

Kalın Kömür Tabakalarında Yürüyen Tahkimatlardaki  
Basınçların Analizi ve Yük Tahminleri

Soner ğretmen

**DOKTORA TEZİ**

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Mart 2015

Analysis of Pressures on Powered Supports  
in Thick Coal Seams and Load Estimations

Soner Öğretmen

**DOCTORAL DISSERTATION**

Department of Mining Engineering

March 2015

Kalın Kömür Tabakalarında Yürüyen Tahkimatlardaki  
Basınçların Analizi ve Yük Tahminleri

Soner ğretmen

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı  
Maden İşletme Bilim Dalında  
DOKTORA TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof.Dr. Hürriyet Akdaş

Mart 2015

## ONAY

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora öğrencisi Soner Öğretmen'in DOKTORA tezi olarak hazırladığı "Kalın Kömür Tabakalarında Yürüyen Tahkimatlardaki Basınçların Analizi ve Yük Tahminleri" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Hürriyet AKDAŞ

**İkinci Danışman** : -

**Doktora Tez Savunma Jürisi:**

**Üye** : Prof. Dr. Hürriyet AKDAŞ

**Üye** : Doç. Dr. Mustafa ÖNDER

**Üye** : Doç. Dr. Hamdi AKÇAKOCA

**Üye** : Doç. Dr. Melih İPHAR

**Üye** : Yrd. Doç. Dr. Hakan AK

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN  
Enstitü Müdürü

## ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Hürriyet AKDAŞ danışmanlığında hazırlamış olduğum “Kalın Kömür Tabakalarında Yürüyen Tahkimatlardaki Basınçların Analizi ve Yük Tahminleri” başlıklı DOKTORA tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim.19/03/2015

Soner Öğretmen

İmza

## ÖZET

Yeraltı ocak izleme sistemlerinde elektronik sensörlerin kullanılmasıyla, uzunayaklarda yürüyen tahkimat ünitelerinde (YTÜ) oluşan basınçların gerçek zamanlı izlenmesi ve değerlendirilmesi mümkün hale gelmiştir. YTÜ'lerin ana direklerinde oluşan basınçların izlenmesi ile elde edilen bilgiler; uzunayak panolarında meydana gelen tavan göçme mekanizmalarının anlaşılması ve kontrolü, üretim aşamalarının değerlendirilmesi, YTÜ'lerin ön yük ve esneme yük değerlerinin tespiti ve değerlendirilmesi, yeni panoların planlanması ve daha emniyetli çalışma koşullarının sağlanması gibi konularda oldukça faydalı olmaktadır.

Ömerler Yeraltı Ocağında 1997 yılında tam mekanize üretime geçilmesi ile birlikte, yeraltı izleme sistemine basınç sensörleri adapte edilerek, YTÜ'lerin ana direklerinde oluşan basınçların izlenmesine başlanmıştır. M2 ve M3 ayaklarda yapılan ölçümler istatistiksel olarak değerlendirilerek, tahkimat-tavan tabaka etkileşimleri, periyodik tavan yüklemeleri, YTÜ performansları, oluşan basınç tipleri, üretim aşamalarının değerlendirilmesi ve benzeri konularda birçok deneyim elde edilmiştir.

Bu tezde, Ömerler Yeraltı Ocağında daha önceki yıllarda yapılan YTÜ basınç ölçümlerine ilave olarak M7 mekanize ayakta 15, 30 ve 45 numaralı YTÜ'lerde oluşan basınçlar izlenerek, yük periyotları tespit edilmiştir. Elde edilen veriler istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuş, YTÜ'lerde oluşan basınç tipleri, basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre dağılımları, ön yük ve son yük değerleri tespit edilerek ayağın farklı bölümlerindeki tavan hareketleri yorumlanmıştır.

YTÜ'lerde oluşan artan tip basınçlardaki ön yük, yük artışı ve son yük değerleri kullanılarak, regresyon analizleri ve eklenik olasılık yöntemleri ile mevcut jeolojik koşullar ve kömür damarı jeomekanik özellikleri kapsamında YTÜ yeterli esneme yükü tahminleri yapılmış ve Ömerler Yeraltı Ocağında kullanılacak YTÜ yük taşıma kapasitesi belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Uzunayak, yürüyen tahkimat, yük periyodu analizi.

## SUMMARY

As a result of developing technologies, by the use of electronic sensors in mine monitoring systems, monitoring real time and evaluating of powered support pressures in longwalls become possible. Data gained from monitoring leg pressures of supports is useful in many areas such as understanding and controlling of roof mechanism, evaluating mining sequences, determining setting and yield loads of powered supports, designing new panels and making safer working environment.

After installation of first mechanized longwall in Ömerler Underground Coal Mine in 1997, by equipping supports with pressure sensors, monitoring of powered support leg pressures was started. Data obtained from support pressures from the panels M2 and M3 supplied experiences about support-roof interactions, periodical roof loadings, support performances, pressure types in loadings, evaluating mining sequences.

In this thesis, in addition to support pressure measurements in previous years, pressures of 15, 30 and 45 numbered supports in M7 panel were monitored and load cycles were determined. By evaluating data obtained from load cycles statistically, pressure types in mining sequences, statistics of setting and final loads were determined. Then strata movements in different places of longwall were interpreted.

By using regression analysis of the relationship between setting loads, load increments and final loads of increasing type loadings and by using cumulative probability final loads, yield load capacities of the powered support were estimated for future planned longwall panels in Ömerler Underground Coal Mine.

**Keywords:** Longwall, powered support, load cycle analysis.

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince desteğini esirgemeyen ve sürekli cesaretlendiren, tez danışmanım Prof. Dr. Hürriyet Akdaş'a, Ömerler Yeraltı Ocağında yapılan ölçümlerde her türlü yardımı ve desteği esirgemeyen başta Dr. Maden Y. Mühendisi Recep Çelik ve Elektrik Mühendisi Mahmut Taştepe olmak üzere tüm ocak personeline teşekkür ederim.

Tez izleme komitesi ve tez jüri üyelerine değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Desteğini esirgemeyen sevgili eşim Derya, kızlarım Pınar ve Ela'ya sonsuz teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	vi
<b>SUMMARY</b> .....	vii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	viii
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	ix
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	xii
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	xv
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	xvii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. GLİ ÖMERLER YERALTI OCAĞI</b> .....	4
2.1. Jeoloji .....	5
2.1.1. Yapısal jeoloji .....	6
2.2. Kömür Damarını Yapısı .....	6
2.3. Jeoteknik Sondajlar ve Testler .....	6
2.4. Mekanize Ayak Teçhizatları .....	9
2.4.1. Ayak YTÜ'leri .....	9
2.4.1.1. Ayak sonu (Tip 1) YTÜ'leri .....	9
2.4.1.2. Ayak sonu (Tip 2) YTÜ'leri .....	10
2.4.1.3. Geçiş YTÜ'leri .....	11
2.4.1.4. Ayak içi YTÜ'leri .....	12
2.4.2. Kesici makine .....	15
2.4.3. Ayak konveyörü .....	15

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.4.4. Toplayıcı konveyör .....	16
2.4.5. Merkezi izleme sistemi .....	16
2.5. Mekanize Ayaklarda Üretim .....	17
2.5.1. Üretim periyodu .....	17
2.5.1.1. Arın kesimi .....	19
2.5.1.2. YTÜ'lerin ilerletilmesi .....	20
2.5.1.3. Ayak konveyörünün ötelenmesi .....	21
2.5.1.4. Tavan kömürünün alınması .....	22
2.5.1.5. Bakım .....	23
<b>3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>24</b>
3.1. Yürüyen Tahkimat Üniteleri (YTÜ) .....	24
3.1.1. Çerçeve türü YTÜ'ler .....	24
3.1.2. Domuz damı türü YTÜ'ler .....	24
3.1.3. Kalkan türü YTÜ'ler .....	25
3.2. YTÜ'lerde Basınç Oluşumu ve Tipleri .....	27
3.3. YTÜ'lerde Tavan Yükünün Saptanması .....	31
3.3.1. YTÜ'lerde yük periyodu .....	38
<b>4. ÖMERLER YERALTI OCAĞINDA YTÜ'LERDE BASINÇ ÖLÇÜMLERİ .....</b>	<b>43</b>
4.1. M2 Ayak YTÜ Basınç Ölçümleri .....	43
4.2. M3 Ayak YTÜ Basınç Ölçümleri .....	47

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
<b>5. ÖMERLER YERALTI OCAĞI M7 AYAKTA YTÜ'LERDE BASINÇ ÖLÇÜMLERİ .....</b>	59
5.1. M7 Ayak .....	59
5.2. Basınç Sensörlerinin YTÜ'lere Yerleştirilmesi .....	60
5.3. Basınç Ölçümleri .....	61
5.4. Basınç Ölçümlerinin İstatistiksel Değerlendirmesi.....	62
<b>6. ÖMERLER YERALTI OCAĞI İÇİN YTÜ KAPASİTE HESAPLAMALARI .....</b>	80
6.1. Teorik Yük Hesaplamaları .....	80
6.2. Yük Periyodu Analizi İle YTÜ Esneme Yükü Tahminleri .....	83
6.2.1. Regresyon analizleri yöntemi ile YTÜ esneme yükü hesabı .....	83
6.2.2. Eklenik olasılık yöntemi ile YTÜ taşıma kapasitesi hesabı .....	87
<b>7. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	91
7.1. Genel .....	91
7.2. Sonuçlar .....	91
7.3. Uygulama .....	95
7.4. Öneriler .....	95
<b>KAYNAKLAR DİZİNİ .....</b>	97
<b>EKLER:</b>	
Ek-1. M3 ayak basınç ölçüm değerleri .....	99
Ek-2. M7 ayak basınç ölçüm değerleri .....	128
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1. Ömerler Yeraltı Ocağı mekanize ayaklar .....	5
2.2. Ömerler Yeraltı Ocağı panolarını temsil eden kömür damar stampı .....	7
2.3. Mekanize ayakta YTÜ'lerin yerleşim planı .....	9
2.4. Ayak sonu (tip 1) YTÜ'leri .....	10
2.5. Geçiş YTÜ'leri .....	12
2.6. Ayak içi YTÜ .....	13
2.7. Ayak içi YTÜ .....	14
2.8. Mekanize ayak çalışma düzeni .....	18
2.9. Kesici makine kesim düzeni .....	20
2.10. YTÜ'lerin ilerletilmesi .....	21
2.11. Ayak konveyörünün ötelenmesi .....	22
2.12. Tavan kömürünün alınması .....	23
3.1. Çerçeve türü YTÜ'ler .....	24
3.2. Domuz damı türü YTÜ'ler .....	25
3.3. Kalkan türü YTÜ'ler .....	26
3.4. Caliper ve Lemniskat tipi kalkan YTÜ'ler .....	27
3.5. YTÜ'lerde direnç eğrisi .....	30
3.6. YTÜ'lerde oluşan üç tip basınç değişimi .....	31
3.7. Ayak içi YTÜ'ye gelen yükün hesabı .....	32
3.8. YTÜ üzerindeki tavan bloğu ve yükler .....	33
3.9. Eğimli damarlarda tavan yükü .....	34

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
3.10. YTÜ'lerde genelleştirilmiş tavan yükü modeli .....	35
3.11. Göçertmeli uzunayaklarda YTÜ üzerine gelen yükler .....	37
3.12. Tahkimat yükü-esneme sonrası denge hali .....	40
3.13. Tahkimat yükü-sürekli esneme periyodunda .....	40
3.14. YTÜ ön yükü ile YTÜ yük artışı arasındaki ilişki .....	41
4.1. M2 ayakta üretimin yapılmadığı 9 günlük sürede YTÜ'lerde oluşan basınçların değişimleri .....	45
4.2. M2 ayakta üretim faaliyetinin olduğu 2 günlük sürede YTÜ'lerde oluşan basınç değişimleri .....	46
4.3. Basınç tipleri .....	48
4.4. M3 ayak 29 ve 30 numaralı YTÜ'lerde oluşan periyodik tavan yüklemeleri ...	58
5.1. M7 Ayakta basınç sensörlerinin yerleştirildiği YTÜ'ler .....	60
5.2. YTÜ'lerdeki basınç değişimlerini ölçme sistemi .....	61
5.3. M7 ayak YTÜ basınç ölçümleri (tüm YTÜ'ler) .....	63
5.4. M7 ayak YTÜ basınç ölçümleri (tüm YTÜ'ler-devamı) .....	64
5.5. M7 ayak 15 numaralı YTÜ basınç ölçümleri .....	65
5.6. M7 ayak 15 numaralı YTÜ basınç ölçümleri (devamı) .....	66
5.7. M7 ayak 30 numaralı YTÜ basınç ölçümleri .....	67
5.8. M7 ayak 30 numaralı YTÜ basınç ölçümleri (devamı) .....	68
5.9. M7 ayak 45 numaralı YTÜ basınç ölçümleri .....	69
5.10. M7 ayak 45 numaralı YTÜ basınç ölçümleri (devamı) .....	70
5.11. Artan basınç tiplerinde ön yüklerin frekans histogramı .....	73
5.12. Artan basınç tiplerinde son yüklerin frekans histogramı .....	74

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
5.13. Durağan basınç tiplerinde ön yüklerin frekans histogramı .....	74
5.14. Durağan basınç tiplerinde son yüklerin frekans histogramı .....	75
5.15. Azalan basınç tiplerinde ön yüklerin frekans histogramı .....	75
5.16. Azalan basınç tiplerinde son yüklerin frekans histogramı .....	76
6.1. M3 ayak ölçümleri son yük değerleri eklenik frekans dağılımı grafiği .....	89
6.2. M7 ayak ölçümleri son yük değerleri eklenik frekans dağılımı grafiği .....	90
6.3. M3+M7 ayaklar ölçümleri son yük değerleri eklenik frekans dağılımı grafiği..	90

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b><u>Cizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1 JT-4 sondajı jeoteknik etüt sonuçları .....	8
2.2 Ömerler M3 ayak kömür ve çevre kayaçlar jeomekanik özellikler .....	8
2.3 Vardiyalara göre uygulanan üretim tertibi .....	18
4.1 Her bir YTÜ’de oluşan basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre frekans ve oranları .....	49
4.2 Tüm YTÜ’lerde oluşan basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre frekans ve oranları .....	49
4.3 M3 ayak 20 numaralı YTÜ’de ölçülen basınçların istatistikleri .....	51
4.4 M3 ayak 30 numaralı YTÜ’de ölçülen basınçların istatistikleri .....	52
4.5 M3 ayak 45 numaralı YTÜ’de ölçülen basınçların istatistikleri .....	53
4.6 M3 ayak 55 numaralı YTÜ’de ölçülen basınçların istatistikleri .....	54
4.7 M3 ayakta ölçülen tüm basınçların istatistikleri .....	55
4.8 M3 ayak 29 ve 30 numaralı YTÜ’lerde oluşan basınçlar .....	57
5.1 M7 ayak 2009 yılı aylık üretim ve ilerleme miktarları .....	59
5.2 M7 ayakta YTÜ’lere bağlanan basınç sensörlerinin nokta numaraları .....	61
5.3 Sensörlerde oluşan ölçüm hata periyotları .....	62
5.4 M7 ayakta her bir YTÜ’de oluşan basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre frekans ve oranları .....	71
5.5 M7 ayakta tüm YTÜ’lerde oluşan basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre frekans ve oranları .....	72
5.6 M7 ayak 15 numaralı YTÜ’de ölçülen basınçların istatistikleri .....	77
5.7 M7 ayak 30 numaralı YTÜ’de ölçülen basınçların istatistikleri .....	78
5.8 M7 ayak 45 numaralı YTÜ’de ölçülen basınçların istatistikleri .....	79

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Cizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
5.9 M7 ayakta ölçülen tüm basınçların istatistikleri .....	79
6.1 Artan tip yüklerde ön yük ( $P_s$ ) ile son yük artışı ( $\Delta P_f$ ) arası ilişkilerin regresyon analiz sonuçları .....	84
6.2 Artan tip yüklerde ön yük ( $P_s$ ) ile son yük ( $P_f$ ) arası ilişkilerin regresyon analiz sonuçları .....	85
6.3 M3 ayak ölçümleri son yük değerleri eklenik frekans dağılımı .....	88
6.4 M7 ayak ölçümleri son yük değerleri eklenik frekans dağılımı .....	88
6.5 M3+M7 ayaklar ölçümleri son yük değerleri eklenik frekans dağılımı .....	89



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$P$	tahkimat direnci
$p$	tahkimat ana direk basıncı
$A$	ana direk silindir iç kesit alanı
$\eta$	YTÜ randımanı
$d$	ana direk silindir iç çapı
$M$	tavan kömürü kalınlığı
$L$	ayak genişliği
$B$	tahkimat genişliği
$m$	kömür damarı kalınlığı
$m_2$	göçertilecek tavan kömürü yüksekliği
$K$	taşın hacimce kabarma faktörü
$K_o$	yalancı tavanın orijinal kabarma faktörü
$K_c$	kömür kabarma faktörü
$K_p$	kabarma katsayısı
$K_g$	dinamik yük katsayısı
$h$	yalancı tavan yüksekliği
$v$	kömür kaybı
$s$	kömüre taş karışımı
$\gamma_1$	kömür yoğunluğu
$\gamma_2$	tavan taşı yoğunluğu
$W$	yalancı tavanın statik ağırlığı
$\alpha$	damar eğimi (derece)

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

$\emptyset$	sürtünme açısı
$P_s$	YTÜ ön yükleme yükü
$\Delta P_f$	YTÜ toplam son yük artışı
$P_f$	YTÜ son yük değeri
$P_y$	YTÜ esneme yükü

**Kısaltmalar****Açıklama**

YTÜ	Yürüyen tahkimat ünitesi
GLİ	Garp Linyitleri İşletmesi

## 1. GİRİŞ

Uzunayak üretim yöntemi ile kömür üretimi 19. yüzyıl sonlarına kadar dayanan bir geçmişe sahiptir. Tam mekanize uzunayak madenciliği ise 1950'li yıllarda saban ve çerçeve tip tahkimat uygulamaları ile başlamış, 1970'li yıllarda Almanya'da yürüten tahkimat ünitelerinin (YTÜ) kullanılmaya başlanması ile birlikte artan üretim miktarları ve emniyetli çalışma koşulları sağlayan güvenilir bir üretim yöntemi haline gelmiştir.

Yatay veya yataya yakın eğimli ve tek dilim çalışmaya uygun, tektonik arızaların çok az olduğu ve uygun pano oluşturulabilen kömür damarlarında tek bir tam mekanize uzunayaktan yıllık 10 milyon ton kömür üretimi gerçekleştirilebilmekte, 7,2 metreye kadar ulaşan kömür damarlarında tek dilim halinde üretim yapılabilmektedir.

Kalın kömür damarlarında da rahatlıkla uygulanan uzunayak yönteminde, tabandan itibaren kömürün 3-5 metrelik kısmı arından kesilerek üretilirken, tavan kömürü YTÜ'lerde bulunan pencereler vasıtasıyla veya YTÜ arkasında, göçük tarafında yer alan diğer bir ayak içi konveyörü üzerine akıtılarak üretilmektedir.

Tam mekanize uzunayak teçhizatları ana unsur olarak kesici makine, YTÜ'ler ve kömür nakliye ekipmanlarından oluşmaktadır. Kömür, ayak içinde zırlı ayak içi konveyörleri ile taban yollarında toplayıcı konveyör ve devamında bantlı konveyörler ile pano dışına taşınır. Günümüzde 200 metre ayak uzunluğundaki tam mekanize bir uzunayağın teçhizat bedeli 40-50 milyon \$ seviyelerinde iken bu bedelin yaklaşık yarısını YTÜ'ler oluşturabilmektedir.

Tam mekanize uzunayak tasarımlarında YTÜ'lerin tip ve yük taşıma kapasitelerinin doğru seçimi, yüksek maliyetlerinin düşürülmesi ve üretimin güvenli bir şekilde yapılmasının temini açılarından çok önemli bir aşamayı oluşturmaktadır.

Bakir kömür damarlarındaki uygulamalarda, YTÜ yük taşıma kapasiteleri birçok araştırmacı ve tahkimat üreticisi firmalar tarafından geliştirilen yaklaşımlar ile hesaplanmaktadır. Günümüzde en çok kullanılan yaklaşımlar ayrıışmış tavan bloğu teorisine dayanmaktadır. Bu yaklaşımlarda YTÜ üzerindeki yalancı tavanın yüksekliği ve

buna bağlı olarak tavan yükü hesaplanarak YTÜ'nn taşıması gereken minimum yük miktarı saptanmakta ve sonrasında tecrübeye dayalı uygulamalar ile YTÜ esneme (yield) yükü tayin edilmektedir.

YTÜ'lerin hali hazırda kullanıldığı yeraltı ocaklarında yeni panolar için YTÜ seçimlerinde ise, mevcut YTÜ'lerin performans değerlendirmeleri yapılarak jeolojik yapıya ve kömür damarı özelliklerine uygun YTÜ tip ve kapasiteleri seçilmektedir. Mevcut YTÜ'lerin performans değerlendirmesinde uygulanan metotlardan en etkinini, yk periyodu analizidir. Bu yöntemde, mevcut YTÜ'lerin yeterlilikleri değerlendirilebilmekle birlikte, ileriki tahkimat tasarımlarında iyileştirme yapabilme imkanı sunulmaktadır. YTÜ ana direklerine bağlanan basınç sensörleri ile gerçek zamanlı basınç ölçümleri alınmakta ve bir veya birden fazla üretim panosunda yapılan ölçümler sonucu istatistiksel analizler için yeterli veri toplanabilmektedir.

Ülkemizde ilk tam mekanize uzunayak uygulaması 1980'li yıllarda Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu OAL İşletmesinde başlamıştır. 1997 yılında da ELİ İşletmesi Eynez Yeraltı Ocağında ve GLİ İşletmesi Ömerler Yeraltı Ocağında kalın kömür damarında çalışan tam mekanize uzunayaklarda üretime geçilmiştir.

Uzunayaklarda YTÜ üzerlerinde oluşan basınçların gerçek zamanlı izlenerek, elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucu, YTÜ performanslarının saptanması ve tahkimat-tavan tabaka etkileşimlerinin ortaya konulması amacıyla, YTÜ ana direklerinde gerçek zamanlı basınç ölçümleri ülkemizde ilk kez merler Yeraltı Ocağı M2 ayakta 11-21 Mart 2000 tarihleri arasında 12, 30 ve 58 numaralı YTÜ'lerde yapılmıştır.

YTÜ basınç ölçümlerine M3 ayakta Kasım 2000 - 27 Eylül 2001 tarihleri arasında 20, 30, 45 ve 55 numaralı YTÜ'lerde, 27 Eylül - 31 Ekim 2001 tarihleri arasında da 29 ve 30 numaralı YTÜ'lerde devam edilmiştir. M3 ayakta ölçülen basınç değişimlerinin istatistiksel değerlendirmesi sonucu, YTÜ'lerde görülen basınç tipleri, bu basınç tiplerine ait istatistiksel veriler ve tavan tabaka etkileşimleri "Ömerler Mekanize Uzunayakta Yürüyen Tahkimatlar zerindeki Basınçların Analizi" başlıklı yüksek lisans tezinde ayrıntılı olarak çalışılmıştır (ğretmen 2003).

Ömerler Yeraltı Ocağı'nda ileriki yıllarda kurulacak yeni uzunayaklarda kullanılacak YTÜ'lerin yeterli yük taşıma kapasitelerinin: YTÜ üzerinde oluşan basınçların gerçek zamanlı olarak izlenmesi, sonrasında elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilerek çeşitli yöntemlerle belirlenmesi bu tez çalışmasının amacını oluşturmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda M3 ayakta yapılan basınç ölçümlerine ilave olarak 17 Temmuz - 30 Kasım 2009 tarihleri arasında 15, 30 ve 45 numaralı YTÜ'lerde gerçek zamanlı basınç ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuş, YTÜ'lerde oluşan basınç tipleri, basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre dağılımları, ön yük ve son yük değerleri tespit edilerek ayağın farklı bölümlerindeki tavan hareketleri yorumlanmıştır.

YTÜ'lerde oluşan artan basınçlardaki ön yük, yük artışı ve son yük değerleri kullanılarak regresyon analizleri ve eklenik olasılık yöntemleri ile YTÜ yük tahminleri yapılarak, mevcut jeolojik koşullar ve kömür damarı jeomekanik özellikleri kapsamında Ömerler Yeraltı Ocağında kullanılacak YTÜ yük taşıma kapasitesi belirlenmiştir.

## 2. GLİ ÖMERLER YERALTI OCAĞI

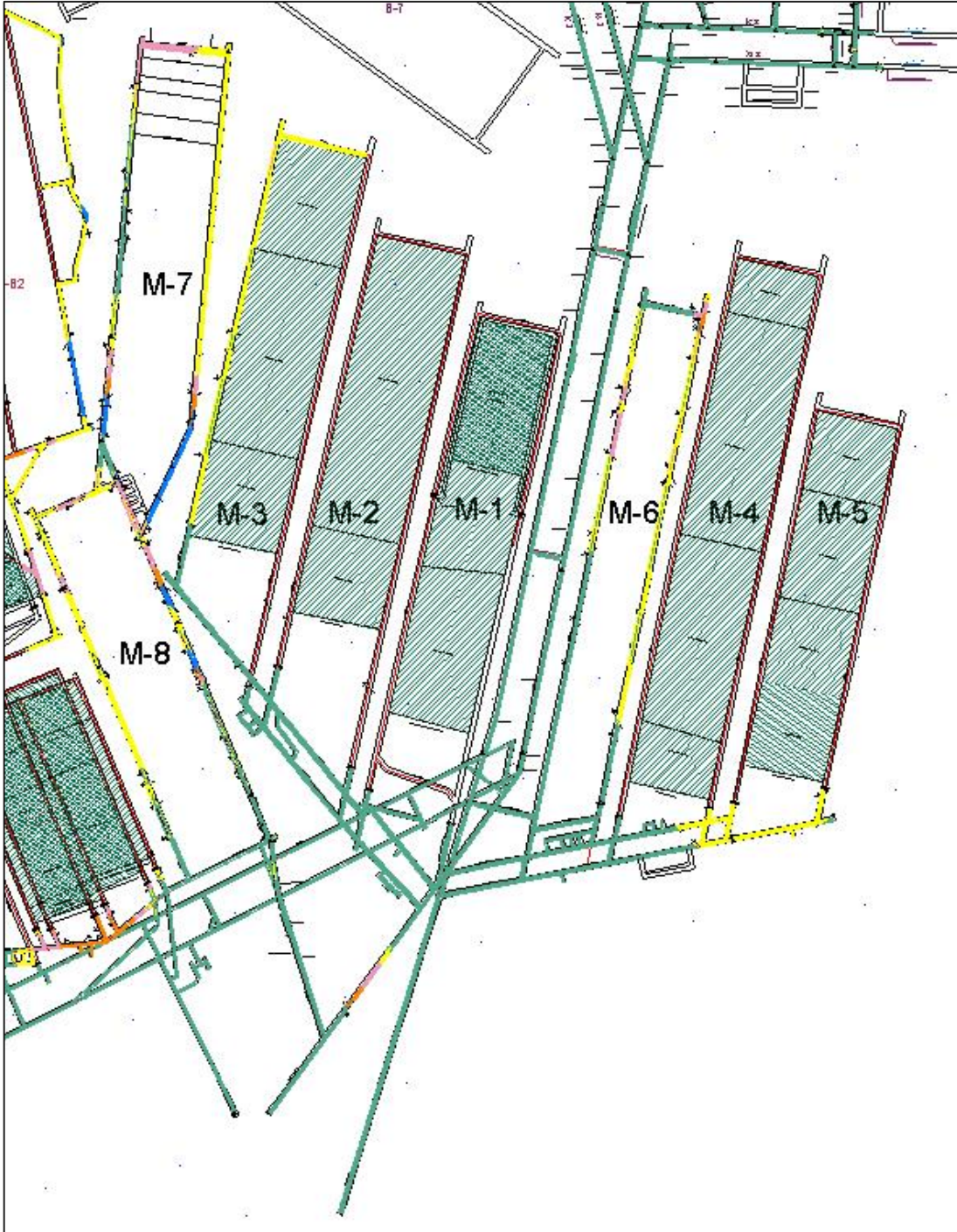
Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'na bağlı Garp Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü, Kütahya İli Tavşanlı İlçesinde yer almakta olup, kömür üretim faaliyetleri Tunçbilek linyit havzasında sürdürülmektedir.

1985 yılında üretime geçen Ömerler Yeraltı Ocağında arkadan göçertmeli dönümlü uzunayak kazı metodu ve tahkimat olarak klasik tahkimat sistemi (Hidrolik direk + mafsallı sarma) kullanılırken, 1997 yılından itibaren tam mekanize uzunayak üretim yöntemine geçilmiştir. Mekanizasyon projesi ile mevcut yeraltı işletmesinde klasik sistemle devam edilirken, diğer yandan kademeli olarak tam mekanize sisteme geçilmesi planlanmıştır.

Proje kapsamında yer alan teçhizatlar, yapılan uluslararası ihale sonucu CMEC-Sistem AŞ Konsorsiyomu tarafından sağlanmıştır. 1997 yılında teçhizatların sevkiyatları tamamlanarak, yeraltında M1 panoda monte edilmişlerdir. Temin edilen teçhizatlar hakkında teknik bilgiler ileriki bölümlerde verilmektedir.

Mayıs-Eylül 1997 aylarında teçhizatların montajlarının bitirilmesinden sonra M1 panoda üretim aşamasına geçilmiş ve bu panoda üretim Ekim 1998 ayında tamamlanmıştır. M1, M2, M3, M4, M5, M7 ve M8 pano üretimleri tamamlanarak 2014 yılında bu teçhizatlarla yapılan üretim sonlandırılmıştır.

Ocaktaki kömür üretim seviyesini 1.400.000 ton/yıl seviyesine çıkarmak amacıyla 2 adet 120 metre uzunluğunda mekanize ayak teçhizatı temini için 2011 yılında ihale yapılmıştır. Birinci mekanize ayak 2014 yılında üretime başlamıştır. İkinci ayakta, 2015 yılı ilk çeyreğinde üretime geçilerek tam kapasiteye ulaşılması planlanmaktadır.



Şekil 2.1. Ömerler Yeraltı Ocağı mekanize ayaklar (ölçeksiz).

## 2.1. Jeoloji

Tunçbilek linyit havzası, neojen sedimanları içinde iki seri halinde bir oluşumdur. Tunçbilek serisi olarak adlandırılan alt seri, ofiolitik bir temel üzerinde diskordan olarak

yer almakta olup kömür damarı bu seri içindedir. Domaniç serisi olarak adlandırılan üst seri daha genç olup hafif bir diskordansla Tunçbilek serisi üzerine gelmektedir (Ayaydın, 1987).

### **2.1.1. Yapısal jeoloji**

Neojende yapısal olarak önemli olabilecek fay ve kıvrım eksenlerine rastlanılmaktadır. Genelde havzanın belirli aralıklarla çökmesine bağlı olarak eğim atımlı normal faylar gelişmiştir.

Sahanın tektoniğine yönelik jeofizik-rezistivite ve kömürlü zonun tavan kotuna göre yapılan yapı-kontur haritalarında fayların genelde kuzey-güney doğrultusunda geliştikleri gözlenmiştir. Tabaka eğimleri genelde 5-20° ile kuzeye doğrudur.

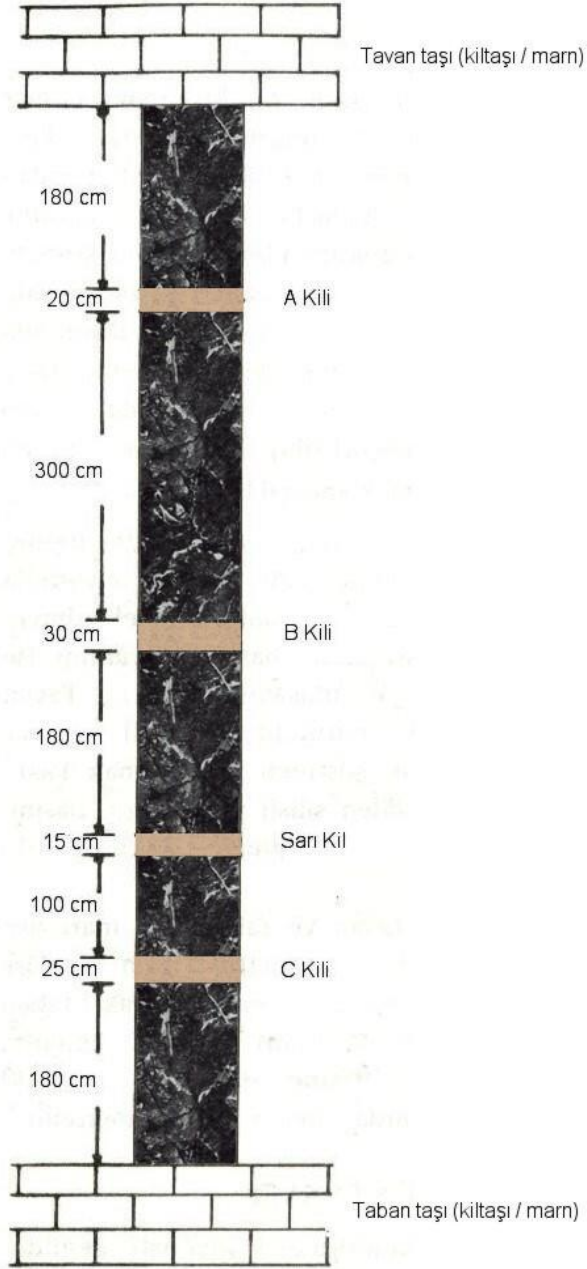
### **2.2. Kömür Damarının Yapısı**

Bölgede işletilmekte olan damar, genellikle orta sertlikle, siyah ve parlak linyit ihtiva eder. Damarın tavan ve taban kısımları genellikle daha temiz, orta kısımları ise daha karışıktır. Kömür, mikroskopik bakımdan taneli ve sıkı doku göstermektedir. Rengi siyah olup, mükemmel bir parlaklık arz eder. Bu özellikleriyle bu kömür “parlak kömür” olarak tanımlanabilir (Şekil 2.2).

### **2.3. Jeoteknik Sondajlar ve Testler**

Jeoteknik parametrelerin belirlenmesine yönelik olarak yapılan JT1, JT2, JT3 sondajlarının toplam derinliği 1726,25 m.dir. Bu sondajlarla kesilen birimler; tüfit, kıltaşı, kireçtaşı, kumtaşı, konglomera, serpantin ve peridotit olarak gruplandırılmış ve her grup kayanın fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla laboratuvar testleri yapılmıştır. Bu çalışma ile Tunçbilek bölgesi Domaniç Havzası'nın jeoteknik karakteristikleri hakkında ön bilgiler edinilmiştir. Daha sonra 1.11.1987 tarihinde JT4 sondajı yaptırılmıştır.





Şekil 2.2. Ömerler Yeraltı Ocağı panolarını temsil eden kömür damar stampı (Destanoğlu ve diğ., 2000).

Yapılan JT4 sondajı sonucu sahada geçilen formasyonlar, kilitaşı, dolomit ve manyezit, kireçtaşı, kalkerli marn ve marndır. Sahada bulunan bu birimler kilitaşı, kalkerli marn ve marn olmak üzere 3 ana grupta toplanmıştır (Çekilmez, 1988). JT-4 sondajının toplam karot verimi % 89,11 sağlam karot verimi % 77,71 ve RQD değeri ise % 42,2'dir.

RQD değeri kullanılarak yapılan sınıflamada sahadaki marnlar zayıf kayaç sınıfına girmektedir. JT-4 sondajından alınan örneklerle değişik laboratuvar testleri yapılmıştır. Bu test sonuçları Çizelge 2.1’de verilmektedir.

Çizelge 2.1. JT-4 sondajı jeoteknik etüt sonuçları (Çekilmez, 1988).

Formasyon Adı	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Porozite (%)	Su İçeriği (%)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı		Endirek Çekme Dayanımı		Üç Eksenli Basınç Dayanımı	
				H/K	S/D	H/K	S/D	C (Mpa)	Ø (°)
<b>Kiltaşı</b>	2,093	25,3	-	10,2	8,5	1	-	2,5	50
<b>Kalkerli Marn</b>	2,278	13,8	-	29,2	29,2	3,9	4,1	12,5	47
<b>Kireçtaşı</b>	2,501	4,3	-	-	64,26	-	-	-	-
<b>Marn</b>	2,180	-	14,2	16,1		1,9	-	5	31

1999 yılında yapılan diğer bir çalışmada (Taşkın, 1999) Ömerler M3 ayaktan alınan numuneler Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kaya Mekaniği Laboratuvarında test edilmiştir. Dene sonuçları Çizelge 2.2’de verilmektedir.

Çizelge 2.2. Ömerler M3 ayak kömür ve çevre kayaçlar jeomekanik özellikler (Taşkın, 1999).

	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Tek Eksenli Basma Dayanımı (Mpa)	Elastisite Modülü (Gpa)		Poisson Oranı	
			Secant	Tangent	Secant	Tangent
<b>Tavan Taşı</b>	2,11	30,42	4,99	5,19	0,25	0,39
<b>Taban Taşı</b>	2,40	26,52	4,58	4,08	0,23	0,41
<b>Kömür</b>	1,33	15,92	2,26	2,33	0,32	0,39

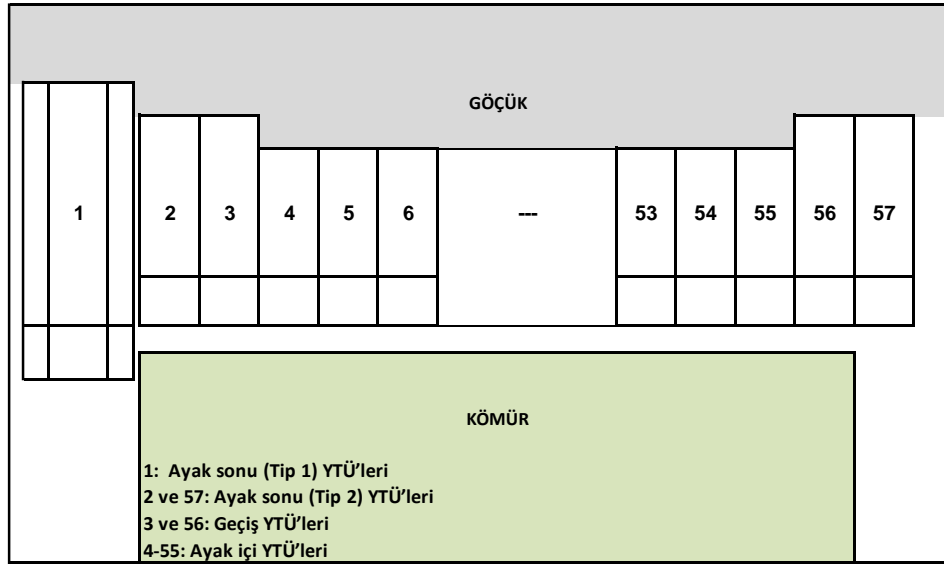
## 2.4. Mekanize Ayak Teçhizatları

### 2.4.1. Ayak YTÜ'leri

Dört tip YTÜ mevcuttur. Bunlar;

1. Ayak sonu (Tip 1) YTÜ'leri,
2. Ayak sonu (Tip 2) YTÜ'leri,
3. Geçiş YTÜ'leri,
4. Ayak içi YTÜ'leri

olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Mekanize ayakta YTÜ'lerin yerleşim planı.

#### 2.4.1.1. Ayak sonu (Tip 1) YTÜ'leri

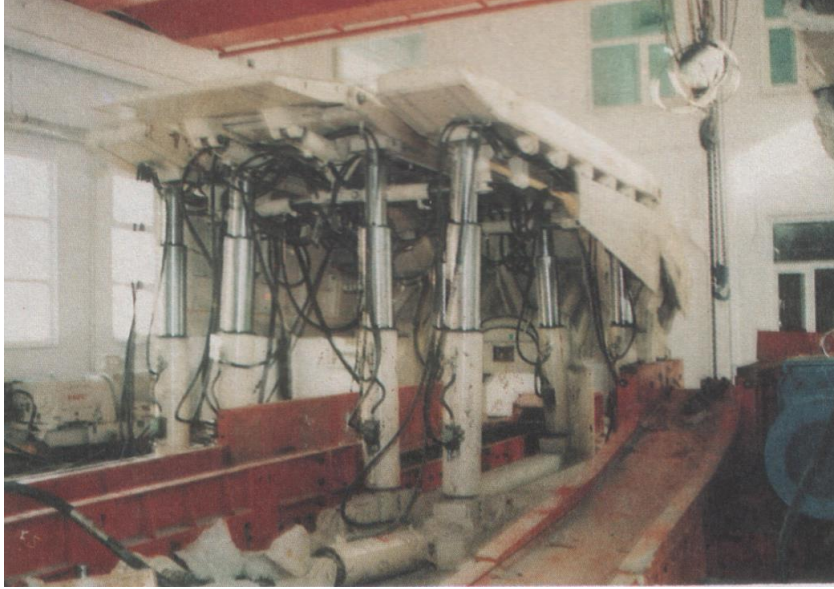
Bu ünite ortada ana tahkimat ve her iki tarafında büyük boyutta iki tahkimat olmak üzere üç parça tahkimattan oluşmaktadır. Ana tahkimatın taban şasesi üzerine toplayıcı konveyörün kuyruk ünitesi oturacak şekilde tasarlanmıştır. (Şekil 2.4 ).

Teçhizatın teknik özellikleri:

Tip: ZTF 11200/23/35 (3'lü ünite)

Tahkimat yüksekliği: 2300-3500 mm

Tahkimat genişliği:	2900-3100 mm
Ön yükleme yükü (30 MPa'da):	10170 kN
Emniyet yükü:	11200 kN
Tahkimat yük yoğunluğu:	754 kN/m <sup>2</sup>
Tahkimat ağırlığı:	44500 kg



Şekil 2.4. Ayak sonu (tip 1) YTÜ'leri (Destanoğlu ve diğ., 2000).

#### 2.4.1.2 Ayak sonu (Tip 2) YTÜ'leri

Bu tahkimat üniteleri ayak sonu tip 1 tahkimat ünitelerinin yanına bir adet ve ayak kuyruk yolu girişini tahkim etmek üzere tasarlanmışlardır. Tahkimat üniteleri üzerinde pencere mevcuttur. Ayak içi YTÜ'lerden farklı olarak taban şase boyutları daha uzundur ve tahkimat önünde çekmeceli ilerletilebilir ön sarma yerine piston ile kumanda edilen mafsallı ön sarma plakası mevcuttur.

Teçhizatın teknik özellikleri:

Tip:	ZTD 4200/20/35
Tahkimat yüksekliği:	2300-3500 mm
Tahkimat genişliği:	1434-1584 mm
Ön yükleme yükü (30 MPa'da):	2718 kN

Emniyet yükü:	3260 kN
Tahkimat yük yoğunluğu:	830 kN/m <sup>2</sup>
Pencere boyutları:	1250-800 mm
Ağırlık:	19000 kg

### 2.4.1.3. Geçiş YTÜ'leri

Bu tahkimatlar ayak motorbaşı ve kuyruk girişine konulan ayak sonu tip 2 YTÜ'leri yanına birer adet kurulmak üzere, ayak sonu YTÜ'leri ile ayak içi tahkimatları arasındaki uyumu sağlamak için dizayn edilmişlerdir (Şekil 2.5).

Teçhizatın teknik özellikleri:

Tip:	ZFD 4200/20/35
Tahkimat yüksekliği:	2000-3500 mm
Tahkimat genişliği:	1434-1584 mm
Ön yükleme yükü (30 MPa'da):	2418 kN
Emniyet yükü:	3260 kN
Tahkimat yük yoğunluğu:	830 kN/m <sup>2</sup>
Pencere boyutları:	1250-800 mm
Ağırlık:	17200 kg



Şekil 2.5. Geçiş YTÜ'leri (Destanoğlu ve diğ., 2000).

#### 2.4.1.4. Ayak içi YTÜ'leri

Bu YTÜ'ler, ayak içini komple tahkim etmek ve üzerlerindeki pencereler vasıtasıyla tavan kömürünü almak üzere tasarlanan tahkimatlardır. Her YTÜ'de; pencere, çekmeceli uzatılabilir ön sarma, tavan sarması, ana sarma, açılabilir ana sarma yan plakaları, iki adet ana direk, pencere açma-kapama direği, taban şase, konveyör iletme silindiri mevcuttur (Şekil 2.6, 7).

Teçhizatın teknik özellikleri:

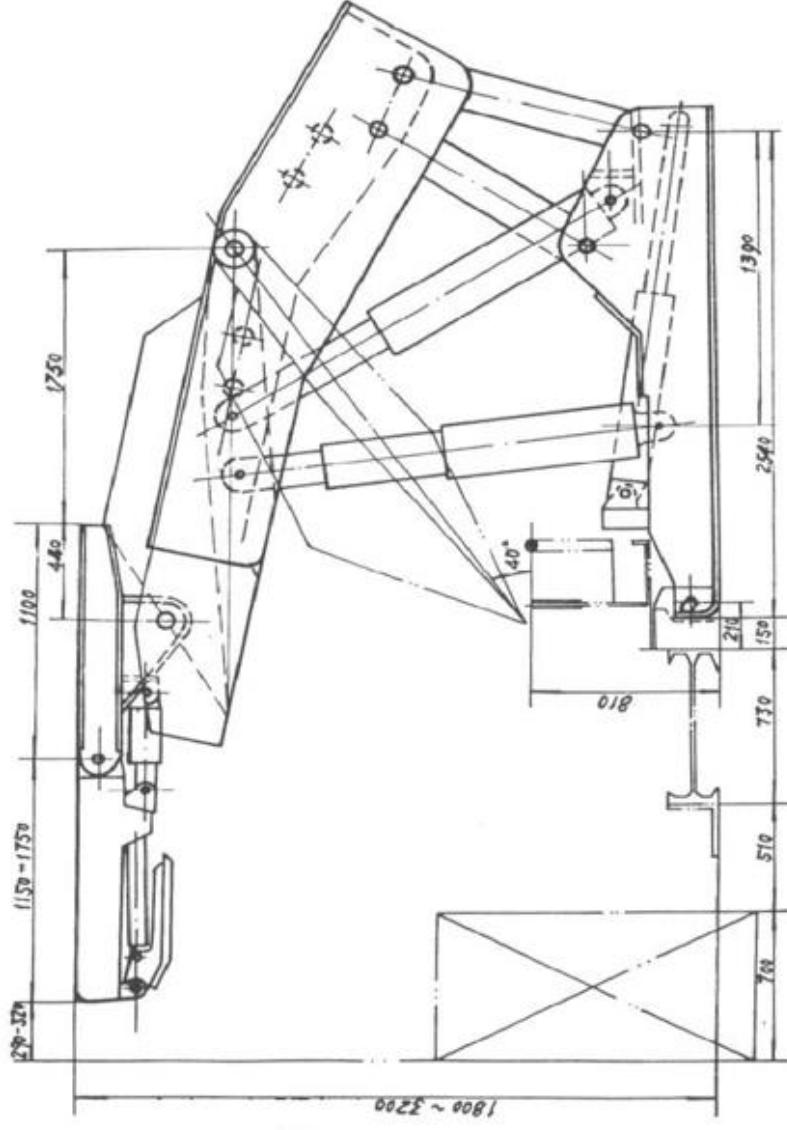
Tip	ZYD 4000/18/32
Tahkimat yüksekliği:	1800-3200 mm
Tahkimat genişliği:	1434-1584
Ön yükleme yükü (30 MPa'da):	2804 kN
Emniyet yükü:	3300 kN
Tahkimat yük yoğunluğu:	865 kN/m <sup>2</sup>
Pencere boyutları:	1750x800 mm
Pencere eğimi:	40°
Ana taşıyıcı direk adedi:	2

Ana direk ön yükleme yükü (30 Mpa'da):	1246 kN
Ana direk emniyet yükü:	1500 kN
Ana direk silindir iç çapı:	230 mm
Çalışma eğimi:	$\pm 10^\circ$
Tahkimat çekme kuvveti:	462 kN
Konveyör itme kuvveti:	291 kN
Ağırlık:	16200 kg



Şekil 2.6. Ayak içi YTÜ (Destanoğlu ve diğ., 2000).





Şekil 2.7. Ayak içi YTÜ (Ölçüler mm'dir.).



### 2.4.2 Kesici makine

Ayna kömür kazısı ve yüklemesinde kullanılan kesici makine; çift tamburlu, ayak konveyörü üzerine monteli ve zincirsiz çekme sistemine sahiptir.

Teçhizatın teknik özellikleri:

Tip:	EDW-150-2L
Gövde yüksekliği:	1500 mm
Kesici kol uzunluğu:	1635 mm
Tambur çapı:	1800 mm
Kesme derinliği:	700 mm
Maksimum kesme yüksekliği:	3570 mm
Taşıma hızı:	0-12 m/dk
Maksimum taşıma gücü:	268 kW
Motor gücü:	2x150 kW
Ağırlık:	25000 kg

### 2.4.3. Ayak konveyörü

Ayak içinde kömürü nakletmek için baştan ve kuyruktan tahrikli, ortadan çift sıra zincirli, 800 ton/saat kapasiteli konveyördür.

Teçhizatın teknik özellikleri:

Tip:	SGZ-730/264
Kapasite:	800 ton/saat
Güç:	2x132 kW
Zincir:	Ortadan çift sıra
Oluk boyutları:	1500x730x222 mm
Zincir hızı:	0,94 m/sn

#### 2.4.4. Toplayıcı konveyör

Ayak içi konveyörü ile bantlı konveyör arasında kömürü nakletmek için 40 metre uzunluğunda, bantlı konveyör üzerinde 12 metreye kadar yürüyebilme özelliğine sahip, motorbaşı YTÜ'lerine bağlı pistonlarla ilerletilebilecek şekilde tasarlanmıştır.

Teçhizatın teknik özellikleri:

Tip:	SZZ-730/132
Kapasite:	800 ton/saat
Güç:	132 kW
Zincir:	Ortadan çift sıra
Oluk boyutları:	1500x730x222 mm
Zincir hızı:	1,3 m/sn

#### 2.4.5. Merkezi izleme sistemi

Yeraltında ve yerüstünde kurulu olan teçhizatların çalışma durumlarını ve ocak içi çevresel parametreleri izlemek üzere kurulan sistem, yerüstü kontrol ve izleme odasındaki bilgisayar donanımı, yeraltı ve yerüstü kablo hatları ile sensörlerden oluşmaktadır. Sistem, Çin-Kanada ortak girişimi bir firma ürünü olup, Senturion 600 olarak adlandırılmaktadır.

Yerüstü kontrol ve izleme odası tabanı antistatik örtü kaplamalı, split klimalı ve toz izolasyonlu yapıya sahiptir. Odadaki bilgisayar ağı; ana bilgisayar, yedek bilgisayar, çok işlevli bilgisayar ve grafik bilgisayardan oluşmaktadır.

Ana bilgisayar; gerçek zaman verilerini toplar, ikili (binary) sayısal bilgileri ve iletişim durumunu gösterir, verileri şebeke sistemine aktarır. Yedek bilgisayar, ana bilgisayar bozulduğu zaman otomatik olarak ana bilgisayarın yerini alır ve görevini üstlenir. Çok işlevli bilgisayar; verileri ana bilgisayardan alır, dosyalarında organize eder ve hafızaya yükler, parametrik bilgileri tablolar ve rapor şeklinde grafik bilgisayara aktarır. Grafik bilgisayar ise çok işlevli bilgisayardan aktarılan bilgileri alır ve gerçek zaman bilgileri halinde ekrana getirir.

Yeraltı ve yerüstünde izleme ve kontrol görevi yapan ekipman ve sensörler merkezi izleme sistemine hatlar vasıtasıyla dahil edilirler. Data hatları özelliklerine göre iki tiptir; kendinden emniyetli (IS) ve kendinden emniyetsiz (non IS) hatlardır. IS hat, yeraltındaki sensörleri ve cihazları beslemek için kullanılır. Hat sayısı değişken olup, sensör sayısı ve dağılımına göre değişmektedir. Hattın besleme voltajı 15 Volt DC ve akımı 500 mili amperdir.

Hat çıkışlarını korumak ve IS özellik vermek için P1229 kodlu bir cihaz kullanılmaktadır. Hattın mesafesi 2,4 km'den fazla ise P 5000 kodlu hat kuvvetlendirici kullanılarak mesafe 5 km'ye kadar uzatılabilir.

Non IS hat yerüstündeki sensör ve ekipmanlar için kullanılır. Besleme voltajı 24 volt DC ve akım 2 amperdir.

## **2.5. Mekanize Ayaklarda Üretim**

M1 ayakta, tecrübe çalışmaları ve performans testleri sırasında geçen sürede üretim çift dilimli çalışılan bölgede yapılmıştır. 01.10.1997 tarihinden sonra da damarın tavan ayak çalışılan bölgesinin geçilmesiyle, üretime tek dilim halinde çalışılarak devam edilmiştir. M2, M3, M4, M5, M7 ve M8 ayaklarda tek dilim halinde kömür üretimi yapılmıştır.

Tek dilim olarak çalışılan sistemde kömür damarının 2,8-3 metrelik kısmı kesici makine ile kesilerek üretilirken, YTÜ üzerindeki kalan kısım ise YTÜ'lerdeki pencerelerden akıtılarak üretilmektedir (Şekil 2.8).

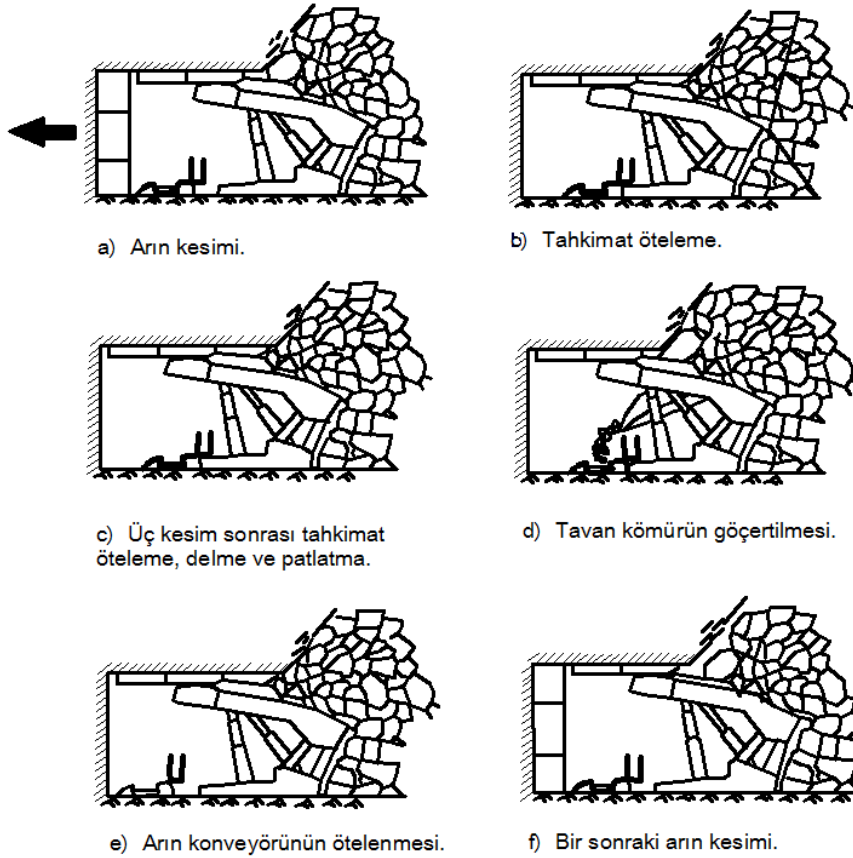
### **2.5.1. Üretim periyodu**

Mekanize ayakta üretim üç aşamada yapılmıştır. Bunlar; arın kesimi, bakım ve tavan kömürünün alınması periyotlarıdır. Günlük çalışmanın üç vardiya üzerinden yapıldığı ocakta, üretim periyotlarının vardiyalara göre tertibi Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Vardiyalara göre uygulanan üretim tertibi.

Vardiya 1 (00:00-08:00)	Vardiya 2 (08:00-16:00)	Vardiya 3 (16:00-24:00)
Tavan kömürü alınması	Arın kesimi	Bakım

Normal çalışma düzeninde ayak ilerlemesi günde 3 arın kesimi olarak planlanmıştır. Arın kesimi vardiyasında 3 kesim tamamlanır ve bir sonraki vardiyada bakıma geçilerek tüm teçhizatların gerekli görülen tamir ve bakımları yapılır. Takip eden vardiyada ise tavan kömürü alınır.



Şekil 2.8. Mekanize ayak çalışma düzeni (Destanoğlu ve diğ., 2000).

### 2.5.1.1. Arın kesimi

Kömür kesme işlemi genelde tek yönlü olarak yapılmakta, gerekli görülen hallerde çift yönlü kesim de uygulanmaktadır. Tek yönlü kesme metodu Şekil 2.9'da gösterilmiştir. Kömür kesimine ayak motorbaşından veya ayak kuyruğundan başlanabilir. Ayak başı yöntemi olarak adlandırılan bu kesim yöntemi aşağıdaki gibidir:

Şekil 2.9- a: tavan kömürü alınması bitirilmiştir ve kesici makine henüz arına girmemiştir.

Şekil 2.9- b: kesici makine motorbaşından başlayarak taban temizliğine girer ve makineyi takiben ayak konveyörü arına itilir.

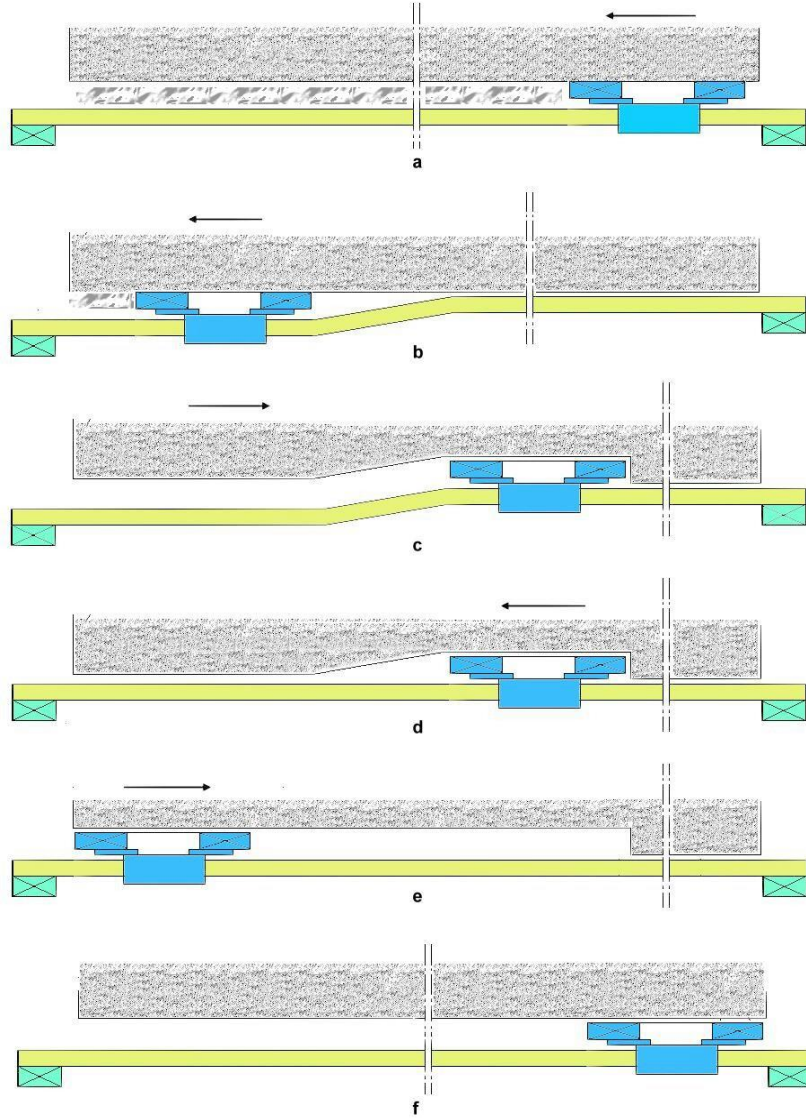
Şekil 2.9- c: kesici makine ayak kuyruğuna ulaştığında, geri dönerek ayak konveyörünün arına ötelendiği kıvrımlı bölgede arına tam olarak girer.

Şekil 2.9- d: kesici makinenin arına girmesinden sonra, daha önceden makine tarafından tabanı temizlenen kuyruk tarafında konveyör arına itilir. Böylece konveyör istikameti düzeltilmiş olur.

Şekil 2.9- e: kesici makine tekrar geriye dönerek kuyruk girişindeki, sonradan ayak konveyörünün dayanıldığı yerdeki arın kesimini yaparak geri döner.

Şekil 2.9- f: kesici makine motorbaşına doğru ilerleyerek tüm arın kesimini bitirir ve Şekil 2.9-a'da gösterilen konuma gelir. Böylece kesim işlemi tamamlanır.

Arın kesim işleminin 3 defada tamamlanarak 1,8 metrelik ilerleme yapılması hedeflenmesine rağmen M1 panoda gözlemlenen tavan kömürü kayıpları nedeniyle arın ilerlemesinin 2 aşamada ve 1,2 metre olarak yapılması uygun görülmüş ve diğer ayaklarda da üretim bu şekilde sürdürülmüştür.

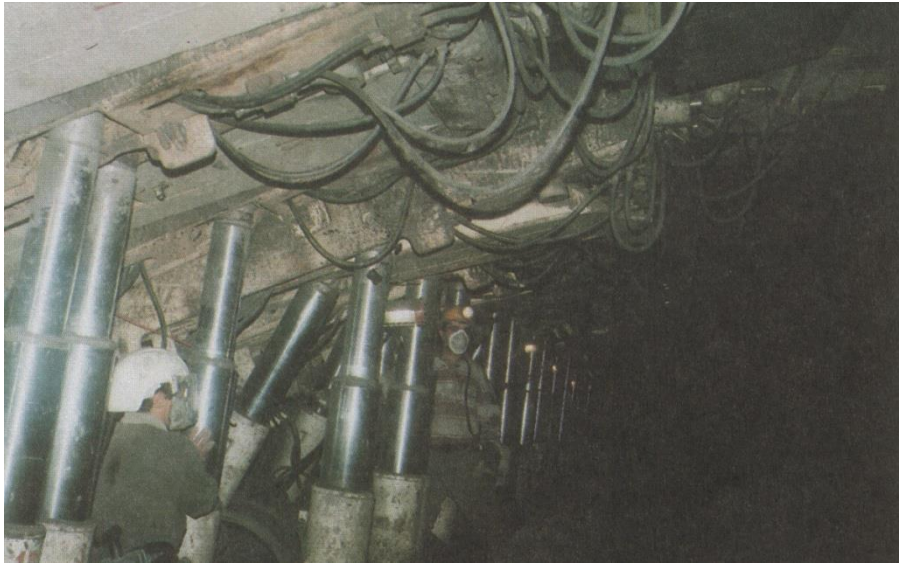


Şekil 2.9. Kesici makine kesim düzeni (Destanoğlu ve diğ., 2000).

### 2.5.1.2. YTÜ'lerin ilerletilmesi

YTÜ ilerletimi kesici makinenin 5 m arkasından, ayak konveyörünün sonuna kadar yapılmaktadır. Her bir YTÜ'nün kumanda işlemi yanındaki tahkimatın üzerinden yapılır. İlerletilecek tahkimatın, öncelikle ayna tutucusu ve uzatılabilir sarması geri çekilir. YTÜ'lerin ana direkleri tavan kırılmasına müsaade edilmeyecek kadar alçaltılır.

Bu durumda tahkimat üzerindeki tavan yükü azaltılmış olur. YTÜ'nün alçalması ile birlikte, itme-çekme pistonu açılır, pistona bağlı bulunan itme-çekme kızağının geriye gitmesi ile de YTÜ öne doğru hareket eder. Yerine geldikten sonra da tavan sarmasının paralelliğine dikkat edilerek ana direkler kaldırılıp YTÜ sıkılır. Arında boşluk bulunduğu takdirde uzatılabilir sarma ileriye doğru sürülür ve arın tutucu arına yaslanır. Bu işlemlerden önce tavan kömürü alımı sırasında YTÜ ile ayak konveyörü arasında dolan pasanın temizlenmesi gerekmektedir. YTÜ'lerin ilerletilmesi esnasında, yatık pozisyonda olan YTÜ'ler mutlaka düzeltilmelidir. Ayak motorbaşı YTÜ'leri (Ayak sonu 1), ayak konveyörü ötelendikten sonra toplayıcı konveyör ile birlikte ötelenerek ilerletilir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. YTÜ'lerin ilerletimi (Destanoğlu ve diğ., 2000).

### 2.5.1.3. Ayak konveyörünün ötelenmesi

Kesici makinanın kesim işlemine başlaması için makinanın kömür arınına girmesi gerekmektedir. Bu işlem kesici makine taban temizliği yaparken, makinanın 5-6 tahkimat gerisinden ayak içi konveyörünün arına ötelenmesi ile yapılır. Öteleme işlemi yanyana 2-4 tahkimatın itme çekme pistonu aynı anda kapatılarak sağlanır. Pistonun kapanması ile pistonun bağlı olduğu itme-çekme kızağı ileriye doğru hareketlenerek konveyörün aynaya

doğru itilmesini sağlar. 3. kesimin bitirilmesinden sonra konveyör arına ötelenmez ve üretim tavan kömürü periyoduna geçer (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Ayak konveyörünün ötelenmesi (Destanoğlu ve diğ., 2000).

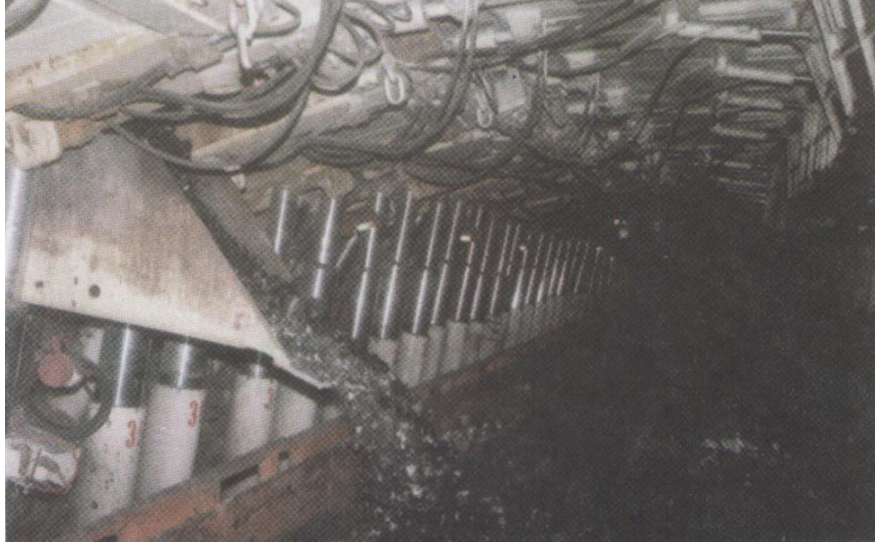
#### 2.5.1.4. Tavan kömürünün alınması

Tavan kömürü, YTÜ'lerde bulunan kömür akıtma pencerelerinin açılması, kömürün bu pencerelerden konveyör üzerine akıtılması ile alınmaktadır (Şekil 2.12). Çift dilimli çalışılan bölgede tavan kömürü tek seferde alınırken, tek dilimle çalışılan yerde tavan kömürü iki seferde alınmaktadır. 1. adımda tavan kömürü kalınlığının yarısı, 2. adımda ise diğer yarısı alınmaktadır. Bu sayede tavan kömürünün kırılğanlığının arttırılması sağlanmaktadır.

Pencere açım işlemi, penceresi açılan YTÜ'nün yanındaki komşu YTÜ'den yapılmaktadır. YTÜ penceresinden kömür akışı pencere açısının değiştirilmesi ile sağlanır ve konveyör üzerinde kömürün aşırı yığılması önlenmiş olur. Pencereyi iri blokların kapattığı durumlarda pencere devamlı açılıp kapatılarak iri blokların kırılması sağlanmaktadır. Kömürün kendiliğinden akmaması durumunda, pencere içerisinden veya tahkimatlar arası boşluktan yararlanılarak kontrollü delme-patlatma işlemi yapılmaktadır. Delik delme işlemi, tavan kömürünün kalınlığına ve durumuna bağlı olarak, 3-6 metre uzunluğunda yapılır. Dinamit lokumları, 6 metre tel uzunluğuna sahip kapsül ile delik



içerisine yerleştirilir ve gruplar halinde patlatma yapılarak kömür bloklarının parçalanması sağlanır. Genelde 2 veya 3 pencereden, aynı anda tavan kömürü alınmaktadır.



Şekil 2.12. Tavan kömürünün alınması (Destanoğlu ve diğ., 2000).

#### **2.5.1.5. Bakım**

Kömür nakliye sisteminin çok uzun olması ve mekanize pano ekipmanlarının (kesici-yükleyici makine, YTÜ'ler, ayak içi ve toplayıcı konveyör, 40''lık bantlı konveyör) sürekli kontrol ve bakım gerektirmesi nedeniyle bakım tertibi büyük bir süreyi kapsamaktadır. Ayrıca bakım vardiyalarında, madencilik açısından gerekli olan diğer işler örneğin; motorbaşı ve kuyruk yolunda ayak önlerindeki galeri tahkimatlarının sökülerek yeni tahkimatların yapılması, tavanda delme-patlatma, ayak içi tahkimat temizliği v.b. yapılmaktadır.

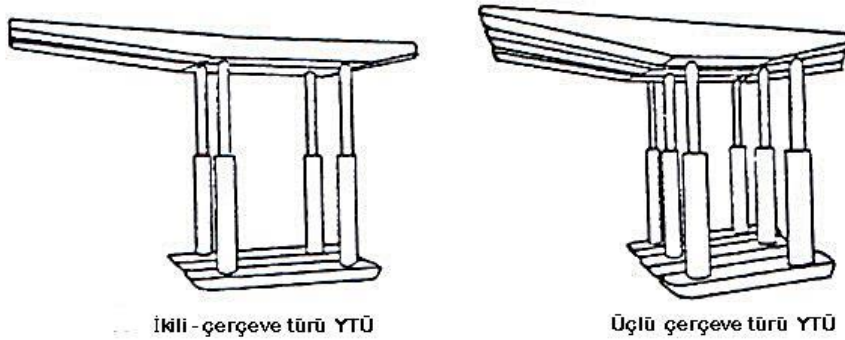
### 3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

#### 3.1. Yürüyen Tahkimat Üniteleri (YTÜ)

YTÜ'lerin kullanılmaya başlanması 1950'li yılların başlarına dayanmaktadır. Günümüze kadar dünyanın birçok yerinde kullanım alanı bulmuş, sayısız modeller geliştirilmiş, üretilmiş ve halen kullanılmaktadırlar. Genel olarak YTÜ'leri üç türde incelemek mümkündür. Bunlar çerçeve, domuz damı ve kalkan türü YTÜ'lerdir.

##### 3.1.1. Çerçeve Türü YTÜ'ler

Çerçeve türü YTÜ, klasik ayaklarda kullanılan hidrolik direklerin bir uzantısı olup, kendisini ilerletebilen hidrolik güçlü YTÜ'lerin geliştirilen ilk tipidir (Şekil 3.1). Çerçeve türü YTÜ'ler çok basit, fakat bükülgen ve yapısal olarak düşük dengelidirler. YTÜ tavanında iki sarma arasındaki geniş açıklıkların tavadan iri blokların düşmesine müsait olması ve bükülgen yapıları nedenleriyle 1970'li yılların sonlarında kullanımları son bulmuştur.

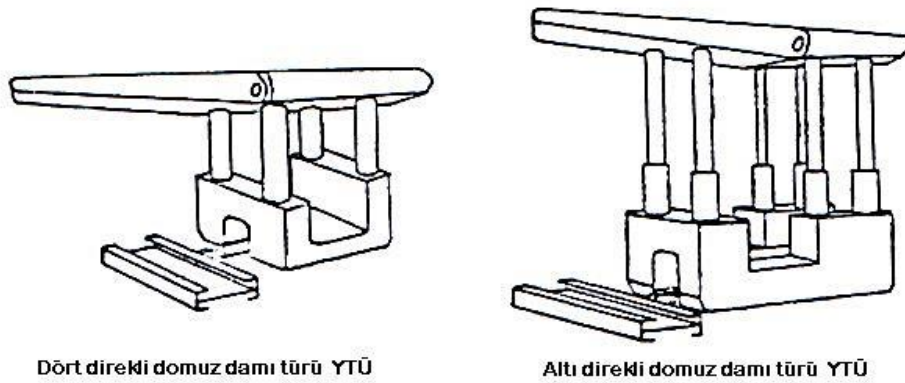


Şekil 3.1. Çerçeve türü YTÜ'ler (Peng, 2006).

##### 3.1.2. Domuz Damı Türü YTÜ'ler

Domuz damı türü YTÜ'de tavan sarması kapalı, taban şase ise iki ayrı parça halinde ön ve arkada çelik çubuklarla birbirlerine bağlantılıdır (Şekil 3.2). Taban şase

altında ortada geniş bir oluk bırakılmış, buraya yerleştirilen hidrolik piston sayesinde hem konveyörün ötelenmesi hem de tahkimatın kendisini ilerletmesi sağlanmaktadır. Tüm hidrolik direkler taban şase ve tavan sarması arasında dikey olarak yerleştirilmiştir. Hidrolik direk sayısı üç ile altı direk arasında değişmekle birlikte, en popüler olanı dört direkli domuz damı türü YTÜ'lerdir. Çerçeve türü YTÜ'lere göre daha stabil ve masif yapıya sahiptirler.



Şekil 3.2. Domuz damı türü YTÜ'ler (Peng, 2006).

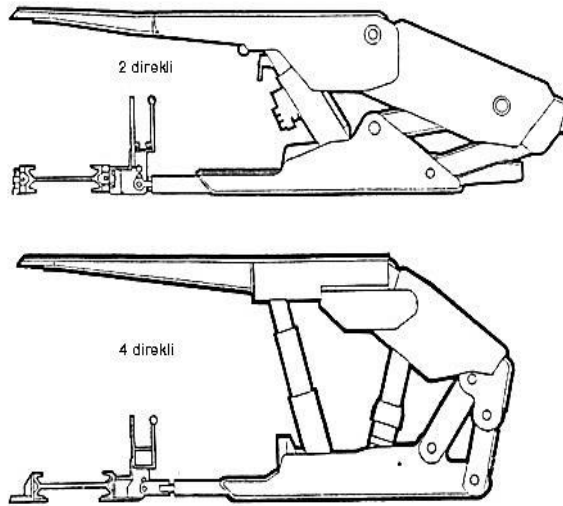
### 3.1.3. Kalkan Türü YTÜ'ler

Kalkan türü YTÜ'lerin en önemli özelliği, YTÜ'ye kalkan formu verilerek göçük hattının YTÜ'nün hemen arkasında oluşturulmasıdır. YTÜ'ye göçük sarması ve lemniskat bağlantı sistemi eklenmiştir. Lemniskat bağlantı arkada göçük sarması ile taban şase arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. Genellikle eğimli olan göçük sarması, tavan sarmasına menteşeli bağlanmakta ve lemniskat bağlantı ile de tahkimatı kinematik olarak daha stabil hale getirmektedir. Ayrıca göçük tarafını kapatması nedeniyle YTÜ'nün ayna tarafına tavan taşı pasasının dökülmesini önlemektedir. Bu yönüyle kalkan türü YTÜ kullanılan uzunayaklar daha temizdir.

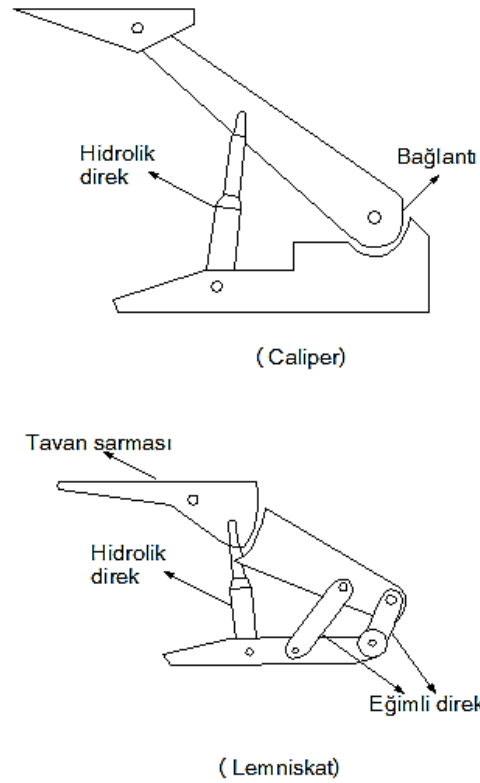
Kalkan türü YTÜ'lerde hidrolik direkler genelde eğimli yerleştirirler ve böylece geniş bir çalışma yüksekliği aralığı ve daha çok açık alan sağlanır. Tavan sarması, göçük sarması ve taban şase ara bağlantılı olduğundan YTÜ yatay kuvvetlere daha dirençli olmaktadır.

Kalkan türü YTÜ'lerin iki ayrı tipi vardır. Bunlar, iki direkli ve dört direkli kalkan türü tahkimatlarıdır. İki direkli YTÜ'lerde her iki direk tavan sarması ile taban şase arasında yerleşik iken, dört direkli YTÜ'lerde ön iki direk tavan sarması ile taban şase arasında; arka iki direk ise göçük sarması ile taban şase arasında yerleşiktirler (Şekil 3.3).

Kalkan türü iki direkli YTÜ'lerin de iki tipi vardır (Şekil 3.4). Birincisi Caliper tipidir. Bu YTÜ'nün oldukça basit bir tasarımı olmasına karşılık tavan sarmasının arına göre konumu hidrolik direklerin uzama miktarına bağlıdır. Bu yapısal sınırlama sistemin en önemli sakıncasıdır. Ayrıca, normal konverjans altında tavan sarmasının alçalması tavan seviyesinde önemli sürtünme kuvveti oluşturur. YTÜ, söz konusu kuvvetin etkisiyle göçüğe doğru hareket eder. Sürtünme kuvvetinin diğer bir etkisi de tahkimatın esneme kapasitesini hissedilir ölçüde azaltmasıdır. İkinci tip ise lemniskat tipidir. Bu tip ile yukarıda belirtilen sakıncalar ortadan kaldırılmıştır. Bu tip bugün en popüler olan YTÜ tipidir.



Şekil 3.3. Kalkan türü YTÜ'ler (Peng, 2006).



Şekil 3.4. Caliper ve Lemniskat tipi kalkan YTÜ'ler (Birön ve Arıoğlu, 1980).

### 3.2. YTÜ'lerde Basınç Oluşumu ve Tipleri

YTÜ'ye ön yükleme yapılırken hidrolik sıvı direk silindiri alt bölümüne içine dolar. Sıvı dolmaya devam ederken, ana sarma tavana değene kadar hidrolik direk yükselir. Bundan sonra, silindirin alt bölümündeki sıvı basıncı hızlı bir şekilde hidrolik pompanın çalışma basıncına kadar yükselir. Bu noktada kontrol valfi kapatılır ve sıvı hapis kalır. Sıvı hidrolik pompanın çalışma basıncındadır. Bu da YTÜ'nün ön yükleme basıncıdır. YTÜ ön yükleme basıncı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır (Peng ve Chiang, 1984).

$$p_s = \frac{\pi d^2}{4 \times 2000} \sigma_s \text{ (ton)} \quad (3.1)$$

Burada:

d: direk silindiri alt bölme iç çapı (inç),

$\sigma_s$ : pompa basıncıdır (psi).

YTÜ'nün ön yükleme kuvveti de

$$P_s = n\eta p_s \text{ (ton)} \quad (3.2)$$

ile hesaplanır. Burada n, direk adedi,  $\eta$  ise tahkimat randımanıdır. Çerçeve ve domuz damı tipi YTÜ'lerde direkler dik yerleştiği için  $\eta = \%100$  alınırken, kalkan tipi YTÜ'lerde bu değer direk eğimine bağlı olarak değişmektedir.

Ön yüklemeden sonra tavan kapanmaya devam eder ve direk silindiri içindeki sıvıyı sıkıştırır. Tavan konverjansı arttığı sürece silindir içindeki sıvı basıncı da artar. Hidrolik silindir ve pistonun zarar görmemesi için her YTÜ esneme basıncı adı verilen bir basınç değerinde koruma altına alınır. Bu iş genellikle silindir dış yüzeyine yerleştirilen emniyet valfi ile yapılır. Silindir içindeki sıvı basıncı esneme basıncını aştığında emniyet valfi açılır ve sıvı boşalır. Artan sıvı basıncı düşerek yeniden dengelenir.

Direk esneme yükü  $p_y$  ve YTÜ esneme yükü  $P_y$  aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$p_y = \frac{\pi d^2}{4 \times 2000} \sigma_y \text{ (ton)} \quad (3.3)$$

$$P_y = n\eta p_y \text{ (ton)} \quad (3.4)$$

burada:

d: direk silindiri alt bölme iç çapı (inç),

$\sigma_y$ : emniyet basıncıdır (psi).

YTÜ'lerin yük taşıma kapasiteleri geleneksel olarak esneme yükleri ile gösterilir. Örneğin 900 tonluk kapasiteli YTÜ demek, YTÜ emniyet yükünün 900 ton olduğunu belirtir. Fakat tavan sarma boylarının ve YTÜ genişliklerinin modelden modele değişmesi nedeniyle emniyet yükü ile belirtme her zaman yeterli olmamaktadır. Bu nedenle çoğunlukla yük yoğunluğu tabiri kullanılır. Yük yoğunluğu, tahkim edilen birim tavan alanına gelen yüküdür. Ön yük yoğunluğu, ön yükleme anındaki tavan yükünün tahkim

edilen tavan alanına bölünmesi ile, esneme yük yoğunluğu ise esneme anındaki tavan yükünün tahkim edilen tavan alanına bölünmesi ile hesaplanır (Wilson, 1975).

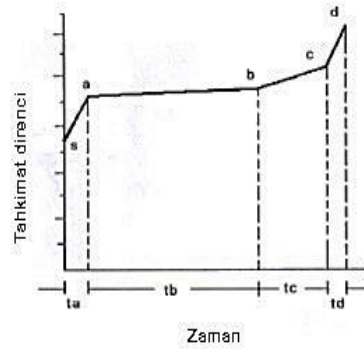
YTÜ tavan taban arasına yerleştirildikten sonra yükü ön yükleme seviyesinde sabit kalmaz. Tavan tabakası, YTÜ ve taban tabakası etkileşimleri sonucu periyottan periyoda değişiklik gösterir.

YTÜ'lerin ana direklerinde oluşan basınçların izlenmesi, uzunayak panolarında meydana gelen tavan göçme mekanizmalarının anlaşılması açısından çok önemli bilgiler vermektedir. Elde edilen bu bilgiler, YTÜ'lerin çalışma koşullarının iyileştirilmesi, ön yükleme ve emniyet yükü değerlerinin tespiti ve değerlendirilmesi, ayak ilerleme hızının artırılması, yeni panoların planlaması, daha emniyetli çalışma koşullarının sağlanması, sistem performansının artırılması gibi konularda oldukça faydalı olmaktadır.

YTÜ'lerde oluşan basınçların değişim nedenleri; tavan yükü veya oturması, taban tabakalarının karakteristiklerine bağlı olarak oluşan taban kabarması, kazı süreçleri ve aktiviteleri, değişik ön yükleme basınçları, kalın damarlarda tahkimat üzerindeki pencereler vasıtasıyla tavan kömürünün üretilmesi vb. olarak sıralanabilir.

YTÜ'lerde oluşan basınçların en önemli kaynakları yalancı tavan ve ana tavan yüküdür. Diğer faktörlerin YTÜ'ler üzerine etkileri bu yüklere göre oldukça azdır. Fakat göçertmeli uzunayaklarda, tavan kömürünün göçertilmesi de YTÜ'ler üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır.

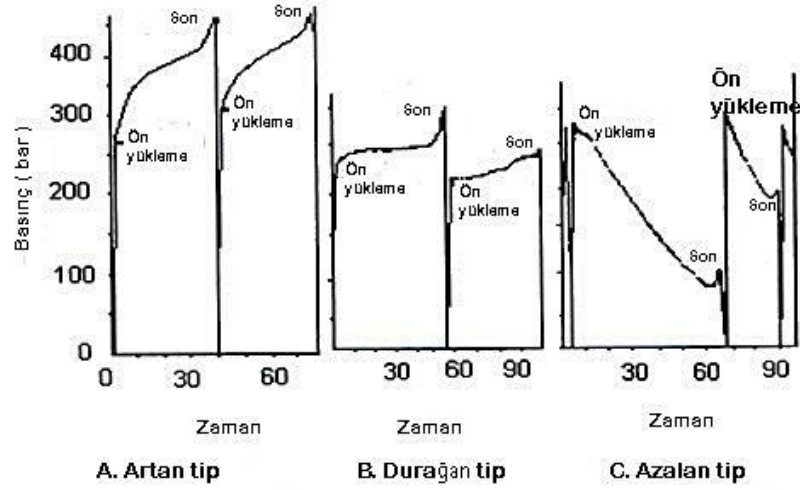
ABD Batı Kömür Ocaklarında, uzunayaklarda YTÜ'ler ile tavan tabakalarının etkileşimini araştırmak üzere bir dizi çalışma yapılmıştır. Bu uzunayaklarda tek dilim olarak ( $\approx$  3metre kalınlık) tam mekanize kazı yapılmaktadır. Bu çalışmalar sonucu ortaya çıkan tahkimat basınçlarının çoğu artan tipte basınçlardır (Şekil 3.5). Bu tip basınç eğrisinde, tahkimat direnci artışı dört safha olarak değerlendirilmektedir. Birinci safha ön yükleme basıncı (s) sonrası keskin bir artışı göstermektedir ve tavan yükü ile bağıl bir denge oluşturana kadar artmaktadır (ta). İkinci safha ise sabit bir artışı gösterir (tb), daha sonra kesici makinenin yaklaşması nedeniyle oluşan üçüncü safhaya geçilir (tc). Son olarak dördüncü safha da ise komşu YTÜ'lerin ilerletimi sonucu aktarılan yük nedeniyle oluşan hızlı artan bir basınç meydana gelir (td) (Peng ve Chiang, 1984, Sally ve diğerleri, 1988).



Şekil 3.5. YTÜ'lerde direnç eğrisi (Peng ve Chiang,1984).

1998 yılında Peng, ABD kömür ocaklarında yaptığı çalışmalar sonucunda, uzunayaklarda üretim esnasında YTÜ'lerde oluşan üç tip basınç değişimi tespit etmiştir (Şekil 3.6). Birincisi artan basınç tipidir, geniş bir basınç artışı gösterir ve bu artış üç safhada gerçekleşir. Tavan hareketinin yoğun olduğu durumlarda, direk basıncı emniyet yüküne kadar ulaşabilir. İkinci tip dengeli (Durağan) basınç tipidir, artan basınç tipine nazaran daha az tavan yükü tahkimat üzerine gelmektedir. Üçüncü tip ise azalan basınç tipidir ve bu durumda tavan yükü oldukça zayıftır. YTÜ tavan sarması ile tavan tabakası arasında oldukça fazla parçalanmış malzeme mevcuttur veya direkte hidrolik sıvı kaçağı olabilir. Bu tip basınç eğrisinde, ön yük basıncından hemen sonra hızlı bir şekilde basınç azalması meydana gelir ve azalma devam eder. Bazı durumlarda son basınç değerine ulaşıldığı zaman hızlı bir yükselme gözlenmektedir.





Şekil 3.6. YTÜ'lerde oluşan üç tip basınç değişimi (Peng, 1998).

### 3.3. YTÜ'lerde Tavan Yükünün Saptanması

YTÜ üzerine gelen tavan yükü tavan sarması ve göçük sarması üzerine gelen yük olmak üzere iki kısımdan oluşur. Tavan sarması üzerine gelen yükün iki kaynağı vardır: tavan tabakasının ağırlığı ve tavan tabakasının yatay hareketleri sırasında oluşan arına paralel ve dikey olarak gelişen yanıl kuvvetlerdir. Göçük sarması üzerine gelen yük ise sarma üzerine yığılan göçmüş tavan tabaka parçalarının ağırlığıdır.

Birçok araştırmacı özellikle tavan sarması üzerine gelen tavan tabakasının ağırlığından dolayı oluşan yükün hesaplanması üzerine yoğunlaşmışlardır.

İngiltere'de bu konu ile ilgili yayımlanmış çalışmalara göre, YTÜ'nün minimum taşıma kapasitesi damar kalınlığına bağılı olarak aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir (Şekil 3.7).

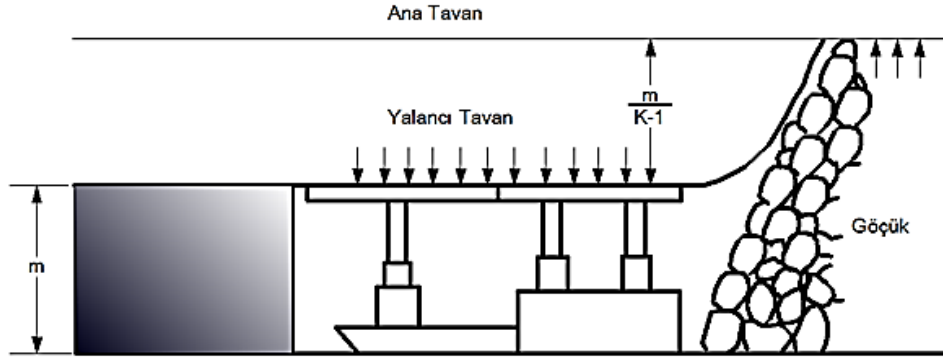
$$P_{min} = \gamma \cdot \frac{m}{K-1} \quad (3.5)$$

Burada:

$\gamma$  : tavan taşının ortalama yoğunluğu,

m: damar kalınlığı,

K: taşın hacimce kabarma faktörüdür.

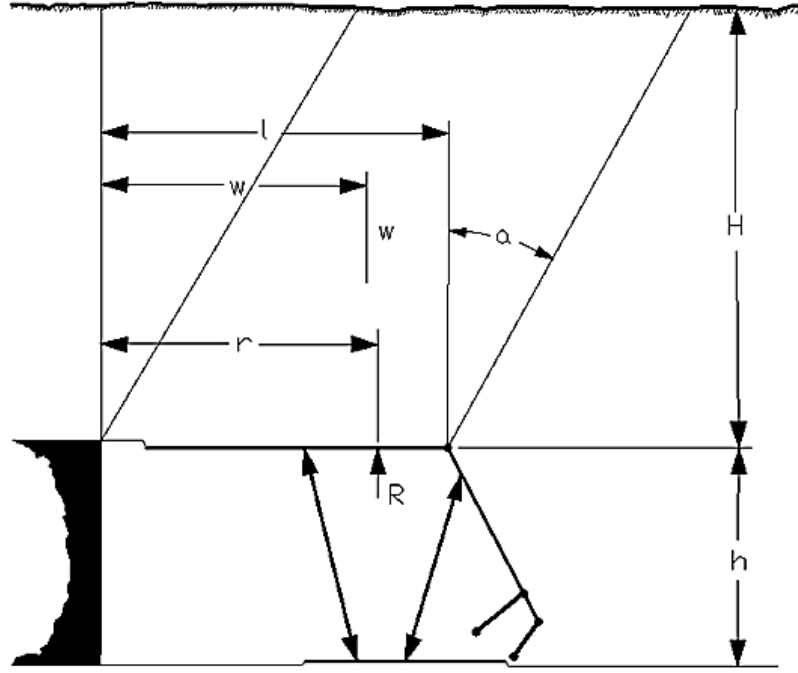


Şekil 3.7. Ayak içi YTÜ'ye gelen yükün hesabı (Birön ve Arıoğlu, 1980).

Wilson (1975), YTÜ üzerindeki serbest blok olarak yer alan yalancı tavanın hemen tahkim edilmesi gerektiğini kabul etmektedir (Şekil 3.8). Wilson göçük malzemesinin bakır kayacın 1,5 katı hacim kapladığını kabul ederek tahkim edilmesi gereken yalancı tavan yüksekliğini kazı yüksekliğinin 2 katı olarak hesaplamaktadır.

Wilson tarafından eğimli ayaklar için önerilen yük hesabı ortalama yük yoğunluğu (MLD) cinsinden aşağıdaki gibidir.

$$MLD = W. \left( \frac{\sin\alpha}{\tan\theta} + \cos\alpha \right) \quad (\text{kN/m}^2) \quad (3.6)$$



Şekil 3.8. YTÜ üzerindeki tavan bloğu ve yükler (Wilson, 1975).

Burada:

W: yalancı tavanın statik ağırlığı ( $\text{kN/m}^2$ )

$\alpha$ : damar eğimi (derece)

$\emptyset$ : tabakalar arasındaki sürtünme açısıdır.

Jacobi (1981) tarafından gerekli minimum yük yoğunluğu,  $18^\circ$  eğimli bir damar için kazı yüksekliğinin bir fonksiyonu olarak kabul edilmektedir. Gerekli yük yoğunluğu (A) aşağıdaki formül ile verilmektedir.

$$A = 1,6 \times 25 \times H \quad (3.7)$$

H: damar kalınlığı (m),

25: tavan taşı yoğunluğu ( $\text{kN/m}^3$ ),

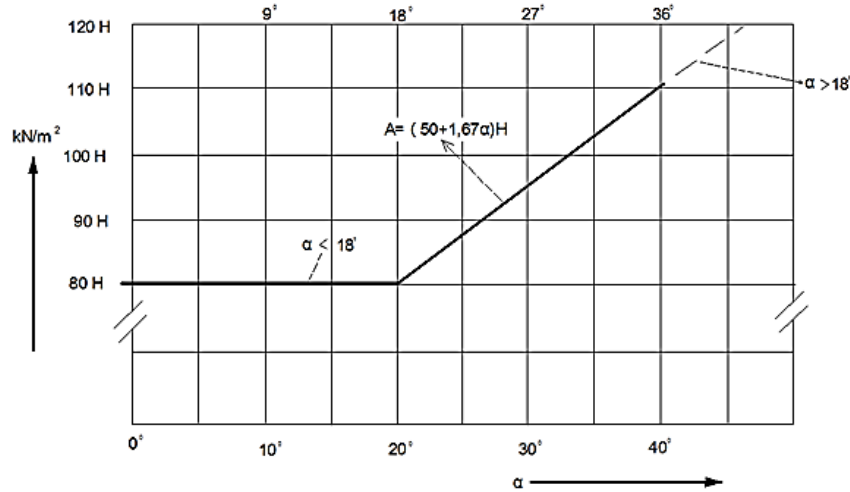
1,6: emniyet katsayısı,

2: kaya yükü yükseklik faktörü (kömür damar kalınlığının 2 katı)

Eğimli damarlar için formül:

$$A = (50 + 1,67 \cdot \alpha)H \quad (3.8)$$

burada  $\alpha$ : eğim (derece)'dir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Eğimli damarlarda tavan yükü (Jacobi, 1981).

Ayrılmış tavan bloğu metodu (Detached roof block method) YTÜ üreticileri tarafından en çok kullanılan YTÜ yükü hesaplama yöntemidir. Bu metotta ayrılan tavan bloğunun yüksekliğinin tahmininde iki faktör kullanılmaktadır. Bunlar stratigrafik yapı ve kabarma faktörüdür. İlk olarak, sondaj stratigrafik tabakalaşma kullanılarak yalancı tavan ve ana tavan kontak yüzeyi saptanır. Kontak yüzeyinin bulunduğu nokta kömür damarı üzerindeki yalancı tavanın kalınlığını verir. Yalancı tavanın ne kadarlık kısmının kazı sonucu oluşan boşluğu dolduracağı hacimsel kabarma faktörü ile saptanır. Böylece göçen tavan kayaları boşluğu kazı boşluğunu doldurur ve göçmeyen tavan tabakalarını tahkim eder. Sonuç olarak, saptanan serbest tavan bloğunun yüksekliği YTÜ tarafından taşınacak yükün hesabında kullanılır (Şekil 3.10). Serbest tavan bloğunun ağırlığı; aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$W = \frac{HByL}{Ko-1} \quad (3.9)$$

Burada:

H: kazı yüksekliği,

B: tahkimatlar arası mesafe (merkezden merkeze),

$\gamma$ : yalancı tavanın yoğunluğu,

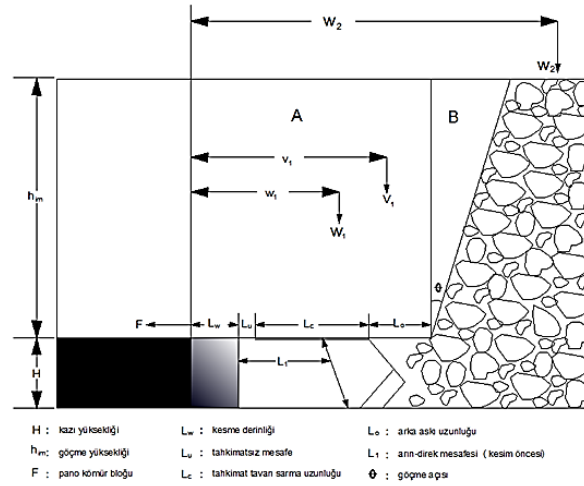
L: kesimden önce veya kesim sonrası bloğun uzunluğu,

$K_0$ : yalancı tavanın orijinal kabarma faktörüdür.

Kabarma faktörünün  $K_0=1,1-1,5$  arasında olması durumunda bloğun ağırlığı ise aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$W=(2-10) HB\gamma L \quad (3.10)$$

Buna bağıntıya göre ana tavan sarması üzerindeki kaya bloğunun ağırlığı hacimsel kabarma katsayısının seçimine göre kazı yüksekliğinin 2 ile 10 katı arasında değişmektedir.



Şekil 3.10. YTÜ'lerde genelleştirilmiş tavan yükü modeli (Peng, 2006).

Göçertme uygulanan kalın kömür damarlarında kullanılan YTÜ'lerin taşıma kapasitesi ise Tianhe, K. ve Zhongming, J. (1999) tarafından aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Şekil 3.11).

Tavan sarması üzerine gelen yük ( $P_1$ ) tavan kömürü ağırlığı ve kısmi göçen tavan taşının ağırlığından oluşur.

$$P_1 = (Mlb\gamma_1 + \frac{m}{K_p} lb\gamma_2)K_g \quad (3.11)$$

Burada:

$M$ : tavan kömürü kalınlığı (m),

$l$ : ayak genişliği (m),

$b$ : tahkimat genişliği (m),

$\gamma_1, \gamma_2$ : kömür ve tavan taşı ortalama yoğunluğu ( $\text{ton/m}^3$ ),

$m$ : kömür damarı kalınlığı (m),

$K_p$ : kabarma katsayısı,

$K_g$ : dinamik yük katsayısı,

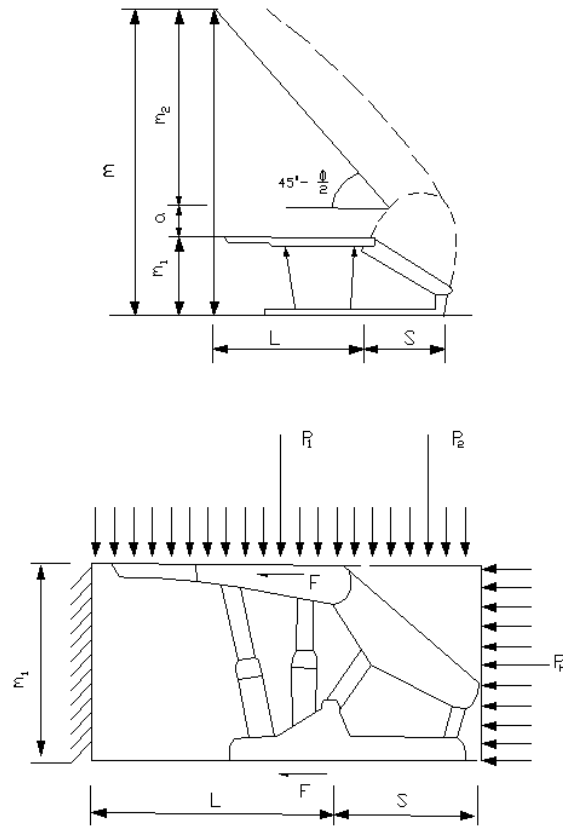
Göçük sarması üzerine gelen yük ( $P_2$ ), göçen tavan kömürü ağırlığı ve göçen tavan taşı ağırlığından oluşur.

$$P_2 = m_2 sb\gamma_1 + \frac{m}{K_p} sb\gamma_2 \quad (3.12)$$

$m_2$ : göçertilecek tavan kömürü yüksekliği (m),

$s$ : göçük sarmasının yatay uzunluğu (m),

$$\text{böylece tahkimat üzerindeki dikey kuvvet } P_v = P_1 + P_2 \quad (3.13)$$



Şekil 3.11. Göçertmeli uzunayaklarda YTÜ üzerine gelen yükler (Tianhe, K. ve Zhongming, J. 1999).

YTÜ üzerindeki yatay itme kuvveti ise göçükteki kömür ve pasa tarafından üretilen yanal basınçtan kaynaklanır. Yatay itme kuvveti ( $P_H$ ) aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$P_H = (M\gamma_1 + \frac{m}{Kp}\gamma_2) b m_1 \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2}) \quad (3.14)$$

Burada:

$m_1$ : tahkimatın ortalama yüksekliği (m),

$\phi$ : kömür yığınının içsel sürtünme açısı ( $20^\circ$ ).

Tahkimatın toplam taşıma kapasitesi (P) ise:

$$P = n\sqrt{(PV)^2 + (PH)^2} \quad (\text{ton /ünite}) \quad (3.15)$$

Burada,  $n$ : emniyet katsayısıdır ( $n=2$ ).

Göçertme uygulanan kalın kömür damarlarında tavan yükü hesaplamalarında kullanılan diğer bir yaklaşım Konak (1995) tarafından önerilmektedir. Ayak içi teorik yük yüksekliği aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$h = \frac{m(1-v)[s(\gamma_1-\gamma_2)+\gamma_2]}{(K-1)(1-s)\gamma_2} - \frac{mv(Kc-1)}{(K-1)} \quad (3.16)$$

Burada:

$h$ : yalancı tavan yüksekliği (m),

$m$ : maksimum damar kalınlığı (m),

$v$ : kömür kaybı (%),

$s$ : kömüre taş karışımı (%),

$\gamma_1$ : kömür yoğunluğu ( $\text{ton/m}^3$ ),

$\gamma_2$ : tavan taşı yoğunluğu ( $\text{ton/m}^3$ )

$K$ : tavan taşı kabarma faktörü,

$K_c$ : kömür kabarma faktörü.

### 3.3.1. YTÜ'lerde yük periyodu

Uzunayak panolarında teçhiz edilecek YTÜ'lere gelecek tavan yükünün saptanmasında kullanılan diğer bir yöntem, YTÜ ana direklerine gelen basınçların izlenmesi ile oluşan yüklerin istatistiksel olarak saptanmasıdır. Bu yöntem ile mevcut YTÜ'lerin yeterlilikleri değerlendirilebilmekte ve ileriki tahkimat tasarımlarında iyileştirme yapabileme imkanı sunulmaktadır. Ayrıca bu yöntem, benzer jeolojik koşullara sahip damar veya damarlarda kullanılacak YTÜ'lerin seçiminde yardımcı olmaktadır.

Yük periyodu analizi (Load Cycle Analysis) adı verilen bu yöntemde, YTÜ ana direklerine bağlanan basınç sensörleri ile gerçek zamanlı basınç ölçümleri alınmakta ve bir

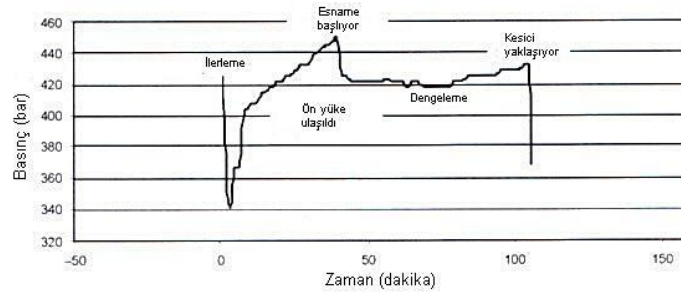


veya birden fazla üretim panosunda yapılan ölçümler sonucu istatistiksel analizler için yeterli veri toplanabilmektedir. YTÜ'lerde yük periyodu, tahkimatın ön yükleme yapıldığı andan bir sonraki serbest kalma ve hareketine kadar geçen süredeki basınç veya yük değişimidir. Ölçülen yük periyotlarında oluşan son basınç değerlerinin YTÜ kapasitesi hesabında kullanılması mümkündür. Son basınç değerlerinin yeterli görülmemesi durumunda zaman ağırlıklı direnç veya basınç değerleri kullanılabilir (Peng, 2006).

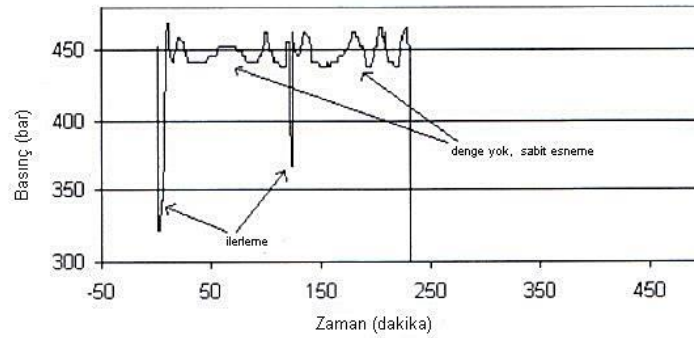
Yukarıda bahsedilen metotlar, bir yük periyodunda ölçülen direk basınçlarının esneme basıncını hiç geçmediği veya nadiren geçtiği durumda uygulanabilir olmaktadır. Trueman ve diğerleri (2005, 2008), kalın kömür damarlarında veya düşük ön yükleme basıncına sahip YTÜ'ler kullanıldığında direk basınçlarının bir veya daha fazla esneme yüküne ulaştıklarını belirtmektedirler. Emniyet valfinin açıldığı andan bir sonraki emniyet valfinin açılmasına kadar geçen süre esneme periyodu olarak adlandırılmaktadır. Esneme periyodunun karakteristiklerine bağlı olarak aşağıdaki saptamaları yapmışlardır.

- A. Yeterli YTÜ kapasitesi ve yeterli ön yükleme basıncı - direk yük periyotları Şekil 3.6 A ve B'de verilen tiplerle uyumlu ise ön yükleme basıncı ve esneme basıncı yeterlidir.
- B. Yeterli YTÜ taşıma kapasitesi fakat çok yüksek ön yükleme basıncı - bir veya birden fazla esneme periyodu sonrası tavan konverjansı ve basınç artışı dengeye ulaşmaktadır (Şekil 3.12).
- C. Yetersiz YTÜ taşıma kapasitesi - YTÜ direk basıncı ve tavan konverjansın dengeye ulaştığını gösteren bir işaret olmaksızın esneme periyotları sürmektedir (Şekil 3.13).

Hangi koşulda olursa olsun, YTÜ direk basınçları sağlıklı bilgiler sağlamaktadır. Bu ölçümler istatistiksel olarak karşılaştırılmalı ve YTÜ'lerin hangi yüklerle karşılaşacağına saptanmasında kullanılmalıdırlar.



Şekil 3.12. Tahkimat yükü- esneme sonrası denge hali (Trueman ve diğ., 2005).



Şekil 3.13. Tahkimat yükü- sürekli esneme periyodunda (Trueman ve diğ., 2005).

Peng ve diğerleri (1986) 10 uzunayakta yaptıkları basınç ölçümleri sonucu yük periyodu analizlerini kullanarak YTÜ esneme yükünün belirlenmesinde istatistiksel bir yaklaşım oluşturmuşlardır.

YTÜ esneme yükünün hesaplanması, optimum ön yükleme yükünün saptanmasına bağlıdır. Esneme yükü, ön yükleme yükü ile toplam yük artışının toplamına eşittir.

Bir yük periyodunda YTÜ yükü şu şekilde değişir; ön yükleme sonrası eğer ön yükleme yükü düşük ise YTÜ tavan yükünü dengeleyemez ve tavan konverjansı hızlı bir şekilde artar. 10 ile 30 dakikalık bir sürede tahkimat  $\Delta P_1$  kadar bir yük alır. Daha sonra tahkimat ana tavanın hareketi nedeniyle  $\Delta P_2$  kadar yavaş hızlı yük almaya devam eder. Sonra kesici makine tahkimat önüne geldiğinde, kesim ile birlikte daha çok açık alan yaratır. Bu, diğer bir dengesiz bir durum yaratır ve tahkimat  $\Delta P_3$  kadar bir yük daha alır. Kesici makinenin ilerlemesi ile birlikte komşu YTÜ ilerletilir ve bu hareket henüz

ilerlememiş YTÜ üzerine  $\Delta P_4$  kadar bir yükün transferine neden olur. Bu yük periyodu sonucu YTÜ üzerindeki oluşan toplam yük artışı ( $\Delta P_f$ ) aşağıdaki gibidir.

$$\Delta P_f = P_f - P_s = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 \quad (3.17)$$

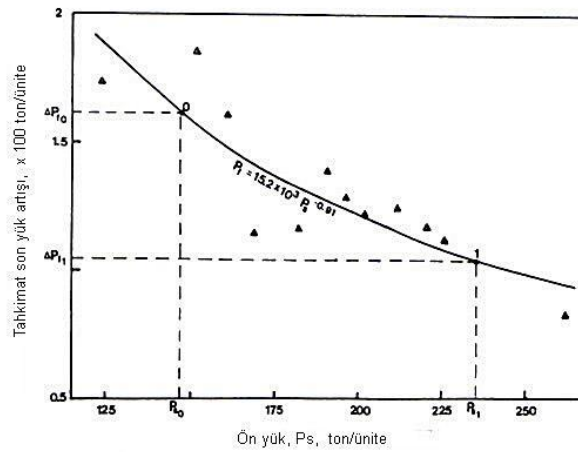
Burada,  $P_f$  YTÜ'nün son yükü ve  $P_s$  ise YTÜ'nün ön yükleme yüküdür.

Şekil 3.14'te 3 numaralı panoda yapılan ölçümlerin grafiği verilmektedir. Ön yükleme yükü ( $P_s$ ) ile toplam yük artışı ( $\Delta P_f$ ) arasındaki bağıntı aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir.

$$\Delta P_f = a P_s^{-b} \quad (3.18)$$

Burada; a ve b sabit sayılar olup panonun madencilik koşullarına göre değişirler. Arzu edilen YTÜ son yük değeri de ( $P_f$ ) şu şekilde oluşur:

$$P_f = P_s + \Delta P_f \quad (3.19)$$



Şekil 3.14. YTÜ ön yükü ile YTÜ yük artışı arasındaki ilişki (Peng ve diğ., 1986)

Eğer YTÜ artan yük koşullarında çalışacak ise esneme yükü ( $P_y$ ) arzu edilen son yük değerine ( $P_f$ ) eşit olmalıdır. Fakat pratikte ( $P_f$ ) değeri periyottan periyoda değişiklik göstermektedir ve istatistiksel olarak bir standart sapma ( $\sigma_f$ ) değerine sahiptir. Böylece esneme yükü ( $P_y$ ) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$P_y = P_f + 1,3 \sigma_f \quad (3.20)$$

Yukarıdaki bağıntıda 1,3 çarpanı, tahkimatın son yük değerinin esneme yükünü %10'dan fazla aşmamasını sağlar.

Eşitlik 3.18'e göre optimum ön yükleme yükü eğrinin birinci türevinin -1 değerine eşit olduğu noktadadır. Bu noktanın altında ön yükleme yük artışı, negatif son yük artışından daha düşüktür. Bu nokta kritik nokta olarak adlandırılır ve arzu edilen son yük değeri  $P_{fo}$ :

$$P_{fo} = P_{so} = \Delta P_{fo} \text{ 'dir.} \quad (3.21)$$

Burada,  $P_{so}$  kritik ön yük ve  $\Delta P_{fo}$  kritik toplam yük artışıdır. Yapılan ölçümlere göre gerçek ön yük basıncı nominal ön yük basıncının ortalama % 65,4'ü oranında gerçekleşmektedir. Böylece nominal ön yükü ( $P_{si}$ ), nominal son yük değeri ( $P_{fi}$ ) ve nominal esneme yükü ( $P_{yi}$ ) aşağıdaki gibi hesaplanır. Burada  $\Delta P_{fi}$  nominal ön yük kullanıldığında toplam yük artışıdır.

$$P_{si} = 1,6P_{so} \quad (3.22)$$

$$P_{fi} = P_{si} + \Delta P_{fi} \quad (3.23)$$

$$P_{yi} = P_{fi} + 1,3 \sigma_f = P_{si} + \Delta P_{fi} + 1,3 \sigma_f \quad (3.24)$$

YTÜ'lerdeki basınç değişimlerinin istatistiksel olarak değerlendirilerek, yeterli tahkimat yük kapasitesi seçiminde kullanılmasında diğer bir yöntem eklenik olasılık yöntemidir. Bessinger'a (1996) göre, basınç değişimlerinin karakterizasyonu, rasyonel ve istatistiksel olarak yeni bir tahkimatın dizaynı için esneme yük kapasitesine ulaşılmasına imkan tanımaktadır ve son yük değerinin eklenik olasılığını tahmin etmek üzere bir yaklaşım geliştirmiştir. Minimum % 87 eklenik olasılığın tasarım değeri için yeterli olabileceğini önermiştir. Bu değer altında, artan frekansta istenmeyen sonuçların elde edildiğini, % 87-93 aralığındaki değerlerin sonuçlarının ise çok az tavan kontrol problemlerine yol açtığını belirtmektedir.

## 4. ÖMERLER YERALTI OCAĞINDA YTÜ'LERDE BASINÇ ÖLÇÜMLERİ

Ömerler Yeraltı Ocağında YTÜ'lerde oluşan basınçlar ilk kez 11-21 Mart 2000 tarihlerinde M2 ayakta izlenmiştir. Sonraki ölçümler, 1 Kasım 2000-31 Ekim 2001 tarihleri arasında M3 ayakta yapılmıştır. Son olarak, 17 Temmuz-30 Kasım 2009 tarihlerinde M7 ayakta YTÜ basınçları izlenmiştir.

M2 ve M3 ayaklarda YTÜ'lerde ölçülen basınçlar, istatistiksel değerlendirmeler ve sonuçlar hakkında bilgiler özet olarak bu bölümde sunulmaktadır.

### 4.1. M2 Ayak YTÜ Basınç Ölçümleri

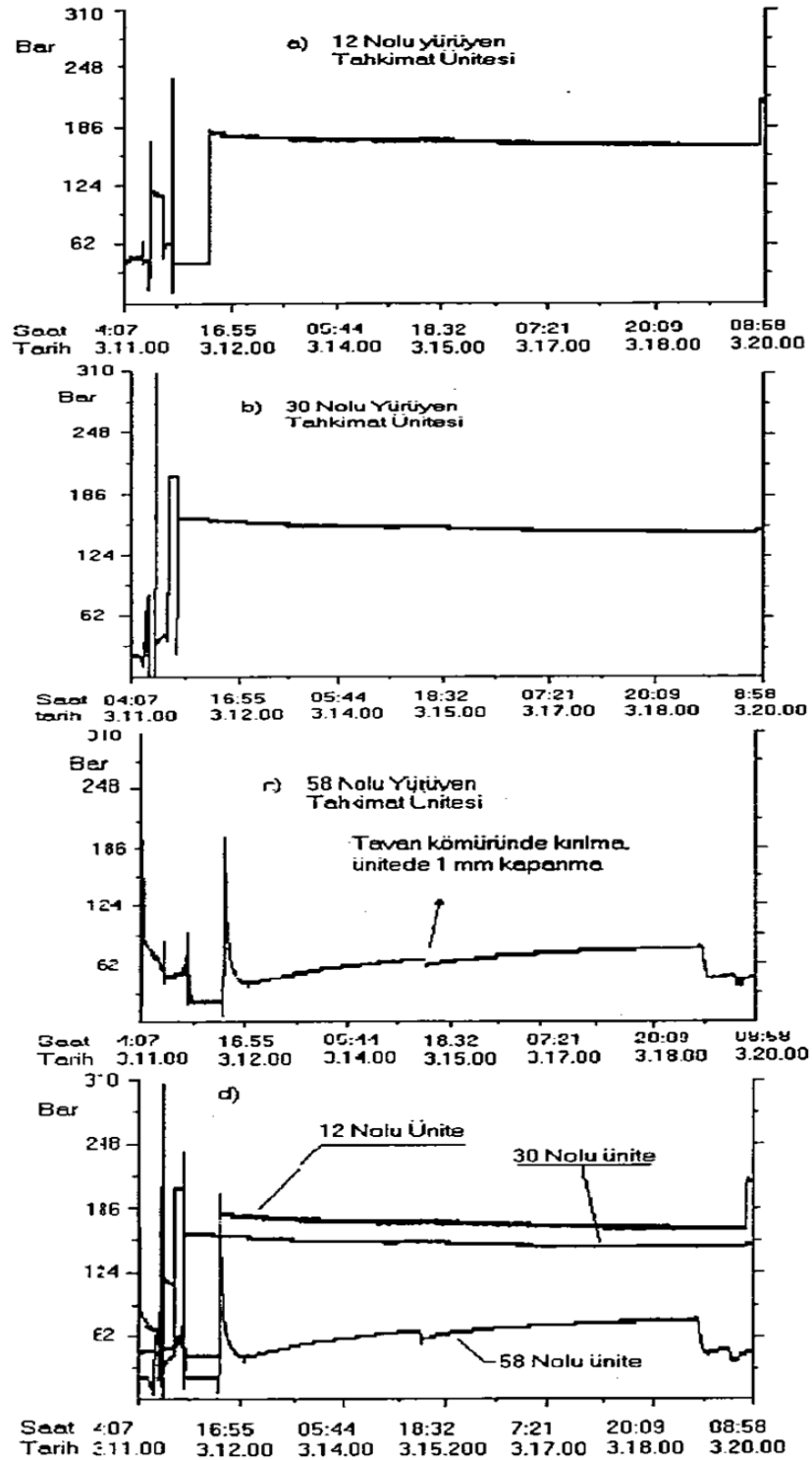
Ülkemizde kalın damar kömür madenciliğinin uygulandığı yeraltı kömür ocaklarında, göçertmeli uzunayak panolarındaki YTÜ'lerde oluşan basınç ölçümleri ilk kez Akdaş ve diğerleri (2000) tarafından Ömerler Yeraltı Ocağında M2 ayakta yapılmıştır. M2 ayak uzunluğu 90 metredir ve ayak içinde toplam 61 YTÜ kuruludur. Ortalama kömür damar kalınlığı 7,5 metredir ve bunun tabandan 3 metresi kesici makine ile kazılarak, kalan kısmı ise YTÜ üzerlerindeki pencerelerden göçertilerek üretilmiştir.

12, 30 ve 58 nolu YTÜ'lerin ana direklerine basınç hücreleri bağlanarak, bu YTÜ'lerde oluşan basınçlar merkezi izleme sistemi yardımıyla izlenmiştir. 11-21 Mart 2000 tarihleri arasında, üretim faaliyetinin olmadığı 9 günlük sürede ve sonraki 2 günlük üretim sürecinde YTÜ'lerde oluşan basınç değişimleri Şekil 4.1 ve 4.2'de verilmiştir.

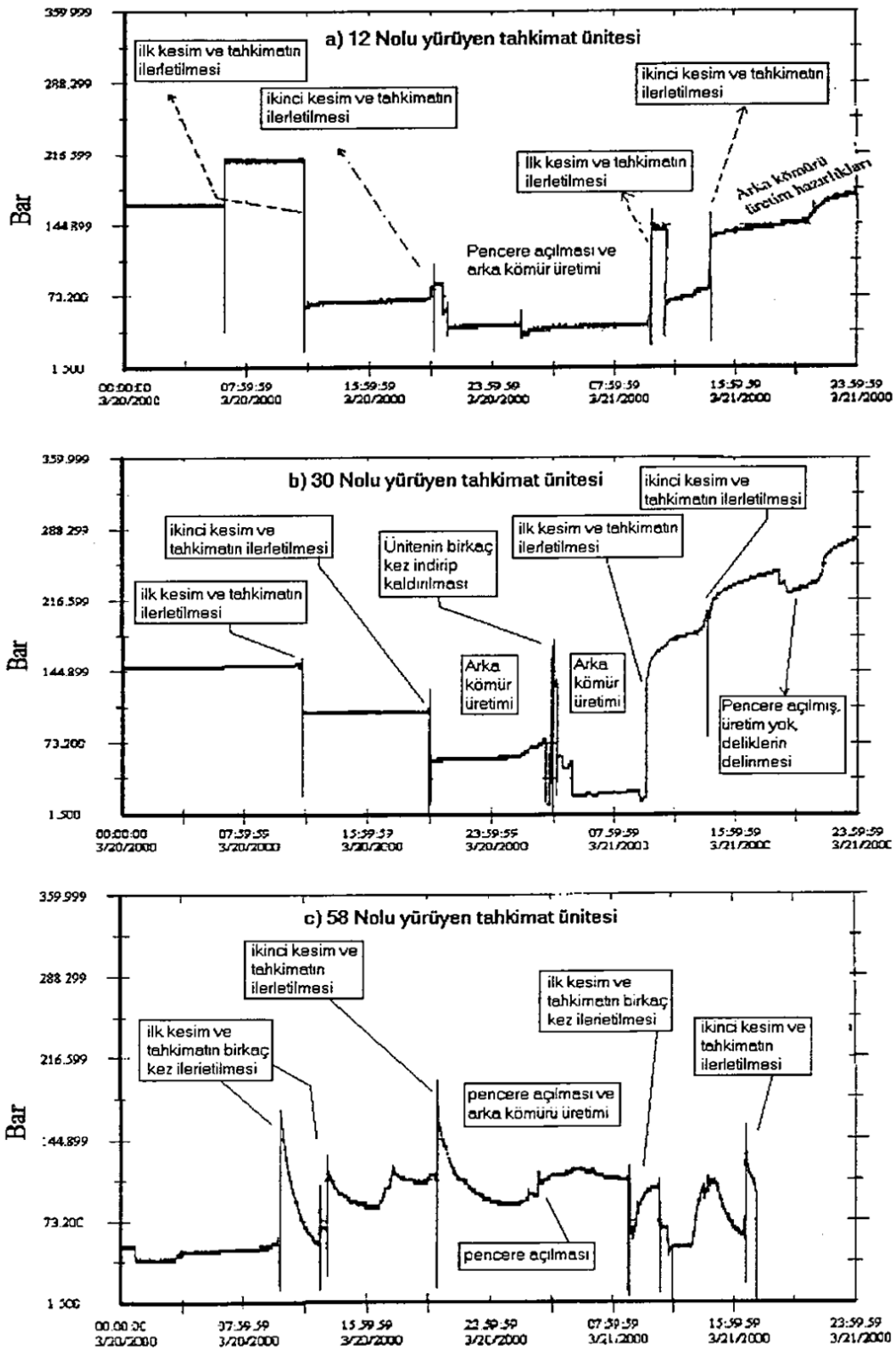
Basınç değişim grafiklerinden, vardiyalardaki periyodik üretim çalışmalarına bağlı olarak ön yüklemelerden sonra dört farklı basınç değişimi tespit edilmiştir.

1. Yüksek basınç etkisinde durgun tip: Ön yükleme yapıldıktan sonra herhangi bir basınç değişiminin saptanmadığı durumdur. Bu durum genellikle 150-200 bar seviyelerinde ön yüklemenin miktarına bağlı olarak gelişmektedir. Ayrıca normal tavan koşullarında oluşabilmekte ve herhangi bir tavan yükü üniteye gelmemektedir. Bu durum ilk arın kazısı öncesi görülmektedir.

2. Düşük basınç etkisinde durgun tip: Üniteye verilen düşük basınç seviyelerinde ön yükleme sonrası izlenen durumdur. Basınç 100-150 bar seviyelerinde olup üniteye fazla basınç yüklemesi olmadan mevcut seviyesini muhafaza etmektedir. Genellikle ikinci arın kazısı sırasında izlenmektedir.
3. Artan tip: Ön yüklemeden hemen sonra üniteye gelen tavan yükleri nedeniyle basınç artışının gelişmesidir. 30 numaralı YTÜ'de birinci ve ikinci kesim sonrasında gözlenmiştir.
4. Azalan tip: Üniteye ön yükleme basıncı verildikten sonra zamana bağlı olarak basıncın parabolik olarak azalmasıdır. Çoğunlukla kırıklı, çatlaklı ve zayıf tavan koşullarında gözlenmektedir. Bu durum özellikle kuyruk yoluna yakın olan 58 numaralı YTÜ'de gözlenmiştir.



Şekil 4.1. M2 ayakta üretimin yapılmadığı 9 günlük sürede YTÜ'lerde oluşan basınç değişimleri (Akdaş ve diğ., 2000).



Şekil 4.2. M2 ayakta üretim faaliyetinin olduğu 2 günlük sürede YTÜ'lerde oluşan basınç değişimleri (Akdaş ve diğ., 2000).



## 4.2. M3 Ayak YTÜ Basınç Ölçümleri

Ömerler Yeraltı Ocağında M3 mekanize ayakta YTÜ'lerde basınç ölçümleri, 1 Kasım 2000-27 Eylül 2001 tarihleri arasında ve 27 Eylül-31 Ekim 2001 tarihleri arasında iki ayrı periyotta yapılmıştır (Öğretmen, 2003).

M3 ayak uzunluğu 90 metre, pano boyu ise 350 metredir. Ayak içine, ayak sonu (tip 2) YTÜ'leri ve geçiş YTÜ'leri dahil olmak üzere toplam 60 adet YTÜ yerleştirilmiştir.

M3 mekanize ayakta yapılan YTÜ basınç ölçümleri iki ayrı periyotta gerçekleştirilmiştir. Kasım 2000-27 Eylül 2001 tarihleri arasındaki 1. periyotta, ayağın değişik bölümlerinde bulunan YTÜ'lerde oluşan basınç değişimlerini değerlendirmek amacıyla 20, 30, 45 ve 55 numaralı YTÜ'lerdeki ana direk basınç değişimleri; 27 Eylül 2001-31 Ekim 2001 tarihleri arasındaki 2. periyotta ise ayağın ortasında yeralan ve birbirine komşu iki YTÜ'de oluşan basınç değişimlerini değerlendirmek amacıyla 29 ve 30 numaralı YTÜ'lerde oluşan ana direk basınç değişimleri izlenmiştir.

### 20, 30, 45 ve 55 Numaralı YTÜ'lerde Oluşan Basınçlar:

Kasım 2000-27 Eylül 2001 tarihleri arasında 20, 30, 45 ve 55 numaralı YTÜ'lerde ölçülen basınç değişimleri birinci kesim sonrası, ikinci kesim sonrası ve tavan kömürü alımı sonrası olarak, her bir YTÜ için ayrı ayrı sınıflandırılmıştır. Her bir ölçüm için ön yükleme basıncı, son basınç, bu basınçlara karşılık gelen tahkimat dirençleri ve oluşan basınçların tipleri Ek-1'de sunulmuştur. Basınç tiplerinin saptanmasında kullanılan örnekler Şekil 4.3'te verilmektedir.

Tahkimat direnci; YTÜ'lerin her iki ana direğine de özdeş yüklerin geldiği kabul edilerek ölçülen basınç değerleri iki ile çarpılarak aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır. 3,2 metre yükseklikte YTÜ ana direk eğimleri yataydan 82°'dir. Direk eğimine bağlı olarak tahkimat randımanı  $\eta = \sin 82^\circ = 0,99 \sim 1,00$  alınmıştır.

$$P = 2 \eta p A = 2 \eta p (\pi d^2 / 4) \quad (4.1)$$

Burada:

P: tahkimat direnci (Newton),

p: tahkimat ana direk basıncı ( Pa, 1 bar =  $10^5$  Pa),

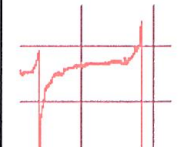
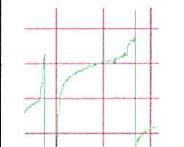
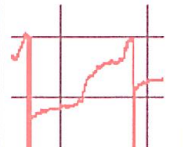
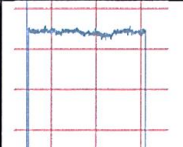
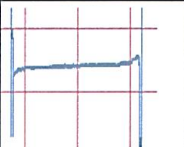
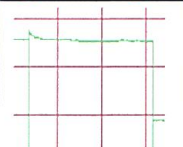
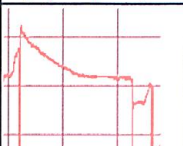
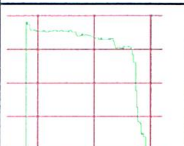

A: ana direk silindir iç kesit alanı ( $m^2$ ),

$\eta$ : YTÜ randımanı,

d: ana direk silindir iç çapıdır (m).

Ocakta üretim planlaması iki arın kesimi ve ardından tavan kömürünün göçertilmesidir. Ancak, ölçüm yapılan dönemde bazı durumlarda bir arın kesimi ve ardından tavan kömürü alınması, bazı durumlarda ise üç arın kesiminden sonra tavan kömürü alınması işlemi uygulanmıştır. Bu hallerde ölçülen basınç değişimleri 1. arın kesimi sonrası olarak değerlendirilmiştir.

Tavan kömürünün göçertilmesi aşamasında YTÜ'ler üzerindeki kömür birkaç kez tekrarlanarak akıtıldığından, her seferinde YTÜ basınç dengesi bozulmaktadır. Bu nedenle YTÜ'de en son tavan kömürü alma işlemi yapıldıktan sonra oluşan basınç değişimleri, tavan kömürü sonrası basınç değişimi olarak kabul edilmiştir.

Basınç Tipi	Kodu	Örnekler		
Artan Tip	A			
Durağan Tip	B			
Azalan Tip	C			

Şekil 4.3. Basınç tipleri (Öğretmen, 2003).

Her bir YTÜ'de oluşan basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre frekans ve yüzde oranları Çizelge 4.1'de ve YTÜ'lerin tamamında oluşan basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre sayı ve oranları Çizelge 4.2'de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Her bir YTÜ’de oluşan basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre frekans ve oranları (Öğretmen, 2003).

YTÜ No	Üretim Aşaması	Basınç Tipleri					
		Artan Tip		Durağan Tip		Azalan Tip	
		Frekans	%	Frekans	%	Frekans	%
20	1. Kesim Sonrası	121	84,03	22	15,28	1	0,69
	2. Kesim Sonrası	99	92,52	8	7,48	0	0,00
	Tavan Kömürü Sonrası	58	55,77	39	37,50	7	6,73
30	1. Kesim Sonrası	48	56,47	36	42,35	1	1,18
	2. Kesim Sonrası	26	42,62	35	57,38	0	0,00
	Tavan Kömürü Sonrası	20	33,90	37	62,71	2	3,39
45	1. Kesim Sonrası	80	73,39	25	22,94	4	3,67
	2. Kesim Sonrası	61	70,11	26	29,89	0	0,00
	Tavan Kömürü Sonrası	37	50,68	32	43,84	4	5,48
55	1. Kesim Sonrası	23	45,10	28	54,90	0	0,00
	2. Kesim Sonrası	17	50,00	16	47,06	1	2,94
	Tavan Kömürü Sonrası	14	46,67	16	53,33	0	0,00

Çizelge 4.2 Tüm YTÜ’lerde oluşan basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre frekans ve oranları (Öğretmen, 2003).

Üretim Aşaması	Basınç Tipleri					
	Artan Tip		Durağan Tip		Azalan Tip	
	Frekans	%	Frekans	%	Frekans	%
1. Kesim Sonrası	272	69,92	111	28,53	6	1,54
2. Kesim Sonrası	203	70,24	85	29,41	1	0,35
Tavan Kömürü Sonrası	129	48,50	124	46,62	13	4,89

Çizelgelerden de görüleceği üzere artan basınç tipleri ağırlıklı olarak 1. ve 2. kesim sonrası (sırasıyla % 69,92 ve %70,24 oranlarında) gerçekleşirken, 20 numaralı YTÜ’de (% 84,03 ve % 92,52 oranlarında) ve 45 numaralı YTÜ’de (% 73,39 ve % 70,11 oranlarında) en fazla oluşmuştur. Artan Basınç tiplerinin tavan kömürü alınması sonrası görülme oranı % 48,50’dir ve 20, 45, 55 numaralı YTÜ’lerde hemen hemen aynı oranlarda oluşurken (sırasıyla % 55,77, % 50,68 ve % 46,67 oranlarında), 30 numaralı YTÜ’de % 33,90 oranında gerçekleşmiştir.

Durağan basınç tipleri en fazla tavan kömürü alınması sonrası oluşmuştur (% 46,62 oranında), 1. ve 2. kesim sonrası oluşma oranları % 28,53 ve % 29,41'dir. Durağan tip basınçların en çok rastlandığı YTÜ'ler 30 ve 45 numaralı YTÜ'lerdir.

Azalan basınç tiplerinin tüm YTÜ'lerde görülme oranları oldukça azdır. En çok % 4,89 oranı ile tavan kömürü alınması sonrası gerçekleşmiştir.

Her bir YTÜ'de oluşan basınçların üretim aşamalarına göre istatistiksel değerlendirme sonuçları; ortalama, ortanca, minimum, maksimum ve standart sapma değerleri Çizelge 4.3-6'da verilmiştir.

20 numaralı YTÜ'de oluşan son basınçların ortalaması 169,4 bar ve standart sapma 61,32 bar olarak gerçekleşmiştir. Bu YTÜ'de oluşan maksimum son basınç değeri 315,19 bar, tahkimat direnci 2619,07 kN olup, 1. kesim sonrası oluşmuştur.

30 numaralı YTÜ'de oluşan son basınçların ortalaması 164 bar ve standart sapma 55,93 bar olarak gerçekleşmiştir. Maksimum son basınç değeri 333,40 bar, tahkimat direnci 2770,39 kN olup, 2. kesim sonrası gerçekleşmiştir. Bu değerler tüm ölçümlerdeki en yüksek değerlerdir.

45 numaralı YTÜ'de oluşan son basınçların ortalaması 172,04 bar ve standart sapma 57,12 bar olarak gerçekleşmiştir. Maksimum son basınç değeri 324,99 bar, tahkimat direnci 2700,5 kN olup 1. kesim sonrasında gerçekleşmiştir.

55 numaralı YTÜ'de oluşan son basınçların ortalaması 147,31 bar ve standart sapma 43,66 bar olarak gerçekleşmiştir. Maksimum basınç değeri 242,58 bar, tahkimat direnci 2015,72 kN olup 1. kesim sonrası gerçekleşmiştir.

Ölçülen tüm basınçların temel istatistikleri Çizelge 4.7'de verilmektedir. Çizelgeden de görüleceği üzere ön basınçların ortalaması 123,57 bar, standart sapma 50,77 bar ve maksimum 289,28 bar olarak gerçekleşmektedir. Son basınçların ortalaması 166,29 bar, standart sapma 57,48 bar ve maksimum 333,40 bar'dır.

Çizelge 4.3. M3 ayak 20 numaralı YTÜ'de ölçülen basınçların istatistikleri (Öğretmen, 2003).

Üretim Aşamaları	İstatistikler	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci	
		Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük
		Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)
1. Kesim Sonrası	Ortalama	115,36	172,86	958,58	1436,36
	Ortanca	106,56	169,11	885,42	1405,22
	Minimum	29,52	55,30	245,30	459,52
	Maksimum	245,30	315,19	2038,32	2619,07
	Standart Sap.	45,03	60,25	374,17	500,62
2. Kesim Sonrası	Ortalama	109,24	184,35	907,77	1531,82
	Ortanca	108,90	188,08	904,90	1562,85
	Minimum	24,29	53,11	201,84	441,32
	Maksimum	240,54	311,24	1998,77	2586,25
	Standart Sap.	41,04	64,20	341,03	533,49
Tavan Kömürü Sonrası	Ortalama	115,56	149,24	960,28	1240,12
	Ortanca	106,40	141,91	884,13	1179,20
	Minimum	13,58	37,02	112,84	307,62
	Maksimum	289,28	302,02	2403,77	2509,64
	Standart Sap.	54,80	54,62	455,40	453,84
Tümü	Ortalama	113,58	169,40	943,76	1407,64
	Ortanca	107,02	167,69	889,28	1393,42
	Minimum	13,58	37,02	112,84	307,62
	Maksimum	289,28	315,19	2403,77	2619,07
	Standart Sap.	46,96	61,32	390,24	509,54

Çizelge 4.4. M3 ayak 30 numaralı YTÜ’de ölçülen basınçların istatistikleri (Öğretmen, 2003).

Üretim Aşamaları	İstatistikler	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci	
		Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük
		Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)
1. Kesim Sonrası	Ortalama	131,51	170,28	1092,74	1414,96
	Ortanca	135,46	166,13	1125,60	1380,46
	Minimum	31,64	78,24	262,91	650,14
	Maksimum	237,06	321,40	1969,85	2670,67
	Standart Sap.	53,38	53,78	443,53	446,85
2. Kesim Sonrası	Ortalama	133,23	167,89	1107,07	1395,12
	Ortanca	143,66	164,99	1193,74	1370,98
	Minimum	34,83	49,68	289,42	412,82
	Maksimum	225,93	333,40	1877,37	2770,39
	Standart Sap.	56,00	65,61	465,32	545,20
Tavan Kömürü Sonrası	Ortalama	133,53	150,91	1109,60	1253,96
	Ortanca	133,75	149,52	1111,40	1242,44
	Minimum	21,25	52,65	176,58	437,50
	Maksimum	236,08	260,38	1961,71	2163,63
	Standart Sap.	58,93	45,99	489,68	382,12
Tümü	Ortalama	132,60	164,00	1101,86	1362,72
	Ortanca	137,22	161,40	1140,23	1341,15
	Minimum	21,25	49,68	176,58	412,82
	Maksimum	237,06	333,40	1969,85	2770,39
	Standart Sap.	55,53	55,93	461,43	464,79

Çizelge 4.5. M3 ayak 45 numaralı YTÜ’de ölçülen basınçların istatistikleri (Öğretmen, 2003).

Üretim Aşamaları	İstatistikler	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci	
		Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük
		Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)
1. Kesim Sonrası	Ortalama	127,52	177,64	1059,66	1476,12
	Ortanca	126,08	169,44	1047,66	1407,96
	Minimum	43,90	74,68	364,79	620,55
	Maksimum	249,47	324,99	2072,97	2700,50
	Standart Sap.	42,12	55,18	349,97	458,53
2. Kesim Sonrası	Ortalama	123,33	178,89	1024,78	1486,52
	Ortanca	117,29	172,80	974,62	1435,88
	Minimum	19,56	36,91	162,53	306,70
	Maksimum	219,72	300,11	1825,76	2493,76
	Standart Sap.	45,91	60,35	381,47	501,47
Tavan Kömürü Sonrası	Ortalama	133,29	155,51	1107,59	1292,22
	Ortanca	125,46	160,93	1042,51	1337,25
	Minimum	37,14	48,63	308,61	404,09
	Maksimum	251,47	290,30	2089,59	2412,25
	Standart Sap.	59,75	53,34	496,53	443,22
Tümü	Ortalama	127,73	172,04	1061,38	1429,58
	Ortanca	124,37	167,65	1033,45	1393,09
	Minimum	19,56	36,91	162,53	306,70
	Maksimum	251,47	324,99	2089,59	2700,50
	Standart Sap.	48,63	57,12	404,11	474,63

Çizelge 4.6. M3 ayak 55 numaralı YTÜ’de ölçülen basınçların istatistikleri (Öğretmen, 2003).

Üretim Aşamaları	İstatistikler	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci	
		Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük
		Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)
1. Kesim Sonrası	Ortalama	134,70	153,43	1119,29	1274,95
	Ortanca	136,75	158,55	1136,32	1317,47
	Minimum	52,25	56,83	434,17	472,23
	Maksimum	222,81	242,58	1851,44	2015,72
	Standart Sap.	53,22	42,58	442,23	353,81
2. Kesim Sonrası	Ortalama	129,90	148,35	1079,36	1232,70
	Ortanca	128,01	145,52	1063,66	1209,20
	Minimum	65,54	73,59	544,60	611,50
	Maksimum	209,48	219,99	1740,67	1828,01
	Standart Sap.	44,20	36,26	367,25	301,28
Tavan Kömürü Sonrası	Ortalama	116,64	135,72	969,20	1127,74
	Ortanca	111,05	131,32	922,73	1091,20
	Minimum	12,57	37,81	104,45	314,18
	Maksimum	219,14	214,84	1820,94	1785,21
	Standart Sap.	63,01	51,64	523,57	429,13
Tümü	Ortalama	128,57	147,31	1068,33	1224,06
	Ortanca	129,53	147,88	1076,33	1228,81
	Minimum	12,57	37,81	104,45	314,18
	Maksimum	222,81	242,58	1851,44	2015,72
	Standart Sap.	53,60	43,66	445,35	362,83



Çizelge 4.7. M3 ayakta ölçülen tüm basınçların istatistikleri (Öğretmen, 2003).

İstatistikler	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci	
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)
Ortalama	123,57	166,29	1026,79	1381,77
Ortanca	119,29	163,76	991,24	1360,76
Minimum	12,57	36,91	104,45	306,70
Maksimum	289,28	333,40	2403,77	2770,39
Standart Sapma	50,77	57,48	421,89	477,65

### 29 ve 30 Numaralı YTÜ'lerde Oluşan Basınç Değişimleri:

Ayak içinde birbirine komşu olan YTÜ'lerde oluşan basınç değişimlerini değerlendirmek amacıyla 29 ve 30 numaralı YTÜ'ler 27 Eylül-31 Ekim 2001 tarihleri arasında izlenmiştir.

Bu dönemde ayakta 29 adet ayna kesimi yapılmıştır. İki defa bir arın kesimi sonrasında, üç defa da üç arın kesimi sonrasında arka kömürü alınmıştır. YTÜ'lerin ana direklerinde oluşan ön yükleme basınçları ve son basınç değerleri; basınç tipleri ve üretim aşamalarına göre sınıflandırılarak Çizelge 4.8'de verilmektedir. Aynı çizelgede YTÜ'lerde oluşan basınç değerlerinin ortalama, standart sapma ve maksimum değerleri yer almaktadır.

YTÜ'lerde oluşan basınç değerlerinin istatistiksel sonuçları incelendiğinde; ön yükleme ve son basınç değerlerinin ortalamalarının birbirinden oldukça farklı olduğu göze çarpmaktadır. 29 numaralı YTÜ'de ön yükleme basıncı ortalaması 118,85 bar, son basınç değeri ortalaması 190,01 bar olarak gerçekleşirken; 30 numaralı YTÜ'de bu değerler 100,36 bar ve 156,89 bar olarak gerçekleşmektedir. 29 numaralı YTÜ'de oluşan maksimum ön yükleme basıncı 254,02 bar ve maksimum son basınç değeri 383,16 bar iken 30 numaralı YTÜ'de maksimum ön yükleme basıncı 215,89 bar ve maksimum son basınç değeri 328,63 bardır.

Basınç tipleri incelendiğinde; her iki YTÜ’de de oluşan basınç tipleri çoğunlukla birbirinin aynısıdır. Bu da YTÜ’lerin aynı tavan yüklemesine maruz kaldıklarını göstermektedir. Ancak ön yükleme basınçlarının birbirinden farklı olması nedeniyle son basınç değerleri de farklı olarak gerçekleşmektedir. Birbirinden farklı olan basınç tiplerine bakıldığında ise ön yükleme basınç değerleri arasındaki farkın oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Ölçüm yapılan dönemde 29 numaralı YTÜ dört defa ve 30 numaralı YTÜ ise iki defa emniyet basıncına ulaşmıştır. Çizelge 4.8’de verilen maksimum değerler bu YTÜ’lerde oluşan emniyet basıncı değerleridir. 29 numaralı YTÜ’de bu değer 383,16 bar iken 30 numaralı YTÜ’de 328,63 bardır.

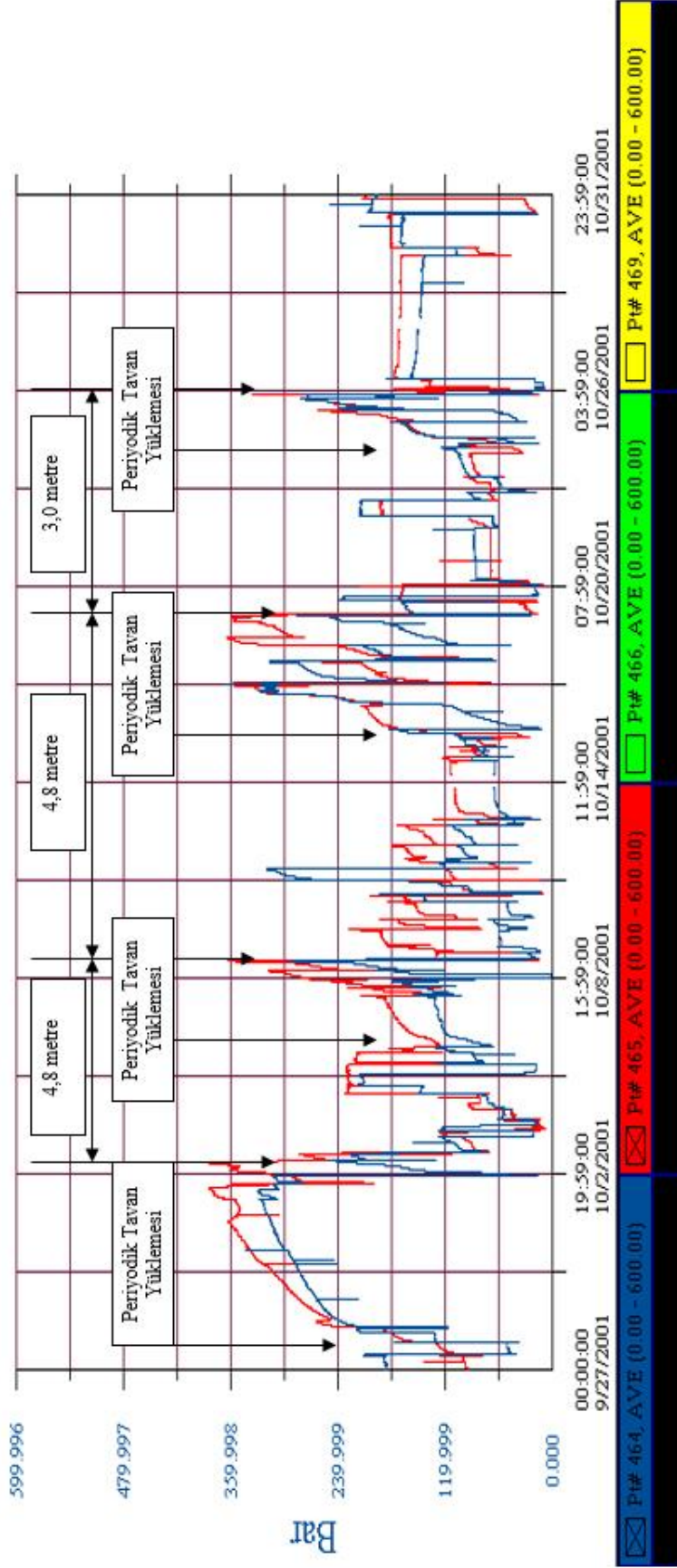
Uzunayak panolarında, kazı işlemi devam ederken iki ayrı fazda tavan hareketi gözlenmektedir. Birinci faz, ayağın kurulmasından sonra, ilerleme ile birlikte yalancı tavanın göçmesi ve devamında ana tavanın tamamıyla kırılarak oturması sürecidir. Bu süreçte oluşan en yüksek basınç değeri ilk tavan yüklemesi olarak anılmaktadır. İkinci faz ise ilk tavan kırılmasından sonra pano ilerlemesi bitene kadar olan süreçtir. Bu süreçte tavan basıncı periyodik olarak yalancı tavanın ve veya ana tavanın kırılmasına bağlı olarak artar veya azalır. Bu periyotlarda oluşan maksimum basınçlar, periyodik tavan yükleme basınçlarıdır. İki periyodik tavan yükleme basıncı arasındaki ayak ilerlemesi ise periyodik tavan yükleme mesafesi (aralığı) olarak adlandırılmaktadır (Peng ve Chiang, 1984). YTÜ basınçlarında önyükleme basıncı sonrası oluşan artışlar, tavan hareketleri hakkında önemli ipuçları vermektedir. Periyodik ana tavan yüklemesi sırasında, ön yüklemenin hemen sonrasında YTÜ basıncı hızlı bir artışa geçer. Bu da YTÜ’nün sürekli artan ölçüde tavan basıncına maruz kaldığını göstermektedir.

29 ve 30 numaralı YTÜ’lerde yapılan basınç ölçümleri sırasında, yukarıda bahsedilen basınç artışlarının periyodik olarak gerçekleştiği görülmüştür. Her iki YTÜ’nün benzer basınç artışlarına ve tavan hareketlerine maruz kalması ve son basınç değerlerinin emniyet basınç değerlerine kadar hızlı bir şekilde ulaşması, periyodik tavan yüklemelerinin oluştuğunu göstermektedir (Şekil 4.4). Birbirini takip eden periyodik tavan yüklemeleri arasındaki mesafeler 4,8 m, 4,8 m ve 3,0 m olarak gerçekleşmiştir. Periyodik tavan

yüklemelerinin ardından tavanın kırılması sonucu, YTÜ'lerde oluşan basınçların düşük seviyelerde artan basınç ve durağan basınç tiplerinde gerçekleştiği şekilde görülmektedir.

Çizelge 4.8. M3 ayak 29 ve 30 numaralı YTÜ'lerde oluşan basınçlar (Öğretmen, 2003).

Üretim Aşaması	29 Numaralı YTÜ		Basınç Tipi	30 Numaralı YTÜ		Basınç Tipi
	Ps (Bar)	Pf (Bar)		Ps (Bar)	Pf (Bar)	
1. Kesim Sonrası	84,68	164,37	Artan	130,46	132,14	Durağan
	184,45	383,16	Artan	173,64	328,63	Artan
	127,57	237,03	Artan	187,69	191,79	Durağan
	232,34	228,08	Durağan	215,62	214,56	Durağan
	218,66	216,59	Durağan	76,00	97,68	Artan
	168,94	253,86	Artan	116,67	178,31	Artan
	142,76	364,61	Artan	121,75	299,33	Artan
	102,45	188,00	Artan	31,59	53,78	Durağan
	77,26	172,10	Artan	43,82	118,19	Artan
	65,97	116,17	Artan	75,58	80,93	Durağan
	86,07	214,35	Artan	12,96	165,46	Artan
	104,09	280,54	Artan	64,76	231,75	Artan
	191,17	191,24	Durağan	215,89	211,71	Durağan
	76,79	92,80	Artan	91,94	122,84	Artan
	122,84	182,42	Artan	114,64	188,39	Artan
	162,84	167,92	Durağan	186,55	185,35	Durağan
2. Kesim Sonrası	52,96	97,92	Artan	107,10	108,00	Durağan
	123,31	186,67	Artan	214,92	219,25	Durağan
	71,64	124,37	Artan	80,53	130,07	Artan
	120,62	182,64	Artan	104,56	130,30	Artan
	254,02	316,83	Artan	85,81	222,22	Artan
	132,14	207,14	Artan	133,35	195,74	Artan
	52,49	87,89	Artan	52,22	103,04	Artan
	136,40	365,23	Artan	119,41	328,00	Artan
	230,62	359,60	Artan	83,86	286,25	Artan
	59,92	74,14	Artan	80,74	94,80	Artan
Tavan Kömürü Sonrası	48,51	110,42	Artan	27,42	72,96	Artan
	174,80	170,39	Durağan	160,54	143,97	Durağan
	181,47	183,86	Durağan	168,04	168,63	Durağan
	141,63	285,23	Artan	106,52	225,42	Artan
	81,01	89,56	Durağan	43,15	82,84	Artan
	69,76	111,71	Artan	121,67	132,37	Durağan
	125,65	237,57	Artan	111,12	163,89	Artan
	86,05	199,72	Artan	28,94	73,19	Artan
	137,53	187,22	Artan	83,03	113,55	Artan
	81,95	120,93	Artan	45,96	88,82	Artan
	26,52	94,56	Artan	104,06	189,48	Artan
Ortalama	78,62	178,20	Artan	76,00	186,98	Artan
	54,91	111,16	Artan	85,46	75,42	Durağan
	62,11	99,52	Artan	22,36	70,46	Artan
	139,45	154,60	Durağan	8,33	26,01	Durağan
	118,85	190,01		100,36	156,89	
	56,85	83,38		56,21	74,09	
	254,02	383,16		215,89	328,63	



Şekil 4.4. M3 ayak 29 numaralı (kırmızı grafik) ve 30 numaralı (mavi grafik) YTÜ'lerde oluşan periyodik tavan yüklemeleri (Öğretmen, 2003).

## 5. ÖMERLER YERALTI OCAĞI M7 MEKANİZE AYAKTA YTÜ'LERDE BASINÇ ÖLÇÜMLERİ

### 5.1. M7 Ayak

Ömerler Yeraltı Ocağında kalın kömür damarında geri dönümlü, göçertmeli uzunayak yöntemi ile tam mekanize kömür üretimi yapılmaktadır. Kömür damarının 2,8-3 metrelik taban kısmı kesici makine ile kesilerek üretilirken, kalan kısım YTÜ'lerde bulunan pencereler vasıtasıyla göçertilerek üretilmektedir.

M7 ayak uzunluğu 90 metre, pano boyu ise 365 metredir. Ayak içine, ayak sonu-2 YTÜ'leri ve geçiş YTÜ'leri dahil olmak üzere toplam 55 adet YTÜ yerleştirilmiştir. Ayrıca motor başı kısmında ayak sonu-1 YTÜ'leri kurulmuştur. Ayakta ortalama kömür kalınlığı 8,4 metre olup 520.000 ton kömür rezervine sahiptir. Ayak içi kömür damar eğimi 2-8° arasında, pano boyunca ise 2-4° arasında değişmekte olup, ortalama ayak derinliği 180 metredir.

M7 ayağın montajı 7 Temmuz 2009 tarihinde tamamlanmış ve fiili üretime 17 Temmuz 2009 tarihi itibarıyla geçilmiştir. Kasım 2009 itibarıyla yapılan kömür üretim ve ayak ilerleme miktarları Çizelge 5.1'de verilmektedir.

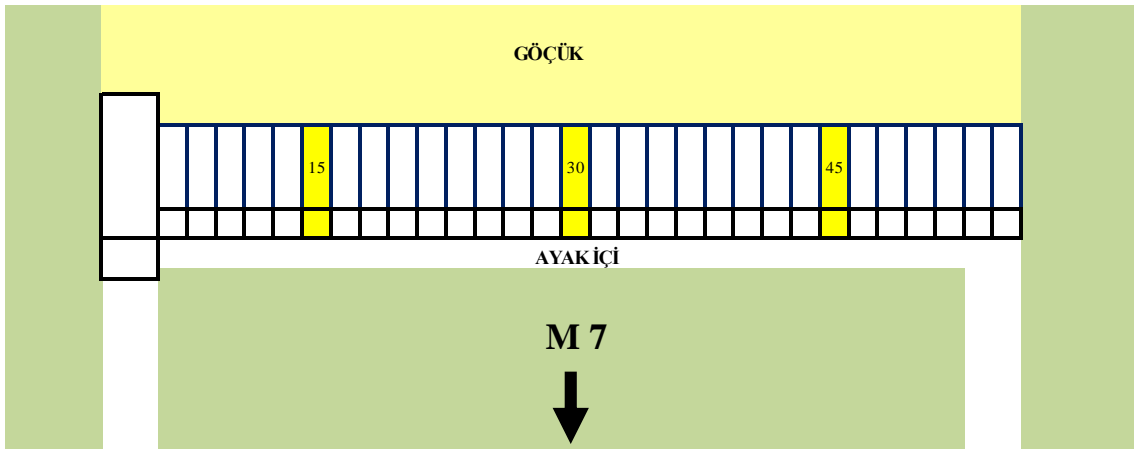
Çizelge 5.1. M7 ayak 2009 yılı aylık üretim ve ilerleme miktarları.

2009 Yılı	Ayak İlerlemesi (m)	Kömür üretimi (ton)
Temmuz	17,20	19.000
Ağustos	18,35	34.000
Eylül	14,14	27.000
Ekim	23,73	31.000
Kasım	20,50	28.000

## 5.2 Basınç Sensörlerinin YTÜ'lere Yerleştirilmesi

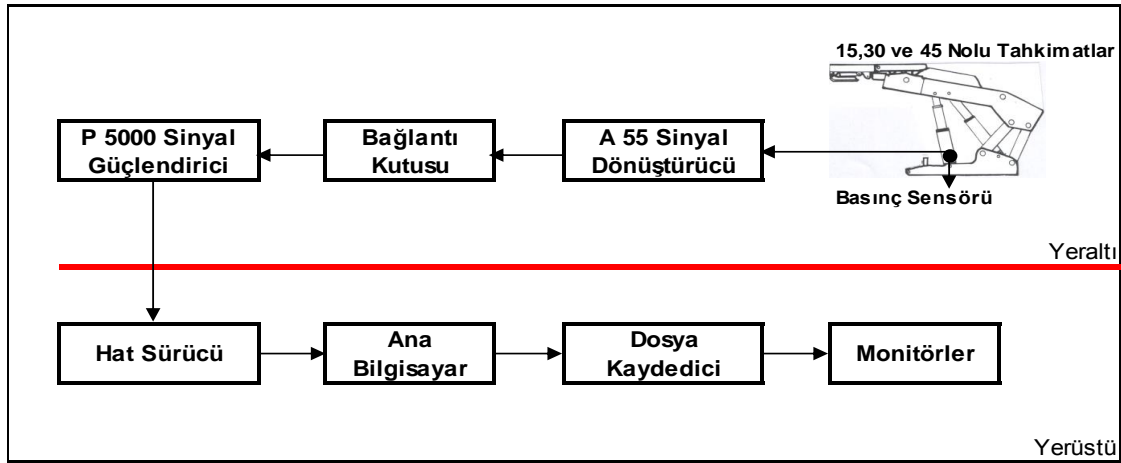
YTÜ'lerdeki basınç değişimlerini izlemek ve kaydetmek amacıyla M7 ayakta üç adet YTÜ'ye basınç sensörleri yerleştirilmiştir. Bunlar motor başından itibaren 15, 30 ve 45 numaralı YTÜ'lerdir.

M2 ayakta Akdaş ve diğerleri (2000) ile M3 ayakta Öğretmen (2003) tarafından yapılan ölçümler baz alınarak, ayağın orta kısmında tavan hareketlerinin daha yoğun olması nedeniyle ve bu tavan hareketlerinin izlenmesinin ayak boyunca oluşacak YTÜ'ler ile tavan tabakaları arasındaki etkileşimler hakkında daha iyi fikirler vereceği düşünülerek, üç adet basınç sensörü 15, 30 ve 45 nolu YTÜ'lere yerleştirilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. M7 ayakta basınç sensörlerinin yerleştirildiği YTÜ'ler.

Basınç sensörleri YTÜ'lerin ana taşıyıcı direklerine yerleştirilmiştir. Direklerdeki sıvı basıncı ve değişimini algılama özelliği olan bu sensörler A55 sinyal dönüştürücüye bağlanmakta ve bağlantı kutusu aracılığı ile ana hatta verilmektedir. Ana hat üzerindeki P 5000 sinyal güçlendiricisi ile yerüstündeki merkezi izleme odasında bulunan ana bilgisayara bilgiler aktarılmaktadır (Şekil 5.2). Bu bilgiler bilgisayar ortamında işlem görerek kaydedilmekte ve grafik haline dönüştürülerek izlenebilmektedir.



Şekil 5.2. YTÜ'lerdeki ünitelerindeki basınç değişimlerini ölçme sistemi.

### 5.3. Basınç Ölçümleri

M7 ayakta YTÜ'lerde basınç ölçümleri 15, 30 ve 45 numaralı YTÜ'lere basınç sensörlerinin takılmasıyla 17 Temmuz 2009 tarihi itibariyle başlatılmış ve 30 Kasım 2009 tarihine kadar sürekli ölçüm alınmıştır.

YTÜ'lere bağlanan sensörlerin izleme sistemi nokta numaraları aşağıdaki çizelgede sunulmaktadır.

Çizelge 5.2. M7 ayakta YTÜ'lere bağlanan basınç sensörlerinin nokta numaraları.

Ölçüm Periyodu	YTÜ Numarası	Basınç Sensörü Nokta Numarası	Grafik Çizgi Rengi
17.07-30.11.2009	15	29	Mavi
	30	30	Kırmızı
	45	31	Yeşil

M7 ayakta 15, 30 ve 45 nolu YTÜ ana direklerine monte edilen basınç sensörlerinden elde edilen basınç değişimleri grafik olarak Şekil 5.3-10'da verilmektedir.

Basınç değişimlerinin izlendiği dönemde üretim sırasında oluşan mekanik ve elektrik arızaları nedeniyle bazı sürelerde basınç ölçümü alınmamış veya sensörlerde oluşan kısa devre ve açık devre oluşumları nedeniyle grafiklerde hatalar oluşmuştur. İzleme sisteminde oluşan hata süreçleri Çizelge 5.3'te sunulmaktadır.

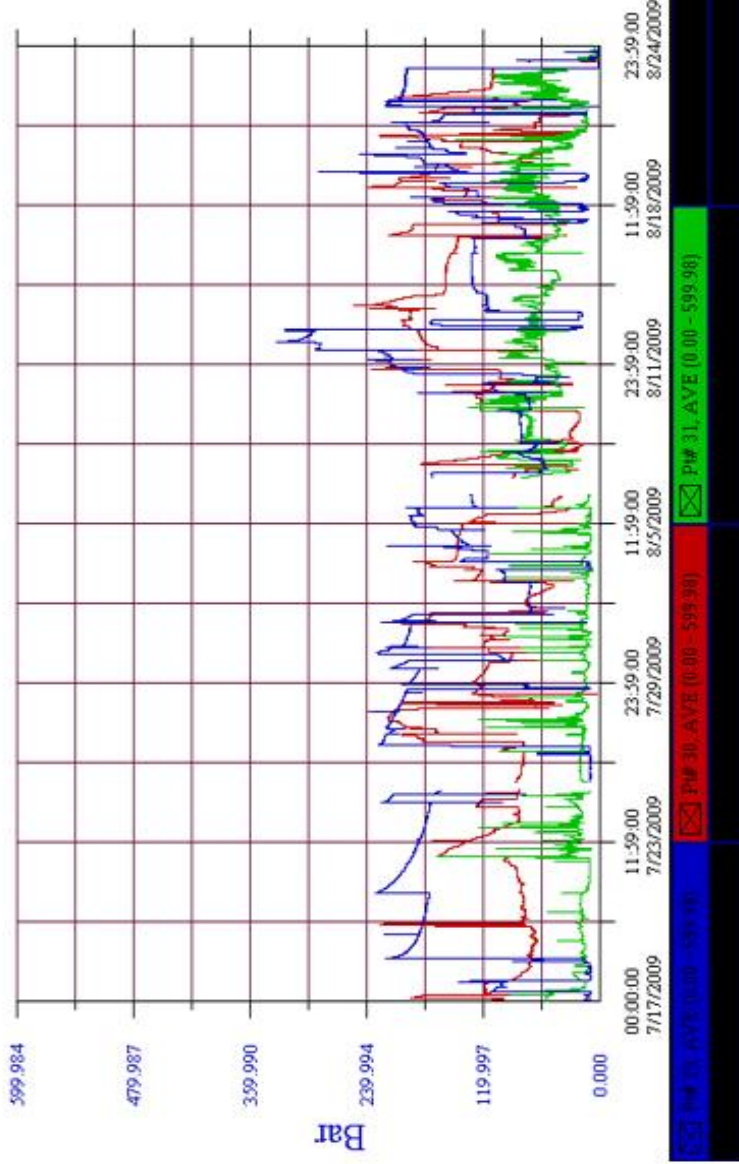
Çizelge 5.3. Sensörlerde oluşan ölçüm hata periyotları.

15 Numaralı YTÜ				30 Numaralı YTÜ				45 Numaralı YTÜ			
Başlama		Bitiş		Başlama		Bitiş		Başlama		Bitiş	
Tarih	Saat	Tarih	Saat	Tarih	Saat	Tarih	Saat	Tarih	Saat	Tarih	Saat
24.08	06	05.09	10	24.08	18	16.09	06	25.08	04	14.09	16
06.10	22	08.10	10	21.09	00	26.09	24	20.09	00	26.09	23
26.10	04	27.10	10	30.09	19	07.10	24	30.09	19	01.10	02
				08.10	03	08.10	18	08.10	04	09.10	18
				09.10	14	09.10	19	26.10	05	27.10	11
				26.10	11	27.10	14	20.11	17	23.11	12
				07.11	21	11.11	09				

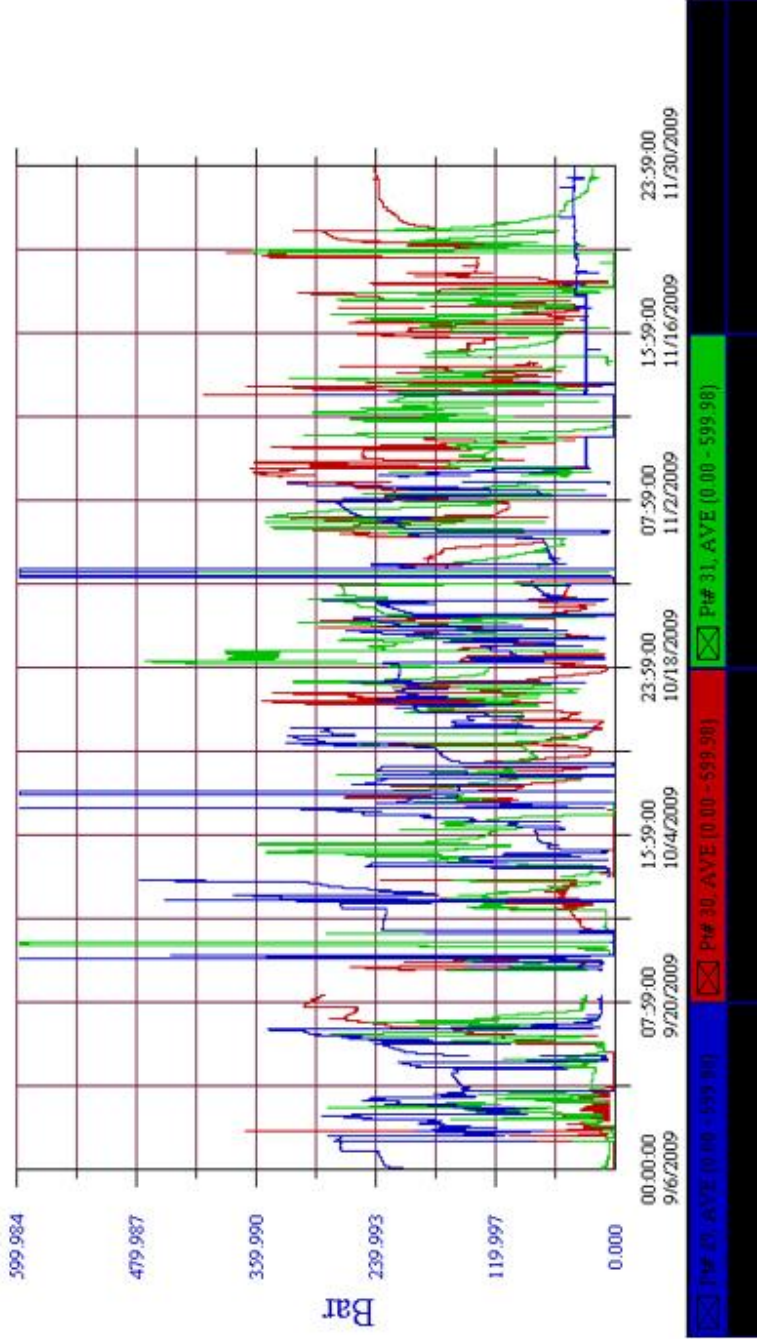
#### 5.4. Basınç Ölçümlerinin İstatistiksel Değerlendirmesi

17 Temmuz-30 Kasım 2009 tarihleri arasında 15, 30 ve 45 numaralı YTÜ'lerde ölçülen basınç değişimleri üretim aşamalarına bağlı olarak; birinci kesim sonrası, ikinci kesim sonrası ve tavan kömürü alımı şeklinde her bir YTÜ için ayrı ayrı sınıflandırılmıştır (Ek-2 Çizelge 1-9). Bu sınıflandırmada ayrıca, her bir ölçüm için ön yükleme basıncı, son basınç, bu basınçlara karşılık gelen YTÜ dirençleri ve oluşan basınçları tipleri ayrıca belirtilmiştir. Basınç tiplerinin saptanmasında kullanılan örnekler Şekil 4.3'te verilmektedir. YTÜ direnci (yükü), YTÜ'lerin her iki ana direğine de özdeş yüklerin geldiği kabul edilerek Eşitlik 4.1'e göre hesaplanmıştır.

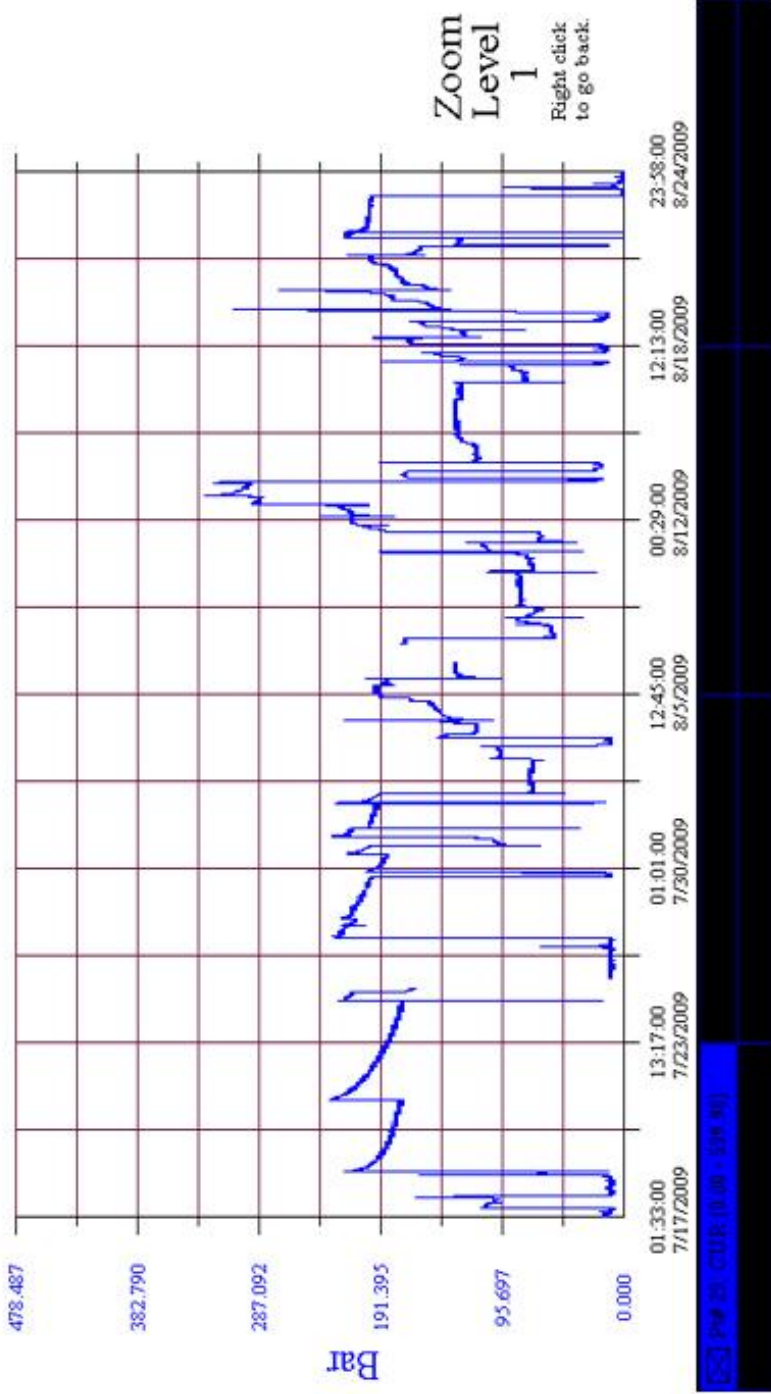




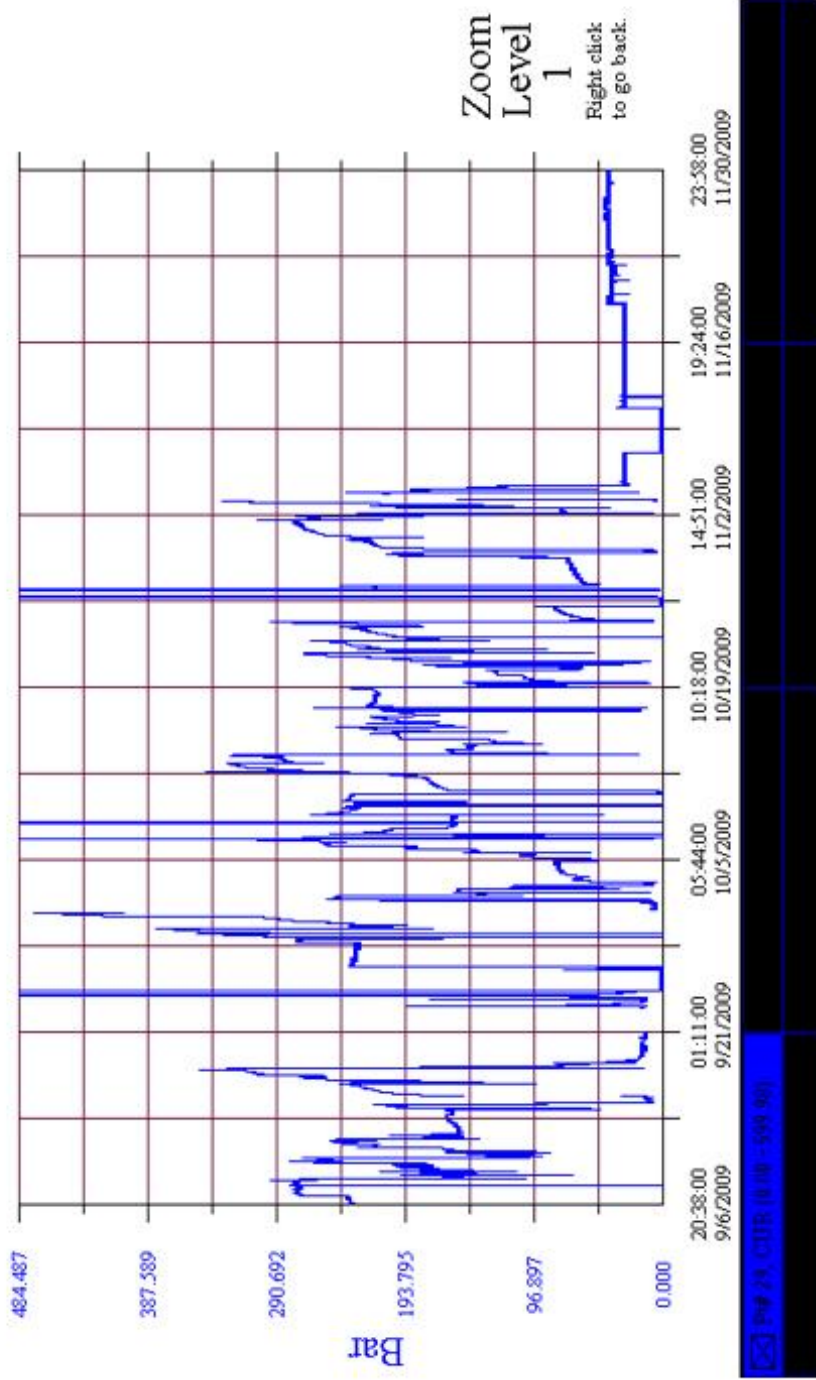
Şekil 5.3. M7 ayak YTÜ basınç ölçümleri (Tüm YTÜ'ler, 15 numaralı YTÜ mavi, 30 numaralı YTÜ kırmızı, 45 numaralı YTÜ yeşil çizgi.).



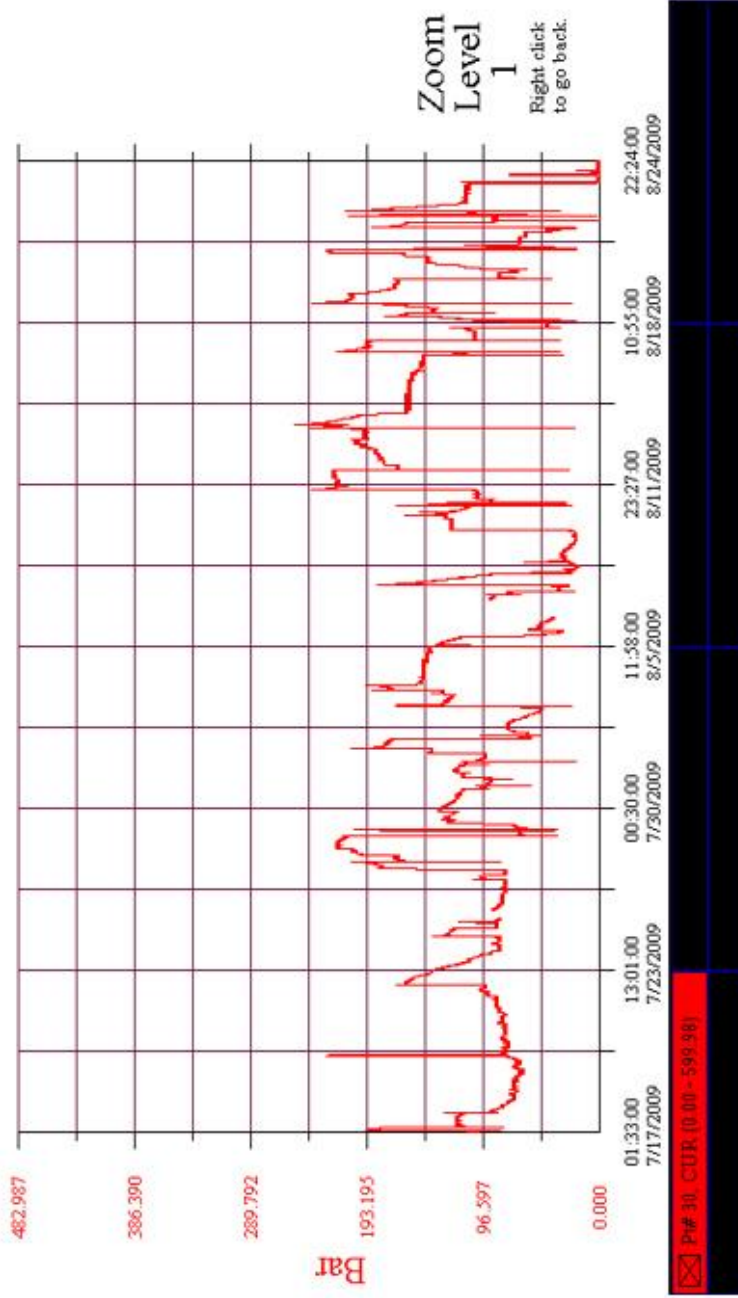
Şekil 5.4. M7 ayak YTÜ basınç ölçümleri (Tüm YTÜ'ler-devamı, 15 numaralı YTÜ mavi, 30 numaralı YTÜ kırmızı, 45 numaralı YTÜ yeşil çizgi.).



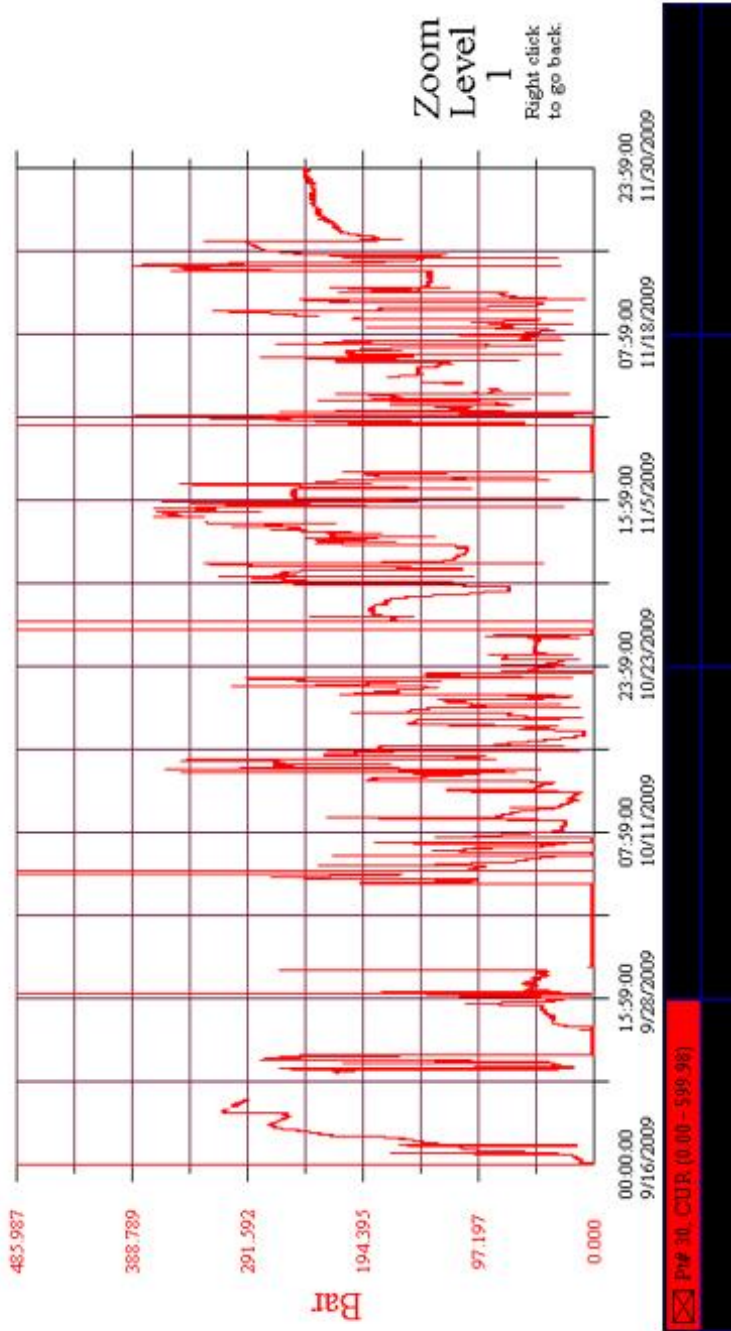
Şekil 5.5. M7 ayak 15 numaralı YTÜ basınç ölçümleri.



Şekil 5.6. M7 ayak 15 numaralı YTÜ basınç ölçümleri (Devamı).

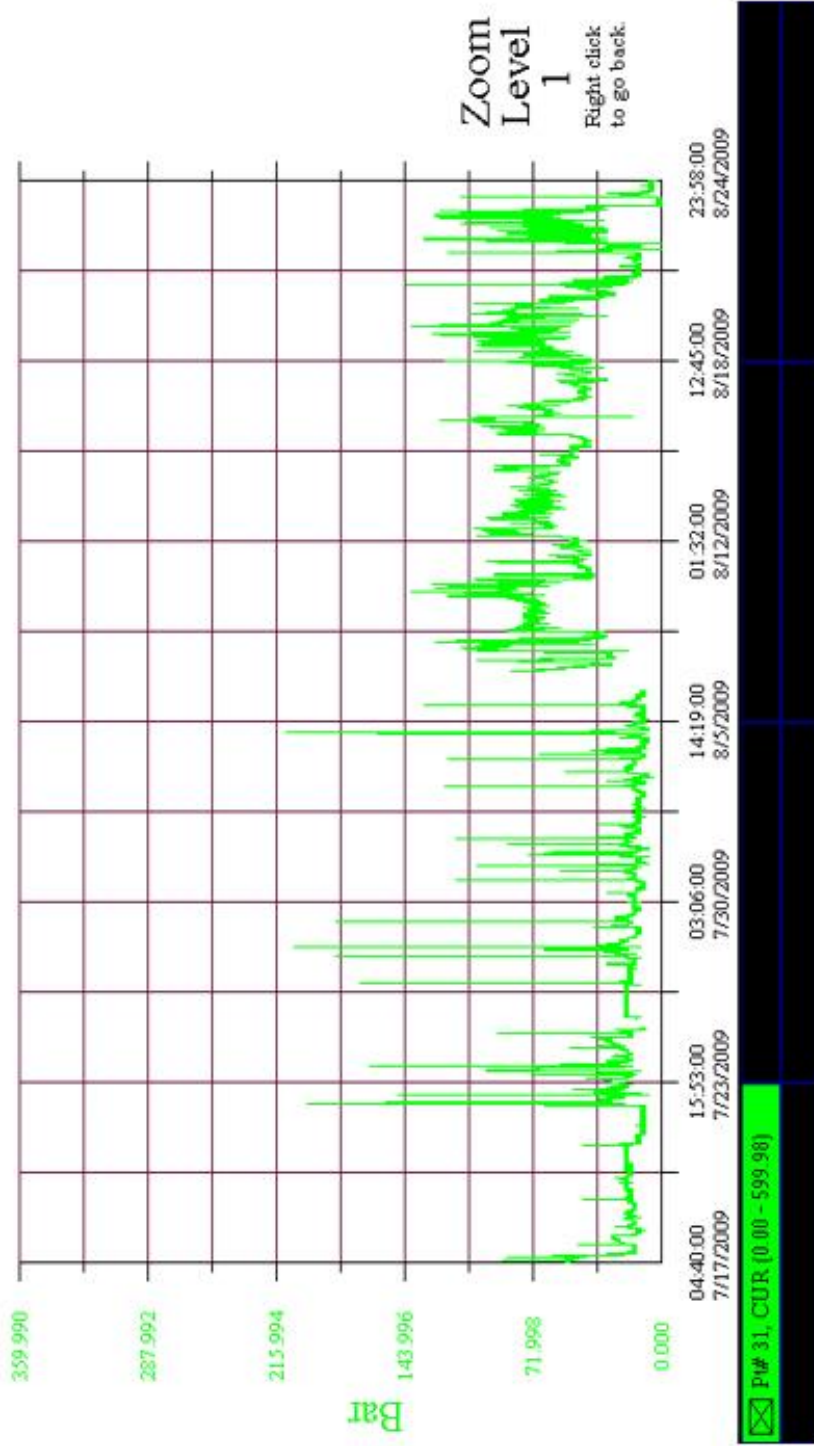


Şekil 5.7. M7 ayak 30 numaralı YTÜ basınç ölçümleri.

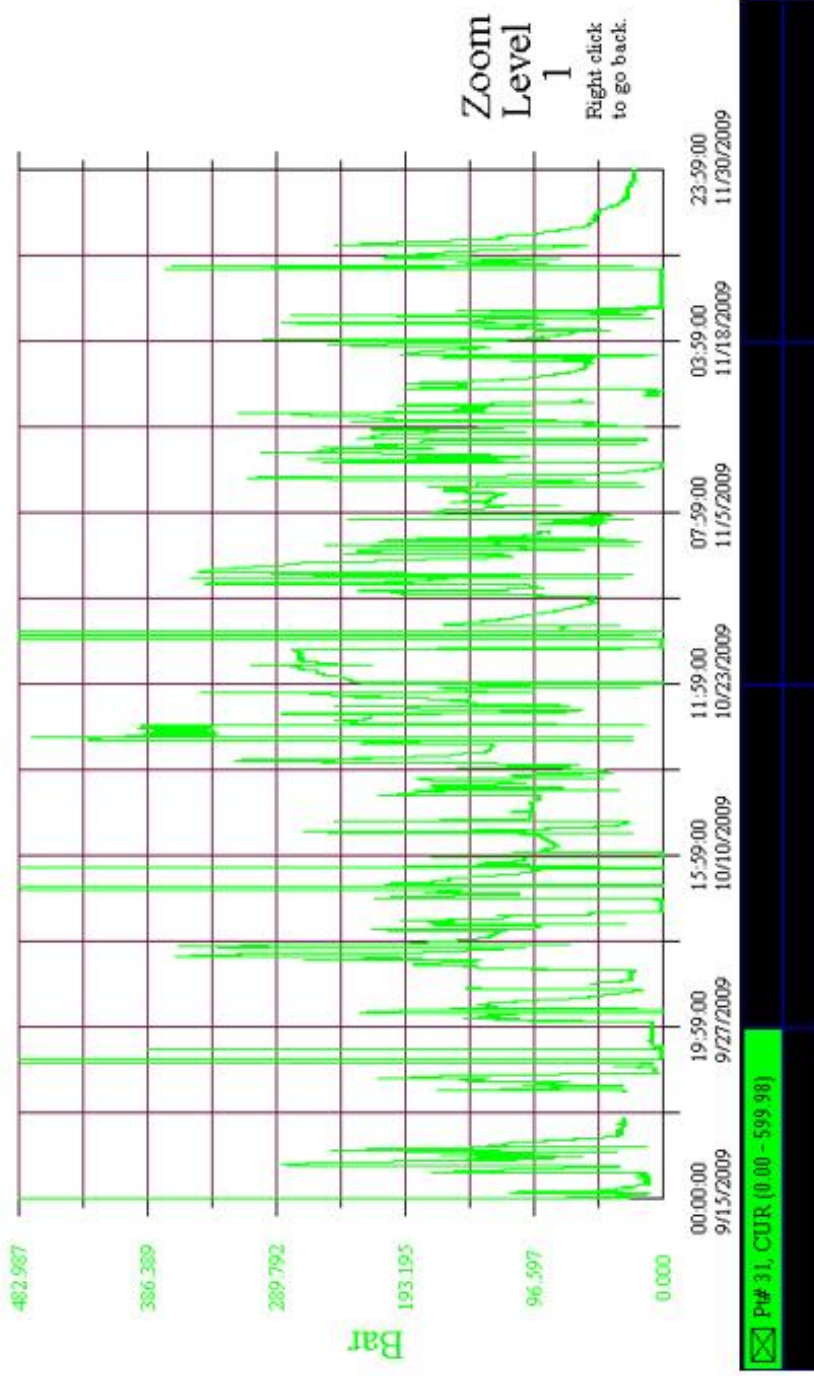


Şekil 5.8. M7 ayak 30 numaralı YTÜ basınç ölçümleri (Devamı).





Şekil 5.9. M7 ayak 45 numaralı YTÜ basınç ölçümleri.



Şekil 5.10. M7 ayak 45 numaralı YTÜ basınç ölçümleri (Devamı).



Ocakta üretim planlaması iki arın kesimi ve ardından tavan kömürünün göçertilmesidir. Ancak ölçüm yapılan dönemde bazı durumlarda bir arın kesimi ve ardından tavan kömürü alınması; bazı durumlarda ise üç arın kesiminden sonra tavan kömürü alınması işlemi uygulanmıştır. Bu hallerde ölçülen basınç değişimleri 1. arın kesimi sonrası olarak değerlendirilmiş ve çizelgelerde yer almıştır.

Tavan kömürünün göçertilmesi aşamasında YTÜ'ler birkaç kez elden geçirilmekte ve her seferinde YTÜ basınç dengesi bozulmaktadır. Bu nedenle YTÜ'de en son tavan kömürü alma işlemi yapıldıktan sonra oluşan basınç değişimleri, tavan kömürü sonrası basınç değişimi olarak kabul edilmiştir.

Her bir YTÜ'de oluşan basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre frekans ve yüzde oranları Çizelge 5.4'te ve YTÜ'lerin tamamında oluşan basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre sayı ve oranları Çizelge 5.5'te verilmektedir.

Çizelge 5.4. M7 ayakta her bir YTÜ'de oluşan basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre frekans ve oranları.

YTÜ No	Üretim Aşaması	Basınç Tipleri					
		Artan Tip		Durağan Tip		Azalan Tip	
		Frekans	%	Frekans	%	Frekans	%
15	1. Kesim Sonrası	31	77,50	6	15,00	3	7,50
	2. Kesim Sonrası	23	85,19	3	11,11	1	3,70
	Tavan Kömürü Sonrası	10	37,04	10	37,04	7	25,93
30	1. Kesim Sonrası	28	48,28	9	15,52	21	36,21
	2. Kesim Sonrası	23	57,50	6	15,00	11	27,50
	Tavan Kömürü Sonrası	11	21,15	15	28,85	26	50,00
45	1. Kesim Sonrası	19	33,93	13	23,21	24	42,86
	2. Kesim Sonrası	16	42,11	3	7,89	19	50,00
	Tavan Kömürü Sonrası	11	20,37	12	22,22	31	57,41

Çizelge 5.5. M7 ayakta tüm YTÜ'lerde oluşan basınç tiplerinin üretim aşamalarına göre frekans ve oranları.

Üretim Aşaması	Basınç Tipleri					
	Artan Tip		Durağan Tip		Azalan Tip	
	Frekans	%	Frekans	%	Frekans	%
1. Kesim Sonrası	78	50,65	28	18,18	48	31,17
2. Kesim Sonrası	62	59,05	12	11,43	31	29,52
Tavan Kömürü Sonrası	32	24,06	37	27,82	64	48,12

Çizelgelerden de görüleceği üzere artan basınç tipleri ağırlıklı olarak 1. ve 2. kesim sonrası (sırasıyla % 50,65 ve % 59,05 oranlarında) gerçekleşirken, 15 numaralı YTÜ'de sırasıyla % 77,50 ve % 85,19 oranları ile en fazla oluşmuştur. 30 numaralı YTÜ'de bu oranlar sırasıyla % 48,28 ve % 57,50 olarak gerçekleşmiş, 45 numaralı YTÜ'de ise sırasıyla % 33,93 ve % 42,11 oranları ile en düşük oranlarda oluşmuştur. Artan basınç tiplerinin tavan kömürü alınması sonrası görülme oranı % 24,06'dır. 15 numaralı YTÜ'de % 37,04 oranında iken, 30 ve 45 numaralı YTÜ'lerde sırasıyla % 21,15 ve % 20,37 oranları ile aynı seviyelerde kalmıştır.

Durağan basınç tipleri en fazla tavan kömürü alınması sonrası oluşmuştur (% 27,82 oranında). 1. ve 2. kesim sonrası oluşma oranları sırasıyla % 18,18 ve % 11,43'tür. % 37,04 oranı ile en fazla 15 numaralı YTÜ'de oluşurken, 30 numaralı YTÜ'de % 28,85 oranında ve 45 numaralı YTÜ'de % 22,22 oranında tavan kömürü sonrasında durağan basınç tipleri izlenmiştir.

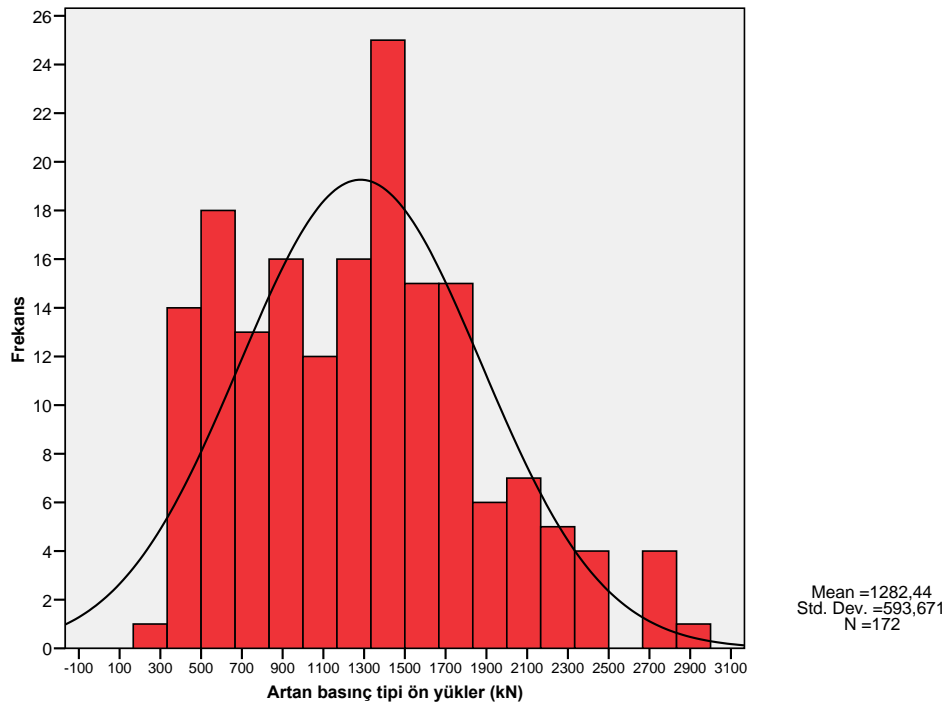
Azalan basınç tiplerinin tüm YTÜ'lerde 1. ve 2. kesim sonrası oluşma oranları sırasıyla % 31,17 ve % 29,52 ile benzer seviyededir. % 48,12 oranı ile en çok tavan kömürü sonrasında gerçekleşmiştir. Azalan basınç tiplerinin en çok görüldüğü YTÜ 45 numaralı YTÜ'dür. Bu YTÜ'de 1. kesim sonrası % 42,86, 2. kesim sonrası % 50 ve tavan kömürü sonrasında % 57,41 oranlarında azalan tipte basınçlar izlenmiştir.

Tüm YTÜ'lerde oluşan artan, durağan ve azalan basınç tiplerinin ön yükleme yükü ve son yük değerlerinin normal dağılım eğrisi altında frekans histogramları, ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 5.11-16'da verilmektedir.

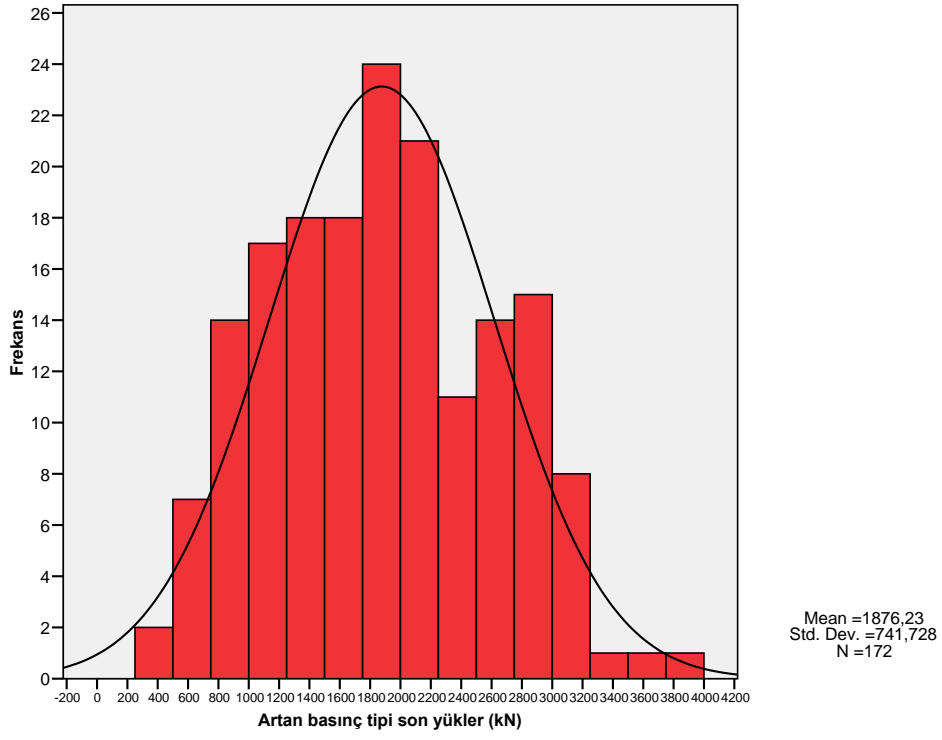
Artan basınç tiplerinde ön yükleme yükü ortalaması 1282,44 kN, standart sapması 593,67 kN olarak gerçekleşmiştir. Artan basınç tiplerinde son yük ortalaması 1876,23 kN ve standart sapma 741,73 kN'dur.

Durağan basınç tiplerinde ön yükleme yükleri ortalaması 1274,41 kN, standart sapma 540,41 kN'dur. Son yük değerleri ortalaması 1247,0 kN ve standart sapması 555,95 kN olarak gerçekleşmiştir.

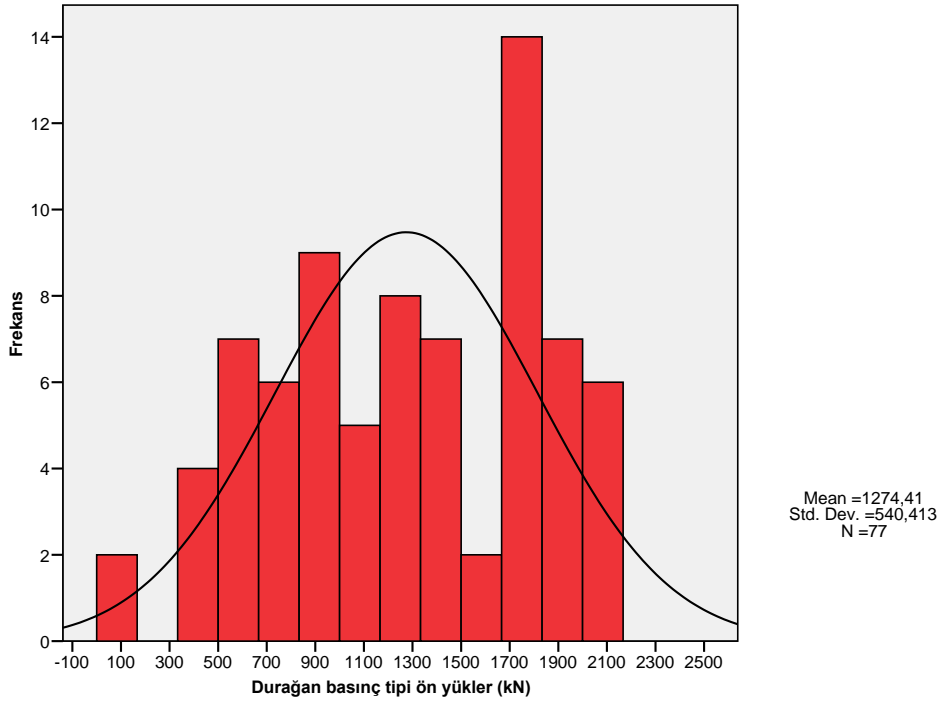
Azalan basınç tiplerinde ise ön yükleme yükleri ortalaması 1429,95 kN, standart sapma 529,74 kN, son yük ortalaması 906,12 kN ve standart sapması 525,78 kN'dur.



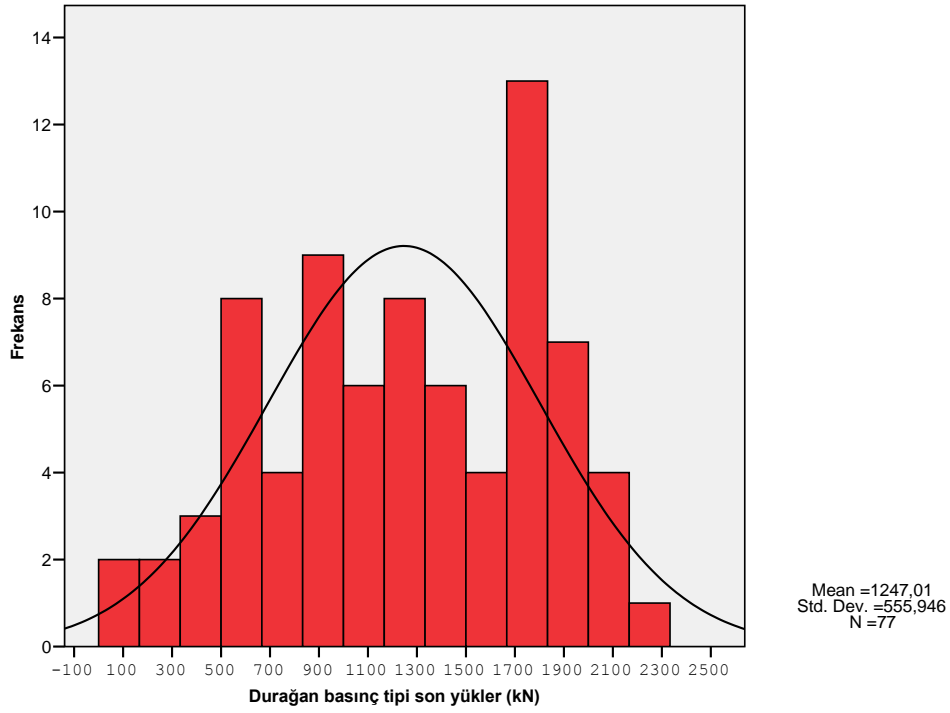
Şekil 5.11. Artan basınç tiplerinde ön yükleme yüklerinin frekans histogramı.



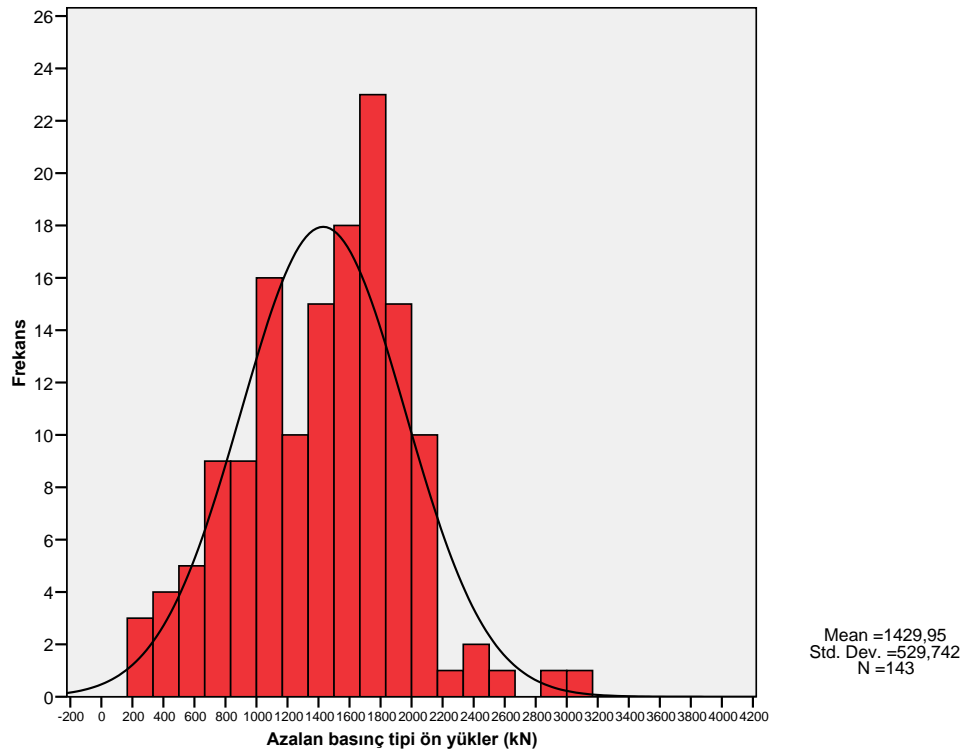
Şekil 5.12. Artan basınç tiplerinde son yüklerin frekans histogramı.



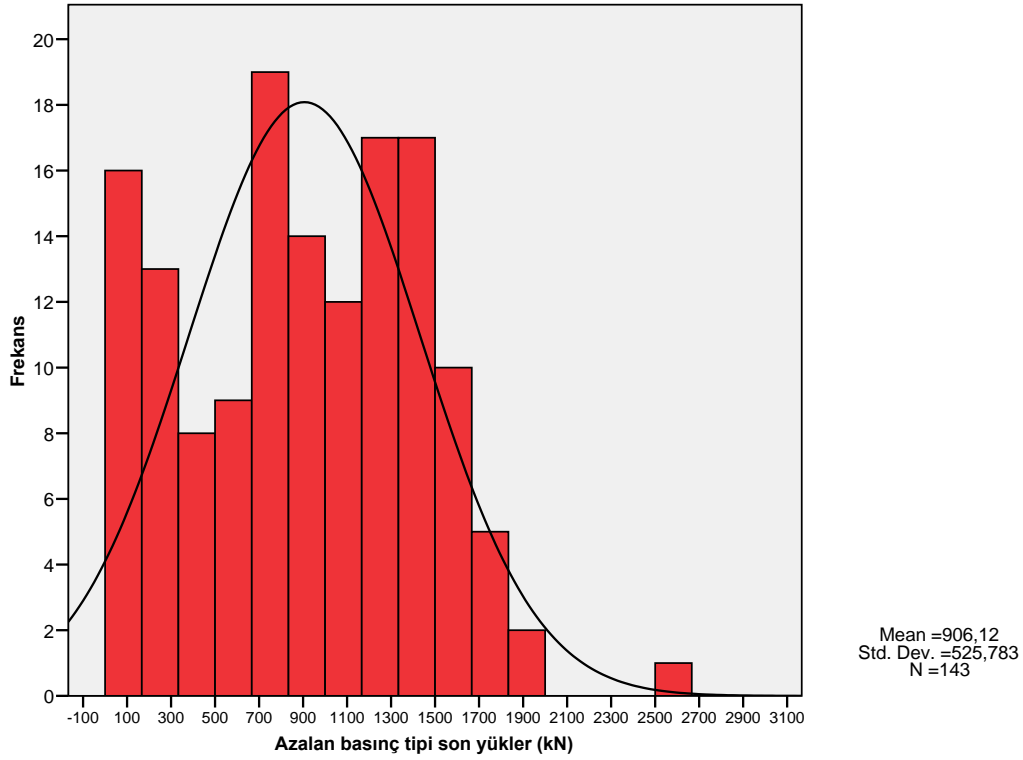
Şekil 5.13. Durağan basınç tiplerinde ön yükleme yüklerinin frekans histogramı.



Şekil 5.14. Durağan basınç tiplerinde son yüklerin frekans histogramı.



Şekil 5.15. Azalan basınç tiplerinde ön yükleme yüklerinin frekans histogramı.



Şekil 5.16. Azalan basınç tiplerinde son yüklerin frekans histogramı.

Her bir YTÜ’de oluşan basınçların ve yük değerlerinin üretim aşamalarına göre istatistiksel değerlendirme sonuçları; ortalama, ortanca, minimum, maksimum ve standart sapma olarak Çizelge 5.6-8’de verilmiştir.

15 numaralı YTÜ’de oluşan ön yüklerin ortalaması 1386,63 kN ve standart sapma 498,97 kN olarak gerçekleşmiştir. Bu YTÜ’de oluşan son yük değerleri ortalaması 1687,69 kN ve standart sapma 647,87 kN’dur. YTÜ’de oluşan maksimum son yük değeri 3700,22 kN’dur ve 1. kesim sonrası gerçekleşmiştir.

30 numaralı YTÜ’de oluşan ön yüklerin ortalaması 1400,68 kN ve standart sapma 568,53 kN olarak gerçekleşmiştir. Bu YTÜ’de oluşan son yük değerleri ortalaması 1468,82 kN ve standart sapma 766,86 kN’dur. YTÜ’de oluşan maksimum son yük değeri 3271,78 kN’dur ve 1. kesim sonrası gerçekleşmiştir.

45 numaralı YTÜ’de oluşan ön yüklerin ortalaması 1234,77 kN ve standart sapma 593,78 kN olarak gerçekleşmiştir. Bu YTÜ’de oluşan son yük değerleri ortalaması 1144,19 kN ve standart sapma 771,47 kN’dur. YTÜ’de oluşan maksimum son yük değeri 3972,86 kN’dur ve 2. kesim sonrası gerçekleşmiştir.

Ölçülen tüm basınçların temel istatistikleri çizelge 5.9’da verilmektedir. Çizelgeden de görüleceği üzere ön yükleme yükleri ortalaması 1334,67 kN, standart sapma 563,96 kN ve maksimum 3038,12 kN olarak gerçekleşmektedir. Son yüklerin ortalaması 1398,74 kN, standart sapma 771,14 kN ve maksimum 3972,86 kN’dur.

Çizelge 5.6. M7 ayak 15 numaralı YTÜ’de ölçülen basınçların istatistikleri.

Üretim Aşamaları	İstatistikler	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci	
		Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük
		Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)
1. Kesim Sonrası	Ortalama	171,91	220,77	1428,46	1834,52
	Ortanca	175,77	215,62	1460,56	1791,65
	Minimum	53,90	60,93	447,88	506,30
	Maksimum	295,30	445,30	2453,80	3700,22
	Standart Sapma	58,82	75,62	488,73	628,40
2. Kesim Sonrası	Ortalama	156,42	209,20	1299,75	1738,38
	Ortanca	152,34	208,59	1265,87	1733,28
	Minimum	58,59	86,71	486,85	720,52
	Maksimum	278,90	382,02	2317,52	3174,40
	Standart Sapma	58,02	81,33	482,09	675,78
Tavan Kömürü Sonrası	Ortalama	169,87	170,83	1411,55	1419,48
	Ortanca	171,09	173,42	1421,67	1441,03
	Minimum	53,90	14,06	447,88	116,83
	Maksimum	278,90	325,77	2317,52	2706,99
	Standart Sapma	64,66	70,36	537,29	584,66
Tümü	Ortalama	166,87	203,10	1386,63	1687,69
	Ortanca	165,23	202,73	1372,94	1684,54
	Minimum	53,90	14,06	447,88	116,83
	Maksimum	295,30	445,30	2453,80	3700,22
	Standart Sapma	60,05	77,97	498,97	647,87

Çizelge 5.7. M7 ayak 30 numaralı YTÜ’de ölçülen basınçların istatistikleri.

Üretim Aşamaları	İstatistikler	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci	
		Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük
		Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)
1. Kesim Sonrası	Ortalama	177,39	188,90	1474,03	1569,70
	Ortanca	178,12	162,89	1480,05	1353,49
	Minimum	58,59	19,53	486,85	162,28
	Maksimum	356,24	393,74	2960,18	3271,78
	Standart Sapma	58,75	90,50	488,18	751,97
2. Kesim Sonrası	Ortalama	171,76	197,10	1427,28	1637,82
	Ortanca	172,26	196,87	1431,39	1635,89
	Minimum	42,18	23,43	350,49	194,69
	Maksimum	335,15	379,68	2784,93	3154,95
	Standart Sapma	71,49	90,40	594,04	751,14
Tavan Kömürü Sonrası	Ortalama	156,26	147,58	1298,42	1226,30
	Ortanca	159,37	123,05	1324,29	1022,44
	Minimum	51,56	9,37	428,44	77,86
	Maksimum	342,11	374,99	2842,76	3115,98
	Standart Sapma	72,99	90,42	606,52	751,30
Tümü	Ortalama	168,56	176,76	1400,68	1468,82
	Ortanca	171,09	162,89	1421,67	1353,49
	Minimum	42,18	9,37	350,49	77,86
	Maksimum	356,24	393,74	2960,18	3271,78
	Standart Sapma	68,42	92,29	568,53	766,86



Çizelge 5.8. M7 ayak 45 numaralı YTÜ’de ölçülen basınçların istatistikleri.

Üretim Aşamaları	İstatistikler	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci	
		Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük
		Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)
1. Kesim Sonrası	Ortalama	147,20	144,69	1223,17	1202,26
	Ortanca	146,48	130,07	1217,13	1080,82
	Minimum	18,75	9,37	155,80	77,86
	Maksimum	335,15	389,05	2784,93	3232,81
	Standart Sapma	75,85	99,66	630,29	828,11
2. Kesim Sonrası	Ortalama	141,52	146,85	1175,93	1220,28
	Ortanca	131,25	133,59	1090,58	1110,02
	Minimum	17,70	7,03	147,08	58,42
	Maksimum	281,24	478,11	2336,96	3972,86
	Standart Sapma	62,18	112,08	516,67	931,36
Tavan Kömürü Sonrası	Ortalama	149,17	171,28	1239,51	1423,22
	Ortanca	149,77	145,77	1244,52	1211,27
	Minimum	17,70	7,03	147,08	58,42
	Maksimum	356,24	478,11	2960,18	3972,86
	Standart Sapma	100,32	134,30	833,58	1116,00
Tümü	Ortalama	148,60	137,70	1234,77	1144,19
	Ortanca	147,65	128,90	1226,90	1071,09
	Minimum	17,70	7,03	147,08	58,42
	Maksimum	365,62	478,11	3038,12	3972,86
	Standart Sapma	71,46	92,84	593,78	771,47

Çizelge 5.9. M7 ayakta ölçülen tüm basınçların istatistikleri.

İstatistikler	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci	
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)
Ortalama	160,62	168,33	1334,67	1398,74
Ortanca	164,06	160,54	1363,26	1334,01
Minimum	17,70	7,03	147,08	58,42
Maksimum	365,62	478,11	3038,12	3972,86
Standart Sapma	67,87	92,80	563,96	771,14

## 6. ÖMERLER YERALTI OCAĞI İÇİN YTÜ KAPASİTE HESAPLAMALARI

### 6.1. Teorik Yük Hesaplamaları

Tianhe, K. ve Zhongming, J. (1999) tarafından önerilen, göçertme uygulanan kalın kömür damarlarında kullanılan YTÜ'lerin taşıma kapasitesi hesaplama formülleri ve Ömerler Yeraltı Ocağı için yapılan hesaplamalar aşağıda verilmektedir.

Tavan sarması üzerine gelen yük ( $P_1$ ) tavan kömürü ağırlığı ve kısmi göçen tavan taşının ağırlığından oluşur.

$$P_1 = (Mlb\gamma_1 + \frac{m}{K_p} lb\gamma_2) K_g \quad (6.1)$$

Burada:

$M$ : tavan kömürü kalınlığı (5,6 m),

$l$ : ayak genişliği (2,57 m),

$b$ : YTÜ genişliği (1,5 m),

$\gamma_1, \gamma_2$ : kömür ve tavan taşı ortalama yoğunluğu (1,33 ve 2,11 ton/m<sup>3</sup>),

$m$ : kömür damarı kalınlığı (8,4 m),

$K_p$ : kabarma katsayısı (0,5),

$K_g$ : dinamik yük katsayısı (1,2).

$$P_1 = (5,6 \times 2,57 \times 1,5 \times 1,33 + \frac{8,4}{0,5} \times 2,57 \times 1,5 \times 2,11) \times 1,2$$

$$P_1 = 198,43 \text{ ton}$$

Göçük sarması üzerine gelen yük ( $P_2$ ) göçen tavan kömürü ağırlığı ve göçen tavan taşı ağırlığından oluşur.

$$P_2 = m_2 s b \gamma_1 + \frac{m}{K_p} s b \gamma_2 \quad (6.2)$$

$m_2$ : göçertilecek tavan kömürü yüksekliği (5,6 m),

$s$ : göçük sarmasının yatay uzunluğu (3,3 m),

$$P_2 = 5,6 \times 3,3 \times 1,5 \times 1,33 + \frac{8,4}{0,5} \times 3,3 \times 1,5 \times 2,11$$

$$P_2 = 212,32 \text{ ton}$$

böylece YTÜ üzerindeki dikey kuvvet ( $P_v$ ):

$$P_v = P_1 + P_2 \quad (6.3)$$

$$P_v = 198,43 + 212,32$$

$$P_v = 410,75 \text{ ton}$$

YTÜ üzerindeki yatay itme kuvveti ise göçükteki kömür ve pasa tarafından üretilen yanıl basınçtan kaynaklanır. Yatay itme kuvveti ( $P_H$ ):

$$P_H = (M \gamma_1 + \frac{m}{K_p} \gamma_2) b m_l \tan^2(45^\circ - \frac{\emptyset}{2}) \quad (6.4)$$

$m_l$ : YTÜ ortalama yüksekliği (2,8 m),

$\emptyset$ : kömür yığının içsel sürtünme açısı ( $40^\circ$ ),

$$P_H = (5,6 \times 1,33 + \frac{8,4}{0,5} \times 2,11) \times 1,5 \times 2,8 \times \tan^2(45^\circ - \frac{40}{2})$$

$$P_H = 39,17 \text{ ton}$$

YTÜ toplam taşıma kapasitesi ( $P$ ) ise:

$$P = n \sqrt{(P_v)^2 + (P_H)^2} \quad (\text{ton /ünite}) \quad (6.5)$$

Burada  $n$ : emniyet katsayısıdır ( $n=2$ ).

$$P = 2 \times \sqrt{(410,75)^2 + (39,17)^2}$$

$$P = 2 \times 412,61$$

$$P = 825,22 \text{ ton (8095 kN)}$$

Göçertme uygulanan kalın kömür damarlarında tavan yükü hesaplamalarında kullanılan diğer bir yaklaşım Konak (1995) tarafından önerilmektedir. Ömerler Yeraltı Ocağı için ayak içi teorik yük yüksekliği ve bu yüksekliğe göre YTÜ taşıma kapasitesi aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$h = \frac{m(1-v)[s(\gamma_1-\gamma_2)+\gamma_2]}{(K-1)(1-s)\gamma_2} - \frac{mv(Kc-1)}{(K-1)} \quad (6.6)$$

Burada:

h: yalancı tavan yüksekliği (m),

m: maksimum damar kalınlığı (8,4m),

v: kömür kaybı (% 20),

s: kömüre taş karışımı (% 15),

$\gamma_1$ : kömür yoğunluğu (1,33 ton/m<sup>3</sup>),

$\gamma_2$ : tavan taşı yoğunluğu (2,11 ton/m<sup>3</sup>)

K: tavan taşı kabarma faktörü (1,5),

$K_c$ : kömür kabarma faktörü (1,3).

$$h = \frac{8,4(1-0,2)[0,15(1,33-2,11)+2,11]}{(1,5-1)(1-0,15) \times 2,11} - \frac{8,4 \times 0,2(1,3-1)}{(1,5-1)}$$

$$h = 13,93 \text{ m}$$

Bu yük yüksekliğinde oluşabilecek tavan yükü yoğunluğu,

$$v = h \times \gamma_2 \quad (6.7)$$

$$v = 13,93 \times 2,11 = 29,39 \text{ ton/m}^2$$

YTÜ'nün taşıyacağı tavan yükü,

$$P_v = v \times A \quad (6.8)$$

Burada, A: YTÜ tavan alanı (5,87 m x 1,5 m = 8,81 m<sup>2</sup>)

$$P_v = 29,39 \times 8,81$$

$$P_v = 258,93 \text{ ton (2540 kN)}$$

YTÜ taşıma kapasitesi,

$$P = n \times P_v \quad (6.9)$$

Burada, n: emniyet katsayısıdır (n=2)

$$P = 2 \times 258,93$$

$$P = 517,86 \text{ ton (5080 kN)}$$

## 6.2. Yük Periyodu Analizi ile YTÜ Esneme Yükü Tahminleri

Ömerler Yeraltı Ocağı M3 ve M7 ayaklarda basınç ölçümü yapılan YTÜ'lerde oluşan artan tip yüklerin ön yük ( $P_s$ ), son yük artışı ( $\Delta P_f$ ) ve son yük ( $P_f$ ) değerleri iki ayrı yöntem ile değerlendirilerek Ömerler Ocağı için yeterli YTÜ taşıma kapasitesi tahminleri yapılmıştır.

Birinci yöntemde, ön yük ( $P_s$ ) ile son yük artışı ( $\Delta P_f$ ) ve ön yük ( $P_s$ ) ile son yük ( $P_f$ ) değerleri arasındaki ilişkilerin regresyon analizleri yapılmış, ikinci yöntemde ise son yük değerlerinin eklenik olasılıkları hesaplanarak, yeterli YTÜ kapasiteleri belirlenmiştir.

### 6.2.1. Regresyon analizleri yöntemi ile YTÜ esneme yükü hesabı

Ömerler Yeraltı Ocağı M3 ve M7 ayaklarda basınç ölçümü yapılan YTÜ'lerde oluşan artan tip yüklerin ön yük ( $P_s$ ) ile son yük artışı ( $\Delta P_f$ ) ve ön yük ( $P_s$ ) ile son yük ( $P_f$ ) değerleri arasındaki ilişkilerin regresyon analizleri ve korelasyon katsayıları M3 ve M7

ayak ölçümleri ve M3+M7 ayak tüm ölçümler için ayrı ayrı hesaplanarak Çizelge 6.1-2'de sunulmaktadır.

Çizelge 6.1. Artan tip yüklerde ön yük ( $P_s$ ) ile son yük artışı ( $\Delta P_f$ ) arası ilişkilerin regresyon analiz sonuçları.

M3 Ayak artan tip yük ölçümleri

Regresyon Modeli	Fonksiyon	a	b	c	Korelasyon (r)
Doğrusal	$y = a + bx$	464,68	0,1101	-	0,1127
Üssel	$y = ax^b$	114,7	0,2081	-	0,1459
Eksponansiyel	$y = ae^{bx}$	375,97	0,0002	-	0,1253
Logaritmik	$y = a + blnx$	-111,4	100,65	-	0,1338
Eğrisel	$y = a + bx + cx^2$	271,09	0,5853	-0.0002	0,1631

M7 Ayak artan tip yük ölçümleri

Regresyon Modeli	Fonksiyon	a	b	c	Korelasyon (r)
Doğrusal	$y = a + bx$	619,2	-0,0198	-	0,0264
Üssel	$y = ax^b$	176,49	0,1319	-	0,0872
Eksponansiyel	$y = ae^{bx}$	390,01	0,0001	-	0,0794
Logaritmik	$y = a + blnx$	655,92	-8,832	-	0,0100
Eğrisel	$y = a + bx + cx^2$	515,32	0,1596	-0,00006	0,0648

M3+M7 Ayaklar artan tip yük ölçümleri

Regresyon Modeli	Fonksiyon	a	b	c	Korelasyon (r)
Doğrusal	$y = a + bx$	544,72	0,0269	-	0,0346
Üssel	$y = ax^b$	160,52	0,1507	-	0,1068
Eksponansiyel	$y = ae^{bx}$	399,12	0,0001	-	0,0806
Logaritmik	$y = a + blnx$	255,04	50,881	-	0,0648
Eğrisel	$y = a + bx + cx^2$	399,21	0,3055	-0,0001	0,1058

Çizelge 6.2. Artan tip yüklerde ön yük ( $P_s$ ) ile son yük ( $P_f$ ) arası ilişkilerin regresyon analiz sonuçları.

M3 Ayak artan tip yük ölçümleri

Regresyon Modeli	Fonksiyon	a	b	c	Korelasyon (r)
Doğrusal	$y = a + bx$	464,68	1,1101	-	0,7527
Üssel	$y = ax^b$	15,098	0,671	-	0,7826
Eksponansiyel	$y = ae^{bx}$	637,18	0,0008	-	0,7588
Logaritmik	$y = a + blnx$	-4118,6	831,49	-	0,7331
Eğrisel	$y = a + bx + cx^2$	271,09	1,5853	-0,0002	0,7567

M7 Ayak artan tip yük ölçümleri

Regresyon Modeli	Fonksiyon	a	b	c	Korelasyon (r)
Doğrusal	$y = a + bx$	619,2	0,9802	-	0,7845
Üssel	$y = ax^b$	13,856	0,6849	-	0,7967
Eksponansiyel	$y = ae^{bx}$	812,71	0,0006	-	0,7736
Logaritmik	$y = a + blnx$	-5774,1	1087,5	-	0,7623
Eğrisel	$y = a + bx + cx^2$	515,32	1,1596	-0,00006	0,7854

M3+M7 Ayaklar artan tip yük ölçümleri

Regresyon Modeli	Fonksiyon	a	b	c	Korelasyon (r)
Doğrusal	$y = a + bx$	544,72	1,0269	-	0,7951
Üssel	$y = ax^b$	13,619	0,6864	-	0,8068
Eksponansiyel	$y = ae^{bx}$	744,17	0,0007	-	0,7714
Logaritmik	$y = a + blnx$	-5159,7	992,54	-	0,7701
Eğrisel	$y = a + bx + cx^2$	399,21	1,3055	-0,0001	0,7974

Çizelgelerden de görüleceği üzere ön yük ( $P_s$ ) ile son yük artışı ( $\Delta P_f$ ) ve ön yük ( $P_s$ ) ile son yük ( $P_f$ ) değerleri arasındaki ilişkilerin regresyon analizleri sonuçlarına göre en kuvvetli ilişkinin ön yük ( $P_s$ ) ile son yük ( $P_f$ ) değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir.

M3 ve M7 ayaklarda yapılan yük ölçümlerinde artan tip yüklerde ön yük ( $P_s$ ) ile son yük ( $P_f$ ) değerleri arasında en kuvvetli ilişki üssel regresyon olup, korelasyon katsayısı (r) 0,8068'dir. Fonksiyon ise aşağıda tanımlanmaktadır.

$$P_f = 13,619(P_s)^{0,6864} \quad (6.10)$$

Peng ve arkadaşlarına (1986) göre, eğer YTÜ artan yük koşullarında çalışacak ise esneme yükü ( $P_y$ ) arzu edilen son yük değerine ( $P_f$ ) eşit olmalıdır. Fakat pratikte ( $P_f$ ) değeri periyottan periyoda değişiklik göstermektedir ve istatistiksel olarak bir standart sapma ( $\sigma_f$ ) değerine sahiptir. Böylece esneme yükü ( $P_y$ ) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$P_y = P_f + 1,3 \sigma_f \quad (6.11)$$

Kritik ön yük değeri ( $P_{so}$ ), artan tip basınçların ortalama ön yük değeri alındığında nominal ön yük ( $P_{si}$ ), nominal son yük değeri ( $P_{fi}$ ) ve nominal esneme yükü ( $P_{yi}$ ) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Burada  $P_{fi}$  nominal ön yük kullanıldığında son yük değeridir ve regresyon eğrisi formülü ile hesaplanmaktadır.

$$P_{si} = 1,6P_{so} \quad (6.12)$$

$$P_{yi} = P_{fi} + 1,3 \sigma_f \quad (6.13)$$

Ömerler Yeraltı Ocağı için yük periyodu analizleri sonuçlarına göre yapılan esneme yükü hesaplamaları aşağıda sunulmaktadır (M3+M7 ayaklardaki artan tip yüklerin ön yük değerleri ortalaması 1059,12 kN ve son yüklerin standart sapma değeri 663,37 kN'dur.).

$$P_{so} = 1059,12 \text{ kN}$$

$$P_{si} = 1,6P_{so} = 1,6 \times 1059,12 = 1694,59 \text{ kN}$$

$$P_{fi} = 13,619 \times (1694,59)^{0,6864}$$

$$P_{fi} = 2241,69 \text{ kN}$$

$$\sigma_f = 663,37$$

$$P_{yi} = P_{fi} + 1,3 \sigma_f = 2241,69 + 1,3 \times 663,37$$

$$P_{yi} = 3104,07 \text{ kN}$$



## 6.2.2. Eklenik olasılık yöntemi ile YTÜ taşıma kapasitesi hesabı

İstatistiksel olarak, toplumun tümünü gözlemek mümkün olmadığı için bir rastgele değişkenin olasılık dağılımının eldeki örneğin analizi ile elde edilen frekans dağılımına eşdeğer olduğu kabul edilir.

Eklenik frekans dağılımının belirlenmesinde en önemli husus sınıf sayısının belirlenmesidir. Sınıf sayısı genellikle 5 ile 20 arasında tutulur. Örnekteki eleman sayısı arttıkça sınıf sayısı da artar. Sınıf sayısını belirlemek için aşağıdaki ampirik formül kullanılabilir (Yılmaz 2002).

$$m = 1 + 3,3 \log N \quad (6.14)$$

Burada  $m$  sınıf sayısını,  $N$  ise örnekteki eleman sayısını gösterir. Sınıf sayısı belirlendikten sonra örnekteki en büyük değer ile en küçük değer arasındaki fark sınıf sayısına bölünüp sınıf genişliği tahmin edilir. Sınıflar ve genişlikleri hesaplandıktan sonra her bir sınıf için frekans ve eklenik frekanslar hesaplanır.

Ömerler Yeraltı Ocağı M3 ve M7 mekanize ayaklarda basınç ölçümü yapılan YTÜ'lerde oluşan artan tip yüklerin son yük ( $P_f$ ) değerlerinin eklenik frekans dağılımları M3 ayak ölçümleri, M7 ayak ölçümleri ve M3+M7 ayaklar tüm ölçümler için ayrı ayrı hesaplanarak Çizelge 6.3, 6.4 ve 6.5'te, eklenik frekans grafikleri de Şekil 6.1, 6.2 ve 6.3'te sunulmuştur.

Bessinger (1996) tarafından minimum % 87 eklenik olasılığın YTÜ tasarım değeri için yeterli olabileceği önerilmektedir. Bu değer altında, artan frekansta istenmeyen sonuçların elde edildiği, % 87-93 aralığındaki değerlerin sonuçlarının ise çok az tavan kontrol problemlerine yol açtığı belirtilmektedir.

Grafiklerden de görüleceği üzere artan tip yüklerin son yük değerlerinin % 93 eklenik olasılıktaki son yük değeri M3 yak ölçümleri için 2360 kN, M7 ayak ölçümleri için 3030 kN ve M3+M7 ayaklar tüm ölçümler için 2510 kN olarak oluşmaktadır.

Ömerler Yeraltı Ocağında yapılan yük ölçümlerinde artan tip yüklerin son yük değerlerinin % 93 eklenik olasılık değerinin tahkimat tasarım değeri olarak kabul

edilebileceği düşünüldüğünde; en yüksek değer olan M7 ayak ölçümleri değeri 3030 kN YTÜ taşıma kapasitesi yeterli olmaktadır.

Çizelge 6.3. M3 ayak ölçümleri son yük değerleri eklenik frekans dağılımı.

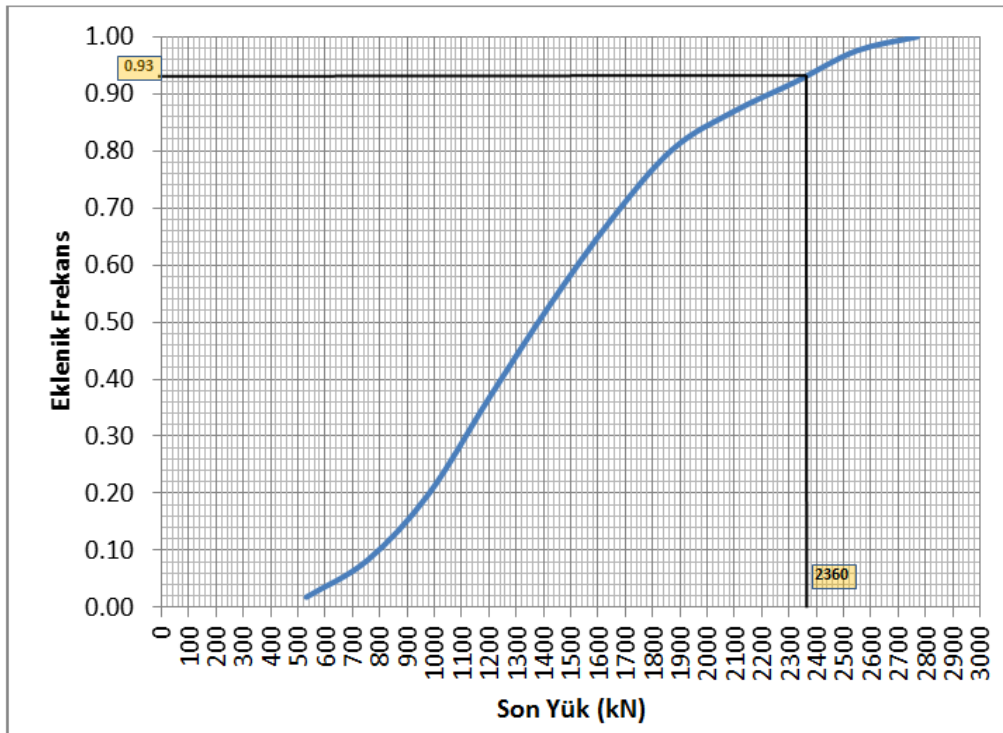
Sınıf	Sınıf Genişliği		Gözlem Sayısı	Frekans (%)	Eklenik Frekans (%)
1	<	530,59	11	0,02	0,02
2	530,60	754,57	39	0,06	0,08
3	754,58	978,55	70	0,12	0,20
4	978,56	1202,53	103	0,17	0,37
5	1202,54	1426,51	99	0,16	0,53
6	1426,52	1650,49	90	0,15	0,68
7	1650,50	1874,47	73	0,12	0,80
8	1874,48	2098,45	40	0,07	0,87
9	2098,46	2322,43	31	0,05	0,92
10	2322,44	2546,41	33	0,05	0,98
11	2546,42	2770,39	15	0,02	1,00
			604	1,00	

Çizelge 6.4. M7 ayak ölçümleri son yük değerleri eklenik frekans dağılımı

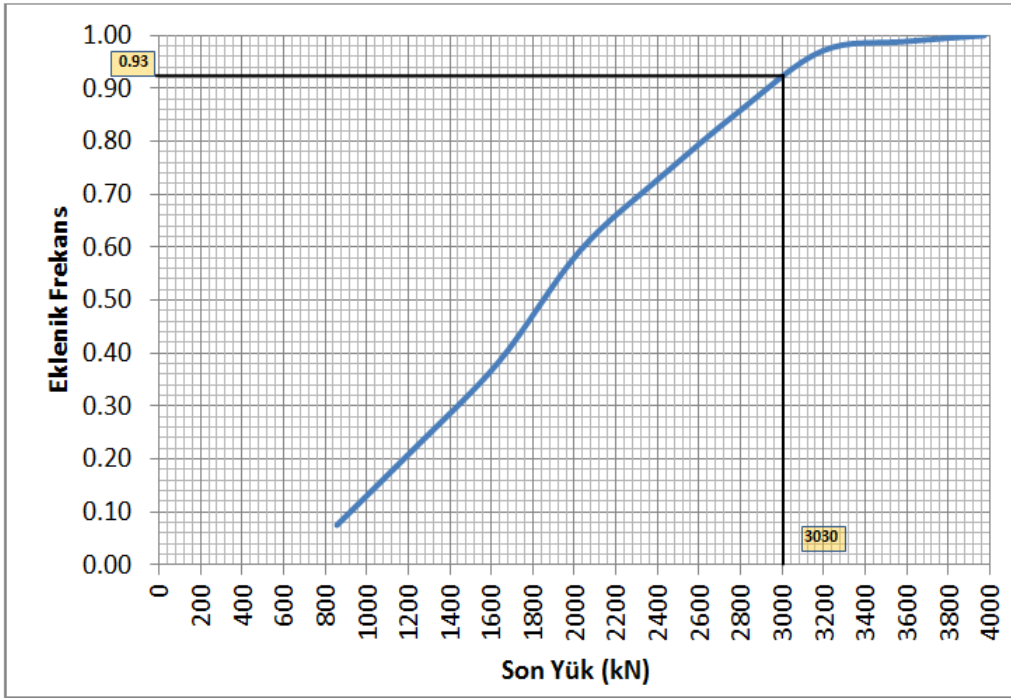
Sınıf	Sınıf Genişliği		Gözlem Sayısı	Frekans (%)	Eklenik Frekans (%)
1	<	856,78	13	0,08	0,08
2	856,79	1246,29	26	0,15	0,23
3	1246,30	1635,80	27	0,16	0,38
4	1635,81	2025,31	36	0,21	0,59
5	2025,32	2414,82	24	0,14	0,73
6	2414,83	2804,33	22	0,13	0,86
7	2804,34	3193,84	19	0,11	0,97
8	3193,85	3583,35	3	0,02	0,99
9	3583,36	3972,86	2	0,01	1,00
			172	1,00	

Çizelge 6.5. M3+M7 ayaklar ölçümleri son yük değerleri eklenik frekans dağılımı.

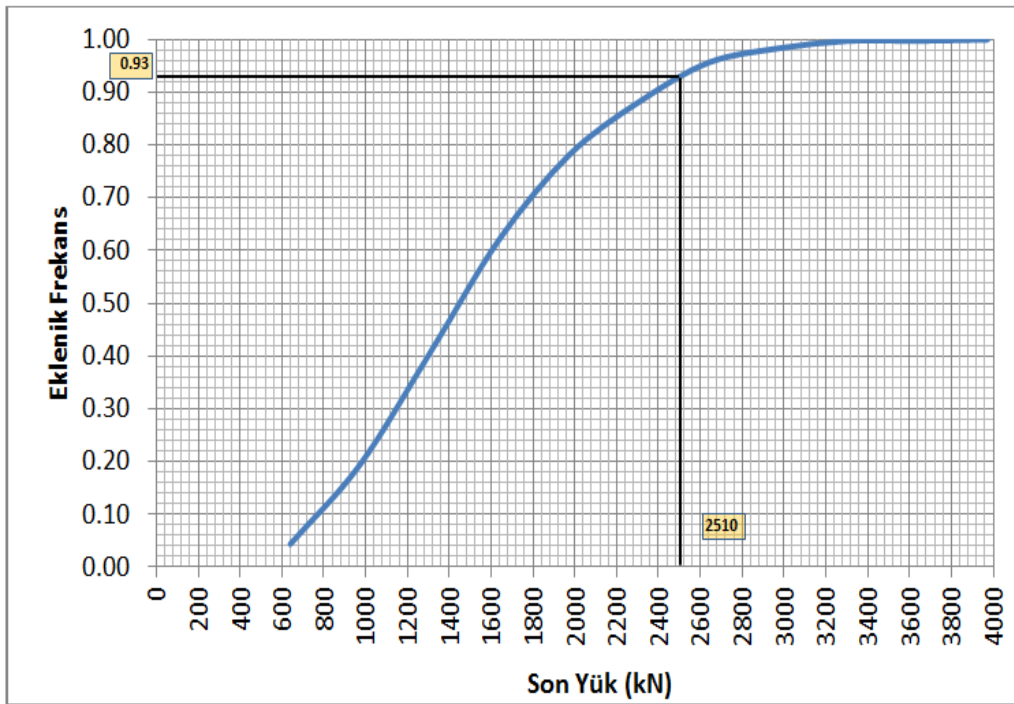
Sınıf	Sınıf Genişliği		Gözlem Sayısı	Frekans (%)	Eklenik Frekans (%)
1	<	639,86	31	0,04	0,04
2	639,87	973,16	108	0,14	0,18
3	973,17	1306,46	163	0,21	0,39
4	1306,47	1639,76	172	0,22	0,61
5	1639,77	1973,06	127	0,16	0,77
6	1973,07	2306,36	79	0,10	0,88
7	2306,37	2639,66	60	0,08	0,95
8	2639,67	2972,96	22	0,03	0,98
9	2972,97	3306,26	12	0,02	1,00
10	3306,27	3639,56	0	0,00	1,00
11	3639,57	3972,86	2	0,00	1,00
			776	1,00	



Şekil 6.1. M3 ayak ölçümleri son yük değerleri eklenik frekans dağılımı grafiği.



Şekil 6.2. M7 ayak ölçümleri son yük değerleri eklenik frekans dağılımı grafiği.



Şekil 6.3. M3+M7 ayaklar ölçümleri son yük değerleri eklenik frekans dağılımı grafiği.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 7.1. Genel

Kalın kömür damarlarında uygulanan göçertmeli, geri dönümlü uzunayaklarda tavan tabakaları ile YTÜ'ler arasındaki etkileşimi, YTÜ'lere gelen basınçları ve oluşan basınç tiplerini araştırmak, yük periyodu analizi yöntemiyle yeterli YTÜ kapasitesine ulaşmak amacıyla ülkemizde ilk kez GLİ Ömerler Yeraltı Ocağı M3 ve M7 ayaklarda YTÜ'lere basınç sensörleri yerleştirilerek, merkezi izleme sistemi vasıtasıyla YTÜ'lerde oluşan basınçlar izlenmiştir.

M3 ayakta 20, 30, 45 ve 55 numaralı YTÜ'lerin ve M7 ayakta 15, 30 ve 45 numaralı YTÜ'lerin ana direklerine basınç sensörleri yerleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Ölçüm sonuçları değerlendirilerek, üretim aşamalarına bağlı olarak YTÜ'lerde oluşan basınç tipleri tespit edilmiş ve frekans dağılımları çıkarılmıştır. Ayrıca, her bir YTÜ'de oluşan basınç değerleri istatistiksel olarak değerlendirilerek, ön yük ve son yük değerlerinin ortalama, standart sapma, ortanca, minimum ve maksimum değerleri hesaplanmıştır.

M3 ve M7 ayaklarda yapılan ölçümlerde YTÜ'lerde oluşan artan tip yüklerin; ön yük ( $P_s$ ), son yük artışı ( $\Delta P_f$ ) ve son yük ( $P_f$ ) değerleri iki ayrı yöntem ile değerlendirilmiştir. Birinci yöntemde, ön yük ( $P_s$ ) ile son yük artışı ( $\Delta P_f$ ) ve ön yük ( $P_s$ ) ile son yük ( $P_f$ ) değerleri arasındaki ilişkilerin regresyon analizleri yapılmış, ikinci yöntemde ise son yük değerlerinin eklenik olasılıkları hesaplanmıştır. Bu çalışmalar sonucu YTÜ esneme yükü tahminleri yapılarak, Ömerler Yeraltı Ocağı için yeterli YTÜ yük taşıma kapasitesi belirlenmiştir.

### 7.2. Sonuçlar

- M3 ve M7 ayaklarda YTÜ'lerde yapılan ölçümler sonucunda genel olarak üç ayrı basınç değişim tipi tespit edilmiştir. Bunlar;

1. Artan tip: Ön yük basıncından sonra, tahkimata gelen yoğun yük nedeniyle tahkimat basıncı sürekli artar. Tavan yüklemesinin aşırı olduğu durumlarda son basınç değeri YTÜ emniyet basıncı değerine kadar ulaşabilir ve bazı durumlarda emniyet basıncı değerini aşar ve tahkimatta esneme periyotları başlar.

M3 ayakta, YTÜ'lerde artan tip basınç değişimleri 1. ve 2. kesim sonrasında sırasıyla % 69,92 ve % 70,24 oranlarında, tavan kömürü sonrasında ise % 48,5 oranında oluşmuştur.

M7 ayakta YTÜ'lerde artan tip basınç değişimleri 1. ve 2. kesim sonrasında sırasıyla % 50,65 ve % 59,05 oranlarında, tavan kömürü sonrasında ise % 24,06 oranında oluşmuştur.

Bu sonuçlarda, ayakta tavan kömürü üretimi sonrasında tavan yükünde bir rahatlamanın olduğunu, fakat ilerlemenin başlaması ile birlikte tahkimat ünitelerinin artan tavan yüklerine maruz kaldığını göstermektedir.

2. Durağan tip: Ön yük basıncı sonrasında tahkimatta herhangi bir tavan yüklemesinin oluşmadığı durumdur. Zayıf bir tavan yüklemesinin oluştuğunu gösterir.

M3 ayakta, YTÜ'lerde durağan tip basınç değişimleri 1. ve 2. kesim sonrasında sırasıyla % 28,53 ve %29,41 oranlarında oluşurken, tavan kömürü üretimi sonrasında % 46,62 oranında oluşmuştur.

M7 ayakta YTÜ'lerde durağan tip basınç değişimleri 1. ve 2. kesim sonrasında sırasıyla % 18,18 ve % 11,43 oranlarında oluşurken, tavan kömürü üretimi sonrasında % 27,82 oranında oluşmuştur.

Bu sonuçlar da, tavan kömürü üretimi sonrasında tavan yükünde oluşan bir rahatlama göstermektedir. Periyodik tavan yüklemesinin oluşmadığı dönemlerde ve tavan kömürünün tam olarak geçertildiği durumlarda 1. ve 2. kesim sonrasında da durağan tip basınç değişimleri gözlenmektedir.

3. Azalan tip: Ön yük basıncından sonra basınçta ani bir azalma görülür ve bu azalma devam eder. Üretim aşamasının sonuna doğru basınçta bir yükselme görülebilir.

Oldukça zayıf bir tavanın olduğunu veya YTÜ tavan sarması ile tavan tabakaları arasında parçalanmış malzemenin olduğunu gösterir.

M3 ayakta YTÜ'lerde azalan tip basınç değişimleri 1. ve 2. kesim sonrasında sırasıyla % 1,54 ve % 0,35 oranlarında oluşurken, tavan kömürü üretimi sonrasında % 4,89 oranında oluşmuştur.

M7 ayakta YTÜ'lerde 1. ve 2. kesim sonrasında sırasıyla % 31,17 ve % 29,52 oranlarında oluşurken, tavan kömürü üretimi sonrasında % 48,12 oranında oluşmuştur. Özellikle 45 numaralı tahkimatta görülme oranı oldukça fazladır. Bu da, ölçüm yapılan süreçte ayağın kuyruk bölümünde kırılmış bir zon içerisinde ilerleme yapıldığını işaret etmektedir.

- YTÜ'lerde oluşan basınçların ortalama, standart sapma ve maksimum değerleri, YTÜ'lerin ayak içindeki konumuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Üretim yöntemi gereği YTÜ üzerindeki tavanın göçertilmesi ve buna bağlı olarak tavan yüklemesinin dengesiz olması ölçüm yapılan YTÜ'lerdeki basınç değişimlerinin farklılık göstermesine bir etkendir. Ölçüm yapılan süreçteki pano içi jeolojik yapı da diğer bir etkeni oluşturmaktadır.

M3 ve M7 ayaklarda yapılan tüm ölçüm sonuçları istatistiksel değerleri de farklılık göstermektedir. M3 ayakta ölçüm yapılan tüm YTÜ'lerde oluşan tahkimat dirençleri ön yük ortalama değeri 1026,79 kN, son yük ortalama değeri 1381,77 kN ve son yük maksimum değeri 2770,39 kN olarak tespit edilmiştir. M7 ayakta ise ölçüm yapılan tüm YTÜ'lerde oluşan tahkimat dirençleri ön yük ortalama değeri 1334,67 kN, son yük ortalama değeri 1398,74 kN ve son yük maksimum değeri 3972,86 olarak tespit edilmiştir.

Bu nedenlerle YTÜ esneme yükü tahminlerinde M3 ve M7 ayaklarda ölçülen basınç değerleri ayrı ayrı ve birlikte kullanılarak değerlendirme yapılmıştır.

Diğer yandan, M3 ve M7 ayaklarda YTÜ'lerde oluşan basınçlarda YTÜ esneme basınç değerinin çok az gözlemlenmiş olması YTÜ performanslarının iyi olduğunu ve taşıma kapasitelerinin de yeterli olduğunu göstermektedir.

▪ Tianhe, K. ve Zhongming, J. (1999) tarafından önerilen YTÜ taşıma kapasitesi hesaplamasına göre Ömerler Yeraltı Ocağı için tahkimat kapasitesi 825,22 ton (8095 kN) olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamada emniyet katsayısı 2 olarak alınmaktadır. YTÜ üzerindeki tavan kömürü, yalancı tavan ve göçertilen tavan kömürü ve tavan taşının ağırlığının, ana tavandan aktarılan yükün (dinamik yük) ve göçükteki yığının yatay itme kuvvetinin dahil edildiği bu hesaplama yönteminde YTÜ'ye gelecek tavan yükü 410,75 ton (4029 kN), tavan yük yoğunluğu ise 46,62 ton/m<sup>2</sup> (457,34 kN/m<sup>2</sup>) olarak ortaya çıkmaktadır.

Konak (1995) tarafından önerilen yalancı tavan yüksekliği hesaplamasına göre Ömerler Yeraltı Ocağı için YTÜ üzerindeki yalancı tavan yüksekliği 13,93 m, tavan yük yoğunluğu ise 29,39 ton/m<sup>2</sup> olarak oluşmaktadır. Bu değerlere göre mevcut YTÜ'lere gelecek tavan yükü 258,93 ton (2540 kN) olarak ortaya çıkmaktadır. Emniyet katsayısının 2 olarak alındığı durumda Ömerler Yeraltı Ocağı için YTÜ kapasitesi 517,86 ton (5080 kN) olarak hesaplanmıştır.

▪ M3 ve M7 ayaklarda yapılan ölçümlerde YTÜ'lerde oluşan artan tip yüklerin ön yük ( $P_s$ ) ile son yük artışı ( $\Delta P_f$ ) ve ön yük ( $P_s$ ) ile son yük ( $P_f$ ) değerleri arasındaki ilişkilerin regresyon analizleri sonucunda en kuvvetli ilişkinin 0,8068 korelasyon katsayısı M3 ve M7 ayaklarda yapılan yük ölçümlerinde artan tip yüklerde ön yük ( $P_s$ ) ile son yük ( $P_f$ ) değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Fonksiyon  $P_f = 13,619(P_s)^{0,6864}$ 'dür. Bu regresyon fonksiyonu yardımıyla hesaplanan Ömerler Yeraltı Ocağı için yeterli YTÜ emniyet yükü 3104,07 kN'dur.

▪ M3 ve M7 ayaklarda yapılan ölçümlerde YTÜ'lerde oluşan artan tip yüklerin son yük değerleri eklenik frekanslarına göre % 93 eklenik olasılıktaki son yük değeri M3 ayak ölçümleri için 2360 kN, M7 ayak ölçümleri için 3030 kN ve M3+M7 ayaklar tüm ölçümler için 2520 kN olarak oluşmaktadır.

Ömerler Yeraltı Ocağında yapılan yük ölçümlerinde artan tip yüklerin son yük değerlerinin % 93 eklenik olasılık değerinin tahkimat tasarım değeri olarak kabul edilebileceği düşünüldüğünde en yüksek değer olan M7 ölçümleri değeri, 3030 kN YTÜ taşıma kapasitesi yeterli olmaktadır.



- Her iki yöntem ile tahmin edilen YTÜ taşıma kapasitelerinin ortalaması 3067,03 kN, tavan yük yoğunluğu ( $8,81 \text{ m}^2$  YTÜ tavan alanında)  $348,13 \text{ kN/m}^2$ 'dir.
- Emniyet katsayısının 2 olarak alınması durumunda,  $2 \times 348,13 = 696,26 \approx 700 \text{ kN/m}^2$  tavan yük yoğunluğunu taşıyabilecek YTÜ taşıma kapasitesi, Ömerler Yeraltı Ocağında gelecek yıllarda temin edilecek YTÜ'ler için yeterli olacaktır.

### 7.3. Uygulama

Ömerler Yeraltı Ocağında tüvenan kömür üretimini 1.400.000 ton/yıl seviyesine çıkarmak amacıyla hazırlanan tevsii projesi kapsamında 2 adet 120'şer metrelik ayak ve pano teçhizatlarının temin ihalesi 2011 yılında yapılmıştır.

Yeni temin edilecek ayak içi YTÜ'ler için yük yoğunluğu teorik yöntemlerle  $900 \text{ kN/m}^2$  olarak hesaplanmış, ancak M3 ve M7 ayaklarda YTÜ'lerde yapılan basınç ölçüm sonuçları dikkate alınarak bu değer  $800 \text{ kN/m}^2$ 'ye düşürülmüştür. Teçhizatların temini amacıyla hazırlanan teknik şartnamede, teklif edilecek ayak içi YTÜ'lerin taşıma yükü yoğunluklarının minimum  $800 \text{ kN/m}^2$  olması şartı konularak, ihale sonucu  $7200 \text{ kN}$  taşıma kapasiteli ve  $810-830 \text{ kN/m}^2$  yük yoğunluğuna sahip ayak içi YTÜ'leri temin edilmiştir.

### 7.4. Öneriler

Ömerler Yeraltı Ocağında YTÜ'lerde basınç ölçümleri M3 ayakta dört YTÜ'de, M7 yakta ise üç YTÜ'de yapılabilmektedir. Basınç sensörlerinin merkezi izleme sistemine sonradan adapte edilmesi ve sınırlı sayıda basınç sensörü temin edilebilmesi nedenleriyle ayaklarda daha çok YTÜ'nün izlenmesi mümkün olamamıştır.

Ömerler Yeraltı Ocağına yeni temin edilen ayakiçi tahkimatları dört ana direkli olup, direkler arasında insan geçişini sağlayan boşluk mevcuttur. Tavan kömürü YTÜ gerisindeki ikinci bir konveyör ile üretildiğinden, YTÜ önünde ve içerisinde pasa ve şlam birikmesi çok fazla olmamakta, YTÜ iç kısımları daha temiz tutulabilmektedir. Daha fazla basınç sensörü temin edilerek, ayak içinde istenen miktarda YTÜ'nün basınç ölçümlerinin yapılabilmesi, sensörlerin ve kabloların bakımlarının sağlıklı yapılabilmesi mümkündür.

Ayak içine eşit aralıklarla yerleştirilen basınç sensörleri ile daha çok YTÜ'nün basınç ölçümlerinin yapılması hem YTÜ performanslarının daha iyi değerlendirilmesini sağlayacak hem de YTÜ ile tavan tabaka etkileşimleri sürekli olarak izlendiğinde üretim faaliyetlerinin, özellikle tavan kömürü üretimi aşamasının daha verimli hale getirilmesi sağlanabilecektir.

Ayak içinde daha çok YTÜ'nün basınç değerlerinin izlenmesi ve kayıt altına alınması ile ayak içinde tavan yükü dağılımlarının daha etkin olarak ortaya çıkarılması ve ortalama yük yoğunluklarının zaman ağırlıklı olarak tespit edilmesi mümkün olabileceğinden, YTÜ yeterli taşıma yükü tahminleri daha da geliştirilebilecektir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akdaş, H., Destanoğlu, N., Öğretmen, S., Yavuz, M., 2000, Ömerler mekanize ayakta yürüyen tahkimatlardaki basınçların izlenmesi ve incelenmesi, V. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, Isparta.
- Ayaydın, C., 1987, Üretimi yapılacak sahaların jeolojisi, yayımlanmamış.
- Bessinger, S. L., 1996, A review of Consol longwall innovations, Longwall USA, Pittsburg, PA.
- Birön, C., Arıoğlu, E., 1980, Madenlerde tahkimat işleri ve tasarımı, Birsen Kitabevi, İstanbul.
- Çekilmez, V. 1988, Kütahya - Tavşanlı - Tunçbilek Bölgesi J4 sondajı jeoteknik etüdü, Ankara.
- Destanoğlu, N., Taşkın, F. B., Taştepe, M. ve Öğretmen, S., 2000, GLİ Tunçbilek – Ömerler yeraltı mekanizasyon uygulaması, Tavşanlı.
- Jacobi, O., 1981, Praxis der Gebirgsbeherschung, second edition, Verlag Essen, pp 222-229.
- Konak, G., 1995, Measurements and evaluations of loads and convergences in underground coal mines with regard to roof control, Doktora Tezi, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Peng, S.S., 1998, What can a shield leg pressure tell us?, Coal Age, March, pp 54-57.
- Peng, S. S., 2006, Longwall Mining, Second edition, West Virginia University, USA.
- Peng, S. S., Chiang, H. S., 1984, Longwall Mining, John Wiley & Sons Inc., USA.
- Peng, S. S., Wu, J., Li, H. C. and Chen, S. L., 1986, How to determine yield load of longwall roof supports, Coal Mining, October, pp 40-43.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Öğretmen, S., 2003, Ömerler mekanize uzunayakta tahkimatlar üzerindeki basınçların analizi, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Eskişehir.
- Sally, A. S., Giin-Fa, F., Nelson, M. G., 1988, Geomechanic evaluation of a longwall face, 27<sup>th</sup> U.S. Symposium on Rock Mechanics, Alabama.
- Taşkın, F.B., 1999, Tunçbilek Yeraltı İşletmesi uzunayak madenciliğinde uygulanan topukların optimum boyutlandırılması, Doktora tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- Tianhe, K., Zhongming, J., 1999, Laws of Coal-Rock Movement and derived support parameters for a fully mechanised sub-level caving face in a gently inclined seam, IMM, pp 255-259.
- Trueman, R., Lyman, G., Callan, M., Robertson, B., 2005, Assessing longwall support-roof interaction from shield leg pressure data, Mining Technology, Vol. 114.
- Trueman, R., Lyman, G., Cocker, A., 2008, Longwall roof control through a fundamental understanding of shield-strata interaction, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 46 (2009) 371-380.
- Wilson, A. H., 1975, Support requirements on longwall faces, Min. Eng. Pp 479-488.
- Yılmaz, T., 2002, Mühendisler için uygulamalı istatistik, Manisa Celal Bayar Üniversitesi.

Ek-1 Çizelge 1. M3 ayak 20 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	141,09	300,00	1172,39	2492,85	Artan
2	56,25	78,74	467,41	654,29	Artan
3	103,12	119,53	856,88	993,23	Artan
4	120,70	206,25	1002,96	1713,83	Artan
5	58,11	138,75	482,87	1152,94	Artan
6	30,69	55,30	255,02	459,52	Artan
7	113,19	168,04	940,55	1396,33	Artan
8	42,02	75,15	349,17	624,46	Artan
9	85,54	224,05	710,79	1861,74	Artan
10	153,27	280,54	1273,60	2331,15	Artan
11	167,58	292,73	1392,51	2432,44	Artan
12	80,86	87,65	671,91	728,33	Durağan
13	85,62	110,46	711,46	917,87	Artan
14	143,12	172,02	1189,26	1429,40	Artan
15	92,65	189,84	769,88	1577,48	Artan
16	165,70	210,23	1376,88	1746,91	Artan
17	101,40	171,87	842,58	1428,15	Artan
18	89,06	164,84	740,04	1369,74	Artan
19	218,90	270,81	1818,95	2250,30	Artan
20	127,03	241,75	1055,56	2008,82	Artan
21	154,21	170,27	1281,41	1414,86	Artan
22	111,86	170,61	929,50	1417,68	Artan
23	139,37	198,22	1158,10	1647,11	Artan
24	79,84	81,08	663,43	673,73	Durağan
25	160,31	150,62	1332,10	1251,58	Durağan
26	119,05	198,39	989,25	1648,52	Artan
27	130,62	204,68	1085,39	1700,79	Artan
28	93,58	126,08	777,60	1047,66	Artan
29	126,24	181,87	1048,99	1511,25	Artan
30	39,36	79,79	327,06	663,02	Artan
31	89,53	145,07	743,95	1205,46	Artan
32	86,08	165,15	715,28	1372,31	Artan
33	89,99	141,09	747,77	1172,39	Artan
34	86,39	198,43	717,86	1648,85	Artan
35	151,24	289,60	1256,73	2406,43	Artan
36	99,06	151,09	823,14	1255,48	Artan

Ek-1 Çizelge 1. (Dev.) M3 ayak 20 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	87,41	92,57	726,33	769,21	Durağan
38	118,58	195,11	985,34	1621,27	Artan
39	162,96	300,15	1354,12	2494,10	Artan
40	99,99	162,81	830,87	1352,87	Artan
41	83,58	163,43	694,51	1358,02	Artan
42	92,80	163,12	771,12	1355,45	Artan
43	76,52	218,55	635,84	1816,04	Artan
44	96,79	115,01	804,28	955,68	Durağan
45	48,27	80,77	401,10	671,16	Artan
46	70,62	120,77	586,82	1003,54	Artan
47	92,65	127,34	769,88	1058,13	Artan
48	74,05	97,73	615,32	812,09	Artan
49	152,10	217,14	1263,87	1804,32	Artan
50	172,34	171,56	1432,06	1425,58	Durağan
51	177,49	176,56	1474,85	1467,13	Durağan
52	126,39	139,52	1050,24	1159,34	Durağan
53	115,77	123,39	961,99	1025,31	Durağan
54	157,18	181,24	1306,09	1506,01	Artan
55	208,59	312,65	1733,28	2597,97	Artan
56	92,65	123,43	769,88	1025,64	Artan
57	156,20	216,56	1297,94	1799,51	Artan
58	78,74	137,96	654,29	1146,38	Artan
59	93,43	137,80	776,36	1145,05	Artan
60	164,06	161,24	1363,26	1339,82	Durağan
61	110,93	210,93	921,77	1752,72	Artan
62	188,55	231,21	1566,76	1921,24	Artan
63	106,09	122,65	881,55	1019,16	Artan
64	81,55	132,65	677,64	1102,26	Artan
65	93,27	134,52	775,03	1117,79	Artan
66	113,67	161,72	944,54	1343,81	Artan
67	183,43	219,21	1524,21	1821,53	Artan
68	102,88	237,41	854,88	1972,76	Artan
69	119,05	167,49	989,25	1391,76	Artan
70	104,64	182,10	869,51	1513,16	Artan
71	137,34	256,75	1141,23	2133,46	Artan
72	160,65	188,67	1334,92	1567,75	Artan

Ek-1 Çizelge 1. (Dev.) M3 ayak 20 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
73	87,10	132,49	723,76	1100,93	Artan
74	131,59	245,39	1093,45	2039,07	Artan
75	102,88	179,40	854,88	1490,72	Artan
76	70,66	125,97	587,15	1046,75	Artan
77	83,46	158,15	693,51	1314,15	Artan
78	92,65	136,87	769,88	1137,32	Artan
79	101,87	145,93	846,49	1212,61	Artan
80	135,70	176,95	1127,60	1470,37	Artan
81	143,28	212,18	1190,59	1763,11	Artan
82	85,15	116,24	707,55	965,90	Artan
83	133,47	203,20	1109,07	1688,49	Artan
84	74,52	99,68	619,22	828,29	Artan
85	29,52	68,07	245,30	565,63	Artan
86	47,57	164,78	395,28	1369,24	Artan
87	175,89	247,73	1461,56	2058,51	Artan
88	237,77	229,21	1975,75	1904,62	Azalan
89	160,65	219,25	1334,92	1821,86	Artan
90	177,18	238,94	1472,28	1985,47	Artan
91	150,93	282,65	1254,15	2348,68	Artan
92	165,93	229,52	1378,80	1907,20	Artan
93	84,05	123,21	698,41	1023,81	Artan
94	112,81	157,50	937,39	1308,75	Artan
95	107,02	129,06	889,28	1072,42	Artan
96	114,02	165,11	947,45	1371,98	Artan
97	143,59	243,75	1193,16	2025,44	Artan
98	245,30	284,53	2038,32	2364,30	Artan
99	52,65	95,93	437,50	797,13	Artan
100	109,05	140,15	906,15	1164,58	Artan
101	175,15	195,93	1455,41	1628,08	Artan
102	134,21	176,40	1115,22	1465,80	Artan
103	155,62	202,15	1293,12	1679,77	Artan
104	71,48	212,34	593,96	1764,44	Artan
105	131,59	301,64	1093,45	2506,48	Artan
106	134,68	169,75	1119,12	1410,54	Artan
107	39,91	88,51	331,63	735,47	Artan
108	139,37	138,35	1158,10	1149,62	Durağan

Ek-1 Çizelge 1. (Dev.) M3 ayak 20 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
109	174,84	170,61	1452,83	1417,68	Durağan
110	100,46	176,56	834,77	1467,13	Artan
111	88,12	162,77	732,23	1352,54	Artan
112	202,96	199,53	1686,50	1657,99	Durağan
113	57,96	77,02	481,62	640,00	Artan
114	48,15	112,73	400,10	936,73	Artan
115	188,43	308,67	1565,76	2564,89	Artan
116	132,68	315,19	1102,50	2619,07	Artan
117	44,21	133,90	367,36	1112,64	Artan
118	187,69	240,34	1559,61	1997,11	Artan
119	92,65	238,04	769,88	1977,99	Artan
120	85,42	135,54	709,80	1126,27	Artan
121	110,15	223,74	915,29	1859,17	Artan
122	148,78	281,40	1236,29	2338,29	Artan
123	95,11	102,18	790,32	849,06	Durağan
124	163,08	215,73	1355,11	1792,61	Artan
125	45,53	70,85	378,33	588,73	Artan
126	83,74	168,47	695,84	1399,90	Artan
127	88,43	98,97	734,81	822,39	Durağan
128	56,20	118,67	466,99	986,09	Artan
129	45,11	59,64	374,84	495,58	Durağan
130	59,37	92,84	493,34	771,45	Artan
131	77,07	97,10	640,41	806,85	Durağan
132	62,45	83,03	518,93	689,94	Durağan
133	74,48	207,68	618,89	1725,72	Artan
134	174,25	191,12	1447,93	1588,11	Artan
135	160,62	164,65	1334,67	1368,16	Durağan
136	169,53	178,08	1408,71	1479,76	Durağan
137	99,09	156,32	823,39	1298,94	Artan
138	158,36	197,57	1315,89	1641,71	Artan
139	123,24	125,54	1024,06	1043,17	Durağan
140	99,02	203,67	822,81	1692,40	Artan
141	99,61	174,56	827,71	1450,51	Artan
142	223,51	222,02	1857,26	1844,88	Durağan
143	126,87	192,72	1054,23	1601,41	Artan
144	92,46	164,86	768,30	1369,90	Artan



Ek-1 Çizelge 2. M3 ayak 20 numaralı YTÜ 2. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	96,09	265,78	798,46	2208,50	Artan
2	68,90	83,31	572,52	692,26	Artan
3	130,77	142,97	1086,63	1188,01	Artan
4	123,27	308,90	1024,31	2566,80	Artan
5	79,68	118,58	662,10	985,34	Artan
6	48,27	89,53	401,10	743,95	Artan
7	131,71	232,50	1094,44	1931,96	Artan
8	160,54	265,15	1334,01	2203,26	Artan
9	43,74	55,77	363,46	463,42	Artan
10	210,94	283,59	1752,81	2356,49	Artan
11	156,55	183,51	1300,85	1524,88	Artan
12	101,01	146,48	839,34	1217,18	Artan
13	77,57	168,04	644,57	1396,33	Artan
14	24,29	53,11	201,84	441,32	Artan
15	71,87	114,36	597,20	950,27	Artan
16	108,50	258,04	901,58	2144,18	Artan
17	75,93	194,21	630,94	1613,79	Artan
18	140,04	270,70	1163,66	2249,38	Artan
19	78,62	104,64	653,29	869,51	Artan
20	97,18	200,46	807,52	1665,72	Artan
21	104,37	214,68	867,26	1783,88	Artan
22	122,96	122,18	1021,74	1015,25	Durağan
23	69,83	278,67	580,25	2315,61	Artan
24	155,79	227,65	1294,54	1891,66	Artan
25	26,87	165,62	223,28	1376,22	Artan
26	109,68	142,65	911,39	1185,35	Artan
27	122,96	220,93	1021,74	1835,82	Artan
28	68,55	120,70	569,62	1002,96	Artan
29	128,12	141,87	1064,61	1178,87	Artan
30	129,68	260,93	1077,58	2168,20	Artan
31	99,52	198,43	826,96	1648,85	Artan
32	135,61	152,34	1126,85	1265,87	Artan
33	146,71	188,08	1219,09	1562,85	Artan
34	92,49	244,06	768,55	2028,02	Artan
35	118,43	206,62	984,09	1716,91	Artan
36	126,39	161,87	1050,24	1345,06	Artan

Ek-1 Çizelge 2. (Dev.) M3 ayak 20 numaralı YTÜ 2. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	169,68	235,46	1409,96	1956,55	Artan
38	135,70	297,30	1127,60	2470,41	Artan
39	85,77	150,78	712,71	1252,91	Artan
40	103,59	215,15	860,78	1787,79	Artan
41	108,90	182,65	904,90	1517,73	Artan
42	182,18	179,06	1513,82	1487,90	Durağan
43	182,18	177,65	1513,82	1476,18	Durağan
44	116,48	127,49	967,89	1059,38	Durağan
45	79,05	98,43	656,87	817,90	Durağan
46	133,90	211,09	1112,64	1754,05	Artan
47	131,94	183,98	1096,36	1528,78	Artan
48	112,96	194,84	938,64	1619,02	Artan
49	68,74	106,24	571,20	882,80	Artan
50	118,74	221,71	986,67	1842,30	Artan
51	89,53	242,80	743,95	2017,55	Artan
52	74,68	97,96	620,55	814,00	Artan
53	57,18	75,15	475,14	624,46	Artan
54	154,18	160,31	1281,16	1332,10	Durağan
55	126,71	154,84	1052,90	1286,64	Artan
56	91,16	161,63	757,49	1343,06	Artan
57	106,16	200,39	882,14	1665,14	Artan
58	86,13	185,74	715,70	1543,41	Artan
59	151,28	196,29	1257,06	1631,07	Artan
60	60,23	128,20	500,48	1065,28	Artan
61	72,41	154,33	601,69	1282,41	Artan
62	80,62	166,05	669,91	1379,79	Artan
63	175,58	249,68	1458,98	2074,72	Artan
64	147,10	236,79	1222,33	1967,61	Artan
65	135,07	211,79	1122,36	1759,87	Artan
66	138,11	207,18	1147,63	1721,56	Artan
67	77,65	140,78	645,23	1169,81	Artan
68	90,58	116,24	752,67	965,90	Artan
69	72,67	107,81	603,85	895,85	Artan
70	153,62	214,68	1276,51	1783,88	Artan
71	142,38	270,58	1183,11	2248,38	Artan
72	160,07	238,24	1330,10	1979,66	Artan

Ek-1 Çizelge 2. (Dev.) M3 ayak 20 numaralı YTÜ 2. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
73	172,37	251,37	1432,31	2088,76	Artan
74	186,91	283,35	1553,13	2354,50	Artan
75	80,77	204,68	671,16	1700,79	Artan
76	59,52	94,68	494,58	786,74	Artan
77	118,12	188,42	981,52	1565,68	Artan
78	139,37	275,46	1158,10	2288,93	Artan
79	170,61	260,31	1417,68	2163,05	Artan
80	94,68	129,06	786,74	1072,42	Artan
81	41,24	142,49	342,68	1184,02	Artan
82	107,81	202,34	895,85	1681,34	Artan
83	153,62	206,83	1276,51	1718,65	Artan
84	125,50	262,96	1042,84	2185,07	Artan
85	55,46	100,07	460,84	831,53	Artan
86	65,30	207,34	542,61	1722,89	Artan
87	127,65	310,62	1060,71	2581,10	Artan
88	129,21	205,62	1073,67	1708,60	Artan
89	57,34	97,18	476,47	807,52	Artan
90	153,98	225,58	1279,50	1874,46	Artan
91	117,41	311,24	975,62	2586,25	Artan
92	148,04	273,31	1230,14	2271,07	Artan
93	240,54	283,94	1998,77	2359,40	Artan
94	114,81	268,67	954,01	2232,51	Artan
95	69,33	148,24	576,10	1231,80	Artan
96	109,60	174,87	910,72	1453,08	Artan
97	61,87	93,04	514,11	773,12	Artan
98	91,01	195,15	756,25	1621,60	Artan
99	59,64	64,49	495,58	535,88	Durağan
100	81,86	122,18	680,22	1015,25	Artan
101	46,71	80,54	388,14	669,25	Artan
102	68,94	139,13	572,86	1156,10	Artan
103	54,91	75,81	456,27	629,94	Durağan
104	149,83	205,11	1245,01	1704,36	Artan
105	72,73	172,06	604,35	1429,73	Artan
106	117,41	196,01	975,62	1628,75	Artan
107	88,70	186,67	737,05	1551,13	Artan

Ek-1 Çizelge 3. M3 ayak 20 numaralı YTÜ tavan kömürü sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	89,97	110,55	747,61	918,62	Artan
2	142,97	168,75	1188,01	1402,23	Artan
3	154,45	240,46	1283,40	1998,10	Artan
4	64,68	70,54	537,46	586,15	Durağan
5	64,21	169,44	533,55	1407,96	Artan
6	123,58	114,05	1026,89	947,70	Azalan
7	69,83	129,37	580,25	1075,00	Artan
8	52,57	115,31	436,83	958,17	Artan
9	127,96	136,87	1063,28	1137,32	Durağan
10	64,21	93,10	533,55	773,61	Artan
11	155,93	140,93	1295,70	1171,06	Azalan
12	212,02	228,59	1761,78	1899,47	Artan
13	136,27	302,02	1132,34	2509,64	Artan
14	105,35	95,27	875,41	791,65	Durağan
15	76,52	85,89	635,84	713,70	Durağan
16	116,40	135,46	967,23	1125,60	Durağan
17	207,65	242,65	1725,47	2016,30	Artan
18	36,86	37,02	306,29	307,62	Durağan
19	129,49	127,84	1076,00	1062,29	Durağan
20	79,52	104,83	660,77	871,08	Artan
21	48,12	108,74	399,85	903,58	Artan
22	125,31	146,48	1041,26	1217,18	Artan
23	103,94	129,49	863,69	1076,00	Artan
24	75,93	118,12	630,94	981,52	Artan
25	109,96	222,97	913,71	1852,77	Artan
26	103,74	142,97	862,03	1188,01	Artan
27	13,58	53,08	112,84	441,07	Artan
28	106,87	220,78	888,04	1834,57	Artan
29	118,58	167,65	985,34	1393,09	Artan
30	173,11	181,09	1438,46	1504,77	Artan
31	88,12	122,69	732,23	1019,49	Artan
32	96,40	102,33	801,04	850,31	Durağan
33	78,43	89,84	651,71	746,53	Durağan
34	153,43	152,81	1274,93	1269,77	Durağan
35	145,14	141,87	1206,04	1178,87	Durağan
36	106,87	130,66	888,04	1085,72	Durağan

Ek-1 Çizelge 3. (Dev)M3 ayak 20 numaralı YTÜ tavan kömürü sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	113,55	207,34	943,54	1722,89	Artan
38	211,71	246,56	1759,20	2048,79	Artan
39	64,80	79,79	538,46	663,02	Durağan
40	100,89	188,12	838,35	1563,18	Artan
41	73,93	89,99	614,32	747,77	Durağan
42	231,24	225,15	1921,49	1870,88	Durağan
43	50,15	146,09	416,72	1213,93	Artan
44	172,37	219,49	1432,31	1823,85	Artan
45	113,59	111,71	943,88	928,25	Durağan
46	149,52	144,52	1242,44	1200,89	Durağan
47	54,60	65,62	453,70	545,27	Durağan
48	151,09	272,88	1255,48	2267,50	Artan
49	164,65	160,19	1368,16	1331,10	Durağan
50	20,50	76,28	170,34	633,85	Artan
51	101,47	145,42	843,16	1208,37	Artan
52	71,59	109,21	594,88	907,48	Artan
53	99,37	132,65	825,72	1102,26	Artan
54	22,53	81,44	187,21	676,73	Artan
55	54,75	132,89	454,95	1104,25	Artan
56	202,89	193,74	1685,91	1609,88	Azalan
57	98,75	144,06	820,56	1197,07	Artan
58	132,18	221,87	1098,35	1843,63	Artan
59	103,35	195,46	858,79	1624,17	Artan
60	166,87	179,68	1386,61	1493,05	Durağan
61	57,18	173,43	475,14	1441,12	Artan
62	129,37	126,08	1075,00	1047,66	Durağan
63	162,65	167,80	1351,54	1394,33	Durağan
64	73,59	172,34	611,50	1432,06	Artan
65	104,21	104,68	865,93	869,84	Durağan
66	70,62	102,33	586,82	850,31	Artan
67	140,04	224,52	1163,66	1865,65	Artan
68	50,62	99,83	420,63	829,54	Artan
69	121,87	141,09	1012,68	1172,39	Artan
70	94,52	122,49	785,41	1017,83	Artan
71	126,87	132,80	1054,23	1103,50	Durağan
72	192,34	195,22	1598,25	1622,18	Durağan

Ek-1 Çizelge 3. (Dev)M3 ayak 20 numaralı YTÜ tavan kömürü sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
73	102,18	174,95	849,06	1453,75	Artan
74	223,24	214,45	1855,01	1781,97	Durağan
75	143,04	191,17	1188,59	1588,53	Artan
76	144,45	194,91	1200,31	1619,60	Artan
77	105,93	141,95	880,23	1179,53	Artan
78	81,24	219,68	675,06	1825,43	Artan
79	207,34	209,68	1722,89	1742,34	Durağan
80	224,53	187,57	1865,73	1558,61	Azalan
81	134,80	125,21	1120,12	1040,43	Azalan
82	95,85	106,87	796,47	888,04	Durağan
83	165,42	179,68	1374,56	1493,05	Durağan
84	82,88	185,31	688,69	1539,83	Artan
85	289,28	264,17	2403,77	2195,12	Azalan
86	268,30	244,90	2229,44	2035,00	Azalan
87	144,09	141,79	1197,32	1178,20	Durağan
88	124,87	150,97	1037,61	1254,49	Artan
89	64,49	105,03	535,88	872,75	Artan
90	100,23	90,30	832,86	750,35	Durağan
91	136,16	196,24	1131,42	1630,66	Artan
92	90,89	92,46	755,25	768,30	Durağan
93	58,11	66,75	482,87	554,66	Durağan
94	89,06	100,85	740,04	838,01	Durağan
95	69,25	93,08	575,43	773,45	Artan
96	54,91	69,21	456,27	575,10	Durağan
97	180,19	174,95	1497,29	1453,75	Durağan
98	115,81	167,69	962,32	1393,42	Artan
99	14,23	74,52	118,24	619,22	Artan
100	71,79	81,63	596,54	678,30	Durağan
101	128,12	153,51	1064,61	1275,59	Durağan
102	223,78	219,92	1859,50	1827,43	Durağan
103	118,31	188,55	983,10	1566,76	Artan
104	57,65	99,87	479,04	829,87	Artan

Ek-1 Çizelge 4. M3 ayak 30 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	99,83	163,58	829,54	1359,27	Artan
2	81,08	99,37	673,73	825,72	Durağan
3	32,81	129,60	272,63	1076,91	Artan
4	171,09	167,58	1421,67	1392,51	Durağan
5	76,64	87,89	636,84	730,32	Durağan
6	164,06	157,96	1363,26	1312,57	Durağan
7	79,05	124,22	656,87	1032,21	Artan
8	103,82	136,74	862,69	1136,24	Artan
9	115,54	276,79	960,08	2299,99	Artan
10	151,86	235,77	1261,88	1959,13	Artan
11	52,49	136,40	436,17	1133,42	Artan
12	41,48	113,74	344,68	945,12	Artan
13	127,03	169,37	1055,56	1407,38	Artan
14	141,72	208,12	1177,62	1729,37	Artan
15	230,62	208,90	1916,34	1735,85	Durağan
16	237,06	206,83	1969,85	1718,65	Durağan
17	146,87	224,52	1220,42	1865,65	Artan
18	132,96	183,12	1104,83	1521,64	Artan
19	128,90	199,53	1071,09	1657,99	Artan
20	100,54	167,80	835,44	1394,33	Artan
21	211,87	201,79	1760,53	1676,77	Durağan
22	168,43	167,80	1399,57	1394,33	Durağan
23	212,49	208,12	1765,69	1729,37	Durağan
24	115,19	235,43	957,17	1956,31	Artan
25	135,46	126,87	1125,60	1054,23	Durağan
26	182,18	154,36	1513,82	1282,65	Azalan
27	156,71	150,46	1302,18	1250,25	Durağan
28	158,22	158,58	1314,73	1317,72	Durağan
29	177,33	172,96	1473,52	1437,21	Durağan
30	156,71	152,65	1302,18	1268,45	Durağan
31	190,31	187,50	1581,38	1558,03	Durağan
32	196,29	194,17	1631,07	1613,46	Durağan
33	151,55	156,09	1259,30	1297,03	Durağan
34	180,47	177,65	1499,62	1476,18	Durağan
35	177,65	174,52	1476,18	1450,17	Durağan
36	148,12	157,96	1230,80	1312,57	Artan

Ek-1 Çizelge 4. (Dev.) M3 ayak 30 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	50,46	163,78	419,30	1360,93	Artan
38	64,52	158,12	536,13	1313,90	Artan
39	80,31	109,99	667,34	913,96	Artan
40	120,77	153,27	1003,54	1273,60	Artan
41	88,12	174,21	732,23	1447,60	Artan
42	31,64	95,61	262,91	794,47	Artan
43	146,59	312,30	1218,09	2595,06	Artan
44	140,26	195,46	1165,49	1624,17	Artan
45	156,09	264,60	1297,03	2198,69	Artan
46	75,62	101,71	628,36	845,16	Artan
47	229,76	200,70	1909,19	1667,72	Durağan
48	154,91	146,01	1287,22	1213,27	Durağan
49	50,77	126,72	421,87	1052,98	Artan
50	178,74	179,52	1485,24	1491,72	Durağan
51	79,05	148,59	656,87	1234,71	Artan
52	165,17	174,35	1372,48	1448,76	Durağan
53	187,02	188,74	1554,04	1568,34	Durağan
54	80,77	132,80	671,16	1103,50	Artan
55	120,22	184,45	998,97	1532,69	Artan
56	204,96	312,53	1703,12	2596,97	Artan
57	207,96	207,49	1728,04	1724,14	Durağan
58	165,39	239,41	1374,31	1989,38	Artan
59	95,18	175,03	790,90	1454,41	Artan
60	187,92	219,29	1561,52	1822,19	Artan
61	167,92	311,72	1395,33	2590,24	Artan
62	190,74	189,29	1584,95	1572,91	Durağan
63	79,64	126,13	661,77	1048,08	Artan
64	63,35	167,24	526,41	1389,68	Artan
65	160,22	151,28	1331,35	1257,06	Durağan
66	78,78	78,24	654,62	650,14	Durağan
67	134,80	138,00	1120,12	1146,71	Durağan
68	85,58	100,70	711,13	836,77	Artan
69	48,82	80,31	405,67	667,34	Artan
70	73,82	101,75	613,41	845,49	Artan
71	71,71	85,19	595,87	707,89	Artan
72	167,34	166,13	1390,51	1380,46	Durağan



Ek-1 Çizelge 4. (Dev.) M3 ayak 30 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
73	34,68	136,75	288,17	1136,32	Artan
74	132,18	148,16	1098,35	1231,14	Artan
75	92,49	119,48	768,55	992,82	Artan
76	101,78	257,38	845,74	2138,70	Artan
77	97,45	109,80	809,76	912,38	Durağan
78	99,52	111,95	826,96	930,25	Durağan
79	149,64	321,40	1243,43	2670,67	Artan
80	146,44	146,06	1216,84	1213,69	Durağan
81	128,35	150,26	1066,52	1248,59	Artan
82	168,55	166,51	1400,57	1383,61	Durağan
83	230,03	229,64	1911,43	1908,19	Durağan
84	62,69	122,22	520,92	1015,59	Artan
85	214,80	218,97	1784,88	1819,53	Durağan

Ek-1 Çizelge 5. M3 ayak 30 numaralı YTÜ 2. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	144,83	225,73	1203,46	1875,70	Artan
2	150,00	136,87	1246,43	1137,32	Durağan
3	168,27	164,99	1398,24	1370,98	Durağan
4	68,66	284,06	570,53	2360,40	Artan
5	49,91	51,08	414,73	424,45	Durağan
6	206,48	196,63	1715,75	1633,90	Durağan
7	201,08	197,10	1670,87	1637,80	Durağan
8	76,17	92,34	632,93	767,30	Artan
9	34,83	87,96	289,42	730,90	Artan
10	143,66	228,98	1193,74	1902,71	Artan
11	48,04	90,93	399,19	755,58	Artan
12	97,18	161,40	807,52	1341,15	Artan
13	134,37	174,21	1116,55	1447,60	Artan
14	152,37	146,09	1266,12	1213,93	Durağan
15	113,27	188,90	941,22	1569,66	Artan
16	216,09	208,59	1795,60	1733,28	Durağan
17	143,59	227,50	1193,16	1890,41	Artan
18	144,21	142,02	1198,31	1180,12	Durağan
19	96,91	292,97	805,27	2434,43	Artan
20	221,56	227,81	1841,05	1892,99	Durağan
21	120,46	117,96	1000,96	980,19	Durağan
22	176,71	165,30	1468,37	1373,56	Durağan
23	174,68	170,93	1451,50	1420,34	Durağan
24	166,08	163,74	1380,04	1360,60	Durağan
25	152,50	149,21	1267,20	1239,86	Durağan
26	172,26	172,49	1431,39	1433,31	Durağan
27	187,50	183,16	1558,03	1521,97	Durağan
28	202,18	200,62	1680,01	1667,05	Durağan
29	167,49	170,30	1391,76	1415,11	Durağan
30	154,86	154,84	1286,81	1286,64	Durağan
31	172,02	174,84	1429,40	1452,83	Durağan
32	35,93	62,49	298,56	519,26	Artan
33	69,68	101,24	579,01	841,25	Artan
34	69,99	150,46	581,58	1250,25	Artan
35	61,71	255,78	512,78	2125,40	Artan
36	67,14	75,23	557,90	625,12	Durağan

Ek-1 Çizelge 5. (Dev.) M3 ayak 30 numaralı YTÜ 2. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	155,03	272,34	1288,22	2263,01	Artan
38	95,61	187,02	794,47	1554,04	Artan
39	44,05	49,68	366,03	412,82	Durağan
40	150,00	155,62	1246,43	1293,12	Durağan
41	46,08	85,62	382,90	711,46	Artan
42	211,75	296,13	1759,54	2460,69	Artan
43	89,17	186,55	740,96	1550,14	Artan
44	131,40	137,18	1091,87	1139,90	Durağan
45	177,42	242,58	1474,27	2015,72	Artan
46	211,36	209,18	1756,30	1738,18	Durağan
47	196,09	312,89	1629,41	2599,96	Artan
48	166,60	156,12	1384,36	1297,28	Durağan
49	90,89	117,22	755,25	974,04	Artan
50	78,51	87,80	652,38	729,57	Durağan
51	137,53	150,50	1142,81	1250,58	Durağan
52	186,48	178,82	1549,56	1485,90	Durağan
53	214,33	205,03	1780,98	1703,70	Durağan
54	38,35	75,93	318,67	630,94	Artan
55	71,16	111,64	591,30	927,67	Artan
56	193,67	333,40	1609,30	2770,39	Artan
57	71,24	96,01	591,97	797,80	Durağan
58	129,32	126,67	1074,58	1052,56	Durağan
59	225,93	217,30	1877,37	1805,65	Durağan
60	121,91	123,82	1013,01	1028,88	Durağan
61	130,42	131,79	1083,72	1095,11	Durağan

Ek-1 Çizelge 6. M3 ayak 30 numaralı YTÜ tavan kömürü sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	44,99	135,46	373,84	1125,60	Artan
2	69,37	125,15	576,43	1039,93	Artan
3	153,04	149,76	1271,69	1244,43	Durağan
4	152,57	145,31	1267,78	1207,45	Durağan
5	171,09	157,26	1421,67	1306,75	Durağan
6	213,28	183,74	1772,25	1526,79	Azalan
7	200,39	167,03	1665,14	1387,94	Azalan
8	77,02	117,41	640,00	975,62	Artan
9	85,77	210,94	712,71	1752,81	Artan
10	184,45	169,92	1532,69	1411,95	Durağan
11	133,75	178,21	1111,40	1480,84	Artan
12	120,11	132,30	998,05	1099,35	Durağan
13	146,95	141,90	1221,08	1179,12	Durağan
14	84,99	123,21	706,22	1023,81	Artan
15	102,76	90,58	853,88	752,67	Durağan
16	137,22	126,79	1140,23	1053,56	Durağan
17	205,93	203,12	1711,18	1687,83	Durağan
18	204,37	201,37	1698,21	1673,28	Durağan
19	236,08	209,68	1961,71	1742,34	Durağan
20	137,49	132,77	1142,47	1103,25	Durağan
21	167,18	150,46	1389,18	1250,25	Durağan
22	184,37	181,09	1532,02	1504,77	Durağan
23	189,84	182,22	1577,48	1514,16	Durağan
24	153,12	149,52	1272,35	1242,44	Durağan
25	193,12	190,15	1604,73	1580,05	Durağan
26	162,34	162,49	1348,96	1350,21	Durağan
27	99,52	117,34	826,96	975,04	Artan
28	99,52	145,93	826,96	1212,61	Artan
29	45,46	76,55	377,75	636,09	Artan
30	109,21	141,87	907,48	1178,87	Artan
31	212,34	260,38	1764,44	2163,63	Artan
32	235,31	233,20	1955,31	1937,78	Durağan
33	202,31	197,26	1681,09	1639,13	Durağan
34	72,10	71,00	599,11	589,97	Durağan
35	21,25	72,26	176,58	600,44	Artan
36	53,43	52,65	443,98	437,50	Durağan

Ek-1 Çizelge 6.(Dev.)M3 ayak 30 numaralı YTÜ tavan kömürü sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	125,46	136,56	1042,51	1134,75	Durağan
38	27,02	70,93	224,52	589,39	Artan
39	181,87	164,99	1511,25	1370,98	Durağan
40	110,57	201,87	918,78	1677,44	Artan
41	53,04	186,33	440,74	1548,31	Artan
42	164,76	155,81	1369,07	1294,70	Durağan
43	131,01	132,53	1088,63	1101,26	Durağan
44	187,88	185,57	1561,19	1541,99	Durağan
45	49,56	132,42	411,82	1100,34	Artan
46	74,05	70,54	615,32	586,15	Durağan
47	135,93	135,03	1129,51	1122,03	Durağan
48	204,91	204,68	1702,70	1700,79	Durağan
49	93,47	177,61	776,69	1475,85	Artan
50	54,99	71,48	456,94	593,96	Durağan
51	76,24	98,97	633,52	822,39	Artan
52	85,03	132,34	706,56	1099,68	Artan
53	115,26	128,32	957,75	1066,28	Durağan
54	97,77	172,14	812,42	1430,40	Artan
55	102,20	118,55	849,23	985,09	Durağan
56	102,96	112,84	855,55	937,64	Durağan
57	226,55	218,59	1882,52	1816,37	Durağan
58	223,51	221,24	1857,26	1838,39	Durağan
59	192,41	187,88	1598,83	1561,19	Durağan

Ek-1 Çizelge 7. M3 ayak 45 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	141,71	287,34	1177,54	2387,65	Artan
2	86,24	174,99	716,61	1454,08	Artan
3	99,37	158,79	825,72	1319,47	Artan
4	155,77	233,27	1294,37	1938,36	Artan
5	177,18	177,02	1472,28	1470,95	Durağan
6	112,50	187,81	934,82	1560,61	Artan
7	155,62	279,37	1293,12	2321,43	Artan
8	169,99	155,46	1412,53	1291,79	Azalan
9	201,08	250,78	1670,87	2083,86	Artan
10	113,43	162,49	942,55	1350,21	Artan
11	97,80	129,53	812,67	1076,33	Artan
12	168,51	212,69	1400,23	1767,35	Artan
13	238,12	230,77	1978,66	1917,58	Durağan
14	180,62	212,65	1500,86	1767,02	Artan
15	126,08	268,90	1047,66	2234,42	Artan
16	108,59	279,90	902,33	2325,83	Artan
17	97,26	192,29	808,18	1597,83	Artan
18	70,31	108,28	584,24	899,75	Artan
19	90,15	123,12	749,10	1023,07	Artan
20	131,71	148,28	1094,44	1232,13	Artan
21	94,06	96,87	781,59	804,94	Durağan
22	94,44	174,61	784,75	1450,92	Artan
23	152,34	282,80	1265,87	2349,93	Artan
24	171,87	198,27	1428,15	1647,52	Artan
25	136,56	179,37	1134,75	1490,48	Artan
26	97,14	286,75	807,18	2382,75	Artan
27	110,93	268,74	921,77	2233,10	Artan
28	124,37	153,43	1033,45	1274,93	Artan
29	95,46	153,90	793,22	1278,83	Artan
30	146,83	254,40	1220,08	2113,94	Artan
31	163,74	163,74	1360,60	1360,60	Durağan
32	75,00	120,31	623,21	999,72	Artan
33	114,36	205,77	950,27	1709,85	Artan
34	173,20	172,14	1439,21	1430,40	Durağan
35	162,81	228,90	1352,87	1902,04	Artan
36	189,37	286,09	1573,57	2377,26	Artan

Ek-1 Çizelge 7. (Dev.) M3 ayak 45 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	47,96	126,08	398,52	1047,66	Artan
38	106,71	118,90	886,71	988,00	Artan
39	93,27	134,52	775,03	1117,79	Artan
40	83,27	160,77	691,93	1335,92	Artan
41	192,53	290,85	1599,83	2416,82	Artan
42	160,62	324,99	1334,67	2700,50	Artan
43	187,65	187,02	1559,28	1554,04	Durağan
44	43,90	92,41	364,79	767,88	Artan
45	170,51	169,80	1416,85	1410,95	Durağan
46	114,25	222,88	949,36	1852,02	Artan
47	90,70	157,03	753,67	1304,84	Artan
48	97,73	169,44	812,09	1407,96	Artan
49	128,08	209,18	1064,28	1738,18	Artan
50	130,30	309,96	1082,73	2575,61	Artan
51	94,56	169,56	785,75	1408,96	Artan
52	90,11	106,12	748,77	881,80	Artan
53	85,77	137,34	712,71	1141,23	Artan
54	79,29	159,05	658,86	1321,63	Artan
55	101,63	167,34	844,49	1390,51	Artan
56	108,98	164,06	905,57	1363,26	Artan
57	113,43	213,26	942,55	1772,08	Artan
58	141,09	172,80	1172,39	1435,88	Artan
59	102,33	144,21	850,31	1198,31	Artan
60	126,79	134,06	1053,56	1113,97	Durağan
61	143,28	139,21	1190,59	1156,77	Durağan
62	130,15	129,06	1081,48	1072,42	Durağan
63	113,55	119,64	943,54	994,15	Durağan
64	123,77	155,50	1028,47	1292,13	Artan
65	141,56	192,18	1176,29	1596,92	Artan
66	56,56	74,68	469,99	620,55	Artan
67	119,53	137,65	993,23	1143,80	Artan
68	66,40	143,90	551,75	1195,74	Artan
69	130,15	194,21	1081,48	1613,79	Artan
70	57,49	109,05	477,71	906,15	Artan
71	65,30	135,77	542,61	1128,18	Artan
72	98,75	120,93	820,56	1004,87	Artan

Ek-1 Çizelge 7. (Dev.) M3 ayak 45 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
73	101,87	181,87	846,49	1511,25	Artan
74	145,62	242,80	1210,03	2017,55	Artan
75	129,84	170,46	1078,91	1416,44	Artan
76	167,18	159,37	1389,18	1324,29	Azalan
77	147,07	150,46	1222,08	1250,25	Durağan
78	131,01	212,22	1088,63	1763,44	Artan
79	162,81	158,43	1352,87	1316,47	Durağan
80	126,08	125,77	1047,66	1045,09	Durağan
81	249,47	247,26	2072,97	2054,61	Durağan
82	179,83	181,24	1494,30	1506,01	Durağan
83	146,55	200,46	1217,76	1665,72	Artan
84	117,70	193,24	978,03	1605,73	Artan
85	154,36	149,37	1282,65	1241,19	Durağan
86	179,83	170,93	1494,30	1420,34	Durağan
87	197,22	207,06	1638,80	1720,57	Durağan
88	180,69	182,69	1501,44	1518,06	Durağan
89	94,59	135,66	786,00	1127,27	Artan
90	83,43	81,08	693,26	673,73	Durağan
91	194,60	198,43	1617,03	1648,85	Durağan
92	146,52	139,33	1217,51	1157,76	Durağan
93	139,06	234,05	1155,52	1944,84	Artan
94	67,26	90,15	558,90	749,10	Artan
95	80,86	160,46	671,91	1333,34	Artan
96	111,58	162,65	927,17	1351,54	Artan
97	79,91	190,50	664,01	1582,96	Artan
98	172,14	214,18	1430,40	1779,73	Artan
99	104,40	120,50	867,51	1001,29	Artan
100	148,66	146,90	1235,29	1220,67	Durağan
101	133,59	165,77	1110,07	1377,47	Artan
102	56,47	110,97	469,24	922,11	Artan
103	144,29	165,50	1198,98	1375,22	Artan
104	153,90	308,27	1278,83	2561,57	Artan
105	174,41	78,70	1449,26	653,96	Azalan
106	78,86	149,17	655,29	1239,53	Artan
107	205,50	188,82	1707,60	1569,00	Azalan
108	64,13	115,22	532,89	957,42	Artan
109	186,36	179,92	1548,56	1495,05	Durağan



Ek-1 Çizelge 8. M3 ayak 45 numaralı YTÜ 2. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	124,84	223,12	1037,36	1854,02	Artan
2	103,90	167,34	863,36	1390,51	Artan
3	190,07	267,65	1579,39	2224,04	Artan
4	132,18	252,80	1098,35	2100,64	Artan
5	71,36	211,16	592,97	1754,63	Artan
6	174,99	172,80	1454,08	1435,88	Durağan
7	189,84	255,62	1577,48	2124,07	Artan
8	148,84	288,44	1236,79	2396,79	Artan
9	85,77	106,71	712,71	886,71	Artan
10	183,43	221,87	1524,21	1843,63	Artan
11	170,46	289,06	1416,44	2401,94	Artan
12	159,84	289,99	1328,19	2409,67	Artan
13	177,00	282,53	1470,78	2347,68	Artan
14	75,93	108,28	630,94	899,75	Artan
15	52,14	109,91	433,26	913,30	Artan
16	70,14	114,05	582,83	947,70	Artan
17	80,93	174,37	672,49	1448,93	Artan
18	167,65	167,65	1393,09	1393,09	Durağan
19	60,46	290,78	502,39	2416,24	Artan
20	78,90	132,65	655,62	1102,26	Artan
21	116,55	186,71	968,47	1551,47	Artan
22	118,04	243,51	980,85	2023,45	Artan
23	168,27	288,16	1398,24	2394,47	Artan
24	95,15	205,46	790,65	1707,27	Artan
25	120,15	154,36	998,39	1282,65	Artan
26	78,90	137,49	655,62	1142,47	Artan
27	109,09	272,69	906,48	2265,92	Artan
28	151,17	249,96	1256,15	2077,04	Artan
29	151,40	155,00	1258,06	1287,97	Durağan
30	72,65	209,68	603,69	1742,34	Artan
31	117,29	158,79	974,62	1319,47	Artan
32	113,78	211,87	945,45	1760,53	Artan
33	109,21	169,99	907,48	1412,53	Artan
34	153,90	279,68	1278,83	2324,00	Artan
35	111,55	176,83	926,92	1469,37	Artan
36	55,46	71,55	460,84	594,54	Artan

Ek-1 Çizelge 8. (Dev.) M3 ayak 45 numaralı YTÜ 2. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	101,24	138,28	841,25	1149,04	Artan
38	176,83	300,11	1469,37	2493,76	Artan
39	207,03	203,27	1720,32	1689,07	Durağan
40	210,61	206,08	1750,06	1712,42	Durağan
41	112,02	176,71	930,83	1468,37	Artan
42	184,45	184,57	1532,69	1533,68	Durağan
43	144,60	211,28	1201,55	1755,63	Artan
44	109,09	174,84	906,48	1452,83	Artan
45	113,82	152,96	945,79	1271,02	Artan
46	129,25	215,27	1074,00	1788,79	Artan
47	139,92	195,46	1162,67	1624,17	Artan
48	149,05	144,88	1238,53	1203,88	Durağan
49	152,26	153,19	1265,20	1272,93	Durağan
50	58,20	160,38	483,61	1332,68	Artan
51	167,73	275,62	1393,75	2290,26	Artan
52	114,84	222,59	954,26	1849,61	Artan
53	143,74	232,34	1194,41	1930,63	Artan
54	195,77	193,12	1626,75	1604,73	Durağan
55	59,87	108,86	497,49	904,57	Artan
56	184,09	176,25	1529,70	1464,55	Durağan
57	85,46	85,77	710,13	712,71	Durağan
58	135,30	131,48	1124,28	1092,53	Durağan
59	83,31	118,58	692,26	985,34	Artan
60	62,02	113,90	515,36	946,45	Artan
61	116,40	120,31	967,23	999,72	Durağan
62	161,55	221,87	1342,40	1843,63	Artan
63	131,87	130,62	1095,77	1085,39	Durağan
64	75,15	155,95	624,46	1295,87	Artan
65	69,68	268,12	579,01	2227,94	Artan
66	168,90	174,99	1403,47	1454,08	Durağan
67	148,71	145,42	1235,71	1208,37	Durağan
68	160,65	155,86	1334,92	1295,12	Durağan
69	131,71	182,57	1094,44	1517,07	Artan
70	64,83	109,14	538,70	906,90	Artan
71	84,37	97,49	701,07	810,09	Artan
72	59,06	129,06	490,76	1072,42	Artan

Ek-1 Çizelge 8. (Dev.) M3 ayak 45 numaralı YTÜ 2. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
73	170,61	169,68	1417,68	1409,96	Durağan
74	87,53	90,23	727,33	749,77	Durağan
75	153,27	146,12	1273,60	1214,18	Durağan
76	93,31	104,49	775,36	868,26	Durağan
77	114,14	160,65	948,45	1334,92	Artan
78	115,74	158,65	961,74	1318,30	Artan
79	108,94	129,10	905,24	1072,76	Artan
80	58,39	118,47	485,19	984,43	Artan
81	219,72	215,11	1825,76	1787,46	Durağan
82	139,49	134,32	1159,09	1116,13	Durağan
83	19,56	36,91	162,53	306,70	Artan
84	212,21	214,40	1763,36	1781,56	Durağan
85	62,18	153,86	516,68	1278,50	Artan
86	62,85	78,24	522,25	650,14	Durağan
87	176,79	187,81	1469,04	1560,61	Durağan

Ek-1 Çizelge 9. M3 ayak 45 numaralı YTÜ tavan kömürü sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	169,99	212,34	1412,53	1764,44	Artan
2	234,48	220,90	1948,41	1835,57	Durağan
3	181,40	181,28	1507,34	1506,35	Durağan
4	65,78	78,74	546,60	654,29	Artan
5	62,18	87,80	516,68	729,57	Artan
6	169,10	165,70	1405,14	1376,88	Durağan
7	214,84	205,62	1785,21	1708,60	Azalan
8	54,06	76,71	449,21	637,42	Artan
9	182,97	178,12	1520,39	1480,09	Durağan
10	97,73	153,39	812,09	1274,59	Artan
11	145,54	176,71	1209,36	1468,37	Artan
12	197,34	193,90	1639,80	1611,21	Durağan
13	232,50	226,71	1931,96	1883,85	Durağan
14	151,09	153,27	1255,48	1273,60	Durağan
15	96,87	168,12	804,94	1396,99	Artan
16	190,78	221,95	1585,29	1844,29	Artan
17	61,87	118,12	514,11	981,52	Artan
18	156,55	156,09	1300,85	1297,03	Durağan
19	166,08	161,55	1380,04	1342,40	Durağan
20	113,43	115,31	942,55	958,17	Durağan
21	54,68	137,45	454,36	1142,14	Artan
22	214,21	211,25	1779,98	1755,38	Durağan
23	57,02	85,62	473,81	711,46	Artan
24	235,19	286,25	1954,31	2378,59	Artan
25	219,37	248,12	1822,86	2061,75	Artan
26	244,44	240,46	2031,17	1998,10	Durağan
27	125,46	122,65	1042,51	1019,16	Durağan
28	179,83	188,59	1494,30	1567,09	Artan
29	197,93	188,90	1644,70	1569,66	Durağan
30	100,78	114,52	837,43	951,60	Artan
31	139,99	170,61	1163,25	1417,68	Artan
32	74,64	172,73	620,22	1435,30	Artan
33	55,46	177,11	460,84	1471,70	Artan
34	60,35	85,54	501,48	710,79	Artan
35	177,65	179,52	1476,18	1491,72	Durağan
36	188,67	189,72	1567,75	1576,48	Durağan

Ek-1 Çizelge 9.(Dev.)M3 ayak 45 numaralı YTÜ tavan kömürü sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	179,99	176,59	1495,63	1467,37	Durağan
38	160,19	157,96	1331,10	1312,57	Durağan
39	143,55	144,02	1192,83	1196,73	Durağan
40	39,67	55,18	329,64	458,52	Artan
41	169,37	183,28	1407,38	1522,97	Artan
42	142,02	137,34	1180,12	1141,23	Durağan
43	68,90	290,30	572,52	2412,25	Artan
44	116,60	114,25	968,89	949,36	Durağan
45	159,84	160,65	1328,19	1334,92	Durağan
46	101,13	143,19	840,34	1189,84	Artan
47	98,27	99,37	816,57	825,72	Durağan
48	57,02	82,49	473,81	685,45	Artan
49	110,93	160,93	921,77	1337,25	Artan
50	89,53	161,72	743,95	1343,81	Artan
51	115,93	97,65	963,32	811,42	Azalan
52	120,77	121,08	1003,54	1006,11	Durağan
53	136,87	143,90	1137,32	1195,74	Durağan
54	78,90	99,68	655,62	828,29	Artan
55	193,12	222,02	1604,73	1844,88	Artan
56	119,60	153,55	993,82	1275,92	Artan
57	201,36	190,23	1673,20	1580,72	Durağan
58	123,24	189,84	1024,06	1577,48	Artan
59	192,73	188,25	1601,49	1564,26	Durağan
60	155,65	151,09	1293,37	1255,48	Durağan
61	119,53	158,47	993,23	1316,81	Artan
62	64,76	179,55	538,12	1491,97	Artan
63	47,88	73,19	397,86	608,17	Artan
64	221,48	212,14	1840,39	1762,78	Durağan
65	88,08	127,15	731,90	1056,55	Artan
66	39,02	64,21	324,24	533,55	Artan
67	42,77	50,19	355,40	417,05	Durağan
68	104,83	184,14	871,08	1530,11	Artan
69	79,79	90,23	663,02	749,77	Durağan
70	251,47	207,18	2089,59	1721,56	Azalan
71	179,25	172,02	1489,48	1429,40	Azalan
72	37,14	48,63	308,61	404,09	Artan
73	108,86	109,25	904,57	907,81	Durağan

Ek-1 Çizelge 10. M3 ayak 55 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	86,55	87,18	719,19	724,42	Durağan
2	110,78	108,12	920,53	898,42	Durağan
3	182,92	190,77	1519,97	1585,20	Durağan
4	168,27	163,43	1398,24	1358,02	Durağan
5	177,18	177,33	1472,28	1473,52	Durağan
6	166,84	161,08	1386,36	1338,49	Durağan
7	219,14	217,97	1820,94	1811,22	Durağan
8	166,28	164,06	1381,70	1363,26	Durağan
9	61,04	56,83	507,21	472,23	Durağan
10	218,78	217,85	1817,95	1810,22	Durağan
11	197,72	192,34	1642,95	1598,25	Durağan
12	90,54	129,60	752,34	1076,91	Artan
13	186,19	188,67	1547,15	1567,75	Durağan
14	124,84	152,02	1037,36	1263,21	Artan
15	150,93	145,47	1254,15	1208,78	Durağan
16	222,81	217,18	1851,44	1804,66	Durağan
17	186,21	182,81	1547,31	1519,06	Durağan
18	58,94	100,30	489,76	833,44	Artan
19	128,86	167,10	1070,76	1388,52	Artan
20	129,53	156,01	1076,33	1296,37	Artan
21	82,10	138,47	682,21	1150,62	Artan
22	175,36	173,04	1457,15	1437,88	Durağan
23	60,03	111,43	498,82	925,93	Artan
24	169,44	165,73	1407,96	1377,13	Durağan
25	83,90	135,35	697,17	1124,69	Artan
26	69,25	152,73	575,43	1269,11	Artan
27	70,50	109,09	585,82	906,48	Artan
28	158,31	153,08	1315,48	1272,02	Durağan
29	209,60	209,06	1741,67	1737,18	Durağan
30	78,90	131,25	655,62	1090,62	Artan
31	78,08	85,85	648,81	713,37	Artan
32	84,84	83,24	704,98	691,68	Durağan
33	188,74	184,29	1568,34	1531,36	Durağan
34	167,49	193,27	1391,76	1605,98	Artan
35	118,51	113,50	984,76	943,13	Durağan
36	165,34	158,55	1373,89	1317,47	Durağan

Ek-1 Çizelge 10. (Dev) M3 ayak 55 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	73,86	92,68	613,74	770,12	Artan
38	136,75	185,42	1136,32	1540,75	Artan
39	99,64	144,17	827,96	1197,98	Artan
40	184,21	178,94	1530,69	1486,90	Durağan
41	73,27	126,44	608,84	1050,65	Artan
42	52,25	68,86	434,17	572,19	Artan
43	98,97	169,84	822,39	1411,29	Artan
44	159,21	242,58	1322,96	2015,72	Artan
45	94,56	141,59	785,75	1176,54	Artan
46	52,25	96,87	434,17	804,94	Artan
47	208,43	205,42	1731,95	1706,94	Durağan
48	190,19	188,12	1580,38	1563,18	Durağan
49	171,83	174,87	1427,82	1453,08	Durağan
50	195,07	192,88	1620,93	1602,74	Durağan
51	84,48	142,33	701,99	1182,69	Artan

Ek-1 Çizelge 11. M3 ayak 55 numaralı YTÜ 2. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	70,31	73,59	584,24	611,50	Durağan
2	112,18	138,90	932,16	1154,19	Artan
3	179,83	188,59	1494,30	1567,09	Durağan
4	164,99	163,43	1370,98	1358,02	Durağan
5	191,86	190,77	1594,26	1585,20	Durağan
6	201,08	198,04	1670,87	1645,61	Durağan
7	181,52	181,28	1508,34	1506,35	Durağan
8	152,81	147,88	1269,77	1228,81	Durağan
9	92,46	108,04	768,30	897,76	Artan
10	74,76	107,88	621,22	896,43	Artan
11	141,63	138,75	1176,87	1152,94	Durağan
12	65,54	104,37	544,60	867,26	Artan
13	161,72	165,46	1343,81	1374,89	Durağan
14	145,31	144,52	1207,45	1200,89	Durağan
15	166,40	159,37	1382,70	1324,29	Durağan
16	104,52	133,59	868,51	1110,07	Artan
17	98,47	129,60	818,24	1076,91	Artan
18	133,20	146,52	1106,83	1217,51	Durağan
19	114,60	181,13	952,27	1505,10	Artan
20	77,22	122,34	641,66	1016,58	Artan
21	80,43	136,59	668,33	1134,99	Artan
22	145,69	183,40	1210,61	1523,96	Artan
23	121,79	150,31	1012,01	1249,00	Artan
24	92,34	100,54	767,30	835,44	Durağan
25	122,81	151,24	1020,49	1256,73	Artan
26	69,09	84,41	574,10	701,40	Artan
27	153,31	139,37	1273,93	1158,10	Azalan
28	207,03	207,14	1720,32	1721,23	Durağan
29	169,41	219,99	1407,71	1828,01	Artan
30	85,22	101,78	708,14	845,74	Artan
31	77,22	143,86	641,66	1195,40	Artan
32	209,48	209,68	1740,67	1742,34	Durağan
33	96,90	139,64	805,19	1160,34	Artan
34	155,31	151,86	1290,55	1261,88	Durağan



Ek-1 Çizelge 12. M3 ayak 55 numaralı YTÜ tavan kömürü sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	156,71	160,60	1302,18	1334,51	Durağan
2	132,02	166,40	1097,02	1382,70	Artan
3	183,59	183,74	1525,54	1526,79	Durağan
4	173,66	170,50	1443,03	1416,77	Durağan
5	116,79	126,74	970,47	1053,15	Durağan
6	105,30	130,15	874,99	1081,48	Artan
7	27,64	37,81	229,67	314,18	Artan
8	62,42	102,96	518,68	855,55	Artan
9	92,77	130,62	770,87	1085,39	Artan
10	207,10	205,70	1720,90	1709,26	Durağan
11	197,57	198,39	1641,71	1648,52	Durağan
12	167,37	164,25	1390,76	1364,84	Durağan
13	38,74	52,41	321,91	435,50	Artan
14	131,67	132,02	1094,11	1097,02	Durağan
15	85,15	98,27	707,55	816,57	Durağan
16	82,81	209,60	688,11	1741,67	Artan
17	151,09	141,13	1255,48	1172,72	Durağan
18	139,18	137,06	1156,52	1138,90	Durağan
19	71,09	125,81	590,72	1045,42	Artan
20	62,26	106,01	517,35	880,89	Artan
21	216,90	209,64	1802,33	1742,00	Durağan
22	24,83	38,47	206,32	319,67	Artan
23	61,90	80,69	514,36	670,49	Artan
24	82,14	80,00	682,54	664,76	Durağan
25	219,14	214,84	1820,94	1785,21	Durağan
26	83,03	92,14	689,94	765,64	Artan
27	38,31	117,77	318,34	978,61	Artan
28	196,91	194,25	1636,22	1614,12	Durağan
29	178,47	176,56	1483,00	1467,13	Durağan
30	12,57	86,98	104,45	722,76	Artan

Ek-2 Çizelge 1. M7 ayak 15 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	121,87	173,43	1012,68	1441,12	Artan
2	227,34	213,27	1889,08	1772,17	Azalan
3	217,96	199,21	1811,14	1655,34	Azalan
4	201,56	192,18	1674,86	1596,92	Durağan
5	72,65	60,93	603,69	506,30	Durağan
6	168,74	217,96	1402,15	1811,14	Artan
7	128,90	173,43	1071,09	1441,12	Artan
8	126,56	185,15	1051,65	1538,50	Artan
9	175,77	241,40	1460,56	2005,91	Artan
10	281,24	335,15	2336,96	2784,93	Artan
11	119,53	133,59	993,23	1110,07	Durağan
12	159,37	196,87	1324,29	1635,89	Artan
13	140,62	311,71	1168,48	2590,15	Artan
14	220,31	217,96	1830,67	1811,14	Durağan
15	210,93	292,96	1752,72	2434,35	Artan
16	201,56	224,99	1674,86	1869,55	Artan
17	114,84	253,12	954,26	2103,30	Artan
18	234,37	276,55	1947,50	2297,99	Artan
19	295,30	337,49	2453,80	2804,37	Artan
20	199,21	445,30	1655,34	3700,22	Artan
21	105,46	145,31	876,32	1207,45	Artan
22	53,90	60,93	447,88	506,30	Artan
23	98,43	103,12	817,90	856,88	Durağan
24	185,15	253,12	1538,50	2103,30	Artan
25	250,77	196,87	2083,77	1635,89	Azalan
26	232,02	229,68	1927,97	1908,53	Durağan
27	157,02	206,24	1304,76	1713,75	Artan
28	267,18	328,12	2220,13	2726,51	Artan
29	182,81	206,24	1519,06	1713,75	Artan
30	175,77	239,06	1460,56	1986,47	Artan
31	171,09	210,93	1421,67	1752,72	Artan
32	96,09	131,24	798,46	1090,54	Artan
33	110,15	140,62	915,29	1168,48	Artan
34	180,46	269,52	1499,53	2239,58	Artan
35	215,62	264,84	1791,69	2200,69	Artan
36	60,93	185,15	506,30	1538,50	Artan

Ek-2 Çizelge 1. (Dev.) M7 ayak 15 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	180,46	269,52	1499,53	2239,58	Artan
38	210,93	290,62	1752,72	2414,91	Artan
39	161,71	220,31	1343,73	1830,67	Artan
40	161,71	196,87	1343,73	1635,89	Artan

Ek-2 Çizelge 2. M7 ayak 15 numaralı YTÜ 2. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ls (kN)	Lf (kN)	
1	112,49	103,24	934,74	857,87	Durağan
2	215,62	103,24	1791,69	857,87	Azalan
3	93,74	215,62	778,93	1791,69	Artan
4	98,43	121,87	817,90	1012,68	Artan
5	60,93	86,71	506,30	720,52	Artan
6	110,15	124,21	915,29	1032,12	Artan
7	201,56	232,02	1674,86	1927,97	Artan
8	89,06	128,90	740,04	1071,09	Artan
9	124,21	166,40	1032,12	1382,70	Artan
10	152,34	215,62	1265,87	1791,69	Artan
11	208,59	199,21	1733,28	1655,34	Durağan
12	117,18	182,81	973,71	1519,06	Artan
13	152,34	243,74	1265,87	2025,36	Artan
14	182,81	349,21	1519,06	2901,76	Artan
15	215,62	271,87	1791,69	2259,10	Artan
16	257,80	382,02	2142,19	3174,40	Artan
17	157,02	152,34	1304,76	1265,87	Durağan
18	117,18	159,37	973,71	1324,29	Artan
19	278,90	337,49	2317,52	2804,37	Artan
20	201,56	344,52	1674,86	2862,79	Artan
21	154,68	224,99	1285,31	1869,55	Artan
22	149,99	189,84	1246,34	1577,48	Artan
23	154,68	208,59	1285,31	1733,28	Artan
24	241,40	309,37	2005,91	2570,71	Artan
25	187,49	220,31	1557,95	1830,67	Artan
26	128,90	227,34	1071,09	1889,08	Artan
27	58,59	147,65	486,85	1226,90	Artan

Ek-2 Çizelge 3. M7 ayak 15 numaralı YTÜ tavan kömürü sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	220,31	175,78	1830,67	1460,64	Azalan
2	227,34	175,77	1889,08	1460,56	Azalan
3	201,56	185,15	1674,86	1538,50	Azalan
4	210,93	192,18	1752,72	1596,92	Azalan
5	131,24	220,31	1090,54	1830,67	Artan
6	96,09	86,71	798,46	720,52	Azalan
7	53,90	65,62	447,88	545,27	Artan
8	171,09	173,42	1421,67	1441,03	Durağan
9	131,24	159,37	1090,54	1324,29	Artan
10	173,42	161,71	1441,03	1343,73	Durağan
11	201,56	243,74	1674,86	2025,36	Artan
12	149,99	161,71	1246,34	1343,73	Artan
13	246,09	14,06	2044,88	116,83	Azalan
14	250,77	241,40	2083,77	2005,91	Durağan
15	112,49	110,15	934,74	915,29	Durağan
16	58,59	82,03	486,85	681,63	Artan
17	161,71	159,37	1343,73	1324,29	Durağan
18	262,49	239,06	2181,16	1986,47	Azalan
19	236,71	234,37	1966,94	1947,50	Durağan
20	278,90	325,77	2317,52	2706,99	Artan
21	157,02	164,06	1304,76	1363,26	Durağan
22	142,96	147,65	1187,93	1226,90	Durağan
23	217,96	217,96	1811,14	1811,14	Durağan
24	201,56	236,71	1674,86	1966,94	Artan
25	58,59	98,43	486,85	817,90	Artan
26	89,06	82,03	740,04	681,63	Durağan
27	142,96	257,80	1187,93	2142,19	Artan

Ek-2 Çizelge 4. M7 ayak 30 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	121,87	110,15	1012,68	915,29	Azalan
2	121,87	19,53	1012,68	162,28	Durağan
3	175,77	210,93	1460,56	1752,72	Artan
4	93,74	93,79	778,93	779,35	Durağan
5	110,15	135,93	915,29	1129,51	Artan
6	168,74	128,90	1402,15	1071,09	Azalan
7	152,34	142,96	1265,87	1187,93	Durağan
8	180,46	86,71	1499,53	720,52	Azalan
9	121,87	149,99	1012,68	1246,34	Artan
10	234,32	217,96	1947,08	1811,14	Durağan
11	241,40	208,59	2005,91	1733,28	Azalan
12	159,37	145,31	1324,29	1207,45	Azalan
13	103,12	126,56	856,88	1051,65	Artan
14	124,21	180,46	1032,12	1499,53	Artan
15	203,90	171,09	1694,31	1421,67	Azalan
16	210,93	110,15	1752,72	915,29	Azalan
17	58,59	161,71	486,85	1343,73	Artan
18	135,93	96,09	1129,51	798,46	Azalan
19	213,27	164,06	1772,17	1363,26	Azalan
20	220,31	145,31	1830,67	1207,45	Azalan
21	110,15	98,43	915,29	817,90	Azalan
22	171,09	152,34	1421,67	1265,87	Azalan
23	180,46	199,21	1499,53	1655,34	Artan
24	103,12	121,87	856,88	1012,68	Artan
25	187,49	100,78	1557,95	837,43	Azalan
26	255,46	267,18	2122,74	2220,13	Durağan
27	145,31	93,74	1207,45	778,93	Azalan
28	229,68	213,27	1908,53	1772,17	Durağan
29	82,03	105,46	681,63	876,32	Artan
30	203,90	142,96	1694,31	1187,93	Azalan
31	161,71	140,62	1343,73	1168,48	Azalan
32	196,87	290,62	1635,89	2414,91	Artan
33	140,62	296,65	1168,48	2465,01	Artan
34	121,87	84,37	1012,68	701,07	Azalan
35	241,40	70,31	2005,91	584,24	Azalan
36	227,34	295,30	1889,08	2453,80	Artan

Ek-2 Çizelge 4. (Dev.) M7 ayak 30 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	161,71	328,12	1343,73	2726,51	Artan
38	173,43	234,37	1441,12	1947,50	Artan
39	185,15	271,87	1538,50	2259,10	Artan
40	356,24	386,71	2960,18	3213,37	Artan
41	194,52	360,93	1616,36	2999,15	Artan
42	246,09	351,55	2044,88	2921,20	Artan
43	77,34	128,90	642,66	1071,09	Artan
44	119,53	208,59	993,23	1733,28	Artan
45	229,68	152,34	1908,53	1265,87	Azalan
46	119,53	161,71	993,23	1343,73	Artan
47	187,49	53,90	1557,95	447,88	Azalan
48	164,06	126,56	1363,26	1051,65	Azalan
49	161,71	166,40	1343,73	1382,70	Artan
50	213,27	269,52	1772,17	2239,58	Artan
51	253,12	257,80	2103,30	2142,19	Durağan
52	196,87	316,40	1635,89	2629,13	Artan
53	227,34	220,31	1889,08	1830,67	Durağan
54	192,18	199,21	1596,92	1655,34	Durağan
55	145,31	353,90	1207,45	2940,73	Artan
56	330,46	393,74	2745,96	3271,78	Artan
57	196,87	208,59	1635,89	1733,28	Artan
58	246,09	325,77	2044,88	2706,99	Artan

Ek-2 Çizelge 5. M7 ayak 30 numaralı YTÜ 2. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	196,87	182,81	1635,89	1519,06	Azalan
2	84,37	77,34	701,07	642,66	Durağan
3	164,06	210,93	1363,26	1752,72	Artan
4	95,09	114,84	790,15	954,26	Artan
5	100,78	93,74	837,43	778,93	Azalan
6	168,74	189,84	1402,15	1577,48	Artan
7	128,90	117,18	1071,09	973,71	Azalan
8	217,96	220,31	1811,14	1830,67	Durağan
9	250,77	159,37	2083,77	1324,29	Azalan
10	42,18	105,46	350,49	876,32	Artan
11	70,31	74,99	584,24	623,13	Durağan
12	189,84	157,02	1577,48	1304,76	Azalan
13	112,49	164,06	934,74	1363,26	Artan
14	79,68	159,37	662,10	1324,29	Artan
15	133,59	23,43	1110,07	194,69	Azalan
16	53,90	35,15	447,88	292,08	Azalan
17	103,12	255,46	856,88	2122,74	Artan
18	260,15	342,18	2161,72	2843,34	Artan
19	227,34	161,71	1889,08	1343,73	Azalan
20	157,02	149,99	1304,76	1246,34	Durağan
21	63,28	96,09	525,83	798,46	Artan
22	208,59	206,24	1733,28	1713,75	Durağan
23	213,27	351,55	1772,17	2921,20	Artan
24	168,74	140,62	1402,15	1168,48	Azalan
25	166,40	243,74	1382,70	2025,36	Artan
26	262,49	330,46	2181,16	2745,96	Artan
27	335,15	360,93	2784,93	2999,15	Artan
28	157,02	229,68	1304,76	1908,53	Artan
29	196,87	236,71	1635,89	1966,94	Artan
30	173,43	192,18	1441,12	1596,92	Artan
31	72,65	241,40	603,69	2005,91	Artan
32	182,81	203,90	1519,06	1694,31	Artan
33	220,31	255,46	1830,67	2122,74	Artan
34	229,62	201,56	1908,03	1674,86	Azalan
35	215,62	246,09	1791,69	2044,88	Artan
36	199,21	140,62	1655,34	1168,48	Azalan



Ek-2 Çizelge 5. (Dev.) M7 ayak 30 numaralı YTÜ 2. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	283,59	379,68	2356,49	3154,95	Artan
38	297,65	377,33	2473,32	3135,42	Artan
39	215,62	206,24	1791,69	1713,75	Durağan
40	171,09	248,43	1421,67	2064,33	Artan

Ek-2 Çizelge 6. M7 ayak 30 numaralı YTÜ tavan kömürü sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	77,34	96,09	642,66	798,46	Artan
2	164,06	84,37	1363,26	701,07	Azalan
3	133,59	100,78	1110,07	837,43	Azalan
4	203,90	173,43	1694,31	1441,12	Azalan
5	147,65	114,84	1226,90	954,26	Azalan
6	65,62	25,78	545,27	214,22	Azalan
7	93,74	105,46	778,93	876,32	Durağan
8	168,74	185,15	1402,15	1538,50	Artan
9	124,21	112,49	1032,12	934,74	Azalan
10	217,96	192,18	1811,14	1596,92	Azalan
11	173,42	159,37	1441,03	1324,29	Azalan
12	239,06	208,59	1986,47	1733,28	Azalan
13	93,74	222,65	778,93	1850,11	Artan
14	65,62	58,59	545,27	486,85	Durağan
15	96,09	257,80	798,46	2142,19	Artan
16	119,53	117,18	993,23	973,71	Durağan
17	192,18	189,84	1596,92	1577,48	Durağan
18	133,59	91,40	1110,07	759,49	Azalan
19	234,37	32,81	1947,50	272,63	Azalan
20	51,56	28,12	428,44	233,66	Azalan
21	79,68	110,71	662,10	919,94	Artan
22	79,68	358,58	662,10	2979,62	Artan
23	86,71	9,37	720,52	77,86	Azalan
24	53,90	60,93	447,88	506,30	Durağan
25	110,15	126,56	915,29	1051,65	Artan
26	192,18	166,40	1596,92	1382,70	Azalan
27	65,62	119,53	545,27	993,23	Artan
28	72,65	28,12	603,69	233,66	Azalan
29	77,34	89,06	642,66	740,04	Durağan
30	250,77	110,55	2083,77	918,62	Azalan
31	210,93	224,99	1752,72	1869,55	Durağan
32	328,12	374,99	2726,51	3115,98	Artan
33	234,37	309,37	1947,50	2570,71	Artan
34	253,12	250,77	2103,30	2083,77	Durağan
35	171,09	84,37	1421,67	701,07	Azalan
36	250,78	337,49	2083,86	2804,37	Artan

Ek-2 Çizelge 6.(Dev.) M7 ayak 30 numaralı YTÜ tavan kömürü sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	171,09	173,43	1421,67	1441,12	Durağan
38	220,31	210,93	1830,67	1752,72	Durağan
39	206,24	86,71	1713,75	720,52	Azalan
40	126,56	128,90	1051,65	1071,09	Durağan
41	154,68	154,68	1285,31	1285,31	Durağan
42	206,24	208,59	1713,75	1733,28	Durağan
43	164,06	77,34	1363,26	642,66	Azalan
44	189,84	182,81	1577,48	1519,06	Azalan
45	110,15	37,50	915,29	311,61	Azalan
46	65,62	44,53	545,27	370,02	Azalan
47	222,65	175,77	1850,11	1460,56	Azalan
48	91,40	56,24	759,49	467,33	Azalan
49	72,65	74,99	603,69	623,13	Durağan
50	342,11	311,71	2842,76	2590,15	Azalan
51	222,65	180,46	1850,11	1499,53	Azalan
52	246,09	250,77	2044,88	2083,77	Durağan

Ek-2 Çizelge 7. M7 ayak 45 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	45,21	65,24	375,67	542,11	Durağan
2	18,75	16,40	155,80	136,28	Durağan
3	182,81	9,37	1519,06	77,86	Azalan
4	82,03	14,06	681,63	116,83	Azalan
5	107,81	16,40	895,85	136,28	Azalan
6	53,90	16,40	447,88	136,28	Azalan
7	142,96	9,37	1187,93	77,86	Azalan
8	89,06	89,06	740,04	740,04	Durağan
9	133,59	86,71	1110,07	720,52	Azalan
10	103,12	105,46	856,88	876,32	Durağan
11	107,81	103,12	895,85	856,88	Durağan
12	32,81	56,24	272,63	467,33	Artan
13	44,53	86,71	370,02	720,52	Artan
14	42,18	79,68	350,49	662,10	Artan
15	49,21	114,84	408,91	954,26	Artan
16	70,31	9,37	584,24	77,86	Azalan
17	171,09	32,81	1421,67	272,63	Azalan
18	227,34	185,15	1889,08	1538,50	Azalan
19	89,06	112,49	740,04	934,74	Artan
20	217,96	178,90	1811,14	1486,57	Azalan
21	199,21	276,55	1655,34	2297,99	Artan
22	206,24	213,27	1713,75	1772,17	Durağan
23	171,09	159,37	1421,67	1324,29	Durağan
24	58,59	51,56	486,85	428,44	Durağan
25	201,56	145,31	1674,86	1207,45	Azalan
26	196,87	98,43	1635,89	817,90	Azalan
27	239,06	264,84	1986,47	2200,69	Artan
28	213,27	142,96	1772,17	1187,93	Azalan
29	175,77	201,56	1460,56	1674,86	Artan
30	63,28	142,96	525,83	1187,93	Artan
31	227,34	182,81	1889,08	1519,06	Azalan
32	335,15	389,05	2784,93	3232,81	Artan
33	217,96	276,55	1811,14	2297,99	Artan
34	149,99	243,74	1246,34	2025,36	Artan
35	107,81	175,77	895,85	1460,56	Artan
36	232,02	335,15	1927,97	2784,93	Artan

Ek-2 Çizelge 7. (Dev.) M7 ayak 45 numaralı YTÜ 1. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	77,34	79,68	642,66	662,10	Durağan
38	89,06	227,34	740,04	1889,08	Artan
39	307,02	236,71	2551,18	1966,94	Azalan
40	241,40	227,34	2005,91	1889,08	Durağan
41	133,59	46,87	1110,07	389,47	Azalan
42	86,71	70,31	720,52	584,24	Azalan
43	168,74	117,18	1402,15	973,71	Azalan
44	91,40	72,65	759,49	603,69	Azalan
45	253,12	217,96	2103,30	1811,14	Azalan
46	220,31	173,43	1830,67	1441,12	Azalan
47	215,62	217,96	1791,69	1811,14	Durağan
48	77,34	367,96	642,66	3057,56	Artan
49	187,49	152,34	1557,95	1265,87	Azalan
50	65,62	63,28	545,27	525,83	Durağan
51	164,06	164,06	1363,26	1363,26	Durağan
52	105,46	96,09	876,32	798,46	Azalan
53	274,11	299,99	2277,72	2492,77	Artan
54	128,90	157,02	1071,09	1304,76	Artan
55	159,37	367,96	1324,29	3057,56	Artan
56	189,84	58,59	1577,48	486,85	Azalan

Ek-2 Çizelge 8. M7 ayak 45 numaralı YTÜ 2. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	17,70	23,43	147,08	194,69	Durağan
2	114,84	23,43	954,26	194,69	Azalan
3	103,12	7,03	856,88	58,42	Azalan
4	121,87	25,78	1012,68	214,22	Durağan
5	30,46	9,37	253,11	77,86	Azalan
6	133,59	11,71	1110,07	97,30	Azalan
7	124,21	70,31	1032,12	584,24	Azalan
8	126,56	67,96	1051,65	564,71	Azalan
9	44,53	58,59	370,02	486,85	Artan
10	51,56	105,46	428,44	876,32	Artan
11	217,96	70,31	1811,14	584,24	Azalan
12	281,24	126,56	2336,96	1051,65	Azalan
13	171,09	140,62	1421,67	1168,48	Azalan
14	128,90	14,06	1071,09	116,83	Azalan
15	124,21	171,09	1032,12	1421,67	Artan
16	192,18	224,99	1596,92	1869,55	Artan
17	192,18	161,71	1596,92	1343,73	Azalan
18	185,15	152,54	1538,50	1267,53	Azalan
19	142,96	105,46	1187,93	876,32	Azalan
20	82,03	103,12	681,63	856,88	Artan
21	161,71	318,74	1343,73	2648,57	Artan
22	243,74	478,11	2025,36	3972,86	Artan
23	215,62	351,55	1791,69	2921,20	Artan
24	91,40	145,31	759,49	1207,45	Artan
25	229,68	302,34	1908,53	2512,29	Artan
26	126,56	49,21	1051,65	408,91	Azalan
27	154,68	93,74	1285,31	778,93	Azalan
28	65,62	250,77	545,27	2083,77	Artan
29	89,06	84,37	740,04	701,07	Azalan
30	72,65	236,71	603,69	1966,94	Artan
31	147,65	149,99	1226,90	1246,34	Durağan
32	98,43	311,71	817,90	2590,15	Artan
33	173,42	253,12	1441,03	2103,30	Artan
34	124,21	135,93	1032,12	1129,51	Artan
35	192,18	131,24	1596,92	1090,54	Azalan
36	196,87	164,06	1635,89	1363,26	Azalan

Ek-2 Çizelge 8. (Dev.) M7 ayak 45 numaralı YTÜ 2. kesim sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	187,49	311,71	1557,95	2590,15	Artan
38	220,31	138,28	1830,67	1149,04	Azalan

Ek-2 Çizelge 9. M7 ayak 45 numaralı YTÜ tavan kömürü sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
1	100,78	23,43	837,43	194,69	Azalan
2	30,46	16,40	253,11	136,28	Azalan
3	114,84	14,06	954,26	116,83	Azalan
4	39,84	11,71	331,05	97,30	Azalan
5	93,74	72,65	778,93	603,69	Azalan
6	70,31	86,71	584,24	720,52	Artan
7	65,62	93,73	545,27	778,85	Artan
8	86,71	14,06	720,52	116,83	Azalan
9	114,84	107,81	954,26	895,85	Durağan
10	126,56	128,90	1051,65	1071,09	Durağan
11	161,71	126,56	1343,73	1051,65	Azalan
12	194,52	175,77	1616,36	1460,56	Azalan
13	246,09	110,15	2044,88	915,29	Azalan
14	142,96	28,12	1187,93	233,66	Azalan
15	131,24	126,56	1090,54	1051,65	Durağan
16	152,34	194,52	1265,87	1616,36	Artan
17	365,62	105,46	3038,12	876,32	Azalan
18	149,99	117,18	1246,34	973,71	Azalan
19	126,56	93,74	1051,65	778,93	Azalan
20	208,59	91,40	1733,28	759,49	Azalan
21	171,09	168,74	1421,67	1402,15	Durağan
22	112,49	114,84	934,74	954,26	Durağan
23	164,06	133,59	1363,26	1110,07	Azalan
24	49,21	25,78	408,91	214,22	Azalan
25	229,68	91,40	1908,53	759,49	Azalan
26	192,18	138,28	1596,92	1149,04	Azalan
27	74,99	46,87	623,13	389,47	Azalan
28	297,65	128,90	2473,32	1071,09	Azalan
29	227,34	222,65	1889,08	1850,11	Durağan
30	234,37	227,96	1947,50	1894,23	Durağan
31	178,12	229,68	1480,09	1908,53	Artan
32	72,65	157,02	603,69	1304,76	Artan
33	65,62	142,96	545,27	1187,93	Artan
34	217,96	229,68	1811,14	1908,53	Durağan
35	232,02	173,43	1927,97	1441,12	Azalan
36	171,09	318,74	1421,67	2648,57	Artan



Ek-2 Çizelge 9.(Dev.) M7 ayak 45 numaralı YTÜ tavan kömürü sonrası oluşan basınçlar

Ölçüm No	Ana Direk Basınçları		Tahkimat Direnci		Basınç Tipi
	Ön Basınç	Son Basınç	Ön Yük	Son Yük	
	Ps (Bar)	Pf (Bar)	Ps (kN)	Pf (kN)	
37	114,84	131,24	954,26	1090,54	Durağan
38	203,90	128,90	1694,31	1071,09	Azalan
39	164,06	175,77	1363,26	1460,56	Artan
40	142,96	138,28	1187,93	1149,04	Durağan
41	255,46	133,59	2122,74	1110,07	Azalan
42	260,15	164,06	2161,72	1363,26	Azalan
43	213,27	189,84	1772,17	1577,48	Azalan
44	229,68	166,40	1908,53	1382,70	Azalan
45	42,18	229,68	350,49	1908,53	Artan
46	103,12	110,15	856,88	915,29	Artan
47	182,81	51,56	1519,06	428,44	Azalan
48	154,68	128,90	1285,31	1071,09	Azalan
49	210,93	142,96	1752,72	1187,93	Azalan
50	51,56	159,37	428,44	1324,29	Artan
51	44,53	49,21	370,02	408,91	Durağan
52	147,65	79,68	1226,90	662,10	Azalan
53	206,24	203,90	1713,75	1694,31	Durağan
54	229,68	23,43	1908,53	194,69	Azalan

## ÖZGEÇMİŞ

Soner Öğretmen, 15.11.1968 Hekimhan doğumludur. 1991 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. Aynı yıl Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Garp Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğünde çalışmaya başlamış, on yıl süre ile Müessese yeraltı işletmelerinde ocak mühendisi olarak görev yaptıktan sonra 2001 yılında Genel Müdürlük Etüt, Proje ve Tesis Daire Başkanlığına atanmıştır. Halen aynı Daire Başkanlığında Yatırımlar Müdürü olarak iş hayatına devam etmektedir. Yüksek Lisans eğitimini Osmangazi Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünde 2003 yılında tamamlamıştır.