

G.L.İ. TUNÇBİLEK BÖLGESİ
ÖMERLER YERALTI OCAĞINDA
YANGINA MÜSAİT DAMARIN GÖÇERTMELİ SİSTEM YERİNE
DOLGULU SİSTEMLE ÜRETİLMESİNİN ETÜDÜ

Melih DUYGUN

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden İşletme Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Doç. Dr. Güner ÖNCE

Mart-1988

Yüksek Lisans Tezi
Maden İşletme Anabilim Dalı

Ö N S Ö Z

Genel enerji planlaması açısından kömür ülkemiz için büyük önem kazanmıştır. Ülkemizin su, güneş, rüzgar ve nükleer enerji gibi değişik enerji kaynakları bolca bulunmasına karşın, bugün için kömür dün - yada olduğu gibi Türkiye'de de yakın geleceğin ilk akla gelen enerji kaynağı olmaya devam edecektir.

Ülkemizde linyit kömürü üretimi büyük oranda Türkiye Kömür İşlet - meleri Kurumu tarafından yapılmaktadır. Son yıllarda yapılan yatırım - lar sonucunda 1983 yılında 18,5 milyon ton olan linyit üretimi, 1985 yılında 30 milyon ton seviyesine çıkartılmıştır. Önümüzdeki dört yıl içersinde bu üretimin 65 milyon tona çıkarılması planlanmıştır. Böy - lece ülkemiz dünyanın sayılı kömür üreticileri arasında yerini almış o - lacaktır. Üretimde artış sağlanırken, çok güç şartlar altında çalışı - lan yeraltı kömür madenciliğinde, uygun olmayan üretim yöntemlerinin seçimi ile büyük üretim kayıpları olmaktadır. Bu üretim kayıplarının tamamen önlenmesi için gelişen teknolojiye göre yeni üretim yöntemleri - nin geliştirilmesi ve amaca göre kullanılması zorunlu olmaktadır.

Bu projenin hazırlanmasında benden hiçbir yardımı esirgemeyen Sayın hocam Doç.Dr.Güner ÖNCE'ye, bölümümüzün diğer öğretim elemanlarına, GLİ Tunçbilek Bölge Müdürü Necmettin ERMİŞOĞLU'na, Bölge Müdür Yardımcısı Neşet ÇOĞUPLUGİL'e, Ömerler Yeraltı İşletmesi İstihsal Baş Mühendisi Hasan ÇAM'a, Ocak Mühendisi Hasan ÖVEN'e, Hazırlık İşleri Mühendisi Ali YEŞİLTAS'a, diğer maden ve makina mühendisi arkadaşlarıma, Fizik uzmanı Hüseyin ERÖZ'e ve Kimya laboratuvarında görevli diğer tüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Melih DUYGUN

Ö Z E T

Bu çalışmada G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi Ömerler Yeraltı İşletmesinde halen hazırlık çalışmaları devam eden Ömerler 1-C Panoda "Hidrolik Dolgulu Tam Mekanize Üretim Yönteminin" uygulanabilirliği üzerinde araştırmalar yapılmıştır.

Birinci bölümde GLİ Tunçbilek Bölgesi ve Ömerler Yeraltı İşletmesi tanıtılmış, ikinci bölümde ise Ömerler Yeraltı İşletmesinde Uygulanan üretim yöntemi hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde kömüre taş karışmasını azaltmak amacıyla uygulamaya yeni başlanan "Sun'i Tavanlı Tavan-Taban Ayak Sistemi" anlatılmış, dördüncü bölümde ise bu üretim sisteminin geçtiğimiz yıllarda Türkiye'deki uygulamaları ve elde edilen sonuçlar üzerinde durulmuştur.

Beşinci bölümde halen Ömerler Yeraltı İşletmesinde uygulanan "Dönümlü Uzun Ayak Blok Göçertme" üretim sistemine göre kömüre taş karışma oranının tesbiti çeşitli alternatiflere göre yapılmış, altıncı bölümde ise büyük üretim kayıplarına neden olabilen "Kömürün Kendiliğinden Yanma Olayları ve Alınan Mücadele Yöntemleri" hakkında bilgiler verilmiştir.

Yedinci bölümde "Yeraltındaki Yangınların Kapatılması" üzerinde durulmuş ve patlamaya dayanıklı barajların projesi, yapımı konusunda geniş araştırmalar yapılmıştır. Sekizinci bölümde ise Türkiye'de ve yurt dışında tüm "Dolgu Sistemleri" etüd edilmiştir.

Dokuzuncu bölümde ise "Ömerler 1-C Panoda Hidrolik Dolgulu Tam Mekanize Üretim Yönteminin Uygulanabilirliği" ve bu konuda yapılan laboratuvar çalışmaları hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

Onuncu bölümde Hidrolik Dolgulu Tüm Mekanize Üretim Yöntemi ile Dönümlü Uzun Ayak Blok Göçertme Üretim Yönteminin ekonomik yönden karşılaştırılması yapılmış ve her iki yönteme göre 1 ton kömürün ocak maliyeti hesaplanmıştır.

ÖZET (Devam)

Yapılan çalışmalar, Ömerler 1-C pano için en uygun üretim yöntemi- nin "Hidrolik Dolgulu Tam Mekanize Yöntem" olduğunu göstermiştir. Bu yöntemle yeraltında büyük üretim kayıplarına neden olan ocak yangınları önleneceği gibi ayak arkasında kömür kaybı minimize edilecektir. Hidro- lik dolgu malzemesi olarak % 40 pülp yoğunluğunda, lavvar artığı şistler ile 1/20 oranında karıştırılan normal portland çimentosunun oluşturduğu karışım kullanılacaktır.

SUMMARY

This study is concerned with the investigations conducted at the G.L.İ. Tunçbilek Area - Ömerler Underground Coal Mine, into the applicability of the "full - Mechanised Mining Method with Hydraulic Backfill" in Panel 1-C.

After giving general information about G.L.İ. Tunçbilek Area and Ömerler Underground Mine in Chapter One, Chapter Two has been devoted to the explanation of the present mining method in Ömerler Underground Mine in detail.

In Chapter Three, "longwall System with Artificial Roof" used to decrease the percentage of the roof strata stones in coal behind the longwall is explained in general terms and, the applications and results of this system in Turkey in recent years have been criticized in Chapter four.

Chapter Five is concerned with the ratio of the roof strata to the coal in weight in the present method of "Block Caving with Retreat Longwall Mining" in Ömerler Underground Mine. Chapter Six gives information about the spontaneous Combustion which causes large amount of coal production losses and about the preventive methods.

In Chapter Seven closing-up the mine fires is studied. The dams against explosions and the methods of their building up are investigated. Chapter Eight deals with the filling methods employed in Turkey and abroad.

Chapter Nine is concerned with the applicability of full-mechanised mining method with hydraulic backfill in Ömerler, Panel 1 - C and in this respect, the information about the laboratory experiments is given in detail.

In Chapter Ten the comparison of the "Block Cowing with Retreat Longwall Mining" and the "Full-Mechanised Mining Method with Hydraulic Backfill" from the economic point of view is presented and the cost of one ton coal production in mine is calculated for the both cases.

This study has shown that the "Full-Mechaniset Mining Method with Hydraulic Backfill" is the most suitable method for the Ömerler, Panel 1-C. The mine fires which cause large production losses will be prevented and the coal losses behind the long wall can be minimized by this method. Hydraulic filling material which is the mixtire of the tailings of the dressing plant fith 5 wt. percent Portland cement content in 40% pulp-density is employed in the proposed mining method.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
SUMMARY	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
1. BÖLGENİN TANITILMASI	1
1.1. Coğrafi Konum	1
1.2. Müessesenin Tarihçesi	1
1.3. Bölgenin Jeolojisi	2
1.3.1. Ömerler Sahasının Jeolojisi	4
1.4. Bölgenin Tektonik Durumu	4
1.5. Jeofizik Etüdler	6
1.6. Sondajlı Etüdler	6
1.7. Laboratuvar Etüdları	7
1.8. Kömür Damarının Yapısı	7
1.9. Kömür Damarının Evsafı	8
1.10. Rezerv	9
1.11. G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi Ömerler Yeraltı 1988 Yılı İş Programı	12
1.11.1. Satılabilir Kömür Miktarı ve Cinsleri	15
1.11.2. 1987 Yılı 6 Aylık Değerlere Göre ton/m ² Hesabı	15
1.11.3. Sondajlara Göre ton/m ² Hesabı	16
1.11.4. Panolarda Çalışılacak Saha	17
1.11.5. Üretimin Ayaklara Göre Dağılımı	19
1.11.6. Üretimin Aylara Göre Dağılımı	20
1.11.7. 1988 Yılı Ömerler Yeraltı İşletmesi İhrazat Programı	20

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (Devam)

	<u>Sayfa</u>
1.11.8. Ömerler Yeraltı İşletmesi 1988 Yılı Randımanları	22
1.11.9. 1988 Yılı Ömerler Yeraltı İşletmesinin Teknik Özellikleri	22
2. ÖMERLER YERALTI İŞLETMESİNDE UYGULANAN ÜRETİM YÖNTEMİNİN ETÜDÜ	26
2.1. Uygulanan Üretim Yöntemi	26
2.2. Tahkimat Sistemi	28
2.3. Nakliyat Sistemi	29
2.4. Hazırlık İşleri	31
2.5. Havalandırma Sistemi	31
2.6. Su Atımı	32
2.7. Personel Durumu	32
2.7.1. Teknik Personel	32
2.7.2. Ömerler Yeraltı İşçilik Prevüsü	33
3. YAPAY TAVANLI ÜRETİM SİSTEMİNİN ETÜDÜ	37
3.1. Bir İşletme Metodunun Seçimini Etkileyen Parametreler	37
3.2. Yatay ve Az Eğimli Damarlarda Uygulanan İşletme Metod- ları ve Yapay Tavan Uygulamaları	37
3.2.1. Dilimli Yöntemler	38
3.2.1.1. Dolgulu Uzun Ayak Yöntemi	38
3.2.1.2. Göçertmeli Uzun Ayak Yöntemi	40
3.2.2. Uzun Ayaklarda Yapay Tavan Uygulamaları	40
3.2.2.1. Klasik Ayaklarda Yapay Tavan Uygula- maları	42
3.2.2.1. Yapay Tavan Altında Mekanize Ayak Uygulanması	47
3.2.3. Arkadan Göçertme Sistemi	48

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (Devam)

	<u>Sayfa</u>
4. TÜRKİYE'DE YAPAY TAVAN DENEMELERİ VE ELDE EDİLEN SONUÇLAR .	52
4.1. Tunçbilek Bölgesi	52
4.2. Soma Bölgesi	52
5. TUNÇBİLEK BÖLGESİ YERALTI İŞLETMELERİNDE KÖMÜRE TAŞ KARIŞMA ORANININ ETÜDÜ	57
5.1. Üretim Miktarına Göre Taş Karışma Oranının Tesbiti ...	57
5.2. Yüzdürme Eğrilerinden Taş Oranının Tesbiti	61
5.3. Tüvenan Üretimden Aylık Olarak Alınan Numunelerden Senelik Taş Karışma Oranının Hesabı	63
5.3.1. Tüvenan Üretim Herhangi Bir Ayından Alınan Numunelerden Senelik Taş Karışma Oranının Hesaplanması	63
5.3.2. Kömürün Yüzdürme Eğrileri Yardımı ile Taş Karışma Oranının Tesbiti	65
6. ÖMERLER YERALTI İŞLETMESİNDE KENDİLİĞİNDEN YANMA OLAYLARI İLE MÜCADELE VE ALINAN ÖNLEMLER	67
6.1. Kendiliğinden Yanmanın Tanımı ve Etki Eden Faktörler .	67
6.2. Ömerler Ocağında Kendiliğinden Yanma Olayları	71
6.3. Kömürün Kendiliğinden Yanma Riski	74
6.3.1. Kendiliğinden Yanma Risk İndeksleri	74
6.4. Kömürün Kendiliğinden Yanmasının Belirlenmesi	80
6.5. Kendiliğinden Yanmaya Karşı Yapılan Mücadele Yöntemleri	81
6.6. G.L.İ. Maden Ocaklarında Yangınların Önlenmesi Hakkında Talimatı	88
7. YERALTINDA YANGINLARIN KAPATILMASI	92
7.1. Kapatmanın Prensipleri ve Barajlarda Aranılan Özellikler	92
7.2. Barajlar İçin Gereksinimler - Ayak Arkası Göçüğündeki Alevler	97

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (Devam)

	<u>Sayfa</u>
7.3. Barajlar İçin Gereksinmeler –Açık Yangınlar	98
7.4. Barajlar İçin Gereksinmeler – Kendiliğinden Yanma ...	99
7.4.1. Ayak Arkası Göçüğü Kıyısındaki Yığma Duvarlar	100
7.4.2. Oturmamış Bir Arazide Taban Yolları Kenarları- nın Kaplanması	102
7.4.3. Oturmuş Bir Arazideki Taban Yolları Kenarları- nın Kaplanması	105
7.5. Baraj Yerlerinin Hazırlık Planlaması	107
7.6. Patlamaya Dayanıklı Barajların Yangından Uzaklık Mesafesi	107
7.7. Patlamaya Dayanıklı Barajların Proje ve Yapımı	108
7.8. Basıncın Dengelenmesi	117
7.8.1. Basınçları Eşitleme Metodları	119
7.9. Yeraltındaki Kızışma ve Yangınların Gelişme ve Kon- trolu ile İlgili Olarak Yapılan Ocak Hava Analizle- rinin Yorumlanması	133
8. DOLGU (RAMBLE) SİSTEMLERİNİN ETÜDÜ	145
8.1. Dolgu Sistemleri ve Uygulama Alanları	145
8.2. Dolgu Malzemesi Kaynakları	145
8.2.1. Ayak Arkası Taşı ve Yan Taşlar	145
8.2.2. Taban Yolları Taşları	146
8.2.3. Ocak Hazırlık Taşları	146
8.2.4. Lavvar – Konsantratör Artıkları	146
8.2.5. Eski Yığınlar	147
8.2.6. Taş Ocakları	147
8.3. Dolgu Yöntemleri	147
8.3.1. El Dolgusu	148
8.3.1.1. Şerit Dolgu	149
8.3.1.2. Baca Dolgusu	149

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (Devam)

	<u>Sayfa</u>
8.3.2. Gravite Dolgusu	152
8.3.3. Mekanik Dolgu	152
8.3.4. Pnömatik Dolgu	154
8.3.4.1. Pnömatik Dolgu Makinaları	156
8.3.4.2. Dolgu Boruları ve Dirsekleri	158
8.3.4.3. Dolgu Örme Telleri - Kağıtları - Plakaları	159
8.3.4.4. Ayak Dolgu Örneği	159
8.3.4.5. Taban Yolu Dolgu	160
8.3.4.6. Metal İşletmelerinde Uygulaması	160
8.3.4.7. Pnömatik Dolgu Sisteminde Son Yeni - likler	161
8.3.5. Hidrolik Dolgu	164
8.3.6. Monolitik Dolgu Sistemleri ve İngiltere'deki Uygulamaları	167
8.3.6.1. Anhidrit Dolgu Sistemi	169
8.3.6.2. Thyssen Dolgu Sistemi	170
8.3.6.3. Warbret Sistemi	171
8.3.6.4. Kısa Mesafeden Pompalama Sistemleri	173
8.3.6.5. Su + Çimentolu Dolgu Sistemi	173
9. HİDROLİK DOLGULU MEKANİZE YÖNTEMİN ETÜDÜ	178
9.1. Ömerler 1-C Panosunun Özellikleri	178
9.2. Pano Özelliği	178
9.3. Uzun Ayaklarda Yürüyen Tahkimatın Boyutlandırılması	179
9.3.1. Yürüyen Tahkimatın Uygulanabilirliğine Etki Eden Faktörler	179
9.3.2. Yürüyen Tahkimatın Boyutlandırılmasına Etki Eden Faktörler	182

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (Devam)

	<u>Sayfa</u>
9.3.3 Ayaklarda Tavan Basıncı	183
9.3.4. Tahkimatın Taşıma Kapasitesinin ve Taban Taşının Taşıma Yoğunluğunun Belirlenmesi .	184
9.4. Yürüyen Tahkimat Tipi ve Sayısının Seçimi	186
9.5. Ayaklarda Üretilen Yıllık Kömür Miktarı	189
9.6. Ayaklardaki Eleman Şayısı	190
9.7. Ömerler 1-C Panosunda Hidrolik Ramblenin Uygula - nabilirliğinin Etüdü	191
9.7.1. Hidrolik Ramble Malzemesinin Özellikleri .	191
9.7.2. Malzemenin Tane Büyüklüğü	192
9.7.3. Tane Şekli	194
9.7.4. Ramble Malzemesinin Yoğunluğu	194
9.7.5. Dolgu Malzemesinin Sıkılama Oranı	195
9.7.6. Dolgu Malzemesi ve Su İhtiyacı	195
9.7.7. Dolgunun Kazıya ve Tavan Kontrolüne Etkisi	197
9.7.8. Hidrolik Ramblenin Teorisi	197
9.7.8.1. Hidrolik Ramble Tasarımına Etkiyen Parametreler	203
9.7.8.2. Kritik Karışım Hızı	211
9.7.8.3. Karışım Çeşitleri	212
9.7.8.4. Hidrolik Ramblede Boru Yük Kayıp- larının Hesabı	220
9.7.8.5. Hidrolik Ramblede Debi Hesabı ...	236
9.7.8.6. Hidrolik Dolgu Tesisinin Randımanı	236
9.7.8.7. Loren Havzası Hidrolik Ramble Yerüstü Tesisleri	239
9.7.8.8. Hidrolik Ramble Boruları Montaj ve Bakımı	242
9.7.8.9. Ramble Suyunun Tahlisiyesi	243
9.7.8.10. Hidrolik Ramblenin Maliyeti	244

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (Devam)

	<u>Sayfa</u>
9.7.9. Laboratuvarda Dolgu Deney Numunelerinin Hazırlanması	245
9.7.9.1. Laboratuvarda Yapılan Deneylerde Yapılan Hesaplamalar	246
9.7.10. Laboratuvar Çalışmalarından Elde Edilen Sonuçlar	273
9.7.11. Nakliyat	274
9.7.11.1. Ayak İçi Nakliyatı	274
9.7.11.2. Sabit Yolların Nakliyatı	276
9.7.11.3. Ana Nakliye Bùrleri	280
9.7.11.4. Pano Nakliye Bùrleri	280
9.7.11.5. Havalandırma	282
9.7.11.6. Hava Miktarı Hesabı	289
10. EKONOMİK DEĞERLENDİRME	292
10.1. Hidrolik Dolgulu Üç Dilimli Yöntemin Maliyeti	292
10.2. Göçertmeli Uzun Ayak Yönteminin Maliyeti	302
11. SONUÇLAR	313
KAYNAKLAR DİZİNİ	317

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi Stratigrafi Litolojisi	5
1.2. Ömerler Panolarını Temsil Eden Damar Stampı	11
2.1. Damarın Tavan ve Taban Ayaklarda Çalışması	27
2.2. Damarın Yalnız Taban Ayakla Çalışması	27
2.3. Taban Ayaklarda Vardiyalara Göre Çalışma Düzeni	30
3.1. Tabandan Tavana Doğru Dolgulu Dilim Yöntemi	39
3.2. Tavandan Tabana Doğru Aynı Anda Hidrolik Dolgu ile Alınması.	39
3.3. Üst Dilim Alındıktan Sonra Damarın Tabandan Tavana Doğru Dolgulu Alınması	39
3.4. İlk Dilimde Göçüğün Konsolide Edilmesi	41
3.5. Göçüğün Konsolide Edilmesi	41
3.6. Damarın Üç Dilim Halinde Göçertilerek Alınması	43
3.7. Ağaç Tahkimatlı Rangleli Klasik Ayak	46
3.8. Yapay Tavan Döşemesi	46
3.9. "V" Tahkimatlı Yapay Tavan Uygulanması	46
3.10. Kalın Damarlarda "V" Tahkimatlı Yapay Tavan Uygulanması	49
3.11. Yapay Tavan Altında Mekanize Ayak Uygulanması	49
3.12. Japonya'da Kalın Damarlarda İki Dilim Halinde Yapay Tavan Uygulanması	49
3.13. Blok Göçertmeli Ayak Kesiti	51
3.14. Blok Göçertmeli Tavan-Taban Ayak	51
3.15. Blok Göçertmeli Ara ve Taban Ayak	51
4.1. Yapay Dilimleme Yöntemi (Soma)	54
4.2. Soma Bölgesi Yapay Tavan Uygulamasının Lavvar Randımanına Etkisi	54
4.3. Yapay Tavan Örgü Sistemi	56
5.1. Pilot Klasik Ayakta Açılan Stamp Kelebelerinin Analizi	58
6.1. Göçertmeli Uzun Ayaklarda Göçük Yangınlarının Nedenleri ve Önlenmesi	82

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.2. Ayak Arkası Numune Alma ve Göçük Yangınlarının Önlenmesi ..	83
6.3. Yangınlı Sahanın Kapatılmasında Yapılan Baraj	87
6.4. Topuk Sınırına Gelen Panoların Kapatılmasında Yapılan Baraj	87
7.1. Wigon Junction Ocağında Bir Patlamaya Dayanıklı Baraj	111
7.2. En Son Aşamayı Süratle Kapamayı İçeren Baraj	111
7.3. Takviyeli Bir Yangın Barajı	112
7.4. Sonradan Açılacak Şekilde Planlanmış Yangın Barajı	115
7.5. Kendiliğinden Kızılaşma veya Yangını Kapatmak İçin Kullanılan Tekrar Açılması Düşünülmemeyen ve Yapımı Sırasında Patlama Tehlikesi Olmayan, Patlamaya Dayanıklı Bir Baraj	116
7.6. Barajlar Üzerindeki Basınçları Kapıların Ayarlanması ile Eşitleme Metodları	117
7.7. Barajlar Üzerindeki Basınçların Basınç Eşitleme Yolu İle Kaldırılması	117
7.8. Barajlar Üzerindeki Basınçların Basınç Eşitleme Borusu İle Kaldırılması	117
7.9. Basınç Odasının Basıncını Kontrol Etmek İçin Kurulan Enjektörlerin Kuruluşu	117
7.10. Basınç Odasının Kontrol Etmek İçin Tali Pervanelerin Kuru- luşu	123
7.11. Ocağın Havalandırma Basıncını Kullanarak Barajlar Üzerindeki Basıncı Kontrol Etme Metodu	123
7.12. Şekil 7.11'deki Düzenlemede Regülatörün Kullanımı	126
7.13. Hava Kaçakları Olan Kapatılmış Bir Saha İçindeki Basınç Dağılımı	126
8.1. El Dolgu Örnekleri	150
8.2. İyi ve Fena Yapılmış Şerit Dolgu	151
8.3. Gravite Dolgu Örnekleri	153
8.4. Mekanik Dolgu Yöntemi	155
8.5. Pnömatik Dolgunun Genel Görünümü	157

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
8.6. Metal İşletmesi Pnömatik Dolgu Uygulaması	162
8.7. Anhidrit Dolgu	172
8.8. Thyssen Sistemi	172
8.9. Warbret Sistemi	176
8.10 Mindev Kısa Mesafe Pompalama Sistemi	176
8.11 Su + Çimentolu Dolgu Sistemi	177
9.1. Ömerler 1-C Panosunda Hidrolik Dolgulu Tam Mekanize Üretim Sistemi	181
9.2. Dolgunun Kazıda Faydasının Şematik Belirlenmesi	199
9.3. Göçertmeli ve Dolgulu Ayakta Tavan Kırılması ve Tahkimata Binen Yükler	200
9.4. Ortalama Tane Büyüklüğüne Göre Çökme Hızı	213
9.5. $FL = f(k,d)$ Abağı	213
9.6. Ortalama Akış Hızına Bağlı Çökme Hızı	217
9.7. Parça Büyüklüğüne Bağlı Akış Hızı	219
9.8. Akış Hızına Bağlı olarak Basınç Düşüşü	219
9.9. Nikuradse Formülü ile Colebrook Formülü Arasındaki Farklar .	224
9.10 Karışım Hızına Bağlı Birim Boru Sürtünme Kaybı	226
9.11 Homojen Karışımda Yük Kaybı	230
9.12 Kumun Homojen Karışım İçinde Nakli Sırasında Meydana Gelen Yük Kaybının Değişimi	230
9.13. Çeşitli Konsantrasyon İçin Hızla Bağlı Olarak Değişen Basınç Kayıpları	231
9.14 Fransız Otomatik Kontrol Sistemi	239
9.15 T.T.K. Armutçuk Bölgesinde Uygulanan Hidrolik Ramble Sistemi	240
9.16 % 30 Pülp Yoğunluğunda Kür Süresine Göre Basınç Dirençleri .	265
9.17 % 40 Pülp Yoğunluğunda Kür Süresine Göre Basınç Dirençleri .	265
9.18 % 50 Pülp Yoğunluğunda Kür Süresine Göre Basınç Dirençleri .	266
9.19 % 40 Pülp Yoğunluğunda Termik Külü Katkılı Numunelerin Kür Süresine Göre Basınç Dirençleri	266

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
9.20. % 30 Pülp Yoğunluğunda Kür Süresine Göre Konverjans Değerleri	267
9.21. % 40 Pülp Yoğunluğunda Kür Süresine Göre Konverjans Değerleri	267
9.22. % 50 Pülp Yoğunluğunda Kür Süresine Göre Konverjans Değerleri	268
9.23. % 40 Pülp Yoğunluğunda Termik Külü İçeren Numunelerin Kür Süresine Göre Konverjans Değerleri	268
9.24. Pano İçi Nakliye Bürleri	281
9.25. Havalandırma Akım Şeması	284

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. 1,7 Yoğunluğa Göre Tumbilek Kimya Laboratuvarı Tarafından Hazırlanan Yüzdürme Eğrilerinin 1985 Yılı Sonuçları	62
5.2. Tüvenan Üretimden Alınan Kömürlerin 1,7 Yoğunluktaki Sıvıda Yapılan Yüzdürme Batırma Analizleri	64
6.1. 40l Nolu Ayakta Meydana Gelen Yangında Gaz Ölçümleri	74
6.2. Pratik Kendiliğinden Yanma Risk İndisleri	75
6.3. Kendiliğinden Yanma ile İlgili Kritik Faktörler	76
6.4. Yanabilirlik ve Çevre İndeksleri Oranları	77
6.5. Risk Kategorileri	78
6.6. Uzun Ayak Yöntemi İçin, Düzeltilmiş Kendiliğinden Yanma Riski	79
8.1. Brieden KZS 150 ve KZS 250 tipi Pnömatik Dolgu Makinalarına Ait Teknik Veriler	163
9.1. 0-18 mm Lavvar Artığı Şistin Elek Analizi	246
9.2. % 30 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları .	250
9.3. % 30 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları .	251
9.4. % 30 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları .	252
9.5. % 40 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları .	253
9.6. % 40 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları .	254
9.7. % 40 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları .	255
9.8. % 50 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları .	256
9.9. % 50 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları .	257
9.10. % 50 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları	258
9.11. % 40 Pülp Yoğunluğunda Termik Külü ile Yapılan Basınç Deneyi Sonuçları	259
9.12. % 40 Pülp Yoğunluğunda Termik Külü ile Yapılan Basınç Deneyi Sonuçları	260
9.13. % 40 Pülp Yoğunluğunda Termik Külü ile Yapılan Basınç Deneyi Sonuçları	261
9.14. % 30 - % 40 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Direnci ve Ortalama Deplasman Değerleri	262

TABLULAR DİZİNİ (Devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
9.15. % 40 - % 50 Pülp Yoğunluğunda Ortalama Tek Eksenli Basınç Direnci Ortalama Deplasman Değerleri	263
9.16. % 50 - % 40 Pülp Yoğunluğunda Termik Külü İçeren Numunelerin Ortalama Tek Eksenli Basınç Direnci ve Ortalama Deplasman Değerleri	264
9.17. Havalandırma akım Şeması Tablosu	285
10.1. Ayaklarda 1 have İlerlemeye Göre Vardiyadaki İş Dağılımı.	310
10.2. Bir vardiyada 4 ayağa gerekli işçi sayısı	310

1. BÖLGENİN TANITILMASI

1.1. Coğrafi Konum

Tunçbilek Bölgesi Kütahya il sınırları içinde olup, 13 km lik asfalt bir yol ile Tavşanlı'ya bağlanmıştır. Piyasa kamyonlarının kömür nakliyatı, malzeme ve personal nakliyatı, genellikle bu yoldan yapılmaktadır. Bölgenin ikinci önemli karayolu 65 km uzunluğundaki Tunçbilek Domaniç-İnegöl yoludur. Bölge ayrıca Tavşanlı'dan geçen Kütahya-Balıkesir demiryoluna 11 km lik bir hat ile bağlanmıştır. Bu yoldan işçi, malzeme ve kömür nakli için halen önemli ölçüde faydalanılmaktadır.

Havzanın rakımı 650-1050 m arasında değişir. İklim genellikle karasaldir. Sonbahar ve ilkbahar yağışlı geçer. Yıllık ısı farkı -14° C ile -30° C arasında değişmektedir. Adranos çayı bölgenin tek akarsuyu olup kuzeye doğru akar.

1.2. Müessesenin Tarihçesi

Kütahya ile sınırları içerisinde ve Kütahya-Balıkesir demiryolu üzerinde Değirmisaz çevresindeki linyit sahaları 16 Şubat 1938 tarihinde Etibank tarafından işletilmeye başlanmış ve ilk defa Etibank Değirmisaz İşletmesi kurulmuştur. Yine Tavşanlı ilçesinin 13 km kuzeyinde bulunan Tunçbilek Kömür 18 Mayıs 1939 tarihinde bu işletmeye dahil edilmiştir.

Bu arada Manisa iline bağlı Soma ilçesinin yaklaşık 10 km güneyindeki Yunus Nadi Şirketi tarafından işletilmekte olan linyit ocakları da etüd edilmiş ve 23 Eylül 1939 tarihinde imtiyazı satın alınmak suretiyle Soma İşletmeleri de işletme bünyesine dahil edilmiştir.

Birbirinden uzak bölgelerde bu üç işletme birleştirilerek 1 Ocak 1940 tarihinde "ETİBANK - Mahdut Mes'uliyetli Garp Linyitleri İşletmesi

Müessesesi" kuruldu. Başlangıçta merkezi Balıkesir'de bulunan bu müessesesi, İkinci Dünya Savaşı sırasında Tavşanlı'ya nakledilerek buradan idare edilmeye başlanmıştır.

Etibank'a bağlı olarak uzun yıllar faaliyet gösteren Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi, 31.8.1957 tarihinden itibaren 22.5.1957 tarihli 6974 sayılı kanun ile kurulan Türkiye Kömür İşletmeleri kurumuna geçmiştir.

Yukarıda adı geçen üç işletmeye ilaveten Kütahya ili sınırları dahilinde Seyitömer Havzası da 1.6.1960 tarihinde müessesenin bir bölgesi olarak işletmeye açılmış ve 22.8.1960 tarihinden itibaren bu bölgede de linyit üretimine başlanmıştır.

Değirmisaz bölgesi tükenen rezerv dolayısıyla 1966 yılında faaliyetini durdurmuştur. Soma bölgesi daha sonraları müessese bünyesinden ayrılmış, 1978 yılında yeni kurulan Ege Linyitleri İşletmesi müessesesine devredilmiştir. Garp Linyitleri İşletmesi (G.L.İ.) müessesesi halen Tunçbilek ve Seyitömer olmak üzere iki bölge halinde faaliyetlerini sürdürmektedir.

Tunçbilek'te 2 ünite 150 MW, 1 ünite 65 MW, 2 ünite 32 MW olmak üzere toplam 429 MW'lık Seyitömer'de de 3 x 150 = 450 MW gücünde termik santraller halen faaliyet halindedir.

1.3. Bölgenin Jeolojisi

Tunçbilek kömür havzasındaki sedimanları karasal neojen ve kuvaterner oluşuklar teşkil eder. Temel genellikle ultrabazik kayalardan ve kısmen de mezozoik kireçtaşlarından oluşmuştur. Bölgede Trabit, Andezit, Dasit gibi volkanitler de oluşmuştur. Bölgenin kuzey kısımlarında Domaniç havzasında serpantinlerin yanı sıra, yarı mermerleşmiş kireçtaşı, granit ve diorit de bulunur.

Miosende ve pliosende çökelen Tunçbilek havzası Neojen sedimanları karasal oluşuklardır. Miosende çökelenler "Alt Seri" veya "Tunçbilek Serisi", pliosende çökelenler de "Üst Seri" veya "Domaniç Serisi" olarak adlandırılır.

Alt Seri-Tunçbilek Serisi: Temel üzerinde diskordanslı duran alt seri iri sedimanlarla başlar. Temelin hemen üzerinde yumruk ile kafa büyüklüğünde, yıkanmış serpantin materyallerinden oluşmuş koyu gri renkli konglemera bankları ile molozlar bulunmaktadır. Yer yer tüf ve tüfit bankları ihtiva eden ve üst kısımlara doğru tedrici olarak grelerin hakim duruma geçtiği bu kaide horizonu "Bazalt Horizonu" olarak adlandırılmıştır.

Bazalt horizonunun üstünde koyu gri ile siyah renkte "killi şist horizonu" bulunmaktadır. Bu horizon bazı yerlerde ekonomik değeri olmayan, tabaka veya mercekler halinde linyit damarı ihtiva eder.

Killi şist horizonu üzerine, kiltası ve marn ihtiva eden mavi-gri renkli "Alt Marn Horizonu" onunda üzerinde gene mavi-gri marnlardan oluşmuş "Üst Marn Horizonu" gelir. Ana linyit damarı alt marn horizonu içinde veya alt marn horizonu ile üst marn horizonu geçişindedir.

Üst marn horizonu üzerinde beyaz-gri renkli "Kalkerli Marn Horizonu" ve onun üzerinde alt serinin en üst horizonu olan "Silisli Kalker Horizonu" görülür.

Alt serinin yaşı, özellikle alt ve üst marn horizonları içinde bulunan yaprak fosillere dayanılarak "Alt-Orta Miosen" olarak tesbit edilmiştir.

Üst Seri-Domaniç Serisi: Bazen temel ve bazen de alt seri üzerine diskordansla gelen üst serinin en önemli özelliği, volkanizma ürünleriyle kesilmiş olmasıdır.

Üst seri, yıkanmış serpantin materyalinden ibaret gevşek bir molozla başlar. Yukarıya doğru marn-moloz değişimi gösteren bu horizona da "Bazalt Horizonu" adı verilmiştir. Daha üst seviyede, "Marn Horizonu" bazalt horizonunun sonunu teşkil eder.

Marn horizonunun üzerinde kalın volkajen sedimanlar; "Alt Tüf Horizonu", "Kalkerli Marn Horizonu", "Orta Tüf Horizonu", "Bazaltik Lav Örtüsü" ve "Üst Tüf Horizonu" gelir. Domaniç serisinin sonunu "Silisli Kalker Horizonu" teşkil eder. Üst serinin yaşı pliosen olarak tesbit edilmiştir.

1.3.1. Ömerler sahasının jeolojisi

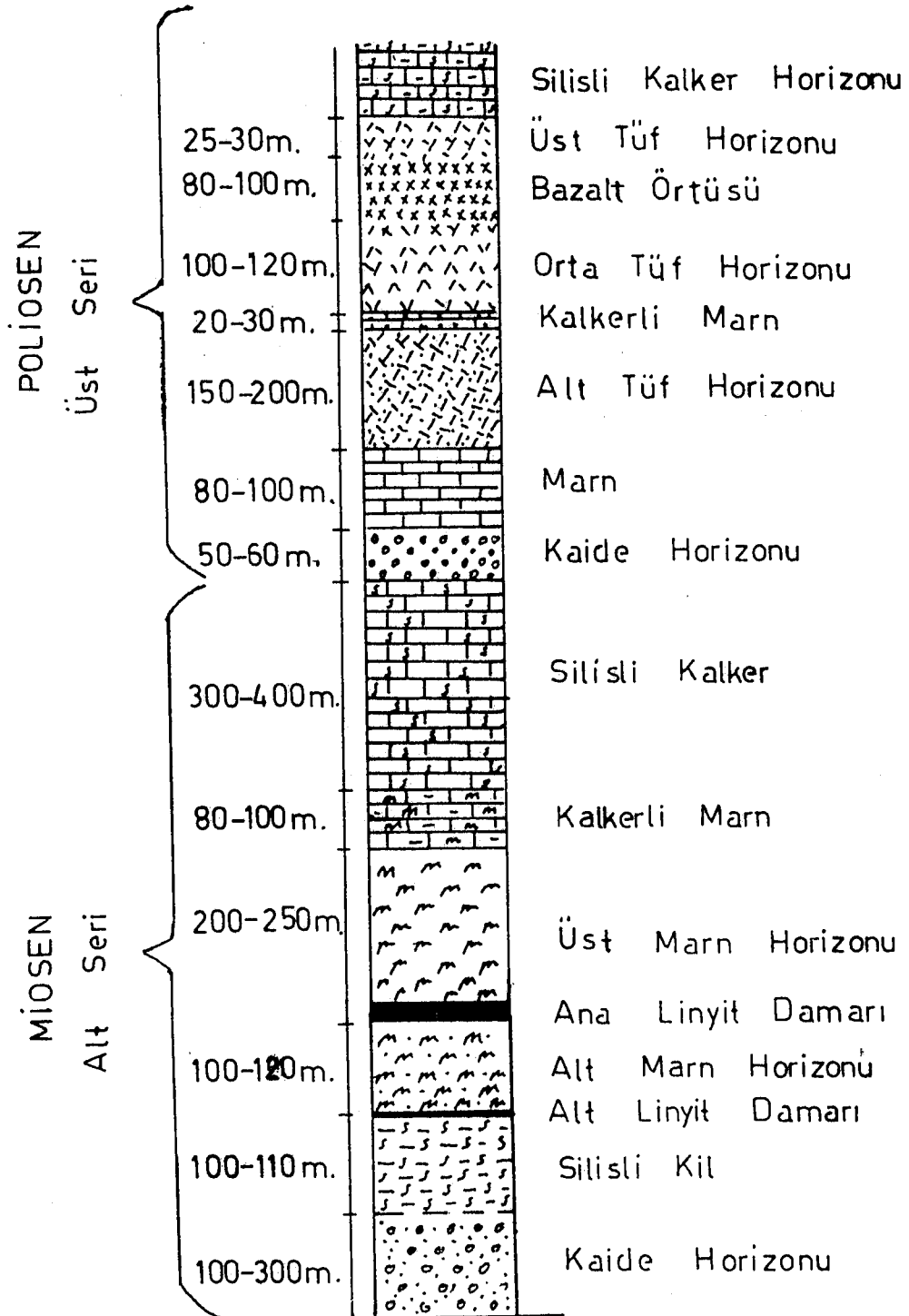
Ömerler köyü civarının jeolojisi, havzanın genel jeolojik karakterine uygundur. Sahada tamamen Miosen yaşlı alt seri sedimanları vardır. Yer yer bazı tepelerde küçük alanlara yayılmış üst seviyeye ait sedimanlar görülebilmektedir. Ömerler köyü civarındaki tabakalar ve kömür damarı genel olarak kuzeye eğimli ve kuzeybatı - güneydoğu doğrultulu faylarla bloklara ayrılmıştır.

1.4. Bölgenin Tektonik Durumu

Tunçbilek kömür havzasındaki sedimanlar, etkin orojenik hareketlere maruz kalmamışlardır. Bölgesel ölçekte antiklinal ve senklinal görülmez.

Neojenin sonuna doğru, bölgede epirojenik hareketler başlamış ve bu hareketler sonucunda meydana gelen tansiyon yarılımları (normal fay) ile bölge bloklara ayrılmıştır. Epirojenik hareketlerin etkisiyle tabakaların ilk konumları bozulmuş, az çok eğim kazanmışlardır. Havzadaki alt seri tabakaları $15-20^{\circ}$, epirojenik hareketlerden daha az etkilenen üst seri tabakaları ise en çok 10° eğimlidirler.

Havzada alt seri temel üzerinde açısal diskordanslı oturmaktadır.



Şekil 1.1. G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi Stratigrafi Litolojisi

Üst seri ise bazı yerde temel, bazı yerde de alt seri üzerinde diskordan olarak yatmaktadır. Ancak üst seri ile alt seri arasındaki diskordansa her tarafta rastlanmaz. Bazı yerde, alt seri içinde bulunan eski röliyef görülür ki bu durum, alt seri ile üst seri arasında bir çökeltme başluğunun olduğunu işaretler.

1.5. Jeofizik Etüdler

Tunçbilek Bölgesinde Ömerler köyü civarındaki 25 km² lik bir sahanın tektoniğini tesbit amacıyla 1975 yılında TKİ Genel Müdürlüğü Jeofizik etüd ekibi tarafından jeofizik etüd yapılmıştır.

Bu etüdün amacı, hem bu sahanın tektoniğini kesin şekilde tesbit etmek hem de sahanın tektonik durumunu öğrenmeye yönelik sondajlardan tasarruf sağlamaktır.

1.6. Sondajlı Etüdler

1940 yılında üretime geçen Tunçbilek Bölgesinde sondaj faaliyetleri 1942 yılında başlamıştır. Bu tarihte M.T.A. tarafından başlanılan sondajlı etüdler, 1947 yılına kadar devam etmiş ve 1942-1947 yılları arasında bölgede M.T.A. tarafından 62 adet, toplam 4195 m sondaj yapılmıştır. 1947 yılından itibaren Bölge kendi imkanlarıyla sondaj yapmaya başlamıştır. İlk yıllarda kısıtlı imkanlarla yavaş yürütülen sondajlı etüdler, 1950 yılından itibaren sondaj ekipmanının geliştirilmesiyle hızlandırılmıştır. Bundan sonra da gerekli hallerde ve müessese imkanlarının yetersiz kaldığı sahalardaki sondajlar M.T.A. Enstitüsü ve Elektrik İşleri Etüd İdaresi (E.İ.E.) gibi kuruluşlara yaptırılmıştır. Yine M.T.A. Enstitüsü tarafından, bölge imtiyaz sahasının kuzeyindeki derin sahalarda 1967 yılında 14 adet, toplam 4395 m ve 1968 yılında 2 adet toplam 210 m olmak üzere toplam 16 adet 4605 m sondaj yapılmıştır.

1976 yılından itibaren Ömerler köyü kuzeyindeki derin sahalarda geniş sondajlı etüdlere başlanmıştır. Gerek derinlik ve gerekse miktar bakımından müessese sondaj ekipmanının kapasitesini aşan bu sahalarda 1975 yılından itibaren E.İ.E. idaresi tarafından da sondaj yapılmaktadır.

1.7. Laboratuvar Etüdleri

Tunçbilek Bölgesi kömürü koklaşmaya elverişli değildir. Bölgede genelde kükürt miktarının düşük olmasına karşın (% 1-2) Ömerler Ocağı çevresinde bu miktar % 5'e kadar yükseldiği görülmektedir. Buna karşın ısı değeri yüksek ve iyi nitelikli bir linyit kömürüdür.

Ömerler 4 C-D panosunda 8 m'lik damar stampplarından alınan (kelebe ya da burgu ile delinmesiyle) numunelerin ortalama analiz değerleri şu şekildedir.

Rutubet %	K.Kül %	Uçucu Madde %	Sabit C. %	Toplam S. %
16.06	31.18	32.18	35.38	3.7
Yanıcı S. %	Külde S. %	Uçucu S. %	Or j.A. I.D. (Kcal/kg)	
2.7	1	1.6	3678	

1.8. Kömür Damarının Yapısı

Tunçbilek kömür havzasında, alt seri (Miosen) içinde iki seviyede linyit damarı teşekkül etmiştir.

Bunlardan alt damar şistli kil horizonu içinde olup adese şeklindedir ve her yerde görülmez, yanlara doğru süratle sterilleşir. Kalınlığı daha az olan bu "Alt Linyet Damarı"nın ekonomik değeri yoktur, işletilmemektedir.

Bölgede halen işletilmekte olan kömür damarı, gene alt seride ve alt marn horizonunun üst seviyelerinde veya alt marn horizonu ile üst marn horizonu geçişinde teşekkül eden "Ana Linyit Damarı"dır.

Ortalama 6-11 m. kalınlığa sahip olan ana damar içinde muhtelif kalınlıkta, tabaka ve adese halinde arakesmeler bulunmaktadır.

Kömür damarı, Bölgenin muhtelif yerlerinde çok değişik durum arzeder. Merdiven basamağı şeklinde değişik atımlı faylarla sık sık kesilen damarın eğimi 8° civarındadır.

Ömerler köyü civarında sahalarda ana linyit damarı alt marn horizonu ile üst marn horizonu geçişinde bulunmaktadır. Bu bölümde son yapılan sondajlardan ortalama 6,5-7,5 m. kalınlığa sahip olduğu tespit edilen ana damar, genel olarak kuzeye eğimlidir ve kuzeybatı-güneydoğu doğrultulu faylarla bloklara ayrılmıştır. G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi Ömerler panolarını temsil eden damar stampı Şekil 1,2'de verilmiştir.

1.9. Kömür Damarının Evsafı

Bölgede işletilmekte olan ana damar, genellikle orta sertlikte, siyah ve parlak linyit ihtiva eder. Damarın tavan ve taban kısımları genellikle daha temiz, orta kısımları ise daha düşük evsaflıdır.

Ömerler Köyü civarındaki panolarda kömür damarının evsafının tespitine yönelik ilk araştırmalar, Dr.Karl Nebert tarafından yapılmıştır. Bu incelemeye göre, bu bölümdaki kömür, makroskopik bakımdan taneli ve sıkı bir doku göstermektedir. Rengi siyah olup mükemmel bir parlaklık arzeder. Bu özellikleriyle bir kömür "parlak kömür" olarak tanımlanabilir.

1.10. Rezerv

Tunçbilek Bölgesi'nin imtiyaz alanı 13.036 hektardır.

1987 yılı itibariyle rezerv durumu (ton)

Muhtemel rezerv	:	46.882.000
Görünür rezerv	:	273.513.000
Hazır rezerv	:	11.006.000
Toplam rezerv	:	331.401.000 tondur.

Ayrıca Tunçbilek imtiyaz alanına komşu D.805 sayılı Domaniç sahasında yapılan arama sondajları ile 500-600 m derinlikte 52.906.000 ton muhtemel rezerv saptanmıştır.

Bu durumda bölgenin genel varlığı 384.307.000 tona ulaşmıştır.

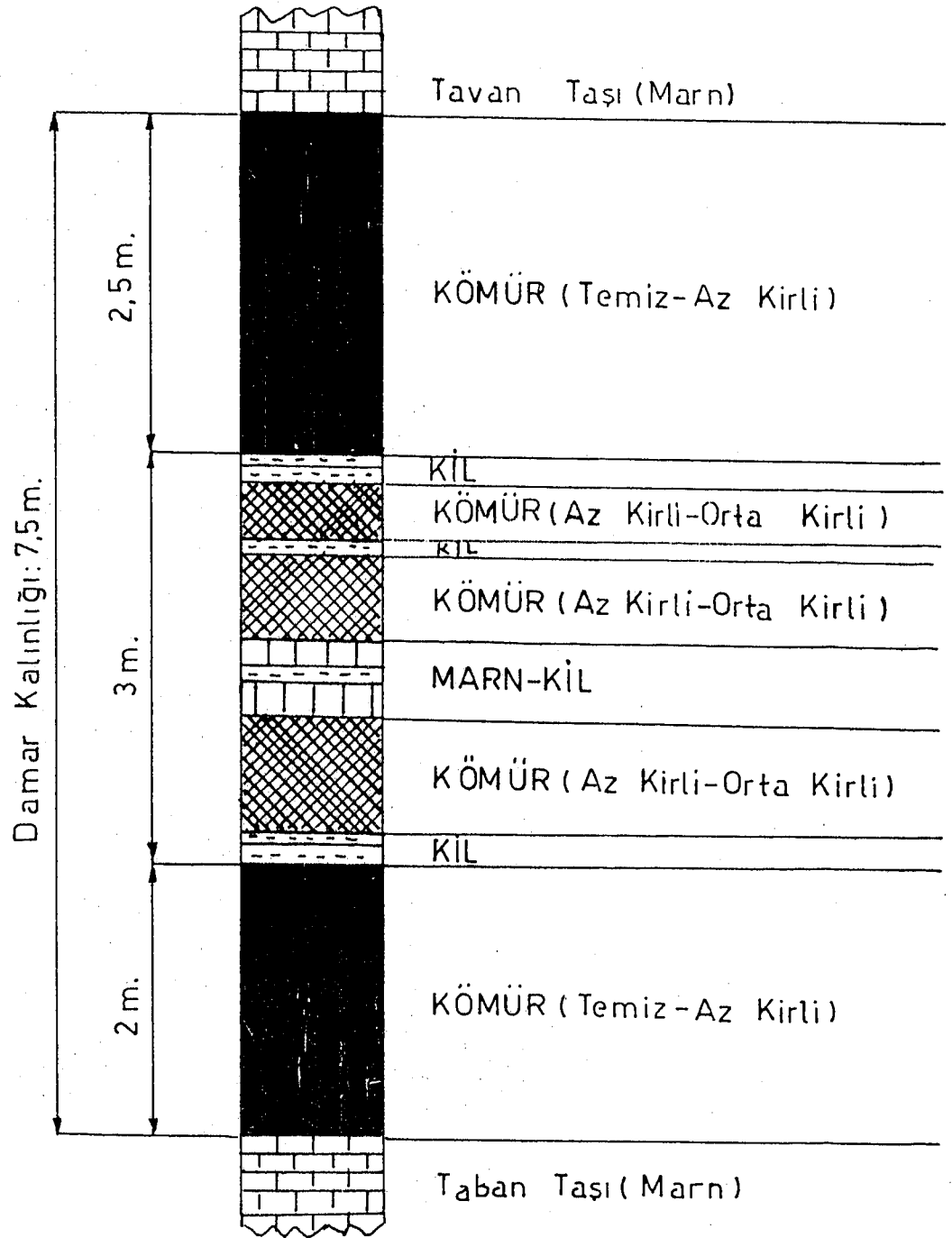
Tunçbilek bölgesindeki açık ocaklarda kömür toprak oranı 1/15 olarak (bir ton kömür için 15 m³ toprak kazı) çalışılmaktadır.

1987 yılında Ömerler ocağından 900.000 ton tüvenan kömür üretimi hedeflenmişti ve bunun büyük bir kısmı gerçekleştirilmiştir.

Açık işletmeye elverişli sahalar gittikçe azaldığından 20 yıl sonra üretimin tamamen yeraltından karşılanacağı hesap edilmektedir.

Derinliği az olan ve desandri sistemiyle çalışan proje konusu sahanın rezervi 22.000.000 tondur. Üretim halen öncelikli devreye giren ve 3.400.000 ton rezervi bulunan 4 C-D panosunda yapılmaktadır. Diğer panoların hazırlıkları sürdürülmektedir.

Sahanın kuzeyine doğru gidildikçe kömür damarının derinliği 400-500 m ye ulaşmaktadır. Derin sahalar olarak nitelendirilen ve kuyu sistemiyle çalışılacak olan bu sahaların gerekli etüdülerine başlamıştır (10)



ÖLÇEK: 1/50

Şekil 1.2. Ömerler Panolarını temsil eden damar stampı

ÖZEL İNŞAAT VE MİMARLIK
M. ÖZEL İNŞAAT VE MİMARLIK

1.11. G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi Ömerler Yeraltı 1988 İş Programı

I- TÜVENAN ÜRETİMİ

	<u>Pano</u>	<u>Ton</u>	<u>% Rut.</u>	<u>% K.Kül</u>	<u>Kalori</u>
Yeraltı	44/A Pano	340.000	12.30	53.50	2185
	Mekanize Ayak	90.000	11.70	50.85	2340
	45/A Pano	410.000	12.80	52.30	2254
	51 Pano	460.000	9.90	59.60	1707
	Ö-4/CD Pano	<u>900.000</u>	<u>12.20</u>	<u>48.55</u>	<u>2520</u>
	Ortalama	2.200.000	11.83	52.42	2241
A.Ocaklar	By-7/C	1.520.000	15.20	40.60	2930
	Ö-4/C	500.000	16.80	38.50	3074
	Kuşpınar	400.000	14.70	47.60	2530
	36-Pano	1.400.000	18.50	51.50	2066
	By-6/A	500.000	16.30	45.95	2562
	43-Pano	<u>180.000</u>	<u>12.70</u>	<u>50.25</u>	<u>2380</u>
	Ortalama	4.500.000	16.38	45.36	2579
Tüvenan	Ortalama	6.700.000	14.89	47.68	2468

II- KRİBLAJ TESİSLERİNE VERİLEN ALINAN VE ATILANLAR

Beke tesisine +30 mm	685.000	15.00	30.20	3820
(By-7/C den) 0-30 mm	<u>665.000</u>	<u>16.13</u>	<u>42.50</u>	<u>2836</u>
	1.350.000	15.55	36.25	3335
Taş	<u>150.000</u>	<u>12.00</u>	<u>79.67</u>	<u>-</u>
	1.500.000	15.20	40.60	2930

	<u>Ton</u>	<u>% Rut.</u>	<u>% K.Kül</u>	<u>Kalori</u>
I-B tesisine + 30 mm	183.000	13.40	35.80	3412
(Kuşpınar' 0 - 30 mm	<u>177.000</u>	<u>16.88</u>	<u>53.60</u>	<u>1974</u>
dan)	360.000	15.11	44.55	2705
Taş	<u>40.000</u>	<u>11.00</u>	<u>75.00</u>	<u>—</u>
	400.00	14.70	47.60	2530
Ömerler tesi- + 30 mm	229.000	16.58	26.70	4030
sine 0 - 30 mm	<u>221.000</u>	<u>18.00</u>	<u>42.00</u>	<u>2788</u>
(Ö-4/c den)	450.000	17.27	34.21	3420
Taş	<u>50.000</u>	<u>12.50</u>	<u>77.07</u>	<u>—</u>
	500.000	16.80	38.50	3074

Tesislerden Satılabilir

+ 30 mm	1.097.000	15.06	30.40	3807
0 - 30 mm	<u>1.063.000</u>	<u>16.64</u>	<u>44.24</u>	<u>2700</u>
Alınanlar	2.160.000	15.84	37.21	3262
Atılan Taş	240.000	11.93	78.36	—

Kriblaj Tesisinin Randımanı $2.160.000 : 240.000 = \% 90$

III- LAVVARDAN ELDE EDİLECEK

a) Lavvara verilen

Yeraltı İdame	1.300.000	11.57	55.10	1964
A Ocak 36 Pano	1.400.000	18.50	51.50	2066
A Ocak By-6/A	<u>500.000</u>	<u>16.30</u>	<u>45.95</u>	<u>2562</u>
Toplam	3.200.000	15.34	52.09	2102

b) Kırıcıya verilen

Kırıcı zayıtı	256.000	11.23	74.19	—
Kırıcıdan alınan	236.000	11.00	79.00	—
	20.000	14.00	17.40	5084

Kırıcı Randımanı : $\% 7,8$

	<u>Ton</u>	<u>% Rut.</u>	<u>% K. Kül</u>	<u>Kalori</u>
c) Yıkamaya verilen	2.944.000	15.70	50.17	2246
Yıkama zayıyatı	1.497.000	17.00	76.07	—
Yıkamadan alınan	1.447.000	20.26	23.38	4225
Yıkama Randımanı : % 49,15				

d) Elde edilecek lâve kömür

+ 50 mm	310.000	17.00	20.00	4726
18 - 50 mm	386.000	17.40	19.40	4770
10 - 18 mm	38.000	18.00	18.50	4780
0 - 18 mm	605.000	22.00	25.00	3980
+ 50 mm (Kırıcı)	20.000	14.00	17.40	5084
0 -0.35 mm (Arıtma)	<u>108.000</u>	<u>31.00</u>	<u>40.00</u>	<u>2350</u>
Toplam	1.467.000	20.18	22.84	4261

Lavvar Tesis Randımanı = $1.467.000 / 3.200.000 = 45,84$

(Arıtma ve kırıcı dahil)

IV TERMİK SANTRALLARINA VERİLEN

a) Yeni santraller (2 x 150 MW)

Ömerler Y. İşl.	0-400 mm	900.000	12.20	48.55	2520
43 Pano	0-1000 mm	180.000	12.70	50.25	23.80
Arıtma Tesisi	0-0.35 mm	108.000	31.00	40.00	2350
Klibraj Tesisi	0-30 mm	<u>792.000</u>	<u>16.64</u>	<u>44.24</u>	<u>2700</u>
Toplam		1.980.000	15.04	46.51	2572

b) Eski Santraller (2 x 32 + 1 x 65 MW)

Lavvar	0-18 mm	405.000	22.00	25.00	2980
Klibraj Tesisi	0-30 mm	<u>50.00</u>	<u>16.64</u>	<u>44.24</u>	<u>2700</u>
Toplam		455.00	21.41	27.11	3839
Santraller Genel Toplamı		2.435.000	16.24	42.89	2809

1.11.1. Satılabilir kömür miktarı ve cinsleri

<u>Cinsi</u>	<u>Ton</u>	<u>% Rut.</u>	<u>% K.Kül</u>	<u>Kalori</u>
+ 50 mm	330.000	16.82	19.84	4750
18 - 50 mm	386.000	17.40	19.40	4770
10 -18 mm	38.000	18.00	18.50	4780
0,35 - 18 mm	260.000	22.00	25.00	3980
0,35 - 18 mm	405.000	22.00	25.00	3980
0 - 0,35 mm	108.000	31.00	40.00	2350
+ 30 mm	1.097.000	15.06	30.40	3807
0 - 30 mm	221.000	16.64	44.24	2700
0 - 30 mm	842.000	16.64	44.24	2700
0 - 400 mm	900.000	12.20	48.55	2520
0 - 1000 mm	180.000	12.70	50.25	2380
0 - 1000 mm	<u>20.000</u>	<u>15.20</u>	<u>40.60</u>	<u>2930</u>
	4.727.000	16.37	35.57	3396

1.11.2. 1987 yılı 6 aylık değerlere göre ton/m² hesabı

1987 yılı ilk 6 ayında Ö 4-CD panosundan üretim yapılmıştır. Buna göre ton/m²

<u>Aylar</u>	<u>Taban (m²)</u>	<u>Tavan (m²)</u>	<u>TbAyna Üre.(ton)</u>	<u>Tv.Ayna Üre.(ton)</u>	<u>Arka Üre.(ton)</u>	<u>Ocak Üretimi (ton)</u>
Ocak	3565	—	11.765	—	54.235	66.000
Şubat	3509	—	12.900	—	47.100	60.000
Mart	3783	—	12.480	—	55.520	68.030
Nisan	3074	—	10.144	—	56.856	67.000
Mayıs	1993	—	6.577	—	45.423	52.000
Haziran	<u>1715</u>	<u>139</u>	<u>5.660</u>	<u>431</u>	<u>41.909</u>	<u>48.000</u>
	18039	139	59.526	431	301.043	361.000

ton/m² hesabı

$$\text{Taban ayak aynada alınan} = 59.526 \text{ ton} / 18.039 \text{ m}^2 = 3.3 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Taban ayak arkadan alınan} = 301.043 \text{ ton} / 18.039 \text{ m}^2 = 16.688 \text{ ton/m}^2$$

$$1987 \text{ 6 aylık fiili} = 361.000 \text{ ton} / 18.039 \text{ m}^2 = 19.8 \text{ ton/m}^2$$

1.11.3. Sondajlara göre ton/m² hesabı

1988 yılında Ömerler Yeraltı İşletmesinde çalışacak olan 4 C-D panosunda önceden yapılan sondajlara göre damar kalınlığı 8 metre olarak belirtilmiştir.

$$\text{Kömürün yoğunluğu} = 1,50 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Marnın yoğunluğu} = 2,27 \text{ ton/m}^3$$

1988 yılında Ömerler yeraltı işletmesinde üretim iki sistemle yapılacaktır. Birincisi mevcut sisteme göre 2 m kömür aynadan alınarak geriye kalan 6 m kömür arkadan göçertilerek alınacaktır.

Buna göre ton/m² hesabı:

Taban : Taban ayak aynadan alınan

$$1,60 \times 1,5 \text{ ton/m}^3 + 0,40 \text{ m} \times 2,27 \text{ ton/m}^3 = 3,3 \text{ ton/m}^2$$

Arkadan alınan

$$6 \text{ m} \times (0,45 \times 1,5 \text{ ton/m}^3 + 0,55 \times 2,27 \text{ ton/m}^3) = 11,54 \text{ ton/m}^2$$

Taban ayaktan alınan

$$3,3 \text{ ton/m}^2 + 11,54 \text{ ton/m}^2 = 14,84 \text{ ton/m}^2$$

Yeni sisteme göre 2 m kömür tavan ve taban ayak aynasından kesilerek alınacak, geriye kalan 4 m de arkadan göçertilerek alınacaktır.

Buna göre ton/m^2 hesabı:

Tavan: Tavan ayak aynasından alınan

$$1,8 \text{ m} \times 1,5 \text{ ton/m}^3 + 0,2 \times 2,27 \text{ ton/m}^3 = 3,1 \text{ ton/m}^2$$

Arkadan alınan

$$4 \text{ m} \times (0,75 \times 1,5 \text{ ton/m}^3 + 0,25 \times 2,27 \text{ ton/m}^3) = 6,8 \text{ ton/m}^2$$

Tavan + Taban ayaktan alınan

$$3,1 \text{ ton/m}^2 + 6,8 \text{ ton/m}^2 + 3,3 \text{ ton/m}^2 = 13,2 \text{ ton/m}^2$$

1987 yılı 6 aylık fiili $19,8 \text{ ton/m}^2$ dir.

$$\text{Ortalama } \text{ton/m}^2 = (14,84 \text{ ton/m}^2 + 19,8 \text{ ton/m}^2) / 2 = 17,3 \text{ ton/m}^2$$

1.11.4. Panolarda çalışılacak saha (m^2)

1988 yılında Ömerler yeraltı işletmesi Ö 4 C-D panosunda aylık ilerlemeler, aylara göre senelik izinler ve işçi devamsızlığı gözönüne alınarak değişik miktarlarda kabul edilmiştir.

Buna Göre Çalışılacak Saha

401	Taban ayak	21 m/ay x 1 ay x 50 m	= 1050 m^2
401	" "	18 m/ay x 1 ay x 50 m	= 900 m^2
403	" "	19 m/ay x 1 ay x 47 m	= 893 m^2
405	" "	20 m/ay x 1 ay x 55 m	= 1100 m^2
405	" "	18 m/ay x 2 ay x 55 m	= 1980 m^2
405	" "	19 m/ay x 2 ay x 55 m	= 2090 m^2
407	" "	18 m/ay x 2 ay x 55 m	= 1980 m^2
407	" "	19 m/ay x 2 ay x 55 m	= 2090 m^2
407	" "	20 m/ay x 1 ay x 55 m	= 1100 m^2
409	" "	21 m/ay x 1 ay x 50 m	= 1050 m^2
409	" "	18 m/ay x 1 ay x 50 m	= 900 m^2
409	" "	22 m/ay x 1 ay x 50 m	= 1100 m^2

409	Taban ayak	19 m/ay x 4 ay x 50 m	= 3800 m ²
409	" "	20 m/ay x 2 ay x 50 m	= 2000 m ²
411	" "	21 m/ay x 1 ay x 55 m	= 1155 m ²
411	" "	18 m/ay x 1 ay x 55 m	= 990 m ²
411	" "	22 m/ay x 1 ay x 55 m	= 1210 m ²
411	" "	19 m/ay x 4 ay x 55 m	= 4180 m ²
411	" "	20 m/ay x 2 ay x 55 m	= 2200 m ²
413	" "	21 m/ay x 1 ay x 55 m	= 1155 m ²
413	" "	18 m/ay x 1 ay x 55 m	= 990 m ²
413	" "	22 m/ay x 1 ay x 55 m	= 1210 m ²
413	" "	19 m/ay x 4 ay x 55 m	= 4180 m ²
413	" "	20 m/ay x 2 ay x 55 m	= 2200 m ²
			<hr/>
			41.503 m ²

402	Tavan ayak	21 m/ay x 1 ay x 47 m	= 987 m ²
402	" "	18 m/ay x 1 ay x 47 m	= 846 m ²
402	" "	22 m/ay x 1 ay x 47 m	= 1034 m ²
402	" "	19 m/ay x 1 ay x 47 m	= 893 m ²
408	" "	20 m/ay x 1 ay x 50 m	= 1000 m ²
408	" "	18 m/ay x 2 ay x 50 m	= 1800 m ²
408	" "	19 m/ay x 1 ay x 50 m	= 950 m ²
410	" "	20 m/ay x 1 ay x 55 m	= 1100 m ²
410	" "	18 m/ay x 2 ay x 55 m	= 1980 m ²
410	" "	19 m/ay x 1 ay x 55 m	= 1045 m ²
412	" "	20 m/ay x 1 ay x 55 m	= 1100 m ²
412	" "	18 m/ay x 2 ay x 55 m	= 1980 m ²
412	" "	19 m/ay x 1 ay x 55 m	= 1045 m ²
			<hr/>
			13.453 m ²

TOPLAM : 41503 + 15760 + 13453 = 70716 m²

1.11.5. Üretimin ayaklara göre dağılımı

Ayak yüksekliği 2 m. olacağından üretim taban ayak aynada $3,3 \text{ ton/m}^2$ tavan ayak aynada $3,1 \text{ ton/m}^3$ olarak kabul edilmiştir. Tavan ayak ile beraber çalışan taban ayakta üretilen arka kömürü $6,8 \text{ ton/m}^2$ kabul edilmiştir.

Yeni çalışmaya başlayacak olan 405 ve 407 taban ayaklarda 8-10 have (10-12,5m) ilerleme yapıldıktan sonra ayak arkaları oturmaya başlar ve arka kömürün alınmasına geçilir. Tavan taban çalışılan ayaklarda tavan ayak, taban ayaktan 25 m önden gidecektir. Bu nedenle ayaklardan alınacak üretimde bu durumlar gözönüne alınmıştır.

Ayak No	Çalışılacak Saha (m ²)	Ayna Üretimi (ton)	Arka Üretimi(ton)	Toplam Üretim(ton)
401 Taban	1950	6435	27300	33753
403 "	893	2947	12502	15449
405 "	5170	17061	64013	81074
407 "	5170	17061	64013	81074
409 "	8850	29205	123900	153105
411 "	9735	32126	136290	168416
413 "	9735	32126	136290	168416
402 Tavan	3760	11656	—	11656
408 "	3750	11625	—	11625
410 "	4125	12788	—	12788
412 "	4125	12788	—	12788
403 Tv.alt.Tb.ay.	4653	15355	31640	46995
409 "	2750	9075	18700	27775
411 "	3025	9982	20570	30552
413 "	3025	9982	20570	30552
			Toplam	886.000
			İhracattan alınan	14.000
			Genel Toplam	900.000 ton

1.11.6. Üretimin aylara göre dağılımı

Program senelik izinler ve işçi devamsızlığı göz önüne alınarak yapılmıştır.

<u>Aylar</u>	<u>Ayak Sayısı</u>	<u>Üretim (ton)</u>
Ocak	5 Tb. 1 Tv.	90.000
Şubat	5 Tb. 1 Tv.	75.000
Mart	4 Tb. 1 Tv.	75.000
Nisan	4 Tb. 1 Tv.	66.000
Mayıs	4 Tb.	61.000
Haziran	4 Tb.	69.000
Temmuz	3 Tb. 3 Tv.	66.000
Ağustos	5 Tb. 3 Tv.	61.000
Eylül	5 Tb. 3 Tv.	75.000
Ekim	5 Tb. 3 Tv.	77.000
Kasım	5 Tb.	91.000
Aralık	5 Tb.	<u>94.000</u>
		900.000 ton

1.11.7. 1988 yılı Ömerler Yeraltı İşletmesi ihzarat programı

1988 yılında Ömerler yeraltı işletmesinde 7 ihzarat ekibi çalışacaktır. Bütün ihzarat ekipleri Ö 1-B panosu içindeki sabit ve kıvrak yolları ile büyük hazırlık galerilerinin ilerletimini yapacaklardır.

Kömürde ilerleme yapan ekipler için 600 m/yıl, taştta 500 m/yıl öngörülmüş olup bu ekiplerle 1000 m taştta (Büyük hazırlık) 3000 m kömürde olmak üzere toplam 4000 m ihzarat yapılacaktır. Bu ihzarattan 28577,3 m³ taş ve kömür çıkarılacaktır. Ortalama galeri kesiti 7,14 m² dir.

<u>Pano No</u>	<u>Galéri No</u>		<u>Kömürde</u> (m)	<u>Taşta</u> (m)	<u>Galéri</u> (m ²)
Ö 1-B	100 A	Ö 1-B Toplayıcı Bant	260	-	6.94
"	105	Kuyruk Yolu	420	-	6.94
"	104	Sabit Yolu	400	-	6.94
"	103	Kuyruk Yolu	390	-	6.94
"	102	Kuyruk Yolu	386	-	6.94
"	101	Sabit Yolu	380	-	6.94
"	100	Kuyruk Yolu	360	-	6.94
"	103/302	Havalandırma Kelebesi	6	-	7.29
"	302 A	Hava Dönüş Yolu	180	-	5.94
Ö 1-C	102	Kuyruk Yolu	150	-	6.94
"	Ö 1-B, Ö 1-C	Vinç Yolu	60	-	6.94
Ö - 13	3100	Ana İhraç Bant Yolu	-	500	9.06
"	3200	Malzeme Yolu	-	500	9.06

<u>Aylar</u>	<u>Büyük Hazırlık</u>	<u>Pano İhzaratı</u>	<u>Toplam</u>
Ocak	100	300	400
Şubat	100	300	400
Mart	100	250	350
Nisan	100	250	350
Mayıs	80	200	280
Haziran	40	225	265
Temmuz	70	200	270
Ağustos	70	225	295
Eylül	40	250	290
Ekim	100	250	350
Kasım	100	250	350
Aralık	<u>100</u>	<u>300</u>	<u>400</u>
	1000	3000	4000

1.11.8. Ömerler Yeraltı İşletmesi 1988 yılı randımanları

$$\text{Kazmacı randımanı} = \frac{886.000}{480 \times 249} = 8679 \text{ kg/işçi}$$

$$\text{Kazı randımanı} = \frac{886.000}{616 \times 249} = 5776 \text{ kg/işçi}$$

$$\text{Ayak randımanı} = \frac{886.000}{868 \times 249} = 4099 \text{ kg/işçi}$$

$$\text{Yeraltı içeri ran.} = \frac{900.000}{1324 \times 249} = 2730 \text{ kg/işçi}$$

$$\text{Yeraltı işl.ran.} = \frac{900.000}{(1324 \times 249) + (92 \times 263)} = 2543 \text{ kg/işçi}$$

1.11.9. 1988 yılı Ömerler Yeraltı İşletmesinin teknik özellikleri

	<u>Birim</u>	<u>Ömerler</u>
Çalışma günü	Adet	304
Çalışma vardiyası	"	912
ÜRETİM		
Taban ayaklardan	Ton	837.143
Tavan ayaklardan	"	48.857
İhzarattan	"	14.000
Toplam	"	900.000

GENEL ŞARTLAR

1. Kazı Usullerine Göre

a) Martipikör ile üretim	%	25
b) Patlayıcı madde ile üretim	%	25
c) El ile üretim	%	50

2. Yükleme Vasıtalarına Göre

a) El ile	%	60
b) Diğer yükleme vasıtaları ile	%	40

	<u>Birim</u>	<u>Öneriler</u>
3. Taşıma Vasıtalarına Göre		
a) Konveyör ve bantlarla	%	100
b) Vagonetlerle	%	-

KARTİYERLERİN DURUMU

1. Ayak Sayısı		
a) Tavan ayak	Adet	3
b) Taban ayak	"	5
2. Ayaklarda İlerleme		
a) Taban ayaklarda	m	1041
b) Tavan ayaklarda	m	305
c) Taban ayaklarda	m ²	54956
d) Tavan ayaklarda	m ²	15760
3. Ayakların ortalama uzunluğu	m	52
4. Bir tb.ay. günde ort.ilerleme	m	0,64
5. Bir tv.ay. günde ort.ilerleme	m	0,64
6. Bir tb.ay. günde ort.ilerleme	m ²	33,280
7. Bir tv.ay. günde ort.ilerleme	m ²	33,280
8. Bir tb.ay. günde ort.üretim	ton	576
9. Bir tv.ay. günde ort.üretim	ton	103
10. Bir tb.ay.m ² den alınan miktar	ton/m ²	17,3
11. Bir tv.ay.m ² den alınan miktar	ton/m ²	3,1

İHZARAT

1. Kömürde ilerleme	m	3000
2. Taşta ilerleme	m	1000
3. Çıkarılan taş ve kömür	m ³	28577,3
4. Ortalama kesit	m ²	7,14

TAHKİMAT ve BAKIM	<u>Birim</u>	<u>Öneriler</u>
1. Bakımı yapılan yolların uzunluğu		
a) Ağaç tahkimat ile	m	950
b) Demir tahkimat ile	m	<u>7750</u>
	Toplam	8500
2. Ayakların madeni destek sayısı		
a) Sürtümlü direk-Hidrolik direk	Adet	2300
b) Çelik sarma	"	<u>2300</u>
	Toplam	4600
3. Ayakların madeni destek kaybı		
a) Direk kaybı	Adet	46
Direk kaybı oranı	%	2
Direk kaybı oranı 1000 ton başına	Adet/ton	0,051
b) Demir sarma kaybı	Adet	49
Demir sarma kaybı oranı	%	2
Demir sarma kaybı oranı 100 ton başına	Adet/ton	0,054

MALZEME SARFIYATLARI

1. Direk sarfiyatı		
a) Ayaklarda	m ³	4500
b) İhzaratta	m ³	1000
c) Tahkimatta	m ³	500
d) Yangında	m ³	<u>100</u>
	Toplam	6100 m ³
2. Dinamit sarfiyatı		
a) Ayaklarda	kg	50000
b) İhzaratta	kg	<u>19000</u>
	Toplam	69000 kg

3. Kapsül sarfiyatı	<u>Birim</u>	<u>Öneriler</u>
a) Ayaklarda	Adet	140000
b) İhzaratta	Adet	<u>42000</u>
	Toplam	182000

DİĞER BİLGİLER

1. Ana nakliyat galeri uzunluğu	m	950
2. Yeraltından boşalan su miktarı	m ³	1.000.000
3. Vantilatörden emilen hava mikt.	m ³ /dak	1.600
4. Bakımı yapılan yolların uzunluğu	m	

2. ÖMERLER YERALTI İŞLETMESİNDE UYGULANAN ÜRETİM YÖNTEMİNİN ETÜDÜ

2.1. Uygulanan Üretim Yöntemi

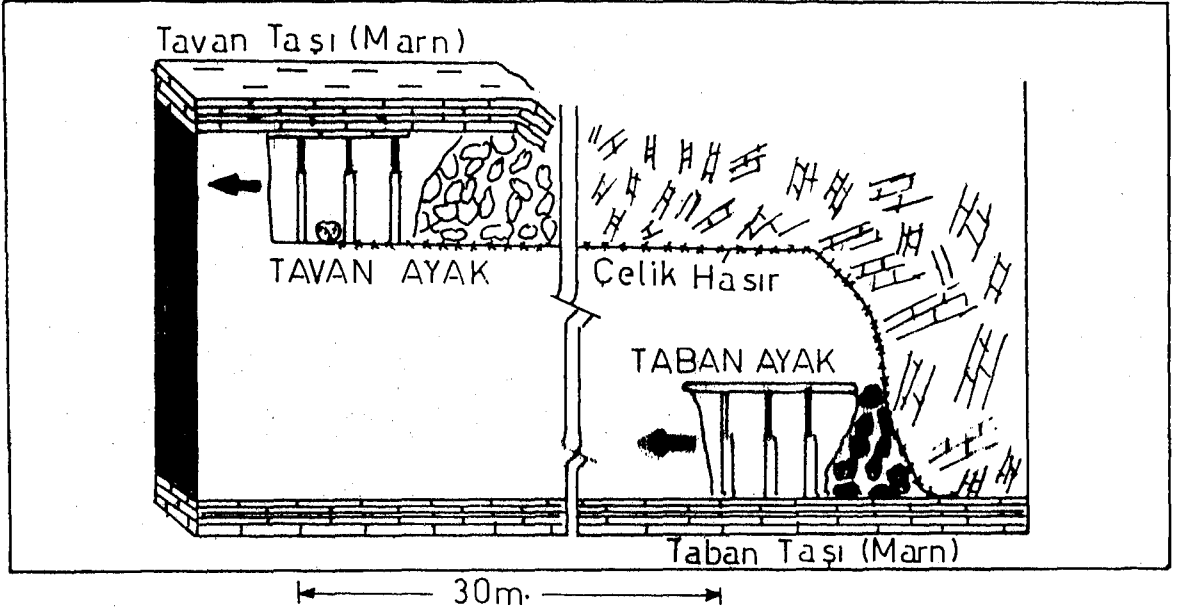
Ömerler yeraltı işletmesinde halen çalışılmakta olan istihsal (üretim) panolarında damar kalınlığı 4-15 m arasında değişmekte bu damarda kömür üretimi için "Dönümlü Uzunayak-Blok Göçertme Yöntemi" uygulanmaktadır.

Yöntemde kömür damarının tavan ve taban kısmından ortalama 2 m yüksekliğinde birer dilim deçirilmektedir. Üstte tavan taşı altındaki dilimdeki ayak "Tavan ayak" altta taban taşı üzerindeki ayak "Taban ayak" olarak isimlendirilmektedir. Bu iki ayak arasında kalan orta kömürü göçertilmek suretiyle taban ayak arkasından alınmaktadır.

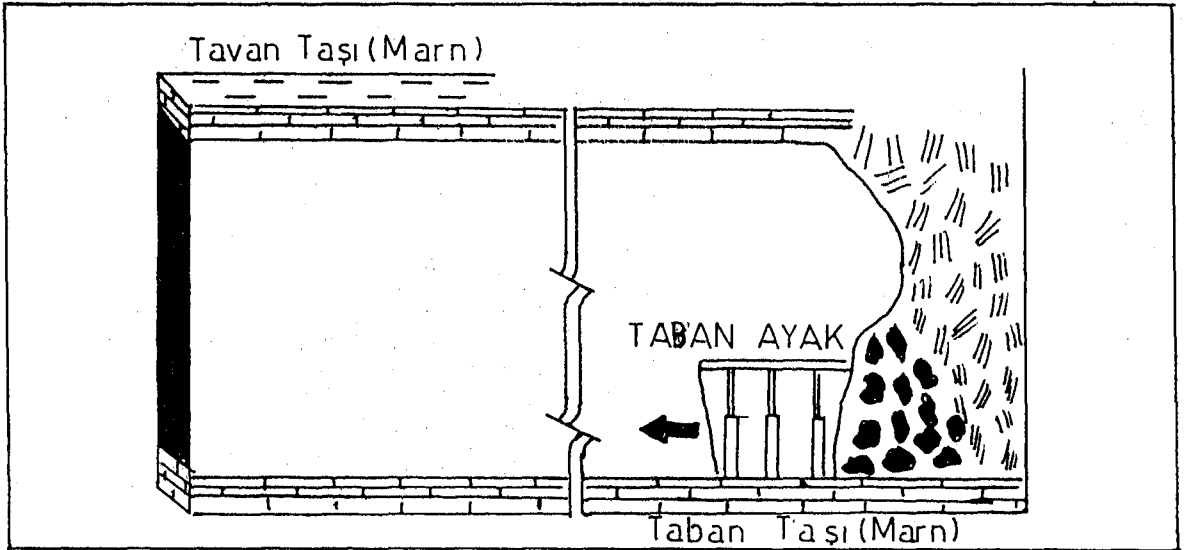
Mevcut işletme sisteminde ayak arkasından kömür alınması esnasında meydana gelen kömür kaybını en aza indirmek, ayrıca tavan taşının arka kömürüne karışmasını önlemek amacıyla tavan ayakta tabana çelik halatlardan örülmüş hasır döşeyerek "Sun'i tavan" sistemiyle mevcut üretim yönteminin iyileştirme yoluna gidilmiştir. Bu amaçla Ömerler yeraltı işletmesinde Temmuz 1987 tarihinde 2 ayakta sun'i tavanlı üretim sistemine geçilmiştir (Şekil 2.1).

Damarın incelendiği panolarda tavan ayak hazırlığı yapılmamakta, sadece taban ayakta çalışılmakta, damarın geri kalan kısmı bu ayak arkasından alınmaktadır (Şekil 2.2).

Aynadaki kömür kazısı dinamit ve martopikörle gerçekleştirilmekte, taban ayak arka tahkimatının sökülmesi ile orta kömürü genellikle kenarından göçmekte, göçmediği hallerde ayak arkasından düşey olarak delinen lağım deliklerinin dinamitlenmesi suretiyle bu kısmın göçertilmesi sağlanmaktadır.



Şekil 2.1. Damarın Tavan ve Taban Ayaklarda Çalışması



Şekil 2.2: Damarın Yalnız Taban Ayakta Çalışması

Bu üretim sistemi ile uygun damar şartlarında ve yeterli sayıda işçi tertibi ile taban ayaklarda dört vardiyada bir have (1,25 m), tavan ayaklarda da 3 vardiyada bir have ilerleme yapılabilir. Ancak damarlarda sık sık görülen jeolojik arızalar nedeniyle taban ayaklarda bir havelik ilerleme genellikle 6 vardiyalık bir zamanı gerektirmektedir. Böylece yavaş ilerleme sonucu tahkimat direkleri tabana gömülme, ayak yüksekliği alçalmaktadır. Bunun sonucu olarak çalışma şartları güçleşmekte, ayak arkasından kömür alma işlemi zorlaşmakta, arka kömürünün düzenli ve homojen bir şekilde göçertilmesi temin edilememektedir. Genellikle tavan taşı taban ayağın göçük tarafına yığılarak kömürün arkadan alınmasını önlemekte, başka bir deyişle arka kömürünü hapsetmektedir. Diğer taraftan bazı hallerde dinamitlemeye rağmen orta kömürü normal kırılmamakta göçük kısmında büyük boşluklar oluşmakta bu da ayak tahkimatını zorladığı gibi kömür kayıplarına sebep olmaktadır.

Halen Ömerler yeraltı işletmesinde üretim 4 C-D panoda 400, 402 nolu tavan ayaklarda, 401, 403, 411, 413 nolu taban ayaklarda sürdürülmektedir. 400, 401 nolu ve 402, 403 nolu ayaklar çelik hasırlı sun'i tavanlı sistemle çalışmaktadır.

2.2. Tahkimat Sistemi

Ayaklarda tahkimat malzemesi olarak sürtünmeli demir direklerle hidrolik direkler ve mafsalı çelik sarmalar kullanılmaktadır. Bu tahkimat ağaç direk, sarma ve kamalarla takviye edilmektedir.

Tahkimat düzeni, 1,25 m boyundaki çelik sarmalar aynaya dik vaziyette ve aralarında 0,60 m mesafi olacak şekilde bir önceki sarmaya eklenerek ve altına direk vurularak tesis edilir. Ayak içinde en fazla 3 sıra tahkimat bulunur. İki çelik sarma üzerine 5-6 ağaç kama konularak tavan tutulur. 2,5 m boyundaki emniyet sarmaları iki kurtağızı direk ile aynaya paralel olarak son sıra sürtünmeli direklerin arkasına atılır.

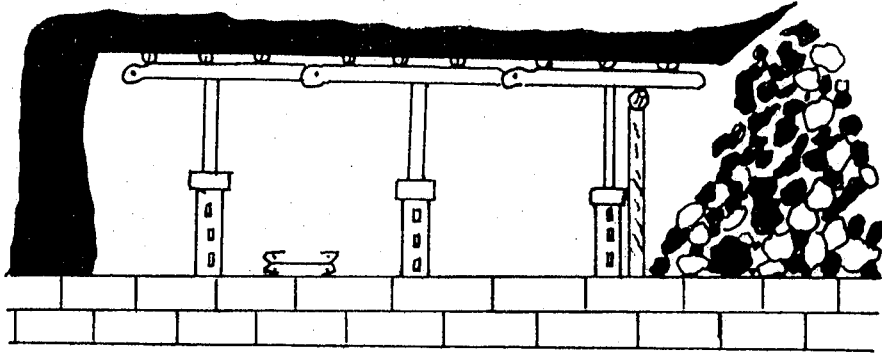
Bu tahkimat düzeni ayaklarda $1,07 \text{ direk/m}^2$ lik bir tahkimat yoğunluğu sağlamaktadır.

Ayakta bir havelik ilerleme için sırasıyla şu işler yapılmaktadır (Şekil 2.3).

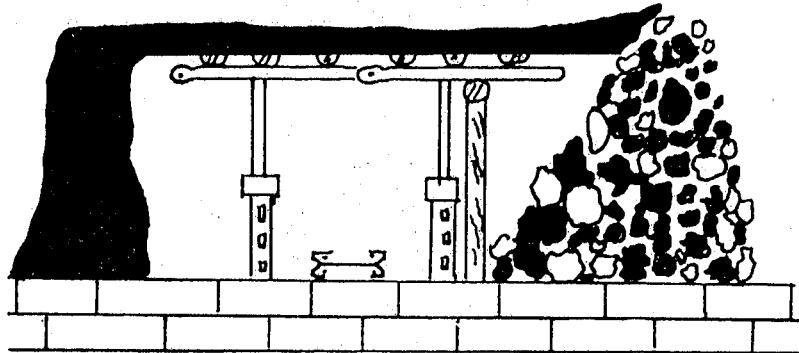
1. Ayna : Bu vardiyada bir önceki vardiyada lağım atılarak gevşetilmiş bulunan aynada martopikörle $1,25 \text{ m}$ lik bir kısmın kömürü kazılarak tahkimatı yapılır.
2. Söküm : Ayna vardiyasında yapılan tahkimatla ayak içindeki tahkimat sırası 3'e yükselmiştir. Söküm vardiyasında arkadaki 3. sıra tahkimatın sökümü yapılır.
3. Arka : Tahkimatı sökülün kısımda arka kömürü göçertilir. Göçertme sırasında sivriç ve martopikör kullanılmakta gerekirse lağım atılmaktadır. Göçertilen kömürün kazma ile zincirli konveyör üzerine dolması sağlanır.
4. Çekim - Lağım : Arka kömürün üretiminin bitirilmesinden sonra, zincirli konveyörün birinci haveye çekimi yapılır. Konveyör bulunduğu orta havede sökülerek, ön havede tekrar monte edilir. Bu sırada aynaya şaş-beş delikler delinir. Çekim ve delik delme tamamlandıktan sonra delikler doldurulur vellağım atılır.

2.3. Nakliyat Sistemi

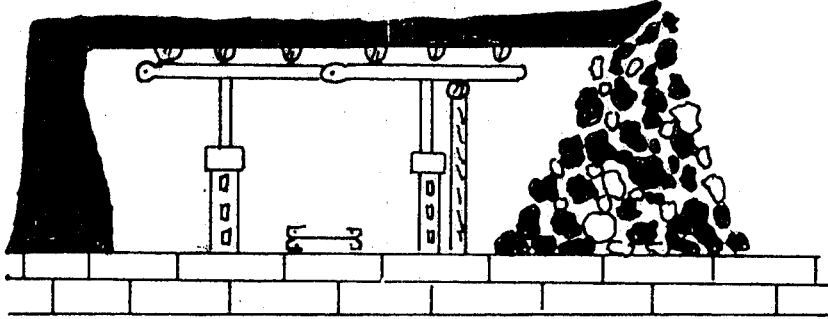
Ayaklardan üretilen kömür 150 t/h kapasiteli çift zincirli konveyöre dökülen kömür buradan $30''$ ($76,20 \text{ cm}$ genişlikte) bantlı konveyöre, oradan da $36''$ ($91,44 \text{ cm}$) toplayıcı bantlara ve sononda $42''$ ($106,68 \text{ cm}$) lik 435 m uzunluğunda ana ihraç bandına aktarılır. Ana ihraç bandıyla gelen kömür yeryüzünde stok sahasında toplanır. Buradan ekskavatörlerle kamyonlara yüklenen kömür 8 km uzaklıktaki lavvara ve termik santrale verilmektedir.



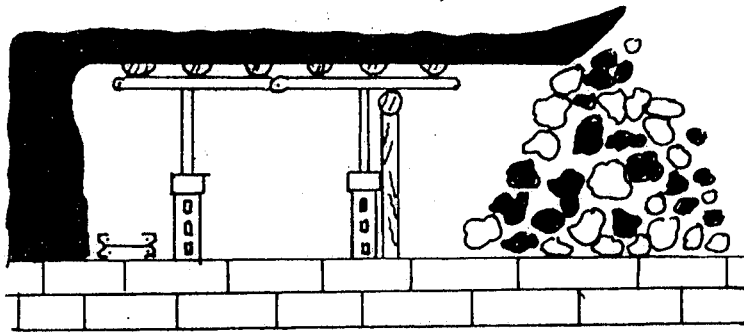
Kazı vardiyası sonu



Söküm ve arka kömürü vardiyası sonu



Arka kömürü vardiyası sonu



Oluk çekimi vardiyası sonu

Şekil 2.3. Taban Ayaklarda vardiyalara göre çalışma düzeni

2.4. Hazırlık İşleri

Kömür içindeki ana yollar ve pano hazırlık galerileri 13 kişilik (3 vardiya) ihzarat ekibi ile klasik sistemde sürülür. Klasik sistemde ayna ilerlemesi, martoperfaratörlerle delinen deliklerin dinamitle doldurularak patlatılması ve gevşetilen aynanın martopikörle kazılması ile gerçekleştirilir. Aynadaki pasa tek zincirli konveyörlere yüklenir. ve 30" luk bantlı konveyörlere ve buradan da toplayıcı bantlara gelerek ayna ihraç bandı ile yeryüzüne çıkmaktadır.

Uzun ömürlü galerilerin tahkimatı 1,30 m aralıklarla I profil rijit demir bağlarla yapılmakta olup iki bağ arası ağaç kamalarla tutturulmaktadır. Rijit demir bağlı galerilerin kesitleri iki çeşittir. Taban açıklığı 3,40 m olanın kesiti 6.94 m^2 , taban açıklığı 3,60 m olanın kesiti $9,06 \text{ m}^2$ dir. Kısa ömürlü galerilerde trapez kesitli ağaç tahkimat kullanılmaktadır. Ağaç tahkimatlı galerilerin taban genişliği 2,5 m ve kesit alanı $5,94 \text{ m}^2$ dir. Galeri ilerleme hızının arttırılması için basınçlı hava ile çalışan "EIMCO" pasa yükleyici makinada başarı ile kullanılmaktadır. Ortalama olarak hazırlık işlerinde 3 vardiyada 1 I profilli demir bağ (1,3 m ilerleme) atılmaktadır.

2.5. Havalandırma Sistemi

Tunçbilek bölgesi Ömerler yeraltı ocağı ilk açıldığı zaman ocağa temiz hava 958,74 m kotunda bulunan bir vantilatör tarafından üflenmekte, üretim panolarını dolaştıktan sonra kirlenen hava iki desandriden 879,85 m ve 879,48 m kotlarından yer yüzüne çıkmaktaydı.

Ocakta yangın görüldükten sonra oluşan CO gazının tüm ocağa yayılmasını önlemek için emici sisteme geçmeye karar verilmiş ve 968,74 m kotundaki vantilatör emici olarak değiştirilmiştir. Bu durumda ayakların seri olarak değil, her bir ayağın ayrı ayrı havalandırılmasının doğru

olacağı kanısına varılmıştır. Ayaklar için gerekli hava miktarı da 150-200 m³/dak olarak hesaplanmıştır. Ocağa temiz hava 879,85 m ve 879,48 m desandri başlangıçlarından girmekte, sonra da 958,74 m kotundaki vantilatör tarafından pis hava emilip yeryüzüne atılmaktadır.

2.6. Su Atımı

Ömerler yeraltı ocağında su geliri azdır. Dolayısıyla su geliri sorun yaratmamaktadır. Yaklaşık olarak su geliri 1,5 m³/ ton kömürdür.

Su tahliyesi, ana desandre dibine tesis edilen su havuzlarındaki tulumbalar vasıtasıyla sağlanmaktadır. Halen 3 adet 300 ton/h kapasiteli santrifüj tulumbalar kullanılmaktadır. Yeraltı ana nakliyat galerileri suyun bu havuzlara kendiliğinden akmasını sağlayacak şekilde sürülmüş olmasına rağmen çoğu zaman kömür damarının yapısı itibariyle ana tulumba seviyesinden daha düşük kotlara inilmek mecburiyeti doğmaktadır. Bu nedenle daha düşük seviyedeki suyun ana drenaj galerilerine sevkini sağlamak amacıyla 10 adet basınçlı hava ile çalışan ve 3 adet elektrik- le çalışan tali yeraltı tulumba kullanılmaktadır.

2.7. Personel Durumu

2.7.1. Teknik personel

<u>Ünvanı</u>	<u>Adet</u>
Yeraltı İşletme Baş Mühendisi	1
Bölüm Mühendisi	1
Ocak Mühendisi	1
Hazırlık İşleri Mühendisi	1
Mekanizasyon Mühendisi	1
Emniyet Mühendisi	1
Vardiya Mühendisi	3
Elektrik Mühendisi	1
Emniyet Teknikeri	<u>1</u>

2.7.2. Ömerler yeraltı işçilik prevüsü

Yeraltı İş Yerleri

1.İhzarat	<u>Adet</u>
İhzarat usta	28
İhzarat yedek	63
İhzarat makina operatörü	-
İhzarat makina operatör yrd.	-
Barutçu	9
2.Kazı	
Kazmacı usta	205
Kazmacı yedek	205
Sökümcü usta	45
Sökümcü yedek	45
Delikçi usta	24
Delikçi yedek	-
Barutçu	24
Kazı işçileri	68
3.Ocak İçi Nakliyat	
Vinçci	8
Saçcı	16
Motorcu-Kancacı	2
Konveyör çalıştırıcı (Bakımcı)	126
Motorcu (Dizel)	2
4.Tahkimat	
Tahkimat usta	20
Tahkimat yedek	20
5.Su Boşaltımcı	
Tulumbacı	8

6.Yangın	<u>Adet</u>
Yangın usta	5
Yangın yedek	4
Dedektörcü	6
7.Mekanizasyon	
Makina teknikeri	1
Tamir bakım ustabaşı	1
Tamir bakım postabaşı	6
Tamir bakım usta	42
Kaynakçı usta	4
Ambarcı	1
Yağcı	12
Hidrolik direk tamir usta	6
8.Elektrik	
Elektrik teknikeri	1
Elektrik ustabaşı	1
Elektrik postabaşı	6
Elektrik usta	25
Tesis çalıştırıcı	9
9.Ajöstör	
Ajöstör makina teknikeri	1
Ajöstör ustabaşı	1
Ajöstör postabaşı	6
Ajöstör usta	72
Ajöstör yedek	72
10.Nezaret	
Üst madenci	3
Baş çavuş	42

11.Müteferrik Ocak içi	<u>Adet</u>
Sıhhiye	4
Katip	4
Ambarcı	6
Dinamit Ambarcı	4
Ağaç marangoz usta	6
Yol marangoz usta	2
Yol marangoz yedek	4
Malzemeci	36
Baş topoğraf	1
Topoğraf	3
Jeometri	5
İnşaat bakım usta	1
İnşaat bakım usta yrd.	2
Malzeme takipçisi	1

Yerüstü İş Yerleri

1.Müteferrik Ocak dışı

Puantör	6
Katip	4
Ressam	1
Boyacı-Badanacı	1
Ambarcı	2

2.Lambahane

Lamba tamir postabaşı	1
Lamba tamir usta	6

3.Ocak dışı nakliyat

Tesis çalıştırıcı	6
-------------------	---

4. Harici Bakım	<u>Adet</u>
Tamir bakım ustabaşı	1
Tamir bakım postabaşı	1
Tamir bakım usta	3
Demirci usta	2
Presci usta	5
Burgucu usta	2
Kaynakçı usta	7
Vagon tamircisi	1
Elektrik bakım usta	2
Marangoz usta	2
Motorcu usta	1
Tornacı	3
5. Muhtelif	
Vinçci	1
Saçcı-Kancacı	4
Vantilatörcü	5
H. Karo odacı	5
Tahlisiyecı	4
Malzeme takipçisi	1
İşyeri bekçisi	2
Malzemeci	8
Hamamcı	5
Ocak içi toplam işçi sayısı	: 1324
Ocak dışı toplam işçi sayısı	: <u>92</u>
Ömerler Yeraltı işl. Toplam işçi sayısı	: 1416

3. YAPAY TAVANLI ÜRETİM SİSTEMİNİN ETÜDÜ

3.1. Bir İşletme Metodunun Seçimini Etkileyen Parametreler

Bir işletme metodunun seçimi sırasında düşünülmesi gereken birçok parametreler vardır. Bu parametrelerden en önemli olanlarını şu şekilde sıralamak mümkündür.

1. Damar kalınlığı, eğimi ve derinliği
2. Kömürün tavan ve taban tabakalarının özellikleri
3. Tabakaların yapısal ve jeolojik özellikleri
4. Havalandırma
5. Metan çıkışı ve kendi kendine tutuşma karakteristiği
6. Formasyonların su içeriği
7. Sübsidansın miktarı
8. İstenen üretim oranları
9. Emniyet

Klasik kömür işletme metodlarından oda-topuk metodu 200 m derinliğe kadar olan kalın damarlarda uygulanmaktadır. Bu tip işletme yöntemleri tavan göçmeleri, topukların kırılması gibi bazı tehlikeli problemler içermektedir.

200 m den daha fazla olan derinliklerde uzun ayak yöntemi düşünülebilir. Yürüyen tahkimatta son yıllarda yapılan gelişmelerle kazı yüksekliği arttırılmıştır. Daha kalın damarlar için dilimli veya arkadan göçertmeli uzun ayak metodları uygulanabilir.

3.2. Yatay ve Az Eğimli Kalın Damarlarda Uygulanan İşletme Metodları ve Yapay Tavan Uygulamaları

Kalın damarların işletilmesi üzerine pek çok yöntemler geliştirilmiştir. Bu kısımda açıklanan yöntemler yatay veya yataya yakın damarlarda en çok uygulanan ve geliştirilen yöntemlerdir. Bu uygulamalar 1970 den

sonra bilhassa Fransa'da geliştirilmiş ve önemli sonuçlar alınmıştır. Bu bölümde Orta Fransa Kömür Havzasında yeralan çeşitli işletme yöntemlerinin uygulandığı "Blanzy ve Loive" üretim bölgeleri ile ilgili örnekler verilecektir.

3.2.1. Dilimli yöntemler

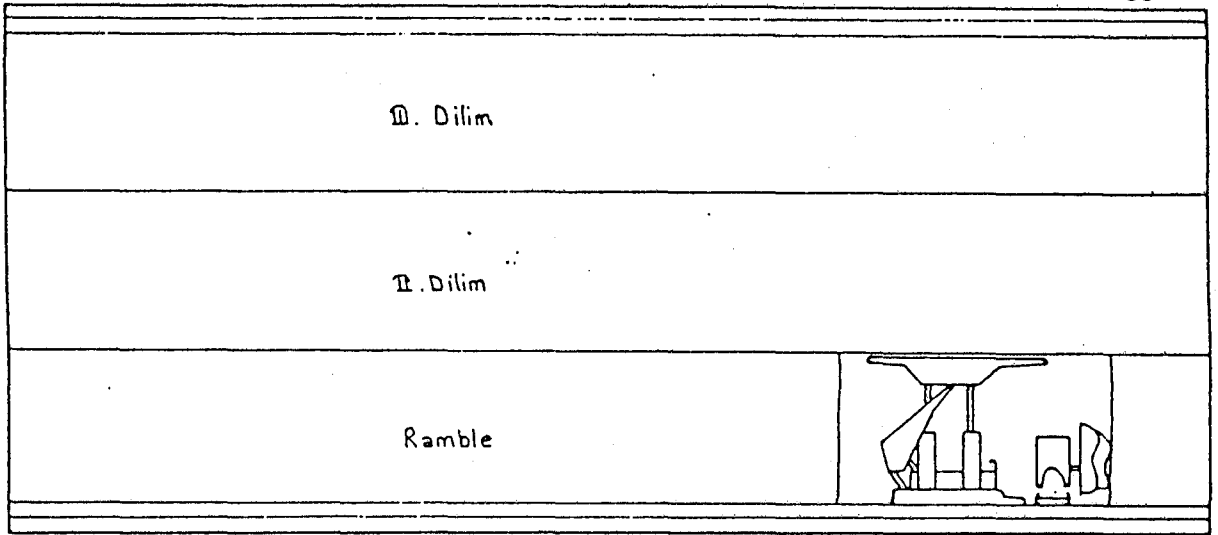
3.2.1.1. Dolgulu uzun ayak yöntemi

Dolgulu yöntemler kalın damarlarda genellikle tabandan tavana doğru uygulanan yöntemlerdir. Damar dilimlere bölündükten sonra birinci dilim uzun ayak şeklinde dolgu yapılarak kazanılır. Birinci dilim taban taşının hemen üzerindedir. Birinci dilimde yapılan dolgu, ikinci dilimin taban taşını oluşturur (Şekil 3.1).

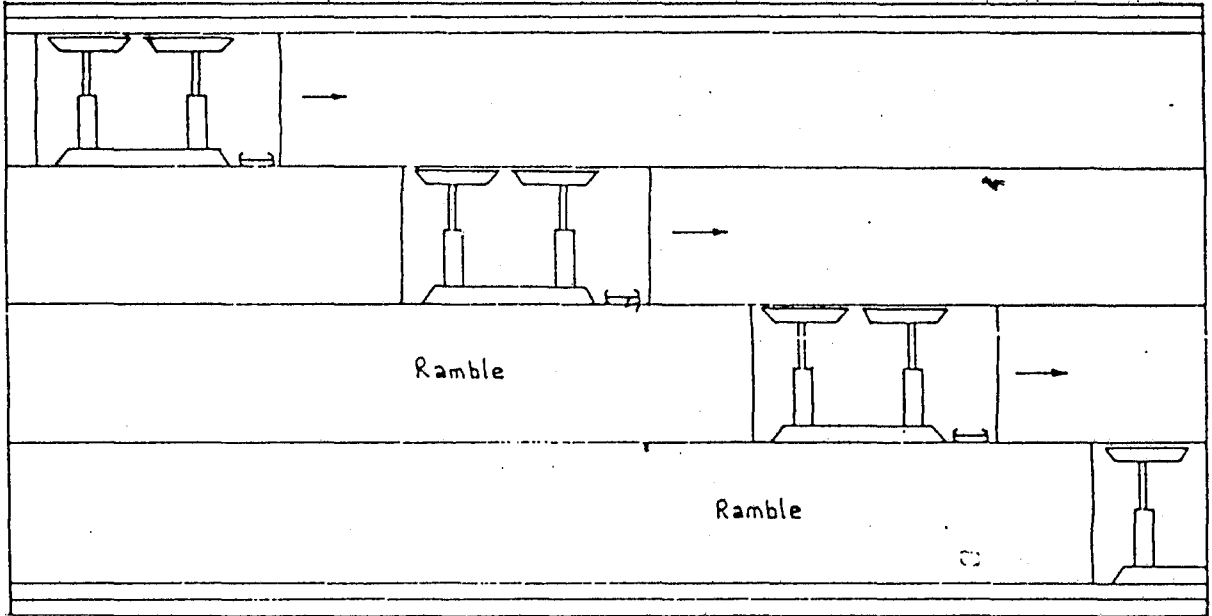
Tabandan tavana doğru uygulanan yöntemler genellikle Polonya, Hindistan, Almanya ve Fransa'da yaygındır. Bu yöntemle Polonya'da 25 m kalınlığa kadar olan damarların işletilebildiği ifade edilmektedir.

Üretimi arttırmak amacıyla Şekil 3.2'de görüldüğü gibi damar dilimlere ayrılır ve dilimler aynı anda hidrolik dolgulu uzun ayaklarda alınır. Bu sistemde her dilimdeki ayakların ilerlemeleri alttaki ve üstteki dilimlerdeki ayak ilerlemelerine bağlıdır. Tavandan tabana dolgu uygulanan yöntemlerde dolgu malzemesi pnömatik veya hidrolik yolla yapılmaktadır.

Kalın damarlarda dilimlerin yukarı doğru alınmasında tavan tabakasına yaklaşıldıkça basınç artmaktadır. Bunun sonunda kaya patlamaları oluşabilmektedir. Bu istenmeyen durumu elimine etmek için uygulanan değişik bir yöntem Şekil 3.3'de verilmiştir. Damarın önce en üst dilimi dolgu veya göçertmeyle alınır, sonra damar tabandan tavana doğru dolgu yapılarak alınır ve son dilimde, 1 m kalınlığa kadar kömür tabakası emniyet açısından bırakılır.



Şekil 3.1. Tabandan Tavana Doğru Dolgulu Dilim Yöntemi



Şekil 3.2. Tavandan Tabana doğru aynı anda hidrolik dolgu ile dilimlerin alınması

Dolgu veya göçertme	I. Dilim
	II. Dilim
	III. Dilim
	IV. Dilim
	V. Dilim
	VI. Dilim
	Dolgu

Şekil 3.3 Üst dilim alındıktan sonra damarın tabandan tavana doğru

3.2.1.2. Göçertmeli uzun ayak yöntemi

Göçertmeli yöntem; tavan taşının hemen altında bir uzun ayak teşkil edilerek tavan taşından itibaren 2-3 m lik kısım alınmaktadır. Bu dilim alındıktan sonra tavan taşının göçertilmesi sağlanmaktadır. Göçertilen bu tavan tabakası sonradan kazıya başlayacak olan ikinci dilimin tavanını oluşturacaktır. İkinci dilimin alınmasına epeyce bir zaman geçtikten sonra başlanır. Bu zaman aralığının bırakılmasındaki amaç göçertilen zonun daha üst tabakaların yaptığı basınç ile yeniden yapısal olarak bir tabaka oluşturmayı sağlamaktır. Bu zaman aralığı, göçük zonunun bir tabaka oluşturma yetkinliğine bağlı olarak bir kaç yıl olabilmektedir.

Bu yöntemin uygulanabilmesi tavan tabakasının özelliğine ve kömürün kendi kendine yanma özelliğine bağlı olduğu gibi birkaç yıl için terk edilen üretim alanının ekonomik yönden aygün olmasını gerektirir.

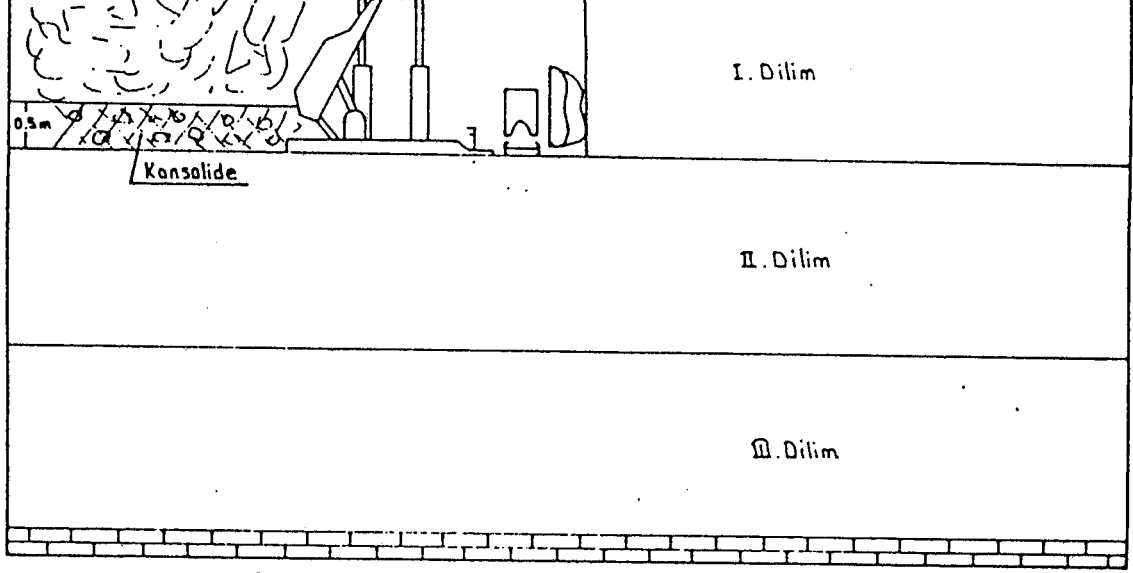
Tavandan tabana doğru dilimlere ayrılarak alınan damarda göçük kısmının konsolide edilmesi yöntemi Şekil 3.4'de verilmiştir. Bu yöntemde ilk dilim göçertmeli uzun ayak yardımıyla alınır. Bu ilk dilim alınırken göçük kısmı konsolide edilir. Dolayısı ile ikinci dilimin tavanı konsolide edilmiş göçük zonu olacaktır.

Yaklaşık 50 cm kalınlığında konsolide edilmiş bir yapay tavan elde etmek için 1 m^2 ye 20-30 kg çimento, kimyasal katalizör ile birlikte % 10-15 lik katı sulu çimento gerekli olmaktadır (Şekil 3.5.).

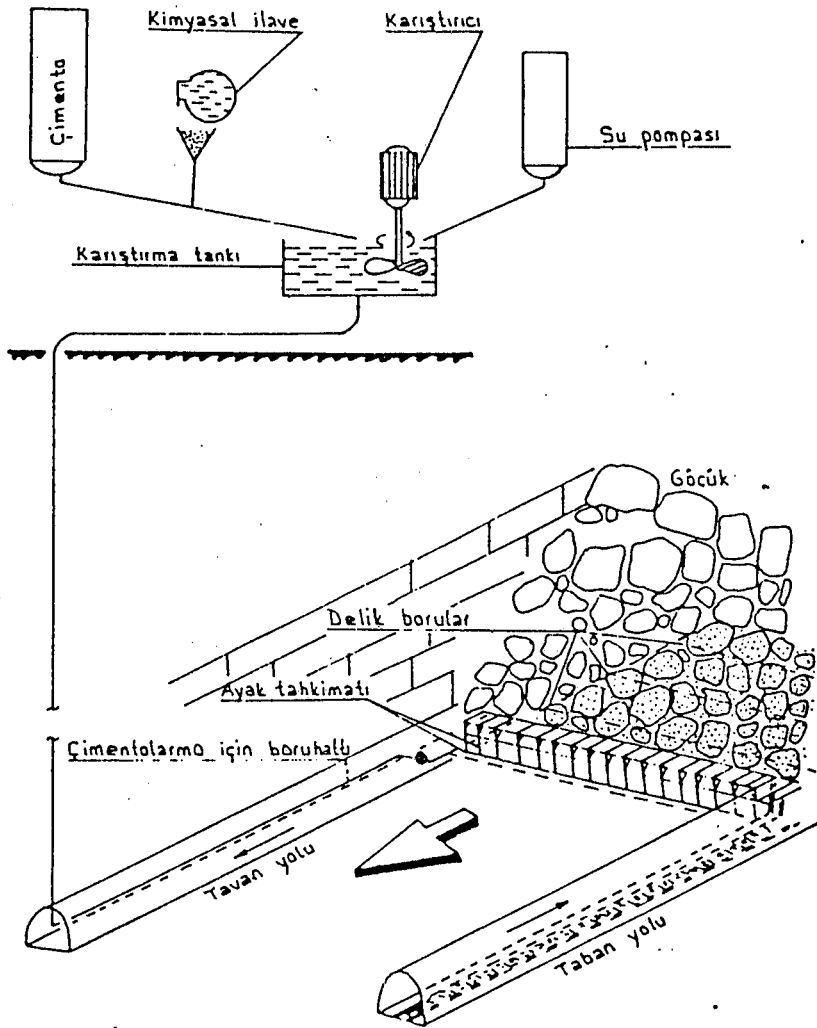
3.2.2. Uzun ayaklarda yapay tavan uygulamaları

Kalın damarlarda uygulanan bu yöntemde, üst dilim alınırken daha alttaki dilimlere tavan görevi yapacak yapay tavan oluşturulmaktadır. Yapay tavan için genellikle şu malzemeler kullanılmaktadır.

1. Ağaç, 2. Çelik halat, 3. Tel örgü, 4. Betonarme



Şekil 3.4. İlk dilimde göçüğün konsolide edilmesi

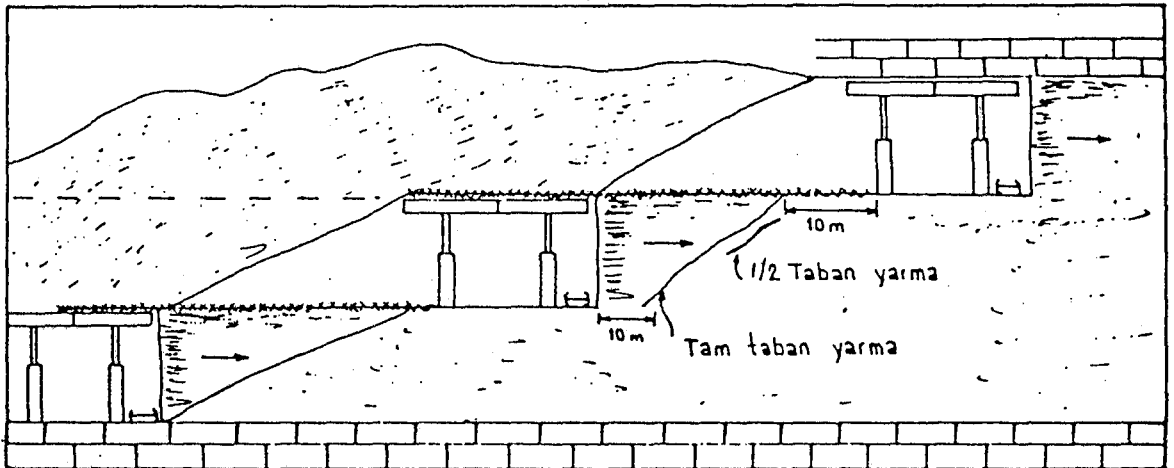
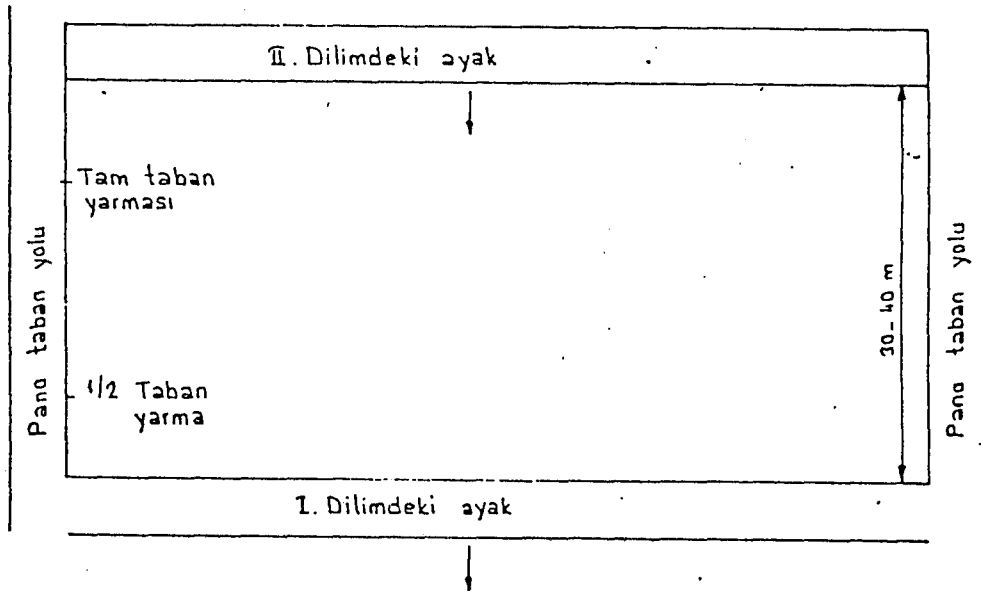
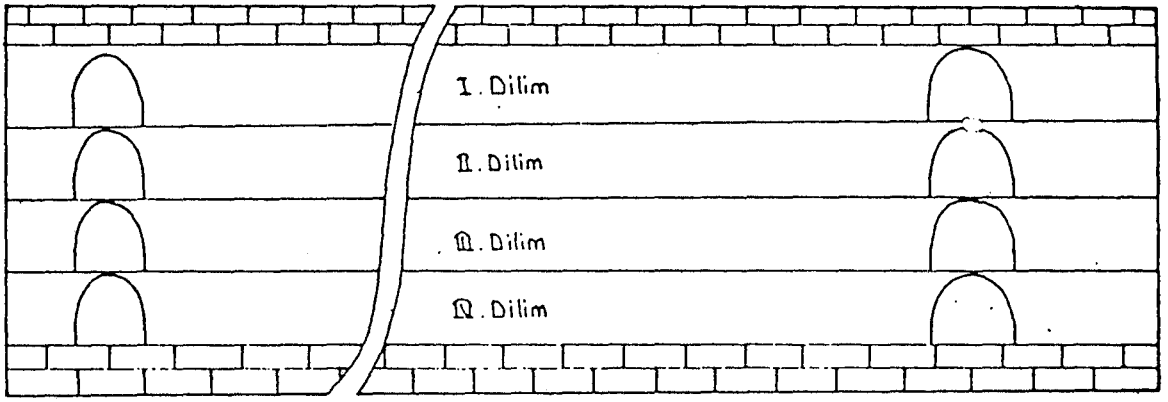


Şekil 3.5. Göçüğün konsolide edilmesi

Yapay tavan uygulaması damarın tavandan tabana doğru dilimler halinde kazanılmasına olanak sağlar. Yapay tavan sayesinde ayak içi emniyet faktörü artmıştır. Ayak arkası yapay tavan üzerine göçertilir. Yapay tavan hem taşıyıcılık yapar hem de ayak içine göçük malzemesinin akışını önler.

3.2.2.1. Klasik ayaklarda yapay tavan uygulamaları

Yöntemin prensibi, kömür damarının, tavan taşına paralel dilimler halinde, tavandan başlayarak tabana doğru kazılmasından ibarettir. Dilim adedi çalışılan damar kalınlığına bağlıdır. Dilimler arasında topuk mevcut değildir. Normal tavan taşı altında teşkil edilen 1. dilime çelik hasır döşenmekte, bu hasır alttaki 2. ve 3. dilimler için yapay tavan vazifesi görmektedir. 50 x 5 mm kesitli yassı galvenizli çelik tellerin ayak içine döşenmesi ve bunun üzerine kum eleği şeklinde örülmüş galvenizli tel örgünün serilip bağlanması ile meydana getirilen yapay tavan zaman zaman ara dilimlerde tamir ve takviye etmek suretiyle en alt dilime kadar iş görebilmekte ve normal tavan taşı altında çalışmaktan daha kolay çalışma olanakları sağlamaktadır. Bu sistemde alttaki bir dilimin başlaması için bir üst dilimin mutlaka bitirilmesi gerekmekte, arada minimum 30-40 m mesafe bırakmak suretiyle aynı anda Şekil 3.6 de görüldüğü gibi 2, 3 hatta 4 dilimde arka arkaya çalışmak mümkün olmaktadır. Tavan taşı altındaki 1. dilimde sürülen tavan ve taban galerileri taban yarmak suretiyle alttaki dilimlerin seviyesine indirilmekte, böylece bütün dilimlerdeki ayakların havalandırma ve kömür nakliyatı tek bir galeriden yapmak olanaklı olmaktadır. İki dilim arasındaki taban yarma işlemi iki aşamada olmaktadır. Önce galeri yüksekliğinin yarısı kadar indirilmekte, bu iş üst dilimdeki ayağı 8-10 m geriden takip etmektedir. İkinci safhada ise galerinin tamamı indirilerek 2. dilimdeki ayak seviyesine getirilmektedir. Bu işlemde 2. dilimdeki ayağın 10-15 m kadar önünde yürütülmektedir. Her taban yarma esnasında galeri tahkimatı



Şekil 3.6. Damarın üç dilim halinde göçertilerek alınması

sökülüp üzerindeki boşluk doldurularak yeniden yapılmaktadır.

Yapay Tavan Uygulaması

Yapay tavan iki çeşit malzemeden meydana gelmektedir.

1. 50 x 3 mm kesitli yassı çelik tel ruloları (1,175 kg/m, kopma mukavemeti 6 ton ve 30 m lik rulolar halinde ayağa gelişi) birbirine eklemek için 5 tona dayanıklı "U" şeklinde kancalardan meydana gelmiştir.
2. Kum eleği şeklinde örülmüş, galvanizli tel örgüden meydana gelmiştir (Tel kalınlığı 2 mm, örgü aralıkları 20 mm, rulo uzunlukları genellikle 10 m, rulo genişliği have genişliğine bağlı olarak 1,25 m ilerleme yapan ayaklarda 1,5 m, 1,5 m ilerleme yapan ayaklarda 1,80 m dir).

Bu iki ana malzemeden başka, tel örgülerin birbirine bağlanması için 2 mm çapında, 60 cm lik yumuşak demir teller kullanılmaktadır.

Fransa'nın Blanzky kömür bölgesine bağlı 4. Couche Nord kartiyesinde damar 4 dilim halinde alınmıştır. 1. dilimdeki ayak uzunluğu 75 m, ayak yüksekliği 3 m, meyil 15° den düşüktür. Ağaç tahkimatlı ve rambleli ayakta ilerletimli olarak çalışılmıştır.

Tahkimat malzemesi olarak aynaya paralel tarzda yerleştirilen 4 m lik sarmalar 6 adet ağaç direk ile tutulmuş, bu sarmalar üzerinde aynaya dik olarak 60'ar cm ara ile yerleştirilen 2 m lik sarmalar uçlarına kömür aynasına bitişik tarzda yerleştirilen demir direklerle takviye edilmiştir.(Şekil 3.7.).

Yapay Tavan Döşenmesi

Have genişliği 1,5 m olduğunda 1,80 m genişlikte galvanizli tel örgü ruloları kullanılmıştır. Yassı çelik tel ruloları aynaya dik olarak önce ikişer ikişer (her bir metreye) serilmektedir. Bunun üzerine aynaya paralel olarak 5 adet uzatılmakta, daha sonra en üstte aynaya dik olarak yine ikişer ikişer arada kalan yerlere uzatılarak örme işi

tamamlanır. Bu örgünün yerine iki kat galvenizli tel örgü ruloları serilip bağlanmaktadır. Yapay tavan döşemesi 2 şer kişilik ekipler tarafından sağlanmakta ve 8 ekip 100 m lik ayağı 2 saatte tamamlayabilmektedir. Yapay tavan döşemesinden sonra aynaya paralel atılan 4 m lik sarmaların altına dikilen ağaç direklerin yassı çelik tellerin üzerine gelmesine önemle dikkat edilmelidir (11)(Şekil 3.8).

Fransa Blanzly Kömür Bölgesine bağlı S.T.Amede ve Rosealy Üretim Bölümlerinde "V" Tahkimatın Uygulanması

Yapay tavan altındaki ayaklarda çeşitli tahkimat sistemleri denenmiş olup, hasır altında çalışmaya en elverişli tahkimatın "V" tahkimat olduğu görülmüştür.

"V" tahkimat elemanları sürtünmeli demir direk (Sabes 2,05 - 3,25m) eğik tarzda yerleştirilen hidrolik direk (2,25 - 3,00 m) ve bunların tavana istinat ettiği metalik kabloların yanyana eklenmesi ile meydana getirilen esnek sarmalardan ibarettir. "V" ler arası mesafeler 0,80-1,00 m dir (Şekil 3.9).

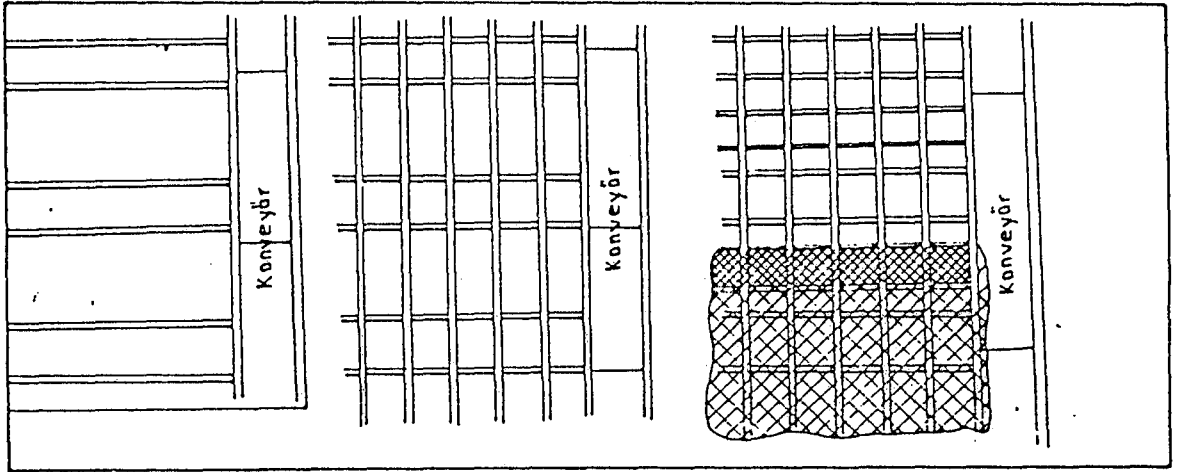
"V" sistem uygulaması damarda 2, 3 hatta 4 dilim halinde denenmiş ve başarılıdır (Şekil 3.10). Bu çalışmalar sonunda hasır kontrol edilmiş, hasırda yer yer gerek çelik yassı tellerde gerekse galvenizli çelik tel örgülerde yırtılmalar ve kopmalar görülmüştür. Buradaki kopmaların % 80 inin aynaya dik tellerde meydana geldiği gözlenmiştir. Yırtılmalar zaman zaman tavana çakılmış olmasından kaynaklanmıştır.

Polonya'da ise dilimler tavandan tabana doğru hidrolik dolgulu uzun ayak ile alınırken, 1. dilimde tabana 0,3 kg/cm² lik dirence sahip dolgu kanaviçesi serilerek 2. dilimin tavanı korunmuştur.

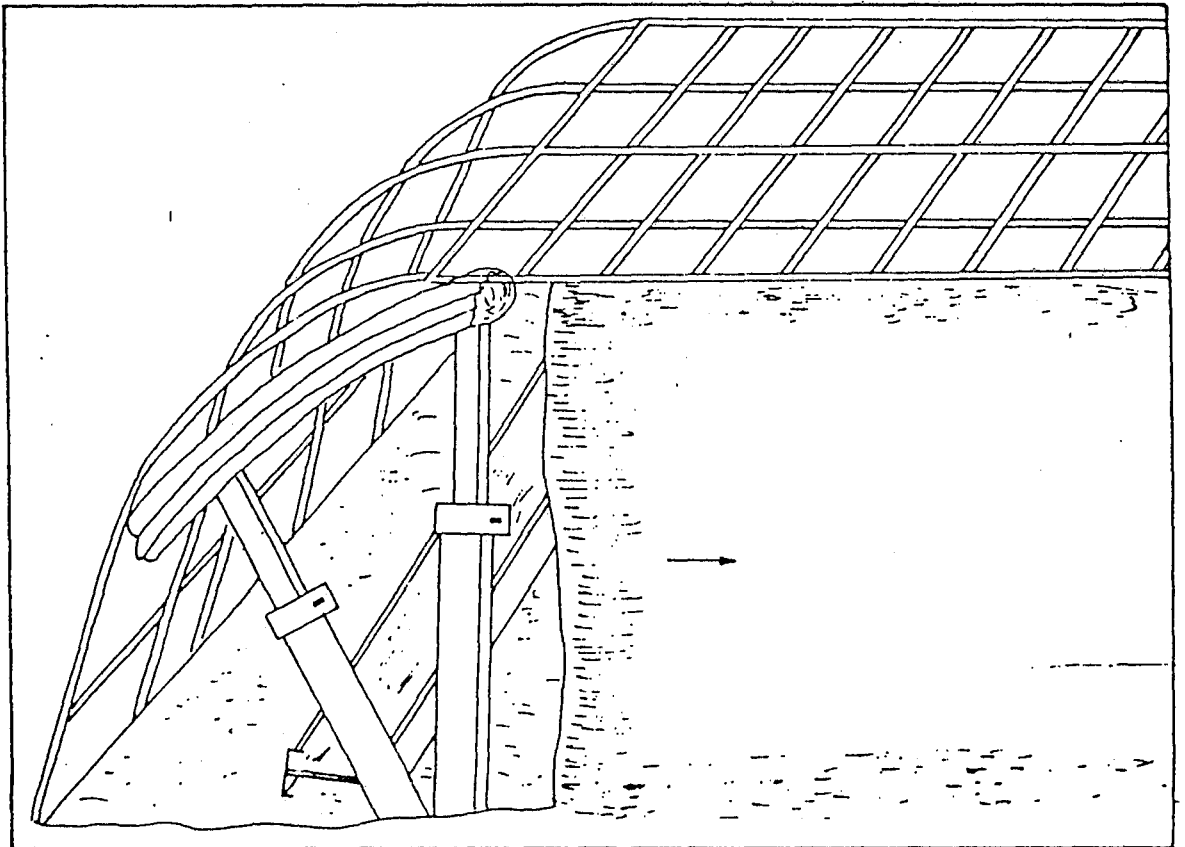
Polonya "Central Mining Enstitüsü"nde çelik şeritlerden veya çubuklardan imal edilen elastik yapay tavan ile tavandan tabana dilimleme yöntemi geliştirilmiştir. Bu elastik yapay tavan çelik şeritler ve tel



Şekil 3.7. Ağaç tahkimatlı rambleli klasik ayak



Şekil 3.8. Yapay tavan döşenmesi



Şekil 3.9. V tahkimatlı yapay tavan uygulanması

kafeslerden yapılmıştır. Çelik şeritler 75 mm genişliğinde ve 1,5-3,0 mm kalınlığındadır. Makaralar halindeki bu şeritler arına dik olarak ayak zeminine serilir. Şeritler ayak tahkimat vardiyası esnasında serilmektedir.

3.2.2.2. Yapay tavan altında mekanize ayak uygulaması

Fransa'nın Blanzky kömür bölgesine bağlı 4 Couche Nord kartiyesinde yapay tavan altında mekanize ayak uygulaması yapılmıştır. Bu kartiyede damar kalınlığı ortalama 12 m olup, 1. dilim ağaç tahkimatlı ve rambleli alınmış, 2, 3 ve 4. dilimlerde tam mekanize ayağın iki unsuru olan tamburlu kömür kesici (Sagem SA 16 tipi çift tamburlu) ve yürüyen tahkimat (Morel Hydro yapısı) kullanılmıştır (Şekil 3.11).

Mekanize ayakta yürüyen tahkimat ürezindeki en alt dilimde (4. dilim) incelenen yapay tavan, normal tavandan daha elverişli şartlar temin etmektedir. Tavan akıcılığından ve tavan taşındaki düzensizlikten dolayı meydana gelen mahzurlar yapay tavanla tamamen ortadan kalkmaktadır. Tahkimatın yer değiştirmesinden sonra hasır, muntazam bir şekilde yürüyen tahkimatın arkasından sarkmaktadır.

Japonya'da ortalama 5-6 m kalınlığındaki ana damar iki dilim halinde göçertmeli olarak alınmaktadır. Her iki ayakta kesici yükleyici ve yürüyen tahkimat kullanılmaktadır. Aynı şekilde 1. dilim alınırken tabana 5,5 mm kalınlığındaki çelik çubuklardan yapılan bir çelik örgü elle serilmektedir. İki ayak arası mesafe yaklaşık 40 ± 2 m dir (Şekil 3.12).

Yapay tavanlı üretim yönteminin sağladığı avantajlar

1. Kömür üretim oranı yüksektir. Hemen hemen % 100 e ulaşabilir.
2. Kömür tamamen alındığı için kendi kendine yanma ihtimali azdır.
3. Ramble gerektirmez.
4. Tavan taşı karışımı yok denecek kadar azdır.

5. Daha alttaki kazı dilimlerinde yapay tavan nedeniyle daha emniyetli çalışma koşulları sağlamaktadır.
6. Daha yüksek randıman elde edilmektedir.

Yapay tavanlı üretim yönteminin dezavantajları

1. Subsıdans problemleri oluşturmaktadır.
2. Havalandırma karmaşık olabilir.

3.2.3. Arkadan göçertme sistemi

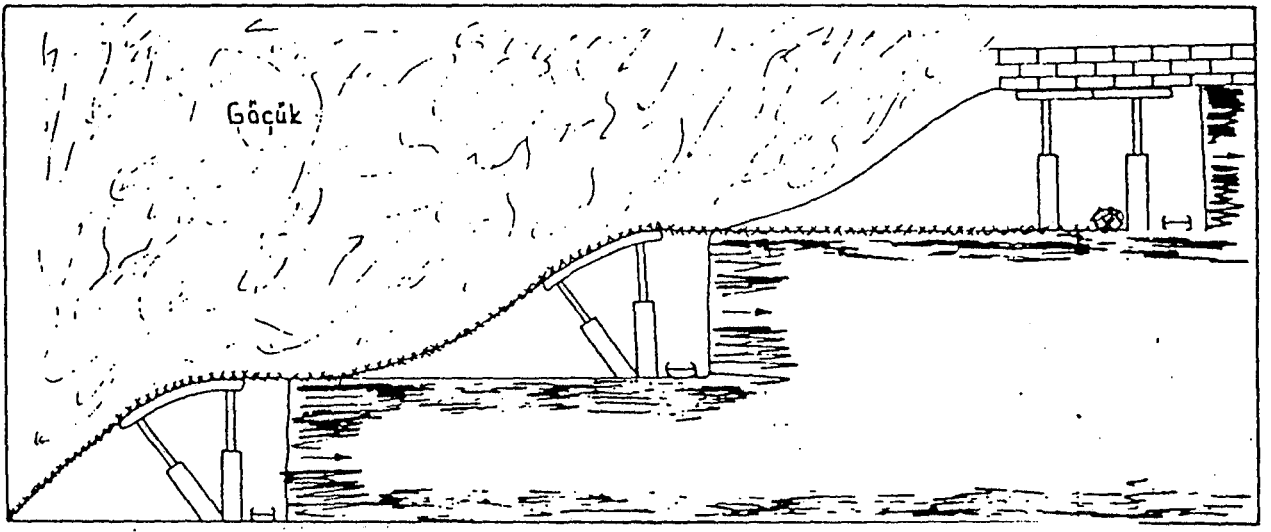
Tavan taşı altında damar eğimine paralel bir tavan ayak ve taban taşı üzerinde ikinci bir ayak hazırlanır. İki ayak arasında kalan kömür, taban ayak arkasından geçertilerek alınmaktadır. Yöntemin başarılabilmesi, damar (sertliği, kalınlığı, mekanik özellikleri) ve tavan taşının özelliklerine bağlıdır. Yöntem daha Fransa, İspanya, Yugoslavya gibi ülkelerde yaygındır. Bu ülkelerde yöntem tam mekanize olarak uygulanmaktadır.

a) Yalnız taban ayak uygulaması

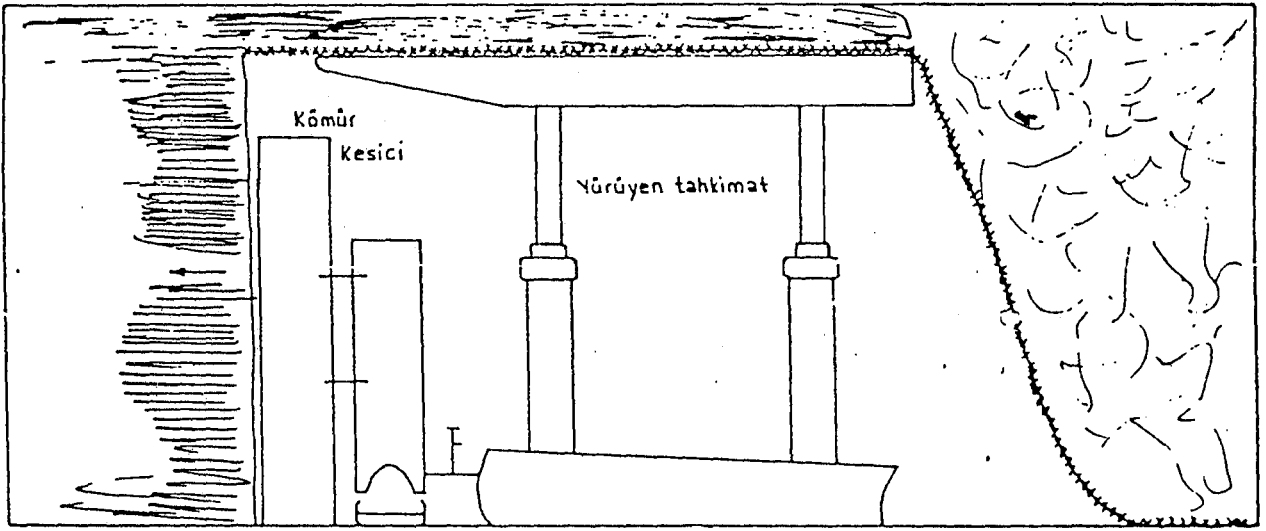
8 m kalınlığına kadar olan damarlarda, damarın alt kısmında yani taban taşı üzerinde tesis edilmektedir. Ayak üzerindeki 5,5 - 6 m lik kömür ise ayak arkasından göçertilerek alınmaya çalışılmaktadır. Kömürün göçmediği durumda ayak arkasına delik delinerek patlatma yapmak gerekmektedir (Şekil 3.13).

b) Tavan ve taban ayak uygulaması

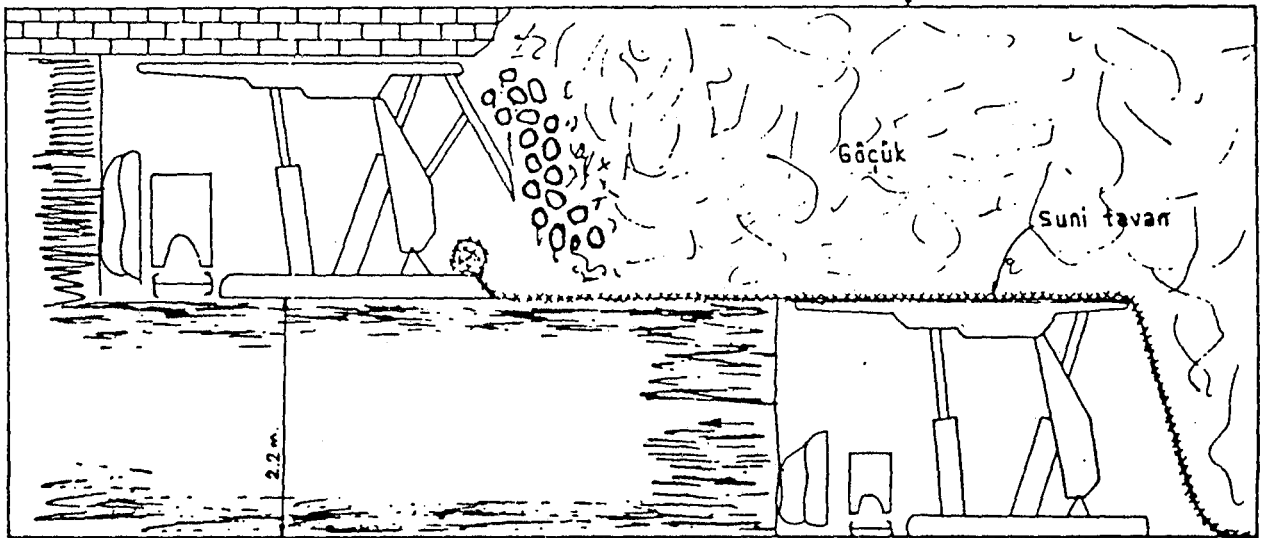
14-16 m arası damarlarda rahatlıkla uygulanan sistemde, hem tavan taşı altında hem de taban taşı üzerinde birer uzun ayak hazırlanır. Arkadaki orta kömür taban ayaktan arkadan göçertilerek alınır. Tavan ayak taban ayaktan 30-40 m ileridedir. Tavan ayağın uygulanmasında asıl amaç tavan tabakasının gerilimini göçertmek suretiyle ferahlamaktır.



Şekil 3.10. Kalın damarlarda V tahkimatlı yapay tavan uygulanması



Şekil 3.11. Yapay tavan altında mekanize ayak uygulanması



Şekil 3.12. Japonya'da kalın damarlarda iki dilim halinde yapay tavan uygulaması

Aynı zamanda göçertilmiş tavan tabakası orta kömüre yapacağı basınç ile kömürün parçalanmasını ve taban ayaktan daha kolay kazanılmasını sağlar (Şekil 3.14).Yöntemin en büyük sakıncası orta kömürün alınması esnasında kömüre tavan taşının karışmasıdır.

c) Ara ayak ve taban ayak uygulaması

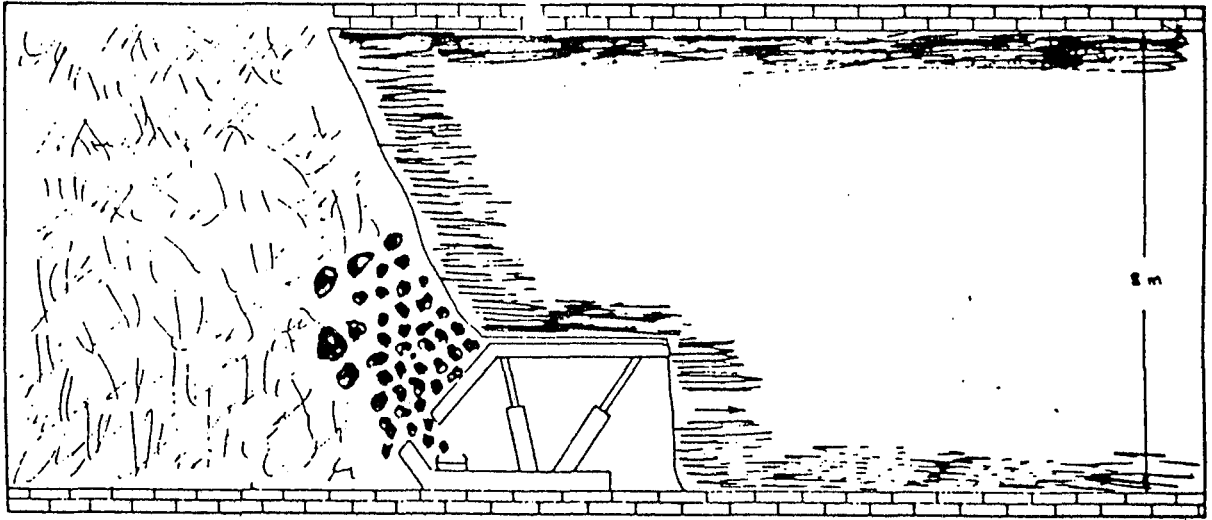
Kolay kırılmayan sert özelliğe sahip ve zor göçen damarlarda uygulanan sistemdir. 16-18 m kalınlıktaki damarlarda, taban taşı üzerinde bir ayak ve damar ortalarına yakın kısımda bir ayak hazırlanır. Her iki ayak arkasından da kömür kazanılmaktadır (Şekil 3.15).

Arkadan göçertmeli uzun ayak yönteminin avantajları

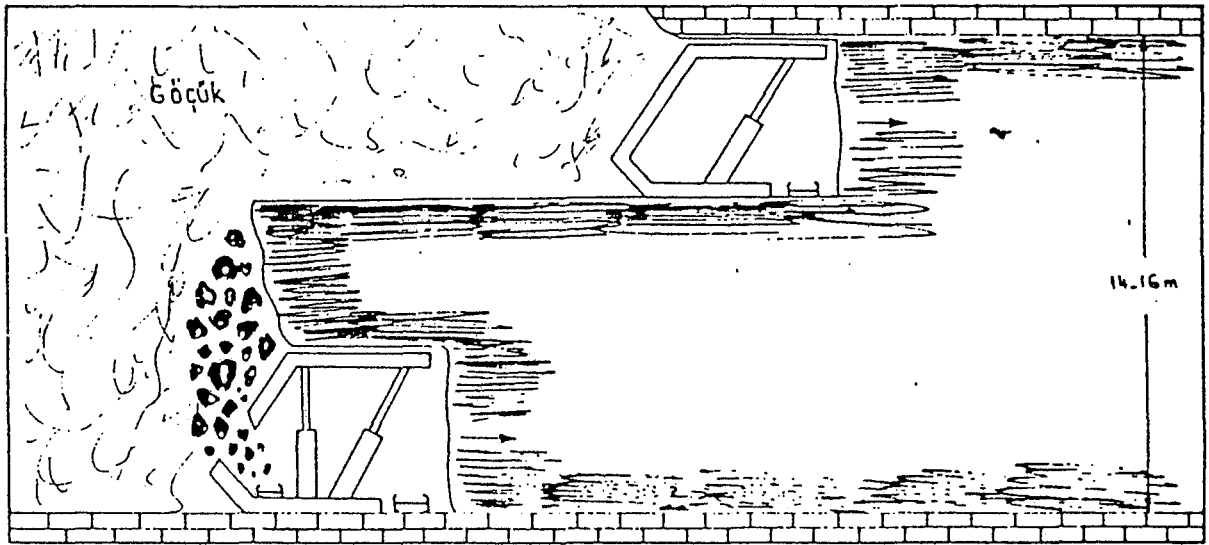
1. Jeolojik düzensizliklere daha az duyarlıdır.
2. Göçük kömürünün elde edilmesinde, yerçekimi kuvvetinden faydalanılmasıyla kömürün büyük bir bölümü kazanılmaktadır.
3. Havalandırma dilimli metodlara nazaran daha iyidir.
4. Kişi başına yüksek üretim miktarı elde edilmektedir.

Arkadan göçertmeli uzun ayak yönteminin dezavantajları

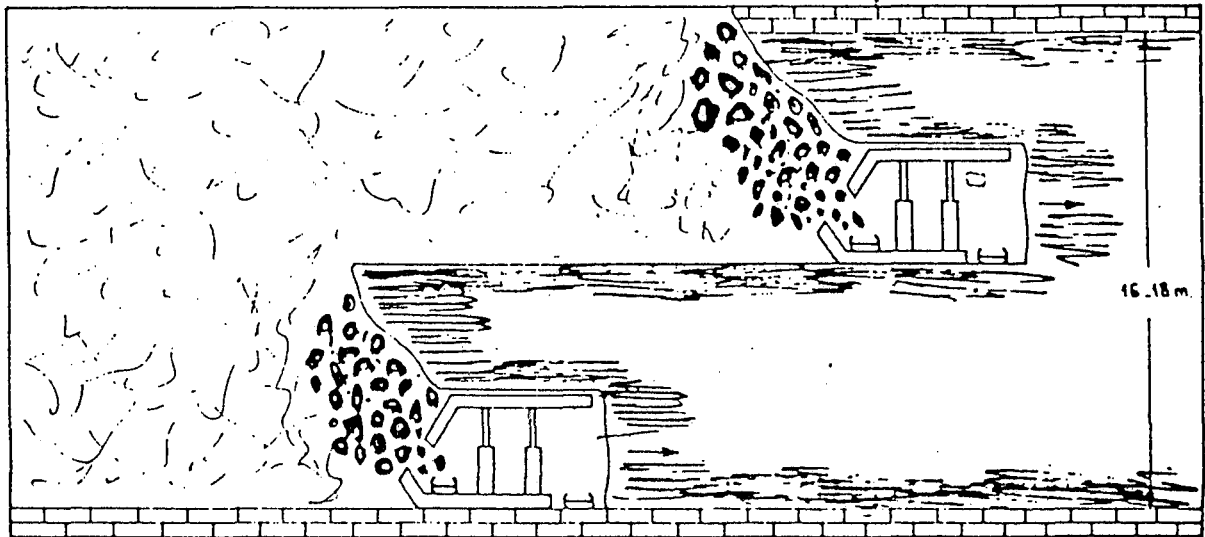
1. Kömürün % 20 si kaybedilmektedir. Bu miktar % 35-40 a kadar çıkabilmektedir.
2. Sert kömürlerde bu metodun başarılı olması sınırlıdır.
3. Kömüre tavan taşı karışmaktadır.
4. Göçertilen kısım kendi kendine yanmaya her zaman hassastır.
5. Daha yüksek metan çıkışı mümkündür.



Şekil 3.13. Blok göçertmeli ayak kesiti



Şekil 3.14. Blok göçertmeli tavan-taban ayak



Şekil 3.15. Blok göçertmeli ara ve taban ayak

4. TÜRKİYE'DEKİ YAPAY TAVAN DENEMELERİ VE ELDE EDİLEN SONUÇLAR

4.1. Tunçbilek Bölgesi

1969 - 1970 yıllarında denenen "Yapay Tavan" sistemi halen uygulanmakta olan yeraltı üretim yönteminin değiştirilmesi veya geliştirilmesi amacıyla uygulanmıştır.

Yeraltı işletmesindeki üretim yönteminde, ayak arkasından kömür alınması sırasında meydana gelen kömür zayıyatını bertaraf etmek, ayrıca, tavan taşının arka kömürüne karışmasını önlemek amacı ile uygulamaya geçilmiştir.

İlk yapay tavan denemesi 1969 yılında 35-A panoda yapılmıştır. Bu denemede 6 ve 8 mm lik atkı ve örgü halatı olarak kullanılmak suretiyle 1 m eninde 50 m lik rulolar halinde yeraltında örülen çelik hasır yapay tavan olarak kullanılmıştır. 35-A 400 nolu tavan ayak tabanına döşenen çelik hasır alttaki ayakta gözlenmiş, fakat hasır ayak arkasından sarkmamış ve göçükte yer yer görülen çelik halatlardan hasırını teşkil eden çelik halatların koparak hasırın parçalandığı tesbit edilmiştir.

Hasır üzerinde bazı değişiklikler yapılarak 1970 yılında 35-B 400 tavan ayakta ikinci bir deneme daha yapılmıştır. Bu defa hasırın örgüleri sıkıştırılarak ve halat çapları büyütülerek çelik hasırın mukavemeti arttırılmış, yine aynı sonuç gözlenmiştir.

Çelik halatlar iç piyaseden temin edilmiştir. Kopma mukavemeti 160-180 kg/mm² olup, daha mukavemetli hasır örülmesi mümkün olmadığından denemeden vazgeçilmiştir.

4.2. Soma Bölgesi

Soma Bölgesinde ilk yapay tavan denemesi 1956 yılında yanma olaylarının meydana gelmesini önlemek amacıyla yapılmıştır.

Soma Linyit İşletmesinde damar kalınlığı 15-22 m, damar yatımı 15-18° arasında değişmektedir. Damar, yatay dilimler halinde göçertmeli uzun ayak sistemine göre çalıştırılmıştır. Yatay dilimler 5'er metre halinde, aynadan 2 m geri kalan 3 m ise arkadan göçertilerek alınmıştır (Şekil 4.1). Birinci dilim 20 m ilerledikten sonra alt kattaki ikinci dilime başlanılmaktadır. Ayağın tavanındaki 3 m'lik kömürün göçertilerek alınması esnasında kömüre tavan taşı karışmakta, bazen kömürü göçükte hapsedmektedir. Bu durum, hem kömür kaybına, hem de ocak yangınlarına sebep olmaktadır.

Yapay tavan uygulaması 40 m'lik bir ayakta tatbik edilmiş, olumlu sonuçlar alınmıştır. Kömür ve tavan taşı tamamen birbirinden ayrılmıştır. Göçük tarafında daha rahat arka kömürü alma ortamı açılmış ve lavvar randımanında % 1-2 artış sağlanmıştır (Şekil 4.2).

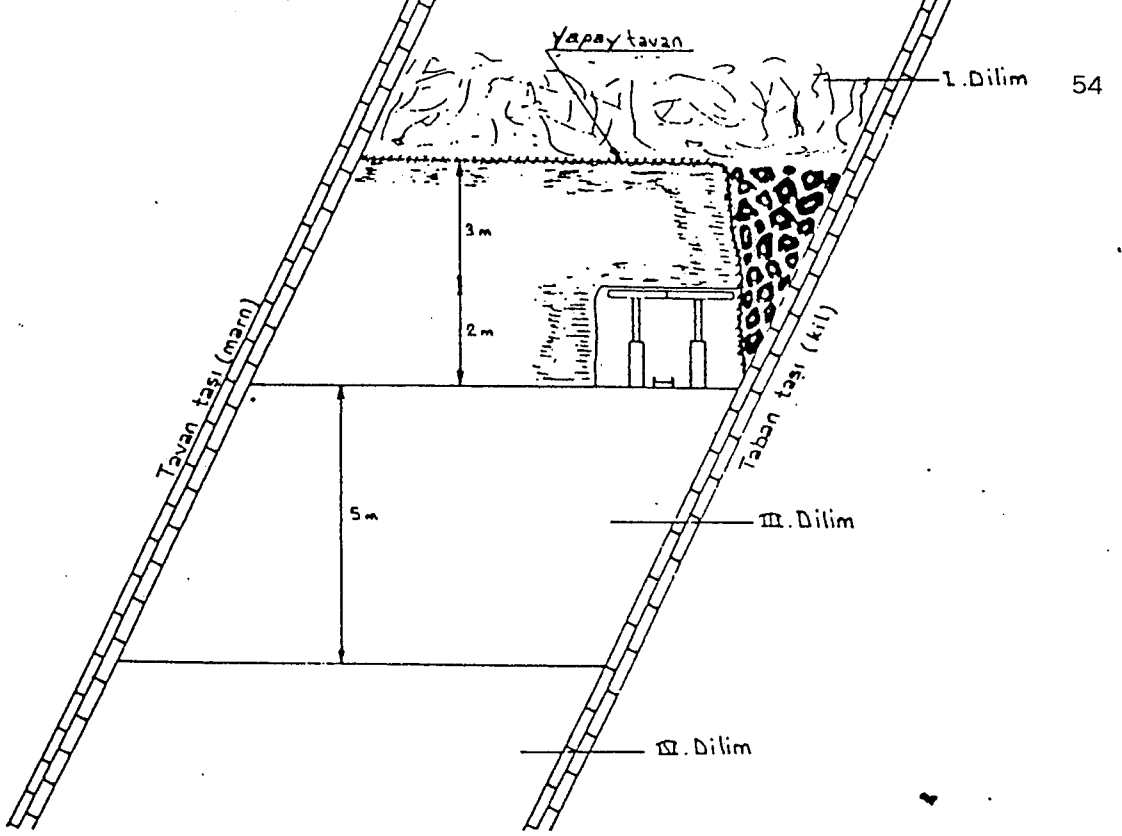
Uygulamada karşılaşılan güçlükler ise:

1. Yapay tavan malzemesinin ikmal güçlüğü
2. Yapay tavan malzemesinin işlenmesindeki güçlükler
3. Yapay tavanın ayaklarda serilmesinde karşılaşılan güçlükler
4. Yapay tavan döşenmiş dilim altındaki katlarda karşılaşılan güçlükler olarak gözlenmiştir.

Yapay tavan örgüsünde kullanılan halatların özellikleri:

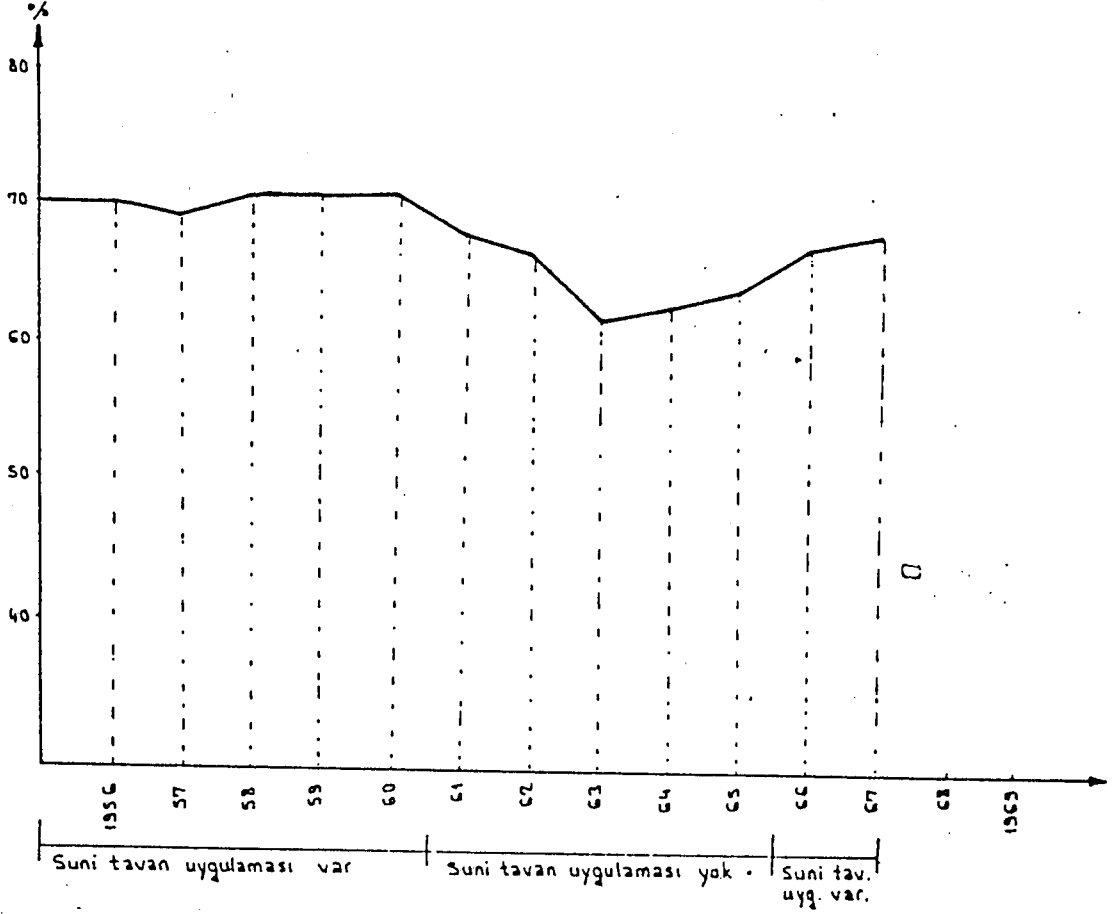
Halat örgüsünde iki tip halat kullanılmaktadır. Ana gergi halatları, yapay tavan şeridi boyunca haveye paralel olarak kullanılan çelik halatlar 8-9 mm çapında kopma mukavemeti 160 kg/mm² dir. Yardımcı gergi telleri 6-6,5 mm çapında, kopma mukavemeti 180 kg/mm² dir.

Halatların örülmesi el ile yapılmaktadır. Örülen 100 cm genişliğindeki hasır, takriben 30-40 m boyundadır (Şekil 4.3).



Şekil 4.1. Yapay dilimleme yöntemi (Soma)

Lavvar
Randımanı



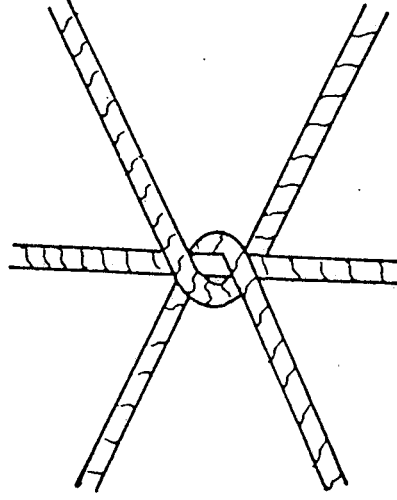
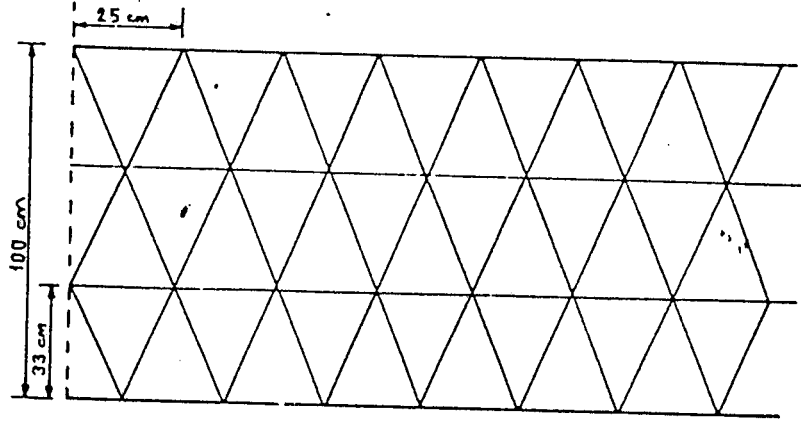
Şekil 4.2. Soma bölgesi yapay tavan uygulamasının lavvar randımanına etkisi

Yapay tavanın yerinde serilmesi:

Ana gergi teli yere tesbit edilmiş 150 x 18 x 14 cm boyutundaki traversler üzerine 33 cm aralıklarla açılmış olan dört yive gergin olarak tesbit edilir.. Bu durum tel halatın iskeletini oluşturmuştur. Bu iskelet 6-6,5 mm çapındaki yardımcı ara telleri ile Şekil 4.3'de görüldüğü gibi örülmüştür.

Harici karıda (yerüstü atölye tesisi) hazırlanan hasır 100 cm genişliğinde 30-40 m boyundadır. Rulo halinde uygulama yerine gelen hasırlar konveyörün yeni haveye taşınmasından önce haveye serilir. Yeni serilen tel hasır şeridi daha önce serilmiş olan tel hasır şeridine ana gergi teli ile bağlanmaktadır. Bu bağlantı gergin bir şekilde yapılır. Bunun amacı bir sonraki havedeki hasır bağlantısının rahat yapılmasıdır. Yeni haveye gergin vaziyette hasır serildikten sonra, hasır üzerine 1,5 m aralıklarla ve aynaya dik olarak 70 x 17 x 4 cm ebadında hazır traversler yerleştirilir. Bu traversler, konveyörün hasırını parçalamasını önlemek amacı ile yerleştirilmektedir.

Hasır şeritlerinde tel uçları birbirine gemici düğümleri ile düğümlenmektedir. Böylece bir şerit içinde bütün halatlar bir birine bağlanmakta ve serbest uç kalmamaktadır.



Şekil 4.3. Yapay tavan örgü sistemi

5. TUNÇBİLEK YERALTI İŞLETMELERİNDE KÖMÜRE TAŞ KARIŞMA ORANININ ETÜDÜ

5.1. Üretim Miktarına Göre Taş Karışma Oranının Tesbiti

Bölgenin kendi imkanlarıyla 1-30.11.1985 tarihleri arasında yaptığı bu etüd çalışmaları aşağıda verilmiştir.

Tüm kömürler analiz sırasında tane serbestliğini eşit tutabilmek için 18 mm lik kırıcıdan geçirilmiştir.

Fiili durum:

Çalışılan gün sayısı	30
Çalışılan vardiya sayısı	90
Aylık ilerleme miktarı	14 m
Aylık üretim (kantar değeri)	14752 ton

Kimyasal analiz sonuçları:

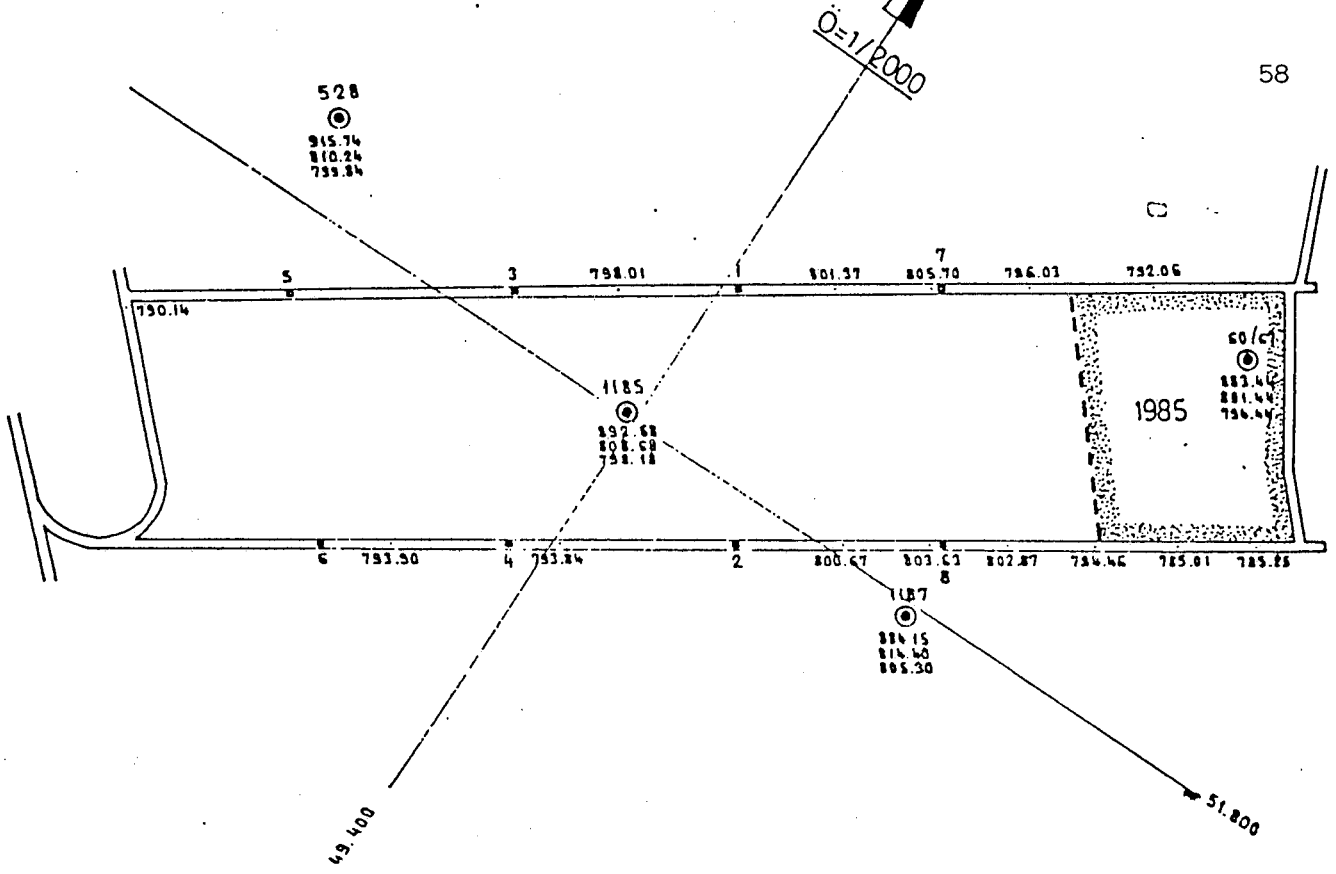
Stamp kelebelerinden 3 ayrı numune alınarak komple analizleri yapılmıştır (Şekil 5.1). Bunlar:

- 0-2.00 m (taban taşından 2 m yüksekliğe kadar)
- +2.00 m (2 m yüksekten tavan taşına kadar)
- Komple

Numuneler o ayki ilerlemeye en yakın stamp kelebelerinden alınmıştır.

Fiili değerleri tesbit etmek amacıyla haftada en az iki kez aşağıdaki numuneler alınmıştır.

- Aynadan 10 ar metre aralıklarla dilim halinde alınan ayna numunesi
- Ayak panzeri yerinden sadece arka kömürü geçtiği anlarda alınan arka numunesi
- Ayakta hem ayna, hem arka çalışması olan vardiyada alınan komple numuneler.



1				2			
Kömür kesiti (cm)	Kömür oranı (%)	Yoğunluk ($\frac{g}{cm^3}$)	Damar kal. (m)	Kömür kesiti (cm)	Kömür oranı (%)	Yoğunluk ($\frac{g}{cm^3}$)	Damar kal. (m)
0-200	58.9			0-200	59.2		
+200	67.5			+200	76.8		
Komple	62.9	1.47	6.40	Komple	69.5	1.44	8.55

3				4			
Kömür kesiti (cm)	Kömür oranı (%)	Yoğunluk ($\frac{g}{cm^3}$)	Damar kal. (m)	Kömür kesiti (cm)	Kömür oranı (%)	Yoğunluk ($\frac{g}{cm^3}$)	Damar kal. (m)
0-200	77.3			0-200	71.7		
+200	62.6			+200	70.6		
Komple	69.5	1.41	4.80	Komple	71.7	1.42	10.20

5				6			
Kömür kesiti (cm)	Kömür oranı (%)	Yoğunluk ($\frac{g}{cm^3}$)	Damar kal. (m)	Kömür kesiti (cm)	Kömür oranı (%)	Yoğunluk ($\frac{g}{cm^3}$)	Damar kal. (m)
0-200	49.5			0-200	57.2		
+200	67.9			+200	70.7		
Komple	58.0	1.51	8.80	Komple	62.5	1.51	6.28

7				8			
Kömür kesiti (cm)	Kömür oranı (%)	Yoğunluk ($\frac{g}{cm^3}$)	Damar kal. (m)	Kömür kesiti (cm)	Kömür oranı (%)	Yoğunluk ($\frac{g}{cm^3}$)	Damar kal. (m)
0-200	73.2			0-200	78.6		
+200	70.0			+200	75.4		
Komple	72.0	1.42	7.85	Komple	77.1	1.40	11.10

Şekil 5.1.

Pilot klasik ayakta açılan stamp kelebelerinin analizleri

Bu numunelerin laboratuvardaki komple analiz sonuçları fiili değerler olarak şöyledir.

	Kalori (Kcal/kg)		Yoğunluk (gr/cm ³)	
	<u>Yerinde</u>	<u>Fiili</u>	<u>Yerinde</u>	<u>Fiili</u>
Ayna	3620	2904	1,40	1,48
Arka	3734	1963	1,44	1,65
Komple	3700	2235	1,41	1,53

	Genel kül(%)		Randıman(% kömür)	
	<u>Yerinde</u>	<u>Fiili</u>	<u>Yerinde</u>	<u>Fiili</u>
Ayna	31,3	41,77	75,9	95,9
Arka	35,3	55,21	72,7	36,3
Komple	33,1	48,85	74,6	53,0

Yerinde rezerv:

Kasım 1985 ayı ilerlemesi, yoğunluk ve damar kalınlığına göre hesap edilmiştir. Yoğunluk ve damar kalınlığı bölgeye komşu stamp keleşelerinde değerlendirilmesi ile ortalamalardan bulunmuştur.

	<u>Uzunluk</u>		<u>İlerleme</u>		<u>Yükseklik</u>		<u>Yoğunluk</u>		<u>Rezerv</u>
	<u>m</u>		<u>m</u>		<u>m</u>		<u>t/m³</u>		<u>ton</u>
Ayna	67	x	14	x	2	x	1,40	=	2627
Arka	73	x	14	x	7,48	x	1,44	=	<u>11008</u>
									13635

Rezervde:

	<u>Kömür(ton)</u>	<u>Kil(ton)</u>
Ayna	1994	633
Arka	<u>8003</u>	<u>3005</u>
Toplam	9997	3638

Üretim

Ayaktan gelen tüvenan kömür bant kantalarından geçtikten sonra aylık üretim olarak toplanmıştır. Ayna ve arka üretimi fiili % kömür randıman değerlerine göre ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Stamptan gelen kil ise;

$$\text{Stamptan gelen kil} = \frac{\text{Üretilen kömür miktarı} \times (100 - \text{Yerinde \% kömür rand})}{\text{Yerinde \% kömür randımanı}}$$

göre hesaplanmıştır.

	<u>Tüvenan üretim(ton)</u>	<u>Üretimde kömür(ton)</u>	<u>Üretimde kil(ton)</u>	<u>Stamptan gelen kil(ton)</u>	<u>Tavan ve Tabandan karışan kil(ton)</u>
Ayna	2627	1994	633	633	---
Arka	<u>12125</u>	<u>4402</u>	<u>7723</u>	<u>1653</u>	<u>6070</u>
	14752	6396	8356	2646	6070

Tüvenan üretiminde kömür ve kil durumu

Aynadan alınan kömür	1994
Arkadan alınan kömür	4402
Aynadan alınan stamp kili	633
Arkadan alınan stamp kili	1653
Aynaya karışan taban kili	---
Arkaya karışan tavan kili	<u>6070</u>
	14752 ton

Kayıplar ve randımanlar:

Rezerve göre fiili üretim : 13635 - 14752 = -1117 = % 108,2

Tüvenan kömür kaybı: Aynada : 1994-1994 = 0 = % 0

Arkada : 8003-4402 = 3601 = % 45

Toplam : 9967-6396 = 3601 = % 36,0

Arkaya karışan tavan taşı oranı : $6070 : 12125 = \% 50,1^{**}$

5.2. Yüzdürme Eğrilerinden Taş Oranının Tesbiti

Tablo 5.1' de 1,7 yoğunluktaki yüzdürme eğrilerinden kasım ayı yüzen ortalamasını:

20.10 / 20.11.1985	0-150 mm	37,30	
20,11 / 20.12.1985	0-150 mm	<u>45,40</u>	
	Ortalama	41,35	kabul edebiliriz.

Öyleyse $\% 41,35$ toplam yüzenin yüzdesidir. Batan oranı $\% 58,65$ olduğuna göre:

Kasım ayı taş karışma oranı:

Tavan taşı	$\% 35,17$	
Ara kesme	<u>$\% 23,48^{***}$</u>	
Toplam taş	$\% 58,65$	dir.

Düşünceler:

Üretimden gelen 7723 ton kilin içindeki stamptan gelen kili 1653 ton olarak değil de rezervdeki fiili kil miktarını yani 3638 ton alalım. Dolayısıyla çekilen kömür içindeki tavan ve tabandan karışan kil oranı düşecektir.

* İşletme şartlarında arkada fazla kömür bırakmamak için arkadan çekilen taş fazladır.

*** 1985 yılı Kasım ayında üretim yapılan ayaklardaki 10 adet sondajın ve pilot klasik ayaktaki 7. ve 8. kelebelerdeki ara kesmelerin ortalama oranıdır.

Tarih	Ebat mm	Ebat nisbeti %	Randıman %	(0-150) nin birleşimi
20.12.1984	- 18	36.1	55.5	43.55
20.01.1985	+ 18	63.9	36.8	
20.01.1985	- 18	36.0	60.6	45.37
20.02.1985	+ 18	64.0	36.8	
20.02.1985	- 18	31.3	53.6	50.92
20.03.1985	+ 18	68.7	49.7	
20.03.1985	- 18	37.4	50.5	35.42
20.04.1985	+ 18	62.6	26.4	
20.04.1985	- 18	41.3	53.8	44.76
20.05.1985	+ 18	58.7	38.4	
20.05.1985	- 18	33.3	59.3	39.89
20.06.1985	+ 18	66.7	30.2	
20.06.1985	- 18	35.0	59.5	51.83
20.07.1985	+ 18	65.0	47.7	
20.07.1985	- 18	33.8	65.9	45.98
20.08.1985	+ 18	66.2	35.8	
20.08.1985	- 18	27.3	64.0	49.46
20.09.1985	+ 18	72.7	44.0	
20.09.1985	0-150			42.40
20.10.1985				
20.10.1985	0-150			37.30
20.11.1985				
20.11.1985	0-150			45.40
20.12.1985				
Ortalama				= 44.36

Tablo 5:1. 1,7 yoğunluğa göre Tunçbilek Kimya Laboratuvarı tarafından hazırlanan yüzdürme eğrilerinin 1985 yılı sonuçları

	<u>Tüvenan üretim(t)</u>	<u>Üretimde kömür(t)</u>	<u>Üretimde kil (t)</u>	<u>Stamptan gelen kil(t)</u>	<u>Tavan ve Tabandan karışan kil(t)</u>
Ayna	2627	1994	633	633	—
Arka	<u>12125</u>	<u>4402</u>	<u>7723</u>	<u>3005</u>	<u>4718</u>
	14752	6396	8356	3638	4718

En iyi niyetle arka üretimine karışacak tavan taşı oranı ise $4718 : 12125 = \%38,91$ olacaktır.

1985 yılı Kasım ayı içinde tüvenan kömürden alınan numunelerden yapılan laboratuvar analizlerinde taş karışma oranı $\% 35,17$ olarak bulunmuştur.

Öyleyse 1985 yılı Kasım ayı içinde tüvenan kömürdeki tavan taşı miktarı ortalama olarak 37,1 dir.

5.3. Tüvenan Üretiminden Aylık Olarak Alınan Numunelerden Senelik Taş Karışma Oranının Hesaplanması

5.3.1. Tüvenan üretimin herhangi bir ayından alınan numunelerden senelik taş karışma oranının hesaplanması

Yeraltı ocağından gelen kömür içindeki taş oranını tesbit etmek için tüvenan üretimin nakledildiği ihraç bandından numuneler alınmıştır. Numuneler vardiyâ içinde bant üzerinden iki rulo arasında kalan tüvenan kömürden alınmıştır. Peryodik her saat başı alınan bu numuneler karıştırılarak azaltmak amacıyla dörtleme yöntemine tabi tutulmuştur. Azaltma işleminde harman yapılan numune yaklaşık 10 cm kalınlıkta olacak şekilde yayılarak kürekle dört eşit bölüme ayrılmıştır. Dörde bölünen numunenin karşılıklı iki bölmesi alınarak tekrar karıştırılmıştır. Karıştırılan bu numune tekrar aynı azaltma işlemine tabi tutulmuştur. Çinko klorürün suda çözeltisi ile 1,7 yoğunlukta hazırlanan bir kovada numunenin yüzdürme-batırma deneyi yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tarih	Cinsi	Genel kül %	Yüzen % nisbeti	Batan % nisbeti	Kalori Kcal/kg
29.03.1985	K.Ocak	55.00	39.1	60.9	2038
30.03.1985	"	52.56	43.7	56.3	2270
31.03.1985	"	56.76	41.8	58.2	1865
01.04.1985	"	55.07	46.2	53.8	2030
02.04.1985	"	52.83	44.2	55.8	2255
03.04.1985	"	57.37	41.7	58.3	1810
04.04.1985	"	56.12	43.9	56.1	1892
05.04.1985	"	56.88	40.0	60.0	1822
06.04.1985	"	53.85	44.8	55.2	2230
07.04.1985	"	59.17	33.0	67.0	1768
08.04.1985	"	55.13	40.2	59.8	2073
09.04.1985	"	54.92	43.8	56.2	2144
10.04.1985	"	54.23	44.8	55.2	2260
11.04.1985	"	54.82	43.8	56.2	2150
12.04.1985	"	54.65	44.6	55.4	2210
13.04.1985	"	53.12	44.3	55.7	2290
14.04.1985	"	53.23	40.8	59.2	2268
15.04.1985	"	54.03	41.5	58.5	2190
16.04.1985	"	53.37	44.1	55.9	2225
17.04.1985	"	55.37	43.0	57.0	2020
18.04.1985	"	56.43	40.7	59.3	1950
19.04.1985	"	54.85	48.5	51.5	2205
20.04.1985	"	53.53	44.1	55.9	2295
21.04.1985	"	53.93	43.8	56.2	2230
22.04.1985	"	52.63	46.7	53.3	2285
23.04.1985	"	49.53	52.3	47.7	2520
24.04.1985	"	53.47	48.7	51.3	2230
25.04.1985	"	52.33	45.3	54.7	2295
26.04.1985	"	54.97	45.2	54.8	2180
27.04.1985	"	54.95	38.8	61.2	2138
28.04.1985	"	54.33	48.3	51.7	2130
29.04.1985	"	54.73	45.2	54.8	2153
30.04.1985	"	57.23	37.1	62.9	1845
			1434	1866	
			43.45	56.55	

Tablo 5.2. Tüvenan üretiminden alınan kömürlerin 1,7 yoğunluktaki sıvıda yapılan yüzdürme-batırma analizleri

Yapılan deneyin aritmetik ortalamaları ise:

Yüzen miktar	% 43,45
Batan miktar	% 56,55

Tabloda çıkan % 56,55 batan nisbet tüvenandaki toplam ton oranı değildir. 1,7 yoğunluğun altında batan çok kirli linyitler mevcuttur. Fakat işletme şartlarında batan çok kirli linyit hesaba alınmaz. Laboratuvar analizlerinde yapılan ortalama değerlere göre % 2-5 oranında % 75 küllü materyal atılmaktadır.

Çıkan 56,55 lik oran, tüvenandaki orta kesmelerin ve tavan taşının ortalama oranını teşkil eder. Eğer 1,7 yoğunluğun da altında batan çok kirli linyiti hesaba katarsak, stamp genel küllü % 35 oranında kabul edilecektir. Çünkü, yeraltında açılan kelebeler ve sondaj stamları üzerinde yapılan incelemelere göre ara kesme oranı % 10-20 dolayındadır.

$$0 \text{ halde : } 56,55 \times \frac{65}{100} = \% 36,75$$

olarak göçükte karışan tavan taşı oranını çıkartabiliriz. Böylece,

Tavan taşı	% 36,75
Ara kesme	<u>% 19,80*</u>
Toplam taş	% 56,15 dir.

5.3.2. Kömür Yüzdürme Eğrileri Yardımı ile Taş Karışma Oranının Tesbiti

1985 yılı içersinde kimya laboratuvarınca alınan numunelerde yapılan yüzdürme eğrilerinden, taş karışma oranını hesaplanmaktadır. 0-150 mm boyut grubu için çizilen kömür yüzdürme eğrileri tablo 5.1'de verilmiştir.

* Ara kesme oranı tüvenandaki ara kesme oranıdır.

Tablo 51 de ortalama yüzen sütunundan, ortalama yüzen ve batan yüzdesi:

Yüzen	% 44,36
Batan	% 55,64

olarak bulunur. % 55,64 toplam taş oranıdır.

$$55,64 \times \frac{65,0}{100} = 36,17$$

Kömür yüzdürme eğrilerinden alınan sonuç ise:

Tavan taşı	% 36,17
Ara kesme	<u>% 19,47</u>
Toplam taş	% 55,64

Düşünceler:

5.3.1 ve 5.3.2 den 1985 yılı içinde üretilen tüvenan kömür içindeki taş karışma oranı aşağıdadır.

	<u>5.3.1.</u>	<u>5.3.2.</u>	<u>Ortalama</u>
Tavan taşı (%)	36,75	36,17	36,46
Ara kesme (%)	19,80	19,47	19,64
Toplam taş (%)	56,55	55,64	56,10

İyimser olarak laboratuvarında yapılan yüzdürme eğrilerinden çıkartılan % 36,46 lık oran, yeraltı işletmesinde arkadan taş karışma oranıdır.

5.2. ve 5.3. e göre Tunçbilek yeraltı işletmesinde arkadan taş karışma oranı % 36,7 dir.

6. ÖMERLER YERALTI İŞLETMESİNDE KENDİLİĞİNDEN YANMA OLAYLARI İLE MÜCADELE VE ALINAN ÖNLEMLER

6.1. Kendiliğinden Yanmanın Tanımı ve Etki Eden Faktörler

Kızışma ve kendiliğinden yanmanın temel sebebi kömürün oksitlenmesidir. Bilindiği gibi oksitlenme, ısı veren bir reaksiyondur. Kömür oksitlenirken belirli bir ısı açığa çıkmaktadır. Bu ısı atılamaz ve o bölgenin ısınmasını sağlarsa kömürün tutuşma sıcaklığına erişir (linyitin tutuşma sıcaklığı $135 - 174^{\circ}\text{C}$), ve kömür mevzi olarak yanmaya başlar. Dolayısıyla kömürün oksitlenmesini koku, duman ve açık alev takip eder.

Yapılan araştırmalar, kömürün tutuşma sıcaklığının uçucu madde olarak ayrılan gaz ve sıvı yanıcı madde miktarına bağlı olduğunu ve yanıcı madde miktarı arttıkça tutuşma sıcaklığının düştüğünü göstermiştir (12).

Kömürün kendiliğinden yanmasına etki eden faktörler

A) Kömürün yapısından ileri gelen faktörler

1. Kömürün Cinsi

Kömürleşme süresi içinde turbalardan, antrasit oluşumuna kadar geçen süre içindeki değişmeler, kendiliğinden yanma özelliğini direk olarak etkilemektedir. Bu konu üzerindeki araştırmalar, yüksek oksijen içerikli kömürlerin kolayca oksijen absorbe edebildiğini, bu nedenle de kendiliğinden yanmaya çok yatkın olduklarını ortaya koymuştur. Fazla uçucu madde içeren kömürler daha hızlı oksitlenmektedir. İnkubasyon periyodu, düşük rank kömürlerde 3-6 ay arasında iken, yüksek rank kömürlerde bu süre 9-18 ay arasında değişmektedir.

Düşük kaliteli kömürler kendiliğinden yanmaya çok daha yatkın olmaktadır. Örneğin, antrasitte kendiliğinden yanma olasılığı linyite göre daha az olmaktadır.

2. Tane Büyüklüğü ve Yüzey Alanı

Kömürün oksitlenmesi olayı tamamen yüzey alanına bağlı olarak gelişmektedir. Kömür boyutu küçüldükçe alanı artacağından, hava ile daha fazla bir alan temas etmiş olacaktır. Bu konuda yapılan çalışmalarda büyük parça boyutuna sahip kömürlerde oksitlenmenin yüzeyde kaldığı ve derinlere inmediği sonuçuna varılmıştır.

Göçüklerde oluşan yangınlar, önemli ölçüde tavan ve tabanda alınmayan kömürün ayak arkasında ufalanmasından kaynaklanmaktadır. Bunun için gerek damar gerekse yantaşlardaki çatlak ve yarıklarda bulunan ezilmiş kömürler daha kolay yanabilmektedirler. Kömürde açılan galerilerde, tahkimata bitişik kısımlardaki ufak göçüklerdeki kömür parçalarının da yanabildikleri çoğu zaman gözlenmektedir.

Oksidasyon hızının, dış yüzey alanının küp köküyle orantılı olarak arttığı saptanmıştır.

3. Kömürün Nem İçeriği

Gerek kömürün nem içeriği, gerekse ocak havasının nemliliği ve nem basıncı, kömürün oksitlenme hızı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüksek nem içerikli kömürler genellikle düşük ranklı kömürler olmakta, bu kömürlerin oksijen absorbe edebilme yetenekleri ve kendiliğinden yanmaya yatkınlıkları yüksek olmaktadır. Stoklardaki kömürler dahi yağmurlu havalarda yanabilmektedir.

4. Kömür Damarının Pirit İçeriği

Kömür damarları içerisinde değişik miktarlarda görülen pirit, nemli bir ortamda hava ile temasında kolaylıkla oksitlenebilmekte ve açığa çıkan ısı yanmaya destek olmaktadır. Uzun süreler kömürün kendiliğinden yanmasının temel nedeni olarak kabul edilen pirit, yapılan uzun araştırmalar sonunda kömürün düşük sıcaklıkta oksitlenme karakterinin belirlenmesi ve pirit içermeyen kömürlerin de kendiliğinden yanmaya

yatkın olması gerçeğinin ortaya çıkması sonucunda ikinci bir etken durumunu almıştır.

Kömür damarları içerisinde pirit oksitlendiğinde kömürün şişerek parçalanmasına, böylelikle artan yüzey alanı da oksitlenmenin hızlanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, herhangi bir kömür damarının da pirit varlığı kendiliğinden yanmayı hızlandırıcı bir etken olmaktadır.

5. Kömürün Petrografik Yapısı

Kömürün ana yapısını oluşturan dört temel madde olan Fosit, Vitrit, Klorit ve Dürit miktarları da yanmaya yatkınlık derecesini etkiler. Yapılan araştırmalar Vitrit, Klorit ve Düritin çok daha kolay yandığını ortaya koymuştur.

6. Kömür Damarı ve Çevre Kayaçlarının Isı İletkenliği

Oksitlenme ile üretilen ısının çevreye yayılması ve kömürde depolanmasının önlenmesi kömür ve çevresinin ısı iletkenliğine bağlıdır. Isı iletkenliği düşük olan kömürler, bu nedenle kendiliğinden yanmaya daha yatkındır.

7. Kömürün Fiziksel Özellikleri

Kömürün kırılgenlik, yoğunluk, porozite, gaz geçirgenliği gibi fiziksel özellikleri, kendiliğinden yansına etki eden faktörlerdir.

B) Jeolojik ve Madencilikle İlgili Faktörler

1. Üretim Yöntemi

Yeraltı kömür ocaklarında uygulanacak üretim yöntemi bölge şartlarına uygun olarak geliştirilmelidir. İlerletimli uzun ayaklarda, ayak arkası göçüğü sürekli olarak hava akımı içinde olduğundan, göçük içine fazla miktarda hava kaçmakta ve göçükte kalan kömürü kızıştırarak kendiliğinden yanmaya neden olmaktadır. Dönümlü çalışmada ise ayak arkası ile birlikte taban yolları göçertildiğinden, göçük içine hava kaşması

minimum düzeye indirilmektedir. Dönümlü yöntemde ayak arkasının doldurulması ile kömürün kızışma olasılığı oldukça azaltılmış olmaktadır. Hidrolik veya pnömatik ramble uygulamaları yangınların önlenmesinde en etkin uygulamalardır. Böylece açılan boşluklar büyük oranda doldurulmakta ve kontrollü bir tavan oturması ile çatlaklar en aza indirilmektedir. Ayak arkasında kalan kömürün hava ile teması da kesilmiş olmaktadır.

Oda topuk yöntemi ile çalışan damarlarda ve diğer yöntemlerde bırakılan topuklarda, tavan basıncı ile bu topukların çatlaması kendiliğinden yanmalara neden olabilmektedir.

2. Derinlik

Derinlik arttıkça arazi basınçları fazlalaşır. Kömür topukları ve kazı arınının bu basınç altında çatlayarak açılan boşlukların havanın, dolayısıyla oksijenin girmesi sonucu yangın için elverişli bir ortam meydana gelmiştir. Ayrıca jeotermik gredyene göre derinlik arttıkça kayaç sıcaklığı da fazlalaşır. Bu ise yangınları arttırıcı yönde etkilemektedir.

3. Tektonizma

Damar içinde düşük kaliteli kömür bantlarının bulunması üretim yapılan damarların yakınında ince bir damarın varlığı kendiliğinden yanmayı kolaylaştırmaktadır. Çevrede fayların çokluğu, damarın tektonizma sonucu ezilmiş olması da hava kaçaklarını ve yanma olasılığını arttırmaktadır.

4. Damar Kalınlığı

Damar kalınlığı arttıkça yanma olanağı o kadar artar. Bunun nedeni kömürün yantaşa oranla ısı iletiminin daha az olmasıdır. Yangına elverişli kısımlar önce üretilmeli, daha iyi tavan şartları yaratmak amacıyla tavanda kömür bırakılmamalıdır.

5. Kazı Hızı

Otooksidasyon olayında sıcaklık artışı zamanın bir fonksiyonudur. Kazı hızı ne kadar fazla olursa kömürün hava ile temas süresi o kadar azalır. Kazı hızı çalışılan damarın özelliğine göre, kömürün tutuşmadan alınmasını sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır.

6. Havalandırma

Bir ocak kesiminde yüksek basınç farkları, kırılmış topuklara, damar kısımları içine ve göçük sahasına fazla oranda hava kaçacağına yol açacaktır.

Hava miktarının arttırılması amacıyla, ocak vantilatörünün değiştirilmesi ya da kollara vantilatör eklenmesi gibi değişikliklerin yapıldığı yerlerde kendiliğinden yanma olaylarının arttığı gözlenmiştir.

Yollarda kapı ve regülatörlerin neden olduğu yüksek basınç farkları, havanın çevre tabakaları kaçak yapmasına ve dolayısıyla kızışmalara yol açabilmektedir. Bu yüzden ocaklarda kapı ve benzeri yapılardan olanaklar ölçüsünde kaçınılması ve kesit daralmalarına neden olunmaması gerekmektedir (5).

6.2. Ömerler Ocağında Kendiliğinden Yanma Olayları

Tunçbilek bölgesi yeraltı işletmesinde 1961 yılında, 1 nolu panoda tavan ayakta yangın çıkmış ve hiç bir malzeme kurtarılamamıştır ve ayak kapatılmıştır. Daha sonraki yıllarda böyle bir olayla karşılaşılmamıştır.

Ömerler ocağı 4C-D panosu ihzaratlarının bitirilmesi sırasında 27 Eylül 1984 tarihinde 105 nolu galeride önce duman görülmüş, daha sonra da açık aleve dönüşmüştür. Gerekli güvenlik önlemleri çerçevesinde galerinin iki tarafına barajlar yapılarak yangın kontrol altına alınmıştır. Bu olay üzerine gerekli etüd ve araştırmalara başlanmış, öncelikle panonun kükürt oranının yüksek olduğu tesbit edilmiştir.

Ocakta 11 Eylül 1985 tarihinde 401 nolu ayakta üretime başlanmış ve 10 ar gün arayla, sırasıyla 403, 405 ve 407 nolu 4 ayak faal duruma getirilmiştir.

Panoda normal üretim çalışmaları sürdürülürken 30 Ekim 1985 saat 02.00 sularında hava çıkış yolunda 50 ppm değerinde CO gazı tesbit edilmiştir. Bu gazın giderek artması üzerine saat 05.00 de üretim çalışmaları durdurularak ocak boşaltılmıştır. Gerekli ölçümler sonucu oksidasyon olayının 401 nolu ayağın kuyruk yolu kısmının ayak arkasında olduğu tesbit edilmiştir.

Gazın bütün ocağa yayılmasını önlemek için havalandırma üfleyici sistemden emici sisteme dönüştürülmüştür.

Ölçümler sürdürüldüğünde 401 nolu ayağın kuyruk yolunda (dolayısıyla hava çıkış yolu) CO gazının 100 ppm değerini aştığı gözlenmiştir.

Ayakta kızışma seyri hızla yükselmiş ve duman görülmüştür. Duman fazlalaştığında CH_4 gazı tesbit edilmiştir. Bu gazın ayağın kuyruğunda % 1,5 hava çıkış yolunda %0,3 oranında çıkmasıyla (Tablo 3) 2.11.1985 tarihinde ayakların kapatılmasına karar verilmiştir.

Ayak içi tahkimat ve nakliye ünitelerinin hızla sökülüp alınmasını müteakip baraj yapım çalışmaları sürdürülmüş ve 5.11.1985 tarihinde 401-403, 403-405, 405-407, 407-409 sabitler kapatılmıştır. 401 nolu ayağın kuyruk yolu pozisyonu itibariyle tamamen su ile doldurulmuş, gerekli güvenlik sağlandıktan sonra 12.11.1985 günü baraj bitirilmiştir.

Daha sonra baraj önleri kontrol edildiğinde hepsinin normal olduğu görülmüştür. Olayda can ve mal kaybı olmamıştır.

Kapatılan ayakların yeniden üretime geçebilmesi için revize proje hazırlanarak ilgili mercilerden olumlu cevap alınmamıştır. Buna göre barajların 30 m önünden yeniden ayaklar sürülecek ve ayaklar arasında 20 şer m topuk bırakılacaktır. Üretim sırasında ayaklardan herhangi

birinde kendiliğinden yanma söz konusu olduğunda sadece o ayak kapatılacak, bundan diğer ayaklar zarar görmeyecektir.

Öneriler projesi için alınan işçilerin atıl durumunda kalmaması ve 1986 yılı üretim programında fazla açık verilmemesi amacıyla gerekli hazırlıklar hızla sürdürülerek 21.2.1986 tarihinde yeniden üretime başlanmıştır.

Üretim çalışmaları sürdürülürken 10.4.1986 günü saat 11.00 sularında 407 nolu ayagın kuyruğunda 40 ppm değerinde CO gazı tesbit edilmiştir. CO gazı 11.4.1986 günü 60 ppm, 12.4.1986 günü 70 ppm, değerine çıkınca ayak techizatı sökülüş, 14.4.1986 günü saat 9.00 da ayak iki taraftan barajlanarak kapatılmıştır.

13.4.1986 günü 401 nolu ayagın kuyruğunda da 50 ppm değerinde CO gazı tesbit edilmiştir. 14.4. günü bu gazın artması üzerine ayagın kapatılmasına karar verilmiş ve 15.4.1986 günü saat 21.00 de barajların yapımı karşılıklı olarak tamamlanmıştır.

24.4.1986 tarihinde 405 nolu ayagın kuyruğunda 20 ppm değerinde CO gazı tesbit edilmiş, 5.5.1986 tarihine kadar CO, 10-40 ppm değerleri arasında seyretmiş, daha sonra kaybolmuştur.

401 ve 407 nolu ayakların barajlarınının 30 m önünden tekrar ayak içi ihzaratları sürülerek 10.6.1986 tarihinde üretime başlanmıştır. 22.7.986 günü 407 nolu ayagın kuyruğunda 15 ppm değerinde CO gazı tesbit edilmiş, bu gaz 30.8.1986 tarihine kadar 10-60 ppm değerleri arasında değişmiş ve azalarak kaybolmuştur(15).

Daha sonraki ölçümlerde 8 CO gazı 8 ppm değerini geçmemiştir.

TABLO 6.1. 401 nolu Ayakta Meydana Gelen Yangında Gaz Ölçümleri

Tarih	Numunenin Alındığı Yer	CO (Milyonda)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	Düşünceler
30.10.1985	Hava çıkış yolu	50	-	-	-	Üretim durduruldu
	Ayak kuyruğu	100	-	-	-	Hava yönü değişti
31.10.1985	Hava çıkış yolu	100	-	-	-	Olayın seyri
	Ayak kuyruğu	300	-	-	-	izlendi
1.11.1985	Hava çıkış yolu	400	0,1	0,5	-	Olayın değerlendirildi
	Ayak kuyruğu	2000	1	2	-	mesi sürdürüldü
2.11.1985	Hava çıkış yolu	800	0,3	1	18,2	Panonun kapatılma
	Ayak kuyruğu	3000	1,5	5	13,5	na karar verildi
3.11.1985	Hava çıkış yolu	1000	0,2	1	17,5	Ayak teçhizatı
	Ayak kuyruğu	4000	1	6	13,4	hızla alındı
4.11.1985	Hava çıkış yolu	2100	1,2	2	16,4	Barajların yapımı devam edildi
5.11.1985	Hava çıkış yolu	1700	1	1,5	17,0	Sabit yolların barajları tamamlandı
6.11.1985	Hava çıkış yolu	400	1,5	2	2	Ayak kuyruğu su ile dolduruldu.

6.3. Kömürün Kendiliğinden Yanma Riski

6.3.1. Kendiliğinden yanma risk indeksleri

Kendiliğinden yanma her kömür ocağında eşit yaygınlıkta görülen bir olay değildir.

Kömürün kendi kendine yanmasına etki eden bir çok faktör vardır. Stok yerlerinde, nakliyatta ve madencilik çalışmaları sırasında kendiliğinden yanmayı önlemek, yüksek riskli damarlarda uygun önlemleri almak ve risk indekslerine göre kömür damarlarını sınıflandırmak, sorun ile sistematik olarak mücadele etmek için gerekli olmaktadır.

Kömür damarlarının kendiliğinden yanma risk indeksi çeşitli metodlarla tesbit edilmiştir. Bunlar;

- Kuluçka peryodu metodu
- Olpinski metodu
- Feng, Chakarvarty and Cochrane tekniği
- Adiyabatik oksidasyon metodu
- Düzeltilmiş Systron and Urbanski metodu

1. Kuluçka peryodu metodu

Kendiliğinden yanma risk indeksine göre kömür damarlarını en pratik sınıflandırma metodu "Kuluçka peryodu" dur. Kuluçka peryodu, bir panoda kömür kazmaya başlandıktan sonra ilk ısınma belirtilerinin fark edildiği zaman kadar geçen süredir. Düşük kaliteli kömürler için kuluçka peryodu 3-6 ay, yüksek kaliteli kömürler için 9-18 ay arasındadır.

Tablo 6.2. risk indisleri ile kuluçka peryodu arasındaki bağlantı verilmektedir.

TABLO 6.2. Pratik Kendiliğinden yanma Risk İndeksi

Kuluçka Peryodu (Ay)	Risk İndeksi	Damar Sınıflandırması
0 - 3	>40	Çok yüksek riskli
3 - 9	20 - 40	Yüksek risk
9 -18	10 - 20	Orta risk
>18	1 - 10	Düşük risk

2. Olpinski İndeksi

Olpinski kömürün kendiliğinden yanması ile ilgili tabii ve tabii olmayan faktörleri ele alarak kendiliğinden yanma risk indeksi için bir formül geliştirdi.

$$P_s = S_{xb} + (S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7)$$

P_s = Sistemdeki muhtemel yangın riski

S_{xb} = Kömürün kendiliğinden ısınma hassasiyeti (kömürün tabii karakterine bağlı)

S_1 = Göçükte terkedilen kömür

S_2 = Çalışma metodu

S_3 = Havalandırma metodu

S_4 = Hava kaçakları (göçükte)

S_5 = Kömür damarının nemi

S_6 = Damarın derinliği

S_7 = Havalandırma yoğunluğu

TABLO 6.3. Kendiliğinden Yanma ile İlgili Kritik Faktörler

Kömürün Özelliği	Madencilik Çevresi	
	Jeolojik Özellikler	Madencilik Çalışmaları
1. Düşük kalite	Kömür damarındaki faylar	Göçükte terkedilen yüksek kayıplar
2. Yüksek nem	Kırılğan ve bozulmuş tabakalar	Tabaka hareketlerinden dolayı aşırı kırılma (Basınç rahatlatma zonu)
3. Yüksek pirit	Ara kesmeli kalın damarlar	Yeryüzüne yakın damarlar-da göçertme
4. Yüksek kırılğanlık	Derinde olmayan damarlar	Kalın damarların göçertmeli çalışması-Damarların kısmi çalışması
5.	Birbirine yakın bir çok damar	Havalandırmada dengesizlik, engeller,yüksek basınç farkları
Tabii	Kontrol edilemez	Harici-Kontrol edilebilir

Yukarıdaki faktörlerin değişik değerlerini bularak ki, pratik tecrübelerle dayanır, kömürün kendiliğinden yanma riski tahmin edilebilir. Eğer $P_s < 120$ ise kömürün emniyetli olduğu kabul edilebilir. Eğer $P_s < 120$ ise kömürün emniyetli olduğu kabul edilir. $P_s > 120$ ise kendiliğinden yanma riski ortaya çıkar.

3. Feng, Charavarty and Cochrane Metodu

Feng, Chakarvarty ve Cochrane (1973) tarafından tabii faktörlere dayanan yanabilirlik indeksi, havalandırma basınç farkı, çatlaklar ve kömür kayıplarına çevre indeksi kullanılarak risk indeks formülü kullanılmıştır.

$$\text{Yanabilirlik indeksi} = \frac{110-220^{\circ} \text{ arasında ortalama ısınma oranı}}{\text{Relatif tutuşma sıcaklığı}} \times 1000$$

Risk indeksi, yanabilirlik indeksinin ve çevre indeksinin bir ürünü olarak hesap edilir.

TABLO 6.4. Yanabilirlik ve Çevre İndeksleri Oranları

		Kendiliğinden Yanabilme			İndex	
Yanabilirlik İndeksi		Alçak			0-5	
		Orta			5-10	
		Yüksek			10	
Çevre İndeksi	A	Grup	Kömür	Tabaka	Havalandırma	İndex
			Kayıpları	Kırılmaları	basınç farkı	
	B	Normal	Yüksek	Tabii	Normal	1
			Yüksek	Yüksek	Normal	2
	C	Normal	Normal	Tabii	Yüksek	3
			Yüksek	Yüksek	Yüksek	
	D	Yüksek	Yüksek	Tabii	Yüksek	4
			Yüksek	Yüksek	Normal	
			Yüksek	Yüksek	Yüksek	
	Risk indeksi = Yanabilirlik indeksi X Çevre indeksi					
Risk İndeksi	Derece					
	(Kendiliğinden yanmaya karşı hassasiyet)					
0-10	Alçak					
10-20	Orta					
20-40	Yüksek					

4. Adyabatik Oksitlenme Tekniğine Dayalı Yöntem

Güney ve Hodges tarafından geliştirilen laboratuvar tekniğinde kömür örnekleri, ocak ortamını karakterize eden adyabatik demene aygıtında zaman-sıcaklık ilişkileri saptanmak üzere incelenmektedir. Bu teknikle kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlığı belirlenmektedir.

5. Diğer Laboratuvar Yöntemleri

Statik izotermal yöntemde sızdırmaz bir kab içine konan kömür örneği, sabit sıcaklıkta (25°C) bir su banyosu içine yerleştirilmekte ve 14 gün kadar sonra gaz ürünleri ölçülmektedir.

Dinamik yöntemlerde ya sabit sıcaklıktaki ya da denetim altında ısıtılan kömür örnekleri üzerinden 15-50 mil/dak hızla hava geçirilerek gaz ürünleri incelenmektedir.

Kimyasal yöntemlerde kömür örnekleri, oksitleyici maddelerle hazırlanmış çeşitli çözeltilerle işleme sokulmaktadır.

6. Düzeltilmiş Bystron and Urbanski Metodu

Düzeltilmiş Bystron ve Urbanski (1975) metodu, uzun ayak madencilik çalışmalarını için geliştirilmiş ve kendiliğinden yanma riskine göre 5 kategori oluşturulmuştur (Tablo 6.5). Bu sınıflandırmada kömürün yapısı, üretim ve havalandırma yöntemleri gözönüne alınmaktadır.

TABLO 6.5. Risk Kategorileri

<u>Toplam Risk Değeri</u>	<u>Risk Kategorisi</u>
0 veya daha az	Riskli değil
1-10	Düşük riskli
11-25	Orta riskli
25-40	Yüksek riskli
40	Çok yüksek riskli

Faktör No.	Faktör Sınıflaması	Faktör Değeri	Ocak Layeri
1	KÖRÜK GRUBU Grup 1-Düşük hassasiyet (Antrasit ve ya. antrasit) Isınma değeri < 0.4° C/h Grup 2-Orta hassasiyet (Kok ve kuru steam kömürü) Isınma değeri 0.4-0.8° C/h Grup 3-Yüksek hassasiyet (Taşkömürü, Litümlü kömür) Isınma değeri 0.8-1.5° C/h Grup 4-Yüksek hassasiyet (Linyit, az Litümlü kömür) Isınma değeri > 1.5° C/h	+ 1 + 2 + 4 + 8	+ 8
2	KÖMÜRÜN DERESESİ İnce Tavanda terk edilen ince kömür Tavanda terk edilen kalın kömür	0 + 2 + 5	+ 5
3	KİLİ MİKTARI (%) < 20 21-30 > 30	0 - 1 - 2	- 1
4	Arka Oturma Sistemi Üçörtmeli (iyi kapanan tavan) Üçörtmesiz (çöçmeyen tavan)	0 + 4	0
5	Madencilik Metodu Klasik elle dolgulu İlerletimli ve hidrolik rümlü (Zayıf tavan için + 3 ilave et) Geri dönüşümlü uzun ayak Geri dönüşümlü uzun ayak (Kaçak yolları çöçen)	+ 8 + 4 + 1 + 8	+ 1
6	Damarın alınması Damarın kısmının alınması 0.2-0.5 m tavan kömürü bırakılmış > 0.5 m tavan kömürü bırakılmış	0 + 5 + 8	+ 8
7	Damar Kalınlığı < 1.5 m 1.5-3.0 m > 3.0 m Bilimli kalın damar metodu	- 1 + 2 + 3 + 8	+ 3
8	Havalandırma Sistemi Klasik Hava ünlü yolunda (tali yolda) vantüp ve metan kontrol borusu	0 + 4	0
9	Günlük İlerleme < 1.0 m 1.5-2.5 m > 2.5 m	+ 5 + 2 0	+ 5
10	Monitor ölçme yok belirli aralıklarla ölçme Sürekli ölçme	+ 5 - 2 - 7	- 2
	T o p l a m		+ 27

Tablo 6.6. Uzun ayak yöntemi için, düzeltilmiş kendiliğinden Yanma riski sınıflamasında Ömerler ocağı değerleri

Ömerler yeraltı işletmesinde Bystron ve Urbanskiye göre kendiliğinden yanma riski sınıflamasında risk indeksi 27 olarak tesbit edilmiştir (Tablo 6.6) Bu da Ömerler ocağı kömürünün yüksek riskli kömür grubuna girdiğini göstermektedir (6,15).

6.4. Kömürün Kendiliğinden Yanmasının Belirlenmesi

Kömürün oksijen absorpsiyonundan açık alevli yangına geçene dek gözlenebilecek belirtiler şunlardır:

1. Kömür ve çevre kayalarda terleme

Kömür oksitlenmesi ile birlikte açığa çıkan su buharı, ocak havasının nem doygunluğu nedeniyle yoğunlaşarak kömür ve diğer kayalar üzerinde su kabarcıkları oluşturabilir.

2. Pus

Yangınlı bölgeden gelen nemli hava, daha serin olan havalandırma havasına karıştığında gözle görülür bir pusluluk yaratır.

3. Petrolümsü koku

Ocak havasının kokusu yanma ürünleri nedeniyle değişme göstermektedir.

4. Ocakta sıcak yüzeylerin oluşması

Yanma galeri yüzeyinin ve burayı yalayıp geçen havalandırma havasının ısınmasına neden olmaktadır.

5. Duman

Yanma sonucu görülebilir bir duman oluşmaktadır.

6. CO konsantrasyonundaki artış

Kendiliğinden yanma olaylarının en belirgin habercisi ocak havasındaki CO konsantrasyonunun artmasıdır.

Yukarıda sayılan pek çok belirtilerin gösterilmesine rağmen kendiliğinden yanma olaylarının belirlenmesinde temel kriter olarak CO konsantrasyonundaki artış alınmaktadır. Çünkü oksidasyon sırasında açığa çıkan gazlar arasında, CO yanmaya en etken işaret eden gazdır. Bu nedenle ocak havasının CO oranı belirli aralıklarla veya sürekli olarak ölçülür.

6.5. Kendiliğinden Yanmaya Karşı Yapılan Mücadele Yöntemleri

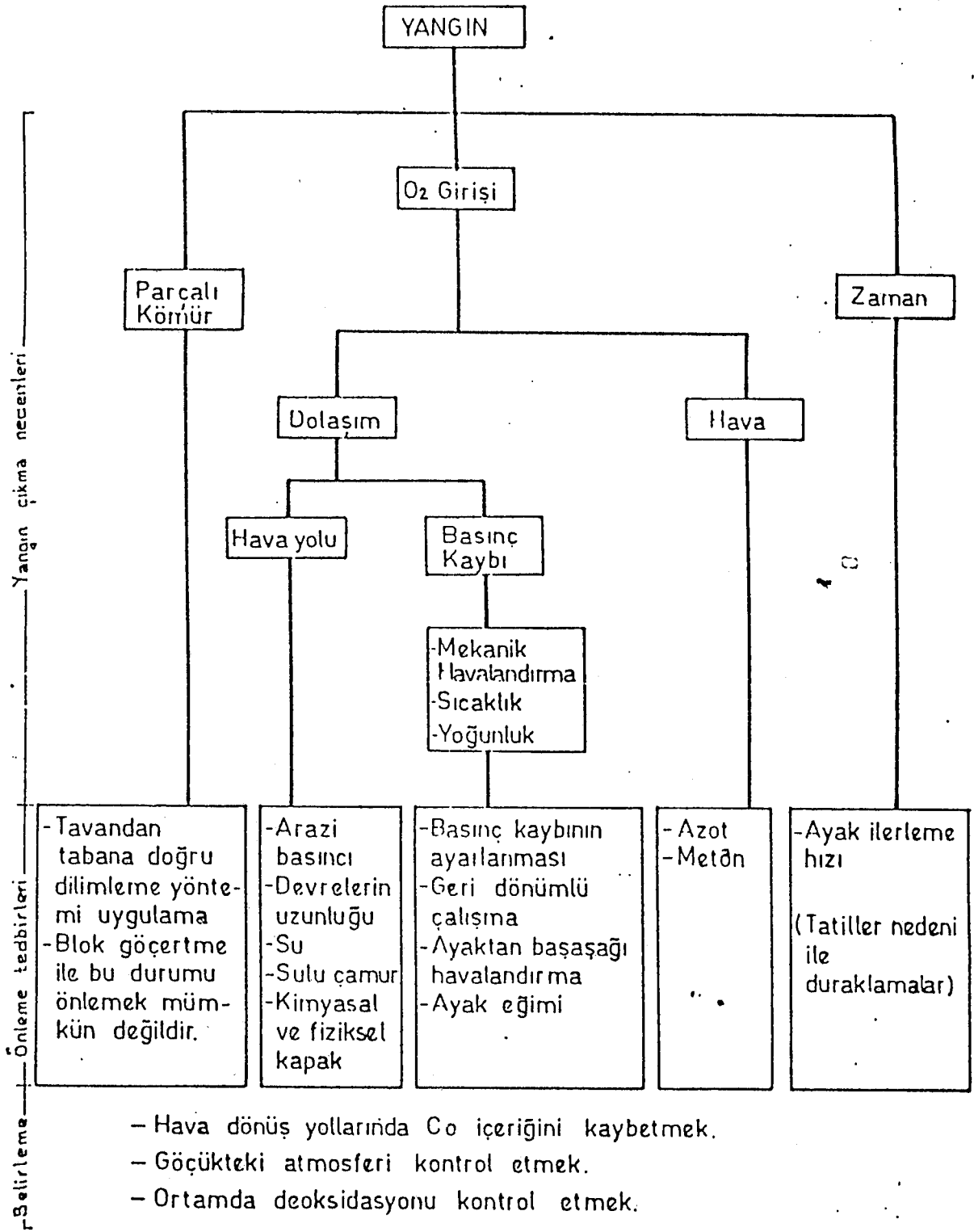
Daha önce yangınlar veya nedenlerini belirten bir diyagram yardımı ile göçük alanındaki yangınların sebeplerini analiz etmek en doğru yoldur (Şekil 6.1).

Ayak ilerleme hızının arttırılması sistemin teknik olanaklarıyla sınırlanmaktadır. Anı ısınmadan kaçmak için ayak ilerleme hızının arttırılması zordur. Tatiller nedeniyle ayak ilerlemesinin durması veya durdurulan operasyonlar riskleri arttırmaktadır. Ayak arkasındaki alanda hava dolaşımını önlemek için direnci arttırmak gereklidir. Herhangi bir durumda kontrolümüz altında olmayan yeraltı basınçları ikinci bir rol oynar. Geri dönüşlü sistemi uygulayarak göçük alana kaçan dolaşımı yaymak mümkün olabilir. Ayak arkasındaki mevcut boşlukları doldurmak mümkün değildir. Ancak buralar su ve çamurla doldurulabilir.

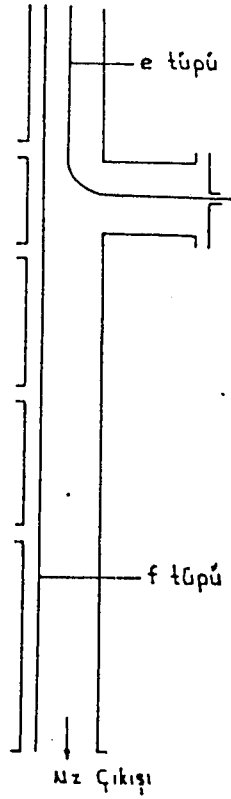
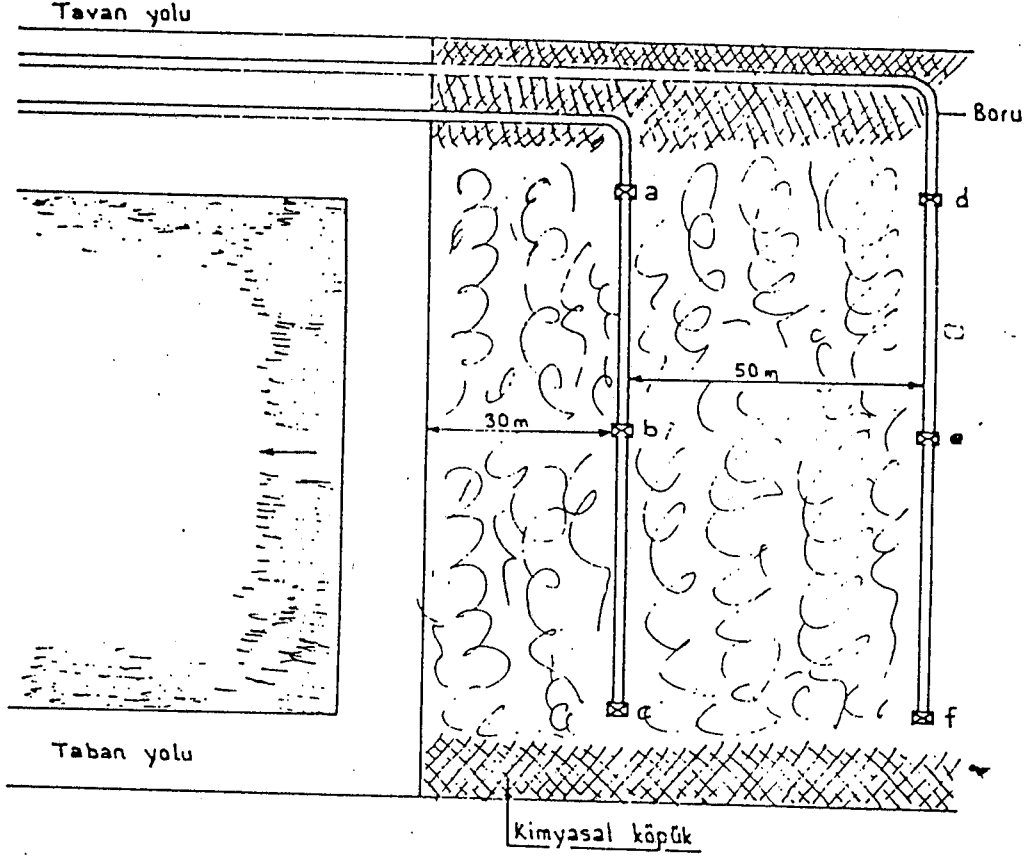
Ayak arkasındaki göçükte hava dolaşımına neden olan basınç dağılımı geri dönüşlü çalışmakla azaltılır. Eğer metan veya sıcak gazlar göçükte mevcut ise, ayakta başaşağı havalandırmanın göçük alanının havalanmasında bir azalmaya yol açacağı bellidir(7).

Yangınlarda esas olarak alınacak dört çeşit önlem vardır.

1. Atmosferin kontrolü
2. Kimyevi köpük kullanımı
3. Sistematik olarak azot enjeksiyonu
4. Yangın barajları



Şekil 6.1. Göçertmeli uzun ayaklarda göçük yangınlarının nedneleri ve önlenmesi



Şekil 6.2. Ayak arkası numune alma ve göçük yangınlarının önlenmesi

1. Ayak arkalarında atmosferin kontrolü

Ayak arkalarında gaz numunelerini almak için Fransa, Houlleres'de Blanzzy'de 1972 yılından itibaren Şekil 6.2'de belirtildiği gibi bir uygulama yapılmıştır.

Bir ucu ayak motor başından çıkan, göçüğe uzatılmış 80 mm çapındaki metalik boru içine yerleştirilmiş plastik tüpler tarafından yapılmaktadır. Kontrol her gün yapılmaktadır. O_2 , CO, CO_2 ve CH_4 gazlarının kontrolü zaman fonksiyonuna göre yapılır. Ayak arkasının ısındığını gösterir işaretler, anormal derecede O_2 nin CO_2 in yükselmesidir.

Yapılan ölçmelerden edinilen tecrübeye göre anormal kabul edilebilecek durumlar, ayağın 30 m gerisinde $O_2 = \% 10$ un altında olması, 50 m gerisinde ise $O_2 = \% 5$ in altında olmalıdır. O_2 nin yükselmesi halinde aynı borudan azot enjeksiyonu ve kimyasal köpük kullanarak O_2 nin havadaki $\%$ oranı düşürülmektedir.

Ayak arkasında 100 m den daha fazla bir mesafede yangın riskinin olmadığı tecrübelerden anlaşılmıştır. Şekil 6.2'de boru içine konulan plastik tüpler (a, b, c, d, e, f) örnek alma tüpleridir.

2. Kimyasal köpük

Maliyeti oldukça yüksektir ve teknik sebeplerden dolayı büyük bir sahayı kapatmak için kullanılmaz (Çabuk donması nedeniyle enjeksiyon ancak birkaç metreden yapılabilir). Fakat Rocapex E IOR adlı köpük su ile belirli oranda ($\% 95$ su + $\% 5$ Rocapex) karıştırıldığında göçük materyal arasında rahatça yayıldığı ve birkaç yüz metre taşınabilen köpük olduğu gözlenmiştir.

3. Azot enjeksiyonu

Ayak arkasının ısınmasına karşı azot enjeksiyonu sistematik bir halle gelmiştir. Azot enjeksiyonu bir yangının meydana geldiği Fransa'nın

Rozelay madeninin bir göçük alanında 1976 yılında başladı. Enjeksiyon sonucu yangının kontrol altına alınması sağlanarak tüm ayak donanımı tekrar kazanılmıştır. Bu ilk denemede sıvı azot tanklarla yeryüzünde maden sahasına getirildi. 70 mm çapındaki borular vasıtasıyla yeryüzünden ayak arkasına nakledildi. Denemelerden sonra çevredeki diğer madenlerde de azot enjeksiyonu uygulanmıştır. 50.000 lt kapasiteli sıvı nitrojen tankları yeryüzüne tesbit edilmiştir.

Azot enjeksiyonu 50 m de bir ayrı noktalardan yapılırsa olumlu sonuç vermektedir. Ortalama enjeksiyon miktarı $100-150 \text{ m}^3/\text{h}$ dır. Özel durumlarda $0-600 \text{ m}^3/\text{h}$ arasında değişir. Debinin belirlenmesi gaz analizlerinin sonuçlarına göre değişmektedir.

Azot enjeksiyonunun amacı, havadaki O_2 oranını düşürmek olduğu için, oksidasyon yoksa azot enjeksiyonunu durdurmak mümkündür. Enjeksiyon sonucu azotun nereye gittiği ve akış miktarının ne olduğu sorularına cevap aranmıştır. Bu sorulara cevap, hava içindeki O_2 içeriğinin değerlendirilmesine dayandırılmıştır.

Tecrübeler azotun geniş bir alana herhangi bir güçlük olmaksızın yayıldığı gözlenmiştir.

4. Yangın barajları

Ocaklarda, alınan önlemlerle yangının ya da kızıışmanın önlenememesi, panolarda üretimin tamamlanması durumlarında o saha, hava giriş ve çıkış yollarından hızlı bir şekilde barajlanarak kapatılır.

Yangın barajlarında yer seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, barajın sağlam bir formasyon içine kurulması gereğidir. Baraj çevresinden hava kaçağını önlemek amacıyla çevredeki kırık ve çatlaklara sıva malzemesi enjekte etmek yararlı olmaktadır.

a) Bekleme barajları

Kendiliğinden yanmaya eğimli ocaklarda bekleme barajlarının yapılması gerekmektedir. Barajın yapılacağı yerde galerinin çevresi uygun şekilde düzenlenerek kısmi duvar ile örülür. Gerekli malzeme hazır bekletilir. Herhangi bir yangın anında hava giriş ve dönüş yollarının kısa zamanda kapatılması sağlanır.

b) Beton ve tuğla barajlar

Yangın barajları dayanıklı olması ve sızdırmazlığı sağlaması için genellikle beton ya da tuğladan yapılır.

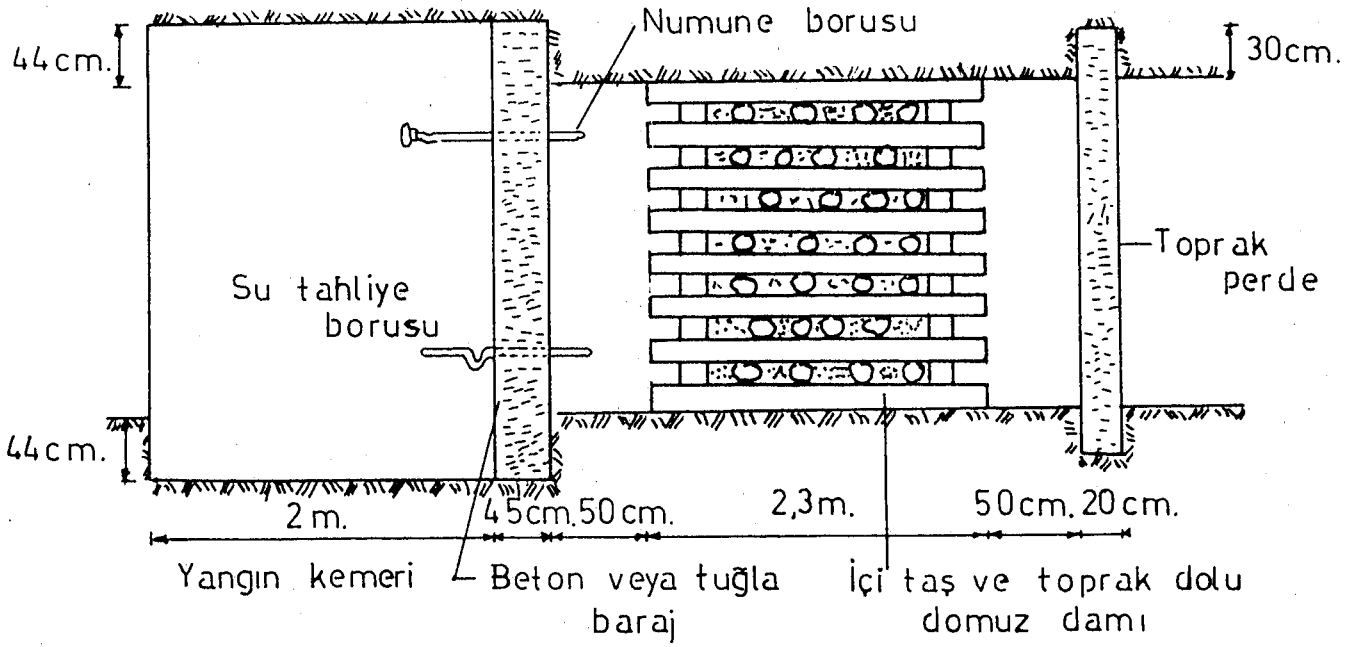
Beton baraj, karışım (Çimento ve kum) genellikle baraj yerinde hazırlanarak kalıp tahtalarından yapılmış boşluğa doldurularak yapılır. Tuğla barajlar, istenilen kalınlığa göre düzgün bir şekilde örülerek yapılır.

Barajların şekli, kalınlığı ve kullanılan malzeme çeşidi işletmelere ve ocak koşullarına göre değişmektedir.

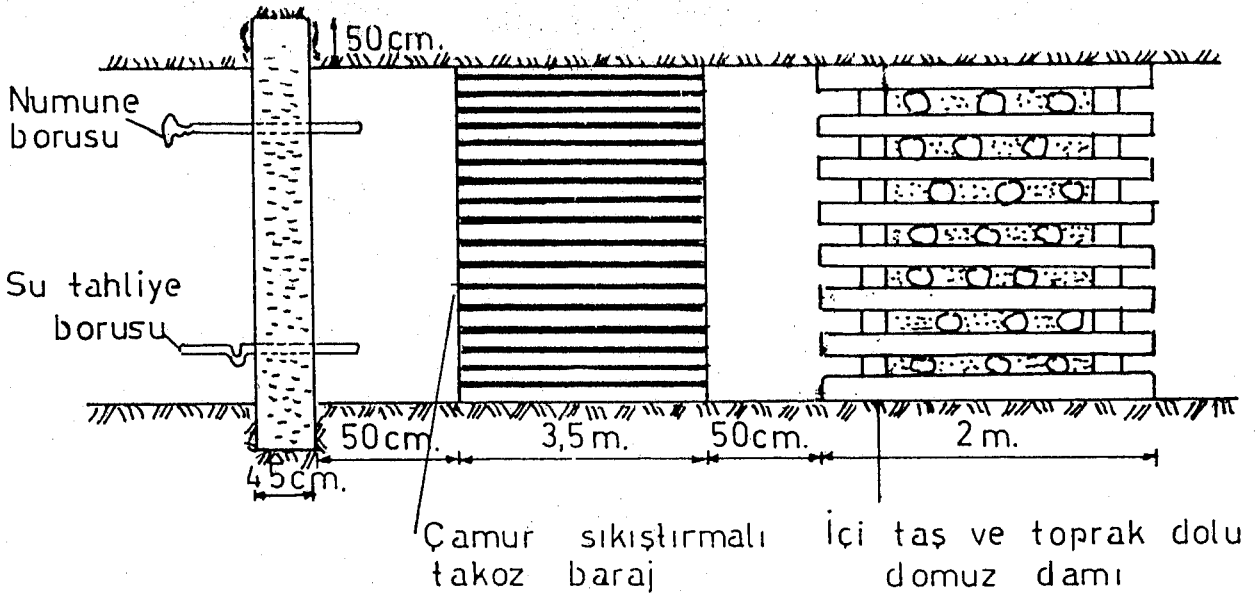
Tunçbilek bölgesinde bir ayakta ya da burada yangın çıkması durumunda, yangınlı saha hızlı bir şekilde çamur perdelerle kapatılarak hava ile olan ilişkisi kesilmektedir. Daha sonra önüne bir ya da iki domuz damı kurularak içi toprak ve taşla doldurulmakta, onun önüne de beton veya tuğla baraj yapılmaktadır (Şekil 6.3).

Sızdırmazlığın önlenememesi durumunda barajların önüne 1 veya 2 m uzunluğunda yangın kemeri yapılır. Uzun ömürlü taş bacaların kömür kestiği kısımlarda da yangın kemeri yapılarak kömürün hava ile irtibatı kesilir.

Topuk sınırına gelen panoların kapatılmasında ise önce dam, önüne ahşap takoz baraj, onun üstüne de beton veya tuğla baraj yapılmaktadır (Şekil 6.4).



Şekil 6.3. Yangınlı sahanın kapatılmasında yapılan baraj



Şekil 6.4. Topuk sınırına gelen panoların kapatılmasında yapılan baraj

Taban genişliği 3.40 m, yüksekliği 2.70 m olan galerilerde 0.45 m kalınlığında bir beton baraj için 6 m^3 kum, 36 torba çimento (1800 kg) 173 kg 12 mm lik çubuk demir, 1 m^3 kalıp tahtası, 25 kg su tahliye numune borusu ve 36 yevmiye işçilik gerekmektedir. Tuğla barajlar ise, 1.6 m^3 kum, 10 torba (500 kg) çimento, 3600 adet tuğla, 25 kg su tahliye numune borusu ve 35 yevmiye işçilikle yapılmaktadır (9).

6.6. G.L.I. Maden Ocaklarında Yangınların Önlenmesi Hakkında Talimatı

1. Yangına müsait damarların işlenmesinde, istihsal sahaları mümkün olduğu kadar panolara bölünür ve her pano müstakil olarak havalandırılır.

2. Kömür damarı yangına müsait olan ocaklarda uzun müddet açık tutulması gereken ana anakliyat ve ana nefeslik yolları damarı kesmeyecek şekilde sürülür. Sürülen lağımın kömür damarını kesmesi halinde lüzum görülen yerlerde, kesilen kısım beton, betonarme, taş kemerle veya kil veyahut herhangi bir gömlekleme malzemesi ile kapatılır. Kemer yapma veya gömlekleme işleri damarın hava ile irtibatını tamamıyla önleyecek şekilde, kesilen kısmın her iki tarafında birkaç metre daha uzatılır.

3. Bekleme barajları veya kapatma barajlarının yerleri ayrıldığı noktadan başlangıç noktasınan asgari 10 m içeride ve tabakanın sağlam, çatlaksız olduğu bir yerde seçilir. Bu mümkün olmadığı hallerde baraj önü gömleklendir.

4. Baraj inşa etmek üzere seçilen yerin kavlakları düşürülüp, tamamıyla çatlaksız ve sağlam kısım bulununcaya kadar tavan, taban ve yanlara girilir.

5. Gerek bekleme ve gerekse kapatma barajları inşa edilirken, panonun hava girişine (alt kotuna) yapılan barajın tabanına yakın munasip yerine, çapı panonun su durumuna göre seçilen düz bir su borusu panonun hava çıkışına (üst kotuna) yapılan barajın da yine tabanına yakın bir

yerinde bir su borusu ile tavanına yakın bir yerine de gaz muayene borusu konulması şarttır.

6. Barajlara konulan su borularının çapı 75 mm den gaz muayene borularının çapı ise 45 mm den küçük olamaz. Boruların baraj dışında kalan uçlarının ekleme tertibatlı olması ve su borularının önüne aynı çapta iki ucu ekleme tertibatlı birer deve boynu takılması şarttır.

7. Su borularının önüne takılan deve boyunlarının boyun yüksekliği 50 cm den daha az olamaz.

8. Bekleme barajlarının vakit kaybetmeden kapatılabilmesi için, baraj kapısı, tahta, kil, kum, çakıl, su gibi kapatmada kullanılacak malzemelerin lüzumlu görülenlerinden yeteri kadarı baraj yerinde hazır bulundurulur.

9. Bekleme barajlarının kapatılması gerektiği hallerde hava giriş ve çıkış yollarındaki bekleme geciktirilmeden kapatılır. Bunun için hava çıkış tarafındaki barajı kapatmakla görevliler, barajın kapandığını anlar anlamaz vakit kaybetmeden hava çıkış tarafındaki barajı da kapatırlar.

10. Bekleme barajlarının kapatılırken, baraj önünde tali bir havalandırma mevcut değilse bilhassa hava çıkışındaki barajın kapatılmasında çalışan kapatma ekipleri maske takmak suretiyle çalıştırılır.

11. Gerek bekleme ve gerekse kapatma barajları kapatıldıklarında su borularından su akmadığı zamanlarda hava girmesinin önlenmesi için deve boynu su ile dolu bulundurulur. Gaz muayene borusunun ağzı, hava geçmeyecek ve lüzumu halinde muayene için açılacak şekilde kör tapa ile kapatılır.

12. Kille veya diğer malzemelerle sağlam olarak kapatılan barajlar lüzumu görüldüğü şekilde takviye edilir.

13. Yangın çıkması sebebiyle kapatılmış olan barajların takviyesine kapatma zamanından 48 saat geçtikten sonra başlanır. 48 saat bekleme zamanında bu barajlar görevlendirilen nöbetçiler tarafından her vardiyada bir defa kontrol edilir ve sıvanır.

14. Yeraltı işletmesinde bütün barajlara numara verilir.

15. Yangınlı bir panonun kapatılması veya kapalı bir panonun barajlarının tekrar açılması halinde, hava çıkış yolları üzerinde kimse bulundurulmaz ve bu yollara irtibatlanan yerlere duracakları yer ve yapacakları işler öğretilmiş nöbetçiler bırakmak suretiyle gerekli emniyet tedbirleri alınır.

16. Barajların önündeki yollar, kontrol ekiplerinin emniyetle girip çıkabilecekleri şekilde tahkimatlı olarak açık tutulur.

17. Barajların önündeki kör yollara kontrol ekiplerinden başka işçilerin girmesine mani olmak üzere yol ağızları parmaklık ve benzeri şekillerde kapatılır ve üzerlerine "Girmek Yasaktır" levhaları asılır.

18. Yangın sebebiyle kapatılan panolardaki yangının kısa zamanda söndürülüp, panonun tekrar açılabilmesi istenirse, yangınlı panonun alt kotundaki baraj önüne doldurularak suyun tazyikini emniyetle karşılayabilecek mukavemette su barajı yapıp pano su ile doldurulur.

19. Yangın söndürme cihazlarının emniyetle kullanılmaları yangın söndürme ekiplerinden başka mümkün olduğu kadar fazla personele de öğretilmelidir.

20. Elektrik, akaryakıt yangınları gibi hususiyet arz eden yangınlara karşı kum, kuru taş tozu gibi maddelerde münasip kaplar içinde ihtiyat tedbiri olarak bulundurulur.

21. Ocaklar, kömür tozlu veya grizulu olsun veya olmasın yangınlara karşı ocakta sigara içilmesi, ateşli maddelerin ocığa sokulmaları yasaktır.

22. İş yerinde çalışan işçilere yangın, grizu patlaması veya kömür tozu infilakı gibi tehlikeli hallerde, tehlikeli sahalardan ne şekilde uzaklaşmaların mümkün olacağı daha önceden iyice öğretilir.

23. Bilhassa kömürde atılan lağımın doldurulmasında kömür tozu, grizu infilakları ve yangınları önlemek için deliklerde kömür tozu bırakılmamasına dinamitlerin üzerinde sargı kağıtlarının bir katının alınmasına, sıkılmanın iyi yapılmasına mümkün olduğu kadar önem verilir.

7. YERALTINDAKİ YANGINLARIN KAPATILMASI

7.1. Kapatmanın Prensipleri ve Barajlarda Aranan Özellikler

Bir ocak yangınını ve kızışmayı durdurma çalışması, yangın sahasına hava girişini önlemeyi ve tehlikenin mevcut olduğu yerlerde oluşabilecek muhtemel herhangi bir patlamayı hapsetmeyi amaçlamaktadır. Bu iki yönlü amaç, genellikle sahaya tekrar girme kolaylığı ile de bağlantılı hafif malzeme kullanımı, elverişli büyüklük, anında temin edebilme ve düşük maliyet, inşa etme kolaylığı anında ve sürekli sağlamlık ve hava geçirmezlik gibi bariz aranan özellikler mevcut tecrübe çevresinde elde edilmektedir. Bu sebepten ocak içinde çelişkili gereksinimleri karşılayabilmek için duruma göre uzlaşma yapmak gerekmektedir.

Akla gelen ana hususlar, yangın (veya kızışmayı) kontrol altına almanın aciliyeti ve bunu yarken meydana gelebilecek bir patlama ihtimalidir. Bu sebepten olayların türü, yangın sahasında yanıcı gazların birikiminin olmadığı ve aynı zamanda önlem almada aciliyetin gerekmediği durumlardan, yangın kontrol altına almanın acil ihtiyaç olduğu fakat patlama tehlikesinin olmadığı, yangını kontrol altına almanın muhtemel bir patlamaya karşı korunmadan daha az acil olduğu, işçi ve malzemeyi korumak için, çok muhtemel patlama tehlikesi ile iç içe yangını acilen kontrol altına alma ihtiyacı gibi durumlara kadar uzanabilir. Yukarıdaki hususlar ilgili işletme şartları ile beraber olayların sınıflandırılmasının esasını teşkil eder. Muhtemel patlama tehlikesi olmasa kapatma çalışmalarının basit olarak yangına hava girişini, önlemek için planlanan ve çok az veya hiç mekanik güç gerektirmeyen sadece bir perde temininden ibaret olacağı takdir edilmelidir. Bu sebepten, gözününe alınacak ana prensipler patlama tehlikesini yönlendiren şartların başlaması ve kontrolü ile ilgili olanıdır.

Patlama Tehlikesini Başlaması, Patlama Tehlikesinin nedeni:

Birkaç istisna dışında, ocak yangınlarından doğan patlama tehlikesi havalandırma durdurulduktan veya büyük ölçüde azaltıldıktan sonra, metan veya seyrek olarak yangının kendisi tarafından üretilen yanıcı gazların (yangın gazları) birikiminden oluşmaktadır. Yangın yakınında bu gibi birikim veya merkezinde metan sızması ihtimali olan yerlerde, aksini yapmamak için önemli sebepler olmadıkça havalandırma, barajların yapımı sırasında, normal oranına mümkün olduğu kadar yakın sürdürülmeli hiç olmazsa tontrol altında emniyetli bir orana düşürülmelidir. Havalandırmanın emniyetli bir şekilde azaltılmasının müsaade edilebilir sınırı, tüm sahada elde edilebildiğince, atmosferin değişen şeklinin dakika dakika değerlendirilmesi ile desteklenen, saha içindeki gaz yapısının tam olarak bilinmesi sayesinde tayin edilebilir.

Yangın gazları:

Yangında kendileri de yandığında, aşırı havanın mevcudiyetinde açık yangından nadiren oluşurlar. Fakat yangın iyice ilerlediği ve pek çok sıcak maddeler olduğu zaman bunlar, geniş tutuşabilme sınırları olan hidrojen ve karbonmonoksidi ihtiva ederek yangından sıyrılıp, ciddi bir tehlike arz eden yeterli miktarda birikim yapabilirler. Genellikle bu gibi tehlikeli birikimler yangın yönünde olup, her ne kadar güvenilir olmasa da bu yüzden yanmanın ürünleri sayesinde ateşlenmekten korunurlar. Bu sebepten bu gibi yangın gazlarının bir an bile olsa havalandırma yönü tersine çevrilerek yangın üzerine sevk edilmesi özellikle önemlidir. Bundan başka yangın sahasında hava akımının doğal olarak tersine çevrilmesi ihtimali de dikkatle gözönünde bulundurulmalıdır.

Tehlikenin bir sonucu olarak, yangın gazlarının bulunduğu yerlerde yangın üzerindeki hava yönünün bir an bile ters çevrilmesi durumu varken hava dalgalanmalarını önlemek için, havalandırmanın lüzumsuz olarak aniden durdurulması veya lüzumsuz olarak birden azaltılmasından sakınılmalıdır.

Havalandırmanın durdurulmasının etkisi

Havalandırma durdurulur durdurulmaz, kontrol edilen sahada basınç değişimleri ve mevzii ısı konveksiyonu sebebiyle atmosferin yeniden dengelenmesi oluşur. Bunu, yangının sebebiyet verdiği doğal havalandırma sayesinde atmosferin bir daha yeniden ayarlanması takip eder. Bu sebepten hemen hemen ani bir patlama tehlikesinin ihtimali gözden uzak tutulamaz. Bunu takiben metan veya yangın gazlarının yavaş yavaş artan birikiminden dolayı genel tehlikenin gelişmesi, bu gaz birikiminin atmosferde ilk olarak yangında gaz yanmasını dolayısıyla patlamayı, ikinci olarak devam etmekte olan açık yangını ve son olarak için için yanmayı söndürücü oranda (% 10-12 Oksijen) oksijen kaybına sebep olana kadar devam eder. Metan artma oranı çok düşük olmadıkça ve yangın ve buna bağlı olarak oksijen kullanımı büyük oldukça atmosfer, ya mevzii veya büyük bir saha üzerinde hemen hemen kaçınılmaz, patlamalı bir zaman aralığından geçiyor demektir.

Bilinen metan artışı ile birlikte, kontrol altına alınmış atmosferden alınan numunelerin analizine dayanarak kapatılan saha içindeki şartların değerlendirilmesinden, bu tehlike sürecinin devamı hakkında tahmin yapmak mümkündür. Yukarıda belirtilenlerin, tersine belirtiler yok ise tehlike sürecinin havalandırmanın yersiz olarak durdurulması veya azaltılması ile başladığı ve yukarıdaki şekilde hesaplanan zaman ötesinde devam ettiğini varsaymak akılcı görünmektedir.

Havalandırmayı durdurma çalışması

Yukarıdaki görüş gaz tehlikesinin olduğu her yerde kapatma işinin bütün barajları aynı anda, etkili ve mümkün olan en kısa zamanda yapılabilecek nitelikte olmasını işaret etmektedir.

Günümüzdeki pratik uygulama böyle hassas bir kontrol temin edememektedir. Patlamaya dayanıklı barajlar yapılırken kapatma zamanına

kadar havalandırmaya sürdürmek için bir delik bırakmak alışıl gelmiştir. Sonra da delik kum torbaları ile tapalanır. Deliğin giriş ağzındaki demir ve ağaç kapının kapanmasından sonra (bu işlemden işçiler bir zaman muhtemel tehlike ile yüz yüzedir) tehlike sürecinin bitimine kadar baraj terkedilir. Giriş kapısı ve çevresinin hem patlama hem de kaçaklara karşı anında ve yeterli korunmayı sağlayacak şekilde olması çok daha mantıklı görünecekti. Eğer bu olsaydı, deliğin tapalanması barajın en son tapalanma işlemine bırakılabilirdi.

Bir alternatif olarak, deliğin muhtemel herhangi bir patlamaya dayanabilecek yeterli sağlamlıkta ve her iki ucunda kapanabilen kapılar bulunan demir borudan oluşması, süratli kapatma, sarkan kum torbalarına destek sağlama yanında sonradan tekrar açma durumunda kolaylık sağlaması açısından zaman zaman teklif edilmiştir.

Barajların yapımına başlamadan önce, havalandırmanın yavaşlatılması durdurulması veya yönünün değiştirilmesini gerektiren durumlar ortaya çıkabilir. Bu durumlar aşağıda sıralananları içerebilir:

1. Yangının kontrol dışı yayılımının işçilere tehlike arz etmesi
2. Yanmanın ürünü zehirli gazların yangından uzağa yayılmasını veya tersine, metan birikiminin yangına doğru sızmasını önlemek için havalandırma kontrolüne ihtiyaç duyulması
3. Konum ve meyillerin, havalandırma kontrol altına alınmadığı takdirde yangının etki alanındaki saha havalandırmasını kontrolü altına alınmasına müsait olması

Bu veya benzeri güçlüklerin meydana geldiği yerlerde gerekli müdahalenin ne olacağına mevcut durumlar ışığında karar verilmelidir. Tüm işçiler geri alındıktan sonra patlama ile imha edilmesi tehlikesini kabul ederek hava akımını derhal kontrol altına almak gayesi ile geçici baraja başvurma gerekliliği mi, gerekli ise ne zaman gerekli olduğu ve

ne şekil geçici barajın tavsiye edilmesi lazım geldiği sorusu ortaya çıkmaktadır.

Patlamaya karşı korunma:

Kapatma hususunda acele etmek için aşırı derecede gereksinimler olmadıkça, tasarlanan baraj, havalandırmanın durdurulmasından sonra kısa bir süreç içinde meydana gelebilecek patlamalara karşı korunma sağlayacak sağlam bir şekilde inşa edilmelidir.

Muhtemel patlamanın cinsi:

Herhangi elverişli bir barajın, muhtemelen meydana gelebilecek en şiddetli patlamalara karşı dayanacağı garanti edilemez. Yanıcı gaz-hava karışımı veya kapatılmış kısımdaki taban yolu veya lağımların büyük kesimi boyunca yayılan muhtemelen hemen hemen saf kömür tozu bulutunun mevcudiyeti gibi çok şiddetli patlamalara yol açan durumlar, olağan dışı durumlar haricinde beklenmemektedir. Kapatılan sahada çok muhtemelen meydana gelecek cinsteki patlamalar, orijinal yangın veya barajlardan uzakta meydana gelen daha önceki patlamaların sebep olduğu tali yangınların civarında bulunan sınırlı hacimlerdeki gaz patlamalarıdır. Bu patlamaların bazı yollardaki kömür tozunun sebep olduğu muhtemel yayılımı, şiddet ve uzantı yönünden, baraj kapatma tamamlanmadan önce yoğunlaştırılan taş tozu rafları sayesinde sınırlandırılacaktır.

Barajların yeri kararlaştırılırken yukarıdaki hususlar gözönünde bulundurulmalıdır. İnşaları sırasında meydana gelebilecek bir patlamadan işçilerin zarar görmemesini sağlamak için barajların infilak yayılım sahasından yeterli uzaklıkta olması gerekmektedir.

Barajın hava sızdırmazlığı:

Uzun zaman süreçleri boyunca havanın yangın sahasına girmesini önlemede etkili olmak için, yüksek seviyede bir hava sızdırmazlık gerekmektedir. Barajın kendisi genellikle hava sızdırmaz yapılabildiği halde,

içinde inşa edildiği tabakanın kaçaqlara müsaade etmeyeceğini garanti etmek güçtür. Dengelenmiş basınç ve basınç odalarının kullanımı ileride gözden geçirilecektir. Küçük bir sızmanın bile ne kadar ciddi bir etki yarattığına bir örnek olmak üzere $100 \text{ ft}^3/\text{dak}$ ($2,8 \text{ m}^3/\text{dak}$) lık havanın kapatılmış saha içinden sızmasının haftada $1.000.000 \text{ ft}^3$ e (28.000 m^3) erişeceği akıldan çıkarılmamalıdır.

7.2. Barajlar İçin Gereksinimler - Ayak Arkası Göçüğündeki Alevler

Bir patlatma ve lağım atmanın ateşlediği gaz, çatlaklarda veya ayak arkası göçüğü tavanında yanmaya devam edebilir. Göçükteki alevin civarında bir süreden beri patlayıcı bir gaz karışımının bulunabilmesi olasılığı sebebiyle, göçükteki yangın ile mücadele etmeye veya göçüğün kıyısını kapatmaya çalışmak genellikle akılcı bir davranış değildir. En emniyetli metod işçileri ayaktan uzaklaştırıp emniyetli bir mesafe-baraj veya elverişli diğer usullerle hava akımını keserek yangını söndürme önlemleri almaktır.

Patlayıcı gaz karışımının yangına ne kadar yakın veya kapsamının ne olduğunu tahmin etmek mümkün değildir. Busebeplerden dolayı yer seçimine ne kadar itina gösterilirse gösterilsin, barajın inşası sırasında meydana gelebilecek bir patlama olayında alevin olmamasından ve işçilerin patlamadan zarar görmemesinden her seferinde emin olmak olanaksızdır. Bir patlama herhangi bir anda meydana gelebilir ve bu gibi yangınların sonucu olarak ta çok ciddi patlamalar olmuştur. Diğer taraftan bu gibi yangınların havalandırmayı değiştirmeden veya hava kısa devre yapılarak veya azaltılarak kendi kendine söndüğü durumlar olduğundan barajla kapatma gerekli olmayabilir. Bu sebepten bazı durumlarda yangını kendi haline bırakmak onu söndürmede basit ve en iyi yol olabilir. Patlamadan önce veya patlamanın sonucu olarak meydana gelen göçük yangınlarını söndürmek için havaya kısa devre yaptırmak veya havayı kısıtlamak elbette her zaman mümkündür. Güçlükler, bu operasyon sırasında ve sahaya geri

dönerken şahısların güvenliğidir. Yakın nezaret altında, konu olan saha girişlerindeki havalandırma kapılarını açmayı veya havalandırma perdelerini inşa etmeyi ve sonra oradan derhal uzaklaşmayı üstlenmiş yetkili kişilerin dışında tüm işçilerin çekilmesi ile birinci güçlün üstesinden gelinebilir. Emniyetli olana kadar, tesir altındaki sahanın civarına hiç kimsenin geri dönmesine müsaade edilmemesini sağlayacak gerekli bilgileri temin eden uzaktan numune alma düzenlemesine sahip olma imkanı varsa, ikinci güçlük te yenilebilir.

Eğer her saha girişinde (hava giriş ve çıkış) kapatıldığı zaman (patlamaya dayanıklı olmasa da) sahadaki hava dolaşımını önleyecek biçimde yapıлып kapı kasaları ve açık muhafaza edilecek kapılara sahip olma mümkün olsa, işçiler emniyete alındıktan sonra bunların kapanması, yapımı saatler muhtemelen günler alan patlamaya dayanıklı barajlardan daha emniyetli bir şekilde yangınla mücadele sağlayacaktır.

7.3. Barajlar İçin Gereksinimler - Açık Yangınlar

Ayak içinde meydana gelebilecek yangınlar şunlardır:

1. Kazı işleminin genellikle sürtünme kıvılcımı ile başladığı potkabaç yarığındaki gaz ve kırıntıların yanması
2. Yanmanın ayak içine yayılarak kömür ve ağaç malzemenin yanması
3. Kömür ve ateşi engelleyen konveyör yangınları
4. Yağ yangınları
5. Elektrik veya diğer elektrik aleti hatasından çıkan yangınlar
6. Lağım atmaların sonucu çıkan yangınlar

Bunlardan bazıları çatlaklardaki gazın yanmasına sebep olabilir veya çatlaklardaki gazın yanmasından çıkabilir.

Olayların çoğunda, ayaktaki bir yangınla mücadelede doğrudan müdahale etmek ve çoğunlukla söndürmek mümkün ve emniyetlidir. Eğer yangın

kontrolden çıkarsa, saha elbette barajla kapatılmalıdır. Eğer ayak içinde gaz, tavandaki kırıklar içinde yanıyor ve doğrudan müdahale ile söndürülemezse, doğrudan müdahale ile söndürmeye çalışmakta ısrar etmek genellikle akılcı bir iş değildir. Bu anda en emniyetli yol derhal kapatma çalışmalarına gidilmesidir.

Hava giriş yolunda, ayaktan ve muhtemel gaz birikimlerinden uzak bir noktadaki açık yangının hava ile irtibatını kesmek için gereksinimler şunlardır:

a) Çift hava giriş olduğu zaman

1. Hava giriş yolundaki yangının her iki taraftan yapılacak barajlarla izole edilmesi - barajların mümkün olduğu kadar yangına yakın olması

2. Barajların patlamaya dayanıklı olması

3. Sahaya sonradan tekrar girme ve teftiş etme kolaylıkları

b) Sadece tek hava giriş yolu olduğu zaman

1. Hava girişi tarafındaki barajın mümkün olduğu kadar yangına yakın olması

2. Hava dönüş tarafındaki barajın ayaktan oldukça uzakta olması

3. Barajlar arasından yeterli havalandırmanın yapım sırasında sürdürülmesi

4. Barajlar patlamaya dayanıklı olmalıdır

5. Barajların tekrar açılması kolaylıkları

7.4. Barajlar İçin Gereksinimler - Kendiliğinden Yanma

Eğer kızışma, taban yolu dolgu duvarı veya hemen taban yolu bitişiğindeki tabaka içinde ise, çok kere bu kısımları kazarak dışarı almak veya alternatif olarak aşağıda tarif edilen metodlardan biri ile buraların hava ile irtibatını kesmek mümkündür.

Üretimin sürdürüldüğü bir sahada kızışmalar, ayak arkası göçüğünün iç kısımlarında veya göçüğün ayağa yakın yerinde olduğu zaman bunlarla aşağıdaki iki metoddan biri ile mücadele edilebilir.

1. Ayak arkası göçüğündeki kızışmanın civarında ağır bir atmosfer oluşturmak veya kızışmayı durdurmak amacı ile tavan oturmasını hızlandırmak için ayak ilerleme hızını arttırmak.

2. Hava sızdırmalarını önlemek için, ayak arkası göçüğünün ayak içindeki kıyısını ve eğer gerekli ise taban yolunu veya taban yollarının ayak arkası göçüğü tarafındaki etkilenen kısımlarını hava sızdırmaz şekilde kaplamak.

7.1.4. Ayak arkası göçüğü kıyısındaki yığma duvarlar

Ayak arkasında yapılan yığma duvarın ayağa bakan kıyısının kapanmasının gereksinimleri, ayak ilerlerken oluşan pekişme sırasında ve başlangıçta hava sızıntılarının önlenmesidir. Karşılaşılan durumlarda barajın güçlendirilmesi gerekmektedir. Eğer durumlar bir patlama ihtimalini ortaya koyuyorsa, baraj ayak arkası göçüğünün taban yolu kıyısında inşa edilmelidir. Bu durumda saha ayaktan emniyetli uzaklıktaki noktalardan kapatılmalıdır.

En iyi sonuçları almak için göçüğün ayak içindeki kıyısının kapatılması hızla yapılmalıdır. Böylece ayak, ilerleyerek kapatılan kısmın pekişmesi için tavan ve tabanın birbirine yaklaşmasını sağlayacaktır. Bu sebepten ve sıkışarak pekişmesi dolayısıyla yığma duvar genellikle göçük kıyısındaki taşlar ile kum karışımı ve kum torbaları duvarlarından inşa edilmelidir. Yığma duvar minimum 4 ft (1.20 m) genişliğinde yapılmakta olup, ayak ilerleyince en az bir dilim (1.20 m) daha ilave etmek gerekmektedir.

7.4.2. Oturmamış bir arazide taban yolları kenarlarının kaplanması

Hava sızdırmalarını önlemek için ayak arkası göçüğünün taban yolları tarafındaki kenarlarının veya sadece bir kenarının hava sızdırmaz şekilde kaplanmasına yukarıda değinilmiştir. Etkili bir kaplama için malzeme ve yapı yatay ve dikey tabaka hareketlerini karşılayacak nitelikte olma ihtiyacındadır. Bundan başka kaplayıcı örtü mümkün olduğu kadar ince olmalıdır. Böylece taban yolunun genişliğini, taban yolu ile göçük kıyısı arasındaki dolgu duvarını gerektiğinden fazla ileri almadan muhafaza etmek mümkün olabilecektir.

Kil duvar :

Ayak arkası göçüğünün iç tarafındaki kızışmayı hava sızmasını önlemek için, dolgu duvarı kaplama metodlarının en en eskilerinden biri, kil duvarı adıyla bilinen Leicestershire uygulamasıdır. Bu metodun esası, taban yolu boyunca göçük tarafındaki kenara kilden bir duvar yapmaktır. Genellikle kil duvarını tabandan tavana kadar yükseltmektedir. Duvarın kalınlığı 3 inç (7,5 cm) den 2 ft (61 cm) e kadar değişmektedir.

Bol miktarda kil temini mümkün olduğu halde, kilin kurummasını takiben oluşan çatlaklar ve hava sızdırmaları olumsuz bir durum sergilemektedir. Bir zamanlar bazı ocaklarda bu til duvarlarını muntazan ıslatan ekipler çalıştırılması gerekli görülmüştür. Bu şüphesiz pahalı bir işlem olduğundan, bazı durumlarda metodun terkedilmesine gidilmiştir. Yakin geçmişte, kile tuz veya kalsiyum klorid karıştırılıp kilin plastik konumunu muhafaza edilerek başarı ile kullanılmıştır. İhtiyaç olunan tuz veya kalsiyum klorid oranı atmosferin nemi ile değişmekte olup % 5 ile % 20 arasında olmaktadır. Bu oran kolayca tecrübeden veya deneme yolu ile tayin edilebilir.

Kalsiyum klorid / Kil enjeksiyonu

Bu metod kil duvar metodunun değişik bir şeklidir ve Çekoslavakya'

da bazı şartlarda kullanılmaktadır. Bu nisbeten ucuz olup kendiliğinden kızışmanın tesiriyle bozulmuş kömür topuklarındaki yarıklar ve çatlakları doldurmada başarı ile uygulanmıştır.

İnce öğütülmüş kil sulu çamur kıvamına gelinceye kadar kalsiyum klorid ve su ile karıştırılır ve etkilenen tabakaya pompalanır. Su enjeksiyonu tabancasına benzeyen bir enjeksiyon tabancası, tabaka içindeki bir deliğe yerleştirilir ve karışım basınç altında enjekte edilir. Çatlaklar kil karışımı ile doldurulduğu ve daha fazla enjeksiyon yapma imkansız duruma geldiği zaman pompalama durdurulur.

Kum duvarlar :

Yığma duvar boyunca kum torbalarıyla yapılan duvarlar kazı durumlarında çok olumlu sonuçlar verir. En iyi sonuçları almak için kum torbaları duvarı, arkalarında 15-30 cm lik daha fazla bir boşluk bırakılarak adım adım inşa edilir. Bahsedilen boşluğu açık kum veya kum ve taş tozu karışımı doldurularak sıkıştırılır. Bazan duvar, mevcut yığma taş duvarı boyunca inşa edilebilir, fakat genellikle kum torbaları duvarını inşa etmek için taban yolu genişliğini muhafaza etmek ve aynı zamanda yeterli dolgu kum kalınlığı temin etmek amacı ile taş dolgu duvarın bir kısmını almak gerekmektedir. Kum torbaları duvarı yükseldikçe, arkasındaki dolgu da tabaka sıkıştırılarak yükselir. Bazı durumlarda hava sızdırmalarını önlemek için taban yolunun göçük yangınına uzak olan yanında olduğu kadar yangına yakın olan yanında da kum torbaları duvarı inşa etmek gerekmektedir.

Lastik (latex) kaplama

Lastikle kaplama işleni Çekoslovakya ocaklarında büyük ölçüde kullanıldığı gibi, özellikle İngiltere'de West Midlands'da çok yakın bir geçmişte kullanılmıştır. İşlen, büyük bir sahaya çabucak uygulanabilen hava geçirmez lastiğe benzer bir kaplamanın basit bir püskürtme tekniğinden ibarettir. Lastik taban yolunun tavan ve tabanına yapıştırılabilir

ve elastikiyeti sayesinde, tabaka oynaması sebebi ile kaplamanın kırılması ve hava sızması ihtimali olan dengesiz yerlerde kullanılabilir. Eğer kaplamanın kırılması durumu ortaya çıkarsa püskürtmenin tekrarı gereklidir.

Çekoslovakya'da kullanılan malzemeler, neoprenlatex ve pıhtılaştırıcı olarak % 20 lik kalsiyum klorid eriyiğidir. Araç her bir 4 galon (18 lt) kapasiteli sıra ile latex ve pıhtılaştırıcı madde ihtiva eden iki ayrı tabaka ile hortumla bağlı iki başlık takılmış bir püskürtme tabancasından ibarettir. Her bir kab 40-60 lb/inç² basınçta hava üreten bir kaynağa bağlanmıştır. Latex kabından çıkan hortum püskürtme tabancasından üst başlığına, pıhtılaştırıcı kabından çıkan hortum ise tabancanın alt başlığına takılmıştır. Başlıklar, üstten fışkıran latexin alt başlıktan püsküren pıhtılaştırıcı madde ile birleşip taşınacağı şekilde ayarlanmıştır. Başlıklar püskürtülerek yüzeye dikey olarak ve ondan yaklaşık 15 cm uzaklıkta tutulmaktadır.

İngiltere'de geliştirilen metod, bugün kullanıldığı gibi, İngiltere Kömür İşletmelerinin (NBC) West Midlanda havzasıyla bağlantılı olarak yapılan araştırma ve grafik uygulamalardan sonra Dunlop lastik şirketinin yaptığı malzeme esasına dayanmaktadır. Kullanılan bileşim sıvı halinde olup, polyehloroprene latex ve buna gerekli kıvam veren dolgu maddesi ile birlikte oksitlenmeye karşı kullanılan bazı maddelerin ilavesinden ibarettir. Bileşim otomobil şaseleri için kullanılan standart basınç tüpü ve püskürtme tabancası ile uygulanır. Tabanca normal olarak 3.8 inç (9.4 mm) iç çapı olan bir başlık ihtiva etmekte olup, yapı ve tipine göre 35-60 psi (2.45-4.20 kg/cm²) basınçta dakikada 15-40 ft³ (0.42-1.13 m³) hava kullanılır. Yaklaşık 10 galon (45 lt) bileşim ihtiva eden basınç tüpünün, taşıma ve yeraltı kullanımı için elverişli büyüklükte olduğu bulunmuştur. Bileşim 20 ft² (1.86 m²) lik alana bir galon (4,5 lt) yoğunluğunda dakikada yaklaşık 2 galon (9 lt) bir oranda uygulanır. Kullanılan bileşim her galonda 7 lb (3.17 kg) katı madde ihtiva ettiğinden,

bu miktara her ft^2 (930 cm^2) alan için 0,35 lb (160 gr) ağırlığında kuru örtü tabakasına tekabül etmektedir.

Uygulandığı şekilde örtü tabakası 3-6.5 mm kalınlıktan fazla olmayacaktır. Eğer bu yeterli derecede hava sızdırmaz değilse veya daha kalın bir örtü tabakası gerekiyorsa, ilk örtü tabakası kuruduktan sonra bunun üzerine püskürtme tekrar uygulanır. Kuruma işlemi hava akımında sadece birkaç saat alır, fakat atmosfer nemli ve durgunsa kuruma zamanı 2 ile 3 gün olabilir.

Püskürtmenin uygulanacağı yüzey yaklaşık 5 mm genişliğinde büyük çatlaklar ihtiva ediyorsa veya çok pürüzlü ise, püskürtme işleminden önce, harç, kil, veya asbestos lifleri ile aralıklar doldurulur ve yüzeyin pürüzlülüğü makul bir düzeye indirilir. Püskürtme yapıldıktan sonra örtü tabakası içindeki muhtemel çok ince delikleri doldurmak için yüzey hafifçe mala ile sıvazlanır. Kırık arazide hava sızdırmazlığını sağlamak için tesir altındaki alanın her iki yanını uzun bir mesafe boyunca kaplamak gerekli olabilir. Bir barajın yüzeyi kaplanacağı zaman, kaplama tavan, taban ve yolun her iki tarafında da sürdürülmelidir. Gerekli olan yerlerde tahta vs. kaplamanın etkili olması için kaldırılmalıdır. Kırık arazide, tavanı ve yanları barajdan geriye doğru metrelerce mesafe boyunca kaplamak gereği ortaya çıkabilir.

Islak yüzeyler hiçbir güçlük olmadan kapanabilir, fakat kuru yüzeyler üzerinde püskürtme yapılmadan önce yüzey üzerinde birikmiş toz temizlenmelidir. Yüzey üzerinde çamurumsu bir birikim varsa yüzey önce su ile yıkanmalıdır.

Kullanılan madde püskürme sırasında yanıcı değildir ve kuruduğu zaman ateşe dayanıklıdır. Zehirleyici olmadığı halde, sebrbest bırakılan amonyak sebebi ile püskürtme noktasında hava akımı gereklidir.

Latexin 27°C den fazla 5°C den az olmayan ısı derecesinde muhafaza ömrü 6 ay olarak tavsiye edilmektedir.

7.4.3. Oturmuş bir arazideki taban yolları kenarlarının kaplanması

Ayak arkası göçüğü içindeki kızışma taban yoluna yakın ve ayaktan yüzlerce metre uzakta ise, çok zaman bununla mücadele etmek sadece taban yolunda önlem almakla mümkündür. Örneğin, kızışan kısmı kazarak dışarı almak ve boşluğu doldurmak gibi. Eğer göçükteki kızışma, taban yolu kıyısındaki yağma duvardan çok ilerde ise yukarıdaki metod tavsiye edilmez. Bu durumda en emniyetli metod, taban yolunun göçük tarafındaki yanını ve eğer gerekiyorsa taban ve tavanı da hava sızdırmaz bir şekilde kaplanaktır.

Göçükteki kızışmayı hava girişini önlemek için taban yollarını hava sızdırmaz yapmada, kum duvarı latex metodlarından her ikisi de kullanılabilir fakat daha kalıcı çözümler aşağıdaki metodlardan birinin kullanımı ile elde edilebilir.

Kum dolgu ve saç plaka metodu :

Tesir altındaki tabanyolu boyunca, tahkimatın arkasındaki tabaka 30 cm veya daha fazla bir derinlikte kazılarak alınır. Oluklu demir levha veya demir levha veya demir plakalar tahkimatın arka kısmına yerleştirilir ve tabaka ile plakalar arasındaki boşluk kum ile doldurulur. Metal kaplamanın tepesine erişinceye kadar aynı işlem tekrarlanır. Bazen kum dolgu işlemini sadece orijinal taş yağma duvarı üst seviyesine kadar yapmak gereklidir, fakat diğer durumlarda dolgu işlemini tavan seviyesine kadar taban yolu çevresi boyunca aynı yolla sürdürmek gerekli olabilir. Tabanın kazılması, demir plaka yerleştirilmesi ve kum dolgu işlemi bir zaman aralığında yaklaşık 60-90 cm lik kısımlar halinde yapılır.

Beton sıva :

Oturmuş arazide, tabaka yapısının elverişli olduğu yerlerde, bir çimento karışımı, ince bir beton kaplama elde etmek için taban yolları ve tavana püskürtülür. Bu metodun dezavantajı, herhangi bir tabaka

oynaması olduğu zaman, beton kaplamanın kırılma veya çatlayabilmesi ve işlemin buralara tekrar uygulanması zorunluluğudur. Çimento püskürtme tabancası üst üste iki haznedden ibaret olup bunlar bir vana ile irtibatlıdır. Kum ve çimento karışımı 3 kum 1 çimento oranında üst hazneye doldurulur. Gerektiğinde, vana açıldığında karışım alt hazneye geçer ve buradan basınçlı hava sayesinde nakil hortumu boyunca üflenir. Duruma göre değişen su miktarı ayrı bir hortum ile başlığa iletilir. Basınçlı havanın basıncı 20 psi (1.4 kg/cm²) kadar düşük olabilir.

Tel torba duvarı ve beton sıva :

Diğer bir metod, etkilenen taban yolunun yanlarını yaklaşık 18 inç (46 cm) kazarak küçük taneli pasa ile doldurulmuş tel torbalardan bir yığma duvar yapmaktır. Duruma göre bu duvar, yığma taş duvar sayesinde tavana kadar yükseltilebilir. Bir kesim tamamlandığı zaman tel torba duvarının yüzeyine beton püskürtme uygulanır. Elde edilen kaplama yukarıda beton sıvamada olduğu gibi doğrudan tabaka yüzeyine uygulanan sıvamadan genellikle çok daha sağlamdır.

Beton kaplama :

Arazi çok kötü bir şekilde kırılmış ise bazen etkinliği kanıtlanan bir metod, taban yolunu oldukça kalın bir beton tabakası ile kaplamaktır.

Enjeksiyon :

Tabakadaki çatlaklar veya yığma duvar malzemesi içindeki boşluklar çok zaman tesirli bir şekilde yaklaşık 50-60 cm uzunluğunda delikler delerek buralara yüksek basınçta çimento veya taş tozu, veya bunların karışımı enjekte edilerek doldurulmaktadır. Gerekli araç, çimento enjeksiyon hortumları (Genellikle 5.08 cm çapında, 140 veya 180 cm uzunluğunda), hortumların bağlantı vanaları, bir karıştırma tankeri ve yüksek basınç tulumbası ihtiva etmektedir.

7.5. Baraj Yerlerinin Hazırlık Planlaması

Kendiliğinden yanmaya meyilli bazı ocaklarda bir bekleme barajları sistemi uygulanmasının yararlı olduğu görülmüştür. Yangınlar ve kı-
zışmalar oluştuğundan sonra buraları izole etmek ve önlemek için saha
bekleme barajlarıyla çabucak kapatılmalıdır.

Alışıla gelmiş bekleme barajının saha girişinde arazi oturmadan yapılması önerilmez. Çünkü böyle bir bekleme barajı yapılırsa bile, pa-
nonun çalışmaya yeni başladığı zamanlarda (ilerletimli panolar için)
çıkacak bir yangına çok yakın olacağından, kapatma sırasında patlama
olması durumunda işçiler için tehlikeli bir durum ortaya çıkmaktadır.
Eğer bekleme barajlarının yapımı ayak birkaç yüz metre ilerleyene ka-
dar geciktirilirse bu da çok geç olabilir ve pano boyu çok uzun olma-
dıkça bundan sonraki ilgili çalışmayı pano ömrünün sonuna gelindiği i-
çin gereksiz olacaktır. Bu güçlüklerin önüne geçmek için bekleme ba-
rajlarının kullanımı sadece ana hava giriş ve dönüş yolları için sınır-
lanmış. Bu durumda ise bir panoda yangın çıktıktan sonra barajların
kapatılması, gereksiz yere bu bekleme barajlarının sınırları içine gi-
ren ve yangın etkisi dışındaki diğer panoların da kaybına sebep olacak-
tır.

7.6. Patlamaya Dayanıklı Barajların Yangından Uzaklık Mesafesi

Yangın durumunun, önce muhtemel patlayıcı bir gaz karışımının ha-
cim ve pozisyonu sonra yangında başlayan bir patlamanın bir kömür tozu
patlamasına yol açıp açmayacağı hususları ile bağlantılı olarak düşü-
nülmesi gereklidir. Burada amaç barajı inşa edenlerin onlara zarar ve-
recek şiddetteki bir patlama ve intikal edecek alevlerin sınırı dışında
tutulmasını sağlamaktır. Bu amaca genellikle akıllıca önlemler saye -
sinde erişilir. Böyle durumda baraj yerleri yangından oldukça uzakta
olmalıdır.

Baraj yapısında ve kapatma sırasında gerekli emniyetin sağlandığı durumlarda, barajların yangına normal durumdan daha yakın inşa edilmesiyle, ileride tekrar açılmaları durumunda emniyet derecesi muhtemelen arttırılmış olacaktır. Böyle bir karar alınmadan önce, patlama tehlikesine muhtemelen etki edecek bir çok faktörü çok ciddi bir şekilde gözönünde bulundurmak gereği vardır. Bu faktörler:

1. Sahadaki normal metan oluşumu ve yangının mevkiine bağlı olarak metanın ana gelir kaynakları

2. Konumlarına göre havalandırmanın miktar ve dağılımı, barajların yapımı sırasında ortaya çıkan kısıtlamaların bunlar üzerinde oluşturacağı değişimler

3. Sahadaki eğimler

4. Yangının havalandırma üzerindeki etkisi de incelenmelidir. Yangın havalandırmayı yavaşlatabilir, tersine çevirebilir

5. Baraj veya barajların civarında bir kömür tozu patlaması olasılığı varsa baraj yerleri daha geriye alınmalıdır.

7.7. Patlamaya Dayanıklı Barajların Proje ve Yapımı

Bir patlama sırasında, barajın iç yüzeyine gelebilecek basıncın şiddetini tayin etmek mümkün değildir. Basınç genellikle tecrübe galerilerinde yapılan testlerde ölçülen en yüksek basınçlardan az ve belki çok daha az olacaktır. Tahminen patlamaya dayanıklı barajlar planlanırken 1,4 - 3,5 kg/cm² (20 - 50 psi) lik basıncın oluşacağını varsaymak gereklidir. Örneğin 5,57 m² (60 ft²) lik bir kesitte yapılan baraja 80-200 tonluk bir basınç geleceği varsayılmaktadır.

Baraj yerinin tetkiki ve hazırlanması :

Barajların genel pozisyonu karşılaştırıldıktan sonra, kesin pozisyonların tayini için tecrübeli bir yetkilinin ilgili sahayı tetkik

etmesi gerekmektedir. Hava dönüş yollarında veya kirli havanın bulunduğu diğer yollardaki barajlar durumunda bu tetkikin solunum cihazı takmış tecrübeli tahlisiyeciler tarafından yapılması gerekli olabilir. Kırılmış araziden sakınılmalıdır ve eğer mümkünse baraj yeri, yapımı en az gayreti gerektireceği şekilde seçilmelidir. Küçük kesitli yerler büyük kesitlilere tercih edilmelidir. Baraj yerleri ilgili yolların sahaya giriş noktalarına mümkün olduğu kadar yakın seçilmelidir.

Hava kaçaklarını önlemek amacıyla baraj malzemesinin cidarlara iyice oturması için seçilen baraj yerlerinin tavanı, yanları genellikle taranmayı taban ise pasadan temizlenmeyi gerektirir.

Baraj yapımında sürat bir gereksinim olup, bu çalışmayı gereksiz yere yavaşlatan işlemlerden sakınılmalıdır. Eğer baraj yeri dolgu bir tabana sahipsiz, tabanı yaklaşık 1,22 m (4 ft) boyunca sağlam tabakaya ininceye kadar temizlemek yeterli olabilir. Demir bağlarla tahkim edilmiş ve kamalarla kaplanmış yollarda baraj yapımının ilerlemesine paralel olarak kamalar sökülmeli ve barajın cidarlara sıkıca temasına izin verilmelidir.

Malzemenin miktarı :

Ana yollarda yapılacak barajlar için gereken malzemenin miktarı oldukça fazladır. Sadece kum olarak 1 yd³ hacim için 1 tona ihtiyaç vardır. İngiliz kömür işletmeleri şartnamesine göre yapılan kum torbaları yaklaşık 9 kg (20 lb) kum almakta olup, 1 yd³ hacim için 60 torba gerekmektedir. Yaklaşık 8 m uzunluğunda ve 8 m² (80 ft²) kesitindeki bir baraj 4800 kum torbası gerektirecektir. Aynı kesitteki yolda yaklaşık 37 cm kalınlığındaki bir destek duvar için yaklaşık 1500 tuğlaya gerek olacaktır.

Malzemenin nakli :

Barajların yapımı için gerekli organizasyon içinde malzeme nakli genellikle başlıca bir faktördür ve bu faktör ocak nakliyat sisteminin

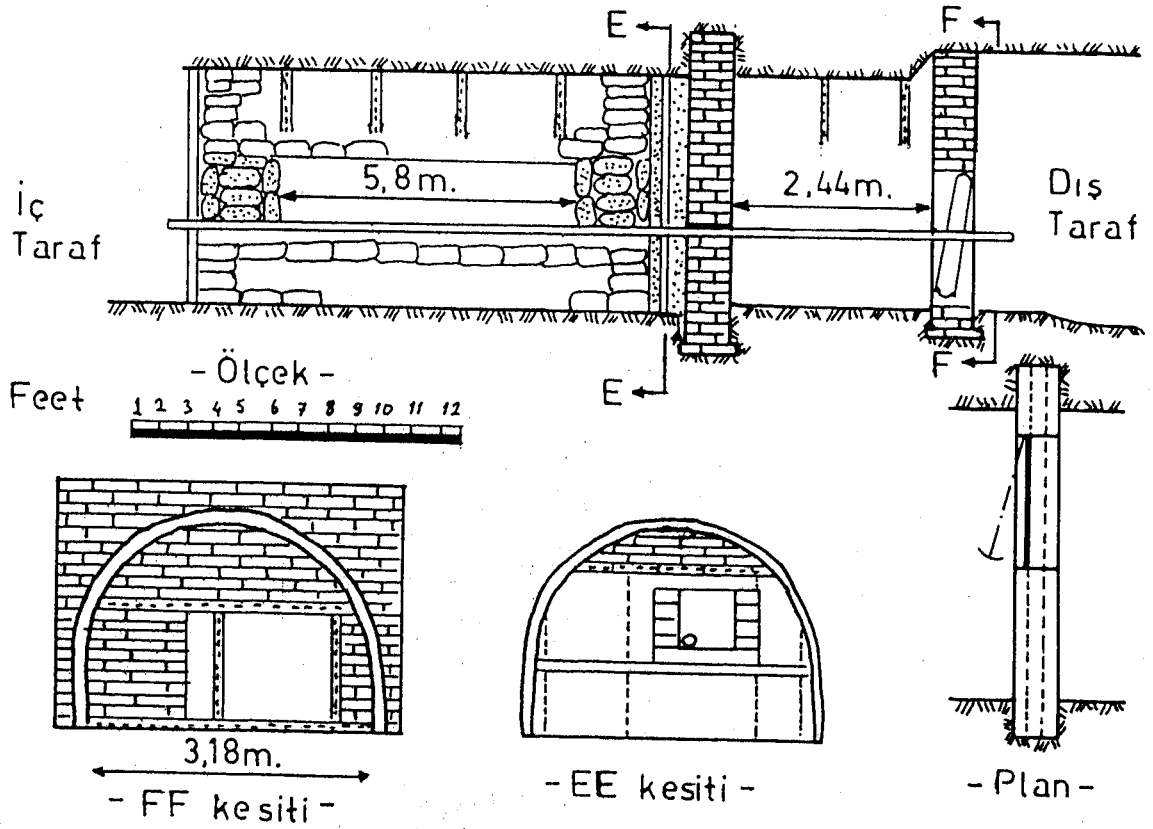
planlanmasında hesaba katılmalıdır. Bir aciliyet durumunda kum ve diğer malzemeler ocağa nakledilmeli ve bunu çabuklaştırmak için baş vagonlar yoldan uzaklaştırılmalıdır. Eğer baraj baraj yerleri konveyör yollarında veya hava yolları içinde seçilmişse, kısa zamanda geliştirilmiş nakliyat düzenlemelerinin yapılması ihtiyacı olabilir. Normal nakliyatın konveyörlerle yapıldığı yerlerde mümkünse bunları tersine yol vererek veya tavandan asılı konveyörler durumunda alt bandı kullanmak pratik bir yol olabilir. Nakliyat sistemi şüphesiz, yangın barajı yapım çalışmalarının mümkün olan en süratli oranda sürekliliğini temin etmek için ihtiyaç olunan malzeme akışını sağlamalıdır.

Barajların yapımında insan gücü :

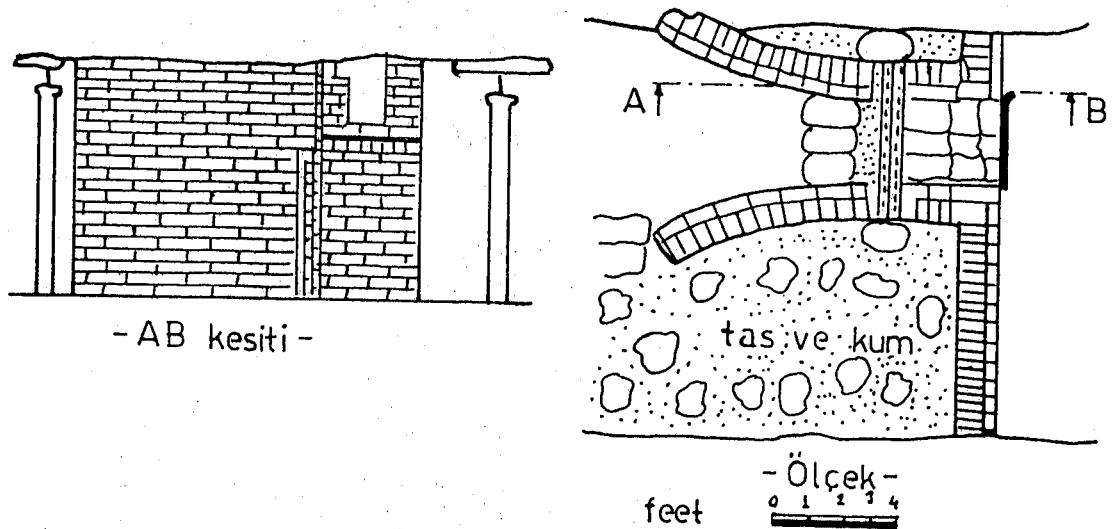
Atmosfer zararlı gazları içermeyeceğinden, hava giriş yolunda bir yangın barajının, solunum aracı kullanmayan işçiler tarafından yapılması genellikle mümkündür. Fakat çalışmalar, yangın barajı yapım eğitimi görmüş tahlisiyeciler tarafından nezaret edilmelidir. Kirli hava dönüş yolundaki tüm çalışmalar, gereği üzere eğitilmiş tahlisiye işçileri tarafından yapılmalıdır. Barajları yapmak için geçen zaman yolun büyüklüğüne, baraj yerinde gerekli hazırlığa, malzeme nakli kolaylığına, baraj yapımında çalıştırılacak yeterli işçi sayısına ve solunum aracı kullanma durumuna bağlıdır. Pratikte yaklaşık 6 m^2 kesitindeki bir yolda, bir kum torbası yangın barajının 24 saat veya daha kısa zamanda yapıldığı görülmüştür.

Yapı :

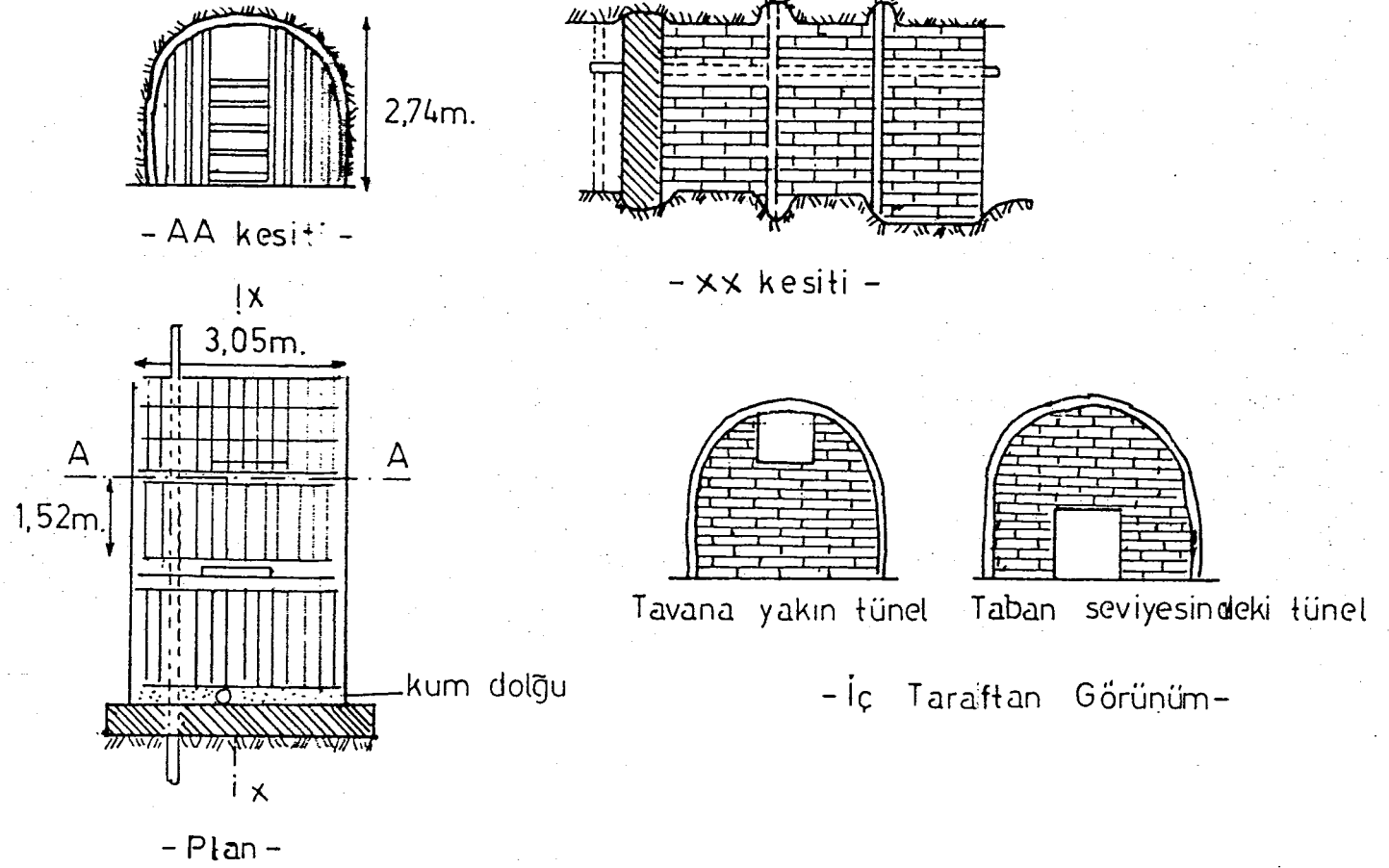
Barajların sağlamlığı, bir lağım deliğinin sıkılanmasında olduğu gibi büyük ölçüde kum tanelerinin sıkıştırılma durumu tarafından etkilenecektir. Kum torbaları bir sıra enine, bir sıra boyuna olacak şekilde muntazam bir düzene göre yerleştirilmelidir. Torbalar pozisyonlarına getirildiğinde, açık uçları kıvrılarak torbaların altına sıkıştırılmalıdır. Gerekli ataleti sağlayacak barajın boyu şüphesiz yolun



Şekil 7.1. Wigon Junetion ocağında bir patlamaya dayanıklı baraj



Şekil 7.2. En son aşamayı süratle kapamayı içeren baraj



Şekil 7.3. Takviyeli bir yangın barajı

kesit alanına bağılı olacaktır. Yaklaşık 10 m uzunluğunda sağlam bir şekilde yapılmış bir baraj daha büyük yollar için bile şyeterlidir.

Bu çeşit barajlar patlamaya karşı başarısız oldukları zaman çekme payından dolayı olan bozukluk genellikle tavana yakın yerde oluşur. barajın nasıl bozulduğunun izahı ise, patlama rüzgarının bir dar aralıktan şiddetle geçip güzergahı üzerindeki önce barajın dış tarafı sonra sıra ile içe doğru kum torbaları dizelerini patlattığı veya yıktığı şeklinde yapılabilir.

Genel önlem, kum torbalarının sıkıca yerleştirilmesidir. Fakat bu da çekmeyi önleyememektedir. Bu sebepten tavanı sızdırmaz yapmak için ilaveten bir metoda gereksinme vardır. Bu metodlar tavanın şekline uyacak şekilde kesilmiş sağlam bir tahta parçasının (veya konveyör bandı) tavana sıkıca raptiyelenerek diğer kenarının kum torbaları arasına gömülecek şekilde kullanımını içermektedir.

Havalandırma tünelleri :

Eğer şartlar patlamaya dayanıklı barajların kullanımını gerektiriyorsa bu şartlar aynı zamanda kapatma çalışmaları sırasında meydana gelecek bir patlamayı önleyecek önlemlerin alınmasını da gerektirmektedir. Bu her barajla ilgili olarak, yapımları sırasında yanıcı gazları sulandırarak emniyetli bir orana düşürmek veya tehlikeli gaz birikimlerini önlemek için yeterli havanın yangın üzerinden dolaşımına müsaade edecek bir tünel veya eşdeğeri ile sağlanır. Buna ilaveten havalandırma gereksinmelerini de karşılamak için tünel veya eşdeğeri ilk olarak tapanlamaya olanak sağlamak ikinci olarak muhtelif durumlarda sahanın tekrar açılmasına müsaade etmek için solunum aracı giyen şahısların için den geçebileceği yeterli büyüklükte olmalıdır. Birleşik gereksinmeler tünelin genellikle 90 x 90 cm kesitinden veya saç boru durumunda çapın 60 cm den az olmaması gerekmektedir. Kullanmada kolaylık için borular birbirine civatalanmış flanşlı kısa parçalardan ibaret olabilir.

Barajlarda boruların kullanılması durumunda bunlar genellikle barajın tabanına yakın yerleştirilirler. Tünel kullanıldığı zaman, bunun baraj içindeki pozisyonu, baraj yerine ve barajı yapmak için tanınan zamana göre değişir. Mümkün olan her yerde, tüneli tavandan uzakta teşkil etmek en iyisidir. Böyle olduğunda kum torbalarının tavana iyice sıkıştırılmasına daha fazla itina gösterilmesi imkanı olacak ve böylece barajın patlamaya karşı başarısızlığa uğraması tehlikesi azaltılacaktır.

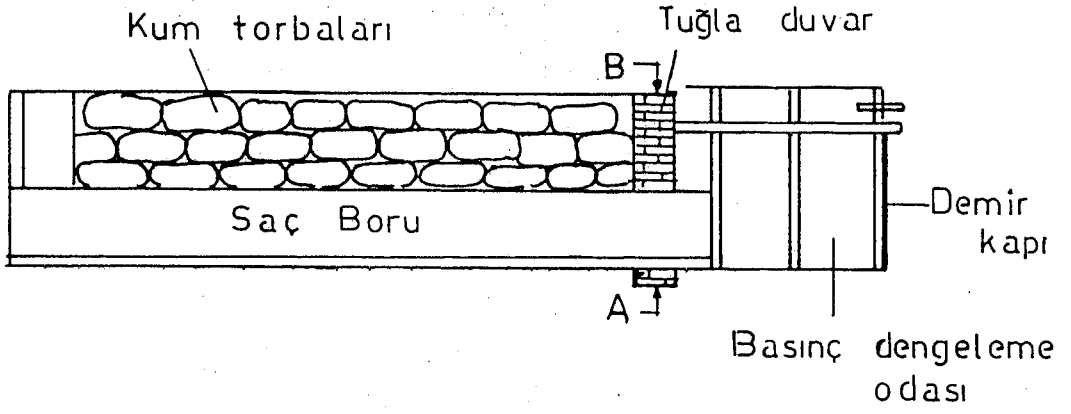
Havalandırma tünellerinin kapatılması :

Baraj tamamlandıktan sonra, istenilen anda tünelin mümkün olan en kısa zamanda kapatılmasını sağlamak için yapılacak hazırlıkların önemi oldukça fazladır.

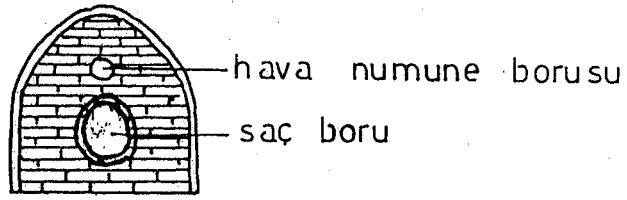
Alışıl gelmiş yolla tünelin kapatılması kum torbaları ile yapılır. Bu methodla tapalama düzenlemesi bir kaç saat alabilir. Son zamanlarda sağlam bir demir kapı ve kasanın kullanımı ve bunun tünelin iç tarafındaki ucuna yerleştirilmesi tercih edilmiştir. Deliğin en son doldurulması sırasında daha fazla emniyet ve rahatlık sağlanması yanında, daha süratli ve aynı zamanda kapatmaya imkan vermesi dolayısıyla bunun kullanımı büyük ölçüde artmıştır. Genel uygulama, kapı kapatıldıktan sonra tapa deliği kum torbaları ile doldurmak olmaktadır.

Hava kaçağını önlemek için diğer önlemler

Patlamaya dayanıklı bir barajın tapalama işlemi tamamlandıktan sonra, barajda herhangi bir iş yapılmadan bütün işçiler en az 24 saat buradan uzak tutulmalıdır. Daha sonra tavan seviyesindeki hava kaçağını en alt düzeye indirmek amacıyla bir tuğla duvar örme gerekli olabilir. Bu duvarlar kendi içinden hava kaçağını önlemek için taban, tavan ve yanlara iyice nüfuz edecek şekilde örülmelidir. Duvarlar iyi kalite tuğladan ve çimento harcından bir örgü sistemi takip edilerek ve yaklaşık 37 cm kalınlıktan az olmayacak şekilde yapılmalıdır.

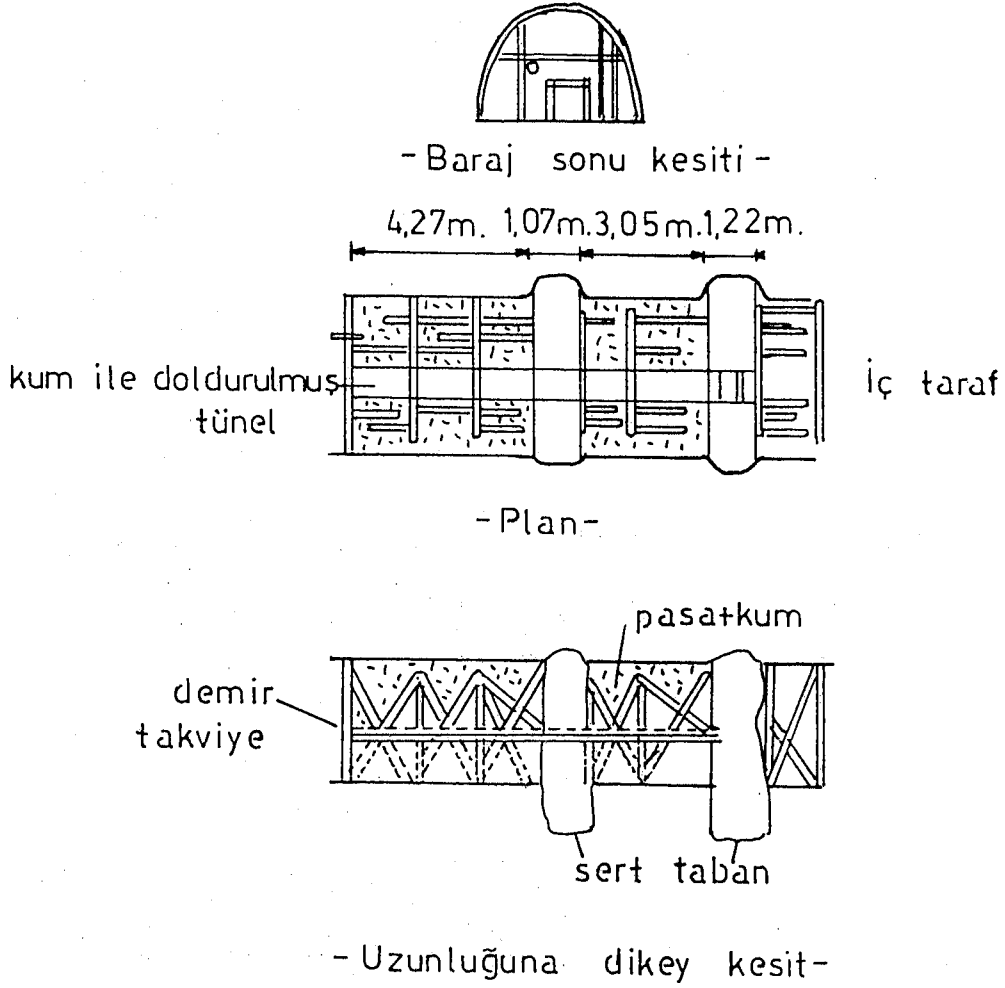


- Uzunluğuna Kesit -



-AB kesiti-

Şekil 7.4. Sonradan açılacak şekilde planlanmış yangın barajı



Şekil 7. 5. Kendiliğinden kızışma veya yangını kapatmak için kullanılan tekrar açılması düşünülmeyen ve yapımı sırasında patlama tehlikesi olmayan, patlamaya dayanıklı bir baraj

Eğer kapatılan saha meyilli ise (kapatılan saha içindeki atmosfer düzenli karışım ve ısıda olmadıkça) farklı ortalama yoğunluğu olan gaz kolonlarının sebep olduğu, barajların iç tarafındaki farklı basınçları da hesaba katmak gerekli olabilir. Bu bazen barajlar aynı seviyede olduğu zamanda bile gerekebilir. Eğer barajların hepsi aynı seviyede değilse kapatılan saha içindeki gaz kolonlarının ortalama yoğunluğu ile farklı seviyedeki barajlar arasındaki bulunan ilgili havalandırma hava kolonunun yoğunluğu arasındaki farktan doğan izafi ağırlık etkisinden- gelenek için, bireysel olarak barajlardaki basınçları da ayarlamak gerekli olabilir. Herhangi bir baraj için iç ve dış taraftaki basınç sıfır olduğu zaman denge sağlanmış olur.

7.8.1. Basınçları eşitleme metodları

Barajlar üzerindeki basınçların çok defa, barajların dış taraflarını bağlayan yollar üzerindeki kapıların kaldırılması veya ayarlanması ile yeterli derecede dengelendiği görülmüştür (Şekil 7.6). Baraj yüzeylerinde yeterli havalandırmanın sürdürülmesi için, ara bağlantı yolları arasında uygun miktarda havanın dolaşması gereği olduğundan metod kusursuz dengeleneye müsaade etmemektedir. İyi derecede hava sızdırmaz barajlar durumunda, bunların dış taraflarındaki basınçlar arasındaki fark 0.25 mm yi geçmemeli hatta tercihan daha az olmalıdır.

Şekil 7.7'de gösterildiği gibi eğer açık bağlantı yolunun dış tarafında hava giriş ve dönüş yolları içinde fazladan barajlar inşa ederek sistemi ocak havalandırmasından izole etmek mümkünse iç taraftaki barajların yüzeylerinde hemen hemen bir basınç dengelenmesine erişebilir.

Kaçaksız çok az baraj vardır ve hava giriş ve çıkış yollarındaki barajların dış taraflarındaki basınçlarının farklı olması halinde, bir barajdan temiz havanın girişi ve diğerinden kirli havanın çıkışı gibi sınırlı bir havalandırma ortaya çıkabilir. Bu şartlar altında, hava

giriş yolu üzerindeki barajın iç tarafı temiz hava ile sulandırılırken, hava dönüş yolu üzerindeki barajın dış yüzeyi zararlı gazlar ile kirlenecek, bu havanın yangına erişmesinin bir işareti olduğundan barajların amacı yerine getirilmemiş olacaktır. İki barajın dik yüzeyle - rindeki basınç farkının 2.54 mm olduğu durumda bunun kapatılan saha içinden dakikada 11 m³ lük hava kaçacağına sebebiyet verdiği ifade edilmektedir. İyi bir barajdan bu derecede bir kaçak beklemesek bile, çok daha küçük kaçaklar ciddi olabilir.

Kapatılmış bir sahaya irtibatlı ve yukarıda tarif edilen basınç dengeleme yolu ile aralarında bağlantı yapma imkanı olmayan yollar durumunda barajlar üzerindeki basınçları hava borusu kullanarak dengelemek mümkündür. Bu üç barajın mevcudiyeti durumunu içeren şekil 7.8' de gösterilmiştir. Baraj C üzerindeki basınç, hava borusu kullanılarak A ve B barajları üzerindeki basınçlarla eşitlenmiştir. Bu metodun kullanılabilir olabilmesi için, E kapıları yeterli derecede hava sızdırmaz olmalı ve kapılardan sızan havanın boru içinden akması, sırasında sızan havanın boru içinden akması sırasında sürtünmenin sebep olduğu basınç kaybının yukarıda önerilen basıncı aşmaması için hava borusu çapı yeterli büyüklükte olmalıdır. Metod aynı şekilde iki baraja veya elverişli şartlar altında daha fazlaya uygulanabilir.

Fakat sık sık karşılaşılabileceği gibi Şekil 7.6 ve 7.7'de gösterildiği gibi basınç dengeleme yolu olarak kullanılacak elverişli bir bağlantı yolu olmayabilir ve Şekil 7.8'de gösterildiği gibi barajların basınç dengeleyici hava boruları ile irtibatlanması mümkün olmayabilir. Bu gibi durumlarda, basınçları dengelemek için her barajda basınç odası kullanmak gereği vardır.

Hava sızdırmaz herhangi bir baraj için basınç dengelemesi yapmak elbette gerekli değildir.

Alternatif olarak eşdeğer sağlamlıkta beton bir duvar kullanılabilir.

Aşırı bir şekilde kırılmış arazideki barajlar, çevreleyen tabakalardaki hava kaçaqlarını önlemek için, üzerinde ilave çalışma gerektirebilir. Bu gibi durumlarda ilk tuğla duvardan yaklaşık 1,5 m geriye ikinci bir tuğla duvar yaparak aradaki boşluğa kırık tuğla, çakıl doldurup sonra buraya ve çevreleyen tabakaya çimento enjekte etmek zarureti olabilir. Çimento enjeksiyonu iki kademede gerçekleştirilir. Duvarlar arasındaki kısım en düşük basınçta enjekte edilir ve donması için 18 saat bırakılır. Bundan sonra duvarı çevreleyen tabaka çimento ile yüksek basınçta enjekte edilir.

7.8. Basıncın Dengelenmesi

Kırılmamış sağlam tabaka içindeki taban yolları ve lağımlarda barajlar çimentolama veya diğer usullerle çoğunlukla oldukça hava sızdırmaz yapılabilir. Fakat diğer yerlerde yapılan barajların hava sızdırmazlık olasılığı az olup bunlar muhtemelen oldukça küçük basınç farkı ile aralarından ve çevrelerinden hava veya gazın geçmesine müsaade edecektir. Eğer yangın sahası bu gibi kaçaklı bir veya daha fazla barajla kapatılmışsa, barajların dış yüzeyindeki basınç, pratikte mümkün olduğu kadar, kapatılmış saha içinden ve özellikle yangın yatağından hava dolaşımını önleyecek değerlerde tutulmalıdır. Kapatılmış bir saha iki farklı tipteki hava basıncının tiplerinden etkilenecektir. İlk tiptekiler, barometrik basınçta değişmelere göre olanlardır. Bu değişimler aslında kapatılmış sahanın sınırı üzerindeki bütün noktalarda eşittir. Bu sebepten bu basınç değişimleri barajların kapatılmış saha dışındaki tarafları arasında mevcut herhangi bir basınç farkını değiştirmez veya erişilmiş olan herhangi basınç dengesini bozmazlar. Barometrik basınçtaki değişmelerin etkisi sıra ile, kapatılmış saha içindeki ve dışındaki atmosferler arasındaki basınç farklarını değiştirmek yönünde belirlemekte böylece kapatılmış sahanın solunması sebep olmaktadır.

Basınç değişimlerinin ikinci tipi, ocak havalandırma basınç farklarındaki değişmelerdir. Bunlar kapatılmış sahanın sınırı üzerindeki bütün noktaları açık derecede etkilemezler ve bu sebepten barajların dış yüzeylerindeki basınçların dengesini bozarlar.

Bir ocak hava yolunda herhangi biki nokta arasındaki basınç farkı hava akımı ve bu iki nokta arasındaki hava yolunun direncine bağlıdır. Bu her iki faktörün yeterli ölçüdeki değişiminin ocak havalandırma sisteminde olması, sistemdeki havalandırma basıncının değişen dağılımına sebep olmaktadır. Ocak yolunun direnci bazı sebeplerden dolayı değişebilir. Örneğin; işçilerin ve ocak trafiğinin hareketi; hava yolunun basması taramalarda biriken pasa ve diğerleri. Hava yolundaki hava akımı ocak vantilatörü hızının değişmesi veya havalandırma sistemindeki değişmelere bağlı olarak değişebilir. Örneğin, bir üretim devresi sırasında uzun ayağın direnci kömür ayaktan temizlendiği zaman ayaktan geçen havanın, ayakta dolgu yapılmasından sonra geçen havadan % 50 fazla olmasına sebep olabilecek derecede değişebilir. Yeni bir ayağın hazırlanması da hem bu kesim hem de diğer kesimlerdeki hava akımlarını etkileyebilir. Bu faktörlerden bazılarının etkileri bazan önceden görülüp azaltılabilir. Yeterli bir basınç dengesini devam ettirmek için genellikle barajların dış yüzeylerindeki basınçları sık sık ayarlama yapmak gerekmektedir.

Kapatılan sahanın düz veya hemen hemen düz olduğu yerlerde, kapatılan saha içindeki hava dolaşımını önlemek için bütün baraj yüzeyleri aynı basınçta muhafaza edilmelidir. Fakat kapatılan saha meyilli olduğu zaman, karışım veya ısıların veya her ikisinin birden sebep olduğu, barajın hem iç hem de dış tarafındaki gazların yoğunlukları arasındaki farktan doğan izabi ağırlık etkilerini dengelemek için barajlardaki basınçları farklı değerlerde muhafaza etmek gerekmektedir.

Basınç odaları :

Bir basınç odası, içindeki havanın basıncını yükseltme veya düşürmeye yarayan düzenlemeleri ihtiva eden ve her iki ucunda baraj bulunan ayak yolu parçasıdır. Kapatılan sahanın ana barajından kısa bir mesafe uzaklıkta ikinci bir baraj inşa etmekle oluşturulur. İki baraj arasındaki uzaklık tercihan en az 3 m civarında olmalıdır. Bu mesafe basınç odasından daha fazla hava kaçmasına sebep olmayacaksa daha büyük olabilir. Dış taraftaki barajın mümkün olduğu kadar hava sızdırmaz olması en önemli husustur.

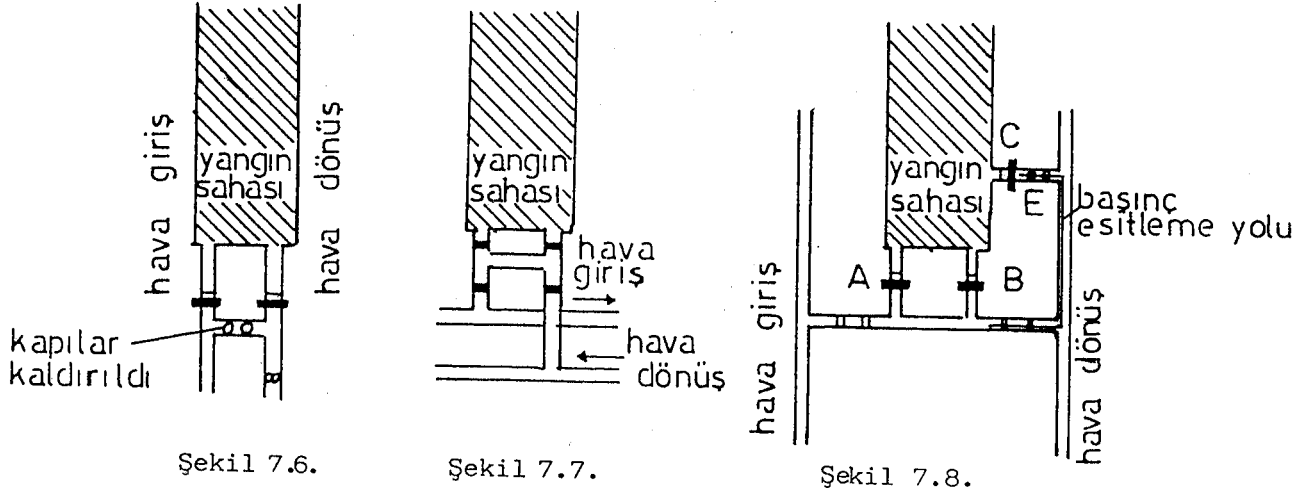
Basınç odası içindeki basınç, iç taraftaki barajın arkasında bulunan kapatılmış sahanın içindeki basınca eşit olacak şekilde kontrol edilir. Böylece iç taraftaki barajın iki yanı arasında herhangi bir basınç farkı olmayacağından ne kapatılmış saha içindeki metan veya kirli gazlar baraj arasından ocak hava yollarına ne de hava kapatılmış saha içine geçebilir.

Basınç odaları içindeki havanın basıncı aşağıdaki yollarla kontrol edilebilir.

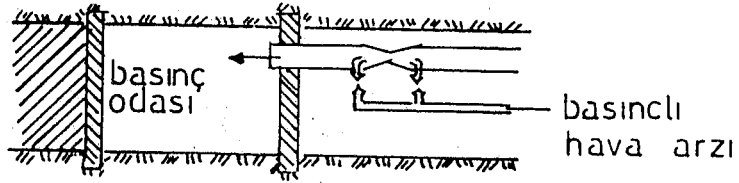
- a) Basınçlı hava
- b) Basınçlı hava enjektörü ve emicisi
- c) Tali pervaneler
- d) Ocak havalandırma basıncı

a) Basınçlı hava :

Basınç odası fevkalade hava sızdırmaz olmadıkça, büyük miktarda hava gereksinimi dolayısı ile, basıncı kontrol etmek için basınçlı hava, oda içinde sadece basıncı yükseltmek için kullanılacaktır. Bu sebeplerden dolayı genellikle elverişli değildir.

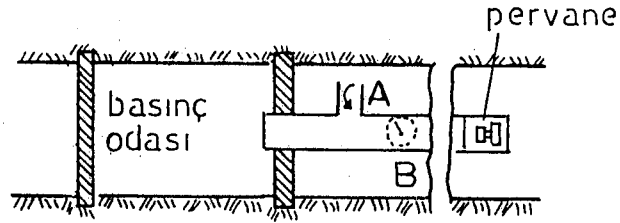


Şekil 7.6, 7.7, 7.8. Barajlar üzerindeki basınçları yol ve borularla eşitleme metodları

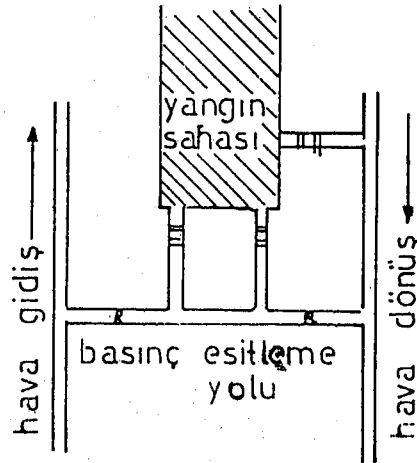


Şekil 7.9. Basıncı odasının basıncını kontrol etmek için kurulan enjektörlerin kuruluşu.

A-Kaçaklara ayarlanan vana
B-Kelebek vana



Şekil 7.10. Basiñ odasının basincını kontrol etmek için tali pervanenin kuruluşu



Şekil 7.11. Ocak havalandırma basincını kullanarak barajlar üzerindeki basincı kontrol etme metodu

b) Basınçlı hava enjektörü :

Basınçlı havanın mevcut olduğu yerlerde enjektör ve enjektörler oda içindeki basıncı kontrol etmede olumlu hizmet verirler. Uygun bir şekilde dizayn edilmiş bir enjektör 101 mm veya daha fazla basınç farkı yaratabilir. Oda basıncının kontrolü enjektörün başlıklarına gelen basınçlı hava akımı kontrol edilerek yapılır. Şema olarak aletin görünümü Şekil 7.9'da gösterilmiştir.

c) Tali pervaneler :

Elektrikle çalışan tali pervaneler basınçlı hava enjektörlerinin yerine kullanılabilir. Hızları otomatik olarak kontrol edilmedikçe basınçlı hava ile çalışan pervaneler bu amaç için uygun değildir. Çünkü basınçlı hava basıncındaki değişimler pervane hızında, dolayısıyla pervane basıncında değişmelere sebep olurlar ve bu sebepten oda basıncını gerekli hassaslıkta kontrol etmek mümkün olmayabilir.

Eğer basınç odası makul derecede hava sızdırmaz ise, oda içine gelen hava akımı küçüktür ve oda basıncı, hava borusu içindeki bir sürgü veya vana ile yeterli derecede kontrol edilemez. Böyle bir sürgü kaba başına kontrolü için gereklidir fakat hassas kontrol Şekil 7.10'da gösterildiği gibi bir T bağlantısından sızan havayı düzenleyen bir vana sayesinde yapılmalıdır.

Hava akımı düzenleyici vanalardan ikisi öyle bir şekilde ayarlanmıştır ki yeterli havayı temin eden pervanenin çalışma noktasının pervane çalışma noktasının, pervane karakteristik eğrisinin dengeli bir kısmı üzerinde bulunması sağlanabilsin.

d) Ocak havalandırma basıncı :

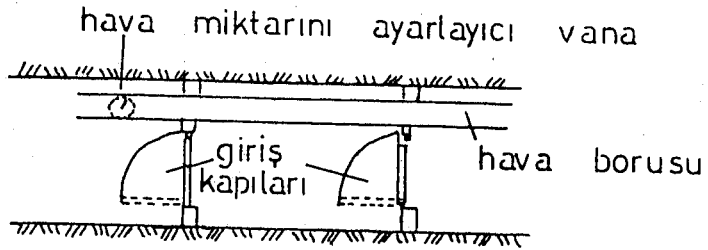
Eğer bir baraj hava giriş ve hava dönüş yollarından her ikisine de yakın ise çoğu zaman iki havayolu arasındaki basınç farkını, oda basıncını kontrol etmek için kullanmak mümkündür.

Dıştaki barajın dış tarafındaki hava, giriş havası basıncında ise, basınç odası içindeki basınç hemen hemen dönüş havası basıncına kadar azaltılabilir (Bunun için dış taraftaki baraj yeterli derecede hava sızdırmaz ve hava borusu çapı elverişli büyüklükte olmalıdır). Bu, basınç odası ve hava dönüş yolu arasında tesis edilerek Şekil 7.10'da gösterilen düzenlemeye benzer hava kaçağını düzenleyici vana ve kelebek vana ihtiva eden hava borusu ile gerçekleştirilir.

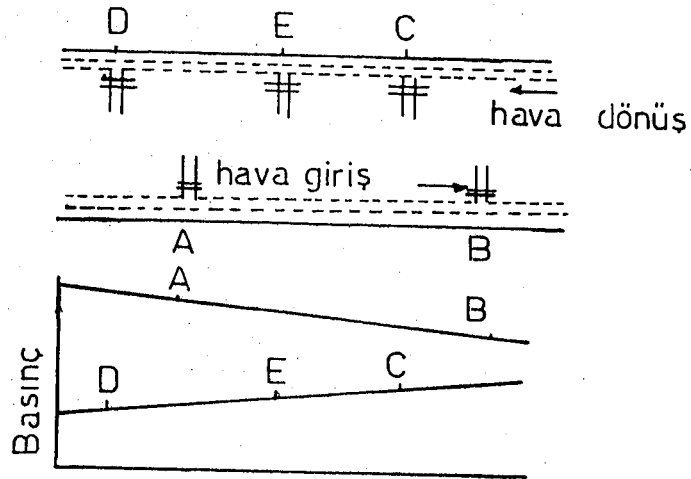
Benzer şekilde eğer dış taraftaki baraj dönüş havası basıncında ise, oda içindeki basınç, oda ve hava giriş yolu arasında tesir edilecek bir hava borusu sayesinde hemen hemen giriş havası basıncına kadar yükseltilebilir.

Şartların elverişli olduğu yerlerde uygulanabilecek ocak havalandırma basıncı kullanımının basit bir metodu şekil 7.11'de gösterilmiştir. Elverişli regülatör düzenlemeleri ile barajlar üzerindeki basınç, giriş ve dönüş hava basınçları arasında istenilen herhangi bir değere ayarlanabilir. Barajlar üzerindeki basınç dalgalanmalarını önlemek için, regülatörler Şekil 7.12'de gösterildiği gibi inşa edilmelidir. Bu durumda basınç eşitleme yolu her iki baraja da müşterek olan bir basınç alanı amacı sağlar.

Basınç odalarındaki basıncı kontrol etmek için ocak havalandırma basıncını kullanmanın en önemli dezavantajı kullanılacak basınç değerlerinin hava dönüş ve giriş yolları arasındaki basınç farkından daha az değerlerle sınırlanmış olmasıdır. Barajlar üzerindeki basınç dengelemelerine ilave olarak özellikle kapatılmış saha içindeki gazlar üzerinde etkiyen basınç değişmelerinin tesirlerini en alt düzeye indirmek için basınç odalarındaki basıncı da kontrol etme gereği varsa ocak havalandırma basıncı bu iş için yeterli olmayabilir



Şekil 7.12. Şekil 7.11'deki düzenlemede regülatörün kullanımı



Şekil 7.13. Hava kaçakları olan kapatılmış bir saha için-
deki basınç dağılımı

Basınç odaları kontrolünde metod seçimi :

Yangın sebebi ile bir saha kapatıldığı zaman, barajlar üzerindeki basınçların dengelenmesi ve buna sürekli olarak uzun bir zaman sürdü - rülmesi gereklidir. Eğer basınçların dengeleri sadece birkaç dakika için ciddi bir şekilde bozulursa, bunun doğuracağı hava dolaşımı (kapa - tılmış saha içinden) yangını tekrar canlandırabilir.

Ana ocak pervanelerinin tali pervanelere nazaran stop edilmeleri ihtimali çok daha azdır. Bu sebepten ocak havalandırma basıncı kulla - narak yapılan dengeleme tali pervane kullanılarak yapılana tercih edil - mektedir. Bu tercihin en önemli sebebi, özellikle ana ocak pervanesi stop olduğu zaman doğal havalandırmanın etkileri dışında, bütün barajlar üzerindeki havalandırma basınçları otomatik olarak eşitlenir. Fakat tali pervaneler kullanılarak dengelenmiş bir miktar baraj varsa ve bu tali pervanelerden bir tanesi istop olursa kapatılan sahadaki basınç dengesi derhah bozulur. Benzer şekilde, eğer barajlar üzerindeki ba - sınçlar kısmen tali pervaneler ve kısmen ocak havalandırma basıncı ile dengelenmiş ise, herhangi bir veya tüm tali pervaneler istop olduğu za - man kapatılan saha üzerindeki basınç dengesi derhal bozulur. Bu sebep - ten mümkün olan her yerde basınç dengelenmesi ocak havalandırma basıncı kullanılarak yapılmalıdır. Bu mümkün olmadığı yerlerde, tali pervane yerine basınçlı hava enjektör ve enjektörlerinin kullanımı uygun görül - mektedir. Çünkü basınçlı havanın istop olma durumu tali pervanelere nazaran çok daha azdır.

Kapatılmış saha içindeki basınç değerinin muhafaza edilmesi :

Kapatılan bir yangın sahası içindeki basınç mümkün olduğu kadar sabit mutlak bir değerde muhafaza edilmeli, bu sabit değer kapatılan saha ile irtibatlı hava kaçağı güzergahlarının durumu ile tayin edil - melidir. En elverişli basınç değerinin seçimi önemlidir. Şekil 7.13'de gösterilen sahayı örnek olarak gözönüne alalım.

Eğer hava giriş tarafındaki tabaka ve barajlar kaçaklı ve hava dönüş tarafındakiler değil ise, bu durumda kapatılan saha içindeki basınç hava giriş basıncında muhafaza edilmelidir. Aynı şekilde, eğer hava dönüş tarafındaki saha kaçaklı ve hava giriş tarafı kaçaklı değilse, bu durumda da kapatılan saha hava dönüş basıncında muhafaza edilmelidir. Fakat genellikle her iki taraf kaçaklı olduğundan kapatılan saha içindeki basınç hava giriş ve dönüş basınç değerleri arasındaki bir değerde muhafaza edilmelidir. Eğer kapatılan sahanın sınırı üzerinde özellikle kaçaklı bir nokta varsa, kapatılan sahadan veya kapatılan sahaya olan kaçak, kapatılan saha içindeki basıncın bahsedilen kaçaklı nokta civarında bulunan hava yolu içindeki basınca eşit bir değerde muhafaza edilmesiyle en alt düzeye indirilebilir. Örneğin Şekil 7.13. E noktasında, içinde etkili bir baraj yapmanın imkansız olduğu eski bir yol varsa eski yol içinden olan kaçak, kapalı saha içindeki basıncın hava dönüş yolunda E noktasındaki basınca eşit tutulmasıyla önlenir.

Ocak hava yollarındaki havalandırma basıncının hava giriş kuyularından hava çıkış kuyularına doğru kademeli olarak azaldığı gerçeğini de hesaba katılması hususu çok önemlidir. Bu sebepten Şekil 7.13'deki basınç diyagramında havalandırma basıncı A noktasında B ye, C ye, D ye doğru azalmaktadır. Bu çeşit basınç diyagramları, basınç etüdlerinin sonuçlarından çıkarılmış olup, herhangi iki nokta arasındaki basınç farkını kolaylıkla tayin etmemizi sağlarlar. Eğer A ve B veya C ve D noktaları arasındaki tabakalar kaçaklı ise, ya kapatılan saha içinde veya gösterilen dört barajda, kapatılan saha içine her türlü hava akımını ve sahadan dışarıya gaz gelirini önleyecek basınç seçimlerini yapmak imkansızdır. Seçilen basınç her bir durumda, şartlara göre mümkün olan en iyi yaklaşım olmalıdır. Fakat tüm durumlarda ana amaç yangının yatağında durgun bir zonun muhafaza edilmesidir.

İdeal olarak kapatılan sahadaki mutlak basınç, atmosfer basıncı değişmelerinden dolayı sahadaki gazların solunması (sahadan içeri ve

dışarı akım) için ya sabit bir değerde ya da barometrik basınç ne kadar yükselirse yükselsin hava yollarındaki basıncın daima üzerinde olacak yeterli yükseklikte muhafaza edilmelidir. Son bahsedilen şartlara ancak kapatılan sahanın tamamı geçirgen olmayan taş ve artık kömür ile çevrelenmiş ise ve yakın çevrede ve aşağıdakiya da yukarıda havalandırma sistemi ile bağlantıları olan çalışma yerleri yoksa erişilebilir. Bu gibi şartlar, örneğin yangın sahasına giden yollar sadece kırılmamış tabaka içindeki rekup lağımları olduğu zaman meydana gelebilir. Çoğu zaman yangın sahasını ocak hava yollarından tamamen izole etmek imkansız olacaktır. Herhangi gaz veya hava akımını önlemek için basınç odalarının kontrolü her ne kadar yapılsa da barometrik basınçtaki değişimler yangın sahasının solmasına sebep olacaktır. Barometrik basınç yükseldiği zaman, hava kaçak güzergahlarından kapalı sahaya girmeye eğilim gösterecek, barometrik basınç düştüğü zaman kapalı saha içindeki atmosfer ocak hava yollarına taşacaktır.

Bu sebepten, kaçaklı bir saha içindeki hava veya diğer gazların hareketini tamamen kontrol altında tutmanın sadece basınç odaları sayesinde mümkün olamayacağı ve herhangi kapatılmış bir sahanın kaçacağını pratikte mümkün olduğu kadar en alt düzeye indirmenin daima gerekli olduğu açıktır.

Taşma noktaları :

Kapatılmış bir sahanın içine sızan hava ve kapatılmış saha içinde oluşan metan bu saha içindeki basıncın istenen değer üstüne çıkmasına sebep olabilir. Bu sebepten saha için bir taşma sağlamak gerekli olmaktadır. Taşma noktasının yerini seçmek fevkalade önemlidir. Bu her durumun şartlarına uygun seçilmelidir. Fakat benimsenecek prensip, taşma noktası yerinin yangının üzerinden temiz hava geçmesine sebep olmayacak mümkün olan en uzak mesafede seçilmesi olmalıdır. Örneğin eğer kapalı bir saha birden fazla basınç odaları ile kontrol ediliyorsa ve

yangın mahalli bir basınç odasına yakın ise, yangının çevresindeki atmosferi kötü durumda tutmak için taşma noktası yangından mümkün olan en usak mesafe seçilmelidir.

Eğer kapatılmış saha yüksek oranda karbonmonooksit içeren gazlar ile dolu ise taşma noktasını seçerken gazların bu noktadan emniyetli bir şekilde atılması hususu gözönünde bulundurulmalıdır. Benzer şekilde, kapatılmış bir sahadan metan geliri olan gazlı bir ocakta metanın emniyetli bir şekilde dışarı atılması da hesaba katılmalıdır. Diğer taraftan, eğer kapatılmış saha kaçaklı ise gazların ocak hava yollarına verildiği taşma noktalarını kontrol altında tutmak mümkün olmayabilir.

Kapatılmış bir saha içindeki basıncı sürekli olarak ocak hava yollarındaki basınçtan yüksek tutabilmek, saha içinde yeterli büyüklükte ve süreklilikteki metan gelirinin varlığı ile mümkündür. Bu gibi durumlarda, kapatılmış sahadaki mutlak basıncın istenen değerde tutabilmesini sağlayacak düzenli bir oranda sahadan sadece gazı emmek (barajlardan biri arasından geçen boru sayesinde) yeterli olacaktır.

Fakat sahanın tamamen sızdırmaz yapılmadığı yerlerde, daha önce de bahsedildiği gibi barometrik basıncın değişmesi ile sahanın içeri ve dışarı solumasını önlemek mümkün değildir. Böyle hallerde barometrik basıncın yükselmesi sırasında sahaya hava girişini minimuma indirmek ve özellikle yangın yerine doğru olan hava akımını en alt düzeye indirecek şekilde basınç odaları kontrol edilmelidir. Barometrik değişimler sırasındaki sahanın soluması sahadan taşma oranının elverişli kontrolu sayesinde azaltılabilir. Barometrik basınç düştüğü zaman taşma oranı arttırılır, basınç yükseldiği zaman taşma oranı azaltılır. veya muhtemelen durdurulur. Kapatılmış sahalardaki metan gelirini kontrol etmede alternatif bir metod başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu metod ile akustik veya başka bir metan ölçeri, barajın gerisinden boru

içinden emilen gazların metan miktarını ölçmekte olup kapalı sahadan emilen gazların oranını bunların metan içeriği daha önceden tayin edilmiş sınırlar içinde kalacak şekilde kontrol etmek üzere ayarlanır. Herhangi bir özel durum için seçilen üst ve alt sınırlar deneyin ortaya koyacağı, sahaya hava girişini ve sahadan ocak havayollarına kaçan aşırı gaz miktarını en iyi şekilde önleyen değerlerdir. Akılda tutulması gereken önemli bir nokta kapalı bir saha ve bitişiğindeki bir saha (kapalı olsun veya olmasın) arasındaki basınç farkının ikisi arasında muhtemelen erişilmeyecek ve tehlike arz edebilecek bir yerde hava kaçağı ile sonuçlanabileceği ihtimalidir. Bu durumda sahalardan biri tamamen veya kısmen, diğerinin dönüşüne giriş olarak rol oynamaktadır. Bunun kanıtlanması değişik barajlardaki basınç farkları ve barajların iç ve dış taraflarındaki alınan atmosfer numunelerinin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ile sağlanabilir.

Bir basınç odasının malzemesi :

Bir basınç odası için normal olarak gereken malzemeler şunlardır:

1. Şekil 42'de gösterilen bir numune alma borusu

2. Sıra ile basınç odasının dış tarafından içeri ve iç taraftaki barajın iç tarafında uzanan 0,5 -1 inç çapında iki tüple en az 0.01 inç su sütunu hassasiyetinde eğik bir U-tüpü monometre. Bu monometre iç taraftaki barajın iki yanı arasındaki basınç farkını ölçmek içindir.

3. Barajın iç ve dış tarafı arasındaki basınç farkını ölçmek için eğik bir U-tüpü monometre. Eğer bu basınç 1 inç su sütunu geçecekse dikey bir U-tüpü monometre kullanılabilir.

Arzu edilirse değişim tapaları ile donatılmış bir monometre hem baraj-basınç odası hem de baraj-havayolu basınç farklarını ölçmek için kullanılabilir.

4. Şartların gereksinimine göre basınç odasına hava vererek veya odadan hava emerek veya her ikisini de yaparak basınç odasındaki basıncı kontrol etmede kullanılan aletler.

5. Bir mikrobarograf (Birden fazla basınç odasına hizmet eden bir araç)

Bunlara ilaveten eğer baraj bir taşma noktası olarak kullanılacaksa:

6. Eğer mümkünse iç taraftaki barajın en az 20 yarda kadar içerisinden metan drenaj sistemine bağlanan bir boru (veya böyle bir sistem mevcut değilse borunun ucu metan drenaj sistemi yerine gazın dönüş havasına emniyetle verilebileceği bir nokta tesbit edilebilir). Hiçbir durumda borunun çapı 6 inçten az olmamalı ve hatta bazan daha büyük çapta olmalıdır. Kullanılacak boru büyüklüğünün mevcut basınç farkı ile gerekli maksimum gaz akımını geçirmeye elverişli olup olmadığı kontrol edilmelidir.

7. Yukarıdaki drenaj borusu şunları ihtiva etmelidir:

- Gaz akımını kontrol edecek bir vana
- Gaz akımını ölçmek için bir eğik monometre
- Bir gaz numune alma tapası

Tercihan, aletler çok yönlü amaca hizmet edecek şekilde seçilmelidir. Örneğin, kaydedici aletler basınç ve gaz akımı için kullanılabilir. Kapatılan saha ve ocak yolları arasında kurulmuş olan kaydedici basınç ölçeri kapatılmış saha içinde özellikle saha kapatıldıktan hemen sonraki süreç sırasındaki ve ocakta kimse olmadığı zaman meydana gelebilecek bir patlamayı kaydetmede yararlı olabilir.

Basınç odalarının kontrolü:

Her basınç odası içindeki basınç, iç taraftaki barajın iki yanı arasındaki basınç farkı sıfır olacak şekilde kontrol edilmelidir.

Eğer basınç aynı zamanda bir taşma noktası ise, barajın arkasındaki gaz drenajı da, havanın içeri girişini ve zararlı gazların sahadan çıkışını minimuma indirecek şekilde kontrol edilmelidir. Bu amaçlar için insan tarafından kontrol edilen bir baraj eğitilmiş bir şahıs tarafından en az her vardiya bir sefer kontrol edilmelidir. Eğer barometrik basınç süratle değişiyorsa, daha sık gözlemler yapılması gereklidir. Eğer operatör, barometrenin ne zaman süratle düşüp veya yükseleceğini daha önceden biliyorsa, basınç barajlarının tam kontrolu kolaylaşacaktır. Meteoroloji istasyonu ile anlaşma yapılarak barometrenin üç saat içinde 0,12 inç Hg den fazla bir oranda yükselip ve düşeceğini saptanması durumunda telefonla ocak yönetimini uarması sağlanabilir.

Fakat, barometrik değişimlere ilaveten, ocak havalandırma basınç farklarındaki değişimler kapatılmış saha ve barajlar üzerindeki basınç dengelerini bozacaktır. Her basınç odasını vardiyalarda birer sefer ziyaret etmekle bu bozulmuş basınç dengelerini düzeltmek mümkün değildir. Hassas ve sürekli kontrolün gerekli olduğu bütün önemli barajlar için, basınç odalarının otomatik kontrolü gereklidir.

Otomatik kontrol için gerekli aletler güvenilir olup karmaşık değildir. Alet için basınçlı hava temini gereklidir. Eğer istenirse bu elektrik tahrikli çok küçük hava kompresöründen elde edilebilir. Kapatılmış saha ve basınç odası arasındaki basınç farkını istenen değerin 0,01 inç sınırı içinde kontrol edecek 0,001 inç değerindeki basınç farklarına duyarlı, elverişli otomatik kontrol aleti bulmak mümkündür.

7.9. Yeraltındaki Kızışma ve Yangınların Gelişme ve Kontrolü ile İlgili Olarak Yapılan Ocak Hava Analizlerinin Yorumlanması:

Üretilen karbonmonooksit ve emilen oksijen arasındaki ilişkiye eklenecek değeri ve baraj arasındaki atmosferden alınan numuneler içinde bulunan, devam eden yangının veya kendiliğinden tutuşma gelişiminin bir

işareti olan diğer bütün gazlar arasındaki ilişkiyi gözönünde bulundurulmalıdır. Uzun yıllar boyunca kıymetini kanıtlamış bu ilişkilere büyük önem verilmektedir. Burada, bunların sadece barajlar arkasındaki atmosferden alınan numunelere göre değil, fakat aynı zamanda kapatma işleminden önce hava akımı içinde alınan numunelere göre de mukayese edilmesi uygun görülmektedir.

Yanmanın ürünleri :

Bir kömür ocağında, kükürt gibi azınlıktaki maddelerin oksidasyon ürünleri ihmal edildiğinde, kömür, ağaç ve diğer yanıcı maddelerin tam yanmasında rastlanılan ürünler karbondioksit ve sudur. Meydana gelen karbondioksit ve suyun, kullanılan oksijene göre oranları yanan maddelerin yapısına göre değişir. Pratikte yanma nadiren tam olduğundan, karbonmonoksit ve yanmamış damıtma ürünlerine yanmanın ürünleri içinde daha küçük miktarlarda rastlanılmaktadır.

Daha küçük ısı değerlerinde (örneğin 200°C ye kadar) ocakta rastlanılan yabancı maddelerin çoğu oldukça az okside olurlar. Bu hususta kömürün davranışı değişik olup, ısı derecesi ne olursa olsun yapısı ve fiziksel şartlara göre az veya çok oksitlenir. Oksidasyon oranı ısı ile kademeli olarak artar. Kömürdeki kendiliğinden kızışmanın sorumlusu ısı üreten bu reaksiyondur. Bu oksidasyonda kullanılan oksijenin çoğu kömür maddesi içinde emilir ve gaz şeklinde ortaya çıkmaz. Fakat bir miktarı ısının artması ile su ve karbondioksit ve çok daha küçük oranda karbon olarak tekrar belirlenir.

Mantar ve bakteriyel etkiler tarafından diğer organik maddelerin en başta da ocakta rastlanılan ağacın çürüme ürünlerini de gözönünde bulundurmamak gereklidir. Burada kullanılan oksijen, karbondioksit gibi çok az miktarda görünmektedir. Karbonmonoksit ise ihmal edilecek kadar azdır. Gerçekten, bakterilerin mevcudiyetinde, var olan karbonmonoksitin oksidasyon ile yok olmaya eğilim göstereceğine dair bir çok

kanıt vardır. Reaksiyon yavaş olup, tesir sadece kapatılmış sahalar ve diğer durgun atmosferlerde göze çarpmaktadır. Piritlerin oksidasyonu ve de nem ve karbondioksitin mevcudiyetinde demirin paslanması az veya hiç gaz ürünü vermekte fakat kapatılmış sahalar ve diğer durgun atmosferlerde oksijen miktarını ölçülebilir oranda azaltmaya yeterli olabilmektedir.

Karbondioksit + Artık nitrojen karışımı (Blackdamp)

Bu oksidasyon işlemlerinin ana etkisi, atmosferdeki oksijenin bir kısmını uzaklaştırarak, artık azot ile beraber bir miktar karbondioksit ve genellikle biraz karbonmonoksit bırakmaktadır. "Blackdamp" terimi bu karbondioksit ve artık azot karışımının solunum veya alevi desteklemeye elverişli olmadığını işaret etmek için kullanılmaktadır. Bu karışım aynı zamanda daha küçük oranlarda, tabaka gazı içindeki metan gazı ile ilgili gazları ve tabaka içindeki karbonatların asit suyu tarafından ayrıştırılması ile üretilen karbondioksiti de ihtiva etmektedir.

Toparlanacak olursa, sadece kömürün düşük derecede oksidasyonundan oluşan blackdamp % 95 azot, % 5 veya daha az karbondioksit ihtiva etmekte olup karbondioksit miktarı akkor halindeki yanmayla artan oksidasyon ısısı ile % 10-12 ye kadar yükselebilir. Ağaç çürümesinden oluşan blackdamp % 20 ye kadar karbondioksit ihtiva edebilir iken, oksidasyon haricinde tabakadan üretilen blackdamp çok değişik kompozisyona sahip olmaktadır.

Bu sebepten, bir ocakta normal olarak rastlanan blackdamp'ın cinsi ve kaynağı hakkındaki bilgiler, eğer ocak atmosferinin kompozisyonu kızışmaların mevcudiyeti ve gelişmesine bir rehber olarak kullanılacak ise değerlidir. Blackdamp'ın birkaç kaynaktan olan artışı da barometrik değişmelerin etkileri de hesaba katılmalıdır.

Kızışmaların ilerlemesini inceleme :

Oksidasyona uğrayan maddenin ısı artışı ile, su buharı karbondioksit ve karbonmonoksit gibi gaz halindeki oksidasyon ürünleri üretimdeki artış, kızışmanın ilerlemesini yorumlamada derhal bir vasıta ortaya koymaktadır. Bu ürünler içinde sadece karbonmonoksit oksidasyon işlemine özgüdür. Diğer ürünler daha büyük miktarda olduğu halde başka kaynaklardan gelebilir. Bu durum, bunların yararına safdışı etmemekte fakat güvenilir bir şekilde kullanılabilirdikleri durumları sınırlamaktadır.

Kızışma ve yangınların tesbiti :

Kömürün kızışmasının bir işareti olarak kullanılan "koku" ve "terleme" uzun zamandan beri geçerli bir tecrübe konusudur. Araştırmacıların emilen oksijen (bu karbonmonoksit olarak belirlenir) oranının oksidasyona uğrayan kömür ısı ile artması gözlemi, onu yeraltındaki kızışmaların tesbit ve değerlendirilmesinde daha kesin bir prensip sağlayabileceği önerisini sunmaya sevketmiştir. Bu uygulamanın o zamandan beri büyük değer taşıdığı kanıtlanmıştır.

şuna dikkat edilmelidir ki, başlangıçta emilen çok az miktardaki oksijen (bu karbonmonoksit olarak belirlenir) sadece kömür ısı derecesi ile değil aynı zamanda oksidasyonun süresi ve oksidasyonu uğrayan kömürün cinsi ile değişir. Normal ocak şartlarında bunun sıfır ile % 1 arasında değiştiği bulunmuştur. Bu sebepten genellikle uygulanabilecek bir norm ortaya konulmamaktadır. Bu tecrübe ile her ocak ve kömür damarı için ve hatta bazan ocaktaki her kesim için ayrı ayrı tayin edilmelidir.

Bunu takiben, gözönüne alınacak olan karbonmonoksit üretiminin değeri veya bu değerin emilen oksijene oranı değil, fakat bu rakamların norma bağlı olarak gösterdiği trend'dir. Üretilen karbonmonoksit

miktarı veya "karbonmonoksit / oksijen azalması" oranının normal değerinin üzerindeki önemli herhangi bir artışı ile kızışmadan şüphelenilmesi ve ara numuneler alınarak kaynağa doğru iz sürülmelidir. Elde edilen karbonmonoksit miktarı veya "karbonmonoksit / oksijen azalması" oranı değerlerine büyük güven duyulmaması lazım geldiği hususu hakkındaki soru sık sık ortaya atılmaktadır. Cevap şartlara bağlıdır. Herbirinin kullanımı ve sınırlamaları vardır. Hedef, mevcut analitik sonuçlardan maksimum bilgiyi elde etmek olmalıdır.

Karbonmonoksit üretimi :

Ocak hava numunesinin en kısa zamanda sağlanan ilgili malumatı ayrı analitik işlemle ve oldukça hassas (örneğin hacimsel olarak 2 ppm) bir şekilde tayin edilen karbonmonoksit miktarıdır. Eğer hava numuneleri ana hava dönüş ve tek tek panoların hava dönüş yollarından muntazam zaman alınıyorsa ve bu yerlerdeki hava miktarlarında değişiklik yoksa, kaydedilen karbonmonoksit miktarları ocağın bu kesimleri için hem norm hem de karbonmonoksit değişimi hakkında basit ve iyi bir göstericilik görevi yaparlar.

Havalandırmada değişiklikler olduğu zaman, numunenin tayin edilen karbonmonoksit miktarını, numunenin alındığı noktadan geçen hava miktarı ile çarparak üretilen karbonmonoksit oranları miktarsal (dakikadam³) olarak ifade edilebilir. Bu sebepten ana numune noktalarından geçen hava miktarının bilinmesi ve bunun gerektiği kadar sıkı olarak kontrol edilmesi gereklidir.

Bu işlem aynı zamanda, oluşmakta olan oksidasyon miktarı hakkında yaklaşık bir fikir vermektedir. Bundan kasıt oksidasyona uğramakta olan maddenin ürünü ve oksidasyon reaksiyonunun ortalama şiddetidir.

"Karbonmonoksit / Oksijen azalması" oranı :

Tayin edilebildiği yerlerde, "CO / Oksijen azalması" oranının

kullanımı, oksidasyon işlemleri, özellikle aktif yangına doğru eğilim gösteren başlangıç aşamaları sırasında, fazladan ve çoğunlukla daha özgü bilgiler vermektedir.

Bu oran, karbonmonoksit üretiminin miktarı ile oksitlenmekte olan madde tarafından alıkonan oksijeni kıyasladığından, oksidize olan maddenin miktarına bağımlı değildir ve bunun hakkında hiçbir fikir vermez, fakat oksidize olmakta olan kütlenin ortalama şiddeti (esas itibarıyla ısı derecesi) ve bu sebepten de direk olarak tehlike başlangıcını işaret eder.

Bundan dolayı oran, en iyi bir şekilde karbonmonoksit üretiminin doğrudan kaydedilen miktarı yerine değil, buna bir ilave olarak kullanılır. "CO/O₂ azalması" oranının kullanımındaki temel sınırlama, bazı durumlarda, oranın paydasını teşkil eden O₂ azalmasının, yeterli hassasiyet ile tayinindeki güçlüklerinden kaynaklanmaktadır. İlk olarak bu, ocak hava numunesinin tam bir analizini gerektirir. Numunedeki azot miktarı fark alınarak tayin edilir. Daha sonra bu azot miktarı ile temiz hava içinde bulunması gereken oksijen hesaplanır. Hesaplanan oksijen miktarı ile tayin edilen oksijen miktarı arasındaki fark oksijen azalmasını verir. Bu işlem % 0,05 veya daha fazla bir analitik hata verebilir. Numunenin metan içeriği yüksek olduğu yerde tabaka gazındaki metan ile birlikte bulunan azot gazının varlığı sebebiyle genellikle küçük olsa da bir hata daha ortaya çıkabilir.

Oksijen azalması, CO üretimi ve CO/O₂ azalması kullanımında yapılan araştırmalar:

"CO/O₂ azalması" oranı kompozisyon içindeki değişmelerin birleşik etkilerinin bir ölçümünü verir. Değişimlerin hepsine kızışma veya yangının hemen civarındaki şartlar sebep olmaktadır.

Doğrudan yangın sahası içinden geçen bir hava akımını ele alalım. Bu hava akımı yangın sahasına erişmeden önce biraz oksijen kaybına

uğramış olabilir ve en şiddetli ısınma zonuna yaklaşırken de daha fazla oksijen kaybına uğrayabilir. Oksijen kaybı bu zon ile numune noktası arasında da devam edebilir. Buna bağlı olarak karbonmonoksit üretimlerinin olacağı doğrudur. Fakat karbonmonoksit üretimleri, en şiddetli ısınma zonlarındaki ısının alttaki ısılarda olan oksidasyondan dolayı ise, birleşik etki, teşekkül eden karbonmonoksitin emilen oksijene olan oranını bu zona tekabül eden oranın altına düşürecek yönde olacaktır.

Bu seri etkiler yanında, hava akımının bir kısmının numune noktasına erişmeden önce, şiddetli ısınma zonundan geçmemesinden doğan benzer etkiler olabilir. Numune, metan veya temiz hava ile sulandırıldığı sürece "CO/O₂ azalması" oranı bundan etkilenmeyecektir. Fakat genellikle olduğu üzere eğer sulandırılan hava, temiz havadakinin daha altında bir oksijen-azot oranına sahipse bu paralel sulandırma yine, ölçülen "CO/O₂ azalması" oranını en şiddetli ısınma zonuna tekabül eden "CO/O₂ azalması" oranının altına düşürecektir. Bu sebepten, seri ve paralel etkilerin her ikisinden dolayı, gözlenen "CO/O₂ azalması" oranı ısınmanın maksimum şiddetini olduğundan daha aşağıda tehmin etmektedir.

Çoğunlukla bu etki, ocak hava numunesinin varsayılan temiz hava ile doğrudan kıyaslama uygulamasından kaynaklanmaktadır. Sonuç, özellikle konu olan ocak kesimine özgü değil de, dışarıdaki atmosfer ve numune noktası arasındaki tüm ocakla ilgili olarak yapılan ölçüm ve hesaplamalar olmaktadır.

Tesir altında kalan saha içindeki şartların daha gerçek bir görüntüsünü elde etmek için, en şiddetli ısınma zonunun aşağı ve yukarısında alınan hava numunelerini kıyaslamak bariz bir şekilde gerekli olmaktadır. Bir yangın veya kızışma hakkında şüphe olduğu zaman bunun mevkii ve gelişmesiyle ilgili tam bilgileri elde etmek için, şüpheli sahanın aşağı ve yukarısında ve sahaya mümkün olduğu kadar yakın mesafede

numuneler almak gerekli olmaktadır.

Bu numunelerden iki nokta arasında meydana gelen gerçek oksijen emilmesi ve karbonmonoksit üretimi hakkında bir ölçü elde edilebilir ve eğer oksijen emilmesi yeterli derecede büyük ise, iki numune noktası arasındaki zon için, elde edilen değerlerden " CO/O_2 azalması" oranı hesaplanabilir. İki numune noktası arasındaki atmosferin kompozisyonunun değişimi ne kadar büyük olursa bu işlem o kadar güvenilir olmaktadır. Bu sebepten, havalandırma az veya kızışma yeterli derecede gelişmiş durumda ise oksijen emilmesi büyük olacaktır.

Kızışma ve yangınların gelişmesi hakkında değerlendirme :

Kızışma ve yangınların gelişmesi ve sönmesi hakkında bir değerlendirme yapmak için kurulan mevcut metodlar, gelişmenin erken safhalarında takip edilmesi gereken metodlarla aynı fakat değişmelerin boyutları daha büyük olduğundan onlardan daha geniş kapsamlıdır. Bu sebepten en özgü olması dolayısı ile karbonmonoksit yangının durumu hakkında en yararlı kriteri sağlamaya devam ederken, buna ek bilgiler mevcut karbondioksit miktarındaki değişmelerden elde edilebilir. Aynı zamanda aktif yangınlardan dolayı belirlenen ürünleri, başlıcası yangın gazları ve hatta bazan çok miktarda hidrojen ihtiva eden su gazı ortaya çıkabilir.

Karbon monoksit :

Karbonmonoksit üretiminin miktarı ve özellikle bunun oksijen azalması oranı bir yangının seyri hakkında en özgü işareti verir. Daha önce de belirtildiği gibi bu değerler ocaktan ocağa ve hatta aynı damara ait iki pano arasında bile büyük ölçüde değişir ve bunların ayrı ayrı değerlerinden ziyade mutlak değerleri önemlidir. Bununla beraber bir kızışma veya yangının seyri sırasında " CO/O_2 azalması" oranının olacağı birçok değişik değerlerin ne mana ifade ettiği hakkında genel bir işaret vermek yararlı olacaktır.

Daha önce de işaret edildiği gibi, oranın normal değeri üzerindeki küçük artışlar bile kızışmanın erken aşaması hakkında bir uyarı olarak belirtilmelidir. Diğer taraftan daha büyük artışlar, örneğin 0,5 veya % 1, sadece mevzii olabilme durumu olsa da aktif yangına doğru giden, haman hemen kesin, ciddi bir kızışmanın varlığı hakkında vahim şüpheler uyandırır.

Yangının şiddeti arttıkça, oranın değeri % 10 veya daha fazlaya kadar yükselebilir. Daha yüksek oranlar kömür gazı veya akkor halindeki maddenin üzerinden hava veya su buharının geçmesiyle oluşan su gazının mevcudiyetini işaret eder. Patlama ile karbonmonoksit ve hidrojen teşekkülünün ihtimali mutlaka akla getirilmelidir. Bu gibi atmosferlerin, iyi bir şekilde kapatılmış sahalar içinde gözlenmiş olması, yangının mutlaka hala aktif olduğu manasına gelmez, bunlar geçmişteki olaylardan arta kalan ürünler olabilir. Fakat bunların mevcudiyeti ciddi bir şekilde ele alınmalıdır.

Karbondioksit ve CO_2/O_2 azalması" oranı:

Karbondioksit, oluşumu başka yerde meydana gelmeseydi, kızışma veya yangının gelişimi hakkında en doğrudan bilgiyi verecektir. Karbondioksitin bu amaçla kullanılabilmesinden önce, ocağın diğer kesimlerindeki normal karbondioksit üretiminin ve buna bağlı oksijen emilmesinin mümkün olduğu kadar tam açıklanmasını elde etmek gerekli olacaktır. Eğer bu gibi yerlerde alınan değerler çok küçükse ihmal edilebilir. Teşir altında kalan veya numune alınabilir saha boyunca karbondioksit, "CO₂ / Oksijen kaybı" grafiğini çizmek, böylece maksimum noktasından yok olma noktasına kadar geçirdiği aşama sırasında ısınmanın boyut ve şiddetini izlemek mümkün olur.

"Karbondioksit / Metan" oranı:

Verilen bir maddenin üretim oranınının hesaplamasının genel bir metodu ortamda bunu ihtiva eden diğer bir maddeye göre miktarını tayin

etmektedir. Eğer, ocağın herhangi bir bölümündeki metan üretimi oranının oldukça sabit olduğu varsayılmaktadır ve bu bölümdeki karbondioksit üretimi oranı " CO_2 / Metan" oranınının tabaka gazı içinde normal olarak metan ile beraber bulunan karbondioksitin oranı ve bölümde normal olarak üretilen ve metan gelirininin bir miktarı olarak ifade edilen karbondioksiti temsil etmektedir.

" CO_2 / Metan" oranı bazı durumlarda, gelişen ve sanradan yatışan bir yangının gidişatı hakkında yararlı bir klavuzluk görevi sağlamaktadır. Bunun güvenilirliği için değişen şartlarda daha fazla deneyime ihtiyaç vardır. Şüphesiz bu sadece, havalandırma veya metan gelirininin ısınma bölgelerinden numune noktasına bir atmosfer akımı sağlayacak yeterlilikte olduğu yerlerde kullanılabilir.

Yangınların sönmesi :

Alevli yanma normal olarak, çevredeki atmosfer içinde bulunan oksijenin % 12 nin altına düşmesiyle sona erer, fakat açık alevin bu sone erişti, yangının sönüşününün sadece ilk aşamasıdır. Çok daha düşük miktarda oksijen ihtiva eden atmosferler, katı haldeki yanıcı maddenin akkor durumunu muhafaza ettirmede yeterli olurken, için için yavaş yavaş yanmalar daha düşük yüzdelerde devam edebilir. Çeşitli araştırmacıların bu konuda yaptığı çalışmalar şu şekilde açıklanmaktadır. "Bir barajın arkasındaki atmosferin oksijen miktarı % 5 te kalır veya bunun üzerinde yükselirse, sönmekte olan bir yangının bu durumu devam edebilir veya daha ileri bir faaliyete dönüşebilir. Yeraltında iyi ısı yalıtımı şartları altında, kapatılmış saha atmosferinin içindeki sadece % 1 veya %2 kadarı sürekli oksijen mevcudiyeti kızışmayı süresiz olarak muhafaza edebilir".

Çok düşük oksijen miktarı ihtiva eden bir atmosferin, yangın söndürmede etken olsa da, tamamen sönmesi için bir garanti olmadığına dikkat edilmelidir.

Bu gözlemler, son aşaması kesinlikle bilinmeyen erişilmesi imkansız bir yangın için çok önemlidir. Bir ocak yangınının sönüp sönmemesi ile ilgili verilecek karar çok güç olmaktadır. Çünkü büyük katı kütlelerini ilgilendiren yangınlar için, aktif yangın ile yangının muhtemelen nüksedeceği bir durum arasında hemen hemen sürekli bir gelişme vardır. Pratik amaçlar için, bir ocak yangını, ne hava arzında ne de sönmesine müsaade etmek için gereken zaman içinde, sahayı teftiş sırasında ve sıcak maddeyi uzaklaştırmada veya soğutma sırasında hemen aktif duruma geçmediği zaman biz bunu sönmüş olarak tarif ederiz. Şüphesiz iyi bir emniyet aralığı da hesaba katılmalıdır.

Ana tehlikeler büyük kütle halindeki ısınmış maddenin sadece yavaş bir şekilde soğuması ile önlenemez. Yangın muhtemelen daha sıcak hatta akkor halindeki mevzii nüvenin mevcudiyetinden tekrar nüksedebilir. Hatta küçük bir nüve yangını tekrar başlatabileceği gibi, çok küçük alev veya akkor halindeki madde metanı ateşleyebilir.

Bu gerçeklerle yüzyüze gelindiğinde, bir yangının sönmeye doğru geçirdiği aşamalar takip edilebildiği halde, yangının kesin bir şekilde söndüğünü işaret eden hiçbir pozitif kriterin mevcut olmadığı görülmektedir.

Bunu takiben, yangın sahasının tekrar açılıp açılmaması üzerine karar verilirken ve eğer karar açılması yönünde ise bunun ne zaman ve nasıl yapılacağı hakkında fevkalade dikkatli olunmaktadır. Birçok durumlarda sönmenin kesinliğe yaklaşan yüksek olasılığına yukarıda tarif edilen trend'lerin incelenmesi ile erişilebilir. Fakat bu sonuç kabul edilmeden önce, yangın sahası içindeki gerçek şartların ışığında, aktif yangın ile mevzii için için yanmaları sürdüreceği yerel hava akımlarına muhtemelen maruz kalma durumu arasında geçen zamanla ilgili olarak, ısınmış maddenin tabiatı, miktarı ve soğutmadaki serbestisi gibi temel noktalar dikkatle gözden geçirilmelidir. Tecrübe, ocak atmosferine

serbestçe açık olmayan büyük kütleleri ilgilendiren yangınlar veya kı-
zışmaların söğmesi için müsaade edilen zamanın aylardan ziyade yıllar-
la ölçülmesini gerektirebileceğinden işaret etmektedir. Ocak yolların-
daki açık yangınlar için, yangın derin bir şekilde nüfuz etmemişse, da-
ha kısa bir süre müsaade edilebilir.

İşaretlerin olumlu olduğu varsayıldığında, sahayı tekrar açma ça-
lışmalarının planlanması sırasında uzun süre hava ile temasta yangının
tekrar nüksetmesi ihtimali, sahanın süratle temizlenmesi ve hazırlan-
masında ortaya çıkabilecek güçlükler ve çalışmalar sırasında muhtemel
gaz mevcudiyeti ve hareketi mutlaka hesaba katılmalıdır (11).

8. DOLGU (RAMBLE) SİSTEMLERİNİN ETÜDÜ

8.1. Dolgu Sistemi ve Uygulama Alanları

Dolgu üretim yapılarak açılan bir alanın, kısmen veya tamamen el, gravite, mekanik, pnömatik ve hidrolik araçlar kullanılarak doldurulmasını öngören sistemdir. Bu sistem tavan tabakaları en az derecede bozulduğu için, yerleşmiş şehir bölgeleri, üstte büyük su kütlesi bulunan yerlerde bu suyun ocağa en az girmesini sağladığı için uygulanır. Bunun yanında göçertilmesi zor olan çok sağlam tavanlı uzun ayaklarda da uygulanır.

Oda topuk yöntemlerinde yeryüzü hareketleri en az hissedilir. Ancak, bırakılan topuklarda kalan rezerv ve bu topukların zamanla bozulmaları yangın çıkarmaları bakımından büyük sakıncalar doğurur. Derinlere inildikçe topuk boyutlarının artma zorunluluğu sistemin ekonomisini büyük ölçüde azaltır.

Tam göçertme sistemi maliyet bakımından en avantajlı olmasına karşın, özellikle yerleşmiş bölgelerde uygulaması, yeryüzü tasmanları açısından büyük problemler ve ödemeleri zorunlu kılar. Çok sert tavanlı uzun ayaklarda ana tavanın göçmemesi ve zaman zaman aniden oturarak bütün tahkimatı ezmesi de büyük sakıncalar doğurur.

Yeryüzü hareketleri, çevre sorunları bakımından "Dolgulu yöntemler" gittikçe uygulama alanları bulmaktadır. Ancak alınan yerin doldurulması zor bir işlem olduğu için, ocağın çalışmalarını buna göre planlaması şarttır.

8.2. Dalgu Malzemesi Kaynakları

8.2.1. Ayak arkası taşı veya yan taşlar

Arındaki kömürün alınması ile ayak arkasına göçertilen yalancı tavan taşları bir dolgu malzemesi olup, temini ve nakli en kolay bir

malzemedir. Ancak miktar bakımından üst ve alt taban yollarında bırakılan domuzdamlarının içini ve iki dam arasındaki boşluğun doldurulmasında kullanılır. Ayrıca şerit dolgu sisteminde geçmişte ayakların kısmen dolgusunda da kullanılmıştır.

Metal ocaklarında cevherin tavan ve tabanında 40° eğimle açılan küçük başyukarılardan elde edilen taşlar yerinde dolgu yapmak için kullanılır.

8.2.2. Taban yolları taşları

İnce damarlarda sürülen ayak başı ve ayak dibi taban yollarından çıkan taş, önemli bir kaynaktır. Bu taşın ocak dışına çıkarılmayarak o ayağın taban yolları dolgusunda hemen kullanılması çok ekonomiktir. Küçük bir kırıcı ve pnömatik dolgu makinası ile bu işlem kolayca yapılabilir.

8.2.3. Ocak hazırlık taşları

Ocakta sürülen kuyu, lağım ve her türlü hazırlık işlerinden çıkan taşlar çok güzel bir dolgu malzemesidir. Ancak bu taşlar boyut bakımından büyük olup 80 mm nin altına kırılması zorunludur. Kırma işlemi ocağın her kotunda yapılarak kuyuların işgali önlenebileceği gibi, bütün taşların yeryüzünde kurulacak merkezi bir taş kırma tesisinde kırılıp ocağa gönderilmesi de pek çok yerde uygulanmaktadır.

8.2.4. Lavvar -Konsantratör artıkları

Kömür temizleme ve cevher zenginleştirme tesisleri artıkları en uygun dolgu malzemesidir. Boyut bakımından uygun olmakla beraber, hidrolik dolgu için çok ince olabilirler. Bu durumda klasifikatör, siklon vb. ile çok ince kısımların ayrılıp 0,1 mm nin üstünün kullanılması uygun olur.

8.2.5. Eski yığınlar

Önceki yıllarda çıkarılmış ve ekonomik değeri olmayan artıklar bir dolgu kaynağıdır. Ancak, bunların içinde iri parçalar olabileceği gibi, çamur haline gelmiş çok ince kısımlar da bulunabilir. Kesme işleminden geçirilmesi zorunludur.

8.2.6. Taş ocakları

Yukarıda belirtilen kaynaklar yeterli olmadığı takdirde, ocak yakınında uygun bir formasyon açık işletme ile çalışarak dolgu malzemesi temin edilebilir. Konglomeralar çok uygun formasyonlardır. Dere ya - takları da boyut bakımından çok uygundur. Kırma - eleme tesisleri kurularak istenilen boyutta malzeme acağa en yakın mesafeden sağlanır.

8.3. Dolgu Yöntemleri

Ramble (dolgu) yöntemleri iki grupta incelenebilir. Bunlar tam ramble ile kısmi rambledir. Tam ramble yönteminde açılan boşluğun tümü ramble malzemesi ile doldurulur. Kısmi ramblede ise ramble arasında boşluklar bırakılır. Bu boşluklar uzun bir dikdörtgen prizma şeklinde olup kazı arınına dik veya paralel şekilde düzenlenebilir. Bu ramble şeklinde aradaki boşluklara rağmen tavanın göçmesine engel olunmaktadır.

Tam ramble yönteminin başında el ile yapılan ramble gelir. Yöntem eskiden yatık ve az meyilli damarlarda yaygın olarak uygulanmıştır. Yer çekimi kuvvetinden faydalanarak yapılan ve gravite ramble diye isimlendirilen ramble ise daha çok dik damarlarda uygulama alanı bulmaktadır. Fazla meyilli olmayan damarlarda ramble malzemesi borularla ayak içerisine taşınabilir. Mekanik ramblede kullanılan ramble malzemesinin boyutu, pek önemli bir sorun ortaya çıkarmadığından dolayı belirli bir süre uygun bir ramble şekli olarak uygulanmış, fakat ayak içerisinde lastik

banda bağılı olduğu için gelişme göstermemiştir. Basıncılı hava ile yapılan ramble (pnömatik ramble) son senelerde gelişmiş bir ramble türü olarak başarı ile uygulanmaktadır. Son olarak su ile yapılan ramble (hidrolik ramble) açılan başluğu en iyi bir şekilde doldurduğu için diğerlerine kıyasla en üstün olan bir ramble türüdür.

Dolgunun aşağıda belirlenen ihtiyaçları karşılamak üzere, önem sırasına göre uyguladığı ifade edilmektedir.

Kömür Ocaklarında:

- Tasman kontrolü
- Metan ve havalandırma kontrolü
- Arazi kontrolü
- Galeri tahkimatı ve stabilizasyonu
- Ocak artıklarının depolanması
- Yangın kontrolü

Metal Ocaklarında:

- Üretim yeri stabilizasyonu
- Yan topukların stabilizasyonu
- Diğer çalışma yerleri stabilizasyonu
- Çalışma yeri taban sağlamlığı
- Açık yerlerin doldurulması
- Konsantratör artıklarına yer temini
- Tasman ve yangın kontrolü

8.3.1. El dolgusu

İşçinin bir kuru duvar örüp arkasını kürekle dolgu malzemesiyle doldurması işlemidir. İşçiliğin ucuz olduğu eski dönemler ve ülkelerde uygulanmıştır.

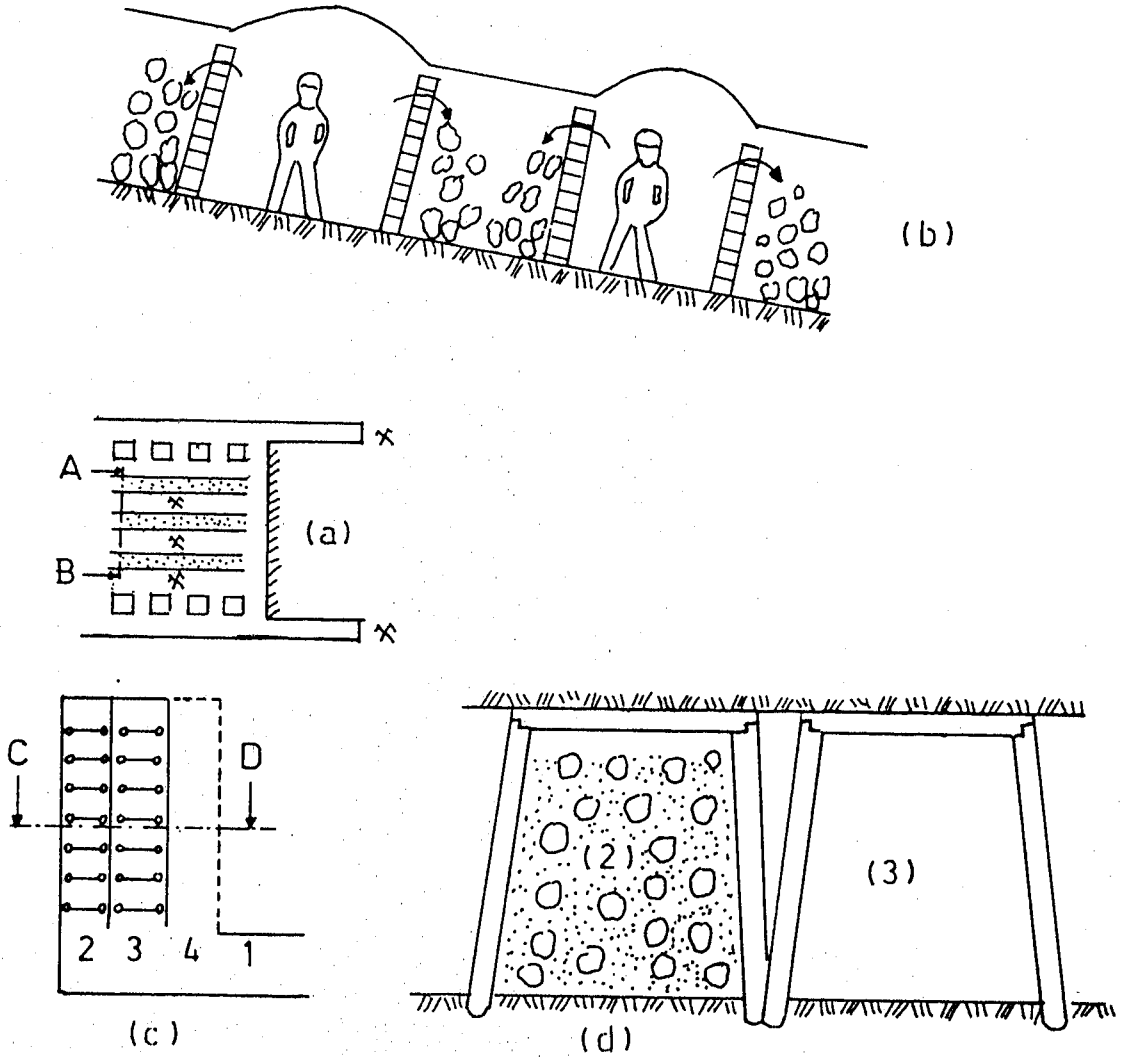
8.3.1.1. Şerit Dolgu

Şerit dolgu ayak içinde arına dik olarak ve dolgu malzemesini tavandan düşen taşlardan temin eden bir sistemdir. Geçmişte, mekanik araçların gelişmesinden önce, çok uygulanmıştır. Ayağın planı Şekil:8.1 te belirtilmiştir.

Şekilde görüldüğü üzere, işçi önce sağ ve soluna iri taşlardan kuru duvar yapar ve bu duvar yükseldikçe arkasını kürekli kırılmış daha ufak boyutlu taşlar ile doldurulur. Yalancı tavandan düşen taşlar yetmediği takdirde tavanda ateşlemeler yayılıp ilave taş sağlanır. En randımanlı çalışma az meyilli 2 m kalınlıktaki damarlarda temin edilir ve işçi 12 m³ lük dolgu yayabilir. Damar yükseldikçe veya alçaldıkça bu randıman azalır. Dolgunun kalitesi işçinin çalışmasına, az boşluk bırakılmasına, tavana kadar dolgunun yapılmasına bağlıdır. İyi ve fena yapılmış şerit dolgu örnekleri Şekil 8.2'de verilmiştir. Dolgunun iyi yapılmaması ile oluşan çatlaklar ana yolun tahkimatının bozulmasına neden olur.

8.3.2.2. Baca Dolgusu

Metal işletmelerinde uygulanan tipik dolgu yöntemidir (Şekil 8.1 c ve d). Nakliyat yolundan (1) sürülen bacalar sınıra eriştikten sonra arabalarla getirilen taşlar kürekle dolgu yayılarak geriye doğru çalışılır. Şekilde dolgunun tamamlanmış baca (2) de, doldurulmakta olan baca (3) ve yeni sürülecek baca (4) de gösterilmiştir. Baca tahkimatı dolgu içinde bırakılır (Şekil 8.1 d). Bu yöntemde dolgu malzemesi çeşitli ferelerden nakliyat galerisine iletilir. Küçük cevher mercceklerin - den yan taşlara sürülen 40° eğimli küçük baş yukarılardan dolgu malzemesi temin edilebilir.



Şekil 8.1. El dolgu örnekleri

a- Ayak içi şerit dolgu,

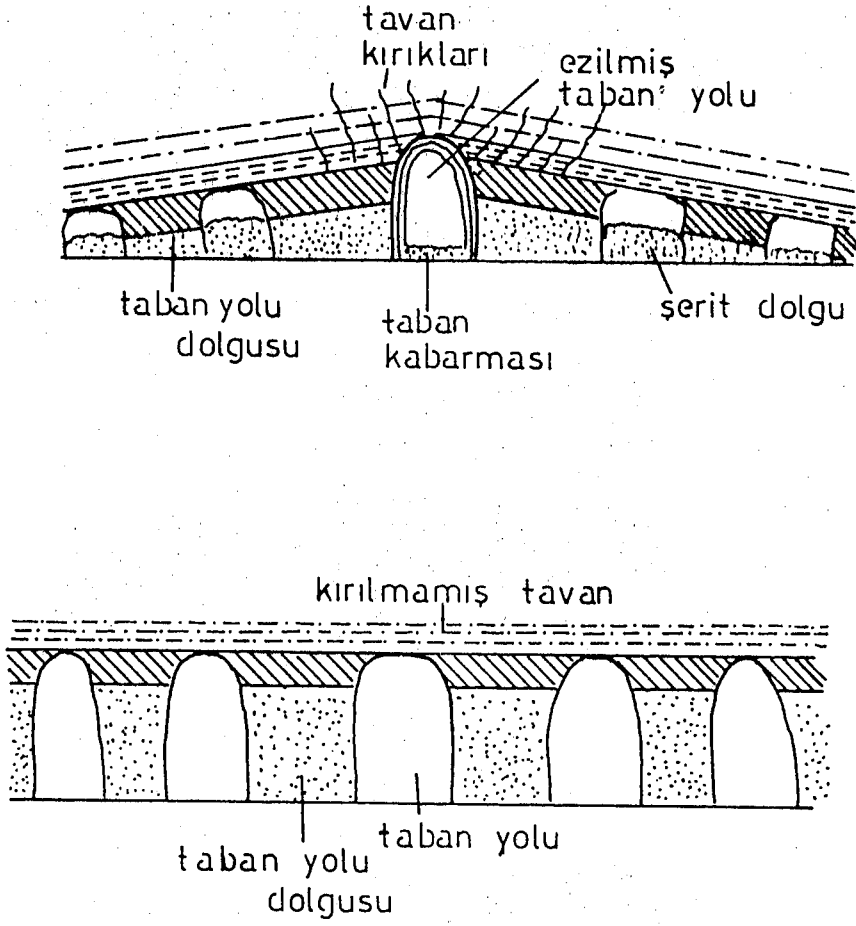
b- Şerit dolgu A-B kesiti

c- Metal işletmelerinde baca ile üretim ve dolgu planı

d- C-D kesiti

(1) Pano nakliyat yolu, (2) Dolgusu bitmiş baca,

(3) Dolgu yapılmakta olan baca (4) Sürülecek yeni baca



Şekil 8.2. İyi ve fena yapılmış şerit dolgu

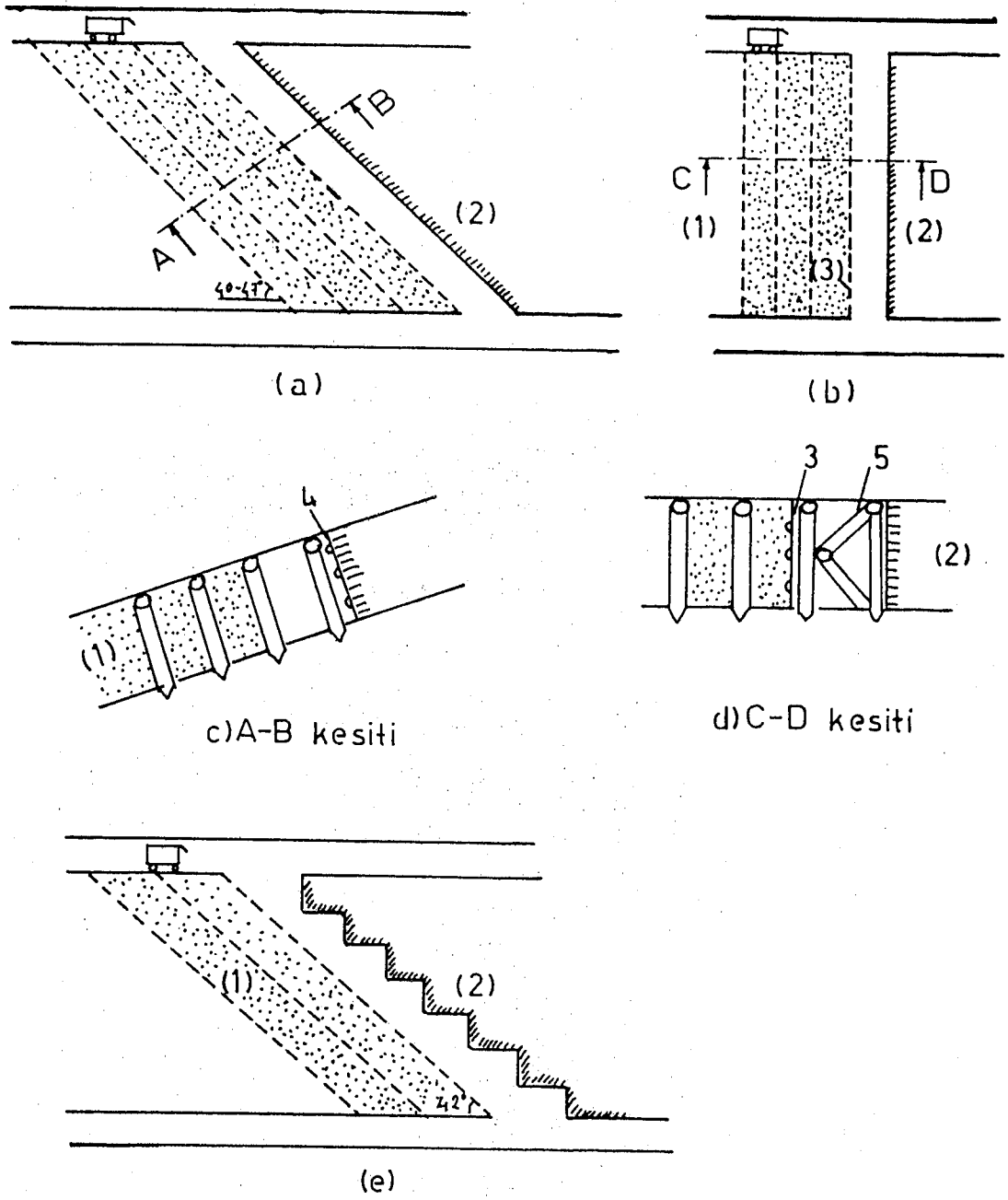
8.3.2. Gravite dolgusu

Dolgu işleminin yerçekimi ile gerçekleştirilen şeklidir. Çeşitli uygulamalar Şekil 8.3'de verilmiştir. Şekilde diagonal düz ayak (a) da gösterilmiş olup A - B kesiti (c) de belirlenmiştir. Bu tip ayakta arın kömürü askıda olup kendi kendini tutacak kadar sağlam olmalıdır. Aksi halde arın kömürü bloklar halinde düşecek veya göçük yaparak kazalar meydana getirilebilir. Dolgu malzemesi genellikle önden veya yandan kapaklı araba ile getirilir ve ayak içine tumba edilir. Dolgu malzemesi kırılmış ocak taşı ve lavvar artıkları karışım olduğu takdirde dolgu iç sürtünme açısı ($\phi = 42^\circ$) değerindedir. kazı ile dolgu arasında 1 - 2 havelik açıklık bırakılır (Şekil 8.3 a ve c). Ayak içi tahkimatı arına paralel sarmalardan oluşmakta olup arın kömürü de kamalanabilir. Tahkimat sökülmeyerek dolgunun içinde bırakılır. Dolgu, stabilize yol malzemesi gibi, sıkışarak tavanın alçalmasını büyük çapta azaltır. Arın kömürü sağlam değilse yani kendi kendini tutamıyorsa, arının dişli olması tercih edilir (Şekil 8.3 e). Bu durumda tahkimat sistemi herbiri üzerine binen bağlardan oluşur. Dolgu aynı şekilde 42° açı ile tahkimatı doldurur. Dişlerin ucu ile dolgu seviyesi arasında ençok 2 - 3 m lik mesafe bırakılmalıdır. Yeni dolgu kazıyı takip etmelidir.

Sağlam olmayan kömürler için uygulanan diğer bir gravite dolgu yöntemi ayağı en dik meyilde yapmaktır (Şekil 8.3 b). Bu durumda dolgunun arın havesine gelmemesi için tel örgü kullanılması zorunludur. Dolgu malzemesi tel örgü üzerine basınç yapacağından tel örgünün kamalar ve ilave fırçalar ile takviye edilmesi yüklerin tavan ve taban taşına aktarılması zorunlu olabilir.

8.3.3. Mekanik dolgu

Bu yöntemde dolgu malzemesi bir konveyör ile ayağa gelir. Burada üst kayış üzerine konmuş diagonal bir sıyırıcı malzemeyi sıyırarak



Şekil 8.3. Gravite dolgusu örnekleri

- | | |
|---------------------------------|--------------------|
| a- Diagonal düz ayak planı | 1- Dolgu |
| b- En dik meyilde ayak | 2- Arın kömürü |
| c- Diagonal ayak A-B kesiti | 3- Tel örgü |
| d- En dik meyil ayak C-D kesiti | 4- Arın kamaları |
| e- Diagonal dişli ayak planı | 5- K tipi fırçalar |

alttaki küçük konveyöre döker (Şekil 8.4). Çok hızlı dönen bu konveyör (10 m/sn) gelen malzemeyi ayak arkasına fırlatır. Jet konveyör bir kızak üzerine yerleştirilmiştir. Dolguya ayağın altından başlanır ve üste doğru ağır ağır çekilir. Jet konveyörü çekmede basınçlı hava vinci kullanılır. Dolgu yönteminin kapasitesi oldukça yüksektir. Saatte 100 m³ dolgu yapılması mümkündür. Ancak, bu konveyörler yeterli yükseklik isterler ve sistem ince damarlarda uygulanamaz.

Mekanik dolgu şekilleri pek çoktur. Skrapper ile ayak içi dolgu yapılması Saar kömür havzasında çok popülerdir. Ayak ortasına özel bir başyukarisından gelen dolgu malzemesi ayak içinde hareket eden bir skrapper ile geriye çekilerek have doldurulur.

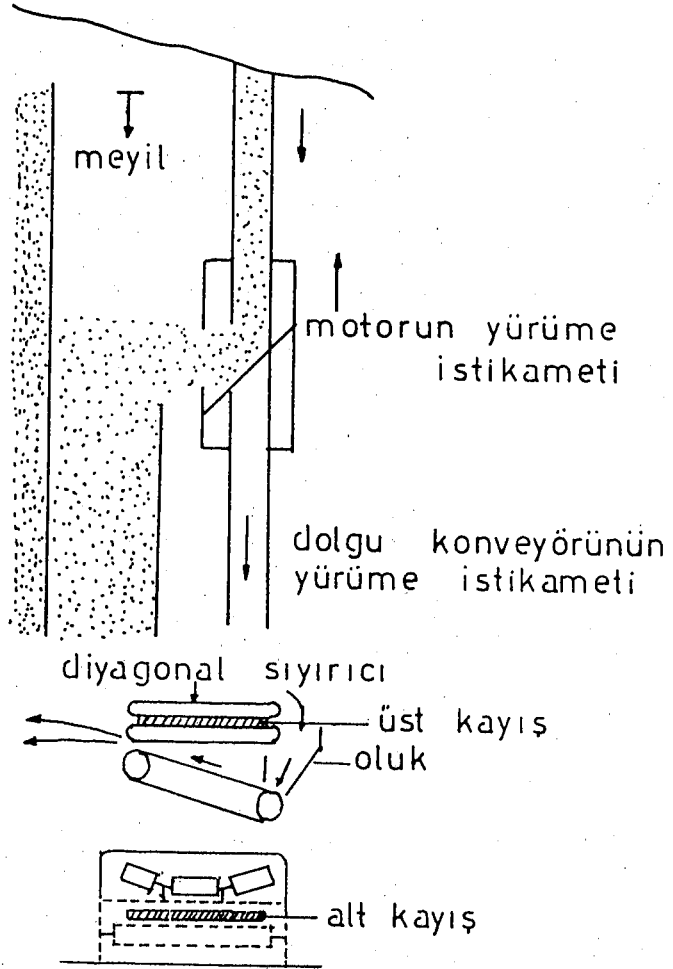
8.3.4. Pnömatik Dolgu

Dolgu malzemesinin basınçlı hava yardımı ile sevk edilmesini öngören en gelişmiş bir dolgu yöntemidir. Kullanılan araçların küçüklüğü ve ocak yollarına uyurluğu, sistemin kolay uygulanması bakımından çok avantajlıdır.

Pnömatik dolgunun uygulandığı bir ayak Şekil 8.5'de gösterilmiştir. Ayağın planı (a) da, arına dik enlemesine kesit (b) de şematik olarak belirlenmiştir.

Dolgu malzemesi, eğer araba ile geliyorsa, önce bir tumbaya verilip (10) ve tumba altı bir zincirli konveyör ile (7) dolgu makinasına (1) verilir. Dolgu makinasından basınçlı hava ile üflenen malzeme, üst yolda içi bazalt kaplı borular (2) ile ayak başına gelir ve 90° lik özel bir dirsek (3) ile ayağa sevk edilir. Ayak içindeki borular (4) Mn gelişinden yapılmış olup kolay sökülüp takılabilir tiptendir.

Dolgu işlemi arın havasının bir gerisinde yapılır. Bu have arın havasından özel dolgu tel örgü (5) veya tel örgülü kağıt ile ayrılmıştır. Bu örgü kamalar (6) yardımı ile ayak çatallarına çivilenmiştir.



Şekil 8.4. Mekanik dolgu yöntemi

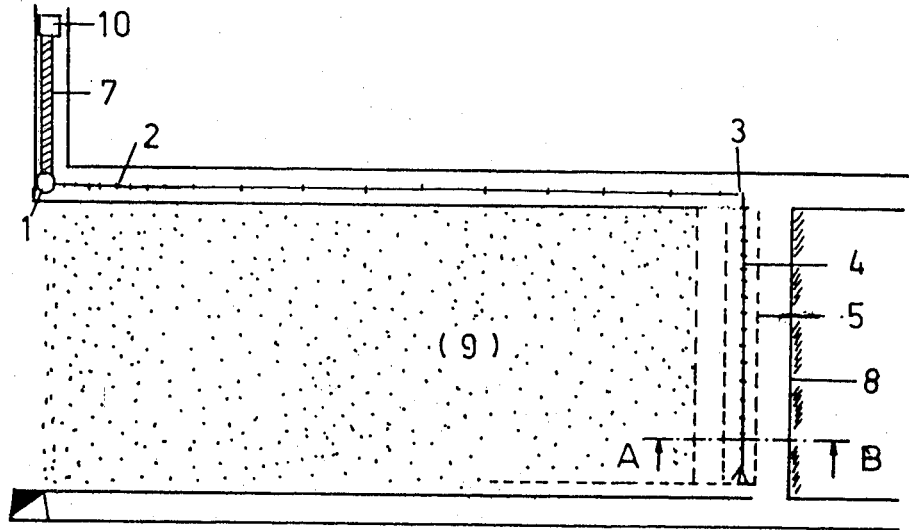
Dolgunun bütün yükünü bu örgü ve kağıt taşır. Dolgu makinasından üfle-
nen malzeme, kıvılcımlar saçarak, en uçtaki borudan püskürtülür. Ayak
dibine konmuş tel örgü üzerine birikerek dolma işi ayak başına doğru
gelişir. Dolgu ilerledikçe çelik borular bir çekiç darbesi ile sökü-
lür ve dolgu hiç duraklama olmadan devam eder. Sökülen borular tel ör-
gü altından arın havasına teker teker nakledilir ve sonradan monte edi-
lir. Dolguyu idare eden usta ile dolgu makinasını çalıştıran operatör
arasında direkt telefon hattı olup dolgu makinası ustasının direktif -
leri ile çalışır. İstop edilmesi istenince ayak içi önce dolgu malze-
mesi kesilir, bütün dolgu malzemesinin boşalması sağlanır, sonra basınç-
lı hava kesilir. Aksi halde, bütün malzeme boru hattında kalır ve tı-
kanma meydana gelir. Boruların sökülüp teker teker temizlenmesi gere-
kir ki zor bir işlemdir.

8.3.4.1. Pnönatik dolgu makinaları

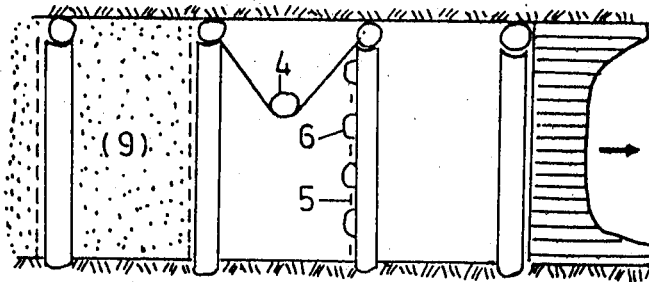
Dolgu makinaları iki çeşittir. Tambur şeklinde besleyicisi olan-
lar (Brieden, Beiren, Blastower) büyük kapasiteli olup kömür ayakla -
rında kullanılır. Besleyicileri cep tipinde olanlar (Torkret) küçük
kapasiteli olup metal işletmelerinde kullanılır.

Dolgu makinası motor (basıncılı hava veya elektrik), redüksiyon, sa-
si, üfleme hücresi ve boşaltma borusundan oluşmaktadır. Makinanın üf-
leme hücresi yedi kanatlı besleme tamburu ve aşınma plakalarından olu-
şur. Tambur döndükçe dolgu malzemesi üfleme hücresine boşalır ve he-
men boruya basınçlı hava ile sevk edilir. Aşınmalarda plakalar zaman
ile değiştirilir. Hazne makinanın sevk kapasitesi kadar beslendiği
takdirde tıkanmalar ve boş çalışma olmaz.

Makinaların kapasiteleri saatte 70 ile 250 m³ olup 150-200 mm lik
dolgu boruları kullanılır. 70 m³/h lik makina 100 m mesafeye üfleme-
k için dakikada 100 m³ basınçlı havaya gereksinim gösterir.



a) Plan



b) A-B kesiti

Şekil 8.5. Pnömatik dolgunun genel görünümü

a- Ayağın planı

b- A-B enlemesine kesit

1- Dolgu makinası

2- Üst taban yolu bazalt kaplı borular

3- 90° dirsek

4- Ayak içi Mn. çelik borular

5- Dolgu tel örgüsü

6- Tel örgü tesbit kamaları

7- Zincirli konveyör

8- Arın

9- Dolgu

10 -Tumba

Bu sistemin en büyük sakıncası olup ocağın basınçlı hava sistemine sahip olmasını gerektirir. Hava tüketimi üfleme uzaklığı ile de değişir. Düz üfleme uzaklığı 300 m civarındadır. Dik açı yapan dirsekler bu mesafeyi 50 m daha uzatmış olurlar. Bu bakımdan ayak ilerledikçe dolgu makinasının yerini öne doğru ilerletmek gerekir.

Dolgu makinaları normal kapasitelireni hiç bir zaman erişemezler. Malzeme gelmeyişi, tıkanmalar, dolgu işlemindeki duraklamalar nedeniyle ancak % 50-60 kapasite ile çalışırlar.

Cep tipi makinalarda besleyici vida şeklinde olup, dolgu malzemesini azar azar üfleme cebine vermektedir ve malzeme çok daha uzak mesafelere (800 m) gönderilebilmektedir. Bu tip makinaların kapasiteleri düşük olup (74 m³/h) üfleme mesafeleri uzundur. Genellikle dolgu feresinin dibine konarak panonun her yerine dolgu malzemesi gönderilir.

8.3.4.2. Dolgu boruları ve dirsekleri

Dolgu borularında aşınmalar önemli olduğu için aşınmaya dayanıklı içi bazalt kaplı borular veya manganezli çelikten yapılmış borular kullanılır. Ayak üst yolundaki borular sabit olduğundan 5-6 m boy, 8-10 mm kalınlık ve çoğunlukla içi bazalt kaplı borular kullanılır. Bu borularda aşınmalar 500.000 tonda meydana gelir. Mn çelik borularda aşınmalar 300.000 tonda kendini gösterir. Ayak içi boruları 3 m boyunda, 3 mm kalınlığında ve ek yerleri çabuk sökülüp takılmaları için kamalı tiptendir. Aşınmaları 60-1000 ton civarındadır.

Dirsekler aşınma bakımından en kritik olanlardır. İçleri özel aşınma plakaları ile kaplanmış olmalarına karşın, 6000 tonda değişimleri zorunludur.

8.3.4.3. Dolgu örme telleri - Kağıtları - Plakaları

Dolgu malzemesinin arın havasına gelmelerini önlemek için dolgu havesi boydan boya "Dolgu teli" ile kapatılır. Bu teller 0,5-1 m eninde rulolar halinde yapılmış olup damar kalınlığına göre üst üste bindirilerek sarma çatallarına takılır ayrıca kamalar ile takviye edilir. Örgüler dikdörtgen şeklinde olup ek yerleri kaynak edilmiştir. Dolgunun vereceği yan basınçlara dayanıklıdırlar.

İnce damarlarda içi ince tel örgü, dışı kraft kağıdı ile kaplı "Dolgu kağıtları" kullanılır. Bunlar daha hafif ve ucuz olup daha kullanışlıdır.

Dolgunun arın havasına yayılmasında sakınca olmadığı hallerde dolgu yapıldığı zaman dağılmayı önleyen "Plakalar" kullanılır ve bu plakalar dolgu işlemi ile birlikte yukarı çekilir ve devamlı şekilde kullanılır.

8.3.4.4. Ayak dolgu örneği

Tipik bir dolgu uygulaması İngiltere Silkstone ocağında 1 m lik damarda yapılmıştır. Ayaç üç have girişi alt tabanı ve iki have dönüşü üst tabanı ile çalışmaktadır. Dolgu malzemesi yeryüzünden 420 mm lik boru ile yeraltı üsilosuna gönderilmekte oradan nefeslik yolunu takiben bant konveyörler ile üst taban yollarına ve oradan Morkhom marka elektrik ile tahrikli tumbalarla dolgu makinalarına gelmektedir.

Ayaklar hava dönüş yollarından 60 ve 90 m uzaklıkta olup dirseklerin çevrilmesi ile kısa ve uzun mesafelere dolgu yapılmaktadır. Dolgu boruları 150 mm çapırda olup yüksek karbonlu çelikten yapılmıştır. Ayak içi boruları 2 m uzunluğunda çabuk bağlanır tiptedir. Arın hidrolik direkler, oluklu saç, sarmalar, kazı makinası ve panzer konveyör ile donatılmıştır. Tahkimat ileri alınıp yerlerine seyrek şekilde ağaç

çatal sarmalar yerleştirilmiştir.

Dolgu malzemesi lavvar şisti ve eski ocak artıkları 75 mm ye kırılıp ocağa 420 mm lik boru ile 42° lik başyukarıdan verilmektedir. Malzemede % 12 su mevcuttur.

8.3.4.5. Taban Yolu Dolgu Örneği

Mekanize çalışan uzun ayaklarda taban yolları geniş açılır (ayak ile birlikte) ve sonradan doldurularak ana nakliyat yolu haline getirilir. Tabanın göçük yanı 11 m, kömür yanı 5,5, m dolgu yapılmaktadır. Araba ile gelen dolgu malzemesi bir tumba ile küçük bir zinzirli konveyöre verilmekte oradan dolgu makinasına beslenmektedir.

Dolgu makinasından boruya verilen malzeme arından 90° lik dirsek ile sağ ve sol kısımlara sevk edilerek dolgu yapılmaktadır. Dolgunun arına yayılmaması için "Telli kağıt" kullanılmakta, ayrıca arındaki konveyör saç levhalar ile muhafaza edilmektedir.

Dolgu malzemesi öndeki taban ilerlemesinden çıkan taşlar ile geriden gelen taban kabarmasından çıkan taşlardan oluşmaktadır. Böylece hazırlık ve taramadan çıkan taşlar dolgu işlerinde kullanılmakta, yeryüzüne sevk edilmemektedir.

8.3.4.6. Metal işletmelerinde uygulaması

Bir metal işletmesinde kazı yapılmış bir hacmin pnömatik şekilde doldurulması Şekil 8.6'da gösterilmektedir. Boşluk iki kat halinde doldurulmaktadır. Dolgu kapasitesi 24 m³/h kadardır. Ancak, malzeme teminindeki aksamalar bu kapasiteyi 1/3 oranına düşürmektedir. Ortalama vardiyada 30-35 m³ dolgu yapılmakta olup, adam başına düşen dolgu 10-12 m³ olup elle yapılan 1,5-2 m³ dolguya göre çok verimlidir. Üç kişilik bir ekip çalışmakta, usta dolguyu kontrol etmekte, yardımcıları

makinaı ve boruyu çalıştırmaktadır. Hava sarfiyatı 20 m lik mesafe için m^3 dolgu başına $40 m^3$ civarındadır. Mesafe 50 m ye çıktığında sarfiyat $65 m^3$ e çıkmaktadır. 20 m lik mesafede $4 m^3$ lük basınçlı hava deposu, 50 m mesafe için $7 m^3$ depoya gereksinim duyulmuştur. İyi dolgu yapılması için, şekilde grldği gibi çift dilim halinde dolgu yapılması daha uygun bulunmuştur. 50 mm altına kırılmış şist iyi bir dolgu malzemesidir.

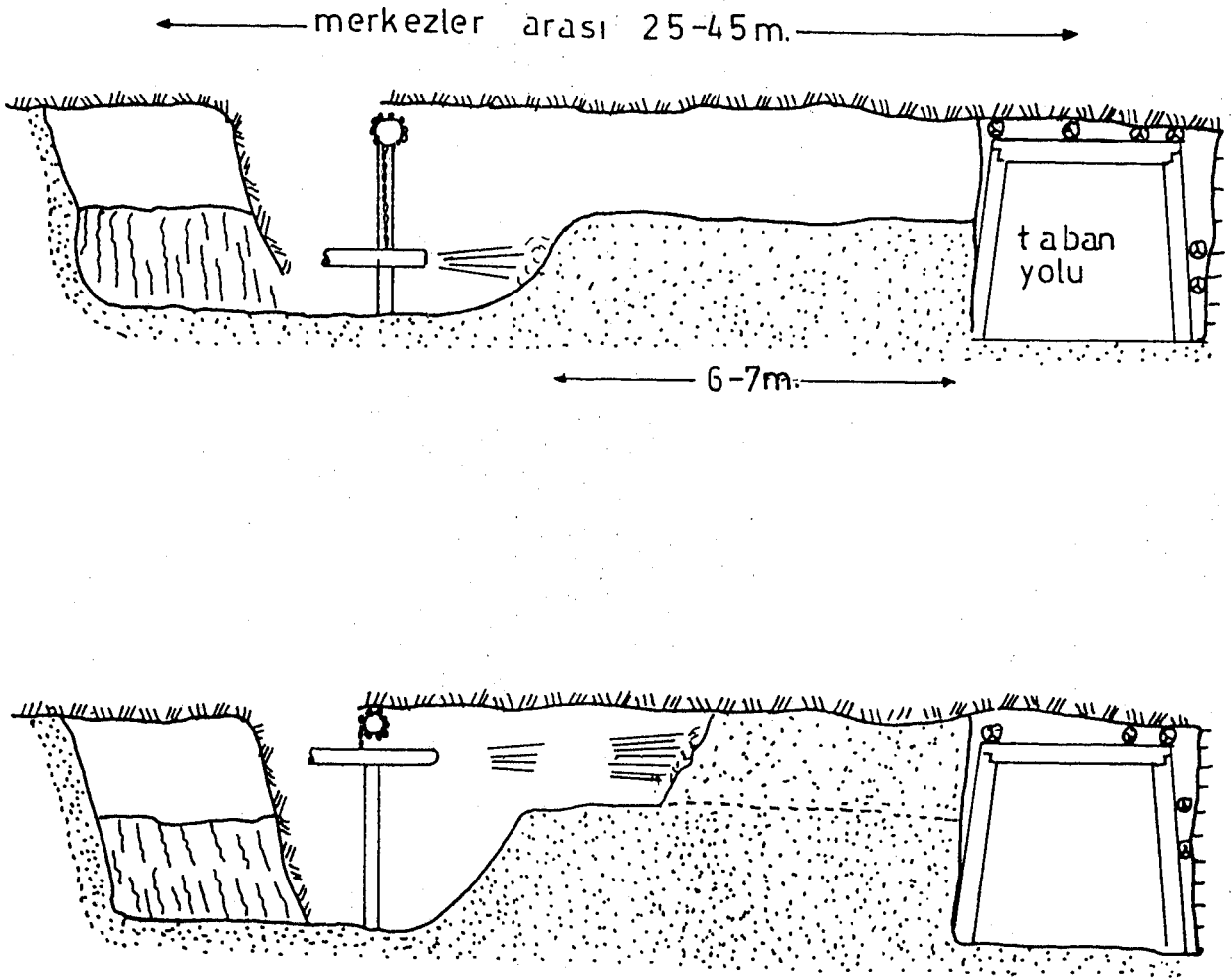
8.3.4.7. Pnömatik dolgu sisteminde son yenilikler

Dolgu Yöntemi :

Bilindiği gibi, son yıllara kadar pnömatik dolgu işlemi bir bütün olarak ayak içi mekanizasyonu ile istenilen şekilde harmanize edilemediğinden, bazı zorunlu işletme şartları dışında uygulaması oldukça sınırlı olmuştur. Dolgu boru sisteminin 3-5 m/gün gibi yüksek hızla ilerleyen ayak arınını hızla takip etmemesi söz konusu işlemin uygulamasını kısıtlayan en önemli faktörlerden biriydi. Özellikle boru sistemine getirilen önemli tasarım yenilikleri sayesinde pnömatik dolgu bugün ayak içinde kullanılan her türlü kazı mekanizasyonu ve tahkimat sistemi ile birlikte başarı ile uygulanabilmektedir.

Tam mekanize ayakta günlük üretim (4000-6000 t/gün) klasik ayağa göre çok yüksektir. Diğer bir ifade ile, böyle ayaklarda büyük kapasiteli bir dolgu işlemi söz konusu olacaktır. Buna ek olarak dolgu işleminin kısa bir süre içinde tamamlanması istenecektir.

Bu bakımdan seçilecek dolgu makinalarının malzeme üfleme kapasiteleri büyük olmalıdır. Pratikte halihazır kullanılan büyük kapasiteli dolgu makinalarına ilişkin teknik karakteristikler Tablo 8.1'de özetlenmiştir.



Şekil 8.6. Metal işletmesi pnömatik dolgu uygulaması

Tablo 8.1. Brieden KZS 150 ve KZS 250 Tipi Pnömatik Dolgu Makinalarına Ait Teknik Veriler

<u>Teknik Veriler</u>	<u>KZS 150</u>	<u>KZS 250</u>
Motor gücü (KW)	30	40
Motor devir sayısı (dev/dak)	1450	1450
Dolgu Kapasitesi (max)(m ³ /h)	150	250
Çalışma basıncı (atü)	4	4
Nakliye borusu çapı (mm)	175	225
Basınçlı hava borusu çapı (mm)	125	150
<u>Toplam ağırlık /(kg)</u>	<u>4000</u>	<u>6400</u>

Boru şebekesine esneklik sağlama amacıyla "Mafsallı borular" ve küçük çaplı kurblarada "dirsekler" eklenir. Ayrıca ayak başının hemen gerisinde bağlanan iki adet "Teleskopik boru" yardımıyla monoruya asılı galeri boru şebekesinin ayak ilerlemesine, üretimi aksatmadan uyumu sağlanır. Ayak içi boru şebekesi iki tabakalı veya bazalt astarlı borularla, 4-5 m arayla eklenen yan aktarıcılardan ve esneklik sağlayan iki adet mafsallı borulardan oluşur. Yürüyen tahkimatın arkasında tüm ayak boyunca uzanan şebekenin yatay ve düşey yönde hareketleri, boruların dayandığı teleskobik mesnet ile ön direk ve tahkimat şasisi arasında uzanan hidrolik pistonlar sayesinde sağlanır.

Dolgu boşluğunun doldurulmasından sonra, boru şebekesi yürüyen tahkimatlarla birlikte yeni haveye çekilir. Son yıllardaki gelişmelerin büyük bir kısmı bu elemanlarla ilgili olduğundan birini aşağıda kısaca incelenmiştir.

Mafsallı borular :

Galeri ve ayak boru şebekesinin 12° ye kadar sapsmalara uyum sağlaması için devreye eklenen borulardır. Ayak içi şebekesine genellikle

ayak uzunluğunun $1/3$ ve $2/3$ 'ünde iki adet mafsallı boru bağlanır.

Teleskopik Borular :

Teleskopik borular birbirini içinde hidrolik pistonlar yardımıyla yatay doğrultuda hareket ettirebilen elemanlardır. Taban yollarında ayak girişinden bir kaç metre önce galeri boru şebekesine bağlanan iki adet teleskopuk boru ile ayak ilerlemesinin kesintisiz olarak izlenmesi temin edilir.

Yan Aktarıcılar :

Klasik pnömatik dolgu sisteminde tüm dolgu boşluğu doldurmak için boru şebekesinin teker teker sökülmesi ve yeni haveye ilerleyince şebekenin ayak boyunca monte edilmesi gerekir. Bu işlemler bir dolgu vardiyasının % 60 ını kaplar.

Ayak dibinden ayak başına kadar 4-5 m ara ile ayak içi şebekesine bağlanan yan aktarıcılar mekanik olarak şebekedeki boru ile yer değiştirirler. Böylelikle, boru içinden gelen malzeme, boru doğrultusundan 22° saptırılarak dolgu boşluğuna aktarılır.

Normal uzunluktaki bir şebekede bütün yan aktarıcılarının çalışabilir duruma gelmeleri için gerekli süre yaklaşık olarak dolgu vardiyasının % 20 si kadardır. Yan aktarıcılarının kullanılmasıyla, işçilik ve zamandan tasarruf elde edilmiş olması, pnömatik dolgunun tam mekanize üretim ile kombinasyon imkanını fevkalade arttırmıştır (3).

8.3.5. Hidrolik Dolgu

Hidrolik ramble veya su ile yapılan ramblede ana ilke taşların boru içerisinde suyun akış hızına bağlı olarak taşınmasıdır. Taşla karışık suyun boru içerisindeki akış hızı, taşın su içerisinde serbest düşüş hızından fazla olmalıdır. Aksi halde boru dibinde taşlar sürüklenemez ve tıkanmalar meydana gelir.

Gerek boru içerisindeki sürtünmelere karşı, gerekse taş su karışımının hareketi için gerekli olan akış hızını sağlayacak basınç, taş-su karıştırma istasyonlarının ramble yapılacak yerin daha yukarı bir düzeyinde kurulması ile sağlanır. Genellikle istasyon yer üstünde kuyu başında seçilir. Fazla derinlerde ise su atım masraflarından kurtulmak için üst kat uygun olur. Suyun basıncı düşey duran borudaki su sütununun basıncı olur. Genellikle düşey boru uzunluğuna oranı 1/10 olacak şekilde seçilmelidir.

Ramble malzemesinin kırılmış olan küçük boyuttaki taşlardan seçilmesine zen gösterilmelidir. Çok ince kısmın ise az olması gerekir. Tane dağılımı kural olarak aşağıdaki şekilde seçilmelidir. Malzemenin en azından % 50 si 6 mm altında olmalı, 40 mm üzerindeki taş boyutu oranı ise % 5-7 den fazla olmamalıdır. Hidrolik ramblede su sarfiyatı ekonomiklik açısından önemli olmaktadır. Su miktarının ancak taşın taşınabilecek miktarda olmasına dikkat etmek gerekir. Bunun hesabında pekçok faktör etken olur.

1 m³ taş bloku kırılacak olursa 1,5 m³ veya daha fazla gelebilir. Dolayısıyla böyle bir yığın içerisine 0,5 m³ su doldurulursa bu su ancak boşlukları dolduracaktır.

Genellikle su/taş oranı (m³ su/m³ kırılmış) 1/1 seçilir, fakat bazen bazen 1/2,5 a düşürülebilir veya 5/1 çıkabilir.

Ramble yapma sırasında düşey borunun tamamen dolu olmasına dikkat etmelidir. Bu sretle basıncın yüksek düzeyde kalması sağlanmış olur. Düşey boru yarı dolu kalırsa, boru içerisine bir miktar hava kaar. Bu durum taşların yatay bölgedeki borunun dibine birikmesine ve dolayısıyla tıkanmalara neden olabilir. Ayrıca arkadan gelen taşların ani dşşa sonucu dinamik kuvvetlerden dolayı boru patlamaları meydana gelebilir.

Ramble yapılırken yatay borunun kısa olması halinde basınç kaybı az olacağından, düşey borunun sağladığı fazla basınçtan dolayı taş-su karışımı hızla borudan çıkacak, dolayısıyla besleme aynı hızla gerçekleştirilemeyeceği için düşey boru içerisinde yükseklik azalacak, oluşan basınç kaybından dolayı da tıkanmalar meydana gelebilecektir. Bu durum aşağıdaki önlemlerle giderilebilir.

1. Taş-su oranı aynı tutulur, fakat besleme miktarı arttırılır.
2. Taş miktarı sabit tutulur, fakat su azaltılır, dolayısıyla direnç artacağından düşey boru tekrar dolar.
3. Su miktarı sabit tutulur, fakat taş miktarı arttırılır, dolayısıyla direnç artması sağlanır.
4. Boru kesiti dar tutulur. Dolayısıyla direnç yükselmiş olur, fakat mevcut bir şebekede ramble yaparken bu duruma geçmek olanaksızdır.

Hidrolik ramble yapılırken borulardaki tıkanmalar zorluklara yol açar. Özellikle karışım oranının değişmesi, besleme yerindeki su sıkıntısı veya ramble malzemesi içerisindeki frenleyici maddelerin bulunması bu durumu meydana çıkarır. Ayrıca yerüstü karıştırma istasyonunun kususuz çalışması gerekir. Özellikle karışım oranına, malzeme miktarına, ön ve son yıkama hususlarına dikkat edilmesi şarttır. Ön yıkamada ramble malzemesi vermeden önce, suyun akış yerinden boru kesitini dolduracak şekilde çıkması sağlanmalıdır. Son yıkama özellikle uzun süre ramble yapılmayacaksa önem kazanır. Bunun için taş miktarı gittikçe azaltılarak boru içerisinde taş kalması önlenmiş olur.

Genellikle hidrolik veya pnömatik ramblede kullanılan ramble boruları, iç taraftaki sürtünme dolayısıyla hızla aşınırlar. Özellikle yön değişimleri ve dirseklerde aşınma miktarı fazladır. Bu bakımdan dirsek yarıçapları yüksek tutulmalıdır. Boru iç çapları 150-200 mm

seçilir. Borular sert çelikten yapılmakta olup, yüksek basınca karşı dayanıklı olmaları gerekir. Sürtünme direncini ve aşınmayı azaltmak için içi ve dışı farklı malzemelerden yapılmış borular da kullanılır. Borunun iç kısmı Cr-Mn çeliğinden olabileceği gibi emaye veya ezilmiş bazalt ile kaplı da olabilir. Boruların ömrü ramble malzemesi cinsi, şekli vb. pekçok faktörlere bağlı olmaktadır. Basit çelik borularla 10 000 m³, çift katlı borularla 20 000 - 150 000 m³, içi erimiş bazalt kaplı borularla 0,5-1,5 milyon m³'e kadar kırılmış taş nakli yapılabilir.

Yeraltında ramble yapılacak yerin çevresi kümes teline benzer bir tel örgü ile çevrelenir. Ramble borusunun çıkış ağzı örgünün arasından malzemeyi boşluğa püskürtür. Taş ayak gerisinde kalır, akan sular ise tekrar su havuzlarında toplanır. Ramble dolayısı ile ocaktaki su geliri artışı gibi, su daha çamurlu hale gelecektir. Ayrıca kükürten dolayı asitlik derecesi de artmış olur. Bu sular tulumbaları hızla aşındırır. Tulumbalardan geçecek çamuru azaltmak amacıyla yeraltı su havuzları daha büyük ve birden fazla yapılarak suyun dinlendirilmesi sağlanmalıdır. Hidrolik ramble ile ilgili daha ayrıntılı bir açıklama Bölüm 9'da verilecektir.

8.3.6. Monolitik Dolgu Sistemleri ve İngiltere'deki Uygulamaları

Su ile harçlandırılıp, katılaştıktan sonra monolitik (tek parça) özellik gösterebilecek bir dolgu şeklinin yeraltı madenciliğinde yararlı olabileceği düşüncesi ilk defa B.Almanya'da ortaya atılmıştır. "Blitzdammer" denilen ve çabuk katılaşan bir tür çimento ya da anhidritin bir ana madde olarak kullanılabileceği düşünüldükten sonra ilk anhidrit dolgu uygulaması 1964 yılında Holland ocağında yapıldı. Sistemden elde edilen yararlar şu şekilde özetlenebilir.

- Önceden dolgu malzemesi taşımacılığına harcamakta olan emek ve zamandan tasarruf, dolayısıyla ayağa gerekli diğer malzemelerin taşınmasında büyük rahatlama ve böylece artan ayak ilerleme randımanı

- Göçüğe hava kaçağının önlenmesi sonucu, ayak içerisinde daha iyi bir hava dolaşımı

- Göçükteki kömürün kendiliğinden yanma olanağının azaltılması

Bu avantajlarından dolayı sistem, Saar ve Ruhr kömür havzalarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Anhidrit dolgunun aynı zamanda, taban yollarının korunmasına da önemli ölçüde katkıda bulunduğunu gözleyen İngiltere madencilik sektörü, ilk yerüstü denemelerini Dowton ocağında başlattı. Anhidrit dolgunun ilk uygulaması 1974'te Easington ocağı ve daha sonra Parkside ocağında sürdürüldü. Her iki denemede de yukarıda belirtilen avantajların yanısıra yöntem, taban yollarının aşırı deformasyonun önlenmesinde büyük rol oynamış ve Parkside ocağında Nottingham Üniversitesince yapılan ölçmelere göre yollarda düşey kapanma, $1/4$ ile $1/2$ arasında indirgenmiştir. Monolitik dolgunun dışındaki yöntemlerde % 30-40 arasında gözlenen dolgu kapanması, bu uygulamalarda % 15-19 olarak ölçülmüştür.

Bu gelişmelerden önce, Thyssen Ltd Şirketi tarafından dizayn edilen ve dolgu maddesi olarak ayna artığı (kömür tozu ve pasa) kullanılan bir tür hidrolik dolgu sistemi ilk kez 1973 yılında Güney Galler'de bulunan Brynlliw ocağında uygulanmıştır. Thyssen sistemiyle, taban yollarında kapanma öncekine oranla $2/3$ e kadar düşürüldü, ayrıca taramasına duyulan gerek tamamıyla ortadan kalkmıştır. Yöntem Newdigate ocağında uygulanmıştır. Bu ocakta iki dilim halinde kesilen 7 m kalınlığındaki Warwickshire-Thick damarı kömürü, kendiliğinden yanmaya son derece uygun olması ile tanınmakta idi, geçmişte bir çok malzeme ve önemli ölçüde rezerv terkedilmek zorunda kalmıştı. Aynı zamanda taban yollarının stabilizasyonu da büyük sorunlar göstermekteydi. Thyssen yönteminin

uygulanması ile bu sorunlar tamamen ortadan kalkmış ve sistem özellikle geri dönümlü olarak alınan damar kesiminde, önceki çalışmanın neden olduğu boşlukların doldurulmasında etkinlik göstermiştir.

Thyssen sisteminin bir takım eksik ve sakıncalı yanları , Warbret sistemi diye bilinen ve Caventy ocağındaki pilot denemelerden sonra (1976), kesin bir biçim kazanan yöntemle ortadan kaldırılmıştır. Daha etkin bir yöntem olan Warbret, adını Warwickshire damarı ile sistemi geliştiren Bretby Araştırma Enstitüsünden almış olup 1976-1980 yılları arasında dört ayrı ocakta (Wolstanton, Desford, Warsop, Taff Merthyr) başarı ile uygulanmıştır.

Bunlar dışında kısa mesafeden uygulanan pompalama dolgu yöntemleri vardır ki, 1973 yılındaki Kinneil-Walleyfield ocağında yapılan denemesinde çok kırılğan dolgu elde edilmesinden sonra fazla yaygınlık kazanmamıştır. Bununla birlikte son zamanlarda Madencilik Araştırma Geliştirme Enstitüsü tarafından sürdürülen yerüstü denemeleri ümitli görülmektedir.

8.3.6.1. Anhidrit Dolgu Sistemi

Anhidrit (CaSO_4) suyla karıştırıldığında kuvvetli ve sert bir madde olan dihidrata ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)'a dönüşür, ancak bu dönüşüm dolgunun gerektiği çabuklukta olmadığı için, anhidrit dolgunun bir an önce katılaşması, ortama tepkimeyi hızlandırıcı bir madde eklenmesi ile sağlanır. Bu amaçla kullanılan 1/1.8 oranındaki potasyum sülfat (K_2SO_4) / demir sülfat ($\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) karışımı istenilen sonucu vermiştir. İdeal su / anhidrit oranı ise, deneyimler sonucu 1/1 olarak saptanmıştır. Yöntemin uygulanmasında ana taban yoluna yakın bir yerde, ana yol üzerinde önce bir depo yapılarak vagonlarla kuyu dibinden taşınan anhidrit burada depolanır. 7 mm den küçük taneler halindeki anhidrit, kompresör aracılığı ile en az 100 mm çaplı boru hattından dolgu yerine püskürtülür su ve

hızlandırıcı karışım, taban yolu dibine yerleştirilen bir tankta muamele edilerek 25 mm çaplı ayrı bir boru hattından dolguya pompalanır. Dolguya başlamadan önce dolgu cebi branda bez germek suretiyle üç yandan çevrelenir. Cebin yol tarafı çelik bağlar arasına kamalar yerleştirilerek perdelenir. Bu şekildeki bir cebin hazırlanması ve tüm dolgu işlemi iki işçi tarafından 4-5 saatte tamamlanabilir. Yöntemin sakıncalı yanları, büyük hacimdeki dolgu malzemesinin yerüstünden taşınmasının zorluğu ve anhidritin aşındırıcı özelliğinden dolayı pompalandığı boruların uzun ömürlü olmaları için özel olarak astarlanmış olması gereklidir (sistem, şekil 8.7'de şematik olarak gösterilmiştir).

8.3.6.2 Thyssen Sistemi

Monolitik dolgu yöntemlerinin İngiltere'de ilk olarak tanınanı ve en çok uygulananı olan Thyssen sisteminde dolgu maddesi olarak 19 mm lik pasa tozu kullanılır. Pompalama sırasında akışkanlığı temin etmek için kullanılan bentonit, pasa ve suyla ana yol üzerinde kurulan bir istasyonda karıştırılarak, minimum 100 mm çaplı boru hattından dolgu yerine taşınır. Tali taban yolu içindeki ikinci bir istasyonda, çabuk katılaşabilen bir çimento suyla karıştırılarak ayrı bir banttın (25-50 mm çaplı boru ya da hortum hattı) dolgu yerine yakın bir yerde ana boru hattına katılarak, tüm dolgu harcı tek kanaldan dolguya beslenir. Thyssen sisteminin ilk uygulamalarında, hidrolik sarmalarla birlikte ilerletilebilen mekanik dolgu çerçevelerinin kullanılması denenmişse de, pratik bulunmayarak terkedilmiş ve branda bezi ile çerçeveleme yöntemi amaca daha uygun bulunmuştur. Buna neden sistemin en sakıncalı yönü olan ve çimento harcı ile pasa harcının ayrı kanallardan taşınması dolayısıyla ideal su /pasa /çimento karışımının saptanamaması halinde gerek borularda, gerekse dolgu yerinde serbest kalan suyun gevşek dolguya neden olması ve mekanik çerçeve ile ilerletilen dolgunun bazı bölümlerinin

birlikte sürüklenmiş olmasıdır. Sistemin diğer bir sakıncası ise elle tatbik edilen çimento maddesinin cildi tahriş edici özelliğidir (Şekil 8.8'de Thyssen sistemi akım şeması verilmiştir).

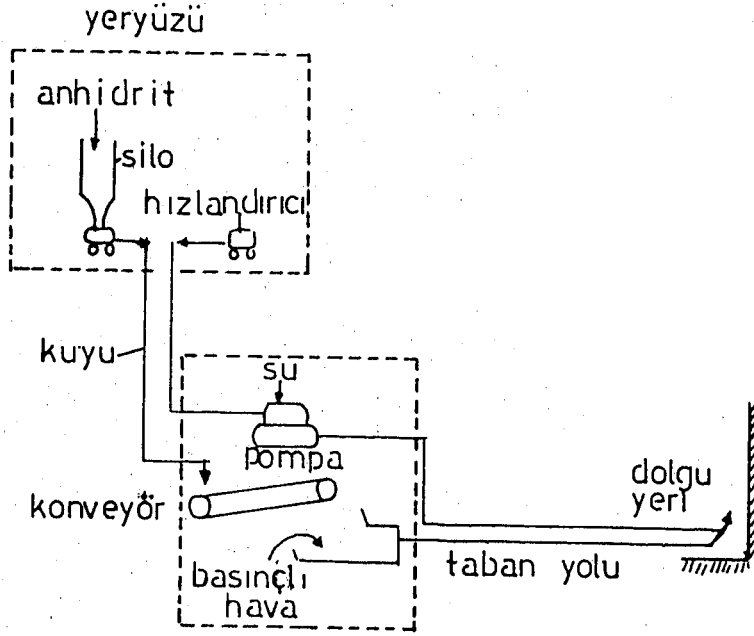
8.3.6.3. Warbret Sistemi

Thyssen sisteminde görülen sakıncaların giderilmesi amacıyla geliştirilen bu yöntemde, bentonit önce suyla karıştırıldıktan sonra pasaya eklenir. Böylece, bentonitin jelleşmesi boru hattına verilmeden önce sağlandığından daha iyi bir karışım elde edilir ve borunun tıkanma olasılığı azaltılmış olur. Ayrıca yöntemde, çimentolaşmayı (donmayı) hızlandırıcı özel bir madde pasa ile karıştırılarak dolguya gönderilir. Mrde tarafından geliştirilmiş olan bu madde TEA51 olarak bilinir ve jel haline getirilmiş olan bentonitle tepkime göstermez. Oysa ortandaki adı hızlandırıcılar bentonite karışarak pompalamayı zorlaştırır. Şekil 8.9'da gösterilen Warbret sisteminde kullanılan maddelerin en ideal karışım oranları ve dolgudaki yüzde miktarları, denemeler sonucunda aşağıdaki şekilde saptanmıştır:

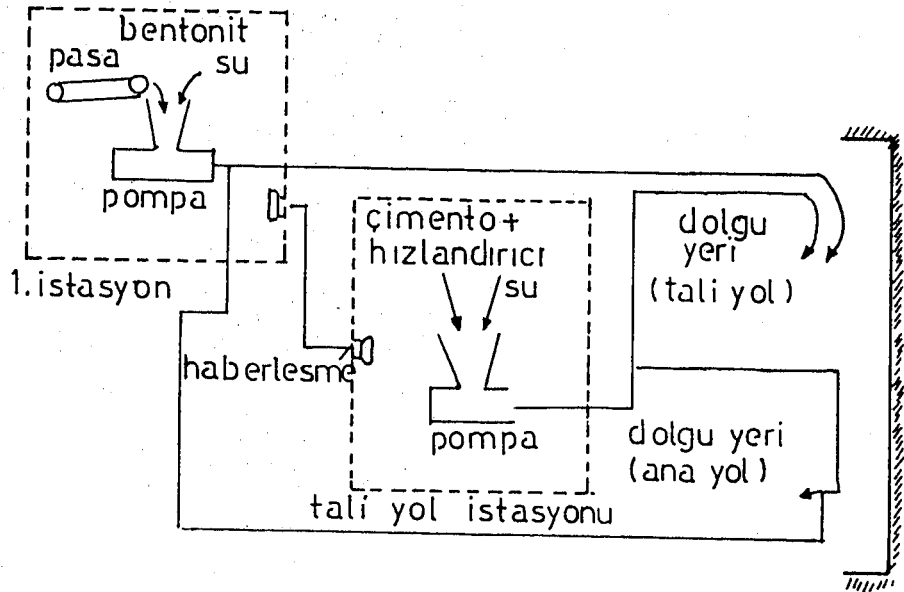
Pasa / Bentonit harcı	2,5 / 1
Su / Bentonit	15 / 1
Pasa / Çimento	2,5 / 1
Çimento / Su	1,6 / 1
Çimento / Hızlandırıcı	10 / 1

Hacımsal olarak dolgunun bileşimi :

Pasa	% 48
Su	% 29,6
Çimento	% 19,2
Hızlandırıcı	% 1,9
Bentonit	% 1,2



Şekil 8.7. Anhidrit dolgu



Şekil 8.8. Thyssen sistemi

Warbret sisteminde Pacbird çimentosu yerine Portland çimentosu kullanılabilir. Bentonitin önceden jelleştirilmesi sayesinde, yeterli ve gerekli ölçüde çimento kullanımı da sağlanmış olur ki böylelikle gereksiz çimento sarfiyatı önlenir.

8.3.6.4. Kısa mesafeden pompalama sistemleri

Bu tür yöntemlerde tüm dolgu maddeleri aynı istasyonda toptan karıştırılarak pompalanır. Bu suretle uzun boru şebekesine gerek kalmaz. İstasyon ayna ile birlikte ilerletilir. Taşımada akışkanlığı sağlayan bentonite de gereksinim göstermeyen bu yöntemler avantajlı gibi gözü - kürse de zaten aşırı derecede kalabalık olan taban yollarında üretimin büyük ölçüde aksamasına neden olabilir. Bu nedenle fazla yaygınlaşmamış olan sistemlerin basitleştirilmesi yolunda çalışmalar sürmekte ve Mindev sistemi diye adlandırılan bir teknik geliştirilmektedir (Şekil 8.10)

8.3.6.5. Su + Çimentolu dolgu sistemi

Adından da anlaşılacağı üzere, yöntemde ana dolgu maddesi olarak su kullanılmakta ve suya karşı duyarlılığı çok fazla olan bir cins çimento ile karıştırılarak solid dolgu elde edilmektedir. Bu amaç için İngiltere Madencilik Araştırma Geliştirme Enstitüsü tarafından geliştirilmiş olan çimento "Monopak" diye anılmakta olup, şu maddeleri içermektedir.

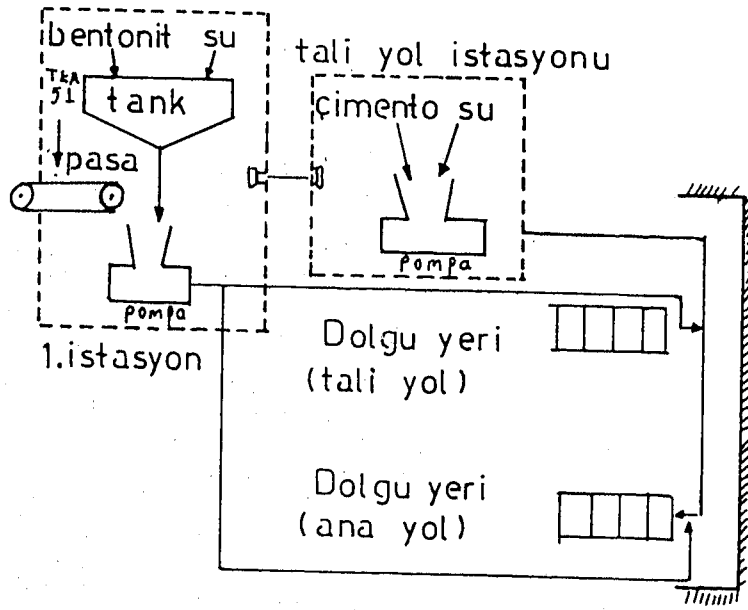
- Portland çimentosu
- Zengin alüminalı çimento
- Kalsiyum sülfat
- Sodyum karbonat
- Sitrik asit

Sodyum karbonat ilk önce bünyeye, suyla hızlı tepkimeyi sağlamak amacıyla katılmış, ancak denemeler sırasında, erken tepkime sonucu

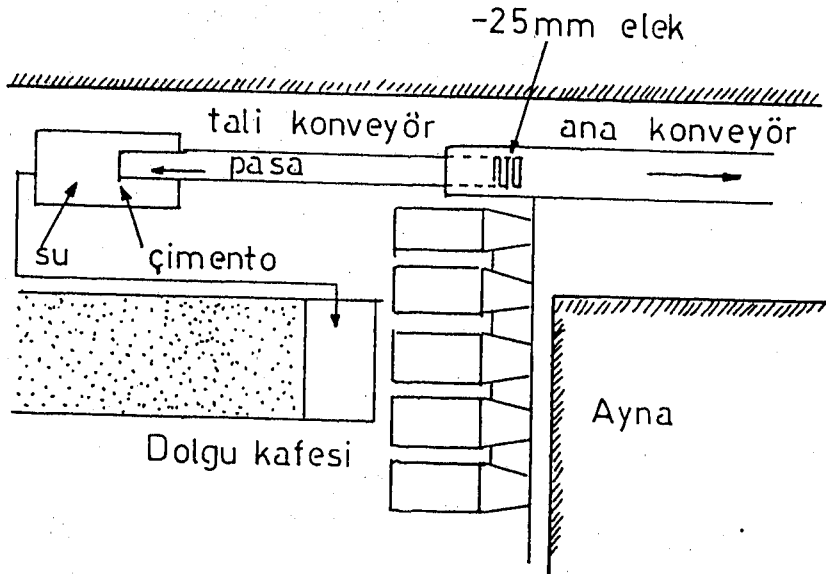
pompalama hattında tıkanmalara neden olduğu gözlenerek, daha sonra bün-yeden çıkarılmıştır. Böylece (monopak sodyum karbonat) "Aquacem" diye anılmakta ve 25 kg lık torbalar halinde imal edilmektedir. Dolgu ye-rinde çimento harcından suyun ayrışmasını önlemek amacıyla, ortama ay-rıca kolloidal bentonit eklenmesi düşünülmüş ve tepkimeye hızlandırıcı sodyum karbonat maddesinin de bu madde ile birlikte, aynı aşamada tat-biki uygun görülerek "Aquabent" denilen ve yine 25 kg lık torbalar ha-linde imal edilmekte olan (bentonit+sodyum karbonat) tan oluşan madde ortaya çıkmıştır.

Dolgu işlemi için böylece, iki ayrı istasyona gerek vardır. Aqua-cem ve Aquabent istasyonlarının her birinde, dolguya gerekli toplam su miktarının yarısı bu maddelerle karıştırılarak, iki ayrı kanaldan dol-gu yerine pompalanır. İdeal bir dolgu, hacımsal olarak % 85 su, % 14 Aquacem ve % 1 Aquabent içerir. Aquabent'te bentonit/sodyum karbonat oranı 1/1 dir.

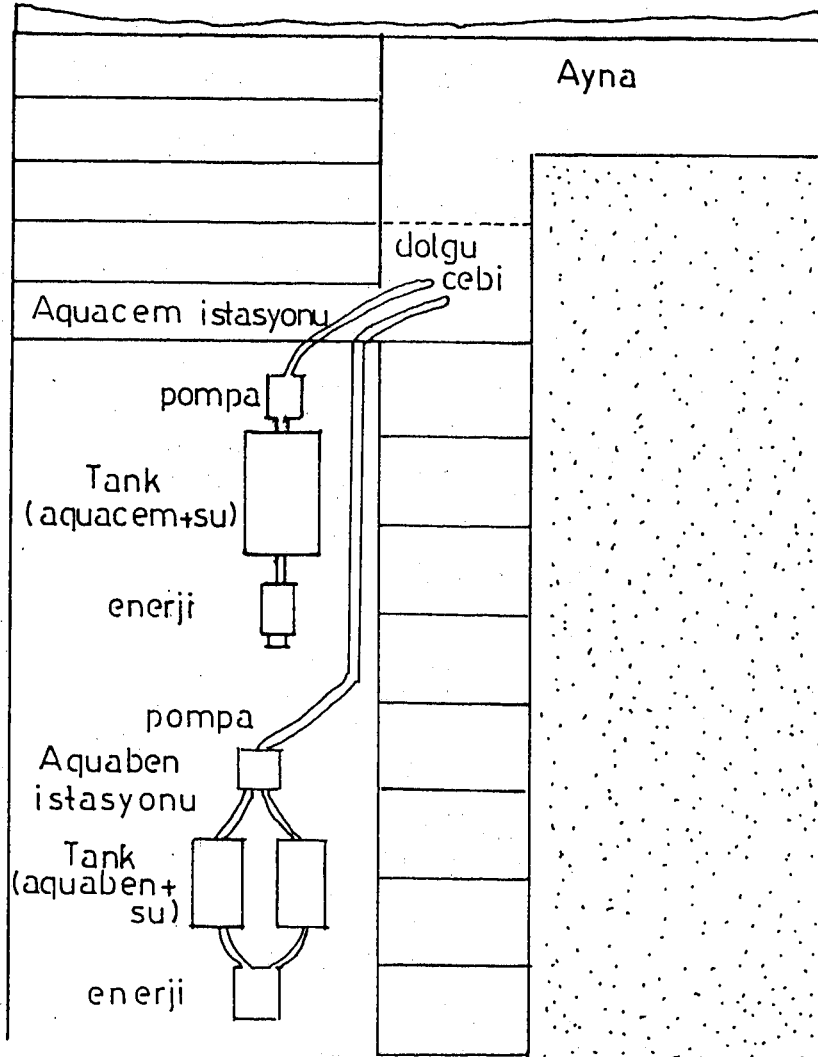
Aşağıda araştırma sonuçları anlatılan Ellistown ocağındaki uygula-mada, Aquacem istasyonunda dakikada, 2,5 torba (62,5 kg) Aquacem, 50 lt su ile karıştırılarak, Aquabent istasyonunda ise 1000 er litre kapas-i-teli iki tankta 2000 litre suya 7 torba (175 kg) Aquabent katılarak her iki karışım, 32 mm çaplı hortum hatlarından, her biri dakikada 72 lit-re basacak şekilde dolguya pompalanmıştır (Şekil 8.11). Yine bu örnekte 3 m yükseklik, 3 m genişlik, 1 m uzunluğunda dolgu cepleri kullanılmış-tır. Dalguya başlamadan önce cebin dört yanına ve tavan kısmına çelik kafesler yerleştirilir ve bunların üzerine, özel olarak branda bezinden yapılmış bir dolgu torbası çengellere asılır. Dolgu maddeleri torbanın açık olan üst kısmından, torba doluncaya kadar akıtılır. Bu boyutlar-daki bir cebin hazırlığı ve tüm dolgu işlemi iki işçi ile dört saatte tamamlanabilir (2).



Şekil 8.9. Warbret sistemi



Şekil 8.10. Mindev kısa mesafe pompalama sistemi



Şekil 8.11. Su + çimentolu dolgu sistemi

9. HİDROLİK DOLGULU MEKANİZE YÖNTEMİN ETÜDÜ

Bu bölümde hidrolik dolgulu mekanize üretim yönteminin şu anda hazırlık çalışmaları yapılan Ömerler 1-C panosunda uygulanabilirliği üzerinde araştırmalar yapılmıştır.

9.1. Ömerler 1-C Panosunun Özellikleri

Ömerler 1-C panosu içinde kalan 7 adet sondajın kestiği damar kalınlığı ortalama olarak 7,4 m dir. Pano uzunluğu 700 m, eni 240 m dikdörtgen şeklindeki panonun etrafı faylarla çevrilmiştir. Damar eğimi yaklaşık 4-5° arasındadır.

9.2. Pano Hazırlığı

1-C panosuyla komşu panoların üretimini ve malzemesini nakletmek için 9,04 m² kesitinde galeri açmak gerekmektedir. Pano eni 240 m olduğu için, panonun ortasından pano içi nakliye yolu sürülerek 120 m uzunluğunda iki adet ayak oluşturulacaktır. Panoda oluşturulacak tavan orta ve taban ayaklar için ayrı ayrı tavan taban yolları sürülmesi gerekmektedir. Sürülecek tavan taban yollarının boyutları aşağıda belirtilmiştir.

Taban genişliği	3,40 m
Galeri yüksekliği	2,70 m
Faydalı kesit	6,94 m ²

Tavan ve orta yollardan gelen üretim, pano içi nakliye galerisinden her 230 m de, 4-4,5 m yüksekliğinde açılacak kelebelerden alınacaktır. Kelebelerin kesit 1,5 x 1,5 m² kare kesitli olacaktır.

Pano girişinde tavan ve orta yolları bağlayacak malzeme bağlantı yolları 6,94 m² kesitinde açılacaktır. Ana malzeme yolundan gelen malzemeler, bağlantı yolları vasıtası ile tavan ve orta ayaklara verilebilecektir.

Ayak uzunluğu ve adedi :

Pano eni dikkate alınırđa, 700 m uzunluğuında panonun sağ ve sol tarafındaki ayaklar teşkil edilebilir. Damarın tavan taşından itibaren 2,5 m sini tavan ayaklar, sonraki 2,3 m sini orta ayaklar ve taban taşından itibaren geriye kalan 2,3 m lik kısmı ise taban ayaklar olarak tır (şekil 9.1.).

Damar üç dilim halinde alınacağından, 2 adet tavan ayak, 2 adet orta ayak ve 2 adet de taban ayak olmak üzere toplam 6 ayak teşkil edilecektir.

9.3. Uzun Ayaklarda Yürüyen Tahkimatın Boyutlandırılması

9.3.1. Yürüyen tahkimatın uygulanabilirliğine etki eden faktörler:

1. Doğal etkenler

a) Tavan yapısı :

Yürüyen tahkimatın uygulanacağı uzun ayaklarda tavanın orta sağlam yapıda olması gerekmektedir. Çok sağlam tavan zor kırıldığı için tahkimat üzerinde daha fazla yük gelmesine neden olur. Kolay kırılan çürük tavan ise tavan kontrolü yönünden elverişli değildir.

b) Taban şartları :

Yürüyen tahkimat tavandan aldığı yüklerle tabana gömülmemelidir. Taban bu yüke karşı dayanıklı olmalıdır. Yumuşak tabanlar elverişsiz çalışma şartları yaratırlar.

c) Damar kalınlığı ve homojenliği :

Yürüyen tahkimatın çalışma yüksekliği yapısal özelliği nedeniyle sınırlıdır. Tahkimat ünitesi belirli miktar yükseltilebilir ve alçaltılabilir. Çalışma yüksekliği özel ek parçalar yardımı ile küçük ölçüde

değiştirilebilir. Bu nedenle damar kalınlığındaki değişimler az olmalıdır.

d) Damarın eğimi :

Yürüyen tahkimat için en elverişli damar yatay damarlardır. Damar eğimi arttıkça yürüyen tahkimatın tesbit edilmesi zorlaşacaktır.

e) Damarın tektonik durumu :

Tahkimat üniteleri küçük atımlı fayları rahatlıkla geçebilirler. Fakat pano boyunca sayıları arttıkça tahkimatın ilerleme hızı azalır. Büyük atımlı fayların geçilmesi zordur. Ekonomik olmaz. Faysız düzgün panolar idealdir.

f) Ayakta su geliri ve niteliği :

Yeraltı sularının ve hidrolik dolgu malzemesinden süzülen suların korozyon etkisine karşı yürüyen tahkimatın korunması gerekir. Bunun için konstrüksiyon korozyona dayanıklı malzemeden yapılmalıdır.

2. Teknik etkenler

a) Pano uzunluğu :

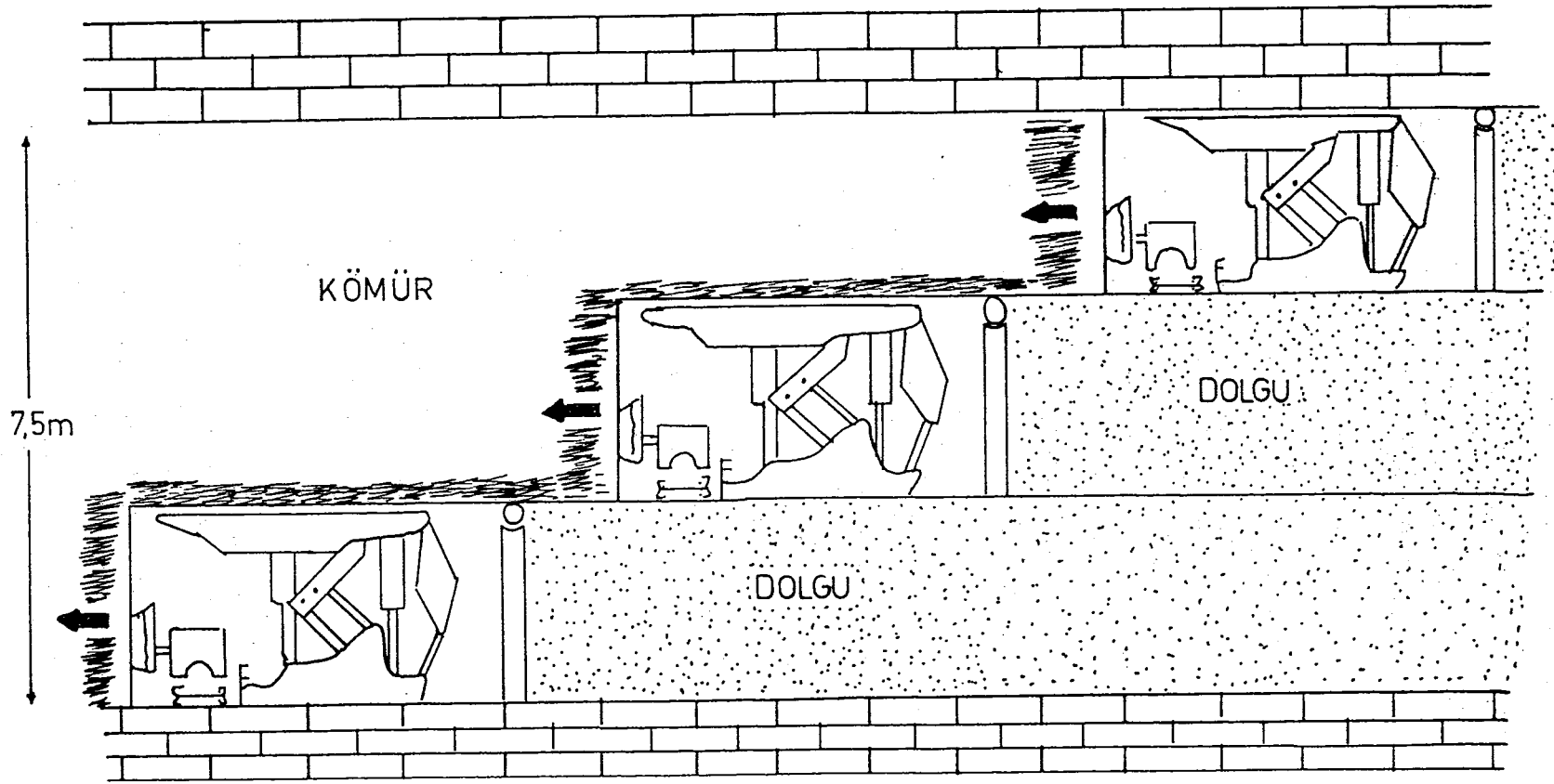
Seçilecek pano uzunluğu jeolojik şartların elverdiği ölçüde büyük alınmalıdır. Böylelikle donatımın amortismanı ve işletme masrafı azaltılmış olur. Yürüyen tahkimat için optimum pano uzunluğu 600-800 m olmalıdır.

b) Ayak uzunluğu ve ilerleme hızı :

Ayak üretimi, ayak uzunluğu ve ilerleme hızına bağlıdır. Bu iki faktör uygun seçilerek günlük üretim miktarı maksimum olmalıdır.

c) Üretim vardiyalarının sayısı :

Günlük üretim vardiya sayısının mümkün merteye fazla olması,



Şekil 9.1. Ömerler 1-C panosunda hidrolik dolgulu tam mekanize üretim sistemi

teçhizatın tam kullanılabilmesi ve amortisman masrafının azaltılması açısından tercih edilmelidir.

d) Yatırım miktarı :

Yürüyen tahkimatın yatırım miktarı diğer tahkimat sistemlerine göre daha fazladır.

9.3.2. Yürüyen tahkimatın boyutlandırılmasına etki eden faktörler

Yürüyen tahkimatın boyutlandırılmasına birçok teknik ve ekonomik faktörler etki etmektedir. Ekonomik faktörler birim maliyet ile ilgili olup, tahkimatın olanaklar ölçüsünde ucuz olması istenir. Teknik faktörler ise:

a) Damar kalınlığı ve homojenliği

Damar kalınlığı arttıkça yürüyen tahkimatın taşıma kapasitesi ve maksimum çalışma yüksekliği artar. Pano boyunca damar kalınlığının aşırı oranda değişmesi tahkimatın taşıma kapasitesinin ve maksimum çalışma yüksekliğinin boyutlandırılmasını çok fazla etkiler.

b) Damar eğimi

Yatay uzun ayakta yürüyen tahkimata sadece normal gerilmeler etki eder. Eğim arttıkça kayma gerilmeleri de etkili olmaya başlar. $\alpha = 45^\circ$ için kayma gerilmeleri maximum değerini alır. Bundan dolayı damar eğimine bağlı olarak yürüyen tahkimatın taşıma kapasitesinin belirlenmesinde kayma gerilmesi gözönüne alınmalıdır.

c) Dolgu cinsi ve kalitesi

Yalancı tavan ağırlığının bir kısmı ayak arkasında dolgu tarafından taşınmaktadır. Dolgunun, göçertmeli, hidrolik pnömatik olarak yapılışı tahkimat üzerine gelecek basıncın değerini değiştirir. Pnömatik dolgu veya hidrolik dolgu yapılması halinde göçertmeye oranla tahkimat

üzerine % 50 daha az basınç gelir. Dolgunun iyi kalitede yapılması sonucu basınç azalır.

d) Konverjans

Konverjansın fazla olması, yürüyen tahkimatın taşıma kapasitesinin yüksekliğinin, taşıma yüzey alanlarının artmasına neden olur.

e) Kazılabilirlik

Cevherin kazılabilirliği mekanik kazıya uygun olmalıdır. Yürüyen tahkimat biçimi seçilirken kazı makinasının boyut ve çalışma biçimleri gözönüne alınmalıdır.

f) Tavan ve taban taşının özellikleri

Tavan taşının sert olması tahkimat üzerine ek basıncın gelmesine neden olur. Tavan taşının yumuşak olması ise konverjansı arttırır. Taban taşı hidrolik direklerden aldığı yüke karşı, dayanıklı olmalıdır. Yumuşak taban taşı tahkimatın gömülmesine neden olur. Böyle hallerde geniş tabanlı tahkimatlar tercih edilmelidir. Yürüyen tahkimatta tavan- da ve tabanda oluşacak gerilmelerin dağılımı homojen olmalıdır.

9.3.3. Ayaklarda tavan basıncı

Uzun ayaklarda tavan basıncının hesaplanmasında birçok yaklaşımlar vardır. Özellikle dolgulu üretim yöntemlerinde Prof.Sıska yaklaşımı en iyi yaklaşım olmaktadır.

Sıska uzun ayak için tavan basıncını işletme ve doğal faktörleri de göz önüne alarak;

$$\sigma_t = \gamma \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \frac{1}{K-1} \cdot m \quad (9-1)$$

Burada : σ_t = tavan basıncı = t/m²

γ = tavan taşının yoğunluğu = 2,3 t/m³

$m = \text{Çalışılan damar kalınlığı} = 2,5 \text{ m}$

$K = \text{Tavan taşının hacimsel kabarma katsayısı} = 1,6$

$\alpha_1 = \text{Yalancı tavanın özelliğini gösteren bir ampirik katsayı} \alpha_1 = 1,5$

alınabilir.

$\alpha_2 = \text{Çalışma sistemine göre tavan gecikme faktörü}$

<u>Dolgu cinsi</u>	<u>α_2</u>
Göçertme	1
Elle dolgu	0,7
Pnömatik	0,5
Hidrolik	0,12

$\alpha_3 = \text{Tavanın kendi kendine taşıma faktörü}$

Muntazam göçen, bazen geciken tavan için $\alpha_3 = 0,35$

$$\sigma_t = 2,3 \times 1,5 \times 0,12 \times 0,35 \times \frac{1}{1,6-1} \times 2,5 = 0,604 \text{ ton/m}^2$$

Emniyet katsayısını 2 olarak alarak tavan basıncını $1,2 \text{ ton/m}^2$ kabul edebiliriz. Orta ve taban ayaklar dolgu altında çalışacağından bu ayaklarda tavan basıncı daha fazla olacaktır.

9.3.4. Tahkimatın taşıma kapasitesinin ve taban taşının taşıma yoğunluğunun belirlenmesi

A) Taşıma kapasitesinin belirlenmesi

1. İngiliz tekniğine göre

İngiltere'de bu konu ile ilgili yayınlanmış çalışmalara göre minimum taşıma kapasitesi damar kalınlığına bağlı olarak,

$$\bar{V}_{t(\min)} = \gamma \cdot \frac{m}{k-1} \quad (t/m^3) \quad (9-2)$$

$$\bar{V}_{t(\min)} = 2,3 \times \frac{2,5}{1,6-1} = 9,59 \text{ t/m}^2$$

2. Fransız tekniğine göre

Fransa'da yapılan araştırmaların sonucuna göre, konverjans değerleri kullanılan tahkimatın gerçek taşıma kapasitesi, çalışılan damar kalınlığı ve işletme derinliği cinsinden ifade edilmektedir.

$$C = (q \cdot m)^{3/4} \cdot H^{-1/4} \cdot \left(\frac{6800}{P_a} + 66 \right) \quad \text{mm/m} \quad (9-3)$$

$$C = \text{Ortalama konverjans (mm/m)} = 56^* \text{ mm/m}$$

$$m = \text{Çalışılan damar kalınlığı (m)} = 2,5 \text{ m}$$

$$q = \text{Dolgu cinsine bağlı faktör}$$

Göçertmede: 1, pnömetik dolguda: 0,5, hidrolik dolguda: 0,15 alınabilir.

$$H = \text{İşletme derinliği (m)} = 200 \text{ m}$$

$$P_a = \text{Tahkimatın taşıma kapasitesi: t/m (1 m arın boyunca)}$$

$$0,056 = (0,15 \times 2,5)^{3/4} \times 200^{-1/4} \times \left(\frac{6800}{P_a} + 66 \right)$$

$$P_a = 103,72 \text{ t/m} \quad P_a = 10,18 \text{ t/m}^2$$

Taşıma kapasitesi iki ayrı tekniğe göre hesap edilmiş ve 9,59 ve 10,18 ton/m² olarak bulunmuştur.

* Tunçbilek bölgesinde yapılan çalışmalarda konverjans 56 mm/m olarak bulunmuştur.

B) Taban taşının taşıma yoğunluğunun belirlenmesi

Tahkimatın taşıma kapasitesinin ve yoğunluğunun belirlenmesinden sonra, hidrolik direkler ile tabana aktarılan aksenal yükün oluşturacağı gerilme hesaplanmalı ve bu değer taban taşının taşıma kapasitesinden büyük olup olmadığına bakılmalıdır.

Taban taşına iletilen basınç

$$\sigma = \frac{P}{F} \quad \text{kg/cm}^2 \quad (9-3)$$

$P =$ Tabana iletilen yük = 440.000^{*} kg

$F =$ Taban kısmının kesit alanı = 250^{*} x 140 = 35000 cm²

$$\sigma = \frac{440.000}{35000} = 12,3 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{dir.}$$

Taban taşı marn olup, basınç dayanımı 300 kg/cm² dir.

$\sigma_{em} > \sigma$ olduğundan, yürüyen tahkimat tabana gömülmez (8).

9.4. Yürüyen Tahkimat Tipi ve Sayısının Seçimi

a) Tavan ayaklarda tavan basıncı daha düşük olduğundan, aşağıdaki tipte yürüyen tahkimat üniteleri kullanılabilir.

1. WESTFALIA LÜNEN

Tip	BS 2.1 P
Ortalama çalışma yüksekliği	2000 mm
Bir direğin tavana verdiği yük	82 ton
Toplam taşıma yükü	320 ton
Alana düşen taşıma yükü	43 ton/m ²

*

Seçilen 250 cmlik taban uzunluğu ve 440.000 kg taşıma kapasitesi öngörülen yürüyen tahkimat tipinden alınmıştır. HEMSCHEIDT 4400-16.5/27 tip

2. KLÖCKNER-BECORIT

Tip	2 leg shields 1,5-3,5
Çalışma yüksekliği	1500 mm - 3300 mm
Toplam taşıma yükü	204 ton
Alana düşen taşıma yükü	40 t/m ²

3. STEPHANOISE

Tip	2 FS 240 18.28
Çalışma yüksekliği	1800 mm - 2800 mm
Bir dirseğin tavana verdiği yük	24,3 ton
Toplam taşıma yükü	240 ton
Alana düşen taşıma yükü	41 t/m ²

Tip	LB-4x80-13-30
Çalışma yüksekliği	1300-3000 mm
Toplam taşıma yükü	320 ton
Alana düşen taşıma yükü	52 t/m ²

b) Orta ve taban ayaklar

1. HEMSCHIEDT

Tip	320-20/30 (arkadan kömür alınmayan tipler)
Çalışma yüksekliği	2000 mm - 3000 mm
Toplam taşıma yükü	295 ton
Alana düşen taşıma yükü	59 ton/m ²

Tip	4400-16,5/27 (arkadan kömür alınmayan tip)
Çalışma yüksekliği	1900 mm - 2800 mm
Toplam taşıma yükü	440 ton
Alana düşen taşıma yükü	58 ton/m ²

2. GULLIK DOBSON

Tip	4x300-3' 11" t° 8' 3"
Toplam taşıma yükü	328 ton
Alana düşen taşıma yükü	53 t/m ²

3. ATELIERS CHANTIERS DECA MANCHE

Tip	LB-4x115-15-33,5
Toplam taşıma yükü	469 ton
Alana düşen taşıma yükü	82 t/m ²

Tip	LB-4x115-15-35
Toplam taşıma yükü	480 ton
Alana düşen taşıma yükü	63 t/m ²

Tip	LB-4x120-15-32
Toplam taşıma yükü	480 ton
Alana düşen taşıma yükü	74 ton/m ²

4. WESTFALIA LÜNEN

Tip	BS 2.1 V
Toplam taşıma yükü	510 ton
Alana düşen taşıma yükü	68 ton/m ²

Tip	BS 2.1 VH
Toplam taşıma yükü	630 ton
Alana düşen taşıma yükü	84 ton/m ²

Tahkimat ünitesinin sayısının belirlenmesi

$$P_{top} = \bar{\sigma}_t \cdot A \quad (9-5)$$

P_{top} = Uzun ayak içinde yürüyen tahkimat üniteleri tarafından taşınacak yük (ton)

$\bar{\sigma}_t$ = Uzun ayak boşluğu üzerindeki basınç (ton)

A = Tavan yüzeyi alanı (m²)

$$n = \frac{P_{top}}{P_{\ddot{u}}} \quad (9-6)$$

n = Ünite sayısı

$P_{\ddot{u}}$ = Bir tahkimat ünitesinin taşıma kapasitesi (ton)

$$A = 5 \text{ m} \times 120 \text{ m} = 600 \text{ m}^2$$

$$P_{top} \cdot (\text{min}) = 40 \text{ t/m}^2 \times 600 \text{ m}^2 = 24000 \text{ ton}$$

$$n_{min} = \frac{24000}{440} = 56 \text{ adet (1 ayak için en fazla)}$$

Altı ayak için en az 336 adet Hemscheitdk 4400 - 16.5/27 tip yürüyen tahkimata ihtiyaç duyulacaktır.

9.5. Ayaklarda Üretilecek Yıllık Kömür Miktarı

Ayakların tümünün 350 iş günü çalışacağı kabul edilmiştir. Kömürün özgül ağırlığı tüm hesaplamalarda $1,5 \text{ t/m}^3$ olarak alınmıştır.

Günlük üretim:

$$Q = (L \cdot a \cdot H \cdot g) \quad (9-7)$$

$$L = \text{Ayak boyu (m)} \quad 120 \text{ m}$$

$$a = \text{Have genişliği (m)} \quad 2 \text{ m/gün}$$

$$H = \text{Ayak yüksekliği (m)} \quad 2,3 \text{ m}$$

$$g = \text{Kömürün özgül ağırlığı (t/m}^3) \quad 1,5 \text{ t/m}^3$$

$$Q = 120 \text{ m} \times 2 \text{ m/gün} \times 2,3 \text{ m} \times 1,5 \text{ t/m}^3$$

$$Q = 828 \text{ ton/gün} \quad 1 \text{ ayaktan elde edilecek kömür}$$

Panoda 2 tavan, 2 orta ve 2 taban ayak olacağına göre, günlük pano üretimi:

$$Q = 4968 \text{ ton/gün}$$

Panodan üretilecek toplam yıllık üretim, aynı zamanda günlük 2 m ilerleme ile pano ömrü boyunca yıllık üretim:

$$Q \text{ yıl} = 350 \text{ gün}(\text{yıl} \times 4968 \text{ ton/gün} \times 0,97^* = 1.686.636 \text{ ton/yıl}$$

Pano hazırlığından elde edilecek kömür.

700 m uzunluğunda 9 adet, $6,94 \text{ m}^2$ kesitinde ve 120 m uzunluğunda 6 adet ayak içi hazırlığı;

Tavan ve taban galerileri için:

$$700 \text{ m} \times 6,94 \text{ m}^2 \times 6 \text{ ad.} \times 1,5 \text{ t/m}^3 \times 0,80 = 34977,6 \text{ ton}$$

Orta galeriler için:

$$700 \text{ m} \times 6,94 \text{ m}^2 \times 3 \text{ ad.} \times 1,5 \text{ t/m}^3 = 21861 \text{ ton}$$

Ayak içi hazırlıkları için:

$$240 \text{ m} \times 6,94 \text{ m}^2 \times 6 \text{ ad.} \times 1,5 \text{ t/m}^3 = 14990,4 \text{ ton}$$

$$\text{Pano hazırlığı toplam üretimi} = 34977,6 + 21861 + 14990,4 = 71829 \text{ t.}$$

1-C panosundan elde edilecek yıllık üretim:

Ayaklardan	1.686.636
Hazırlıklardan	<u>71.829</u>
Toplam	1.758.465 t/yıl

9.6. Ayaklardaki Eleman Sayısı

Taban, orta ve tavan ayaklarda, kömür aynadan alınacaktır. Ayaklarda bir vardiyada ilerleme 0,70 m olup şu elemanlar gereklidir.

Aynacılar	14 kişi
Yardımcıları	4 kişi
Motor başı ve taban yolları ekibi	4 kişi
Mekanik usta	4 kişi
Elektrikçi usta	3 kişi
Nezaretçi	1 kişi

* İşletme kaybı % 3 olarak alınmıştır.

9.7. Ömerler 1-C Panosunda Hidrolik Rablenin Uygulanabilirliğinin Etüdü

Hidrolik ramble, ramble malzemesi su karışımının borular içersinde açılan imalat boşluklarına gönderilmesiyle yayılan ramble yöntemi-
dir. Borular içersinde su ile taşınabilecek şekilde hazırlanan ramble malzemesi, özel karıştırma tanklarında belli oranlarda su ile karıştırılarak boru şebekesine verilir. Borularla hidrolik nakliyat prensiplerine uygun olarak taşınan ramble malzemesi boru şebekesi ucundan boşluklara doldurulur. Taban yolları ve arın ayak içi barajları ile korunur.

9.7.1. Hidrolik ramble malzemesinin özellikleri

Çok çeşitli kaynaklardan elde edilen ve farklı malzemelerden oluşan hidrolik dolgu malzemesi genelde kum olarak adlandırılır. Dolgu malzemesi ayak içinde kolayca çöken, içinde kolloidal parçaların bulunmadığı bir karışım olmalıdır. Hidrolik ramble için en uygun malzeme dere kumudur. İnce parçalar dere suyu ile sürüklenmiş, çöketilen kısım kum olarak kalmıştır. Lavvar yakınsa lavvar artıkları da uygundur. Ancak 100 mikrondan küçük parçaların bir klasifikatör veya siklon vasıtasıyla ayrılması zorunludur. İzabe tesislerindeki kızgın cürufum soğuk suda ani soğutulması ile elde edilen malzeme de uygundur. İdeal olarak kimyasal maddelerden inert olmalı, büyük boyutlu çakıl ve büyük miktarlarda kil içermemelidir. % 88 silis iyi netice vermektedir.

Ramble malzemesi içine onu çimentolaştıracak maddeler ilave ederek meydana gelen ramblenin solidleşmesi büyük bir avantaj teşkil etmektedir. Böylece ramble ile çalışma esnasında topuklar daha kolay alınabilmekte, taban yollarının tutulması kolaylaşmaktadır.

Ramble malzemesi içindeki kükürt ve demir önemli bir rol oynamaktadır. Kükürt ramble yapılan yerde okside olmakta ısı ve SO_2 gazı açığa çıkmaktadır. Bu durumda çalışılan yerin sıcaklığı da artmaktadır. Fakat ince tabakalar halinde ramble yapıldığında bu ısı normal havalandırma ile dağıtılabilmektedir. Oksidasyon esnasında bir nevi çimentolaşma meydana gelmekte, konsolide dolgu oluşmaktadır.

Tavan alçalmasını minimize etmenin son derece önemli olduğu yerlerde, malzemenin çabuk katılaşmasının sağlamak ve direncini arttırmak amacıyla karışıma belirli miktarlarda çimento ilave etmek de uygulanan bir yöntemdir. Bu şekilde gerçekleştirilen dolgu direncine çimento miktarının granülometresi, karışım yoğunluğu etki etmektedir. Çimento miktarı arttıkça dolgu direnci de artacaktır.

Öneriler yeraltı işletmesinde l-C panoda hidrolik dolgu malzemesi olarak açık ocaktan elde edilen harfiyat taşları (özellikle marn) kullanılacaktır. Lavvar artıklarında hidrolik dolguda kullanılması mümkündür. Fakat işletmeye Lavvar 8 km mesafede olduğu için nakliye açısından ekonomik olmayacağı kanısına varılmıştır.

9.7.2. Malzemenin tane büyüklüğü

Karışım içindeki ramble malzemesinin ortalama tane büyüklüğünün tayini hidrolik ramble tasarımında çok önemlidir. Ortalama tane boyutu katı tanenin boru içinde çökmesini belirleyen kritik karışım hazının hesabında önemli bir rol oynamaktadır. Tane boyutu, karışım tipinin saptanması ve birim boru yük kaybının hesaplanmasında da etkili olmaktadır.

Karışım içindeki iri taneler ince tanelerden daha hızlı çökmeye eğilimli oldukları için bu parçaları süspansiyon halde tutmak için daha büyük bir akış türbilansına ihtiyaç olacaktır. Ayrıca büyük boyutlu malzemeler boru aşınması üzerinde de olumsuz etki yapmaktadırlar.

Bu yüzden maksimum parça boyutu güç ihtiyacını ve boru aşınmasını minimize edecek değerlerde kalmalıdır.

Linyitlerin uzak mesafelere nakledilmesi olanakları üzerinde çalışmalar yapan Lammers'e göre parça boyutu azaldıkça süspansiyon durumu iyileşmekte ve akış karakteristikleri giderek teniz suyunkine yaklaşmaktadır. Bununla beraber kolloidal boyutlarda Newton kanunlarına uymayan davranışlar belirlemek ve basınç düşüşleri olağanüstü yüksek olmaktadır. Diğer taraftan çok ince malzeme ayak içindeki kanaviçeden sızarak taban yollarında ve su havuzlarında birikmektedir. Bu açıdan hidrolik ramblede çok küçük ve çok büyük parçalardan kaçınılmalıdır.

Worster ve Denny katı parçaların çok büyük ve çok küçük olması durumunda, akış davranışlarının aşağıdaki özellikleri göstereceğini deneylerle kanıtlamışlardır.

1. Düşük hızlarda katılar boru dibinde kayan yatak rejiminde akmakta, küçük malzemelerin büyük kısmı daha büyük malzemelerin arasına tutulu kalmaktadır.

2. Yüksek hızlarda ince malzeme sıvı içinde bir ağır ortam yaratarak tam olarak askıda kalabilmekte, büyük boyutlu katılar ise daha büyük yoğunluklu bir sıvının içinde iseler sıvı akışı ile birlikte taşınmaktadırlar.

Kullanılan ramble malzemesinin boyutları malzemenin hazırlanış şekline, malzeme kaynağına, kırıcı ve öğütücünün tipine, eleme ve sınıflama teçhizatının tipine bağlı olarak dağılım gösterir. Teknik ve ekonomik açıdan çok ince ve çok büyük parçalar uygun değildir. Büyük parçaların boyutları tıkanmaya yolaçmamaları bakımından boru çapının $1/4-1/5$ ini hiçbir suretle aşmamalıdır. Üst sınır değerinden daha ince olan partiküllerin miktarının belli bir oranda olması da önemlidir. Bu ince partiküllerin su içinde askıda kaldıklarında, su ile birlikte bir ağır ortam sıvısı oluşturacaklar, nakliyat sırasında daha büyük parçaların da

süspansiyon halde tutabilmesini temin edecek akış hızını azaltacaklardır.

Katı tanelerin tane büyüklüğü mm olarak verilmektedir. Çok küçük taneciklerin büyüklüğü ise mikron olarak ölçülür.

Tanelerin boyut dağılımı kalibre edilmiş elek analizi ile tayin edilir. Elek analizi sonuçlarından ortalama tane büyüklüğü hesabı yapılır.

Hidrolik dolgu için iyi bir boyut analizi % 50 si 0,1-10 mm, % 40 10-40 mm, % 10'u 40-50 mm kadar olan boyut dağılımıdır.

9.7.3. Tane şekli

Pratik çalışmalarda malzemenin tane şekli çok değişik geometri - lerde bulunur. Malzemenin geometrisi hidromekanik özelliklerine etki etmektedir. Teorik çalışmalarda tüm geometrik şekiller için ayrı ayrı formüller çıkarmanın zorluğu gözönüne alınarak tane şeklinin küre şeklinde olduğu varsayılmıştır, formüller küresel tanecikler esas alınarak çıkarılmıştır.

9.7.4. Ramble malzemesinin yoğunluğu

Malzemenin yoğunluğu tanenin hidromekanik bakımdan çok önemli bir özelliğidir. Tanenin sıvı içinde çökme eğilimine direkt olarak etki eder. Yüksek yoğunluklu tanelerin daha hızlı çöktüğü bilinen bir özelliktir. Ramble işinde yoğunlukları 1,5 - 2,6 t/m³ arasında değişen çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Ömerler 1-C panosunda kullanılacak dolgu malzemesinin yoğunluğu yapılan çalışmalar sonucunda 2,3 ton/m³ dür.

<u>Ramble Malzemesi</u>	<u>Yoğunluk(ton/m³)</u>
Kırılmış taş (ort.tane çapı =23 mm)	1,6

<u>Ramble Malzemesi</u>	<u>Yoğunluk (ton/m³)</u>
Şist	1,5
Granüler cüruf	1,6-1,8
(İnce taneli kum (ort.tane çapı 0,3 mm)	1,57
Orta taneli kum (Ort.tane çapı 0,87 mm)	1,6
Kil	2,0-2,5

9.7.5. Dolgu malzemesinin sıkılama oranı

Dolgu malzemesinin hepsinin kendine göre boşlukları olduğundan, hiçbir zaman kazılan cevherin yerin tutamaz. Ayrıca dolgunun yeraltı boyluğunun tamamını doldurması da mümkün değildir. Bu bakımdan bir miktar tavan alçalması ve üst tabakalarda taşman oluşması kaçınılmazdır.

Dolgu malzemesinin yoğunluğu ile bu maddenin mutlak yoğunluğunun oranına dolgu yoğunluk yüzdesi denir. Malzeme içindeki bütün boşlukları kapanacak şekilde sıkıştırmak için bu malzemeyi kırabilecek basınçtan daha fazla basınç uygulamak gereklidir. Yumuşak şistlerin en büyük yoğunlukta sıkışması için 210, orta sertlikte şistlerin konsolide olması için 350-500 kg/cm² ve greleri tam sıkıştırmak için 1000-2000 kg/cm² lik basınca ihtiyaç vardır. Arazi basıncını ortalama metre derinlik başına 0,2 kg/cm² arttığını kabul edersek, normal ocak derinliklerinde sadece şistlerin yeterli derecede konsolide olabileceğini görürüz.

9.7.6. Dolu malzemesi ve su ihtiyacı

Yeraltı boşluğuna doldurulacak dolgu miktarı, boşluğun geometrik boyutlarına ve dolgu faktörüne bağlıdır. Ömerler 1-C panoda günlük dolgu miktarı şu şekilde hesaplanmaktadır.

Q = Dolgu miktarı ($m^3/gün$)

L = Ayak boyu (m) = 120 m

a = Have miktarı (3 vardiyada m) = 2,0 m

h = Damar kalınlığı (m) = 2,3 m

r = Dolgu drandımanı = 0,95

1 ayak için dolgu ihtiyacı :

$$Q = L \times a \times h \times r \quad (9-8)$$

$$Q = 120 \text{ m} \times 2 \text{ m/gün} \times 2,3 \text{ m} \times 0,95 = 524 \text{ m}^3/\text{gün}$$

6 ayak için günde dolgu ihtiyacı :

$$6 \times 524,4 \text{ m}^3/\text{gün} = 3146,4 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Kullanılacak su miktarı ise dolgu kapasitesine, hacimsel katı madde konsantrasyonuna, malzemenin yoğunluğuna ve havenin geometrik boyutları bağlıdır. Su miktarı :

$$Q_{su} = \frac{Q_k (\gamma - \gamma_{ka})}{\gamma_{ka} - \gamma_o} \quad (9-9)$$

Q_{su} = Su miktarı ($m^3/saat$)

$$Q_k = \text{Dolgu miktarı (m}^3/\text{saat)} = \frac{3146,4 \text{ m}^3/\text{gün}}{24 \text{ saat/gün}} = 131 \text{ m}^3/\text{saat}$$

γ = Dolgunun yoğunluğu (t/m^3) = 2,3 t/m^3

γ_{ka} = Karışım yoğunluğu (t/m^3)

γ_o = Suyun yoğunluğu (t/m^3) = 1 t/m^3

γ_{ka} değeri şu formülle hesaplanır.

$$\gamma_{ka} = K. + (1-K) \cdot \gamma_o \quad (9-10)$$

K = Karışımın hacimsel konsantrasyonu = % 40 olarak hesaplanmıştır.

$$Q_{su} = \frac{131 (2,3 - 1,52)}{1,52 - 1} = 196,5 \text{ m}^3/\text{saat}$$

$$\text{Günlük su ihtiyacı} = 196,5 \text{ m}^3/\text{saat} \times 9 \text{ saat/gün} = 1768 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Ömerler 1-C panosunda hidrolik dolgu uygulaması için 1800 m³ hacimli bir su deposuna ihtiyaç vardır.

9.7.7. Dolgunun kazıya ve tavan kontrolüne etkisi

Dolgunun uzun ayak işletmesindeki etkisi Şekil 9.2'de şematik olarak gösterilmiştir. İyi dolgu yapıldığında basınç kemeri küçük, ayağa gelen basınç miktarı azdır (Şekil 9.2 a). Hemen arın üzerine etki eder ve kömürün kırılmasına dolayısıyla kazının kolaylaşmasına yardımcı olur. Göçertme sisteminde bu basınç değeri yüksek ve ayaktan etki alanı uzaktır ve bu nedenle kömürün kırılmasına yardımcı azdır (Şekil 9.2 b).

Dolgunun tavan taşlarına etkisi Şekil 9.3'de çok güzel şematize edilmiştir. Göçertmeli sisteminde tavan taşları büyük bloklar halinde kırılmakta, arına büyük yükler gelmektedir. Dolgulu çalışmada ise tabaka ayrılması az, tavan çatlakları az ve özellikle tahkimata etki eden yükler azdır.

9.7.8. Hidrolik ramblenin teorisi

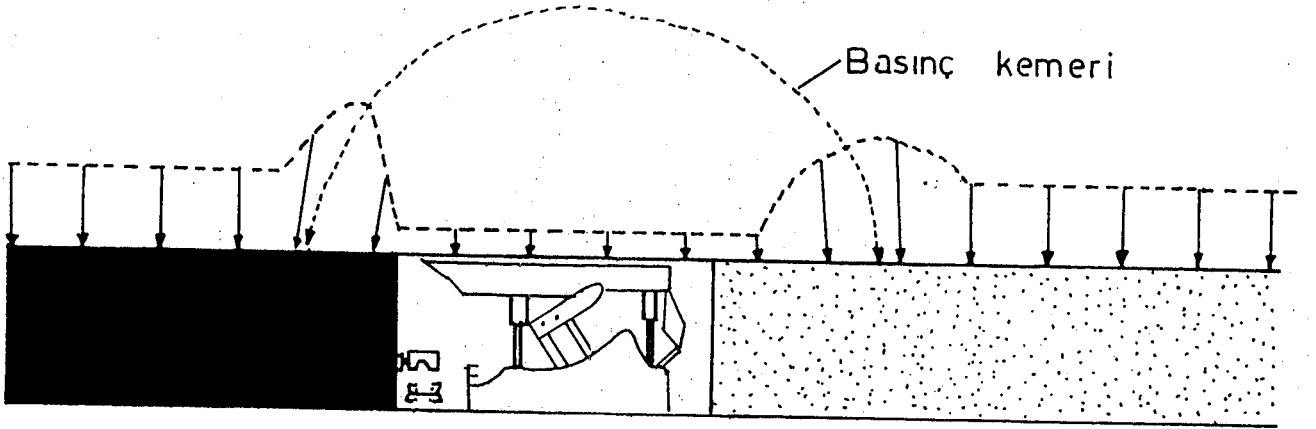
Hidrolik dolgu işlemi temelde, dolgu malzemesinin karıştırma tankından, yeraltı boşluklarına kadar borular içerisinde su ile hidrolik olarak nakledilmesi işlemidir. Operasyonun teknik açıdan en karmaşık kısmı olan ve hidrolik ramble teorisinin temelini teşkil eden ramble malzemesinin borularla taşınması işlemi bazı istisnai hususlar dışında katıların boru hattında hidrolik olarak taşınması teorisi ile çakışmaktadır. Zaten hidrolik ramble için kullanılan teorik neticelerin büyük kısmı, katı maddelerin hidrolik olarak nakli için yapılan bilimsel

araştırmalardan çıkarılmışlardır.

Hidrolik nakliyat konusu son senelerde üzerinde en çok çalışılan konulardan birisidir. Ancak özellikle uzun mesafelere borularla nakil hususu oldukça yeni olup, meselenin tüm teorik özellikleri tam olarak açıklanamamıştır. Konu üzerine pek çok araştırmacı eğilmekle beraber, herbirinin çalışmaları sonucu ileri sürdükleri sonuçlar birbirlerinden çok farklı olmuştur. Çeşitli araştırmacıların sonuçları arasında korelasyon yapma imkanı doğmadığından, hidrolik nakliyatın pek çok hususu halen daha insanlık için giz olarak durmaktadır. Bugün için hidrolik nakliyat uygulamalarında tecrübe sonuçlarının değerlendirilerek, teorik parametrelerin tecrübelerine göre uydurulması en güvenilir yol olmaktadır.

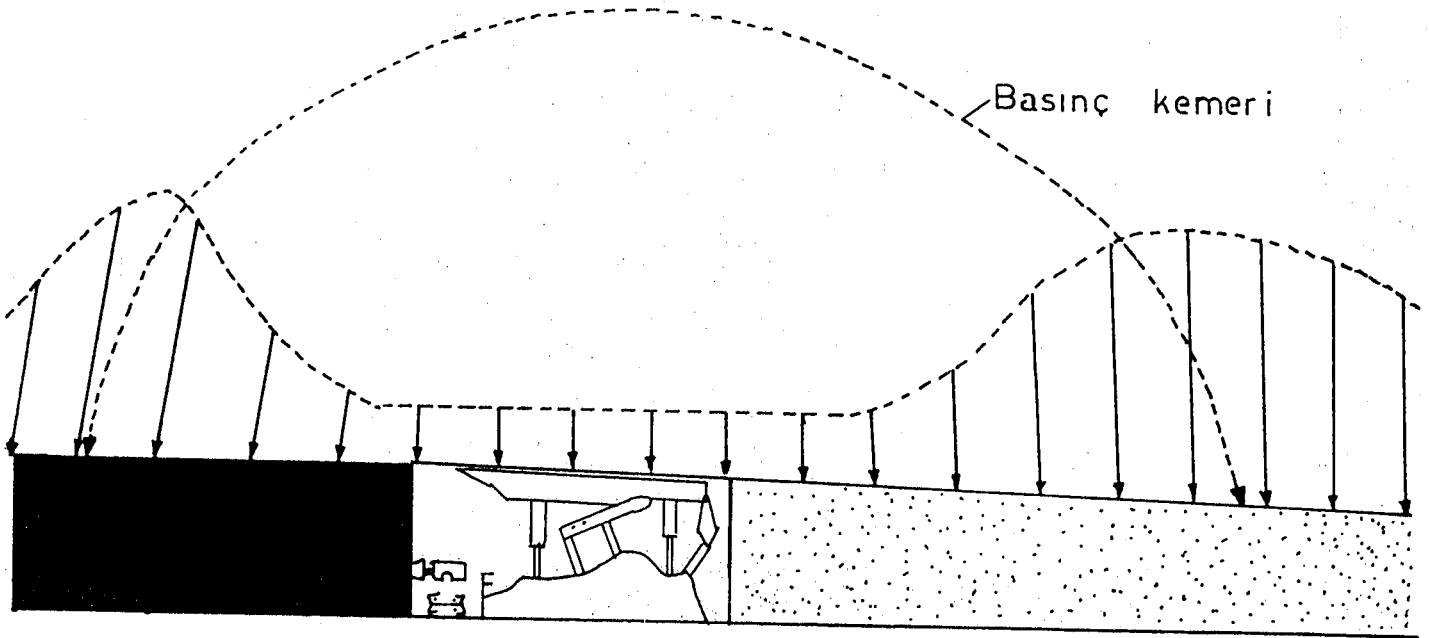
Hidrolik ramble tasarımının temelini hidrolik nakliyat prensipleri teşkil etmekle birlikte, bazı karakteristik özelliklerinden ötürü, ikisi arasındaki şu farklılıklara işaret edilmelidir.

1. Hidrolik ramble sisteminde boru şebekesinin dolma veya boşalma ucu arasında maden özelliklerine bağlı olarak belli bir seviye farkı vardır. Buna ilaveten hidrolik dolguda karakteristik akış yönü üst kottan alt kota doğrudur. Bu özelliklerinden dolayı akışı sağlamak için malzemenin potansiyel enerjisi genellikle yeterli olmakta, pompa tesisleri gibi herhangi bir harici alete gerek kalmamaktadır. Harici bir enerjiye gerek olmadığından, emniyetli bir şekilde maksimum konsantrasyonun sağlanmasıyla en ekonomik dolgu gerçekleştirilebilmektedir. Enerji masrafları ve pompa tesisi için ilk yatırım ve bakım masrafları söz konusu olmamaktadır. Hidrolik nakliyatta malzeneyi taşıyabilmek için gerekli güç hesabı problemler doğurabilecek, uzun mesafelerde ara pompa istasyonları kurmak gerekebilecektir. Pompa ve enerji masrafları önemli olabilecektir. Bu durumda nakledilen katının beher tonu için harcanacak enerjiyi minimum yapacak konsantrasyon oranı en ekonomik



Dar basınç kemeri

a) Az yük, iyi arın şartları



Geniş basınç kemeri

b) Fazla yük, fena arın şartları

Şekil 9.2. Dolgunun kazıda faydasının şematik belirlenmesi

durumu belirleyecektir.

2. Hidrolik ramblede herhangi bir mekanik aletin olmamasından ötürü etkili bir kontrol sistemine gereksinme vardır. Aksi takdirde sistemdeki herhangi bir aksaklık gecikmeyle ve daha büyük sorunlar yaratıldıktan sonra haber alınabilecektir. Bir hidrolik nakliyat sisteminde ise, pompanın veya motorun herhangi bir anormal davranışı, boru hattında bir sorun olduğunu işaret edecek ve aksaklık zamanında giderilebilecektir.

Hidrolik nakliyatta malzeme kalitesi ve beslemesindeki bir değişiklik fazla zararlı olmadan pompa yükü ve hızının değiştirilmesi ile düzeltilebilir. Hidrolik dolgu sisteminde böylesi bir değişiklik karışım seviyesinin düşmesine veya yükselmesine yol açarak taşma veya tıkanma durumlarına neden olacaktır. Bu nedenle çok hassas özel kontrol mekanizmalarının kullanılması ve etkin bir denetim uygulaması şart olmaktadır.

3. Bir hidrolik nakliyat sisteminin tasarım parametreleri güzergah ve boru hattı özellikleri değişmediğinden, sistemin ömrü boyunca sabit kalır. Hidrolik ramble tesisinde ise boru uzunluğu, günlük ilerlemeye bağlı olarak önemli oranda değişmektedir. Bu durum tasarımda önemli bir yeri olan kot farkı / boru uzunluğu oranının sürekli olarak değişmesine ve dolayısıyla bu orana bağlı olan diğer parametrelerin değerlerinin de değişmesine yol açacaktır. Sistemin sağlıklı olarak çalışabilmesi için, yeni durumlar değerlendirilmeli, malzeme beslemesi sürekli denetlenmeli, yeni şartlara uyandırulmalıdır.

4. Hidrolik dolgu tasarımında kullanılan eşitlikler, nakil işini pompaların sağladığı hidrolik nakliyat tecrübelerinden çıkarılmışlardır. Pompaların hacimsel konsantrasyonunun % 35 i geçtiği durumlarda nakil işini gerçekleştiremedikleri, halbuki % 35'i aşan konsantrasyonlarda dolgu yapılabildiği düşünüldüğünde, bu konsantrasyonlarda yapılan

dolgu işlemlerinde pek çok sorun çıkacağı ve teorik hususların yeter - sız kalacağı anlaşılır. Bu durumlarda sık sık denemeler yapılarak, bu sonuçlara uyma zorunluluğu doğacaktır.

Bu çalışmanın ana temasını hidrolik ramble malzemesinin borular i- çinde suyla yeraltı şantiyesine kadar taşınması hususu teşkil etmekte - dir. Bu amaçla hidrolik ramble tasarımındaki etkin parametreler izah edilecek, karışımın boru içindeki akış durumları tartışılacaktır.

Hidrolik ramble malzemesinin hidrolik naklinde gerekli enerji mik- tarının tesbiti, tasarım açısından önemli bir rol oynamaktadır. Ramble malzemesini boru içinde çökmeden taşıyabilecek karışım hızının tayini de temel bir öneme sahiptir. Karışım hızı, katı maddenin boru içinde çökmesini belirleyen kritik karışım hızından daima büyük olmalıdır. Aksi takdirde, ramble malzemesi boru içinde çökerek boru tıkanmalarına yol açacak, ramble devresinin verimine tesir edecek ve ilave masrafla- ra yol açacaktır. Ramble tasarımına etkiyen parametreler çok çeşitli ve kompleks olmakla beraber, hidrolik ramblede yukarıda değinildiği gi- bi iki önemli problemin varlığı ortaya çıkmaktadır.

a) Gerekli enerjinin tesbiti :

Geometrik kotun kafi gelip gelmeyeceğini tesbit edebilmek için bo- rulara oluşan yük kayıplarının bilinmesi.

b) Boru devresinde katı partiküllerin çökmesini önleyecek kari- şım hızlarının tayini :

Bu iki problemin çözümü bir hidrolik ramble projesinin temelini teşkil etmektedir. Problemin çözümü karışım özelliklerinin incelenme- sine bağlıdır. Bunun için bu iki problemin çözümünü kesin olarak veren hidrolik nakil formülleri mevcut değildir. Hidrolik nakil olayına te- sir eden parametrelerin çok çeşitli olması teorinin kurulmasını güç- leştiren en büyük nedendir. Mühendislikte kullanılan hidrolik nakil

ve formül ve neticeleri tamamen deneysel çalışmalardan elde edilmiş olup, ampirik mahiyettedir.

9.7.8.1. Hidrolik ramble tasarımına etkiyen parametreler

Çok çeşitli olan tasarım parametreleri kısmen proje verileri olarak verilir, kısmen de tarafımızdan yapılan deneysel çalışmalarla tesbit edilir.

1. Hacimsel katı madde konsantrasyonu :

Hidrolik ramble tasarımında en önemli tanımlama sayılarından birisi, nakledilen katı madde ile taşıyıcı sıvının hacim oranıdır. Bu orana "Fiziksel Karıştırma Oranı" denilir ve aşağıdaki formülle belirlenir.

$$M_{FIZ} = \frac{V_{sıvı}}{V_{katı}} \times 100 \quad (\%) \quad (9-11)$$

$$M_{FIZ} = \text{Fiziksel karıştırma oranı } (\%)$$

$$V_{sıvı} = \text{Taşıyıcı sıvının hacmi} = 196,5 \text{ m}^3/\text{saat}$$

$$V_{katı} = \text{Taşınan katı madde hacmi} = 131 \text{ m}^3/\text{saat}$$

$$M_{FIZ} = \frac{196,5}{131} \times 100 = \% 150$$

Hidrolik ramblede taşınan katı madde hacminin, toplam karışım hacmine oranı demek olan "Hacimsel katı madde konsantrasyonu" aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$K = \frac{V_{katı}}{V_{katı} + V_{sıvı}} \times 100 \quad (\%) \quad (9-12) \quad K = \frac{131}{131+196,5} \times 100 = \%40$$

K hacimsel katı madde konsantrasyonunu, fiziksel karıştırma oranı cinsinden verilmek istendiğinde,

$$K = \frac{1}{M_{FIZ} + 1} \times 100 \quad (9-13) \quad K = \frac{1}{1,5+1} \times 100 = \% 40$$

2. Bölgesel Hacimsel Katı Madde Konsantrasyonu :

Bazı durumlarda K değeri boru şebekesinin her kesitinde aynı olmayabilir. Değişiklik arz eden bölgelerde bölgesel konsantrasyon tariflenir. Bölgesel konsantrasyon (K') boru şebekesinin herhangi bir kesitindeki katı madde hacminin toplam karışım hacmine oranıdır. Büyük karışım hızlarında büyük yaklaşıklıkla $K = K'$ olacaktır. Karışım hızının küçük olması veya değişken olması halinde $K \neq K'$ hali mevcuttur.

3. Fiili Sulandırma :

Sulandırma oranı % olarak "S" ile ifade edilir.

$$S = \frac{V_{sıvı}}{V_{sıvı} + V_{katı}} \times 100 \quad (\%) \quad (9-14)$$

$$S = \frac{196,5}{196,5+131} = \% 60$$

Fiili sulandırmayı hacimsel katı madde konsantrasyonu cinsinden aşağıdaki formülle belirlemek mümkündür.

$$S = 100 - k(\%) \quad (9-15) \quad S = 100 - 40 = \%60$$

Tecrübelerden elde edilen sonuçlara göre öyle bir "Skritik" sulandırma oranı mevcuttur ki, "Skritik" olduğunda katı-sıvı karışımı artık sıvı özelliğinde değildir. Bu durum su hacminin katı taneler arasındaki toplam hacimden küçük olması halinde oluşur. 0-60 mm'ye kırılma

voj gresi için bu değer yaklaşık olarak $_ 42,5$ kadardır. Loren havzası hidrolik ramble tatbikatında kritik sulandırma oranına tekabül eden kritik katı madde konsantrasyonu $K_{\text{kritik}} = 100 - 42,5 = \% 57,5$ değerinde olmuştur.

4. Ramble karışımın yoğunluğu :

Ramble karışımının yoğunluğu, katı madde konsantrasyonuna bağlıdır.

$$\gamma_k = \gamma \cdot K + \gamma_o (1-K) \quad (9-16)$$

$$\gamma_k = \text{Ramble karışımının yoğunluğu (t/m}^3\text{)}$$

$$\gamma = \text{Katı madde yoğunluğu (t/m}^3\text{)} = 2,3 \text{ t/m}^3$$

$$K = \text{Katı madde konsantrasyonu} = \% 40$$

$$\gamma_o = \text{Taşıyıcı sıvının yoğunluğu} = 1 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_k = 2,3 \times 0,4 + 1 (1-0,4) = 1,52 \text{ t/m}^3$$

5. Ağırlıksal katı konsantrasyonu :

Bazı durumlarda hacimsel konsantrasyon yerine veya birlikte ağırlıksal konsantrasyon oranı da gerekmektedir.

$$K_a = \frac{(\gamma_k - 1) \cdot \gamma}{(\gamma - 1) \cdot \gamma_k} \quad (9-17)$$

$$K_a = \text{Ağırlıksal katı oranı}$$

$$\gamma = \text{Katı madde yoğunluğu} = 2,3 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_k = \text{Karışımın yoğunluğu} = 1,52 \text{ t/m}^3$$

$$K_a = \frac{(1,52-1) \times 2,3}{(2,3-1) \times 1,52} = 0,60$$

6. Rample karışımının vizkozitesi :

Vizkozite Newton tarafından tanımlanan genel anlamda sıvıların önemli bir özelliğidir ve sıvının kesme kuvvetine karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Suyun viskozitesi kaynama noktası yakınlarında 0,3 santipoise'den donma noktası civarındaki 2 santipoise değerine kadar değişir. 16° için kullanılan değer 1,1 santipoisedir.

Homojen yani tek fazlı karışımlarda, ince rample malzemesi taşıyıcı akışkanın viskozitesini değiştirir bir ağır ortam meydana getirir. İnce öğütülmüş rample malzemeleri, lavvar şistleri ile yapılan rample karışımları bu tip karışımları meydana getirir.

Homojen rample karışımının dinamik viskozitesi şu bağıntılar yardımıyla bulunur.

Einstein formülü :

$$\frac{\eta_k}{\eta_0} = 1 + 2,5 K \quad (9-18)$$

Vald formülü :

$$\frac{\eta_k}{\eta_0} = 1 + 2,5 K + 7,349 K^2 \quad (9-19)$$

Vald'ın formülünden bulunan karışımın dinamik viskozitesi çok yüksek katı konsantrasyonları için yüksek değerler vermektedir. Dr.FULDA rample karışımının viskozitesi için Einstein bağıntısının daha doğru neticeler verdiğini belirtmiştir.

Kinematik viskozite ise şu formülle verilmektedir.

$$V_k = (1+2,5.K) \cdot V_0 \cdot \frac{\delta_0}{\delta_k} \quad (9-20)$$

V_k = Karışımın kinematik viskozitesi

K = Katı madde konsantrasyonu = % 40

V_o = Taşıyıcı akışkanın kinematik viskozitesi = 1,1

γ_o = Suyun yoğunluğu = 1 t/m³

γ_k = Karışımın yoğunluğu = 1,52 t/m³

$$V_k = (1+2,5 \times 0,4) \times 1,1 \times \frac{1}{1,52} = 1,447$$

7. Ortalama karışım hızı :

Hidrolik ramble boru şebekesi "su-katı" karışımının ortalama hızı;

$$V = \frac{Q}{F} \quad (9-21)$$

V = Ortalama karışım hızı (m/sn)

Q = Karışım debisi (m³/sn)

F = Boru kesiti (m²)

Q karışım debisi, katı madde debisi " $Q_{katı}$ " ve sıvı debisi " $Q_{sıvı}$ " nın toplamıdır.

$$Q = Q_{katı} + Q_{sıvı} \quad (9-22)$$

Karışım hızı değeri karışım tipinin tayininde ve birim boru yük kayıplarının hesabında kullanılan önemli bir değerdir.

8. Renold sayısı ve akış tipleri :

Akışkanlar mekaniğinden bilindiği gibi sıvıların akışı Laminer ve Türbilans akış tipleri olarak ayırılabilir. Laminer akımda sıvı zerreleri birbiri üzerinde kayarak, paralel şekilde hareket ederler. Bu akıma tabaka şeklindeki akım veya düzenli akım da denir. Su zerreleri birbiri içerisine karışmazlar. Bu tip akımlara tabiatта nadiren yeraltı sularının filtre akımı gibi durumlarda rastlanabilir.

Pratikte görülen akımların hemen hemen hepsi türbilanslı akımlardır. Başlangıçta laminer olan bir akım hızlar arttıkça türbilanslı akıma çevrilir. Kesitlerin ve boyutların büyümesi de aynı etkiyi yapar. Laminer akımlarda sıvı zerreciklerinin birbiri üzerinde kaymalarına mukabil, türbilanslı akımlarda zerrecikler çok gayrimuntazam hareketler yapar, akım alanı içersinde çevrıntiler oluşur.

Akış tipleri üzerinde önemli deneyler yapan REYNOLDS Laminer akıştan türbilanslı akışa geçiş bölgesini tariflemek üzere "Reynolds Sayısı" denen ve aşağıdaki formülle belirlenen boyutsuz parametreyi tariflemiştir.

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu_k} \quad (9-23)$$

V = Ortalama karışım hızı (m/sn)

D = Boru çapı (m)

ν_k = Karışımın kinematik viskozitesi

Reynold sayısi hidromekanikte çok önemli bir yer tutmaktadır. Reynolds, akımın laminer akımdan türbilans akıma döndüğü kritik hız değeri için $Re = 2000$ olarak verilmiş, fakat sonradan SCHILLER tarafından 2320 olarak bulunmuştur. Ölçü yapılan yerden evvelki boru kısmının boyunun da önemi vardır. KIRSTEN'e göre ancak sükunetteki suyun boruya girdikten sonra 50-100 D mesafede türbilans başlayabilir. NIKURADSE ise bu mesafeyi 25-40 D olarak vermiştir. Sonuç olarak muayyen bir giriş mesafesine gerek vardır.

Reynolds sayısi küçük değerler için ($Re < 2320$) akışkan zerrecikleri akış boyunca karışmayan paralel yörüngeler takip ederler, yani laminer akım sözkonusu olur. Reynolds sayısi daha arttığında ($Re > 2000$) zerreciklerin yörüngelerinin artık doğrusal ve paralel olmadığı görülür, başka bir deyişle türbilanslı akıma geçilir. Akım içinde sıvı zerreciklerin

enine hareketleri ile kendisini belli eden bir türbilans (çalkantı) olayı görülür. Boru eksenine dik yönde muhtemelen yön değiştiren hız bileşenlerinin bulunduğu görülür. Herhangi bir noktadaki hız ortalama bir değer etrafında herhangi bir kanuna tabi olmayan sapmalar gösterir. Türbilanslı akımda hız dağılımı türbilans olayından dolayı her an değişir, dolayısıyla bu akım tipinde ancak zamana göre bir ortalama hızdan (ortalama akım hızı) bahsedilebilir.

Bir boru içindeki akımı incelediğimiz zaman boru cidarı civarında hızın sıfır olduğunu ve kenardan olan mesafe arttıkça hızın değerinin büyüdüğünü görürüz. Bu durumda laminer akım bölgesi ile türbilanslı akış bölgesi arasında, karakteristikleri boru cidarının pürüzlülüğü ile değişen bir ara geçiş bölgesi vardır.

Hidrolik ramble tesislerinde Reynolds sayısının değeri yüksek olup, 200.000-2.000.000 arasında değişir. Bu değerlerdeki ramble karışımı akımı "Tam Türbilanslı" bölgeye tekabül etmektedir. Ramble malzemesinin borular içinde çökmeden taşınabilmesinde akımın türbilansının dikey bileşenlerinin anlamı büyüktür. Bu değer karışımın gravite kuvvetinden fazla olduğunda katı partikülleri su içinde süspansiyon halde tutabilecek ve çökmeden nakledilebileceklerdir. Bu açıdan Reynolds sayısının tesbiti katı partikülün çökme hızının ve karışımın kritik hızının tayininde çok önemli olmaktadır.

9. Tane çökme hızı :

Katı malzemeler su ile karıştırılıp kendi halinde bırakılacağından şu iki durumdan biri sözkonusu olacaktır.

1. Katı parçaları gravite etkisiyle kısa zamanda dibe çöker. Bu durumda bir "Katı-sıvı karışımı" sözkonusudur ve bu tip karışımlara genel bir ifade ile "çökelen karışımlar" denir.

2. Katı partikülleri, çeşitli parametlerin etkisiyle su içinde uzun süre çökmeden askıda kalır. Bu durumda bir "katı-sıvı süspansiyonu" sözkonusudur ve bu tip karışımlar "çökelmeyen karışımlar" olarak adlandırılırlar.

Hidrolik ramble tesisinde ramble malzemesinin nakledilmesinde daima çökelen karışımlar sözkonusu olmaktadır.

Katı partiküllerin su içindeki çökme hızı, ramble malzemesinin taşınmasında gözönüne tutulması gereken hemen hemen en önemli faktörlerdir. Bu değer karışımın akış tipini tarifleyecektir. Çeşitli maddelerin çeşitli konulardaki çökme hızlarının hesaplanması için araştırmacılar değişik formüller ileri sürmüşlerdir. Bu formüllerden elde edilen sonuçlar yine de belli bir yaklaşıklıkta kalmaktadırlar.

Hareketsiz su içindeki bir katı maddenin çökme hızı, katı tanenin büyüklüğüne, geometrik şekline ve yoğunluğuna bağlıdır. Çeşitli özellikteki tanelerin çökme hızı deneysel olarak da tesbit edilebilir. Bir katı partitülün bir sıvı içindeki çökme hızı aşağıdaki formülle genel anlamda saptanabilir. Bu formülle özellikle düşük konsantrasyonlu karışımlar için çökme hızı, gerçeğe oldukça yakın olarak hesaplanabilmektedir.

$$V_{\varphi} = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma_0} \cdot \frac{g \cdot d}{C_D}} \quad (9-24)$$

V_{φ} = Katı tanenin çökme hızı

d = Katı tanenin ortalama büyüklüğü

C_D = Katı tanenin sürüklenme (direnç) katsayısı

Özet olarak, bir katının çökme hızı:

-Konsantrasyon ile ters,

-Parça büyüklüğü ile doğru,

-Yoğunluk ile doğru orantılıdır.

Katı partiküllerin tam küre olmaması halinde DURAND bir " ψ " şekil faktörü sayısını hesaba katmıştır. Partikülle aynı hacme haiz kürenin çapına "nominal çap" denilmiş, (ψ) tane şekil sayısı, nominal çaplı kürenin enine kesiti yüzölçümünün, partikülün en büyük kesiti yüzölçümüne oranı olarak tariflenmiştir. Bu durumda, küresel olmayan taneler için "zahiri sürüklenme katsayısı",

$$\sqrt{C_D^1} = \frac{1}{V_c} \cdot \sqrt{\frac{3}{4} \cdot \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_0} \cdot \frac{C_D}{\psi} \cdot \xi \cdot d_n} \quad (9-25)$$

C_D^1 = Zahiri sürüklenme katsayısı,

ψ = Tane şekil sayısı = $\frac{\text{Eşdeğer kürenin kesit alanı}}{\text{Partikülün en büyük kesit alanı}}$

d_n = Katı tanenin nominal çapı

9.7.8.2. Kritik karışım hızı

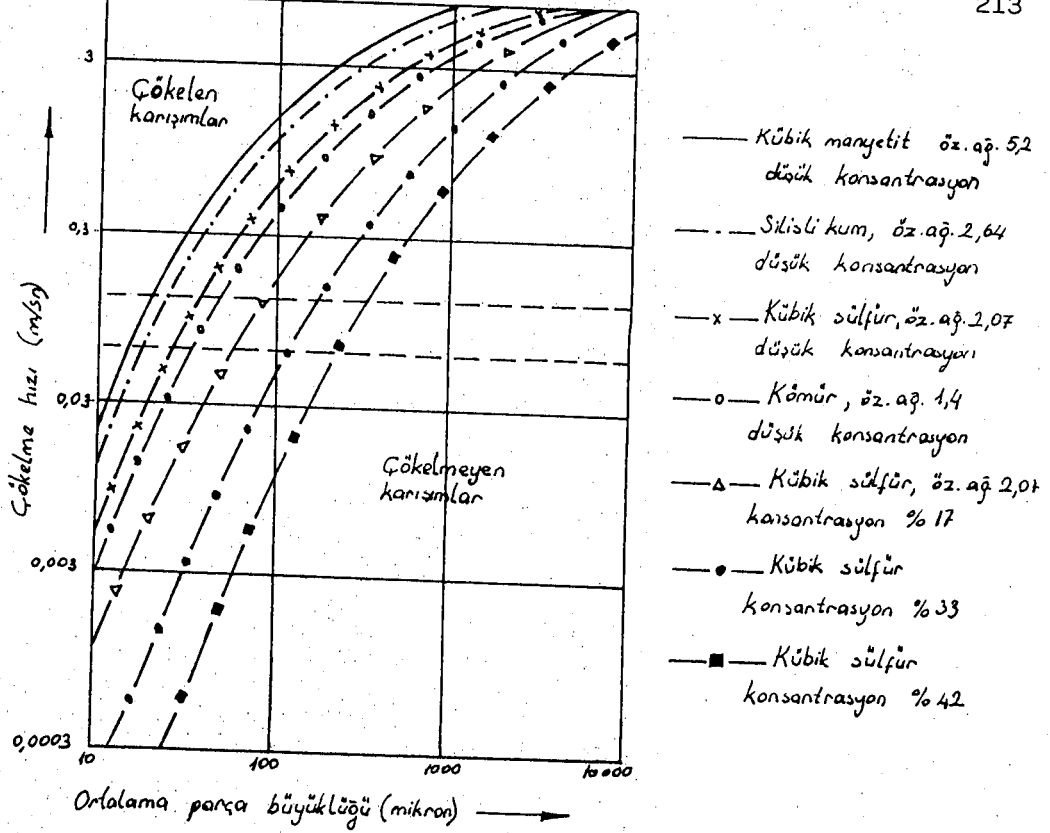
Katı partiküllerin boru içinde çökme sınırı belirleyen "kritik hız" değerinin tayini, hidrolik ramble tasarımında çok büyük öneme sahiptir. Kritik hız taşıma işleminin durarak, katı parçalarının boru dibine çökmeye başladığı hız olarak tanımlanır. Bu değer, tanelerin çöküp çökmesine paralel olarak, nakil rejimini (hareketli kayan tabaka akımından, sabit yataklık akımına geçişi) de tariflemektedir. Farklı çaplı borular ve farklı sıvılar için yapılan gözlemler kritik hızın, boru çapının kare kökü ile değiştiğini göstermiştir. Katıların çökmemesi için karışıma verilmesi gereken kritik hızı DURAND, şu ampirik formülle vermektedir.

$$V_k = F_L \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma_0}} \quad (9-26)$$

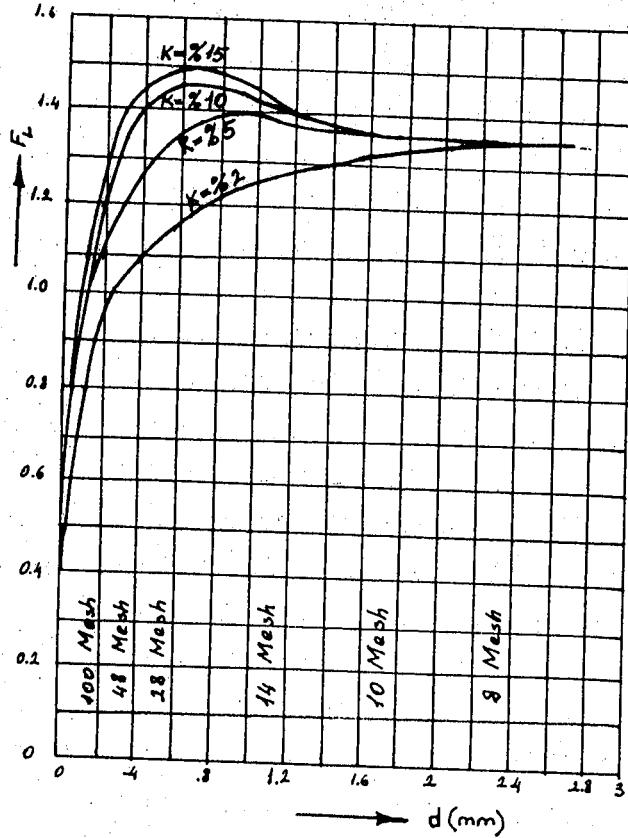
V_k = Kritik karışım hızı

D = Boru iç çapı

F_L = Katı tanenin büyüklüğüne ve konsantrasyonuna bağlı



Şekil 9.4.

Şekil 9.5. $F_L = f(K, d)$ abağı

$F_L = F(k, d)$ den F_L değerini bulmak için Şekil 9.5'de parça boyutu ve konsantrasyonun bir fonksiyonu olarak çizilen eğriler kullanılabilir.

Şekil 9.5'de görüldüğü gibi $d \geq 2$ mm olması durumunda, katı madde- nin hacimsel konsantrasyonu K ne olursa olsun $F_L = 1,34$ sabit olmaktadır. Bu durumda $d \geq 2$ mm olması halinde karışıma verilecek hızın formülü,

$$V_k = 1,34 \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma_0}} \quad (9-27)$$

şeklinde yazılabilir. Tane çapı $d \geq 2$ mm olan kum malzemesinin taşınmasında, muhtelif boru çapları için, karışımın hesaplanmış kritik hız değerleri aşağıda verilmiştir. (Kumun öz ağırlığı $2,65 \text{ t/m}^3$, suyun öz ağırlığı $1,0 \text{ t/m}^3$ olarak alınmıştır.)

Boru Çapı (m)	Kritik Karışım Hızı (V_k) (m/sn)
0,100	2,4
0,125	2,7
0,150	2,95
0,175	3,2
0,200	3,4

9.7.8.3. Karışım çeşitleri

Katı-sıvı karışımları genel bir ifade ile çökelen karışımlar ve çökelmeyen karışımlar olarak ikiye ayrılır. Hidrolik taşımadaki karışımlar çökelen karışımlar olup, bunlar homojen karışımlar ve heterojen karışımlar olmak üzere ikiye ayrılır.

Hidrolik nakliyat üzerine araştırma yapanların en ünlüleri olan DURAND ve CONDOLİUS karışımları katı partiküllerinin parça boyutlarına bağlı olarak homojen ve heterojen karışımlar olarak sınıflanmışlardır.

Bu ayırımı yapan parça boyutu üzerindeki tartışmalar halen sürmekte olup, her duruma uyan kriterler henüz mevcut değildir. Fransız araştırmacılar parça boyutu 20-30 mikronun altında olduğunda homojen karışımın söz konusu olacağı sonucuna varmışlardır. Bununla beraber bazı araştırmacılar bu değeri 0,125 mm olarak vermekte, bazıları ise çok daha büyük değerler ileri sürmektedirler. Bu konuda ileri sürülen savlar yetersiz olmakla birlikte, yaygın olarak 50 mikronun altındaki katıların homojen karışımları oluşturacağı kabullenilmektedir. Bazı araştırmacılara göre ise kriter olarak katı tanenin Reynolds sayısı alınmakta Re_k 0,02 durumunda homojen, Newtonian akışın söz konusu olacağını ileri sürülmektedir.

1. Homojen karışımlar :

Homojen karışımlar tek fazlı karışımlardır, yani katı ve sıvı akışı tek bir varlık gibi oluşur. Bu karışımlarda boru içindeki katı partikülleri homojen olarak dağılırlar. Parça boyutu 50 mikronun altında olan kil, kül gibi çok ince ve çok hafif malzemeler bu tip karışımları oluştururlar. Ancak bu malzemeler boşlukta çabuk çökelmediklerinden dolgu malzemesi olarak uygun değildir. Bu yüzden dolgu işlerinde daima heterojen karışımlar söz konusu olmaktadır.

Homojen karışımlar tek fazlı olduklarından, katı cisim taneleri taşıyıcı akışkanın viskozitesini ve yoğunluğunu değiştirirler. Katı madde konsantrasyonu fazla ise, bu değişiklik barizleşir. Bu şekilde homojen karışımlar plastik özelliğe sahiptir. Karışım yüksek yoğunluklu ve yüksek vizikoziteli bir sıvı gibi davranmakta ve akış parametreleri temiz sıvılarınkine benzer şekilde hesaplanabilmektedir.

Homojen karışımların nakli laminer veya türbilanslı olarak yapılabilir. Karışım laminer akımda Bingham akışkanına benzer. Laminer akımda karışımın birim boru yük kaybı, temiz su akımına ait birim boru yük kaybından daha fazla olur. Pratik çalışmada homojen karışımların

naklinde, boru tıkanmalarını önlemek açısından, karışımın mutlaka türbilanslı akımla nakledilmesi gerekir. Türbilanslı akımlarda karışım, Newton tipi bir akışkan özelliği gösterir. Türbilanslı akımlarda karışım, Newton tipi bir akışkan özelliği gösterir.

Yüksek karışım hızlarında karışımın birim boru yük kaybı yaklaşık olarak, aynı hızdaki boru yük kaybına eşit olmaktadır. Katı tanelerin boru içinde askıda kalarak üniform konsantrasyonda dağılmaları tanelerin çökme hızlarının, akımın türbilans hızının düşey bileşeni tarafından yenilmesiyle oluşur. Alman araştırmacıları bu durumu şu şekilde formülize etmişlerdir.

$$V_t = V \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{8}} > V_c \quad (9-28)$$

V_t = Türbilanslı hareketin çalkantı hızı (m/sn)

V = Ortalama karışım hızı (m/sn)

λ = Boru sürtünme katsayısı

$V_t > V_c$ olması halinde katı taneleri boru tabanına çökelmeyecek, daima karışım içinde dalgalanacaktır. Bu şart uyarınca katı-sıvı karışımının ayrılması mümkün olmayacak, katı konsantrasyonu boru kesiti boyunca üniform olarak dağılmış olacaktır. Askıdaki katı taneler ortalama hızla eşit bir hızla hareket edeceklerdir.

Karışımındaki katı partikülleri homojen karışım özelliklerinden dolayı hafif türbilans etkilerinde dahi askıda tutulabileceklerdir. Ancak karışım hızının oldukça azalması veya katı tanelerin irileşmesi ile katı maddenin konsantrasyonu boru tabanına doğru yoğunlaşacaktır.

2. Heterojen karışımlar :

Heterojen karışımlar iki fazlı akımlara tekabül ederler. Bu karışımlarda katı malzeme ile taşıyıcı akışkan ayrı bir sistem teşkil

ederler ve ayrı hız değerlerine sahiptirler. Bu tip karışımların en önemli özelliği taşıyıcı sıvının viskozitesine etki etmemeleridir. Heterojen karışımlar hız değerlerine daha çok bağlıdırlar ve sıvı içinde süspansiyon halde olan katı toplamı değişebilir. Kaba boyutlu ve yüksek özgül ağırlıklı parçalarından meydana gelen bu karışımlar boru dibine doğru konsantre olmaya eğilimlidirler. Bu yüzden bu karışımlarda katı parçalarını süspansiyon halde tutabilmek için yüksek türbilans etkilerine ihtiyaç gösterirler. Sürtünme kayıpları akış hızının bir fonksiyonu olup, yüksek hızlarda sürtünme kaybı eğrileri, temiz suyun eğrisine doğru alçalmaya eğilimlidir.

Heterojen karışımların borular içinde nakli, ancak türbilanslı akımda mümkün olabilmekte ve aşağıdaki üç nakil rejiminden birine uymaktadır.

a) Süspansiyon :

Bu çeşit nakil, Stokes kanununa göre çöken katı tanelere uygulanabilir. Bu durumda dip kısımdaki partikül konsantrasyonu üst kısımdakinden daha fazla olmakta, bununla beraber tüm parçalar süspansiyon halde kalmaktadır. Katı parçalarını süspansiyon halde tutabilmek için yüksek türbilansa ihtiyaç gösterirler. Gravite ağır bastığı zaman bir miktar katı boru içinde çökecek ve akış çalkantılı hale geçecektir. CONDOLİUS yoğunluğu 2,65 olan iri taneli kum için maximum tane büyüklüğünün limiti 200 mikron olarak vermiştir.

b) Sıçramalı nakil veya "kayan taban rejimi"

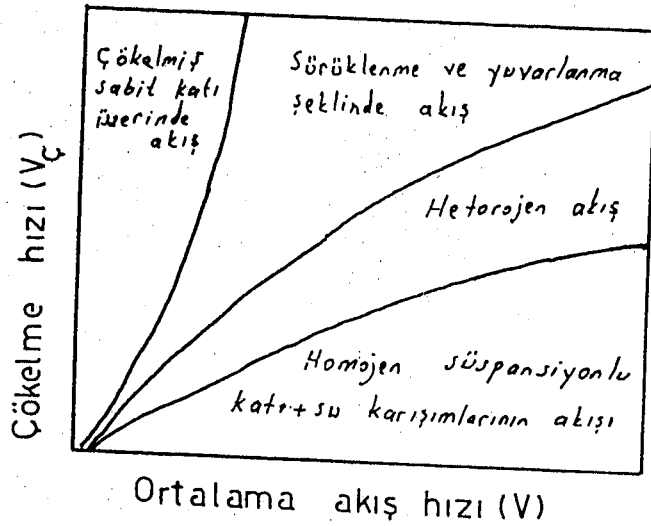
Akışkanın kaldırma kuvvetinin etkisiyle tabandan bir miktar yükselen tane, yerçekimi etkisiyle tabana düşünce ya kendisi yeniden sıçrar veya çarptığı taneyi yerinden oynatarak sıçratır. Bu şekildeki nakle sıçramalı nakil denir. ve Rittinger çökme kanununa göre çöken uygun tane büyüklüklerinde görülür. Yoğunluğu 2,65 olan kum için minimum tane

büyüklüğü sınırı 2 mm dir. Karışım hızı az ise katı malzeme boru tabanında kayarak hareket eder. Bu tip nakle kayan taban nakli rejimi denir. Eğer karışım hızı kritik hızdan küçük ise, katı taneleri boru içinde çökerek, boru kesitini tıkar.

c) Süspansiyon (Askı) ve sıçramalı naklin birleşimi :

Stokes ile Rittinger çökme kanunları arasında çöken katı taneler kısmen askıda ve kısmen de sıçrayarak boru içinde hareket ederler. Bu çeşit nakil tane büyüklüğü 200 mikron ile 2 mm arasında olan katılar için geçerli olmaktadır.

Katı tanelerin iki fazlı naklinde karışım hızı yeter derecede büyükse, katı malzemenin hepsi akımla birlikte, fakat ondan daha küçük bir hızla hareket ederler. Kayan taban naklinde katı taneleri ile akışkan arasında büyük hız farkları ortaya çıkar. "Sürüklenme hızı" olarak da adlandırılan relatif akım hızı, bu rejimde katı tanelerinin naklini sağlar. Genel bir fikir verme açısından Şekil 9.6'da akış ve çökme hızlarına bağlı olarak akış bölgeleri verilmiştir



Şekil 9.6.

Şekil 9.7'de ise akış hızı ve parça büyüklüğüne bağlı olarak karışım içindeki katının hareket şekilleri verilmektedir. (1) bölgesinde katı madde sıvı içinde süspansiyon halde tutulmakta ve sürekli bir hareket temin edilmektedir. (2) bölgesinde taneler sıçrama hareketi yaparak, (3) bölgesinde ise kısmen yuvarlanarak, kısmen de boru tabanında sürüklenerek hareket etmektedirler.

Karışımların nakil şekilleri karışım hızının bir fonksiyonu olarak, daha açık bir şekilde Şekil 9.8' de verilmiştir.

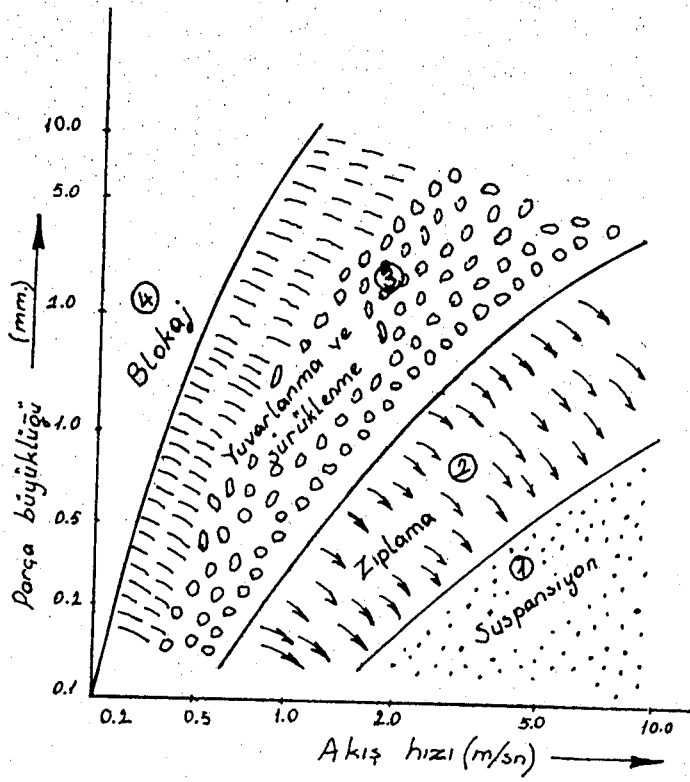
V_1 in üzerindeki hız bölgesi :

Akış hızının belli bir V_1 değerinden fazla olması halinde, bütün katıların türbilans akım kuvvetleri ile süspansiyon halde tutulduğu ve karışımın homojen olduğu kabul edilir. Konsantrasyonun düşük olması halinde, karışımın viskozite ve yoğunluğu hemen hemen taşıyıcı sıvınıninkine eşittir. Konsantrasyon arttıkça parçaların birbirine sürtünmeleri ve kendi hareketlerini sınırlamaları yüzünden karışımın hidromekanik karakteri, taşıyıcı sıvınınkinden farklılık gösterir.

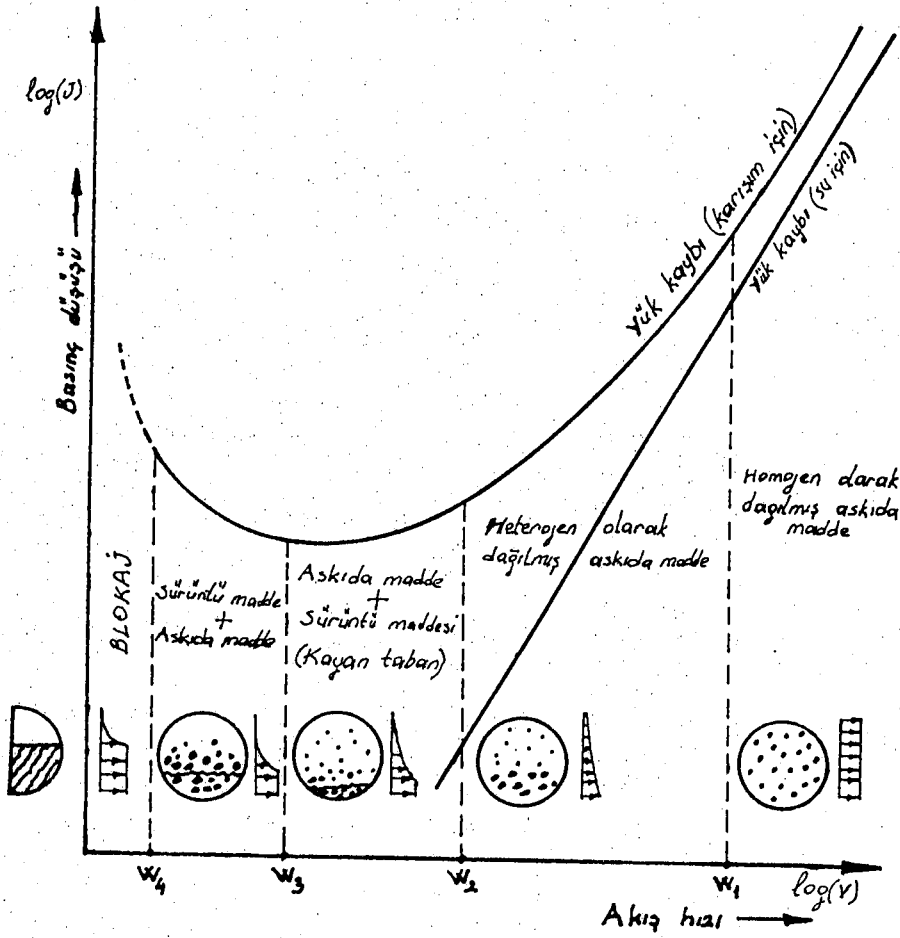
Bu bölgedeki homojen karışımlarda, çok düşük hızlarda bile akışı türbilanslı rejimde tutmak mümkündür. Parçalar makul bir derecede büyüye bile, gene homojen dağılımı temin ederek V_1 hızı bulunacaktır.

$V_1 - V_2$ bölgesi :

Bu bölgede tanelerin konsantrasyon dağılımı üniform değildir. Konsantrasyon boru tabanına doğru artmaktadır. Taşınan maddenin özgül ağırlığı ve parça büyüklüğü arttıkça, bu parçaların süspansiyon halde tutulması için gerekli kuvvet de artacaktır. Bu ise çok büyük hızları gerektirir ve yüksek sürtünme kuvvetlerine sebep olur. Yani büyük parçaları süspansiyon halde tutarak nakletmek ekonomik olmamaktadır.



Şekil 9.7.



Şekil 9.8.

$V_2 - V_3$ bölgesi :

Karışumdaki parça büyüklükleri çok değişikse, iri parçalar boru dibine çökerek bir yatak meydana getirirler. Bu yatak sıvının çekme etkisi altında kayma sürüklenme tipinde bir hareket yapır. Yatak üzerinde ince taneler süspansiyon halde bulunurlar. Yatak teşekkülü boru kesitini azaltmış, sıvı akış hızı artmıştır.

$V_3 - V_4$ bölgesi :

Yatağın kalınlığı büyüdükçe alt kısım, sıvının sürüklenme etkisinin dışına çıkarak hareketsizleşir. Sadece üst kısım hareket eder. Katı madde boruda birikmeye ve yatağın kalınlığını artırarak borunun efektif kesitini azaltmaya devam eder. Kesit azaldıkça sıvı hızı artar ve yatağın üst kısmını hareket ettirecek bir kuvvetin doğmasına neden olur.

V_4 ün altındaki hız bölgesi :

Hız azaldıkça parçaların çökmesi artar. Nakil işi ufak sürüklenme hareketleri şeklinde sürer. Konsantrasyon borunun tabanında yoğunlaşır. Giderek boruda tıkanma oluşur.

9.7.8.4. Hidrolik ramblede boru yük kayıplarının hesabı

Hidrolik ramblede heterojen katı-sıvı karışımları söz konusu olduğunda, karışımın yük kaybı hesabı, temiz suyun yük kaybı hesabından çok daha komplikedir. Hidrolik ramble boru şebekesindeki yük kayıplarını iki şekilde açıklamak doğru olur.

- Boru sürtünme yük kayıpları
- Lokal yük kayıpları (Dirsek, kesit değişimi, gibi durumlarda oluşan ilave kayıp kayıpları)

Katı-sıvı karışımının boru sürtünme kayıplarını veren formüller tamamen deney sonuçlarına dayanmaktadır. Literatürde verilen birim

boru sürtünme kaybı formülleri çok çeşitli olup, karışım tipine, dolayısıyla nakil çeşidine göre değişir. Burada boru yük kayıplarının hesabında kullanılan boru pürüzlülüğü ve boru sürtünme katsayısı parametreleri tariflenecek, sonra da literatürde en çok kullanılan yük kaybı formülleri verilecektir.

Boru pürüzlülüğü :

Boru cidarının pürüzlülüğü, mutlak pürüzlülük ve rölatif pürüzlülük tabiriyle nitelenmektedir. Mutlak pürüzlülük boru cidarındaki pürüz çıkıntısının yüksekliği olarak ifade edilmekte, ölçme suretiyle elde edilmektedir. "Rölatif pürüzlülük" (K/D) ise K mutlak pürüzlülüğünün, D boru çapına oranıdır. Pratikte mutlak pürüzlülük üniform değildir, boru yapısına ve çalışma zamanına göre değişir. Fakat hesaplamalarda üniform, ortalama bir değerle ifade edilir. Pürüzlülük değerleri hakiki borular üzerindeki ölçmelerle elde edilir.

Çelik borularda K'nın değerleri boru iç kaplamasının cinsine ve kullanma durumuna bağlıdır. Ramble işlerinde kullanılan borular, aşınmaları minimize etmek bakımından bazaltla kaplanmışlardır. Hidrolik ramblede kullanılan boru iç kaplama cinslerine ve kullanılma durumuna göre "K" ve "D/K" değerleri aşağıda verilmiştir.

<u>İç kaplama</u>	<u>Kullanım</u>	<u>Mutlak pürüzlülük "K" (mm)</u>	<u>Rölatif pürüzlülük "D/K (150/K)</u>
Bazalt	Yeni	0,01	15.000
Bazalt	Eski	0,02	7.500
Çelik	Yeni	0,2 - 0,4	750 - 375
Çelik	Eski	0,2 - 0,6	750 - 250

Boru sürtünme katsayısı :

Boru sürtünme katsayısının hesabı, şebekenin yük kayıplarının tayininde temel bir öneme haizdir. λ katsayısının çeşitli akış şartları

için tayininde pek çok teorik formül ileri sürülmüştür. Bunların içinde gerçeğe en uygun sonuçları veren Nikuradse, Colebrook White ve Blasius formülleri burada verilecektir.

NIKURADSE boru sürtünme katsayılarının hesabı için yaptığı deneyler sonucunda λ , K/D , Re arasında anlamlı ilişkiler bulmuştur. Nikuradse'nin deney sonuçlarına, Colebrook, Blasius ve Prandtl'in katkılarıyla λ ve Re arasındaki ilişkiler kurulmuştur.

1. $Re < 2320$ olması, yani akımın Laminer olması durumunda K/D ne ne değerde olursa olsun, deney neticesi elde edilen noktalar bir doğru üzerinde olmaktadır. Bu durumda pürüzlülüğe bağlı olmaksızın,

$$\lambda = \frac{64}{Re} \text{ olmaktadır.}$$

Akım türbilanslı bir hale geçtiğinde boruları cidar pürüzlülüğüne göre cilalı boru, pürüzlü boru olarak iki kısma ayırmak gerekir.

2. Türbilanslı cilalı : Borudaki pürüzlülüğün otürü boru kesitinin küçüldüğünü düşünmemek gerekir. Pürüzlülüğün değeri mm'nin ondalığı cinsindedir. Belli koşullarda pürüzlülük laminer alt tabaka ile örtülebilir ve bunun üstündeki akım artık pürüzlülükle alakalı olmaz. Yani laminer tabaka bir anlamda girinti ve çıkıntıları sıvar. Ancak hız arttıkça laminer sınır tabakasının kalınlığı azalır ve pürüzlülükler laminer sınır tabakasından dışarı çıkarak akımı etkilerler. Pürüzlülüğün laminer tabaka ile örtülebilmesi için Re ve K/D arasındaki ilişki aşağıdaki gibi olmalıdır.

Re	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9
K/D	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}

Genel bir ifade ile pürüzlülüğün tesiri,

$$\frac{V^1 \cdot K}{V} > 5 \text{ olması durumunda başlamaktadır.}$$

V^1 = Karışım hızı (m/sn)

K = Mutlak pürüzlülük

V = Kinematik viskozite

Pürüzlülüğün laminer sınır tabakası ile tamamen örtülmesine, kısmen örtülmesine ve hiç örtülmemesine göre, türbilanslı akımlar için meseleyi türbilanslı cilalı, türbilanslı pürüzlü ve geçiş bölgesi olarak üç bölüme ayırmak mümkündür.

Türbilanslı cilalı bölge pürüzlülüğün tesir etmediği bölgedir. Reynolds sayısı Re_1 gibi bir kritik sayıdan küçükse, yani $2320 < Re < Re_1$ ise elde edilen deney noktaları Blasius doğrusuna tekabül ederler. Blasius $Re_1 = 100.000$ için λ değerini

$$\lambda = \frac{0,3164}{4\sqrt{Re}} \quad (9-29) \text{ olarak vermiştir.}$$

Bu değeri Prandtl ise;

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log (Re \sqrt{\lambda}) - 0,8 \quad (9-30) \text{ olarak verir.}$$

Blasius'un formülü $Re \ll 100.000$ değerleri için gerçeğe tamamen uymaktadır. Blasius ve Prandtl formülleri pürüzlülüğün laminer alt tabaka ile örtüldüğü, cilalı borular için uygulanır. Hidrolik bakımdan bir borunun cilalı olarak kabul edilmesi için $K/D < 0.001$ şartına uygun olmalıdır. Pratikte cilalı boru olarak çam, bakır, pirinç borular kullanılmaktadır.

3. Türbilanslı pürüzlü bölge : $V_1 \cdot k/V > 70$ olması durumunda pürüzlülük etkili olmakta, türbilanslı pürüzlü bölge söz konusu olmaktadır. Bu bölgedeki boru yük kayıpları Re sayısından bağımsız olup, yalnız K/D değerine bağlı olmaktadır. Yani $\lambda = \lambda(K/D)$ dir. Genel olarak bir borunun pürüzlülük olarak kabul edilmesi için $K/D > 1/1000$

şartın gerçekleşmesi gerekir. Bu bölge tam türbilanslı akıma tekabül etmektedir. Böyle bir akımda boru yük kayıpları hızın karesi ile orantılıdır. Bu bölgede λ 'nın değeri Nikuradse-Prandtl formülü ile hesaplanır.

$$\lambda = \frac{1}{(2 \log D/K + 1,14)^2} \quad (9.31)$$

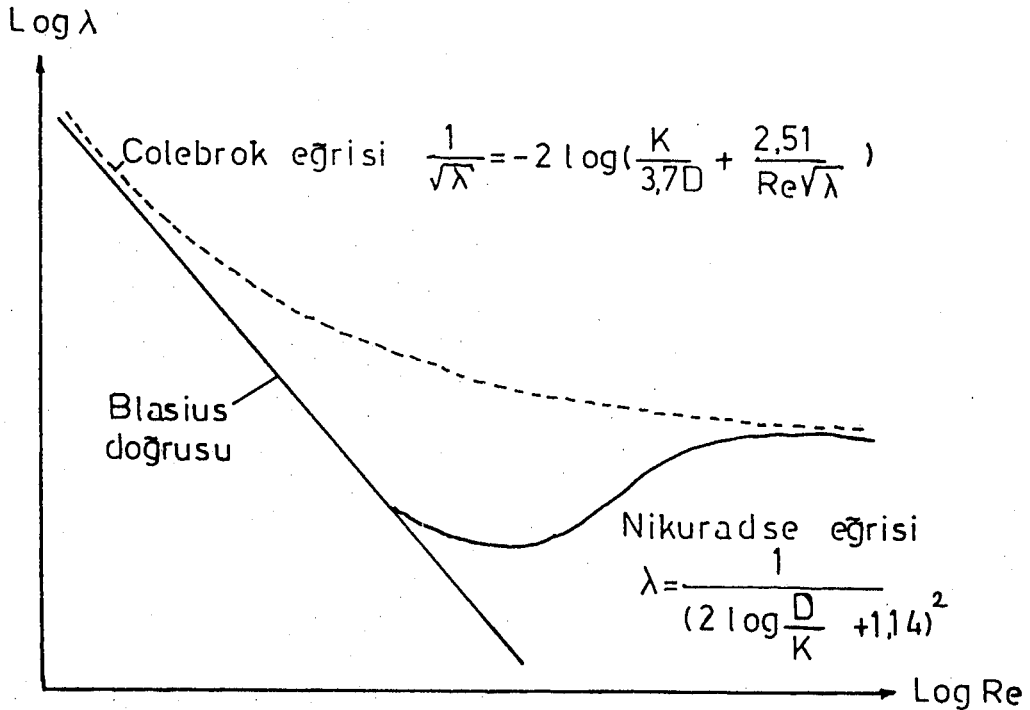
4. Pürüzlü bölgeden cilalı bölgeye geçiş bölgesi :

Bu bölge $5 < V' \cdot K/V < 70$ olması durumunda geçerlidir. Bu bölgede sürtünme katsayısı hem Re , hem de K/D ye bağlıdır. Yani $\lambda = f(Re, K/D)$ $Re > 100.000$ için COLEBROOK ve WHITE bu bölge için λ değerini,

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{K}{3,7 D} + \frac{2,51}{Re} \right) \quad (9.32)$$

olarak vermişlerdir.

Nikuradse formülü ile Colebrook formülü arasındaki farklar Şekil 9.8. de görülmektedir.



- Şekil 9.8.

Şekilde görüldüğü gibi Nikuradse'nin eğrisi pürüzlü bölgeden cilalı bölgeye geçişte Colebrook'un eğrisinden büyük bir ayrılma yapmaktadır. Pürüzlü bölgede yani $\lambda = f(D/K)$ olduğunda ise Colebrook bağıntısı, Nikuradse bağıntısına yaklaşık olarak eşit olmaktadır.

Sürtünme katsayısı formüllerinden sadece Colebrook formülü her çeşit sıvı için geçerli olup, diğerleri yalnız su için geliştirilmiştir. Sonuç olarak pürüzlülük uygun şekilde seçildiğinde, boru yük kaybı için kullanılan formülün netice üzerinde çok önemli bir tesiri olmadığı söylenebilir. Hidrolik ramble şebekelerinde akım, daima tam türbilanslı bölgede olmakta, daloyosıyla sürtünme katsayısı K/D nin bir fonksiyonu olmaktadır. Bu açıdan λ değerinin uygun olarak seçimi K 'nin doğru olarak seçilmesi ile mümkün olacaktır.

Serviste bulunan bir borunun pürüzlülüğü aşınmalardan dolayı zamanla artacak ve dolayısıyla boru yük kaybını arttıracaktır. Servisteki borunun pürüzlülüğü karışımın kimyasal özellikleri, akımın hızı gibi şartlara bağlı olduğundan, pürüzlülük tayininde ancak tatbikattan elde edilecek istatistiki bilgilere dayanılabilir. Makul prezisyonlu bir tayin için çok sayıda deneme yapmaya gerek vardır.

λ değerinin doğru hesaplanabilmesi için, pürüzlülüğün tayininde şu hususlar gözönünde tutulmalıdır.

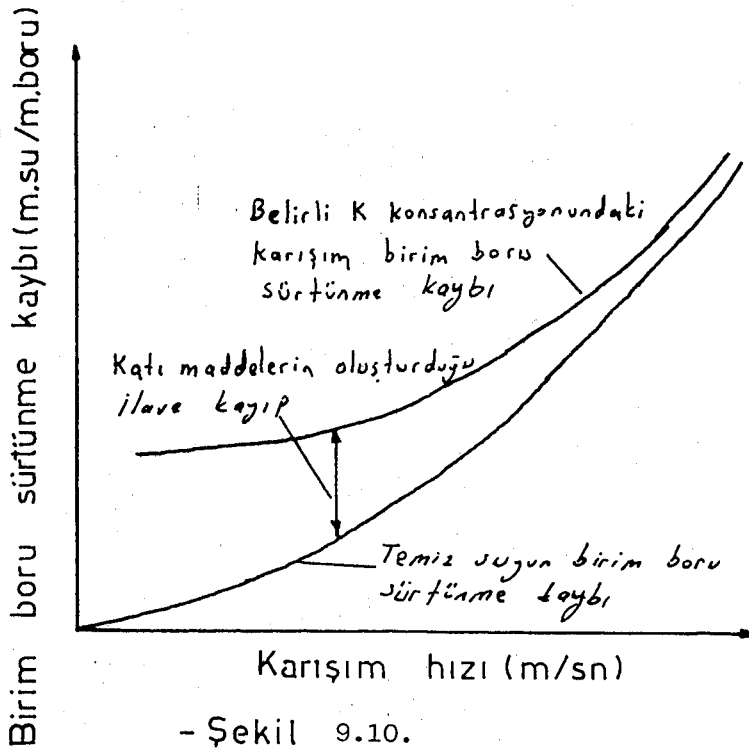
a) Yeni boru şebekesi için K değerinin tayini nisbeten kolaydır. Belli bir zaman sonraki K pürüzlülüğünü bulmak için bir kabul yapmak gerekir. Bu kabulün doğru olup olmadığı ise, ancak zamanla anlaşılabilir. Bu bakımdan tasarımda λ değeri, yeni boru şebekesine tekabül eden değerden biraz fazla alınmak suretiyle emniyet payı bırakılır.

b) Boru şebekesi üzerinde sürekli deneyler yapılarak K değerinin değişimi incelenmeli, kabul edilen değerlerle uygunluğu gözlenmelidir.

Boru sürtünme kayıplarının hesabı :

Yatay ramble borularındaki sürtünme kaybı :

Hidrolik nakliyatın en büyük problemi katı-sıvı karışımlarının yük kayıplarının tesbitidir. Karışımın sürtünme kaybı, temiz suyun sürtünme kaybı ile karşılaştırılarak yorumlanır. Bu amaçla karışımın sürtünme kaybı eğrisi çizilip "ilave enerji eğimi" tesbit edilir. İlave enerji eğimi katı maddenin mevcudiyeti ile meydana gelen ilave yük kaybıdır. Şekil 9.10'da örnek bir karışımın sürtünme kaybının temiz suyunki ile karşılaştırılması görülmektedir.



Daha önce de belirttiğimiz gibi Hidrolik ramble işleminde heterojen karışımlar söz konusu olmaktadır. Heterojen karışımların yatay borulardaki birim boru sürtünme kayıpları,

Karışımın birim boru sürtünme kaybı = Temiz suyun birim boru sürtünme kaybı + Katı maddenin oluşturduğu ilave kayıp

$$J = J_{\text{katı}} + J_{\text{su}} \quad (9.33)$$

$J_{\text{katı}}$ katı maddenin naklinden dolayı meydana gelen basınç kaybıdır ve konsantrasyonun bir fonksiyonudur. Literatürde yatay borulardaki basınç kayıpları için birçok formül verilmektedir. Burada en popüler olan formüller verilecektir.

SCHMID yatay borular için şu formülü vermiştir:

$$J = \lambda \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot D} \quad (9.34)$$

J = Karışımın birim boru sürtünme kaybı

λ = Boru sürtünme katsayısı

V = Ortalama karışım hızı.

D = Boru çapı

Schmid öte yandan λ 'yı şu şekilde tariflemiştir.

$$\lambda = \left(0,03 + \frac{0,0018}{\sqrt{v \cdot D}} \right) \cdot \gamma_k \quad (9.35)$$

Katı malzemelerin hidrolik nakli üzerinde en etraflı çalışmayı yapan DURAND ve CONDOLIUS'un sonuçları gerçeğe en uygun olanlarıdır. Su ve katı partikülleri arasındaki kayma hareketlerini ihmal ederek ortalama bir hız değerini gözönüne aldılar. Durand deneysel çalışmalarını sonucunda yatay borulardaki birim boru sürtünme kaybı için şu formülü vermiştir.

$$J = J_{\text{su}} \cdot (1 + \phi \cdot K) \quad (9.36)$$

K = Hacimsel katı madde konsantrasyonu

ϕ = Durand değişkeni

ϕ Durand değişkeni boru çapına ortalama karışım hızına tanenin büyüklüğüne, tane çökme hızına, katı özgül ağırlığına ve akışkanın özgül ağırlığına bağlıdır. Bu değişken üzerine pek çok araştırmacı değişik formüller ileri sürmüşlerdir. Durand, taneleri süspansiyon halinde taşınmasında geçerli olmak üzere,

$$\phi = K_1 \left(\frac{g \cdot D}{V} \right) \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{C_D}} \right)^{3/2} \quad (9.37)$$

formülünü vermiştir.

C_D = Katı tanenin sürüklenme katsayısı

K_1 = Deneysel bir sabittir.. Gibert'e göre $K_1 = 180$ dir.

Nakledilen katı malzemenin kum yerine özgül ağırlığı $2,65 \text{ t/m}^3$ den farklı malzeme olması halinde,

$$\phi = K_2 \left(\frac{g \cdot D(S-1)}{V^2} \cdot \frac{V}{\sqrt{g \cdot D \cdot (S-1)}} \right)^{3/2} \quad (9.38)$$

formülü kullanılır.

K_2 = Deneysel bir sabittir. $K_2 = 123$

$S = \gamma / \gamma_0$ özgül ağırlıklar oranı

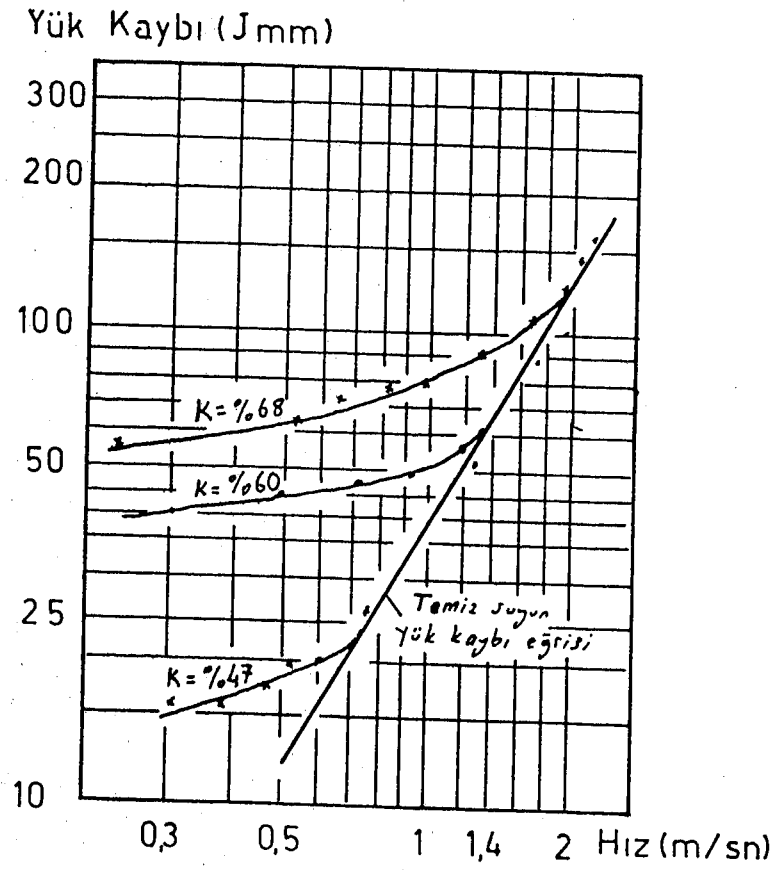
Sagreah'da yapılan iki ayrı deneyin değerlendirilmesi Şekil 9.11 ve 9.12'deki eğrilerle görülmektedir. Şekil 9.13'deki deney homojen karışımlarla gerçekleştirilmiştir. Görüldüğü gibi laminer akımda karışımın yük kaybı temiz su akımına ait yük kaybından çok fazla olmakta, karışım hızı arttıkça, boru yük kayıpları suyun yük kaybına eşit olmaktadır. Temiz suyun yük kaybı ise;

$$J_{su} = \lambda \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot D} \quad (9.39)$$

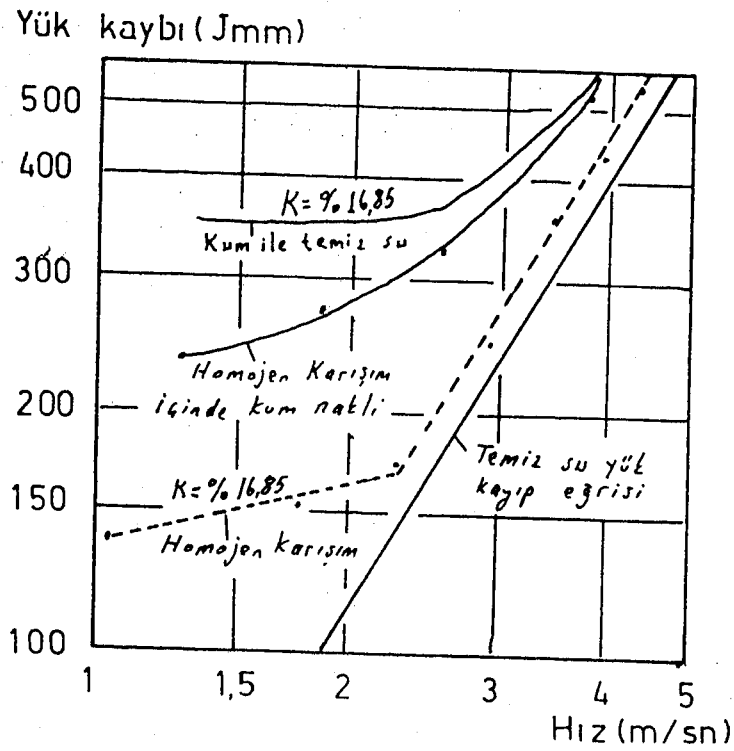
formülü ile belirlenir.

Sonuçları Şekil 9.12'de görülen deneyde ise ($\rho = 1,19 \text{ t/m}^3$) olan bir killi homojen karışım teşkil edilmiştir. Buhomojen karışımın boru yük kaybı eğrisi kesik çizgilerle temsil edilmiştir. üstteki eğri ise $K = 16,85$ olan heterojen karışıma aittir. Aradaki eğri ise $K = \% 16,85$ için kumu homojen karışımla nakli sırasında oluşan boru yük kaybını göstermektedir. Şekilden görüldüğü gibi karışımın homojen olması durumundaki yük kayıpları, heterojen olmasına nazaran önemli ölçüde azalmaktadır. Karışım hızının $V = 1,5 \text{ m/sn}$ olması halinde heterojen karışımın yük kaybı $J = 350 \text{ mm/m}$; kumun homojen bir karışımla naklinde yük kaybı $J = 250 \text{ mm/m}$ olmaktadır. Başka bir deyişle yük kaybındaki azalma yüzdesi, $\% 28,5$ dur. Karışım hızının 3 m/sn den daha büyük olması durumunda azalma yüzdesi, düşmektedir.

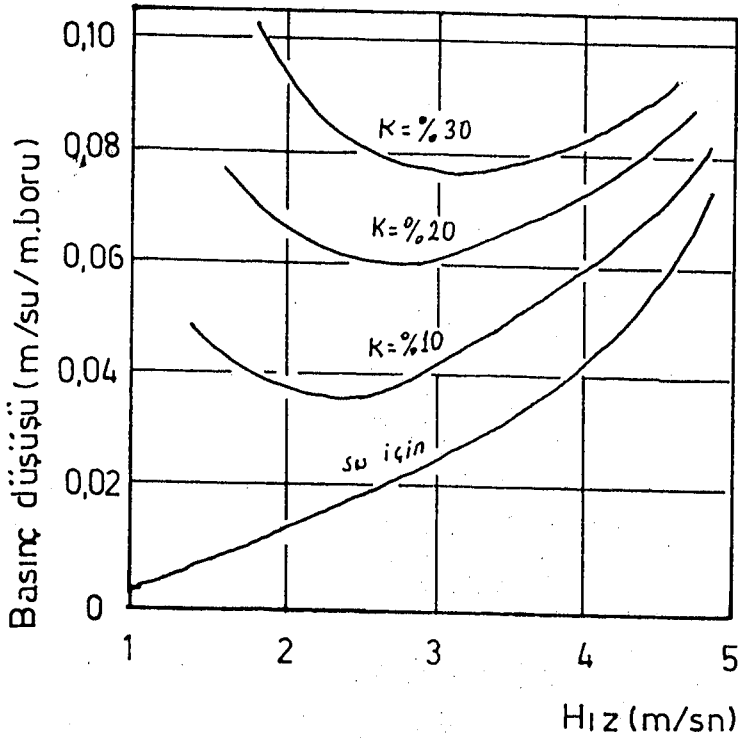
Heterojen karışımlarda, muhtelif konsantrasyon oranları için hıza bağlı olarak değişen basınç kayıplarının bir değerlendirilmesi de Şekil 9.13'de görülmektedir. Görüldüğü gibi yatay borulardaki basınç kaybı eğrileri, hız arttıkça temiz suyun eğrisine doğru alçalmaya eğimlidir. Eğriler yorumlandığında basınç kaybının temel olarak sudan kaynaklandığı, hız arttıkça suyun türbilansından dolayı oluşan basınç kaybının katının varlığından dolayı oluşan basınç kaybından daha fazla olduğu görülmektedir. Başka bir deyişle basınç kayıpları üzerinde konsantrasyonun etkisi giderek azalmaktadır.



Şekil 9.11. Homojen karışımda yük kaybı



Şekil 9.12. Kumun homojen karışım içinde nakli sırasında meydana gelen yük kaybının değişimi



- Şekil 9.13.

NEWITT ve arkadaşları araştırmaları sonucunda, katı-sıvı akımına daha rasyonel çözümler getirmişlerdir. Newitt değişik akımlardaki nakle uygun düşen Durand değişkenlerini vermiştir. Heterojen karışımlar için Newitt'in ϕ ifadesi şöyledir:

$$\phi = \frac{J_{su} - J_{su}}{K \cdot J_{su}} = 1100 \cdot (s-1) \cdot \frac{V_{\phi}}{V} \cdot \frac{g \cdot D}{V^2} \quad (9.40)$$

Newitt, yatay borularda karışım çeşitlerinin birbirlerine geçiş hızları yaklaşık olarak veren hız formüllerini tariflemiştir. Karışım tipini tarifleyen bu hızların değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Hidrolik ramblede söz konusu olan karışım tipleri, bu formüller vasıtasıyla kolaylıkla tayin edilebilmektedir.

Heterojen karışımdan homojen karışıma geçiş hızı V_1 aşağıdaki formül ile belirtilmiştir.

$$V_1 \gg \sqrt[3]{1800 \cdot g \cdot D \cdot V_{\phi}} \quad (9.41)$$

Karışımın homojen olması, yani karışım içinde bulunan katı parçalarının boru kesit alanına üniform dağılmasını sağlayan karışım hızı, bu formül uyarınca $V \gg \sqrt[3]{1800 \cdot g \cdot D \cdot V_{\phi}}$ olmalıdır.

Kayan taban askı rejiminden, heterojen karışıma geçiş hızı V_2 ile gösterilerek, $V_2 = 17 V_{\phi}$ ilişkisi kurulmuştur.

Bu durumda karışımın heterojen olmasına tekabül eden karışım hızı sınır değerlerini $V_2 < V < V_1$ olarak tariflemek mümkündür.

Karışımın kayan taban şeklinde hareket etmesi durumunda Newitt, Durand değişkenini;

$$\phi = K_3(s-1) \cdot \frac{g \cdot D}{v^2} \quad (9.42)$$

formülü ile vermektedir. Burada K_3 deneysel bir sabit olup $K_3 = 66$ dir. Kayan taban hareketinin oluşması için karışım hızının sınır değerleri $V_3 < V < V_2$ olmalıdır.

Fransız Loren havzasında heterojen karışımlar için yatay borulardaki basınç kaybını hesaplamada aşağıdaki Durand değişkeni ifadesi kullanılmakta, oldukça iyi sonuçlar alınmaktadır.

$$J = J_{su} \cdot (1 + \phi \cdot K) \quad (9.43)$$

$$\phi = 29 \cdot \frac{a}{(v^2/2 \cdot g \cdot D)^{3/2}} \cdot \left(\frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma} \right)^{3/2} \quad (9.44)$$

a = Taşıyıcı akışkanın kinematik viskozitesine bağlı olup, berrak berrak su içindeki iri tanelerin nakli halinde 1,8, karışımın çok ince taneler ihtiva etmesi halinde değeri 0,7 ye kadar düşen bir katsayıdır.

Düşey ramble borularında sürtünme kaybı :

Durand, düşey borulardaki basınç kayıpları üzerine yaptığı çalışmalarda, katı ve sıvı ortamındaki hareketi, ...

basınç kaybının konsantrasyondan bağımsız olarak temiz suyun basınç kaybına eşit olduğu sonucuna varmıştır. Başka bir deyişle düşey borudaki yük kaybı sadece taşıyıcı sistemin sirkülasyonundan doğmakta, bundan dolayı karışımın birim boru sürtünme kaybı, temiz suyun birim boru sürtünme kaybı gibi hesaplanmaktadır. Durand'ın aşağıda verilen formülü, bütün karışım nakil tipleri ve bütün konsantrasyon oranları için geçerlidir.

$$J_{\text{düşey}} = J_{\text{su}} = \lambda \cdot \frac{h \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot D} \quad \gamma_0 \quad (9.45)$$

Meyilli ramble borularında sürtünme kaybı:

Durand meyilli ramble borularında sürtünme kaybı için aşağıdaki formülü vermiştir.

$$J_m = J_{\text{su}} \cdot (1 + \phi \cdot K \cdot \cos \alpha) \quad (9.46)$$

Bununla beraber DENNY ve WORSTER meyilli boru hattını dikey ve yatay bileşenlere ayırarak, meyilli kısımdaki basınç kaybının, yatay ve dikey bileşenlerdeki basınç kayıplarının toplamı olacağını ileri sürmüşlerdir.

$$J_m = J_{\text{su}} \cdot (1 + \phi \cdot K) \cdot \cos \alpha + J_{\text{su}} \cdot \sin \alpha \quad (\text{Düşey bileşen}) \quad (9.47)$$

$$J_m = J_{\text{su}} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) + J_{\text{su}} \cdot \phi \cdot K \cdot \cos \alpha \quad (\text{Yatay bileşen}) \quad (9.48)$$

R.S.RAI ise meyilli borular için yaptığı deneyler sonucunda, Durand'ın meyilli borular için öngördüğü eşitliğe bir düzeltme değerinin ilave edilmesine gerek olduğu sonucuna varmıştır.

$$J_m = J_{\text{su}} \cdot (1 + \phi \cdot K \cdot \cos \alpha) + 1,05 \cdot L \cdot \frac{\sqrt{g \cdot D}}{V} \cdot K \cdot \sin(1,4 \alpha) \quad (9.49)$$

GILBERT ise, 15° ve 45° arasında değişen meyilli borular üzerinde yaptığı deneyler sonucunda, Durand değişkenini,

$$\phi = \frac{v^2}{g \cdot D} \cdot \frac{C_D^{1/2}}{\cos \alpha} \quad (9.50)$$

α = Ramble borusunun yatayla yaptığı açı.

Ramble borusu düşey olduğu zaman ($\alpha = 90^\circ$), $\phi = 0$ olarak birim boru sürtünme kaybı temiz suyunkine eşit olacaktır.

CONDOLIUS' da meyilli borular için Durand değişkenini genel bir ifade olarak,

$$\phi = K_4 \cdot \left(\frac{v^2 \cdot \sqrt{C_D}}{g \cdot D \cdot \cos} \right)^{-3/2} \quad (9.51)$$

şeklinde vermiştir. Burada K_4 deneysel bir sabittir. Bu formülde de $\alpha = 90^\circ$ olduğunda $\phi = 0$ olur ve karışımın birim boru sürtünme kaybı temiz suyun birim sürtünme kaybına eşit olacaktır.

Lokal yük kayıplarının hesabı :

Ramble şebekesinde kesit değişikliklerinden, dirsek, vana gibi armatürlerden dolayı oluşan lokal kayıpları hesaplamak oldukça güçtür. Ramble karışımı homojen ise temiz su için verilen lokal yük kayıpları formülleri kullanılarak, karışımın lokal yük kayıpları hesaplanabilir. Bu usul ancak yaklaşık değerler verebilmektedir. Eğer karışım heterojen veya kayan taban tipinde hareket ediyorsa, lokal yük kayıplarını karşılamak için, gerek boru uzunluğunu biraz daha fazla olarak düşünmek pratik bir yoldur.

Homojen karışım için lokal kayıplar, eşdeğer düz boru uzunluğu cinsinden ifade edilir. Homojen karışım için lokal kayıplar,

eşdeğer düz boru uzunluğu cinsinden ifade edilir. Homojen karışımlar için lokal yük kayıpları genel olarak,

$$h_{\text{lokal}} = \ell \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (9.52)$$

formülü ile belirlenir. Burada;

$$h_{\text{lokal}} = \text{Lokal yük kaybı}$$

$$\ell = \text{Lokal yük kayıp katsayısı}$$

Homojen karışım için eşdeğer düz borunun sürtünme kaybı ise,

$$h = \lambda \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot D} l'_e \quad (9.53)$$

şeklindedir.

$$l'_e = \text{Eşdeğer boru uzunluğunu ifade eder.}$$

$h = h_{\text{lokal}}$ şartından, eşdeğer boru uzunluğu,

$$l'_e = \frac{\ell}{\lambda} \cdot D \quad (9.54)$$

Dirseklerde ℓ , 90° lik dirsek açısında $\ell = 0,5$ değerindedir.

$\lambda = 0,03$ ve $D = 0,015$ m alındığında eşdeğer uzunluğu yukarıdaki formülden 2,5 m olarak bulunur. Pratikte bir dirsek için $l'_e = 5$ m olarak alınmaktadır.

Ramble devresinde n adet dirsek varsa, toplam eşdeğer boru uzunluğu,

$$\sum l'_e = 5 \text{ (m)} \times n \quad (9.55)$$

Sonuçlar :

Hidrolik nakilde yük kayıplarını veren formüllerin çok sayıda oluşu bu, konudaki önemi vurgulamaktadır. Bu formüller birbirlerinden farklı sonuçlar vermektedir.

Karışımın boru içinde akması ile oluşacak yük kaybı genel olarak $J = f(\lambda, V, D, \gamma, C_D, K)$ şeklinde ifade edilebilmektedir. Yük kaybının tesbitinde, parametreler hassasiyetle tayin edilmelidir.

9.7.8.5. Hidrolik ramblede debi hesabı :

Homojen karışımın debisi, süreklilik ifadesi gereğince;

$$Q_0 = 3600 \cdot F_0 \cdot V_0 = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} \cdot V_0 \quad (9.56)$$

formülü ile bellidir.

Bu ifadedeki notasyonlar ;

$Q_0 = D_0$ referans çaplı borudan geçen debi (m^3 /saat)

$F_0 = D_0$ referans çaplı borunun kesiti (m^2)

$V_0 = D_0$ referans çaplı boru içinde karışımın ortalama hızı (m/sn)

9.7.8.6. Hidrolik dolgu tesisinin randımanı

Bir dolgu tesisinin randımanının saptanabilmesi için belli kesin parametreler yoktur. Randıman ölçütü olarak ton/km, yani nakledilen km uzaklık başına saatte dolgu yapılan malzeme tonajının kullanılması ile ri sürülmüş, ancak bu parametre elde edilebilir güç parametresini ihtiva etmediğinden standart bir ölçü olmamıştır. Bir başka ölçüt optimum şartlarda, akış için elde edilebilir gücün gözönüne alınmasıdır. Hız optimum değerinde ise, dikey bölgenin dibinde yaratılan güç, dolgu tesisinin randımanı için bir ölçüt olabilmektedir. Yine de kaba bir metoddur.

Ekonomik açıdan amaç en az miktarda su kullanarak, mümkün olan en yüksek konsantrasyonda dolgu yapmaktır. Optimum konsantrasyon, optimum hız değerinde, elde edilen enerjiden tamamen yararlanmakla belirlenir. Optimum konsantrasyonun elde edilebilmesi, tesisin en randımanlı olarak çalışması demektir. Bu açıdan, aktüel ve optimum konsantrasyonlar arasındaki oran, iyi bir randıman kriteri olarak kabul edilebilir.

$$\text{Dolgu randımanı} = \frac{\text{Aktüel konsantrasyon}}{\text{Teorik optimum konsantrasyon}}$$

Aktüel konsantrasyon şebekeden ölçülür. Teorik optimum konsantrasyon ise hesaplama yoluyla bulunmalıdır.

Hidrolik ramble yerüstü tesisleri :

Hidrolik ramble işleminde tam-boru dolguyu gerçekleştirebilmenin önemine önceki bölümlerde değinilmiştir. Tam-boru durumunu dolgu işlemi boyunca muhafaza edebilmek için, hız ve konsantrasyon değerlerini titizlikle denetlemek gerekir. Bu değerler, arının ilerlemesi dolayısıyla yatay boru uzunluğunun değişmesiyle veya basınç kayıplarının değişmesiyle oluşacak yeni şartlara derhal uydurulmalıdır. Aksi takdirde karışım seviyesi ya düşecek ya da yükselerek taşmaya sebebiyet verecektir. Bu şartlar ramble tesisinin yerüstü tesislerinin ve kontrol mekanizmalarının uygun ve hassas olmasını gerektirmektedir. Malzeme ve su beslemesinin kontrol edilebilme derecesi, haiz olduğu önemden dolayı, bir tesisin uygunluğu açısından bir ölçüt olmaktadır.

Besleme kontrolü genel olarak elle veya aletlerle yapılan kontrol olarak iki gruba ayrılabilir. Boru içindeki akış şartları operatör tarafından tam olarak kestirilemeyeceğinden, elle yapılan kontrol uygun değildir. Boru tıkanmasından veya taşmadan operatör çok geç haberdar olur. İdeal durum, otomatik, hassas bir aletin, boru içindeki

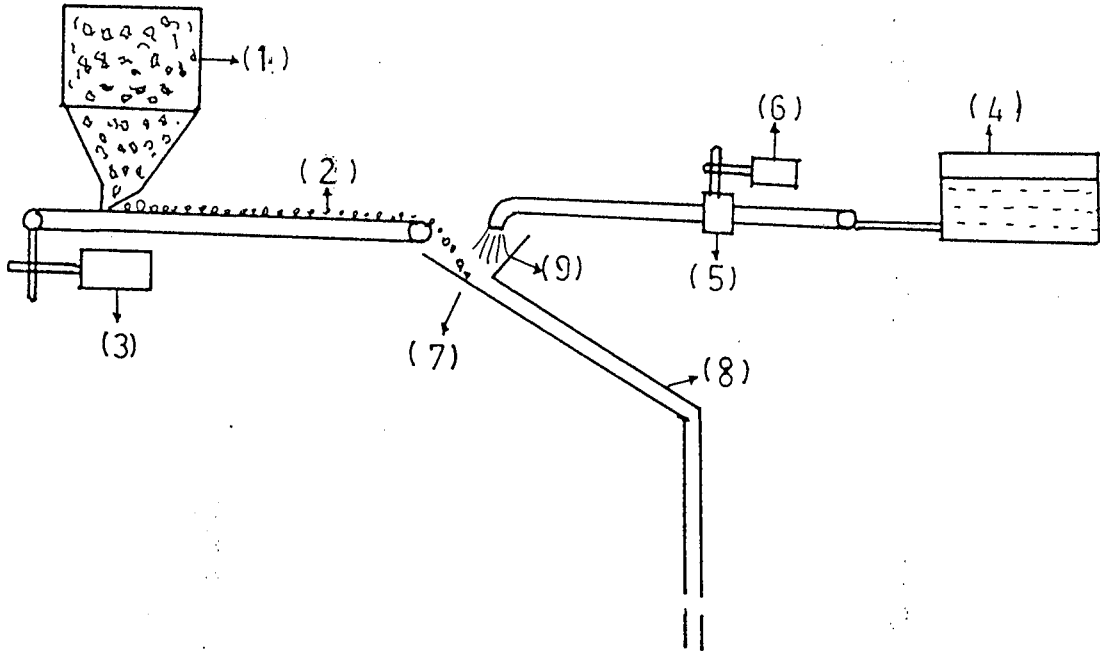
aksaklıkları zamanında tesbit ederek, su ve malzeme beslenmesini ayarlamasıdır.

Hydro-monitor sistem, karıştırma konisi sistemi, titreşimli kapak sistemi, Fransız otomatik kontrol sistemi olarak isimlendirilen otomatik kontrol sistemlerinden en sağlıklı olanı Fransız otomatik kontrol sistemidir.

Bu sistemin genel şeması Şekil 9.14'de görülmektedir. Karıştırma tankındaki karışım seviyesini işaret eden duyarlı elektrodların kullanılmasıyla bu sistem, malzeme beslenmesi ve su kontrolü aşamalarını birleştirmiştir. Malzeme (1) silosundan 200-300 cm uzunluğunda, 80-100 cm genişliğindeki küçük bir bantlı konveyör üzerine dökülür. (2) bantlı konveyörü etkin bir hız kontrolü sağlamak amacıyla bir DC motoru ile tahrik edilmektedir. (3) su, (4) su tankından otomatik bir vana vasıtasıyla (5) beslenir. Su ve malzeme, boru şebekesi (8) ile irtibatlı olan (7) karıştırma teknesine beslenmektedir. Bu karıştırma teknesi içine farklı uzunluklu elektrodlar sokulmuştur. (9) karışım seviyesi iki elektrodun uçları arasındaki mesafede kaldığı durumlarda sistem normal çalışmasını sürdürür. Karışım seviyesinin, üst elektrod ucunun üstüne yükselmesi, veya alt elektrod ucunun altına düşmesi durumlarında kontrol sistemi devreye girer. Bu durumlarda karışım elektrodlarına değmekte, elektrodlar kontrol sistemine sinyal göndererek devreye girmesini sağlamaktadır. Karışım seviyesinin yükselmesi durumunda malzeme miktarı azaltılıp, su miktarı arttırılmakta, alçalması durumunda ise, tersi sözkonusu olmaktadır. Besleme konveyörünün ve silo açıklığının boyutları sabit olduğundan, malzeme beslenmesi, motor ve dolayısıyla band hızının kontrol edilmesiyle ayarlanmaktadır. Su ayarı ise bir şamandra-vana sistemi ile gerçekleştirilmektedir.

Ramble malzemesinin uygun boyutlarda hazırlanması da, yerüstü tesislerinin dizaynında önemli bir yer tutmaktadır. Malzemenin oldukça

küçük boyutlara indirilmesi zorunluluğu, uygun bir kırma eleme, öğütme devresinin teşkilini gerektirmektedir. Takdir edileceği gibi, bu devreler her maden işletmesi için, malzeme ve ocak şartlarına bağlı olarak çok çeşitli olabilir. Bu konuda bir kaide konulmak gerekirse, dolgu malzemesinin en etkin kırma eleme devresi ile uygun boyutlarda hazırlanması gerektiği söylenebilir. Şekil 9.15'de T.T.K Armutçuk Bölgesinde uygulanan hidrolik ramble tesisatı şematik olarak gösterilmiştir.

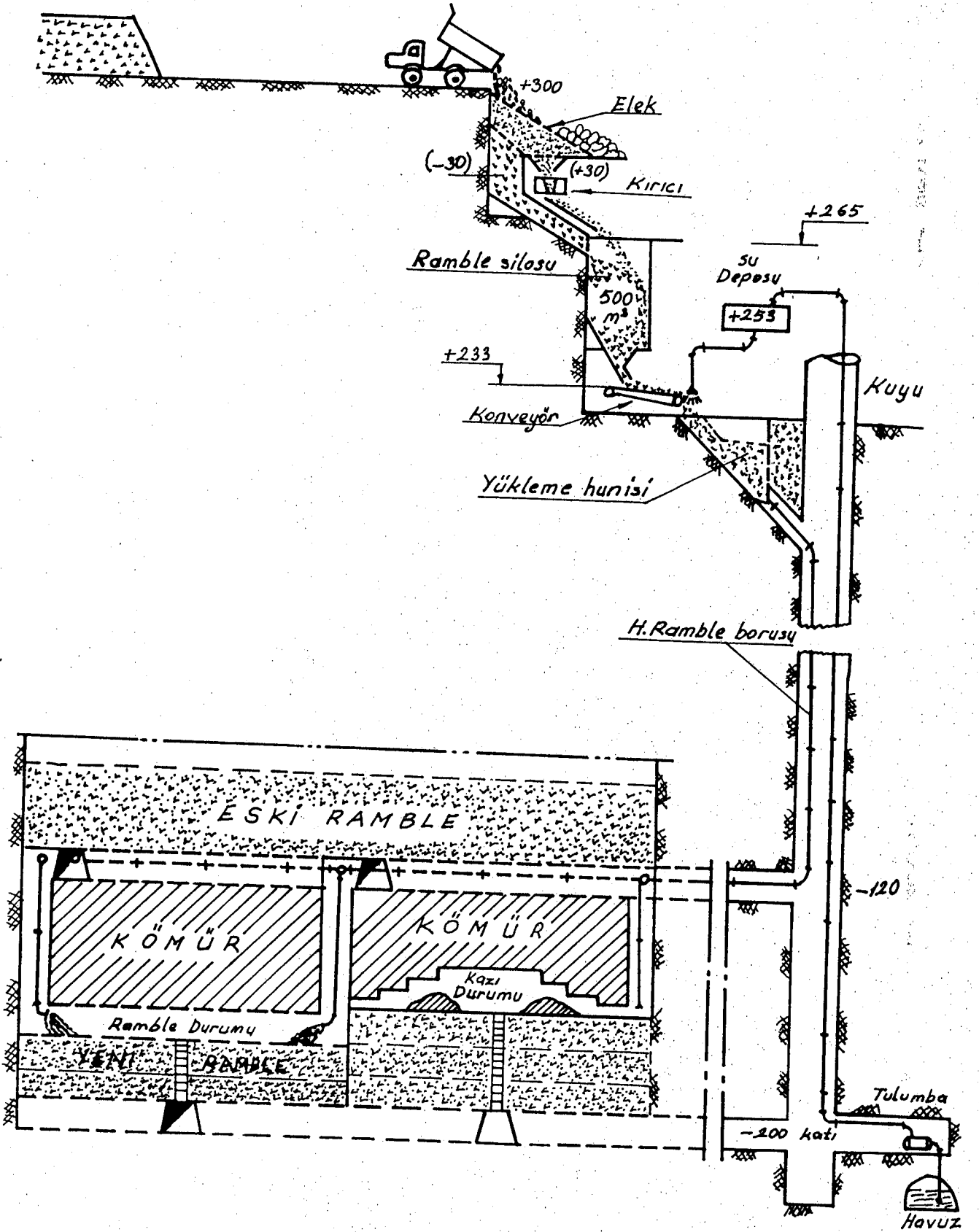


- Şekil 9.14.

Her işletmenin şartlarına göre oldukça değişik olabilen yerüstü tesislerine, hidrolik ramble operasyonlarının oldukça başarılı olarak uygulandığı, Fransız Loren havzası hidrolik ramble uygulamasını örnek olarak tasvir etmek yararlı olacaktır.

9.7.8.7 Loren havzası hidrolik ramble yerüstü tesisleri

Loren havzasında ramble malzemesi olarak, açık işletmeden ekskavörlerle elde edilen Voj gresi kullanılmaktadır. Malzeme primer konkasörlerle 200 mm'ye kırılır. Sekonder öğütücülerde 60 mm'nin altına indirilen malzeme stok silolarına gönderilir. Silo çıkışı kapaklı bir yapıda



Şekil 9.15. T.T.K. Armutçuk bölgesinde uygulanan hidrolik ramble sistemi

olup, altına malzeme beslenmesini gerçekleştiren bir bantlı konveyör vardır. Silo çıkış kapağı ya tamamen açık, ya da tamamen kapalı tutulup, debi ayarı için kullanılmaktadır. Bandın malzemeyi 900 mm genişliğinde, 800 mm kalınlığında bir tabaka halinde taşınması durumunda çok büyük debiler, küçük band hızlarında temin edilebilmektedir. Silodan banda malzeme akışı, yatayla 50° lik açı yapan bir oluk vasıtasıyla sağlanmakta, malzemenin banda hücum etmesi önlenmektedir. Band, güç ihtiyacını azaltmak amacıyla 10° öne doğru meyilli olarak düzenlenmiştir. Band, band hızının dolayısıyla malzeme debisinin kolaylıkla kontrol edilebilmesi amacıyla bir Ward-Leonard grubu tarafından beslenen bir doğru akım motoru ve redüktör tarafından tahrik edilmektedir.

Band, malzemeyi 80 mm açıklıklı, 45° eğimli sabit bir saç ızgara üzerine döker. Bu esnada kumun ıslatılması yapılır. Su 4 kg/cm^2 basınçlı su jetleri şeklinde, kum hareketinin ters yönünde ızgara üzerine püskürtülür. Su jetleri iyi bir ısıtma sağladığı gibi, malzemenin ızgaradan geçmesine de yardımcı olur. Izzaradan geçmeyen malzeme sekonder konkosörden geçirilir. Kırıcıdan sonra ilave su verilir.

Bu şekilde boyutu indirgenen ve su ile karışan malzeme yükleme hunisine akar. Yükleme hunisi 20° eğimli bir oluk şeklinde olup, granit paket taşları ile kaplanmıştır, dip kısmına ise çapı 200 mm olan çıkış hunisi yerleştirilmiştir.

Malzeme beslenmesinin değişmesi durumlarında kumanda, manvel veya servo kumanda ile temin edilmektedir. Motor girişine bağlanmış bir voltmetre m^3/saat olarak kum debisini göstermektedir. Su debisinin ayarlanması ise bir, servomotor tarafından hareket ettirilen, enjektör bataryasınca yapılmaktadır. Yükleme hunisindeki karışım seviyesi kontrolü ise muhtelif uzunluklardaki bir elektrod takımı ile gerçekleştirilmektedir. İletken olan karışım elektrodlarla temas ettiğinde çok alçak gerilimli devreyi kapayıp, seviye lambalarını yakar. Operatör karışım seviyesini ayarlar.

9.7.8.8. Hidrolik rambles boruları montaj ve bakımı

Boruların montajında Şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Boruların dudak dudaĒa getirilmesi iyi bir Şekilde merkezlenmelidir. Aksi halde boru dudakları vaktinden önce aşınacaktır.

- Borular contalarla sızdırmaz hale getirilmeli, contalar maximum basınca dayanabilmelidir.

- Rample Şebekesi üzerinde mecbur kalmadıkça vana konulmasına çalışılmalıdır.

- Boruların laĒım cidarlarına tesbiti iyi bir Şekilde yapılmalıdır. Düz galerilerde her 5 m de bir askı yeterli olmaktadır.

- Kuyu iĒi boruları taşıyıcı kirişler ve kelepçelerle tutturulur. Boru Şebekesinin döşenmesine kuyu dibinden başlanır. Kuyu dibindeki borular gibi basıncın maksimum olduĒu yerlerdeki borular sık sık kontrol edilmeli, zamanında deĒiştirilmelidir.

- Dirseklerde boru aşınmaları fazla olmaktadır. Bu bakımdan dirsek ile normal Őebekes borusu arasında kısa bir borunun monte edilmesi tavsiye edilir. Bu kısa boru sık sık deĒiştirilir.

- İyi döşenmiş bir kuyu borusu ortalama olarak 1.000.000 m³ rambles malzemesi geçirir. Bu borularda ilk arızalar görüldüĒünde tüm borular derhal deĒiştirilir.

- 0,15 m çapındaki laĒım rambles boruları ortalama olarak 2.000.000 m³ malzeme geçirirler. Bu borularda maximum aşınma boru dibinde meydana gelmektedir. Aşınmayı borunun tüm çevresine dağıtabilmek için borular her 500.000 m³ malzeme geĒişinde eksenleri etrafında 1/4 devir döndürülür.

- Boru devresi operasyon sırasında sürekli kontrol edilmelidir. Su sızması halinde işlem derhal durdurulmalıdır. Aksi takdirde karışımın

su içeriği azalacak ve boru tıkanabilecektir.

Ramble yapıldıktan sonra sistem stop edilirken önce malzeme beslenmesi durdurulmalı, şebekeye bir süre daha su beslenerek borular içinde malzeme kalması önlenmelidir. Aksi takdirde malzeme boru dibine çökerek boruyu tıkayacak, sonuçta tüm boru şebekesinin sökülmesi gerekecektir. Aynı şekilde ramble işlemine başlamadan önce şebekeye bir müddet sadece su gönderilir. Bu süre sonunda malzeme gönderilmeye başlanır. Boru aşınmalarını minimumda tutabilmek için tam-boru dolgu sağlanmalıdır.

Ramble sondajı :

Katlar arasında en kısa geçişi temin etmek için bazen katlar arasında sondajlar açılıp, ramble malzeme sevki sağlanır. Sondaj konglemera gibi sert tabakalarda açılmışsa delikler borusuz olarak kullanılabilir. Arazi sert değilse sondaj deliğine borular geçirilmelidir ve dişli manşonlarla bağlanmalıdır.

9.7.8.9. Ramble suyunun tahliyesi

Ramble malzemesi ile birlikte ayak boşluğuna gönderilen su, kanaviçeden sızarak taban yollarındaki su kanallarında birikir. Ramble karışımı içindeki çok ince partiküller ayak boşluğunda kolayca çökmezler ve bir kısmı artık su ile birlikte kanaviçeden sızarak galeri su kanallarında birikir. Buralarda çökelen ince malzeme zamanla bu kanalları tıkar ve sık sık temizlenmelerini gerektirir.

İçinde çok ince partiküller bulunan artık su, kanallardan akarak, her kattaki su toplama havuzlarında dolar. Ramble suyu doğal olarak kanallarda ve havuzlarda ocağın diğer kaynaklı suları ile karışır. İçinde katı partikülleri bulunan bu suyu hemen tulumbalara göndermek tulumbaların aşınması, su atımı borularının aşınması bakımından oldukça

zararlıdır. Bu yüzden su içindeki katı maddelerin ve diğer yabancı maddelerin izole edilmesi gerekir. Diğer taraftan artık suyun, ramble devresinde yeniden kullanılabilmesi için yabancı maddelerinden arındırılması gerekmektedir. Bu nedenle artık suyun, tulumba havuzlarından önce teşkil edilecek su dinlendirme havuzlarında toplanması, yabancı maddeler çöktükten sonra tulumba havuzlarına sevk edilmesi en uygun durum olmaktadır. Bu havuzlar bir günlük su gelirini alabilecek kapasitede ve yedekli olarak teşkil edilirler. Bu havuzlarda dinlenen sulardaki katı parçalar çöker. Çökelmeyi kolaylaştırmak ve sudaki asit etkisini gidermek için, artık suya bazı kimyasal maddeler de ilave edilir. Yabancı maddelerinden arındırılan su emme odalarına geçerek tulumbarlarla yeryüzüne sevedilir. Ramble suyunun tulumba güçlerini ve kapasitelerini arttıracacağı açıktır.

Su havuzlarının temizlenmesi $30-35 \text{ kg/cm}^2$ basınçlı su jetleri ile yapılır. Bu suretle oluşan çamurlu sular, 10-15 m yükseklikli mesafeye dakikada 1 m^3 çamurlu su basabilen pnömatik rofülöz ihtiva eden bir kuyuya bir kanal vasıtası ile atılırlar. Çamurların bu kanalda ve toplam kuyusunda çökmesini engellemek için devamlı bir türbilans oluşturmak gerekir. Bu husus tazyikli hava ve tazyikli su püskürtmekle temin edilir. Kuyuda biriktirilen çamurlu sular özel çamur tulumbarları ile bir üst kata basılır. Böylece kademe kademe yeryüzüne basılmış olur.

9.7.8.10. Hidrolik ramblenin maliyeti

Hidrolik ramble tesisleri önemli bir ilk yatırımı gerektirmekte -dir. Operasyon için harici bir enerjiye ve enerji masraflarına gerek olmamakla birlikte, malzeme temininde, malzeme hazırlanmasında, boruların değiştirilmesinde önemli işletme masrafı kalemleri oluşmaktadır. Bu nedenle birim tonaja düşen ramble masrafının düşük tutulabilmesi için hidrolik ramble yöntemi zengin rezervli, hızlı ilerleyen panolarda

uygulanmalıdır. Önemli bir masraf kalemini teşkil eden boru maliyetlerini düşürmek için boru aşınmalarını asgariye indirecek tedbirlerin alınması şarttır.

Hidrolik ramblenin maximum debiyi en kısa zamanda sağlayan bir yöntem olması, dolayısıyla kazı hızını sınırlandırmaması, etkili bir havalandırma sağlaması, tahkimat elemanı ve patlayıcı madde tüketimini azaltması, belli bir pano genişliğinden sonra sistemin masraflarını amorti edecek ve ekonomik açıdan diğer ramble yöntemlerine üstünlük sağlanabilecektir. Belli bir pano genişliği ve belli teknik şartlar sağlandığında hidrolik ramblenin en ekonomik ramble yöntemi olacağını söyleyebilmek mümkündür.

Takdir edileceği gibi, gerek kullanılan malzemenin özellikleri, gerek malzeme temini, gerekse tesis özelliklerinin ve ocak şartlarının değişkenliğinden ötürü her hidrolik ramble tesisinin maliyet tabloları değişik olacaktır. Loren havzasında Merlebach ocağının da hidrolik dolgu net ton kömür maliyetinin % 8-9 unu oluşturmaktadır. (14)

9.7.9. Laboratuvarında dolgu deney numunelerinin hazırlanması

Ömerler yeraltı işletmesinde 1-0 panoda hidrolik dolgulu tam mekanize üretim yönteminin uygulanmasında dolgu malzemesi olarak Tunçbilek lavvarından artık olarak atılan -18+0 mm boyutundaki şistler kullanılmıştır. Numuneler periyodik sürelerle bantlardan alınıp konileme-dörtleme yöntemiyle azaltılmıştır. Azaltılan numuneler 1,5 kg lık gruplara ayrılıp elek analizleri yapılmıştır. Bağlayıcı madde olarak normal portland çimentosu kullanılmıştır. Ayrıca bağlayıcı olarak yine Ömerler yeraltı işletmesine 8 km mesafede termik santral artıkları da kullanılabilir. Artık şistlere 1/5, 1/10, 1/15, 1/20 oranında normal portland çimentosu ve termik santral külleri % 30, % 40, % 50 pülp yoğunluklarında karıştırılarak 7 gün, 14 gün, 21 gün, 28 günlük

kür süreleri sonunda basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Hazırlanan numuneleri dökmek için özel kalıplar yapılmıştır. İç yüzeyleri prenyelenmiş, pürüzsüz, fırınlanmış, özel tahtalardan 10 x 10 x 10 cm boyutunda küp prizmalar elde edilmiştir. Prizmaların su emmesi için deneye başlamadan önce 24 saat süre ile madeni bir yağ içinde bekletilmişlerdir. Numunelerin kalıptan kolayca sökülebilmesi için portatif olarak yapılmışlardır. Ayrıca dolgu malzemesinin suyunun süzülmesi için sum'i kanaviçe küp prizmanın alt kısmına yerleştirilmiştir. Her pülp yoğunlukları için süzülen su miktarı ayrı ayrı hesaplanmıştır. Deney hatalarını minimum seviyeye indirmek için bir deney grubundan beş adet yapılmıştır. Hazırlanan numuneler oda sıcaklığında deney süresine bağlı olarak tutulmaktadır. (16,17)

<u>Ebat (mm)</u>	<u>Ağırlık (gr)</u>	<u>Ağırlık (%)</u>
10 - 18 mm	387,5	25,83
5 - 10 mm	549,7	34,64
4 - 5 mm	37,7	2,51
2 - 4 mm	367,7	24,51
1 - 2 mm	138,5	9,23
0,1 - 1	14,2	0,94
0 - 0,1	<u>4,7</u>	<u>0,31</u>
	1500	100

Tablo 9.1. 0 - 18 mm Lavvar Artığı Şistin Elek Analizi

9.7.9.1. Laboratuvarda Yapılan deneylerde yapılan hesaplamalar

Numunelerin hazırlanmasında kullanılan 10 x 10 x 10 cm boyutlu küp prizmalar yaklaşık olarak 1500 gr katı madde olabilmektedir. Buna göre:

% 30 pülöp yoğunluğunda karışım için;

$$\text{Pülöp yoğunluğu} = \frac{K}{K + S} \quad (9.57)$$

K = Katı miktarı (gr)

S = Sıvı miktarı (cm³)

$$0,3 = \frac{1500}{1500+S} \quad S = 3500 \text{ cm}^3$$

1/5 Çimento oranı için, Çimento miktarı = 250 gr,

Agrega miktarı 1250 gr, Sıvı miktarı = 3500 cm³

Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı = 2500 cm³

1/10 Çimento oranı için, Çimento miktarı = 136 gr,

Agrega miktarı = 1364 gr, Sıvı miktarı = 3500 cm³

Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı = 2530 cm³

1/15 Çimento oranı için, Çimento miktarı = 94 gr,

Agrega miktarı = 1406 gr, Sıvı miktarı = 3500 cm³

Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı = 2610 cm³

1/20 Çimento oranı için, Çimento miktarı = 71 gr,

Agrega miktarı 1429 gr, Sıvı miktarı 3500 cm³

Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı = 2650 cm³

% 40 pülöp yoğunluğunda karışım için;

$$0,4 = \frac{1500}{1500+S} \quad S = 2250 \text{ cm}^3$$

Çimento oranları için, çimento ve agrega miktarı % 30 pülöp yo -
ęunluęundaki miktarlar kadardır.

1/5 Çimento oranı için sıvı miktarı = 2250 cm³

Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı = 1700 cm³

$$1/10 \text{ çimento oranı için sıvı miktarı} = 2250 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı} = 1725 \text{ cm}^3$$

$$1/15 \text{ çimento oranı için sıvı miktarı} = 2250 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı} = 1760 \text{ cm}^3$$

$$1/20 \text{ çimento oranı için sıvı miktarı} = 2250 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı} = 1780 \text{ cm}^3$$

% 50 pülp yoğunluğu için;

$$0,5 = \frac{1500}{1500+S} \quad S = 1500 \text{ cm}^3$$

$$1/5 \text{ Çimento oranı için sıvı miktarı} = 1500 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı} = 1000 \text{ cm}^3$$

$$1/10 \text{ Çimento oranı için sıvı miktarı} = 1500 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı} = 1050 \text{ cm}^3$$

$$1/15 \text{ Çimento oranı için sıvı miktarı} = 1500 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı} = 1080 \text{ cm}^3$$

$$1/20 \text{ Çimento oranı için sıvı miktarı} = 1500 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı} = 1125 \text{ cm}^3$$

% 40 pülp yoğunluğunda termik külü içeren numuneler için;

$$0,4 = \frac{1500}{1500+S} \quad S = 2250 \text{ cm}^3$$

1/5 karışım oranı için;

$$\text{Termik külü} = 125 \text{ gr, Çimento miktarı} = 225 \text{ gr}$$

$$\text{Agrega miktarı} = 1250 \text{ gr, Sıvı miktarı} = 2250 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı} = 1550 \text{ cm}^3$$

1/10 karışım oranı için;

Termik külü = 68 gr, Çimento miktarı = 68 gr,

Agrega miktarı = 1364 gr, Sıvı miktarı = 2250 cm³

Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı = 1575 cm³

1/15 karışım oranı için ;

Termik külü = 47 gr, Çimento miktarı = 47 gr,

Agrega miktarı = 1406 gr, Sıvı miktarı = 2250 cm³

Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı = 1625 cm³

1/20 karışım oranı için;

Termik külü = 35,5 gr, Çimento miktarı = 35,5 gr,

Agrega miktarı = 1429 gr, Sıvı miktarı = 2250 cm³

Kanaviçeden süzülen sıvı miktarı = 1640 cm³

Numune No	Deney Tarihi	Kır Süresi	Boyutlar a(cm) x b(cm)	Alan (cm ²)	P max (kg)	P day(kg(cm ²))
1-1/5	2.11.1987	7 gün	10 x 10	100	1085	10,85
1-1/5	"	"	"	"	956	9,56
1-1/5	"	"	"	"	1154	11,54
1-1/5	"	"	"	"	1044	10,44
1-1/5	"	"	"	"	1012	10,12
1-1/10	"	"	"	"	309	3,09
1-1/10	"	"	"	"	298	2,98
1-1/10	"	"	"	"	316	3,16
1-1/10	"	"	"	"	305	3,05
1-1/10	"	"	"	"	315	3,15
1-1/15	"	"	"	"	204	2,04
1-1/15	"	"	"	"	212	2,12
1-1/15	"	"	"	"	209	2,09
1-1/15	"	"	"	"	223	2,23
1-1/15	"	"	"	"	196	1,96
1-1/20	"	"	"	"	108	1,08
1-1/20	"	"	"	"	97	0,97
1-1/20	"	"	"	"	98	0,98
1-1/20	"	"	"	"	102	1,02
1-1/20	"	"	"	"	104	1,04
2-1/5	3.11.1987	14 gün	"	"	1329	13,29
2-1/5	"	"	"	"	1282	12,82
2-1/5	"	"	"	"	1386	13,86
2-1/5	"	"	"	"	1293	12,93
2-1/5	"	"	"	"	1246	12,46
2-1/10	"	"	"	"	535	5,35
2-1/10	"	"	"	"	508	5,08

TABLO 9.2. % 30 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları

Numune No	Deney Tarihi	Kür Süresi	Boyutlar a(cm) x b(cm)	Alan (cm ²)	P max (kg)	P day(kg/cm ²)
2-1/10	9.11.1987	14 gün	10 x 10	100	546	5,46
2-1/10	"	"	"	"	532	5,32
2-1/10	"	"	"	"	539	5,39
2-1/15	"	"	"	"	458	4,58
2-1/15	"	"	"	"	462	4,62
2-1/15	"	"	"	"	428	4,28
2-1/15'	"	"	"	"	418	4,18
2-1/15	"	"	"	"	431	4,31
2-1/20	"	"	"	"	291	2,91
2-1/20	"	"	"	"	269	2,69
2-1/20	"	"	"	"	293	2,93
2-1/20	"	"	"	"	279	2,79
2-1/20	"	"	"	"	302	3,02
3-1/5	4.11.1987	21 gün	"	"	1543	15,43
3-1/5	"	"	"	"	1511	15,11
3-1/5	"	"	"	"	1557	15,57
3-1/5	"	"	"	"	1502	15,02
3-1/5	"	"	"	"	1518	15,18
3-1/10	"	"	"	"	725	7,25
3-1/10	"	"	"	"	757	7,57
3-1/10	"	"	"	"	771	7,71
3-1/10	"	"	"	"	770	7,70
3-1/10	"	"	"	"	723	7,23
3-1/15	"	"	"	"	651	6,51
3-1/15	"	"	"	"	628	6,28
3-1/15	"	"	"	"	631	6,31
3-1/15	"	"	"	"	647	6,47

TABLO 9.3. % 30 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deney Sonuçları

Numune No	Deney Tarihi	Kür Süresi	Boyutlar a(cm) x b(cm)	Alan (cm ²)	P max (kg)	P day(kg/cm ²)
3-1/15	4.11.1987	28 gün	10 x 10	100	619	6,19
3-1/20	"	"	"	"	511	5,11
3-1/20	"	"	"	"	529	5,29
3-1/20	"	"	"	"	505	5,05
3-1/20	"	"	"	"	517	5,17
3-1/20	"	"	"	"	533	5,33
4-5	5.11.1987	28 gün	"	"	2572	25,72
4-5	"	"	"	"	2506	25,06
4-5	"	"	"	"	2518	25,18
4-5	"	"	"	"	2530	25,30
4-5	"	"	"	"	2592	25,92
4-10	"	"	"	"	1754	17,54
4-10	"	"	"	"	1795	17,95
4-10	"	"	"	"	2813	28,13
4-10	"	"	"	"	1790	17,90
4-10	"	"	"	"	1768	17,68
4-15	"	"	"	"	1679	16,79
4-15	"	"	"	"	1648	16,48
4-15	"	"	"	"	1672	16,72
4-15	"	"	"	"	1687	16,87
4-15	"	"	"	"	1650	16,50
4-20	"	"	"	"	1546	15,46
4-20	"	"	"	"	1569	15,69
4-20	"	"	"	"	1554	15,54
4-20	"	"	"	"	1541	15,41
4-20	"	"	"	"	1583	15,83

TABLO 9.4. % 30 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basıncı Deneyi Sonuçları

Numune No	Deney Tarihi	Kür Süresi	Boyutlar a(cm) b(cm)	Alan (cm ²)	P max (kg)	P day(kg/cm ²)
1'-1/5	6.11.1987	7 gün	10 x 10	100	1197	11,97
1'-1/5	"	"	"	"	1051	10,51
1'-1/5	"	"	"	"	1260	12,60
1'-1/5	"	"	"	"	1142	11,42
1'-1/5	"	"	"	"	1113	11,13
1'-1/10	"	"	"	"	401	4,01
1'-1/10	"	"	"	"	388	3,88
1'-1/10	"	"	"	"	417	4,17
1'-1/10	"	"	"	"	367	3,67
1'-1/10	"	"	"	"	350	3,50
1'-1/15	"	"	"	"	293	2,93
1'-1/15	"	"	"	"	285	2,85
1'-1/15	"	"	"	"	233	2,23
1'-1/15	"	"	"	"	282	2,82
1'-1/15	"	"	"	"	246	2,46
1'-1/20	"	"	"	"	168	1,68
1'-1/20	"	"	"	"	151	1,51
1'-1/20	"	"	"	"	144	1,44
1'-1/20	"	"	"	"	158	1,58
2'-1/20	"	"	"	"	170	1,70
2'-1/5	7.11.1987	14 gün	"	"	1424	14,24
2'-1/5	"	"	"	"	1274	12,74
2'-1/5	"	"	"	"	1495	14,95
2'-1/5	"	"	"	"	1369	13,69
2'-1/5	"	"	"	"	1332	13,32
2'-1/10	"	"	"	"	624	6,24
2'-1/10	"	"	"	"	609	6,09

TABLO 9.5. % 40 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları

Numune No	Deney Tarihi	Kır Süresi	Boyutlar a(cm) b(cm)	Alan (cm ²)	P max (Kg)	P day(kg/cm ²)
2'-1/10	7.11.1987	14 gün	10 x 10	100	648	6,48
2'-1/10	"	"	"	"	593	5,93
2'-1/10	"	"	"	"	585	5,85
2'-1/15	"	"	"	"	524	5,24
2'-1/15	"	"	"	"	506	5,06
2'-1/15	"	"	"	"	451	4,51
2'-1/15	"	"	"	"	505	5,05
2'-1/15	"	"	"	"	485	4,85
2'-1/20	"	"	"	"	396	3,96
2'-1/20	"	"	"	"	372	3,72
2'-1/20	"	"	"	"	389	3,89
2'-1/20	"	"	"	"	381	3,81
2'-1/20	"	"	"	"	393	3,93
3'-1/5	8.11.1987	"	"	"	1645	16,45
3'-1/5	"	"	"	"	1509	15,09
3'-1/5	"	"	"	"	1658	16,58
3'-1/5	"	"	"	"	1598	15,98
3'-1/5	"	"	"	"	1604	16,04
3'-1/10	"	"	"	"	830	8,30
3'-1/10	"	"	"	"	851	8,51
3'-1/10	"	"	"	"	877	8,77
3'-1/10	"	"	"	"	865	8,65
3'-1/10	"	"	"	"	826	8,26
3'-1/15	"	"	"	"	744	7,44
3'-1/15	"	"	"	"	733	7,33
3'-1/15	"	"	"	"	738	7,38
3'-1/20	"	"	"	"	730	7,30

TABLO 9.6. % 40 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları

Numune No	Deney Tarihi	Kür Süresi	Boyutlar a(cm) b(cm)	Alan (cm ²)	P max (kg)	P day(kg/cm ²)
3'-1/15	8.11.1987	21 gün	10 x 10	100	712	7,12
3'-1/20	"	"	"	"	616	6,16
3'-1/20	"	"	"	"	621	6,21
3'-1/10	"	"	"	"	613	6,13
3'-1/20	"	"	"	"	608	6,08
3'-1/20	"	"	"	"	624	6,24
4'-1/5	9.11.1987	28 gün	"	"	2681	26,81
4'-1/5	"	"	"	"	2612	26,12
4'-1/5	"	"	"	"	2625	26,25
4'-1/5	"	"	"	"	2634	26,34
4'-1/5	"	"	"	"	2687	26,87
4'-1/10	"	"	"	"	1862	18,62
4'-1/10	"	"	"	"	1887	18,87
4'-1/10	"	"	"	"	1905	19,05
4'-1/10	"	"	"	"	1899	18,99
4'-1/10	"	"	"	"	1874	18,74
4'-1/15	"	"	"	"	1782	17,82
4'-1/15	"	"	"	"	1755	17,55
4'-1/15	"	"	"	"	1774	17,74
4'-1/15	"	"	"	"	1783	17,83
4'-1/15	"	"	"	"	1748	17,48
4'-1/20	"	"	"	"	1651	16,51
4'-1/20	"	"	"	"	1665	16,65
4'-1/20	"	"	"	"	1649	16,49
4'-1/20	"	"	"	"	1643	16,43
4'-1/20	"	"	"	"	1662	16,62

TABLO 9.7. % 40 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları

Nüme No	Deney Tarihi	Kır Süresi	Boyutlar	Alan (cm ²)	P max (kg)	P day(kg/cm ²)
1"-1/5	10.11.1987	7 gün	10 X 10	100	1132	11,32
1"-1/5	"	"	"	"	1108	11,08
1"-1/5	"	"	"	"	1183	11,83
1"-1/5	"	"	"	"	1094	10,94
1"-1/5	"	"	"	"	1068	10,68
1"-1/10	"	"	"	"	345	3,45
1"-1/10	"	"	"	"	327	3,27
1"-1/10	"	"	"	"	359	3,59
1"-1/10	"	"	"	"	309	3,09
1"-1/10	"	"	"	"	289	2,89
1"-1/15	"	"	"	"	228	2,28
1"-1/15	"	"	"	"	334	3,34
1"-1/15	"	"	"	"	214	2,14
1"-1/15	"	"	"	"	227	2,27
1"-1/15	"	"	"	"	206	2,06
1"-1/20	"	"	"	"	112	1,12
1"-1/20	"	"	"	"	105	1,05
1"-1/20	"	"	"	"	118	1,18
1"-1/20	"	"	"	"	124	1,24
1"-1/20	"	"	"	"	116	1,16
2"-1/5	11.11.1987	14 gün	"	"	1366	13,66
2"-1/5	"	"	"	"	1312	13,12
2"-1/5	"	"	"	"	1408	14,08
2"-1/5	"	"	"	"	1316	13,16
3"-1/5	"	"	"	"	1274	12,74
2"-1/10	"	"	"	"	568	5,68
2"-1/10	"	"	"	"	574	5,74

TABLO 9.8. % 50 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları

Numune No	Deney Tarihi	Kür Süresi	Boyutlar a(cm) b(cm)	Alan (cm ²)	P max (kg)	P day(kg/cm ²)
2"-1/10	11.11.1987	14 gün	10 x 10	100	593	5,93
2"-1/10	"	"	"	"	551	5,51
2"-1/10	"	"	"	"	529	5,29
2"-1/15	"	"	"	"	471	4,71
2"-1/15	"	"	"	"	456	4,56
2"-1/15	"	"	"	"	408	4,08
2"-1/15	"	"	"	"	448	4,48
2"-1/15	"	"	"	"	432	4,32
2"-1/20	"	"	"	"	343	3,43
2"-1/20	"	"	"	"	314	3,14
2"-1/20	"	"	"	"	348	3,48
2"-1/20	"	"	"	"	325	3,25
2"-1/20	"	"	"	"	337	3,37
3"-1/5	12.11.1987	21 gün	"	"	1593	15,93
3"-1/5	"	"	"	"	1564	15,64
3"-1/5	"	"	"	"	1603	16,03
3"-1/5	"	"	"	"	1540	15,40
3"-1/5	"	"	"	"	1547	15,47
3"-1/10	"	"	"	"	772	7,72
3"-1/10	"	"	"	"	793	7,93
3"-1/10	"	"	"	"	825	8,25
3"-1/10	"	"	"	"	812	8,12
3"-1/10	"	"	"	"	774	7,74
3"-1/15	"	"	"	"	688	6,88
3"-1/15	"	"	"	"	681	6,81
3"-1/15	"	"	"	"	694	6,94
3"-1/15	"	"	"	"	674	6,74

TABLO 9.9. % 50 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları

Numune No	Deney Tarihi	Kür Süresi	Boyutlar a(cm) b(cm)	Alan (cm ²)	P max (kg)	P day(kg/cm ²)
3"-1/15	12.11.1987	21 gün	10 x 10	100	660	6,60
3"-1/20	"	"	"	"	558	5,58
3"-1/20	"	"	"	"	575	5,75
3"-1/20	"	"	"	"	561	5,61
3"-1/20	"	"	"	"	551	5,51
3"-1/20	"	"	"	"	566	5,66
4"-1/5	13.11.1987	28 gün	"	"	2623	26,23
4"-1/5	"	"	"	"	2559	25,59
4"-1/5	"	"	"	"	2556	25,56
4"-1/5	"	"	"	"	2576	25,76
4"-1/5	"	"	"	"	2636	26,36
4"-1/10	"	"	"	"	1810	18,10
4"-1/10	"	"	"	"	1838	18,38
4"-1/10	"	"	"	"	1853	18,53
4"-1/10	"	"	"	"	1847	18,47
4"-1/10	"	"	"	"	1825	18,25
4"-1/15	"	"	"	"	1726	17,26
4"-1/15	"	"	"	"	1703	17,03
4"-1/15	"	"	"	"	1729	17,29
4"-1/15	"	"	"	"	1718	17,18
4"-1/15	"	"	"	"	1692	16,92
4"-1/20	"	"	"	"	1592	15,92
4"-1/20	"	"	"	"	1613	16,13
4"-1/20	"	"	"	"	1593	15,93
4"-1/20	"	"	"	"	1585	15,80
4"-1/20	"	"	"	"	1609	16,09

TABLO 9.10. % 50 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları

Numune No	Deney Tarihi	Kür Süresi	Boyutlar a(cm) b(cm)	Alan (cm ²)	P max (kg)	P day(kg/m ²)
T1-1/5	14,11,1987	7 gün	10 x 10	100	885	8,85
T1-1/5	"	"	"	"	756	7,56
T1-1/5	"	"	"	"	946	9,46
T1-1/5	"	"	"	"	837	8,37
T1-1/5	"	"	"	"	812	8,12
T1-1/10	"	"	"	"	245	2,45
T1-1/10	"	"	"	"	241	2,41
T1-1/10	"	"	"	"	263	2,63
T1-1/10	"	"	"	"	219	2,19
T1-1/10	"	"	"	"	208	2,08
T1-1/15	"	"	"	"	159	1,59
T1-1/15	"	"	"	"	134	1,34
T1-1/15	"	"	"	"	109	1,09
T1-1/15	"	"	"	"	130	1,30
T1-1/15	"	"	"	"	123	1,23
T1-1/20	"	"	"	"	65	0,65
T1-1/20	"	"	"	"	58	0,58
T1-1/20	"	"	"	"	69	0,69
T1-1/20	"	"	"	"	71	0,71
T1-1/20	"	"	"	"	83	0,83
T2-1/5	15.11.1987	14 gün	"	"	941	9,41
T2-1/5	"	"	"	"	804	8,04
T2-1/5	"	"	"	"	987	9,87
T2-1/5	"	"	"	"	893	8,93
T2-1/5	"	"	"	"	853	8,53
T2-1/10	"	"	"	"	304	3,04
T2-1/10	"	"	"	"	286	2,86

TABLO 9.11. % 40 Pülp Yoğunluğunda Termik Külü ile Yapılan Basınç Deneyi Sonuçları

Numune No	Deney Tarihi	Kür Süresi	Boyutlar a(cm) b(cm)	Alan (cm ²)	P max (kg)	P day(kg/cm ²)
T2-1/10	15.11.1987	14 gün	10 x 10	100	311	3,11
T2-1/10	"	"	"	"	268	2,68
T2-1/10	"	"	"	"	262	2,62
T2-1/15	"	"	"	"	193	1,93
T2-1/15	"	"	"	"	179	1,79
T2-1/15	"	"	"	"	165	1,65
T2-1/15	"	"	"	"	178	1,78
T2-1/15	"	"	"	"	182	1,82
T2-1/20	"	"	"	"	113	1,13
T2-1/20	"	"	"	"	106	1,06
T2-1/20	"	"	"	"	118	1,18
T2-1/20	"	"	"	"	123	1,23
T2-1/20	"	"	"	"	114	1,14
T3-1/5	16.11.1987	21 gün	"	"	977	9,77
T3-1/5	"	"	"	"	839	8,39
T3-1/5	"	"	"	"	964	9,64
T3-1/5	"	"	"	"	919	9,19
T3-1/5	"	"	"	"	882	8,82
T3-1/10	"	"	"	"	331	3,31
T3-1/10	"	"	"	"	315	3,15
T3-1/10	"	"	"	"	328	3,28
T3-1/10	"	"	"	"	229	2,92
T3-1/10	"	"	"	"	283	2,83
T3-1/15	"	"	"	"	220	2,10
T3-1/15	"	"	"	"	205	2,05
T3-1/15	"	"	"	"	193	1,93
T3-1/15	"	"	"	"	208	2,08

TABLO 9.12. % 40 Pülp Yoğunluğunda Termik Külü ile Yapılan Basınç Deneyi Sonuçları

Numune No	Deney Tarihi	Kür Süresi	Boyutlar a(cm) b(cm)	Alan (cm ²)	P max (kg)	P day(kg/cm ²)
T3-1/15	16.11.1987	14 gün	10 x 10	100	211	2,11
T3-1/20	"	"	"	"	137	1,37
T3-1/20	"	"	"	"	134	1,34
T3-1/20	"	"	"	"	141	1,41
T3-1/20	"	"	"	"	148	1,48
T3-1/20	"	"	"	"	139	1,39
T4-1/5	17.11.1987	21 gün	"	"	1006	10,06
T4-1/5	"	"	"	"	993	9,93
T4-1/5	"	"	"	"	985	9,85
T4-1/5	"	"	"	"	948	9,48
T4-1/5	"	"	"	"	959	9,59
T4-1/10	"	"	"	"	351	3,51
T4-1/10	"	"	"	"	349	3,49
T4-1/10	"	"	"	"	357	3,57
T4-1/10	"	"	"	"	320	3,20
T4-1/10	"	"	"	"	314	3,14
T4-1/15	"	"	"	"	247	2,47
T4-1/15	"	"	"	"	226	2,26
T4-1/15	"	"	"	"	218	2,18
T4-1/15	"	"	"	"	232	2,32
T4-1/15	"	"	"	"	241	2,41
T4-1/20	"	"	"	"	161	1,61
T4-1/20	"	"	"	"	158	1,58
T4-1/20	"	"	"	"	166	1,66
T4-1/20	"	"	"	"	174	1,74
T4-1/20	"	"	"	"	169	1,69

TABLO 9.13. % 40 Pülp Yoğunluğunda Termik Külü ile Yapılan Basınç Deneyi Sonuçları

Numune No	Pülp Yoğunluğu	Çimento Oranı	Kür Süresi	P Ort. day (kg/cm ²)	Deplasman (mm/m)
1-1/5	% 30	1/5	7 gün	10,50	42,21
1-1/10	"	1/10	"	3,08	42,21
1-1/15	"	1/15	"	2,09	43,53
1-1/20	"	1/20	"	1,00	46,81
2-1/5	"	1/5	14 gün	13,07	38,13
2-1/10	"	1/10	"	5,31	41,53
2-1/15	"	1/15	"	4,40	42,89
2-1/20	"	1/20	"	2,87	44,38
3-1/5	"	1/5	21 gün	15,30	36,24
3-1/10	"	1/10	"	7,49	40,81
3-1/15	"	1/15	"	6,35	41,53
3-1-20	"	1/20	"	5,19	42,59
4-1/5	"	1/5	28 gün	25,43	36,13
4-1/10	"	1/10	"	17,84	39,86
4-1/15	"	1/15	"	16,62	40,28
4-1/20	"	1/20	"	15,58	41,54
1'-1/5	% 40	1/5	7 gün	11,53	34,89
1'-1/10	"	1/10	"	3,85	37,28
1'-1/15	"	1/15	"	2,66	38,78
1'-1/20	"	1/20	"	1,58	39,36
2'-1/5	"	1/5	14 gün	13,79	45,00
2'-1/10	"	1/10	"	6,18	56,20

TABLO 9.14. % 30-% 40 Pülp Yoğunluğunda Tek Eksenli Basınç Direnci ve Ortalama

Deplasman Değerleri

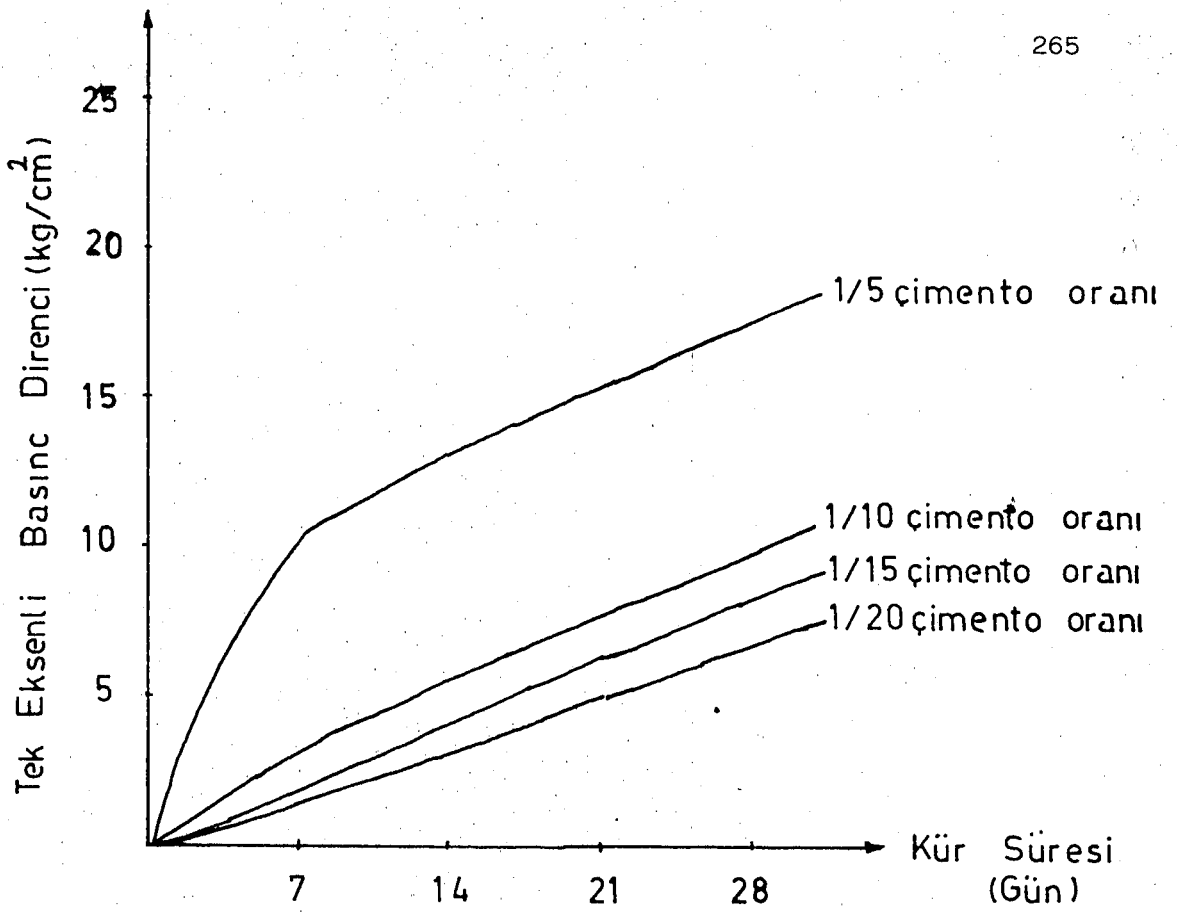
Numune No	Pülp Yoğunluğu	Çimento Oranı	Kür Süresi	P Ort. day (kg/cm ²)	Deplasman (mm/m)
2'-1/15	% 40	1/15	14 gün	4,94	59,40
2'-1/20	"	1/20	"	3,86	62,04
3'-1/5	"	1/5	21 gün	16,23	43,84
3'-1/10	"	1/10	"	8,52	52,94
3'-1/15	"	1/15	"	7,31	54,26
3'-1/20	"	1/20	"	4,93	58,31
4'-1/5	"	1/5	28 gün	26,48	42,14
4'-1/10	"	1/10	"	18,83	51,35
4'-1/15	"	1/15	"	17,68	53,89
4'-1/20	"	1/20	"	16,54	56,28
1''-1/5	% 50	1/5	7 gün	11,17	49,86
1''-1/10	"	1/10	"	3,26	57,14
1''-1/15	"	1/15	"	2,42	63,56
1''-1/20	"	1/20	"	1,15	65,09
2''-1/5	"	1/5	14 gün	13,35	48,16
2''-1/10	"	1/10	"	5,63	55,19
2''-1/15	"	1/15	"	4,44	61,68
2''-1/20	"	1/20	"	3,32	64,14
3''-1/5	"	1/5	21 gün	15,69	47,15
3''-1/10	"	1/10	"	7,95	54,88
3''-1/15	"	1/15	"	6,79	60,93
3''-1/20	"	1/20	"	5,62	63,24

TABLO 9.15. % 40-%50 Pülp Yoğunluğunda Ortalama Tek Eksenli Basınç Direnci Ortalama Deplasman Değerleri

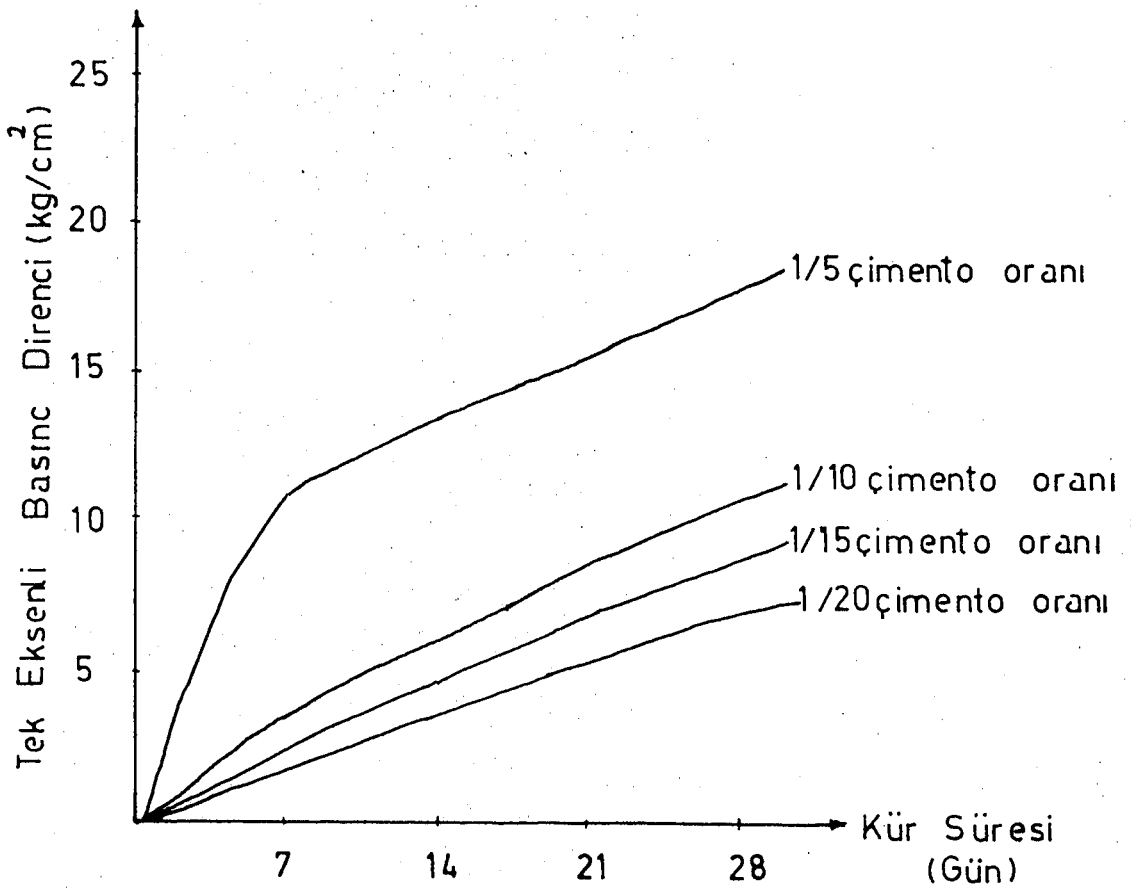
Numune No	Pülp Yoğunluğu	Çimento Oranı	Kür Süresi	P Ort. day (kg/cm ²)	Deplasman ort (mm)
4'-1/5	% 50	1/5	28 gün	25,90	46,72
4'-1/10	"	1/10	"	18,34	52,19
4'-1/15	"	1/15	"	17,14	59,34
4'-1/20	"	1/20	"	15,98	62,81
T1-1/5	% 40	1/5	7 gün	8,56	51,67
T1-1/10	"	1/10	"	2,35	54,38
T1-1/15	"	1/15	"	1,31	62,65
T1-1/20	"	1/20	"	0,69	64,86
T2-1/5	"	1/5	14 gün	8,96	49,36
T2-1/10	"	1/10	"	2,86	51,61
T2-1/15	"	1/15	"	1,79	56,33
T2-1/20	"	1/20	"	1,15	60,89
T3-1/5	"	1/5	21 gün	9,36	46,28
T3-1/10	"	1/10	"	3,10	48,39
T3-1/15	"	1/15	"	2,07	54,21
T3-1/20	"	1/20	"	1,40	58,18
T4-1/5	"	1/5	28 gün	9,78	43,51
T4-1/10	"	1/10	"	3,40	45,66
T4-1/15	"	1/15	"	2,53	50,38
T4-1/20	"	1/20	"	1,66	53,26

TABLO 9.16. % 50-%40 Pülp Yoğunluğunda Termik Külü İçeren Numunelerin Ortalama

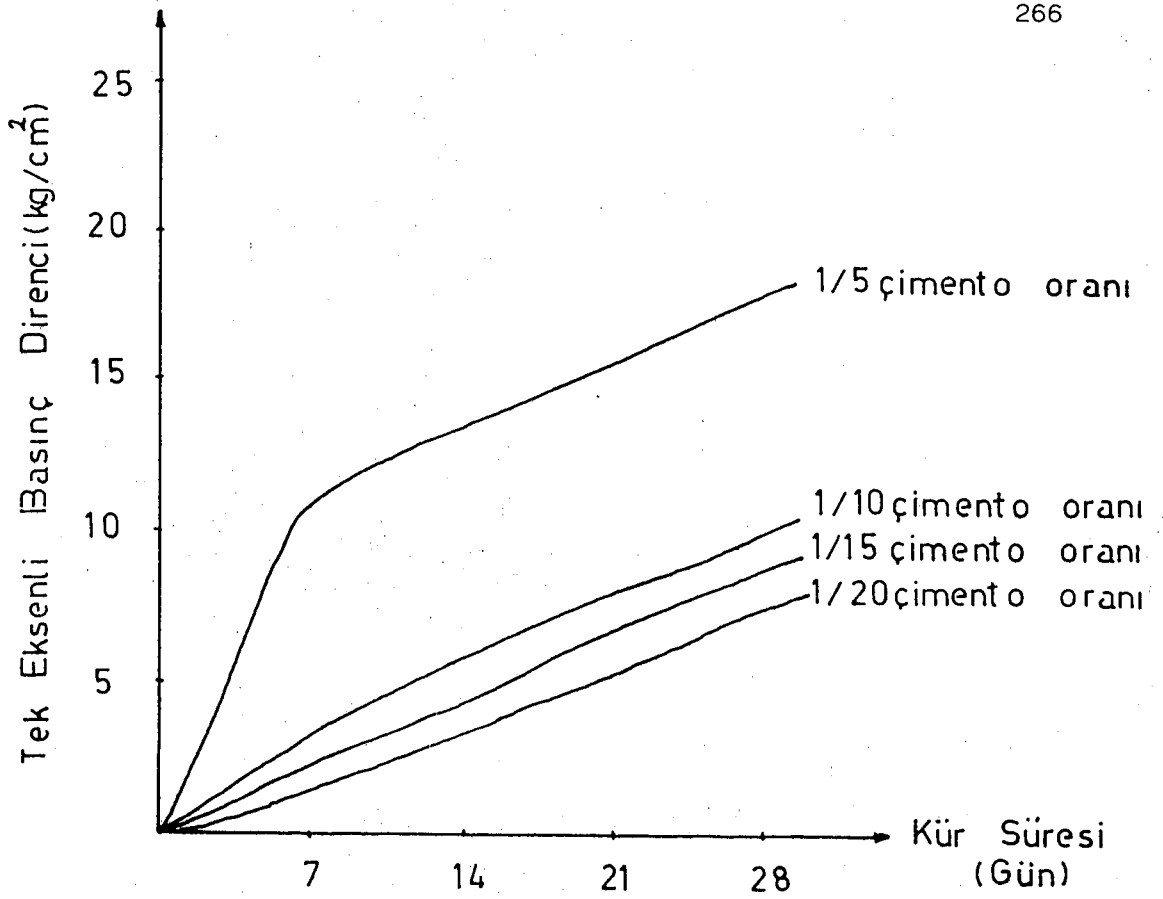
Tek Eksenli Basınç Direnci ve Ortalama Deplasman Değerleri



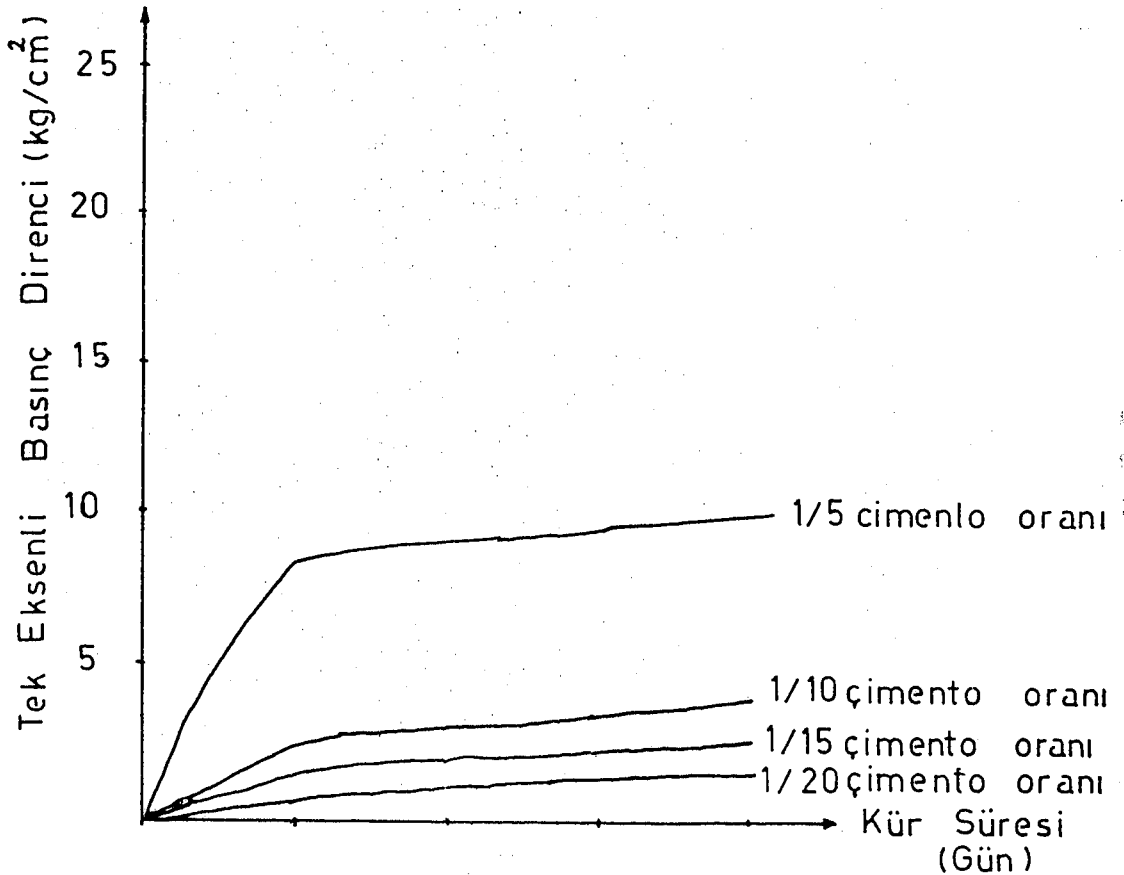
Şekil 9.16. % 30 pülp yoğunluğunda kür süresine göre basınç dirençleri



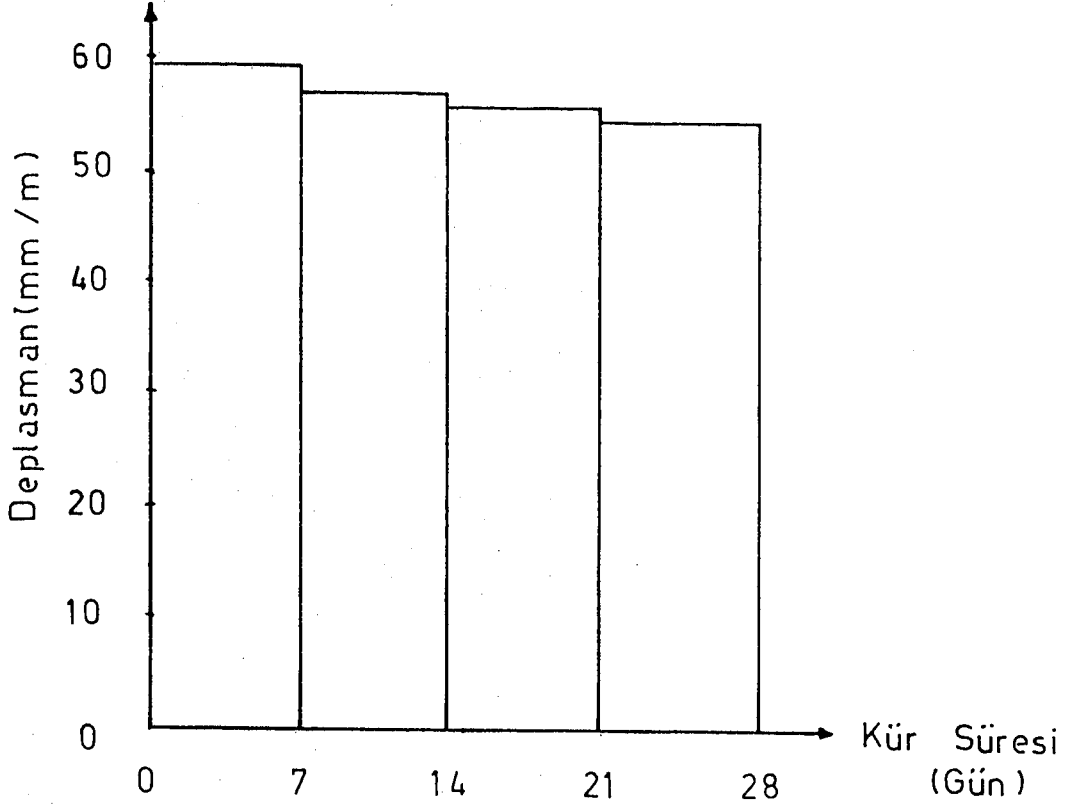
Şekil 9.17. % 40 pülp yoğunluğunda kür süresine göre basınç dirençleri



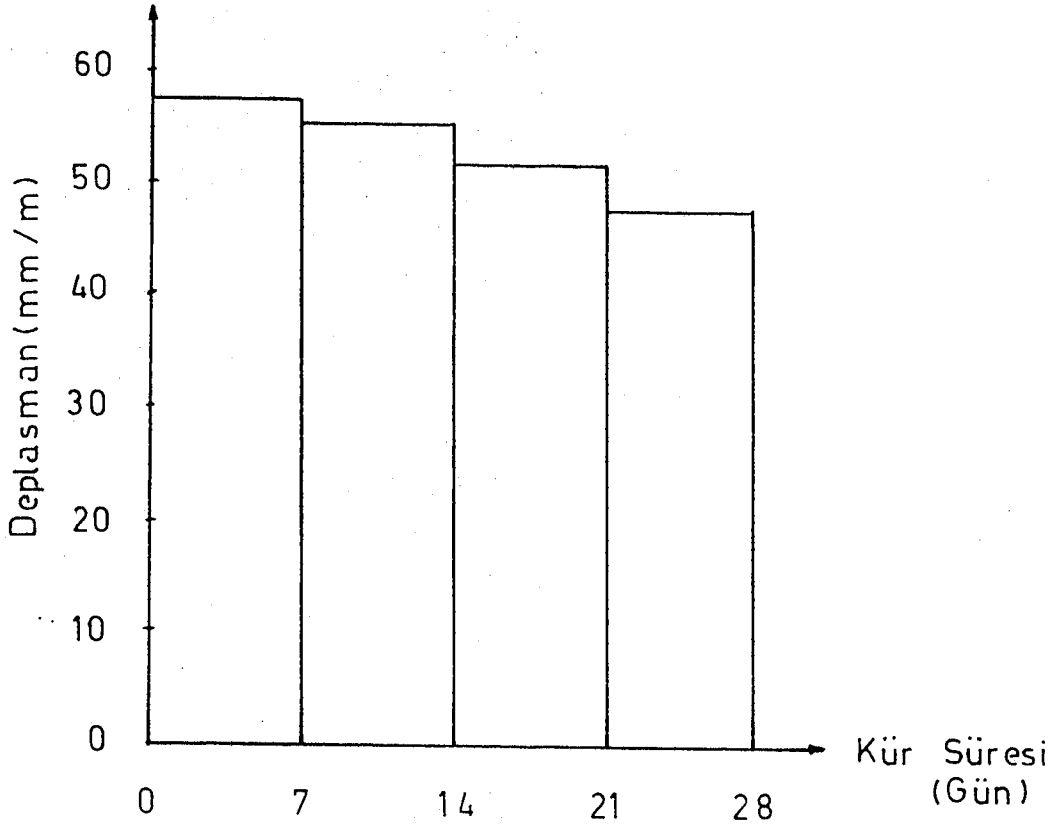
Şekil 9.18. % 50 pülp yoğunluğunda kür süresine göre basınç dirençleri



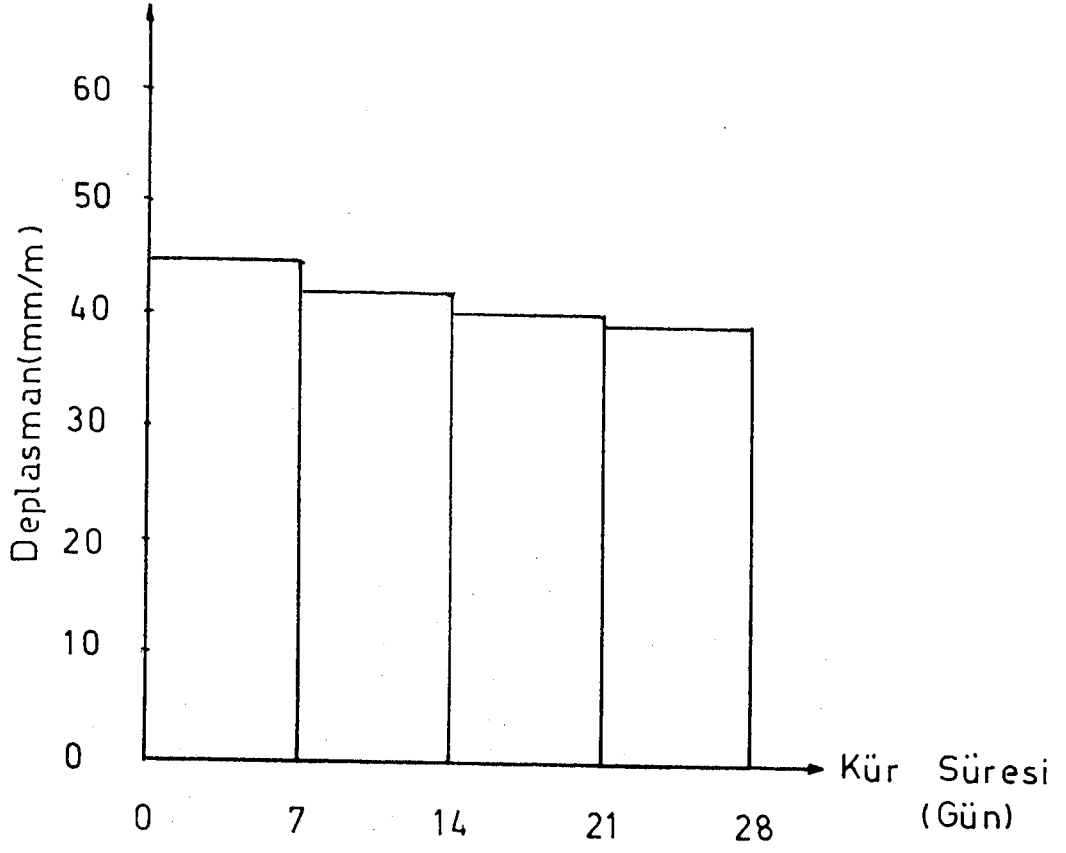
Şekil 9.19. % 40 pülp yoğunluğunda termik külü katkılı numunelerin kür süresine göre basınç dirençleri



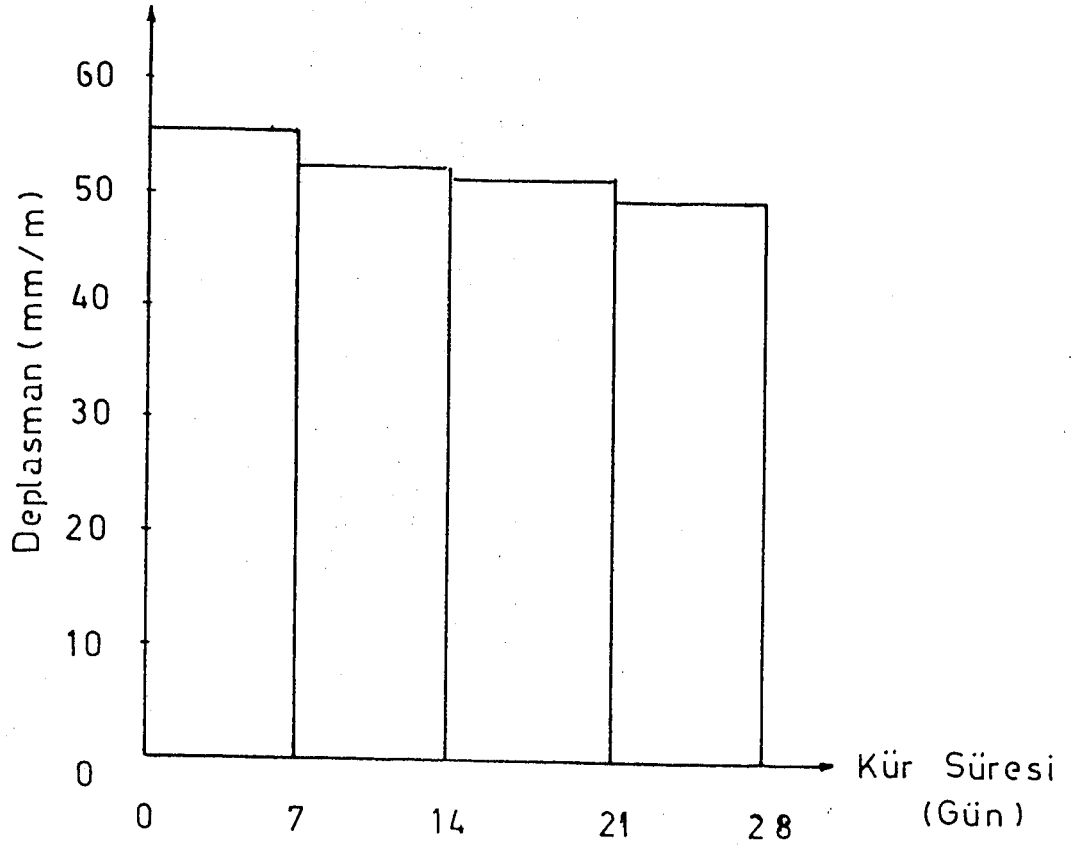
Şekil 9.22. % 50 pülp yoğunluğunda kür süresine göre deplasman değerleri

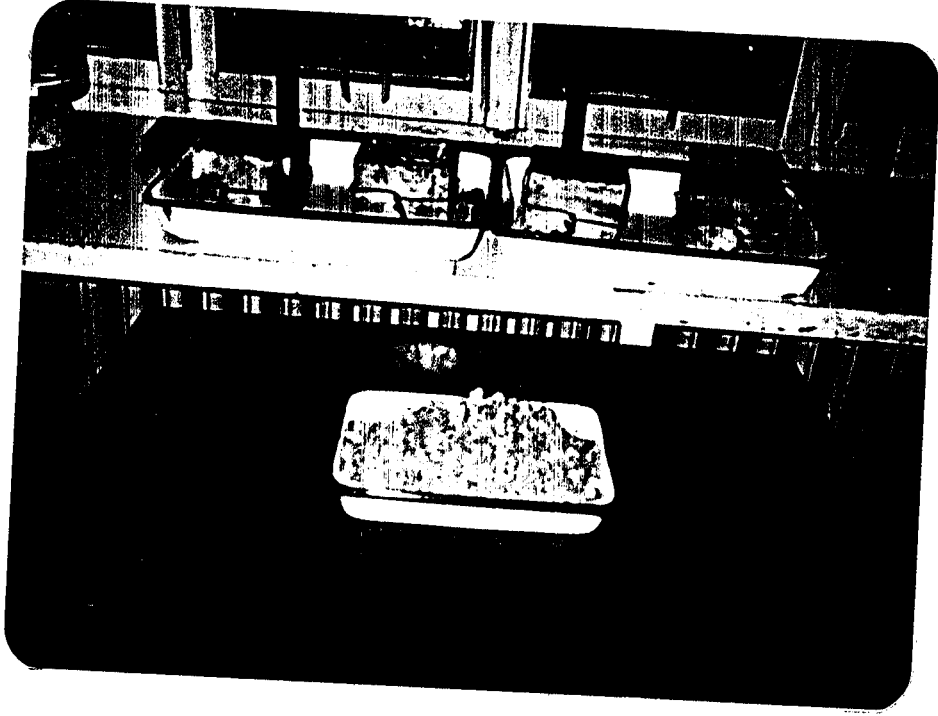


Şekil 9.23. % 40 pülp yoğunluğunda termik külü içeren numunelerin kür süresine göre deplasman değerleri

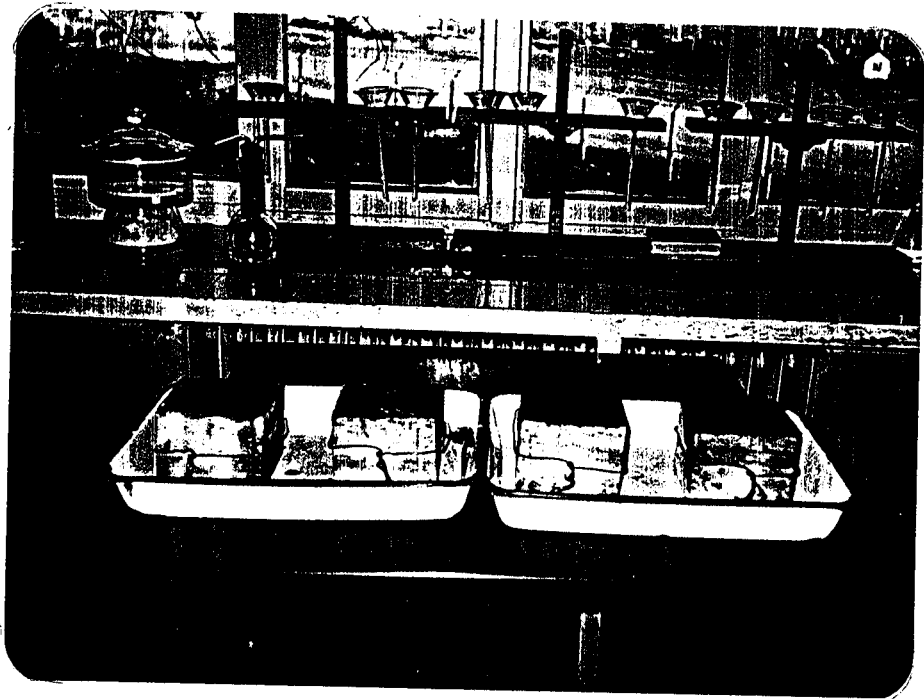


Şekil 9.20. % 30 pülp yoğunluğunda kür süresine göre deplasman değerleri

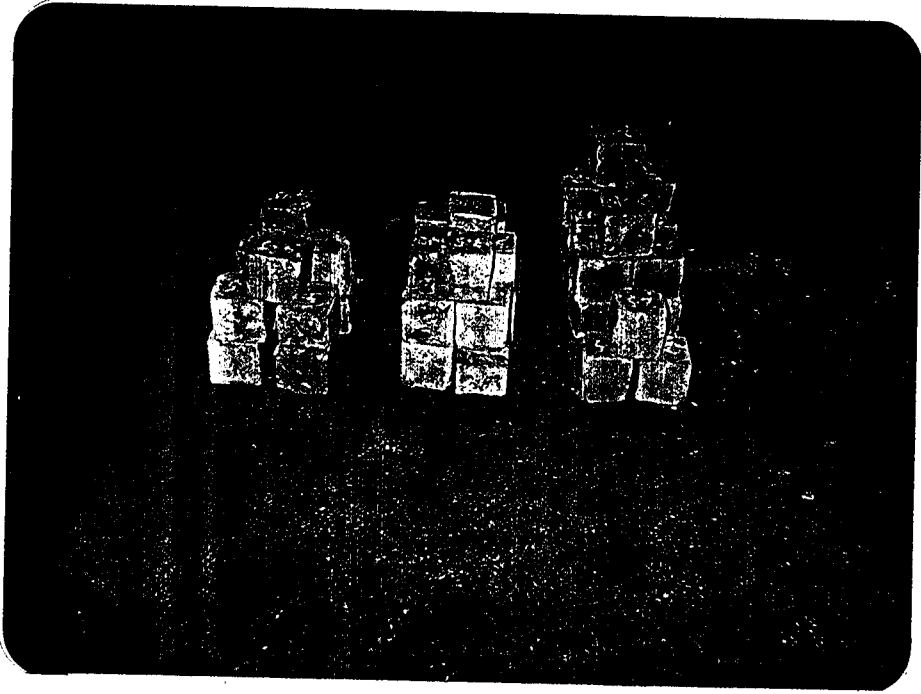




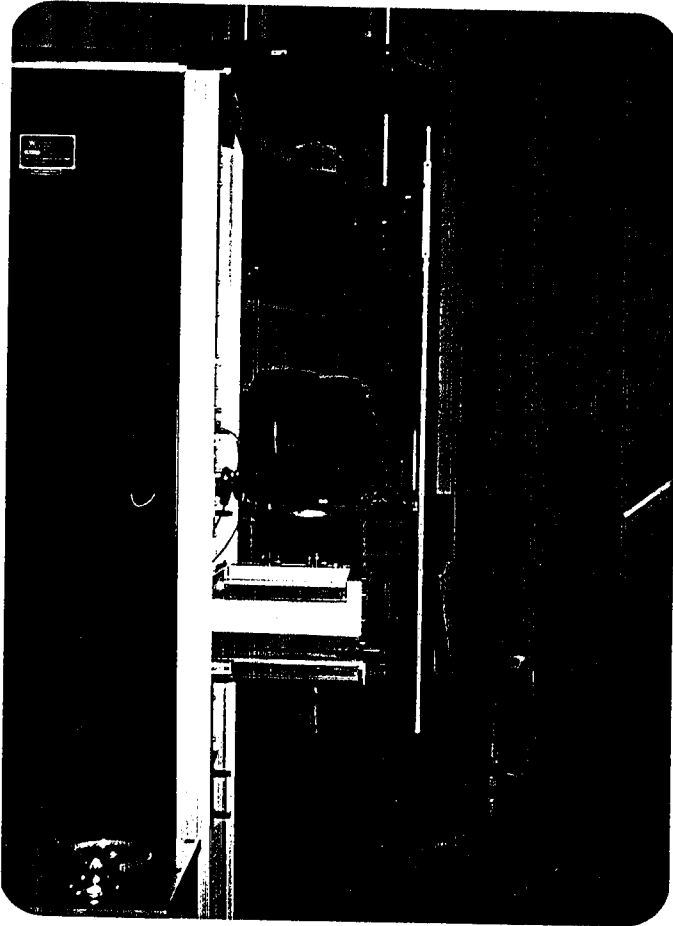
Fotoğraf 1 : -18+0 mm Tunçbilek lavvar artığı şistlerin görünümü



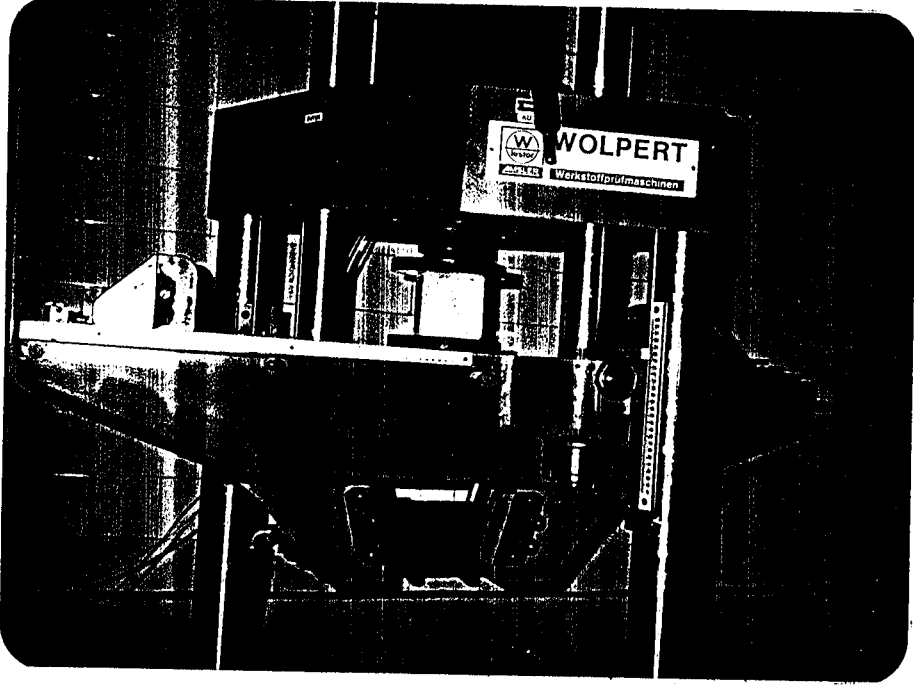
Fotoğraf 2 : Şist ve çimento ile hazırlanan numunelerin kalınlığı



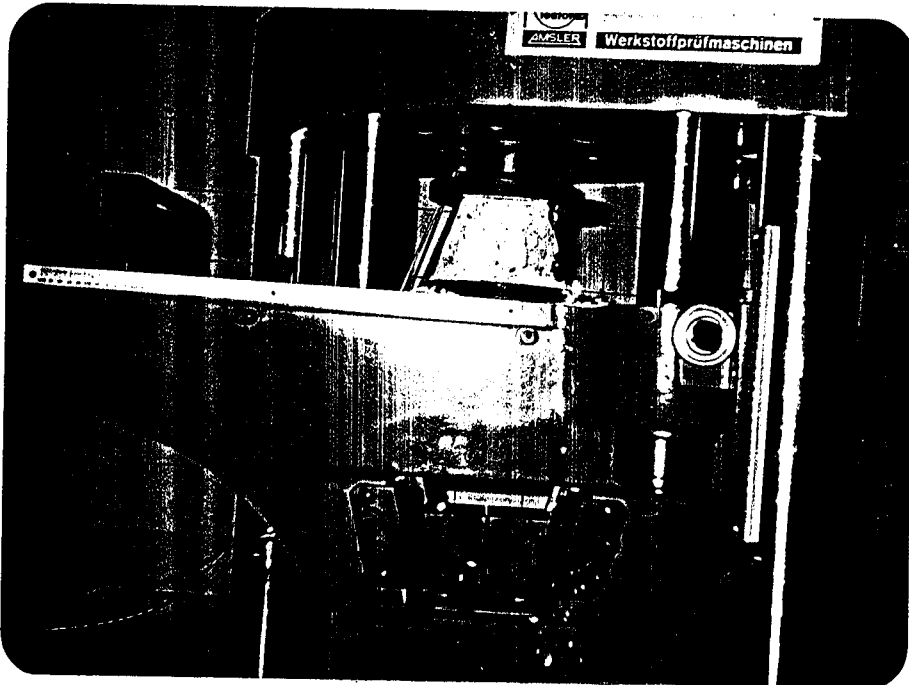
Fotoğraf 3 : Kalıplardan çıkarılan numunelerin toplu halde görünümü



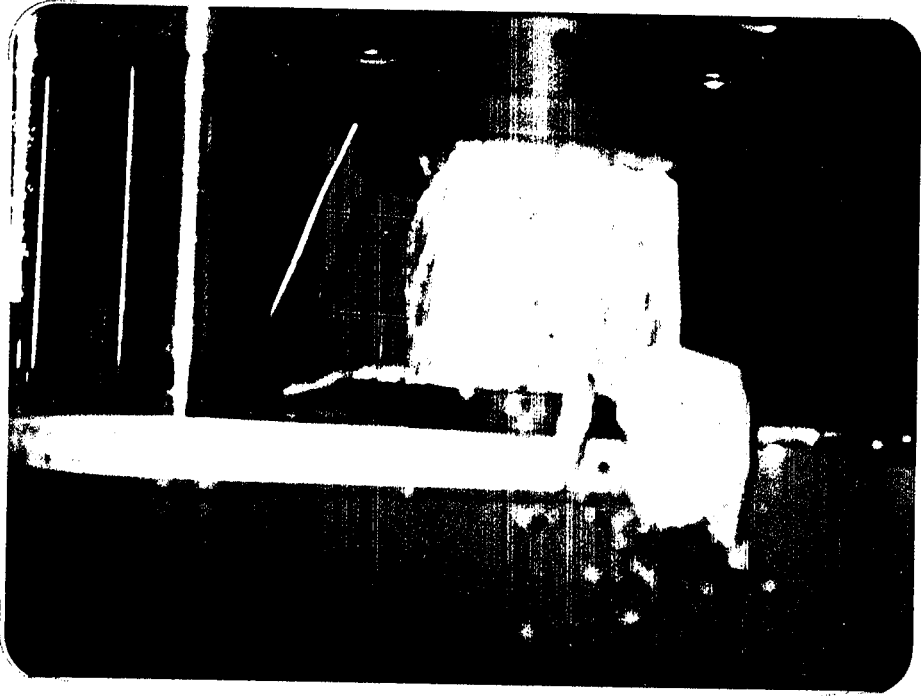
Fotoğraf 4 : Deneylerin yapıldığı 40 ton kapasiteli presin genel görünümü



Fotoğraf 5 : Numunelerin tek eksenli basınç dirençlerini bulabilmek için prese yerleştirilmeleri



Fotoğraf 6 : Numunelerin tek eksenli yük altında gösterdiği davranış



Fotoğraf 7 : Numunenin maximum dayanma sınırından sonraki görünümü

9.7.10. Laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçlar

Sırası ile % 30, % 40, % 50 ve termik külü ihtiva eden % 40 pülp yoğunluğunda hazırlanan numunelerin kür sürelerine göre basınç dayanımları Şekil 9.16, 9.17, 9.18, 9.19 görülmektedir. Bu basınç dayanımlarına göre Ömerler 1-C panoya en uygun dolgu malzemesinin pülp yoğunluğu % 40 olmalıdır. Damar tabandan tavana doğru üç dilim halinde çalışılacağından mekanize ayak ünitelerinin tabana gömülmemesi gerekmektedir. Buna göre bölüm 9.3.4'de yapılan hesaplamalara göre tabana gelen yük $12,3 \text{ kg/cm}^2$ dir. Laboratuvar çalışmalarında % 40 pülp yoğunluğunda 1/20 çimento oranı için basınç dayanımı ortalama $16,54 \text{ kg/cm}^2$ dir. Burada maksimum kür süresi olarak 4 haftalık değer kullanılmıştır. O halde $16,54 \text{ kg/cm}^2$ $12,3 \text{ kg/cm}^2$ olduğu için tahkimat üniteleri tabana gömülmeyecektir. Termik külü ile yapılan deneylerde istenilen direnç değeri elde edilememiştir. Ancak çimento sarfiyatını azaltmak amacıyla belli oranlarda termik külü kullanılabilir. O halde;

Günlük çimento ihtiyacı :

Bölüm 9.7.6'da günde 3146 m^3 dolgu ihtiyacı vardır. Deney numuneleri boyutu $0,001 \text{ m}^3$ dür. % 40 pülp yoğunluğu, 1/20 çimento oranı için çimento miktarı 71 gr dir. Saatlik dolgu miktarı 132 m^3 dür. O halde çimento ihtiyacı $\frac{131 \text{ m}^3/\text{h}}{0,001 \text{ m}^3} \times 71 \times 10^{-5} \text{ ton} = 9,3 \text{ tondur}$. Günde 9 saat yapılacağı için günde 83,7 ton çimentoya ihtiyaç vardır.

Kanaviçeden süzülen su miktarı :

$0,001 \text{ m}^3$ numune kalıbından % 40 pülp yoğunluğunda 1/20 çimento oranı için süzülen sıvı miktarı 1780 cm^3 dür. O halde saatlik süzülen su miktarı $\frac{131 \text{ m}^3/\text{h}}{0,001 \text{ m}^3} \times 0,00178 \text{ m}^3 = 222,7 \text{ m}^3/\text{h}$ dir. Vardiyada 3 saat dolgu yapıldığına göre vardiyada süzülen su miktarı $668 \text{ m}^3/\text{h}$ dir. Yer altında havuzlarda toplanan bu suyu yeryüzüne pompalamak için 4 adet 200 t/h kapasiteli santrafuj tulumba gereklidir.

9.7.11. Nakliyat

Ömerler yeraltı ocağında kesiksiz çalışan üniteler, çift zincirli konveyör ve bantlı konveyörlerin kullanılması kabul edilmiştir.

9.7.11.1. Ayak içi nakliyatı

Ayaklarda üretim nakliyatı, çift zincirli konveyörlerle yapılacaktır.

Günlük üretim	: 4968 t/gün
Vardiya düzeni	: 3 vardiya ayna kesimi
Çalışılan ayak sayısı	: 6
Vardiya nakliyat süresi	: (max) 2 saat
Konveyör kapasitesi	: Q ton/saat
Bir ayaktan alınacak üretim	: $\frac{4968}{6} = 828 \text{ ton} = 900 \text{ ton kabul edildi.}$

Bir ayakta her vardiya alınacak üretim : 300 ton/vardiya

Vardiyada fiili nakliyat 2 saat olduğuna göre;

$$Q = \frac{300}{2} = 150 \text{ ton/saat}$$

Ayak içi nakliyatını 150 ton/saat kapasiteli çift zincirli konveyörle yapmak uygundur.

Çift zincirli konveyörün motor gücü hesabı :

Zincirli konveyörlerde meydana gelen maximum gerilme : P_{\max}

$$P_{\max} = 2 q_1 \cdot M_1 \cdot L + q_2 \cdot M_2 \cdot L \text{ (kg)} \quad (9.58)$$

q_1 = Konveyörün hareketli 1 metresinin ağırlığı (Zincir + palet)
(18,6 kg/m alındı)

q_2 = Taşınacak malzemenin 1 metresinin ağırlığı (kg/m)

M_1 = Zincirle çelik profil arasındaki sürtünme katsayısı (0,38 alındı)

M_2 = Taşınan malzeme ile çelik arasındaki sürtünme katsayısı (0,38 ")

L = Zincirli konveyörün boyu (maximum ayak boyu 120 m alındı)

V = Konveyörün hızı (0,64 m/sn alındı)

Taşınan malzemenin 1 metresinin ağırlığı (q_2) :

$$q_2 = \frac{Q}{V} \frac{\text{ton/h}}{\text{m/sn}} \times \frac{1000}{3600} \times \frac{\text{kg/t}}{\text{sn/h}} \quad (9.59)$$

$$q_2 = \frac{150}{0,64} \times \frac{1000}{3600} = 65,1 \text{ kg/m}$$

Buna göre;

$$P_{\text{max}} = 2 \times 18,6 \text{ kg/m} \times 0,38 \times 120 + 65,1 \text{ kg/m} \times 0,55 \times 120$$

$$P_{\text{max}} = 6000 \text{ kg}$$

Motor gücü :

$$N = \frac{P_{\text{max}} \cdot V}{102 \cdot \eta} \quad (\text{kw}) \quad (9.60)$$

V = Konveyör hızı (0,64 m/sn)

η = Randıman (0,7 alındı)

$$N = \frac{6000 \cdot 0,64}{102 \cdot 0,7} = 53,71 \text{ kw}$$

N = 55 kw motor kullanılmalıdır.

Ayaklarda kullanılan çift zincirli konveyörün karakteristiği:

Kapasite : 150 t/h

Hız : 0,64 m/sn

Konveyör uzunluğu : 120 m

Zincir + palet ağırlığı: 18,6 kg/m

Oluğun uzunluğu : 1500 mm

Zincir bakla çapı : 18 mm

9.7.11.2. Sabit yolların nakliyatı

Sistem olarak ayaklardan alınan kömür, tavan ve orta ayaklarda 1 ünite (75 m) çift zincirli konveyörle ve 1 ünite 150,76 m (30") lik bantlı konveyörlerle toplam 230 m ilerdeki büre dökülerek;

Taban ayaklarda;

Taban ayaklardan alınan kömür yine 1 ünite çift zincirli konveyör ve 1 ünite 30" lik bantlı konveyörle 230 m ilerdeki 36"lik bantlı konveyöre aktarılacaktır.

Üretim, tavan orta ve taban ayaklarda olduğundan, her katta iki ayağın üretimini iletecek toplayıcı konveyör kullanılacaktır. Bir katta ayaklardan gelen kömür, orta yolda 75 m ünite uzunluğu olan çift zincirli konveyörlerle nakledilecektir.

Konveyör yatay çalışmaktadır. Her iki ayağın üretimini taşıdığı için kapasite $Q = 150 + 150 = 300$ t/h olarak alınmıştır. Konveyöre ait diğer veriler önceki hesaplamalardakilerin aynısıdır.

$$q_2 = \frac{300 \text{ t/h}}{0,64 \text{ m/sn}} \times \frac{1000 \text{ kg/t}}{3600 \text{ sn/h}}$$

$$q_2 = 130,2 \text{ kg/m}$$

$$P_{\max} = 2 \times 18,6 \text{ kg/m} \times 0,38 \times 75 \text{ m} + 130,2 \text{ kg/m} \times 0,55 \times 75 \text{ m}$$

$$P_{\max} = 6500 \text{ kg}$$

$$N = \frac{6500 \times 0,64}{102 \times 0,7} = 58,3 \text{ kw}$$

$N = 60$ kw motor kullanılmalıdır.

Sabitlerden gelen kömür, pano içinde 230 m de bir açılan istihsal bürleriyle tabanda taplanarak ana nakliye bandına verilecektir.

Çift zincirli konveyörler önünde kömürü taşıyacak 76 cm (30") lik bandların hesaplamaları :

Band konveyör ünitesi boyu	: 150 m
Kullanılacak band eni	: 76 cm
Meyil	: Yok
Band kapasitesi	: 300 t/h
Band hızı	: V (m/sn)

F : Taşıma kesit alanı (m²)

B : Band genişliği (m)

F : 0,122 (0,9 B - 0,05)²

F : 0,122 (0,9 x 0,762 m - 0,05)²

F : 0,049 m²

Q : 3600 (F x V) x (9.61)

Q : Band kapasitesi (300 t/h)

ρ : Taşınacak malzemenin gevşek halde spesifik ağırlığı
(ρ = 0,9 t/m³)

V = Band hızı (m/sn)

300 t/h = 3600 (0,049 m² x V) x 0,9 t/m³

V = 1,9 m/sn

Motor gücü = (B.G veya kw)

NE = N₁ + N₂ + N₃ BG veya kw (9.62)

N₁ = Yatay durumda boş bandın hareketi için gerekli güç

N₂ = Band üzerindeki malzemeyi nakletmek için gerekli güç

N₃ = Nakliyatın eğimli olması halinde kot farkının gerektirdiği güç

N₁ gücü

N₁ = q x L¹ x M x $\frac{V}{75}$ BG (9.63)

q = Band tesisinin 1 m'sinin ağırlığı (kg/m)

L^1 = İzafi uzunluk $L^1 = L + 40 = 150 + 40 = 190$ m

M = Sürtünme katsayısı (0,035)

V = Band hızı

$$q = q_k + q_d^1 + q_d^2 \quad (\text{kg/m}) \quad (9.64)$$

q_k = Kayışın yürüyen her metre ağırlığı (kg/m) (30" lik band için 12 kg/m)

q_d^1 = Oluklu avara takımı için her metre ağırlığı (14 kg/m)

q_d^2 = Düz avara takımı için her metre ağırlığı (8 kg/m)

$$q = 12 + 14 + 8 = 34 \text{ kg/m}$$

$$N_1 = 34 \text{ (kg/m)} \times 190 \text{ (m)} \times 0,035 \times \frac{2 \text{ (m/sn)}}{75} = 6,2 \text{ BG}$$

$$N_1 = 7 \text{ BG}$$

$$N_2 = \frac{q \times C^1 \times M}{270} \text{ BG} \quad (9.65)$$

$$N_2 = \frac{300 \text{ (t/h)} \times 190 \text{ m} \times 0,035}{270} = 7,4$$

$$N_2 = 8 \text{ BG}$$

N_3 = Band konveyör yatay çalıştığı için sıfır olur.

$$N_t = 7 + 8 = 15 \text{ BG}$$

$$N_m = \frac{1,20 \cdot N_t}{\eta} \quad (9.66)$$

$$\eta = \text{Randıman} = 0,8$$

$$N_m = \frac{1,20 \times 15}{0,8} = 22,5 \quad N_m = 25 \text{ BG} = 19 \text{ kws}$$

Tavan, taban ve orta ayaklarda zincirli konveyörün önünde 150 m uzunluğundaki band ünitesi için motor gücü 25 BG ya da 19 kws olarak alınacaktır.

Kotlarda kullanılacak bandın teknik karakteristikleri :

Kapasite	: 300 t/h
Band hızı	: 1,9 m/sn
Band genişliği	: 76 cm (30")
Üst kaplama kalınlığı	: 5 mm
Alt kaplama kalınlığı	: 3 mm
Band malzemesi	: Naylon
Kauçuk mukavemeti	: 240 kg/cm ²
Koruyucu kot bazı	: Kanaviçe dokuma
Konsol uzunluğu	: 2750 mm
Taşıyıcı rulo arası mesafe	: 1000 mm
Dönüş rulo arası mesafe	: 2000 mm

Taban yolunun uzunluğu 700 m dir. Bu yolun 75 m'lik kısmına çift zincirli konveyör, ilk 150 m'lik kısmı ise 30" lik bandlı konveyör ve son 470 m'ye ise iki adet 92 cm lik bandlı konveyör tesis edilecektir.

Seçilen bandın karakteristiği:

Kapasite	: 450 t/h
Band hızı	: 1,7 m/sn
Band genişliği	: 92 cm (36")

Motor gücü:

$$N_1 = q \cdot L^1 \cdot M \cdot \frac{V}{102} \quad (\text{kw}) \quad (9.67)$$

$$N_1 = 60 \times 270 \times 0,035 \cdot \frac{1,7}{102}$$

$$N_1 = 9,5 \quad \text{kw}$$

$$N_2 = \frac{450 \times 270 \times 0,035}{270}$$

$$N_2 = 15,75 \text{ BG} = 21,42 \quad \text{kw}$$

Toplam güç :

$$N_t = 9,5 + 21,42 = 31 \text{ kw}$$

Motor gücü :

$$H_m = \frac{1.20 \times 31}{0,8} = 46,5 \text{ kw}$$

Hesaplanan 46,5 kw göre en yakın 50 kw gücünde motor seçilmiştir.

9.7.11.3. Ana nakliyat bürleri

Tavan ve orta ayakların üretimi, sabit yolunda her 230 m'de bir açılacak bürlere verilecektir. Açılacak bürler ağaç tahkimatlarla tahkim edilecektir. Bu bürler 1,5 x 1,5 m² kesitli olup eğimi 35° olacaktır (Şekil 9.214).

9.7.11.4. Pano nakliye bandı

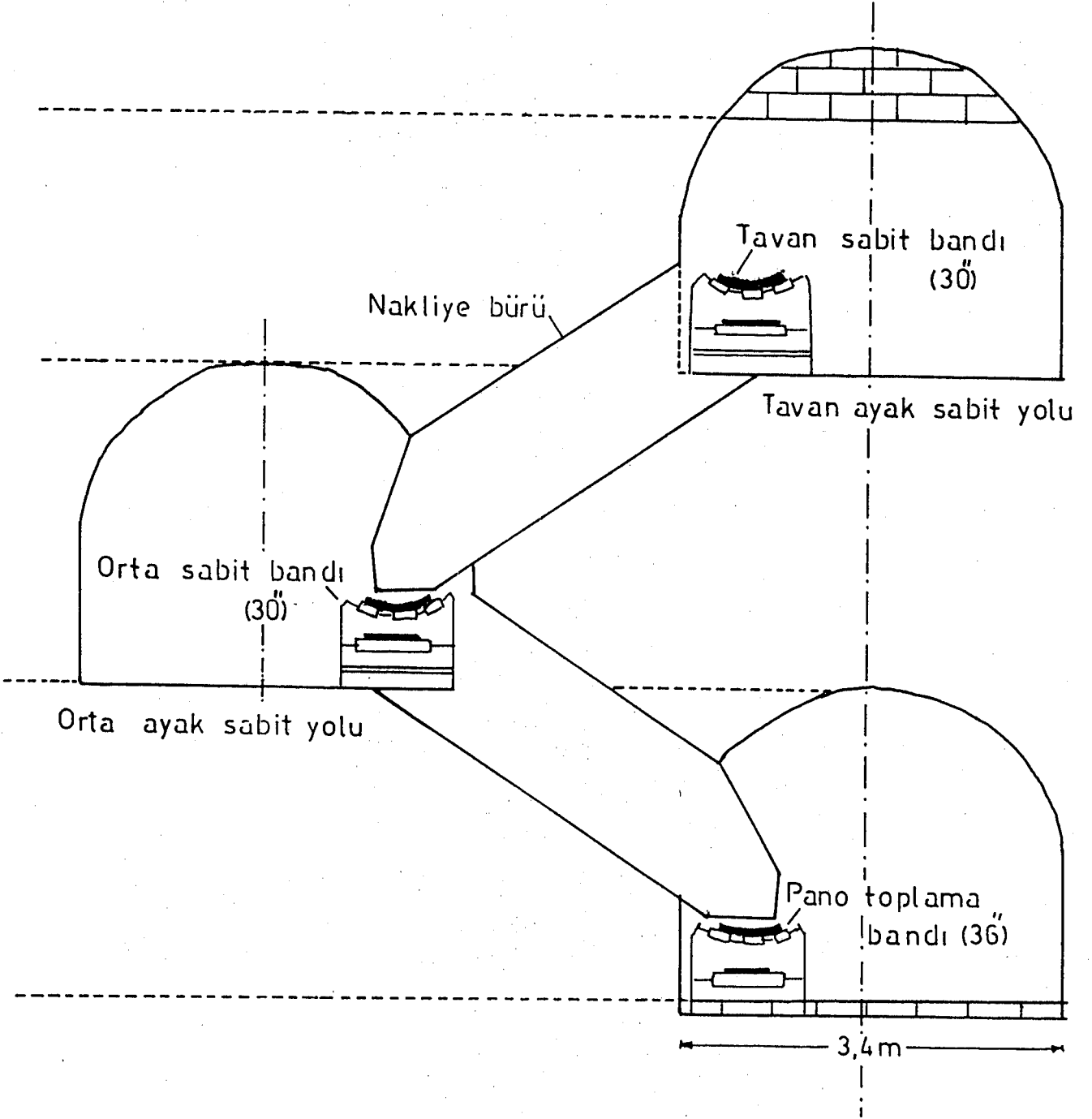
Ana nakliye bandı 140 m boyunda olup, pano içindeki 36" lik bandın kömürünü ana ihraç bandına nakledilecektir. Band eğimi olmadığından ve 450 t/h kapasiteli olduğundan daha önce 36" lik bandlı konveyör için yapılan hesaplamalar pano nakliye bandı için geçerlidir.

Pano nakliye bandının teknik karakteristikleri:

Kapasite	: 450 t/h
Hız	: 1,7 m/sn
Çalışma meyili	: Yok

Lastik bandın karakteristiği :

Genişlik	: 920 mm
Kalınlık	: 17 mm
Kat adedi	: 5 kat
Doku malzemesi	: Naylon
Koruyucu kat bezi	: Kanaviçe dokuma



Şekil 9.24. Pano içi nakliye bürleri

Üst kaplama kalınlığı	: 5 mm
Alt kaplama kalınlığı	: 2 mm
Kenar kauçuk kalınlığı	: 5 mm
Kauçuk mukavemeti	: 240 kg/cm ²
Kıpmada asgari uzama	: % 450
Kauçuk sertliği	: 65 - 70 shore
Tabii kauçuk miktarı	: % 55

- Kat bezi

Kat bezi ağırlığı	: 1050 gr/m ²
Boyuna çekme mukavemeti	: 50 gr/cm/kat
Enine çekme mukavemeti	: 25 gr/cm/kat

- Band şasesi

Konsol uzunluğu	: 2750 mm
Rulo çapı	: 108 mm
Rulo uzunluğu	: 320 mm
Rulo eğimi	: 20°
- Elektrik motoru	: 50 kw

9.7.11.5. Havalandırma

Ocak havalandırmasında üfleyici sistem tercih edilmiştir. Ömerler 1-C panosunda 33° meyilli 3300 nolu galeriden giren hava - 867,74 kotundan(250) iki ayrı meyilde ana nakliye galerisinde (280 m) buradan 3° meyille pano kuyruk yoluna geçecektir. Pano kuyruğunda üçe ayrılmış şekilde ayaklara gönderilecek hava, ayağı gezerek 797,000 kotundan malzeme yolu ile + 817 / + 879 galeri ağzından dışarıya verilecektir.

Çeşitli yük kayıpları için eşdeğer uzunluklar :

<u>Yer</u>	<u>Eşdeğer Uzunluk (m)</u>
- Dik köşeli dönüşler için	23,50
- Ani genişleme için	6,70
- Ani daralma için	3,30
-Küt köşeli dönüş için	5,00
- Galeri içindeki nakliyat türü (alanın % 20 sini kaplıyor)	33,00
-Dik yollarda birleşme (90°) lik veya doğru yollarda ayrılma	10,00
- Doğru yollarda birleşme	20,00
- Krossing veya ocak çıkışı	21,70
- Keskin meyilli dönüş	50,00

Ömerler 1-C panosuna göre düzenlenmiş havalandırma şematik diyagramına (Şekil 9.25 bağlı olarak sürtünme katsayısı Tablo 9.17'de verilmiştir. Bu verilere göre direnci :

$$R = \frac{\alpha \times (L + L^1) \times C}{A^3} \times 10^3 \quad (\text{murge}) \quad (9.68)$$

R = Hava yolu direnci (Murge)

α = Sürtünme katsayısı (kg/m³)

L = Galeri uzunluğu (m)

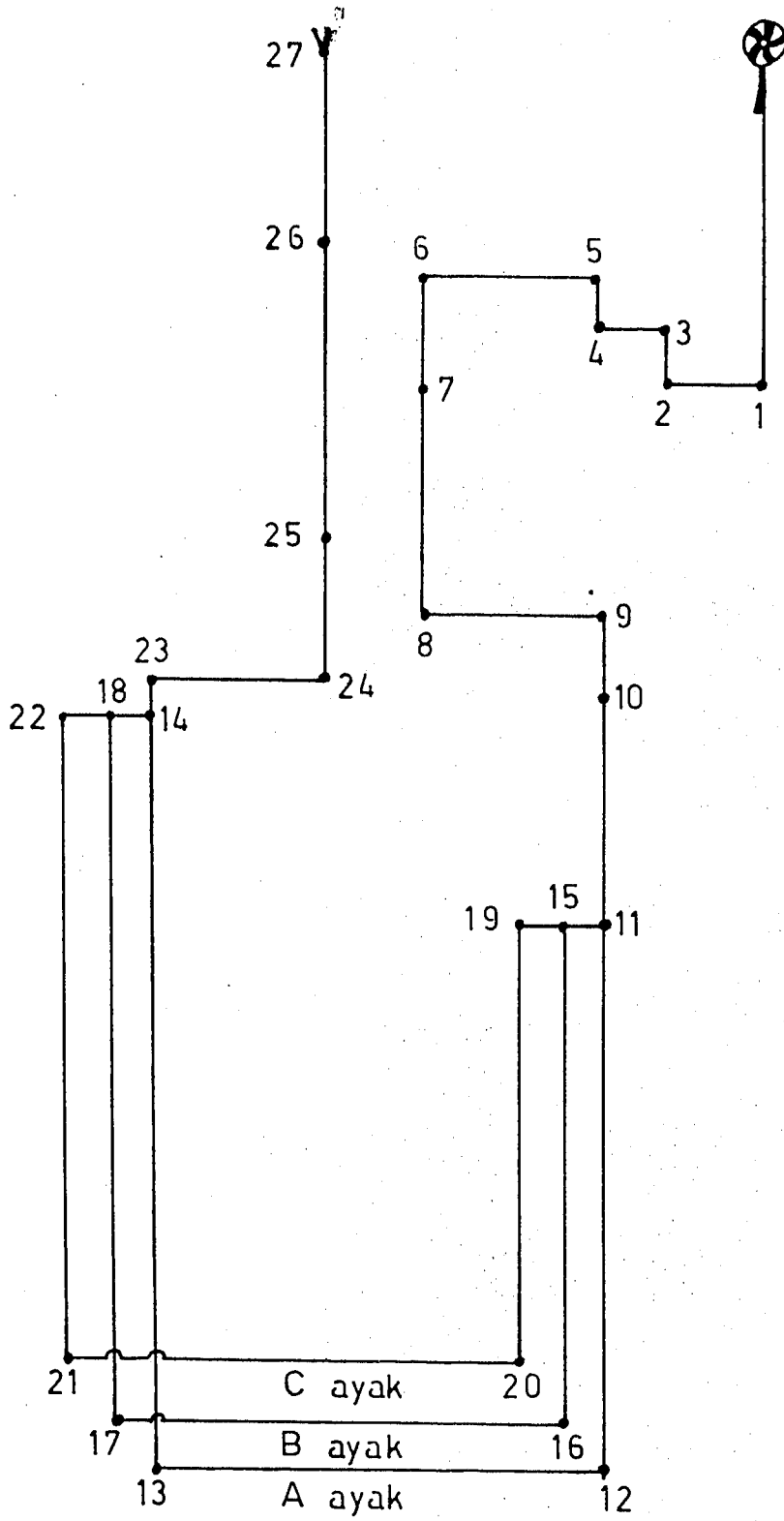
L¹ = Eşdeğer uzunluk (m)

C = Çevre uzunluğu (m)

A = Alan (m²)

Havalandırma direnç hesabı :

$$R_{0-1} = 0,0015 \frac{(136 + 23,5) \times 9,3}{(5,3)^3} \times 10^3 = 14,95 \quad \text{Murge}$$



Şekil 9.25. Havalandırma akım şeması

Kol No.	Kesit (m ²)	Çevre (m)	Uzunluk (m)	Tahkimat cinsi	Özellik	Sürtünme Katsavı.()
0-1	5.3	9.3	136	(2.90) Demirbağ	33° Nefeslik yolu	0.0015
1-2	6.94	10.9	34	(3.40) "	15° Hava yolu	0.0012
2-3	6.94	10.9	18	(3.40) "	Malzeme yolu	0.0012
3-4	6.94	10.9	16	(3.40) "	" "	0.0012
4-5	6.94	10.9	20	(3.40) "	" "	0.0012
5-6	6.94	10.9	150	(3.40) "	13° lik vinç des.	0.0012
6-7	6.94	10.9	30	(3.40) "	Malzeme yolu	0.0012
7-8	6.94	10.9	282	(3.40) "	3° lik band+malze me yolu	0.0012
3-9	6.94	10.9	30	(3.40) "	5° lik malzeme yolu	0.0012
9-10	6.94	10.9	60	(3.40) "	9° lik " "	0.0012
10-11	6.94	10.9	230	(3.40) "	Kuyruk yolu	0.0015
11-12	6.94	10.9	440	(3.40) "	" "	0.0015
12-13	8.00	12.0	240	Yürüyen tahkimat kesici-yükl.	Ayak içi	0.0067
13-14	6.94	10.9	700	(3.40) Demirbağ	Kuyruk yolu	0.0015
11-15	6.25	10.0	2.0	(2.50) Ağaç tahkimat	Kelebe	0.0044
15-16	6.94	10.9	390.0	(3.40) Demirbağ	Kuyruk yolu	0.0015
16-17	8.00	12.0	240.0	Yürüyen tahkimat kesici- yük.	Ayak içi	0.0067
17-18	6.94	10.9	670.0	(3.40) Demir bağ	Kuyruk yolu	0.0015
18-14	6.25	10.0	2.0	(2.50) Ağaç tahkimat	Kelebe	0.0044
11-19	6.25	10.0	4.0	(2.50) " "	"	0.0044
19-20	6.94	10.9	350.0	(3.40) Demir bağ	Kuyruk yolu	0.0015
20-21	8.00	12.0	240.0	Yürüyen tahkimat kesici-yükl.	Ayak içi	0.0067
21-22	6.94	10.9	640.0	(3.40) Demir bağ	Kuyruk yolu	0.0015
22-14	6.25	10.0	4.0	(2.50) Ağaç tahkimat	Kelebe	0.0044
14-23	6.94	10.9	35	(3.40) Demir bağ	Kuyruk yolu	0.0015
23-24	6.94	10.9	260	(3.40) " "	5° lik baş yukarı band yolu	0.0012
24-25	6.94	10.9	170	(3.40) Demir bağ	3° malzeme yolu	0.0012
25-26	6.94	10.9	520	(3.40) " "	Malzeme yolu	0.0012
26-27	6.94	10.9	220	(3.40) " "	13- Malzeme vinci	0.0012

Tablo 9.17. Havalandırma Akım Şeması Tablosu

$$R_{1-2} = 0,0012 \frac{(34 + 3,3 + 6,7 + 5) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 1,92 \text{ Murge}$$

$$R_{2-3} = 0,0012 \frac{(18 + 5 + 3,3 + 5) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 1,23 \text{ Murge}$$

$$R_{3-4} = 0,0012 \frac{(16 + 5 + 5 + 10) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 1,41 \text{ Murge}$$

$$R_{4-5} = 0,0012 \frac{(20 + 50 + 10 + 5) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 3,33 \text{ Murge}$$

$$R_{5-6} = 0,0012 \frac{(70 + 5 + 5) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 3,20 \text{ Murge}$$

$$R_{6-7} = 0,0012 \frac{(30 + 5 + 5 + 33) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 2,86 \text{ Murge}$$

$$R_{7-8} = 0,0012 \frac{(282 + 33 + 5 + 10) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 12,92 \text{ Murge}$$

$$R_{8-9} = 0,0012 \frac{(30 + 10 + 23,5) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 2,50 \text{ Murge}$$

$$R_{9-10} = 0,0012 \frac{(60 + 10 + 33 + 20) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 4,82 \text{ Murge}$$

$$R_{10-11} = 0,0015 \frac{(230 + 20 + 50 + 33) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 16,29 \text{ Murge}$$

$$R_{11-12} = 0,0015 \frac{(440 + 10 + 23,5 + 33) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 24,78 \text{ Murge}$$

$$R_{12-13} = 0,0067 \frac{(240 + 23 + 23) \times 12}{(80)^3} \times 10^3 = 44,91 \text{ Murge}$$

$$R_{13-14} = 0,0015 \frac{(700 + 10 + 23,5 + 33) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 37,49 \text{ Murge}$$

$$R_{11-15} = 0,0044 \frac{(2 + 50 + 50) \times 10}{(6,25)^3} \times 10^3 = 18,39 \text{ Murge}$$

$$R_{15-16} = 0,0015 \frac{(390 + 10 + 23,5 + 33) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 22,33 \text{ Murge}$$

$$R_{16-17} = 0,0067 \frac{(240 + 23 + 23) \times 12}{(8,0)^3} \times 10^3 = 44,91 \text{ Murge}$$

$$R_{17-18} = 0,0015 \frac{(670 + 10 + 23,5 + 33) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 36,10 \text{ Murge}$$

$$R_{18-14} = 0,0044 \frac{(2 + 50 + 50 + 10) \times 10}{(6,25)^3} \times 10^3 = 20,2 \text{ Murge}$$

$$R_{11-19} = 0,0044 \frac{(4 + 50 + 50 + 10 + 6,7) \times 10}{(6,25)^3} \times 10^3 = 21,76 \text{ Murge}$$

$$R_{19-20} = 0,0015 \frac{(350 + 10 + 23,5 + 33) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 20,35 \text{ Murge}$$

$$R_{20-21} = 0,0067 \frac{(240+23+23) \times 12}{(8,0)^3} \times 10^3 = 44,91 \text{ Murge}$$

$$R_{21-22} = 0,0015 \frac{(640 + 10 + 23,5 + 33) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 34,56 \text{ Murge}$$

$$R_{22-14} = 0,0044 \frac{(4 + 50+50+10+6,7) \times 10}{(6,25)^3} \times 10^3 = 21,76 \text{ Murge}$$

$$R_{14-23} = 0,0015 \frac{(35 + 50 + 6,7 + 33) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 6,10 \text{ Murge}$$

$$R_{23-24} = 0,0012 \frac{(260 + 20 + 6,7 + 33) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 12,51 \text{ Murge}$$

$$R_{24-25} = 0,0012 \frac{(170 + 23,5 + 33 + 20) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 9,64 \text{ Murge}$$

$$R_{25-26} = 0,0012 \frac{(520 + 33 + 10) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 22,3 \text{ Murge}$$

$$R_{26-27} = 0,0012 \frac{(220 + 33 + 21,7) \times 10,9}{(6,94)^3} \times 10^3 = 10,75 \text{ Murge}$$

$$R_{0-11} = 65,43 \text{ Murge}$$

$$R_A = 107,18 \text{ Murge}$$

$$R_B = 141,93 \text{ Murge}$$

$$R_C = 143,34 \text{ Murge}$$

$$\frac{1}{\sqrt{R_{11-14}}} = \frac{1}{\sqrt{R_A}} + \frac{1}{\sqrt{R_B}} + \frac{1}{\sqrt{R_C}} \quad (9.69)$$

$$R_{11-14} = 14,52 \text{ Murge}$$

$$R_{14-27} = 61,11 \text{ Murge}$$

Toplam direnç

$$R = 65,43 + 14,52 + 61,11 = 141,06 \text{ Murge}$$

$R = 0,15$ kilo Murge olarak alabiliriz.

9.7.11.6. Hava miktarı hesabı

a) İşçi sayısına göre:

1 vardiyada ocaktaki toplam işçi sayısı = 213 işçi/vardiya

1 işçi için gerekli hava miktarı = $6 \text{ m}^3/\text{dak}$

$$Q_i = 1278 \text{ m}^3/\text{dak} = 22 \text{ m}^3/\text{sn}$$

b) Patlayıcı madde tüketimine göre:

M = Bir defada kullanılan patlayıcı madde miktarı = $0,0025 \text{ kg/m}^3$

Günlük kömür üretimi = 4968 ton/gün

$$M = \frac{4968 \text{ ton}}{1,5 \text{ ton/m}^3} \times 0,0025 \text{ kg/m}^3 = 9 \text{ kg}$$

$$Q_p = \frac{M \times 0,040}{t} \times \frac{100 \text{ m}^3/\text{dak}}{0,008} \quad (9.70)$$

$$Q_p = \frac{9 \times 0,04}{30 \text{ dk}} \times \frac{100}{0,008} = 150 \text{ m}^3/\text{dak} = 2,5 \text{ m}^3/\text{sn}$$

c) Toz oluşumuna göre:

$$Q_{\text{toz}} = \frac{A}{N_d - N_g} \quad (\text{m}^3/\text{sn}) \quad (9.71)$$

A = Protodyakonov sertlik sayısına "f" bağlı ampirik sayı

$$f = T_b/100 \quad 600/100 = 6 \text{ bulunur.}$$

f = 6 değeri için A = 500 değerini alır.

$N_d = 400$, $N_g = 100$ tane / cm^3 alınabilir.

$$Q_{\text{toz}} = \frac{500}{400-100} = 1,7 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Her ayak için döküşler olduğuna göre,

$$3 \times 1,7 \text{ m}^3/\text{sn} = 5,1 \text{ m}^3/\text{sn}$$

d) Üretime göre hava miktarı:

$$Q_u = q \cdot T \quad (\text{m}^3/\text{dak}) \quad (9.72)$$

$$q = 1 \text{ ton kömür için standart hava miktarı } (\text{m}^3/\text{dak}) = 1,0 \text{ m}^3/\text{dak}$$

$$T = \text{Günlük üretim (ton)} = 4968 \text{ ton}$$

$$Q_u = 4968 \text{ ton} \times 1,0 \text{ m}^3/\text{dak} = 82 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$Q = 28 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Vantilatör gücü hesabı :

$$P = \text{Basınç düşüşü (mm ss)}$$

$$R = \text{Ocağın toplam direnci (0,15 kilo murge)}$$

$$Q = \text{Debi (32 m}^3/\text{sn) (Tunçbilek bölgesinde kullanılan vantilatör debisi)}$$

$$P = R Q^2$$

$$P = 0,15 \times (32)^2$$

$$P = 154 \text{ mm ss}$$

Vantilatör motor gücü:

$$G = \frac{P \times Q}{102 \times \eta} \quad (\text{kw}) \quad (9.73)$$

$$G = \text{Motor gücü (kw)}$$

$$P = \text{Basınç düşüşü (mm ss)}$$

$$Q = \text{Debi (m}^3/\text{sn)}$$

$$\eta = \text{Randıman (\%90 alındı)}$$

$$G = \frac{154 \times 32}{102 \times 0,9} = 53,7 \text{ kw} \quad G = 55 \text{ kw motor gücü seçilmiştir.}$$

Yukarıdaki hesaplamalara göre;

Şu anda Tunçbilek yeraltı ocağında kullanılan ALARKO, maximum 2000 m³/dak debili 55 kw motorlu vantilatör ocak hava ihtiyacını rahatlıkla karşılayacaktır.

10. EKONOMİK DEĞERLENDİRME

10.1. Hidrolik Dolgulu Üç Dilimli Yöntemin Maliyeti

1. Hazırlık

Üç dilimli yöntemde tavan, orta ve taban ayaklar için toplam 9 adet galeri hazırlığı yapılacaktır.

$$9 \times 700 = 6300 \text{ m galeri}$$

$$6 \times 120 = \underline{720 \text{ m}} \text{ ayak içi hazırlığı}$$

Toplam 7020 m galeri uzunluğu 1 yılda amorti edilecektir.

Galeri açma maliyeti :

a) İşçilik giderleri :

1 ekip = 13 yev. + 1 (barutçu) + 2 (mekanik+elektrikçi) + 1 (çalıştırıcı + bakımcı)+ 1 ajüstör

İlerleme = 3 m/gün

İşçilik = 6213 TL/yevmiye

$$\text{Metre başına işçilik} = \frac{18 \text{ yev.} \times 6213 \text{ TL/yev}}{3 \text{ m/gün}} = 37.278 \text{ TL/m}$$

Toplam işçilik gideri = 7020 x 37,278 = 261.691.560 TL.

b) Tahkimat malzeme gideri :

- Demirbağ

Bağ arası mesafe = 1,3 m

Rijit bağ adedi = 5400 takım

1 takım 1 profil rijit bağ maliyeti = 14.000 TL

Demirbağ gideri = 14.000 x 5400 = 75.600.000 TL

- Ağaç malzeme

1 adet kama = 6 dm³

1 adet farga = 11 dm³

1 metrede kullanılan kama = 212,3 dm³/m

Mamul maden direği = 100.000 TL/m³

7020 m x 0,2123 m³/m x 100.000 TL/m³ = 149.034.000 TL

e) Enerji gideri

Elektrikli tali ventilatör = 1 adet x 8 kw x 22 saat = 176 kWh

Tek sinirli konveyör = 1 adet x 37 kw x 5 saat = 185 kWh

Bandlı konveyör = 1 adet x 37 kw x 5 saat = 185 kWh

1 günde sarfedilen elektrik enerjisi = 546 kWh

Elektrik birim fiyatı = 41 TL/kWh

$$\frac{546 \text{ kWh} \times 41 \text{ TL/kWh}}{3 \text{ m/gün}} = 7462 \text{ TL/m}$$

7020 m x 7462 TL/m = 52.383.240 TL/yıl

d) Basınçlı hava gideri

Martopikör = 2 x 1,2 m³/dak x 8 saat x 60 dak = 1095 m³/dak

Martoperforatör = 1 x 2,2 m³/dak x 3 saat x 60 dak = 396 m³/dak

$$1095 + 396 = 1491 \text{ m}^3/\text{dak}$$

Basınçlı hava birim fiyatı = 4 TL/m³

Metreye düşen basınçlı hava gideri = 1988 TL/m

$$7020 \text{ m} \times 1988 \text{ TL/m} = 13.956.000 \text{ TL/yıl}$$

e) Patlayıcı madde gideri

Harcanan dinamit = 3,5 kg/m

Harcanan kapsül = 10 adet / m

Dinamitin birim fiyatı = 605 TL/kg

Kapsül birim fiyatı = 220 TL/adet

3,5 kg/m x 7020 m x 605 TL/kg = 14,864.850 TL

10 adet/m x 7020 m x 220 TL/kg = 15.444.000 TL

30.308.850 TL/yıl

Kömür içinde açılacak 6,25 m² kesitli bür ve kelebelerin metre maliyeti işçilik, malzeme, enerji vs. giderler dahil olmak üzere 77.800 TL dir. Pano içinde 11 adet 3 m uzunluğunda kelebe ve bür olduğundan,

77.800 TL/m = 11 adet x 3 m = 2.567.400 TL/yıl

Hazırlık giderleri toplamı :

İşçilik	= 261.691.560 TL/yıl
Tahkimat	= 127.762.110 "
Enerji	= 52.383.240 "
Basınçlı hava	= 13.959.000 "
Patlayıcı madde	= 30.308.850 "
Kelebe	= 2.567.400 "
	<hr/>
	488.670.160 TL/yıl

2. Ayak içi tahkimat giderleri

HEMSCHEIDT 4400 -16.5/27 tip yürüyen tahkimatın 1986 yılı fiyatı:

1 ünite yürüyen tahkimat = 116.000 DM

1 ünite genişliği = 1,5 m

1 ana sarma

1 taban şase

1 tavan koruyucu sarma

4 adet destek makası

Hidrolik olarak;

3 adet hidrolik direk,

1 adet tavan koruyucu sarma pistonu

1 adet tahkimat yürütücü piston

1 adet ayna konveyörü itici piston

1 adet kumanda valfi, gerekli hidrolik hortum donatımı

120 m'lik bir ayağa 56 adet HEMSCHIEDT 4400-16.5/27 tipi yürüyen tahkimata ihtiyaç vardır.

Tavan, orta ve tabanda 120 m'lik 6 adet ayak bulunmaktadır. Yürüyen tahkimat adedine % 5 oranında tamir-bakım ve rezerve miktarını ilave edersek;

56 adet/ayak x 6 ayak = 336 adet gerekli yürüyen tahkimat

336 x % 5 rezerve = 18

Toplam = 354 adet

354 adet x 116.000 DM x 600 TL/DM = 24.638.400.000 TL

6 x 80 adet x 117.000 DM/m x 500 = 3.369.600.000 "

28.008.000.000 TL

Amortisman (% 25) = 7.000.000.000 TL/yıl

Tamir-bakım ve yedek parça = 300.000.000 "

Faiz (% 35 alındı) = 6.125.000.000 "

Toplam = 13.425.000.000 TL/yıl

3. Kesici-yükleyici makina

Eickhoff - Mitteilungen EW - 170/300-1 tipi kesici-yükleyici tipi seçilmiştir.

Kesici yükleyici makina = 6 adet

Makina = 6 adet x 320.000 DM x 600 TL/DM = 1.152.000.000 TL

Elektrik ekipman = 6 ad x 115.000 DM x 600 TL/DM = 414.000.000 TL

Kesici yükleyici ve ekipmanların toplamı = 1.566.000.000 TL

Amortisman (% 25)	=	391.500.000 TL
Faiz (% 35)	=	342.500.000 TL
Tamir bakım ve yedek parça(%10)	=	115.200.000 TL
		<hr/>
		849.200.000 TL/yıl

4. Hidrolik santral ve teçhizatları

Hidrolik santral ve teferruatı	=	150.000 DM
6 adet x 150.000 DM/ad x 600 TL/DM	=	540.000.000
Elektrik ekipmanı	=	120.000 DM
6 adet x 120.000 DM/ad x 600 TL/DM	=	432.000.000
		<hr/>
Toplam	=	972.000.000 TL

Amortisman (%25)	=	243.000.000
Faiz (% 35)	=	212.625.000
Tamir bakım yedek parça (% 10)	=	97.200.000
		<hr/>
Toplam	=	552.825.000.-TL

5. Ayak sabit yolları nakliyatı

Ayak içi nakliyatı çift zincirli konveyörlerle yapılacaktır.

Tavan, orta ve taban sabit yollarında toplam,

3 adet çift zincirli konveyör

3 adet 30" lik bantlı konveyör

2 adet 36" lik bantlı konveyör kullanılacaktır

Çift zincirli konveyör (100 m için)

Elektrik motoru 2 adet	2.000.000 TL	4.000.000 TL
Kaplin 2 adet	150.000 "	300.000 "
Yol verici 2 adet	1.500.000 "	3.000.000 "
Redüktör 2 adet	1.000.000 "	2.000.000 "
Boş oluk 1 adet	500.000 "	500.000 "

			<u>TL</u>
Boş oluk yardımcısı	1 adet	60.000	60.000
Kuyruk oluk yardımcısı	1 adet	60.000	60.000
Kuyruk oluk	1 adet	40.000	40.000
Normal oluk	66 adet	60.000	4.000.000
Zincir	400 metre	10.000	4.000.000
Kilit	400 adet	1.500	600.000
Palet	200 adet	2.000	400.000
Palet civatası	400 adet	150	60.000
Baş dişli	1 adet	100.000	100.000
Kuyruk makarası	1 adet	150.000	150.000
Ay kapağı	1 adet	10.000	10.000
Göğüs yayı	2 adet	10.000	20.000
Kovan	2 adet	100.000	200.000
Sonsuz yatak	2 adet	25.000	50.000
Pirinç yatak	2 adet	10.000	20.000
Toplam			19.550.000

19.550.000 : 100 m = 195.500 TL/m

3 adet 75 m'lik çift zincirli konveyör fiyatı :

3 adet x 75 m/adet x 195.500 TL/m = 43.987.500 TL

Amortisman (% 25) = 10.996.875

Faiz (% 35) = 9.622.265

Tamir bakım ve yedek parça (% 5) = 2.199.375

66.806.390 TL/yıl

Pano içinde 150 m, 300 t/h kapasiteli 3 adet 76 cm'lik banda ihtiyacımız olacaktır.

76 cm'lik bandlı konveyör : 150 m için;

			<u>TL</u>
Elektrik motoru	1 adet		2.000.000
Yol verici	1 adet		1.500.000

		<u>TL</u>
Redüktör	1 adet	500.000
Döküş şasesi	1 adet	150.000
Sağ-sol konsollar	120 adet	2.000.000
Örtü saçı	240 adet	400.000
Üst ayak	120 adet	720.000
Üst makara	360 adet	2.520.000
Alt makara	60 adet	480.000
Baş tambur	1 adet	400.000
Kuyruk tambur	1 adet	400.000
Gerdirme tambur	11 adet	200.000
Kuyruk şase	1 adet	50.000
Alt kablo	1 adet	100.000
Boş oluk sehpası	1 adet	50.000
Motor şasesi	1 adet	50.000
Zincir	2 metre	20.000
Dişli	2 adet	40.000
Ara bağlantı köşe bantı	120 adet	200.000
Muhtelif civata	600 adet	60.000
Zincir + kaplin muhafaza	1+1 adet	30.000
Bant kayışı	300 metre	7.500.000
	Toplam	19.370.000

$$19.370.000 = 150 \text{ m} = 129.000 \text{ TL/m}$$

3 adet 150 m'lik 30" lik bantlı konveyör fiyatı

$$3 \text{ adet} \times 150 \text{ m/adet} \times 129.000 \text{ TL/m} = 58.050.000 \text{ TL}$$

$$\text{Amortisman (\% 25)} = 14.512.500$$

$$\text{Faiz (\% 35)} = 12.698.000$$

$$\text{Tamir bakım ve yedek parça (\% 5)} = 2.902.500$$

$$\text{Toplam} \quad 30.113.000 \text{ TL/yıl}$$

2 adet 150 m'lik 36" lik bandlı konveyör fiyatı :	
36" lik bandlı konveyör metre fiyatı =	143.000 TL/m
2 adet x 250 m/adet x 143.000 TL/m	= 71.500.000 TL
Amortisman (% 25)	= 17.875.000
Faiz (% 35)	= 15.641.000
Tamir bakım ve yedek parça (% 5)	= 3.575.000
	<hr/>
Toplam	= 34.091.000 TL/yıl

Toplam nakliye giderleri = 88.133.000 TL/yıl

6. Elektrik enerjisi

Ayıklarda 1'er adet 55 kwh olmak üzere toplam 6 adet, sabit yolda 60 kwh'lik 3 adet çift zincirli konveyör, sabit yolda 3 adet 19 kwh 30" lik band ve taban yolda 2 adet 50 kwh lik 36" lik band kullanılacaktır.

Elektrik enerjisi birim fiyatı 41 TL/kwh

Kesici yükleyici : 6 adet motor gücü 110 kwh, faydalı çalışma saati = 2 saat/vardiya

350 gün x 3 var/gün x 2 saat/ var. x 6 ad x 110 kwh x 41TL/kwh = 56.826.000.TL

Ayak içi çift zincirli konveyör için :

350 günx3 var/günx3 saat/var x6 ad.x55 kwhx41 TL/kwh = 42.619.500 TL

Sabit boyundaki çift zincirli konveyörler için :

350 gün x 3 var/gün x 3 saat/var x 3 ad x 60 kwh x 41 TL/kwh= 23.247.000 TL

30" lik bandlı konveyör için :

350 gün x 3 var/gün x 3 saat/var x 3 ad x 19 kwhx 41 TL/kwh = 7.361.550 TL

36" lik bandlı konveyör için:

350 gün x 3 var/gün x 3 saat/var x 2 ad x 50 kwh x 41 TL/kwh = 12.915.000 TL

Elektrikli vinç :

2 ad x 35 kwhvinç x 3var/gün x 4 saat/var x 350 gün x 41 TL/kwh = 12.000.000 TL

Toplam elektrik gideri = 154.969.000 TL/yıl

7. Aydınlatma

Toplam elektrik giderinin % 5 i kabul edilir. 7.700.000 TL/yıl

8. İşçilik giderleri

Ayak içi = 30 x 30 x 6 = 540 yevmiye

Nakliye üniteleri

Taban sabit = 3 x 3 = 9 yevmiye

Orta sabit = 3 x 3 = 9 "

Taban sabit = 6 x 3 = 18 "

Pano toplayıcı sabit = 2 X 3 = 6 yevmiye

İhraç bandı = 3 x 3 = 9 yevmiye

Ana ihraç bandı = 3 x 3 = 9 "

Vinçci-arabacı = 8 x 2 = 16 "

Elektrik-mekanik = 2 x 3 = 6 "

Toplam = 624 yevmiye/gün

Hidrolik dolgulu, üç dilimli tam mekanize sistemde günlük işçi adedi 624 yevmiye, senelik izin nedeniyle prevü fazlası işçi sayısı ;

624 + 52 = 676 yevmiye

İşçilik gideri:

365 gün/yıl 676 yev/gün 0 6213 TL/yev = 1.533.000.000 TL

9. Basınçlı hava

Mekanize ayakta ayna kesimi kesici yükleyici ile yapıldığından, basınçlı havaya ihtiyaç yoktur. Malzeme taşımada ve su atımında

kullanılması düşünölen basınçlı hava miktarı :

$$4 \text{ ad vinç} \times 6,3 \text{ m}^3/\text{dak} \times 0,50 \times 60 \text{ dak/saat} = 756 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$2 \text{ ad. tulumba} \times 2,5 \text{ m}^3/\text{dak} \times 0,90 \times 60 \text{ dk/saat} = 270 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Toplam } 1026 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$350 \text{ gün/yıl} \times 18 \text{ saat/gün} \times 1026 \text{ m}^3/\text{saat} \times 4 \text{ TL/m}^3 = 25.855.200 \text{ TL/yıl}$$

Tüvenan kömür maliyeti

Hazırlık	= 488.670.160 TL/yıl
Ayak içi tahkimat giderleri	=5.785.000.000 "
Kesici yükleyici makina	= 371.110.000 "
Hidrolik santral ve teçhizatı	= 552.825.000 "
Nakliyat	= 88.133.000 "
Elektrik enerjisi	= 154.969.000 "
Aydınlatma	= 7.700.000 "
İşçilik giderleri	=1.533.000.000 "
Çimento giderleri	= 878.850.000 "
Basınçlı hava	= 25.855.200 "
Memur ücretleri ile ilg.gid.	= 28.000.000 "
Dışardan sağ. fayda ve hizm.	= 2.000.000 "
Yard.istihsal ve imal giderleri	= 759.000.000 "
Yardımcı servis giderleri	= 844.295.000 "
Diğer giderler	= 1.000.000 "
	<hr/>
Giderlerin toplamı	=11.520.400.000 TL/yıl
Giderlerin toplamı	=11.600.000.000

Birim maliyeti :

Yılda 1.758.465 ton tüvenan üretim planlandığına göre;

$$\frac{10.650.000.000 \text{ TL}}{1.758.465} = 6,056,4 \text{ TL/ton}$$

$$1.758.465$$

Satılabilir kömür maliyeti :

Ömerler 1-C panosunda yılda üretilecek kömür 1.758.465 tondur. Bu ürettirimin % 1 lavvar kaybı, % 2 işletme zayıatı, % 19,8 ara kesme oranı ise, satılabilir kömür miktarı;

$$1.758.465 \frac{772}{100} = 1.357.535 \text{ ton}$$

Satılabilir kömürün ton başına maliyeti :

$$\frac{11.600.000.000 \text{ TL}}{1.357.535 \text{ ton}} = 8544,8 \text{ TL/ton}$$

10.2. Göçertmeli Uzun Ayak Yönteminin Maliyeti

Yıllık üretim :

Ömerler 1-C panosunda üç dilimli yöntem yerine tek taban ayak yöntemi uygulanırsa, 60 m uzunluğunda 4 ayak tesis edilecektir.

1 ayak 4 vardiyada (32 saat) = 1,25 m ilerleme

1 yılda 350 iş günü

1 günlük ilerleme = 0,93 m/gün

350 gün/yıl x 0,93 m/gün = 328 m ilerleme yapılacaktır. Pano genişliği 240 m olduğuna göre yıllık çalışılacak saha:

$$328 \text{ m} \times 240 \text{ m} = 78.750 \text{ m}^2 \quad \text{I. yıl}$$

$$372 \text{ m} \times 240 \text{ m} = 89.280 \text{ m}^2 \quad \text{II. yıl}$$

Ton/m² hesabı

$$7.4 \text{ m} \times 1,5 \text{ ton/m}^3 = 11.1 \text{ ton/m}^2 \text{ dir.}$$

Ancak bunun en az % 30'u işletme yöntemi nedeniyle zayıat olacağından;

$$11,1 \times \frac{70}{100} = 7,77 \text{ ton/m}^2 \quad \text{m}^2 \text{ den elde edilecek kömür miktarı-}$$

dır. Bu üretime % 37 oranında tavan taşı karışacağından,

$$168.030 \text{ m}^2 \times 7,77 \text{ ton/m}^2 = 1.305.593$$

$$1.305.593 \text{ ton} \times 1.37 = 1.788.663$$

$$\text{Hazırlıklardan} = \underline{40.000}$$

Toplam 1.828.623 ton/pano ömrü

Göçertmeli uzun ayak sistemi ile 1 yılda üretilecek kömür miktarı bulunur.

Not: 1-C panosunun 1 yıllık çalışması 78.750 m^2 olduğuna göre pano ömrü yaklaşık olarak 2 senedir.

1. Hazırlıklar

60 m uzunluğunda kömür içinde 4 ayak, sabit ve kuyruk yolları için 5 adet $6,94 \text{ m}^2$ kesitli taban yolu açılacaktır. İki ayagın istihsal dö-küşü tek sabitten olacağından, pano orta sabite dik olarak 60 m uzunlu-ğunda $6,94 \text{ m}^2$ kesitli iki galeri sürülmesi gerekmektedir.

Ayaklar 4 vardiyada 1 have ilerleyecektir. Yıllık ilerleme 328 m olduğuna göre, açılacak 5 adet $6,94 \text{ m}^2$ kesitli galeri uzunluğu 328 m ol-malıdır.

$$5 \text{ adet} \times 328 \text{ m/ad} + 2 \text{ ad} \times 60 \text{ m/ad} + 240 \text{ m} = 2000 \text{ m} \quad \text{I. yıl}$$

$$5 \text{ adet} \times 373 \text{ m/ad} = 1865 \text{ m} \quad \text{II. yıl}$$

$$\text{Toplam} = \underline{3865 \text{ m/pano ömrü}}$$

Daha önce 1 m galeri açma maliyeti 69,612 TL olarak hesaplanmıştır.

$$3865 \text{ m/pano ömrü} \times 69,612 \text{ TL/m} = 269.050.380 \text{ TL/pano ömrü}$$

2. Tahkimat giderleri

1 ayak için ;

$$\text{Hidrolik direk adedi} = \frac{60}{0,6} \times 3 = 300 \text{ adet}$$

$$\text{Hidrolik sarma adedi} = \frac{60}{0,6} \times 3 = 300 \text{ adet}$$

4 ayak için;

Hidrolik direk adedi = 1200 adet

Çelik sarma adedi = 1200 adet

% 5 rezerve ve % 5 demir-bakım olmak üzere,

Hidrolik direk adedi = 1320 adet

Çelik sarma adedi = 1320 adet

Senelik % 1,5 kayıp (kabul)

Hidrolik direk adedi = 1340 adet

Çelik sarma adedi = 1340 adet

Hidrolik direk fiyatı (Hema) = 220.000 TL/adet

Çelik sarma fiyatı (selah) = 45.000 TL/adet

1340 adet (220.000 TL + 45.000 TL) = 335.100.000 TL

Amortisman (% 25) = 88.775.000 TL

Faiz (% 35) = 77.679.000 TL

Tamir bakım (% 10) = 35.510.000 TL

Toplam = 201.964.000 TL/yıl

Pano ömrü için hidrolik tahkimat gideri = 386.935.000 TL/pano ömrü

2. Ağaç malzeme giderleri

1 adet emniyet sarması (2,5 m) = $33 \text{ dm}^3 \times 1 = 33 \text{ dm}^3$

2 adet kurt ağzı (1,80 m) = $30 \text{ dm}^3 \times 2 = 60 \text{ dm}^3$

İki direk arası 0,60 m'lik kısma 4 adet 4 dm^3 lük kama kullanılıyor. $2,5 \times 2,5 \text{ m}$ boyutundaki ayak içine 12 adet $4 \times 4 \text{ dm}^3 = 192 \text{ dm}^3$

Ayak içinde $6,25 \text{ m}^2$ lik kısma 285 dm^3 ağaç kullanılıyor. 1 m^2 ye $0,04 \text{ m}^3$ ağaç malzeme harcandığını kabul edebiliriz.

$328 \text{ m} \times 240 \text{ m} \times 0,04 \text{ m}^3 \times 35.000 \text{ TL/m}^3 = 110.208.000 \text{ TL/I. yıl}$

$372 \text{ m} \times 240 \text{ m} \times 0,04 \text{ m}^3 \times 35.000 \text{ TL/m}^3 = \underline{125.992.000 \text{ TL/II. yıl}}$

Toplam = 235.200.000 TL/pano ömrü

Harcanan ağaç malzemenin % 50 sinin tekrar kazanılacağı kabul edilmiştir.

Ağaç malzeme gideri = 117.600.000 TL/pano ömrü

3. Ayak içi nakliyatı

4 ayak için 60 m uzunluğunda 4 adet çift zincirli konveyör gerekmektedir. Daha önce çift zincirli konveyörün metre maliyeti 205.000 TL/m dir.

4 adet x 60 m x 205.000 TL/m = 49.200.000 TL

Amortisman (% 25) = 12.300.000 TL

Faiz (% 35) = 10.762.500 TL

Tabir bakım yedek parça = 2.460.000 TL

25.522.500 TL/ I. yıl

Pano ömrü bitene kadar = 48.690.700 TL/pano ömrü

4. Sabit yolu nakliyatı

İki ayarın üretimi 75 m'lik çift zincirli konveyörde toplanacaktır.

2 adet x 75 m x 205.000 TL/m = 30.750.000

İki ayarın üretimi çift zincirli konveyörden 30" lik 125 er metre uzunluğunda iki bandlı konveyöre verilecektir.

4 ayak olduğuna göre band maliyeti (1 metre band 129.000 TL)

4 adet 125 m x 129.000 TL/m = 64.500.000 TL

30" lik bandlardan gelen kömür, orta ana sabit yoluna dik olarak sürülen 60'ar metrelik iki 30" lik bantla 30" lik bandlara verilecektir.

2 ad x 60 m x 129.000 TL/m = 15.480.000 TL

Orta ve ana sabitte kurulacak 2 adet 190 m, 36" lik banda kömür ihraç bandına verilecektir (1 metre band 143.000 TL).

2 ad x 190 m x 143.000 TL/m	=	54.340.000 TL
Çift zincirli konveyör	=	30.750.000 "
30" lik bantlar (76 cm)	=	79.980.000 "
36" lik bantlar (92 cm)	=	54.340.000 "

Toplam = 165.070.000 TL

Amortisman (%25)	=	41.267.500 TL
Faiz (% 35)	=	36.109.000 "
Tamir bakım yedek parça (% 5)=	=	8.253.500 "

Toplam = 85.630.000 TL/I. yıl

Pano ömrü = 163.362.000 TL/pano ömrü

5. Elektrik enerjisi

Ayıklarda 4 adet 2 x 37 kwh lik zincirli konveyör,
Sabitlerde 2 adet 2 x 37 kwh lik zincirli konveyör,
Sabitlerde 4 adet 1 x 37 kwh lik 30" lik bantlı konveyör,
Dik sabitte 2 adet 1 x 37 kwh lik 30" lik bantlı konveyör,
Orta ana sabit 2 adet 1 x 50 kwh lik 36" lik bantlı konveyör.

Faydalı çalışma = 6 saat/vardiya

Elektrik enerjisi = 41 TL/kwh

350 gün/yıl x 18 saat/gün x 37 kwh x 18 ad. x 41 TL/kwh = 172.028.000 TL

350 gün/yıl x 18 saat/gün x 50 kwh x 2 ad. x 41 TL/kwh = 25.830.000 TL

I. yıl için = 197.858.000 TL

350 gün/yıl x 18 saat/gün x 37 kwh x 16 ad. x 41 TL/kwh = 152.912.000 TL

II. yıl için = 152.912.000 TL

Elektrikli vinç :

2 adet x 35 kwh x 3 var/gün x 4 saat/var x 350 gün x 41 TL/kwh = 120.000.000 TL

II. yıl için = 24.000.000 TL

Pano içi elektrik sarfiyatı I. yıl	= 197.858.000 TL
Pano içi elektrik sarfiyatı II. yıl	= 152.912.000 "
Elektrikli vinç elektrik sarfiyatı	= 24.000.000 "
Pano ömrü için toplam	= <u>374.770.000 TL</u>

6. Aydınlatma

Sarfedilen miktarın % 5 i	= 18.738.500 TL
---------------------------	-----------------

7. Patlayıcı madde

Ayak sayısı	= 4
Ayak uzunluğu	= 60 metre

Aynada 0,5 m'de bir delik deliniyor

Arkada ise 1 m'de bir delik (kabul)

Her deliğe	= 2 kartuş + 1 kapsül
Dinamit	= 0,125 kg/adet
Dinamit fiyatı	= 605 TL/kg
Kapsül fiyatı	= 220 TL/adet

Dinamit gideri :

60 m'lik ayakta 1,25 m ilerleme için toplam 180 delik deliniyor.

4(180 ad x 2 ad x 0,125 kg/ad) 350 gün/yıl x 0,75 = 47.250 kg/yıl

Pano bitimi için = 47.250 kg/yıl x 2 yıl = 94.500 kg/pano ömrü

Kapsül gideri :

4(180 ad x 1 ad x 350 gün/yıl) x 0,75 = 189.000 adet I. yıl

Pano bitimi için = 189.000 ad/yıl x 2 yıl = 378.000 ad/pano ömrü

94.500 kg/pano ömrü x 605 TL/kg = 57.125.500 TL

378.000 ad/pano ömrü x 220 TL/adet = 83.160.000 "

Pano ömrü için patlayıcı madde gideri = 140.332.500 TL/pano ömrü

8. İşçilik giderleri

Dört taban ayak yöntemine göre çalışan ayaklarda, vardiyalardaki iş dağılımı ve işçi sayısı Tablo 11 de verilmiştir.

Nezaretçi	
Vardiya sorumlusu	1
Vardiya sorumlusu yardımcısı	1
Bakım-tamir	
Ajöstör uzman	1
Mekanik-elektrik	
Mekanik uzman	1
Elektrik uzman	1
Diğer işler	
Kesene kayıt	1
Hidrolik direk katibi	1
Nakliyat	
Sabit yollarda	6
Dik sabit yollarda	4
Orta ana yolda	4
Pano toplayıcı band	2
İhraç bandı	3
Ana ihraç bandı	3
	<hr/>
Toplam	29

Ayak içi işçi sayısı	=	143 ad x 3 vard.	=	429
Müşterek işler için işçi s.=		29 ad x 3 vard.	=	<u>87</u>
				516
Vinçci - arabacı	=	8 ad.x 2 vard	=	<u>16</u>
				532

Yıllık ücretli izin nedeniyle prevü fazlası işçi sayısı eklenirse;

Pano içi gerekli işçi sayısı $532 + 45 = 577$ yevmiye

365 gün/yıl 577 yev/gün $\times 6213$ TL/yev. = $1.308.489.000$ TL/yıl

Pano ömrü boyunca = $2.616.978$ TL/pano ömrü

9. Hidrolik santral ve teçhizatları

Hidrolik santral ve teferruatı = 150.000 DM

2 ad $\times 150.000$ DM/ad $\times 600$ TL/DM = $180.000.000$ TL

Elektrik ekipmanı = 120.000 DM

2 ad $\times 120.000$ DM/ad $\times 600$ TL/DM = $144.000.000$ TL

$324.000.000$ TL

Amortisman (% 25) = $81.000.000$ TL

Faiz (% 35) = $70.875.000$

Tamir-bakım (%10) = $32.400.000$

$184.275.000$ TL

Pano ömrü için = $368.550.000$ TL/pano ömrü

10. Basınçlı hava

Bir ayak için, 1 vardiyada basınçlı hava ile çalışan makina adedi

Kazı ayağında = 20 adet martopikör

1 adet martoperfaratör

Söküm ayağında = 2 adet martopikör

Arka ayağında = 3 adet martopikör

1 adet martoperfaratör

Pano içinde = 2 adet vinç

Toplam makina adedi:

29 adet martopikör

4 adet martoperfaratör

	V-I (24-08)	V-II (08-16)	V-III (16-24)	V-I (24-08)	V-II (08-16)	V-III (16-24)
I. ayak	Ayna	Söküm	Arka	Çekim- Lâğım	Ayna	Söküm
II. ayak	Söküm	Arka	Çekim- Lâğım	Ayna	Söküm	Arka
III. ayak	Arka	Çekim- Lâğım	Ayna	Söküm	Arka	Çekim- Lâğım
IV. ayak	Çekim- Lâğım	Ayna	Söküm	Arka	Çekim- Lâğım	Ayna

Tablo 10.1. Ayaklarda 1 have ilerlemeye göre vardiyadaki iş dağılımı

		I. Ayak Ayna	II. Ayak Söküm	III. Ayak Arka	IV. Ayak Çekim- Lâğım	Toplam
Kazmacı	U	20	-	4	-	24
Kazmacı	Y	20	-	4	-	24
Sökümcü	U	-	7	-	-	7
Sökümcü	Y	-	7	-	-	7
Delikçi	U	2	-	1	2	5
Delikçi	Y	2	-	1	2	5
Barutçu		1	-	1	1	3
Emniyetçi	U	-	3	-	-	3
Emniyetçi	Y	-	3	-	-	3
Ayak tamir	U	-	2	1	-	3
Ayak tamir	Y	-	2	1	-	3
Ajistör	U	1	1	2	8	12
Ajistör	Y	1	1	2	8	12
Yardımcı işçi		5	7	2	2	16
Ayak çalış.		1	1	1	1	4
Nezaretçi		1	1	1	1	4
Mekanik	U	1	1	1	1	4
Elektrik	U	1	1	1	1	4
TOPLAM		56	37	23	27	143

Tablo 10.2. Bir vardiyada 4 ayağa gerekli işçi sayısı

2 adet vinç

2 adet tulumba (kabul)

Martopikör, Martoperfaratör, Vinç, Tulumba için toplam hava miktarı $2382 \text{ m}^3/\text{h}$ dır.

Basınçlı hava gideri :

$$350 \text{ gün/yıl } 18 \text{ saat/gün} \times 2382 \text{ m}^3/\text{h} \times 4 \text{ TL/m}^3 = 60.000.000 \text{ TL/yıl}$$

$$2'' \text{ lik boru } 1 \text{ m si} = 1500 \text{ TL} \quad 1 \text{ tek kelepçe} = 2000 \text{ TL}$$

Panoda oluşacak basınçlı hava şebekesi için gider :

$$(700 \text{ m} + 240) \cdot 1500 \text{ TL} + \frac{940 \text{ m}}{6 \text{ m}} \times 2000 \text{ TL} = 1.730.000 \text{ TL}$$

$$\text{İkinci yıl için } \% 10 \text{ rezerve} = 170.000 \text{ TL}$$

$$\text{Toplam } 1.900.000 \text{ TL}$$

Pano ömrü boyunca basınçlı hava gideri = $121.900.000 \text{ TL/pano ömrü}$

Tüvenan kömür maliyeti :

Hazırlık	=	269.050.000 TL/pano ömrü
Tahkimat giderleri	=	386.935.000 "
Ağaç malzeme gideri	=	117.600.000 "
Ayak içi nakliyatı	=	48.690.700 "
Sabit yolu nakliyatı	=	163.362.000 "
Elektrik enerjisi	=	374.770.000 "
Aydınlatma	=	18.738.500 "
Patlayıcı madde	=	140.332.500 "
İşçilik gideri	=	2.616.978.000 "
Hidrolik santral ve teçhizatı	=	368.550.000 "
Basınçlı hava	=	121.900.000 "
Memur ücr.ile ilgili giderler	=	56.000.000 "
Dışardan sağlanan fayda ve hizm.	=	4.000.000 "
Yard.istihsal ve imal giderliri	=	1.328.250.000 "
Yardımcı servis giderleri	=	1.477.500.000 "

Birim maliyet :

Pano ömrü boyunca 1.828.663 ton tüvenan üretim yapılacaktır.

$$\frac{7.494.656.700 \text{ TL}}{1.828.663 \text{ ton}} = 4.098,43 \text{ TL/ton}$$

Satılabilir kömür maliyeti :

Yıllık tüvenan kömür üretiminden % 37,0 tavan taşı geldiğine göre ve sondaj stampplarındaki ara kesme oranı % 19,8 ise tüvenan kömürde % 56,5 dolayında kil olacaktır.

$$\begin{aligned} \text{I. yıl} \quad 78.750 \text{ m}^2 \times 7,77 \text{ ton/m}^2 &= 611.888 \text{ ton} \\ 611.888 \text{ t} \times 1,37 &= 838.286 \text{ ton/I. yıl} \\ 838.286 \text{ t} \times \frac{43,5}{100} &= 364.655 \text{ ton/I. yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{II. yıl} \quad 89.280 \text{ m}^2 \times 7,77 \text{ ton/m}^2 &= 693.706 \text{ ton} \\ 693.706 \text{ t} \times 1,37 &= 950.377 \text{ ton/II. yıl} \\ 950.377 \text{ t} \times \frac{43,5}{100} &= 413.414 \text{ ton/II. yıl} \end{aligned}$$

Satılabilir üretim hazırlıkla beraber toplam = 364.655 t/I. yıl +

413.414 t/II.yıl + 40000 ton (hazırlıktan) = 818.069 ton

ise satılabilir kömür maliyeti:

$$\frac{7.494.656.700 \text{ TL}}{818.069 \text{ ton}} = 9.161,4 \text{ TL/ton}$$

11. SONUÇLAR

1. Tunçbilek bölgesi pilot 407 ayakta arka kömürünün kazanılması için yapılan etüd çalışmalarında kömür zayıatı, arka kömürde % 45 olarak bulunmuştur.

2. Tüvenan üretimden ve pilot 407 ayak üretiminden alınan numunelerin laboratuvarında yapılan analizlerine göre, arka kömürün kazanılmasında kömüre karışan tavan taşı % 36,7 civarındadır.

3. Ömerler 1-C panokkömürü hidrolik dolgulu, üç dilim halinde ve tam mekanize yöntemle alınacaktır. Ayak sayısı 6 olup, uzunlukları 120 metredir. Panoya göçertmeli uzun ayak yöntemi uygulanırsa 60 m uzunluğunda 4 ayak tesis edilecektir.

4. Vardiyada 0,70 m ilerleme yapılabilmektedir. Böylece mekanize yöntem, kendini daha çabuk amorti edebilecektir.

5. Hidrolik dolgulu, üç dilimli yöntemin uygulanması ile arka kömürünün tamamı kazanılabilmek ve ayak arkasında çıkabilecek yangınlar tamamen önlenecektir.

6. Hidrolik dolgulu uygulamada;

Tavan taşının kömüre karışmasının önlenmesi ile lavvar randımanı artacak hatta üretilen kömür doğrudan satılabilir kömür olarak değerlendirilecektir. Buna karşılık hidrolik dolgulu yöntemin giderleri satılabilir kömürün % 8-9'u kadar olacaktır.

7. Göçertmeli uzun ayak sisteminde ton başına tüketimler;

Patlayıcı madde 0,030 kg, kapsül 0,067 adet, maden direği 3,4 dm³ ve basınçlı hava 53.10 m³ dür. Mekanize sistemde ise bu değerler yok denecek kadar azdır.

8. Kömür maliyetinde en büyük girdi olan işçilik, hidrolik dolgulu mekanize yöntemin uygulanması ile % 45 oranında azaltılacaktır.

9. Hidrolik dolgulu, üç dilimli tam mekanize yöntemin uygulanma - sında dolgu malzemesi Ömerler ocağına çok yakın olan açık işletmelerden yapılan harfiyattan sağlanacağı gibi Ömerler yeraltı işletmesine 8 km mesafede bulunan lavvardan artık olarak atılan - 18 + 0 mm boyutundaki şistler kullanılabilir. Bu lavvarartıklarını Ömerler'e getirmek için uygun bant konveyör sistemine ihtiyaç vardır.

10. Ömerler yeraltı ocağında taban taşı marnın kabarma olasılığı yoktur. Yapılan çalışmalarda taban taşının kabarmadığını göstermiştir. Hidrolik dolgu için gerekli su çevrede mevcuttur. Dolgu kanaviçesinden sızan sular kanallar vasıtasıyla toplama havuzlarında toplandıktan sonra yeryüzüne pompalanmakta, burada arıtıldıktan sonra tekrar karıştırma tankına verilecektir. Ayrıca dolgu malzemesinin - 0,1 mm boyutu elene rek ayrılmaktadır. Böylece - 0,1 mm boyutunun su ile birlikte toplama havuzlarına gelmesi önlenmiş olur ve tulumbaların tıkanma problemleri ortadan kalkar.

11. İyi olarak yapılmış bir hidrolik dolgulu ayakta oluşacak basınç kemeri küçüktür yani ayak üzerine gelecek yüklerin değeri azdır. Fakat göçertmeli uzun ayak yönteminde ayakta oluşacak basınç kemeri büyük, yani ayak üzerine gelen yük değeri çok fazladır. Bu durumda ayak taki faydalı kesit azalacaktır. Halen Ömerler yeraltı işletmesinde uygulanan göçertmeli yapay tavanlı tavan-taban ayak yönteminde özellikle taban ayaklarda ayak üzerine fazla yük gelmektedir. Bu durumda işçiler ayakta rahat bir şekilde çalışmamakta ve tavan göçmeleri sonucunda ölümlü iş kazaları olabilmektedir. Yine hidrolik dolgulu yöntemler arazi basıncının arına daha yakın pik noktası oluşturmasını ve dolayısıyla kömürün daha kolay kazanılmasını sağlar. Kazı randımanını arttırır.

12. Hidrolik ramblede karışım hızının değeri çok önemlidir. Bu hızın değeri kritik karışım hızından daha büyük olmalıdır. Aksi takdirde boru içinde arzu edilmeyen tıkanmalar meydana gelir. Tıkanmanın

giderilmesi tekrar çalışır hale getirilmesi büyük zaman ve para kaybına sebep olur. Bu şekilde hatalı çalışmalar hidrolik ramblenin tüm avantajlarını yok eder.

13. Borular ramble malzemesinin nakil esnasındaki çarpmalarından dolayı aşınırlar. Bu nedenle değişik ramble debilerinde boruları döndürmek ve bir süre sonra da değiştirmek gereklidir. Aşınmanın fazla olduğu durumlarda boru maliyetleri masrafları artacaktır.

14. % 30, % 40, % 50 ve termik külü ihtiva eden % 40 pülp yoğunluğunda 1/5, 1/10, 1/15, 1/20 çimento oranında hazırlanan numunelerin 7, 14, 21, 28 gün kür süreleri sonucunda tek eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda Ömerler 1-C panoya en uygun dolgu malzemesi % 40 pülp yoğunluğunda lavvar şistidir. Yine yapılan hesaplamalar sonucunda günlük 83,7 ton çimentoya ihtiyaç vardır. Ayrıca yeraltında havuzlarda saatte 223 m³ su toplanmaktadır.

15. Ömerler yeraltı işletmesinde kazı sırasında basınç dayanımı 1300 kg/cm² ye ulaşan kaynak taşı diye tabir edilen silisli yumrular damar içinde değişik şekillerde bulunmaktadır. Bu yumruların bulunuşu hidrolik dolgulu tam mekanize yöntemin uygulanışını zorlaştırabilir. Özellikle kazı esnasında bazı problemler olabilir. Bu problemleri ortadan kaldırmak için martopikör ile bu yumruların etrafını kazmak ve kazı arınından uzaklaştırılmalarını sağlamak gerekmektedir.

16. Her iki yöntemde 1-C panosunda çıkartılan satılabilir üretim miktarlarına bakıldığında, hidrolik dolgulu tam mekanize yöntemde 1.357.535 ton, göçertmeli yöntemde ise 818.069 tondur. Dolayısıyla hidrolik dolgulu tam mekanize yöntemde 539.466 ton fazla kömür üretilmektedir. Yine bir ton kömürün maliyeti hidrolik dolgulu tam mekanize yöntemde 8544,8 TL; göçertmeli yöntemde ise 9.161,4 TL olacaktır. Ömerler yeraltı 1-C panosunda hidrolik dolgulu tam mekanize üretim

yönteminin uygulaması ile yeraltı işletmesi 9.170.920.000 TL civarında kar sağlayacak ve yeraltı kömürünün hepsi alınacaktır (1 ton temiz kömürün işletme satış fiyatı 17.000 TL dir). Göçertmeli yöntemde ayak arkasında bırakılan kömürü de hesaba katarsak kömür maliyeti 15.202.7 TL/ton olacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

1. AKIN, İ., "E.L.İ.Soma Bölgesi Yeraltı Ocaklarında Yangın Sorunları ve Önleme Yöntemleri", Haziran 1986, ESKİŞEHİR
2. AHISKA, Ş, T, "Monolitik Dolgu Sistemlerinin İngiltere'de Uygulanması ve Gelişmesi", Türkiye Madencilik ve Bil.Tek. 8. Kongresi, Şubat 1983, Ankara
3. BİRÖN, C., ARIOĞLU, E., "Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı", Birsen Kitabevi, 1980, İstanbul
4. ÇAM, H., ÇELEBİ, Ö., ŞENKAL, S., "Ömerler 4C-D Panosunda Yapay Tavan Uygulamasının Etüdü", Haziran 1987, G.L.İ. Müessesesi, Tavşanlı
5. ÇAVUŞLU, E., "G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi Ömerler Yeraltı Ocağı Havalandırma Sisteminin Etüdü", Haziran 1987, Eskişehir
6. DİDARİ, V., "Yeraltı Ocaklarında Kömürün Kendiliğinden Yanması ve Risk İndeksleri", Madencilik Dergisi, Aralık 1986, Ankara
7. DÜNDAR, M., AYRAL, K., COŞKUN, M., "Zonguldak Kömür Havzasında Kendiliğinden Yanabilen Damarlarda Alınması Gerekli Tedbirler ve Mücadele Yöntemleri", Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 5. Kongresi, Şubat 1977, Ankara
8. ERMIŞOĞLU, N., YEŞİLTAS, A., ÖZERDEM, S., "G.L.İ. Tunçbilek bölgesi Ömerler Yeraltı İşletmesinde Kendiliğinden Yanma Olayları ile Mücadele ve Alınan Önlemler", Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 10. Kongresi, Mayıs 1987, Ankara
9. ERMIŞOĞLU, N., AKTAŞ, R., "G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi Yeraltı Ocaklarında Yangın Baraj ve Maliyeti, 1986 G.L.İ. Müessesesi, Tavşanlı
10. G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi 1.000.000 ton/yıl Tüvenan Üretim Kapasiteli Ömerler Yeraltı İşletmesi Projesi, G.L.İ. Müessesesi, Mayıs 1978, Tavşanlı
11. HOŞGİT, M.E., "Yeraltındaki Yangınların Kapatılması", (Çeviri), Türkiye Taşkömürü Kurumu, 1985, Zonguldak
12. Kemal, M., "Kömür Teknolojisi, 1983, İzmir