fazla miktarda kayarak bir tarafa toplanmalarını ve tel boyunca elmas boncukların telden çıkıp kaybolmalarını önlemek için kullanılmaktadırlar. Yumuşak kayalarda 3 boncukta bir, sert kayalarda ise 5 boncukta bir sıkma kullanılmaktadır. Çelik yay yerine plastik tüp kullanıldığında sıkmalara gerek yoktur.

**Pullar:** Metalden yapılan pulların dış çapı 8 mm, uzunluğu ise 3-4 mm arasında değişen pulların görevi çelik yayları ve de boncuğu korumak ve aynı zamanda boncuk gövdesine gelecek darbeleri önlemektir (Özçelik, 1999; Primavori, 2002).

**Tel Bağlantı Elemanları:** Standart boylardan daha uzun tel üretmek için ocakta standart uzunluktaki çelik teller bağlantı elemanları ile birbirine bağlanır. Bağlantı elemanları ayrıca, tel kesim için taşa koşulduğunda, telin iki ucunun birleştirilmesinde ve kesim esnasında kopan telin bağlanmasında kullanılır. Şekil 62'de görüldüğü üzere üç çeşidi bulunmaktadır.

- Tel uçlarının, birbirine eklenebilmesi için düzgün olması gerekmektedir. Bunun için kesilirken telin liflerini dağıtmayacak, özel bir makas kullanılmaktadır (Şekil 63).
- Tel dizilirken sıkıların sıkılmasında, tel uçları birleştirilirken tel bağlantı elemanlarının tele sabitleşmesinde kullanılacak baskı makası ya da baskı pompası gerekmektedir (Şekil 63).

*Elmas Boncuklar:* Elmas boncuklu telin taşı kesen ana kısmıdır (Cai ve Mancini, 1989; Cook ve Smith, 1993; Daniel, 1993).



Şekil 62. Çelik tel bağlantı elemanları ve tipleri.



Şekil 63. Hidrolik baskı pompası, baskı makası ve kesim makası.

Başarılı bir elmas boncuğun tasarımı, yüksek kaliteli bağlayıcı/çimento (matriks) tozları ile elmasların uygun seçimi ile başlamaktadır. Matriks, - herhangi bir zarar vermeden - elmas tanelerini sıkı bir şekilde tutmalı ve kesme süresince belirli bir aşınma göstererek, hem mikro düzeyde sabanlama yapan elmas tanelerinin uç kısmının rahat işlem yapması, hem de talaş akışının rahat gerçekleşmesini sağlamalıdır. Boncuk verimi için elmas-matriks arasındaki bağ son derece etken olmaktadır (Cai ve Mancini, 1989; Konstanty, 1991; Cook ve Smith, 1993; Daniel, 1993; Karagöz ve Zeren, 1996-a ve b ve 1997-a). Elmas boncukların mikroyapısı iki ana karakteristik malzeme tarafından belirlenmektedir. Bunlar, elmas ve matrikstir (bağlayıcı malzeme).

Elmas boncuklar üretim yapıları itibariyle genel olarak üç gruba ayrılırlar;

- 1) Elektrolitik kaplamalı elmas boncuklar
- 2) Sinterize (emprenye) elmas boncuklar
- 3) Kimyasal yapıştırmalı elmas boncuklar



Her üç sistemde de öncelikle elmas tozları bir ayırım ve sınıflama işlemine tabi tutularak kesilecek kayaca uygun olarak boncuk ve tel imali gerçekleştirilmektedir.

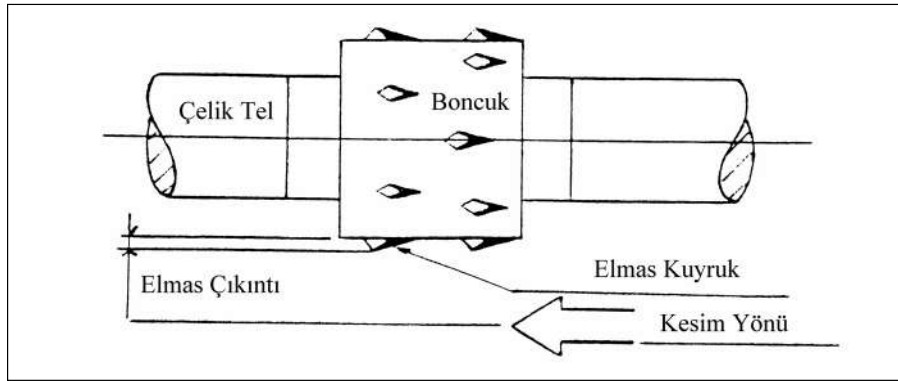
Daha yeni bir teknik olan sinterize (emprenye) tipi elmas boncuk ile elektrolitik kaplamalı boncuk arasındaki verimlilik karşılaştırması doğal taş blok kesimi (mermer) için Çizelge 5'te verilmektedir (Hawkins vd., 1990).

Çizelge 5. Elmas boncuk tiplerinin kesme hızı ve ömürlerinin karşılaştırılması (Hawkins vd., 1990).

Boncuk Tipi	Kesme Hızı (m <sup>2</sup> /saat)	Ömür (m <sup>2</sup> /m)
Elektrolitik kaplamalı	8-16	20-35
Sinterize	6-8	30-50

Sinterize elmas boncuklar özellikle sert taşların kesimi için daha uygundur (Hawkins vd., 1990; Bortolussi vd., 1994; Daniel, 1993). Elektrolitik kaplamalı boncuklar düşük bir lineer kesme hızına sahip iken, sinterize elmas boncuklarda sürekli aşınmadan dolayı (homojen aşınma) kesme işlemi boyunca kesme hızı sabit kalmakta ve daha düzgün ve hırpalanmamış bir kesim yüzeyi elde edilmektedir (Biasco, 1993).

İster elektrolitik kaplamalı isterse sinterize boncuk olsun her iki elmas boncuk türünde de, çelik tel üzerine dizili olan boncuklar üzerindeki elmas taneciklerin kesim yönlerinin Şekil 64'te gösterildiği gibi hep aynı olması gerekmektedir (Urhan ve Şişman, 1992).



Şekil 64. Elmas boncukların kesme pozisyonları.

Elmas boncuk çapları kullanım amaçları ve üretim teknolojisine göre farklı boyutlarda imal edilebilmektedir (Blok kesme, süs işçiliği gibi).

**Elmas boncuk dış yüzey çapları:**

8 mm, 8,8 mm, 10 mm, 10,5 mm ve 11 mm olarak değişmektedir.

**Yüzük çapları:**

7 mm, 8 mm, 8,5 mm olarak değişmektedir.

**Yüzük içi çapları:**

4,2 mm ve 5,1 mm olarak değişmektedir.

**Çelik halat çapları:**

4 mm, 4,8 mm ve 4,9 mm olarak değişmektedir.

Elmas boncuğun matriks yapısının hacmi hesaplandığında en yüksek oranın 11 mm çapındaki elmas boncuklarda elde edildiği görülür. Bu oran, çaplar küçüldükçe düşmektedir. Yani aynı özelliklere sahip matriks yapılar olduğu varsayıldığında en fazla matriks yapı 11 mm dış çaplı elmas boncukta mevcut olup çaplar düştükçe kullanılan matriks yapının miktarının düştüğü görülmektedir. Aynı özelliklerde matriks yapının kullanıldığı iki farklı çaptaki elmas boncuğun performansı kıyaslandığında doğal olarak çapı büyük olan elmas boncukta daha yüksek bir performans elde edilecektir.

Çizelge 6'da doğal taş üretiminde kullanılan elmas telli kesmedeki mevcut işlemler ve ortalama performanslar, Çizelge 7'de ise İtalya, Türkiye ve dünyadaki bazı farklı mermer ve granit türlerinde kaydedilen elmas telli kesme makinası verimliliği verilmektedir. (Primavori, 2002; Özçelik, 1999).

Çizelge 6. Doğal taş üretiminde kullanılan elmas telli kesmedeki mevcut işlemler ve ortalama verimlilik (Primavori, 2002).

KONU	MERMER ÜRETİMİ	GRANİT ÜRETİMİ
Tel ve Boncuk Çeşidi	Geleneksel kablo; plastik kaplanmış, lastik kaplanmış, yaylar; elektrolitik ve sinterlenmiş boncuklar	Sadece plastik-veya lastik-kaplanmış kablolar, ender olarak yaylar; sadece sinterlenmiş boncuklar
Boncuk dizilimi	Genel olarak 28 – 34 boncuk/m'den oluşan teller	Genel olarak 32 – 40 boncuk/m'den oluşan teller
Uygulama	Birincil ve İkincil kesimler, Blok Sayalama	Birincil ve İkincil kesimler, Blok Sayalama için ekonomik değildir
Kesim Uzunluğu	20 m <sup>2</sup> 'den 350 – 400 m <sup>2</sup> 'ye kadar (istisna olarak 800-1000 m <sup>2</sup> )	20 m <sup>2</sup> 'den 150 m <sup>2</sup> 'ye kadar (ender olarak 200 m <sup>2</sup> )
Ortalama Verimlilik	3 – 12 m <sup>2</sup> /sa 'den 18 m <sup>2</sup> /s 'e kadar	1 – 5 m <sup>2</sup> /sa 'den 8-9 m <sup>2</sup> /sa'e kadar
Tel Ömrü	15-40 m <sup>2</sup> /m'den 120 m <sup>2</sup> /m'ye kadar	Ortalama 2.5 -7 m <sup>2</sup> /m'den 10 -12 m <sup>2</sup> /m'ye kadar
Lineer Tel Hızı	30-45 m/s	15 -30 m/s

Çizelge 7. İtalya ve Türkiye'de farklı doğal taş türlerinde kaydedilen elmas telli kesme verimlilikleri  
M: Mermer; G: Granit.

<b>MALZEME</b>	<b>VERİMLİLİK (m<sup>2</sup>/sa)</b>	<b>SÜRE (Faydalı Tel Ömrü) (m<sup>2</sup>/m)</b>
İngiliz Kumtaşı (ortalama değer)	4 -13	8 -24
Avustralya Kumtaşları (ortalama)	6.5-18	12-45
Ticino Gneiss (İsviçre) G	4.0	6.0
Verde Alpi (İtalya) M	8.0	18
Baltic Brown (Finlandiya) G	4.0	7.5
Grigio Perla (İtalya) G	1.5	5.5
Ghiandone Limbara (İtalya) G	3.5	5.0
Light Labrador (Norveç) G	5.5	9
Dark Labrador (Norveç) G	6.0	13-17
Pallisandro (İtalya) M	12	28-30
Travertino Tivoli (İtalya) M	15.5	26
Candoglia (İtalya) M	13	33-35
Passau (Almanya) G	1.5	3.5
Rosa Porrino (İspanya) G	3.0	5.5
Canadian Black (Kanada) G	5	10.5
Impala (Güney Afrika) G	6	9-10
Dakota Mahogany (U.S.A.) G	2	2.5
Lanhelin (Fransa) G	2.5	4
Ankara Çubuk Andeziti (Türkiye)	0.33-3.46	2-20
Uşak Beyazı (Türkiye) M	5.48-9.3	50-85
Afyon Kaymak (Türkiye) M	5.71-9.5	55-95
Sivrihisar Bej (Türkiye) M	4.4-8.5	30-70

#### 10.4.4.2.4. Elmas telli kesme yönteminde kesime etki eden faktörler

Elmas telli kesme yöntemini etkileyen çok değişik parametreler bulunmaktadır. Bu parametreler Çizelge 8'deki gibi verilmektedir. Çizelge 8'de değiştirilebilir parametreler ile boncukta meydana gelen aşınma miktarları doğrudan kayacın fiziki, mekanik ve petrografik özelliklerine bağlı olmaktadır. Kayacın özellikleri değiştikçe gerek çizelgedeki değişkenler ve gerekse boncuklarda meydana gelebilecek aşınma miktarında da farklılıklar oluşacaktır (Özçelik, 1999; Özçelik ve Özgüven, 2001; Özçelik vd., 2002; Özçelik 2003-b).

Az maliyetle en yüksek verim elde edilebilecek blok kesiminin yapılabilmesi, bu faktörlerin itinalı bir şekilde değerlendirilip ayarlanması ile mümkün olmaktadır.

Çizelge 8. Elmas telli kesme yönteminde kesime etki eden faktörler (Özçelik, 1999 ve 2003-a).

Sabit Faktörler	Değiştirilebilir Faktörler (Değişken ve Yarı Değişken Parametreler)	
	Kesme Ekipmanının Özellikleri	Çalışma Koşulları
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kayacın sertliği</li><li>• Kayacın dayanımı</li><li>• Su içeriği</li><li>• Alterasyon derecesi</li><li>• Kaya içerisindeki süreksizlikler</li><li>• Mineralojik bileşim ve doku</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Motor gücü ve telin dönüş hızı</li><li>• Elmas boncuklu telin yapısı</li><li>• Kesilen bloğun boyutları</li><li>• Kesme süresi boyunca, telin kesim geometrisi</li><li>• Makina titreşimi</li><li>• Su tüketimi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kalifiye elaman</li><li>• Kullanılan teknik</li></ul>

Kesme işlemine başlamadan önce yapılması gereken ilk iş, sabit faktörlerin belirlenmesidir. Bunlar temelde kesilecek kayacın fiziksel, mekanik ve petrografik özellikleridir. Bu özellikler saptandıktan sonra, bu veriler esas alınarak değiştirilebilir faktörler üzerinde düzenlemeler yaparak iyi bir kesme performansına ulaşmak mümkün olabilmektedir.

Elmas telli kesme yöntemi maliyet açısından değerlendirildiğinde en önemli etken, elmas telli kesme işleminde, kesimi gerçekleştiren yüksek maliyetli boncuklarda meydana gelen aşınma miktarları olmaktadır. Bu nedenle elmas telli kesme yöntemi ile ilgili olarak yapılacak optimizasyon ve diğer teknolojik çalışmalarda bu konunun öncelikle dikkate alınması büyük önem taşımaktadır.

Boncuklarda meydana gelen aşınma miktarları artıça kesim hızı düşmekte, metre başına kesilen alan olarak tanımlanan tel verimliliği azalmakta, dolayısıyla üretilen doğal taşın metrekare başına maliyeti artmaktadır. Bu nedenle, boncukta meydana gelebilecek aşınma miktarını en düşük seviyede tutacak şekilde, en yüksek tel verimi koşullarının belirlenmesi doğal taş işletmeciliğinde en önemli konuyu oluşturmaktadır. Boncukta meydana gelen aşınma miktarı ise; kesilen alan yüzdesi, telin

kayaçla yapmış olduğu kesme açısı, kesme zamanı gibi birçok değişkeni de bünyesinde barındırmaktadır. (Özçelik, 1999).

Elmas telli kesme yönteminde telin ekonomik olarak kullanılabilmesi için, kesme süresince etkili olan çeşitli kuvvetlerin doğasını ve etkilerini anlamak çok önemlidir. Bu kuvvetlerin analizi, aletin nasıl kullanılacağı, en uygun kesme hızı ve en uzun alet ömrünün nasıl sağlanacağını göstermektedir (Hallez, 1992; Özçelik, 1999).

Çizelge 8'de verilen elmas telli kesme yönteminde kesime etki eden faktörlerle ilgili olarak her biri ile ilgili aşağıdaki açıklamalar yapılabilmektedir.

### **Kesilecek kayacın özellikleri**

Elmas telli kesme yönteminde kesilecek kayacın özellikleri kesme performansına etki eden sabit (değiştirilemez) faktörlerdir. Kesime etki eden başlıca kayaç özellikleri sertlik, dayanım, su içeriği, kayaç alterasyonu, süreksizlikler, kayaç dokusu ve kayacın mineralojik bileşimidir.

Özçelik (1999) tarafından yapılan çalışmada kesilecek kayacın sabit özelliklerinin elmas telli kesme yönteminde elmas boncuk aşınmasına etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmada andezit için elde edilen sonuçlar Şekil 65'te, hakiki mermerler için elde edilen sonuçlar Şekil 66'da ve kireçtaşları için elde edilen sonuçlar Şekil 67'de verilmiştir.

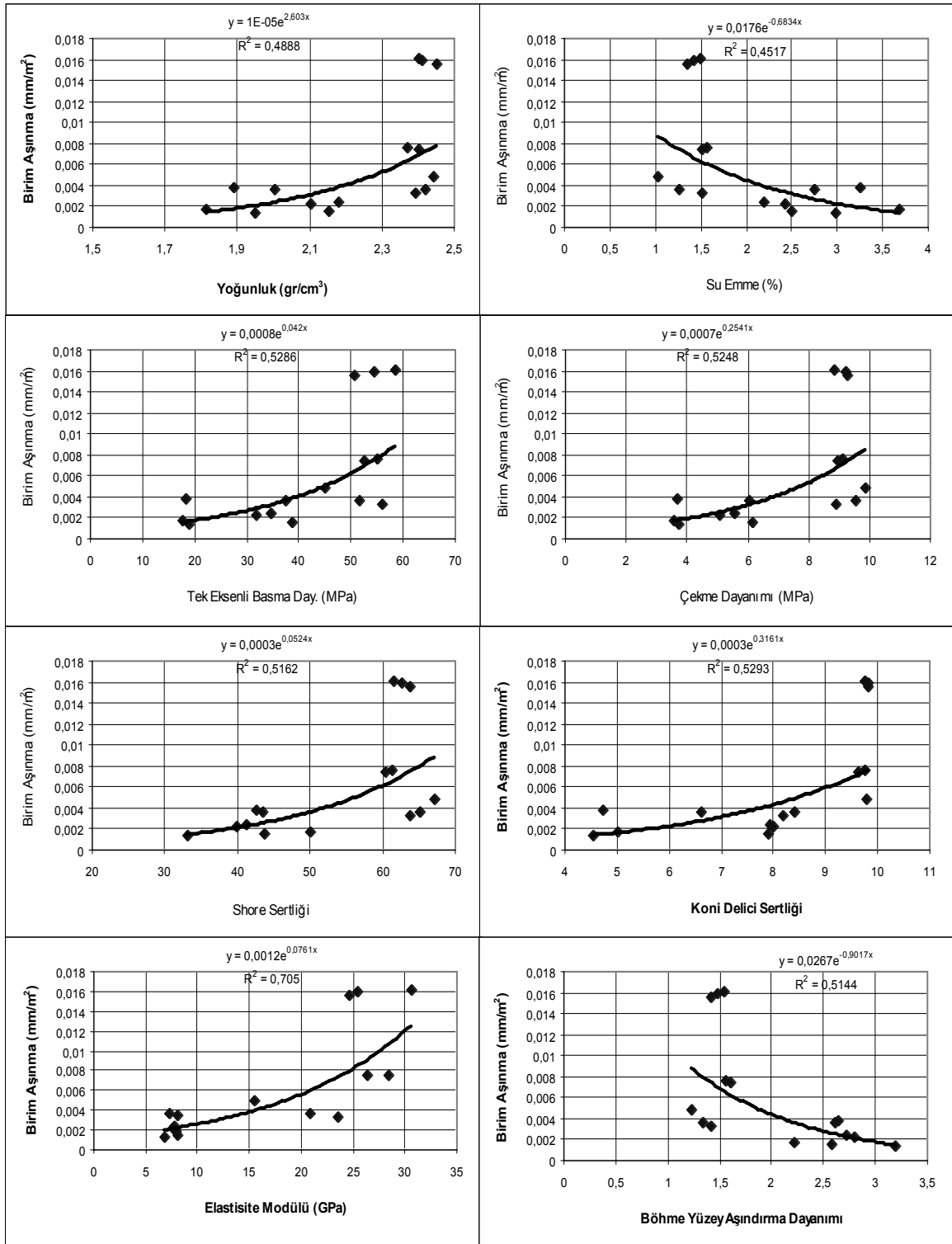
**Kayacın sertliği:** Doğal taşların elmas boncuklu tel ile kesimi yönteminde, kesilecek kayacın sertliği kesime etken bir parametre olarak düşünülmektedir. Zira elmas boncuk ve elmas telli kesme makinaları üreten firmalar kesilecek kayacın sertliğine göre makina ve ekipmanlarının özelliklerini düzenlemektedirler.

Özçelik (1999) tarafından doğal taş işletmeciliğinde elmas telli kesme makinalarının çalışma koşullarının incelenmesine yönelik olarak yapılan çalışmada, andezit, mermer ve kireçtaşlarının, Shore sertliği, Koni delici sertliği ve Schmidt sertliği değerleri ile elmas boncuklarda meydana gelen aşınmalar arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu çalışmada Schmidt sertliği ile elmas boncuklarda meydana gelen aşınma miktarı arasında bir ilişki görülmemektedir. Bundan farklı olarak; Shore sertlik değerleri ve Koni delici sertlik değerleri ile elmas boncuklarda meydana gelen birim aşınma arasında zayıf bir ilişki olduğu saptanmıştır.

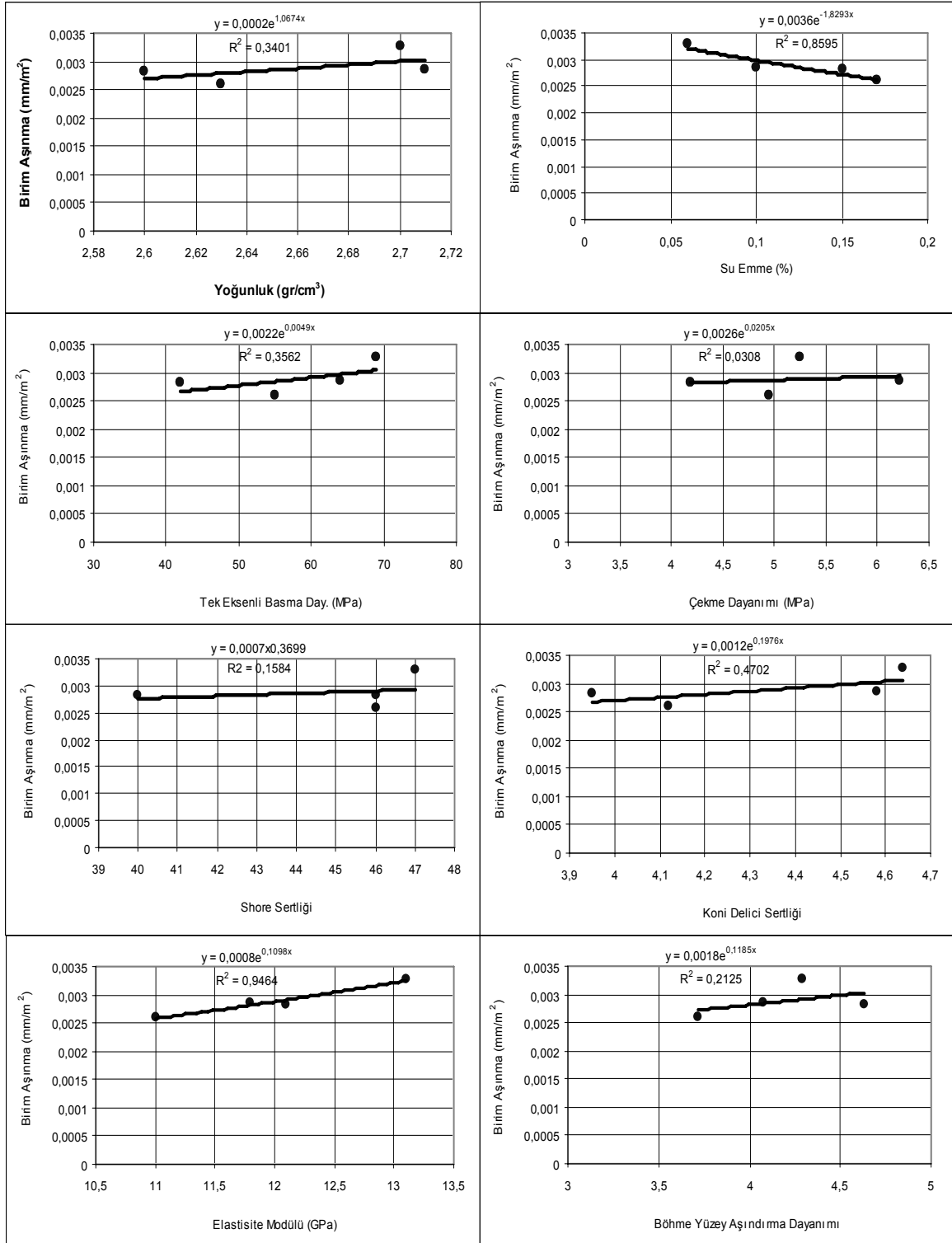
Kesimi yapılacak olan doğal taşın sertliği, telin performansını doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Kayacın yapısı ne kadar sert ve aşındırıcı olursa, elmas tanecikleri ve matriks yapı da, o oranda fazla aşınarak elmas boncuk ömrünü daha kısa bir sürede tamamlamaktadır.

**Kayacın dayanımı:** Doğal taşların dayanımları, elmas telli kesme makinaları ile kesilmesi sırasında elmas boncuklarda meydana gelen aşınmalar üzerinde önemli bir etkiye sahip olmakta ve kullanım alanlarına göre doğal taş seçiminde de etken kriter olarak bilinmektedir.

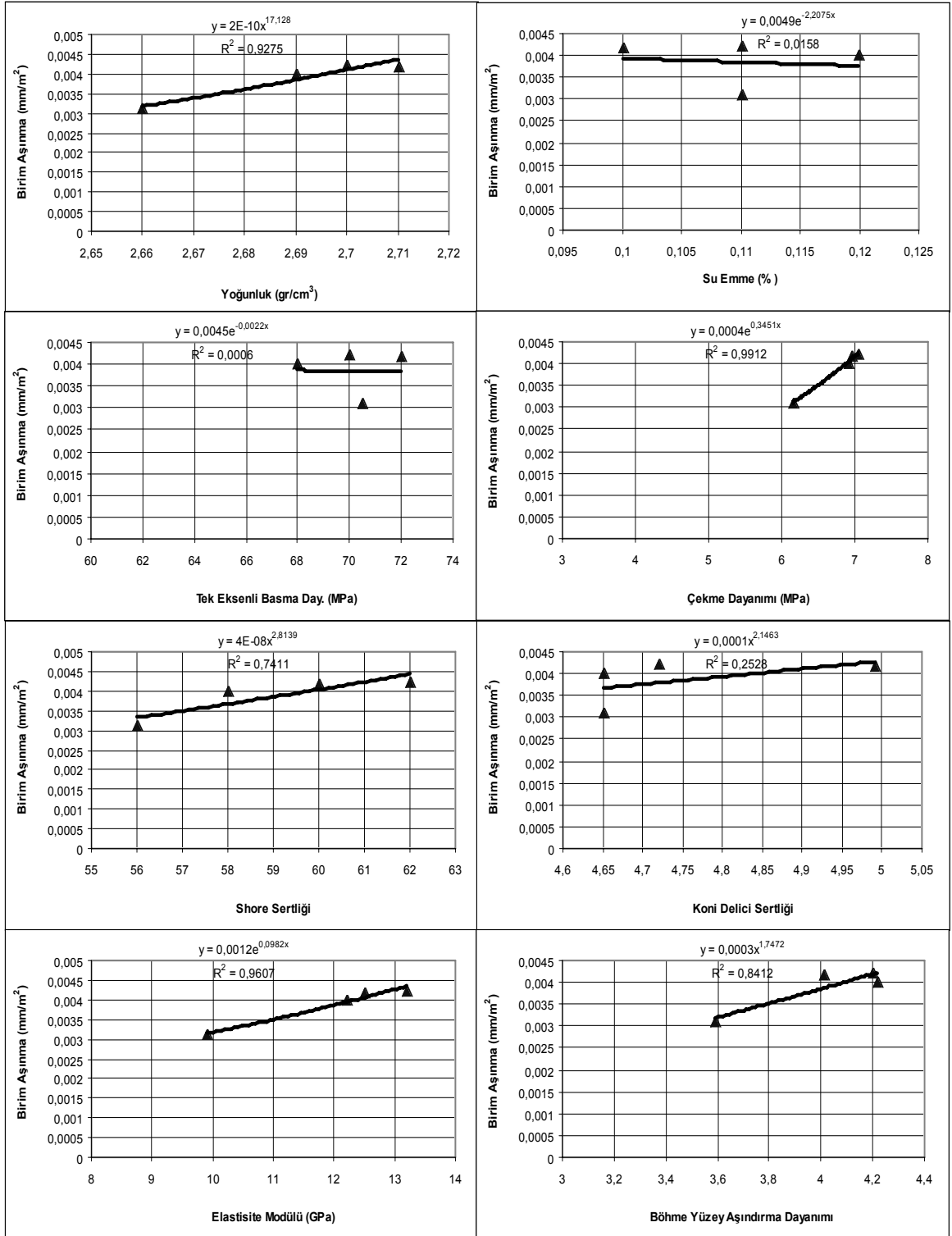
Kireçtaşı türü kayaçlarda, elmas boncuklu tel ile kesim sonucunda elmas boncuklarda meydana gelen birim aşınma ile kayaç dayanımı arasında  $R^2=0,99$  gibi anlamlı bir ilişki olduğu Özçelik (1999) tarafından ortaya konulmuştur.



Şekil 65. Ankara andezitlerindeki bazı kayaç özellikleri ile elmas boncuklarda meydana gelen birim aşınmalar arasındaki ilişkiler (Özçelik, 1999).



Şekil 66. Hakiki mermerlerdeki bazı kayaç özellikleri ile elmas boncuklarda meydana gelen birim aşınmalar arasındaki ilişkiler (Özçelik, 1999).



Şekil 67. Kireçtaşlarındaki bazı kayaç özellikleri ile elmas boncuklarda meydana gelen birim aşınmalar arasındaki ilişkiler (Özçelik, 1999) Dolayısıyla kayacın su içeriğinin elmas telli kesme yönteminde etken parametrelerden birisi olduğu düşünülmektedir.



**Kayacın su içeriği:** Kayaç dayanımının su içeriğinin artmasına bağlı olarak azaldığı bilinmektedir. Bu konunun detaylı olarak araştırılmasının, elmas telli kesme yönteminde, boncuk aşınmaları ve kesim sırasında kullanılan su miktarı göz önüne alındığında gerekli olduğu düşünülmektedir.

**Kayacın alterasyon derecesi:** Kayaçta meydana gelen alterasyon, hem kayacın görünümünü bozmakta hem de dayanımının azalmasına neden olmaktadır. Bu ise kayacın ekonomik değerini düşürmektedir. Bununla birlikte, kayacın alterasyonu kayacın elmas boncuklu telle kesilmesini kolaylaştırmaktadır. Dolayısıyla kesilmesi kolaylaşan bir kayaçta elmas boncuk aşınmaları da azalmaktadır. Ancak, elmas boncuklu tel ile doğal taş kesiminde altere olmuş kayaç, aşındırıcı malzeme içeren kumlu ve topraklı bölgeler içeren bir yapıya sahipse, bu yapının içerdiği kum ve toprak, elmas boncuklar ve yaylar aracılığıyla taşınarak, kesilecek yapıya temas ettiğinde matriks yapının daha çok aşınmasına neden olmaktadır. Ayrıca yaylı elmas boncuklu tel diziliminde yayların bozulmasına da sebep olabilmektedir. Matriks yapının aşınması sonucunda, elmas tanecikler matrikse tutunamayarak düşüp, görevlerini yapamadan kaybedilmektedirler. Yayların bozulması ise çelik telin hasar görmesine neden olup, tel kopmalarına sebebiyet verebilmektedir.

**Kayaç içerisindeki süreksizlikler:** Kesilen kayacın içinde bulunan süreksizlikler elmas boncuklu telin performansını olumsuz yönde etkilemektedir.

Yapının içerisinde bulunabilen demir, zımpara, kuvars gibi yüksek sertlik ve aşındırıcılık özelliğine sahip olan maddeler, elmasın sertliğine yakın bir sertlikte olmalarından dolayı, elmas boncuğun daha hızlı aşınmasına neden olarak, boncuğun ömrünün normalden daha kısa bir sürede tükenmesini hızlandırmaktadır.

Kayacın mineralojik bileşimi ve dokusu: Kayaçların mineralojik ve dokusal özellikleri, kayaçların gerek ocakta gerekse fabrikada kesiminde ve de ocaktan kullanım yerine kadar doğal taşların tanımlanmasında önemli bir rol oynamaktadır (Özçelik, 1999).

### **Kesme ekipmanının özellikleri**

Elmas telli kesme yönteminde doğal malzemenin kesilmesi ve bu malzemenin özelliklerine müdahale edilememesi en büyük sorundur. Ancak; kesilecek kayaç özelliklerine uygun olarak kesme ekipmanının özelliklerinin ayarlanması bu handikabın derecesini en aza indirmektedir. Elmas telli kesme yönteminde kesime etki eden, kesme ekipmanı özellikleri alt başlıklar halinde aşağıda sunulmaktadır.

**Motor gücü ve tel hızı:** Elmas telli kesme yönteminde, elmas telli kesme makinasına koşulan elmas boncuklu telin uzunluğu, elmas telli kesme makinasının motor gücüyle doğrudan ilişkilidir. 37 kW'lık (50 BG) motor gücüne sahip bir elmas telli kesme makinası 60-70 metre uzunluğunda tel sarma kapasitesine sahipken, 45 kW'lık motorlarda tel sarma uzunluğu 80-100 metre arasında değişmektedir.

Elmas telli kesme makinasıyla kesme süresince telin dönüş hızı da tel kesme makinasının motor gücüne bağlı olmaktadır. 18 kW ile çalışan makinalarda hız 20 m/s iken 40 kW'da bu hız 30 m/s'ye çıkmaktadır (Urhan ve Şişman, 1993).

Elmas telli kesme makinaları genelde 0-45 m/s değişken doğrusal tel hızı sağlayacak şekilde dizayn edilmektedir. Tel dönüşü başladıktan sonra, makinanın geriye doğru hareketi ile kesme işlemi

başlamaktadır. Kesilen taşın cinsine göre, kesme verimini artırmak için tele belirli oranlarda germe kuvveti uygulanmaktadır. Germe kuvvetinin kontrollü olarak uygulanması, kesme sırasında oluşabilecek aşırı titreşimi engellemektedir (Hawkins vd., 1990).

Wright (1992)'e göre yumuşak kayalar için kullanılan en uygun doğrusal tel hızı 40-50 m/s iken, sert formasyonlarda doğrusal tel hızının 30 m/s'ye düşürülmesi elmas boncuk ömrü ve kabul edilebilir kesim hızı için gerekli olmaktadır.

Elmas telli kesme makinasının, elektrikli motor ile dönen ve elmas boncuklu telin hareketini sağlayan kasmağa güç aktaran merkezi tamamen hidrolik ya da mekanik olabilmektedir. Hidrolik merkezli makinaların, ilk çalışmada telin dönme hızının ayarlanabilmesine olanak sağladığından, mekanik merkezli makinalara üstünlüğü bulunmaktadır. Dönme hızının ayarlanabilir olması ilk çalışma anında hem keskin köşelerden ötürü elmas boncuklar üzerinde meydana gelen aşırı aşınmayı kontrol etmekte hem de tel kopmalarını engellemektedir. Buna karşın ilk yatırım ve bakım masrafları oldukça yüksektir (Urhan ve Şişman, 1992).

Elmas telli kesme makinası kesim yapıldıkça geriye doğru ötelenmektedir. Telli kesme makinasının öteleme hızı ile elmas boncuklu telin doğal taş içerisinde ilerleme hızı aynı olmalıdır. Öteleme hızı düşük olduğunda kesme verimi düşerken, fazla olduğunda telde aşırı gerilme ve kopma ile sonuçlanabilecek kuvvetli salınımlar olacaktır. Bu durumda makinanın öteleme hareketini durdurmak ve salınım hareketi bitince öteleme hızını yeniden, tel salınımsız bir şekilde dönecek biçimde, ayarlamak gerekmektedir (Urhan ve Şişman 1993).

Sertleşen malzemeye göre elmas boncuklu telin dönüş hızını düşürmek gerekmektedir. Bunun amacı elmas boncuklu tellerin kesilecek yapıya ideal temasını sağlamak ve en yüksek kesim hızı ve performansla ulaşmaktır. Daha yavaş dönüş hızı uygulandığında elmas boncuklar daha hızlı aşınmakta, daha hızlı bir dönüş uygulandığında ise suyla kayganlaşan alanlar oluşmakta ve tel kesim yapmaksızın boşa dönmektedir.

#### **10.4.4.2.5. Elmas telli kesme makinasının diğer türleri**

Farklı amaçlardan doğan ihtiyaçlar doğrultusunda elmas telli kesme makinasının değişik varyasyonları oluşturulmuştur. Bu makinalar aşağıdaki gibidir;

- A) Blok kesiminde kullanılanlar
  - Sayalama makinası
  - Tek telli sayalama makinası (monoteller)
- B) Levha üretiminde kullanılanlar
  - Elmas çok telli levha kesim makinaları
- C) Dekoratif ve sanatsal amaçlı kesimlerde kullanılanlar
  - Elmas telli yüzeyleme (konturlama) makinası

Elmas telli sayalama makinaları hakkında geniş bilgi daha önce verilmiştir. Blok işleme aşamalarında, sabit makina uygulamaları ve tıpkı ocaklarda olduğu gibi fakat çok daha kısa (özellikle 'dağ' kesimi işlemlerine göre) ve farklı türlerde gerilmelere maruz kalan değişik türlerde kapalı devre tel sistemleri kullanılmaktadır. Örneğin, arazide bölgenin yapısından gelen bilinmeyen faktörlerin (kırıklar, kütlenin yataktaki hareketi vs.) yanında farklı malzemelerin kesilmesinden kaynaklanan yeni parametreler de devreye girmektedir.

#### 10.4.4.3. Zincirli/bantlı kollu kesiciler

İlk önce kömür madenciliğinde kullanılan kollu kesiciler daha sonra doğal taş işletmeciliğinde de kullanılmaya başlanmıştır. Makina, kesme işlemini yapan kesici türüne göre ikiye ayrılır; a) zincirli kollu kesiciler ve b) bantlı kollu kesiciler.

##### 10.4.4.3.1. Zincirli kollu kesiciler

Bu yöntem, ilk olarak kömür madenciliğinde kullanılan zincirli kollu kazı makinalarında ufak değişiklikler yapılarak bunların doğal taş endüstrisinde kullanılmaya başlanması ile ortaya çıkmıştır. İlk makinalarda kesici uç olarak tungsten karbür kullanılırken 1977'den sonra elmas kesici uçlu makinalarda üretilmeye başlanmıştır. Ağaç kesme işlerinde kullanılan motorlu testerele benzemekle birlikte yapı ve çalışma prensibi farklıdır. Genel olarak bir motor ünitesi ve dişli bir zincir taşıyan hareketli bir koldan oluşur. Zincirli kollu kesici makinalar, çeşitli firmalarca çok değişik tip ve kapasitelerde imal edilmektedir. Bu makinaların toplam ağırlığı yaklaşık 2-10 ton arasında olup, elektrik enerjisiyle çalışan üç adet motoru mevcuttur. Bu motorlardan birincisi kesici zincir sisteminin bağlı olduğu kolu hareket ettirmekte olup, 1-3 BG arasında değişen güce sahiptir. İkinci motor kesici zincir sisteminin çevirmek için 75-110 BG arasında değişen güce ve üçüncü motor da makinanın ray üzerinde ileriye geriye hareketini sağlamakta olup, 1 BG gücündedir.

Zincirin kesimini kolaylaştıran aşındırıcılar genellikle tungsten karbit ve daha sert doğal taşlarda ise strapax (polikristalin elmas) 'tır. Kesim işlemi, önceden belirlenmiş plan çerçevesinde hareket eden kolun kaya içinde ilerlemesi ve dönmesi sayesinde gerçekleşir. Karbonatlı ve sert kayalarda kolaylıkla kesim imkanı sağlamaktadır (Primavori, 2004).

##### 10.4.4.3.1.1. Zincirli kollu blok doğal taş kesme makinaları ana parçalar

**Ray Sistemi:** Sökülüp uç uca eklenebilir olması nedeniyle fazlaca uzun değildir. Kesim biten taraftan sökülen parça, ilerleme yönünde monte edilir. Bir ocak için iki tane 3 metrelik, bir tane 2 metrelik ve bir tane 1 metrelik olmak üzere toplam 9 metre ray yeterli olmaktadır. Yeni gelişmelerle hidrolik sabitleyiciler ve/veya kendiliğinden hareketli raylar kullanılmaktadır.

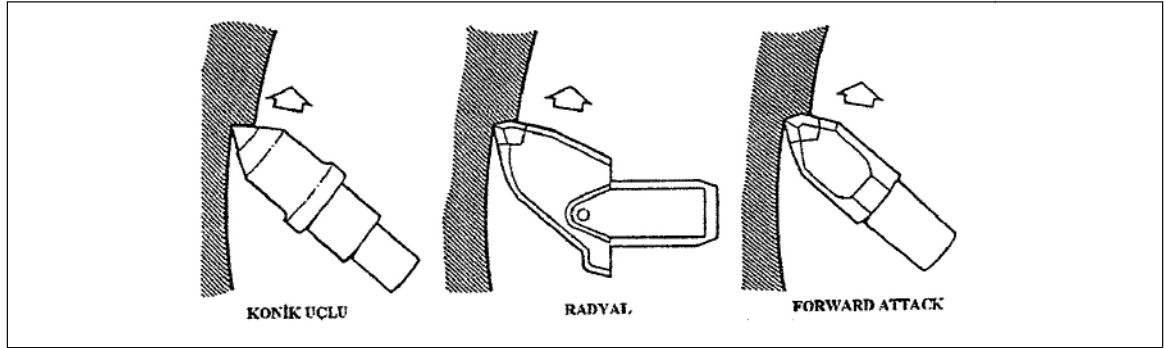
**Ana Makina:** Ray üzerinde hareket eden, elektrik motorlarını, hidrolik güç ünitelerini, kontrol ve kumanda cihazlarını ve kesme kolunu taşıyan kısma ana makina adı verilir. Bu ana makina sağlam bir şasi üzerinde oturmaktadır. Motor gücü 25-75 HP arasında değişmektedir.

**Kesme Kolu (Jib) ve Kesici Zincir Tertibatı:** Zincirli kollu kesicilerde kesme kolu hidrolik güç kaynağı ile kolayca yatay ve düşey kesme pozisyonlarına getirilebilir. Böylece aynı makina ile hem yatay hem de düşey kesim yapılabilir.

Kol üzerinde dönen zincir tertibatı üzerine kesici uçları taşıyan 7'li ve 11'li kesme takımı bulunmaktadır. Bu 7'li ve 11'li kesme takımı belirli bir dizilişle yer alır ve üzerinde kesici uçlar vidalanır. Kesici uçlar genelde Tungsten Karbitten yapılır ve doğal taşların kesiminde bu uçların özel kesme açılı bulunur. Bu özel yapı onlarla hızlı kesme ve uzun süre dayanma imkanı sağlar. Bunların dört kenarı da kesicidir. Bir yüzey körlenince kolayca diğer yüzey devreye alınır.

Zincirli kollu kesiciler gibi mekanik kazı ve kesme makinalarında, radyal ve teğetsel olmak üzere iki

tür keski kullanılmaktadır. Konik uçlu ve forward attack keski, teğetsel keski türlerinin farklı modelleridir. Konik uçlu keski, forward attack keski türünün modern bir türü olarak üretilen, konik uca sahip, dairesel kesitli ve keski tutucuları içinde dönen keski türüdür (Powell, 1991; Tiryaki, 1998). Mekanik kazı ve kesme makinelerinde kullanılan keski türleri Şekil 68'de verilmektedir.



Şekil 68. Mekanik kazı ve kesme makinelerinde kullanılan keski türleri.

Zayıf kayalarda uzun keski türünün, sert kayalarda ise kısa keski türünün oransal olarak daha verimli oldukları belirtilmektedir (Fowell vd., 1987). Bununla birlikte, sert kesme koşullarında keski seçim ölçütü olarak kesme verimliliğinden çok, keskinin faydalı çalışma ömrünün göz önüne alınması gerektiği öne sürülmektedir (Plum, 1987).

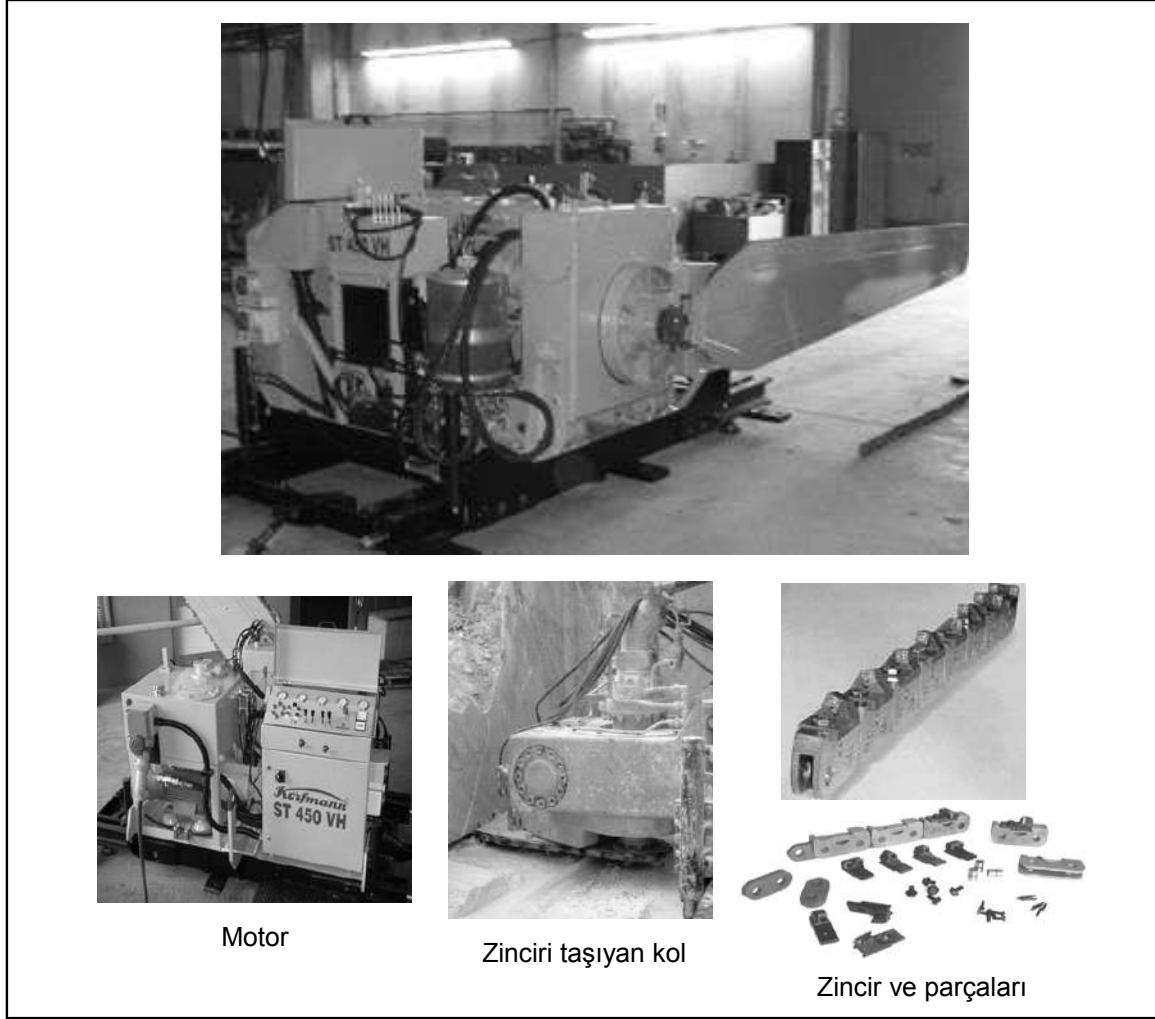
Birçok araştırmacı, laboratuvarında yaptıkları kesme çalışmaları sonucunda, kesme sırasında konik uçlu keski türünün, kama tipli keski türünün değişik türleri olan radyal ve yassı tipli keskilere oranla daha yüksek kesme kuvvetlerine gereksinim duyduklarını, daha yüksek özgül enerji ve özgül toz konsantrasyonu değerleri oluşturduklarını belirtmektedir (Tiryaki, 1998).

Zincir hareketi elmas boncuklu telden daha yavaştır ve aşındırıcılar kesim yüzeyini işleyerek kayada çok küçük taneler halinde parçalanmış ince bir bölge oluşturur. Günümüzde kol uzunluğu en az 1,2 en çok 6,2 metreyi bulmaktadır. Kesim kalınlığı ise 32 mm'den 42 mm'ye kadar değişmektedir. Farklı modellerdeki zincirli kollu kesicilerde bulunan zincir yayılımı kesim oranını değiştirmektedir. Doğal taş işletmeciliğinde yaygın olarak kullanılan zincirli kollu kesici ve parçaları Şekil 69'da verilmektedir. Normalde bir elektrik ünitesi zincir hareketi, kol hareketi ve makinenin ray üzerinde ilerlemesi için enerji sağladığı gibi, hepsi için ayrı elektrik motorları da kullanılabilir.

### **Doğal taş üretiminde kollu kesici uygulamaları**

Birçok farklı türde üretilen makineler açık ocaklar, yeraltı ocakları ve diğer çok amaçlı işler için kullanılacak şekilde sipariş edilebilir. Kesim işlemi bittiğinde motor ve kol ünitesi hidrolik olarak yükseltilmekte, raylar kesim yönüne dönmekte ve her ünite kesimin başlangıç noktasına dönmüş olmaktadır.

*Açık Doğal Taş Ocaklarında:* Doğal taş blok kesim/üretimi, öncelikle basamaklar oluşturularak yapılmaktadır. Doğal taş talebine göre veya daha önceden yapılmış olan planlamaya göre tespit edilmiş olan blokların kesilebilmesi için, zincirli kollu blok kesiciler uygun olan basamaklar üzerine yerleştirilir.



Şekil 69. Doğal taş işletmeciliğinde kullanılan zincirli kollu kesici ve parçaları.

Zincirli kollu kesicilerin basamak üzerine yerleştirilmesinde yaygın olarak sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılmaktadır;

- Üretilecek bloğun uzunluğuna göre zincirli kollu kesicinin yeri tespit edilir
- Ana makina, ray-kule-vinç yardımıyla kesim için uygun olan basamağa yavaşça ve büyük bir dikkatle nakledilir
- Kesici ve altındaki ray, basamak yüzeyine, terazi ve ray ayakları yardımıyla paralel duruma getirilir.
- Kesici ve altındaki rayı sabit duruma getirmek için ray üzerinde bulunan deliklerin (4 adet) hizasında basamak yüzeyinde 10 cm derinliğinde delikler delinir. Açılan bu deliklere T kazıkları çakılarak kesici ve ray sabitlenir.
- Kesiciye su hortumu bağlanıp bağlanmadığı kontrol edilir.
- Kesici kol üzerinde bulunan soketler tek tek kontrol edilerek aşınmış olanlar değiştirilir, gevşemiş olanlar ise sıkılır.

*Keskilerin (soketlerin) aşınması ise;*

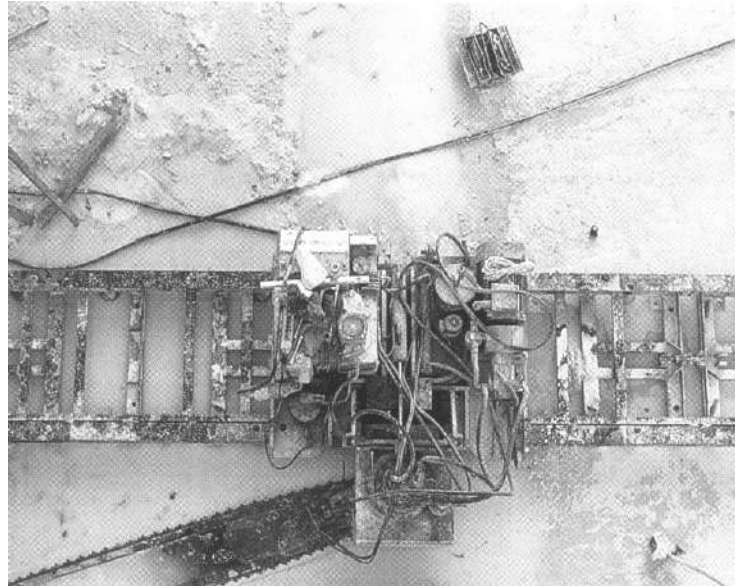
- Zincirli kollu kesicinin çalışma basıncının yükselmesiyle
- Zincirli kollu kesicinin çektiği akım şiddetinin yükselmesiyle
- Kesim sırasında oluşan teressubat taneciklerinin birleşmesiyle anlaşılır.

Yukarıdaki hazırlık ve kontrol işlemleri tamamlandıktan sonra zincirli kollu kesiciler blok kesme işlemi için hazır duruma gelmiş olmaktadır.

Açık ocak doğal tař madenciliğinde zincirli kollu kesicilerin kullanılması durumunda, elmas boncuklu tel ve delicilerle kombine çalıştırılırsa çok daha sūratlı ve dolayısıyla ekonomik ūretim yapılabilir. Ocak durumuna gōre yatay kesimi biri yaparken dūřey kesimi diğer kesme makinası yapabilir. Genel eğilim taban kesimlerin zincirli kollu kesiciler ile, yan kesimlerin ise elmas boncuklu telle yapılmasıdır.

Yeni geliřmelerle hidrolik sabitleyiciler ve/veya kendiliđinden hareketli raylar kullanılmaktadır. Bu sistemle kesim iřlemi bittiđinde motor ve kol ūnitesi hidrolik olarak yükseltilmekte, raylar kesim yōnüne dōnmekte ve her ūnite kesimin bařlangıç noktasına dōnmūř olmaktadır.

Yeni bir model olan kuřaklı makina, kendi bařına hareket edebilir ve 90° dōnebilir. Bu sayede hem açık ocaklar, hem de tūneller için uygun hale gelmiř olur. Diđer bir model ise, ebatlama için özel olarak tasarlanan modeldir. řekil 70'de yatay kesim řekil 71'de ise dūřey kesim yapabilen bir zincirli kollu kesici gōrūlmektedir.



řekil 70. Yatay kesim yapabilen bir kollu zincirli kollu kesicinin ūstten gōrūnūmū.

Ūlkemizde açık ocak uygulamaları Afyon'da (Demmer), yeraltı uygulamaları ise Burdur'da yapılmaktadır.



Şekil 71. Düşey kesim yapabilen bir kollu zincirli kollu kesici makina.

Günümüzde zincirli kollu kesiciler mermer, traverten ve geniş bir çerçeve içine giren orta aşındırıcılıkta silisli malzemelerin (kumtaşı, bazı volkanik kayalar, peperino) üretiminde kullanılmaktadır. Ancak, granit için pek uygun bir makina değildir. Hem birincil kesimlerde (dağ kesimlerinde), hem de ebatlamada kullanılabilir. En iyi sonuçları çatlak yapısı bol, düşük homojenlikteki kayaları keserken elde edilmektedir. Kesime hazırlanması biraz zaman almakla birlikte, uzun süreli kesimler için tercih edilmekte, ocakta düz bir hat boyunca sürekli olarak metrelerce kesim yapabilmektedir. Böylece düzenli kesimler ve düz yüzeyler elde edilmektedir. Doğal taş üretiminde kullanılan zincirli kollu kesicinin sağladığı başlıca avantajlar aşağıda sıralanmıştır;

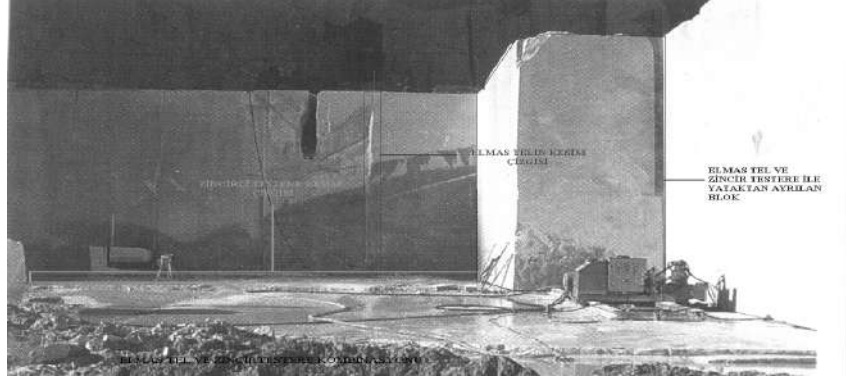
#### Avantajlar;

- Yüksek miktarlarda üretim yapabilmesi
- Kesim uzunluğu için teorik sınır olmaması
- Sağlıklı çalışma koşulları sağlaması; toz ve titreşime yol açmaz, nispeten düşük gürültüye neden olur
- Çalışma prensibi basittir
- Ön hazırlık gerektirmez
- Tünel açılışında vazgeçilmezdir
- Otomatik çalıştığından işçi nezareti gerektirmez
- İyi kalitede blok üretir
- Sürekli ebatlama için özel modelleri mevcuttur
- Bloğa çok iyi bir dış görünüş ve estetik sağlar
- Kuru ve su ile kesim yapabilmektedir
- Toz oluşumu yoktur ve kesim temiz bir şekilde sürdürülebilir
- Kesim sırasında titreşim olmaz.

#### Dezavantajlar;

- Kesme derinliği, kol uzunluğu ile sınırlıdır
- Her zaman ekonomik bir yöntem değildir
- Yüksek kapasiteli yükleyici ile kullanıldığında verimli olmaktadır.
- Kuru kesimler sadece sert olmayan doğal taşların kesiminde verimli olarak uygulanabilmektedir.

Zincirli kollu kesiciler doğal taş ocaklarında elmas telli kesme makineleri ile kombine biçimde çalışabilirler (Şekil 72).



Şekil 72. Doğal taş ocaklarında zincirli kollu kesici ile elmas telli kesme makinasının birlikte kullanımı.

Zincirli kollu kesici büyük bir yatırımdır. Ön yatırım olarak elmas telli kesme makinasından daha pahalıdır. Ama zincirli kollu kesici kendisini 6-8 ayda amorti edebilmektedir. Üstelik son derece emniyetlidir. Gerek kullanımda gerekse bakım ve kesici uç değişiminde özel ustalık gerektirmez. Operatör tarafından yerleştirilip çalıştırılmaya başlandıktan sonra, otomatiğe bağlanır ve devamlı nezaret gerektirmez. Tek yapılması gereken yağını ve suyunu eksik etmemektedir.

#### **10.4.4.3.2. Bantlı kesiciler**

Bantlı kesiciler Amerikan ocaklarında 1985'den itibaren kullanılmakta olan bir ekipmandır ve zincirli kollu kesicilerin değişik bir türüdür. Zincirli kollu kesicilerin daha pratik ve ekonomik olarak kullanılabilmesi için W.F.Meyers (Amerikan) ile Benetti (İtalyan) işbirliği ile geliştirilmişlerdir. Zincirli kollu kesicilerde olduğu gibi bir kola sahiptir ancak, kol üzerinde zincir yerine bant bulunmaktadır. Bu bant sayesinde, mermer, kumtaşı ve orta sertlikte taşlarda rahatlıkla kesimde kullanılabilir (Şekil 73). Granit türü sert taşların kesiminde ise kullanılamamaktadır. Şekil 74'te elmas bantlı testereyi oluşturan parçalar görülmektedir.

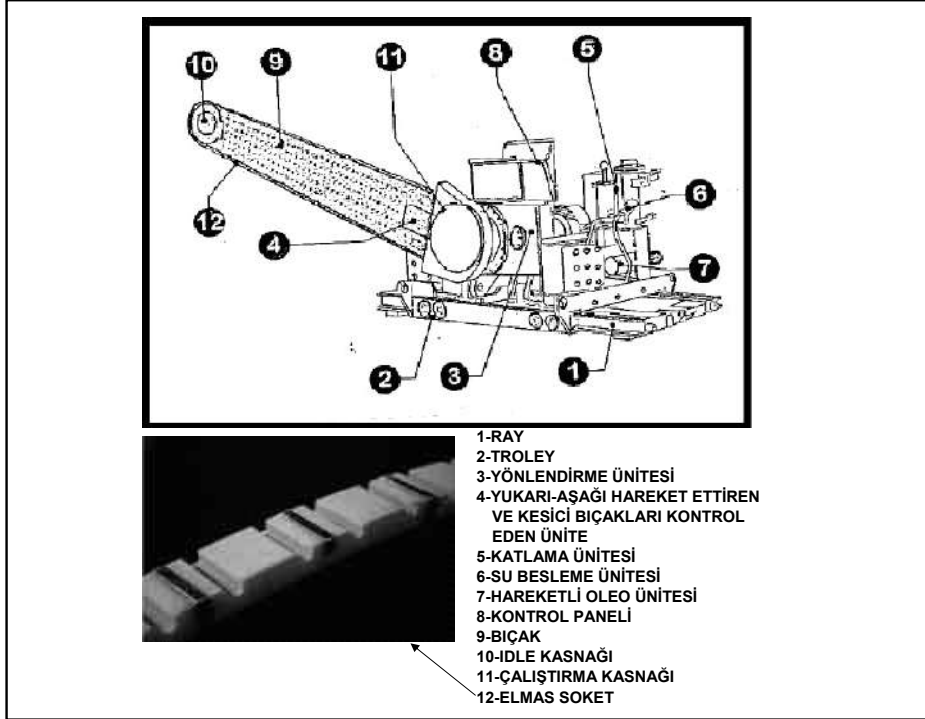


Şekil 73. Doğal taş ocaklarında kullanılan bantlı kesici.



Zincirli kollu kesicilerden farkları şu şekilde sıralanabilmektedir;

- Bant: 3 mm çapında sert plastikle kaplı çelik kablolardan örülü metal parça içermektedir.
- Aşındırıcı kısım: Bant boyunca 15 mm kalınlığında, aşındırıcı, sinterlenmiş elmas kaplı soketlerden oluşmaktadır (Şekil 74). Elmas ve bağlayıcı malzeme, kesilecek taş göre seçilmektedir.
- Yağlama ve soğutma sistemi: Kol üzerindeki bant basınçlı su ile soğutulmakta ve yağlama işlevini görmektedir. Böylece yağ gereksinim olmamakta, bu da makinarya çevresel bir önem kazandırmaktadır.



Şekil 74. Elmas bantlı blok kesim/üretim mekanizmasını oluşturan parçalar.

Makinanın üç türü vardır: Sadece düşey kesim için, hem düşey hem de yatay kesimler için ve tünel çalışmaları için üretilen modeller.

#### Sadece düşey kesime uygun model

- Elmaslı bandı taşıyan kol ve üç elektrik motorunu taşıyan şasi ve üzerinde bulunduğu raydan oluşur. Şasi 360° dönebilir böylece kol rayın her yönüne dönebilir.
- Üç elektrik motoru vardır; ilki bandı döndürür, ikincisi kola hareket verir ve sonuncusu şasiyi hareket ettirir. Her biri 75 HP güce sahiptir.
- Kol ve üzerindeki bant sistemi; 2 ile 4,8 metre arasında uzunluktadır, kesim kalınlığı yaklaşık 3,8 cm dir.

#### Yatay ve düşey kesimlere uygun model (ve tünel modeli)

- Elmaslı bandı taşıyan kol vardır, 360° dönebilir böylece kol rayın her yönüne dönebilir.
- Üç elektrik motoru vardır; ilki bandı döndürür, ikincisi kola hareket verir ve sonuncusu şasiyi hareket ettirir. Her biri 75 HP güce sahiptir.
- Kol ve üzerindeki bant sistemi: 1,9 ile 3,4 metre arasında uzunluklardadır, kesim kalınlığı yaklaşık 4 cm dir.

İlk modelden en önemli farkı, hidrolik sistemle hareket eden başlığın kola 90o'lik eğim verebilmesidir. Böylece hem yatay, hem de düşey kesim yapılabilir. Elmas bantlı kesiciler 6 metre genişlik ve 3 metre yükseklikte açılan tünellerde rahatlıkla verimli bir şekilde kullanılabilir.

İkinci modelin tünel versiyonunda şasi-motor ünitesi gövdenin arka kısmındadır, böylece yatay olarak kaydırılabilir. Tüm ünite iki hidrolik pistonla bağlıdır, böylece aşağı ve yukarı yönlü hareket edebilir. Pistonların bağlı oldukları temelin güç kaynağı ayrıdır, böylece makina bağımsız hareket edebilir.

Elmas bantlı kesici kullanımının başlıca avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibidir;

#### Avantajları

- Kesim uzunluğu için teorik sınır yoktur
- Sağlıklı çalışma koşulları sağlar; tozsuz ve titreşimsizdir, gaz veya oksik atık üretmez. Mazot, benzin kullanılmaz
- Tünel modeli çok daha kolay pozisyon değiştirir
- Makinanın çalıştırılması basittir ve bunun için hazırlık gerektirmez
- Mermerlerde (kristali olan ve olmayan), traverten, volkanik kökenli kayalar vs. gibi çok çeşitli kayalarda kesim imkanı sağlar
- Makinanın çalışacağı yerde ön hazırlık işlemi gerekmez
- Tünel açılışında vazgeçilmezdir
- Makinanın kullanımı kolaydır. Kalifiye işçiye ihtiyaç yoktur. Tek bir işçi tarafından rahatlıkla çalıştırılabilir ve kesim sırasında işçi farklı işlerde de çalışabilir, makinanın başında durmasına gerek yoktur
- Ebatlama için kaliteli blok üretimi yapar
- Bloğa güzel bir dış görünüm ve estetik değer sağlar
- Yağlayıcı gerekmez

#### Dezavantajları

- Granit ve benzeri taşların kesimi için uygun değildir
- Kesim derinliği kol uzunluğuna bağlıdır
- Her zaman ekonomik değildir
- Güçlü yükleyicilerle beraber çalıştırılmalıdır
- Su gereksinimi yüksektir
- Makinanın ağır olması nedeniyle, taşınımı ancak yüksek enerjili ve kapasiteli makinalar tarafından sağlanabilir.

Zincirli/bantlı kollu doğal taş blok kesme makinaları ile elmas telli kesim makinalarının karşılaştırılması Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Elmas telli kesme ile zincirli/bantlı kollu kesme yöntemlerinin karşılaştırılması (Gündüz ve Demirbağ, 2004).

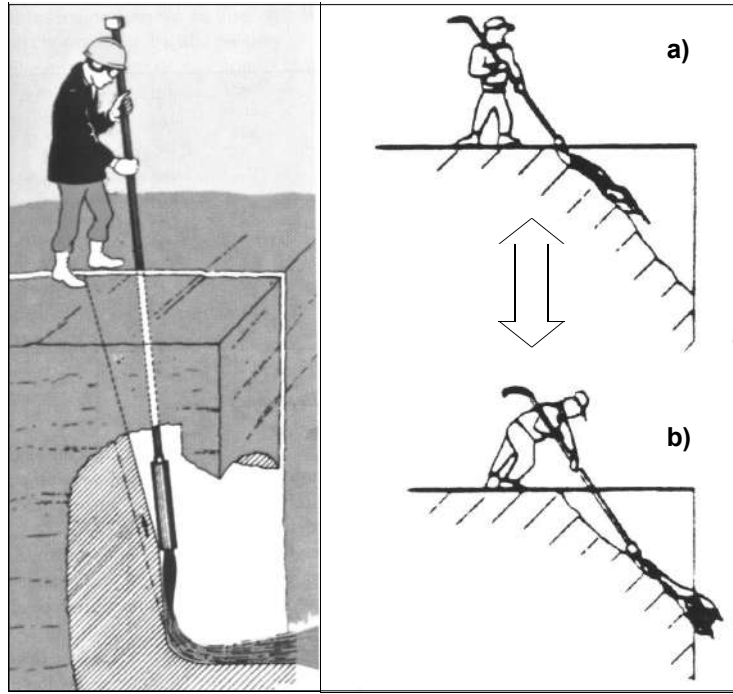
	Kesme Hızı m <sup>2</sup> /saat	
	Sinterize Elmas Boncuk İle Tel Kesme	Zincirli Kollu Kesme Makinası İle Kesim
Traverten	8-10	9-11
Kristalize mermer	4-6	5-7
Saf kireçtaşı	7-9	8-10
Karışık kireçtaşı	6-8	7-9
<b>Elmas Teller</b>		<b>Kollu Kesiciler</b>
<b>Sinterize elmas teller</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>İlk yatırım maliyeti yüksek</li> <li>Kesime başlama hızları 8 m<sup>2</sup>/h</li> <li>Elmas tanecikler matriks yapının yüzeyinde ve altında homojen dağılmış</li> <li>Boncuk ömrü 57 m<sup>2</sup>/m</li> <li>Kesim hızı boncuk ömrü boyunca sabit</li> <li>Motor gücü (en az) 30 kW olan makinalarla kesim yapılabilen</li> <li>Kesim için gerekli akım 45-60 amper</li> <li>Su miktarı 30-50 litre/dakika</li> <li>Bütün mermerlerde kesim yapılabilen (yumuşak, orta sert ve sert)</li> <li>Kesim için deliklerin buluşturulmasına gerek vardır</li> <li>Telin kesme kalınlığı 10-12 mm</li> <li>Arka kapalı kesim yapılamaz</li> <li>Kesim esnasında hava ve su yastıkları için gerekli açıklık olmadığından blok devirme (söküm) için ilave zamana ihtiyaç vardır</li> <li>İstenilen hacimlerde kesim yapılabilen</li> <li>Gres yağına gerek yok</li> <li>Çevre kirliliği olmamakta</li> <li>Kullanılan su geri kazanılmamakta</li> <li>Elmas tellerin zamanla dizimi yenilenmeli</li> </ul>		<b>Elmas bantlı kollu kesiciler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>İlk yatırım maliyeti düşük</li> <li>Su miktarı 90-110 litre/dakika</li> <li>Motor gücü (en az) 50-55 kW olan makinalarla kesim yapılabilen</li> <li>Bant ömrü 1000-1500 m<sup>2</sup></li> <li>Çatlaklı sahalarda ve bütün mermerlerde kesim yapılabilen (yumuşak, orta sert ve sert)</li> <li>Kesim için deliklerin buluşturulmasına gerek yok</li> <li>Kolun kesme kalınlığı 38 mm</li> <li>Arka kapalı kesim yapılabilir</li> <li>Kesim esnasında hava ve su yastıkları için gerekli açıklık olduğunda blok devirme (söküm) için zamandan kazanç vardır</li> <li>Kesme derinliği 3-4 m'dir</li> <li>Gres yağına gerek yok</li> <li>Çevre kirliliği olmamakta</li> <li>Kullanılan suyun % 80'ni geri kazanılmakta</li> <li>Ömürleri bitene kadar kullanılabilir</li> </ul>
<b>Elektrolitik elmas teller</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>İlk yatırım maliyeti düşük</li> <li>Kesime başlama hızları 18 m<sup>2</sup>/h</li> <li>Elmas tanecikler matriks yapının yüzeyinde</li> <li>Boncuk ömrü 33 m<sup>2</sup>/m</li> <li>Kesim hızı boncuk ömrü boyunca yarıya düşmekte</li> <li>Motor gücü 7,45-18,62 kW olan makinalarla kesim yapılabilen</li> <li>Su miktarı 15-20 litre/dakika</li> <li>Daha ziyade yumuşak mermerlerde</li> <li>Kesim için deliklerin buluşturulmasına gerek vardır</li> <li>Telin kesme kalınlığı 10-12 mm</li> <li>Arka kapalı kesim yapılamaz</li> <li>Kesim esnasında hava ve su yastıkları için gerekli açıklık olmadığından blok devirme (söküm) için ilave zamana ihtiyaç vardır</li> <li>İstenilen hacimlerde kesim yapılabilen</li> <li>Gres yağına gerek yok</li> <li>Çevre kirliliği olmamakta</li> <li>Kullanılan su geri kazanılmamakta</li> <li>Elmas tellerin zamanla dizimi yenilenmeli</li> </ul>		<b>Zincirli kesiciler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>İlk yatırım maliyeti yüksek</li> <li>Kesme hızı 3-8 cm/dk</li> <li>Kesim hızları 8 m<sup>2</sup>/h</li> <li>Su miktarı 8 litre/dakika</li> <li>Kesim için gerekli akım 69 amper</li> <li>Çalışması için 20 kg/gün gres yağı gerekli</li> <li>Kesme derinliği 3-4 m'dir</li> <li>Çevre kirliliğine neden olmamakta</li> <li>Kullanılan su geri kazanılmamakta</li> <li>Kesici uçların bilenmesi gerekir</li> <li>Daha ziyade yumuşak-orta sert ve çatlaksız formasyonlarda kesim yapılabilen</li> <li>Kesim için deliklerin buluşturulmasına gerek yok</li> </ul>

#### 10.4.5. Alev ve Su Jeti ile Doğal Taş Kesim/Üretim Teknolojisi

Alev jeti veya su jeti ile blok kesim yöntemi sınırlı olarak uygulanan üretim yöntemleridir. İki yöntem de her ne kadar kesme olarak isimlendirilse de aslında birer kanal açma yöntemidir. Çalışma prensipleri nedeniyle büyük oranda granit ocaklarında kullanılmaktadırlar. Alev jeti ile kanal açma işlemi yıllardır ocaklarda uygulanmasına rağmen su jetinin ocaklarda kullanımı çok yakın tarihe dayanmaktadır.

##### 10.4.5.1. Alev jeti ile sert taş blok kesim/üretim yöntemi

Termal şok, alevle yakma veya başka bir deyişle alev jeti ile kesme metodu, ocaklarda kullanılan kanal açma yöntemlerinin en bilinenlerindedir. Yakarak kesme, oksijen ve mazot kullanılarak gerçekleştirilir. Bu metodun en önemli sakıncası çok gürültülü olmasıdır. Makinanın çıkardığı ses, operatörün işitme sistemine zarar verebilecek kadar yüksektir.



Şekil 75. Alev jeti uygulamasının şematik görünümü.

Alev jetinin çalışma prensibi, belirli bir kesme hattı boyunca odaklanan süpersonik hızda çok yüksek sıcaklıktaki (>1200°C) alevin verilen malzeme üzerinde termal şok oluşturması temeline dayanır. Yöntem, kayayı oluşturan çeşitli minerallerdeki termal genleşme katsayılarındaki farklılıkları kullanır. Kesme işlemi granitteki kuvars ve feldspat tanelerinin, biyotit ve hornblend türü minerallerden ayrılmasıyla oluşur. Kayaya güçlü alev jeti yöneltildiğinde kayacın bileşenleri 8-10 cm derinlikte kopmalar oluşturur, böylece kesim düzlemi boyunca kaya ayrılmış olur. Kesme kanalı 8-25 cm genişliğindedir. Diğer kesme yöntemlerinden farklı olarak bu yöntem kayaç içerisinde 7-15 cm'lik bölgede termal alterasyonlar oluşturur.



a)

b)

Şekil 76. Ocakta alev jeti uygulamasının görünümü (a, b).

Elle idare edilen tipik bir alev jeti uygulamasında, bir operatör kavramadan tutarak alevin çıktığı bürü ileri-geri ve yukarı-aşağı hareket ettirip kayayı parçalayarak bir kanal oluşturur (Şekil 75 ve 76). Genellikle, granitin sertliği arttıkça (yani içerdiği kuvars miktarı arttıkça) kesim hızı artar. Kayacın havadan etkilenmiş alterasyona uğramış kısımları, ince damarlar ve parçalanamayan kısımlar kesim hızını azaltır.

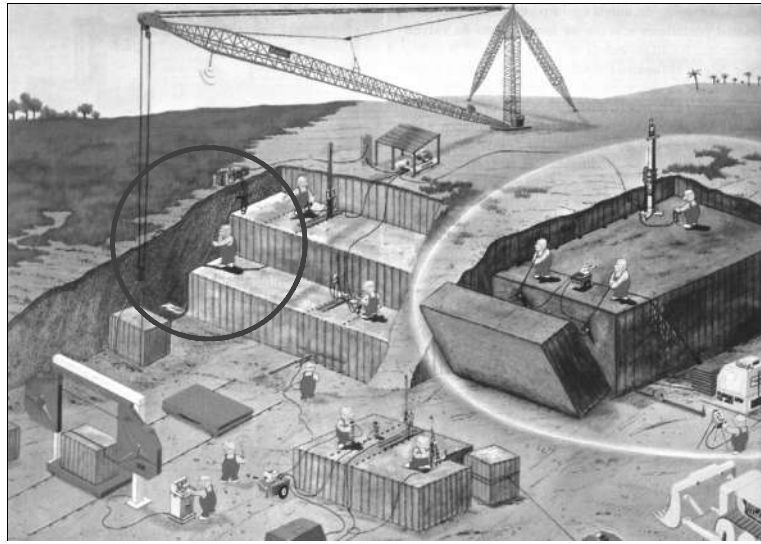
Bir alev jeti makina veya ekipmanı şu bileşenlerden meydana gelir:

- Basınçlı hava pompası; yakıtı yüksek basınçla hortuma gönderir,
- Oksijen tankı; ateşleme evresinde yanmanın sürmesini sağlar,
- Esnek bağlantılar; tüpe yakıtın iletilmesini sağlar,
- Boru; yakıtın ve yanmayı destekleyen bileşenin iletilmesine kılavuzluk eden aynı merkezli tüplerden oluşur,
- Nozul ucu; (yakıtı pulvarize ederek yanmayı destekleyen bileşenle karıştırmayı sağlar),
- Bür (alev çıkışını sağlayan özel alaşımli çelik).

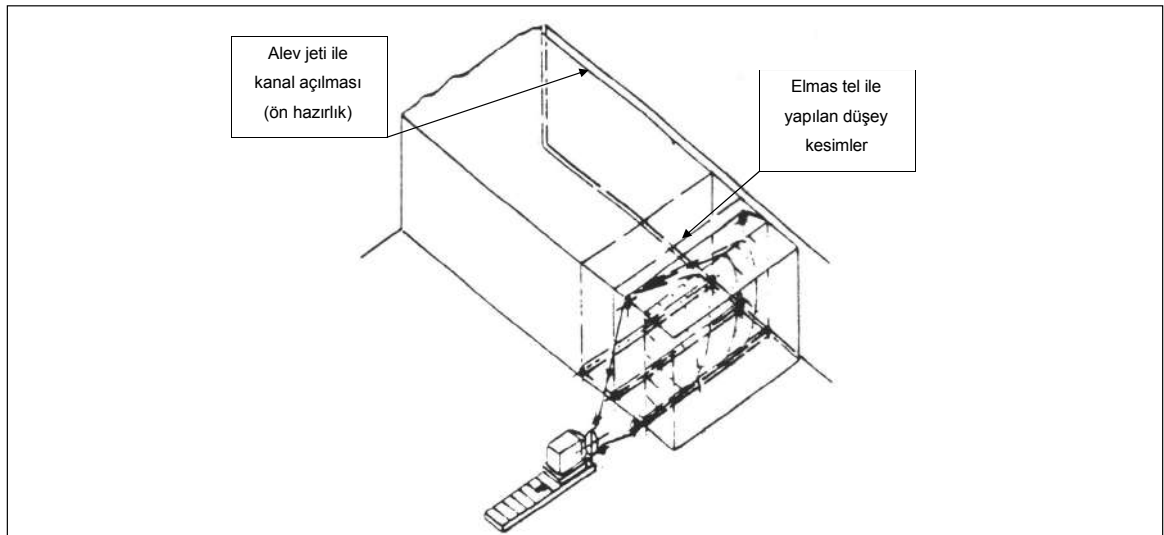
Cihaz, sabit ve taşıyıcı modellere sahiptir. Pratikte, ucu alev çıkışı ile sonlanan 5 cm çaplı 3 m uzunluğunda bir tüpten ve kayaç kırıldıkça tüpü aşağı ve derine doğru uzatan bir operatörden oluşur. Genel uygulama koşullarında bir alev jeti makinası maksimum 2000°C üzerinde sıcaklıkta (yakıt ve yanmayı destekleyen bileşenin türüne bağlıdır) 1300 m/s hızla alev gönderir.

Sistem sadece granit kullanımında ekonomiktir ve kayaçta kuvars içeriği azaldıkça sistemin performansı düşmektedir. Magnezyum bakımından zengin doğal taşlarda ve diğer az veya çok safsızlıklar içeren kalkerli kayaçlarda oldukça başarılı denemeler gerçekleştirilmiştir.

Alev jeti ile kesme yöntemi elmas boncuklu tel veya sürekli delmenin verimli olmadığı çok sert ve kuvars oranı çok yüksek granit ocaklarında kullanılmaktadır. Taban kesimleri için uygun olmadığından ve belirtilen diğer dezavantajlarından ötürü genellikle bu yöntem blok elde edilmesinde kullanılmamaktadır. İlk kesimlerdeki asıl kullanımı, kenarları izole basamaklarda altına dik açıyla olacak şekilde düşey kesimler yapmaktır (Şekil 77). Henüz bir dikey ayna oluşturulmamışsa, yataya yakın bir granit kütlede en iyi çözüm 10 cm genişliğinde dikey kanalların alevle yakma yöntemi ile açılmasıdır. Kanal açıldıktan ve dikey bir düzey elde edildikten sonra elmas telli kesme makinası kullanımına geçilebilir. Böylece tellerle yapılacak her kesim için yatay bir delik delmek yeterli olacaktır (Şekil 78).



Şekil 77. Granit ocağında alev jeti ile yapılan dikey kesimler.



Şekil 78. Elmas boncuklu tel ile alev jeti kesme sisteminin birlikte kullanılışı.

Tipik kesim uzunluğu sert taş üretim ocağına göre 20 ila 40 m<sup>2</sup>'dir, kesim hızı genel olarak 1 ila 2 m<sup>2</sup>/s'dir. Kesim derinliği genellikle 3 m, kullanılan havanın basıncı 3.5-7 atm'dir. Mazot tüketimi 30-35 lt/saat'tir. Kesim durumuna göre yılda yaklaşık 1.600 \$ tutarında uç masrafı olmaktadır.

Alev jeti manevra etmesi ve sürekli kesim yapması için devamlı bir operatöre ihtiyaç duyar. Sistemin düzgün işlemesi çoğunlukla operatörün yeteneğine dayanır.

Alev jetinin avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

**Avantajları:**

- Hazırlık işleri gerektirmeden her türlü kesime izin verir,
- Hareketi ve manevrası basittir,
- Gereken yetenekte operatörle kullanımı kolay ve hızlıdır,
- İlk yatırım maliyeti düşüktür,
- Eğitimli personel gerektirmez.

**Dezavantajları:**

- Sadece belirli sert taş türü doğal taşlar için uygundur,
- Yüksek enerji maliyeti vardır,
- Ağır çevresel etkilere sahiptir; yüksek düzeyde gürültü, toz ve gaz oluşturur,
- Verimlilik düşüktür (çatlaklı zonlarda enerji kaybı olur ve kesim hızı düşer)
- Diğer ocak işleriyle uyum sağlamaz (uygulama için diğer işleri engelleyecek kadar çok çalışma alanına ihtiyaç duyar)
- Verimlilik tam olarak kayacın kimyasal-mineralojik kompozisyonuna dayanır (kuvars içeriği azaldıkça kesim hızı da azalır)
- Kesim yüksekliği çoğunlukla 6m'den fazla değildir.

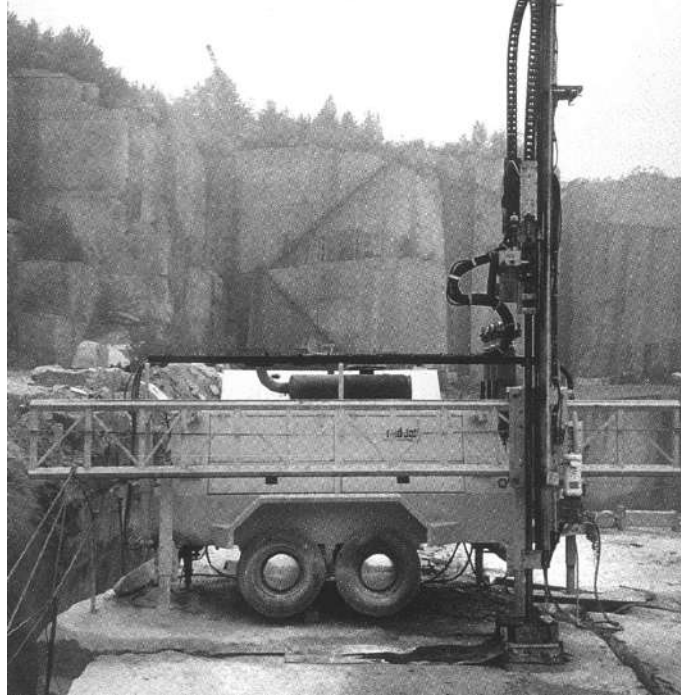
#### 10.4.5.2. Su jeti ile kesim/üretim yöntemi

Dekoratif doğal taş imalinde su jeti başarıyla kullanılmış olmasına rağmen günümüzde ocaktan blok çıkarma sistemlerinde su jeti kullanımı henüz deneme safhasındadır.

Su jeti teknolojisi prensipte, yüksek basınçlı (350 MPa'a kadar) su jeti ile kayacın malzemesinin küçük parçacıklara ayrılmasına dayanır. Bu bir sürekli kesme tekniği olup henüz blok çıkarma işlemlerinde yaygın olarak kullanılmamakla birlikte gelecek için umut vericidir. Elmas boncuklu tel ve zincirle kesimde olduğu gibi kayacın malzemesinde "talaş oluşturma" yerine, su jeti gerçekten malzemenin içine nüfuz ederek bileşenlerini parçalayıp uzaklaştırır.

Sistem temel olarak bir basınç üreteci (pompa) ve bir kesici uçtan (nozül) oluşur. Birincisi, düzgün bir çalışma sağlayacak miktarda basınca ve kapasiteye sahip su teminine, kesici uç ise 700-800 m/s'lik hızla su püskürtebilecek özel bir yapıya sahip nozülden oluşmaktadır. Sistem elektrik veya dizel motoru yardımıyla tahrik edilir. Basınçlı suyun iletimini sağlayan esnek iletim boruları, kontrol ünitesi, hareketi sağlayan raylar, nozülü taşıyan kol sistemdeki diğer bileşenlerdir. Günümüzde, çeşitli ülkelerdeki üreticiler çeşitli tiplerde makineler imal etmektedirler. Farkları genellikle nozül tipi ve sayısında, hareketinde (salınımlı, döner) ve kol (rod) tipi gibi unsurlarda olmaktadır

İki temel parça pompa ve nozul kendisi hareket edebilen tek bir ünite halinde birleştirilmiş olabildiği (mobil-basınç üretici-su jeti) (Şekil 79) gibi basınç üretici sabit pozisyonda ve diğer üniteye su iletim tüpleriyle bağlı olacak şekilde ayrı üniteler halinde olabilir (sabit basınç üretici-su jeti).



Şekil 79. Su jeti kesme sisteminin genel görünümü.

Sistem, kesme hattı boyunca su jeti taşıyan kolun ileri geri hareketiyle ve içine girmesiyle kayacı keser. Bazı modellerde, jetin ilerlemesi tamamen otomatiktir böylece makina müdahale edilmeden, durmaksızın çalışır ve bir aksilik veya tehlike anında otomatik olarak durur.

Sistem 2,5-3,6m derinlikte kesme yapabilir, eğer kol uzatılırsa 8m'ye kadar kesim yapabilir. Kesim yüzeyleri biraz pürüzlü fakat oldukça keskin ve düzgündür. Bu durum granit bloklarındaki kullanılabilir kesimin hacmini artırır. Sistem bu avantajının yanı sıra düşük çevresel etki ve genellikle iyi çalışma koşulları da (titreşimsiz, tozsuz ve düşük seviyede gürültülü) sağlar.

Sistemin düzgün çalışıp çalışmadığını ve verimli olarak kullanılabilirliğini belirleyen birçok etken vardır. En önemlileri şunlardır:

- Sistemin hidrolik gücü (üretilen basınç ve su kapasitesi)
- Nozul: Tekli veya çoklu kullanımı mümkündür. Genellikle elmas veya safirden yapılır. Çapı ve tertibi (salınımı, sabit, döner vs.) oldukça önemlidir.
- Basınç üreten pompanın türü (tek aşamalı, iki aşamalı, basınç yükselticili vs)
- Çalışma mesafesi: Bugünkü koşullarda en verimli uygulama nozul çapının 100 katı olarak verilmiştir.
- Kullanılan suyun özellikleri: Tam saflık kriterlerine uymak zorundadır.



Su jeti teknolojisinin avantaj ve dezavantajları aşağıda verilmiştir:

#### Avantajları

- Doğruluğu bozulmadan derin delikler açılabilir.
- Minimum çevresel etki yaratır
- İşçiler için mükemmel çalışma koşulları oluşturur
- Ön hazırlık gerektirmez
- Kesim genişliği sınırsızdır
- Elmas boncuklu telle birlikte yeraltı granit ocağında kullanılabilir
- Düzgün şekilli bloklar oluşturur (kazanım yüzdesi yüksektir)
- Kesim yapılan kayaya zarar vermez
- Bağımsız ve otomatik olarak çalışabilir
- Alev jeti metodunda en az 10-15 cm genişlikte kanal açılırken, su jeti ile 5cm genişliğinde kanal açılarak kesim yapılabilmektedir.

#### Dezavantajları

- İlk yatırım maliyeti yüksektir
- Kesim derinliği sınırlıdır (kol boyu kadar)
- Henüz rekabet edecek kadar gelişmemiştir iyileştirmeyi gerektirir
- Sadece granitte iyi çalışmaktadır
- Fazla miktarda su gerektirir

Kayaç bileşenleri ile su jetinin nasıl etkileştiği kadar çalışılan malzemenin iç yapı ve dokusu da oldukça önemlidir. Sistem genellikle granitte çalışmaya yöneliktir, çünkü diğerlerine nazaran, bu malzemenin petrografik özellikleri su jeti ile iyi bir kesme sağlamaktadır.

Sistemin en temel parçası olan yüksek basınç pompalarının üretimi çok ileri teknolojiyi gerektirmektedir. Bu teknolojiye sahip ülkelerin başında Amerika Birleşik Devletleri gelmektedir. Su jeti ile blok üretimi uygulamaları da çoğunlukla bu ülkede yapılmaktadır. Şekil 80'de bu ülkede tamamen su jeti kullanılarak üretim yapılan bir granit ocağı verilmiştir.



Şekil 80. Su jeti ile üretim yapılan bir granit ocağının genel görünümü

Çizelge 10 ve Çizelge 11'de çeşitli imalatçılar tarafından yapılan su jeti kurulumlarının verimlilikleriyle ilgili veriler sunulmuştur. Çizelge 10'da verilen değerlere bakıldığında sistemin hidrolik gücünün (basınç x su kapasitesi) pompanın gücüyle doğru orantılı olduğu görülecektir. Kesim hızı da yine aynı şekilde pompa gücü ve dolayısıyla da sistemin hidrolik gücüyle doğru orantılı olmakla birlikte kayaç türüne de bağlıdır.

Çizelge 10. Farklı makina ve malzemelerle elde edilen verimlilik kayıtları [Ciccu, 2000 (Primavori, 2002'den)].

Malzeme Türü	Bölgesi	Basınç (MPa)	Kapasite (l/dak)	Güç (kW)	Kesme Hızı (m <sup>2</sup> /saat)
Granit	Elberton (ABD)	280	11	52	1.17
Granit	Milbank (ABD)	165	76	209	-
Granit	Colorado (ABD)	310	5	26	0.6
Granit	Quebec (Kanada)	140	76	175	1.15
Granit	Lanhelin (Fransa)	200	70	330	1.5
Kumtaşı	Rothbach (Fransa)	80	60	160	6.5
Gnays	Valdossola (İtalya)	350	8	47	1.7
Granit	Sardegna (İtalya)	200	18	60	2.4

Çizelge 11. Farklı kurulum ve malzemelerle elde edilen ortalama verimlilik kayıtları (Fantini Sud s.r.l., 2001'den değiştirilerek alınmıştır).

Malzeme	Kullanılan kol uzunluğu (m)	Üretim miktarı (m <sup>2</sup> /saat)	Toplam m <sup>2</sup> kesim
Arabescato Corchia	1.7	6.2	2000
Arabescato Corchia	3	9	2400
Ardesia	3.4	9.2	2000
Aurisina	3	9	360
Biancone Apricena	1.7	8.2	480
Crema Marfil	3	10.8	800
Jerusalem Stone	1.7	6.2	320
Peperino	1.7	13.2	10000
Rosso Verona	1.7	5.2	360
Travertine	3	9	480
Travertine	5.1	9.2	240
Pietra Serena	3.4	10.2	-
Carrara Marble	3.4	10.2	360

Çizelge 12'de su jeti ve alev jeti blok doğal taş kesme yöntemlerinin bir karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 12. Alev jeti ile su jeti sistemlerinin maliyet karşılaştırması (Amortisman 7 yıl, işçilik 20\$/saat üzerinden hesaplanmıştır).

Ocak No	Ortalama alev jeti kesim hızı (m <sup>2</sup> /h)	Toplam alev jeti üretim maliyeti (\$/m <sup>2</sup> )	Ortalama su jeti üretim miktarı (m <sup>2</sup> /h)	Su jeti işçilik giderleri (\$/m <sup>2</sup> )	Su jeti amortisman giderleri (\$/m <sup>2</sup> )	Su jeti sarf giderleri (\$/m <sup>2</sup> )	Toplam su jeti üretim maliyeti (\$/m <sup>2</sup> )
1	0.93	73.62	1.30	10.00*	26.37	35.52	70.82
2	0.84	79.54	1.05	27.02	32.72	33.90	94.28
3	1.02	83.63	1.53	13.13*	22.39	33.15	68.67
4	1.16	73.83	1.75	10.11*	19.59	30.67	49.62

\* İki makina başına bir operatör çalıştırıldığı varsayılmıştır.

Doğal taş üretim madenciliğinde alev jeti ve su jeti kesme sistemleri Çizelge 13 ve Çizelge 14'te diğer blok üretim yöntemleriyle karşılaştırılmış ve geleceğe yönelik bazı öngörülerde bulunulmuştur.

Çizelge 13'te görülebileceği gibi su jetine kıyasla alev jeti ile kesme uygulaması sert doğal taş ocaklarında daha sık kullanılmaktadır. Çizelge 14'te verilen değerler dikkate alındığında alev jeti ile blok üretiminde bazı dezavantajlar hemen göze çarpmaktadır. Bunların en önemlileri üretim sırasında oluşan aşırı gürültü ve toz gibi çevresel etkiler ve üretilen doğal taşta oluşan kayıplardır. Su jeti ile üretim miktarındaki artış kayacın sertliği ile doğru orantılıdır. Çok sert kayalarda elmas telli kesme ile su jeti kesim hızları birbirine yaklaşmaktadır. Yine de su jeti ve alev jetindeki m<sup>2</sup>/saat'lik üretim miktarları diğer yöntemlere oranla sınırlıdır. Bütün bunlar günümüzde alev jeti ve su jetinin çok yaygın olarak kullanılamamalarının nedenleridir.

Çizelge 13. Granit ocakları için yöntem-teknoloji ilişkisi; bugünkü durum ve gelecekteki muhtemel gelişmeler (Primavori, 2002).

	<i>Teknolojiler</i>					
	WJ	MD	FJ	DD+E	DD+C	DW
<b>Açık İşletme</b>						
a) Yüksek Basamaklı						
Düşey “kafa” kesme (alına dik açıyla)	XXX	X		XXOOO	XOO	
Düşey kesim (alına paralel)		XXXO	XO	XOOO	OO	
Yatak kesim		XXXOO	X	XOO	OO	
İkincil kesim (basamak dilimleme)		XXO	XO	XOOO	O	XO
Bölme		XX	XXXOOO	XOOO	OO	
b) Alçak Basamaklı						
Düşey kesim	XX	XO	XXOO	OOO	XOO	XO
Yatay kesim		XO	XOO	XOO	OO	XO
Bölme		XXO	XXOO	XOOO	O	
<b>Yeraltı İşletmesi (öngörüler)</b>						
İlk açıklık aşaması						
Alın kesme					OOO	
Arka kesme			O	OO		
Oda (chamber) kazısı						
1. Yüksek Basamaklı						
Yataktan ayırma				OOO	OO	
Bölme			OOO	OOO		O
2. Alçak Basamaklı						
Yataktan ayırma			O	OOO	OO	O
Bölme			O	OOO	O	

Çizelgedeki kısaltma ve simgeler şu anlamlara gelmektedir:

Geleneksel Teknolojiler

FJ: Alev jeti

DD+E: Delme + Patlatma

DD+C: Delme + Kama

DW: Elmas boncuklu tel

Kullanımı

XXX: Çok sık

XX: Sık

X: Ender Durumda

Gelişen Alternatif Teknolojiler

WJ: Su jeti

MD: Çoklu delme

Beklenen Kullanımı

OOO: Çok umut vadeci

OO: İlgi çekici

O: Belirsiz

Çizelge 14. Granit doğal taş ocaklarında kullanılan teknolojilerin verimlilik karşılaştırması (Primavori, 2002).

	Kesikli delme +Patlayıcı	Elmas boncuklu tel	Su jeti	Çoklu delme	Alev jeti	Kesikli delme +Kama
Üretkenlik (m <sup>2</sup> /saat)	6-9	2-5	1-2	1-2	1-2	1-3
Kesim aralığı (mm)	-	11	30-50	-	100	-
Kesim geometrisinden kaynaklanan düzensizlikler (cm)	5-12	2-4	1-2	2-5	4-8	4-8
Zarar gören bölgenin kalınlığı (cm)	5-12	-	-	-	10-20	-
Kullanılmayan kalınlık (cm)	10-20	2-4	3-6	3-5	24-36	4-10
Kullanım kolaylığı	-	++	+	-	+	+
Titreşim, gürültü, gaz, toz oluşumu	- - -	+++	++	++	- - - -	++
Emniyet	- -	-	++	+	- -	+
Uygulanabilirlik	Tüm granitler; malzemede hassaslık testi yapılmalıdır	Tüm granitler	Tüm granitler	Tüm granitler; düşük kırılabilirlik ; alçak-basamak geometrisi.	Orta ve yüksek miktarda kuvars içeren granitler	Tüm granitler

Olumlu:           +: düşük       ++: orta       +++ : çok

Olumsuz:       -: düşük       - -: orta       - - -: çok       - - - -: aşırı

## KAYNAKLAR

- Arıkan, M., 1967, Mermer İstihsalinde Tel Kullanılması Hakkında Bir Etüt, Madencilik Dergisi, Cilt. 6, No: 3, s. 185-191.
- Aslan, F., 1977, Aksaray Taş Devri Fosil İnsanı ve Endüstrisi, TJK, Yeryuvarı ve İnsan, Cilt 2, Sayı 4, s. 3-8, Ankara
- Beckman, T.R. ve Hulick, R.M., 1991, Diamond Wire Sawing Speed Dam Project, Industrial Diamond Review, June, pp. 272-274.
- Biasco, G., 1993, Diamond Wire for Quarrying Hard Rocks, Industrial Diamond Review, No: 5, pp. 252-255.
- Bortolussi, A., Ciccu, R., Manca, P.P. ve Massacci, G., 1994, Computer Simulation of Diamond-Wire Cutting of Hard Rock and Abrasive Rock, IMM, Vol. 103, August, pp. A55-A128.
- Cai, O., ve Mancini, R., 1989; Diamond Wire for Cutting Hard Rock, Dimensional Stone, March, pp. 24-27.
- Cappuzi, 1980, Modern Technology and Machinery for Marble Quarrying, Benetti Machine Press, Roma, 96 p.
- Cappuzi, 1989, Diamond Wire Cutting Technology in Granite Quarry, ACIMM for Marble, November-December, 24 p.

- Conti, G., Lisenti, V., Montani, C., Pinzari, M., Ragone, M., Ricci, A. ve Samel, G., 1986, Marble In The World, The Stone Industry and Its Trade, Societal Editrice Apuana Carrara, Italy, 247 p.
- Cook, M. ve Smith, B.A., 1993, A Study of Diamond Wire Bead Rotation, Industrial Diamond Review, No:2, pp. 79-81.
- Daniel, P., 1993, Slate Without Waste, Industrial Diamond Review, April, pp. 200-203.
- Dost, E., 1999, Marmara Denizinin Ortasındaki Tarih Aynası Prokonnessos, Türkiye'de Mermer, Sayı 62-63, s.10-23.
- Erguvanlı, K., 1984, Eski ve Yeni Taş Çıkarma ve İşleme Yöntemleri, Mühendislik Jeolojisi Bülteni, No. 6, s. 2-9.
- Fowell, R.J., Hekimoğlu, O.Z. ve Altınoluk, S., 1987, Drag Tools Employed on Shearer Drums and Roadheaders, 10. Türkiye Madencilik Kongresi, s. 529-550.
- Gündüz, L. ve Demirdağ, S., 2004, Mermer Ocak İşletmeciliğinde Elmas Teller ile Kollu Kesiciler Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Türkiye Taş Dünyası, Nisan-2004 Özel Sayısı, s. 336-342.
- Hallez, C.P., 1992, Sawing Marble with Diamond Wire, Diamonds in Industry, pp. 24-27.
- Hartman, H.L., 1987, Introductory Mining Engineering, John Wiley&Sons, New York, 683 p.
- Hawkins, A.C., Antenen, A.P. ve Johnson, G., 1990, The Diamon Wire Saw in Quarrying Granite and Marble, Dimensional Stone, September, pp. 44-50.
- Hayes, D., 1990, Demolition-the Modern Method, Industrial Diamond Review, February, pp. 69.
- Herbert, 1986, Diamond Wire Cuts Costs at Irish Stone Quarry. Mine & Quarry, March, pp. 2-6
- İleri, S., 1988, Tarih Öncesi Anadolu Mermercileri, Mermer Dergisi, No:20
- Karaca, Z., 2001, Mermer İşletmeciliği, Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu
- Karagöz, Ş. ve Zeren, M., 1996-a, Elmas Kesici Takımların Mikroyapısal Dizaynı, Mermer Dergisi, s.20-25
- Karagöz, Ş. ve Zeren, M., 1996-b, Elmaslı Kesici Takımların Mikroyapısal Dizaynı Üzerine Araştırmalar, I. Ulusal Toz Metalürjisi Konferansı, 16-17 Eylül 1996, Ankara, s.459-467.
- Karagöz, Ş. ve Zeren, M., 1997-a, Sürekli Disk Tipi Elmaslı Kesici Takımlarda Hata Karakterizasyonu, 9. Uluslararası Metalürji ve Malzeme Kongresi, 11-15 Haziran 1997, İstanbul, Türkiye, s.517-525.
- Kızıltepe, T., 1990, Elmas Tel Kesme Makinelerinin Kullanımında Bazı Püf Noktalar, Türkiye' de Mermer Yapı ve Dekorasyon, No: 11, s. 26-28.
- Konstanty, J., 1991, The Materials Science of Stone Sawing, Industrial Diamond Review, No:1, pp.27-31.
- Kulaksız, S., 2004, Sedimanter ve Metamorfik Kayaçların Mermer Olabilme Özellikleri, Mermer Blok Çıkarma ve İşleme Teknolojileri Semineri, 12-17 Ocak 2004, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Sürekli Eğitim Merkezi, s. 1-19.
- Mannoni, L. ve Mannoni, T., 1984, Le Marble, Sagep Yayınevi, Cenova, Italy, 270 s.
- Onargan, T. ve Köse, H., 1997, Mermer, D.E.Ü. Müh. Fak. Yayınları, İzmir, 209 s.
- Özçelik, Y., 1999, Mermercilikte Elmas Tel Kesme Makinalarının Çalışma Koşullarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 242 s.
- Özçelik, Y. ve Özgüven, A., 2001, Sert Kayaçların Elmas Tel Kesme Yöntemi İle Kesimi, Mermer Dergisi, Sayı 28, s. 118-122.
- Özçelik, Y., 2003-a, Effect of mineralogical and petrographical properties of marble on cutting by diamond wire. CIM Bulletin (in Press).
- Özçelik, Y., 2003-b, Multivariate statistical analysis of the wearing on diamond beads in the cutting of andesitic rocks, Machining of Natural Rock Materials Key Engineering Materials, Vol: 250, pp. 118-130
- Özçelik, Y., Kulaksız, S. ve Çetin, M.C., 2002, Assessment of the wearing on diamond beads in the cutting of different rock types by the ridge regression, Journal Of Materials Processing

- Technology, 127/3, 392-400 pp.
- Plum, D., 1987, Developments on Drums and Shearers, Glückauf+Translation, 123, 17, pp. 472-477.
- Polat, E., 2002, Mermerlerin Elmas Tel İle Kesiminde Dokusal Özelliklerin Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Mühendislik Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 110 s.
- Powell, F., 1991, Design Guidelines for Picks, Colliery Guardian, 239, 5, pp. 139-141.
- Primavori P., 2002, Technological Development in Machinery and Installations for Extracting and Processing Stone Materials, Marble Technological Seminary, Istanbul, 2002.
- Primavori, P., 2001, 20 Over Years of Diamond Wire, Marmomacchine Directory, Associazione Italiana Marmomacchine, pp. 40-197
- Primavori, P., 2002, Technological Developments and the State-of-the Art in Machinery and Installations For Extracting and Processing Stone Materials, Marmomacchine Directory 2002, Associazione Italiana Marmomacchine, pp.40-197.
- Primavori, P., 2004, Marmomacchine Directory 2004, Associazione Italiana Marmomacchine
- Tiryaki, B., 1998, Tamburlu Kesicilerde Keski Dizilim Parametrelerinin Optimizasyonu, Doktora Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enst. 264 s.
- Tombul, M., 1992, Dümrek (Sivrihisar) Mermerlerinin Özelliklerinin Belirlenmesi ve Üretim Yönteminin Seçimi, Yük. Müh. Tezi, H.Ü. Fen Bilimleri Enst. 96 s.
- Urhan, S. ve Şişman, N., 1992, Blok Mermer Üretiminde Kullanılan Tel Kesme Yönteminin Gelişim ve Önemi, Madencilik Dergisi, Cilt. 31, No: 2, s. 35-39.
- Werland, W., 1990, Railway Bridge Cut in Two, Industrial Diamond Review, February, pp. 65-66.
- Wright, N.D., 1992, Marble and Granite Quarries Turn to Diamond Wire, Stone World, October, pp. 77-80.

# **Bölüm 11**

## **Açık İşletme Uygulamalarına Örnekler**

### **11.1. Karadeniz Bakır İşletmeleri A.Ş. Bakır Üretim Faaliyetleri**

**Maden Yük. Müh. Yusuf Ziya AKGÖK**

### **11.2. Bulamaç Tipi Patlayıcıların Madencilikte Kullanımı-KBİ Örneği**

**Maden Müh. Yalçın KILIÇKAPLAN**

### **11.3. Boru Hattı Taşımacılığına Ülkemizden Bir Örnek: Karadeniz Bakır İşletmeleri Murgul Tesislerindeki Murgul-Hopa Bakır ve Pirit Konsantre Taşımacılığı**

**Maden Müh. Atilla AKYILDIZ**

### **11.4. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu 2004 Yılı Faaliyet Raporu**



*Açık İşletme Uygulamalarına Örnekler*

## İÇİNDEKİLER

11.1. KARADENİZ BAKIR İŞLETMELERİ A.Ş. BAKIR ÜRETİM FAALİYETLERİ	617
11.1.1. Açık Ocak Maden İşletmeciliği	617
11.1.1.1. Ulaşım ve iklim	617
11.1.1.2. Genel jeoloji	618
11.1.1.3. Rezerv durumu	618
11.1.2. Açık Ocak Hakkında Genel Bilgiler	618
11.1.3. Delme-Patlatma Faaliyetleri	619
11.1.3.1. Delik geometrisi ve patlatma operasyonu	620
11.1.3.2. Patlatma devresi	621
11.1.4. Kazı-Nakliye	621
11.1.5. Kırıcı ve Konsantratör Tesisleri	622
11.1.5.1. Kırıcılar	622
11.1.5.2. Çakıkkaya konsantratör tesisi	622
11.1.5.3. Konsantratör	622
11.1.6. Damar-2 Flotasyon Tesisi	623
11.1.7. Boru Hattı İşletmeciliği	623
11.1.7.1. Ana pompalar	624
11.1.7.2. Boru hattının özellikleri	624
11.1.7.3. Taşınan konsantrenin özellikleri	625
11.1.7.4. Hattın kontrolü ve korunması	625
11.1.7.5. Kapasite-konsantrasyon-debi ilişkisi	625
11.1.7.6. Boru hattı akış hızı	625
11.1.7.7. Basınç düşürme istasyonları	626
11.1.7.8. Katodik korunma	626
11.1.8. Hopa Kurutma ve Depolama Tesisleri	627
11.1.9. İzabe ve Sülfürik Asit Tesisleri	627
11.1.9.1. Sülfürik Asit Tesisleri	627
11.1.9.2. Samsun izabe ve asit tesisleri	628
11.1.10. Bakır Pazarı	628
11.1.11. Türkiye'de Bakır Üretimi	630
11.1.11.1. Türkiye'deki rafineri tesisleri ve kapasiteleri	631
11.1.11.2. Türkiye'deki mevcut filmaşın kapasitesi	631
11.1.11.3. Türkiye'deki bakır ürünleri ithalat ve ihracatı	632
11.1.12. Dünya Bakır Rezervleri ve Bakır Üretimi	632
11.2. BULAMAÇ TİPİ PATLAYICILARIN MADENCİLİKTE KULLANIMI-KBİ ÖRNEĞİ	633
11.3. BORU HATTI TAŞIMACILIĞINA ÜLKEMİZDEN BİR ÖRNEK: KARADENİZ BAKIR İŞLETMELERİ MURGUL TESİSLERİNDEKİ MURGUL-HOPA BAKIR VE PİRİT KONSANTRE TAŞIMACILIĞI	639
11.3.1. Giriş	639
11.3.2. Çakıkkaya-Hopa Boru Hattının Özellikleri	640
11.3.2.1. Koyulaştırma tankları (thickener)	640
11.3.2.2. Depolama tankları (holding tank)	640
11.3.2.3. Test devresi	640
11.3.2.4. Hava boşaltıcılar	641
11.3.2.5. Ana pompalar	641
11.3.2.6. Boru hattı	642
11.3.2.7. Basınç düşürme istasyonu	643
11.3.2.8. Koyulaştırma tankı	644
11.3.2.9. Depolama tankı	644
11.3.2.10. Vanalar	645
11.3.2.11. Hattın kontrolü	645
11.3.2.12. Katodik korunma	645
11.3.3. Boru Hattı İşletme Kriterleri	645
11.3.3.1. Boru hattı kapasitesi	645
11.3.3.2. Boru hattında akış hızı	646
11.3.3.3. Kapasite-konsantrasyon-debi ilişkileri	648

## Açık İşletme Uygulamalarına Örnekler

11.3.4. Boru Hattının İşletmeye Alınması	648
11.3.4.1. Boru hattının su ile doldurulması	648
11.3.4.2. Boru hattının su ile çalıştırılması	649
11.3.4.3. Boru hattının konsantre ile çalıştırılması	649
11.3.5. Boru Hattının Devreden Çıkarılması	650
11.3.5.1. Sistem su ile dolu iken devreden çıkarmak	650
11.3.5.2. Konsantre ile devreden çıkarma	650
11.3.5.3. Boru hattının drenajı	650
11.3.5.4. Acil hallerde sistemin durdurulması	651
11.3.5.5. Boru hattının kazıyıcı (scraper) ile temizlenmesi	651
11.3.6. Pompaların Değiştirilmesi	652
11.3.6.1. Yıkama sistemi	653
11.3.6.2. Yedek ana pompanın devreye alınması	653
11.3.7. Sistemin Emniyeti	653
11.4. TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ 2004 YILI FAALİYET RAPORU	655
11.4.1. Kuruluş ve Amacı	656
11.4.2. Teşkilat Yapısı	656
11.4.3. Bağlı Müesseseler ve İşletmeler	659
11.4.3.1. Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü (ELİ)	659
11.4.3.2. Çan Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (ÇLİ)	661
11.4.3.3. Güney Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü (GELİ)	662
11.4.3.4. Yeniköy Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (YLİ)	663
11.4.3.5. Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü (GLİ)	664
11.4.3.6. Ilgın Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (İLİ)	665
11.4.3.7. Seyitömer Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü (SLİ)	666
11.4.3.8. Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (BLİ)	667
11.4.4. TKİ'ye Ait Sayısal Bilgiler	669

**Maden Yük. Müh. Yusuf Ziya AKGÖK**

### **11.1. KARADENİZ BAKIR İŞLETMELERİ A.Ş. BAKIR ÜRETİM FAALİYETLERİ**

Karadeniz Bakır İşletmeleri A.Ş. Karadeniz Bölgesindeki Murgul, Küre, Sürmene, Espiye'deki maden sahalarından bakır, bakirli pirit ve bunlara mahlut diğer maden cevherlerini çıkarmak ve buralarda Etibank tarafından kurulan tesisleri işletmek, mevcut tesislere ilaveten yeni tesisler kurmak, yeni cevher yatakları bulmak ve işletmek maksadıyla 28.5.1968 tarihinde % 49 hissesi Etibank'a % 51 hissesi özel milli bankalara ve kişilere ait olmak üzere 300 milyon TL sermaye ile kurulmuştur.

Şirketin kuruluşundan itibaren sermayesi kademeli olarak arttırılarak 25.1.1989 tarihinde 200 milyar TL'ye çıkarılmıştır. Son duruma göre şirket sermayesinin % 99.9'u Etibank'a, % 0.03'ü Vakıflar Genel Müdürlüğü'ne, % 0.07'si de özel kişilere aittir.

Karadeniz Bakır İşletmeleri, Murgul İşletmesinde, açık işletme metodu, Küre işletmesinde kapalı işletme metodu ile üretim yapmaktadır. Murgul ve Sürmenedeki konsantratör tesislerinde bakır ve pirit konsantre üretilmektedir. Üretilen konsantre ihraç edilebildiği gibi, Murgul ve Samsun'daki İzabe-Asit tesislerinde işlenerek blister bakır ve sülfirik asit elde edilmektedir.

#### **11.1.1. Açık Ocak Maden İşletmeciliği**

##### **11.1.1.1. Ulaşım ve iklim**

Damar-Çakmakkaya maden sahası Artvin ili, Göktaş ilçesi Damar köyü hudutları içinde bulunmaktadır. Maden sahasının Doğu-Karadeniz sahil yolu ile bağlantısı Damar-Göktaş-Borçka Hopa karayolu (64 km) ile sağlanmaktadır.

Yörede Karadeniz iklimi hüküm sürmektedir. Bol yağış alan bu bölgede, kış aylarındaki yağışlar kar yağışı şeklinde olmakta ve Ocak, Şubat aylarında çalışma şartları güçleşmektedir. Maden sahası, derin vadiler ve yüksek tepeler ile çevrilmiş olup, 1050-1300 m. kodları arasında bulunmaktadır.

### 11.1.1.2. Genel jeoloji

Damar-Çakmakkaya maden sahası, Alp orojenezi ile etkilenmiş ponditlerin kuzeydoğu kenarında yer almaktadır. Bölgede paleozoik ve kuvvetli deniz altı volkanizması ile beraber meydana gelmiş üst kretase ve eosen yaşlı formasyonlar görülmektedir. Bu formasyonlar aşağıdan yukarıya doğru alt bazik seri, alt dasitik seri, marn kireçtaşı serisi ve üst volkanik seriler olarak istiflenmişlerdir. Kuvars, diorit, granodiorit, porfirik gibi intrüsyonlar bu serileri kesmişlerdir.

Damar-Çakmakkaya maden yatağı sayısız damarcıklardan meydana gelmiş subvolkanik stockvork tip bakır yatağı olup, alt dasitik seri içindeki sünger-tüf ve diğer tüf seviyeleri içinde yer almıştır. Cevherleşme post volkanik olarak teşekkül etmiştir. Diğer tüf seviyeleri içinde yer almıştır. Cevherleşme post volkanik olarak teşekkül etmiştir.

Hakim cevher mineralleri kalkopirit ve pirittir. Gang minerali ise kuvarstır. Stockwork tipi maden yatağını meydana getiren damarcıklardaki cevher tenoru değişiklikleri cevherleşmenin çeşitli safhalarda meydana gelmiş olması ile ilgilidir. Değişik tenördeki damarcık toplulukları maden yatağı içinde yatay ve düşey olarak tenor değişikliklerine sebep olmakta ve bu nedenle yatak içinde homojen bir tenor dağılımı görülmemektedir.

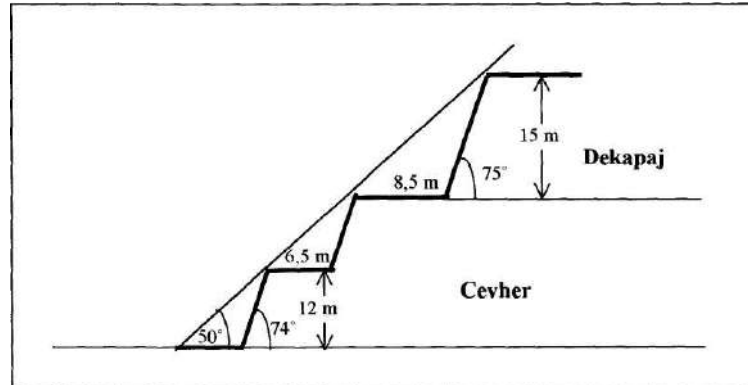
### 11.1.1.3. Rezerv durumu

1.1.1990 tarihi itibarıyla Damar-Çakmakkaya maden sahalarındaki toplam rezerv aşağıdaki gibidir.

Üretmeye Hazır		Üretmeye Hazır Olmayan		TOPLAM		
	%Cu	Tonaj	%Cu	Tonaj	%Cu	Tonaj
Damar	1.104	1.535.155	1.126	17.199.426	1.124	18.731.583
Çakmakkaya	0.955	3.241.265	1.005	19.128.023	0.997	22.369.288
Damar-Çakmakkaya sahalarındaki toplam rezerv: 41.100.869 ton'dur.						

### 11.1.2. Açık Ocak Hakkında Genel Bilgiler

Damar ve Çakmakkaya olmak üzere iki açık işletme maden ocağı bulunmaktadır. Birbirinden ayrı faaliyet gösteren maden sahalarında üretim konvansiyonel madencilik denilen delme-patlatma ve kazı-nakliyat yöntemiyle basamaklar oluşturularak gerçekleştirilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Sembolik olarak basamakların görünümü.

	Cevher	Dekapaj
Basamak Yüksekliği	12 m.	15 m.
Basamak Genişliği	6.5 m.	8.5 m.
Basamak Şev Açısı	74°	75°
Ocak Genel Şev Açısı	50°	50°

Cevher-Dekapaj oranı (Rasyo);

	<b>Başlangıç</b>	<b>Bugün</b>
Damar Maden Sahası:	0.43 m <sup>3</sup> /ton	0.41 m <sup>3</sup> /ton
Çakmakkaya Maden Sahası:	0.92 m <sup>3</sup> /ton	0.34 m <sup>3</sup> /ton

### 11.1.3. Delme-Patlatma Faaliyetleri

Üretim faaliyetlerinde Delme-Patlatma operasyonu önemli yer tutmaktadır. Bölgenin bol yağışlı olması ve maden işletmesinde derinliklere indikçe yeraltı su varlığının etkinliğini artırması sonucu son yıllarda kullanılmakta olan ANFO tipi patlayıcı maddenin randımanını düşürmüş ve bunun sonucu olarak patlatma maliyetleri artmıştır. Patlayıcı madde sarfiyatları, özellikle jelatinit dinamit sarfiyatı, patlatma yerlerinin sulu olmasına bağlı olarak değişkenlik göstermekte ve sulu deliklerde jelatinit sarfiyatı artmaktadır. Ayrıca sahanın sulu olmasından dolayı patlatma delikleri aynı oranda doldurulamamakta ve homojen bir patlatma sonucu elde edilememektedir. Bu sorunlar gözönüne alınarak, KBİ suya dayanıklılığı bilinen ve ANFO'ya nazaran % 70 daha fazla enerjiye sahip olan SLURRY (bulamaç) tipi patlayıcı maddeyi madencilik çalışmalarında uygulamaya koymuştur. İsveç Nitro-Nobel firması patenti altında üretilen slurry tipi patlayıcı maddenin üretimi Türk ve yabancı ortaklı olarak kurulan Nitro-Mak A.Ş. firmasınca üstlenilmiş olup, maden sahası yakınına kurulan patlayıcı madde üretim fabrikasıyla gerçekleştirilmektedir. Nitro-Mak firması, % 33,5 Makina Kimya Endüstrisi Kurumu, % 25 Nitro-Nobel, % 21,5 Altay ve % 20 Tek-Fen şirketler ortaklığı olarak kurulmuştur.

ANFO tipi patlayıcı; % 94 Amonyum Nitrat, % 5,5 mazot, % 0,5 Alüminyum toz karışımı olarak hazırlanarak "Jelatin dinamit+adi kapsül+infilajlı fitil" yardımıyla patlatılmaktadır. Patlatma deliklerinde şarj edilirken önce dinamit ve kapsül bağlantılı bomba alt kısma konur, çamur sıkılama yapılarak patlamaya hazır duruma getirilir. Bağlantı sistemi infilaklı fitil ile gerçekleştirilir. İnfilaklı fitil 6000 m/sn'lik hızla gecikmeye zaman vermeden tüm deliklerin çok kısa sürede patlamasını sağlar.

Slurry tipi patlayıcı; Amonyum nitrat, su, yağ, emülsifer ve sensitizer karışımı olmaktadır.

- Amonyum Nitrat*: Oksijen verici olarak görev yapar ve genellikle iksidizer olarak adlandırılır. Oksidizer % 80 Amonyum nitrat ve % 20 sudan oluşmaktadır. Bu da emülite hammaddelerin içinde % 93 olmaktadır.
- Yağ*: Patlayıcı maddede patlatma olduğu zaman yakıt görevini yapar. Yağ, patlayıcı maddenin % 5-6'sını oluşturmaktadır.
- Emülsifer*: Emülsifier emülsiyonun çok ince yapıda durmasını sağlar. Emülsifier patlayıcı maddenin % 0.8-1'ini oluşturur.
- Sensitizer*: Normal olarak sensitizer küçük cam balonlardan oluşmaktadır. Cam balonlar patlama yayılımını sağlarlar. İyi bir patlayıcı için % 0.8-1.5 sensitizer yetmektedir.

## Açık İşletme Uygulamalarına Örnekler

Karışımın (Emülsiyonun) Özellikleri:

Yoğunluk : 1.25 g/cm<sup>3</sup>  
Patlatma hızı : 6.000 m/sn  
Suya direnci : Mükemmel

Slurry+Nobel tipi patlatmanın, ANFO+infilaklı fitil patlatmaya göre üstünlükleri:

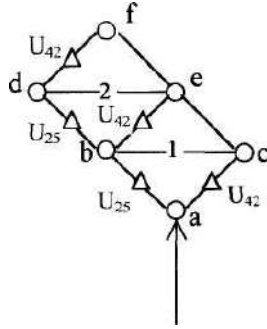
- Suya karşı tamamen dayanıklı olmaktadır.
- Uzun süre şarj edilen delikte kalabilmektedir.
- Slurry patlayıcı+Nobel bağlantı sisteminin kullanılmasıyla birlikte atımlardan dolayı meydana gelen titreşimler minimuma indirilmiştir ve yerleşim yerlerinde olabilecek kaymalar, sarsıntılar en aza inmiştir.
- Eski sistemde deliklere yapılan ANFO şarjının kürekle olmasından dolayı önceden delinen delikler içerisine dolan yağmur ve yeraltı sularının atılması mümkün değildi ve içeride hacim oluşturmaktaydı. Bunun sonucu yeterli ANFO şarj edilememekteydi. Bu da düzgün olmayan bir patlamaya neden olmakta ve basamaklarda atım sonrası kalan, topuk tarif edilen engebeler için ikinci bir atıma ihtiyaç göstermekteydi. Slurry tipi patlayıcının akışkan özelliğe sahip olmasından hortumla basınçlı bir şekilde şarj edilmesi, deliklerdeki şarj verimini artırmış, bu da patlatmalarda homojenlik sağlamış ve topuk problemi çözülebilmektedir.
- Titreşimin minimuma inmesiyle basamaklarda oluşan çatlaklar en aza inmiş ve delme işlemi kolaylaşmıştır.
- Operasyon kayıpları azalmıştır.
- Daha emniyetlidir.
- Patlama enerjisinin yüksek olmasından delik aralıkları daha geniş tutulabilmiş ve daha ekonomik olmuştur. Delik başına kaldırılan materyal miktarı artmıştır.
- Patlatma sonucu fragmentasyon istenen düzeye gelmiş ve kırıcı operasyonu rahatlatmıştır.

### 11.1.3.1. Delik geometrisi ve patlatma operasyonu

Delik Çapı : 6<sup>3/4</sup>" (171 mm)  
Delik Boyu : Cevherde : 13.5 m; Dekapajda : 16.5 m  
Delikler Arası Mesafe : 4.5 x 5.5 m (Slurry + Nobel Sistem)  
4 x 4 m (ANFO + İnfilaklı Fitil Sistem)  
Sıkılama Miktarı : 4 m  
Bir Delikte Kullanılan Slurry : 245 kg (Cevherde)

Delme operasyonu tamamlandıktan sonra şarj işlemine geçilir. Slurry, üretici firma tarafından, üzerinde özel tanklar bulunan kamyonetler vasıtasıyla maden sahasına taşınır ve deliklere şarj edilir. Önce delik tabanına bomba tarif ettiğimiz "adi sismik dinamit + 475 milisaniye gecikme özelliğine sahip U-475 kapsül" yerleştirilir. Yaklaşık 2 kg ağırlıktadır. Üzerine Slurry patlayıcı özel hortumu ve pompa mekanizmasıyla şarj edilir. Son olarak bir bomba da slurry üstüne yerleştirilir.

Bunda asıl amaç patlatmanın daha güvenli yapılabilmesidir. Sonra çamur ile üzerine prensip olarak ilk sıranın aynaya olan mesafesi kadar bir miktar sıkılama yapılır. Delikler sıralı bir şekilde Şekil 2'deki gibi patlatılır.



Şekil 2. Deliklerin sıra ile patlatılması.

### 11.1.3.2. Patlatma devresi

Sıralar arasına 42 milisaniye gecikmeli kapsül, aynı sıradaki delikler arasına 25 milisaniyelik kapsüller bağlanır. Kapsüller vasıtasıyla devrede gerekli gecikme sağlanmış olur. a,b,c,d,e şeklinde gecikme sağlanarak önce ön dilim, sonra arka dilim patlatılır. Gecikme süresi içinde dilimler birbirine çarpıtılmak suretiyle fragmantasyon sağlanmış olur.

İnfilaklı fitil patlatmadan farklı olarak, Nobel sistemde gecikme sağlanmak suretiyle patlatma yapılmış olur.

### 11.1.4. Kazı-Nakliye

Atımlar sonucu maksimum 1m x 1m ebadında parçalanmış cevher, mazotlu çalışan paletli ve zincir tekerlekli ekskavatörler vasıtasıyla 35 ton kapasiteli kaya kamyonlarına yüklenir ve kırıcı ünitelerine taşınır. Dekapaj malzemesi ise Murgul vadisine tumba edilmektedir. Üretim günlük 11 000 ton/gün, yıllık 3 634 000 ton, % 1 Cu tenörlü cevher üretimi olarak hedeflenmiştir. Cevher üretimine ek olarak 500 000 m<sup>3</sup> dekapaj yapılacaktır. Sonraki yıllara yönelik olarak üretim basamaklarının oluşturulması için ek olarak 2 500 000 m<sup>3</sup>/yıl'lık dekapaj müteahhit firmalara ihale edilmiştir. İşletme tarafından kazı ve nakliye için kullanılan iş makineleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. İşletmede faal olarak çalışan iş makineleri.

Makina Cinsi	Makina Modeli	Toplam Adedi	Kapasitesi
Paletli Ekskavatör	88-B B-E	6	4 ad 5 <sup>1/2</sup> yd <sup>3</sup> 2 ad 7 yd <sup>3</sup>
Paletli Ekskavatör	71-B B-E	2	3 <sup>1/2</sup> yd <sup>3</sup>
Kaya Kamyonu	769-B Caterpillar	39	35 ton
Paletli Delici	SCHRAM	4	6 <sup>1/2"</sup> , 6 <sup>3/4"</sup> , 3 <sup>1/2"</sup>
Paletli Delici	Ingersoll-Rand	8	6 <sup>1/2"</sup>
Paletli Delici	Joy-Ram	4	3 <sup>1/2"</sup>
Paletli Delici	Atlas-Copco	1	
Las-Loader	Muhtelif Modeller	11	1.5, 2.5 yd <sup>3</sup>
Paletli Şok Tabancası	Caterpillar	1	27 ton
	Ranmer2	1	
Dozer	Muhtelif Modeller	17	8 adet 270 HP
	Caterpillar	5	3 adet 380 HP
Grayder	Galion	1	140 HP
	Champhion	1	
	Eveling Bedford	6	



### **11.1.5. Kırıcı ve Konsantratör Tesisleri**

#### **11.1.5.1. Kırıcılar**

Şu anda tam kapasite çalışmakta olan iki çeneli kırıcı, bir de konik kırıcı bulunmaktadır. Birinci kırıcı çene açıklığı 1.22 m x 1.83 m teorik kırma kapasitesi 640 ton/saattir. Pratikte, iklim şartları ve cevherin yer yer kaolinli olması, silo, çene ve şut tıkanmalarına sebep olmaktadır Dolayısıyla fiili kapasite 450 ton/saat civarında gerçekleşmektedir.

İkinci kırıcı çene açıklığı 1.6 m X 1.4 m ve 550 ton/saat teorik kapasiteye sahiptir. Yine birinciye benzer nedenlerden kapasite 400-450 ton/saat civarında olabilmektedir.

Söz konusu iki çeneli kırıcı ile toplam 3 200 000 ton/yıl cevher kırılması programlanmıştır.

Konik kırıcı ünitesi ise damar-2 flotasyon tesisine ait olup 450 ton/saat kapasitelidir. Konik açıklığı 80 cm X 15 cm ebadındadır. Bu kinci ünitesinde kırılan cevher damar-2 konsantratör ince symons kırıcılarına band konveyörle taşınır.

#### **11.1.5.2. Çakmakkaya konsantratör tesisi**

1984 yılında Çakmakkaya flotasyonu iyileştirme ve üretimi artırma kararı alınarak sistemde görülen aksaklıkların giderilmesi için değişikliklere gidilmiş ve iyileştirme çalışmaları 1988 yılı sonu itibariyle tamamlanmıştır. Yapılan değişiklikler Dünya bankasından sağlanan 16 milyon dolarlık kredi çerçevesinde İsveç Boliden firması ve Karadeniz Bakır İşletmeleri teknik personeli ortak çalışması sonucu gerçekleşmiştir.

Bu sürede eski öğütme sisteminde sık sık arızalara ve taşmalara neden olan ve üretim aksamalarına neden teşkil eden elek band sistemi kaldırılmış yerine ikinci kademe öğütme (çakıl değirmeni) klasfayer (classifier) ayırıştırma konulmuştur. Değirmen içleri çelik astar yerine lastik astarla döşenerek otojen öğütmede lastik astar uygulamasına geçilmiştir. Yenilemelerle otojen öğütme 125 ton/saat kapasiteden 158 ton/saat kapasiteye çıkarılması hedeflenmiştir. Fakat öğütmede esas cevherin minerolojik ve fiziksel yapısı ilgili olmaktadır, bu nedende kapasiteye ulaşmakta güçlük teşkil etmektedir.

Yapılan iyileştirmeye, birinci-ikinci (otojen-çakıl) kademe öğütme sonucu, proses randımanını etkileyen optimum tane boyutuna varılabilmiş ve proses randımanı artmıştır.

Lastik astar uygulamasıyla, montaj-demontaj işlemleri kolaylaşmış, çalışma ortamındaki gürültü azalmış, aktif çalışma süresi uzamıştır.

Maden sahalarında teorik olarak maksimum 1 x 1m ebadında parçalanarak kırıcı ünitelerine taşınan cevher çeneli kırıcılarda 20-30 cm olarak kırılarak 90 000 ton kapasiteli kaba cevher stok sahasına bandlarla taşınır.

#### **11.1.5.3. Konsantratör**

Yılda 3 200 000 ton % 1 Cu tenörlü cevher işlenerek 140 000 ton % 21 Cu bakır konsantresi ve 1 200 000 ton % 44 S Pirit konsantresi üretimi planlanmıştır. Tesis proses akımı şöyledir;

20-30 cm boyutundaki cevher apron feeder ve bandlar vasıtasıyla birbirine paralel 3 hat olarak kurulan otojen değirmenlere taşınır. Otojen-çakıl öğütme işlemine tabi tutulur. Çakıl değirmen çıkışı -65 mesh % 60 ebadında öğütülmektedir. Birinci ve ikinci kademe olarak adlandırılan otojen-çakıl öğütme, birbirine seri olarak yapılmaktadır.

-65 mesh % 60 ebadında öğütülen su ve cevher kaşımı pülp malzeme klasifiyerle gider, klasifiyer üst akıntısı siklon devresine, alt akıntısı otojen değirmene gönderilir. Üst akıntı siklon devresinde % 65-70 -200 mesh olarak ayrıştırılır ve siklon üst akıntısı flotasyon devresine, alt akıntısı çakıl değirmenine geri döner. Gerek klasifiyer altı gerekse siklon altı, kaba malzeme teşkil ettiğinden değirmenlerde öğütmeye almır ve siklon-çakıl değirmen, klasifiyer-otojen değirmen kapalı devre olarak çalışır.

12 adet 8.5 m<sup>3</sup> kapasiteli kaba flotasyon selüllerine gelen siklon üst akıntısı kaba flotasyona tabi tutulur. Yüzen malzeme % 9-10 bakır ve pirit minerallerini ihtiva eder. Flotasyon altı % 0.1 Cu üst sınıır, % 80-85 silis ve diğer artık malzeme, artık olarak kabarcet deresi akıntısına bırakılır.

Yüzdürülerek alınan kaba konsantre temiz yüzdürme devresinde içerisindeki silis miktan atılarak temizlenir.

Silis miktarı düşürülmüş kaba konsantre, bilyalı değirmene gönderilir, % 80 -325 mesh olarak öğütmeye tabi tutularak bakır ve pirit minerallerinin serbestleşmesi sağlanır. Öğütme esnasında bilyalı değirmene kireç kaymağı atılarak ortamın pH değeri yükseltilir. Öğütülen pülp kondisyon tanklarında 50 dakika bekletilerek reaktifli ortamda bakır mineralleri yüzdürülerek alınır. Pirit mineralleri yüksek pH'lı ortamda çöktürülerek selül alt akıntısı olarak alınır. Alınan pirit, pirit konsantre olarak değerlendirilir. Yüzdürülen bakır konsantre temiz bakır flotasyon devresinde % 21 Cu olacak şekilde konsantrasyon değeri artırılır.

% 21 Cu tenörlü bakır konsantre ve % 44 tenörlü pirit konsantre Murgul boru hattı ile Murgul izabe-asit kompleksine veya Hopa boru hattı ile Hopa filtre tesislerine gönderilir.

#### **11.1.6. Damar-2 Flotasyon Tesisi**

İkinci flotasyon tesisi henüz deneme üretimi aşamasında olduğundan tam kapasite üretime geçilememiştir. Konvansiyonel proses denilen konik kırıcı-symons kinci, çubuklu-bilyalı değirmen öğütme sistemine göre dizayn edilmiştir. Bu tesiste üretim % 9-11 tenörlü kaba konsantre olarak planlanmış, üretilen kaba konsantre Çakmakkaya flotasyonuna boru hattı ile taşınarak selektif flotasyona tabi tutulmaktadır.

Flotasyon ünitelerinde toplayıcı olarak potasyum etilksantat (sanayide bilinen adı, Z-3, Z-6) Hoe F 2791, çöktürücü olarak kireç kaymağı ve köpürtücü olarak AP-407, H-54 kullanılmaktadır.

#### **11.1.7. Boru Hattı İşletmeciliği**

##### ***Çakmakkaya-Hopa Boru Hattı***

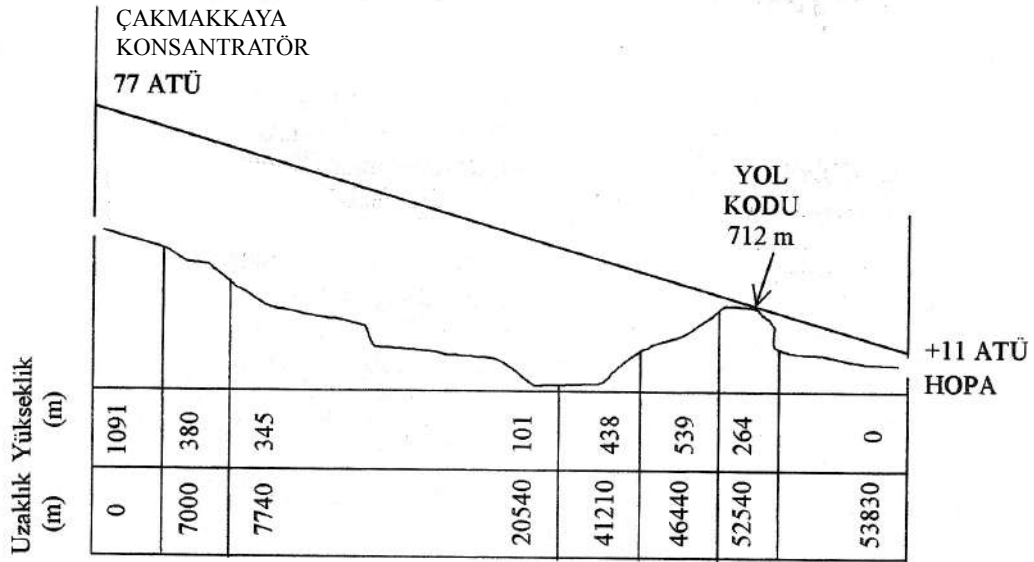
Çakmakkaya-Hopa boru hattı, Çakmakkaya tesisleri ile Hopa filtrasyon tesisleri arasında birbirine paralel iki hat olarak döşenmiş ve Çakmakkaya konsantratör istihali olan konsantreyi Hopa tesislerine nakliyesinde kullanılmaktadır.

### 11.1.7.1. Ana pompalar

Bir adet hızı değişebilen Wilson-Schnider marka yatay tip, iki adet dik pistonlu Ingersoll-Rand marka yüksek basınç pompası 1091 metre yükseklikteki Murgul konsantratörüne monte edilmiştir. Pompaların biri bakır devresine diğeri pirit devresine bağlı olup, üçüncü pompa her ikisine yedeklik edecek şekilde kuruludur.

### 11.1.7.2. Boru hattının özellikleri

127 mm çapında iki ayrı hattın meydana gelmektedir. Hattın ilk 6400 metrelik kısmının boru et kalınlığı 9.5 mm geri kalan kısmı ise 12.7 mm dir. Boru hattının yüksek basınçlı pompalarından ilk istasyona (6400 metre) kadar olan kısmı 3000 psi'ye, Hopa filtre tesislerine kadar olan geri kalan kısmı ise 5000 psi'ye göre dizayn edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Çakmakkaya-Hopa boru hattı topoğrafik kesidi.

Nominal Boru Çapı	: 127mm(APIGrade-53)
Azami Eğim	: ± 10 %
Hat Uzunluğu	: 64 km
Kritik Hız	: 1.14 m/sn
En Sert Virajdaki Kurp Çapı	: 7m
12 Yılda Boru Aşınması	: -3.8 mm
Karışımın Akış Hızı	: 1.45 m/sn
Taşıma Kapasitesi	: 635 ton/gün (katı)
Boru Basınç Dayanımı (Konsantre)	: 77 Atmosfer (80 kg/m <sup>2</sup> )
Boru Et Kalınlığı	: 9.5-12.7 mm
Boru Hattının Ömrü	: 12 Yıl
Boru Hattında Taşınabilecek Malzemenin Tane İriliği	: 0.1 mm

### 11.1.7.3. Taşınan konsantrenin özellikleri

Katı-sıvı Oranı	: % 30-50 (Optimal % 41)
Tane İriliği	: 0.043 (-325 mesh)
Taşınan Konsantrenin Metalik Bakır Oranı	: % 21 Cu
Taşınan Konsantrenin Kükürt Oranı	: % 44 S
Operasyon Basıncı	: 20 kg/cm <sup>2</sup>
Pompa Stroke Sayısı	: 90 cm/sn

### 11.1.7.4. Hattın kontrolü ve korunması

Boru hattında akan pülpün yoğunluğu, yoğunluk ölçer vasıtasıyla sürekli izlenebilmekte ve saat başı değerler alınmaktadır. Boru hattında oluşan basınç tesis çıkışındaki manometre vasıtasıyla işletme operatörleri tarafından kontrol edilmektedir.

Hatta yer yer olabilecek çökme ve birikimlere karşı periyodik olarak 20 günlük aralıklarla pig (kirpi) diye isimlendirilen materyal gönderilir.

Pig, iç kısmı sentetik, hafif esnek, üzeri çelik tel dikenli ve değişik ebatlarda olabilmektedir. Pig'in boru hattına atılması hat başlangıcındaki ek çıkıntıdan akıntıya bırakılarak olur ve pülp akışıyla sürüklenir. Helezonik şekilde boru içinde hareket ederek birikinti ve çökeltiyi sürükler. Hat içine bırakılan pig'in Hopa tesislerinde boru çıkışında çıkıp çıkmadığı kontrol edilir.

Ayrıca pompa istasyonunda olabilecek arızalarda veya tanklarda konsantrenin bitmesi gibi durumlarda, boru hattına kendi normal akıntısında veya pompayla yaklaşık 2 saat temiz su gönderilir. Böylece boru hattında olabilecek çökelmeler önlenmiş olur.

### 11.1.7.5. Kapasite-konsantrasyon-debi ilişkisi

Boru hattının tavsiye edilen şartlarda çalıştırılabilmesi kapasite ve konsantrasyonun hassasiyetle kontrol edilmesi ile sağlanır.

Arzulanan herhangi bir tonajdaki günlük katı maddenin naklinda pülpün hızı kritik hızdan fazla olmalı, konsantrasyon ve debi sabit tutulmalıdır.

### 11.1.7.6. Boru hattı akış hızı

Kritik hız boru dibinde birikmiş katı üzerinden hareket eden pülpün boru içindeki ortalama hızı olarak tarif edilir.

Boru hattının emniyetli çalıştırılabilmesi ve arzulanan günlük katı malzemeyi nakledebilmesi için minimum emniyetli hız ile maksimum konsantrasyon sağlanmalıdır. Boru hattındaki ortalama akış hızı kritik hızdan büyük tutulurken fazla hızla beraber aşınmanın da arttığı göz önünde bulundurulmalıdır.

### **11.1.7.7. Basınç düşürme istasyonları**

Topoğrafik şartlar nedeniyle pülp Hopa tesislerine ulaştıktan sonra bünyesindeki basınç 75 atü kadar olabilmektedir. Bu basıncı uygun bir mertebeye indirmek için, tesislerin giriş kısmında bir basınç düşürme istasyonu yer almaktadır.

Basınç düşürme istasyonu, boru hattı iki kısma ayrılarak her biri 100 mm çapından 36 mm çapa düşürülen 1.495 m boyunda daralan borulardan oluşur. Daha sonra 36 mm'lik boru yaklaşık 87 m devam eder. Tekrar 1.495 m'lik 90 mm genişleyen çıkış kısmıyla başta iki bransa ayrılan boru tekrar 100 mm (4") tek boru olarak Hopa tesislerine kadar uzanır. Basınç düşürme istasyonunda 60 kg/cm<sup>2</sup> lik giriş basıncı 7-8 kg/cm<sup>2</sup> ye düşer. Operasyon anında daralan kesit boru içerisinde geriye doğru doluluk sağlar bu da boru içindeki türbülans akışı engeller ve aşınma engellenmiş olur, aynı zamanda malzeme akışı azaltılarak basınç düşürülmüş olur. Akış hızının arttığı kısımlarda aşınma artmaktadır. Ayrıca dönüş kısımlarında aşınma yüksek olmaktadır. İşletmede fazla aşınan kısımlarda poletilen boru kullanımı bu sorunu bir ölçüde çözmüştür.

### **11.1.7.8. Katodik korunma**

Korozyona karşı boru hattını korumak için kullanılır. Korozyonun elektro-kimyasal gelişimine direkt olarak müdahale eder.

Elektro-kimyasal bir olay olan korozyonun en büyük etkeni boru yüzeyinin elektriksel geçirgenliğidir. Toprak direnci üzerinde etkili olan faktörler, toprağın cinsi, ihtiva ettiği eriyik tuzlan, sıklık veya gevşekliği, nem miktarı, sıcaklığı ve homojenliğidir.

Toprak direnci değişimine göre korozyona müsait olma şöyle sınıflandırılabilir:

1000 ohm-cm den aşağı dirençli bölgeler	çok korrozif
1000-5000 ohm-cm den dirençli bölgeler	korrozif
5000-10000 ohm-cm den dirençli bölgeler	az korrozif
10 000 ohm-cm den yukarı dirençli bölgeler	korrozif değil

Katodik koruma iki değişik metodla yapılabilmektedir.

1. Kurbanlık Anod Sistemi
2. Cebri Akımlı Sistem

Kurbanlık Anod sistemi de; "magnezyum anod" ve alüminyum anod" olarak uygulanabilmektedir.

Her iki metotta sistem çelik boru üzerinde korozyon sonucu olan elektron kaybını engellemektedir. Bu da boruya dışarıdan verilecek yeni elektron yüklerle engellenmektedir.

Boru hattı üzerine gereken Anod miktarı, anodların toprağa geçiş dirençleri ve bir anodun verebileceği akım miktarı göz önüne alınarak tespit edilir.

Anodun ömrü, "ağırlığı, yıllık sürekli anod akımı, anod verimi ve bölgesel anod akımı" ile bağlantılıdır. Çakmakaya-Hopa boru hattı için bir yıllık sürekli anod akımı 0.114 A yıl/kg ve anod verimi ise % 50 olarak kabul edilmektedir.

Anodlar için gerekli akım, anodun içine konulduğu torba içerisindeki karışımdan sağlanır. Bu dolgu malzemesi şunlardan teşekküldür:

Jips	: CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	% 25-30
Bentonit	: BaSO <sub>4</sub>	% 50-45
Sodyum Sülfat	: Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	% 25

Özgül elektrik direnci 25-50 ohm-cm<sup>2</sup> dir.

### 11.1.8. Hopa Kurutma ve Depolama Tesisleri

Çakmakaya konsantratöründen boru hattı ile sevk edilen % 50 katı içerikli bakır ve pirit konsantre her biri 500 tonluk 2 adet tikener tankında depolanmaktadır. Daha sonra santrifüj pompalar vasıtasıyla filtreye (30 ton/saat lik) alınmakta, buradan % 14 rutubetli konsantre band konveyörlerle silindirik döner firma aktarılmaktadır.

Fırın kapasitesi 50 ton/saattir. Fırından tekrar band konveyörle stok sahasına depolanmaktadır. Buradan limandaki gemilere yükleme yapılmaktadır.

Murgul'dan tankerler vasıtasıyla sevk edilen sülfirik asit, iki adet 2000 ve bir adet 3000 tonluk olmak üzere 3 depoda stoklanarak buradan boru hattı ile gemilere yükleme yapılmaktadır.

### 11.1.9. İzabe ve Sülfirik Asit Tesisleri

#### *Murgul-Göktaş İzabe Tesisi*

1 adet döner kurutucu filtrede % 50 nemle tikinerlerden gelen konsantre % 8 neme düşürülerek stok sahasına nakledilir. 150 ton/gün kapasiteli bir adet reverber fırın da günde iki kez olmak üzere her bir beher 65 ton konsantre ergitilmektedir. Elde edilen mat, bakır potalar vasıtasıyla kenventerlere alınmaktadır. Konventer fırında mat'a % 28 silis ilave edilerek demir sülfür, demir silikat halinde anod olarak dışarı alınır. Bakır sülfür içerisindeki kükürt, hava ile yakılarak bakır saflaştırılır ve % 99.2 Cu luk blister bakır elde edilir. Bu arada meydana gelen % 2'lik bakır kaçağı reverbere iade edilir.

Konverterden günde 30 ton blister bakır elde edilerek döner sistemli kalıp makinesi ile 50 x 20 cm lik kalıplarda beheri 40 kg olan külçe halinde blister bakır elde edilir.

Yılda 9900 ton % 99.2 Cu tenörlü blister bakır üretme kapasiteli izabe tesisinde yıllık kapasitesine ulaşmak için 42 900 ton/yıl % 21 Cu tenörlü bakır konsantresi işlenmektedir.

#### 11.1.9.1. Sülfirik Asit Tesisleri

İzabe üretimi sonucu açığa çıkan SO<sub>2</sub> gazı artık ısı kazanında soğutulur ve elektrostatik toz tutucularından geçirilerek asit testine alınır. Ayrıca pirit kavurma metodu ile elde edilen SO<sub>2</sub> gazı da sülfirik asit üretimi için kullanılır.

Pirit konsantresi tikinerlerden filtre ünitesine % 50 nemle gelmektedir. Burada % 8 neme düşürülerek 1 adet 6 ton/saat kapasiteli kavurma fırınında kavruarak sülfür gazı açığa çıkarılır. Gerek açığa çıkan sülfür gazı gerekse izabe baca gazları proses edilerek % 98 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

konsantrasyonlu sülfirik asit üretilmektedir. Tesisin yıllık kapasitesi 98 000 ton ( $H_2SO_4$ ) sülfirik asit olarak planlanmıştır.

Üretilen sülfirik asit Hopa liman tesislerinde depolanmaktadır.

#### **11.1.9.2. Samsun izabe ve asit tesisleri**

1984 yılında Dünya bankasından alınan 19 milyon \$ kredi çerçevesinde iyileştirmeye gidilerek 1989 yılı içerisinde bitirilen proje ile yılda 38 760 ton blister bakır üretme kapasiteli izabe tesisi ve 282 000 ton sülfirik asit üretme kapasiteli asit tesisi en son gelişmiş metod olan flash-izabe metodu ile çalışmaktadır.

Flash-izabe metodu, prensip olarak şu şekilde çalışmaktadır:

Çok ince öğütülmüş sülfürlü konsantre veya cevher kurutulduktan sonra flash-izabe finna beslenir. Beslenen malzemenin kompozisyonuna ve elde edilen matın derecesine göre saptanan gerekli ısı miktarı demir ve sülfürün oksitlenmesiyle sağlanır. İlave ısı içinde ısıtılmış hava ve oksijenle zenginleştirilmiş hava kullanılır.

Fırının her iki ucunda katı maddeleri (bakır konsantresi, pirotit ve kuvars kumu) oksijen huzmesi içinde sevk etmek için aynı zamanda ateşlenmek üzere her iki tarafta iki adet brülör tertibatı vardır. Brülörlerin etrafını çevreleyen su ceketleri brülör uçlarının oksijen huzmesi tarafından yakılmasını önlemeye yarar.

Reaksiyon sonucu  $SO_2$  gazları fırını terk ederek artık ısı kazanında soğutulur ve elektrostatik toz tutuculanndan sonra sülfirik asit tesislerine sülfirik asit üretimi için gönderilir.

Flash-izabe finnındaki  $SO_2$  miktarı genel olarak yüksektir ve hacmi sabittir. Bu sebepten sülfirik asit elde edilmesi için çok uygundur.

#### **11.1.10. Bakır Pazarı**

Bakır piyasası metal piyasaları içinde oldukça önemli ve duyarlı piyasalardan birisidir. Temel nedeni ise, bakırın birçok sektörde hala önemli kullanım maddesi olmasıdır. İnşaat, elektrik ve elektronik, ulaşım sektöründe girdiler arasında bakırın önemli bir yeri vardır. Bu sektörlerdeki herhangi bir değişiklik doğrudan bakır piyasasına ve bakır fiyatlarına yansımaktadır.

Dünya bakır piyasasında fiyatların oluşumuna başlıca üç uluslararası borsa önemlidir:

- LME (London Metal Exchange),
- COMEX (New York Commodity Exchange)
- SSE (Shanghai Stock Exchange)

LME'deki fiyatlar sadece borsa içinde değil aynı zamanda dünya çapında üreticiler ve alıcılar arasındaki ticarete esas alınır.

LME'deki fiyatlar katot şeklindeki rafine bakır için "peşin olarak teslim" veya "3 ay vadeli olarak teslim" üzerinden her gün ilan edilir. Bu fiyatlar USA para birimi Dolar / metrik ton saf bakır

cinsinden verilir.

Bakır ürünlerinin satış fiyatı; hangi safhada ürün satılacaksa saf bakır fiyatından (borsadaki değer) ürün saf bakır oluncaya kadar masraflar düşülerek hesaplanır.

Cevher saf bakır oluncaya kadar sırasıyla konsantrasyon, izabe, rafinasyon (elektroliz) işlemlerine tabi tutulur. Böylece blister bakır fiyatını hesaplarırken, saf bakır değerinden rafinasyon ücreti; bakır konsantre fiyatını hesaplarırken rafinasyon ve izabe işleme ücreti düşülür.

Ürünlerin pazarlanmasında; katılımcı firmalar tekliflerinde; üründeki tenör indirim miktarını, kotasyon dönemini (kesin hesabın bağlanacağı dönem), izabe işleme ücretini ( $T_c$ ) ve rafinasyon şarjını( $R_c$ ) belirler. Bu parametrelere göre ton başına ürünün değeri hesaplanır ve ekonomik olan seçilir.

Ürün fiyat formülleri yukarıda izah edilen esaslara göre oluşur.

BSF: Blister bakır satış fiyatı (USD/Ton)

$$BSF = \frac{(T_{Cu} - \dot{I}_{Cu})N_{Cu}}{100} - R_c + \frac{(T_{Au} - \dot{I}_{Au})N_{Au}}{31,1035} + \frac{(T_{Ag} - \dot{I}_{Ag})N_{Ag}}{31,1035}$$

$$KSF = \frac{(T_{Cu} - \dot{I}_{Cu})(N_{Cu} - R_{Cu})}{100} - T_c + \frac{(T_{Au} - \dot{I}_{Au})N_{Au}}{31,1035} + \frac{(T_{Ag} - \dot{I}_{Ag})N_{Ag}}{31,1035}$$

KSF: Konsantre Satış Fiyatı (USD/Ton)

$T_{Cu}$ : Bakır tenörü (üründeki %bakır miktarı)

$T_{Au}$ : Altın tenörü (üründeki altın miktarı gr/ton)

$T_{Ag}$ : Gümüş tenörü (üründeki gümüş miktarı gr/ton)

$\dot{I}_{Cu}$ : Bakır tenöründeki indirim miktarı

$\dot{I}_{Au}$ : Altın tenöründeki indirim miktarı

$\dot{I}_{Ag}$ : Gümüş tenöründeki indirim miktarı

$N_{Cu}$ : Londra metal borsasındaki LME saf bakırın değeri (USD/Ton)

$N_{Au}$ : Borsadaki altın değeri (USD/onz)

$N_{Ag}$ : Borsadaki gümüş değeri (USD/onz)

$T_c$ : İzabe işleme ücreti (USD/Ton)

$R_{Cu}$ : Rafinasyon ücreti (cent/lb)



### 11.1.11. Türkiye’de Bakır Üretimi

Türkiye'deki bakır rezervleri Çizelge 2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Türkiye'deki bakır rezervlerinin dağılımı (01.01.2004).

COĞRAFİ KONUM			REZERV	TENÖR	METAL	İŞLETEN KURULUŞ
İLİ	İlçesi	Mevki	Bin Ton	% Cu	Bakır Ton	
Artvin	Murgul	Damar	1.600	1,23	19.680	K.B.İ
Kastamonu	Küre	Bakibaba	150	2,5	3.750	CE-KA
Kastamonu	Küre	Aşıköy	6.850	2,3	157.550	CE-KA
Kastamonu	Küre	Kızılsu	1.700	1,7	28.900	CE-KA
Elazığ	Maden	Anayatak	200	1,7	3.400	BER-ONER
Rize	Çayeli	Madenköy	14.290	3,4	485.860	Ç.B.İ. A.Ş.
Artvin	Merkez	Cerrattepe	3.900	5,2	202.800	Ç.B.İ. A.Ş.
Siirt	Şirvan	Madenköy	24.000	2,0	480.000	Park Holding
TOPLAM					1.381.940	

Tablodan da görüleceği gibi ülkemizde üretimi sürmekte olan iki önemli rezerv mevcuttur. Bu sahalar 14,29 Milyon ton ile Çayeli ve 7 Milyon ton ile Küre'dir. KBİ'ye ait Murgul maden sahalarında kalan rezerv 1.6 milyon ton cevher olup, arama çalışmaları sürmektedir. Siirt Madenköy ile Cerrattepe sahalarında üretim başlamamıştır. Bazı irili ufaklı sahalarda özel sektörcü küçük çaplı üretimler yapılmaktadır.

Ülkemizde 2003 ve 2004 yıllarında gerçekleştirilen bakır cevheri ve bakır konsantresi üretim miktarları Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3. Son yıllara ait bakır cevheri ve bakır konsantresi üretimleri.

		Miktar (t)	Tenör (%)	Miktar (t)	Tenör (%)
Bakır Cevheri Üretimi	KBİ:	1.206.500	0,57	1.198.946	0,61
	Çayeli:	928.000	4,17	765.000	3,98
	Küre:	971.500	1,75	843.997	1,63
	Ergani:	200.000	2,84	Curuf	İşlendi
		3.305.500	2,06	2.807.943	1,83
Bakır Konsantre Üretimi	KBİ:	29.387	20,61	31.418	20,77
	Çayeli:	136.000	24,7	113.000	23,71
	Eti Küre:	84.500	16,66	65.906	17,72
	Ergani	21.000	23,00	12.000	23,00
		270.887	21,62	222.324	21,48

### 11.1.11.1. Türkiye'deki rafineri tesisleri ve kapasiteleri

Ülkemizin rafineri tesislerinin kapasitesi 118.000 tondur. Bunun dağılımı şöyledir:

	<u>Kurulu Kapasite (Ton)</u>
Sarkuysan	70.000
Erbakır	18.000
Hes	30.000
<b>Toplam</b>	<b>118.000</b>

Erbakır'ın 18.000 tonluk tesislerinde son yıllarda yatırım yapılmamış olup sadece kendi hurdası işlenmektedir.

2001 yılında Erbakır 3.600, Sarkuysan 35.000 ton Hes 11.700 ton ve Kağıthane tesislerinde de 8.100 ton olmak üzere toplam 58.400 ton elektrolitik bakır üretilmiştir. 2002 yılında ise 45.000 ton elektrolitik bakır üretilmiştir.

KBİ'den alınan blister bakırın elektrolitik bakıra dönüştürülme sırasındaki stok maliyeti, navlun ile birlikte dikkate alındığında elektrolitik bakırın direkt satın alınarak işlenmesine göre daha pahalı olmakta bu nedenle de firmalar yurtdışından direkt elektrolitik bakır satın alarak tel ve diğer ürünleri üretmeyi tercih etmektedir.

### 11.1.11.2. Türkiye'deki mevcut filmaşın kapasitesi

Türkiye'deki mevcut filmaşın kapasitesi aşağıda ayrıntılarla gösterilmiştir.

	<u>Kurulu Kapasite (Ton)</u>
Sarkuysan	180.000
Erbakır	140.000
Hes	40.000
Elbak	11.600
Kağıthane	74.000
Sümer Bakır	16.000
<b>Toplam:</b>	<b>461.600</b>

Türkiye'de 2000 yılında 243.000 ton olan filmaşın üretimi piyasa şartları nedeniyle 2001 yılında 209.000 tona düşmüştür. 2002 yılında ise üretim 230 ton olmuştur.

Gümrük giriş tarife cetvelinde 74 pozisyonunda yer alan tüm bakırlı maddelerin ithalat ve ihracat değerleri komşu ülkeler ve AB olarak belirtilerek verilmiştir.

### 11.1.11.3. Türkiye'deki bakır ürünleri ithalat ve ihracatı

2002				2003			
İHRACATI		İTHALATI		İHRACATI		İTHALATI	
Miktar (kg)	USD	Miktar (kg)	USD	Miktar (kg)	USD	Miktar (kg)	USD
106.420.804	185.226.632	253.447.640	437.834.145	120.792.731	240.079.530	300.064.268	571.240.594

### 11.1.2. Dünya Bakır Rezervleri ve Bakır Üretimi

Dünya bakır rezervlerinin %48'ine yakın kısmı Kuzey ve Güney Amerika'da yer almaktadır. Dünya rezervinin metal içeriği 470 milyon tondur. Türkiye'nin dünya toplamındaki payı %1'den küçüktür. (0,029)

Dünyadaki en önemli bakır cevher üreticisi Şili, en önemli bakır tüketicisi ise ABD'dir. Ülkemizin dünya bakır cevheri üretimindeki payı ise %0.4 civarında bulunmaktadır.

Dünya rafine bakır tüketiminin %17'sini ABD gerçekleştirmektedir. Türkiye'nin bakır ve pirinçle birlikte bakır tüketimi 250-300 bin ton civarında olup dünya tüketiminde %1'lik bir paya sahiptir.

Dünya bakır cevheri baz rezervi, bakır metali içeriği olarak toplam 940 milyon ton civarındadır. Bu rezervin 360 milyon tonu (yaklaşık %40'ı) tek başına Şili'de bulunmaktadır. Rezerv bakımından şanslı diğer ülkeler ise, ABD (70 milyon ton), Çin (63 milyon ton), Peru (60 milyon ton), Polonya (48 milyon ton), Avustralya (43 milyon ton) ve Endonezya (38 milyon ton) şeklindedir

Dünya görünür bakır rezervlerinin halen 470 milyon tonunun işletilebilir rezerv olduğu kabul edilmektedir. US Geological Survey, dünya (görünür + muhtemel + mümkün) rezervlerini 1,6 milyar ton olarak tahmin etmektedir. Bu rezervin okyanus diplerindeki manganez yumrularında 690 milyon ton bakır potansiyeli olarak bulunmaktadır. Dünya bakır rezervlerini porfiri, volkanogenik, masif sülfür ve sedimanter bakır yatakları oluşturur.

Yeni büyük bir bakır cevheri yatağının, aramalar sonucunda rezerv ve tenörünün tesbiti için 5-7 yıl gibi bir süreye ihtiyaç bulunmaktadır. Buna ilaveten fizibilite etüdü, mevzuata ilişkin formalitelerin yerine getirilmesi, ayrıntılı mühendislik projeleri ile gerekli hazırlık ve tesis yatırımlarının tamamlanması da 2-4 yıl sürmektedir. Bu nedenlerle, halen bilinen yatakların dışında yeni maden yataklarının bulunup işletmeye alınması 10 yıl gibi bir zaman alacaktır.

**Maden Müh. Yalçın KILIÇKAPLAN**

## **11.2. BULAMAÇ TİPİ PATLAYICILARIN MADENCİLİKTE KULLANIMI-KBİ ÖRNEĞİ**

Karadeniz Bakır İşletmeleri'nin girişimleri sonucu Türkiye'de ilk defa Bulamaç tipi Patlayıcı üreten NİTROMAK (MKEK, Nitro Nobel ve bazı özel kuruluşların ortaklığı) şirketi Murgu'da fabrika kurarak üretime başlamıştır. Üretimin başlamasından sonra maden sahalarımızda jelatin dinamit ANFO yerine bulamaç (Emilsiyon) patlayıcı kullanılmaya başlanmıştır.

Ayrıca, uzun zamandan beri Elektrikli ateşleme sistemlerini terk ederek kullanılmaya başlanan infilaklı fitil ve gecikme rölesi yöntemi de terk edilerek yerine elektriksiz (Nonel ticari isimli şok ile patlayan) ateşleme sistemi kullanılmaya başlanmıştır.

Emilsiyon patlayıcı teknolojisine dayanan EMULİTE, tamamı ile patlayıcı olmayan hammaddeler kullanılarak üretilir ve şu özellikleri gösterir.

- Yüksek detonasyon hızı
- Uzun sürelerde suya dayanıklılık
- Kullanmada daha yüksek güven
- Mükemmel delik dolum ve kaya kırma karakteri

Emilsiyon patlayıcılar bir emülsifikasyon projesi ile üretilir. Oksidan ve yakıt bir emülsiyon elde edilinceye kadar kuvvetlice karıştırılır. Böylelikle elde edilen karışımda küçük oksidan damlacıklarının, yoğun bir şekilde yakıt içinde dağıldığı bir yapı gözlenir.

Oksidan damlacıklarının birbirine çok yakın şekilde yakıt içinde dağılmış olmaları, EMULİTE ürünlerinin, başka bir patlayıcı katkısı olmadan, hızlı yanma ve yüksek verim gibi seçkin özelliklerini yaratır.

## Açık İşletme Uygulamalarına Örnekler

Ürüne, kapsül veya yemleme şarjı tarafından patlatabilecek kadar yeterli duyarlılığı verebilmek için, gaz habbeciği oluşturan ajanlar, yahut mikro balonlar katılır. Böylelikle detnasyon için gerekli "Sıcak Noktalar" oluşturulur.

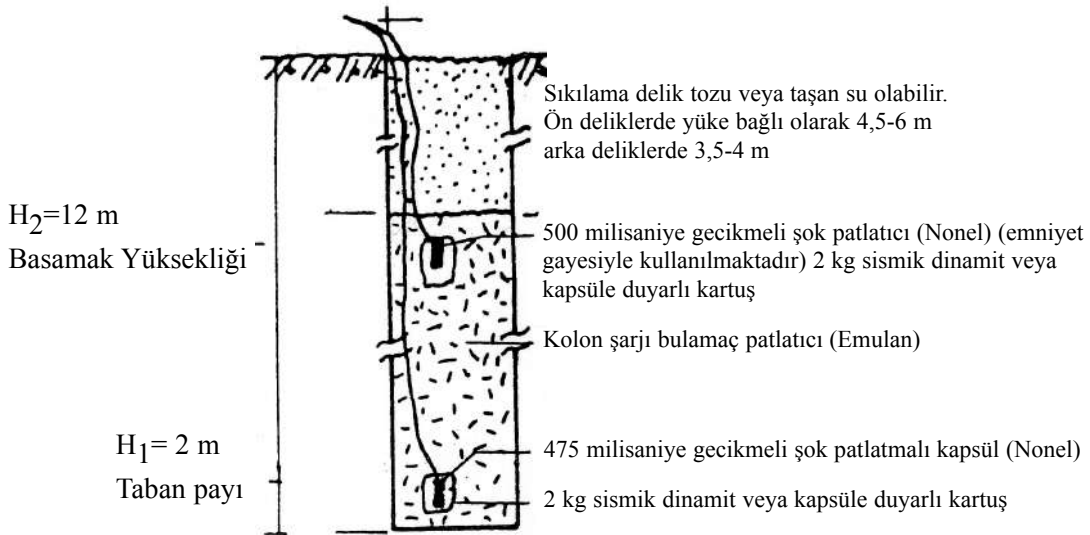
Proses sırasında sadece patlayıcı olmayan maddeler ele alınmaktadır. Prosesin son noktasına kadar ürün patlayıcı madde özelliği göstermez.

Hammadde olarak Amonyumnitrat, Sodyum nitrat, su, Madeni yağ, mum türü maddeler gaz habbeciği, ajanlar veya mikro balonlar kullanılmaktadır. Küçük miktarda kullanılan bir stabilizator ajanın rolü büyüktür. Patlayıcı gücü standart imalatın üstünde olması istendiğinde Alüminyum da kullanılabilir.

Kompozisyonda yapılan ufak değişiklikler ile, kapsüle duyarlı küçük çaplı kartuşlardan istenilen ebadlardaki kartuşlara, kapsüle duyarlı olmayan büyük çaplı deliklerde kullanılan dökme ürünlere kadar değişik türler elde edilebilmektedir.

Bulamaç tipi patlayıcılardan biri olan EMULAN,ANFO ile EMULİTE'nin karıştırılması ile elde edilen bir dökme patlayıcıdır. ANFO'ya EMULİTE'nin katılması daha güçlü elde edilmesini sağlayacağı gibi, yeni karışımların hacim kuvveti ve suya dayanıklılığı daha da geliştirilmiş olur.

Derinliği ölçülen delikler, istenilen derinlikten kısa ise tekrar delinerek istenilen derinliğe getirilirler. İstenilen derinlikten fazla ise kuyunun kendi malzemesinden atılarak istenilen derinlik elde edilir. Şekil 4'de görüldüğü gibi delik dibine, MKEK tarafından 100x80 mm kartuş ölçülerinden üretilen uzun süre delikte beklemeye uygun 2 kg'lık sismik dinamitin veya Nitromak tarafından üretilen kapsülle duyarlı kartuşun (İstenilen ebata ve uzun süre suda beklemeye uygun) içerisine 475 milisaniye gecikmesi olan şok patlamalı kapsül yerleştirilmektedir. Daha sonra özel teçizatlı şarj aracı ile deliğe, hortumla delik dibine bulamaç patlayıcı, istenilen sıkılama seviyesine kadar, hortum içinden basılır. Sıkılama seviyesine gelen patlayıcının üzerine ateşlemeyi mutlaka sağlamak amacı ile alttaki yenilemenin patlamaması halinde, delikteki patlamayı gerçekleştirecek olan 500 milisaniye gecikmeli olan ikinci yemleme yerleştirilir. Kuyu delinirken çıkan malzeme ile de sıkılama yapılır.



Şekil 4. Büyük atım deliğinin patlayıcı ile şarjı.

Bulamaç patlayıcı, delik dibi kapsülleri yüzey bağlantı bloklarından oluşan şok patlamalı ateşleme yöntemi "Yeni sistem" ve Jelatin Dinamit, ANFO infilaklı fitil ve gecikme rölesinden oluşan yöntem "Eski sistem" olarak adlandırılacaktır. Her iki sistemin KBI Murgul İşletmesi Maden ocaklarındaki ekonomik kıyaslaması Çizelge 4'te sunulmuştur.

Çizelge 4. Yeni ve eski sistemin ekonomik yönden karşılaştırılması.

	ESKİ SİSTEM		YENİ SİSTEM	
	Cevher	Dekapaj	Cevher	Dekapaj
Delme	42.000 TL/ton	98.000 TL/m <sup>3</sup>	33.000 TL/ton	54.000 TL/m <sup>3</sup>
Patlatma	44.000 TL/ton	91.000 TL/m <sup>3</sup>	50.000 TL/ton	100.000 TL/m <sup>3</sup>
İşçilik	7.000 TL/ton	56.000 TL/m <sup>3</sup>	2.000 TL/ton	16.000 TL/m <sup>3</sup>
TOPLAM	93.000 TL/ton	245.000 TL/m <sup>3</sup>	85.000 TL/ton	170.000 TL/m <sup>3</sup>

Maliyetler hesaplanırken 20.10.1996 tarihine kadar yapılan üretim ve Dekapaj miktarları ile bu zamana kadar yapılan sarfiyatlar göz önüne alınmıştır.

Bulamaç patlayıcıyı, Jelatin dinamit ve ANFO ile karşılaştırıldığında bir takım farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Bu farklılıklar maliyetler'de yukarıda belirtilen olumlu sonuçların çıkmasını temin etmektedir.

Jelatin dinamit, 6.000m/ sn ye yakın olan patlatma hızının, yapılan ölçümlerde 3000m/sn ye kadar düştüğü gözlenmektedir. Sulu patlatma deliklerinde ANFO direkt olarak kullanılmayıp bazı plastik koruyucularla kullanılabilmekte ve buda pratik olmamaktadır. Bu nedenle eski sistemde sulu deliklerde su seviyeleri jelatin dinamit şarjı ile geçilmektedir, jelatin dinamitin sulu deliklerde 2 saatten sonra patlama hızında düşmektedir. Ayrıca Jelatin dinamit kartuş halinde olduğundan sulu delgilerde tabana tam oturtulmamakta ve delik çapının önemli bir bölümü boş kalmaktadır. Bu da birim hacminde kayaçların parçalanmasında kullanılacak enerjiyi düşürmektedir. Fazla sıcakta kuma, fazla soğukta donma özelliğine sahiptir.

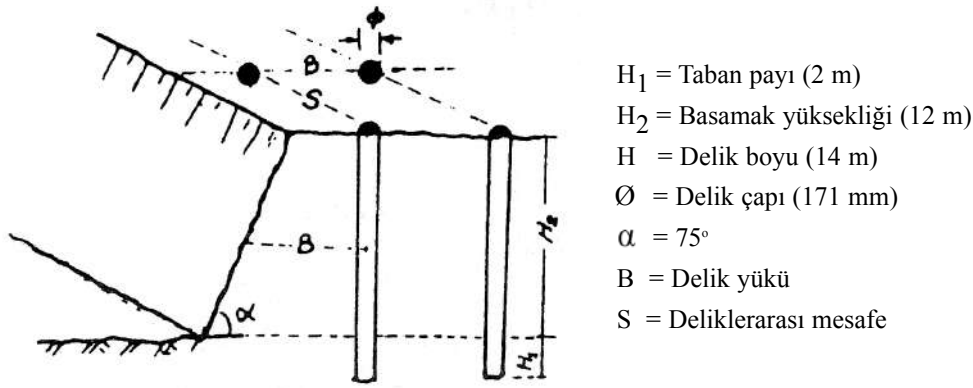
ANFO, Teknik Amonyum Nitrat'a %5.5 (Ağırlıkça) motorin ilave edilerek hazırlanmaktadır. ANFO hazırlandıktan belirli bir müddet sonra patlatılmayıp bekletilirse motorin süzülür, bazı bölümlerde konsantrasyon düşmektedir. İdeal karışım yüzdesinin, altında veya üstünde motorin karıştırılırsa veya konsantrasyonu değişirse ANFO'nun patlama hızı da düşmektedir.

Kullanılan bulamaç patlayıcının patlama hızı 5.000-6.000m/sn dir. Suya dayanıklılığı mükemmeldir. Patlama hızında düşme olmadan bir yıla yakın bir süre delikte şarjlı bekleyebilmektedir. Akışkan halde olduğundan delik hacmini tamamen doldurmakta ve patlama sırasında birim hacminden daha fazla enerji elde edilmektedir ve kayaca aktarılabilir. Birim hacimde kayaçta gerekli patlama gücü her kayaç için sabit olduğundan dolayı, spesifik patlatma gücünü aynı seviyede tutabilmek için delik düzeni oran dahilinde artırılmıştır. Delik düzeninin artışı kullanılan delik çapları ( Ø 171 mm) aynı kalmak kaydıyla Çizelge 5'teki gibi olmuştur (Şekil 5).

Cevher yoğunluğu: 2,6 ton/m<sup>3</sup> delik boyu: 12 m

Çizelge 5. Delik paternindeki değişimin karşılaştırılması.

	ESKİ SİSTEM		YENİ SİSTEM	
	Cevher	Dekapaj	Cevher	Dekapaj
Delik yükü (m)	4	4	5	5,5
Delikler arası mesafe(m)	4	4,5	6	6
Delik verimi	500 ton	216 m <sup>3</sup>	936 ton	6 400 m <sup>3</sup>



Şekil 5. Tipik bir büyük atım deliği düzeni.

Çizelgeden de görüldüğü gibi yeni sistemde paternin büyümesi ile birim patlatma deliği başına elde edilen dekapaj miktarı (m<sup>3</sup>) ve cevher miktan (ton) yaklaşık iki misli artmıştır. Bu artış birim üretimler başına delinen delik metrajını düşürerek buna bağlı olarak Çizelge 4'te de belirtilen maliyet tasarruflarını sağlamıştır.

Eski sistem ile yapılan atımlarda (ancak atım günü şarj edildiğinden) deliklerde tıkanma, çap daralması görülmekte, tıkalı deliklerin açılması fazladan bir maliyet oluşturmakta ve delme kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır. Yeni sistem tüm bu olumsuzlukları ortadan kaldırmaktadır (Delikler delindikten hemen sonra şarj edilip uzun süre şarjlı bekletilebilmektedir). Arka kesmenin iyi olması nedeni ile, atımdan hemen sonra deliciye iş verilmesini sağladığı gibi, özellikle yeni sistemde taban kesme, arka kesme ve parçalanmanın iyi olması, yükleyicinin rahat çalışmasını sağlarken, ikinci delme patlatma işlemlerini azalttığından makinalardaki iş kayıpları azalıp yükleme kapasitesi artmaktadır.

Parçalanmanın iyi olması kırıcılarda çene ve silo tıkanmalarını azalttığından kırıcıların kapasiteleri artmıştır.

Eski sistemle yapılan atımlarda malzeme nakli için bir adet römorklu traktör ve deliklerin suyunu boşaltmak için bir adet seygar Kompresör çalıştırılırken; yeni sistemde, belirtilen ilave işe gerek kalmamıştır.

Eski sistemle yapılan atımlarda malzeme nakli için bir adet römorklu traktör ve deliklerin suyunu boşaltmak için bir adet seygar kompresör çalıştırılırken; yeni sistemde, belirtilen ilave işe gerek kalmamıştır.

Yeni sistem, patlatmaya ait işleri basit, kolay yapılabilir hale getirip delme patlatma işini kolaylaştırmıştır.

Ateşleme sistemleri özelliklerine göre de eski ve yeni sistem arasında bir takım farklılıklar vardır.

"İnfilaklı fitil-gecikme rölesi" sisteminde, delikler arasında gecikme zamanını 50 milisaniyeden daha fazla vermek fitil kesilme tehlikesi nedeni ile mümkün olmamakta bu nedenle atım gurubundaki sıra sayısı arttıkça aynı anda patlayan delgi sayısı da artmakta, bu da vibrasyonu artırmaktadır. İnfilaklı fitil içerisindeki patlayıcı, yüksek patlama hızıyla patlayarak patlamayı ilettiğinden, tabanda istenildiği gibi patlama gerçekleşmemekte, (Patlama yüzeyden tabana doğru yayılmaktadır.) yüzeyde patlayan infilaklı fitil hava şoku oluşturmaktadır (Şekil 6).

I : 25 msn gecikmesi olan şok kapsül (Nonel)

II : 42 msn gecikmesi olan şok kapsül (Nonel)

● : Atım deliği

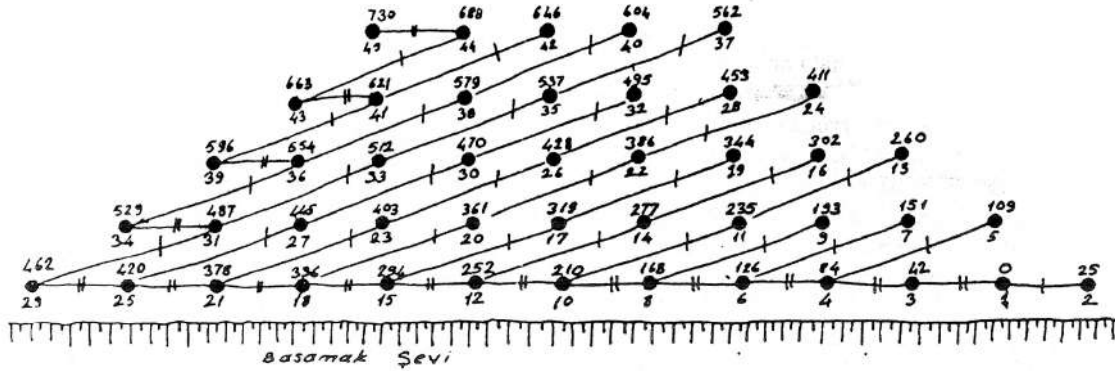
A : Deliğin milisaniye olarak gecikmesini gösterir.

B : Deliğin patlama sırasını gösterir

A

●

B



Şekil 6. 45 Delikli büyük atım grubunun ateşleme bağlantı planı.

Kullanılan yeni sistem, "deliklerin tek tek patlatılabildiği, dipten ateşlendiği ve delikler arasında istenilen gecikmenin verilebildiği" bir sistemdir. Ayrıca gerek mekanik etkilere, hava şartlarına ve gerekse suya karşı dayanıklı olduğundan daha emniyetlidir.

Yeni sistemde, delikler tek tek patlatılabildiğinden hava şoku oluşmakta, dolayısı ile vibrasyon minimuma inmekte (1 mm/sn nin altına) bu da çalışanlar ve çevre sakinleri üzerinde hiç bir olumsuz psikolojik etkiye neden olmamaktadır. Ateşleme dipte başladığı ve patlayıcı tabana iyi yerleştiği için taban kesme, delik çapını doldurduğu için parçalanma, ön ve arka delik sıraları arasındaki gecikme zamanı istenildiği gibi ayarlanabildiğinden arka ayna kesmesi çok daha iyi olmaktadır. Zaten bir patlatmanın (Atımın) iyi veya kötü olduğunu belirleyen en önemli kriterlerde bunlardır.

Şok patlamalı kapsül (Nonel) ateşleme sisteminde gecikme, delik tabanındaki kapsülde verildiği için yüzey kapsülleri patladıktan sonra delikler patlamaya başlamaktadır. Delikler arasında 0-550 milisaniyelik gecikme zamanı vermek mümkün olmakta ve patlama delik dibinden başlamaktadır. Delik dibi kapsülleri uzun süre delikte bekleme özelliğine sahiptir.

Kısaca özetlenirse delme maliyetinin ve deliklerdeki su nedeni ile dinamit sarfiyatının yüksek olduğu formasyonlarda Emülsiyon patlayıcılar pratik kullanımlı, çok emniyetli ve ekonomiktirler.



**Maden Müh. Atilla AKYILDIZ**

### **11.3. BORU HATTI TAŞIMACILIĞINA ÜLKEMİZDEN BİR ÖRNEK: KARADENİZ BAKIR İŞLETMELERİ MURGUL TESİSLERİNDEKİ MURGUL-HOPA BAKIR VE PİRİT KONSANTRE TAŞIMACILIĞI**

#### **11.3.1. Giriş**

Günümüz teknolojisinde üretilen ürünlerin insanoğluna en sağlıklı, en emniyetli ve en ucuza sunulması ana hedeflerdir. Bu hedefe ulaşmak için hammadde, yarı mamul ve nihai ürünün (mamul madde) safha maliyetlerinde her kademesinde imkan dahilindeki her tasarrufa gidilmesi gerekir. Bu maliyet unsurlarında nakliye büyük yer tutmaktadır. Bu nedenle bu maliyet unsurunun aşağıya çekilmesi için işin teknolojisine uygun en ideal nakliye sisteminin seçilmesi gerekir. Günümüzde maden işletmelerinde tüvenan cevherin nakliyelerinin az bir kısmı ara ürün ve nihai ürünün büyük bir kısmının sıvı ile karıştırılarak ince çamur (Slurry-Sulu konsantre cevher) haline getirilerek uygun malzemeden yapılmış borular ile sevkedilmektedir. Bu tür nakliyelerin Dünyada örnekleri çok sayıda olmakla birlikte her gün de artmaktadır. Dünyada kömür ve metal madenleri çok uzun mesafelere taşındığı bilinmektedir. Yurdumuzda cevher konsantresi olarak en uzun mesafeye boru hattı (Pipe-Line) ile nakliye şekli en ekonomik olduğu tesbit edilerek Karadeniz Bakır İşletmelerinin Murgul İşletmesinde yapılmaktadır. Murgul Çakmakkaya-Damar bakır madeni sahasında üretilen bakır cevheri aynı bölgedeki konsantratör tesisinde % 20-23 Cu seviyesine zenginleştirilerek bakır konsantresi, yan ürün olarak da % 42-45 S pirit konsantresi haline getirilmektedir.

Elde edilen konsantre ürünler deniz seviyesinden 1091 m yükseklikteki pompalama istasyonundan 63 km.lik iki adet çelik boru hattı ile deniz seviyesinden 5 m. yükseklikteki Hopa boşaltım ve filtrasyon tesislerine sevkedilmektedir. Bu tesislerde %8 H<sub>2</sub>O seviyesine kadar rutubeti alınan bakır

ve pirit konsantreleri depolanarak genelde Karadeniz Bakır İşletmeleri A.Ş.'nin Samsun izabe tesislerine gemiler ile sevkedilmekte veya serbest piyasaya satılmaktadır.

### **11.3.2. Çakmakkaya-Hopa Boru Hattının Özellikleri**

Çakmakkaya-Hopa boru hattı, Çakmakkaya konsantre tesisleri ile Hopa filtrasyon tesisleri arasında birbirine paralel iki hat olarak döşenmiş ve Çakmakkaya konsantratör istihali olan cevher konsantresinin Hopa'ya nakli gayesiyle kurulmuştur. Çakmakkaya-Hopa boru hattı için deneyler projelendirme safhasında laboratuvarlarda, elli milimetre çapında borudan yapılan bir kapalı devre içinde karışımın pompajla sevkedilip edilemeyeceği, değişik konsantre cevheri oranına göre kritik hızlar, aşınma oranları incelenerek aşağıdaki özellikler tesbit edilmiştir.

Boru	: Nominal çap 127 mm (API Grade X-52)
Katı Cisim Oranı	: %30-50 (Ağırlık olarak)
Dane Büyüklüğü	: 0.1 mm
Azami Eğim	: ± %10
Min.Kurb Yarıçapı	: 7000 mm
Boru Hattı Ömrü	: 12 yıl
12 Yılda Boru Hattındaki Aşınma	: 3.8 mm.

Katı madde oranı %41 olduğu takdirde bakır konsantre nakli aşağıdaki özellikleri vermektedir:

Konsantre Cevherin Özgül Ağırlığı	: 4.4
Karışımın Özgül Ağırlığı (Pülp)	: 1.46
Kritik Hız	: 1.14 m/san.
Karışımın Akış Hızı (Pülp)	: 1.45 m/san.
Nakledilen Konsantre Miktarı	: 835 Ton/Gün (fiiliyatta 500 Ton/Gün)
Pompaj Basıncı	: 77 Atü (fiiliyatta 60-70 Atü)

Deneylerin sonucuna göre seçilmiş olan sistemin ihtiva ettiği bölümler Şekil 7'de verilmiştir.

#### **11.3.2.1. Koyulaştırma tankları (thickener)**

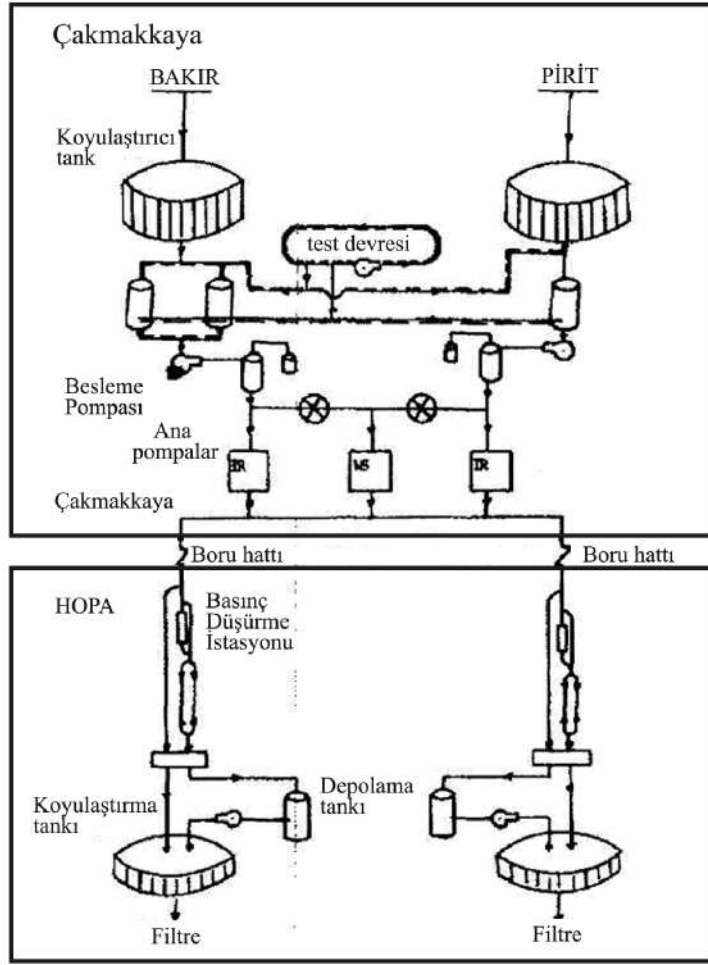
Bakır ve pirit devrelerinin herbiri için ve karışımdaki konsantre cevher oranını ayarlamak için koyulaştırma tankları bulunur.

#### **11.3.2.2. Depolama tankları (holding tank)**

Sevk edilmeye hazır hale gelmiş karışımı depolamak maksadıyla dörtbuçuk saat kapasiteli, bakır devresi için iki adet ve pirit devresi için bir adet tank bulunur. Tankda çökelti olmasını önlemek maksadıyla kanşım devamlı olarak paletli bir mekanizma ile karıştırılır.

#### **11.3.2.3. Test devresi**

Projeye esas olan testler 500 mm. çapında boru devresinde yapılmış ve ampirik formüller kullanılarak 127 mm. çapında boru için değerler tesbit edilmiştir. Değişik cevher oranlarına göre kritik hız, çökelti oranını, sürtünme kaybını ve duruşlardan sonra akışın tekrar başlayabilmesini kontrol altında tutmak maksadıyla 152 mm. uzunluğunda test devresinin bulunması zaruri görülmüş fakat hayata geçirilmemiştir.



Şekil 7. Konsantrasyon boru hattı kısmı akış diyagramı

#### 11.3.2.4. Hava boşaltıcılar

Sistemdeki tozla, havayı almak ve böylece dahili korozyonu önlemek amacıyla her iki devreye birer adet hava boşaltıcı konmuştur. Sistemde bulunan cihazlarla ve vanalarla kanşımın yoğunluğu ayarlanabilir olmasına rağmen işletme anında pek kullanılmamış ve devre dışı tutulmuştur (Degazör sistemi).

#### 11.3.2.5. Ana pompalar

Hızlan değişme özelliğine haiz Çakmakmaya olan her biri 5 pistonlu (kademeli) düşey tip iki adet ile üç pistonlu yatay tip bir adet yüksek basınç pompası deniz seviyesinden 1091 m.yükseklikteki Murgul konsantratörüne monte edilmiştir. Pompalardan biri bakır devresine diğeri pirit devresine, yatay pompa ise her iki devreye bağlanmıştır. Karışım içindeki partiküllerin pompa cidan ile temasını önleyerek aşınmayı azaltmak ve bakım masraflarını asgaride tutabilmek üzere her pompa birer adet yüksek basınçlı salmastra suyu pompasıyla teçhiz edilmiştir. Yüksek basınç pompa kapasiteleri Çizelge 5'te verilmektedir.

Çizelge 5. Yüksek basınç pompa kapasiteleri.

Pompa Hızı Devir/Dakika	YEDEK POMPA	ANA POMPA
	(WS) Debi Galon/Dakika	(İR) Debi Galon/Dakika
40	77.5	77.12
50	96.9	96.40
60	116.3	115.68
70	135.7	134.96
80	155.0	154.24
85	164.7	
90	174.4	173.52
95	184.1	
100	193.8	192.80
105	203.5	
110	213.2	212.08
115	222.9	221.72
120	232.6	
125	242.3	
130	251.9	

#### Yedek Pompa

- 5" çapında 8" kursunda (Stroke) Wilson-Synder tipi üç kademeli pistonlu pompa -yatay pompa-
- Piston yer değişim hacmi (Displacement): 2.040 Galon/Devir
- Piston yer değişim hacmi net: 1.938 Galon/Devir
- Kapasite piston yer değişim hacminin %95'idir.
- Güç 275 kW 1470 ppm

#### Ana Pompa

- 4 1/4 çapında 7" kursunda (Stroke) Ingersoll-rand marka beş kademeli-düşey pompa
- Piston yer değişim hacmi (Displacement): 1.142 Galon/Devir
- Kapasite piston yer değişim hacminin %90'ıdır.
- Piston yer değişim hacmi net olarak: 1.928 Galon/Devir
- Güç 275 kW 1470 ppm

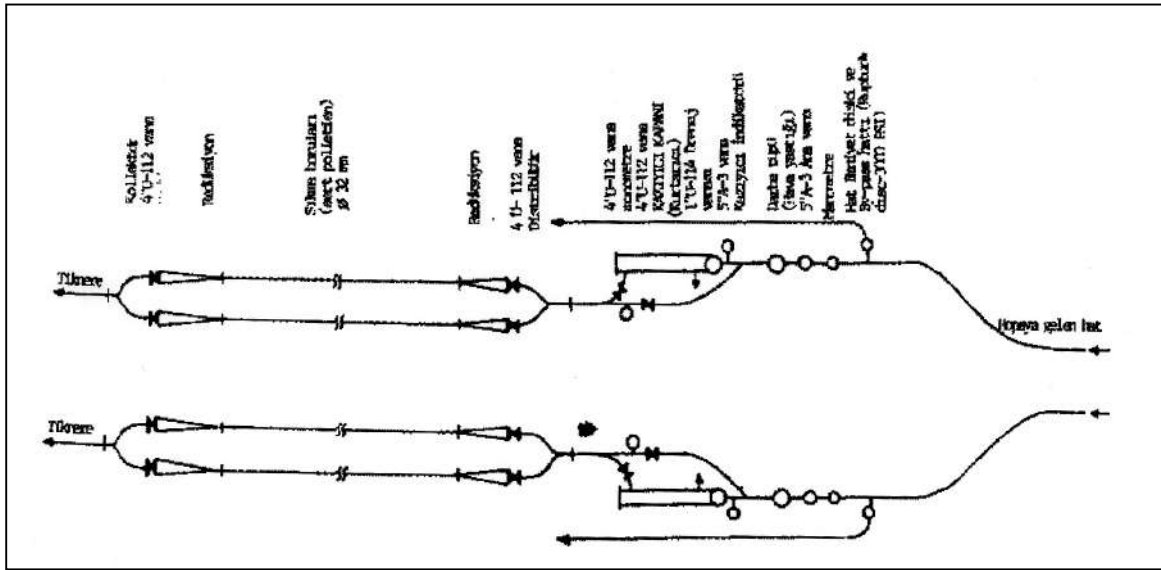
#### 11.3.2.6. Boru hattı

Boru hattı 127 mm.çapında (API Grade X-52) iki paralel ayn hattan meydana gelmektedir. Hattın ilk 6400 metrelik kısmının boru et kalınlığı 9.5 mm. (0.355"), geri kalan kısmın ise 12.7 mm.(0.500") dir. Boru hattının yüksek basınç pompalardan ilk istasyona (6400 metre) kadar olan kısmı 3000 psi'ye (-210 kg/cm<sup>2</sup>), geri kalan Hopa filtre tesislerine kadar olan kısmı ise 5000 psi'ye ("350 kg/cm<sup>2</sup>)göre dizayn edilmiştir. Boru hattının bakır konsantresi taşıyanı "Kuzey boru hattı" pirit taşıyanı ise "Güney boru hattı" olarak isimlendirilmiştir.

Tam kapasite ile oniki yıllık hizmetten sonra meydana gelecek aşınma (%12.5 imalat toleransı dikkate alındığında) neticesi, boru hattının et kalınlıklarının 9.5 ve 12.7 mm. yerine 4.5 ve 7.3 mm. ye düşeceği hesaplanmıştır.

### 11.3.2.7. Basınç düşürme istasyonu

Topografik şartlar nedeniyle kaşım Hopa tesislerine ulaşıktan sonra bünyesindeki basınç 80 Atü kadar olabilmektedir. Bu basıncı sistemdeki diğer ünitelerin kullanabileceği seviyeye indirmek için tesislere girişde bir basınç düşürme istasyonu kurulmuştur. Hatların ilk inşasında herbir hat üzerinde biri yedek olmak üzere ikişer sıra, herbir sırada 5 adet seramik orifis monte edilmiştir. Bu sistemin randıman vermemesi nedeniyle sistem terkedilerek seramiklerin yerine Choke sistemine geçilmiştir. Sistemin kurulmasındaki amaç boru hattının, hızlı akımın dolayısıyla yüksek aşınmanın meydana geldiği son 18 km. lik kısmında boruyu dolu ve 60 atü üstünde bir basınç altında tutmaktır. Hattın basıncının 55-60 atmosferin altına düşmesi durumunda hat boyunca bazı noktalarda serbest akış durumu gerçekleşmekte ve buna bağlı olarak hattın taban bölgelerinde hızlı aşınmalar başlamaktadır. Hat basıncının en düşük olduğu bölgede basıncın minimum +1 atü olması gerekmekte ve bunada özen gösterilmektedir. Sevk edilen sulandırılmış konsantrenin debi ve yoğunluğuna bağlı olarak Hopa'da basınç 65-75 atmosfer olmaktadır. Bu sistemde 32 mm çapında ve 130 m. boyunda sıkma boruları kullanılmıştır (Şekil 8). Bugünkü şartlarda debi 50.800 m<sup>3</sup>/saat, yoğunluk da 1.4 ton/m<sup>3</sup> tür (Çizelge 6) (Şekil 9)



Şekil 8. Murgul- Hopa boru hattı hız düşürme sistemi genel yerleşim planı.



halinde, bir tedbir olmak üzere her iki hat için birer adet 6.5 saat kapasiteli depolama tankı konulmuştur.

#### **11.3.2.10. Vanalar**

Genel olarak bütün vanalar aşınmaya karşı yüksek basınçlı su ile korunmaktadır. Vanaları koruyan su basıncı karışım basıncından daha yüksek olduğundan, karışım içindeki donelerin vana cidarını aşındırması önlenir. Yüksek basınçlı su ile korunmayan vanalar, aşınmaya muvakkim özel vanalardır.

#### **11.3.2.11. Hattın kontrolü**

Tesisin ilk kuruluş yıllarında 154 kV.lik enerji nakil hattından faydalanılarak tesis edilen telemetre sistemi ile bütün boru hattının Çakmakkayadaki pompa istasyonundan kontrolü sağlanmıştır. Bu sistemde, Hopa filitasyon tesislerindeki debi pompa istasyonundaki kontrol panosundan izlenebilmekte, pompa istasyonundaki bir operatör enerji kesilmesi nedeniyle olabilecek duruşlarda, Hopa'daki bir vanayı otomatik olarak kontrol edebilmekte, Hopa'daki görevli ile de konuşabilmektedir. Bu sistem bugün için devre dışı olmuştur ve operasyon tamamen manuel olarak yapılmakta, haberleşme ise klasik sistemlerle sağlanmaktadır.

#### **11.3.2.12. Katodik Korunma**

Boru hattının izole edilmesi korozyon ihtimalini tamamen ortadan kaldırmış değildir. Boru hattının dedektör cihazıyla kontrol edilmiş olmasına rağmen hat üzerinde topluğne başı kadar büyüklükte bir boşluk korozyonun başlamasına yetmektedir.

Elektrokimyasal bir olay olan korozyonun en büyük etkenlerinden biri, korozyona maruz yüzeyi çevreleyen maddelerin elektriksel geçirgenliğidir. Geçirgenliğin fazlalığı oranında korozyon artmaktadır. Bu tip korozyona karşı elektrokimyasal bir koruma şekli olan katodik koruma uygulanır. Pratikte bu tatbikatın esası, boru ile zemin arasında meydana gelen elektrik akımından daha büyük bir akımın boru yüzeyine verilmesidir.

İşletme ve bakımdaki kolaylık ve hattın uzunluğu nedeniyle projeler "kurbanlık anod" sistemine göre yapılmış ve 32 lb ağırlığında 91 adet kurbanlık anod (magnezyum anod) kullanılmıştır.

### **11.3.3. Boru Hattı İşletme Kriterleri**

#### **11.3.3.1. Boru hattı kapasitesi**

Boru hattı kapasitesi tesbit edilirken, konsantratörün istihsal değerinin Çizelge 7'de yer alan yüzde oranları gözönünde tutulmuştur.

Çizelge 7. Konsantratörün istihsal değerinin yüzde oranları.

24 Saatteki Katı Madde Tonajı		
İstihsal Oranı (%)	Bakır Konsantresi (Kalkopirit)	Pirit Konsantresi (Pirit)
125	870	958
120	835	919
110	766	843
100	699	766
90	626	689
80	557	613
60	418	460

### 11.3.3.2. Boru hattında akış hızı

Kritik hız, boru dibinde birikmiş katı kısmın üzerinden hareket eden ince çamurun (Slurry) boru içindeki ortalama hızı olarak tarif edilebilir. Kritik hız, cam borulardan yapılmış test hattında değişik debilerde ince çamur geçirilerek tesbit edilmiştir.

Çizelge 8'de ince çamur içindeki katı miktarı %25-50 arasında değişen bakır (%83'ü -325 meş) ve pirit (%100'ü -200 meş) konsantrisinin 5" borudaki kritik hızları verilmiştir.

Çizelge 8. Kritik Hız (test neticelerinden değerlendirilmiştir).

Ağır olarak katı madde yüzdeleri	Bakır İnce Çamuru		Pirit İnce Çamuru	
	Boru iç çapı 4.563" feet/saniye	4.813" feet/saniye	Boru iç çapı 4.563" feet/saniye	4.813" feet/saniye
25	2.88	2.95	2.67	2.75
26	2.92	2.99	2.71	2.79
27	2.96	3.03	2.75	2.83
28	3.00	3.07	2.79	2.87
29	3.04	3.11	2.82	2.90
30	3.08	3.15	2.86	2.94
31	3.11	3.19	2.90	2.98
32	3.15	3.23	2.94	3.01
33	3.18	3.27	2.97	3.05
34	3.22	3.31	3.01	3.09
35	3.26	3.34	3.05	3.13
36	3.30	3.38	3.09	3.17
37	3.33	3.42	3.12	3.20
38	3.37	3.46	3.16	3.24
39	3.40	3.50	3.20	3.28
40	3.43	3.54	3.24	3.32
41	3.47	3.58	3.27	3.36
42	3.51	3.62	3.31	3.40
43	3.55	3.66	3.34	3.43
44	3.58	3.69	3.38	3.47
45	3.61	3.73	3.42	3.51
46	3.65	3.77	3.46	3.55
47	3.69	3.81	3.49	3.59
48	3.73	3.85	3.53	3.62
49	3.76	3.89	3.57	3.66
50	3.80	3.93	3.61	3.70



Değişik boru çaplarında ve konsantrasyonda kritik hız için bulunan değerler tam olarak tatbik imkanı olmayan değerler olup, bu adı geçen konsantrasyon ve çapta bir boruda başarılı bir nakil için minimum hıza bir yaklaşımdır.

Sulandırılmış konsantrenin (Pülp) nakli sırasında, boru hattındaki ortalama akış hızının kritik hızdan büyük tutulması gereklidir. Kritik hızın tesbitindeki güçlükler gözönünde tutularak boru hattında kritik hız için bulunan değerler 1 ft/sn'lik bir fazlalığında bir değer tatbik edilmesi tavsiye edilir.

Boru hattının 5" çapında 0.500" et kalınlığında olan kısımda ortalama hız kritik hızdan 1.0 ft/sn fazla olacak şekilde dizayn edilmiştir. Böylece 0.375" et kalınlığındaki kısımda ise, ortalama hız kritik hızdan 1 ft/sn düşük olur. Bu nedenle akış için verilen dizayn değerlerini minimum, sulu konsantrenin konsantrasyonunu ise maximum olarak kabul etmek gereklidir.

Çizelge 9'da değişik oranlarda taşınan günlük katı madde oranları gösterilmiştir. Bu çizelgede verilen şartları, bilhassa ilk işletmeye alma sırasında hassasiyetle takibi gerekmektedir.

Çizelge 10'da ise, ince çamurun Murgul konsantratöründen Hopa'ya gitmesi için gerekli süre verilmektedir.

Çizelge 9. Kapasite-konsantrasyon-debi değerleri.

Nominal Kapasite Yüzdeleri	Katı Madde Miktarı (ton/gün)	Konsantrenin Ağırlık Olarak Yüzdesi (Max.)	Debi (Galon/dk) (Min)	Tahmini Basınç	
				Pompada PSİ	Hopada PSİ
Bakır (Kalkopirit) Konsantresi					
60	418	27	204	567	308
80	557	32	218	812	232
90	626	35	217	822	247
100	696	37	224	940	209
110	766	39	228	1.47	177
120	835	41	232	1.132	155
Pirit Konsantresi					
60	460	29	203	568	324
80	613	35	210	723	296
90	689	38	211	748	306
100	766	40	217	879	264
110	843	42	222	991	232
120	919	44	226	1.079	210

Çizelge 10. İnce çamurun Murgul konsantratöründen Hopa'ya gitmesi için gerekli süre.

Debi (galon/dak)	Süre (saat:dak)
80	36:08
100	28:54
120	24:05
140	20:39
160	18:04
180	16:04
200	14:27
220	13:08
240	12:03
260	11:07
280	10:19
300	9:38
320	9:02

Hopa-Murgul arası 61.440 km= 38.2 Mil'dir.

5" lik borunun iç çapı 4.563", et kalınlığı 0.500" olup bir foot'u 0.8494 galon taşır.

5" lik borunun iç çapı 4.813", et kalınlığı 0.375" olup bir foot'u 0.9451 galon taşır.

### **11.3.3.3. Kapasite-konsantrasyon-debi ilişkileri**

Boru hattının tavsiye edilen şartlarda çalıştırılabilmesi, kapasite ve konsantrasyonun hassasiyetle kontrol edilmesi ile sağlanır.

Arzulanan herhangi bir tonajdaki günlük katı maddenin naklinde, sulu konsantrenin hızı kritik hızdan 1.0 ft/sn (0.30 m/s) fazla olmalı, konsantrasyon ve debi sabit tutulmalıdır.

Arzu edilen katı malzemenin nakli için konsantrasyon ve debiye ait değerler kritik hız yardımıyla Çizelge 8'den seçilir. Konsantrasyonu seçerken, kritik hızdan 1.0 ft/sn fazla değere tekabül eden konsantrasyon değerini almak gerekir. Böylece arzulanan katı malzeme naklinde minimum akış emniyeti sağlanmış olur.

Boru hattının minimum akış hızının üzerinde çalıştırılması şarttır. Zira hız arttırıldığı halde aşınma da beraber artar. Aşınma yaklaşık olarak sabit bir konsantrasyon değeri için boru içinden geçen malzeme hızının kübü ile doğru orantılıdır. Aşınma sabit bir hız değeri için yaklaşık olarak konsantrasyon değerine eşittir. Boru hattının emniyetli çalıştırılabilmesi ve arzulanan günlük katı malzemeyi nakledebilmesi için minimum emniyetli hız ile maximum konsantrasyon sağlanmalıdır. En güvenilir kritik hız değerleri boru hattının başlangıcında konsantratörde bulunan test devresinde tesbit edilmelidir. Cam tüpten ise tabandaki birikmeleri tesbit ve ortalama hız değerlerinin alınmasında faydalanılabilir.

Geliştirilmiş kritik hız ve basınç düşüm değerleri Murgulda elde edilen hakiki sulandırılmış konsantre ile yapılan deneyler neticesi boru hattındaki işletme hızı ortalama 1.10-1.40 m/sn tesbit edilmiştir.

### **11.3.4. Boru Hattının İşletmeye Alınması**

Sistemin işletmeye alınmasında aşağıdaki sıra takip edilir.

- a) Boru hattı su ile doldurulur.
- b) Boru hattı su ile devreye alınır.
- c) Boru hattı ince çamurla devreye alınır.

Boru hattının işletmeye alma çalışmalarında, her kademede, sistemin talimatlara uygun olarak kontrolünden sonra bir öteki kademeye geçmek önemlidir. Bu kontrollerde bütün enstrümanların, elektrik ve mekanik teçhizatının normal fonksiyonlarını ifa ettiğine dikkat edilmelidir. Her hat, özellikleri nedeniyle ayrı bir işletme olarak kabul edilmelidir. Böylece bir hat bütünü ile işletmeye alınacak hale gelince, o hat işletmeye alınmalıdır. Yeni hattı işletmeye alma hazırlıkları haftalarca veya aylarca sürebilir.

#### **11.3.4.1. Boru hattının su ile doldurulması (yeni devreye alınacağı zaman)**

Boru hattı, temiz su ile doldurulup hattın havası alınır. Depolama tankı su ile doldurulur, boru hattının su ile doldurulması sırasında su ilavesine devam edilir. Sistemdeki vanalar aşağıdaki şekilde olmalıdır:

- Yüksek basınç pompası ile boru hattı arasındaki vana açılır.
- Boru hattında seri halinde bulunan hız düşürücü (Choke) ile Hopadaki depolama tankları arasındaki vana açılır.

- Bütün hava alma ve drenaj vanaları kapatılır.
- Depolama tankı-yüksek basınç pompası arasındaki pompa çalıştırılır. 150-200 galon/dak olabilecek ortam yaratılır.
- Yüksek basınç pompası çalıştırılmaz.
- Hava vanaları açılır, sistemin havası alınır, vanalardan hava yerine su gelene kadar beklenir. Sistem üzerindeki hava vanaları hepsi aynı anda açılabilir.
- Boru hattı su ile doldurulduktan sonra nihai istasyon (Hopa) daki vanalardan sistemde kalan hava alınır.
- Hopa ve Murgul konsantratöründeki hava tankının havası alınır.
- Boru hattı üzerindeki vanalardan, sistemde kalması muhtemel hava alınır.
- Konsantratördeki açma-kapama vanalarından sistemin havası alınır.
- Bu ikinci hava alma işlemi sırasında fazla miktarda hava ile karşılaşılırsa, hava alma işlemine bütün hat boyunca devam edilir.

#### 11.3.4.2. Boru hattının su ile çalıştırılması

Enstrümanların, vanaların ve diğer mekanik teçhizatın kontrolü gerektiğinde, tamir ve değiştirme işlemleri sırasında temiz su ile sistem çalıştırılır ve bu arada hattın bütününün günlük kontrolü, hidrolik etütleri yapılır. Herbir hava alma vanasından basınç ölçümü yapılır, basınç düşümleri tesbit edilir, hattın çeşitli kesimlerinde boru cidar pürüzlülük katsayısı "C" hesaplanır. Çizelge 6 ve Şekil 9 periyodik olarak yapılacak ölçümlerde referans olarak kullanılır.

- Yüksek basınç pompalarını düşük hızda çalıştırmaya başlanır, debi artmaya başlayana kadar hızı artırılır.
- Debi 175-200 galon/dak olana kadar pompa hızı yavaş yavaş artırılır.
- Depolama (Holding) tankına gerekirse su ilavesi yapılır.
- Boru hattındaki bütün teçhizatın normal çalışmasına kadar su ile çalıştırmaya devam edilir.

Bu arada hidrolik etütler yapılır, çalışan hat ise yeni hali veya temizlenmiş durumdaki veriler ile kıyaslanır.

#### 11.3.4.3. Boru hattının konsantre ile çalıştırılması

İşletmeye alma çalışmaları sudan konsantreye geçecek şekilde sürdürülür, debi de istenen kapasiteye kadar artırılır. Dizayn konsantrasyonundan daha düşük bir konsantrasyonla çalışmaya başlanır ve tam kapasiteye çıkacak şekilde yavaş yavaş konsantrasyonu artırılır.

- Depolama (Holding) tankı konsantre ile doldurulur ve tanktaki konsantrasyonu ağırlıkça %25 katı madde ihtiva edecek şekilde ayarlanır.  
*Not: Devreye almada iki depolama (holding) tankı da her iki boru hattının konsantre doldurulması için kullanılır. Konsantrasyon kontrolü için sık sık numune alınır ve gerektiğinde su ilave edilir.*
- Yüksek basınç pompa hızı 200 galon/dak'ya göre ayarlanır.
- Depolama tankı-yüksek basınç arasındaki pompa çalıştırılır.
- %25 konsantrenin pompajına devam edilir. Böylece boru hattındaki suyun yerini yavaş yavaş konsantre almaya başlar. Yüksek basınç pompasının hızı 200 galon/dak verecek şekilde ayarlanır.
- Özgül ağırlık kontrolü %25 (ağırlıkça) katı maddeye göre ayarlanır.

- Seviye ve özgül ağırlık kontrolleri çalışmaları kontrol edilir.
- Depolama tankında özgül ağırlığın %25 (ağırlıkça) katı maddeyi geçmediği kontrol edilir. Her saatte bir boru hattından numune alınıp katı madde miktarı kontrol edilir.
- Tatmin edici özgül ağırlık kontrolü sağlayıncaya kadar iki depolama tankı kullanmaya devam edilir. Saatte bir depolama tanklarında özgül ağırlık, boru hattına beslenen konsantrede konsantrasyon kontrol edilir.
- Seviye kontrolü ayarlanır, özgül ağırlık kontrolü de % 25 konsantre'ye göre ayarlanır. Hatta beslenen konsantreden saatte bir numune alınıp kontrol edilir.
- Özgül ağırlık kontrolünü ve pompajı arzulan katı madde nakil kapasitesine kadar arttırarak devam edilir.

### **11.3.5. Boru Hattının Devreden Çıkartılması**

Boru hattından konsantrenin nakli sırasında devreden çıkma halinde konsantre naklinin durdurularak yerine su basılması tercih sebebidir. Fakat herhangi bir sebeple konsantre dolu hattın derhal durdurulması gerekirse, besleme kesilir ve kritik hızın altına düşülmeyecek şekilde debi ayarlanır. Konsantreden suya veya sudan konsantre beslemesine geçilmesi için, beslemeyi devamlı pompajla bütün boru hattını doldurana kadar sürdürmek gerekir.

#### **11.3.5.1. Sistem su ile dolu iken devreden çıkarmak**

Sisteme su basma işlemi mümkün olduğu kadar çabuk durdurulur. Boru hattı su ile dolu olarak ve hava almasına engel olacak tedbirler alınarak bırakılır.

- Yüksek basınç pompası durdurulur.
- Yüksek basınç pompası durdurulduktan 40 dakika sonra Hopa'daki vana kapatılmaya başlanır.
- Vananın simidini sabit bir hızla çevirerek kapatmaya çalışılır. Vananın kapatma süresi 60-70 saniye olmalıdır. Bu süreden önce vana kapatılmamalıdır.
- Besleme pompası (Booster Pump) durdurulur.
- 5 dakika bekledikten sonra yüksek basınç pompası ile boru hattı sistemi arasındaki vana kapatılır.
- Boru hattı ile kapatılan vana arasındaki drenaj ve hava alma vanaları açılır.
- Diğer vanalar istenirse kapatılır. Boru hattı su ile dolu olarak bırakılır.

#### **11.3.5.2. Konsantre ile devreden çıkarma**

Konsantre ile sistem çalıştırılırken devreden çıkılması gerekirse tavsiye ve takibi gerekli husus sisteme konsantre yerine derhal su beslemesine geçilmesi ve sistemdeki konsantre tamamen çıkana kadar bu işleme devam edilmesidir. Bu husus sağlandıktan sonra devreden çıkma için gerekli olanlar yapılır. Bütün planlı duruşlarda bu hususlara riayet edilir.

#### **11.3.5.3. Boru hattının drenajı**

Bütün boru hattının boşaltılması çok nadir meydana gelir, şayet böyle bir husus gerekirse bütün hat boşaltılmadan üst katlar boşaltılır. Hava şartları müsait değil ve hat uzun süre dolu bekleyecekse boru hattında da donma tehlikesi varsa hat tamamen boşaltılmalıdır.

Boru hattı konsantre ile dolu iken boşaltılmamalıdır. Sadece arzu edilen kısmı su ile doldurulup konsantre boşaltılmalıdır.

Bütün hattın boşaltılması için, sistemdeki bütün drenaj ve hava alma vanaları açılarak boru hattı tamamen boşaltılır. Boşaltma işlemi tamamlandıktan sonra drenaj ve hava alma vanaları kapatılır.

#### 11.3.5.4. Acil hallerde sistemin durdurulması

Konsantratördeki enerji kesilmesi halinde, ekipmanlardaki arıza nedeniyle veya beklenmeyen arızalar nedeniyle konsantre beslenmesini derhal durdurmak gerekirse ancak bu halde her iki hattın beslenmesi birden aynı anda durdurulur. Beslemenin derhal kesilmesi bu gibi hallerde büyük önem taşır. Ayrıca konsantrenin boru hattında cazibe ile akışına mutlak surette engel olmalıdır, zira cazibe ile akışta hızın kritik hızdan daha düşük olduğu unutulmamalıdır. Acil halde sistemin durdurulması için derhal aşağıdaki tedbirleri alması gereklidir:

- Eğer sistem beslemesinin duruş sebebi enerji kesilmesi veya yüksek basınç pompası arızası değilse, yüksek basınç pompası devreden çıkarılır,
- Hopa'daki vana kapatılmaya başlanır,
- Hopa'daki operatörle derhal temas kurularak vananın kapandığı hususu kontrol edilir,
- Besleme (Booster) pompası durdurulur,
- Depolama tankı çıkışındaki pompa durdurulur,
- Depolama tankı vanası kapatılır,
- Boru hattı ile yüksek basınç pompası arasındaki vana kapatılır,
- Boru hattı üzerindeki hava alma vanaları açılır,
- Depolama tankı ile yüksek basınç pompasının kapalı olan vanasına kadar olan hat boşaltılır ve yıkanır,
- Drenaj tıparları kapatılıp bu hat ve ekipmanlar su ile dolu olarak bırakılır.

Dizel tahrikli yedek pompayı devreye alarak sistem çalıştırılacaksa (bugün için devre dışı), pompa değiştirme talimatına uygun olarak pompalar devreden çıkarılıp devreye alınmalıdır. Eğer elektrik tahrikli pompa devreye alınacaksa o halde işletme talimatına uyularak çalıştırılır.

#### 11.3.5.5. Boru hattının kazıyıcı (scraper) ile temizlenmesi

Boru hattı işletmeye alınırken, su ile doldurma sırasında kazıyıcı boru hattının bir ucundan diğer ucuna kadar geçirilir, böylece boru hattı içinde kalan pislik ve artıklar temizlendiği gibi aynı zamanda temizleme operasyonu için tecrübe kazanılmış olur. Kazıyıcı, boru hattı içinde oluşan birikintilerin temizlenmesi için kullanılır. Boru hattındaki birikintiler genel olarak konsantratörde tesbit edilen basınç artmaları ve Hopa'daki basınç düşümü ile tesbit edilir. Temizleme işlemi, boru hattı su ile doldurulup çalıştırılırken yapılmalıdır. Temizleme işlemi için gerekli tecrübeler kazanıldıktan sonra kısa süreli su beslemesini takiben kazıyıcı ile temizleme işlemine başlanır. İlk temizlik işleminin boru hattı su ile dolu iken yapılması mutlak zaruridir.

- Konsantratördeki ayırıcıdan (Trap) kazıyıcı sisteme sokulur.
- Kazıyıcıya, boru hattındaki basınca eşit miktarda basınç tatbik edilir. Yıkama suyu sistemi çalıştırılır. Ayırıcıdan sistemdeki havanın alınmasına dikkat edilir.
- Yüksek basınç pompasının hızı, debi 100 galon/dak olacak şekilde azaltılır.

## Açık İşletme Uygulamalarına Örnekler

- Boru hattı ile ayırıcı arasındaki vana açılır.
- Yıkama sistemi basıncı artırılarak kazıyıcı boru hattı içine itmeğe zorlanır.  
*Not: Bazı kazıyıcı tiplerinde, boru hattının devreden çıkarılması ve basıncın konsantratördeki ayırıcıdan düşürülmesi gereklidir. Bu halde vana açılabilir ve kazıyıcı boru içine sokulmaya zorlanır.*
- Ayırıcı ile boru hattı arasındaki vana kapatılır.
- Pompa hızı artırılarak debi 150-175 galon/dak arasında tutulur.
- Saat tutarak kazıyıcının boru hattı içindeki yeri tesbit edilir.
- Hopa'daki ayırıcı su ile doldurulup, ayırıcıda hava kalmadığına emin olunulur.
- Kazıyıcının Hopa'ya ulaşmasından evvel Hopa'daki kazıyıcı ayırıcısından 4"lik by-pass hattı ve ayırıcı ile boru hattı arasındaki 5"lik vana açılır, normal hat üzerindeki 4" vana kapatılır,
- Kazıyıcı, Hopa'ya ulaşınca doğrudan ayırıcıya geçmeli ve kazıyıcının ayırıcıya geçişini indikatör tesbit etmelidir. Tatbikatta ise Hopa'ya geliş süresine göre kazıyıcının ayırıcıya geçişi tesbit edilmektedir.
- By-pass hattı kapatılır.
- Ayırıcı ile boru hattı arasındaki 5"lik vana ile çıkışındaki 4"lik vana kapatılır, normal hat üstündeki 4"lik vana açılır.
- Ayırıcıyı açıp, kazıyıcı çıkarılır. Kazıyıcıdaki tahribatın derecesine göre kazıyıcı makul seviyede tahribatsız alınıncaya kadar kazıyıcı ile temizlik işine devam edilir.

Boru hattının işletilmesi esnasında boru hattının çevresini saran veya kısmen çökerek katılaştıran maddelerin (Murgul-Hopa hattında bu madde mg-slikat, yumak halinde görünmesine rağmen yaptırılan analizlerde kesin netice elde edilememiştir.) temizlenmesi için boru hattı yukarıda bahsedildiği gibi periyodik olarak kazıyıcı ile temizlenmeli (genelde 15 günde bir). Kazıyıcı periyodu yüksek basınç pompasındaki basıncın normal seviyenin üstüne çıkması, Hopadaki basıncın normal seviyenin altına düşmesi nedeni ile tesbit edilmelidir. Eğer işletme esnasında periyodik temizlikler yapılmazsa, durumlarda boru hattının kesit daralması ile boru hattında basınç yükselmesi ve buna bağlı olarak yüksek basınç pompalarının devreye yetmeme durumu dolayısıyla, boru hattı hedeflenen nakliye işlevini yapamamış olur. Bu durumlarda boru hattının sistematik olarak temizlenmesi gerekir. Buna benzer işlem Murgul-Hopa boru hattında tesis devreye girdikten 11 yıl sonra yapılmıştır. Bu işlemde 63 km. boru hattı yüksek basınç pompa istasyonlarından başlamak üzere hattın tıkanıklık derecesine göre 5-10 km. mesafelerden kesilerek kademeli olarak sırayla temizlik işlemine devam edilir. Kazıyıcı yüksek basınç pompasındaki ayırıcıdan kazıyıcılar çapa göre kademeli olarak beslenir ve en son 4" temizleyici kazıyıcı ile son temizliği yapılır. Temizlenen kademeler kümülatif olarak kaynakla eklenerek hat komple temizlenmiş olur. Temizlenen hat boyunca hidrolik basınç ölçümü ve sürtünme kayıpları ölçülerek (basınç düşüşü) grafiğe dökülerek ileride yapılacak periyodik ölçümlere baz teşkil ettirilir (Çizelge 6, Şekil 9).

### 11.3.6. Pompaların Değiştirilmesi

Konsantratörde bir adet Wilson-Snyder yüksek basınç pompası yedek olarak bulunmakta olup her iki hatta da bağlantısı yapılmıştır. Bu nedenle de iki ingersol-rand pompadan birinin arızası halinde bu pompa devreye sokulur. Her iki yüksek basınç pompası çıkış hattında iki adet vana seri olarak bağlanmış olup, seri bağlama vana kaçaklarının meydana getireceği problemleri önler. Boru hattının drenaj ve yıkama sistemleri yüksek basınç pompalarının besleme kısmından ve çıkış kısmından hatta direkt su verilecek şekilde bağlantıları yapılmıştır. Servisten çıkan boru hattı, yıkama hattı bağlantısı vasıtasıyla yıkanarak, boru içinde katı madde kalması önlenmiş olur.

### 11.3.6.1. Yıkama sistemi

Yüksek basınçlı yıkama sistemi, konsantratörde pompa istasyonunda olup, bir pompa ile konsantre hattına basınçlı su temin edecek boru hatlarından ibarettir. Sisteme ait pompa devreye basınç kontrolü ile girer ve önceden tesbit edilen basınçta sistemi su basar. (Kapasitesi debi olarak düşük basınç olarak işletme basıncının 4-5 misli olabilmektedir) Bu sistem hattın testi için devreye alınırken vanalara gelecek tek yönlü basıncı dengelemek için ayrıca hatta istenmeyerek olabilecek tıkanmalar karşısında hattın tıkalı yerinde delik açarak hattı açmak için projelendirilmiştir. Boru hattının yukarıda izah edildiği gibi temizlenmesinden sonra bu sisteme gerek görülmeyle iptal edilmiştir.

### 11.3.6.2. Yedek ana pompanın devreye alınması

Yedek ana pompanın devreye alınması, umumiyetle planlanan bir pompa ve boru hattı bakımı sırasında olur. Ana pompanın devreden çıkarılışı ve yedek pompanın devreye alınmasında sistemin tamamen durdurulması gerekmez. Bağlantı geçişleri önceden bağlanmış ve test edilmiş vana grubu ile yapılır. Servisten çıkartılan pompa grubunun hattında kalan konsantre (pülp) drene edilir.

### 11.3.7. Sistemin Emniyeti

Boru hattı sistemini, emniyet kaideleri her an kontrol edilerek hazır tutmak gerekir. Boru hattının çıkış kısmı, borunun dizayn basıncından daha fazla bir basınca tabi tutulmamalıdır. Eğer pompa kapalı bir vana ile devreye alınır veya pompa çalışırken vana herhangi bir nedenle kapanırsa, hattaki basınç aniden emniyet sınırları dışına çıkar. Bu hadise konsantratörde ve Hopa'da işletme hatası nedeniyle ortaya çıkabilir.

Sistemin emniyetini sağlamak üzere sistem, basınç düşürme vanası (Relief Valve) ve kopma disk (Rupture Disc) ile teçhiz edilmiştir. Emniyet vanasının açma basınçları ve kopma diskinin yerleri aşağıda belirtilmiştir:

Kopma disk, yüksek basınç pompası basma hattı üzerinde ve pompa ile ilk vana arasındadır. Basınç düşürme vanası 1" lik olup vana açma basıncı 2500 psi'ye (=170 kg/cm<sup>2</sup>) ayarlanmıştır. Kopma disk Hopada boru hattı basınç düşürme sistemine giriş öncesinde ana vananın önünde bay-pass hattı giriş kısmında yer alır. Disk kırılma basıncı 3000 psi (-210 kg/cm<sup>2</sup>) ayarlıdır.

#### **11.4. TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ 2004 YILI FAALİYET RAPORU**

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü (TKİ), 22.05.1957 tarihinde 6974 sayılı yasa ile kurulmuş bir İktisadi Devlet Teşekkülüdür.

Faaliyetlerini, 27.11.1984 tarih ve 18588 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü Ana Statüsü" hükümlerine göre, devletin genel enerji ve yakıt politikaları doğrultusunda, verimlilik, karlılık ve çağdaş işletmecilik esaslarına uygun olarak sürdürmektedir.

Kurulduğu yıllarda Türkiye'nin toplam linyit üretimi ancak 1 milyon ton seviyelerindeyken, o yıllardan itibaren kömür üretim projeleri geliştirerek yatırımlarını artırmıştır. Özellikle 70'li yıllardan itibaren artan yatırımlarla, yurt sathına yayılmış işletmelerinde büyük projelerin devreye alınmasıyla üretim kapasitesini artırarak 90'lı yılların başlarına gelindiğinde 60 milyon ton üretim yapabilecek kapasiteye ulaşmıştır.

Türkiye'nin yaklaşık 9,3 milyar ton olan linyit rezervinin 2,5 milyar tonu (% 27'si) TKİ'nin uhdesinde olmasına rağmen, Türkiye linyit üretim kapasitesinin yaklaşık % 55'i TKİ'ye aittir. 2004 yılı Türkiye linyit üretiminin % 60 'ı TKİ tarafından gerçekleştirilmiştir.

Üretimlerini tamamen termik santraller ile ısınma ve sanayinin talebine bağlı olarak gerçekleştiren TKİ; linyitlerin yakma teknolojilerindeki artan gelişmelerle çevresel etkileri de azaltılarak yüksek verimlerde termik santrallerde değerlendirilebilmesi ve Türkiye'nin elektrik ihtiyacı da dikkate alınarak termik santrallere olan satışlarını artırmıştır. Halen, TKİ'nin gerçekleştirdiği projelerle kömür ihtiyacı karşılanan termik santrallerin üretim kapasiteleri, Türkiye'nin toplam elektrik üretim kapasitesinin yaklaşık % 21 ini oluşturmaktadır. Diğer bir deyişle, her 5 MW lık kurulu kapasitenin 1 MW nın kömür ihtiyacı TKİ'nin yarattığı projelerden karşılanmaktadır.



## *Açık İşletme Uygulamalarına Örnekler*

TKİ ayrıca; diğer kömürlerine göre nispeten yüksek kalorili olan Soma ve Tunçbilek kömürlerinin kalitelerini iyileştirmek suretiyle, ithal kömürlerle rekabet edebilir nitelikte kömürlerin ısınma ve sanayiye olan satışlarını artırmayı hedeflemiş, bu amaçla, kömür eleme ve yıkama tesislerinin mevcut kapasitelerini artırmıştır.

Yine bu kapsamda, TKİ kömürlerinin Türkiye'nin her tarafında torbalanmış olarak serbestçe satışını gerçekleştirmek amacıyla torbalama tesisleri kurulmuş, bu tesislerde torbalanan kömürler, TKİ'nin 2004 yılında ihale ile kurmuş olduğu bayilik sistemiyle piyasaya sunulmaktadır.

Yerli enerji kaynaklarımızdan olan linyitlerimizin, ekonomik ve verimlilik esaslarına bağlı olarak üretimlerinin artırılması görüşünü benimseyen ve bu amaç doğrultusunda çalışmalarını sürdüren TKİ; ülkenin linyit sahalarını değerlendirirken yaratılacak katma değeri ve ekonomiye katkı sağlamayı da hedeflemiştir.

### **11.4.1. Kuruluş ve Amacı**

#### Kuruluşu

6974 sayılı Kanunla 22.05.1957 tarihinde kurulan ve 08.06.1984 tarih ve 233 sayılı KHK ile faaliyetleri yeniden düzenlenen Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu bir İktisadi Devlet Teşekkülü olup, çalışmalarını 27.11.1984 tarih ve 18588 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Ana Statüsü" hükümlerine göre sürdürmektedir.

#### Amacı

Devletin genel enerji ve yakıt politikasına uygun olarak linyit, turp, bitümlü şist, asfaltit gibi enerji hammaddelerini değerlendirmek, ülkenin ihtiyaçlarını karşılamak, yurt ekonomisine azami katkıda bulunmak, plan ve programlar tanzim etmek, takip etmek, uygulama stratejilerini tespit etmek ve gerçekleştirilmesini sağlamaktır (Şekil 10).

### **11.4.2. Teşkilat Yapısı**

#### Genel Müdürlük

Genel Müdürlük birimleri, görev alanlarının yanı sıra bağlı işletmelere (taşra teşkilatı) faaliyetlerinde destek sağlamaktadırlar.

Merkez ve taşra teşkilatının yıllık olağan teftişleri ve teftişler sonucu saptanan veya ihbar ve şikayetlerden öğrenilen kanun, tüzük ve yönetmeliklere aykırı fiillerin soruşturması Teftiş Kurulu Başkanlığı'nca yapılmaktadır.

Hukuk Müşavirliği; Genel Müdürlük merkez teşkilatının her türlü hukuki işlerini izleyerek sonuçlandırmakta, taşra teşkilatına hukuki konularda gerektiğinde yardım ve katkıda bulunmaktadır. Merkez ve bağlı taşra teşkilatında topyekün sivil savunma hizmetleri; ilgili kanun, tüzük, yönetmelik ve talimatlar doğrultusunda Savunma Sekreterliğince yürütülmektedir.



### *Açık İşletme Uygulamalarına Örnekler*

Kurum personeliyle ilgili atama ve tayin işlemleri, özlük hakları, disiplin işlemleri, ilgili mevzuatın takibi ve uygulanması gibi işlemler Personel Dairesi Başkanlığı'nca yürütülmekte ve takip edilmektedir.

Kurum faaliyetleri hakkında birimler arası ve özellikle Kurum dışı her türlü bilgi alışverişinin sağlanması, raporlar hazırlanması ve bilgi işlem faaliyetleri Araştırma Planlama Koordinasyon Dairesi Başkanlığı'nca yürütülmektedir.

Kurumun uhdesindeki sahalara ait her türlü kanuni işlemler ve daha çok bağlı işletmelerin üretim ve üretimle ilgili çalışmaları, özel sektör tarafından işletilen sahalara ait faaliyetlerin izlenmesi ve denetlenmesi İşletme Dairesi Başkanlığı'nca takip edilmektedir.

Kurumun kömür potansiyelini değerlendirmek gayesi ile arama ve her türlü teknolojik etütler yaparak üretim faaliyetlerini yönlendirme, yeni madencilik ve modernizasyon projelerini hazırlama ve bunların tesis işlerini yapma, proje teşvik ve dış kredi işlemleri Etüt, Proje ve Tesis Dairesi Başkanlığı'nca yürütülmektedir.

Kurumun üretime yönelik makina, teçhizat, tesis ve atölyelerinin, teknik özellik ve kapasitelerine uygun olarak çalıştırılmaları ile işletmelerin ana ikmal işleri Makina İkmal Dairesi Başkanlığı'nca izlenmekte ve yapılmaktadır.

Kurumun muhasebe işlemleri ilgili mevzuata göre Muhasebe Dairesi Başkanlığı'nca yürütülmektedir.

Kurum personelinin ihtiyaç duyulan konulardaki eğitimleri ve öğrencilerin mesleki beceri eğitimleri ve stajlarıyla ilgili programlar hazırlama ve gerçekleştirilmesini sağlama, Kurumla ilgili tanıtıcı veya personelin eğitimine yönelik yayınlar hazırlama ve hazırlatma, bağlı işletmelerin işçi sağlığı ve iş güvenliği mevzuatına uygun çalışmalarını temin için gerekli faaliyetler Eğitim ve İş Güvenliği Dairesi Başkanlığı'nca yürütülmektedir.

Merkez ve taşra teşkilatın idari ve sosyal hizmetlerinin yerine getirilmesi ile ilgili prensipleri belirlemek, uygulamayı takip etmek, Kurum merkezinin idari ve sosyal hizmetlerini yürütmek, personelin sağlık ve moral ihtiyaçlarını karşılamak gibi faaliyetler İdari ve Sosyal İşler Dairesi Başkanlığı'nca yürütülmektedir.

Kurumun ihtiyacı olan her türlü yurt içi ve yurt dışı mal ve hizmet alımı ve işlemlerinin takibi ve yürütümü Satınalma Dairesi Başkanlığı'nca yapılmaktadır.

Kömür pazarlama ve satışına ilişkin işlemler Pazarlama ve Satış Dairesi Başkanlığı'nca yürütülmektedir.

Çeşitli ihtisas komisyonları Fen ve Tetkik Dairesi Başkanlığı çalışanları arasından oluşturulup görevlendirilmektedir.

### 11.4.3. Bağlı Müesseseler ve İşletmeler

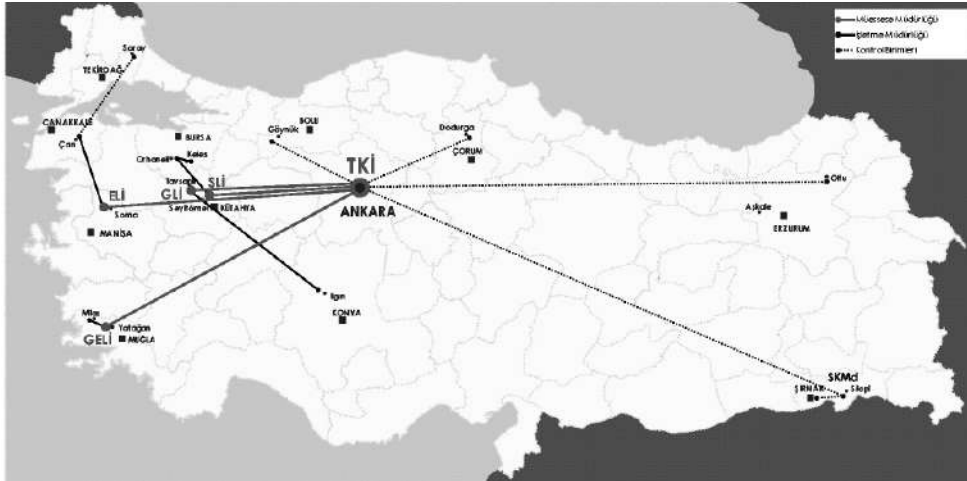
TKİ Genel Müdürlüğü'ne bağlı müesseseler ve işletmeler şunlardır;

- ELİ Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü SOMA / MANİSA  
Çan Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü ÇAN / ÇANAKKALE  
Çan Linyitleri İşletmesine Bağlı; Saray Kontrol Başmühendisliği
- GELİ Güney Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü YATAĞAN / MUĞLA  
Yeniköy Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü MİLAS / MUĞLA
- GLİ Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü TAVŞANLI / KÜTAHYA  
Ilgın Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü ILGIN / KONYA
- SLİ Seyitömer Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü SEYİTÖMER / KÜTAHYA  
Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü ORHANELİ / BURSA

İşletme Dairesi Başkanlığı'na bağlı:

- Silopi Kontrol Müdürlüğü (bağlı Şırnak Kontrol Başmühendisliği),
- Oltu Kontrol Başmühendisliği,
- Göynük Kontrol Başmühendisliği,
- Dodurga Kontrol Başmühendisliği,

Bağlı müessese ve işletmelerin coğrafi konumları Şekil 11'de verilmektedir.



Şekil 11. TKİ'ye bağlı müessese ve işletmeler.

#### 11.4.3.1. Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü (ELİ)

1939 yılından 1978 yılına kadar Garp Linyitleri'ne bağlı olarak faaliyette bulunmuştur. 1978 yılından sonra Garp Linyitleri'nden ayrılarak 1995 yılına kadar Müessese olarak, daha sonra ise sırasıyla; Bölge Müdürlüğü, İşletme Müdürlüğü ve en son olarak da Nisan 2004 de yeniden müessese tüzel kişiliği verilen TKİ'nin bu en büyük işletmesinin merkezi Soma'da olup, Manisa'ya 90 km mesafededir.



İşletme, ruhsatı TKİ'ye ait, yaklaşık 20,6 bin hektarlık alanı kapsayan Soma, Deniz ve Eynez sahalarında üretim çalışmalarını sürdürmektedir.

Bu alanda, alt ısıl değeri 2070-3340 kcal/kg olan ve yaklaşık % 63'ü yeraltı işletmeciliği ile alınabilecek toplam 572 milyon ton linyit rezervi bulunmaktadır.

İşletmenin yıllık proje üretim kapasitesi, 10 milyon ton düzeyindedir. 1034 MW (2x22, 6x165) gücündeki Soma Termik Santrallerine yakıt temin etmekte ve halen satışlarının % 35'i olmak üzere piyasa (sanayi ve ısınma sektörü) talebini karşılamaktadır.

Ayrıca, satış öncesi kömür kalitelerini iyileştirmek amacıyla Soma'da kömür ayıklama ve lavvar tesisleri bulunmaktadır.

Üretimin yaklaşık % 95-98 nin yapıldığı açık ocak üretim çalışmalarında ekskavatör ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makinaları kullanılmaktadır. Ayrıca, üretimin yaklaşık % 2-5'i yeraltı işletmeciliği yöntemiyle yapılmakta, bu oranın artırılması yönünde son yıllarda etüt ve proje çalışmaları yoğunlaştırılarak devam etmektedir.

2000-2004 dönemi, 1 ton kömür için ortalama 8,12 m<sup>3</sup> dekapaj yapılan İşletmede, % 65'lere varan müteahhit dekapajı ile birlikte yıllık toplam 50-90 milyon m<sup>3</sup> arası dekapaj yapılmaktadır.

Ayrıca, üretim yapıldıktan sonra terk edilen sahalar ağaçlandırılarak çevreye kazandırılmaktadır.

İşletmeye ait karşılaştırmalı özet bilgiler:

	2003	2004
Personel Sayısı	3.629	3.558
Dekapaj, milyon m <sup>3</sup>	54,3	54,9
Üretim, milyon ton	7,4	6,8
Toplam Satış, milyon ton	7,4	6,8
Termik Sant.	4,8	4,6
Piyasa	2,6	2,2
Satış Hasılatı, trilyon TL	354,8	371,1
Kar-Zarar, trilyon TL	52,9	41,2

#### 11.4.3.2. Çan Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (ÇLİ)

TKİ'ye bağlandığı 1979 yılına kadar özel teşebbüs tarafından işletilmiştir. O yıldan sonra 1990 yılına kadar Marmara Linyitleri İşletmesi Müessesesi'nin bağlı bir bölgesi olarak faaliyetlerini sürdürmüştür. Sonraki yıllarda sırasıyla; Müessese Müdürlüğü, Bölge Müdürlüğü ve İşletme Müdürlüğü olarak faaliyetlerini sürdürmüş, en son olarak da Nisan 2004'de İşletme Müdürlüğü olarak Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi'ne bağlanmıştır. İşletmenin merkezi Çan'a 1 km, Çanakkale'ye 76 km mesafededir.



İşletme, ruhsatı TKİ'ye ait, yaklaşık 2,4 bin hektarlık alanı kapsayan Çan linyit sahasında üretim çalışmalarını sürdürmektedir.

Bu alanda, alt ısı değeri 3.000 kcal/kg olan ve tamamı açık ocak işletmeciliği ile alınabilecek toplam 89 milyon ton linyit rezervi bulunmaktadır.

İşletmenin yıllık üretim kapasitesi 2,3 milyon ton olarak projelendirilmiştir. 2004 yılında tamamlanarak deneme çalışmalarına başlanılan 2x160 MW gücündeki akışkan yataklı Çan Termik Santralinin yıllık 1,8 milyon ton kömür ihtiyacının bu işletmeden karşılanması ve piyasaya 0,5 milyon ton kömür satılması hedeflenmektedir.

Üretimlerin tamamı açık ocak işletmeciliği yöntemiyle yapılmakta, üretim çalışmalarında ekskavator ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makineleri kullanılmaktadır.

Çan Tivsii Projesiyle, yıllık 1 ton kömür için ortalama 12 m<sup>3</sup> yapılması hesaplanmıştır. Yine, yaklaşık yarısı müteahhit eliyle olmak üzere yıllık 27 milyon m<sup>3</sup> dekapaj yapılması öngörülmektedir.

Ayrıca, üretim yapıldıktan sonra terk edilen sahalar ağaçlandırılarak çevreye kazandırılmaktadır.

İşletmeye ait karşılaştırmalı özet bilgiler:

	2003	2004
Personel Sayısı	521	524
Dekapaj, <i>milyon m<sup>3</sup></i>	26,7	29,5
Üretim, <i>milyon ton</i>	0,5	0,7
Toplam Satış, <i>milyon ton</i>	0,4	0,9
Termik Sant. Piyasa	0,1 0,3	0,4 0,5
Satış Hasılatı, <i>trilyon TL</i>	25,8	55,7
Kar-Zarar, <i>trilyon TL</i>	-32,1	-24,8

#### 11.4.3.3. Güney Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü (GELİ)

1983 yılına kadar Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi'nin bağlı bir bölgesi iken, o yıldan itibaren ayrılarak 1995 yılına kadar Müessese olarak faaliyetlerini sürdürmüştür. Daha sonra ise sırasıyla; Bölge Müdürlüğü ve İşletme Müdürlüğü'ne dönüştürülmüş, en son olarak da Nisan 2004'de yeniden müessese tüzel kişiliği verilen bu İşletmenin merkezi Yatağan'a 8 km mesafededir.

İşletme, ruhsatı TKİ'ye ait, yaklaşık 14,1 bin hektarlık alanda yer alan Tınaz, Bağyaka ve Eskihisar bölümlerinde üretim çalışmalarını sürdürmektedir.

Bu alanda, alt ısı değeri 1790-2670 kcal/kg olan 158 milyon ton linyit rezervi bulunmakta, diğer sahalarla birlikte, yaklaşık % 54'ü yeraltı işletmeciliği ile alınabilecek toplam 164 milyon ton linyit rezervi bulunmaktadır.



Üretimlerin tamamı açık ocak işletmeciliği yöntemiyle yapılmakta, üretim çalışmalarında dragline, ekskavatör ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makineleri kullanılmaktadır.

Yıllık proje üretim kapasitesi, 5,4 milyon ton düzeyindedir. 3x210 MW gücündeki Yatağan termik Santraline yakıt temin etmekte ve halen satışlarının tamamına yakını (%98'i) termik santrallere olmak üzere, piyasa (sanayi ve ısınma sektörü) talebini karşılamaktadır.

2000-2004 dönemi 1 ton kömür için ortalama 5,25 m<sup>3</sup> dekapaj yapılan İşletmede, % 50'lere varan müteahhit dekapajı ile birlikte yıllık toplam 15-25 milyon m<sup>3</sup> arası dekapaj yapılmaktadır.

Ayrıca, üretim yapıldıktan sonra terk edilen sahalar ağaçlandırılarak çevreye kazandırılmaktadır.

İşletmeye ait karşılaştırmalı özet bilgiler:

	2003	2004
Personel Sayısı	1.166	1.151
Dekapaj, <i>milyon m<sup>3</sup></i>	12,8	18,1
Üretim, <i>milyon ton</i>	3,0	3,1
Toplam Satış milyon ton	3,0	3,1
Termik Sant.	2,9	3,0
Piyasa	0,1	0,1
Satış Hasılatı, <i>trilyon TL</i>	68,0	95,6
Kar-Zarar, <i>trilyon TL</i>	1,8	17,6

#### 11.4.3.4.Yeniköy Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (YLİ)

1984 yılından 1993 yılına kadar "Milas İstihsal Başmühendisliği" olarak Güney Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi'ne bağlı iken o yıldan itibaren ayrılarak İşletme Müdürlüğü olarak, sonraki yıllarda ise sırasıyla; Bölge Müdürlüğü ve yeniden İşletme Müdürlüğü olarak faaliyetlerini sürdürmüştür. En son olarak da Nisan 2004 Güney Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesi'ne bağlanan bu İşletmenin merkezi Milas'a 23 km mesafededir.



İşletme, ruhsatı TKİ'ye ait, yaklaşık 19,8 bin hektarlık alanı kapsayan Milas-Gürceğiz'deki Sekköy, İkizköy, Hüsamlar ve Karacahisar sahalarında üretim çalışmalarını sürdürmektedir.

Bu alanda, alt ısı değeri 1650-2260 kcal/kg olan yaklaşık % 51'i yeraltı işletmeciliği ile alınabilecek toplam 267 milyon ton linyit rezervi bulunmaktadır.

Üretim kapasitesi, İşletme toplamı 7,4 milyon ton olarak projelendirilmiştir. Üretilen kömürlerin hemen hemen tamamı 2x210 MW gücündeki Yeniköy ve 3x210 MW gücündeki Kemerköy Termik santrallerine verilmektedir.

Üretimlerin tamamı açık ocak işletmeciliği yöntemiyle yapılmakta, üretim çalışmalarında dragline, ekskavator ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makinaları kullanılmaktadır.





2000-2004 dönemi 1 ton kömür için ortalama 2,57 m<sup>3</sup> dekapaj yapılan İşletmede, % 45-65 civarında müteahhit dekapajı ile birlikte yıllık toplam 15-20 milyon m<sup>3</sup> arası dekapaj yapılmaktadır.

Ayrıca, üretim yapıldıktan sonra terk edilen sahalar ağaçlandırılarak çevreye kazandırılmaktadır.

İşletmeye ait karşılaştırmalı özet bilgiler:

	2003	2004
Personel Sayısı	672	660
Dekapaj, <i>milyon m<sup>3</sup></i>	14,3	19,6
Üretim, <i>milyon ton</i>	5,5	4,8
Toplam Satış, <i>milyon ton</i>	5,5	4,8
Termik Sant.	5,5	4,8
Piyasa	0,1<	0,1<
Satış Hasılatı, <i>trilyon TL</i>	82,9	98,7
Kar-Zarar, <i>trilyon TL</i>	25,2	41,2

#### 11.4.3.5. Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü (GLİ)

1940 yılından 1957 yılına kadar ETİBANK'a bağlı olarak faaliyette bulunmuş, 1957 yılında ise TKİ'ye bağlanarak daha sonra sırasıyla; Bölge Müdürlüğü ve İşletme Müdürlüğü olarak faaliyetlerini sürdürmüştür. En son, Nisan 2004'de yeniden müessese tüzel kişiliği verilen bu işletmenin merkezi Tavşanlı'da olup, Kütahya'ya 45 km mesafededir.

İşletme, ruhsatı TKİ'ye ait, yaklaşık 13,5 bin hektarlık alanı kapsayan Tunçbilek sahasında üretim çalışmalarını sürdürmektedir.

Bu alanda, alt ısıl değeri 2560 kcal/kg olan yaklaşık % 83'ü yeraltı işletmeciliği ile alınabilecek toplam 305 milyon ton linyit rezervi bulunmaktadır.

Yıllık üretim kapasitesi, yeraltı işletme projeleri toplamı 2,35 milyon ton olmak üzere 6,1 milyon ton düzeyindedir. Toplam 429 MW (2x32, 1x65, 2x150) gücündeki Tunçbilek Termik Santrallerine yakıt temin etmekte ve halen satışlarının % 60 olmak üzere piyasanın (sanayi ve ısınma sektörü) talebini karşılamaktadır.



Ayrıca, satış öncesi kömür kalitelerini iyileştirmek amacıyla Tunçbilek ve Ömerler'de kömür ayıklama ve lavvar tesisleri bulunmaktadır.

Üretimin yaklaşık % 85-90'ının yapıldığı açık ocak üretim çalışmalarında dragline, ekskavatör ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makineleri kullanılmaktadır. Yeraltı İşletmeciliği uygulanan Tunçbilek'de göçertmeli dönümlü klasik uzun ayak sistemi, Ömerler'de ise göçertmeli dönümlü tam mekanize uzun ayak sistemi uygulanmaktadır. Yeraltı işletmeciliği üretiminin % 10-15 olan oranının artırılması yönünde son yıllarda etüt ve proje çalışmaları yoğunlaştırılarak devam etmektedir.

2000-2004 dönemi 1 ton kömür için ortalama 14,16 m<sup>3</sup> dekapaj yapılan İşletmede, % 65'lere varan müteahhit dekapajı ile birlikte yıllık toplam 40-70 milyon m<sup>3</sup> arası dekapaj yapılmaktadır.

Ayrıca, üretim yapıldıktan sonra terk edilen sahalar ağaçlandırılarak çevreye kazandırılmaktadır.

İşletmeye ait karşılaştırmalı özet bilgiler:

	2003	2004
Personel Sayısı	3.678	3.556
Dekapaj, <i>milyon m<sup>3</sup></i>	40,9	76,1
Üretim, <i>milyon ton</i>	3,2	3,7
Toplam Satış, <i>milyon ton</i>	3,1	3,4
Termik Sant.	0,7	1,2
Piyasa	2,4	2,2
Satış Hasılatı, <i>trilyon TL</i>	189,1	234,8
Kar-Zarar, <i>trilyon TL</i>	-18,0	-24,3

#### 11.4.3.6. Ilgın Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (İLİ)

1978 yılında kurulan ve 1989 yılına kadar Müessese olarak ve o yıldan 2004 yılına kadar da doğrudan Genel Müdürlüğe bağlı bir işletme olarak faaliyetlerini sürdürmüştür. En son, Nisan 2004'de de Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi'ne bağlı İşletme Müdürlüğüne dönüştürülen bu İşletmenin merkezi, Ilgın'a 24 km, Konya'ya 112 km mesafededir.

İşletme, ruhsatı TKİ'ye ait, yaklaşık 5,6 bin hektarlık alanı kapsayan Ilgın-Gölyaka sahasında üretim çalışmalarını sürdürmektedir. Bu alanda kömür rezervi tükenmek üzeredir.

#### Açık İşletme Uygulamalarına Örnekler

Ancak, Ilgın Linyit oluşumunun rezervinin geliştirilmesi ve yeni rezerv bulunmasına yönelik sondaj çalışmaları yapılmıştır. Bu sondajların değerlendirilmesi sonucu yeni rezervler ve bunların üretilmesine yönelik projelerin geliştirilmesi mümkün olabilecektir.

Halen işletmenin üretim yaptığı alanda, alt ısıl değeri 2180 kcal/kg olan yıllık yaklaşık 300 bin ton kömür üretilerek yörenin kömür talebi karşılanmaktadır.

Üretimlerin tamamı açık ocak işletmeciliği yöntemiyle yapılmakta, üretim çalışmalarında ekskavatör ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makinaları kullanılmaktadır.

2000-2004 dönemi 1 ton kömür için ortalama 0,42 m<sup>3</sup> dekapaj yapılan İşletmede, kömür üstünün tamamen açılması nedeniyle ana dekapaj faaliyetleri sona ermiştir.

Ayrıca, üretim yapıldıktan sonra terk edilen sahalar ağaçlandırılarak çevreye kazandırılmaktadır.

İşletmeye ait karşılaştırmalı özet bilgiler:

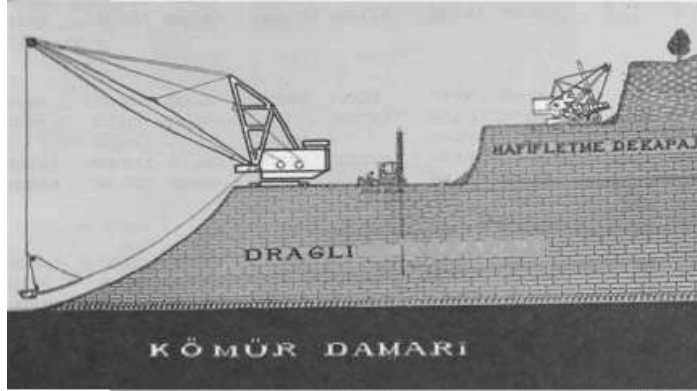
	2003	2004
Personel Sayısı	196	197
Dekapaj, bin m <sup>3</sup>	80	350
Üretim, bin ton	319	306
Satış, bin ton	318	306
Satış Hasılatı, trilyon TL	9,6	9,3
Kar-Zarar, trilyon TL	1,8	1,2

#### 11.4.3.7. Seyitömer Linyitleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü (SLİ)

1960 yılından 1990 yılına kadar Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi'ne bağlı olarak, daha sonra sırasıyla; Müessese, Bölge Müdürlüğü ve İşletme Müdürlüğü olarak faaliyetlerini sürdürmüştür. En son, Nisan 2004 de yeniden müessese tüzel kişiliği verilen bu işletmenin merkezi Seyitömer'de olup Kütahya'ya 28 km mesafededir.

Üretimlerin tamamı açık ocak işletmeciliği yöntemiyle yapılmakta, üretim çalışmalarında dragline, ekskavatör ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makinaları kullanılmaktadır.





İşletme, ruhsatları TKİ'ye ait, yaklaşık 6,9 bin hektarlık toplam alanı kapsayan Seyitömer sahasında üretim çalışmalarını sürdürmektedir.

Bu alanda, alt ısıl değeri 2080 kcal/kg olan toplam 167 milyon ton linyit rezervi bulunmaktadır.

Yıllık üretim kapasitesi 7,7 milyon ton düzeyinde olan İşletme, 4x150 MW gücündeki Seyitömer Termik Santrali'ne yakıt temin etmekte ve piyasa (sanayi ve ısınma sektörü) talebini karşılamaktadır.

2000-2004 dönemi 1 ton kömür için ortalama 2,57 m<sup>3</sup> dekapaj yapılan İşletmede, 2002 yılında yapılan % 46 oranındaki müteahhit dekapajının dışında tamamı İşletmenin kendi imkanlarıyla olmak üzere yıllık toplam 10-15 milyon m<sup>3</sup> dekapaj yapılmaktadır.

Ayrıca, üretim yapıldıktan sonra terk edilen sahalar ağaçlandırılarak çevreye kazandırılmaktadır.

İşletmeye ait karşılaştırmalı özet bilgiler:

	2003	2004
Personel Sayısı	1.258	1.227
Dekapaj, milyon m <sup>3</sup>	16,2	10,0
Üretim, milyon ton	5,0	4,3
Toplam Satış, milyon ton	4,7	4,4
Termik Sant.	4,1	3,9
Piyasa	0,6	0,5
Satış Hasılatı, trilyon TL	91,4	138,2
Kar-Zarar, trilyon TL	27,0	59,6

#### 11.4.3.8. Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü (BLİ)

1979 yılına kadar Garp Linyitleri'ne bağlı bir işletme iken o yıldan itibaren ayrılıp doğrudan Genel Müdürlüğe bağlanarak sırasıyla; Müessese, İşletme, Bölge Müdürlüğü ve İşletme Müdürlüğü olarak faaliyetlerini sürdürmüştür. En son, Nisan 2004'de İşletme Müdürlüğü şeklinde Seyitömer Linyitleri İşletmesi Müessesesine bağlanmıştır. İşletmenin merkezi Orhaneli'ye 18 km, Bursa'ya 55 km mesafededir.

İşletme, ruhsatı TKİ'ye ait, yaklaşık 15,8 bin hektarlık alanı kapsayan Orhaneli-Gümüşpınar ile Keles-Harmanalam linyit sahalarında üretim çalışmalarını sürdürmektedir.

### Açık İşletme Uygulamalarına Örnekler



Bu alanlarda, alt ısıl değeri 1900-2500 kcal/kg olan 67 milyon ton rezerv bulunmaktadır. Halen işletilmesi ekonomik olmayan Davutlar sahası ile rezerv miktarı 106 milyon ton olmaktadır.

Yıllık üretim kapasitesi 2,3 milyon ton olan bu işletme, 210 MW gücündeki Orhaneli Termik Santrali'ne yakıt temin etmekte ve piyasa (sanayi ve ısınma sektörü) talebini karşılamaktadır.

Üretimlerin tamamı açık ocak işletmeciliği yöntemiyle yapılmakta, üretim çalışmalarında dragline, ekskavatör ve ağır kamyon gibi büyük kapasiteli iş makineleri kullanılmaktadır.

2000-2004 dönemi 1 ton kömür için ortalama 8,9 m<sup>3</sup> dekapaj yapılan İşletmede, müteahhit ve İşletmenin kendi imkanlarıyla olmak üzere yıllık toplam 6-9 milyon m<sup>3</sup> dekapaj yapılmaktadır.

Ayrıca, üretim yapıldıktan sonra terk edilen sahalar ağaçlandırılarak çevreye kazandırılmaktadır.

İşletmeye ait karşılaştırmalı özet bilgiler:

	2003	2004
Personel Sayısı	691	686
Dekapaj, milyon m <sup>3</sup>	7,9	5,7
Üretim, milyon ton	0,7	0,5
Toplam Satış, milyon ton	0,9	1,1
Termik Sant.	0,8	1,0
Piyasa	0,1	0,1
Satış Hasılatı, trilyon TL	40,0	60,8
Kar-Zarar, trilyon TL	-8,7	-4,2

## 11.4.4. TKİ'ye Ait Sayısal Bilgiler

TKİ Genel Müdürlüğüne bağlı müessese ve işletmelerin 2004 yılına ait sayısal bilgileri ve ilgili grafikleri aşağıda verilmektedir.

Personel durumu

İŞYERİ		657 SAYILI	399 SAYILI	MEMUR	İŞÇİ	TOPLAM
		YASAYA TABİ (I ve III Sa. Cet.)	KHK'YE TABİ (II Sayılı Cetvel)	Toplam		
Genel Müdürlük		145	704	849	192	1.041
ELİ	Soma	25	466	491	3.067	3.558
	Çan	7	95	102	422	524
	<i>Toplam</i>	<i>32</i>	<i>561</i>	<i>593</i>	<i>3.489</i>	<i>4.082</i>
GELİ	Yatağan	12	171	183	968	1.151
	Milas	9	106	115	545	660
	<i>Toplam</i>	<i>21</i>	<i>277</i>	<i>298</i>	<i>1.513</i>	<i>1.811</i>
GLİ	Tavşanlı	23	324	347	3.209	3.556
	İlgın	3	54	57	140	197
	<i>Toplam</i>	<i>26</i>	<i>378</i>	<i>404</i>	<i>3.349</i>	<i>3.753</i>
SLİ	Seyitömer	7	192	199	1.028	1.227
	Orhaneli	7	134	141	545	686
	<i>Toplam</i>	<i>14</i>	<i>326</i>	<i>340</i>	<i>1.573</i>	<i>1.913</i>
İzmir Misafirhane	-	5	5	7	12	
Didim Eğ.ve Din. T.	-	1	1	20	21	
Akçay Eğ.ve Din. T.	-	1	1	9	10	
<b>GENEL TOPLAM</b>		<b>238</b>	<b>2.253</b>	<b>2.491</b>	<b>10.152</b>	<b>12.643</b>

Rezerv miktarları (bin ton)

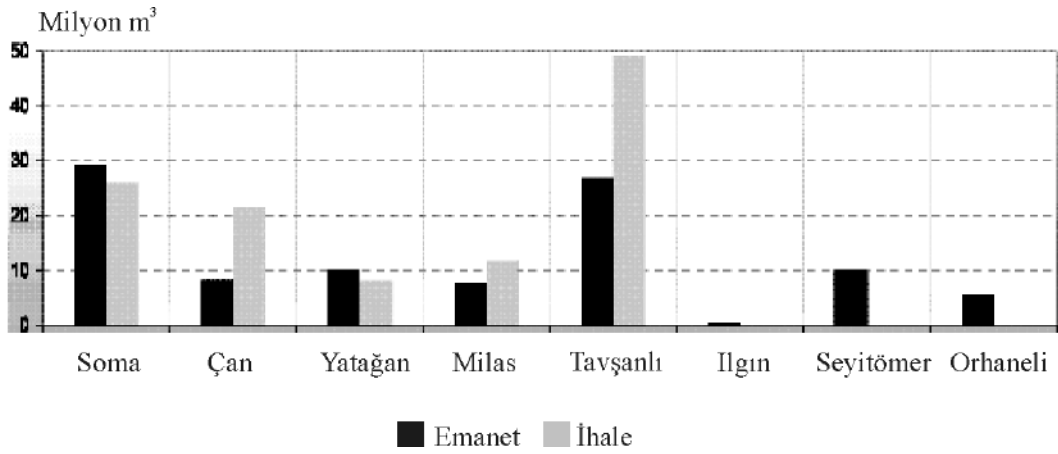
		Mümkün	Muhtemel	Görünür	Hazır	Toplam
		ELİ	Soma	22.439	77.500	465.707
	Çan	-	-	88.660	50	88.710
	<i>Toplam</i>	<i>22.439</i>	<i>77.500</i>	<i>554.367</i>	<i>6.647</i>	<i>660.953</i>
GELİ	Yatağan	-	-	164.003	300	164.303
	Milas	-	-	261.869	5.417	267.286
	<i>Toplam</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>425.872</i>	<i>5.717</i>	<i>431.589</i>
GLİ	Tavşanlı	-	-	302.839	1.861	304.700
	İlgın	-	591	16.102	690	17.383
	<i>Toplam</i>	<i>-</i>	<i>591</i>	<i>318.941</i>	<i>2.551</i>	<i>322.083</i>
SLİ	Seyitömer	-	-	159.022	8.082	167.104
	Orhaneli	1.560	19.945	84.445	101	106.051
	<i>Toplam</i>	<i>1.560</i>	<i>19.945</i>	<i>243.467</i>	<i>8.183</i>	<i>273.155</i>
	Diğer*	12.608	184.287	583.013	568	780.476
<b>GENEL TOPLAM</b>		<b>36.607</b>	<b>282.323</b>	<b>2.125.660</b>	<b>23.666</b>	<b>2.468.526</b>

\* TKİ'nin henüz işletmediği veya rüdevansla işletilen sahalardır.

Açık İşletme Uygulamalarına Örnekler

Dekapaj miktarları (m<sup>3</sup>)

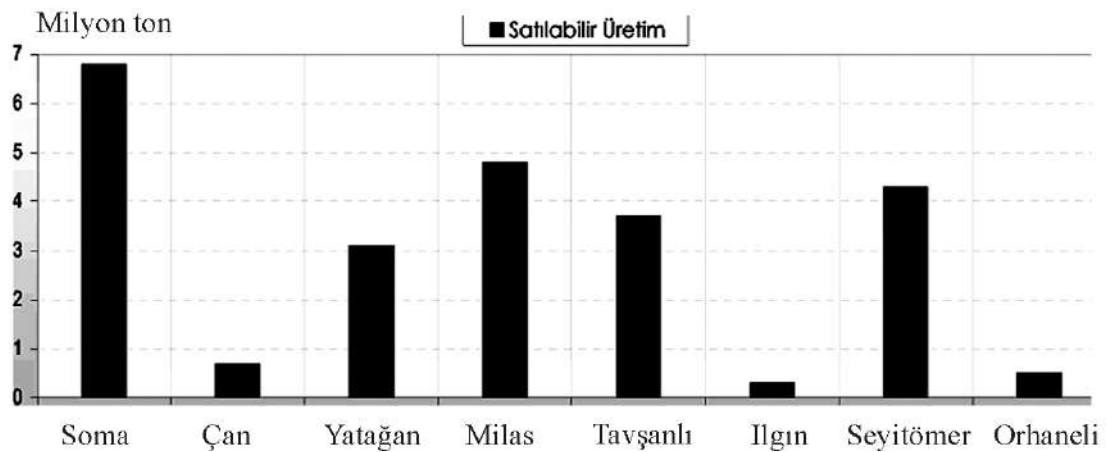
		Emanet	İhale	Toplam
ELİ	Soma	29.033.950	25.858.971	54.892.921
	Çan	8.099.000	21.381.337	29.480.337
	<i>Toplam</i>	<i>37.132.950</i>	<i>47.240.308</i>	<i>84.373.258</i>
GELİ	Yatağan	10.018.000	8.131.248	18.149.248
	Milas	7.769.000	11.788.827	19.557.827
	<i>Toplam</i>	<i>17.787.000</i>	<i>19.920.075</i>	<i>37.707.075</i>
GLİ	Tavşanlı	26.882.000	49.185.209	76.067.209
	İlgın	350.107	-	350.107
	<i>Toplam</i>	<i>27.232.107</i>	<i>49.185.209</i>	<i>76.417.316</i>
SLİ	Seyitömer	9.988.000	-	9.988.000
	Orhaneli	5.710.154	-	5.710.154
	<i>Toplam</i>	<i>15.698.154</i>	<i>-</i>	<i>15.698.154</i>
<b>GENEL TOPLAM</b>		<b>97.850.211</b>	<b>111.345.592</b>	<b>214.195.803</b>



## Üretim miktarları (ton)

		Yeraltı	Açık ocak	Tüvenan Toplam	Yeraltı	Açık ocak	Satılabilir Toplam
ELİ	Soma	370.982	8.973.936	9.344.918	161.239	6.676.695	6.837.934
	Çan	-	682.108	682.108	-	682.108	682.108
	<i>Toplam</i>	<i>370.982</i>	<i>9.656.044</i>	<i>10.027.026</i>	<i>161.239</i>	<i>7.358.803</i>	<i>7.520.042</i>
GELİ	Yatağan	-	3.058.000	3.058.000	-	3.057.682	3.057.682
	Milas	-	4.801.589	4.801.589	-	4.801.589	4.801.589
	<i>Toplam</i>	<i>-</i>	<i>7.859.589</i>	<i>7.859.589</i>	<i>-</i>	<i>7.859.271</i>	<i>7.859.271</i>
GLİ	Tavşanlı	683.000	4.524.000	5.207.000	403.000	3.331.291	3.734.291
	İlgın	-	309.055	309.055	-	306.469	306.469
	<i>Toplam</i>	<i>683.000</i>	<i>4.833.055</i>	<i>5.516.055</i>	<i>403.000</i>	<i>3.637.760</i>	<i>4.040.760</i>
SLİ	Seyitömer	-	4.403.115	4.403.115	-	4.252.150	4.252.150
	Orhaneli	-	527.271	527.271	-	522.111	522.111
	<i>Toplam</i>	<i>-</i>	<i>4.930.386</i>	<i>4.930.386</i>	<i>-</i>	<i>154.895</i>	<i>154.895</i>
DİĞER*	-	154.895	154.895	-	154.895	154.895	
<b>GENEL TOPLAM</b>		<b>1.053.982</b>	<b>27.433.969</b>	<b>28.487.951</b>	<b>564.239</b>	<b>23.784.990</b>	<b>24.349.229</b>

\*Göynük ve Şırnak üretimleridir.



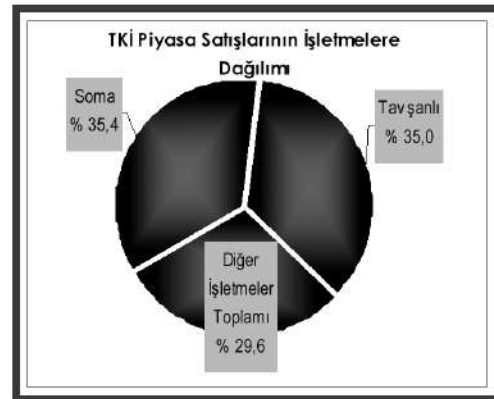
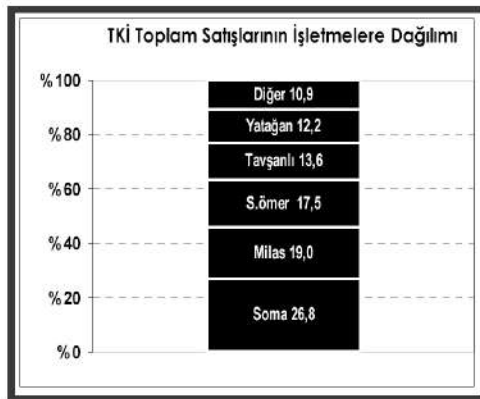
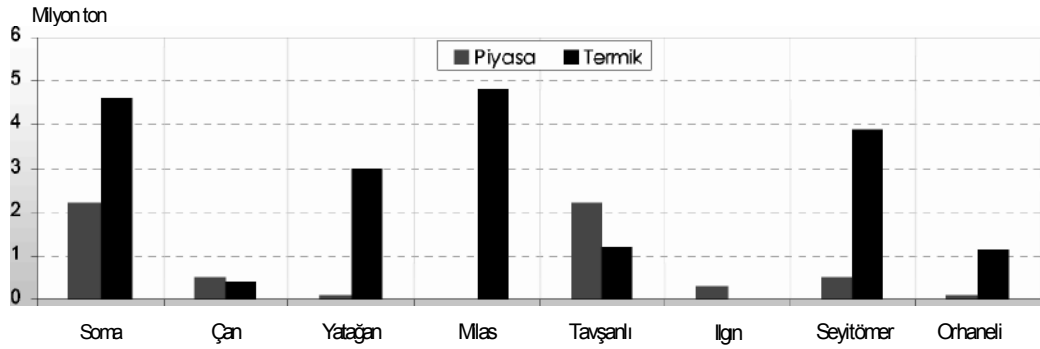


## Açık İşletme Uygulamalarına Örnekler

### Satış miktarları (ton)

		Piyasa			Termik	Toplam
		Isınma	Sanayi	Serbest	Toplam	
ELİ	Soma	563.297	653.836	1.005.892	2.223.025	4.556.783
	Çan	39.375	101.613	328.517	469.505	405.903
	<i>Toplam</i>	<i>602.672</i>	<i>755.449</i>	<i>1.334.409</i>	<i>2.692.530</i>	<i>4.962.686</i>
GELİ	Yatağan	17.670	-	46.503	64.173	3.027.422
	Milas	-	-	308	308	4.800.431
	<i>Toplam</i>	<i>17.670</i>	<i>-</i>	<i>46.811</i>	<i>64.481</i>	<i>7.827.853</i>
GLİ	Tavşanlı	1.038.886	1.158.325	1.649	2.198.860	1.245.528
	İlgın	88.801	189.120	27.731	305.652	-
	<i>Toplam</i>	<i>1.127.687</i>	<i>1.347.445</i>	<i>29.380</i>	<i>2.504.512</i>	<i>1.245.528</i>
SLİ	Seyitömer	493.871	7.000	-	500.871	3.923.075
	Orhaneli	1.824	-	50.024	51.848	1.066.793
	<i>Toplam</i>	<i>495.695</i>	<i>7.000</i>	<i>50.024</i>	<i>552.719</i>	<i>4.989.868</i>
Diğer*		450.337	-	12.405	462.742	-
<b>GENEL TOPLAM</b>		<b>2.694.061</b>	<b>2.109.894</b>	<b>1.473.029</b>	<b>6.276.984</b>	<b>19.025.935</b>

\* Göynük ve Şırnak kömürleri ile müteahhitiden alınan kömürlerdir.



**Kömür hareketi (ton)**

		Dönem Başı Stok	Üretim	İşletmeler Arası Devir	Müteahhit'den Alınan	İç Tüketim	Piyasa Satışı	Termik Satışı	Dönem Sonu Stok
ELİ	Soma	-	6.837.934	-45.921	11.664	23.869	2.223.025	4.556.783	-
	Çan	405.188	682.108	43.912	18.963	2.866	469.505	405.903	271.897
	<i>Toplam</i>	<i>405.188</i>	<i>7.520.042</i>	<i>-2.009</i>	<i>30.627</i>	<i>26.735</i>	<i>2.692.530</i>	<i>4.962.686</i>	<i>271.897</i>
GELİ	Yatağan	3.660	3.057.682	45.921	246	10.521	64.173	3.027.422	5.049
	Milas	-	4.801.589	-	-	850	308	4.800.431	-
	<i>Toplam</i>	<i>3.660</i>	<i>7.859.271</i>	<i>45.921</i>	<i>246</i>	<i>11.371</i>	<i>64.481</i>	<i>7.827.853</i>	<i>5.049</i>
GLİ	Tavşanlı	41.350	3.734.291	-291.575	287	34.989	2.198.860	1.245.528	4.976
	İlgın	1.227	306.469	-	-	2.046	305.650	-	-
	<i>Toplam</i>	<i>42.577</i>	<i>4.040.760</i>	<i>-291.575</i>	<i>287</i>	<i>37.035</i>	<i>2.504.510</i>	<i>1.245.528</i>	<i>4.976</i>
SLİ	Seyitömer	2.583.000	4.252.150	-81.219	-	11.871	500.871	-	2.318.11
	Orhaneli	469.742	522.111	497.490	-	10.430	51.849	1.066.793	360.271
	<i>Toplam</i>	<i>3.052.742</i>	<i>4.774.261</i>	<i>416.271</i>	<i>-</i>	<i>22.301</i>	<i>552.720</i>	<i>4.989.868</i>	<i>2.678.38</i>
Diğer*		100.173	154.895	-168.608	415.812	509	462.743	-	39.020
<b>GENEL TOPLAM</b>		<b>3.604.340</b>	<b>24.349.229</b>	<b>-</b>	<b>446.972</b>	<b>97.951</b>	<b>6.276.984</b>	<b>19.025.935</b>	<b>2.999.327</b>

\* Üretimler, Göynük ve Şırnak'a aittir. Müteahhit'den alınanlar, rödövanla işletilen sahalardan üretilen kömürlerdir.

**İşçi randımanları (kg/yevmiye)**

		Yeraltı				Genel Ana Servis		İşletme	
		Kazı	Ayak	İçeri	İçeri+ Dışarı	Tüvönan	Satılabilir	Tüvönan	Satılabilir
ELİ	Soma	9.260	4.504	2.353	1.847	32.546	26.109	10.593	8.498
	Çan	-	-	-	-	140.121	134.884	6.145	5.916
	<i>Toplam</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>34.339</i>	<i>28.170</i>	<i>10.096</i>	<i>8.174</i>
GELİ	Yatağan	-	-	-	-	132.966	132.966	11.987	11.987
	Milas	-	-	-	-	156.899	156.899	14.477	14.477
	<i>Toplam</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>146.630</i>	<i>146.631</i>	<i>13.394</i>	<i>13.395</i>
GLİ	Tavşanlı	12.010	8.440	3.789	3.212	14.791	10.608	6.181	4.433
	İlgın	-	-	-	-	22.865	22.673	8.768	8.695
	<i>Toplam</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>15.090</i>	<i>11.054</i>	<i>6.285</i>	<i>4.604</i>
SLİ	Seyitömer	-	-	-	-	58.652	56.641	15.469	14.938
	Orhaneli	-	-	-	-	43.618	43.194	4.025	3.986
	<i>Toplam</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>56.567</i>	<i>54.776</i>	<i>11.862</i>	<i>11.487</i>
<b>GENEL TOPLAM</b>		<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>35.491</b>	<b>31.289</b>	<b>9.861</b>	<b>8.641</b>

## Açık İşletme Uygulamalarına Örnekler

### Yatırım harcamaları (milyon TL)

	İdame	Makina Teçhizat	İnşaat	Tevsii	İşletme Projesi	Bilgisayar	Toplam
Genel Müdürlük	63.822	5.281.476	-	-	-	306.883	5.652.181
Soma	-	-	-	-	1.557.453	-	2.345.514
ELİ Çan	-	-	-	3.877.768	-	-	3.877.768
<i>Toplam</i>	<i>788.061</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>3.877.768</i>	<i>1.557.453</i>	<i>-</i>	<i>6.223.282</i>
Yatağan	1.164.969	1.225.995	-	-	-	-	2.390.964
GELİ Milas	932.988	-	33.935	-	-	-	1.658.050
<i>Toplam</i>	<i>2.097.957</i>	<i>1.917.122</i>	<i>33.935</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>4.049.014</i>
Tavşanlı	4.189.690	3.015.140	50.939	-	-	-	7.255.769
GLİ Ilgın	-	317.210	-	-	-	-	317.210
<i>Toplam</i>	<i>4.189.690</i>	<i>3.332.350</i>	<i>50.939</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>7.572.979</i>
Seyitömer	334.850	1.243.534	-	-	-	-	1.578.384
SLİ Orhaneli	114.022	2.110.000	94.939	-	-	-	2.318.961
<i>Toplam</i>	<i>-</i>	<i>3.353.534</i>	<i>94.939</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>3.897.345</i>
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>7.588.402</b>	<b>13.884.482</b>	<b>179.813</b>	<b>3.877.768</b>	<b>1.557.453</b>	<b>306.883</b>	<b>27.394.801</b>

\* Soma'nın İşletme Projesi kaleminde görünen, Eyzex Açık İşletme Projesi'ne aittir.

### Kar/zarar durumu (milyon TL)

		Toplam
Genel Müdürlük*		5.468.542
ELİ Müessesesi	Soma+Çan	10.233.934
GELİ Müessesesi	Yatağan+Milas	5s4.318.897
GLİ Müessesesi	Tavşanlı+Ilgın	-22.662.262
<b>TOPLAM</b>		<b>118.796.725</b>

\*Müesseselerin kuruluşu olan 1 Nisan 2004'den önceki 3 aylık döneme alt bütün işletmelerin kar/zararları dahil edilmiştir.

Rödövens gelirleri (milyon TL)

		Toplam
Genel Müdürlük*		8.296.091
ELİ Müessesesi	Soma+Çan	1.330.120
GELİ Müessesesi	Yatağan+Milas	189.397
GLİ Müessesesi	Tavşanlı+İlgın	-
SLİ Müessesesi	Seyitömer+Orhaneli	-
<b>TOPLAM</b>		<b>9.815.608</b>

\* Kapatılan İşletmelerimize alt rödövens karşılığı işletilen sahalardan elde edilen gelirlerdir.

Dragline ortalama çalışma saatleri

Markası	Bucy-Erie		Marion		Page	
	Tipi- Serv. Gir. Yıl-Kapasite(yrd <sup>3</sup> )	Adet- Toplam Saat	Tipi- Serv. Gir. Yıl-Kapasite (yrd <sup>3</sup> )	Adet-Toplam Saat	Tipi- Serv. Gir. Yıl-Kapasite (yrd <sup>3</sup> )	Adet-Toplam Saat
Yatağan	1260-1987-33	1-562	8050-1986-65	1-2971	-	-
Milas	-	-	-	-	752-1987-30	2-3275
Tavşanlı	-	-	7820-1977-40	1-4872	736-1969-20	1-3949
Seyitömer	-	-	8050-1988-65	1-3846	-	-
Orhaneli	1260-1988- 33	1-237	-	-	-	-

*Açık İşletme Uygulamalarına Örnekler*

Makina parkı (adet)

	Soma	Çan	Yatağan	Milas	Tavşanlı	Ilgın	Seyitömer	Orhaneli	Merkez	Toplam
DRAGLINE	-	-	2	2	2	-	1	1	-	8
ELEKTRİKLİ EKSKAVATÖR	16	5	11	6	15	-	13	7	-	73
HİDROLİK EKSKAVATÖR	9	2	4	3	4	3	4	2	-	31
AĞIR KAMYON	157	48	80	50	103	-	36	53	-	527
DELİK DELME MAKİNASI	22	3	9	3	13	-	6	4	-	60
SONDAJ MAKİNASI	3	1	1	1	3	-	1	1	-	11
BULDOZER	54	12	28	18	34	2	17	11	-	176
GRAYDER	16	4	7	4	11	1	7	4	-	54
YÜKLEYİCİ	23	8	12	6	8	3	8	12	-	80
İSTİF MAKİNASI (forklift)	13	3	4	2	6	-	3	5	-	36
VİNÇ	9	2	4	2	15	-	8	3	-	43
TRAYLER	4	5	1	4	11	-	1	7	-	33
TRAKTÖR	9	1	4	3	3	-	2	2	-	24
YOL SİLİNDİRİ	3	1	-	-	2	-	-	1	-	7
DAMPERLİ KAMYON	25	11	11	8	25	11	9	8	-	108
SONDAJ KAMYONU	4	-	-	-	-	-	2	-	-	6
TAHTA KASALI KAMYON	9	3	6	2	11	-	2	4	1	38
TAMİR-ÇÖP KAMYONU-ANFO	2	-	-	1	5	-	1	-	-	9
YAĞLAMA KAMYONU	11	2	5	2	7	-	8	5	-	40
AKARYAKIT TANKERİ	19	4	5	3	12	1	4	4	-	52
SULAMA TANKERİ	20	5	6	4	14	-	7	3	-	59
İTFAİYE -ARAZÖZ	3	1	1	1	2	1	2	1	-	12
VIDANJÖR	-	-	1	1	-	-	1	-	-	3
OTOBÜS - MİDİBÜS	19	2	3	5	26	3	4	3	7	72
MİNÜBÜS	3	2	3	7	4	4	5	1	3	32
KAMYONET-PIKAP	12	4	13	9	23	4	18	6	4	93
OTOMOBİL-STATION WAGON	5	2	5	2	6	3	6	3	19	51
JEEP	13	4	5	3	9	3	3	3	-	43
AMBULANS	7	1	4	2	4	1	2	2	3	26
GALERİ AÇMA MAKİNASI	2	-	-	-	2	-	-	-	-	4
YER ALTI YÜKLEYİCİ	7	-	-	-	5	-	-	-	-	12
TROLEY LOKOMOTİF	15	-	-	-	5	-	-	-	-	20
DİZEL LOKOMOTİF	3	-	-	-	13	-	-	-	-	16
KOMPRESÖR(Seyyar-Dizel)	18	6	9	4	20	1	31	11	-	100
JENARATÖR	14	5	2	2	18	3	14	4	-	62
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>549</b>	<b>147</b>	<b>246</b>	<b>160</b>	<b>441</b>	<b>44</b>	<b>226</b>	<b>171</b>	<b>37</b>	<b>2.021</b>

## 1980 - 2004 yıllarına ait özet bilgiler

YILLAR	PERSONEL		DEKAPAJ (Bin m <sup>3</sup> )		ÜRETİM SATILABİLİR (Bin ton)	SATIŞ (Bin ton)		KAR/ZARAR (Milyar TL)	YATIRIM (NAKİDİ) (Milyar TL)	
	MEMUR	İŞÇİ	EMANET	İHALE		PİYASA	TERMİK			TOPLAM
1980	3.946	23.308	19.768	40.501	13.641	5.458	8.059	13.517	0,6	12,3
1985	4.020	25.475	76.743	90.189	30.993	19.580	10.188	29.768	12	180
1990	4.431	27.855	123.896	52.705	36.859	10.138	28.056	38.194	-200	122
1995	3.335	19.192	97.820	67.684	33.421	7.055	25.339	32.394	10.242	212
2000	2.855	14.553	111.870	105.253	39.198	5.831	33.478	39.310	10.978	4.297
2001	2.780	13.582	97.740	113.803	33.609	4.834	28.910	33.744	4.516	5.800
2002	2.696	11.949	99.637	81.713	30.661	5.541	25.323	30.864	125.092	9.604
2003	2.579	10.407	94.179	78.996	25.685	6.407	18.990	25.397	87.766	14.629
2004	2.490	10.153	97.850	116.346	24.349	6.277	19.026	25.303	118.797	27.395

# Bölüm 12

## Açık Maden İşletmelerinde Rekültivasyon ve Rekreasyon

**Dr. Ferhan ŞİMŞİR**  
**Prof. Dr. Halil KÖSE**

### İÇİNDEKİLER

12.1. GİRİŞ .....	681
12.2. REKÜLTİVASYONUN TANIMI .....	682
12.3. REKÜLTİVASYONUN GEREKLİLİĞİ .....	683
12.4. AÇIK OCAĞIN DOĞAL DENGEE MÜDAHALESİ .....	685
12.4.1. Müdahelenin Sonuçları .....	685
12.4.2. Açık Ocak Tarafından Oluşturulan Yeryüzü Şekilleri .....	686
12.4.2.1. Atık havuzları .....	686
12.4.2.2. Toprak harmanları .....	686
12.4.2.3. Nihai çukur .....	686
12.5. İDEAL BİR REKÜLTİVASYON ÇALIŞMASI NASIL OLMALIDIR? .....	688
12.5.1. Arazinin Şekillendirilmesi .....	688
12.5.2. Atıkların İslah Edilmesi .....	692
12.5.2.1. Atıklar .....	692
12.5.2.2. Susuzlandırma .....	693
12.5.2.3. Atık Yığınlarının Örtülmesi .....	694
12.5.2.4. Atıkların bitkilendirilmesi .....	695
12.5.3. Örtü Tabakalarının Değerlendirilmesi .....	695
12.5.4. Su Yollarının Rekültivasyonu .....	697
12.5.4.1. Drenaj rekültivasyonu kriterleri .....	697
12.5.4.2. Kanallarda stabilite sağlama yöntemleri .....	698
12.5.5. Toprakların Kullanımı .....	698
12.5.5.1. Toprağın kurtarılması .....	698
12.5.5.2. Üst toprak katmanının stoklanması ve korunması .....	699
12.5.5.3. Yedek üst toprak alınması .....	702
12.5.5.4. Üst toprağın yerinde muhafaza edilmesi .....	703
12.5.5.5. Toprağın serilmesi .....	703

12.5.5.6. Toprak sıkışmasının azaltılması	704
12.5.5.7. Yüzeyin hazırlanması	705
12.5.5.8. Gübreler ve toprak koşullandırıcıları	706
12.5.5.9. Toprak yüzeyinin stabilizasyonu	706
12.5.6. Arazinin Yeniden Bitkilendirilmesi	709
12.5.6.1. Bitkilendirme başarısı	709
12.5.6.2. Bitki türünün seçimi	711
12.5.6.3. Tohumlama zamanı	715
12.5.6.4. Tohumlama yöntemleri	715
12.5.6.5. Sulama	717
12.5.7. Çöktürme Havuzları	717
12.6. İŞLETİLMESİ SONA ERMİŞ AÇIK OCAKLARIN KULLANIM OLANAKLARI	717
12.6.1. Tarımsal Kullanım	717
12.6.2. Orman Amaçlı Kullanım	717
12.6.3. Nihai Ocak Çukurunun Bir Göl Şeklinde Düzenlenmesi	718
12.6.4. Bina İnşa Edilmesi	719
12.6.5. Doğal Parklar	721
12.6.6. Çöp (Moloz) Sahası Olarak Kullanım	721
12.6.7. Hayvancılık Yapılması	721
12.7. TÜRKİYE'DE REKÜLTİVASYON UYGULAMALARI	722
KAYNAKLAR	723



## 12.1. GİRİŞ

Günümüzde üssel bir hızla artan insan nüfusunun hammadde, enerji, yan mamul gibi gereksinimlerini karşılamak üzere, endüstriyel faaliyetlerin de büyük bir hızla nitel ve nicel olarak genişlemesi gerekmektedir. Bu genişlemenin faturası her ne kadar çoğunlukla doğa ve çevre tarafından ödenmekte ise de, günümüzde artık kabul edilen bir gerçek, doğaya ve çevreye zarar vermeden gelişmenin imkansız olduğudur. Bu bağlamda, genelde insanlığın, özelde sanayici ve teknisyenin doğru hareket tarzı, doğa ve çevreyi bozmamak için endüstriyel gelişmeyi yavaşlatmak veya durdurmak değil, gelişmeyi hız kesmeden sürdürürken doğa ve çevreye en az zararı vererek, bu değerlerin tamamen elden gitmesini önlemek olacaktır.

Bu devinim kapsamında hızlı bir biçimde seyreden kentleşmeye paralel olarak şehir sınırları genişleyerek önceleri şehir dışında bulunan madencilik sahaları giderek şehrin içine dahil olmuş; bu durum, ilgili işletmeleri çevresel açıdan belirli önlemler almaya zorlamıştır. Bu durum da sözkonusu ocaklarda rekültivasyonu (reklamasyonu) zorunlu hale getirmeye başlamıştır.

Dünyada maden ocaklarının ıslahı ile ilgili gelişmeler, batılı ülkelerde 20. yüzyılın ikinci yarısında filizlenen ve özellikle ABD'de 1970'lerde kabul edilen ve zorunlu hale gelen The National Environmental Policy Act ile vücut bulmuştur. Böylece, doğadaki her türlü teknik girişimin, açık ocak madenciliği de dahil olmak üzere, multidisipliner bir tabana oturtulması ve bu yasa ve yönetmeliklere bağlı kalınarak üretim yapılması ve son adım olarak bozulmuş olan arazinin ıslah edilmesi zorunluluğu getirilmiştir. Ülkemizde ise madencilik ve çevre bilincinin yerleşmesi, ÇED kavramının kabul görmesi ile başlamış olsa da, son hali 2005 yılında yayımlanan Yeni Maden Kanunu'nda netleşmiştir. Bununla birlikte, son 20 yıl içinde toplum baskısı, sivil kurumlar, çevrecilerin kısıtlamaları ve belediyelerin, politik ve popülist kaynaklı da olsa, dayatmalarından ötürü açık ocakların rehabilitasyonu ve restorasyonunun giderek üzerine düşülen bir konu olması bilinçli düşünen halk kesimi için sevindirici bir durum oluşturmaktadır.

## 12.2. REKÜLTİVASYONUN TANIMI

Yurt dışında açık ocak madenciliği sonrasındaki doğa onarımı konusunda teorik ve uygulamaya yönelik çok sayıda çalışma olduğu halde, bu konu ülkemizde nisbeten yenidir ve konu ile ilgili olarak kullanılan tanım, terim ve sözcüklerde bir iç içe geçme dikkati çekmektedir. İfade karmaşasını önlemek ve ortak bir terminoloji oluşturulmasına yardımcı olmak amacıyla dünya literatüründe kullanılan terimlerden ve tanımlardan bazıları burada açıklanarak anlatılacaktır.

*Reclamation:* Ramani ve diğerleri (1990), ıslahı (reclamation), madencilik faaliyeti yapılan alanın madencilik sonrası kullanımı için hazırlanmasına yönelik işlemler olarak ifade etmektedir. İslah ayrıca çevre duyarlılığı içinde maden alanının bir sonraki kullanımı için gerekli olan sediment ve erozyon kontrolü gibi çalışma aşamalarını da içerir. Yani ıslah, madenciliği tamamlayan, ona ilave tek bir aşama değil, madencilik planlarıyla eş zamanlı olarak başlatılan, maden çıkarma ve sonrasındaki safhalarda da devam eden bir dizi faaliyetten oluşmaktadır. Down ve Stocks'a (1977) göre İngiliz terminolojisinde reklamasyon, madenciliği de içine alan endüstriyel bir kullanım sonrası terk edilen alanın yeniden yararlı hale getirilmesi olarak ifade edilmiştir. Kanada terminolojisinde ise reklamasyon, alanın doğal durumuna veya daha uygun kullanıma döndürülmesi olarak tanımlanmaktadır (Michaud, 1981). ABD'de ise tahrip edilmiş alanın verimli, işe yarar, temiz ve estetik olarak güzel bir görünüme sokulması olarak tanımlanmaktadır.

Dilimize gelince reklamasyon kelimesinin asıl anlamı, sel veya benzeri doğal afetlerle bozulmuş arazilerin yeniden ıslah edilmesi ve tarıma kazandırılmasıdır. Ramani'nin madencilik alanında kabul görmüş olan tanımlamasına ek olarak, reklamasyon, aynı zamanda çevreye bağlı kalarak işletme sonrası arazinin sağlamlştırılmasını da kapsar. Bu yüzden reklamasyon, erozyon ve sedimentasyon kontrolü olarak da ele alınabilir. Dolayısıyla reklamasyon madencilikle eş zamanlı ilerleyen entegre bir dizi işlemi kapsamaktadır. Reklamasyon işlemleri çevre birimlerinin tamamlayıcısı olan çeşitli uygulamalı bilimlere bağlıdır. Bunlar zemin ve kaya stabilitesi için zemin ve kaya mekaniği, toprak üretkenliği için zirai bilimler, yüzey ve yer altı suları için hidrojeoloji, temel çalışmalar için ekoloji ve arazi kullanım planı için sosyal bilimlerdir.

*Rehabilitation:* Down ve Stocks'a (1977) göre rehabilitasyon, madencilik yapılmış alanda tamamen yeni ve ilkinden farklı bir kullanım için gerekli şartların oluşturulması olarak ifade edilmektedir. Kanada terminolojisinde ise rehabilitasyon, alanın doğal durumuna veya buna eşdeğer bir duruma döndürülmesi olarak görülmektedir. Bir görüşe göre, ABD'de arazinin ekolojik ve estetik değerlerini dikkate alarak kullanım planlarının uygulamaya dönüştürülmesine rehabilitasyon denmektedir. Ülkemizde ise rehabilitasyon, madencilik teknikleri kullanılarak arazinin iyileştirilmesi ve düzenlenmesi anlamına gelmektedir.

*Restoration:* Down ve Stocks'a (1977) göre İngiliz terminolojisinde restorasyon, maden alanlarının işletme sonrası madencilik öncesindeki orijinal duruma getirilmesi olarak belirtilmektedir. İngiltere'de Madencilik Faaliyetleri Planlama Kontrol Komitesi ise restorasyonu minerallerin çıkarılmasından sonra arazinin yeniden kabul edilebilir çevresel şartlarının oluşturulmasına kadar yapılan işlemlerin tamamı olarak tanımlanmıştır. ABD'de restorasyon, tahrip edilmiş alanın fiziksel durumunu değiştirip işe yararlı hale getirilmesi ve verimliliğinin artırılması anlamına gelmektedir.

Türkiye'de restorasyon, minerallerin çıkarılmasından sonra arazinin yeniden kabul edilebilir çevresel şartlarının oluşturulmasına dek geçen zamanda yapılan karmaşık işlerin tamamıdır. Arazi restore

edildikten sonra ya eski kullanıma dönülür veya bazı fazladan iyileştirme çalışmaları yapılarak daha yeni ve iyi bir kullanıma sunulur.

*Revegetation:* Arazi (eğer gerekiyorsa) tekrar doldurulduktan sonra veya döküm sahaları tekrar düzenlenip bitkilendirme işlemine hazır hale getirildikten sonra başlayan ve arazide planlanmış bitki örtüsünün oluşturulması için gerekli tüm çalışmaları (tohumlama, gübreleme, fidanların dikimi, sulama, izleme vb.) içeren çalışmaların tümüdür. Türkçe karşılığı yeniden bitkilendirme.

Çelem (1988), kırsal alanda yeni düzenlemeler için bitki, toprak, taş, demir gibi onarım elemanlarıyla doğa koruma önlemlerinin alınması çalışmalarını doğa onarımı olarak ifade etmektedir. Doğa onarımının canlı bitkisel malzemeyle onarım şeklini ise bitkisel örtülendirme olarak nitelendirmektedir. "Bitkisel Örtüleme" ise, peyzaj mimarlığının hedef ve amaçlarına ulaşmak amacıyla bitki kısımlarını, bitkileri ve bitki topluluklarını canlı onarım ve düzenleme materyali olarak kullanma şeklinde tanımlanmaktadır (Çelem, 1988).

*After Treatment* mineralin üretiminden sonra arazinin yeniden doldurularak konturlama çalışmalarıyla en üst toprağın serilmesi ve tohumlama ile iyileştirilerek daha sonraki kullanım için uygun şartların oluşturulmasıdır.

Reklamasyon, genelde rehabilitasyonu ve restorasyonu içine alır. Reklamasyonun amacı, "araziye istenilen duruma geri getirmek"tir. Burada istenilen durumun çok iyi tanımlanması gerekir. İstenilen durum bazen arazinin orijinal haline geri getirilmesi olabilir veya arazide yeni bir kullanım şekli istenebilir. Türkçe'de reklamasyona eş anlamlı olarak "rekültivasyon" terimi kullanılmaktadır.

Mevcut sosyoekonomik şartlar ne olursa olsun, madencilik alanlarının korunması ve reklamasyonu için dünyanın her yerinde geçerli olan genel ilkeler ana hatları ile şöyledir:

- açık ocak işletmeciliğinin neden olduğu çevre sorunlarının belirlenmesi
- madencilikle bozulan sahanın yeniden düzenlenmesi, iyileştirilmesi, arazi kullanım planlarının hazırlanması ve bunlarla işletmecilik yöntemleri arasında paralellik sağlanması
- jeolojik, hidrojeolojik, toprak, bitki, meteorolojik, ekonomik ve sosyal koşulların incelenmesi
- iyileştirmeyi sağlayacak teknik ve sosyal koşulların yaratılması
- rekültivasyon çalışmalarının detay planlanması ve tasarımı
- reklamasyonun yasal ve mali konularının belirlenmesi ve işleme konması
- bu konuda uzman personelin yetiştirilmesi

### **12.3. REKÜLTİVASYONUN GEREKLİLİĞİ**

İlk adım olarak kamuoyunda rekültivasyon hakkında yaratılması gereken olgu, toplum tarafından arazinin madencilik amacıyla sadece geçici olarak kullanıldığı algılanması ve aynı arazinin gelecekteki başka kullanımlar için tekrar uygun hale getirileceğinin anlaşılmasıdır. Bu da tabii ki arazinin madencilik öncesi orijinal verimliliğine yakın bir hale dönüştürülmesi için yürütülmesi şart olan iyi niyetli ve bilimsel temellere dayanan reklamasyon çabaları ile gerçekleştirilebilir. Bu bağlamda, bir maden ocağının işletilmesinde düzensiz ve belli bir sistematığa oturtulmamış geleneksel alışkanlıklardan vazgeçilmeli, bunun yerini farklı bilim dalları arasındaki iş birliğini

teşvik edecek şekilde multidisipliner bir etüd ve planlama tarzı almalıdır. Ramani ve Sweigard (1983), maden işletmeciliğinin farklı safhalarını içine alan disiplinlere göre detaylı bir çizelge hazırlamışlardır (Çizelge 1). Optimale yakın bir yaklaşım sergileyen bu çizelge teorik olmaktan çıkarak zamanla pratiğe dönüştürülmeye başlanmıştır. Bu dönüşümün tamamlanmasıyla meslek dalları arasındaki şovenizm ortadan kalkacak, yapılan iş birliği ve danışmanlık sayesinde ortaya çok daha ayakları yere basan projeler çıkacak, ayrıca ülkemiz şartlarında çok daha fazla beyin gücüne istihdam olanağı doğmuş olacaktır.

Çizelge 1. Madencilik öncesi planlama aktiviteleri ve ilgili uzmanlık alanları (Pamukçu, 2004).

<b>Maden Planlama Aşaması</b>	<b>Planlama Aktivitesi</b>	<b>Uzmanlık Alanı</b>
Yasal Zorunlulukların Analizi	Alan kullanımı ile ilişkili sınırlayıcı düzenleyicilerin kullanılması	Avukat, hukuk danışmanı, bölge ve şehir planlamacısı
Arazi ve Kaynak Kazanılması	Alan kullanım hazırlığı	Peyzaj mimarı, biyolog, harita müh.
Pazar Araştırması	Bölgenin pazar potansiyelinin kontrolü	Coğrafyacı, karayolu (inşaat) müh.
Finansal Değerlendirme	Alan kullanım ve doğa onarım maliyeti	Ekonomist, bölge planlamacısı, emlakçı, maliyeci
Bitki Örtüsü ve Sahanın Su Durumunun Tasarımı	Madencilik sonrası alan kullanımında atıkların etkisinin ön görülmesi	Maden müh., çevre müh., ziraat müh., hidrojeolog
Çevresel Etki Değerlendirme Çalışmaları	Madencilik bir alanın kapasitesine olan etkisinin değerlendirilmesi	Maden müh., çevre müh., ziraat müh., jeoloji müh., orman müh., biyolog, arkeolog, alan kullanım planlamacısı, sosyolog, toplumsal ve sivil kurumlar
Ön İşletme Planlaması	Madencilik sonrası alan kullanımının başlangıçta belirlenmesi	Maden müh., peyzaj mimarı, ziraat müh. ve ekonomist
Ruhsat Alınması	Madencilik esnasındaki ve sonrasındaki üretim planı ve ilgili bilgiler	Maden müh., çevre müh., ziraat müh.
Yönetmelik Detay Analiz	Son alan kullanım planının kabulü	Ziraat müh., maden müh., hidrojeolog, bitki biyologu, ekonomist
Detaylı Madencilik Planı	Farklı amaçlı alan kullanım tasarımları	Maden müh., peyzaj mimarı, çevre müh., ziraat müh., inşaat müh., mimar

Disiplinler arası bir bakış açısıyla, madencilik faaliyetlerinden önce planlaması yapılan ve mutlaka üretim faaliyetleri ile eş zamanlı olarak harekete geçirilmesi gereken rekültivasyon işlemleri sayesinde doğal rezervlerimiz çok daha çevreci, ekonomik ve bilimsel şartlarda işletilmiş olacaktır.

Rekültivasyon operasyonu, ilgili kanunlara eklenecek yaptırım gücü yüksek maddeler vasıtasıyla madencilik aktiviteleri ile kol kola yürümeye başlayacak ve böylece kamuoyunda doğal kaynaklarımızın işletilmesi ile ilgili daha önceden uyandırılmış kasıtlı veya bilinçsiz ön yargılar silinebilecektir (Pamukçu, 2004).

#### 12.4. AÇIK OCAĞIN DOĞAL DENGEEYE MÜDAHALESİ

Bir açık ocak rekültivasyonu projesinin yürütülmesi için öncelikle genel anlamda açık işletmelerin doğuracağı çevresel etkileri baştan ortaya koymak ve ona göre üretim ve sonraki safhalarda karşılaşılabilecek koşulları inceleyerek bunlara karşı önceden hazırlıklı olmak gerekmektedir. Açık ocak madenciliği tarafından, öncelikle, toprağı koruyucu fonksiyonu olan bitki örtüsü tahrip edilir ve böylece bölgedeki doğal madde çevrimi ve besin zinciri bozulmuş olur. Açık ocağın yer aldığı sahanın ve çoğunlukla komşu sahaların da su dengeleri, özellikle yeraltı ve yerüstü suları açısından az veya çok etkilenir. Maden yatağının işletilmesi sırasında su problemi yaşanmaması açısından drene edilmesi, çoğu zaman yöredeki göl ve göletlerin kurummasına veya su seviyelerinin düşmesine yol açar. Akarsu ve derelerin yataklarının değiştirilmesiyle ve ayrıca nihai ocak çukurunun doldurulmasıyla da, yüzey suyu dengesine önemli oranda müdahale edilmiş olur. Yeraltı su tablasının drenaj yoluyla düşürülmesiyle, komşu sahalarındaki ve hatta en düşük üretim kotunun altındaki yeraltı suyu dengesi bozulur. Bu bozulma, farklı yeraltı suyu tabakaları arasındaki su alışverişinin kesilmesine ve/veya yeraltı su akımlarının yön ve hızlarının değişmesine, ayrıca arazinin eski durumuna dönmesinde zorluklara yolaçar. Ayrıca düşük gözenekliliğe sahip toprakların bulunduğu yörelerde karşılaşılabilecek diğer bir sorun, yüksek kuraklık tehlikesidir. Arazinin, madencilik faaliyeti sonrasında yapılan rekültivasyon çalışmalarıyla eski haline dönmesini güçleştiren en önemli olgulardan biri, yeraltı su seviyesindeki değişimdir (Goergen, 1987).

Çöp içeren dekapaj ile temas veya zehirli/zararlı maddeler içeren örtü tabakaları için yanlış seçilen döküm sahaları, yeraltı sularının kirlenmesine ve/veya asidite ve sertliklerinin değişmesine neden olur.

Bunlardan başka, çok uzun bir sürede oluşmuş yüzey şekilleri tahrip edilmekte, ayrıca jeolojik tabakalanmalar ve zemin profili kazılıp karıştırılmakta ve yepyeni bir jeomorfoloji oluşturulmaktadır. Sayılan tüm bu faktörler ekolojik dengenin yeniden oluşturulmasında zorluk yaratan etkenlerdir.

##### 12.4.1. Müdahalenin Sonuçları

Açık ocak işletmeciliği sonunda, kısmen kalıcı şekilli harman sahaları, çukurlar, şevler, topuklar gibi yeryüzü şekilleri meydana gelir. Burada arazinin yeni şekli, belli yasalar çerçevesinde doğal olarak çökelmiş tabakalar ve zemin profili tarafından değil, yatay ve düşey transport yoluyla az veya çok karışıma uğramış pasa tarafından belirlenir. Dolayısıyla bu pasa, önceden jeolojik çökme sonucu kesin hatlarla birbirinden ayrılmış kayaç tabakalarının karışımından meydana gelir ve bugün maden işletmeleri ekolojik açıdan anlamlı bir rekültivasyonu olası kılmak amacıyla, selektif örtü-kazı ve pasanın harman sahasına selektif nakliyatı yoluyla, yukarıdan aşağıya doğru ilk durumundaki arda lanmayı elde etmeyi hedeflemektedir. Ancak yine de açık işletme için her zaman humuslu ve verimli bir toprak tabakasını oluşturmak mümkün olmayacaktır. Bu durum, toprak yetersizliği ile birlikte, önce biyolojik olarak herhangi bir fonksiyonu olmayan ham toprağın yüzeyde bulunmasına

ve bu toprağın koruyucu bir bitki örtüsü yokluğundan dolayı erozyon tehlikesine maruz kalmasına yol açmaktadır.

Sonradan serilen verimli veya herhangi bir işleve sahip olmayan mineral toprağı, önce çok az veya sıfır biyolojik fonksiyon arzeder. Bunun başlıca nedeni, yer değıştirme nedeniyle topraktaki yaşamın biçim, bileşim ve durum itibariyle büyük bir niteliksel değışime uğramış olmasıdır (Goergen, 1987). Böylesi bir durumun önüne geçmek için, işletme başlangıcında üstten itibaren 20-40 cm'lik toprak tabakası selektif olarak kazılarak, yüksekliğı 1.5 m'yi geçmeyen yaklaşık 3 m genişliğindeki yığınlar halinde korunur. Bu toprak rekültivasyon başlangıcında tesviye edilmiş nihai topografyanın üzerine en üst tabaka olarak serilir.

#### **12.4.2. Açık Ocak Tarafından Oluşturulan Yeryüzü Şekilleri**

Açık ocak işletmeciliğı sırasında ve sonrasında oluşan arazi şekilleri genelde, çukur, şev, duvar, topuk, harman sahaları, atık havuzları ve nihai çukurlar şeklinde sıralanabilir. Bunlara etkileyen faktörler Şekil 1'de gösterildiğı gibidir.

##### **12.4.2.1. Atık havuzları**

Tüm üretim yöntemlerinde aynı biçime sahip olan bir arazi şekli, atık ve arıtma havuzlarının düzgün yüzeyleridir. Bu tür havuzların oluşturulması için tercih edilen yerler, mümkün olduğunca dar bir yerinde baraj tutulan V veya U biçimindeki vadilerdir. Bu tür bir topografyanın olmadığı düz arazilerde, atık havuzları, ancak halka şeklindeki yapay barajlarla oluşturulur. Ara çözüm olarak ta, alçak bir yamaca yaslanan nal şeklindeki bir baraj düşünülebilir.

Atık havuzları için, açık ocak nihai çukurları da uygun yerlerdir. Ancak ağır metal içeren ve toksik artıkların sözkonusu olduğu durumlarda, yeraltı suyunun kirlenmemesi açısından, çukur tabanının ve şevlerin geçirgenliklerini önlemek için bunların asfalt, naylon, kil gibi malzemelerle yalıtılması gerekir.

##### **12.4.2.2. Toprak harmanları**

Alansal üretim yöntemlerinde sadece ocak başlangıcında oluşturulan, ancak diğer yöntemlerde tüm işletme boyunca gereksinilen dış döküm sahaları, çok değışik yüzey şekillerine sahiptir. Düzgün topografyaya sahip bir arazide yapılan madencilikte, dış döküm sahası bir yığın veya üzeri düz bir tepe şeklinde (kesik koni biçiminde) oluşturulmak durumundadır. Bunun tek alternatifi yörede işletilmesi son bulmuş nihai açık ocak çukurlarının varlığıdır.

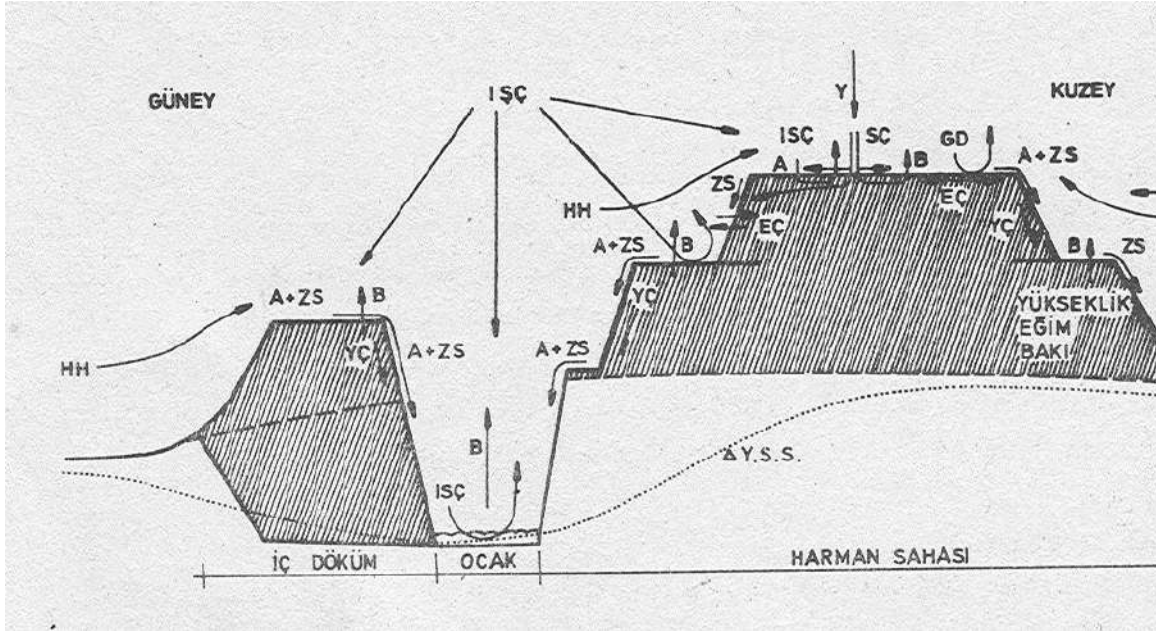
Dağlık arazilerde ise, yatağın konumuna göre, yerçekiminden yararlanılarak pasanın alt kotlardaki vadilere boşaltılması veya varolan bir tepenin önüne döküm yapılarak tepenin uzatılması yoluna gidilir.

##### **12.4.2.3. Nihai Çukur**

Değışik üretim yöntemleri arasındaki en büyük fark, nihai çukurun oluşturulmasında ortaya çıkmaktadır. Tepe madenciliğinde, eskiden bir tepenin yer aldığı yerde geriye düz bir arazi veya

basamaklardan oluşan bir şev sistemi kalmaktadır (cevherin derine doğru uzanımının olmadığı önkoşuluyla). Alansal üretim yöntemleriyle veya üç yönde ilerlemeli yöntemle işletilen tabaka şeklindeki yatay veya az eğimli yataklarda, örtü tabakalarının miktarına bağlı olarak eski açık ocağın bir kısmı iç döküm yoluyla yaklaşık eski kotuna kadar doldurulmuştur. Geriye kalan kısım, cevheri alınmış ve pasası kabartılmış olan ocağın nispeten küçük nihai çukurudur. Örtü tabakası kalınlığının az olduğu, yatay veya az eğimli damar şeklindeki yataklarda ise, madencilik sonrasında tüm arazi yaklaşık olarak üretilen cevher kalınlığı kadar eski arazi kotunun altına düşer.

Nihai çukurun oluşturulmasında en fazla sorun, çukur madenciliğinde ortaya çıkmaktadır. Çünkü burada tüm açık ocak açıklığı işletmenin sonuna kadar kullanılmaktadır ve sadece üretimin son aşamasında az bir miktar iç döküm yapılabilir. Bu tür ocakların faaliyetleri son bulduğunda geriye kalan, şevlerden ve basamak sistemlerinden oluşan ve genelde büyük derinliğe sahip bir çukurdur (Şekil 1).



ZS	Zemin sıyrılması (toprağın yer değiştirmesi)	B	Buharlaşıma
GD	Gaz değişimi	A	Alterasyon
EÇ	Enerji çevrimi (organik maddenin yetişmesi ve ölmesi)	YÇ	Yerçekimi
SÇ	Su çevrimi	İŞÇ	Isı çevrimi
HH	Hava hareketi (rüzgar)	RD	Rüzgar donu
Y	Yağış		
İİÇ	Işınım çevrimi		

Şekil 1. Açık ocak arazi şekillerine etkileyen faktörlerin karşılıklı etkileşimi (Goergen, 1987).

## 12.5. İDEAL BİR REKÜLTİVASYON ÇALIŞMASI NASIL OLMALIDIR?

### 12.5.1. Arazinin Şekillendirilmesi

Arazi şekillendirmedeki başlıca konular, emniyet ve erozyondur. Olası kaymaları engellemek için, maden sahasının arazi ıslah çalışmalarından önce stabil hale getirilmesi gerekmektedir. Arazi şekillendirme işleminde göz önüne alınması gereken faktörler şunlar olmalıdır:

- Maden sahası ve civarının görsel niteliği
- Vahşi hayat habitatının yitmesi
- Kötüleşen su kalitesi
- Değişen drenaj şablonları

Madencilik ve reklamasyon operasyonları aşamasında, aşağıda sıralanan genel noktaların dikkate alınması gerekmektedir.

#### *i. İyi Planlama Maliyetleri Azaltır*

İşe başlarken bu operasyonların sonucunu düşünmek gerekir. Kazı miktarının minimize edilmesi maliyet bakımından fayda sağlayacağı gibi, çevreye vereceği zarar da daha az olacaktır. Arazi şekillendirme çalışmaları (dolgu, kazı, düzeltme), reklamasyon maliyetinin % 90'ını, bu maliyet de yıllık işletme giderlerinin yaklaşık %10'unu kapsamaktadır. Üretimin başında kazı operasyonları, materyali sadece bir kez taşımak şeklinde planlanmalıdır, çünkü madencilik sonunda yapılacak doldurma işlemi en pahalı rekültivasyon tekniği olacaktır. Bunun için yapılması gereken, üretim esnasında maden mühendisi ve jeoloji mühendisi ile birlikte planlama yaparak, sahada mümkün olan en az kazı miktarı ile spesifik ve lokal stabilizasyonun sağlanmasıdır.

**Maden Giriş Yolları:** Sahaya verilecek en büyük zararların başında, gerekli yol girişlerinin açılması gelmektedir. Bunun için yerel yönetimler, yol genişliği, eğimi ve viraj yarıçapları gibi konularda standartlar koymalıdır. Arazide açılacak olan bu yollar için de standartlara uymak zorunlu hale getirilmelidir. Bu konuda da şu iki yaklaşım göz önünde bulundurulmalıdır:

- Planlama işleminin ilk aşamasında araziye yol inşası düşünülmelidir,
- Yollar, madencilik operasyonları ile ortak kullanılacak olan nakliye araçları ve nakliyat için tesviyeyi en aza indirecek tarzda dizayn edilmelidir.

**Ekstra Malzeme:** Gereğinden fazla malzemenin kaldırılması, yüzeye verilecek zararı artıracaktır. Eğer proje sadece kazıyı veya malzemenin alınmasını içeriyorsa, arazideki malzemenin dikkatli biçimde alınması sadece nakliyat masraflarını düşürmekle kalmayacak, aynı zamanda sonraki rekültivasyon aşaması için de yardımcı rol üstlenecektir.

**Ocak Çukurları:** Ocak çukurlarıyla üretim esnasında ilgilenilmelidir. Genel olarak tüm maden yasalarında, açık ocaklarda oluşabilecek çukurların su ile dolmasından kaçınılması önerilmelidir. Üretim esnasında oluşabilecek çukur olasılığı elimine edilmeli ve böylece işletmecinin reklamasyon aşamasında bir dinlendirme havuzu ile ilgilenmek zorunda kalması olasılığı ortadan kaldırılmalıdır.



## ii. Sahanın Stabilizasyonu

Stabilite problemlerini çözmek için araziyi iyi tanıyan maden ve jeoloji mühendislerine ihtiyaç vardır. Bu problemleri çözmek için bir çok yöntem mevcut olup, bunlardan bazıları şunlardır:

- Geniş çaplı tesviye işlemleri
- Eğim değişikliği
- Zeminin stabilizasyonu

Mevcut olan kayma riski olasılığına, şiddetine, kaymayı tetikleyen mekanizmalara, kaymanın insan hayatına ve ekipmana vereceği zararlara göre stabilizasyon yöntemi seçilmelidir. Burada bahsi geçenlerden eğim değişikliği yöntemi, kazı ve doldurma (cut and fill) tekniğinin değişik varyasyonları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir şevin stabilitesi şevin üst kısmının alınması ile artırılabilir veya şevin potansiyel kayma bölgeleri boyunca direnci artırılır (şev dibine malzeme dolgusu yaparak).

Zemin stabilizasyonu veya diğer adıyla zemin iyileştirme yöntemi ise, fiziksel ve kimyasal alterasyon yoluyla zeminin yük taşıma kapasitesinin artırılmasını içermektedir. Bu tekniklerden bazıları aşağıda belirtilmiştir:

- Zeminin desteklenmesi
- Betonlama
- Jeosentetik uygulaması
- Kimyasal işlem

Bu iyileştirme çalışmaları ile zeminin mukavemet, sıkıştırılabilme, kohezyon ve bunların sonucunda da erozyona karşı dayanım özellikleri artar.

## iii. Arazinin Erozyondan Korunması

Arazideki yer altı su sistemlerinin ve yüzey aşınmalarının kontrolü, hiç bir zaman gözden kaçırılmamalıdır. Bunu yerine getirebilmek de, potansiyel olarak stabil gözükmeyen şevlerin içinde ve yakınında yer üstüne ve yer altına konulacak drenaj cihazları ile mümkün olacaktır. Özellikle şev kayması gözükten bölgelerde drenaj konusu daha da önem kazanmaktadır. Yüzey ve yer altı sularının akışının kontrol edilmesi, aynı zamanda erozyonu ve bölgedeki siltleşmeyi önlemede de büyük önem arz etmektedir. Düzgün bir şekilde dizayn edilmiş drenaj şablonu özet olarak şev stabilitesini korurken, aynı zamanda sahadaki erozyonu ve siltleşmeyi de önlemelidir (Sendlein et al, 1983).

Bir şev boyunca veya geniş bir kazı aynasında oluşacak akışın (runoff) azaltılması ve suyun süzülmesi (infiltration), şev üstüne veya ayna üzerine bitki dikimi ile mümkün olabilmektedir. Zira bazı tür bitkiler toprağı sabitlerken, doğal olarak erozyonu da ortadan kaldırmaktadır. Seçilecek bitki türünün sulama gerektirmemesine dikkat edilmelidir, aksi takdirde sulama işleminden toprağın içine sızan su, aynı zamanda şev kayma riskini de artıracaktır. Kayma hareketinin zaten başlamış olduğu basamaklarda ise, bitkilendirme işlemi bile fayda sağlayamayacaktır.

Suyu şev üstünden, şev diplerinden ve potansiyel kayma alanlarından uzak tutmak için yüzey drenleri tasarlanmalıdır. Bu yolla stabil olmayan kütlelerin içindeki ve yüzeyindeki süzülme ile erozyon azalmış olacaktır. Yüzey drenleri, şevlerin erozyon olasılığının kontrol altına alınmasında ve

komşu dolgu şevlerinin drenajında kullanılan araçlardır. Daha önceden üretime başlanmış sahalarda suyu şevlerden başka yerlere yönlendirmek için drenaj kanallarının inşası gerekmektedir. Bu gibi durumlarda uygulanabilir tek drenaj kontrolü, suyu biriktirdikten sonra şev dibine kadar uzanan kanallar ve borular yardımıyla su akışına aynadan uzaklaşacak şekilde tekrar yön verilmesi şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

*iv. Drenaj ve Erozyon Yapıları Çalışır Durumda Olmalıdır*

Silt çitleri, drenaj boruları ve yer altı su kanalları gibi yapıların periyodik olarak bakımlarının yapılması gerekmektedir. Bu yapılar tıkanabilir veya bükülebilir, borular korozyona uğrayabilir ve hatta kırılarak şeve yapısal bir zarar vererek fazladan tesviye işlemi ve dolayısıyla masraf çıkarabilir. Bilindiği üzere, her bir mühendislik yapısının uzun ömürlü olması ve efektif olarak kullanılabilmesi, spesifik bakım prosedürleri ortaya koymak ve uygulamakla mümkün olmaktadır. Bu yapılarda herhangi bir zarar veya bozulma görüldüğü takdirde, tüm bakım ve onarım işlemleri bir sonraki sonbahar-kış dönemine kalmadan bitirilmelidir. Kış aylarında oluşabilecek şiddetli fırtına ve yağıştan sonra da mutlaka ek tetkik ve incelemeler yapılmalıdır.

*v. Şev Emniyetini Daima Akılda Tutmak Gerekir*

Yurt dışındaki maden ve iş güvenliği yasalarında, genelde açık maden ocaklarında yüksek aynalı, eğimi 450'den büyük şevlerin oluşturulması arzu edilen bir durum değildir. Çünkü bu eğimden daha dik eğimlerde jeolojik kesitte bulunan bazı horizonlar stabilite sorunu doğurabilmektedir. Aynı zamanda, görsel estetik açısından da şevlerin mümkün olduğunca 450'ye yakın olması tercih edilen bir özelliktir. Söz konusu yaptırımlar öncelikle insan sağlığını ve makina-ekipman güvenliğini korumak adına yürürlüğe konmuş olup, şevlerin rekreasyonel, zirai veya ticari amaçla kullanımı bu kriterlerin yanında ikinci planda kalmaktadır.

Doğada topraklar, oluşumları esnasında sıkışma ve doğal çimentolanmaya bağlı olarak oldukça dik yamaçlarda da bulunabilirler. Ancak, arazi bir kez tesviye edildikten veya kazıldıktan sonra, bu kez mühendislik kodları ve standartları devreye girer ve güvenliği sağlama açısından şev eğimlerinin ve drenaj konfigürasyonlarının nasıl olması gerektiğini belirler. Ortaya konmuş bu kodlar ve standartlar, uzun yıllar süren gözlemlerden ve profesyonellerin tecrübelerinden doğmuş, ülkemizde de aynen uygulanması gereken kurallardır.

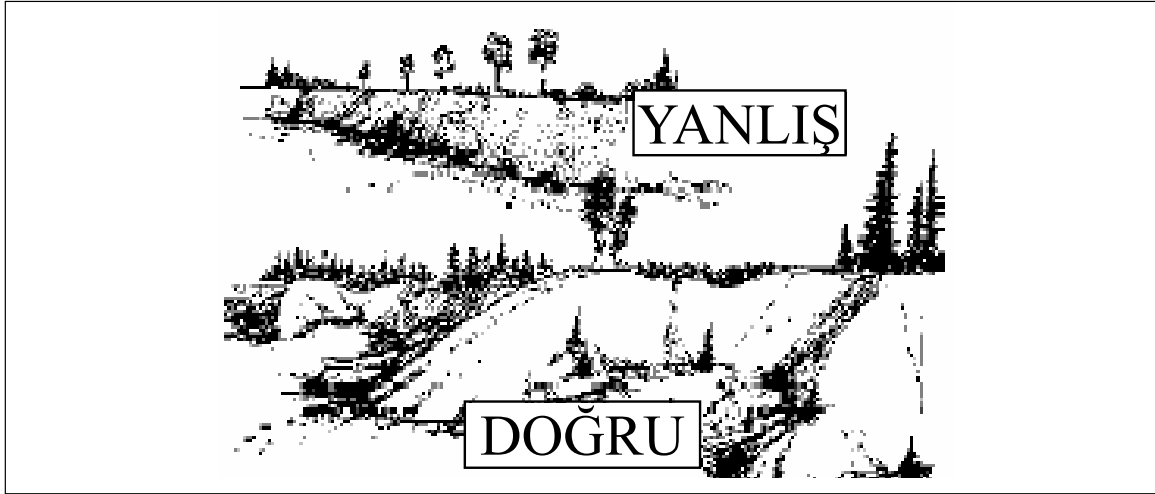
*vi. Doğala Özdeş Şevler Yaratmaya Çalışılmalıdır*

Yukarıda anlatılan emniyet tedbirlerine körü körüne bağlı kalmak bazı yerlerde çok monoton ve peyzaj açısından doğal gözükmeyen görüntülerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Örnekleme gerekirse; eşit aralıklarla oluşturulmuş teraslar ve simetrik olarak inşa edilmiş drenaj kanalları görsel açıdan oldukça sade, kesin çizgilerle birbirinden ayrılmış, pek de estetik ve doğal olmayan bir görünüm sergilemektedir. Bütün bunlara ek olarak, madencilik öncesinde bakir sahada bulunan bitki örtüsü sentetik olarak yaratılmış basamaklarda aynı çeşitlilikte gelişmeyebilir.

Bu nedenle izlenmesi gereken en iyi yol, mühendislik emniyet kuralları çerçevesinde, biraz da hayal gücü ve çeşitliliği kullanarak doğala yakın arazi şekilleri elde etmeye çalışmaktır. Doğala eş arazi şekilleri yaratmanın ABD'deki mevcut maden kanunu terminolojisindeki ismi "Approximate Original Contouring" (AOC) olarak geçmektedir. Bu zorunluluklar, farklı türdeki madenlerin üretiminin hepsi için olmasa da, en azından tesviye ve kaz-doldur yöntemleri için ortaktır.

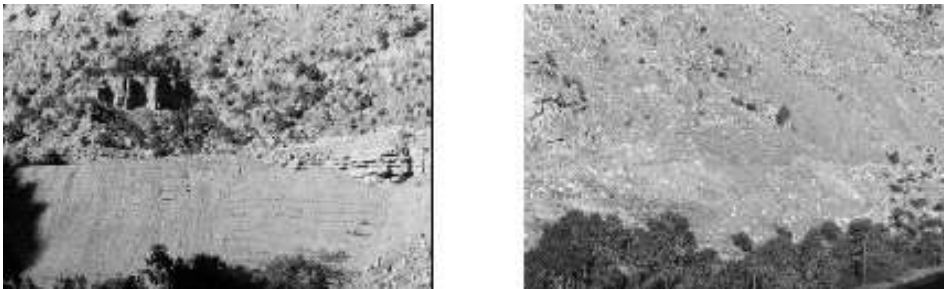
Doğal topoğrafya, madencilik ilk aşamalarından başlayarak üretim süresince şu yollarla devam ettirilmelidir:

- İyi planlanmış bir üretim operasyonu
- Ekipman operatörlerine madencilik sonrası arazi kullanımı kavramının iyi benimsenmesi. Doğal şevler aynı zamanda üretim esnasında da maksimum şev açısına uygun düşecek şekilde kazı yaparak veya kaz-doldur yöntemi ile de elde edilebilmektedir. Bu olay, genellikle en ucuz rekültivasyon yolu olarak bilinmektedir.
- Doğal bir arazi şeklini tekrar yaratmak için arazide madencilik öncesindeki eğim envanterinin çıkarılması faydalı olacaktır. Madencilik öncesindeki haritaların ölçeği ve kontur aralıkları madencilik sonrasındaki haritaların ölçeği ve kontur aralıkları ile aynı olmak zorundadır. Bakir haldeki haritaları elde bulunmayan sahalar için, komşu arazilerin jeomorfolojisine uygun düzeltme işlemleri yürütülmelidir(Şekil 2).



Şekil 2. Doğru rehabilite edilmiş ocak kesiti (Norman, 1996).

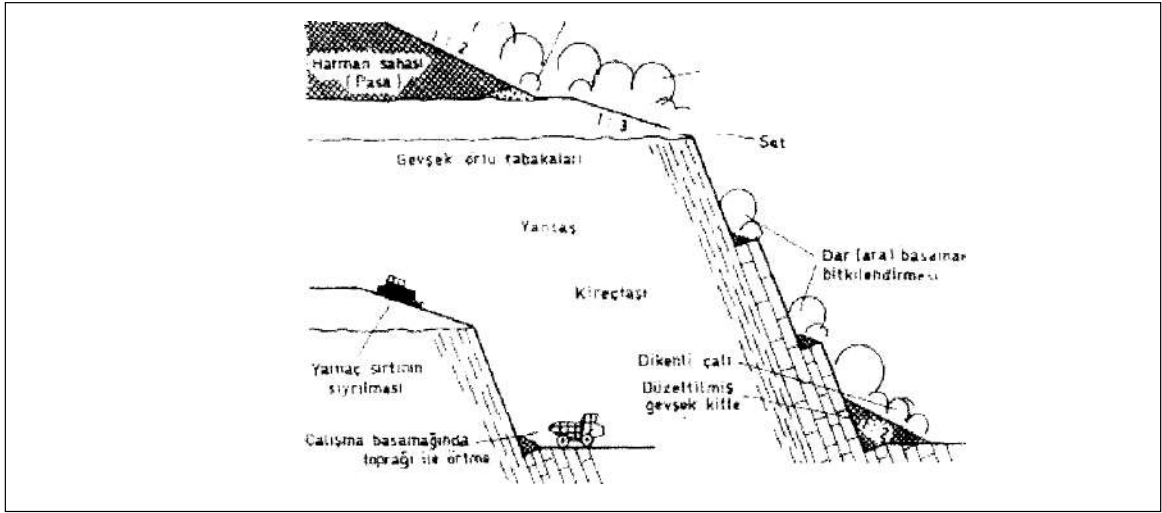
Şekil 3'te ise soldaki fotoğrafta serpiştirilmiş kaya blokları ve yamalar şeklinde bir bitki örtüsü doğala daha yakın bir görüntü verirken, sağdaki yine rehabilite edilmiş bir basamak ile doğal arazi arasında belirgin bir kontrast göze çarpmaktadır.



Şekil 3. Farklı tasarlanmış basamak örnekleri (Royal Kömür Ocağı, ABD).

**Sağlam Kayaç Formasyonlarının Yüzey Şeklinin Düzenlenmesi:** Derinliğine ve üç yönde ilerleyen kazıda oluşan teras şekilli çukurların ve tepe madenciliğinde teras şeklinde kazılan yamaçların düzenlenmesinde, araziye yeniden uyum özelliği aranır. Araziye minimum zarar veren bir açık ocak işletmeciliği, ancak uygun kazı yönü ve yöntemi seçimiyle mümkün olur. Yüzey düzenlenmesine ilişkin önlemler olarak, dik şevlerin emniyet altına alınması, yamaç sırtının, ara basamakların ve ocak tabanının bitkilendirilmesi sayılabilir. Bunlar ocak arazisinin çevre araziye yeniden integrasyonu için gerekli önkoşullardır.

Yamaç sırtı aşağıya sınırlı ve daha sonra derin köklü bitkilerle yeşillendirilir, böylece çevre araziye (veya komşu atık sahalarına) bir geçiş sağlanır. Buradaki bitkilendirme sadece şevlerin sağlamlaştırılmasına değil, aynı zamanda yoğun tohum uçuşu yoluyla dik duvarların, arabasamakların ve ocak tabanının yeşillendirilmesine de yarar. Şev başının kapatılması için ise, dikenli çalılarla bitkilendirme önerilir. Dik şevlerin emniyete alınmasında da, bunların duraylılığını uzun süre korumaları gereği gözönüne alınmalı ve şevler, taş düşme veya kayma tehlikesi yaratmayacak şekilde düzenlenmelidir. Yerleşim bölgeleri yakınlarındaki şevler kaya civatalan ve hasır tel örgü ile emniyete alınır. Ayrıca şev topuğu ve başında, dikenli ve sık çalılar ile bitkilendirmeye de gidilir. Yetersiz şev güvenliği, şev kaymalanna ve dolayısıyla zararlı olabilecek bitki örtüsü bozulmalanna yol açabilir. Şevi bitkilendirerek emniyete almak, uygulanması çok zor bir yöntemdir. Şekil 4, bir kalker ocağında yamaç sırtı, ara basamak ve şevlerin rekültivasyon açısından düzenlenmesi görülmektedir.



Şekil 4. Bir kalker ocağında yamaç sırtı, arabasamak ve şevlerin rekültivasyon açısından düzenlenmesi (Goergen, 1987).

## 12.5.2. Atıkların Islah Edilmesi

### 12.5.2.1. Atıklar

Bilindiği üzere atıklar, cevher zenginleştirme işlemleri esnasında geri kazanılamayan malzemelerdir. Atık malzemesi küçük boyutlarda olup, istenmeyen metal konsantrasyonları, uzaklaştırılmayan kimyasallar ve önemli miktarda su içermektedir. Maden atıkları genel olarak bulamaç halinde atık sahasına taşınmaktadır. Bu atıkları boşaltma yöntemi, direkt olarak istiflenmeyi, bu da döküm sahasının yapısal stabilitesini etkileyecektir. Atıkların rekültive edilmesinde en sık karşılaşılan sorun,

yüksek nem içeriği ve ince taneli malzemeden ötürü doğan stabilite problemleridir. Bu yığınların istenen stabilitede olmaması, üzerlerinde ağır makina-ekipmanın kullanılmasını kısıtlamaktadır. Atık yığınlarının stabilizasyonundaki ilk adımı bu nedenle susuzlandırma prosesi oluşturmaktır. Susuzlandırma uygulamaları, üst tabakaların uzunca bir süre kurutulmaya bırakılmasından daha aktif muamele yolları olan yer altı drenler yerleştirilmesi, yatay drenler yerleştirilmesi veya dikey fitil şeklinde drenler konmasına dek geniş bir yelpazeye yayılmaktadır. Atık akıntılarının bir jel haline getirilerek işlem görmesi de bir başka stabilizasyon yöntemidir. Bu jel teknolojisi atıkların ilk depolanmaya başlandığı sıralarda veya daha sonra atık havuzunda birtakım yapılar inşa etmek suretiyle yürütülmektedir. Atıkların toksik özelliği reklamasyonu daha komplike bir hale getirebilmekte, nötrleştirme ve bir kaplama malzemesi yerleştirilmesi işlemlerini gerekli kılmaktadır. Bu kaplamanın amaçları nemin süzülmesini, atıkların oksidasyonunu ve radon gazı kaçışını önlemektir. Reklamasyon esnasında atıklardan elde edilen çözeltilerin de kontrol altına alınması zorunludur. Bu çözeltiler ya basit şekliyle sadece toplamaya tabi tutulur, ya da birtakım kimyasal işlemlerden geçirilir.

### 12.5.2.2. Susuzlandırma

Susuzlandırma işlemi, maliyetleri geniş bir zaman aralığına yayabilmek açısından operasyonların aktif olduğu dönemde yürütülmelidir. Atık suyu, dinlendirme havuzu içinde yer alan atıklardan ayrılan suların boşaltılmasından gelmektedir. Söz konusu suyu uzaklaştırmak için genellikle bir yüzer mavna kullanılır. Eğer operasyonun geniş zamana yayılabilmek lüksü varsa, o halde doğal olarak kurumaya bırakılır. Ancak, pasif bir metod olan güneşte kurutma yöntemi, atığın özelliklerine ve kalınlığına bağlı olmak üzere pek de etkili bir yöntem olarak karşımıza çıkmamaktadır.

En sık kullanılan aktif susuzlandırma yöntemi ise, atık birikiminin içine dikey konumlu fitiller sokmaktır. Bu fitiller sayesinde katmanlar arasındaki çözeltiler aşağı doğru akışa geçmektedir. Bu fitillerden çok sayıda kullanmak, "baca drenaj etkisi"nin oluşmasına olumlu yönde yardımcı olacaktır. Susuzlandırma sırasında atık birikintisinin üst kısmı hemen kururken alt kısımları ıslak kalabilmektedir. Atık yığınının tamamının kurummasının ardından üstünün kapatılarak, bu yığının tekrar bitkilendirilmesi için geçen sürede geçici olarak toz bastırma teknikleri devreye sokulmalıdır. Şekil 5 pasa yığınlarının rekültivasyonunun öncesini ve sonrasını göstermektedir.



Şekil 5. Pasa yığınlarının rekültivasyon öncesini ve sonrasını göstermektedir (Goldstrike Madeni, ABD).

### 12.5.2.3. Atık Yığınlarının Örtülmesi

Örtme dizaynı ne kadar kompleks ise, sistemin döşenmesi de bir o kadar zor olmaktadır. Örtü malzemesinin döşenmesi, düşük basınçlı çalışan ekipman kullanılmasını ve bunun yanında daha bir çok özel tekniğin kullanımını gerektirebilmektedir. Bu tekniklerin başında, sentetik astarlar üzerinde hareket eden bir paletli ters kepçe ekskavatörün kullanılarak malzemenin serilmesi gelmektedir. Bu malzemelerle rahat bir çalışma alanı yaratabilmek için, atıkların üst kısmına rampa veya hendekler inşa edilir. İnşa edilen bu rampa, büyük bir olasılıkla ağır ekipmanları desteklemeden önce büyük miktarlarda çökmeye maruz kalacaktır. Üzerinde maruz kaldığı yük yüzünden atıklardan süzülerek çıkan su, rampanın ilerisinde ıslak bir bölge oluşturur. Rampa inşa edildikten sonra rampadan ekstra malzeme alınarak kaplama alanın seviyesi tedrici olarak artırılabilir.

Burada kullanılan bir başka yöntem ise, alanın çevresine bir bent şeklinde rampa yaparak alanı tecrit edilmiş bir bölge haline dönüştürmektir. Söz konusu bent alanın susuzlandırmasını iyi yönde etkilerken, aynı zamanda örtü malzemesinin döşenebileceği bir platform işlevi görmektedir. Daha sonra bu rampadan bir sonraki izolasyon bendini inşa etmek için platform olarak yararlanılmaktadır.

Atıklardan numune alımı ve atıkların karakterizasyonu, atıkların fiziksel özellikleri hakkında yararlı bilgiler vermektedir. Fakat maden işletmecilerinin çoğu hala hangi tür kaplama konstrüksiyonu yapılacağını ve işin hangi hızda ilerleyeceğini deneme-yanılma yoluyla tespit etme yoluna gitmektedirler. Her ne kadar mühendislik ürünü olarak kabul gören örtü malzemeleri sentetik astarlar ve kil olmalı ise de, günümüzde en sık kullanılan kaplama malzemeleri madencilikten çıkarılan yan taşlardır. Bitki köklerinin kaplama malzemesinin içine nüfuz etmesini önlemek için, dizayn esnasında kapiler bir bariyer bırakılması düşünülmelidir. Bu kapiler bariyer aynı zamanda bariyerin altındaki atıkların oksitlenmesini önlemek için de kullanılabilir. Söz konusu kapiler bariyerler, iri taneli malzeme üzerine ince malzeme serilmesiyle yaratılmaktadır. İnce boyutlu malzemenin kapiler özelliği, atmosferdeki nemin iri malzemelerin arasından atıkların içine doğru sızmasını da durdurmaktadır.

Atık malzemelerin bazıları tekrar vejetasyon için elverişli olabilmektedir. Söz konusu atıklar stabil hale geldikten sonra direkt olarak tohumlanabilir veya çok az oranlarda malç, biyokatılar ve gübre gibi organik maddeler ilave edilebilir. Örtme işleminden sonra beklemek yerine yığının üst tabakalarını kirleticilerden arındırmak ve bu tabakaları nötrleştirmek için kimyasal muameleye tabi tutmak, daha düşük maliyetli olmaktadır. Kimyasal muamele için gerekli malzemeler ya madencilik operasyonu esnasında atık akıntısına verilebilir ya da üst kısımda istenen örtü malzemesi karışımını elde etmek için atık yerleştirmenin son safhalarında uygulanabilir (Şekil 6).



Şekil 6. Bent yapılarak atık yığınının izole edilmesi.







düşürülmesi yoluna gidilmelidir. Bu bağlamda, eğer toprak ile örtülecekse, tabantaşının, örtü tabakasının ve arıtma ile atık havuzlarındaki çökelmiş malzemenin su geçirgenlik ve kimyasal bileşim açılarından incelenmeleri gerekir. Zira verimli toprak veya gevşek kayaç örtüsü ne kadar ince olursa, onun altındaki formasyonun düşey yöndeki etkileri o kadar yoğun olacaktır.

#### 12.5.4. Su Yollarının Rekültivasyonu

Burada gerçekleştirilmesi gereken en önemli nokta, drenaj sisteminin yatay ve düşey yönde mobil özelliğinin bulunmasıdır. Mevcut ve yaratılacak olan drenaj karakteristikleri, yanal ve düşey erozyonun oranını ve uzanımını etkileyecektir. Uygun olan yerlerde kazıdan önceki kanal karakteristiklerini yeniden belirlemek daha avantajlı olacaktır. Bunun mümkün olmadığı yerlerde ise üst akım ve alt akım kanalları, drenaj şablonlarının kotlarını belirlemede kullanılmalıdır. Fluvial (nehirsel) proseslerden haberdar olması gereken mühendis, önemli su kaynaklarına, komşu lokasyonlara geçici ve daimi kanal reklamasyonu uygulamalıdır. Arazide planlama yapmadan önceki değerlendirilmesi gereken özellikler, boşalım karakteristikleri, kanal geometrisi ve akış jeomorfolojisidir. Boşalım karakteristikleri, akışın süresini, frekansını ve şiddetini içermektedir. Bu karakteristikler iklim ve mevsim ile değişmektedir. Yüksek akış ve düşük akış kanallarından oluşan drenaj sistemleri dizayn edilmeli veya akış yönü, yüksek akış şartları altındaki düzlüklerden seçilmelidir. Ekstrem akış durumları mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Akışın günlük, geçici veya uzun süreli olduğuna bakılmamalıdır. Akış tipleri genelde akışın süresini ve frekansını şu şekilde etkilemektedir:

- Günlük akışlar çoğu zaman su tablasının üzerinde yer almaktadır. Bu akışlar suyu sadece yağış esnasında ve karların erimesi esnasında taşımaktadır.
- Geçici akışlar ise yılın belli bir bölümünde görülmektedir. Su tablası bu akışlar ile biraz yükselmektedir. Bahardaki boşalmalar veya yer altındaki su akışı bu akıma katkıda bulunmaktadır.
- Daimi akışlar yılın büyük bölümünde akmaktadır.

##### 12.5.4.1. Drenaj rekültivasyonu kriterleri

Drenaj kanalları dizayn detayları, boşalım karakteristikleri, kanal geometrisi ve jeomorfolojiden edinilecek bilgilere göre şekillenecektir. Rekültivasyon esnasında arazi üzerinde akışı sağlayan drenaj ve arazi şekilleri geliştirilmelidir. Kanal düzenlemelerini yapabilmek için yatak malzemelerinin yeterli derinlikte ve genişlikte olan alanlara yerleştirilmesi gerekmektedir. Malzemenin tane boyutu ve dağılımı, kanalın eğimine ve planına uygun olmalıdır. Erozyon ve akıntı oluşma olasılığı, uygun olmayan arazi şekli ve dolgu malzemesinden kaynaklanmaktadır. Drenaj sistemini madencilik öncesinde gözlenen seviyelere çekmek, erozyon potansiyelini azaltacaktır.

Kısa ömürlü (geçici) drenaj kanallarının rekültivasyonu, havzanın özelliklerine, topoğrafyaya, eğime, malzemeye ve sediment yüküne bağlı olan akış karakteristikleri ile saptanmaktadır. Üst havzadaki drenajın kanalı beslediği ve bitki örtüsünün iyi geliştiği yerlerde, standart bir riprap (taş karışım) kanalı veya gömülü kanal kullanılabilir. Drenaj kanalının aşırı miktarda kum içerdiği ve kısa süreli kullanılacağı durumlarda, kanal dizaynı, söz konusu şartları da yerine getirmek zorundadır. Yapılacak kanal düzeltmeleri, bunların yanındaki dik şevleri, istinat duvarlarını ve diğer yapıları riske sokmayacak şekilde yerine getirilmelidir. Su kenarında büyüyen bitkiler ve yumuşak biyomühendislik yapıları geçici kanalların dizaynında rol oynayan kriterlerdir. Bunlar yeterli miktarda nem içerdikleri için kanala yeterli stabilite katacaklardır. Daimi sistemler için ise havuz/set oranı, kavis geometrisi ve kanal şekli büyük önem arz etmektedir. Geçici akıntılarda olduğu gibi bitki örtüsünün de katkısı vardır.

#### 12.5.4.2. Kanallarda stabilite sağlama yöntemleri

**Riprap:** Riprap farklı boyutlardaki taşlardan oluşan ve drenaj kanallarını stabilize etmede kullanılan özel bir karışımdır. Riprap, en çok geçici ve daimi akışlarda, bazen de kısa süreli akışlarda kullanılmaktadır. Rekültive edilmiş kanalın mobil özellikte olması, kumlu ve koloidal olmayan substrat içermesi durumunda riprapın etkinliği azalacaktır. Riprap malzemesinin, yoğun, çatlaklardan yoksun, aşınmaya karşı dirençli olması gerekmektedir. Kullanılacak malzemenin çoğunlukla köşeli taş ocağı kayacı olması zorunludur. Her bir taş tanesinin genişliği, uzunluğunun en az 1/3'ü kadar olmalıdır ve bu amaç için yuvarlak akarsu taşları kullanılmamalıdır. Su ile temas ettiğinde kayaç çözünmemeli ve bozunmaya uğramamalıdır (Şekil 8).



Şekil 8. Drenaj kanalında bir riprap uygulaması (Boyer Madeni, ABD).

**Gömülü Kanal:** En sık olarak bitki gelişimine müsait kısa ömürlü kanallarda ve çevredeki alanlardan yoğun sediment akışı olmadığı alanlarda kullanılmaktadır. Rekültive edilecek kanal mobil ve kumlu malzeme içeriyorsa, gömülü bir kanalın etkinliği düşecektir. Gömülü kanal inşası öncelikle riprap tipi bir kanal açılmasıyla başlar. Daha sonra bu kanal toprak ile kaplanıp bitkilendirilir. Burada da riprapta açıklanan problemlerin aynıları görülebilir, ancak daha ince taneler riprapdaki daha küçük boşlukları doldurarak stabiliteyi artırmaktadır.

**Kaya Setleri:** Kaya setleri tipik olarak kalıcı ve kesikli akıntılarda uygulanmakta olup, derinlik oluşturacağı için balıkçılıkta habitat çeşitliliğini artırmak amacıyla kullanılır. Bu setler aynı zamanda sediment tuzakları kurmak ve akıntının yatağını yükseltmek için de kullanılmaktadır. Bu setler ile ilgili problemler, setler akıntıları doğru yönde taşımayacakları zaman ortaya çıkmaktadır. Setin yanlış yerleştirilmesi, suyun hızlanmasına ve erozyonu artırmasına sebep olacaktır.

#### 12.5.5. Toprakların Kullanımı

##### 12.5.5.1. Toprağın kurtarılması

Toprak, yer kabuğunun konsolide olmamış örtüsüdür. Toprak, bitki gelişimini teşvik edici yönde mineral ve organik bileşiklerden oluşmaktadır. Üst toprak genellikle toprağın en bereketli kısmı olup, besin maddeleri, mikroorganizmalar, tohumlar ve bitki kökleri içermektedir. Toprakların kurtarılması

ve yeniden kullanılması, rekültivasyonun başarısını artıracak yönde yerine getirilmesi gereken yasal bir zorunluluktur. Toprağın kurtarılması, stoklanması ve yeniden yerleştirilmesi, büyük ekipman ve çok zaman gerektirmektedir.

**Toprak Kurtarımının Planlanması:** Reklamasyon yapılan maden sahalarında edinilen tecrübelerle göre, tesviye işleminden sonra yaklaşık 30 cm'lik toprak serilmesi bitki gelişimini kuvvetlendirmektedir. Burada bitki köklerinin kazılmış örtü içine nüfuz edeceği düşünülürse, örtü tabakasının da en az 30 cm kalınlığında hazırlanması zorunludur. Başka bir deyişle toplam bırakılacak derinlik 60 cm'yi bulmaktadır. İşletmeci arazide 30 cm derinliğinde toprak ararken, kayaç topraklarını gözardı etmemelidir. Reklamasyonun amacı çevredeki araziye taklit etmeye olduğuna göre, saf toprak örtüsünün içine kaya ve taş parçaları da dahil edilmelidir. Bu kalınlığı elde edebilmek için arazinin bozulmasından önce toprakların bir etüdü yapılmalıdır. Bakir haldeki arazide görülen tüm bitki örtüsü, tuz kabuklaşmaları, şeyller, mostralar ve dik şevler gibi tüm toprak engellemeleri kaydedilmelidir.

Madencilik aktivitesi başlamadan üst toprak malzemesi sıyrılarak alınmalı ve 30 cm'lik kalınlık elde edecek şekilde saklanmalıdır. Üst topraktaki 5-10 cm'lik değişim bile bitki gelişiminde farklılık yaratacaktır. Üst toprağın sınırlı olduğu bölgelerde tesviye edilmiş yüzey, bitki gelişimi için uygun tutulmalıdır. Bir çok operasyon detaylı bir toprak araştırması yapılmasından faydalanacaktır. Böylesi bir araştırmanın amacı, sahadaki toprakların türünü, yayılımını, derinliğini, lokasyonunu ve kalitesini ortaya koymaktır. Bu araştırma, toprak planlama stratejisinde temel oluşturma açısından önemlidir. Araştırma bilgileri, toprak çukurlarından ve sahada düzenlenmiş kesitler üzerindeki delgi çukurlarından alınmaktadır. Bu çukurlar bilim adamlarına yöredeki toprağın horizonları hakkında bilgi sağlamaktadır. Her bir horizonttan veya 30 cm'lik kısımdan alınan numuneler, pH, elektrik iletkenlik, doku, organik madde içeriği, su tutma kapasitesi, çözünebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum ile toplam azot ve fosfor içeriği açısından incelenmelidir.

#### **12.5.5.2. Üst toprak katmanının stoklanması ve korunması**

Uygun bir bitki gelişim ortamı, arazi rehabilitasyonu açısından olmazsa olmaz bir esastır. Topraklar özellikle kurak bölgelerde çok yavaş geliştikleri için, üst toprak çok değerli bir kaynak olarak ele alınmalıdır. Üst toprak en iyi bitki gelişim ortamı olarak bilinip, bu yüzden de reklamasyon aşamasında kullanılmak üzere selektif olarak ele alınmalı ve muhafaza edilmelidir.

Herhangi bir madencilik faaliyeti başlamadan üst toprak dikkatlice yerinden alınmalıdır. Toprak kaynakları ya daha sonraki uygulama için bir yerde stok edilir, ya da aktif maden alanından alınarak tesviye edilmiş örtü tabakası üzerine derhal serilir. Canlı nakliyat olarak adlandırılan bu ikinci opsiyon, taze haldeki üst toprak, çeşitli bakteriler, canlı tohumlar ve bitki kökleri içermektedir. Bununla birlikte, bir çok durumda, üst toprağın stok edilmesi, toprak kaynaklarının saklanması tek seçim olarak karşımıza çıkmaktadır. Arazide bozulacak alan miktarını en aza indirmek ve toprakla ilgilenmeyi azaltmak için şu önlemler alınmalıdır (Şekil 9):

- Topraklara araçla yapılacak girişler öngörülmelidir.
- Toprağın sıyrılması ve kurtarılması esnasında yerinde gözetmenlik yapılmalıdır.
- Üst toprağın alınması operasyonunda toz bastırma önlemleri alınmalı, tozlanmanın önüne geçilemediği durumlarda operasyon geçici olarak durdurulmalıdır.



Şekil 9. Üst toprağın selektif şekilde sıyırılması.

Toprağın kontrollü bir şekilde alınabilmesi için aşağıdaki yöntemler uygulanmalıdır:

- Toprak sıyırma derinliğini sağlama almak için, arazide yer yer küçük üst toprak adalarından oluşan kaideler bırakılmalıdır (Şekil 10).
- Alınacak toprağın derinliğini tutturabilmek için bir ters kepçe ekskavatör ile çukur ve hendekler kazılmalıdır.
- Bu sıyırma işlemini yerinde gözlemek için ziraat mühendisi bulundurulmalıdır.
- Ek olarak, bu tarz bir toprak sıyırma tecrübesi bulunan bir işletmeci sahada bulundurulmalıdır.



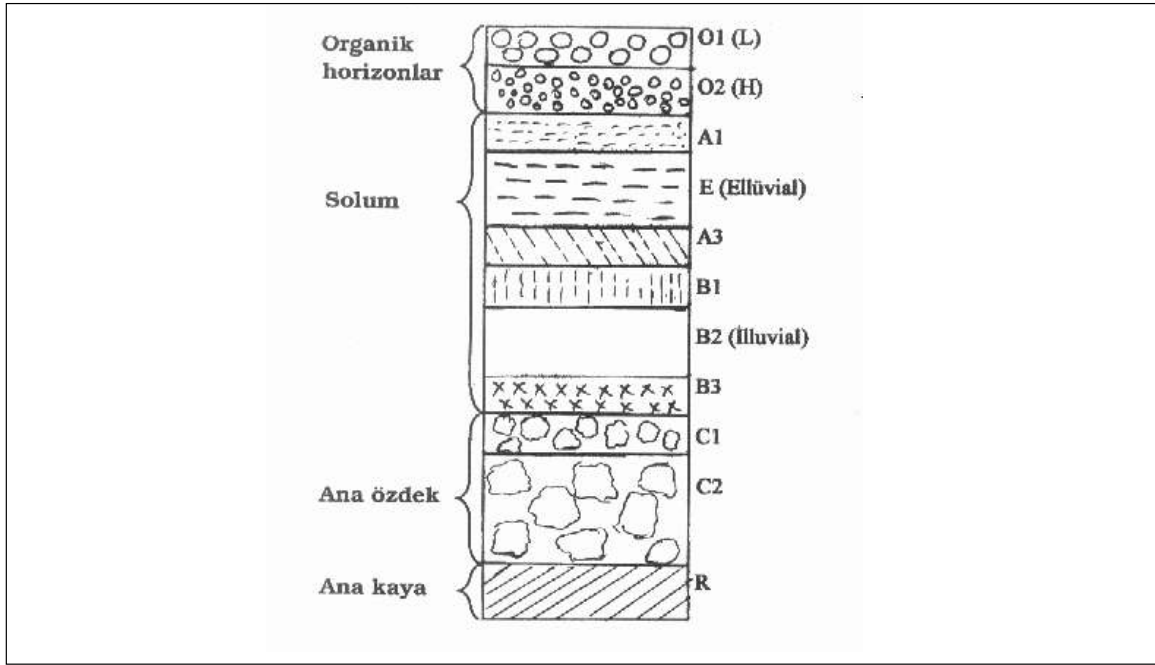
Şekil 10. Toprak sıyırılırken kaideler bırakılması.

Üst toprak sıyırılıp stoklandıktan sonra nihai reklamasyona kadar bir daha ellenmemelidir. Stoklanan üst toprak kütlesi;

- madencilik boyunca yerinde kalabilmelidir.
- suya ve rüzgar ile gelen kirleticilere maruz bırakılmamalıdır.
- sıkıştırılmaya maruz bırakılmamalıdır.

Pratikte üst toprağın altta yatan alt topraklardan ayrılması, A horizonu (en üstteki organik katman) sığ olduğu için, hem A hem de B horizonlarının (A horizonunun altında bulunan ve organik+inorganik özellikteki katman) kurtarılması anlamına gelmektedir. Şekil 11, bir toprak katmanındaki horizonları göstermektedir. Tam rekültivasyon anında, A ve B horizonları, sıyrmanın

tersi sırada bölgeye serilmeli ve böylece yerli toprak profili ikiye katlanmalıdır. Bu yapılacak çabalar rekültive edilecek arazinin verimliliğini arttıracaktır (Şekil 11).



Şekil 11. Toprak tabakasının horizonları.

Tarım yapılacak topraklar özel bazı muamele teknikleri gerektirmektedir. Üst toprak, 120 cm derinliğe kadar kurtarılan alt topraktan ayrılır ve yine sıyırma sırasının tersi olacak şekilde serilir ve sahanın verimliliği artırılmış olur.

Toprak yapısı terimi, toprağın agrega stabilitesini ve boşluk sistemini açıklayan terim olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu terim önemli bir kavramdır, çünkü toprağın içindeki boşluk ağı suyu ve çözülmüş besinleri tutarken, hava girişine ve köklerin toprağa penetrasyonuna olanak tanımaktadır. İyi kalitedeki toprak bile sıkışmaya maruz kalıp iç kısımdaki boşluk ağı kaybolmaktadır. Bunun sonucu olarak da toprağın yığın yoğunluğu artmaktadır. Toprağın kurtarılması ve geri serilmesi esnasında toprak yapısının muhafaza edilmesi ve sıkışmanın önüne geçilmesi büyük önem taşımaktadır. Toprak yapısı aşağıdaki bazı faktörlerden etkilenmektedir:

- Ele alınması: Toprağın yerinden hareket ettirilme sayısı minimize edilmelidir.
- Sıkışma: Üzerindeki araç trafiği minimize edilmelidir.
- Nem oranı: Toprakların çok kuru veya çok ıslakken ele alınmasından kaçınılmalıdır.

Toprağın iş makinaları ile ıslak veya kuru halde ele alınması, toprağın sıkışmasına veya toz haline dönüşmesine yol açacaktır. Bu iki durum da bitki gelişimini ciddi derecede etkilemektedir. Düşük su oranlarında, toprak gevrek bir yapıya bürünüp düşük basınçlarda bile ufalanmaktadır. Su içeriğinin artırılması, toprağın plastik davranış kazanmasına ve kırılmadan kalıplaşmasına neden olacaktır. Ekstrem şekilde ıslanması durumunda ise plastisite özelliği yapışkanlığa dönüşecek ve bu da toprağın alınması ve serilmesi esnasında sorunlar yaratacaktır. Bu yüzden topraklar sadece gevşek ve gevrek durumdalarsa veya nem içerikleri % 10-15 ise muamele edilmelidirler. Gevşek tutarlılık

kavramı uyumlu olmayan kaba taneli toprakları ima ederken, kırılğan tutarlılık ise parçalandığında ufalanan ince yapılı dokuyu kastetmektedir. Bu esaslarla ilgili pratikte şu 2 kural geçerlidir:

- 1) Toprak ekipmana yapışıyorsa, kuruyup gevrek bir yapı kazanasıya kadar beklenmelidir.
- 2) Toprak çok kuru ve sertse, aynı un örneğinde olduğu gibi bir miktar su eklenerek gevşek bir yapı kazandırılmalıdır.

Toprağın sıkışmasını hafifleten ve serilmesinden sonra yapısını koruyan doğal prosesler arasında, ıslanma-kuruma, donma-erime, kök penetrasyonu ve organik madde bozunumu bulunmaktadır.

Toprağın Stoklanması: Kurtarılan toprak güneye bakılı alanlardaki güneşten korunacak, yüzey alanı maksimum hale getirilecek ve toprak derinliği minimum tutulacak şekilde saklanmalıdır. Ayrıca stok yığınları madenden gelecek tozlara karşı yalıtılmış olmalı, sellerden korunmalı ve zaman zaman rüzgardan ve su erozyonundan korumak için tohumlandırılmalıdır. Kısa vadede duracak yığınlar hızlı gelişen çim tohumları ile yeşillendirilerek toprağın iyileştirilmesi sağlanmalıdır. Eğer toprak yığını yerinde 1 yıldan daha uzun bir süre kalacaksa, çalılar ve otlardan oluşan bir karışım ile geçici olarak tohumlandırılmalıdır. Burada akılda tutulması gereken husus, saklama esnasında toprakta sürekli değişiklikler meydana geldiğidir. Kimyasal olarak, yığın, organik maddelerini ve gübrelerini kaybetmektedir. Biyolojik olarak, yararlı bakterilerin sayıları zamanla ve gömülme derinliği ile azalmaktadır. Yer solucanları azalmakta ve canlı tohumlar elimine olmaktadır. Fiziksel olarak ise, toprağın agrega stabilitesi de kaybolmaktadır. Son olarak toprak kompakt bir hale gelerek, yığın yoğunluğu artmaktadır.

İş makinalarının neden olduğu sıkışmayı en aza indirmek için, ince tabakaların üzerinde defalarca gezinmek yerine bir defada kaldırma işlemini uygulayan operasyonlar tatbik edilmelidir. Ayrıca geniş ve sığ derinlikteki toprak yığınlarının daha çok bakteri, solucan ve canlı tohum içerdiği unutulmamalıdır.

Sıyrılan toprağın canlı olarak nakliyesi, stoklama işleminden doğan problemleri elimine etmektedir. Canlı nakliye tekniği, taze olarak kurtarılmış üst toprağın başka bir alanda tesviye edilmiş örtü tabakası üzerine direkt olarak uygulanması anlamına gelmektedir. Sonuç olarak, verimliliğin, mikrofloranın ve tohum canlılığının bozulması önlenmiş olmaktadır.

### **12.5.5.3. Yedek üst toprak alınması**

Yedek üst toprak alınması, bazı durumlarda rekültivasyonun başarıya ulaşması için gerekli olmaktadır. Toprak tabakasının ince olduğu veya kirlendiği yerlerde, ayrıca maden pasasının toksik özellikte olduğu durumlarda, bitkinin kök salması için daha derin toprak gerektiğinden, bu koşullarda yedek üst toprak kullanılmaktadır.

Yedek üst toprak, alt topraklardan, jeolojik katmanlardan ve yan taşlardan oluşmaktadır. Üst toprağın yerine geçecek bu karışım, bitki gelişimini teşvik etmek ve madencilik sonrası arazi kullanımı amacıyla yerli toprak malzemesine yakın fiziksel ve kimyasal özellikler arz etmelidir. Yedek üst toprağın uygunluğunun değerlendirilmesinde başvuru kriterler Çizelge 3'de verilmektedir.

Çizelge 3. Toprak uygunluk çizelgesi.

Özellikler	İYİ	ORTA	KÖTÜ
pH	6.1 - 8.2	5.1 - 6.1 8.2 - 8.4	< 4.5 > 9
Elektrik İletkenliği (µsiemens/cm)	0 - 4	4 - 15	> 15
Na Adsorbsiyon Oranı (%)	0 - 4	5 - 10	> 12
Su Tutma Yeteneği (%)	> 0.10 iyi	0.05 - 0.10 düşük	< 0.05 çok düşük

Toprak sıyrılması operasyonlarından önce yapılan ön etüd ve gözleme, tesviye ve dolgu işlemleri esnasında yedek toprağın yüzeye serilmesi işleminin ana hatlarını tanımlayacak ve bu şekilde arzu edilmeyen malzemeler dolgunun içinde bırakılabilecektir.

#### 12.5.5.4. Üst toprağın yerinde muhafaza edilmesi

Sıyrılıp alınmış toprak bir yere yığıldıktan sonra üstüne öncelikle jeotekstil bir örtü örtülmektedir. Daha sonra ise üzerine toksik ve çevreye zararlı madde içermeyen dolgu malzemesi örtülmektedir. Dolgu malzemeleri nihai reklamasyon safhasına dek yerinde kalabilmelidir. Nihai reklamasyon sırasında dolgu malzemesi alınacak ve jeotekstil tabakanın üzeri açılmış olacaktır. Daha sonra ise bu tabaka alınarak orijinal toprak yüzeyi açığa çıkacak ve gevşetme işlemi ile muamele edilecektir. Son olarak toprak yüzeyi tohumlandırılıp yeniden bitkilendirilecektir.

Üst toprağın bir dolgu malzemesi altında saklanması her ne kadar üst toprağın bir yığın içinde gömülü olarak stoklanmasına benzese de, ikisi aynı şey değildir. Yerinde koruma tekniği aşağıda belirtildiği üzere bazı çevresel faydalar sağlamaktadır:

- Toprak stoklanma süresince el değmeden kalabilmekte, rüzgar ve yağmur ile yitip gitmemekte, ayrıca çevreden ve madenden gelen tozlarla kirlenmemektedir.
- Kök ve kaya gibi kohezif malzemeler toprak içinde muhafaza edilerek bir yandan bitki gelişimi teşvik edilirken, öte yandan erozyon ve şev kayması potansiyeli azaltılmalıdır.
- Rekültivasyon zamanında toprak türünün doğal çeşitliliği ve derinliği, bitki çeşitliliğini doğuracaktır.
- Bozulmamış şevler ve yerli topraklar, çevreye doğal bir şekilde uyum sağlamış olacaktır.

#### 12.5.5.5. Toprağın serilmesi

Rekültivasyon planına göre nihai düzeltme ve kazı işleri geliştirilmelidir. Üst toprağın serilmesinden ve tohumlama işlemlerinden önce, tüm riprap şablonları ve vahşi hayat habitat dizaynları pratiğe geçirilmelidir. Daha sonra ise toprağın geri serilmesi işi en faydalı tohumlama mevsimine denk gelecek şekilde gerçekleştirilmelidir (Şekil 12). Üst toprağın serilmesi prosesi, çoğu zaman erozyonu ve yabani otların gelişimini önleme adına, hızlı büyüyen yulaf, pirinç ve arpa türleri ile tohumlandırmayı da kapsamalıdır. Tercih edilen kök salma zonu, 30 cm'lik kısmı üst toprak olacak şekilde yaklaşık olarak 60 cm'dir. Ancak, heterojen bir peyzaj, toprakların çeşitliliğine ve derinliklerine de bağlıdır. Tüm sahaya dağıtılacak olan toprak miktarları, şu faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterecektir:

- Üst toprağın kolay temini - stoklanan toprağın veya canlı olarak nakledilen toprağın hacmi
- Yedek üst toprak temini - üst toprağın yerine geçebilecek şekilde tanımlanan toprak kütlesinin stoklanmış hacmi
- Dikilecek olan bitki türleri - gerekli olan toprak derinliğini belirlemektedir.
- Öngörülen arazi kullanımı - dikilecek olan bitkilerin belirlenmesi
- Şevin dikliği - üst toprak serme yöntemlerini stabilize ve ulaşım açısından etkilemektedir.
- Örtü tabakasının ve dolgu malzemesinin niteliği - toplam ne kadar kalınlıkta örtü gerektiğini belirlemektedir.



Şekil 12. Üst toprağın geri serilmesi.

#### 12.5.5.6. Toprak sıkışmasının azaltılması

Birçok açık ocakta kullanılan makina-ekipman, toprak sıkışmasını önleyecek yönde düşük zemin basınçları yaratmak üzere tasarlanmamıştır. Bunların arasında skreyperler, en kompakt toprak şekline neden olmaktadır. Burada kompaktlaşma derecesi, iş makinalarının toprak üzerinden geçişini en aza indirmekle düşürülebilmektedir. Öte yandan greyderlerin, skreyperlere oranla zemin üzerindeki tekerlek basınçları daha düşüktür. Diğer araçlar arasında ekskavatörler ve toprağı taşıyıp boşaltan damperli kamyonlar sayılabilir. Zeminin tesviye edilmesi için alternatif olarak dozerler, toprak serimi ile yüzey ondülasyonunu sağlamak için de paletli ekskavatörler kullanılır. Toprağın sıyırılması ve yeniden serilerek dağıtılması işlemlerinde ekipman trafiğini azaltacak diğer çözümler de, toprak sıkışmasını önlediği için arzu edilir durumlardır. Ripperleme, derin oyma ve yüzeyi kabartma şeklindeki teknikler, toprak/pasa arasında düzgün bir bağ geliştirmek için ve hem toprakta hem de pasa yığınlarında sıkışmayı önlemek için kullanılmaktadır. Üst toprağın serilmesinden önce veya sonra şu teknikler uygulanmalıdır:

- 1) Üst Toprağın Serilmesinden Önce Yüzeyin Kabartılması
  - Tekrar kazılan pasa ile serilen toprak arasındaki kayma zonunu ortadan kaldırmaktadır.
  - Tekrar kazılan pasa içinde kompakt hale gelmiş tabakaları birbirinden ayırır.
  - Toprağa nem ve kök penetrasyonunu hızlandırır.



Kullanıldığı yerler;

- Pasa niteliği zayıf bir ortam olarak sınıflandırılmışsa,
- Pasa ve üst toprak karışımı bitki gelişimine zarar verecekse,
- Serilecek üst toprak derinliği, kök penetrasyonu tesviye edilen pasalara ulaşacak kadar ise,

2) Üst Toprağın Serilmesinden Sonra Yüzeyin Kabartılması

- Tüm toprak/pasa sınırına ve profiline penetre edecek münferit ve derin bir operasyondur.
- Daha az kompakt horizonlara yol açmaktadır.
- Tohumların filizlenmesi için mikro çapta alanlar yaratmaktadır.

Kullanıldığı yerler ise;

- Pasa malzemesi kabul edilebilir bir kalitede ise,
- Pasa malzemesi serilen üst toprakla uyumlu şekilde karışıyorsa,
- Üst toprak derinliği kök penetrasyonuna müsaade edecek kadar sığ ise,
- Serilen üst toprak yeteri kadar derin ise.

### 12.5.5.7. Yüzeyin hazırlanması

Tüm yüzey ve tohum yatağı hazırlığı, kabartılmış bir yüzey ile sonlandırılmalıdır. Yüzeyi kabartmanın, farklı iklim, topoğrafya ve toprak şartlarında çok geniş kullanım alanları mevcuttur. Herhangi bir yüzey hazırlama işlemine girişmeden önce, topraklar gevrek bir yapıda bulunmalıdır. Toprağın iyileştirilmesi gerektiği zamanlarda bu işlemler, yüzeyi hazırlamadan önce yapılmalıdır.

Bir ters kepçe veya paletli ekskavatör vasıtasıyla yüzeyin aşırı şekilde ondülasyona uğratılması, mikrohavzalar yaratmaktadır. Paletli ekskavatör, minimum yüksekliği 45 cm olacak şekilde kazı yapmak, oyuklar açmak ve yığınları itmek için kullanılmaktadır. Bu havzalar yaklaşık 60 cm derinlikte olmalı ve genişliği kepçenin genişliği kadar olmalıdır. Bu da havzaların 120 cm'ye kadar bir genişlikte olmasını sağlamaktadır. En çok uygulanan yöntem, bir kepçe kadar toprağın kazılarak toprak yüzeyinin 40-60 cm üzerinden tekrar yere dökülmesidir. Bu proses, gelişigüzel bir şekilde tekrar edilir ve suyun şevden aşağı akması neredeyse imkansız hale getirilir. Yüzeyi işlem görmüş olan topraklar, üzerinde yürünemez hale getirilmelidir. Bazı şeyl içeren sahalarda oyuklar kısa bir zaman zarfında sedimentlerle dolmaktadır. Bu yüzden, oyukların boyutları mümkün olduğunca geniş tutulmalıdır. Tam tersine yapışkan toprak şartlarının egemen olduğu sahalarda, oyuklar bu kez de su ile dolabilecekleri için fazla büyük tutulmamalıdır. Kabartma işlemi sırasında saman ve yoncalar bölgeye yayılarak toprak yüzeyine bağlanmaları sağlanmalıdır.

Böylesine kabarık haldeki yüzeylerde mibzer kullanılmayacağı için, tohumlar elle dağıtılmalı veya hidrotolumlama yapılmalıdır. Kurak iklime sahip ve gevşek toprak yapısının bulunduğu yerlerde, tohumlama işlemine başlamadan önce toprağın oturmasını beklemek avantajlı olacaktır. Yöntemlerden birisi tohumun yarısını hemen elle toprağa saçmak, diğer yarısını ise oturma tamamlandıktan sonra toprak yüzeyine uygulamaktır.

Riperleme, ters kepçe ile kabartmanın ekonomik olarak yapılamayacağı kadar geniş alanlarda toprak kabartma tekniği olarak kullanılmaktadır. Riperleme aynı zamanda kompaktlaşmış toprak tabakalarını kırmak için de kullanılmaktadır. Bu işlemde ekipman, şevin konturu boyunca hareket ederek 60 cm ve daha fazla derinlikte riperleme yapmaktadır. Burada dikkat edilecek husus, riperleme ile tohum dağıtma işleminin aynı anda yapılması gerekliliğidir. Riperleme işlemi esnasında toprak iyileştirme ve malç işlemleri de gerçekleştirilebilir.

Eğer ripperleme işlemi geniş toprak toprakları bıraktıysa, sekonder olarak diskleme ile çift sürme tekniği kullanılmaktadır. Büyük toprakları bir başka kırma tekniği ise tırmıklama tekniğidir.

Yüzey hazırlama tekniklerinden bir başkası, kontur sabanlaması ve teraslar oluşturulmasıdır. Saban sürmede en önemli kısıtlama, bu tekniğin ancak % 10'dan az eğime sahip şevlerde kullanılabilmesidir. Bu teknikte sabanlar, 90 cm aralıkla ve 30 cm derinlikte monte edilmelidir. Düz hat sabanlarından doğan görsel yarıklar on yıllarca bozulmadan kalıp, reklamasyonu doğal görüntüsünden uzaklaştırmaktadır.

Teraslar daha büyük oranda kontur sabanlarına benzemektedir. Bu teraslar şeve neredeyse dik uzanan kanallar oluşturmakta ve böylece sedimentleri toplayarak fazla suyu maden sahasından kontrollü bir şekilde uzaklaştırmaktadırlar. Teraslar en çok büyük sahalardaki pasa yığınları için uygun olmaktadır. Eğer teraslar kullanılacaksa, bunlar yeterli bir boyutlandırma ve drenaj eğimi için bir hidrolog tarafından dizayn edilmelidir.

#### **12.5.5.8. Gübreler ve toprak koşullandırıcıları**

Yeniden serilen üst toprağın ve üst toprak yerine geçecek malzemenin besin miktarını artırmak, ayrıca fiziksel, kimyasal ve su tutma özelliklerini artırmak için toprağın iyileştirilmesi (meliorasyon) gereklidir. Toprak meliorasyon işlemleri arasında kimyasal gübreler, kanalizasyon çamuru, hayvan gübresi ve talaş yan ürünleri sayılabilir. Talaş yan ürünleri ve saman ile malç yapılması su infiltrasyonunu artırırken toprak sıcaklıklarını düşürmektedir. Hayvan gübresi ve kanalizasyon çamurları sadece besin kaynağı olmayıp, aynı zamanda mükemmel birer toprak koşullandırıcıdır. Toprağa eklenen organik maddeler, faydalı bakteriyel popülasyonların yaşamasını teşvik etmektedir.

Gübreleme Oranları: Genel bir uygulama olarak yerli bitki türlerinin gübre ihtiyaçları, agronomik türlerden daima daha az olmalıdır. Gübrelemenin gereğinden fazla yapılması yabancı otların gelişmesini artıracığı için, ufak miktardaki denemelerden sonra gübre miktarı tedrici olarak artırılmalı ve yavaş salımlı gübreler kullanılmalıdır. Uygulama oranı olarak kurak iklim koşulları referans olarak alınmalıdır.

Gübreleme Metodları: Katı gübreler el ile dağıtılırken, sıvı gübreler yüzeye püskürtülmektedir. Gübre verme işi, yüzeyin hazırlanması esnasında kök zonuna nüfuz edecek şekilde yapılmalıdır. Aksi takdirde, azot uçup atmosfere karışmakta ve fosfor ise yalnızca toprağın ilk bir kaç santimetresinde sabitlenmektedir.

#### **12.5.5.9. Toprak yüzeyinin stabilizasyonu**

Bir şevin uzunluğu ve eğimi ile birlikte toprak türü ve yağış miktarı, yıllık toprak kaybını direkt olarak etkilemektedir. Bu toprak kaybını azaltabilecek teknikler arasında şunlar sayılabilir:

- Malç, kaya parçası ve ot molozu gibi faydalı örtü malzemesi uygulanması
- Konkav şevler ve aşırı kabartma gibi ekstrem işletme pratikleri uygulamak
- Ripperleme yaparak kompaktlaşmayı elimine etmek
- Yoğun yağmur ve kar erimesi olaylarında arazinin bu doğa olaylarına en az şekilde maruz kalmasını sağlamak

## **Biyokatıların Kullanımı**

Diğer organik madde ilavelerinde olduğu gibi, biyokatıların (bileşik kanalizasyon çamuru) kullanımı toprak yapısını oluşturmakta ve yüzeyi daha az sert bir hale getirerek su tutmasını geliştirmekte ve böylece erozyon kontrolü sağlamaktadır. Günümüzde biyokatıların yaygın kullanım alanı bulma nedenleri şunlardır:

- Biyokatılar, üst toprak yetersizliği olan, atık malzeme barındıran ve örtü tabakası bulunduran yerlerde mikrobiyal popülasyonu ve biyolojik aktiviteyi artırmaktadırlar.
- Biyokatılar yavaş salımlı bir gübre türü oldukları için, 5 yıllık bir periyot için azot ihtiyacını karşılamaktadır. Bu da fazla miktardaki azot durumunda ortaya çıkan yabancı otları önlemektedir.
- Uçucu kül gibi ince taneli malzeme ile karıştırılan biyokatılar toprağa gevreklik ve geçirgenlik özelliği kazandırırken, atıkların ıslanma ve kuruma özelliklerini geliştirmektedirler.
- Dışarıdan getirilen toprak malzemesine göre biyokatı kullanımı çok daha ekonomiktir.
- Biyokatı uygulamaları, pH oranlarını yaklaşık 1 derece düşürebilmektedir.

Biyokatıları kullanırken bazı kısıtlamalara dikkat etmek gerekmektedir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- Biyokatılar donmuş veya karla kaplı toprağa uygulanmamalıdır.
- Biyokatılar çok dik şevlere uygulanmayacağı için erozyona daha açık bir durum ortaya çıkabilir.
- Uygulanması için minimum 1.5 m derinliğinde bir su tablası ve yüzey suları için de 9.3 m'lik bir tampon bölme bulunmak zorundadır.
- Biyokatılar, içindeki metaller harekete geçeceği için düşük pH'lı topraklara uygulanmamalıdır.

Biyokatılar, içerdikleri ağır metal konsantrasyonlarına göre sınıflandırılmaktadır. İzlenmesi gereken metaller As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Mo, Ni, Se ve Zn'dir.

## **Malç**

Malç, koruyucu bir tabaka olup, organik veya inorganik bir maddedir. Saman, sap ve ağaç fibri, geçici olarak şev yüzeyini stabilize etmekte ve erozyonu önlemektedir. Malç işleminin literatürdeki tanımı, bozulmuş olan bir toprak yüzeyinin bitki kalıntısı veya kaya parçası gibi başkaca elverişli malzeme ile kaplanarak toprak neminin korunması ve erozyonun kontrol edilmesi şeklinde ifade edilmektedir. İlk bir kaç yıl için etkili olup, daha sonra bozunmaktadırlar. Asıl kalıcı toprak stabilizatörü ise kaya parçalarıdır. Şayet bitkiler şevin stabilitesini sağlayamıyorsa, mutlaka ekstra oranda kaya molozu tatbik edilmelidir.

Malç, bitki gelişiminden ziyade erozyon kontrolüne yardımcı olarak görülmektedir. Malç maddesi, yağmur damllarından oluşan darbeyi azaltmak ve tohumu bir zırh gibi örtterek korumak için kullanılmaktadır. Malç aynı zamanda toprağa su infiltrasyonunu sağlamada ve tohumları yerinde tutmada da yararlı olmaktadır. Çıplak ve çorak yüzeyler, bitki gelişene dek malç ile koruma altına alınabilmektedir. Malç işlemi, üzerinde mutlaka toprak bulunduran, nispeten düz veya az eğimli şevler için uygundur. Bununla birlikte, dik şevlere de ağlar ve örtüler yardımıyla başarıyla uygulanabilmektedir.

Malç malzemesinin seçimi temel olarak saha şartlarına ve malzemenin temin edilebilirliğine bağlıdır. Saman, sap, organik moloz gibi organik kökenli malçlarla taş parçası gibi inorganik kökenli malçlar en çok tercih edilen malzemelerdir, çünkü bunlar etkin olup çevre ile uyumludur (Şekil 13).



Şekil 13. Rekültive edilen yüzeylerde malç uygulaması.

**Kaya Parçası:** Kurak bölgelerde toprak yüzeyini kalıcı olarak stabilize etmek için kayalar kullanılmalıdır. Kayalar ayrıca bitki örtüsü oranının % 40'dan az olduğu yörelerde evaporasyonu da azaltmaktadır. Toprağı riprap ile veya iri çakıl malçı ile kaplamak, özellikle radyoaktif atık bölgelerinde çok uygulanmaktadır. Zırh görevi gören bu kaya parçaları, yağmur tanesinin enerjisini soğururken, su akış hızını düşürür ve toprağa su girişini artırır. Kaya malçı ister tek başına bir katman olarak, istenirse de yüzey toprakları ile birlikte karıştırılarak tatbik edilir.

**Atıklar:** Atık kelimesi, arazi bozulmadan önce kurtarılan bitki malzemesi anlamına gelmektedir. Bunlar ölü çalı ve ağaç parçalarıdır. Malç malzemesi olarak atık kullanılması erozyonu önlerken tohumları yerlerine sabitlemekte ve onları otoburlardan korumaktadır. Samanın ve sapın aksine, ortama rekabet gücü yüksek yabancı otlar getirmemektedir. Aynı zamanda atıklar nem miktarını yüzeyde sabitleyerek, şartlar uygun olduğunda tohumların filizlenmesini sağlamaktadır. Atık malzemesinin kullanımı için stok sahaları gerekmektedir.

**Saman ve Yonca:** Bu malzemeler genellikle zemin yüzeyini % 80-90 oranında örtecek şekilde, hektar başına 4-5 ton olarak tatbik edilmelidir. Uzun lifli sapsız ve samanlar kısımlarına oranla erozyon açısından daha avantajlıdır. Şayet malç malzemesi yüzey kabartma işlemleri esnasında toprağa bırakılmadıysa, tohumlamadan sonra uygulanmalıdır. Eğer malç uygulaması hidrotolumlama ile yapılacaksa, ikisi eş zamanlı olarak toprak yüzeyine verilmelidir. Bu saman ve yonca malzemesi el ile veya saman üfleyici ile dağıtılmaktadır.

**Ağaç Parçaları:** Bir bölgede ağaç parçalarının malç olarak kullanılmasına karar verilip verilmeyeceği, bu kaynakların rekültivasyon sahasına uzaklığına bağlıdır. Ağaç parçaları samana nazaran daha yavaş bozunmakta ve daha uzun süreli bir toprak iyileşmesi sağlamaktadırlar. Bu ağaç parçalarının C/N oranı çok yüksek olup (615/1), bozunmaları bundan ötürü 8-15 yıl sürebilmektedir.

Yüzeğe uygulanacak ağaç parçalarından oluşan malç malzemesi 5 cm kalınlıkta olmalıdır. Ağaç parçaları yerine talaş tozu kullanılması, nitrifikasyonu artıracığı ve bozunmayı hızlandıracağı için fazla önerilmemektedir.

**Ağaç Lifleri:** Ağaç lifleri aynı zamanda hidromalç olarak da bilinmektedir. Uzun lifli talaş, kağıt pulpuna göre daha büyük erozyon kontrolü sağlamaktadır. Uygulamada kolaylık sağlaması için hidromalç yeşile boyanmakta, fakat kısa sürede açık kahverengiye dönüşmektedir. Ağaç lifleri sulu çözeltiye karıştırılmakta ve hektar başına 1150-2250 kg olacak şekilde püskürtülmelidir. Bitki bazı reçineler ise, daha dik şevlere uygulama yaparken malç malzemesinin içine katılmaktadır.

### 12.5.6. Arazinin Yeniden Bitkilendirilmesi

Arazide herhangi bir teknik girişime kalkışmadan önce, arazinin başarılı bir yeniden bitkilendirme potansiyelinin ne olduğu araştırılmalıdır. Eğer saha yumuşak şevlerden ve kısmen de iyi kalitede topraktan oluşuyorsa, bu bölümde anlatılacak uygulamalar ile başarılı bir yeniden bitkilendirmeye ulaşılabacaktır.

#### 12.5.6.1. Bitkilendirme başarısı

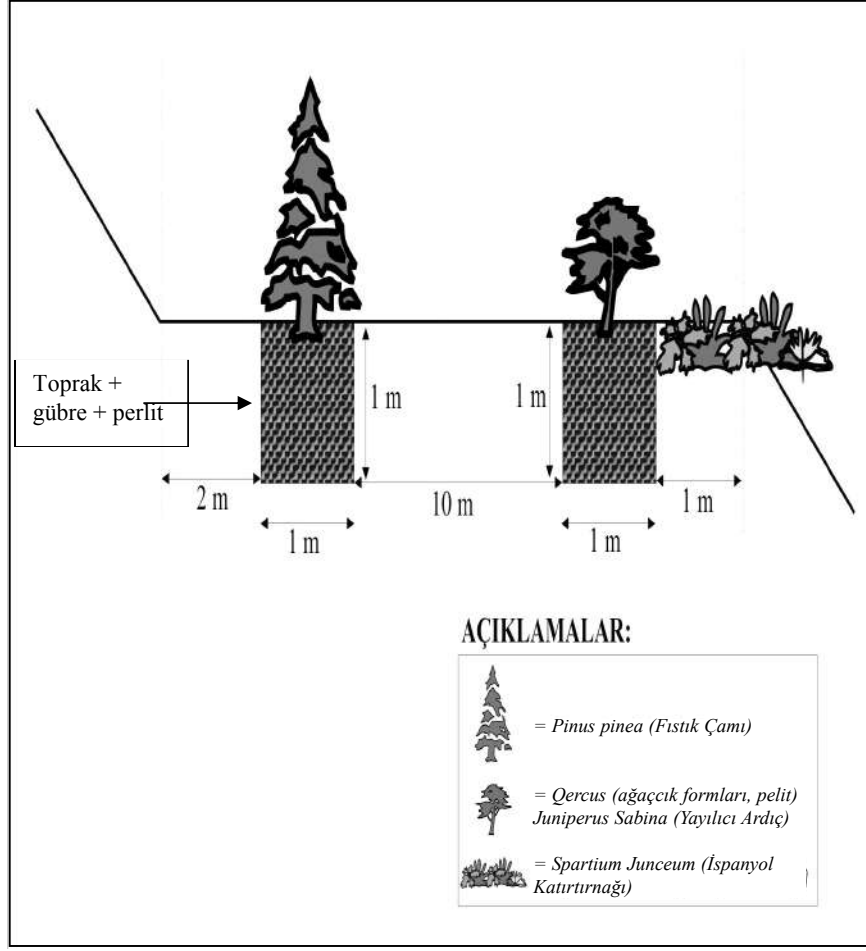
Burada belki de en kritik eleman nem kavramıdır. Yıllık yağış miktarı 254 mm'den az olan nispeten kurak yerlerde yapılan tohumlama işlemi problemlili olup, yeniden tohumlama teknikleri gerektirebilir. Bu orandan daha fazla yağış alan yerlerde ise standart bitkilendirme kuralları düzgün uygulanırsa, tohumlama işlemi başarıya ulaşacaktır. Tohum seçimi arazinin sonraki kullanım planına ve istenilen bitki örtüsüne bağlıdır. Arazi şekilleri ve yeniden bitkilendirme, şu arazi kullanımlarına göre değişkenlik gösterecektir:

- Bina yapımı
- Hayvancılık
- Vahşi hayatı koruma alanları
- Endüstriyel kullanım
- Rekreasyon alanları

Bir sahadaki bitkilendirme maliyeti sert çevre koşullarından oldukça etkilenmekte olup, bu koşullardan bazıları dik şevler, zayıf topraklar, çok rüzgar alan sahalar, düşük yağış alan sahalar, zehirli ot potansiyeli olan sahalar ve yüksek rakımlı yerlerdir.

Tohumlama yapılacağı zaman iyi bir planlama gerekmektedir. Gerçek tohumlama veya dikim işlemi yapılmadan en az 1 yıl önce nihai tohumlama planı netleşmeli ve dikilecek olan bitki tohumları mümkün olduğunca erken bir tarihte ısmarlanmalıdır. Tohumlanacak olan arazinin yüzölçümünün tam olarak bilinmesi, doğru miktarda malzeme siparişi açısından önemlidir. Şekil 14, İzmir-Belkahve yöresindeki taş ocaklarında önerilen basamak bitkilendirme kesitini göstermektedir.

Almanya'da terkedilmiş bir maden sahasında başarı ile gerçekleştirilen bitkilendirme çalışması Şekil 15'te verilmektedir.



Şekil 14. İzmir-Belkahve'deki basamak bitkilendirmesinin kesit görünümü.



Şekil 15. Terk edilmiş bir madende başarılı bir bitkilendirme çalışması (Almanya).

### 12.5.6.2. Bitki türünün seçimi

Ne tür bitki dikileceğine karar verilmesi için öncelikle bir liste hazırlanıp, bu listeye ilerideki arazi kullanımı, toprak özellikleri, yağış miktarı, rakım, sıcaklık ve civardaki bitki örtüsü gibi seçenekler dahil edilmelidir. Eğer yerli türler seçilecekse, bu türlerin mutlaka yöresel iklime, toprağa ve rakıma adapte olabilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte yüksek maliyetten dolayı, ayrıca toprak ve topoğrafya gibi sürekli değişen fiziksel özelliklerden ötürü, çevredeki arazinin kopya edilmesi her zaman mümkün olmamaktadır. Bu yüzden tohumlama yapılmadan önce seçilen türlere alternatifler geliştirilmelidir.

Atılacak tohum karışımları her bir yaşam formundan çeşitli türleri içermelidir. Tohum karışımında kullanılan yaşam formları, otlar, çalılar ve ağaçlardır. Tipik bir tohum karışımı her bir kategoriden en az 3 veya 4 tür içermelidir. Ülkemizde hüküm süren iklim koşullarında kullanılabilecek bitki türleri Çizelge 4'de verilmektedir.

Çizelge 4. Rekültivasyonda kullanılan bazı bitkiler ve bunların özellikleri (Güney, 1992).

#### ÇOKYILLIK OTSULAR VE OTSU TIRMANICILAR

Adı	Formu	her-dem yeşil	hızlı gelişir	kuraklığa dayanıklı	güneşe ve sıcağa dayanıklı	ıslak toprakta gelişir	gölgeye dayanıklı	dik yamaçlarda gelişir	deniz kıyısı ve tuzlu toprak	yanığına toleranslı	zayıf topraklarda büyür
Civan perçemi	Toplu	*		*	*						*
Çıtır	Toplu	*	*		*	*					
Tüylü boynuz otu	Sürünücü	*				*					
Makas otu	Sürünücü	*	*	*	*				*	*	*
Gazanya	Sürünücü	*			*						
Orman sarmaşığı	Tırmanıcı-yayılıcı	*				*	*	*		*	
Hanımeli	Tırmanıcı-yayılıcı		*		*	*	*	*			*
Gazal boynuz	Yayılıcı		*		*			*			*
Aktaş yoncası	Yayılıcı	*	*					*			*
Korunga	Sürünücü			*	*			*			*
Adaçayı	Toplu	*	*	*	*			*			*
Kekik	Sürünücü			*	*			*	*		
Üçgül	Sürünücü	*	*			*		*			*
Mine	Sürünücü	*	*		*						
Cezayir menekşesi	Sürünücü	*				*	*				

Çizelge 4. Devamı.

ÇALI VE ALT ÇALILAR -1

Adı	Formu	Doku	hızlı gelişir	kuraklığa dayanıklı	güneşe ve sığağa dayanıklı	ıslak toprakta gelişir	gölgeye dayanıklı	dik yamaçlarda gelişir	deniz kıyısı ve tuzlu toprak	yanığına toleranslı	zayıf topraklarda gelişir
Zahra	Dağınık	Orta sık		*	*			*			
Hanım tuzluğu	Dik-dağınık	Orta sık				*	*				
Keçiboğan	Toplu	Sık		*				*			*
Laden	Çok toplu	Sık		*	*			*	*		
Laden	Toplu	Sık		*			*				
Dağ muşmulası	Yaygın	Orta sık	*			*		*			*
Dağ muşmulası	Alçak yaygın	Orta sık				*		*			*
Dağ muşmulası	Dik-dağınık	Sık									
Akdiken	Dik-dağınık	Orta		*	*		*	*			
Funda	Dağınık	Orta sık		*	*			*	*		
Yasemin	Toplu dağınık	Sık	*	*				*			*
Kış yasemini	Toplu dağınık	Çok sık			*	*			*		
Ardıç	Dağınık	Çok sık			*			*	*		
Ardıç	Sürünücü	Çok sık			*			*	*		
Lavanta	Dik	Orta sık		*	*			*		*	*



Çizelge 4. Devamı.

## ÇALI VE ALT ÇALILAR -2

Adı	Formu	Doku	hızlı gelişir	kuraklığa dayanıklı	güneşe ve sıcağa dayanıklı	ıslak toprakta gelişir	gölgeye dayanıklı	dik yamaçlarda gelişir	deniz kıyısı ve tuzlu toprak	yanığa toleranslı	zayıf topraklarda gelişir
Hanımeli	Sürünücü	Sık		*	*						
Hanımeli	Dağınık	Orta sık		*	*			*			
Sincan dikenli	Dağınık	Orta sık		*	*			*		*	*
İzmir kekiği	Dağınık	Çok sık		*	*			*			*
Güvem	Dik-dağınık	Orta				*	*				
Akçakesme	Dağınık	Sık			*			*			*
Ateş dikenli	Dik-dağınık	Sık	*	*				*			
Söğüt	Dağınık	Orta				*	*	*			
İspanyol katırtırnağı	Dağınık	Orta	*		*			*	*	*	
Çeti	Yastık	Sık		*	*			*			*
Keçi sakalı	Dik	Sık					*	*			
İnci	Toplu	Çok sık				*		*			
İlgün	Dik-dağınık	Orta	*	*	*			*	*		*
Kekik	Toplu	Çok sık		*	*			*			*
Dikenli katırtırnağı	Dağınık	Sık			*						*

Çizelge 4. Devamı.

## AĞAÇ - AĞAÇCIKLAR

Adı	Kış durumu	Doku	hızlı gelişir	kuraklığa dayanıklı	güneşe ve sıcağa dayanıklı	ıslak toprakta gelişir	gölgeye dayanıklı	dik yamaçlarda gelişir	deniz kıyısı ve tuzlu toprak	yanına toleranslı	zayıf topraklarda gelişir
Kıbrıs akasyası	Herdem yeşil	Sık	*	*		*		*	*		*
İzmir mimozası	Herdem yeşil	Sık		*		*		*			*
Amber	Yaprak döker	Gevşek		*				*			
Kokarağaç	Yaprak döker	Gevşek	*	*				*		*	*
Kızılağaç	Yaprak döker	Orta sık		*							
Kelebek çalısı	Herdem yeşil	Gevşek				*					*
Erguvan	Yaprak döker	Orta sık			*						*
Demir ağacı	Herdem yeşil	Orta sık		*	*						
Keçi boynuzu	Herdem yeşil	Sık		*		*		*	*		
Sıtma ağacı	Herdem yeşil	Orta	*	*	*	*			*		*
İğde	Yaprak döker	Orta sık		*		*			*		*
Gladiçya	Yaprak döker	Gevşek		*		*					*
Adi kurtboğan	Yaprak döker	Orta sık	*		*		*				
Sülün akasya	Yaprak döker	Gevşek		*		*					*
Fırat kavağı	Yaprak döker	Gevşek	*		*						
Meşe	Yaprak döker	Orta sık		*				*			*
Yalancı akasya	Yaprak döker	Orta sık	*	*		*					*
Yalancı karabiber	Herdem yeşil	Sık	*	*		*				*	

### 12.5.6.3. Tohumlama zamanı

Genellikle tohumlama için sonbahar mevsimi tercih edilmelidir. Bunun nedeni, ilk tohumlamanın yılın en çok yağış alan mevsiminden hemen önce yapılmasıdır. Sonbaharda yapılacak bu tohumlamalar mümkün olduğunca geç yapılmalı (Ekim başından sonra) ve böylece filizlenmenin sonraki ilkbahara kadar başlamaması sağlanmalıdır. Sonbaharın ilk başlarında dikim yapmak, ağır kış koşullarından önce yeterli kök gelişimi olamayacağı için, oldukça riskli olmaktadır. Kış süresince özellikle kar örtüsünün olmadığı sert şartlarda, tohumların ölüm oranı artmaktadır. Eğer toprağın yüzeyi gevrek bir yapıdaysa, gevşekse ve donmamışsa, tohumlama kış mevsiminde de yapılabilmektedir.

Yüksek sıcaklıklara ve kurak iklime dayanıklı ılık iklim türleri filizlenmek ve büyümek için sıcak toprak şartları istemektedir. Bu yüzden sınırlı da olsa, bazen Ağustos başında bu türler için tohumlama gerekebilmektedir. Bir bölgede hem soğuk iklim hem ılık iklim tohumlaması yapılacaksa, yılda iki kez tohumlama yapılmalıdır. Ancak tohumlama sadece bir kez yapılacaksa, bunun yaz başında uygulama gerekmektedir.

### 12.5.6.4. Tohumlama yöntemleri

Tohumlar el ile saçılarak veya makina ile (mibzer) ekilmektedir. *Artemisia* gibi bazı türler filizlenmek için ışığa ihtiyaç duyduklarından bunların yüzeye elle dikilmesi gerekirken, bazı türler daha derin bir büyüme zonu istemektedir. Bazı durumlarda bu 2 yöntemin kombinasyonu da kullanılabilir. Pratikte hangi tür nasıl bir ekim gerektiriyorsa, tohumlar o derinlikte ekilmelidir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Araziye göre tohumlama yöntemleri.

Arazi Durumu	Delerek	Saçarak	Hidro	Havadan
Çayır	+		+	
Dik Şevler			+	+
Taşlı Topraklar		+	+	+
Küçük Alanlar (4 hektar)		+	+	
Büyük Alanlar (20 hektar)	+	+	+	+

**Mibzer ile Tohumlama (Drill):** Bu yöntem, tohumları, toprağın içinde önceden belirlenen derinliğe yerleştirmektedir. Tohumlayıcı makina, genellikle bir traktörün veya dozerin arkasında çekilmektedir. Tohum ekme makinası şu parçalardan ibarettir:

- Derinlik bantları ve baskı tekerlekleri
- Karıştırıcılar içeren çoklu kutular
- Tohum atan yerin arkasında bulunan ve eşit üst toprak kalınlığı sağlayan eklenmiş zincirler

Günümüzde engebeli arazide farklı boyutta tohum atmaya yarayan ve farklı tohum kutuları bulunduran hibrid tohumlama makinaları mevcuttur. Saçarak tohumlamanın yapılması gerektiği

yerlerde selektiflik sağlaması açısından, mibzer ekipmanına bir siklon şekilli tohumlayıcı da eklenebilmektedir. Mibzer ile tohumlamanın dezavantajları, yüzey pürüzlülüğünü azaltması, düz hatlarda oluşan bitkiler üretmesi ve bazı türlere daha fazla yaşama şansı tanınmasıdır.

**Saçarak Tohumlama:** Saçarak tohumlama toprak engebesini koruyabildiğinden, birçok durum için en çok önerilen yöntemdir. Saçarak tohumlama yöntemi, tohumu toprak yüzeyine yerleştirmektedir. Tohum yatağı gevşekse ve ekstrem kabartma teknikleri kullanılmışsa, tohum genellikle çamurlaşmaya bağlı olarak farklı derinliklerde gömülmektedir. Eğer tohum yatağı kabuklu ise, yüzeyin tohumlama işlemi ile eş zamanlı olarak tırmıklanması gerekmektedir. Yüzey kabartma işleminden hemen sonra tohumlama yapılması, kabuklanma oluşmadan önce tohumu yere sokacaktır. Tohumların çoğunun yüzeyde bırakılmaması gerekmektedir, aksi takdirde bu tohumlar kurumakta ya da hayvanlar tarafından yenmektedir.

Saçarak tohumlama elde tutulan veya siklonu olan bir ekipman ile yapılmaktadır. El ile yapılan tohumlamanın 12 dönüm kadar geniş alanlara dek maliyeti oldukça düşüktür. Daha geniş alanlar için ise tekerlekli araçlara veya helikoptere monte edilmiş siklon tipi tohumlayıcılar kullanılmaktadır.

**Hidrotohumlama:** Hidrotohumlama da bir çeşit saçarak tohumlama yöntemi olup, tohumu tatbik etmek için taşıyıcı ortam olarak suyu kullanmaktadır. Köpüklenmeyi önlemek ve uygulayıcıya kolaylık sağlaması açısından, bu çamurda 5670 lt suya karşılık 45-135 kg oranında ağaç sapları bulunmalıdır. Gübre maddesi içindeki tuzlar tohumun filizlenmesini % 50 oranında azaltacağı için, tohum ve gübre bu çamur içinde karıştırılmamalıdır. Tohum, bu sulu çamura dikim işleminden hemen önce eklenmelidir ve tohumun su içinde 30 dk'dan fazla kalması önlenmelidir. Eğer daha fazla kalırsa kendi kendine filizlenmeye başlamakta ve tatbik edilirken zarar görebilmektedir. Şekil 16 tipik bir hidrotohumlama uygulamasını göstermektedir.



Şekil 16. Hidrotohumlamanın yapılışı (Bucyrus Mining Co., 1976).

### 12.5.6.5. Sulama

Rekültive edilmiş sahalarda yerli bitki gelişimi için sulama, sadece yıllık yağış ortalaması 254 mm'nin altında bulunan kurak ve yarı kurak bölgelerde bitki büyümesini hızlandırmak için kullanılmaktadır. Yerli bitkiler sadece bahar aylarını taklit edecek oranda ve sadece ilk büyüme yılında sulanmalıdır. Sulamanın daimi olması gerektiği durumlarda rekültivasyon giderlerine ek maliyetler binmektedir.

### 12.5.7. Çöktürme Havuzları

Çökeltme havuzları ve siltleşme yapıları, yüzey sularına yapılacak sediment katkısını minimize etmek için kullanılmaktadır. Çökeltme havuzları suyun hızını azaltarak toplarlar ve böylece tabana sedimentlerin çökmesini sağlarlar. Çökeltme havuzlarının bir başka faydası ise, drenaj alanından yüzey suyuna olan maksimum akış hızını azaltmasıdır. Çökeltme havuzları, toprak malzemedan yapılan bir bent ile kazılabilir veya inşa edilebilir. Bir çok amaç için bu havuzların doğal drenajların dışında yer alması önerilmektedir. Açık işletme metodu kullanılan madenlerde çökeltme havuzu genelde ocak çukurudur ve bozulmuş arazideki drenaj bu çukura doğru yönlendirilmelidir.

Bir çökeltme havuzu ile su tutma yapısı arasındaki en büyük fark, boyutu ve işlevidir. Su tutma ve siltleşme yapıları daha küçük boyutta olup, bunlar sedimentler havuza gitmeden önce onları toplamak için kurulan yardımcı yapılardır. İnşa edilecek çökeltme havuzlarının, bozulmaları durumunda insan hayatına, civardaki binalar ile otoyollara zarar vermeyecek bir noktada seçilmeleri gerekmektedir.

## 12.6. İŞLETİLMESİ SONA ERMİŞ AÇIK OCAKLARIN KULLANIM OLANAKLARI

### 12.6.1. Tarımsal Kullanım

Açık ocak sahasının tarımsal amaçlı kullanımı için, yeterli kalınlıktaki bir kültür toprağı tabakası yanında en az 5 hektar'lık bir alan ve en alt kottaki basamağın, yeraltı su tablasının ortalama 0.8-1 m üzerinde olması istenir. Ayrıca erozyon tehlikesine karşı arazi eğimi 1:67'yi (% 1.5) geçmemelidir (Stürmer, 1992).

### 12.6.2. Orman Amaçlı Kullanım

Burada, tarımsal kullanımdakine benzer koşullar geçerlidir. Yetiştirilecek ağaç türü yöre koşullarına (iklim vs.) uygun seçilmelidir. Arazi eğimi düşük ila orta arasında değişebilir. Bırakılacak yollar ve olası dinlence sahaları, orman oluşumuna zarar vermeyecek şekilde konuşlandırılmalıdır. Bu alternatif, hemen hayata geçirilebilecek bir seçenek değildir, dolayısıyla bölgenin yeşillendirilmesine kısa vadede katkı sağlamayacaktır. Bu seçenek kısa vadede var olan kotların ve yeni oluşturulan kotların genel peyzaja entegre edilmesi, ilerideki ağaç genişlemelerine fırsat tanımak ve ocağın kötü görüntüsünü bertaraf etmek için, uzun vadede ise yani tarımsal kullanımdaki şartlara bağlı yerlerde orman alanları oluşturmak için düşünülebilir. Bir maden sahasında dikimi tamamlanmış orman alanının kesiti Şekil 17'de görülebilmektedir.



Şekil 17. Üretimi tamamlanmış bir sahadaki ormancılık denemesi.

### 12.6.3. Nihai Ocak Çukurunun Bir Göl Şeklinde Düzenlenmesi

Açık ocak nihai çukuru işletme sonunda yeraltı su tablasının altında bulunuyorsa, bunun bir göl olarak düzenlenme olanağı vardır. Ancak bu yapılırken, özellikle dökülmüş gevşek malzemeden oluşan şevlerde eğimin yeterince düşük olmasına özen gösterilmelidir (1:4 ila 1:10) aksi takdirde bu şevler (göl oluşumundan sonra bu şevler, kıyı gibi davranacaktır), göldeki dalgalar nedeniyle sürekli aşınarak yıkılacak, bu da kullanılabilir alanı küçültecektir (Köse et al, 1993). Su bitkileriyle donanmış bir kıyı erozyona karşı korunmuştur ve göle doğal bir görünüm kazandırır. Kıyı toprağını erozyona karşı korumasının yanısıra, bu bitkilerin kıyı bölgesi içinde ekolojik etkileri de sözkonusudur (su sıcaklığı, ek oksijen üretimi ve sığ bölgelerdeki suyun biyojen havalandırılması). Bu faktörler de suyun kendi kendini temizleme yeteneğini artırır. Ancak nihai çukurun bir göl haline getirilmesi, bazı dezavantajları da içerir. Bunlardan en önemlisi, derinliğine çalışmış ocakların nihai çukurlarında (yeraltı su tablasının durumuna göre) su derinliğinin yatay uzanımına göre çok fazla olabileceğidir. Bu özellik suyun yetersiz hareketine, bu ise derinlerde oksijen içermeyen ölü su tabakalarının ve bunlardan kaynaklanan problemlerin ortaya çıkmasına yolaçar. Diğer bir dezavantaj ise, yüksek orandaki buharlaşma ve buna bağlı olarak kuru iklim bölgelerinde yeraltı suyunun azalabileceğidir. Suni olarak oluşturulacak göletler sadece rekreasyon amaçlı da kullanılabilir, bunun yanında su şartları da uygunsa balıkçılık da yapılabilir. Şekil 18'deki fotoğrafta içinde suni bir gölet barındıran ve eskiden açık kömür ocağı olarak işletilmiş ve sonradan rekreasyon alanına çevrilmiş bir saha örneği izlenebilmektedir.



Şekil 18. Rekreasyon alanına dönüştürülmüş eski bir kömür ocağı.

#### 12.6.4. Bina İnşa Edilmesi

Bu alternatif altında, yeterli yüzölçümü bulunan düzlüklerde ve zeminin konsolidasyonunun ve kayma mukavemetinin yüksek olduğu düzlüklerde şu yapıların inşası düşünülebilir:

- Nispeten rakımı yüksek yerlerde manzarayı izlemek için café ve restoran tarzında değişik tesisler kurulabilir.
- Ağaçlandırmanın yoğun olacağı bölgelerde aşağıdaki örnekte görüleceği üzere kısmi olarak dağ evleri ve golf sahaları inşa edilebilir (Şekil 19).
- Oluşturulan park ve ormandaki görevlilerin kalabileceği konutlar,
- Sanayideki şirketlerin kira olarak kullanımına sunulabilecek makina parkları ve ekipmanlar için inşa edilecek depolar,
- Özellikle çam türü ağaçların yoğun olduğu, gürültüden uzak ve geniş düzlükte inşa edilebilecek senatoryumlar ve rehabilitasyon merkezleri,
- Ayrıca, önünde yeteri kadar düzlük bulunan girişi kolay ve daha dik şevler bulunan yöreler yaz aylarında arabalı sinema olarak hizmet verebilir (Pamukçu, 2004).

Yine formasyonun stabilitesini ve yerel alt yapıyı iyi oturtmak ön şartıyla sportif tesislere de eğilinmelidir. Sportif tesisler başlığı altında şu çözümler önerilebilir:

- Güney bakılı olmayan bir alana çim futbol sahası ve dar kapasiteli portatif tribünler,
- Basketbol, voleybol, fitness ve aerobik dallarında hizmet verebilecek kapalı spor salonu,
- Tennis kortları
- Halı sahalar

Bu bina inşası alternatiflerine bir ekleme de basamaklı şekli müsait olduğu için açık amfityatro kurulması düşünülebilir. Şekil 20, ABD'de Virginia eyaletinde amfityatro haline getirilmiş bir kömür ocağının aşamalarını göstermektedir.



Şekil 19. Kil aynalarının etrafına inşa edilmiş dağ evleri - Michigan, ABD.



Şekil 20. Açık kömür ocağının ilk durumu ve rekültivasyondan sonra amfiteyatroya haline getirilmiş durumu, ABD.



### 12.6.5. Doğal Parklar

Belli bir kullanım amacına yöneltilmemiş eski ocaklarda da görüldüğü gibi, buralarda belli bir süre sonra doğal bir bitkilenme ve hayvan topluluğu oluşumu gözlenmektedir. Aynı zamanda buraları çoğu kez, çevre araziden, yoğun sanayi ve yerleşim nedeniyle kaçmak zorunda kalmış bitki ve hayvanlara da ev sahipliği yapmaktadır. Yeterli korumanın sağlanmış olması önkoşuluyla, bu bölgeler hatırı sayılır bir bitki örtüsü ve hayvan varlığı barındırabilir ve doğal koruma altına alınabilir.

### 12.6.6. Çöp (Moloz) Sahası Olarak Kullanım

Nihai çukur halini almış eski ocakların diğer bir kullanım şekli, çöp veya moloz döküm sahası olarak kullanılmasıdır. Ancak bu şık sadece ocağın yerleşim bölgeleri veya sanayi tesislerine uygun mesafede yer aldığı ve bu tür bir atık sahasına gereksinim duyulduğu zamanlar mantıklı olmaktadır (Köse et al, 1993). Burada arazinin eski şeklini alması ve yeterli kalınlıkta kültür toprağı da serilerek doğal bitki örtüsüne integrasyonu sağlanabilir. Bu yöntemde şu koşulların yerine gelmesi gerekmektedir;

- ocak çukurunu olabildiğince nötr malzemeye doldurma
- toksik veya diğer tehlikeli maddelerle doldurma sözkonusu olacaksa veya yeraltı su seviyesinin altında kazı yapılmışsa, ocak çukurunu balçık, kil, sentetik malzemeler, asfalt, naylon veya benzeri malzemelerle yalıtımak
- yüzey veya yeraltı sularının kirlenmesini önlemek
- çevreye zarar vermeyen bir susuzlandırma için gerekli önlemlerin alınması
- çöp ve/veya bunların yakılmasından oluşacak kötü kokunun önlenmesi
- işletme araçları ve atık malzeme getiren araçların çıkaracakları gürültünün en aza indirilmesi

### 12.6.7. Hayvancılık Yapılması

Yine uygun olan bölgelerde hijyen koşullarına bağlı olarak ve içinde kendi arıtma tesislerini barındıran büyükbaş hayvan yetiştirme çiftlikleri kurulabilir. Ancak bu uygulamada arazi bir yandan kullanıma açılırken diğer yandan çevreye ve güçlkle oluşturulmuş bitki örtüsüne zarar verilmemelidir. Büyükbaş hayvancılığın yanı sıra bal üretimi için kovan takımları kurularak arıcılık da teşvik edilebilir (Şekil 21).



Şekil 21. Terkedilmiş ocaklarda kurulabilecek hayvancılık çiftliği ve arıcılık örnekleri.

## 12.7. TÜRKİYE'DE REKÜLTİVASYON UYGULAMALARI

Ülkemizde uzun yıllar boyunca maden faaliyetlerini sınırlayan yaptırım gücü olmayan kanunlardan dolayı rekültivasyon çalışmaları geniş bir tabana yayılamamıştır. Ülkemizde rekültivasyon çabaları ilk olarak devlete ait işletmelerde başlamış ve bunlara daha sonra çevre konusunda hassas özel işletmeler katılmıştır. Son birkaç yıl içinde ise doğa onarımına özel sektör tarafından verilen özen, üssel bir hızla artış göstermektedir.

Türkiye'de ilk rekültivasyon girişimleri Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) kanalıyla başlamıştır. TKİ'nin arazi düzenleme ve iyileştirme çalışmalarını başlattığı ilk müessese Kütahya-Tunçbilek'te bulunan Garp Linyitleri İşletmesi'dir. GLİ'de 1980-81 yılları arasında 90 ha'lık alan teraslanarak 21.000 çam fidanı dikilmiş ve % 60 oranında başarı elde edilmiştir. Çalışmalara 1987 yılında tekrar hız verilmiş ve toplamda 130 ha'lık alan ıslah edilerek 320.000 karaçam ve sedir türü fidan dikilmiştir (Ünver, 1992).

Seyitömer Linyitleri İşletmesi'nde (SLİ) çalışmalar 1987'de başlamış ve 100 ha'lık alan teraslanarak 225.000 adet karaçam ve sedir fidanı dikilmiş, ancak verim elde edilememiştir. Seyitömer'de bu ağaçlandırma ile öncelikle erozyonun önlenmesi hedeflenmiştir. Afşin-Elbistan'da da ağaçlandırma çalışmalarına 1987 yılında başlanmış, 235 ha'lık alana yaklaşık 264.000 fidan dikilmiştir.

Muğla'da bulunan Güney Ege Linyitleri İşletmesi'nde (GELİ) ise 1991 yılında bitkilendirme çalışmalarına başlanmış ve mülkiyeti Orman İdaresi'ne ait 542 ha'lık alanda dikimlere başlanmıştır (Elçim ve Atasay, 1999).

Bunun dışında yine TKİ'ye bağlı Orta Anadolu Linyitleri İşletmesi'nde (OAL) 1991 yılında Orman Bölge Müdürlüğü ile imzalanan protokollerden sonra bitkilendirme çalışmalarına henüz başlanmıştır. Türkiye'deki rekültivasyon uygulamalarına örnek olarak Eti Holding'in Kestelek İşletmesi'ndeki ağaçlandırma çalışması ile bazı belediyelerin çöp döküm sahalarındaki uygulamalar da eklenebilir.

Devlettteki bu uygulamalara ek olarak özel sektördeki rekültivasyon çalışmalarına önem veren şirketler arasında Aydın Linyit (kömür ocağı), Kale Maden (kaolin ocağı), Soylu Endüstriyel Hammaddeler A.Ş. (pomza ocağı) girmişlerdir. Özel sektörden beklenen, bu şirketlere yenilerinin katılımı ile ülke çapında rekültivasyonun yaygınlaştırılmasıdır.

Şekil 22'de görülen yakın zamanda çekilmiş fotoğraflar, GELİ'de yapılmış olan rekültivasyon çalışmalarını göstermektedir.



Şekil 22. GELİ'deki rekültivasyon uygulamaları (Pamukçu, 2004).

## KAYNAKLAR

- Bucyrus Mining Co., 1976, "Surface Mining Supervisory Training Program, ABD, pp. 6-8, 6-29.
- Çelem, H. 1988, "Sorunlu Alanlarda Bitkilendirme Tekniği", Ankara: Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları. No: 1047.
- Down, G. & Stocks, J., 1977, "Environmental Impact of Mining", Essex: Science Publishers Ltd., pp. 11-17.
- Elçim, E. & Atasay, E., 1999, "Rekültivasyon Çalışmaları ve GELİ'deki Uygulamaları", Lisans Tezi, İzmir: DEÜ Maden Müh. Böl, pp. 43-48.
- Goergen, H., et.al, 1987, "Festgesteinstagebau", Trans-Tech Publications, pp.217-243, Clausthal-Zellerfeld.
- Güney, A., 1992, "Peyzaj Onarım Tekniği", Ders Notu, E.Ü. Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İzmir.
- Köse, H, Şimşir, F. & Güney, A., 1993, "Açık Maden İşletmelerinde Rekültivasyon ve Rekreasyon", DEÜ Müh. Fak. Basım Ünitesi, pp. 9-10, 42-44, İzmir.
- Michaud, L.H., 1981, "A Manual of Reclamation Practice", Ontario: International Academic Services Ltd.
- Pamukçu, Ç., 2004, "Açık Ocaklarda Alternatif Rehabilitasyon Modellerinin Geliştirilmesi ve Örnek Bir Uygulama", Doktora Tezi, DEÜ Fen Bil. Enst., İzmir.
- Ramani, R.V., Sweigard, R.J. & Clar, M.L., 1990, "Reclamation Planning-Surface Mining Handbook", A.B.D., pp. 750-769.
- Ramani, R.V. & Sweigard, R.J., 1983, "Development of A Procedure For Land Use Potential Evaluation For Surface Mined Land Report", U.S. Dept. of the Interior Bureau of Mines, pp 114.
- Sendlein, L.V., Yazıcıgil, H. & Carlson, C.L., 1983, "Surface Mining Environmental Monitoring and Reclamation Handbook", New York: Elsevier, pp. 421-427.
- Stürmer, A., 1992, "Rekultivierung im Rheinischen Braunkohlenrevier", Üretimi Bitmiş Maden Ocaklarının Sıhıhleştirilmesi ve Yeniden Doğaya Kazandırılması Sempozyumu, İstanbul, 12-13 Ekim.
- Ünver, Ö., 1992, TKİ Kurumunda Arazi Islah Çalışmaları, Uluslararası Çalışma Grubu Topl., Milli Kütüphane, Ankara.



# Bölüm 13

## Madencilik ve Çevre

Maden Yük. Müh. Çağatay DİKMEN

### İÇİNDEKİLER

13.1. GİRİŞ .....	727
13.2. ÇEVRESEL ETKİLER .....	728
13.3. YASAL DÜZENLEMELER .....	730
13.3.1 Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği .....	730
13.3.2. Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği .....	732
13.3.3. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği .....	736
13.3.4. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği .....	737
13.3.5. Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği .....	738
13.3.6. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği .....	739
13.3.7. İşyeri açma ve çalışma ruhsatlarına ilişkin yönetmelik .....	740
KAYNAKLAR .....	741
EKLER .....	742
EK.1. Metalurji Ve Madencilik Sanayilerinin Gayrisihhî Müessese Sınıfları Listesi .....	742



### 13.1. GİRİŞ

Bu bölümde madencilik ve çevre ilişkisine kısaca değinilerek Maden Mühendisinin planlama yaparken çevre konusunda göz önünde bulundurması gereken öğeler tartışılmış, şu an yürürlükte bulunan çevre mevzuatı hakkında bilgilendirilmesine çalışılmıştır.

Madencilik büyük ve dünya çapında bir endüstridir. Madencilik terimi yalnızca binlerce insanın çalıştığı ve her ay milyonlarca ton cevher ve kayacın yer değiştirdiği bir sektörü değil insanoğlunun hayatının tüm evrelerinde doğrudan veya dolaylı yollarla kullandığı bir çok maddenin üretimini de ifade etmektedir. Madencilik deniz seviyesinin 4000 m altından 4000 m üstüne kadar, kutuplardan tropik ormanlara kadar aklın alabileceği her yerde yapılan bir faaliyettir ve birbirinden çok farklı yöntemlerle üretilen 150'den fazla mineral bulunmaktadır.

Madencilik faaliyeti doğada, daha doğrusu yerkabuğunda bulunan enerji hammaddelerinin ve mineral maddelerin kazılarak yeryüzüne çıkarılması ve ardından bir dizi işlemde geçirilerek sanayi girdisi haline getirilmesinden oluşur. İşlemlerin doğrudan doğada gerçekleştirilmesi mecburiyeti nedeniyle de çeşitli etkilerin meydana gelmesi kaçınılmazdır.

Üretim yapıldığında, doğal ortamda sıfır tahribat olması mümkün değildir. Kirlilik ise, her zaman yönetmeliklerde verilen limit değerlerin altına indirilebilir. Fakat, bunlarla doğadaki değişimin önüne geçilemez. Değişim de mutlak olumsuz bir olgu değildir.

Madencilik sektöründe, çevre dostu teknoloji ve yöntemlerin kullanılması, madencilik süreçlerinde ya da sonrasında çevrenin korunmasına ya da yenilenmesine yönelik önlemlerin alınması, sektörün gelişimini engellemeyecek, aksine genel anlamda sektörün gelişimine yönelik katkıyı yapacaktır ( Değerli, 2002)

## 13.2. ÇEVRESEL ETKİLER

Enerji tüketimi, havaya etkisi, suya etkisi, arazi kullanımı, sağlık ve güvenlik başlıkları Birleşmiş Milletler komisyonlarının madencilik çalışmalarının çevreye etkileri olarak ifade edilmektedir (UNEP).

Bir maden işletmesinin çevresel açıdan planlanmasında ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde öncelikle faaliyet için seçilen yerin ve faaliyetin etki alanının çevresel özellikleri belirlenmelidir. Bunlar:

1. Fiziksel ve Biyolojik çevrenin özellikleri ve doğal kaynakların kullanımı:
  - i. Meteorolojik ve iklimsel özellikler,
  - ii. Jeolojik özellikler
    - a) Bölge jeolojisi
    - b) Çalışma alanı ve jeolojisi
  - iii. Hidrojeolojik özellikler
    - a) Sahanın genel karakteri
    - b) Yer altı su seviyesi
    - c) Yer altı suyundan faydalanma durumu (Mevcut her türlü keson, derin, artezyen v.b. kuyu)
  - iv. Hidrolojik özellikler
    - a) Faliyetin göl, baraj, gölet, akarsu ve diğer sulak alanlara göre konumu
    - b) İçme, kullanma, sulama amaçlı kullanım durumları
  - v. Toprak özellikleri
    - a) Toprak yapısı ve arazi kullanım kabiliyet sınıfı
    - b) Yamaç stabilitesi
    - c) Sahanın erozyon açısından durumu
    - d) Doğal bitki örtüsü olarak kullanılan mera, çayır v.b.
  - vi. Tarım ve hayvancılık
    - a) Tarımsal gelişim proje alanları
    - b) Sulu ve kuru tarım arazilerinin büyüklüğü
    - c) Ürün desenleri ve bunların yıllık üretim miktarları
    - d) Hayvancılık türleri, adetleri ve beslenme alanları
  - vii. Flora ve fauna
    - a) Türler, endemik türler, yaban hayatı türleri ve biyotoplar, ulusal ve uluslar arası mevzuatla koruma altına alınan türler
    - b) Nadir ve nesli tehlikeye düşmüş türler ve bunların yaşama ortamları, bunlar için belirlenen koruma kararları
    - c) Av hayvanları ve bunların popülasyonu ile yaşama ortamları
  - viii. Koruma alanları (Milli parklar, tabiat parkaları, sulak alanlar, tabiat anıtları, tabiatı koruma alanları, biyogenetik rezerv alanları, biyosfer rezervleri, doğal sit ve anıtlar, arkeolojik tarihi, kültürel sitler, özel çevre koruma bölgeleri, özel koruma alanları, turizm bölgeleri )
  - ix. Orman alanları
    - a) Ağaç türleri ve miktarları veya kapladığı alan büyüklükleri
    - b) Ormanın teknik özellikleri (Kapalılığı, cari artım, hektardaki servet)
    - c) Ocağın bulunduğu yerin mescere haritası ve yorumu
    - d) Sahanın yangın görüp görmediği
  - x. Peyzaj değeri yüksek yerler ve rekreasyon alanları varlığıdır.



2. Daha sonra faaliyetin çevre üzerine etkileri ve alınacak önlemler belirlenmelidir .

Bunlar ise:

- i. Üretim Sırasında nerelerde ve ne kadar alanda hafriyat yapılacağı, hafriyat sırasında kullanılacak malzemeler, patlayıcı maddeler,
- ii. Hafriyat artığı toprak, taş, kum vb. maddelerin miktarı, nerelere taşınacakları veya hangi amaçlar için kullanılacakları,
- iii. Suyun temin edileceği kaynaklardan getirilecek su miktarları, içme ve kullanma suyu ve diğer kullanım amaçlarına göre miktarları,
- iv. Proje kapsamındaki elektrifikasyon planı, bu planın uygulanması için yapılacak işlemler ve kullanılacak malzemeler, enerji nakil hatlarının geçirileceği yerler ve trafoların yerleri,
- v. Proje kapsamındaki ulaşırma altyapısı planı (ulaşırma güzergahı, şekli, güzergah yollarının mevcut durumu ve kapasitesi, hangi amaçlar için kullanıldığı, mevcut trafik yoğunluğu, yerleşim yerlerine göre konumu, faaliyet için kullanılacak araçları kaldırıp kaldıramayacağı, yapılması düşünülen tamir, bakım ve iyileştirme çalışmaları vb.)
- vi. Faaliyet sırasında kesilecek ağaçların tür ve sayıları, ortadan kaldırılacak tabii bitki türleri ve ne kadar alanda bu işlerin yapılacağı, orman yangınları ve alınacak önlemler,
- vii. Elden çıkarılacak tarım alanlarının büyüklüğü, arazi kullanım kabiliyeti,
- viii. Üretimde kullanılacak makinaların, araçların ve aletlerin miktar ve özellikleri,
- ix. Üretim sırasında tehlikeli, toksik, parlayıcı ve patlayıcı maddelerin kullanım durumları, taşınmaları ve depolanmaları,
- x. Kullanılacak üretim yöntemleri, üretim miktarları ve imalat haritası,
- xi. Depolama ve kırma-eleme işleminin ne şekilde gerçekleştirileceği, miktar ve sevkiyatı,
- xii. İçme ve kullanma amaçlı suların kullanımı sonrası oluşacak atık suların ve bertarafı,
- xiii. Üretim sırasında toz kaynakları ve çıkacak toz miktarı,
- xiv. Üretim sırasında meydana gelecek vibrasyon, gürültü kaynakları ve seviyeleri,
- xv. Çalışacak personelin ve bu personele bağlı nüfusun konut ve diğer teknik / sosyal altyapı ihtiyaçlarının nerelerde ve nasıl temin edileceği,
- xvi. Üretim sırasında oluşacak katı atıklar ve atık yağların miktarı ve bertarafı,
- xvii. İnsan sağlığı ve çevre açısından riskli ve tehlikeli faaliyetler,
- xviii. Kültür ve tabiat varlıkları üzerine olabilecek etkiler ve alınacak önlemlerdir.

3. Son olarak da işletme faaliyete kapandıktan sonra olabilecek ve süren etkiler ve bu etkilere karşı alınacak önlemler belirlenmelidir.

Bunlar ise;

- i. Reklamasyon çalışmaları
- ii. Arazi ıslahı
- iii. Mevcut su kaynaklarına etkilerdir.

Tüm bu yukarıda sayılan başlıklar, bir açık ocak maden işletmesinin çevresel etkilerini belirleyen genel özellikleri ifade etmektedir. Maden İşletmesinde çalışmaya başlamadan önce bu başlıklar ayrıntılı irdelenerek oluşabilecek çevresel etkiler ortaya konulmalıdır. sonrasında olası çevresel etkileri en aza indirecek teknik çalışmalar belirlenerek, kabul edilebilir yasal sınırlar içerisinde çalışmalar sürdürmelidir.

### **13.3. YASAL DÜZENLEMELER**

Çevre kanunu genel olarak çerçeve bir Kanun niteliğinde olup, yetkiyi kimin ne aşamada kullanacağı, cezai işlemleri ve gerekli yönetmelikleri belirlemekte, koordinasyonu sağlamaktadır (Değerli, 2002).

Çevrenin korunmasına yönelik sadece Çevre ve Orman Bakanlığı mevzuatı değil hemen hemen tüm kanun veya yönetmeliklerde hüküm bulunmaktadır. Örneğin, İçişleri Bakanlığı mevzuatı olan İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik madencilik sektörünü yakından ilgilendirmektedir. Çevre Kanunu uyarınca yürürlüğe giren ve madencilik sektörünü ilgilendiren Yönetmelikler ve uygulamalara genel bakış aşağıda verilmektedir.

#### **13.3.1 Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği**

1983'de çıkarılan 2872 sayılı Çevre kanununun ana unsurlarından birisi; kirlenme sonrası temizleme yerine, günümüzde kabul gören çağdaş yaklaşımla, kirlenmeden önce araştırma ve inceleme yaparak gerekli tedbirleri almak, aldırma ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması olarak belirlenmiştir.

Bu politika, Çevre Kanunu'nun 10.maddesinde; "Gerçekleştirmeyi planladıkları faaliyetleri sonucu çevre sorunlarına yol açacak kurum, kuruluş ve işletmeler bir "Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporu" hazırlarlar. Bu raporla çevreye yapılabilecek tüm etkiler göz önünde bulundurularak çevre kirlenmesine sebep olabilecek artık ve atıkların ne şekilde zararsız hale getirileceği ve bu hususta alınacak önlemler belirtilir. ÇED Raporunun hangi tip projelerde isteneceği, ihtiva edeceği hususlar ve hangi makamca onaylanacağına dair esaslar yönetmelikle belirlenir." şeklinde düzenlenmiştir.

Kanunda belirtilen ÇED Yönetmeliği ilk kez 1993 tarihinde yayımlanarak yürürlüğe girmiş, sırasıyla 1997 ve 2002 yıllarında revize edilerek günün koşullarına uyumlaştırılmaya çalışılmıştır. En son olarak 16.12.2003 tarihinde yönetmeliğin büyük kısmı yenilenmiş, ancak 3213 sayılı Maden Kanununun bazı maddelerinde yapılan değişiklik sonrasında, 16.12.2004 tarihinde ilgili maddelerde dar kapsamlı bir değişiklikle şu an geçerlilikte olan halini almıştır.

Türkiye'de ÇED kapsamına giren projeler iki gruba ayrılmıştır.

Birinci grupta kirleticilik vasfı yüksek projeler yer almakta olup, Yönetmeliğin Ek-I listesinde yer alan bu tür faaliyetler için ÇED Raporu hazırlanması gerekmektedir.

İkinci grupta ise çevresel etkileri Ek-I listesinde yer alan projelere göre daha az olan ve klasik önlemlerle etkilerin minimize edilebileceği projeler yer almakta olup, bu projeler için ise projenin tanımlandığı (kapasite, kullanılan teknoloji, oluşacak atık miktarları ve nasıl bertaraf edileceğinin planlandığı, proje alanına ilişkin çevresel özelliklerin verildiği) Proje Tanıtım Dosyası hazırlanması gerekmektedir. Bu dosya Bakanlıkça değerlendirilip proje için ÇED raporunun hazırlanmasına gerek olup olmadığı anlamına gelen ÇED Gereklidir veya ÇED Gerekli Değildir kararı verilmektedir

Madencilik faaliyetleri de kirleticilik vasfına göre, ÇED Yönetmeliğinin Ek-I Listesinin 25. maddesi (Çizelge 1) ile Ek-II Listesinin 35., 36., 37. ve 38. maddeleri kapsamında değerlendirilmiştir (Çizelge 2). ÇED yönetmeliği hükümlerine göre izlenen prosedürler Çizelge 3'de verilmiştir

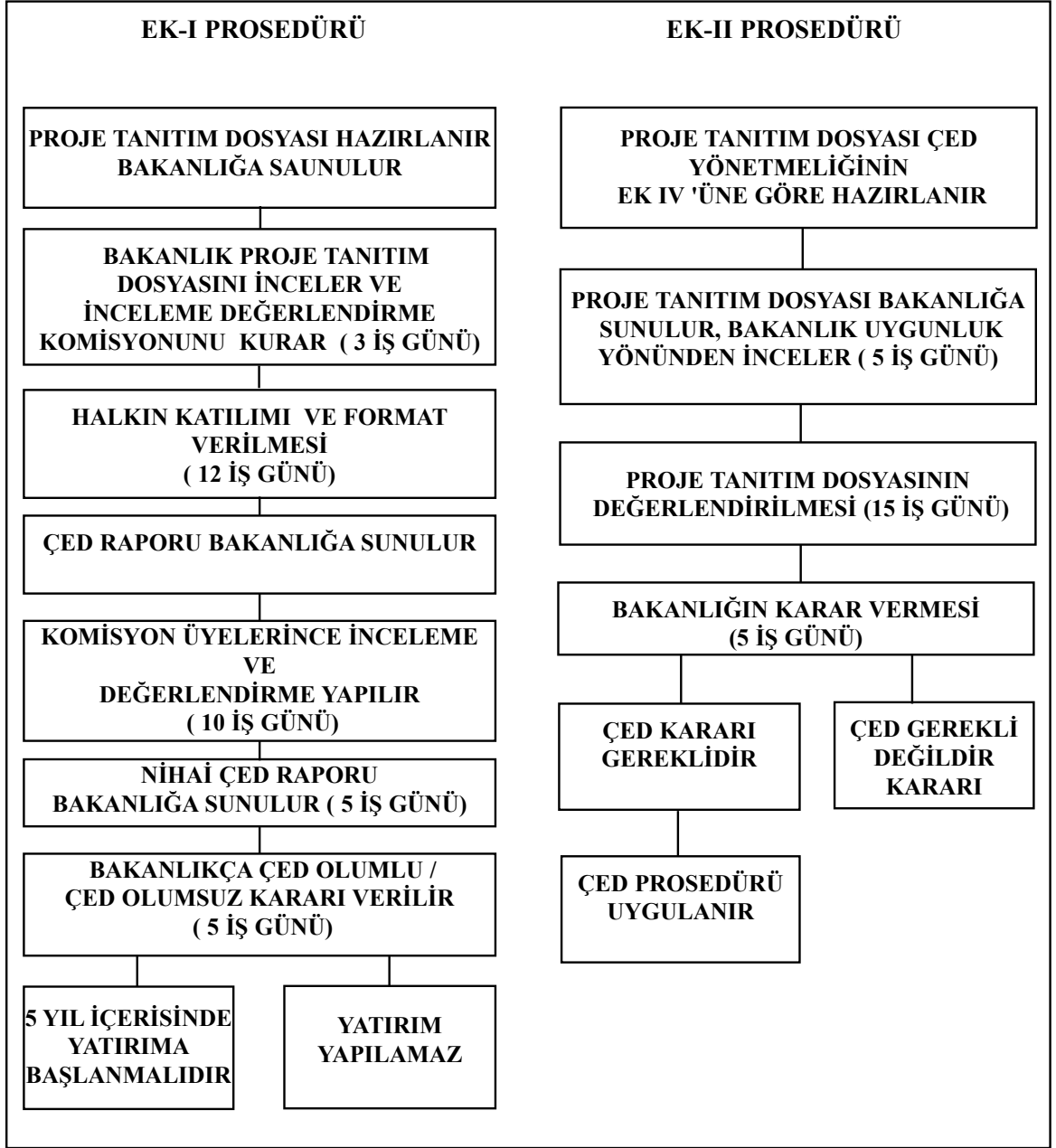
Çizelge 1. ÇED Yönetmeliği Ek-I Listesi.

<p>Ek-I Listesi Madencilik Faaliyetleri</p> <p>25- Madencilik projeleri. Ruhsat hukuku ve aşamasına bakılmaksızın;</p> <p>a) 25 hektar ve üzeri çalışma alanında (kazı ve döküm alanı toplamı olarak) açık işletmeler,</p> <p>b) 150 hektarı aşan (kazı ve döküm alanı toplamı olarak) çalışma alanında açık işletme yöntemi ile kömür çıkarılması,</p> <p>d) 4/6/1985 tarihli ve 3213 sayılı Maden Kanununun değişik 2 nci maddesinde yer alan 1 inci ve 2 nci grup madenlerin her türlü işlemde geçirilmesi (kırma, eleme, öğütme, yıkama vb) projelerinden 100.000 m<sup>3</sup>/yıl ve üzeri kapasitede olanlar.(16/12/2004 tarih ve 25672 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan değişiklik ile)</p>
--

Çizelge 2. ÇED Yönetmeliği EK-II Listesi.

<p>Ek-II Listesi Madencilik Faaliyetleri</p> <p>35-Madencilik projeleri: Ruhsat hukuku ve aşamasına bakılmaksızın;</p> <p>a) Her türlü madenin çıkarılması (EK -I’de yer almayanlar),</p> <p>b) 5.000 m<sup>3</sup>/yıl ve üzeri kapasiteli blok ve parça mermer, dekoratif amaçlı taşların çıkartılması, işlenmesi ve yıllık 100.000 m<sup>2</sup> ve üzeri kapasiteli mermer kesme, işleme ve sayalama tesisleri,</p> <p>c) 1.000.000 m<sup>3</sup>/yıl ve üzerinde metan gazının çıkartılması ve depolanması,</p> <p>d) Karbondioksit ve diğer gazların çıkartıldığı, depolandığı veya işlendiği 10.000 ton/yıl ve üzeri kapasiteli tesisler ,.</p> <p>e) Maden Kanununun değişik 2 nci maddesinde yer alan linci ve 2 nci grup madenlerin her türlü işleme sokulması (kırma, eleme, öğütme, yıkama ve benzeri) (25.000 m<sup>3</sup>/yıl ve üzeri),</p> <p>f) 50.000 ton/yıl ve üzeri tuzun çıkarılması ve/veya her türlü tuz işleme tesisleri,</p> <p>g) Cevher hazırlama veya zenginleştirme tesisleri (EK -I’ de yer almayanlar), (16/12/2004 tarih ve 25672 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan değişiklik ile)</p> <p>36.Madde-Klinker öğütme tesisleri</p> <p>37-Kömür işleme tesisleri</p> <p>a) Havagazı ve kok fabrikaları,</p> <p>b) Kömür briketleme tesisleri,</p> <p>c) Kömür yıkama tesisleri,</p>
--

Çizelge 3. ÇED yönetmeliği uygulama prosedürü.



### 13.3.2. Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği

Çevre Kanununun 8,9,10,11,12 ve 13. maddelerine dayanılarak hazırlanan ve 02.11.1986 tarihinde 19269 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği ile her türlü faaliyet sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonların kontrol altına alınması hedeflenmiştir. Ancak, madencilik sektörünün de içerisinde bulunduğu sanayii ve enerji üretim tesisleri faaliyetleri için 07.10.2004 tarih ve 25606 sayılı Resmi Gazete' de Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği yayımlanarak yürürlüğe girmiş olup söz konusu faaliyetler için bu yönetmelik hükümleri uygulanmaktadır.

Bu kapsamda madencilik faaliyetleri ile ilgili olarak Yönetmelikte, madencilik faaliyetleri emisyon izni alması gereken, izne tabi tesislerinin yer aldığı Ek 3 içerisinde A ve B listelerinde yer almaktadır.

Bu faaliyetler:

#### A LİSTESİ

- 1.2. Kömür gazlaştırma ve sıvılaştırma tesisleri
- 1.3. Şist ve benzeri diğer taş ve kumlardan sıvı yakıt elde etmede kullanılan tesisler ile bu yakıtın damıtılması ve işlenmesi için kurulan tesisler
- 1.6. 30 ton/saat ve üzerinde kapasiteli kömür öğütme ve kurutma tesisleri.
- 1.7. Linyit ve taş kömürü birikitleme tesisi
- 1.12. Kömür gazlaştırma ve sıvılaştırma tesisleri
- 1.13. Şist ve benzeri diğer taş ve kumlardan yakıt elde etmede kullanılan tesisler ile bu yakıtın damıtılması ve işlenmesi için kurulan tesisler
- 2.4. Boksit, dolomit, alçı, kireç, kireçtaşı, kiselgur, magnezit, kuvars veya şamot üretme ocakları ve pişirme tesisleri
- 2.7. Perlit, Şist ve kil patlatma tesisleri.
- 3.1. Cevherleri kavuran (oksit haline getirmek için hava altında ısıtılma), eriten ve sinterleyen (ince taneli maddelerin ısıtma yoluyla bir araya bağlanması), tesisler.
- 3.2. Saat kapasitesi 20 ton ve üzerindeki ham demir veya demir dışı ham metalleri üreten tesisler.
- 3.4. Şarjı 2000 kg ve üzerinde olan çinko ve çinko alaşımları için ergitme tesisleri veya diğer demir dışı metal ergitme tesisleri ile 500 kg'ın üzerinde şarjı olan rafine tesisleri.

Aşağıdakiler hariçtir:

- Vakumlu ergitme tesisleri.
- Kalay ve bizmut veya rafine çinko, alüminyum ve bakırdan oluşan düşük ergime sıcaklıklı döküm alaşımları için ergitme tesisleri.
- Basıncılı döküm veya kokilli döküm makinelerinin bir parçası olan ergitme tesisleri.
- Asil metaller veya sadece asil metallerden veya asil metaller ve bakırdan oluşan alaşımlar için ergitme tesisleri.
- Karışımli lehim banyoları.

#### B LİSTESİ

- 1.6. Kapasitesi 1 ton/saat'den büyük 30 ton/saat'den küçük olan kömür öğütme ve kurutma tesisleri.
- 2.1. Dinamit ve alev püskürtücü kullanan taş ocakları.
- 2.2. Doğal ve yapay taşlar ile cüruf ve molozların kırılması, öğütülmesi, elenmesi için kurulan tesisler. Kum ve çakıl eleme tesisleri hariçtir.
- 2.5. Alçı, kiselgur, magnezit, mineral boya, midye kabuğu, talk, kil, tras, kromit ve çimento klinkeri öğütme tesisleri
- 2.12. Üretim kapasitesi 10 m<sup>3</sup>/h ve üzerinde olan, çimento kullanarak beton, harç veya yol malzemesi üreten tesisler; malzemelerin sadece kuru oldukları zaman karıştırıldıkları yerler dahil.
- 3.2. Saatlik kapasitesi 2 tondan büyük 20 tondan küçük ham demir veya demir dışı ham metalleri üreten tesisler.

- 3.4. Şarjı 50 kg'dan büyük 2000 kg'dan küçük çinko ve çinko alaşımları için ergitme tesisleri veya diğer demir dışı metal ergitme tesisleri ile 50 kg'dan büyük ve 500 kg'dan küçük şarjı olan rafine tesisleri.

Aşağıdakiler hariçtir:

- Vakumlu ergitme tesisleri.
- Kalay ve bizmut veya rafine çinko, alüminyum ve bakır oluşan düşük ergime sıcaklıklı döküm alaşımları için ergitme tesisleri.
- Basınçlı döküm veya kokilli döküm makinalarının bir parçası olan ergitme tesisleri.
- Asil metaller veya sadece asil metallere veya asil metaller ve bakırdan olan alaşımlar için ergitme tesisleri.
- Karışıklı lehim banyoları

olarak belirlenmişlerdir. Yönetmeliğin 10. maddesi uyarınca A Listesi için Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından, B Listesi için İl Mahalli Çevre Kurulunun uygun görüşü alınarak, Valilik tarafından izin verilmektedir.

Yönetmeliğin 7. maddesinde İzne Tabi Tesislerin Kurulması ve İşletilmesinde Uyulması Gereken Esaslar şu şekilde sıralanmıştır:

- a) Tesisin kamuya ve çevreye zararlı etkilerinin teknolojik seviyeye uygun olarak azaltılması ve tehlike yaratmaması,
- b) Bu Yönetmelikte belirtilen şartlara uyulması,
- c) Bu Yönetmelikte belirtilen emisyon sınırlarının aşılmaması,
- d) Tesis etki alanında HKKY'de verilen hava kalitesi sınır değerlerinin aşılmaması,
- e) Mevcut tesislerin baca gazı emisyonlarının bu Yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tesisi işleten tarafından ölçülmesi, baca dışından emisyon yayan tesisler için hesaplama yöntemi kullanılarak saatlik kütleli debilerin tespit edilmesi, (kg/saat-m<sup>2</sup>)
- f) Mevcut tesisler için, Madde-40, Çizelge 1'deki kütleli debilerin aşılmaması halinde tesisi işleten tarafından, tesis etki alanında, Madde-40'da belirtilen esaslar çerçevesinde hava kirliliği seviyesinin ölçülmesi ve tesisin kirleticiliğinin değerlendirilmesi amacıyla Uluslar arası kabul görmüş bir dağılım modeli kullanılarak, Hava Kirletmesine Katkı Değerinin Hesaplanması,
- g) Yeni kurulacak tesislerin baca gazı emisyonlarının (kg/saat ve mg/Nm<sup>3</sup> olarak) ve baca dışından emisyon yayan tesislerin atmosfere verdiği emisyonların saatlik kütleli debilerinin tespit edilmesi, (kg/saat-m<sup>2</sup>)
- h) Yeni kurulacak tesisler için; Madde-40 -40.1 'deki kütleli debilerin aşılmaması halinde tesisi işleten tarafından; tesis etki alanında, tesisin kirleticiliğinin değerlendirilmesi amacıyla bir dağılım modeli kullanılarak hava kirlenmesine katkı değerinin hesaplanması, tesisin kurulacağı alanda hava kirliliğinin önemli boyutlara ulaştığı kuşkusuna varsa, hava kalitesinin bu Yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak ölçülmesi,
- i) İşletmede meydana gelen atık ve atık maddelerin kullanılması, teknik yönden mümkün değilse usulüne uygun olarak arıtılması ve bertaraf edilmesi,
- j) Tesisin kurulu bulunduğu bölgede hava kirleticilerin HKKY'de belirlenen hava kalitesi sınır değerlerini aşması durumunda, tesis sahibi ve/veya işleticisi tarafından, Valilikçe hazırlanan eylem planlarına uyulması,

Yukarıda belirtilen esaslar çerçevesinde Yönetmeliğin 9. maddesi uyarınca,

Ek-3, Liste A ve B'de yer alan tesislere Emisyon İzni almak için dilekçe ile Ek 5, Ek 6 ve Yönerge'de belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak Emisyon İzni Başvuru Formu'nda belirtilen dokümanlarla birlikte Valiliğe başvuru yapılır.

Valilikçe; 20 (yirmi) işgünü içerisinde incelenir. Dosya eksik ve yetersiz bulunursa dosyanın tamamlanması için başvuru sahibine süre verilir. Emisyon İzni alınması sırasında yapılabilecek itirazlar, ÇED sürecinde, Emisyon Ön İzni alma safhasında yapılmamışsa dikkate alınmaz. Ancak tesisin kurulması esnasında veya daha sonra tesisin kurulu bulunduğu yörede yapılan ölçümlere dayalı olarak tesisten daha önceden bilinmeyen çevre kirlenmesinin ortaya çıkması halinde itirazlar dikkate alınır ve emisyon izni verilmeyebilir.

Ek-3, Liste A ve B'de yer alan tesis Valilikçe oluşturulan komisyon tarafından bu Yönetmelik hükümleri çerçevesinde yerinde incelenir, hazırlanan teknik rapor Emisyon İzni Dosyasına eklenir. Valilik tarafından gerekli görülmesi halinde ilgili kurum/kuruluş ve belediyelerden komisyona teknik eleman talep edilebilir.

Ek 3, Liste B'de yer tesisler için Yönetmeliğin 9. maddesine göre hazırlanmış olan Emisyon İzni Dosyası Valilik tarafından yirmibeş iş günü içerisinde değerlendirilir ve uygun bulunması halinde il mahalli çevre kuruluna sunulur. Mahalli Çevre Kurulundan gelen görüş doğrultusunda valilik tarafından Emisyon izin Belgesi verilir.

Ek 3, Liste A da yer alan tesisler için Yönetmeliğin 9. maddesine göre hazırlanmış olan emisyon izin dosyası Valilik tarafından oluşturulacak komisyonca incelenerek uygun bulunması halinde Bakanlığa gönderilir. Bakanlık tarafından emisyon izin dosyası Yönetmelik hükümleri çerçevesinde başvuru evraklarının tam olarak Bakanlığa sunulmasından sonra 45 (kırkbeş) işgünü içerisinde incelenerek sonuçlandırılır. Gerekli hallerde yerinde inceleme yapılır. Belirtilen süreler, dosya Bakanlığa ulaştıktan sonra başlar. İnceleme sonucunda Bakanlık tarafından Emisyon İzni Belgesi verilir.

İzne tabi tesislerde değişiklik yapılması söz konusu ise, Yönetmeliğin 14. maddesi uyarınca,

- Tesisin işletilmesinde, yakıtında, yakma sisteminde ve prosesinde yapılan değişiklik ve iyileştirmeler; Bakanlıkça emisyon ölçümü yapma konusunda yetki verilen kurum veya kuruluş tarafından ek rapor olarak hazırlanır ve emisyon raporuyla birlikte 6 (altı) ay içerisinde yetkili mercie sunulur.
- İzne tabi bir tesisin konumunda, özelliklerinde ya da işletiminde bir değişiklik planlandığı (veya yapıldığı ) bildirildiğinde, değişikliğin bu Yönetmeliğin hükümlerine göre izne tabi olup olmadığı izni veren yetkili merci tarafından incelenir.
- İzne tabi bir değişikliğin incelenmesi yapılan değişiklikler kapsamında emisyon izni için uygulanan prosedür çerçevesinde yapılır. Eğer yapılan değişiklik ve iyileştirmeler izne tabi ise madde-9, 10 ve 11'deki hususlar uygulanır.
- Yapılan değişiklikler sonucu hava kirliliğini artıran ek emisyon ve bundan kaynaklanan herhangi bir tehlike hasıl olmuyorsa, izin vermeye yetkili merci dokümanların kamu incelemesine açılması ve gazete ilanı verilmesi hususlarını uygulamayabilir.

Bir işletme transfer, kira veya satış yoluyla el veya isim değiştirirse, atmış gün içerisinde izin vermeye yetkili mercie bilgi verilir. İşletme sahibi, izin anında öngörülen verilerden herhangi bir sapma olup olmadığını izin vermeye yetkili mercie 1 (bir) yıl içerisinde hazırlanacak bir emisyon raporu ile bildirmek mecburiyetindedir.

Kurulması ve işletilmesi için izin verilen tesis öngörülen zamanda işletmeye alınmamışsa, tesis üç yıldan fazla bir süre sürekli olarak işletme dışı bırakılmışsa izin sona erer. Bu süreler gerektiğinde Çevre Kanununun amacına ters düşmemek kaydıyla uzatılabilir.

### **13.3.3. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği**

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği ile ilgili olarak madencilik sektörünü çok genel olarak ilgilendiren hususlardan sonra, ikinci önemli konu olarak Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğidir.

04.09.1988 tarih ve 19919 tarihli Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Yönetmeliğin, bazı hükümlerinde yapılan değişiklikler 01.07.1999 tarih ve 23742 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır. Yönetmelik 31.12.2004 tarihinde de revize edilmiş ve revize yönetmelik 25687 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Madencilik sektörünü yakından ilgilendiren bu husus Yönetmeliğin 16-20. maddeleri ile 31. maddesini içermektedir.

Bu maddelerde sırasıyla; Mutlak koruma alanını tarifleyen 17. maddede; maksimum su seviyesinden itibaren 100m. mesafe mutlak koruma alanı, kısa mesafeli koruma alanını tarifleyen 18. maddede; mutlak koruma alanı mesafesinden itibaren 900m mesafe kısa mesafeli koruma alanı, orta mesafeli koruma alanını tarifleyen 19. maddede; kısa mesafeli koruma alanından itibaren 1000m mesafe orta mesafeli koruma alanı ve son olarak 20. maddede İçme ve kullanma suyu rezervuarının 17., 18. ve 19. maddelerinde tanımlanan koruma alanlarının dışında kalan su toplama havzasının tümü uzun mesafeli koruma alanı olarak tanımlanmış ve Bu alanın, orta mesafeli koruma alanı sınırından itibaren yatay olarak 3 kilometre genişliğindeki kısmında tamamen kuru tipte çalışan, tehlikeli atık üretmeyen ve endüstriyel atık su oluşturmayan sanayi kuruluşlarına izin verilebileceği, Bu alanda galeri yöntemi patlatmalar, kimyasal ve metalürjik zenginleştirme işlemleri yapılamaz. Madenlerin çıkarılmasına; sağlık açısından sakınca bulunmaması, mevcut su kalitesini bozmayacak şekilde çıkartılması, faaliyet sonunda arazinin doğaya geri kazandırılarak terk edileceği hususunda faaliyet sahiplerince Bakanlığa noter tasdikli yazılı taahhütte bulunulması şartları ile izin verilebileceği, Bu alandaki faaliyetlerden oluşan atıksuların; Yönetmelikteki ilgili sektörün alıcı ortama deşarj standartlarını sağlayarak havza dışına çıkartılması yada geri dönüşümlü olarak kullanılması şartıyla izin verilebilir. Ancak teknik ve ekonomik açıdan mümkün olmayan durumlarda atık suların ileri arıtma teknolojileri kullanılıp Sınıf I su kalitesine getirilmesi şartıyla havza içine deşarjına Bakanlığın uygun görüşü alınarak izin verilebileceği belirtilmiştir. Bulunduğu yerde üretilmesi zorunluluğu bulunan madencilik faaliyetleri için bu yönetmelik önem arz etmektedir.

Bu önemli hususun açıklanmasından sonra, endüstriyel atık suların deşarj standartlarının belirlenmesi aşamasında belirlenen 16 sektör içerisinde madencilik sektörünü ilgilendiren ve Yönetmeliğin 31. maddesinde düzenlenen alt başlıklar aşağıda verilmiştir.

31-C) Maden sanayii sektörü; demir ve demir dışı metal cevherleri, kömür üretimi ve nakli, bor cevheri, seramik ve toprak sanayii, çimento, taş kırma, toprak sanayii ve buna benzer sanayi kuruluşları.



31-E) Kömür hazırlama işleme ve enerji üretimi sektörü; taş kömürü ve linyit kömürü hazırlama, kok ve havagazı üretimi, termik santraller, nükleer santraller, jeotermal santraller, soğutma suyu ve benzerleri, kapalı devre çalışan endüstriyel soğutma suları, fuel-oil ve kömürle çalışan buhar kazanları ve benzeri tesisler.

31-K) Metal sanayii sektörü; demir çelik işleme tesisleri, genelde metal hazırlama ve işleme, galvanizleme, dağlama, elektrolitik kaplama, metal renklendirme, çinko kaplama, su vermesertleştirme, iletken plaka imalatı, akü imalatı, emayeleme, sırlama, mineleme tesisleri, metal taşlama ve zımparalama tesisleri, metal cilalama ve vernikleme tesisleri, laklama-boyama, demir dışı metal üretimi, alüminyum oksit ve alüminyum izabesi, demir ve demir dışı dökümhane ve metal şekillendirme ve benzerleri.

Alt başlıkları belirlenmiş ve Yönetmeliğin lar bölümünde her sektörle ilgili atık suların alıcı ortama deşarj standartları düzenlenmiş olup, 31-C için 7 ve 5 alt Çizelge, 31-E için 9 ve 8 alt Çizelge, 31-K için 15 ve 17 alt tabloda deşarj edilebilecek standart değerler gösterilmiştir.

Alıcı su ortamına atık su deşarj izni için uygulama ise aşağıdaki şekildedir. Yönetmeliğin 37. maddesi uyarınca atık suların doğrudan alıcı ortama deşarj edilmesi izne tabi olup, her atık su deşarjı için yönetmelik çerçevesinde idarenin istediği çıkış suyu kalitesinin ve diğer şartlarının sağlanması gerekmektedir. Deşarj izni için mahalli çevre kurulunun uygun görüşü doğrultusunda mahallin en büyük mülki amirliği yetkilidir. Alıcı su ortamının çok yoğun olarak kirlenmiş olduğu bölgelerde deşarj izni, Bakanlığın uygun görüşü alınarak verilmektedir.

Alıcı ortama deşarj için başvuru ve deşarj izin formu örneği ve açıklamalar "İdari Usuller Tebliği"nde verilmekte olup, izin talep eden kişi veya kuruluş izin başvurusunda bu formları gerçeğe uygun olarak doldurmakla yükümlüdür. Atık su deşarj izni beş yıl için geçerlidir.

Yönetmelikte önemli olan bu hususlar dışında genel olarak diğer idari ve cezai hükümler ile ilgili düzenlemeler yer almakta olup, madencilik sektörü ile ilgili farklı önemli bir husus bulunmamaktadır.

#### **13.3.4. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği**

25.06.2002 tarihli 2002/49/EC Çevresel Gürültünün Yönetimi ve Değerlendirilmesi AB Direktifine paralel olarak 01.07.2005 tarih ve 25862 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Yönetmeliğin uygulanmasında, Bakanlık, mahallin en büyük mülki amiri, il özel idareler, belediyeler, ilgili kamu kurum ve kuruluşları ve faaliyet sahipleri görevli ve sorumlu tutulmuştur.

Madencilik ilgilendiren maddeleri aşağıda verilmiştir.

Yönetmeliğin 15. maddesi Açık Alanda kullanılan ekipmanlarda uyulması gereken şartları; açık alanda kullanılan ekipmanların gürültü düzeyi, Sanayi ve Ticaret Bakanlığınca hazırlanan ve 22.01.2003 tarihli ve 25001 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Açık Alanda Kullanılan Teçhizat Tarafından Oluşturulan Çevredeki Gürültü Emisyonu ile ilgili Yönetmelik (2000/14/AT)hükümlerine tabidir. Açık alanda kullanılan ancak söz konusu yönetmelikte yer almayan ekipmanlarla ilgili düzenlemeler 08.01.1985 tarihli ve 3143 sayılı Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nın Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun hükümleri uyarınca Sanayi ve Ticaret Bakanlığının yetkisindedir.

Yönetmeliğin 25. maddesi Endüstriyel tesislerden kaynaklanan çevresel gürültü düzeyi ve gürültünün önlenmesine ilişkin kriterler ile ilgili olarak; 1. fıkrasında, Endüstri tesislerinin bulunduğu alana ve tanımlanan zaman dilimine bağlı olarak bu Yönetmeliğin 20 nci maddesinin (a) bendi çerçevesinde yapılan değerlendirme sonuçlarına göre, endüstriyel tesisler için çevresel gürültü düzeyleri Lgündüz ve Lgece cinsinden Çizelge 4'deki sınır değerleri aşamaz. Bu tabloda endüstriyel tesisler için çevresel gürültü sınır değerleri verilmektedir. Bu değerler Ek-VII Liste A ve B sinde sıralanan eğlence yerleri dışındaki tüm tesisler için uygulanır.

Aynı maddenin 2. fıkrasında, Bu Yönetmeliğin Ek-VII Liste A ve B sinde verilen endüstri tesisleri için Çizelge 4'de verilen çevresel gürültü sınır değerlerinin aşılması halinde; her bir makine ve ekipman ile gürültüye maruz kalan işçiler bazında sorumlu kurum veya kuruluşlarca hazırlanan ilgili mevzuat çerçevesinde getirilen esasları sağlanmaya yönelik tedbirlerle birlikte etkin ve uygulanabilir çevresel kontrol tedbirleri alınır.

Yönetmeliğin 26. maddesi Şantiye alanları için gürültü kriterler ile ilgili olarak; 1. fıkrasında Şantiye alanındaki faaliyet türlerine ve zaman dilimine bağlı olarak bu Yönetmeliğin 20. maddesinin (a) bendi çerçevesinde yapılan değerlendirme sonuçlarına göre, şantiye alanı çevresel gürültü düzeyleri Lgündüz cinsinden Çizelge 5'deki sınır değerleri aşamaz. Bu tabloda şantiye alanı için çevresel gürültü sınır değerleri verilmektedir.

Aynı maddenin 2. fıkrasında Kullanılan ekipmanlara bağlı olarak şantiye faaliyetinde ortaya çıkan darbe gürültüsü LCmax 100 dBC'yi aşamaz.

Aynı maddenin 3. fıkrasında Konut bölgeleri içinde ve yakın çevresinde gerçekleştirilen şantiye faaliyetlerinin Çizelge 5'de verilen gündüz zaman dilimi (07:00 - 19:00) dışında akşam ve gece zaman dilimlerinde sürdürülmesi yasaktır. Tatil beldelerinde, turistik alanlarda ve benzeri durumlarda tüm şantiye faaliyetleri büyükşehir belediyesi ve/veya il/ilçe belediyesinin kararı doğrultusunda hafta sonları veya bir kaç ay süre ile tamamen durdurulabilir.

Aynı maddenin 4. fıkrasında Faaliyet sahibi şantiye alanında; inşaatın başlama, bitiş tarihleri ve çalışma periyotları ile büyükşehir belediyesi ve/veya il/ilçe belediyesinden alınan izinlere ilişkin bilgileri inşaat alanında herkesin kolayca görebileceği bir tabelada gösterilir.

Yönetmeliğin 29. maddesi Çeşitli titreşim kaynaklarının neden olacağı çevresel titreşimin kontrol altına alınmasına ilişkin esaslar ile ilgili olarak; 1. fıkrasında Maden ve taş ocakları ile benzeri faaliyette bulunan alanlardaki patlamaların çevredeki yapılara zarar vermemesi için, en yakındaki yapının dışında, zeminde ölçülecek titreşim düzeyi Çizelge 9'da verilen değerleri geçemez. Bu tabloda Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlama Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapının Dışında Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri belirlenmiştir. Ölçümler üç yönde yapılır ve bunlardan en yüksek olanı alınır. Titreşimler 1/3 oktav bantlarında tepe değeri olarak ölçülür.

### **13.3.5. Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği**

10.07.2002 tarih ve 24458 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanarak Yürürlüğe giren Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelikle ile Tehlikeli Atıkların kontrolü Yönetmeliğinin "Ulusal Tehlikeli Atık Listesi" başlıklı Ek-6'sının "Özel İşleme Tabi Atıklar" isimli alt listesi Maden atıkları ilave edilmiştir.

Bu atıkların toplanması, taşınması, işlenmesi ve bertarafına ilişkin esaslar Bakanlıkça belirlenir.

### **13.3.6. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği**

Madencilik faaliyetleri sırasında maden atıkları dışında evsel nitelikli olan ve olmayan atıklar için Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği hükümleri uygulanmaktadır.

Katı atıkların, üretici veya taşıyanları tarafından denizlere, göllere ve benzeri alıcı ortamlara, caddelere, ormanlara ve çevrenin olumsuz yönde etkilenmesine sebep olacak yerlere dökülmesi Yönetmeliğin 18 . maddesi (Değişik : 15.9.1998 tarih ve 23464 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan yönetmelik) yasaktır.

Evsel veya evsel nitelikli endüstriyel çöpleri çöp toplama aracına vermek üzere kullanılan çöp biriktirme kapları, çeşitli büyüklükte ve her biri standart ölçülerde olmak zorundadırlar. Bu kapların ölçüleri, şekilleri, malzemeleri çıkarılmış olan tebliğlerle belirlenmiştir.

Çöpü üretenler, bu çöp biriktirme kaplarını, çevrenin sağlığını bozmayacak şekilde kapalı olarak muhafaza etmek ve çöp toplama işlemi sırasında yol üstünde hazır bulundurmak zorundadır.

Evsel katı atık ve evsel nitelikli endüstriyel katı atık üreten kişi ve kuruluşlar, katı atıklarını belediyelerin ve mahallin en büyük mülki amirinin istediği şekilde konut, işyeri gibi üretildikleri yerlerde hazır etmekle yükümlüdürler(İlave dördüncü fıkra : 15.9.1998 tarih ve 23464 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan yönetmelik).

Belediye ve mücavir alan sınırları içinde belediyeler, bu alanlar dışında ise mahallin en büyük mülki amiri; evsel ve evsel nitelikli endüstriyel katı atıkların çevreye zarar vermeden bertarafını sağlamak, çevre kirliliğini azaltmak, katı atık depo sahalarından azami istifade etmek ve ekonomiye katkıda bulunmak amacıyla, evsel katı atıklar içindeki değerlendirilebilir katı atıkları sınıflandırarak ayrı toplamak ve bunlarla ilgili tedbirleri almakla yükümlüdürler (İlave beşinci fıkra : 15.9.1998 tarih ve 23464 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan yönetmelik).

Katı atıkların kaynağında ayrı toplanması ve taşınmasına ilişkin usuller Bakanlıkça hazırlanacak bir tebliğ ile belirlenir(İlave altıncı fıkra : 15.9.1998 tarih ve 23464 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan yönetmelik).

Evsel nitelikte olmayan katı atıkların toplanmasında veya tesis içinde biriktirilmesinde, çevre ve insan sağlığını, çevrenin görünüşünü bozmamak, çevreyi koku, toz gibi yönlerden rahatsız etmemek kaydıyla istenilen hacim ve şekilde kap veya tank kullanılabilir (Madde 19).

Toplanan evsel ve evsel nitelikli endüstriyel katı atıkların, görünüş, koku, toz, sızdırma ve benzeri faktörler yönünden çevreyi kirletmeyecek şekilde kapalı özel araçlarda taşınması 20. madde gereğince zorunludur.

Belediye ve mücavir alan sınırları dışında kalan yerlerdeki sanayi tesisleri veya turistik tesis işletmeleri atıklarının taşınmasından sorumludurlar. Bunlar, evsel katı atıklar içindeki değerlendirilebilir katı atıkları sınıflandırarak ayrı toplamak ve topladıkları atıkları belediyenin işleme veya depolama tesislerine taşımak veya taşıtmak zorundadırlar(İlave ikinci fıkra: 15.9.1998 tarih ve 23464 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan yönetmelik). Bu alanlarda toplama ve taşıma işlemlerini Valilikler ve Bakanlık denetler.

Hafriyat toprağı üreticileri ve/veya taşıyıcılarının, topraklarını belediyelerin gösterdikleri yerlerin dışına dökmeleri yasaktır. Aksi davranışta bulunanlar hakkında Kanun çerçevesinde işlem yapılır.

Hafriyat toprağının denizlere, göllere, akarsulara dökülmesi ve bunlarla dolgu yapılması da yasaktır.

### 13.3.7. İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik

10.08.2005 tarih ve 25902 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelikte; madencilik faaliyetleri kapasitelerine bağlı olarak 1., 2. ve 3. sınıf "Gayri Sıhhi Müesseseler" kategorilerinde yer almakta olup, söz konusu faaliyetlerin deneme ve işletmeye alma esnasında yönetmelik kapsamında çeşitli izinlerin alınması zorunludur. Bu izinler; yetkili idarenin kuracağı İnceleme Kurulu marifetiyle belirlenecek olan "Sağlık Koruma Bandı" teşkili sonrasında, "Yer Seçimi ve Tesis Kurma İzni", "Deneme İzni" ve "Açılma Ruhsatı"dır. İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik kapsamında alınması gereken onay, İzin ve ruhsatların prosedürü, Çizelge 4'de belirtilen sıra ve hususlara göre değerlendirilmektedir.

Çizelge 4: İşyeri açma ve çalışma ruhsatlarına ilişkin yönetmelik gereğince açılma ruhsatı alınabilmesi için gerekli izin ve ruhsatlar.

İZİNİN ADI	YETKİLİ KURULUŞ
Yer Seçimi ve Tesis Kurma İzni – Sağlık Koruma Bandı Tayini	Yetkili İdare*
Emisyon Ön İzni	Çevre ve Orman Bakanlığı
Deneme İzni	Yetkili İdare*
Emisyon İzni	Çevre ve Orman Bakanlığı
Deşarj İzni	Çevre ve Orman Bakanlığı
Tesis Kurma İzni	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
İşletme Belgesi	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
Tabip Sözleşmesi	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
Yangın ve Patlamalara Karşı Önlem Belgesi	Yerel İtfaiye Teşkilatı
Açılma Ruhsatı	Yetkili İdare*

İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik doğrultusunda "Yer Seçimi ve Tesis Kurma İzni", "Sağlık Koruma Bandı Tayini", "Deneme İzni" ve "Açılma Ruhsatı" başvuruları yetkili idareye yapılmaktadır. Yetkili idare; belediye sınırları ve mücavir alanlar dışı ile kanunlarda münhasıran il özel idaresine yetki verilen hususlarda İl Özel İdaresi; büyükşehir belediyesi sınırları ve mücavir alanlar içinde büyükşehir belediyesinin yetkili olduğu konularda Büyükşehir Belediyesi, bunların dışında kalan hususlarda büyükşehir ilçe veya ilk kademe belediyesi; belediye sınırları ve mücavir alanlar içinde belediye ve organize sanayi bölgesi sınırları içinde organize sanayi bölgesi tüzel kişiliğidir. Yetkili idarelerden usulüne uygun olarak işyeri açma ve çalışma ruhsatı alınmadan işyeri açılmaz ve çalıştırılmaz.

İşyeri açmak isteyen gerçek veya tüzel kişiler, işyerlerini bu Yönetmeliğe uygun olarak durumlarına uygun Yönetmelik ekinde yer alan formu doldurarak yetkili idareye başvurur.

"Emisyon Ön İzni", "Emisyon İzni" ve "Deşarj İzni" başvuruları Çevre ve Orman Bakanlığı nezdinde Valilik kanalıyla İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'ne yapılmaktadır.

Yönetmeliğin Çizelge 1'indeki izinler listesinde yer alan "Tesis Kurma İzni" ve "İşletme İzni", T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'ndan; "Yangın ve Patlamalara Karşı Önlem Belgesi" ise, yerel itfaiye teşkilatından alınmaktadır.

## **KAYNAKLAR**

- Çevre Kanunu, 1983, Çevre Bakanlığı, Ankara  
Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği, 2003, Çevre Bakanlığı, Ankara.  
Değerli, E., "Madencilik Sektöründe Çevre Mevzuatı ve ÇED Yönetmeliği", Madencilikte Çevre Yönetimi Semineri, 2002, Amasra  
Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2004, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara  
Gürültü ve Kontrolü Yönetmeliği, 1986, Çevre Bakanlığı, Ankara  
Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, 1986, Çevre Bakanlığı, Ankara.  
İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik, 2005, İçişleri Bakanlığı, Ankara  
Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 1992, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara  
Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara  
Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2005, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara  
UNEP, [http://www.uneptie.org/pc/mining/mine\\_env.htm](http://www.uneptie.org/pc/mining/mine_env.htm)

## EKLER

### EK- 1

#### Metalurji Ve Madencilik Sanayilerinin Gayrisihhî Müesseseler Sınıfları Listesi

##### A) Birinci Sınıf Gayrisihhî Müesseseler

###### A.2- MADEN SANAYİİ

- A.2.1- Çimento fabrikaları veya klinker üretim tesisleri ile 5 ton/saat ve üzeri kapasitede olan çimento öğütme, paketleme ve karıştırma tesisleri,  
A.2.2- Seramik ve porselen fabrikaları,  
A.2.3- Alçı, kireç ve benzeri fabrikaları,  
A.2.4- 5.000 m<sup>3</sup>/yıl ve üzeri kapasiteli blok ve parça mermer, dekoratif amaçlı, taşların çıkarılması, işlenmesi ve yıllık 100.000 m<sup>3</sup> ve üzeri kapasiteli mermer kesme işleme ve sayalama tesisleri,  
A.2.5- Kazı ve döküm alanı olarak toplam 25 hektar ve üzerinde açık işletme maden ocakları, kazı ve döküm alanı olarak toplam 150 hektar ve üzeri çalışma alanına sahip kömür çıkarma, yıkama ve eleme tesisleri, 25 hektar ve üzeri alandan ham madde çıkartılan taş ocakları, 100.000 m<sup>3</sup>/yıl ve üzeri kapasitedeki taş ocaklarından çıkarılan ham maddelerin her türlü işleminden geçiren tesisler,  
A.2.6- Kapasitesi 75 ton/gün ve üzerinde olan ateşe dayanıklı tuğla, seramik borular, yapı tuğlası, kiremit ve benzeri kaba seramik ürünlerinin üretildiği ve pişirildiği tesisler,  
A.2.7- Asbest ve asbest katkılı ürünleri üretme, işleme ve biçimlendirme tesisleri,  
A.2.8- Çeşitli metotlarla cevher hazırlama veya zenginleştirme tesisleri,  
A.2.9- Kapasitesi 75 ton/gün ve üzerinde olan prefabrik konut malzemeleri, gaz beton ve metal yapı elemanları üretim tesisleri.

##### B) İkinci Sınıf Gayrisihhî Müesseseler

###### B.2- MADEN SANAYİİ

a

- B.2.1- Kireç ocakları,  
B.2.2- Ham tuz üretme işleme yerleri ve her türlü tuz fabrikaları,  
B.2.3- Alçı, kireç, tebeşir, kuvars taşı ve benzeri değirmenleri,  
B.2.4- 5.000 m<sup>3</sup>/yıl altında kapasiteli blok ve parça mermer, dekoratif amaçlı taşların çıkarılması, işlenmesi ve yıllık 100.000 m<sup>3</sup> altında kapasiteli mermer kesme işleme ve sayalama tesisleri,  
B.2.5- Kazı ve döküm alanı olarak toplam 25 hektarın altında açık işletme maden ocakları, kazı ve döküm alanı olarak toplam 150 hektarın altında çalışma alanına sahip kömür çıkarma tesisleri, 25 hektar ve üzeri alandan hammadde çıkarılan taş ocakları, 100.000 m<sup>3</sup>/yıl altında kapasitedeki taş ocaklarından çıkarılan hammaddenin her türlü işleminden geçirildiği tesisler,  
B.2.6- Kapasitesi 75 ton/günün altında olan ateşe dayanıklı tuğla, seramik borular, yapı tuğlası, kiremit vb. kaba seramik ürünlerinin üretildiği ve pişirildiği tesisler,  
B.2.7- Değirmen taşı ve bileği atölyeleri,  
B.2.8- Volkanik taş işleyerek elde edilen hafif malzeme üretim tesisleri ile kapasitesi 75 ton/günden küçük olan prefabrike konut malzemeleri, gaz beton ve metal yapı elemanları üretim tesisleri,  
B.2.9- Çimento, çakıl kum, cüruf ve benzeri maddelerden motor gücü kullanarak yapı yalıtım döşeme vs. malzemelerin imal tesisleri,  
B.2.10- Mozaik imal yerleri,  
B.2.11- Maden cevheri depolama yerleri,  
B.2.12- Kum ocakları, kum yıkama ve eleme tesisleri,  
B.2.13- Hazır beton tesisleri,  
B.2.14- 5 ton/saatten düşük kapasitedeki çimento öğütme ve paketleme tesisleri,  
B.2.15- Kükürt eleme, öğütme ve paketleme tesisi.

##### C) Üçüncü Sınıf Gayrisihhî Müesseseler

###### C.1- MADEN SANAYİİ

- C.1.1- İnşaat malzemeleri depo ve satış yerleri,  
C.1.2- Sırlı, sırsız, çanak, çömlek, küp ve benzeri toprak mamulleri üretim yerleri,  
C.1.3- Çini atölyeleri,  
C.1.4- Çakıl, kum, cüruf, çimento ve benzeri maddelerden motor gücü kullanmaksızın yapı, yalıtım, döşeme vb. malzeme imal yerleri,