



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YERALTI KÖMÜR OCAKLARINDA KULLANILAN YÜRÜYEN TAHKİMATLARIN ÜZERİNE GELEN YÜK DAĞILIMI: EYNEZ LİNYİT OCAĞI ÖRNEĞİ

Halim Engin SOPACI

YÜKSEK LİSANS

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan-2018
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YERALTI KÖMÜR OCAKLARINDA KULLANILAN YÜRÜYEN TAHKİMATLARIN ÜZERİNE GELEN YÜK DAĞILIMI: EYNEZ LİNYİT OCAĞI ÖRNEĞİ

Halim Engin SOPACI

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Kemal GÖKAY

2018, 94 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Hürriyet AKDAŞ
Prof. Dr. Mehmet Kemal GÖKAY
Prof. Dr. İhsan ÖZKAN

Son yıllarda ülkemizde artan mekanize sistem kömür ocaklarında, yürüyen tahkimat ünitelerinin üzerlerine gelen tavan yükünden dolayı, hidrolik uzunayak tahkimatlarının, hidrolik sistemlerinde oluşan basınç dağılımları incelenerek, bu değerlerin maden işletme ve kaya mekaniği açısından anlamlı veriler oluşturup oluşturmadığını değerlendirilmektedir. Kömür üretimi sırasında ayak hidrolik tahkimat ünitelerinden elde edilen hidrolik basınç verileri, bu tez kapsamında teorik ve pratik açıdan, çalışılan kömür tavan kayacının durumu, kesici makinenin konumu, tavan kayacında oluşan çatlaklık durumları da göz önüne alınarak araştırılmıştır.

Bu çalışma sırasında, hidrolik tahkimatların çalışma prensipleri farklı modeller bazında incelenmiş ve Demirexport A.Ş. – Fernas İnşaat A.Ş. Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kullanılan hidrolik tahkimatların özellikleri ayrıca gözden geçirilmiştir. Bu tahkimat sistemlerinin üzerlerine gelen yükleri taşıma prensipleri, ilerleme yöntemleri, mekanik ve hidrolik aksamları da düşünülerek incelemeye tabi tutulmuştur. Hidrolik pistonlarla desteklenen tavan sarmaları üzerine gelen tavan yükünü karşılayan destek kuvvetin nasıl verildiği ve bu kuvvetin hidrolik kollarda nasıl hidrolik basınca dönüştüğü değerlendirilmiştir. Bu aşamadan sonra ölçümler sırasında izlenen kömür kesme ve bekleme sürelerini kapsayan zaman zarfları içinde hidrolik tahkimatlar üzerinde farklılaşan tavan basıncının lokasyonları, dağılım dereceleri, artış oranları, tavan jeolojik bilgisi ile değerlendirilmiştir.

Bu tez çalışmasında, ülkemizde özel sektörün yeraltı kömür madenciliğine duyduğu ilginin artmasıyla, sağladığı pratik kullanışlılık ve diğer avantajlarından dolayı mekanize uzunayak sistemleri ve yürüyen tahkimat ünitelerinin kullanımında artış beklenmektedir. Bu durum yeraltı kömür ocaklarında kaya mekaniği konularını da içine alan ek yararlar sağlayacaktır. İlgili konuda, günümüze kadar yapılan çalışmaların özetlendiği ve yürüyen tahkimat ile çalışan bir uzun ayak uygulanmasının değerlendirmesini içeren bu tez çalışması, yürüyen tahkimatlar içinde gelişen hidrolik basınç farklılıklarının, bu tahkimatlar üzerine gelen yük farklılığına bağlı olması nedeniyle, uzunayak tavan tabakalarından yürüyen tahkimatlara aktarılan yükleme durumuna açıklama getirecektir. Aktarılan yükün farklılıklarının, ayak içi çalışma durumuyla bağlantılı olarak değerlendirmesi uzunayak uygulamasının ayak boşluğunda oluşturduğu yükleme durumuna etkisini ortaya koyduğundan, ayak içi iş ve işyeri güvenliğinin takibi açısından değerli veriler sunmuştur. Ayak içinde, tavandan gelen yükleme durumuna göre tavan tabakalarının yüke dayanma veya yükü taşıyamayıp hidrolik tahkimatlara yığılma durumlarının incelenmesi, bu tez çalışmasının önemli çıktıları arasındadır.

Anahtar Kelimeler: Uzunayak, Yeraltı mekanize kömür madenciliği, Yürüyen tahkimat, Kaya mekaniği, Yürüyen tahkimat hidrolik basıncı, Yüksek hidrolik basınçlı sistemler.

ABSTRACT

MS THESIS

ANALYSES OF OVERBURDEN LOAD DISTRIBUTION OVER LONGWALL HYDRAULIC SHIELD SUPPORTS: EYNEZ LIGNITE MINE EXAMPLE

Halim Engin SOPACI

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MINING ENGINEERING

Advisor: Asst. Prof. Dr. Mehmet Kemal GÖKAY

2018, 94 Pages

Jury
Prof. Dr. Hürriyet AKDAŞ
Prof. Dr. Mehmet Kemal GÖKAY
Prof. Dr. İhsan ÖZKAN

In recent times, mechanized longwall mining systems have been used commonly in Turkey. The usage of them leads different research activities related with longwall mining. Since longwall advancing hydraulic supports, can also be called as longwall shields, are operated on the bases of hydraulic system, hydraulic pressure measured from their system could then be used for the estimation of roof loads over these shields. Differentiation of hydraulic pressure in their system is required evaluation of longwall roof loading conditions together with roof strata conditions, local mining activities and rock mechanics properties. In this study, hydraulic pressure values obtained from longwall shields were analyzed according to longwall mining conditions such as; face coal cutting cycle and roof strata quality.

Hydraulic face shields and their working principles were analyzed at the beginning of the research by considering different face support types. Then hydraulic advancing face shields which were selected for Demirexport Company & Fernas Company consortium's Eynez (Soma/Manisa) underground longwall mining conditions were then confirmed carefully for their properties. Load carrying properties, advancing mechanisms, mechanical & hydraulic parts of these supports were checked carefully to understand their behavior in underground conditions. Overburden loads transferred through roof strata, hydraulic supports' canopy models, hydraulic pistons which support the canopies against the roof loads and hydraulic pressure increased in pistons were considered one by one to realize the hydraulic pressure accumulation to evaluate. Afterthat, during the measurement stage of the research, hydraulic pressure differences were recorded including the notes of location of coal cutting face plough, location of checked face shield members and local roof conditions.

In this research, data collected from hydraulic face shields lead to understand the differentiation of overburden roof loads at longwall openings. These data also the main source to understand load transfer differentiation of overburden roof strata. Working conditions in longwall operations are determined one of the main reasons of overburden load differentiation. Therefore the collected data were used to understand relevant conditions as well. Load transferring along the longwall faces can be different and this segregation might be the results of overburden cracks and weakness zones. Therefore hydraulic pressure obtained through the longwall shields were valuable data when we think about the roof loading and loading conditions especially engineers consider work and workplace safety conditions.

Keywords: Longwall mining method, Mechanized underground coal mining, Hydraulic advancing longwall supports, Rock mechanics, Hydraulic pressure at hydraulic face supports, High pressurized hydraulic systems.

ÖNSÖZ

Enerji sektörünün, gerekli olan enerji ihtiyacını karşılamak dışa bağımlılığı en aza indirmek açısından, ülkemizde bulunan yeraltı kaynaklarının kullanımı bunların ülke ekonomisine katkısının sağlanması konusunda yeraltı kömür madenleri ve bunlarla beslenen termik santrallerin önemi daha da değer kazanmaktadır. Bu çalışmanın amacı da yeraltında mekanize kömür uzun ayak yöntemi ile çalışan özel ve kamu kuruluşlarına örnek teşkil ederek üretim alanında oluşan arazi baskılarının öngörülebilecek şekilde faaliyetlere devamlılığını sağlamaktır.

Yüksek lisans sürecimde değerli katkılarını ve desteklerini benden hiç esirgemeyen değerli hocam, saygıdeğer danışmanım Sayın Prof. Dr. Mehmet Kemal Gökay'a ve değerli jüri üyleri Prof. Dr Hürriyet Akdaş ile Prof. Dr. İhsan Özkan'a teşekkürlerimi sunmaktayım. İşletmemizde Elektrik Başmühendisi olan Sayın Abdullah Gökay Kükrer'e, İşletme Müdürümüz Tufan Selim Saral'a ve Maden Mühendisi Hasan Hüseyin Çiçek'e yardımlarından dolayı ve son olarak bugüne kadar her koşulda yılmadan usanmadan her zaman yanımda olan canım aileme; Babam Ahmet Sopacı, Annem Bilgi Sopacı ve Kardeşim Onur Sopacı'ya sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Halim Engin SOPACI
KONYA-2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iii**

ABSTRACT ..... **iv**

ÖNSÖZ ..... **v**

İÇİNDEKİLER ..... **vi**

1. GİRİŞ **1**

2. İŞLETME HAKKINDA GENEL BİLGİ **3**

2.1. İşletme Tanıtımı 3
2.2. Soma Eynez Yeraltı Ocağı 3
2.3. Coğrafi Konum 3
2.4. Jeolojik Durum 4
2.4.1. Stratigrafi 4
2.4.2. Tektonik 5
2.4.3. Jeoloji 6
2.4.3.1. Miyosen serisi 8
2.4.3.2. Pliyosen serisi 8
2.5. Kömür Damarının Özellikleri 9
2.6. Kaya Kütle Sınıfları ve Kaya Yenilme Mekanizmaları 9
2.7. Madencilik Çalışmaları 10
2.8. Üretim Faaliyetleri 12
2.9. Tam Mekanize Uzun Ayak Üretim Yöntemi 14

3. MEKANİZE AYAKTA KULLANILAN EKİPMANLAR **16**

3.1. Yürüyen Tahkimat Üniteleri 16
3.1.1. Ayak Başı Yürüyen Tahkimat Ünitesi 16
3.1.2. Geçiş Tipi Yürüyen Tahkimat Ünitesi 18
3.1.3. Ayak İçi Yürüyen Tahkimat Ünitesi 19
3.1.4. Yürüyen Tahkimat Ünitelerinin Temel Parçaları 21
3.2. Yürüyen Tahkimat Ünitesinin Çalışma Karakteristiği 22
3.3. Tamburlu Kesici ve Yükleyici 24
3.4. Ön Zincirli Konveyör 25
3.5. Arka Zincirli Konveyör 26
3.6. Aktarma Zincirli Konveyör 27
3.7. Mekanizasyon, Uzun Ayaklarda Üretim 28
3.7.1. Kontrol Merkezi 29
3.7.2. Arın Kesimi 29
3.7.3. Yürüyen Tahkimat Ünitelerinin İlerletilmesi 31
3.7.4. Ön ve Arka Konveyörlerin İlerletilmesi 31
3.7.5. Arkadan Kömür Alınma İşlemi 31

4. LİTARATÜR ARAŞTIRMASI **32**

4.1. Kalkan Türü Yürüyen Tahkimatlar 36
4.2. Yürüyen Tahkimatlarda Basınç Oluşumu ve Tipleri 37
4.3. Yürüyen Tahkimatlarda Ön Yükleme ve Esneme Peryodları 39

5. UZUNAYAKLARDA YÜRÜYEN TAHKİMATLAR ÜZERİNDE OLUŞAN YÜKLERİN TAHMİNİ 47

5.1. Genel Yaklaşım 47
5.2. Wilson Yaklaşımı 48
5.3. Jacobi Yaklaşımı 49
5.4. Ayrılmış Tavan Bloğu Methodu 50
5.5. Göçertme Uygulanan Kalın Kömür Damarlarında Kullanılan Yöntem 51
5.6. Konak Yaklaşımı 53
5.7. Eynez Ocağında Oluşan Yüklerin Hesaplanması 54
5.7.1. Tianhe ve Zhongming Yaklaşımı ile Hesaplama 54
5.7.2. Konak Yöntemi ile Hesaplama 56

Bu hesaplamalardan edinilen değerlere göre, işletme şartları için belirlenen veriler ile bir kıyaslama yapıldığında, bu işletmede uygulanan tahkimat kapasitesi yeterli görülmektedir. **57**

6. EYNEZ OCAĞINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN BASINÇ ÖLÇÜMLERİ 58

6.1. M1 Panosuna Ait Ölçüm Değerleri 58
6.1.1. Artan Tip Basınç Değişimleri 59
6.1.2. Azalan Tip Basınç Değişimleri 59
6.1.3. Durağan Tip Basınç Değişimleri 60
6.2. M1 Panosuna Ait Verilerin Toplanması 60
6.3. M1 Panosu-Uzunayak Göçük Kısmından Kömür Alımı Sırasında Yapılan Ölçümler 71
6.4. YTÜ Basınçlarının Arında Kömür Kesilmesi Sonucu Değişimi 75
6.5. M2 Panosuna Ait Ölçüm Değerleri 76
6.6. M2 Panosuna Ait Ölçümlerin Değerlendirilmesi 77

7. SONUÇLAR 86

KAYNAKLAR 92

ÖZGEÇMİŞ 94

1. GİRİŞ

Yeraltı maden işletme yöntemi olan uzunayaklarda kullanılan tahkimat sistemleri yıllar içinde ağaç tahkimatlardan yürüyen tahkimatların uygulanmasına doğru bir geçiş göstermiştir. Yürüyen tahkimatların ilk kurulma çalışmaları biraz zaman almakla beraber bunların sağladığı avantajlar çok fazladır. Yeraltı kömür ocaklarında uzunayak üretim çalışmaları başladıktan sonra, ayak arınının ilerlemesini takip eden kısa bir süre içinde, yürüyen tahkimatları ilerletmek ve tavanı hızlı bir şekilde desteklemek mümkün olmaktadır. İlk yükleme anında tavana verdikleri aktif karşı yüklemeyle hemen tavandan gelen yükleri almaya başladıkları için tipik aktif tahkimat davranışı göstermektedirler. Bu özellik onlara avantaj sağladığı için uzunayaklarda tavantaşı deformasyonlarını kontrol altına almada başarıyla kullanılmaktadırlar. Uzunayak yürüyen tahkimatlarının kendi hidrolik sistem basınçlarındaki değişimlerin, uzunayak üstündeki kaya yükleriyle birlikte incelenmesi daha önce de araştıranlar olmuştur. (Peng v.d. 1986, Peng 1998, Akdaş v.d. 2000 ve Öğretmen 2015). Bu araştırma konuları dahilinde yapılan bu tez araştırmasında, Manisa ili, Soma-Eynez'de bulunan bir yeraltı linyit ocağında kullanılan uzunayak yürüyen tahkimatların üzerine gelen yükler, bu tahkimatların hidrolik sistemlerinden ölçülen hidrolik basınç farklılaşmalarıyla birlikte değerlendirilmeye alınmıştır.

Son yıllarda ülkemizde artan mekanize sistem kömür ocaklarında, yürüyen tahkimat ünitelerinin (YTÜ) üzerlerine gelen tavan yükünden dolayı, hidrolik sistemlerinde oluşan basınç dağılımları gözlemlenerek, bu değerlerin maden işletme ve kaya mekaniği açısından anlamlı veriler oluşturup oluşturmadığı incelenmektedir. Bu araştırmada yeraltında uzunayak uygulaması yapılan Soma-Eynez kömür ocağında, kömür üretimi sırasında uzunayak yürüyen tahkimat ünitelerinden elde edilen hidrolik basınç verilerinin teorik ve pratik açıdan değerlendirilmesi yapılmış, çalışılan uzunayak tavan kayacının durumu, arından kömür kesen makinenin konumu, tavan kayacında oluşan çatlaklık durumları da göz önüne alınarak analiz edilmiştir.

Bu çalışma sırasında, yürüyen tahkimatların çalışma prensipleri, farklı modeller bazında incelenmiş olup, Demirexport A.Ş. – Fernas İnşaat A.Ş. Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kullanılan yürüyen tahkimatların özellikleri de gözden geçirildikten sonra, bu tahkimat sistemlerinin üzerlerine gelen yükleri taşıma prensipleri, ilerleme yöntemleri, mekanik ve hidrolik aksamları da düşünülerek inceleme yapılmıştır. Hidrolik pistonlarla desteklenen tavan sarmaları üzerine gelen

tavan yükünü karşılayan destek kuvvetinin nasıl verildiği, bu kuvvetin hidrolik kollarda nasıl hidrolik basınca dönüştüğü değerlendirilmiştir. Bu aşamadan sonra; ölçümler sırasında izlenen kömür kesme ve bekleme sürelerindeki; uzunayak ilerleme miktarı, göçük alanındaki hareketler, hidrolik tahkimatlar üzerinde farklılaşan tavan basınçları, bunların ayakiçi lokasyonları, dağılım dereceleri ve artış oranları, tavan jeolojik bilgisi ile değerlendirilmiştir.

Bu tez çalışmasında, ülkemizde özel sektörün yeraltı kömür madenciliğine daha da yoğunlaşması ile artış sağlayacak YTÜ kullanımı, uzunayak boşluğuyla ilgili kömür ve kayaç formasyonlarının duraylılığı konusunda yapılan çalışmalara olumlu katkı sağlayacaktır. Bu konuyu içine alan, kaya mekaniği araştırmalarına da temel veriler sağlama potansiyeli olan bu tahkimatlar, iş ve işyeri güvenliği açısından da önemli katkılar sağlamaktadır. İlgili konuda, günümüze kadar yapılan çalışmaların özetlendiği ve yürüyen tahkimat ile çalışan bir uzunayak uygulanmasının değerlendirmesini içeren bu araştırma, ülkemizde uygulanan YTÜ çalışmaları için bir örnek oluşturmuştur.

Yapılan gözlemler ve incelemeler uzunayak çalışması sırasında YTÜ'lerde oluşan basınç değişimlerinin, uzunayak üretiminden dolayı oluşan tavan basıncına göre değiştiğini göstermiştir. Uzunayakta oluşan beklemelerin, uzunayak arınında yapılan kömür kesiminin, ayak ilerlemesinin, uzunayak ilerlemesine göre ayak arkasındaki göçme hareketlerinin etkileri YTÜ içindeki hidrolik basınçlarda farklılıklara neden olmaktadır. Bu araştırmada incelenen YTÜ'ler, uzunayağın arın tarafından kömür alımının etkisindeyken, ayağın göçük tarafından da kömür kazanımı sağlamak için tasarlandıkları için farklılık göstermektedir. Bu özelliklerine göre belirlenen YTÜ basınç değişimleri bu araştırmanın özel bir farklılığını oluşturmaktadır.

2. İŞLETME HAKKINDA GENEL BİLGİ

2.1. İşletme Tanıtımı

Demir Export A.Ş. ve Fernas A.Ş. iş ortaklığı, (İlgili şirketlerin kendi aralarındaki Proje metninde olduğu gibi bu yüksek lisans tez içeriğinde "Demir Export A.Ş." olarak değinilmiştir), 09.08.2011 tarihli, Türkiye Kömür İşletmesi Kurumu (TKİ), Ege Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü'ne ait "Soma Eynez – Doğu Yeraltı Sahalarında 18 yıl süre ile toplam 36.5000.000 ton kömür üretim işi" konulu ihaleyi kazanmıştır. İhale ile ilgili resmi sözleşme 19.09.2011 tarihinde imzalanmıştır. Sözleşme gereğince 18 yıllık sürenin ilk üç yılı hazırlık çalışmalarına ayrılacak, geriye kalan 15 yıllık süre içinde 2.500.000 ton/yıl kömür üretimi yapılacaktır (Demir Export, 2013a).

2.2. Soma Eynez Yeraltı Ocağı

Manisa ili Soma ilçesi Eynez kasabasında yer alan 75153 IR lisans numaralı ruhsat sahasına ait genel bilgiler ve koordinatlar aşağıdaki gibidir.

Ruhsat sahası Soma ilçesinin 35 km Güney Batısında olup Eynez kasabasının Batı kısmında yer almaktadır (Şekil 2.1). Ruhsat sahasının batısında yer alan Eynez nehri düşük kotlarda kalmaktadır. Hâkim iklim Akdeniz iklimi olup yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk kar ve yağışlıdır. Bu sahaya ait işletme raporlarında KM2 linyit damarının görünür rezervi 51.345.000 ton olarak hesaplanmıştır. Bu sahada yapılacak madencilik faaliyetlerinin, işletme ömrü 3 yılı hazırlık olmak kaydı ile 18 yıldır. Ocak rezervini oluşturan linyitin yaklaşık kalorifik değeri 3.608 Kcal/kg dır. KM2 linyit serisinde yer alan linyit genelde, masif siyah katı ve parlak yüzeyli olmakla beraber linyit kalitesi serinin alt kısımlarına doğru azalmaktadır. Bu düşüşün genel nedeni ise tabana doğru gidildikçe artan kil varlığıdır.

2.3. Coğrafi Konum

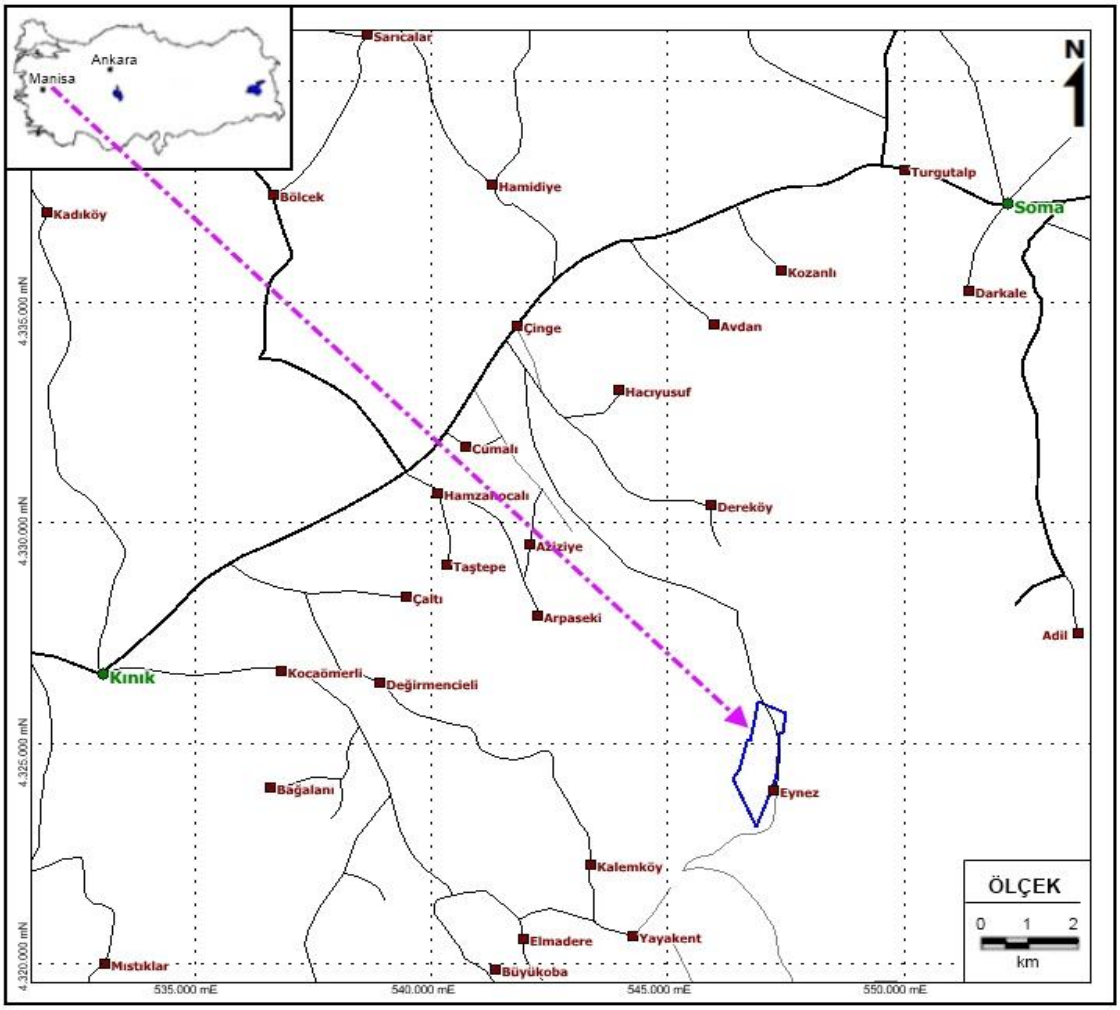
Demir Export A.Ş. tarafından işletilen yeraltı kömür ocağı Manisa İli, Soma İlçesi Eynez Köyü sınırları içinde yer almaktadır. Köyün İlçe merkezine uzaklığı 26 km'dir. Ocak sahasına Soma – Bergama karayolunun 16. kilometresindeki Cenkyeri kasabasından, Güney istikametinde 11 km'lik bir asfalt yol ile ulaşılmaktadır.

2.4. Jeolojik Durum

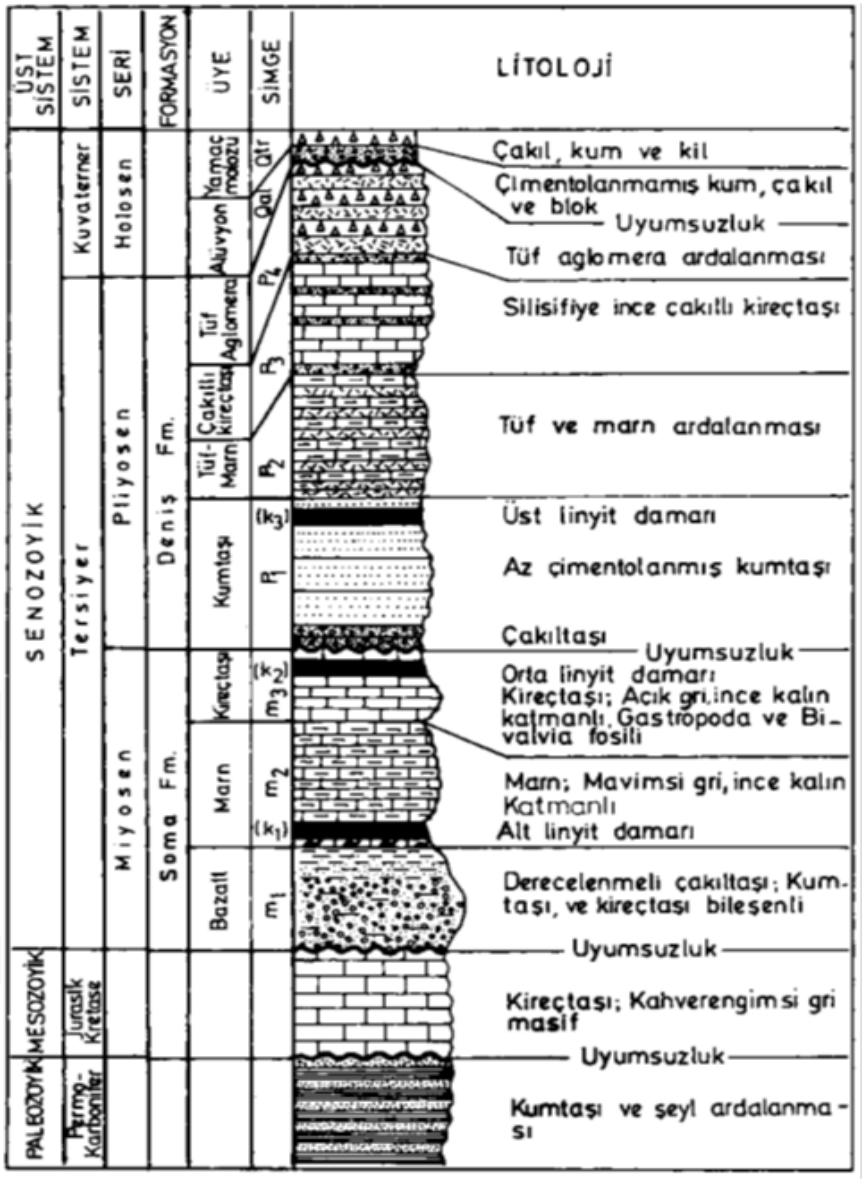
2.4.1. Stratigrafi

Soma Havzası'ndaki kömürlü Neojen Formasyonlarının temelini, Paleozoyik zamana ait kumtaşı ve Mesozoyik zamana ait kireçtaşı birimleri oluşturmaktadır. Temel kayaların üzerine gelen Neojen'e ait serilerin Miyosen yaşlı alt kısmı "Soma Formasyonu", Pliyosen yaşlı üst kısmı "Deniş Formasyonu" olarak adlandırılmaktadır.

Soma Formasyonu'nda, alttan üste doğru sırasıyla çakıltaşları ve üst seviyelere doğru gidildikçe önce kumlu, daha sonra killi seviyeler içeren "Bazalt Üyesi (M1)", havzada işletilebilir kömür rezervinin büyük bölümünü oluşturan "Alt Linyit Damarı (K1, K1M2)", "Marn Üyesi (M2)", "Kireçtaşı Üyesi (M3)" ve yer yer işletmeye uygun kalınlıkta olan "Orta Linyit Damarı (K2, K2M3)" ayırt edilir, Deniş Formasyonu'nda ise, yaşlıdan gence doğru, "Kum-Kil Üyesi (P1)" ekonomik değer taşımayan "Üst Linyit Damarı (K3, K3P1)", "Tüf- Marn (P2)", "Çakıllı Kireçtaşı (P3) ve "Tüf-Aglomera (P4)" üyeleri yer alır. Holosen yaşlı olabilecek genç alüvyonlar ve yamaç molozları bölgedeki tüm diğer oluşumları örtmektedir (Şekil 2.2) (Gemici vd., 1991).



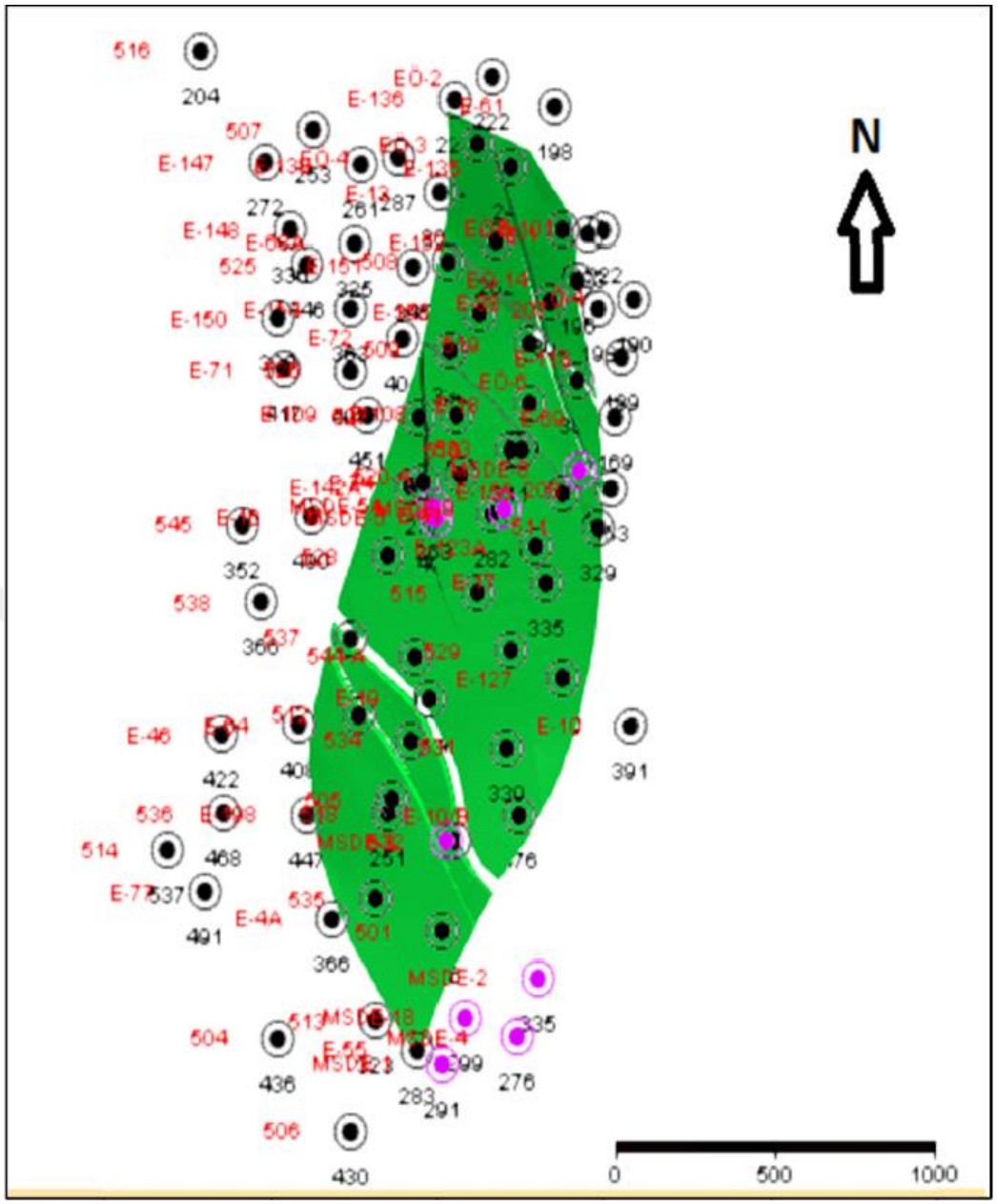
Şekil 2.1. Eynez sahasına ait yer bulduru haritası



Şekil 2.2. Soma çevresinin genel stratigrafik istifi (Gemici vd., 1991).

2.4.2. Tektonik

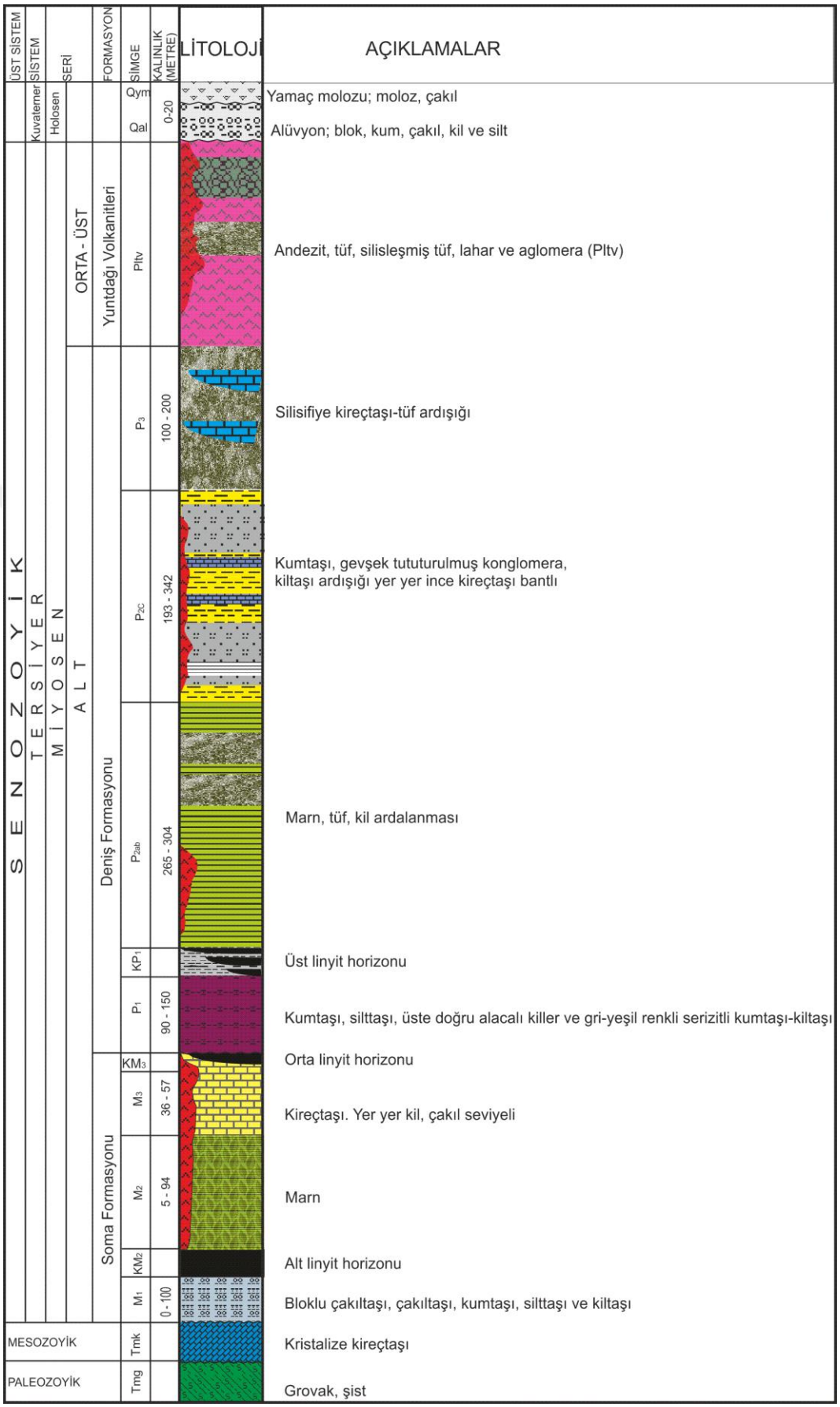
Havzada yapılan sondajlardan (Şekil 2.3) ve yüzey incelemelerinden edinilen bilgiler doğrultusunda; Miyosen öncesi, Alp Orojenezi'nin son safhalarında çok sayıda fay oluşmuştur. Miyosen öncesi oluşan bu faylanmalar Neojen dönemindeki sedimantasyon esnasında da aktivitesini sürdürmüştür. İrili ufaklı çok sayıda fayın yanı sıra, atımı 100 m'ye varan büyük faylar da bulunmaktadır. Sahada yoğun bir faylanma görülmekle birlikte kıvrımlanmalar fazla değildir. Tabaka eğimleri genel olarak Güney Batı yönünde olmasına rağmen bunun aksine eğimler de görünmektedir. Linyit damarı genel olarak 20^{o} dolayında bir eğime sahiptir. Bunun yanında yer yer 50^{o}'ye varan eğimler de tespit edilmiştir (Gemici vd.,1991).



Şekil 2.3. Sahada yapılan eski ve yeni sondajlar. (Demirexport 2013b).

2.4.3. Jeoloji

Bölgedeki temel birimler Paleozoyik grovak ve Mesozoik kalkerlerdir. Soma bölgesinde bulunan Neojen çökelleri ise Miyosen ve Pliyosen birimleri ile temsil edilmektedir. Bölgedeki Miyosen yaşlı Soma formasyonunda altan üste sıralanma; taban serisi (M1), alt linyit serisi (KM2), marn serisi (M2), kireçtaşı serisi (M3), orta linyit serisi (KM3) şeklindedir. Pliyosen yaşlı seride ise kum-kil serisi, üst linyit serisi (KP1), kil-tüf-marn serisi (P2ab), kil-kumtaşı serisi (p2c) yer almaktadır. Soma-Eynez sahasına ait genel stratigrafik kesit örneği Şekil 2.4'de görüldüğü gibidir. Kömür sahasında sondajlarla ve diğer araştırmalarla gözlenen kaya birimlerinin genel özellikleri aşağıda Gemici vd. (1991) nin belirttiği bilgiler doğrultusunda özetlenmiştir.



Şekil 2.4. Eynez sahasına ait genel stratigrafik kesit (Demir Export, 2013b).

2.4.3.1. Miyosen serisi

a) Taban Serisi (M1)

Neojen öncesi kayaçların üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. En altta bloklu çakıltaşları yer alır. Yukarıya doğru tane boyutu küçülmekte olup, çakıllar, kumlar ve killer ile ardalanmalı olarak çökelmiştir. Üstlere doğru linyit boyamalı, linyit laminalı, linyit izli killere geçiş gösterirler. Serinin kalınlığı 0-50 m arasındadır.

b) Alt Linyit Serisi (KM2)

Serinin orta ve üst kısmında linyit damarları hakimdir. Bu damarlar genellikle sağlam, sert, masif, siyah ve parlak bir görünüme sahiptir. Serinin alt seviyesinde linyit kalitesi düşmekte olup, killi ve çok killi linyitler bulunmaktadır. Bu seviyeler arasında birkaç cm'den birkaç metre kalınlığa sahip steril kil, linyit izli kil ve marn bantları mevcuttur.

c) Marn Serisi (M2)

KM2 üzerinde yer alırlar. Litolojik olarak homojen bir yapıya sahip olup sert ve masif bir yapıya sahiptirler. Taze yüzeyi gri-gri yeşil bozuştuğu zaman kül rengindedir. Tipik konkoidal kırılma yüzeyi sunmakta olup yer yer yaprak ve bitki fosilleri içermektedir. Kalınlığı 90-160 m arasında değişmektedir.

d) Kireçtaşı Serisi (M3)

Kirli beyaz, bej renkli olup orta-kalın tabakalanmadır. Gri-bej renkli killi kireçtaşı, gri yeşil renkli çakıllı seviyeleri içermektedir. Çatlakları kalsit dolgulu olup gastropod fosilleri içermektedir. Karstik boşluklar içermektedir.

e) Orta Linyit Serisi (KM3)

M3 kireçtaşının üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Ruhsat sahasında ortalama kalınlığı 6 metre olup düşük kalitede bir linyit seviyesidir. Birkaç cm'den birkaç metre kalınlığa ulaşan ara kesmeler içermekte olup, yanal devamlılığı sınırlıdır.

2.4.3.2. Pliyosen serisi

Pliyosen birimleri 4 seriye ayrılmıştır. Bunlar yaşlıdan gence doğru kumtaşı-silttaşı-alacalı kil serisi (P1), Üst linyit serisi (KP1), Kil-tüf-marn serisi (P2ab), Kil kumtaşı çakıltaşı serisi (P2c).

a) Kumtaşı Silttaşı – Alacalı Kil Serisi (P1)

Miyosen üzerine diskordan olarak gelir. Birimin tabanı KM3 veya M3 olabilir. Alttan üste doğru gri-grimsi yeşil renkli kumtaşı-silttaşı ile başlayıp alacalı killer ve gri-

yeşil renkli serizitli kumtaşı-killere geçiş gösterirler. Alacalı killer kiremit kırmızısı-gri yeşil renkli olup tabakalanma göstermezler. Kalınlığı 100-140 m'dir.

b) Üst Linyit Serisi (KP1)

P1-P2 serisinin geçişinde yer alır. Serideki kömür damarları linyitli-linyit izli kil veya steril kil-silt ara kesmeleri içermektedir. Yanal devamlılığı sınırlı olup bol fosillidir.

Bazı sondajlarda ince ve iz şeklinde kesilmiştir. Zonun kalınlığı 1,5-7 m arasında zon içerisindeki linyit kalınlığı 1-4 m arasında değişmektedir.

c) Kil-tüf-Marn serisi (P2ab)

P1 serisi üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Taze yüzeyi gri-yeşil renkli olup, bozuşma rengi sarı-bejdir. Tabanda marn ile başlar kil-tüf-marn olarak ardalanır. İyi tabakalı yer yer yaprak fosilli olup, soğan kabuğu şeklinde bozuşma gösterirler kalınlıkları 30 – 240 m arasında değişmektedir.

d) Kil-kumtaşı-çakıltaşı serisi (P2c)

P2ab üzerine uyumlu olarak gelirler kil-kumtaşı çakıltaşı ardalanmalı olup, gevşek tutturulmuşlardır. Gri-yeşil-gri bej renklidirler.

2.5. Kömür Damarının Özellikleri

Bölgedeki üç linyit zonundan en alttaki (K1, K1M2)'de kömür üretimi yapılmaktadır. Kalınlığı 15 -35 m arasında değişen kömür damarının eğimi 8º- 25º arasındadır. Damarı çevreleyen tavan ve taban tabakaları marn ve kil serilerinden oluşmaktadır. Üretimi yapılacak kömür damarının özelliklerini belirlemek amacıyla Demir Export A.Ş. tarafından sondajlar yaptırılmış, 7 farklı sondajdan toplam 82 adet numune alınmıştır. İşletmenin sondaj kodlamasına göre; MSDE- 2, 3, 8, 9 ve 18 sondajlarında 77 kömür numunesinin alındığı derinlikler 240 m ile 434 m arasında değişmekte olup ortalama derinlik 393 m'dir.

2.6. Kaya Kütle Sınıfları ve Kaya Yenilme Mekanizmaları

Hazırlık çalışmaları tamamlanan Demir-Export A.Ş., Soma-Eynez yeraltı kömür ocağında içinde galeri açılan ve kazı yapılan kaya birimleri M3 ve M2 birimleridir. Bu kaya birimleri genellikle zayıf-orta kaliteli kaya kütleleri olarak sınıflandırılmıştır (Demir Export, 2013b).

Çizelge 2.1. Birimlere ait kaya sınıflama sistemleri ve değerleri (Demir Export, 2013b).

Birimler	RMR	Q
M3	65	15,0
M2 (Tavan taşı)	55	3,0
KM2 (Linyit)	38	0,6
M1 (Taban taşı)	43	1,0
TM	70	15,0

Kaya birimlerinin mukavemetini, dayanımlarını, aşan yükleme şartlarını içeren ocak lokasyonlarında (basınç zonlarında), duvarlarda kavlaklanma, tavanda gevşeme, dökülme, çatlak içeren zonlarda kama tipi kaymalar gözlenmektedir. Bu nedenle destek sistemleri, duvarlarda kayacın bütünlüğünü sağlayarak daha büyük deformasyonları önleyecek ve tavandaki gevşemelere izin vermeyecek şekilde seçilmiştir (Demir Export, 2013b). Bir başka çalışmada da ilgili RMR ve Q değerleri Çizelge 2.2'de verildiği gibi elde edilmiştir. Burada iki farklı kayaç sınıflandırma sisteminden elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Bu iki farklı ölçekten (RMR ve Q) farklı kayaç tanımlamaları çıksa da, yakın değerler elde edildiği için bu iki değerlendirme de burada gösterilmiştir.

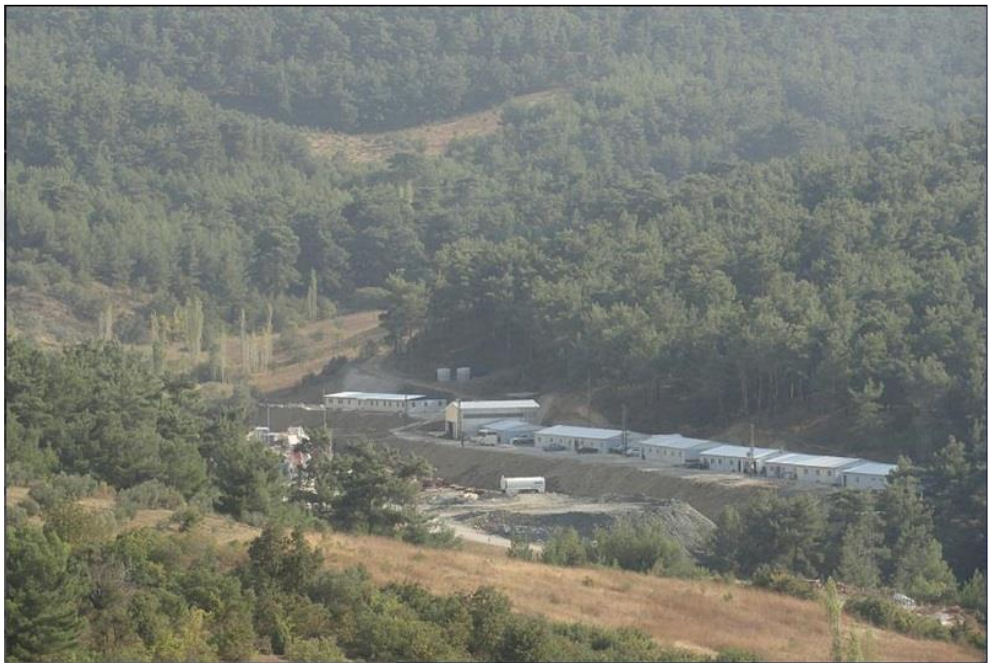
Çizelge 2.2. Birimlere ait kaya sınıflama sistemleri ve değerleri (Demir Export, 2013b).

Birimler	GSI	RMR	RMR tanımlama	Q	Q tanımlama
M2 (Tavan taşı)	50	49	Orta kaya	1,94	Zayıf kaya
KM2 (Linyit)	35	38	Orta kaya	0,75	Çok zayıf kaya
M1 (Taban taşı)	35	43	Orta kaya	0,99	Çok zayıf kaya
Ezik zon	20	20	Çok zayıf kaya	0,05	Aşırı zayıf kaya

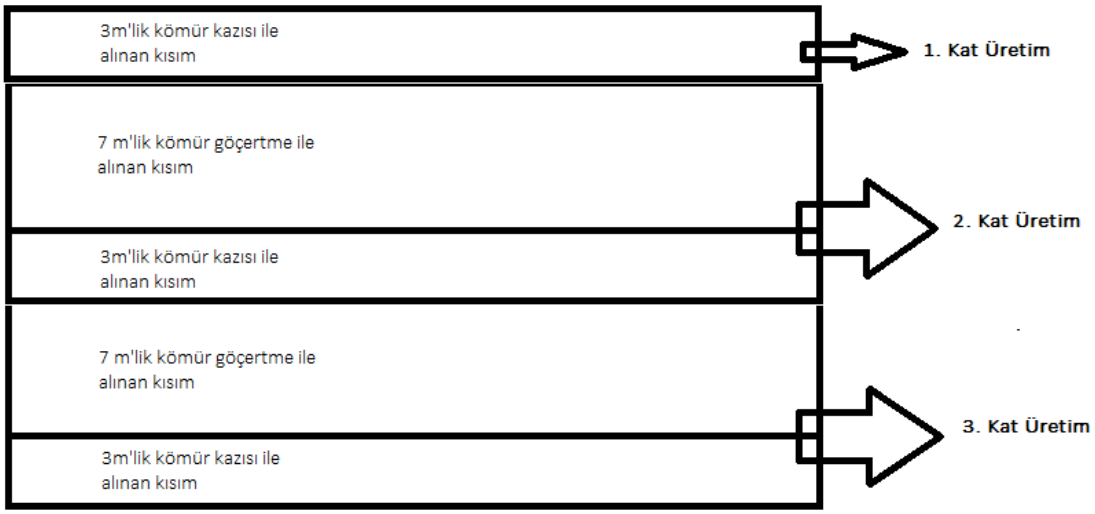
2.7. Madencilik Çalışmaları

Hazırlanan üretim projesine göre Soma-Eynez yeraltı kömür ocağının yeryüzü ile bağlantısı iki adet desandre ile sağlanmaktadır. Desandre ağızları arasındaki uzaklık yaklaşık 20 m'dir. Ocak yerüstü tesisleri de (yazıhaneler, yemekhane, tamir- bakım atölyesi, sağlık birimi vb.) desandre - yeryüzü bağlantılarının civarında konuşlandırılmıştır (Şekil 2.5a). Temiz havanın ocağa girdiği, +498 kotundan açılan desandre 20 m^2 kesitinde olup, 14^o eğimlidir. Hava dönüş (nefeslik) desandresi, +500 kotundan açılmakta olup 16 m^2 kesitinde ve 13,50^o eğimlidir. Kömür ocağında üretim, esas olarak tam mekanize geridönümlü – göçertmeli uzun ayak yöntemi ile yapılmaktadır. Damar

kalınlığının fazla olması (30 m ortalama) nedeniyle damarın üç dilim halinde üretilmesi projelendirilmiştir (Şekil 2.5b). En üstte bulunan 3 m kalınlığındaki dilim, damarın tavan taşını izleyerek ilerletilmekte ve ayak arkası göçertilmektedir. Bu çalışmanın 10 m ve 20 m altında oluşturulacak 2. ve 3. dilimlerde (katlarda) de, damar kalınlığın 3 m'lik kısmı ayak arınından kazılmakta, ayak üzerinde kalan kömür dilimi ayak arkasından (göçük tarafından) alınmaktadır. Bu dilimdeki uzunayak çalışmalarında, ayağın göçük tarafından göçen kömürü almak için YTÜ'lerin arkasına ek bir zincirli konveyör ünitesi monte edilmiştir.



Şekil 2.5a. Ocak yerüstü tesisleri genel görünümü.

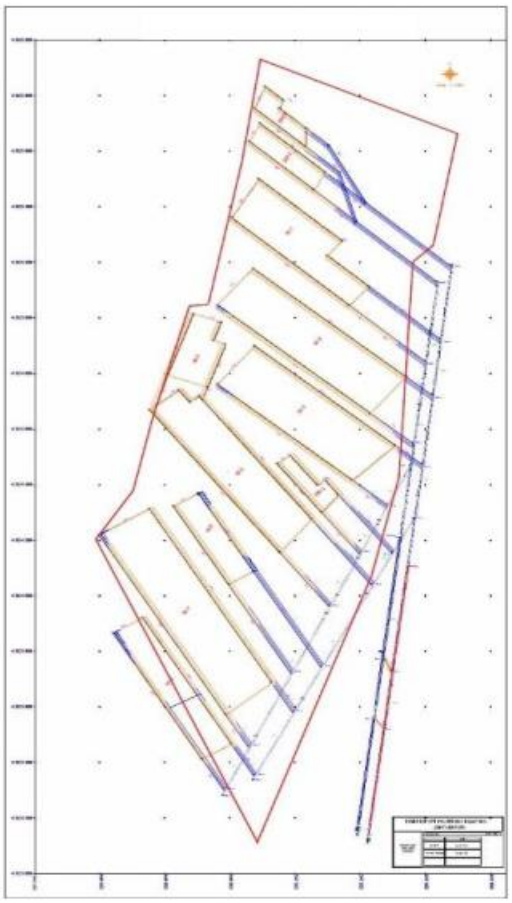


Şekil 2.5b. Üretim faaliyetinin temsili gösterimi.

2.8. Üretim Faaliyetleri

Eynez yeraltı kömür madeninde, genel olarak tam mekanize geri dönümlü, ara katlı ve göçertmeli uzunayak üretim metodu ile kömür üretimi planlanmıştır. Ayak ve pano uzunlukları fayların durumuna göre belirlenmiştir. Panolar tam mekanize çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda ayak boyu 150-180 metre ve pano boyu 650-900 metre olacak şekilde planlar yapılmıştır (Şekil 2.6). Ayak ve pano tasarımında jeolojik parametreler, atımlar ve faylar hazırlık aşamasında yeniden gözden geçirilecek olup, olası değişikliklerde, planlarda değişiklikler yapılacaktır.

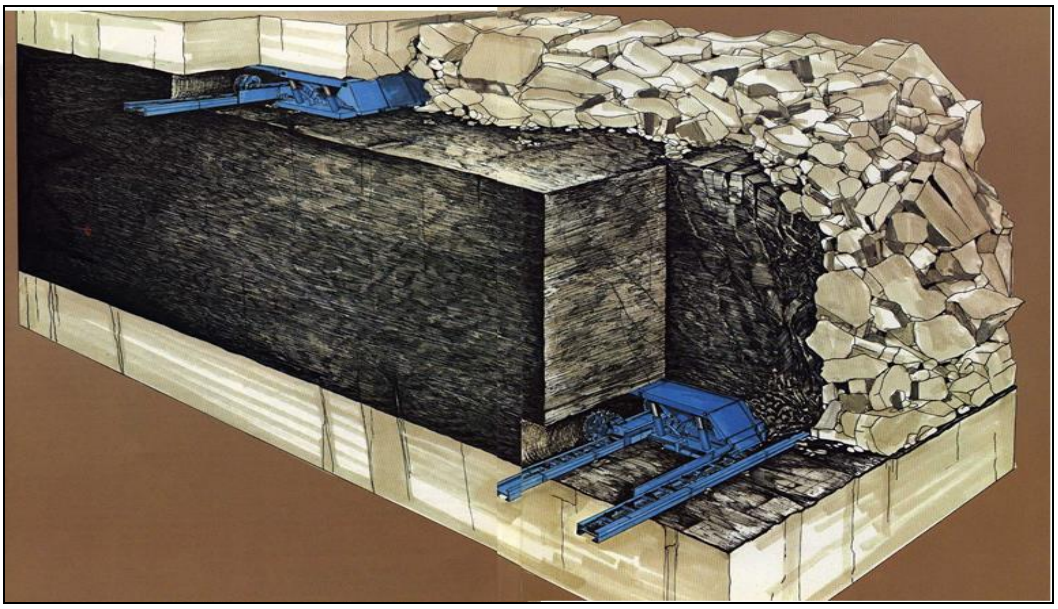
Bu ocakta kömür, kalınlığına bağlı olarak iki veya üç dilim olarak üretilecektir. Tavan taşının altındaki 3 m kalınlığındaki ilk dilim alındıktan sonra, birinci dilimin tabanından yaklaşık 10 m aşağıdan taban yolları sürülerek oluşturulacak ikinci panonun 3 m'lik kısmı arından, üste kalan 6-7 m'lik kısmı ise göçertilmek suretiyle üretilecektir. Üçüncü dilim ise aynı ikinci dilim üretiminde yapıldığı şekilde üretilecektir. Tavandan göçertme yöntemiyle alınacak kömür miktarı ve kalınlığı, kömürün ve tavan taşının göçebilirliğine bağlı olarak belirlenecektir. Ara kesmeli tavan göçertmeli mekanize üretim Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Demir Export A.Ş. Doğu-Eynez yeraltı kömür ocağı üretim planı (ölçeksiz), (Demir Export, 2013a).

Yeraltında emniyetli bir çalışma ortamı sağlamak ve oluşması muhtemel riskleri kontrol edebilmek için mekanize ayak ekipmanları ile üretim yapılmaktadır. Mekanize ayak ekipmanları; tam mekanize yürüyen tahkimat, zincirli ayna konveyörü, otomatik olarak çalıştırılan kesici yükleyici makine, kırıcılı zincirli konveyör ve bantlı konveyörden oluşmaktadır.

Eynez kömür sahasında uygulanacak tam mekanize üretim metodunda, uzun ayak boyunca aynada kesici tamburlarla kömür kazısı yapılmaktadır. Kazısı yapılan kömür, zincirli konveyörler vasıtasıyla taban yoluna taşınmakta ve taban yolundaki çift zincirli konveyörler vasıtasıyla yerüstüne taşınmak üzere ana galerideki bant konveyörlere ulaştırılmaktadır.



Şekil 2.7. Ara kesmeli tavan göçertmeli tam mekanize üretim metodu (Yetkin v.d., 2016; Şimşir, 2015).

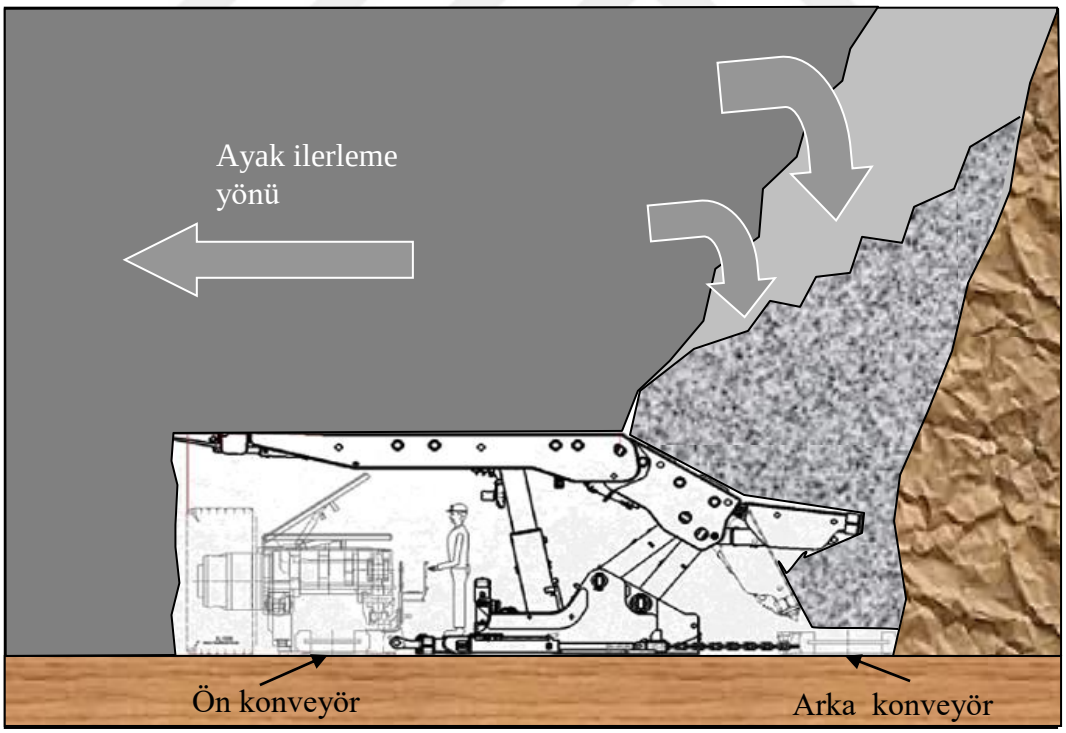
Ayak kazısı tamamlandıktan sonra zincirli konveyör ve YTÜ'ler sırayla üretim yönünde ilerletilmektedir. Sözleşme gereğince, ilk 3 yılı hazırlık olan 18 yıllık süreçte ilk yıl 1.500.000 ton, daha sonraki üretim yıllarında 2.500.000 ton/yıl linyit üretimi planlanmıştır. Şu an 3 yıllık hazırlık sürecini tamamlayan bu yeraltı kömür ocağında, Mart 2015 itibariyle tam kapasitede kömür üretimine başlanmıştır.

Eynez sahasında üretim metodu; damar kalınlığı, damarın eğimi, damarın doğrultusu, kömürün göçebilirliği, arıza ve faylar, ayak üretimi, tahkimat türü, yıllık üretim kapasitesi ve kömürün kendiliğinden yanma parametreleri göz önüne alınarak, tam mekanize geri dönümlü, ara katlı ve göçertmeli uzunayak metodu ile kömür üretimi yapılmaktadır.

2.9. Tam Mekanize Uzun Ayak Üretim Yöntemi

Çalışma yapılan yeraltı kömür ocağında düşünülen üretim yöntemi arkadan göçertmeli ve dilimli tam mekanize uzunayak yöntemidir. Pano boyutları ve yerleri sahada yer alan ana fay düzlemleri sınırlamaları göz önüne alınarak belirlenmiştir. Birden fazla dilimli olarak uygulanacak olan bu teknik Türkiye'de ve dünya da sayılı örneklerden biridir.

Yeraltında emniyetli bir çalışma ortamı sağlamak ve oluşması muhtemel riskleri minimize etmek amacıyla seçilen tam mekanize üretim metodunda, yürüyen tahkimat, zincirli ayna konveyörü, zincirli arka konveyörü, tamburlu kesici yükleyici makine, kırıcılı zincirli aktarma konveyör ve bantlı konveyörler bulunmaktadır. Kömür kazısı, uzunayak boyunca aynada tamburlu kesici yükleyici ile yapılmakta, (Şekil 2.8.) kazısı yapılan kömür, zincirli ve bantlı konveyörler vasıtasıyla taban yolundan yerüstündeki bant konveyörlere ulaştırılmaktadır. Ayak kazısı ile birlikte zincirli konveyör ve YTÜ'ler sırayla üretim yönünde ilerletilmektedir.



Şekil 2.8. Eynez Ocağındaki üretime ait örnek kesit görüntü, (YTÜ: Carterpillar model: 2000/3200-2X-3200-1750).

Ocağın tam olarak faaliyete geçtiği dönem için üretim miktarı 10.000 ton/gün olarak planlanmıştır. Söz konusu üretim kompozisyonu; mekanize panolar 4.500 ton/gün (x2 pano), klasik panolar 1.000 ton/gün şeklindedir. Mekanize panolarda ayak uzunlukları 160 m civarında olup, günlük ilerleme en üstteki 1.katta 7,2 m/gün, 2. ve 3. katlarda 4 m/gün olacaktır. Klasik (manuel) ayaklarda ise günlük ilerleme; 1. kat için 3,2 m/gün, 2. ve 3. katlar için 1,6 m/gün olarak öngörülmüştür. Hazırlıklardaki ilerleme hızları yankayaç içinde (taşta) açılan galerilerde 6 m/gün, kömürde açılan galerilerde 9 m/gün olarak öngörülmüştür. Ocakta düşünülen üretim yöntemi arkadan göçertmeli ve dilimli tam mekanize uzunayak yöntemidir. Pano boyutları ve yerleri sahada yer alan ana fay düzlemleri sınırlamaları göz önüne alınarak belirlenmiştir. Birden fazla dilimli olarak uygulanacak olan bu teknik Türkiye'de ve dünyada sayılı örneklerden biridir.

3. MEKANİZE AYAKTA KULLANILAN EKİPMANLAR

3.1. Yürüyen Tahkimat Üniteleri

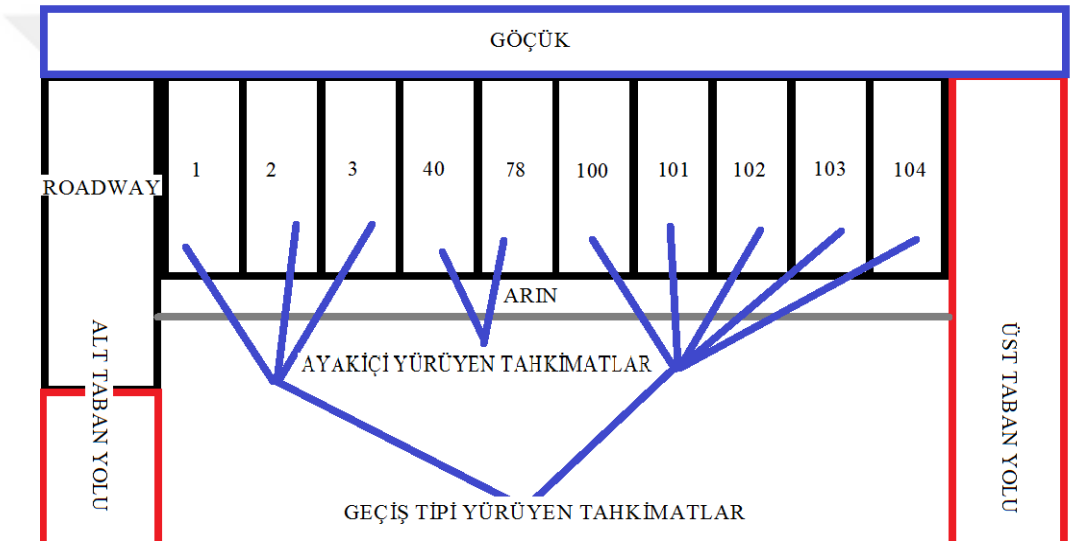
Bu çalışmanın yapıldığı Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kömür üretiminde kullanılan 3 tip yürüyen tahkimat ünitesi çeşidi vardır. Bunların ayak içinde yerleştirildikleri yerlere göre taşıma yükleri, yapıları ve isimleri değişmektedir. Bu tahkimatlar Şekil 3.1'de gösterildiği gibi;

1-Ayak başı yürüyen tahkimat ünitesi,

2-Geçiş tipi yürüyen tahkimat ünitesi,

3-Ayakiçi yürüyen tahkimat ünitesi,

isimlerini alırlar.

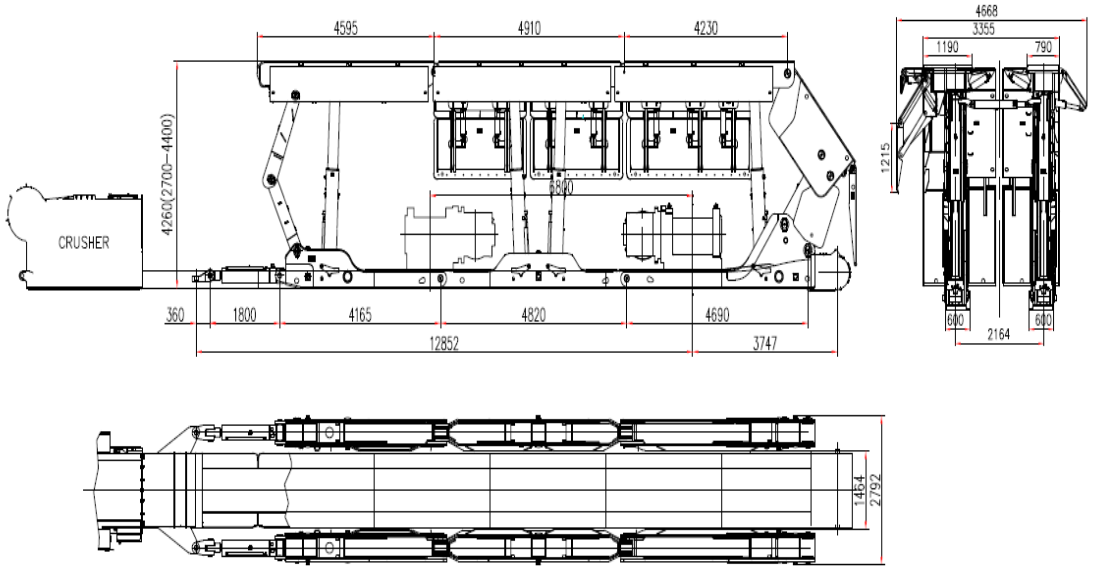


Şekil 3.1. Uzunayak içindeki yürüyen tahkimat ünitelerinin (YTÜ'lerin) plan görünüşü.

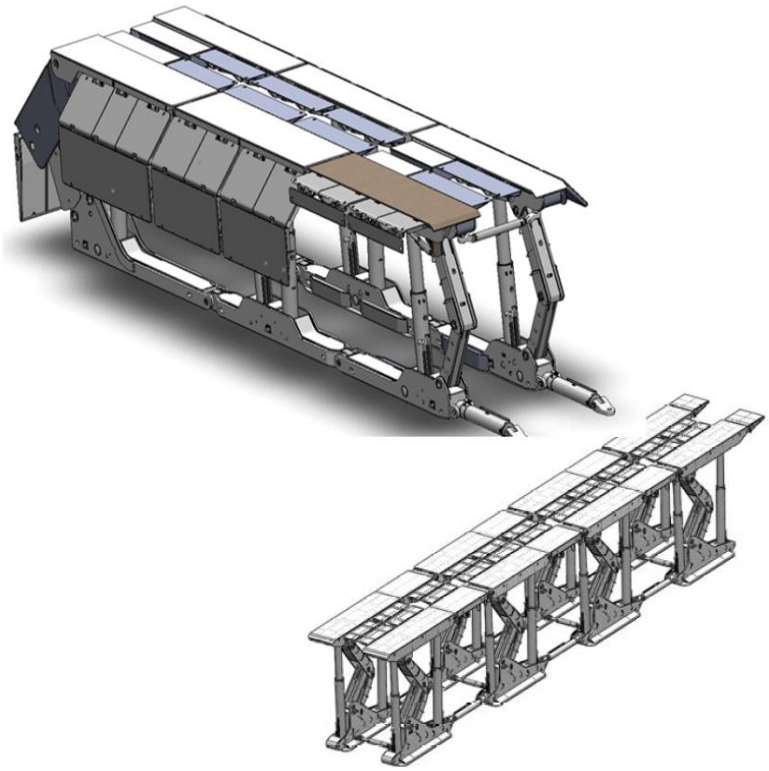
3.1.1. Ayak Başı Yürüyen Tahkimat Ünitesi

Bu tahkimat ünitesi ana köprü geçiş yolu tahkimatıdır. Ayak başında daha fazla arazi gerilmelerine maruz kalan yerlerde, alt taban yolunu tutarak ayağa bağlanan yürüyen tahkimat ünitelerine geçiş yapar. Bu görevleri dışında, ilerleme yönünde, ön tarafta bulunan kırıcı ve aktarma konveyörünün ilerletilmesini de sağlarlar. Ayak başı yürüyen tahkimat üniteleri diğer yürüyen tahkimatlara göre daha mukavemetli olarak yapılırlar. Ayak-tabanyolu bağlantısında bulundukları için, bu lokasyonu etkileyen ayaküstü yüklemelerine ve taban yolunun neden olduğu yüklemelere karşı durmak zorundadır. İşletme açısından ayak bağlantısının sağlandığı önemli iki bağlantı lokasyonun en önemli olanı olduğu için; kesit durumundan, hava geçiş direncinden, stabilitesinden emin olunmak istenen bir yerdir. Bu nedenle; bu bağlantı noktasındaki

galeri, ayak bağlantı açıklıklarını desteklemek için özel olarak tasarlanmışlardır. Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kullanılan ayakbaşı yürüyen tahkimatın kesitleri Şekil 3.2'de verilmiştir. Bu tahkimatın (Caterpillar, model: ZFT/19600/27/44D) genel kapasite özellikleri de Çizelge 3.1'de aktarılmaktadır.



Şekil 3.2. Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kullanılan ayak başı yürüyen tahkimat ünitesi (Caterpillar, model: ZFT/19600/27/44D) kesitleri ve boyutlandırması (Caterpillar, 2014).



Şekil 3.3. Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kullanılan ana köprü geçiş yolu yürüyen tahkimat ünitesi, (Caterpillar model no: 2200/4000-4X-2750-1750), (Caterpillar, 2014).

Çizelge 3.1. Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kullanılan ayak başı yürüyen tahkimat ünitesi teknik özellikleri, (Caterpillar, 2014).

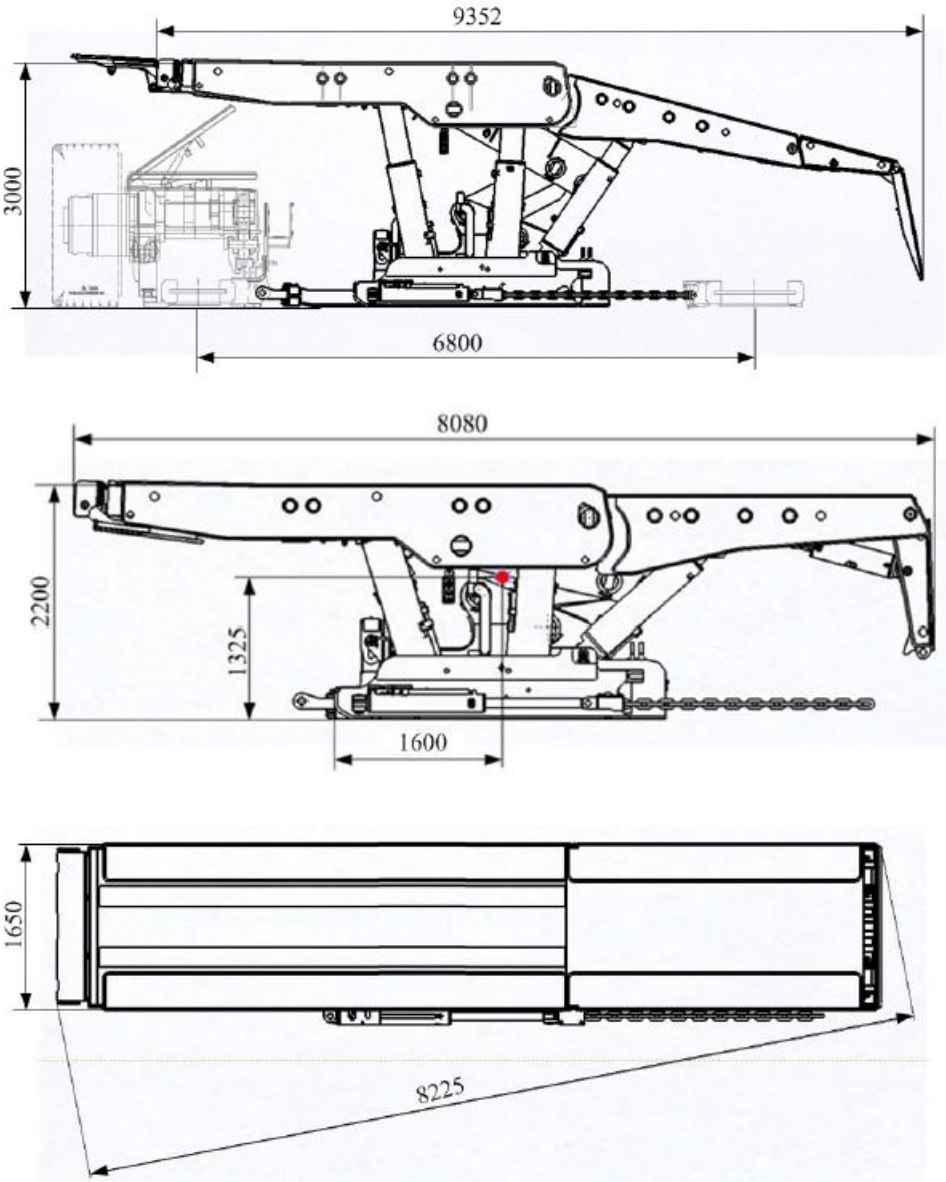
Özellikler	Birim	Değer
Tip	ZFT/19600/27/44D	
Başlatma kuvveti, (P=320 bar)	kN	15760
Sünme kuvveti, (P=400 bar)	kN	19600
Yükseklik	mm	2700 - 4400
Yükselme mesafesi	mm	800
Merkez mesafesi	mm	2164
Genişlik	mm	3355
Ağırlık	kg	111000
Destekleme yoğunluk	Bar	8,7
Zemin yoğunluk	Bar	12,6
Uygun açı	Derece	15

3.1.2. Geçiş Tipi Yürüyen Tahkimat Ünitesi

Bu tahkimatlar ayağın baş tarafında ve ayağın son tarafında kullanılan hidrolik yürüyen tahkimat üniteleridir (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4). Ayak başı tarafında üç adet ve ayak sonunda (ayak kuyruk tarafında) beş adet olacak şekilde konulmaktadır. Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kullanılan Caterpillar firmasına ait (model: 2200/4000-4X-2750-1750) geçiş tipi yürüyen tahkimat ünitesinin genel teknik özellikler Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kullanılan Caterpillar firmasına ait (model: 2200/4000-4X-2750-1750) geçiş tipi yürüyen tahkimat ünitesinin özellikleri (Caterpillar, 2014).

Özellikler	Birim	Değer
Tahkimat tipi	2200/4000-4X-2750-1750	Geçiş tipi
Silindir sayısı	adet	4
Yüksekliği	mm	2200-4000
Genişliği	mm	1650-1850
Uzunluğu	mm	8080
Ağırlığı	kg	41000
Ayar basıncı, (P=320 bar)	kN	9044
Sünme kuvveti, (P=425 bar)	kN	11000
İzin verilen değerde devrilmeyi önleme	derece	15
Çalışma yüksekliği	mm	2500-3800
Temel genişliği	mm	1600
Destekleme kuvveti (3000 mm)	bar	11,5
Zemin basıncı	bar	36



Şekil 3.4. Geçiş tipi yürüyen tahkimat ünitesinin (Caterpillar model: 2200/4000-4X-2750-1750) teknik kesitleri ve boyutlandırılması, (teknik resim çizimi), (Caterpillar, 2014).

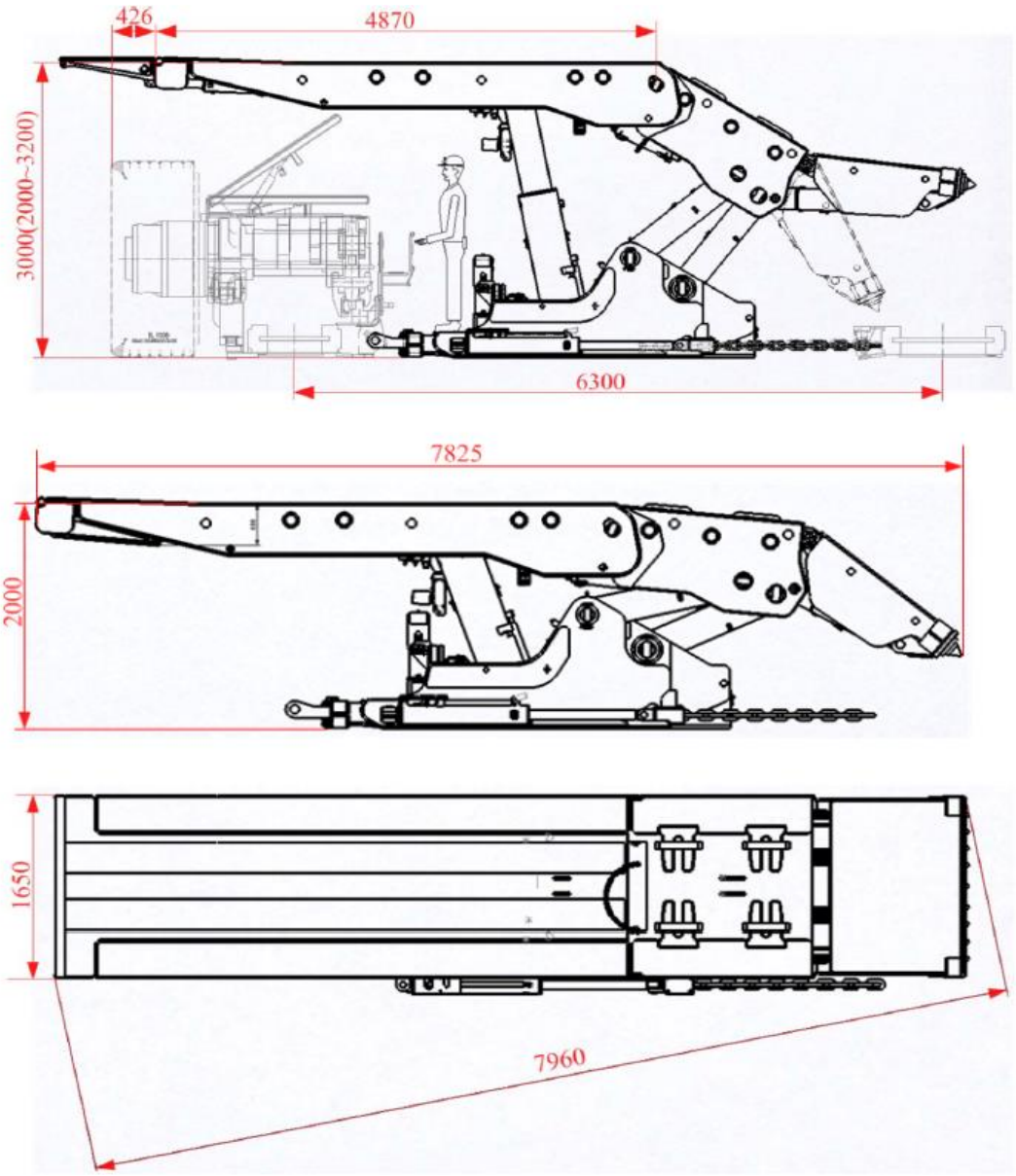
3.1.3. Ayak İçi Yürüyen Tahkimat Ünitesi

Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kullanılan Caterpillar firmasına ait ayak içi yürüyen tahkimat üniteleri, ayak içinin komple tahkimatının sağlanmasında kullanılmaktadır. Caterpillar fimasının ürettiği 2000/3200-2X-3200-1750 model numaralı bu tahkimat üniteleri, uzunayak göçük tarafından kömür alınmasını da sağlamaktadır. Göçük tarafında ayak arkası tavan kısmını destekleyici sarma (kanopi) sahip bu yürüyen tahkimat ünitelerinin kesiti Şekil 3.5'de genel özellikleri de Çizelge 3.3 de verilmiştir. Bu tahkimatlardaki, göçük sarmalarının (kanopilerinin) aşağı yukarı hareket etme özelliği kullanılarak ayak arkasına (göçük tarafına) kurulan zincirli konveyor üzerine kömür düşürülerek kömür alımı da sağlanmaktadır. Eynez

(Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında, 2017 yılında kömür üretimi yapılan uzunayakta bu tahkimat ünitelerinden 96 adet kullanılmıştır.

Çizelge 3.3. Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kullanılan Caterpillar marka ayak içi yürüyen tahkimat ünitesinin genel özellikleri (Caterpillar, 2014).

Özellikler	Birim	Değer
Tahkimat tipi (model)	2000/3200-2X-3200-1750	Ayak içi
Silindir sayısı	adet	2
Yüksekliği	mm	2000-3200
Genişliği	mm	1650-1850
Uzunluğu	mm	7825
Ağırlığı	kg	25000
Ayar basıncı, (P=320 bar)	kN	5144
Sünme kuvveti, (P=425 bar)	kN	6800
İzin verilen değerde devrilmeyi önleme	derece	15
Çalışma yüksekliği	mm	2200-3000
Temel genişliği	mm	1500
Destekleme kuvveti, (3000mm)	bar	8
Zemin basıncı	bar	22



Şekil 3.5. Ayak içi yürüyen tahkimat ünitesi (Carterpillar model: 2000/3200-2X-3200-1750) teknik resim çizimi (Caterpillar, 2014).

3.1.4. Yürüyen Tahkimat Ünitelerinin Temel Parçaları

Yeraltı madenciliğinde genellikle uzunayak uygulamalarında kullanılan YTÜ'lerde bulunan temel fonksiyonel makine parçalarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

1-Temel, lemniskat bağlantıları, aktarma çubuğu ve kaldırma silindiri,

2-Kanopi(Tavan sarması),

3-Göçük kalkanı,

4-Arka kanopi (Göçük sarması),

5-Yan salmastralar,

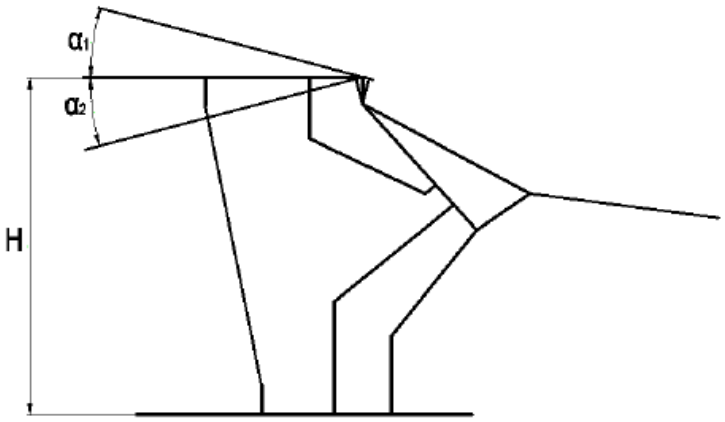
6-Ayaklar ve silindir,

7-Hortum hatları ve kontrollü hidrolik ekipmanı.

Bu tip tahkimat kullanmayı planlayan maden işletmeleri için en önemli karar parametresi, makine yoğun bir uygulama ortamı olduğu için, makine mühendisi, makine tamir bakım işçileri ve teknisyenlerinin bulundurulma durumunun da gözden kaçırılmaması gerekliliğidir. Bu ünitelerin ülkemizde üretilmesi veya yurt dışından ithal edilmesine bağlı olarak tamir bakım ihtiyaçlarının ve yedek parça sağlama kolaylıklarının dikkatli olarak değerlendirilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Bu ünitelerin kullanıldığı maden ocaklarında çalışan ve karar verici pozisyonları bulunan maden mühendislerinin de makine, hidrolik ve elektronik kontrol sistemleri konusunda bilgilerini artırıcı ek kurslara ve seminerlere katılması yerinde bir uygulama olmaktadır.

3.2. Yürüyen Tahkimat Ünitesinin Çalışma Karakteristiği

YTÜ'nün pistonlarına hidrolik basılarak (sarma) kanopi üst tablası farklı yüksekliklere kaldırıldığında, (sarmanın) kanopinin farklı kaldırma ve indirme açısına sahip olduğu, bu durumun tahkimat ünitesinin dengesine etkisi unutulmadan tasarımı yapılmaktadır. Aynı şekilde; yürüyen tahkimat ünitesinin tavanı destekleyen üst tablasının farklı yüksekliklerinde, maksimum kaldırma açısı ve indirme açısına sahip olması durumunda da *"dengeleme işlemi"* düşünülmesi gereken bir parametre olmuştur. Bu dengeleme için gerekli tahkimat pozisyonun, tahkimat üst tablasının yüksekliğiyle alakası aşağıda, Şekil 3.6 ve Çizelge 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.6. Yürüyen tahkimat ünitesinin tavan desteği ve yüksekliği arasındaki ilişki verimli çalışma kapasitesi (Caterpillar, 2014).

Çizelge 3.4. Yürüyen tahkimat ünitesine ait "eğim açısı" ve "yükseklik" arasındaki ilişki, (Caterpillar, 2014).

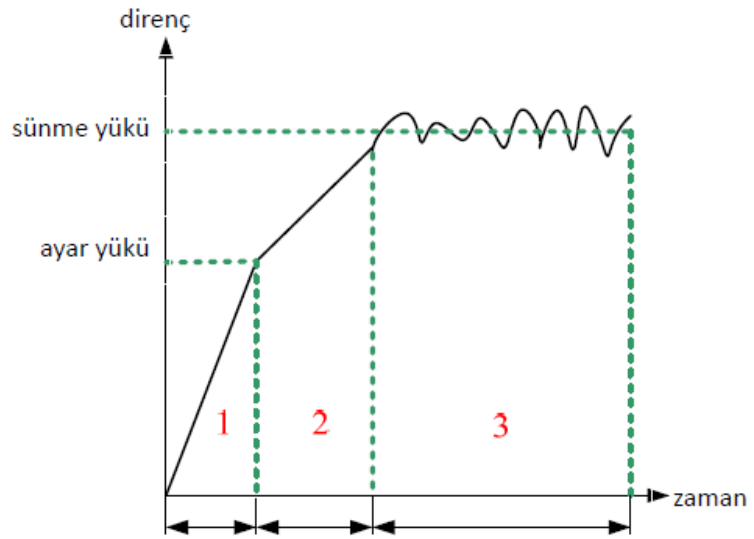
Durum	Yükseklik (mm)	α1 (derece)	α2 (derece)
1	2000	0	15
2	2200	3	15
3	2400	7	15
4	2600	10	15
5	2800	13	14
6	3000	15	10
7	3200	15	6

Yeraltı madenciliğinde uzunayaklarda kullanılan YTÜ'lerin çalışma karakteristiği zamana bağlı değişim göstermektedir. Bu değişimin grafiksel gösterimi Şekil 3.7'de verilmiştir. Uzunayak içine özel bir çalışma sürecinde monte edilerek kurulan hidrolik tahkimat ünitelerine ait hidrolik sistem, bu tahkimatların ayakta kazı yapılırken, kazı işlemiyle uyumlu aktif bir destekleme işlemi göstermesi için ayarlanmaktadır. Bireysel olarak her biri farklı davranabilen hidrolik sarmalar (kanopiler), ayak içinde birlikte kullanıldığında bir bütün olarak ortak ayak tavanını destekleme görevini üstlenmiş olurlar.

YTÜ'lerde "Ayar" aşamasında tahkimatlar ayak boşluğunda ayak tavan yükünü almak için ayarlanır. Bu aşamada yüksek basınçlı sıvı YTÜ'nün pistonlarına uygulanarak bunların uzamaları sağlanır. Bu piston ayaklar kanopiye temas edene kadar yükselir, Temas sağlandıktan sonra ayak pistonları daha fazla kolayca uzayamayacağı için içlerindeki piston boşluğu hidrolik basınçları yükselir. Daha önceden ayarlanan yükleme hidrolik basıncı, hidrolik pompa istasyonun çalışma basıncı ile ayarlanmıştır. Bu basınç YTÜ'nün pistonlarındaki basınca eşit oluncaya kadar pistonlar yüklenir, bu basınç sağlanınca sistem otomatik olarak hidrolik tahkimat pistonlarına hidrolik sıvı basma işlemini durdurmaktadır. Bu aşamada pistonların çek valfleri kapanır ve YTÜ'ler tavanda bulunan kayaç ve kömür tabakalarından gelen yükü almaya başlarlar.

YTÜ'lerin "Direnci arttırma" aşaması, YTÜ'lerin pistonları içindeki hidrolik sıvı basıncının ilk ayarlanmasından sonra başlamaktadır. Bu tahkimatlarda bulunan çalışma basınç valfinin ayarlandığı sınır koruma basınç değerine (hidrolik tahkimat pistonları içindeki hidrolik basıncın ulaşmasına izin verilen maksimum değer) ulaşıncaya kadar tahkimatlar tavandan gelen yüke karşı durmaya devam edecektir. Hidrolik basınç değeri ilk ayarlanan basınç değerinden, koruma sınır basınç değerine kadar yavaş yavaş veya hızla artacaktır, bu durum uzunayak içi tavan yükleme şartlarına bağlıdır.

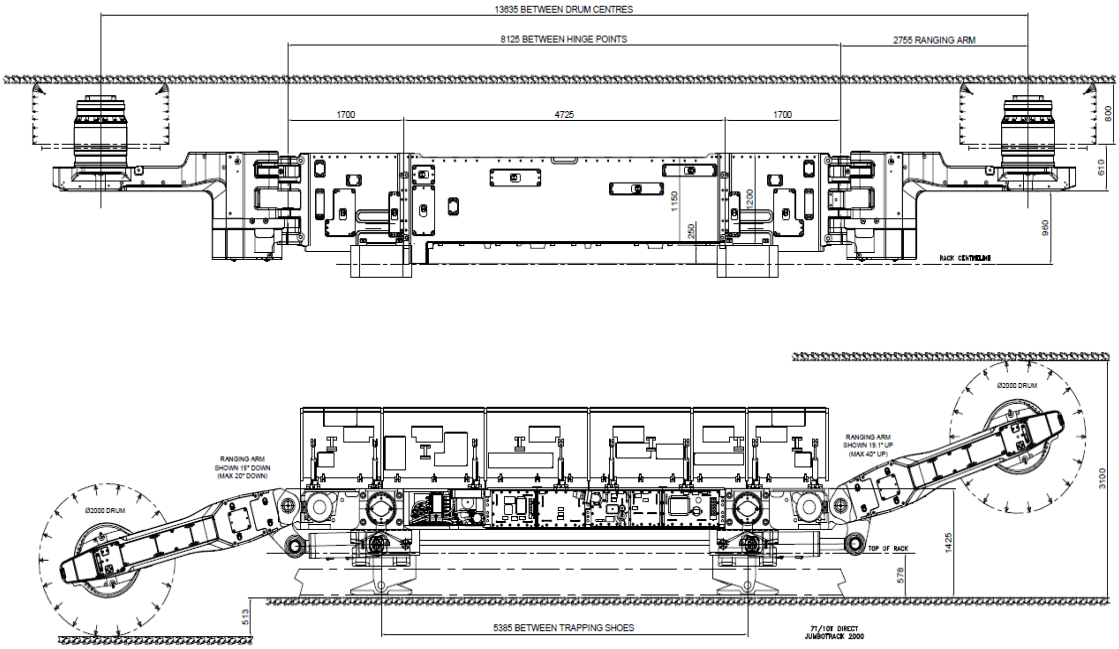
Hidrolik ayak içi tahkimatlarındaki "Sabit direnç" aşaması, ayak içindeki YTÜ'nün içindeki hidrolik sıvı basıncının koruma valfi tarafından açılıp kapanarak belirli bir seviyede tutulmaya çalışıldığı aşamadır. Ayak içindeki tavandan gelen kayaç yük basıncı artarken, basınç tahliye valfinin devamlı olarak açılması/kapanması sonucu yapılan bir ayarlamadır. Otomatik olarak gerçekleşen bu işlem sırasında yürüyen tahkimat ünitesi titreşir. Örnek bir YTÜ'nin hidrolik çalışma aşamaları ve ortaya çıkan yüklenme eğrisi Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Yürüyen tahkimat ünitesinin çalışma eğrisi. (Aşamalar; 1. Erken ayak yükseltme aşaması, 2. Direnci arttırma aşaması, 3. Sabit direnç aşaması (Caterpillar, 2014).

3.3. Tamburlu Kesici ve Yükleyici

Yeraltı kömür madenlerinde uygulanan uzunayak yönteminde kömür kesme amaçlı olarak kullanılan makine, bu işler için özel olarak tasarlanmış olmakla beraber, kömürün çıkarılması ve konveyöre yüklenmesi amacı için de kullanılmaktadır. Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kullanılan tamburlu kesici ve yükleyiciye ait teknik kesit Şekil 3.8'de, bu makineye ait teknik özellikler de Çizelge 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.8. Caterpillar EL-1000 model tamburlu kesici yükleyiciye ait teknik boyutlandırma (Caterpillar, 2014).

Çizelge 3.5. Caterpillar EL-1000 model tamburlu kesici yükleyiciye ait teknik veriler (Caterpillar, 2014).

Özellikler	Birim	Değer
Model	EL-1000	
Kesim yüksekliği	m	3,1
Makine uzunluğu	m	13,6
Toplam motor gücü	kW	1230
Kesici motor gücü X2	kW	500
Yürüyüş motor gücü X2	kW	100
Hidrolik pompa motor gücü	kW	30
Tambur çapı	m	2
Yürüyüş hızı	m/dk	28
Yürüyüş çekme yükü	ton	67
Maksimum çekmede yürüyüş hızı	m/dk	14
Makine ağırlığı	ton	56
Çalışma gerilimi	kV	3,3

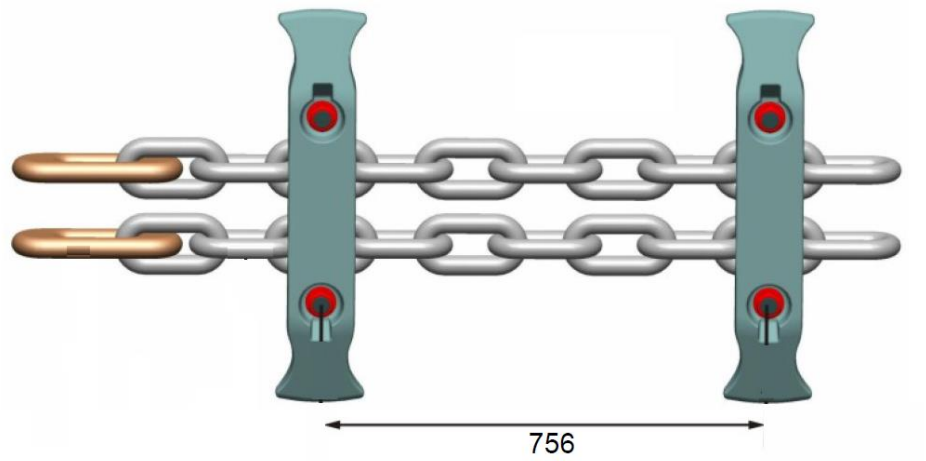
3.4. Ön Zincirli Konveyör

Uzunayaklarda zor çalışma şartları için hemen ayak aynası önüne kurulan zincirli konveyörler daha sonraları tamburlu kesicilerin üzerinde ilerlediği platformları da içeren bir tasarımla üretilmişlerdir. Ayak aynasından tamburlu kesici yükleyici tarafından kesilen kömürün üzerine düştüğü ve ilk olarak ayna önünden ayak başına doğru taşınmasına olanak sağlayan metalik, zincirle çekilen plakalara (Şekil 3.9) sahip bir konveyördür. Tamburlu kesici yükleyicinin üzerinde ayak boyunca hareketini sağlayan ray benzeri klavuz yolunu da içeren bu sistem mekanize ayak kazılarının

vazgeçilmez parçasıdır. Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kullanılan ön zincirli konveyörün teknik özellikleri Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kullanılan ön zincirli konveyöre ait teknik bilgiler (Caterpillar, 2014).

Özellikler	Birim	Değer
Model	PF4/832	
Taşıma kapasitesi	ton/s	1000
Zincir	mm	İkili 34X126
Zincir kırılma direnci	kN	1450
Zincir test gücü	kN	1090
Zincir ağırlığı	kg/m	22,7
Motor devri	rpm	1480
Arıza torku		2,5
Şanzuman oranı		33
Kaplin kayma oranı	yüzde	2
Cer dişlisi diş adeti	adet	7
Konveyör hızı	m/sn	1,29
Gerekli alan	m^2	0,21
Motor gücü	kW	400
Maksimum taşıma kapasitesi	ton/s	1673



Şekil 3.9. Zincirli konveyör görüntüsü (Caterpillar, 2014).

3.5. Arka Zincirli Konveyör

Uzunayak çalışmasında ayak aynasında tamburlu kesici ile kömür kesimi yapılıp ayak ilerlemesi sağlandıktan sonra, ayak tavanında bulunan kömür damarı kısmında bulunan kömür katmanlarının ayak arkasından alınması amacıyla tasarlanmış zincirli bir konveyördür. Yürüyen tahkimatın göçük kısmındaki koruyucu kanopilari altında bulunan bu konveyöre ayak arkasından göçen kömür damarı parçaları gelecektir. Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında kullanılan ve Caterpillar firmasının ürettiği PF4/1132 model arka zincirli konveyörün özellikleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Arka zincirli konveyöre ait teknik bilgiler (Caterpillar, 2014).

Özellikler	Birim	Değer
Model	PF4/1132	
Taşıma kapasitesi	ton/s	1000
Zincir	mm	İkili 34X126
Zincir kırılma direnci	kN	1450
Zincir test gücü	kN	1090
Zincir ağırlığı	kg/m	22,7
Motor devri	rpm	1480
Arıza torku		2,5
Şanzuman oranı		33
Kaplin kayma oranı	yüzde	2
Cer dişlisi diş adeti	adet	7
Konveyör hızı	m/sn	1,29
Gerekli alan	m^2	0,21
Motor gücü	kW	400
Maksimum taşıma kapasitesi	ton/s	1568

3.6. Aktarma Zincirli Konveyör

Bu konveyör sistemi; ayakta kesimi yapılan ve ön zincirli konveyör üzerine düşen kömürlerle ve ayak arkasında tavanın göçmesi sırasında tavanda kalan kömür katmanlarının göçerek içine düştükleri arka zincirli konveyörden gelen kömürlerin toplanıp birlikte kırıcıya girip oradan bant konveyöre aktarıldığı bir diğer zincirli konveyör sistemidir.

Çizelge 3.8. Aktarma zincirli konveyörüne ait teknik bilgiler (Caterpillar, 2014).

Özellikler	Birim	Değer
Model	PF4/1132	
Taşıma kapasitesi	ton/s	1500
Zincir	mm	İkili 34X126
Zincir kırılma direnci	kN	1450
Zincir test gücü	kN	1090
Zincir ağırlığı	kg/m	22,7
Motor devri	rpm	1480
Arıza torku		2,5
Şanzuman oranı		24,4
Kaplin kayma oranı	yüzde	2
Cer dişlisi diş adeti	adet	7
Konveyör hızı	m/sn	1,75
Gerekli alan	m^2	0,24
Motor gücü	kW	315
Maksimum taşıma kapasitesi	ton/s	1992

3.7. Mekanizasyon, Uzun Ayaklarda Üretim

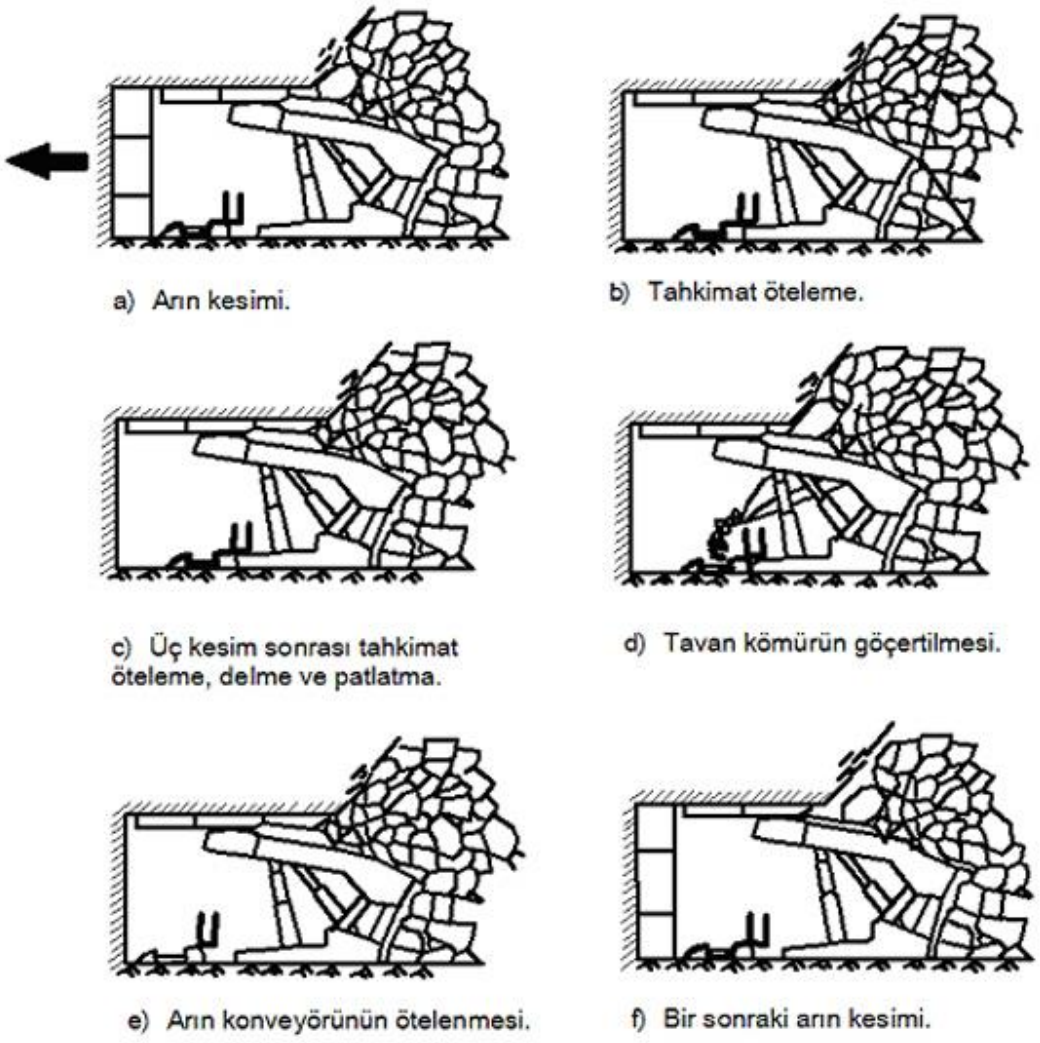
Eynez (Soma/Manisa) yeraltı kömür ocağında üretimin yapıldığı ve bu tez çalışmasında ocak verilerinin elde edildiği uzunayak panosu, M1 panosudur. Bu panoda günlük arın kesimi, arkadan kömür alımı ve gerekli koşullarda periyodik bakımlar yapılmaktadır (Şekil 3.10). Kömür üretimi üç vardiyada gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla her vardiyada zamanı geldiğinde uzunayak boyunca arında kömür kesimi yapılmakta, yürüyen tahkimatlar da ilerleyen arını takip etmek için ilerletilmektedir. Ayaklarda önce ön konveyör ilerletilir, bu aşamadan sonra arka konveyörden de kömür bitip tavan taşı gelene kadar geriden kömür alma işlemi gerçekleştirilir. Bu aşamada, ayağın göçük tarafından alınan kömürünün tamamen alınması, arkada kömür bırakılmaması, olası bir durumda kömürün kendiliğinden yanma ihtimalini en aza indireceği için önemlidir. Ocakta uygulanan vardiya düzeni şu şekildedir;

Vardiya 1: 00.00-08.00

Vardiya 2: 08.00-16.00

Vardiya 3: 16.00-24.00

Üretim periyodunun tekrarlanmasını, ayak arkasından alınan kömürün tamamlanması belirlemektedir. Bu işlem uzun sürerse, işlemler kesilip ayak ilerletilmemekte, kömürün tamamı alınıncaya kadar ayak arkasındaki arka zincirli konveyörler çalıştırılarak üretime devam edilmektetir.



Şekil 3.10. Mekanize ayak çalışma düzeni (Destanoğlu v.d., 2000).

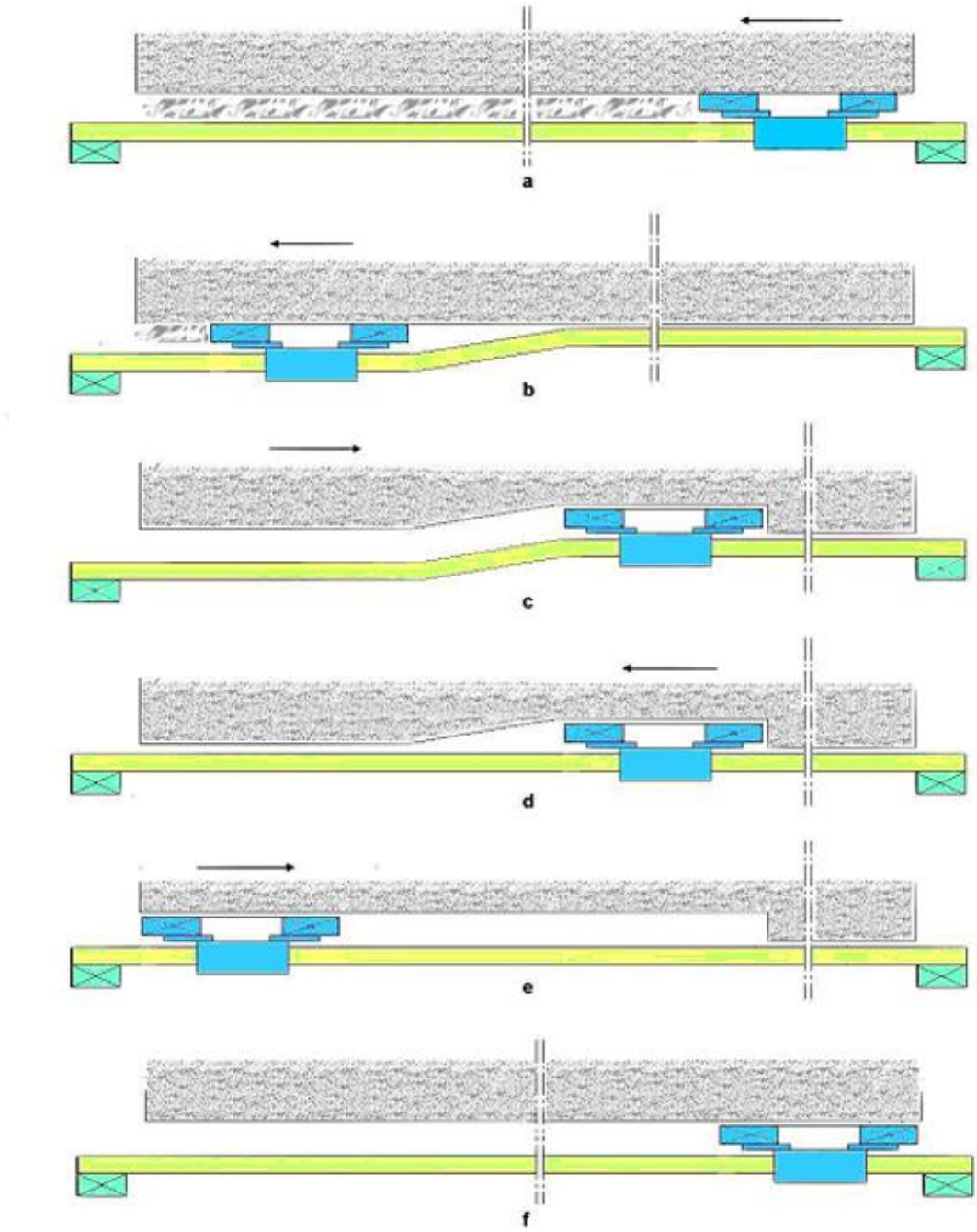
3.7.1. Kontrol Merkezi

Kontrol merkezi yeraltında bulunan tüm sistemlerin uzaktan kontrol ve takibine, gerekirse arıza müdahaleleri için kurulmuş olan bilgisayarlı bir denetim ve müdahale sistemidir. Eş zamanlı olarak yeraltındaki gaz durumunu ve çalışan tüm sistemlerin takibini sağlar. Madende kullanılan yürüyen tahkimatların, tamburlu kesici-yükleyicinin, zincirli ve bant konveyör sistemlerinin çalışmalarını, kapasitelerini kontrol merkezinden takip etmek mümkündür. Ayrıca ocakta çalışan işçilerin ve diğer çalışanların kullandığı "personel takip sistemi" yardımıyla, yeraltında bulunan çalışanların konumlarına erişim de sağlanmaktadır.

3.7.2. Arın Kesimi

Kömür kesme işlemi genelde çiftyönlü olarak yapılmakta, gerekli görülen hallerde tek yönlü kesim de uygulanmaktadır. Tek yönlü kesme metodu Şekil 3.11'de

gösterilmiştir. Kömür kesimine ayak motorbaşından veya ayak kuyruğundan başlanabilir. Ayak başı yöntemi olarak adlandırılan kesim yöntemi, Şekil 3.11'de gösterilen uygulama kademelerini içermektedir.



Şekil 3.11. Kesici makine kesim düzeni; a) Tavan kömürü alınması bitirilmiştir ve kesici makine henüz arına girmemiştir. b) Kesici makine motorbaşından başlayarak taban temizliğine girer ve makineyi takiben ayak konveyörü arına itilir. c) Kesici makine ayak kuyruğuna ulaştığında, geri dönerek ayak konveyörünün arına ötelendiği kıvrımlı bölgede arına tam olarak girer. d) Kesici makinenin arına girmesinden sonra, daha önceden makine tarafından tabanı temizlenen kuyruk tarafında konveyör arına itilir. Böylece konveyör istikameti düzeltilmiş olur. e) Kesici makine tekrar geriye dönerek kuyruk girişindeki, sonradan ayak konveyörünün dayanıldığı yerdeki arın kesimini yaparak geri döner. f) Kesici makine motorbaşına doğru ilerleyerek tüm arın kesimini bitirir ve madde "a" da gösterilen konuma gelir. Böylece kesim işlemi tamamlanır. (Destanoğlu ve diğ., 2000).

3.7.3. Yürüyen Tahkimat Ünitelerinin İlerletilmesi

YTÜ'ler tamburlu kesici yükleyicinin arını kesmesi ve ilerletilmesinden sonra, kesicinin 2 metre gerisinden çekilerek arını yakalaması sağlanmaktadır. Arında kömür kesimi sonucu oluşan ilk boşluklar da YTÜ'lerin önünde bulunan kanopiler ile desteklenmektedir. YTÜ'lerin her biri kesimin pozisyonuna göre tavanı sıkabileceği en sağlam koşula kadar sıkılanmaktadır. Her bir YTÜ'nün, bir "have" ilerletilmeden önce tavanı tutan pistonları gevşetilip, yürüyen tahkimat indirilir. Bu indirme işlemi yürüyen tahkimatın tavan taşı ile bağlantısını keserek rahatlamasını sağlamaktadır. Bu işlemden sonra yürüyen tahkimat ileriye doğru çekilir. Çekme işlemi ön konveyöre bağlı taban itme kızaklarından yapılmaktadır. İlerleyen YTÜ artık tekrar tavanı sıkmak için uygun pozisyona gelmiştir. Bundan sonra tekrar yürüyen tahkimat tavan taşına uygun pozisyona göre, ana silindir direkleri ile sıkılanır. Bu sıkılama işleminden sonra göçük tarafına dikkat edilerek göçük kanopisi kaldırılır uygun pozisyonda bırakılır. Bu işlemin amacı yürüyen tahkimatın arka konveyöre takılmasını önlemektir.

3.7.4. Ön ve Arka Konveyörlerin İlerletilmesi

Ön konveyörler, tamburlu kesici yükleyici kesim yaptıktan sonra, ayakta bulunan YTÜ'lerine dayanılarak ileri doğru itilirler. Bu işlem yapılırken aynı ayna birden fazla yürüyen tahkimat ünitesi kullanılmaktadır. Konveyörün ilerletilmesinde yürüyen tahkimatların, tavana tam sıkılı pozisyonda olması önemlidir. Aksi durumda konveyör ilerleme yapmaz, yürüyen tahkimat geriye doğru hareket eder.

Arka konveyörlerin iletilmesi ise tamburlu kesici yükleyicinin kesim yapmadan önce ön taraftan yapılmaktadır. Bunun amacı ise yürüyen tahkimatların ilerletilebilmesi için pozisyon oluşturmaktır. Arka konveyör geride ise yürüyen tahkimatın ileri gelmesini engeller. Çekim işlemi yine birden fazla YTÜ kullanılarak, arka konveyöre bağlı piston ve zincirler ile yapılmaktadır.

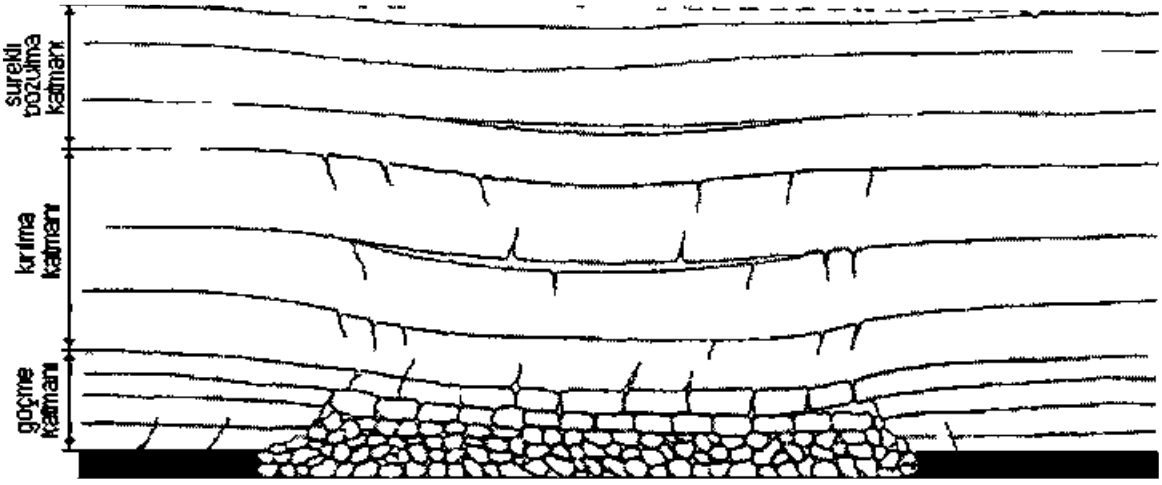
3.7.5. Arkadan Kömür Alınma İşlemi

Arka konveyör ilerletildikten, tamburlu kesici kesim yaptıktan ve yürüyen tahkimatlar ilerletildikten sonra, geride bir have kömür alma alanı kalması ile, arkadan kömür alma işlemi başlatılır. Bu işlem arkadaki kömür akışı tamamlanana kadar sürer. Arka göçük kısmından tavan taşları gelmeye başladığında işlem tamamlanmış demektir. İşlemin yapılmasında göçük kanopisi kullanılır. Kanopi yukarı aşağı hareket ederken, tahkimatın sürgüsü de ileri geri hareket eder. Arkada kömür bitince, göçük kanopisi konveyörden belirli bir yüksekliğe kaldırılıp sürgüsü ilerletilip kapatılır.

4. LİTARATÜR ARAŞTIRMASI

Yeraltı kömür madenciliğinde uygulanan uzunayak maden işletme yöntemi kapsamında yürüyen tahkimat sistemlerinin kullanımına 1950'li yıllarda başlanılmıştır. O günden bu yana birçok yeni uygulama sağlanmış olup, her geçen gün mekanize ve hidrolik sistemler üzerinde daha verimli madencilik yapmayı sağlayacak olumlu gelişmeler devam etmektedir.

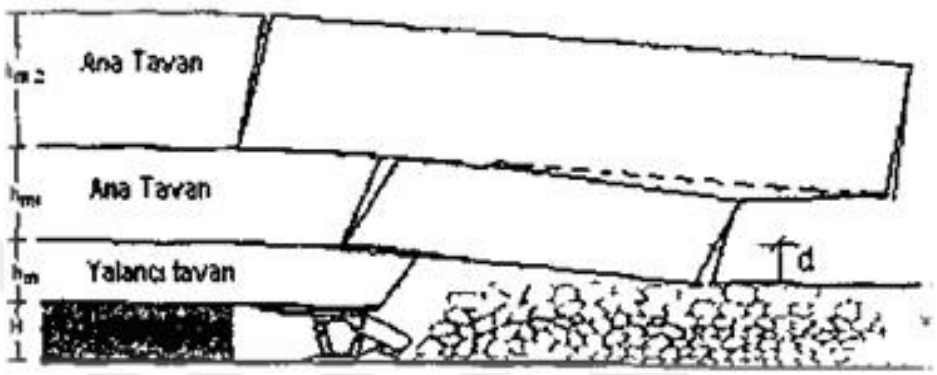
Uzunayak panolarında ilk kazı işleminin yeterli mesafeye ulaşması ile birlikte tavan tabakalarında, yalancı tavandan başlayarak yerüstüne kadar değişik katmanlarda bozulmalar oluşur. Şekil 4.l'de uzunayak kazısı sonucu tavan tabakalarında oluşan bozulmaların durumu, oluşan katmanların konumuna göre gösterilmektedir. Göçme katmanı, ayak içinde tahkimat üzerindeki ilk tavan tabakası olup, göçmeden önceki yalancı tavanı içermektedir. Bu katmanın kalınlığı kazı yüksekliğinin 2 ile 8 katı arasında değişmektedir. Göçme katmanının hemen üzerinde kırılma katmanı oluşur. Bu katmanda tabakalar, tabaka ayrışmaları sonucu bloklar halinde kırılır. Kırılma katmanının kalınlığı, kazı yüksekliğinin 28 ile 42 katı arasında değişir. Kırılma katmanı ile yerüstü arasındaki bölge ise sürekli bozulma katmanı olarak isimlendirilir. Bu katmanda tabakalar büyük çatlak ve kırılmalara uğramadan sürekli olarak alçalır (Peng, 1984).



Şekil 4.1. Uzunayak kazısı sonucu tavan tabakalarında oluşan bozulma katmanları (Peng, 1984).

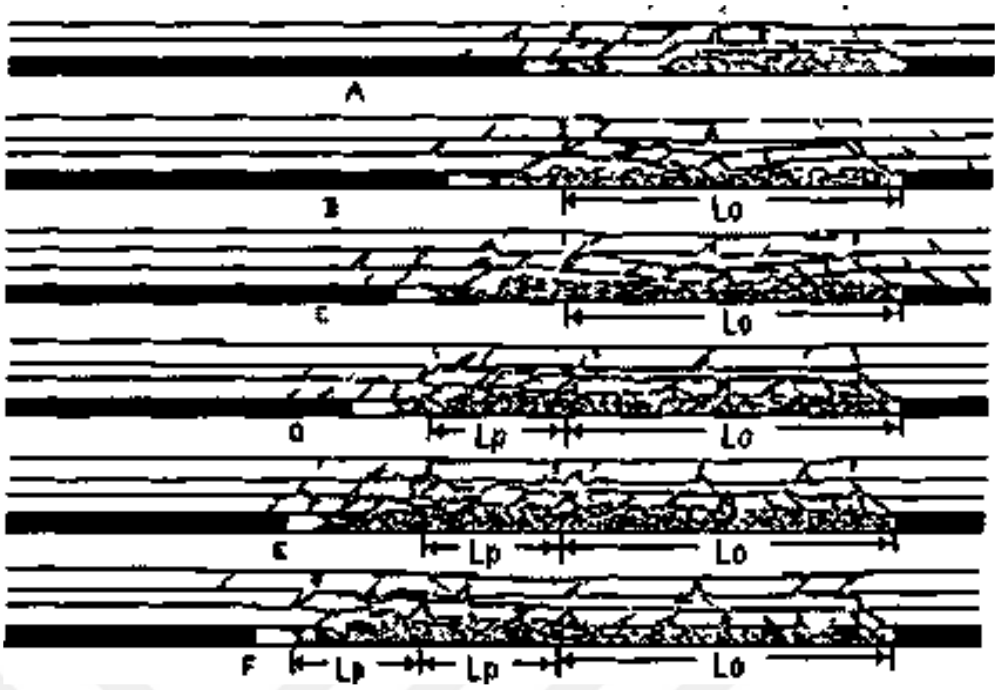
Bu her üç katmanda oluşan hareketler, uzunayakta tavan kontrolüne değişik oranlarda etki eder. Tabakaların etkileri uzunayak tavanından başlayarak yerüstüne doğru azalır. Yalancı tavan, uzun ayak tavanındaki ilk katman olup, yürüyen tahkimatın ilerletimi sonrasında hemen göçer (Şekil 4.2). Kırılması ve göçmesi nedeniyle bu katman kazı yönünde oluşan yatay kuvvetleri aktaramaz. Bu nedenle oluşturduğu yükün

tahkimat ile taşınması gerekir. Yalancı tavanın hemen üzerinde kırılma katmanının alt bölümünü oluşturan tavan tabakaları ana tavan olarak adlandırılır. Ana tavan içinde yer alan tabakalar kırılır, fakat temaslarını kaybetmezler. Bu nedenle, yatay kuvvetleri aktarabilirler. Bu tabakalar bloklar halinde kırılırlar. Uzunayak uygulamalarında, ana tavan tabakalarında oluşacak olan kırılmaların kontrolündeki en önemli tedbir, uygulama, ana tavan tabakalarının kırılma ve düşmesi sırasındaki darbe etkilerinin sınırlandırılmasıdır (mümkün olduğunca azaltılmasıdır).



Şekil 4.2. Yalancı ve ana tavan tabakaları (Peng, 1984).

Uzunayakta kazı istikametinde ilerleme devam ederken, tavan tabakalarında iki ayrı aşamada hareketler gözlenir. Birinci aşamada oluşan tavan hareketi, ayağın kurulduğu nokta ile yalancı tavanın geniş bir alanda göçmesi sonucu ana tavanın tamamıyla kırılmasının meydana geldiği nokta arasındaki mesafeyi içerir. Bu aralıkta ayakta ölçülen en yüksek tavan basıncına ilk yükleme adı verilir. Ayağın kurulduğu nokta ile ana tavanın tamamıyla kırıldığı nokta arasındaki mesafeye de ilk yükleme mesafesi, (Lo) denir (Şekil 4.3). İkinci aşama, ilk yükleme sonrasında başlar ve pano üretimi sonuna kadar devam eder. Bu periyotta ayaktaki tavan basıncı, yalancı tavanın veya ana tavanını yada her ikisinin tekrarlı şekilde kırılması sonucu tekrarlı olarak artar ve azalır. Bu değişime periyodik tavan yüklemesi denir. Her bir periyotta oluşan en yüksek basınca periyodik tavan yükleme basıncı, birbiri ardı sıra oluşan periyodik tavan yüklemeleri arasındaki mesafeye ise periyodik tavan yükleme mesafesi (Lp) denir, (Peng, 1984).



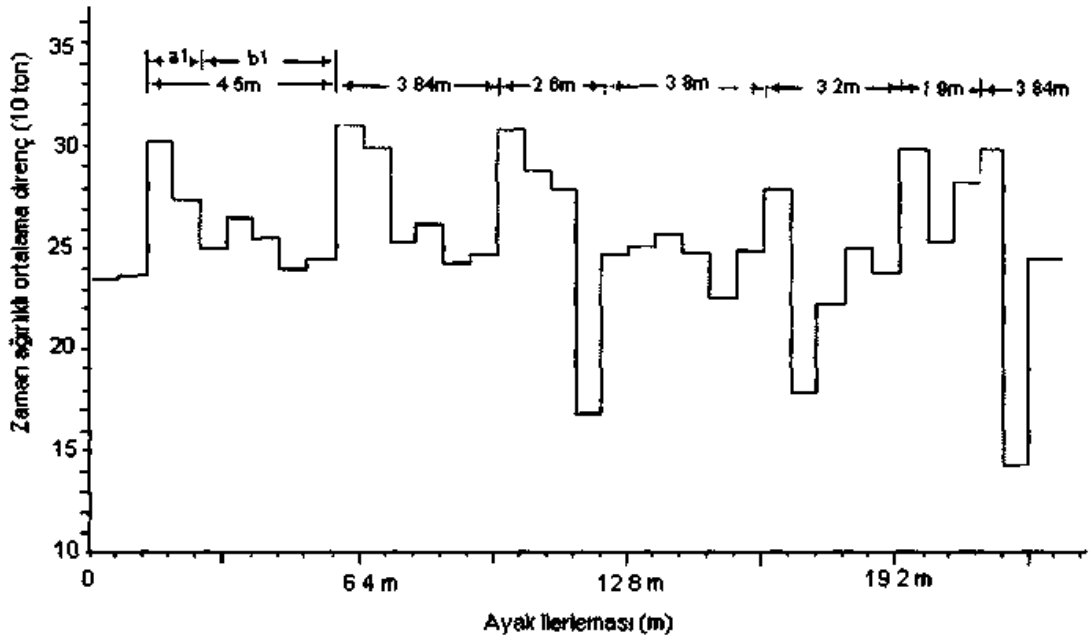
Şekil 4.3. İlk tavan yüklemesi ve periyodik tavan yüklemesi (Peng, 1984).

İlk tavan yüklemesinden sonra (Şekil 4.3D ve 4.3E) uzunayakta ikinci aşama tavan hareketleri oluşur. Bu aşamada, yalancı tavan, kayaç tipine bağlı olarak, yürüyen tahkimatın hareketi sonrasında kısa bir gecikme ile göçer.

Ana tavanın alt tabakası, ayak içinde periyodik yüksek basınçlar oluşturarak, periyodik olarak kırılır. Kırılma mesafesi Lpi, Lp2, şeklinde devam eder ve tavan tabakasının dayanımı, kalınlığı ve tabaka kontaklarının konumuna bağlı olarak değişir. Bu alt tabakanın üzerindeki ana tavan tabakaları da periyodik olarak kırılır (Peng, 1984).

Periyodik tavan kırılmalarının tespiti yürüyen tahkimatlarda oluşan basınçların izlenmesi ve oluşan basınç değişimlerinin incelenmesi ile mümkündür. Bu değerlendirmede üç ayrı yol izlenebilir.

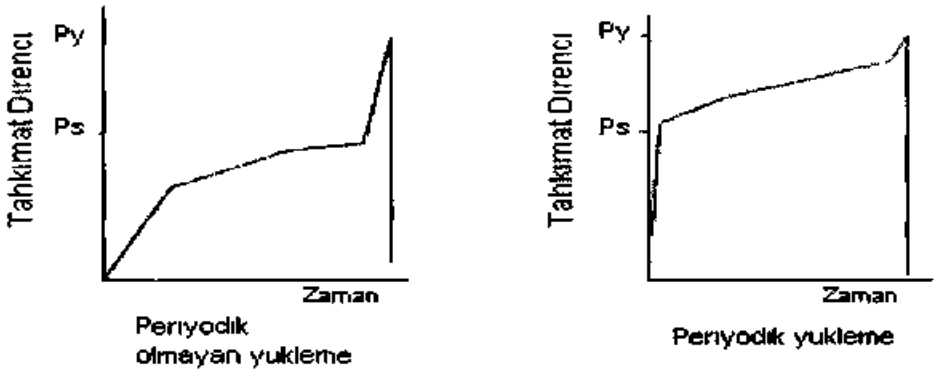
1. Zaman ağırlıklı ortalama tahkimat dirençlerindeki önemli artışlar (TWAR: Time- Weighted Average Rating): Maksimum direnç ve zaman ağırlıklı ortalama tahkimat direncinin her ikisi de periyodik tavan yüklemesi sırasında büyük oranda artar. Periyodik yükleme mesafesi iki Lp1=a1+b1 şeklinde iki kısımdan oluşur, a1 mesafesi periyodik tavan yüklemesinin oluştuğu süreci, b1 mesafesi ise tahkimat direncinde bağıl dengenin oluştuğu ve tavan basıncının daha düşük olduğu süreci gösterir (Şekil 4.4).



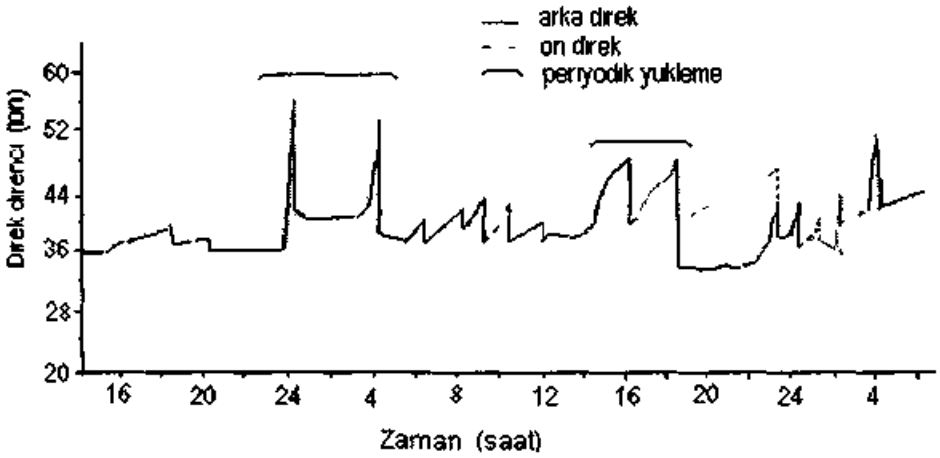
Şekil 4.4. "Pittsburg Zamanı" uygulamasında; zaman ağırlıklı, ortalama tahkimat dirençlerindeki (TWAR) değişim (Peng, 1984).

2. Yüksek ön yükleme direnci veya direnç artışlarındaki hızlı değişim: Ön yükleme sonrası tahkimat direncindeki artış hızı, tavan tabakalarının davranışının tespitinde önemli işaretlerden birisidir. Periyodik olmayan yükleme sürecinde, ön yükleme sonrası tahkimat direncindeki artış hızı düşük olur ve komşu tahkimatın ilerletimi sonrası yüksek oranda artar. Diğer taranan, periyodik tavan yüklemesi sırasında ön yükleme sonrasında dirençteki artış hızı yüksektir ve komşu tahkimatın ilerletimi sonrası daha düşüktür (Şekil 4.5).

3. Tahkimat direk ve tavan sarması basınç tiplerindeki değişim: Periyodik tavan yüklemesi sırasında dört direkli (pistonlu) yürüyen tahkimatların ön ve arka direklerindeki (pistonlarındaki) dirençler önemli değişiklikler gösterir. Periyodik olmayan yükleme sırasında ise bu değişiklikler o kadar önem arz etmez. Periyodik yüklemenin başlaması ile birlikte arka direklerde basınçlar önemli şekilde artış gösterir. Periyodik yüklemede, ön ve arka direklerde oluşan basınç farkları çok büyüktür (Şekil 4.6).



Şekil 4.5. Periyodik ve periyodik olmayan tavan yüklemeleri sırasında hidrolik tahkimat dirençlerinde oluşan tipik basınç tipleri (Peng, 1984).



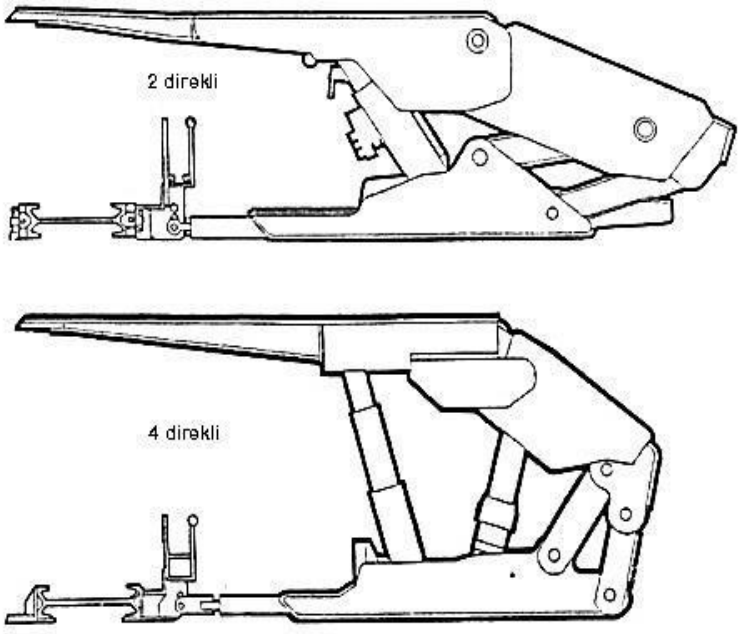
Şekil 4.6. Periyodik yükleme sırasında hidrolik tahkimat direklerinde, (pistonlarında) oluşan direnç değişimleri (Peng, 1984).

4.1. Kalkan Türü Yürüyen Tahkimatlar

Kalkan türü yürüyen tahkimatların en önemli özelliği, yürüyen tahkimata kalkan formu verilerek göçük hattının yürüyen tahkimatın hemen arkasında oluşturulmasıdır. Yürüyen tahkimata 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 yürüyen tahkimatın arın tarafına tavan taşı pasasının dökülmesini önlemektedir. Bu yönüyle kalkan türü tahkimat kullanılan uzunayaklar daha temizdir. Kalkan türü tahkimatlarda hidrolik direkler genelde eğimli yerleştirirler ve böylece geniş bir çalışma yüksekliği aralığı ve daha çok açık alan sağlanır (Şekil 4.7). Tavan sarması, göçük sarması ve taban şase ara bağlantılı olduğundan yürüyen tahkimat yatay kuvvetlere daha dirençli olmaktadır.

Kalkan türü yürüyen tahkimatların iki ayrı tipi vardır. Bunlar, iki direkli ve dört direkli kalkan türü tahkimatlardır. İki direkli yürüyen tahkimatlarda her iki direk tavan sarması ile taban şase arasına yerleşik iken, dört direklilerde ön iki direk tavan sarması ile taban şase arasına; arka iki direk ise göçük sarması ile taban şase arasına yerleşiktirler (Şekil 4.7b).

Kalkan türü iki direkli yürüyen tahkimatların da iki ayrı tipi vardır. Birincisi Caliper tipidir. Bu yürüyen tahkimatlar 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. Yürüyen tahkimat 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 iki direkli kalkan tahkimat tipidir.



Şekil 4.7. Kalkan türü yürüyen tahkimatlar (Peng, 2006).

4.2. Yürüyen Tahkimatlarda Basınç Oluşumu ve Tipleri

Yürüyen tahkimata ön yükleme yapılırken hidrolik sıvı direk silindiri alt bölmesi içine dolar. Sıvı dolmaya devam ederken, ana sarma tavana değene kadar hidrolik direk yükselir. Bundan sonra, silindirin alt bölmesindeki 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 yürüyen tahkimatın ön yükleme basıncıdır. Yürüyen tahkimatlarda ön yükleme basıncı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir (Peng ve Chiang, 1984).

$p_s = \pi d24\ x\ 2000\ x\ \sigma_s$ (ton) (3.1)

Burada:

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

σ_s : pompa basıncıdır (psi).

Yürüyen tahkimatın ön yükleme kuvveti de aşağıdaki eşitlikten hesaplanır;

$P_s = n\eta p_s$ (ton) (3.2)

Burada n, direk adedi, η ise tahkimat randımanıdır.

Çerçeve ve domuz damı tipi yürüyen tahkimatlarda direkler dik yerleştiği için η=%100 alınırken, kalkan tipi yürüyen tahkimatlarda 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 yürüyen tahkimatın esneme (sünme) 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 py ve yürüyen tahkimat esneme yükü Py aşağıdaki gibi hesaplanır.

$p_y = \pi d24x2000\sigma_y$(ton) (3.3)

$P_y = n\eta p_y$ (ton) (3.4)

Burada:

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

σ_y : emniyet basıncıdır (psi).

YTÜ'lerin yük taşıma kapasiteleri geleneksel olarak esneme yükleri ile gösterilir. Örneğin 900 ton kapasiteli yürüyen tahkimat demek, emniyet yükünün 900

ton olduğunu belirtir. Fakat tavan sarma boylarının ve 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 yüktür. 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'lerin uzunayaklarda ayak tavanı ile tabanı arasına yerleştirildikten sonra yükü ön yükleme seviyesinde sabit kalmaz. Tavan tabakası, YTÜ ve taban tabakası etkileşimleri sonucu periyottan periyoda değişiklik gösterir.

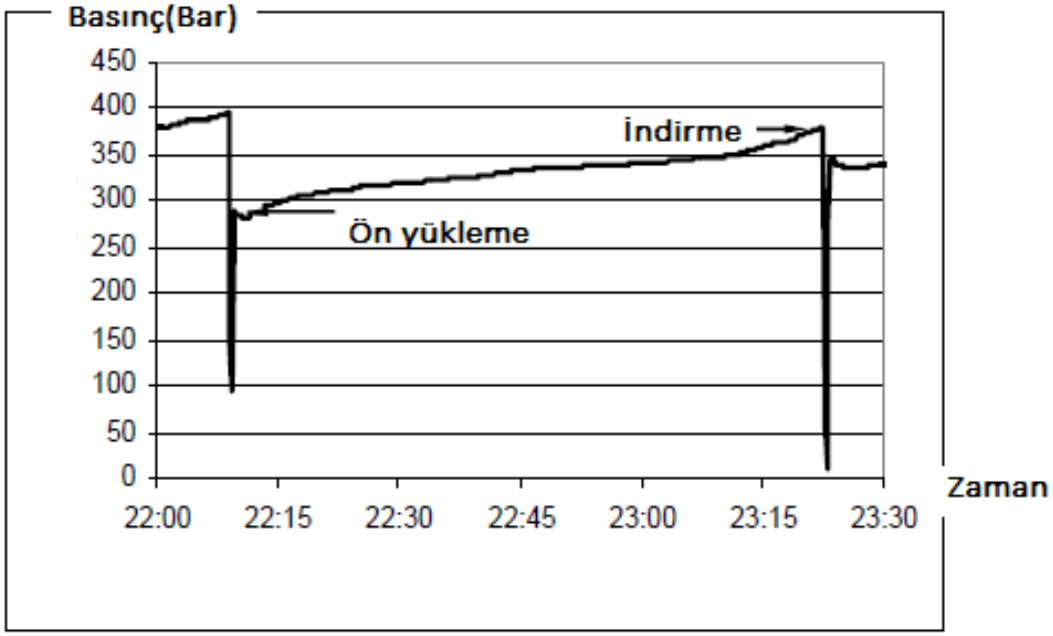
YTÜ'lerin ana direklerinde oluşan basınçların izlenmesi, uzunayak panolarında meydana gelen tavan göçme mekanizmalarının anlaşılması açısından çok önemli bilgiler vermektedir. Elde edilen bu bilgiler, YTÜ'lerin çalışma koşullarının iyileştirilmesi, ön yükleme ve emniyet yükü değerlerinin tespiti ve değerlendirilmesi, 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.

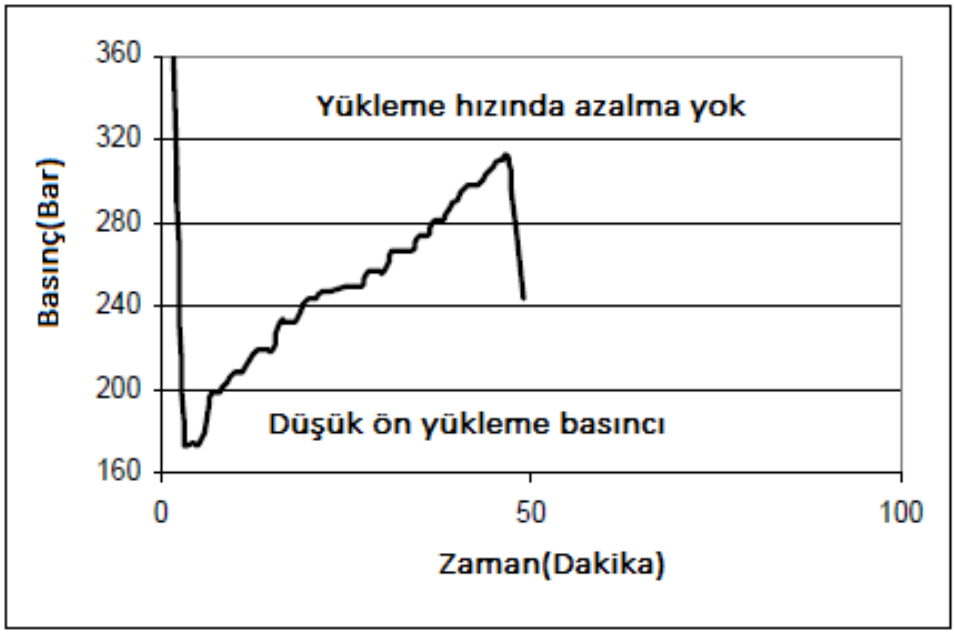
YTÜ'lerde oluşan basınçların en önemli kaynakları yalancı tavan ve ana tavan yüküdür. Diğer faktörlerin yürüyen tahkimatlar üzerine etkileri bu yüklere göre oldukça azdır. Fakat göçertmeli uzunayaklarda, tavan kömürünün göçertilmesi de yürüyen tahkimatlar üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır.

4.3. Yürüyen Tahkimatlarda Ön Yükleme ve Esneme Peryodları

Örnek bir YTÜ'nün hidrolik sisteminde zamana bağlı olarak gelişen basınç grafiği Şekil 4.8'de verilmiştir. Bu grafik yeterli kapasitenin ve uygun baskı basıncının desteğini işaret etmektedir. Yükleme oranlarının yüksek olduğu koşullarda, sıkılama basınçlarının çok düşük olduğu durumlarda destek kapasitesi yeterli ve sıkılama basıncı uygundur. Eğer yük döngüsü kısaysa basınç stabilitesinin meydana geldiği, basınç - zaman çevrimi bölümü, kısmı, daha kısa olacaktır. Bu bölümün daha uzun yük döngüleri için daha uzun olması beklenir.



Şekil 4.8. Tavanda yenilmenin olmadığı tipik bir YTÜ'nün yükleme döngüsü için, basınca karşı zaman eğilimi (Trueman v.d., 2008).



Şekil 4.9. YTÜ sıkılama basıncının çok düşük olduğu durumlar için tipik yükleme modeli (Trueman v.d., 2008).

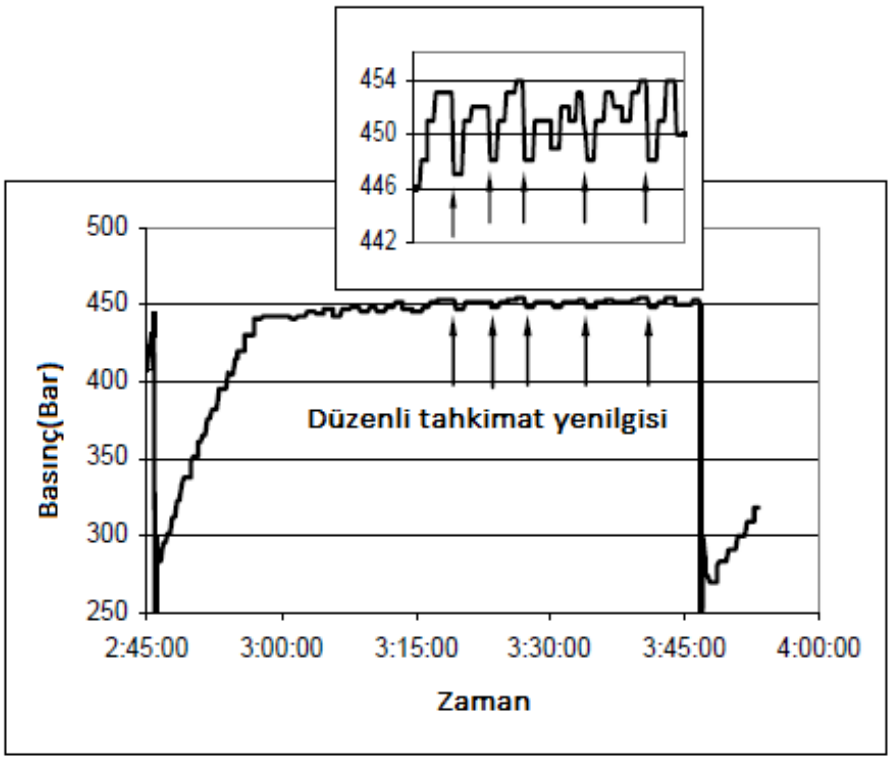
Burada anlatılan yükleme şartlarına benzer koşullar altında, YTÜ'ye uygulanan sıkılama basıncının çok düşük olmasından kaynaklanan artan yükleme oranları, tahkimat üstünde yer alan kayaç tabakaları arasındaki bağların esnemesine, çözülmesine neden olabilir. YTÜ'lerin ön sıkılamasındaki zorluklar, bu sorunu daha da kötüleştirebilir, sonraki yük çevrimlerinde elde edilen sıkılama basınçları, yetersiz tavan

koşullarından etkilenir ve böylece yeterli basınç ayarına ulaşılması mümkün olmayabilir. Düşük sıkma basınçları ve bununla bağlantılı hızlı tavan tabaka hareketi ve tabakaların çözülmesi sonunda tavan tabaka boşluklarına ve üretim gecikmelerine neden olabilir. Desteklerin aşırı yüklendiği durumlarda, sonraki devirler için sıkılama koşulları zorlaşabilir. Sıkılama koşullarının zayıf olduğu durumlarda bile, YTÜ'leri yeterli bir sıkılama basıncına ayarlamak genellikle mümkündür. Sıkılama basınçlarının çok düşük olduğu durumlar için çevrim süresinin en aza indirilmesi, daha az tavan bozulmasına yol açar. Ön yükleme basınçlarının düşük olduğu durumlarda tavan tabakası kontrol problemlerini en aza indirmek için YTÜ'lerdeki sıkılamanın arttırılması mümkün olan en iyi stratejidir. YTÜ'lerin ön yükleme basınçları düşük olduğunda Şekil 4.9'da gösterilen durumdan daha karmaşık şartlar ortaya çıkmaktadır. Tavanın stabilizasyonu için önlemler alınsa bile, ön yükleme basınçları kabul edilebilir seviyelere geri dönene kadar tavanın kontrolü nadiren mümkündür.

YTÜ'lerin gevşeme evrelerinde, stabilize olmadığı durumlarda, Şekil 4.10'da olduğu gibi, tahkimat tavan hareketini durduramaz ve tahkimatın destek kapasitesi bu koşullar için yetersiz kalır.

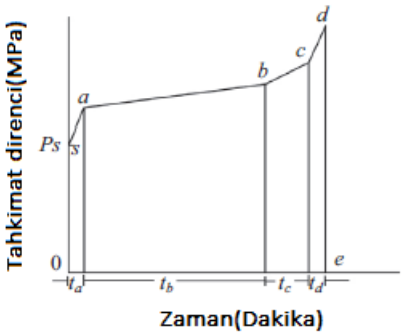
YTÜ'nün aşırı yüklenmesinin 2 nedeni görülmüştür. Birincisi ana veya ara tavandan yük iletiminden dolayıdır. İkincisi, belirli bir hatalı desteğe bitişik olan bir veya iki desteğin olması durumudur. Dolayısıyla bu tahkimatların kendi nominal yükünü taşımaması sonucu oluşan aşırı yüklenme durumudur. Böyle bir durumda yük almayan tahkimattan dolayı, çalışmasında problem olmayan YTÜ daha yüksek bir yük almak ve taşımak zorunda kalır. Bu gibi durumlarda ortalama tahkimat yükleme oranları yüksek olma eğilimindedir. Bu şartlarda ortaya çıkan yüksek basınçlar; YTÜ'lerin kendi içlerindeki hidrolik basınç değerlerini daha önceden ayarlanan seviyelerde tutma çabasındadır.

YTÜ'lerde hidrolik sıvı basıncının belirli seviyelerinde otomatik olarak devreye giren ön yükleme (sıkma) / ayarlama devreleri YTÜ üstündeki tavan yükünü ayarlamaktadır. Bu uygulamanın da tavan kontrolünün geliştirilmesine yardım ettiğine inanılmaktadır.

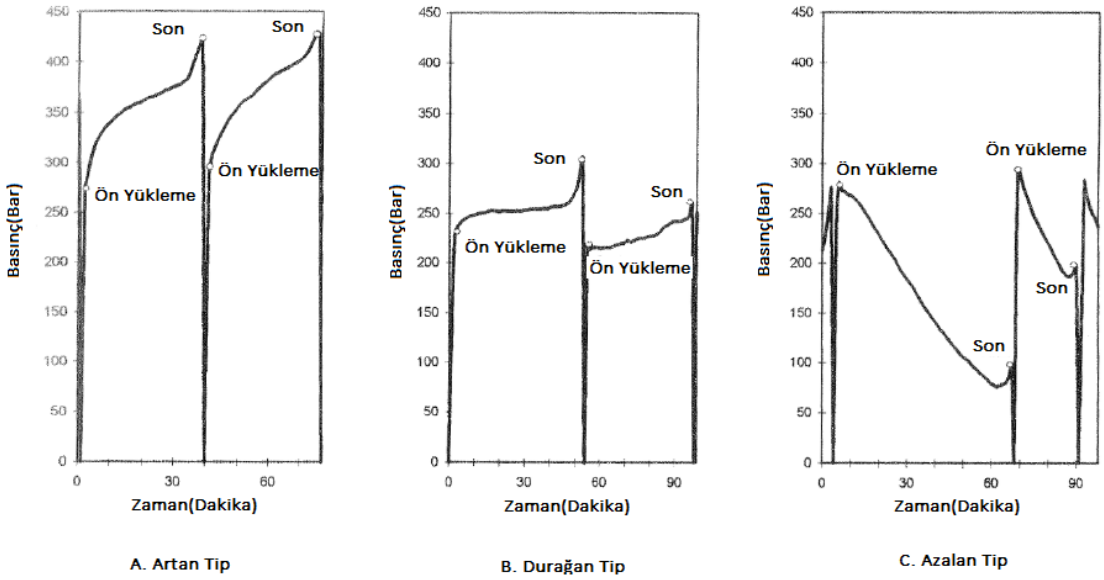


Şekil 4.10. Yetersiz tahkimat kapasite durumu (Trueman v.d., 2008).

YTÜ uygulamalarında, bu tahkimatlar içindeki hidrolik sıvı basınç seviyelerinin grafiklendirilmesi (Şekil 4.11) sonucu elde edilebilecek farklı değişim eğrileri Şekil 4.12'de görüldüğü gibidir. YTÜ içindeki hidrolik basıncın zamana karşı gösterdiği değişim 3 farklı durum gösterebilmektedir. Bunlar artan, sabit ve azalan basınç grafiği tipleridir. Artan basınç tipi, nispeten yoğun bir tavan yükü artışının temsili olarak tanımlanmıştır. Sabit tip, nispeten zayıf tavan yükü olarak adlandırılır ve azalan tip son derece zayıf tavan tabakalarına sahip olmaktır. Bu durum ayakta kurulan YTÜ'lerin yetersizliğinden, bunlardaki hidrolik sızıntılardan dolayı oluşan hidrolik sıvı basıncı azalmalarından da oluşabilir.



Şekil 4.11. YTÜ içindeki, hidrolik sıvı basıncının tipik bir değişim grafiği (Medhurst v.d., 2014).



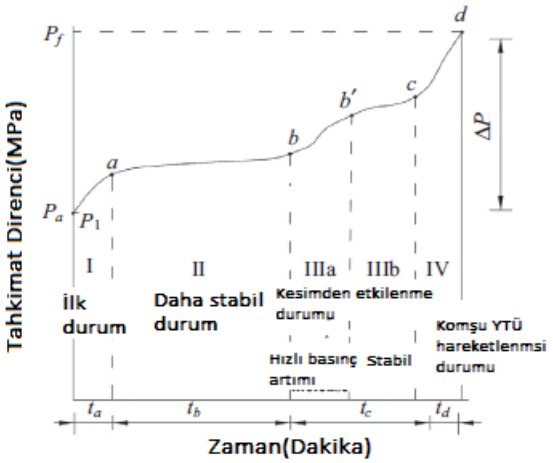
Şekil 4.12. YTÜ içinde gelişen farklı basınç değişimleri (Trueman v.d., 2008).

YTÜ direnci, tahkimatın tavana temas edip sıkılanmaya başlanmasının ardından ilk sıkılama yüküne ulaşmaktadır. YTÜ direnci, bu sıkılamadan dolayı oluşan tahkimat - tavantaşı etkileşimi dengeye ulaşana kadar "s-a" periyodu sırasında hızla artar ve bu Şekil 4.13'de gösterildiği gibi, hidrolik yürüyen tahkimatların gösterdiği direnç grafiğinin ilk periyodudur. Sonraki aşama, kesicinin YTÜ'lerden uzak olduğu ve YTÜ direnç artışının nispeten düşük ve dengeli olduğu bir dönemdir. Bu grafikte gösterilen "b-c" aşaması, YTÜ'lerin arındaki kömür kesiminden etkilendiği zamanda meydana gelir. Örneğin, arındaki kömürü kesmek için kullanılan tamburlu kesicinin YTÜ'ye yaklaştığında ve onu geçtiğinde oluşan tavan yüklemeleri bu aşamada gerçekleşir. Ayakta aktif kömür kesiminden sonra, ayak açıklığının artması sonucu, bu duruma maruz kalan YTÜ'lerin üzerlerine ilave yük gelecektir (Şekil 4.14). Bu nedenle ilgili YTÜ'lerde tahkimat dirençlerinde artış beklenilir.

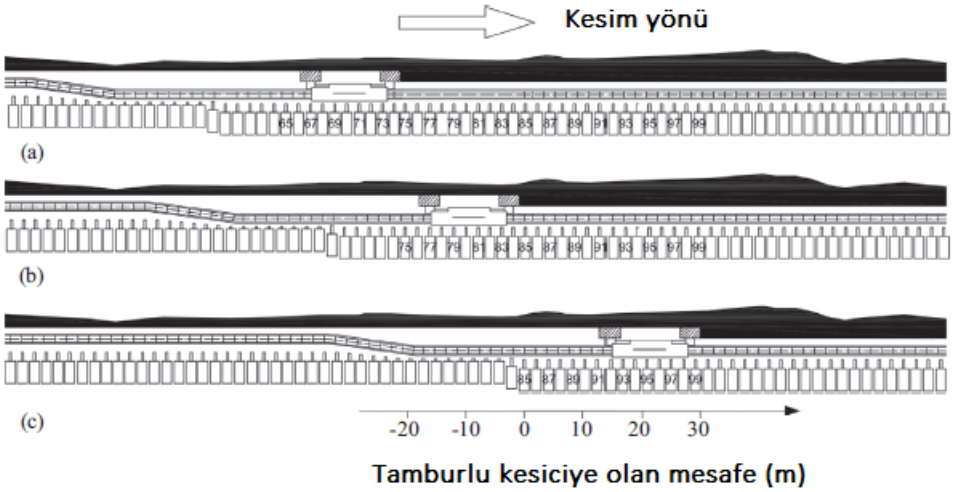
Şekil 4.13'de gösterilen grafikteki "c-d" periyodu YTÜ direncinin hızla artış gösterdiği bir periyottur. Komşu YTÜ serbest bırakıldıktan ve ilerletildikten sonra, orijinal olarak komşu tarafa uygulanan tavan yükleri, bu YTÜ'lerin direncinin hızla artmasına neden olur. Son olarak, izlenen YTÜ serbest bırakıldıktan sonra ilerletildiğinde, ekran direnci (kendi içindeki hidrolik basınç değeri) anında neredeyse sıfıra düşer.

Yeraltı kömür madenciliğinde uygulanan uzunayak maden işletme yönteminde, yürüyen tahkimat uygulaması yapılan ayaklarda gözlenen tavan basınç artışı ile YTÜ'ler ve kesicinin ön tamburu arasındaki mesafe arasındaki etkileşim (matematiksel

ilişki), ikinci dereceden bir matematiksel fonksiyondur. Bu fonksiyonun üç sabitinin somut anlamı hala net olmamasına rağmen, ayak üstündeki tavantaşı hareketlerinin (kaya mekaniği açısından tavan kayaçlarında oluşan mukavemet ve özellik değişimleri) ciddiyetini yansıtan, yoğunluk faktörleri olarak görülebilecekleri düşünülmektedir (Trueman v.d., 2008).



Şekil 4.13. YTÜ direncindeki tipik değişiklikler (Trueman v.d., 2008).

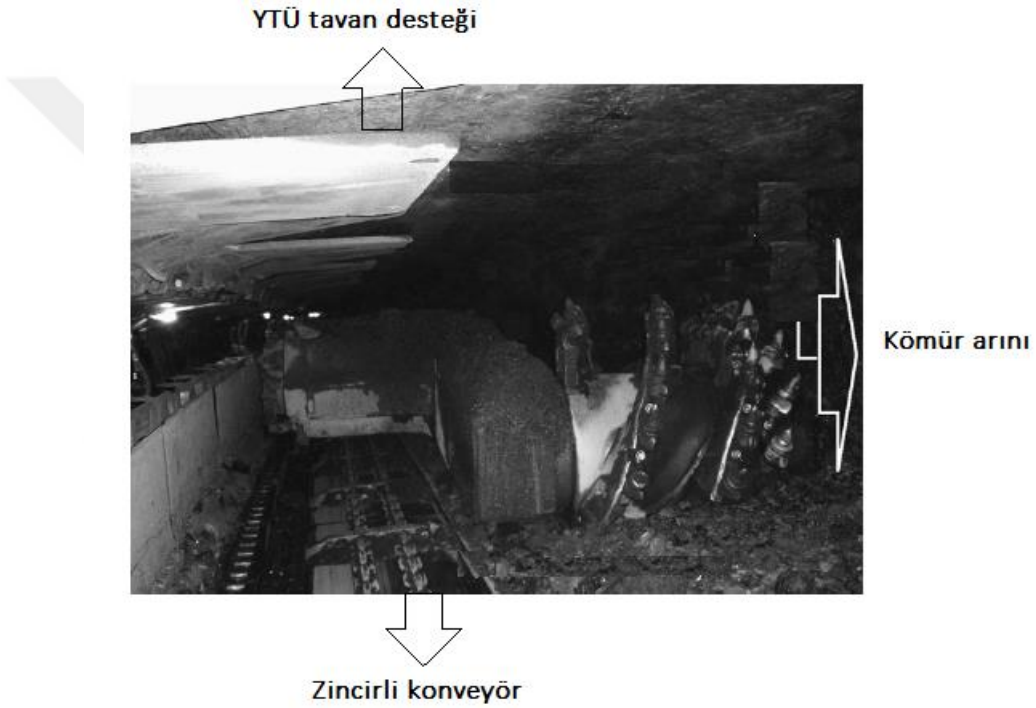


Şekil 4.14. Uzunayaklarda tamburlu kesici ile kesilmesi ve YTÜ'lerin ilerletilme işlemlerinin şematik (plan) görünümü, (Cheng v.d., 2015).

YTÜ'lerde gözlenen ve tahkimatlar kurulduktan sonra arında herhangi bir ilerleme sağlanmadan önce bu tahkimatlarda oluşan basınç artışının büyüklüğü olumsuz tavantaşı koşullarıyla ilgilidir. Bu durum uzunayak panosundaki periyodik yükleme durumu (ağırlıklandırma) veya düşük YTÜ sıkılama basıncı v.d. şartlarla açıklanmaya çalışılmaktadır.

Dolayısıyla uygulamalar sonucu gözlenen bu periyodik tavan yükü değişim durumunu (ağırlığını) tanımlamak için, ilgili incelemeler bir değerlendirme (indeks) olarak kullanılabilir. Analizler kesicinin ön tamburunun YTÜ'lerin 40-50 metre geçtiğinde, ilgilenilen YTÜ üzerine gelen ayak tavan yükünün (basıncının) dengeli olma eğiliminde olduğunu göstermektedir, (Cheng v.d., 2015).

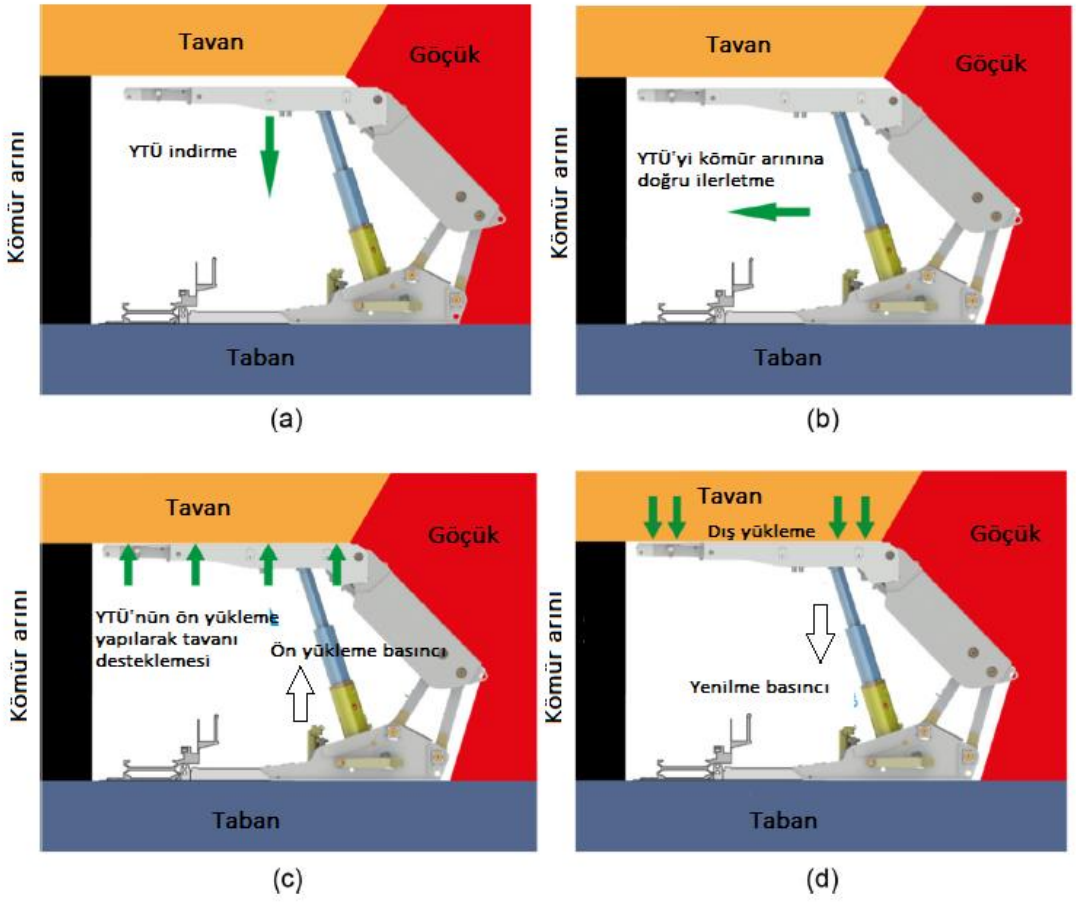
Yeraltı kömür madenciğinde uygulanan uzunayak maden işletme yöntemi işletmecilik açısından verimli bir ortam sağlamaktadır. Kömür üretiminin yapıldığı ayak ortamı Şekil 4.15'de görüldüğü gibi klasik uzunayak uygulamalarına göre çok daha emniyetli bir çalışma ortamı sağlamaktadır.



Şekil 4.15. Uzunayak madenciliğinde kullanılan tamburlu kesicinin ve YTÜ'lerin birbirlerine göre zincirli konveyör üzerinden genel görünümleri, (Bilim ve Özkan 2008).

YTÜ'lerin uygun bir şekilde yüklenmesinin sağlanması ve kesicinin randımanlı çalışması bu yöntemin verimliliğini artıran en önemli mühendislik değişkenleri arasındadır. Bu amaçla mekanize olmuş bir uzunayak uygulamasında kullanılan makine ve ekipmanların kapasitelerini ve kullanım opsiyonlarını (çalışma prensiplerini), sınırlılıklarını bilmek işletme mühendislerine karar aşamalarında yaralı olacaktır. Üretici firmaların kataloglarında veya standart maden iletme yöntemleri içinde tarif edildiği gibi (Şekil 4.16), hidrolik yürüyen tahkimat üniteleri genellikle 2 veya 4 hidrolik direkten (pistondan) oluşacak şekilde üretilmektedir. Mekanize uzunayak sistemini oluşturan; tavan yüküne karşı kullanılan YTÜ'ler, kömürü kesmesi için

kullanılan tamburlu kesici ve kömürü arından tabanyoluna ulaştıracak zincirli konveyör mühendislerin kararlarıyla verimli bir kömür üretim aracı halini alacaktır. Uzunayak planlama aşamasındaki ön işletme ve kaya mekaniği verilerinin eksik olması, ayak çalışırken alınan uygulama verilerinin yeterli olmaması mühendislerin değerlendirmelerini etkileyecektir. Bu durum ise ilgili maden işletmesini, kârlı olduğu için uyguladığı mekanize sistemle birlikte bir kaosa sürükleyerek iflas etmesine yol açabilecektir. Bu nedenle YTÜ'lerin kullanımı sırasında üzerlerine gelen yükleri belirleyerek, bu tahkimatların farklı madenlerde, farklı uzunayak panolarındaki davranışlarını izlemek önemlidir. Bu konudaki çalışmalar hem maden şirketleri bazında hem de ulusal düzeyde tecrübenin artmasına katkı sağlayacaktır.



Şekil 4.16. Uzunayak işletmelerinde kullanılan YTÜ'ün çalışma ortamında, ayak ilerledikçe ilerleme aşamaları. a) Tahkimat üst plakasının indirilmesi, b) Tahkimatın ilerlemiş arına doğu ötelenmesi, ilerletme c) YTÜ'nün sıkılanması, d) YTÜ'nün tavan yükünün artışıyla yüklenmesi, dış yükleme, (Wittek ve Prusek 2015).

5. UZUNAYAKLARDA YÜRÜYEN TAHKİMATLAR ÜZERİNDE OLUŞAN YÜKLERİN TAHMİNİ

YTÜ'lerin 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, bunlar; tavan tabakasının ağırlığı ve tavan tabakasının yatay hareketleri sırasında oluşan arına paralel ve dikey olarak gelişen yanal kuvvetlerdir. Göçük sarması üzerine gelen yük ise sarma üzerine yığılan göçmüş tavan tabaka parçalarının ağırlığıdır. Bu konuda araştırma yapan birçok araştırmacı özelikle tavan sarması üzerine gelen tavan tabakasının ağırlığından dolayı oluşan yükün hesaplanması üzerine yoğunlaşmışlardır.

5.1. Genel Yaklaşım

İngiltere'de bu konu ile ilgili yayımlanmış çalışmalara göre, hidrolik yürüyen tahkimatların minimum taşıma kapasitesi, Şekil 5.1'de gösterildiği gibi, üretimi yapılacak olan damar kalınlığına bağlı olarak aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir, (Birön ve Arıoğlu, 1980).

$$Pmin = \gamma . \frac{m}{K-1} \qquad (5.1.)$$

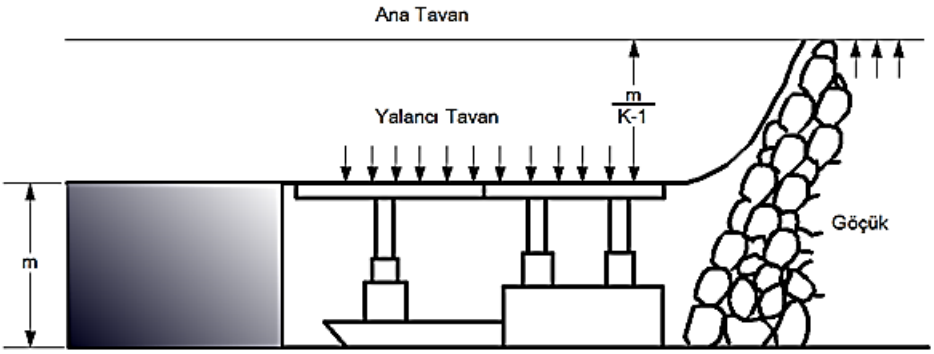
Burada;

Pmin : tahkimatın minimum taşıma kapasitesi,

γ : tavan taşının ortalama yoğunluğu,

m: damar kalınlığı,

K: tavan taşının hacimce kabarma faktörüdür.



Şekil 5.1. Ayak içinde kullanılan YTÜ üzerine gelen yükün hesabı (Birön ve Arıoğlu, 1980).

5.2. Wilson Yaklaşımı

Bu konuda çalışma yapan bir başka araştırmacı Wilson (1975). YTÜ'lerin üzerinde serbest blok olarak yer alan yalancı tavan tabakalarının hemen tahkim edilmesi gerektiğini kabul etmektedir (Şekil 5.2). Wilson, parçalandıktan sonra göçmeye başlayan tavan katmanlarının oluşturduğu göçük malzemesi hacminin, üretim yapılacak damarın tavanında bulunan bakir kayaçların hacmine göre 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.

$$MLD = W.\left(\frac{\sin\propto}{\tan\emptyset} + \cos\propto\right) \quad \frac{kN}{m^2} \tag{5.2}$$

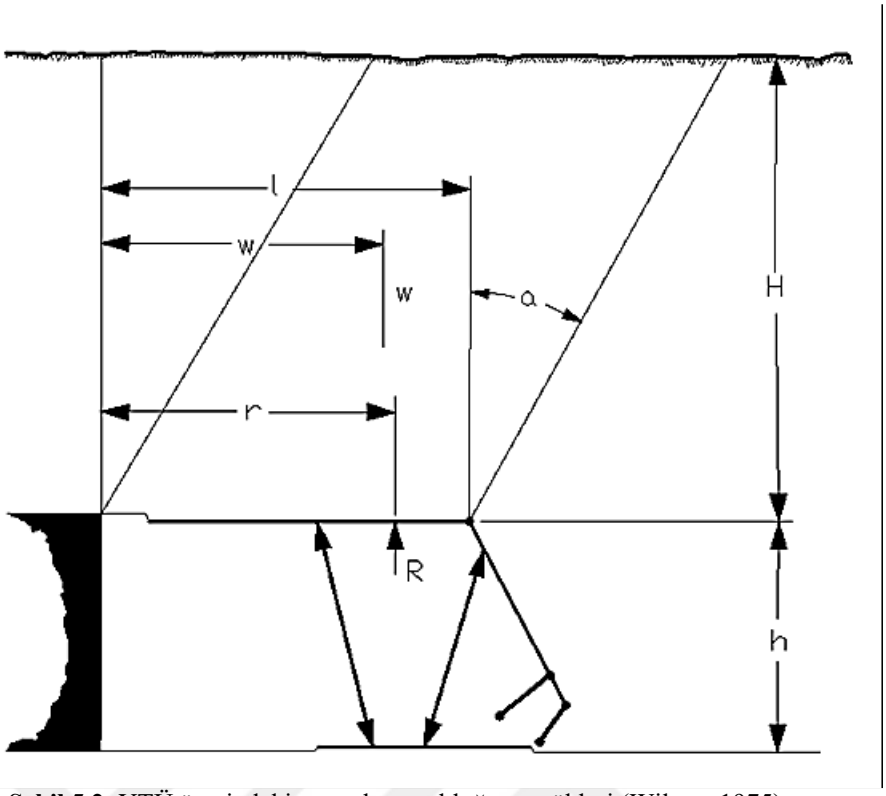
Burada;

MLD : ortalama yük yoğunluğu,

W : yalancı tavanın statik ağırlığı (kN/m^2),

α : damar eğimi (derece)

Ø : tabakalar arasındaki sürtünme açısıdır.



Şekil 5.2. YTÜ üzerindeki tavan kayacı bloğu ve yükleri (Wilson, 1975).

5.3. Jacobi Yaklaşımı

Jacobi (1981) tarafından gerekli minimum yük yoğunluğu, eğimli damarlar için hesaplanmıştır. Eğimi 18° olan bir damar için hesaplanan minimum yük yoğunluğu, Jacobi tarafından kazı yüksekliğinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Gerekli yük yoğunluğu (A) aşağıdaki eşitliği kullanılarak bulunabilir;

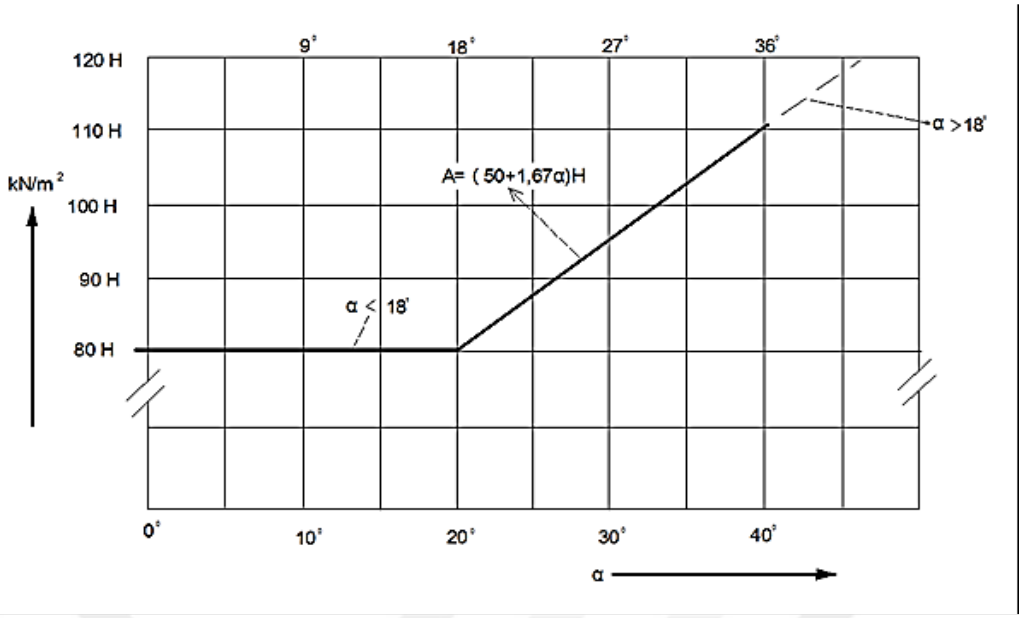
$$A=(1{,}6)x(2)x(25)xH \tag{5.3}$$

Burada; H sembolü damar kalınlığını (m), gösterirken; tavan taşı yoğunluğu 25 kN/m^3; emniyet katsayısı da 1,6 değerinde ve kaya yükü yükseklik faktörü de 2 (kömür damar kalınlığının 2 katı) olarak alınmıştır.

Jacobi (1981), eğimli damarlar için gerekli değişiklikleri yaptıktan sonra eşitliğin son durumunu aşağıdaki gibi vermiştir;

$$A=(50+1{,}67.\alpha)H \tag{5.4}$$

Burada formüle eklenen "α" değişkeni "kömür damarının eğimidir (derece), (Şekil 5.3). Bu eşitlik α > 18° için geçerlidir, α < 18° olduğu durumda ise A=80H eşitliği geçerli olmaktadır.



Şekil 5.3. Eğimli damarlarda tavan yükü hesaplanması (Jacobi, 1981).

5.4. Ayrılmış Tavan Bloğu Methodu

Ayrılmış tavan bloğu methodu *(Detached roof block method)* YTÜ üreticileri tarafından en çok kullanılan, tahkimat üzerine gelen yük hesaplama yöntemidir. Bu yöntem Peng (2006) tarafından önerilmiştir. Bu metotta tavan taşından ayrılan tavan bloğu yüksekliğinin tahmininde iki faktör kullanılmaktadır. Bunlar stratigrafik yapı ve kabarma faktörüdür. İlk olarak, sondaj stratigrafik tabakalaşma verileri kullanılarak, yalancı tavan ve ana tavan kontak yüzeyi saptanır. Kontak yüzeyinin bulunduğu nokta kömür damarı üzerindeki yalancı tavanın kalınlığını verir. Yalancı tavanın ne kadar kısmının kazı sonucu oluşan boşluğu dolduracağı hacimsel kabarma faktörü ile saptanır. Böylece göçen tavan kayaçları oluşan kazı boşluğunu doldurur ve göçmeyen tavan tabakalarını tahkim eder. Sonuç olarak, saptanan serbest tavan bloğunun yüksekliği hidrolik yürüyen tahkimat tarafından taşınacak yükün hesabında kullanılır (Şekil 5.4). Serbest tavan bloğunun ağırlığı; aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$W = \frac{HB\gamma L}{K_0 - 1} \tag{5.5}$$

Burada,

W:serbest tavan bloğunun ağırlığı,

H: kazı yüksekliği,

B: tahkimatlar arası mesafe (merkezden merkeze),

γ: yalancı tavanın yoğunluğu,

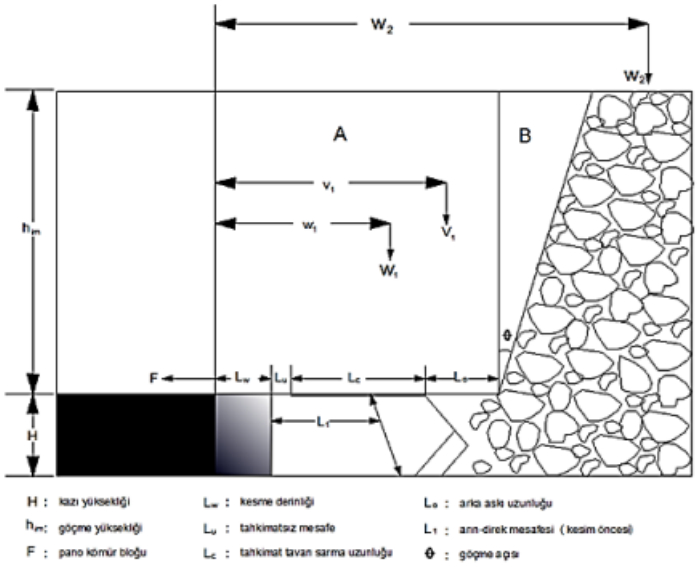
L: kesimden önce veya kesim sonrası bloğun uzunluğu,

Ko: yalancı tavanın orijinal kabarma faktörüdür.

Kabarma faktörünün Ko=1,1 - 1,5 değerleri arasında olması durumunda, serbest tavan bloğunun ağırlığı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$W=(2\text{-}10)\ HB\gamma L \tag{5.6}$$

Bu bağıntıya göre, ana tavan sarması üzerindeki kaya bloğunun ağırlığı, hacimsel kabarma katsayısının seçimine göre değişmektedir. Bu değişim, bazı durumlarda kazı yüksekliğinin 2 ile 10 katı arasında olmaktadır.



Şekil 5.4. YTÜ'lerde genelleştirilmiş tavan yükü modeli (Peng, 2006).

5.5. Göçertme Uygulanan Kalın Kömür Damarlarında Kullanılan Yöntem

Göçertme uygulanan kalın kömür damarlarında tavan yükünü taşımak için kullanılan, YTÜ'lerin taşıma kapasitesini aşağıda verilen yaklaşımla da (Tianhe & Zhongming, 1999) hesaplamak mümkündür. Bu yaklaşımda, tahkimatın tavan sarması üzerine gelen yük (P1); tavanda bulunan (Şekil 5.5) kömür tabakasının ağırlığından ve bir kısmı göçen tavantaşı tabakalarının ağırlığından oluşur.

$$P_1 = \left(Mlb\gamma_1 + \frac{m}{Kp} lb\gamma_2\right).Kg \tag{5.7}$$

Burada,

P_1: tavan sarması üzerindeki yük,

M : tavan kömürü kalınlığı (m),

l : ayak genişliği (m),

b : tahkimat genişliği (m),

γ_1, γ_2 : kömür ve tavan taşı ortalama yoğunluğu (ton/m^3),

m : kömür damarı kalınlığı (m),

Kp: kabarma katsayısı,

Kg: dinamik yük katsayısı,

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

$$P_2 = m_2 sb\gamma_1 + \frac{m}{Kp} sb\gamma_2 \quad (5.8)$$

Burada;

P_2: göçük sarması üzerine gelen yük,

m_2: göçertilecek tavan kömürü yüksekliği (m),

s: göçük sarmasının yatay uzunluğu (m).

Hesaplanan P_1 ve P_2 değerleri düşünüldüğünde, hidrolik yürüyen tahkimat üzerindeki dikey kuvvet, bunların birleşimi olacaktır, $PV = P_1 + P_2$

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

$$P_H = \left(M\gamma_1 + \frac{m}{Kp}\gamma_2\right) bm_1 \tan(45^0 - \frac{\emptyset}{2}) \quad (5.9)$$

Burada;

P_H: yatay itme kuvveti,

m_1: tahkimatın ortalama yüksekliği (m),

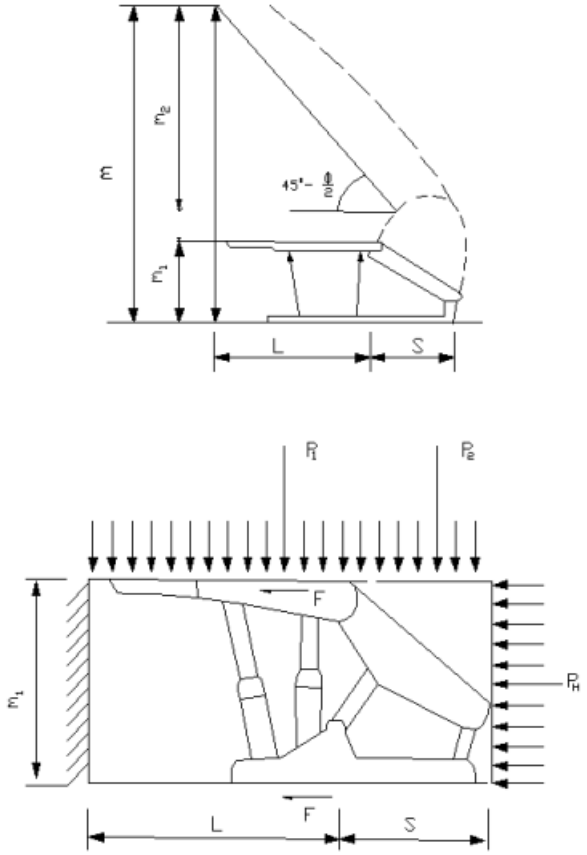
Ø: kömür yığını içsel sürtünme açısı (20°).

$$P = n\sqrt{(PV)^2 + (PH)^2}(\text{ton/ünite}) \quad (5.10)$$

Burada;

P: toplam taşıma kapasitesi (ton /ünite),

n: emniyet katsayısıdır (n=2).



Şekil 5.5. Göçertmeli uzunayaklarda YTÜ üzerine gelen yükler (Tianhe & Zhongming, 1999).

5.6. Konak Yaklaşımı

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

$$h = \frac{m(1-\vartheta)[s(\gamma_1-\gamma_2)+\gamma_2]}{(K-1)(1-s)\gamma_2} - \frac{m\vartheta(Kc-1)}{(K-1)} \quad (5.11)$$

Burada:

h : yalancı tavan yüksekliği (m),

m: maksimum damar kalınlığı (m),

v : kömür kaybı (%),

s : kömüre taş karışımı (%),

γ_1 : kömür yoğunluğu (ton/m^3),

γ_2 : tavan taşı yoğunluğu (ton/m^3),

K : tavan taşı kabarma faktörü,

Kc: kömür kabarma faktörü.

Tahkimat direnci; YTÜ'lerin iki ana hidrolik direk (piston) silindirlerine eşdeğer yüklerin geldiği kabul edilerek basınç ölçüm değeri iki ile çarpılarak aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilmektedir. Bu yaklaşımda, 3 m yükseklikte, hidrolik direk silindir eğimleri 85^o olduğundan η = Sin 85^o = 1 olarak kabul edilmiştir.

$$P = 2\,\eta\,p\,A = 2\,\eta\,p\,(\frac{\pi d^2}{4}) \qquad (5.12)$$

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),

d: direk silindir iç çapı (m)

η : yürüyen tahkimat randımanı.

5.7. Eynez Ocağında Oluşan Yüklerin Hesaplanması

Eynez linyit ocağında sondaj bilgileriyle rezervi belirlenen linyit damarı uzanımı ve detayları ele alındığında YTÜ'ler üzerine gelen yükler aşağıdaki gibi belirlenmiştir. Bu hesap yapılırken seçilen yöntemler, Tianhe ve Zhongming yaklaşımı ile Konak yöntemleridir. Bunun sebebi, bu çalışmada en çok veriye sahip olunan ve en net verilerin kullanılabileceği, bilinmeyenlerin olmadığı eşitliklerin bunların olmasıdır.

5.7.1. Tianhe ve Zhongming Yaklaşımı ile Hesaplama

Bu yaklaşımda kullanılacak veriler Tianhe ve Zhongming (1999) tarafından önerilen eşitlikler de yerine konularak, aşağıda sunulan hesaplamalar yapılmıştır.

Bu eşitlikte yerine konulacak veriler aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

M : tavan kömürü kalınlığı (m) = 7,0

l : ayak genişliği (m) = 3,2

b : tahkimat genişliği (m) =1,5

γ_1, γ_2 : kömür ve tavan taşı ortalama yoğunluğu (ton/m^3) =1,4 ve 2,2

m : kömür damarı kalınlığı (m) = 10,0

Kp : kabarma katsayısı (formül değeri) = 0,5

Kg : dinamik yük katsayısı = 1,2

m_2 : göçertilecek tavan kömürü yüksekliği (m) = 7,0

s : göçük sarmasının yatay uzunluğu (m) = 2,529

$$P_1 = \left(Mlb\gamma_1 + \frac{m}{Kp} lb\gamma_2\right).Kg$$

$$P_1 = \left(7x3{,}2x1{,}5x1{,}4 + \frac{10}{0{,}5} 3{,}2x1{,}5x2{,}2\right). 1{,}2$$

$$P_1 = 309{,}888\ ton$$

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

$$P_2 = m_2 sb\gamma_1 + \frac{m}{Kp} sb\gamma_2$$

$$P_2 = 7x2{,}529x1{,}5x1{,}4 + \frac{10}{0{,}5} 2{,}529x1{,}5x2{,}2$$

$$P_2 = 204{,}0903\ ton$$

Sonuç olarak böylece tahkimat üzerindeki düşey kuvvet;

PV= *P1+ P2*

PV= 309,888+291,072 = 513,978 ton

YTÜ üzerindeki yatay itme kuvveti ise göçükteki kömür ve pasa tarafından üretilen yanal basınçtan kaynaklanır. Yatay itme kuvveti (P_H), (Eşitlik 5.9) aşağıdaki bağıntı ve Eynez kömür ocağı verileri kullanılarak şu şekilde hesaplanabilir.

$$P_H = \left(M\gamma_1 + \frac{m}{Kp}\gamma_2\right) bm_1 \tan(45^0 - \frac{\emptyset}{2})$$

$$P_H = \left(7x1{,}4 + \frac{10}{0{,}5} x2{,}2\right) 1{,}5x3x \tan(45^0 - \frac{40}{2})$$

$$P_H = 52{,}6429\ ton$$

Tahkimatın toplam taşıma kapasitesi (P) ise:

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

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

$$P = 2\sqrt{(495{,}1623)^2 + (52{,}5357)^2}$$

$$P = 1033{,}3343\ ton = 10333{,}343\ kN$$

5.7.2. Konak Yöntemi ile Hesaplama

Bir önceki yaklaşımda olduğu gibi, bu yaklaşımla önerilen aşağıdaki formülde, (eşitlik 5.11), Eynez linyit ocağından elde edilen veriler yerine konularak gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

h: yalancı tavan yüksekliği (m),

m: maksimum damar kalınlığı (m) = 10

v: kömür kaybı (%) = 5

s: kömüre taş karışımı (%) = 15

γ1: kömür yoğunluğu (ton/m3) = 1,4

γ2: tavan taşı yoğunluğu (ton/m3) = 2,2

K: tavan taşı kabarma faktörü = 1,6

Kc: kömür kabarma faktörü = 1,3

A: YTÜ tavan alanı(m^2)=13,33

Bu veriler arasında bulunan v, s, değerlerine, işletme koşulları göz önünde bulundurularak yapılan değerlendirme ve kabullere göre karar verilmiştir.

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

$$h = \frac{10x(1-0{,}05)x[0{,}15x(1{,}4-2{,}2)+2{,}2]}{(1{,}6-1)x(1-0{,}15)x2{,}2} - \frac{10x0{,}05x(1{,}3-1)}{(1{,}6-1)}$$

h = 17,36 m

v= 17,36 x 2,2= 38,19 ton/m^2

YTÜ'nün taşıyacağı tavan yükü,

Pv = v x A

Pv = 38,19 x 13,33 = 509,21

Pv = 509,21 ton (5071,8 kN)

YTÜ taşıma kapasitesi,

P = n x Pv

P = 2 x 5071,8

Burada, n: emniyet katsayısıdır (n=2)

P = 10143,6 KN

Bu hesaplamalardan edinilen değerlere göre, işletme şartları için belirlenen veriler ile bir kıyaslama yapıldığında, bu işletmede uygulanan tahkimat kapasitesi yeterli görülmektedir.

6. EYNEZ OCAĞINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN BASINÇ ÖLÇÜMLERİ

YTÜ'lerin çeşitleri düşünüldüğünde, uzunayak başında ve sonunda kullanılan tahkimatlarla, ayak içinde kullanılanlarında tasarım farklılıkları ve taşıdıkları yüklerde farklılıklar olacağı aşikârdır.

Ocak içine yerleştirilen YTÜ'lerin her birine gelen tavan yükü, bu tahkimatın hidrolik devrelerini etkileyecek ve tahkimat içindeki hidrolik basınç artacaktır. Eynez kömür ocağı uzunayak uygulamasında ayak içindeki YTÜ ünitelerindeki hidrolik basınçlar, Şekil 6.1'de gösterilen "pmc-r" cihazında gösterilebildiği için, bu basınçların belirli zaman dilimlerinde manuel olarak kayıt edilmesi gerekmektedir. Uzunayakta bulunan YTÜ'ler için elle yapılan bu kayıt takip işlemlerinin sonunda, ayak üzerinden ayakta bulunan YTÜ'lere gelen yükleme konusunda değerlendirme işlemine geçilmiştir.

Bu ölçümlerin yapılması sonucunda, uzunayak YTÜ'lerinin birbirlerine göre hidrolik basınç farklılıkları, bu farklılıkların kömürün kesilmesine göre gösterdiği değişimler belirlenerek detaylı incelemeleri yapılmıştır. Bu araştırma kapsamında sağlanan ölçüm verileri 2016 yılı Kasım-Aralık aylarında M1 panosundan; 2017 yılı Temmuz-Ağustos aylarında da M2 panosundan elde edilmiştir.



Şekil 6.1. YTÜ'leri kumanda etmek için kullanılan pmc_r kumanda ekipmanı.

6.1. M1 Panosuna Ait Ölçüm Değerleri

Eynez ocağında M1 panosu tam mekanize kömür kazı sistemiyle çalışmaktadır. Bu panonun, pano boyu 800 metre olup ayak uzunluğu 180 metre'dir. Bu uzunayakta 104 adet YTÜ kullanılmaktadır. Uzunayak boyunca kömür damarı kalınlığı ortalama 10 metre, ayakta kullanılan tamburlu kesici sayesinde elde edilen kömür arın kazı

yüksekliği de ortalama 3 metre'dir. Bu ocakta tercih edilen uzunayak üretim sistematiği gereği kömür damarının 3 metrelik alt (taban) kısmı tamburlu kesici yükleyici ile kazılarak alınmakta, bu ayak çalışması üstünde kalan kömür damarı kısımları da (geride kalan kömür) uzunayak arkasından (göçük kısmından) göçertme uygulamasıyla alınmaktadır.

Ölçüm yapışan uzunayak YTÜ'lerinde gözlenen basınç değişim ölçümleri tüm ayak içerinde 104 adet YTÜ üzerinde yapılmıştır. Bu ölçümler, ayak içi kömür kazı aşamalarına göre (kömür kesimi, arka göçükten kömür alımı, ayağın beklemesi) ölçülmüştür. Bu ölçümlerin incelenmesi sonucu 3 tip basınç durumunun varlığı gözlemlenmiştir. Bunlar;

1. Artan tip basınç değişimleri,
2. Azalan tip basınç değişimleri,
3. Durağan tip basınç değişimleri'dir.

6.1.1. Artan Tip Basınç Değişimleri

Ayak içi YTÜ'lerde gözlenen artan tip basınç değişimleri, YTÜ'nün arına doğru ilerletilip ön yükleme yapıldıktan sonra, bu tahkimat ünitelerinin hidrolik sistemlerinde oluşan basıncın artarak devam etmesi durumudur. Bu durumun gerçekleşme koşulu, tavan taşının sağlam olması ve tavan tabakalarından gelen yükün komple yürüyen tahkimata oturması ile gerçekleşmektedir.

6.1.2. Azalan Tip Basınç Değişimleri

Azalan tip basınç değişimleri, YTÜ'ler ilerletilip, bu ünitelere ön yükleme yapıldıktan sonra, bu ünitelerin hidrolik sistemlerinde gözlenen basıncın giderek düşmeye devam etmesi şeklinde gözlemlenmektedir. Bu durumun gerçekleşmesi için, yürüyen tahkimat ünitesinde bazı olaylar zincirinin oluşması gerekmektedir. Öncelikle ayaktaki pozisyonunda ön yüklemesi yapılan tahkimat yavaş yavaş veya hızla tavan yükünü almaya başlamaktadır. Bu yükleme dinamiği, ayak içindeki çalışma şartlarına ve kömür damarı kaya mekaniği özelliklerine göre değişecektir. Tavan yükünü alarak tahkimat görevini yapan YTÜ'ler, içindeki hidrolik basınç değerleri, sonunda önceden ayarlanmış bir limit değerine (ayar basıncına) ulaşınca, otomatik valflar açılarak ilgili YTÜ'ler içindeki hidrolik basıncın düşmesini sağlarlar. Bu durum tahkimat yüksekliğinin çok az miktarda da olsa azalmasına neden olacaktır. Otomatik olarak kontrol edilen bu basınç ayarlama işlemi, YTÜ'ler içindeki hidrolik basınç değerlerinin

önceden ayarlanmış normal taşıma değerlerine gelene kadar devam etmesi beklenilir. Bu olayın gerçekleşmesi azalan tip basınç değişimine verilebilecek bir örnek olacaktır.

6.1.3. Durağan Tip Basınç Değişimleri

Durağan tip değişimlerde, YTÜ'nün ilerletilip ön yükleme yapıldıktan sonra oluşan basıncın, ayar basıncına gelip, belirli bir süre bu basınç seviyelerinde (aynı seviyelerde) devam etmesi şeklinde gözlemlenmektedir. Ayak tahkimatları üzerine gelen yüksek veya nispeten düşük seviyelerdeki tavan basıncının, ayak çalışması sırasında çok değişmemesi ve hemen hemen aynı değerlere yakın takip etmesi, tahkimat ünitelerinin fazla değişmeyen (göreceli olarak durağan) bir yükleme altında çalıştıklarına işarettir.

6.2. M1 Panosuna Ait Verilerin Toplanması

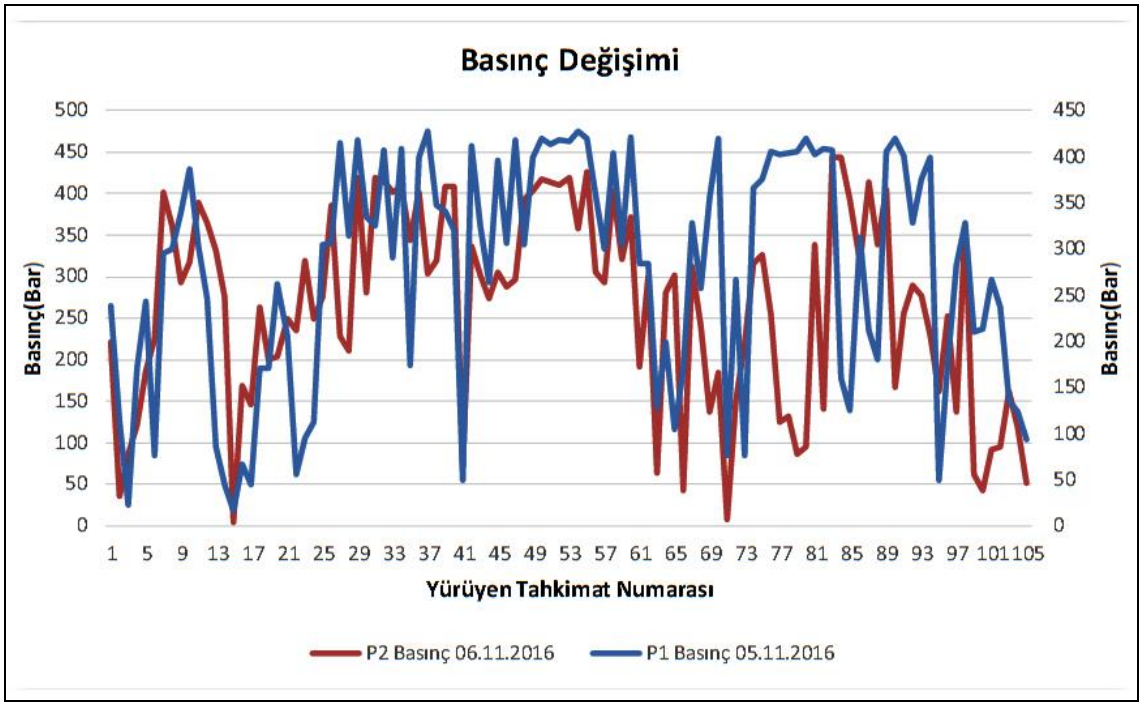
Soma, Eynez kömür ocağında yapılan bu araştırmada uzunayak YTÜ'lerinde meydana gelen tavan yükünün durumu bu YTÜ'ler içinde gerçekleşen hidrolik sıvı basınç değişimlerinin izlenmesiyle gerçekleştirilmiştir.

a) Öncelikle ayak içinde gerçekleştirilen madencilik çalışmalarının, YTÜ üzerine gelen tavan yüklerini etkilediği klasik uzunayak tecrübelerinden bilinmektedir. Bu nedenle ayak içi YTÜ'lerine gelen tavan yükleri, ayakta herhangi bir kazı çalışmasının yapılmadığı bir zaman aralığında ölçülerek kazı çalışmalarının etkisinden ayrı olarak belirlenmek istenmiştir. Bu amaçla 5.11.2016 (saat 23:15) tarihinden bir sonraki gün olan 6.11.2016 (saat 09:45) tarihine kadar geçen ayak bekleme süresinde (toplam 630 dakika) ölçümler alınmıştır.

Çizelge 6.1. Eynez, M1 Panosunda bulunan uzunayakta, 05.11.2016 tarihinde saat 23.15'den 06.11.2016 tarihi saat 09.45'e kadar olan bekleme süresinde YTÜ'lerde elde edilen hidrolik basınç (Bar) değerleri (ölçüm sırasındaki uzunayak pozisyonu: AB(Ayakbaşı)=197,5m ve K(Kuyruk)=200m).Ayakbaşı ve Kuyruk mesafeleri başlangıçtan itibaren toplam ilerlemeyi göstermektedir.

Tah. No	İlk(P1) Basınç (bar)	Son(P2) Basınç (bar)	Fark (bar)	Tah No	İlk(P1) Basınç (bar)	Son(P2) Basınç (bar)	Fark (bar)	Tah. No	İlk(P1) Basınç (bar)	Son(P2) Basınç (bar)	Fark (bar)
RW	238	221	-17	35	399	401	2	70	76	8	-68
1	114	35	-79	36	428	303	-125	71	267	152	-115
2	22	86	64	37	347	319	-28	72	76	219	143
3	171	122	-49	38	341	409	68	73	366	315	-51
4	244	187	-57	39	321	408	87	74	375	327	-48
5	77	224	147	40	49	73	24	75	406	354	-152
6	295	402	107	41	412	337	75	76	403	125	-278
7	300	361	61	42	325	301	24	77	404	132	-272
8	339	293	-46	43	263	273	10	78	405	87	-318
9	387	317	-70	44	396	305	-91	79	420	95	-325
10	303	389	86	45	306	288	-18	80	402	338	-64
11	247	365	118	46	418	296	-122	81	408	141	-267
12	86	331	245	47	304	393	89	82	407	444	37
13	44	276	232	48	400	403	3	83	159	443	284
14	17	5	-12	49	419	418	-1	84	125	393	268
15	66	168	102	50	414	414	0	85	312	317	5
16	45	146	101	51	418	411	-7	86	212	414	202
17	170	263	93	52	417	419	2	87	180	339	159
18	171	201	30	53	428	358	-70	88	405	405	0
19	262	203	-59	54	420	426	6	89	420	167	-253
20	206	250	44	55	359	306	-53	90	401	256	-145
21	55	235	180	56	300	293	-7	91	328	289	-39
22	95	319	224	57	404	403	-1	92	376	277	-99
23	113	250	137	58	304	321	17	93	399	230	-169
24	305	275	-30	59	421	372	-49	94	50	162	112
25	307	386	79	60	285	192	-93	95	176	253	77
26	415	228	-187	61	285	300	15	96	283	137	-146
27	314	211	-103	62	129	63	-66	97	328	361	33
28	418	420	2	63	199	280	-81	98	210	62	-148
29	335	281	-54	64	104	301	197	99	214	42	-172
30	325	419	94	65	169	42	-127	100	267	92	-175
31	407	415	8	66	328	313	-15	101	237	96	-141
32	290	402	112	67	257	240	-17	102	136	162	26
33	408	409	1	68	355	137	-218	103	123	118	-5
34	174	343	169	69	419	184	-235	104	94	52	-42

Bu ölçümlerin alındığı tarihte M1 panosunda bulunan mekanize ayak pozisyonu; ayak başından ilerleme AB=197,5 metre; kuyruktan ilerleme K=200 metre olarak tariflenebilir. Ayak içinde görev yapan YTÜ'lerden elde edilen hidrolik basınç değerlerinin bu ölçümler sırasında genel olarak düştüğü gözlenmiştir. Bu değerlerin düşüşe geçtiği uzunayak lokasyonları (kısımlar) genel olarak tavantaşı tabakalarından gelen yüklerin neden olduğu yüksek hidrolik basınç seviye lokasyonlarıdır. Bu kısımlarda yeralan YTÜ'ler kendilerini önceden ayarlanan sınır basınç değerlerine göre dengelemeye çalışmaktadırlar. M1 panosundaki uzunayak için elde edilen basınç değişim grafikleri Şekil 6.2'de verilmektedir. Bu grafikte bahsi gecen kısımlar, sıra numara aralığı; 65.-81. ve 98.-101. arasında olan tahkimat ünitelerine denk gelen tavan pozisyonlarıdır.



Şekil 6.2. Eynez kömür ocağı, M1 panosunda, 5.11.2016 (saat 23:15) tarihinden bir sonraki gün olan 6.11.2016 (saat 09:45) tarihine kadar geçen uzunayak bekleme süresinde (toplam 630 dakika), YTÜ'lerde gelişen hidrolik basınç değişimleri, (Ayak pozisyonu: AB=197,5m, K=200m).

b) Ölçüm yapılan panoda uzunayak bekleme süresi sonunda ayakta kazı yapılırken de YTÜ'ler içinde gelişen hidrolik basınç ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerdeki amaç, arında tamburlu kesici kazı yaparken YTÜ'lerin hidrolik sistemlerinde gelişen basınç faklılaşmalarını incelemektir. Bu ölçümler sırasında tamburlu kesici yükleyici ve hidrolik yürüyen tahkimat yönü ayakbaşından kuyruğa doğrudur (YTÜ ilerletme yönü 1'den 104'e doğru). Bu amaçla yapılan ölçümlere verilebilecek bir örnek; 22.11.2016 tarihinde, saat 03:10 ile 04:10 arası yapılan

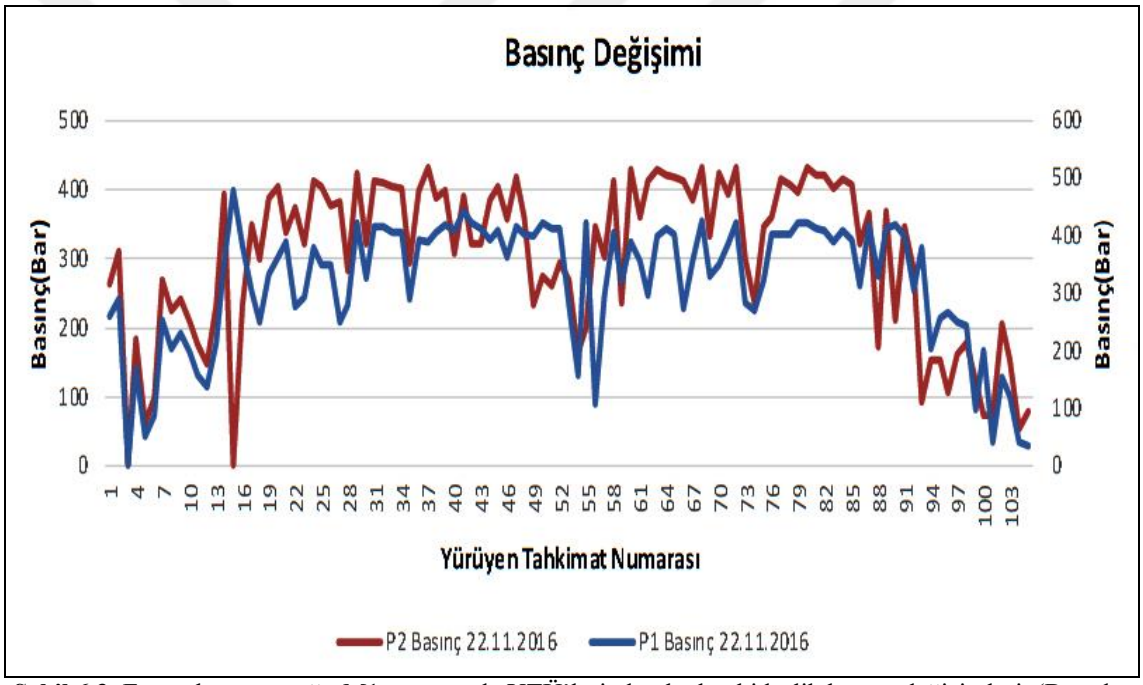
ölçümlerdir. Bu ölçümlerde, kömür kesim işleminden hemen önce (P1) YTÜ'ler içindeki hidrolik basınç değerleri elde edilmiştir. Bu ölçümden sonra, ayakta bulunan YTÜ'ler, peyderpey sırayla, kendi hizasındaki kömür kesimi tamamlanır tamamlanmaz, kesimden sonraki 1-3 dakika içinde ilerletilmektedir. İlgili YTÜ'nün ilerletilmesinden sonra tahkimatlara verilen sıkılama hidrolik basıncı bu tahkimatların üstüne rastlayan tavan tabakası farklılaşmasına göre değişim gösterecektir. İlgili YTÜ'lerin hidrolik sistemlerinde sıkılama sonrası gelişen basınç (P2) ölçülmüş, daha önce ölçülen P1 basınç değerleriyle birlikte Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Eynez kömür ocağı M1 panosunda bulunan uzunayakta 22.11.2016 tarihinde, saat 03:10 ile 04:10 arasında, YTÜ'lerde yapılan hidrolik basınç ölçüm sonuçları, (Kömür kesimi AB'den K'a doğrudur ve ayak pozisyonu; AB=230m, K=231m dir).

Tah. No	İlk (P1) Basınç (bar)	Son (P2) Basınç (bar)	Fark (bar)	Tah. No	İlk (P1) Basınç (bar)	Son (P2) Basınç (bar)	Fark (bar)	Tah. No	İlk (P1) Basınç (bar)	Son (P2) Basınç (bar)	Fark (bar)
RW	260	265	5	35	393	400	7	70	385	394	9
1	290	312	22	36	390	432	42	71	421	433	12
2	3	2	-1	37	407	389	-18	72	284	301	17
3	171	185	14	38	420	398	-22	73	271	237	-34
4	52	62	10	39	411	309	-102	74	324	346	22
5	88	99	11	40	441	390	-51	75	402	361	-41
6	254	269	15	41	422	322	-100	76	403	415	12
7	203	225	22	42	413	322	-91	77	402	408	6
8	232	243	11	43	392	386	-6	78	421	396	-25
9	198	210	12	44	409	405	-4	79	421	431	10
10	159	176	17	45	363	357	-6	80	412	421	9
11	137	148	11	46	416	419	3	81	409	421	12
12	215	233	18	47	403	360	-43	82	389	403	14
13	352	393	41	48	400	234	-166	83	409	415	6
14	480	2	-478	49	423	274	-149	84	394	408	14
15	383	235	-148	50	414	262	-152	85	315	323	8
16	305	349	44	51	414	295	-119	86	418	366	-52
17	251	299	48	52	279	269	-10	87	331	172	-159
18	333	389	56	53	157	164	7	88	412	368	-44
19	362	402	40	54	424	202	-222	89	418	212	-206
20	390	339	-51	55	107	347	240	90	401	346	-55
21	276	374	98	56	295	302	7	91	308	284	-24
22	295	323	28	57	405	414	9	92	379	92	-287
23	378	412	34	58	319	237	-82	93	205	153	-52
24	351	405	54	59	389	430	41	94	256	153	-103
25	350	378	28	60	355	361	6	95	267	107	-160
26	252	382	130	61	296	412	116	96	252	162	-90
27	281	282	1	62	398	429	31	97	245	178	-67
28	424	423	-1	63	414	420	6	98	98	123	25
29	327	322	-5	64	404	419	15	99	202	74	-128
30	416	414	-2	65	275	414	139	100	44	74	30
31	417	409	-8	66	358	384	26	101	155	205	50
32	407	405	-2	67	426	433	7	102	122	154	32
33	405	403	-2	68	329	333	4	103	41	54	13
34	290	293	3	69	349	425	76	104	37	79	42

Bu ölçüm sonuçlarından elde edilen grafik Şekil 6.3'de gösterilmiştir. Bu grafikte izlenen eğrilerden de anlaşılacağı gibi ayakta bulunan YTÜ'lerin hemen hemen hepsinde, P1 değerleri P2 değerlerinden fazla ölçülmüştür. Ölçüm yapılan zaman

aralığında arında tamburlu kesici ile yapılan kömür kesim işlemi sonrasında, YTÜ'lein sıkılanmasından sonra, bu ayakta bulunan bütün YTÜ'ler içinde gelişen hidrolik basınç seviyesi P1 değerlerine göre daha yüksek olmuştur. YTÜ'ler daha yüksek hidrolik basınç değerlerinden başlayarak üzerlerine yük almaya başlamıştır. Bunun yanında ayaktaki YTÜ sıra numarası 27. ve 38. üniteler arasında kalan YTÜ'lerde gözlenen hidrolik basınç değişim değerleri oldukça az olmuştur. Bu nedenle bu ünitelerde "durağan tip basınç değişimleri" gözlemlenmiştir. Aynı davranış şekli ayaktaki 1. ve 13. YTÜ'lerde de gözlenmektedir. Şekil 6.3 incelendiğinde tahkimat ünite aralığı 48.-51. ve 86.-97. kısımlara denk gelen YTÜ'lerde ise "azalan tip basınç değişimleri" gözlemlenmiştir. Bir başka basınç değişim türü olan "Artan tip basınç değişimi" bu ölçümlerde ancak lokal olarak birkaç YTÜ'de görülmüştür.



Şekil 6.3. Eynez kömür ocağı, M1 panosunda YTÜ'lerinde ölçülen hidrolik basınç değişimleri. (Burada; P1: Kömür kesimi öncesi ünitelerden ölçülen hidrolik basınçları, P2: Kömür kesimi sonrası, YTÜ'ler arına doğru ilerletildikten ve ön yüklemesinden (sıkılanmasından) hemen sonra, bu üniteler içinde gelişen hidrolik basınç değerlerini göstermektedir. Bu ölçümlerde çalışma yapılan ayak pozisyonu; AB=230m, K=231m dir).

c) Ayakta kömür kazısı yapılırken YTÜ'lerin hidrolik sistemlerinde gelişen basınç faklılaşmalarını anlamak için de ölçümler yapılmıştır. Bu ölçüm uygulamasında tamburlu kesici yükleyici ve YTÜ'lerin yönü ayakbaşından kuyruğa doğrudur (YTÜ ilerletme yönü 104'den 1'e doğru). Bu ölçüm uygulaması 25.11.2016 tarihinde, saat 02:30 ile 03:50 arasında geçen sürede yapılmıştır. Bu ölçümlerde, kömür kesim

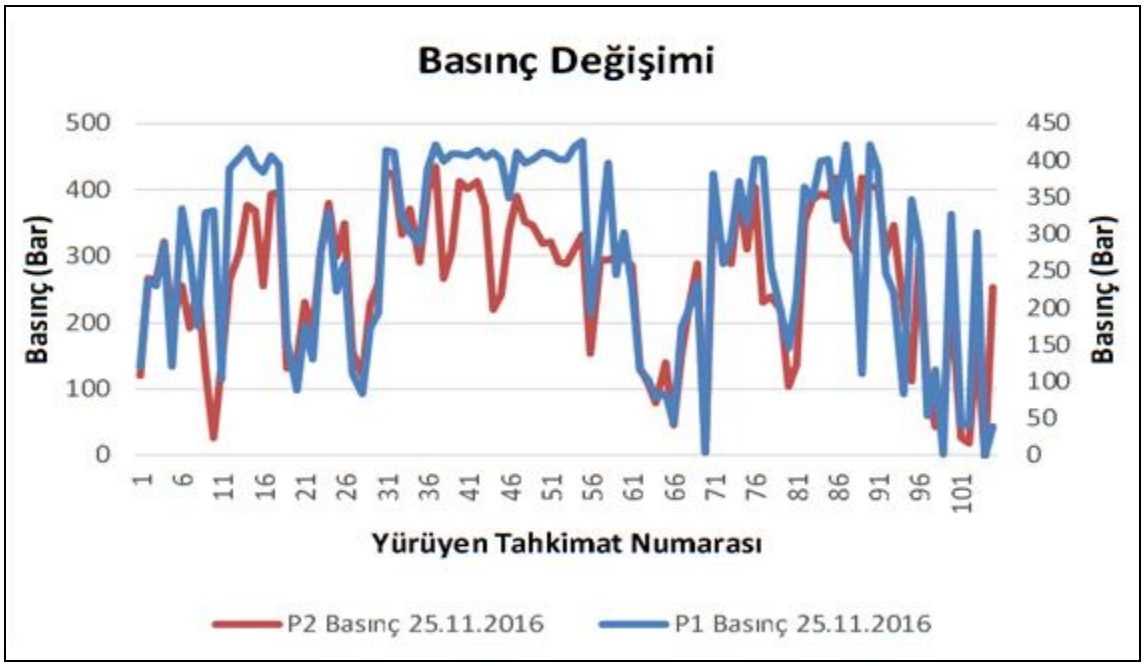
işleminden hemen önce YTÜ'lerin içinde oluşan hidrolik basınç değerleri, P1, elde edilmiştir. Bu ölçümden sonra, ayakta bulunan YTÜ'ler, peyderpey sırayla, kendi hizasındaki kömür kesimi tamamlanır tamamlanmaz, (kesimden sonraki 1-3 dakika içinde) arına doğru ilerletilmektedir. İlgili YTÜ'lerin ilerletilmesinden sonra tahkimat ünitelerine verilen önyükleme (sıkılama) hidrolik basıncı bu YTÜ'ler üstüne rastlayan tavan tabakası farklılaşmasına göre değişim gösterecektir. İlgili YTÜ'lerin hidrolik sistemlerinde sıkılama sonrası gelişen basınç P2 ölçülmüş, daha önce ölçülen P1 basınç değerleriyle birlikte Çizelge 6.3'de verilmiştir.

Çizelge 6.3. Eynez kömür ocağı M1 panosunda bulunan uzunayakta 25.11.2016 tarihinde, saat 02:30 ile 03:50 arasında, YTÜ'lerinde yapılan hidrolik basınç ölçüm sonuçları, (Kömür kesimi K'dan AB'ye doğrudur ve ayak pozisyonu; AB=235,5m , K=235m dir).

Tah. No	İlk (P1) Basınç (bar)	Son (P2) Basınç (bar)	Fark (bar)	Tah. No	İlk (P1) Basınç (bar)	Son (P2) Basınç (bar)	Fark (bar)	Tah. No	İlk (P1) Basınç (bar)	Son (P2) Basınç (bar)	Fark (bar)
RW	120	120	0	35	388	399	11	70	381	375	-6
1	238	267	38	36	421	435	14	71	261	306	45
2	230	264	34	37	399	26	-133	72	293	288	-5
3	287	323	36	38	408	309	-99	73	372	400	28
4	122	200	78	39	408	413	5	74	314	312	-2
5	355	255	-100	40	405	403	-2	75	402	405	-3
6	273	192	-81	41	414	413	-1	76	400	231	-169
7	176	257	81	42	403	375	-28	77	256	239	-17
8	330	126	-204	43	410	221	-189	78	196	219	23
9	333	27	-306	44	402	242	-160	79	147	105	-42
10	105	137	32	45	350	338	-12	80	216	137	-79
11	390	264	-126	46	411	392	-19	81	365	352	-13
12	404	305	-99	47	396	353	-43	82	346	385	39
13	417	377	-40	48	401	346	-55	83	398	394	-4
14	395	368	-27	49	412	319	-93	84	402	390	-12
15	385	257	-128	50	409	323	-86	85	320	418	98
16	407	394	-13	51	400	291	-109	86	422	326	-96
17	395	397	2	52	402	290	-112	87	325	307	-18
18	155	133	-22	53	419	311	-108	88	110	417	317
19	90	144	54	54	426	334	-92	89	422	404	-18
20	176	231	55	55	192	154	-38	90	389	404	15
21	130	183	53	56	294	294	0	91	248	305	57
22	277	306	29	57	397	295	-102	92	220	347	127
23	330	381	51	58	245	300	55	93	84	221	137
24	222	301	79	59	302	296	-6	94	347	112	-235
25	261	350	89	60	231	287	56	95	286	312	26
26	112	157	45	61	117	133	16	96	54	104	50
27	85	122	37	62	103	110	7	97	117	43	-74
28	174	229	55	63	79	79	0	98	3	68	65
29	193	259	66	64	84	141	57	99	327	231	-96
30	413	427	14	65	44	46	2	100	41	28	-13
31	412	424	12	66	173	154	-19	101	4	19	-22
32	324	332	8	67	201	228	27	102	301	167	-134
33	301	371	70	68	236	289	53	103	0	0	0
34	288	292	4	69	5	5	0	104	40	252	212

Bu ölçümlerde uygulama çalışmasının yapıldığı uzunayak pozisyonu; AB=235,5 metre, K=235 metredir. Bu ölçüm sırasında yapılan ölçüm sonuçları Şekil 6.4'de gösterilmiştir. Bu şekilden de anlaşılacağı gibi, P1 değerleri P2 değerlerinden hemen hemen bütün YTÜ'lerde fazla ölçülmüştür. Bu durumda ayakta yapılan kömür kesim

işlemi sonrasında, YTÜ'lerin ön yüklemesinden sonra, ayakta bulunan bütün YTÜ'ler içinde oluşan hidrolik basınç değeri, daha yüksek basınç değerlerinden başlayarak yük almaya başlamıştır. Bu uygulama çalışmasının sonuçları genel olarak incelenirse, ayakta YTÜ sıralama aralığı 37. ile 57. arasında bulunan ünitelerde YTÜ'ler içindeki hidrolik basınç değişimleri "azalan tip değişimler" olarak gözlemlenmektedir. Aynı şekilde 5.-18. tahkimat üniteleri arasında kalanlarda da "azalan tip basınç değişimleri" mevcuttur. YTÜ sıralaması 19. ile 29. arasındakilerde "artan tip basınç değişimleri" gözlenmiştir. Bu uygulamada "durağan tip basınç değişimleri" gözlemlenen kısımlar YTÜ sıralaması 58. ile 84. üniteler arasındaki YTÜ'ler olarak yorumlanmıştır.



Şekil 6.4. Eynez kömür ocağı M1 panosunda bulunan uzunayakta 25.11.2016 tarihinde, saat 02:30 ile 03:50 arasında, YTÜ'lerde gözlenen hidrolik basınç değişimleri (Kömür kesimi K'dan AB'ye doğrudur ve ayak pozisyonu; AB=235,5m ve K=235m dir).

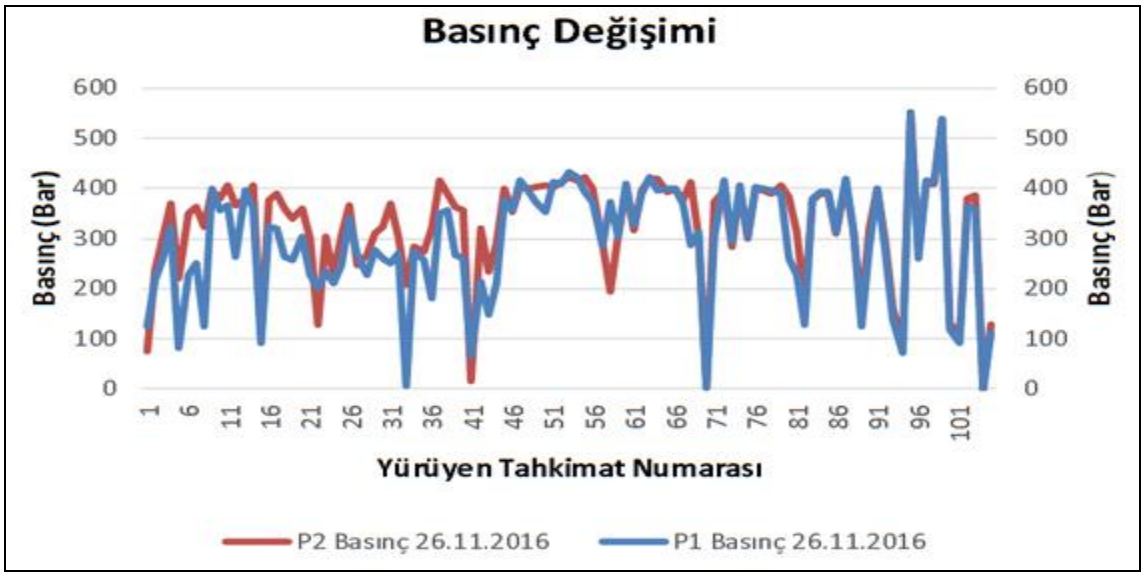
d) Soma-Eynez kömür ocağı M1 panosunda yapılan bu araştırmada uzunayaklarda kullanılan YTÜ'lere gelen tavan yükünün durumu YTÜ içinde oluşan hidrolik basınç değişiminin izlenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Çizelge 6.4 ve Şekil 6.5 bu amaçla toplanan verileri ve sonucunda çizilen grafiği göstermektedir. Bu uygulamanın verileri; 26.11.2016 günü, saat 22:10'den 27.11.2016 günü, saat 18:10'a kadar geçen bekleme süresinde (toplam 1200 dakika) ayakta bulunan YTÜ'ler içinde oluşan hidrolik basınç değişimini göstermektedir (Uzunayak pozisyonu: ayak başından uzaklık, AB=237 metre, Kuyruktan uzaklık, K=237 metre). Bu ölçümler, 81. ile 104. YTÜ arasında kalan YTÜ'lerde "durağan tip basınç değişimleri" gözlemlenmiştir. Aynı şekilde 70. ile 77.

üniteler arasında kalan YTÜ'lerinde "durağan tip basınç değişimleri" gözlemlenmiştir. Genel anlamda, 44. ile 66. YTÜ'ler arasındaki tahkimatlarda da "durağan tip basınç değişimleri" söz konusudur. Bu ölçüm sırasında "azalan tip basınç değişimi" gösteren tahkimat ünitelerine lokal olarak çok az sayıda rastlanmaktadır. "Artan tip basınç değişimi" gösteren tahkimat üniteleri 3.-7. , 15.-20. ve 27.-43. üniteler arasında gözlemlenmiştir. Çizelge 6.4 incelendiğinde genel olarak P1 basınç değerlerinin P2 basınç değerlerinden daha az olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 6.4. Eynez kömür ocağı M1 panosunda bulunan uzunayakta 26.11.2016 tarihinde, saat 22:10 ile 27.11.2017 tarihinde saat 18:10 arasındaki bekleme süresinde, YTÜ'lerinde yapılan hidrolik basınç ölçüm sonuçları, (ayak pozisyonu; AB=237m , K=237m dir).

Tah. No	İlk(P1) Basınç (bar)	Son(P2) Basınç (bar)	Fark (bar)	Tah. No	İlk(P1) Basınç (bar)	Son(P2) Basınç (bar)	Fark (bar)	Tah. No	İlk(P1) Basınç (bar)	Son(P2) Basınç (bar)	Fark (bar)
RW	125	75	-50	35	181	320	139	70	303	372	69
1	219	237	18	36	349	417	68	71	417	397	-20
2	261	320	41	37	356	390	46	72	293	285	-8
3	322	371	49	38	268	364	96	73	407	400	-7
4	82	220	138	39	260	355	95	74	304	299	-5
5	226	349	123	40	65	17	-48	75	402	399	-3
6	250	362	112	41	214	320	106	76	400	397	-3
7	126	324	198	42	149	234	85	77	395	388	-7
8	401	397	-4	43	211	289	78	78	389	406	17
9	355	378	23	44	376	399	23	79	261	383	122
10	367	407	40	45	356	353	-3	80	226	313	87
11	263	368	105	46	416	404	-12	81	130	176	46
12	397	381	-16	47	396	400	4	82	380	377	-3
13	359	406	47	48	372	403	31	83	394	390	-4
14	93	101	8	49	354	407	53	84	392	390	-2
15	324	377	53	50	413	404	-9	85	313	309	-4
16	320	389	69	51	408	412	4	86	419	411	-8
17	265	359	94	52	431	422	-9	87	312	312	0
18	256	339	83	53	423	417	-6	88	125	158	33
19	304	361	57	54	394	424	30	89	285	320	35
20	228	301	73	55	373	399	26	90	400	399	-1
21	201	127	-74	56	287	292	5	91	280	296	16
22	234	304	70	57	374	193	-181	92	138	162	24
23	211	228	17	58	303	308	5	93	71	90	18
24	249	306	57	59	408	400	-8	94	551	551	0
25	339	367	28	60	328	316	-12	95	260	282	22
26	267	249	-18	61	388	396	8	96	416	409	-7
27	228	268	40	62	422	420	-2	97	412	409	-3
28	276	311	35	63	395	414	19	98	538	538	0
29	261	323	62	64	398	394	-4	99	119	131	12
30	252	371	119	65	401	398	-3	100	92	105	13
31	269	302	33	66	371	376	5	101	363	380	17
32	5	209	204	67	287	413	126	102	360	387	27
33	275	284	9	68	314	304	-10	103	0	0	0
34	257	275	18	69	3	4	1	104	113	128	15

Çizelge 6.4'de sunulan veriler arasında farklılıklar mevcuttur. Bu farklılıklar her iki ölçüm uygulamasında belirlenen ayak pozisyon değerleri (AB ve K uzaklıkları) arasındaki mesafelerin birbirine olan uzaklıkları, bekleme sürelerinin farklılıklarıdır. Çizelge 6.4 içinde sunulan ölçüm sonuçlarının elde edildiği ayak maden işletme şartlarında, "bekleme süresi" 1200 dakikadır ve bu Çizelge 6.1 şartlarına göre daha uzun bir süredir. Ayak pozisyon değerleri olan AB ile K değerinin aynı olması, uzunayak diyagonallik mesafesinin olmaması anlamına gelmektedir. Böylece Çizelge 6.4'de elde edilen veriler bu ölçümlerde daha stabil değerlere ulaşıldığına işaret etmektedir.



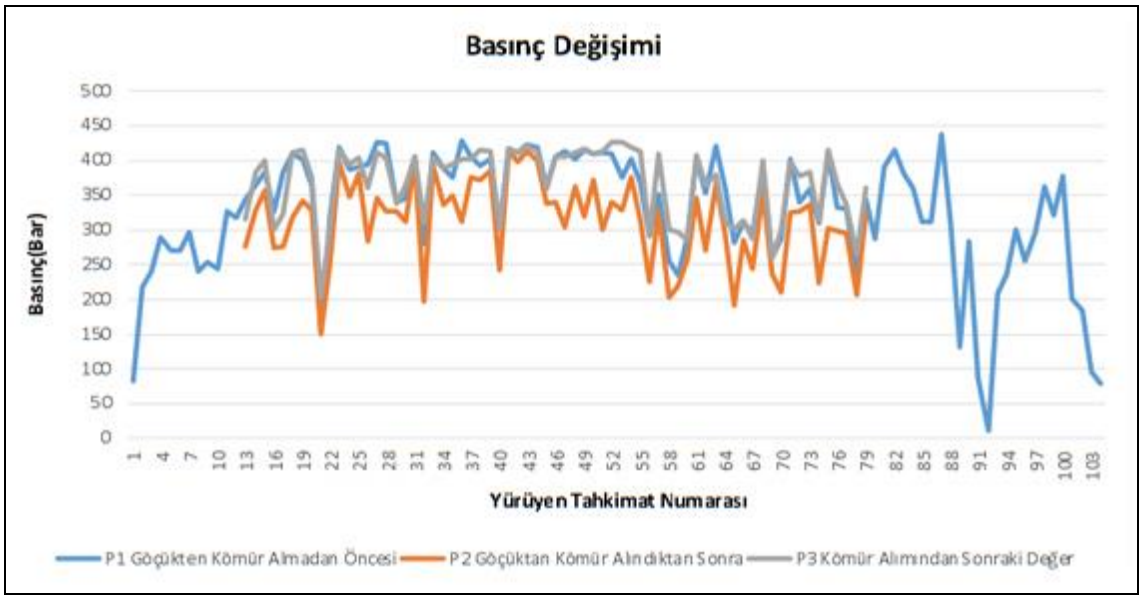
Şekil 6.5. Eynez kömür ocağı M1 panosunda bulunan uzunayakta 26.11.2016 tarihinde, saat 22:10 ile 27.11.2017 tarihinde saat 18:10 arasındaki bekleme süresinde, ayakta bulunan 104 YTÜ'lerde yapılan hidrolik basınç ölçüm sonuçları, (ayak pozisyonu; AB=237m , K=237m dir).

6.3. M1 Panosu-Uzunayak Göçük Kısmından Kömür Alımı Sırasında Yapılan Ölçümler

Soma Eynez kömür Ocağında 2016-2017 yılı içinde çalışılmakta olunan M1 panosunun uzunayak kısmında, mekanize madencilik yapılmakta ve bu ayakta YTÜ'ler kullanılmaktadır. Ayağın arın kısmında tamburlu kesiciyle kömür kazısı yapılıp YTÜ'ler ilerletilmektedir. Kömür damarının kalın olmasında dolayı bu ocakta kullanılan YTÜ'lerin tasarımının özel olması nedeniyle, göçük tarafına konulan zincirli konveyör sayesinde, göçük kısmından da göçen kömürlerin alınması yapılmaktadır. Bu işlem sırasında ayakta bulunan YTÜ'lerin bir kısmının göçük kısmındaki tavan plakaları kullanılarak kömürün akışı sağlanmakta, ayağın bu kısmından göçüp gelen tavan katmalarının içinde kömür akışı tamamlanıp, tavantaşı parçaları gelmeye başlayınca ayak arkasındaki tahkimat plakası kullanılarak göçük tarafındaki zincirli konveyöre akışının durdurulması sağlanmaktadır.

Çizelge 6.5. Eynez kömür ocağı M1 panosunda bulunan uzunayakta 14.12.2016 tarihinde, saat 16:00 ile 24:00 arasında ayağın göçük tarafından kömür alımı sonrasında yapılan ölçüm sonuçları(x ile gösterilen YTÜ'lerden kömür alımı gerçekleşmemiştir).

Tah. No	İlk (P1) Basınç (bar)	Kömür (P2) Alımı Sonrası (bar)	Son (P3) Stabil Basınç (bar)	Tah. No	İlk(P1) Basınç (bar)	Kömür (P2) Alımı Sonrası (bar)	Son (P3) Stabil Basınç (bar)	Tah. No	İlk(P1)Basınç (bar)	Kömür (P2) alımı sonrası (bar)	Son (P3) stabil Basınç (bar)
RW	x	x	x	35	376	350	394	70	287	211	300
1	82	x	x	36	428	312	402	71	401	324	398
2	218	x	x	37	405	375	402	72	339	327	378
3	240	x	x	38	392	372	415	73	358	337	384
4	290	x	x	39	402	385	413	74	309	223	314
5	270	x	x	40	300	242	300	75	412	302	415
6	270	x	x	41	417	414	417	76	333	299	367
7	297	x	x	42	412	398	412	77	331	295	336
8	241	x	x	43	422	413	421	78	231	207	264
9	254	x	x	44	418	400	414	79	344	324	361
10	245	x	x	45	362	338	358	80	288	x	x
11	327	x	x	46	405	340	405	81	390	x	x
12	318	x	x	47	413	304	406	82	415	x	x
13	343	276	316	48	401	362	411	83	381	x	x
14	364	329	384	49	416	320	417	84	361	x	x
15	384	356	400	50	410	371	410	85	311	x	x
16	327	274	300	51	412	300	414	86	311	x	x
17	384	276	323	52	410	339	427	87	438	x	x
18	409	317	411	53	375	328	427	88	308	x	x
19	401	342	416	54	401	376	419	89	131	x	x
20	365	329	376	55	368	313	414	90	283	x	x
21	153	151	203	56	291	225	293	91	86	x	x
22	319	254	306	57	352	327	409	92	11	x	x
23	418	399	415	58	256	202	300	93	209	x	x
24	387	348	395	59	235	220	297	94	236	x	x
25	390	381	403	60	290	258	286	95	300	x	x
26	395	284	361	61	404	345	408	96	256	x	x
27	427	345	411	62	353	270	364	97	297	x	x
28	424	326	403	63	420	367	379	98	362	x	x
29	340	327	338	64	360	294	312	99	321	x	x
30	346	311	364	65	282	192	300	100	378	x	x
31	406	400	406	66	312	285	314	101	200	x	x
32	280	198	309	67	295	245	287	102	184	x	x
33	412	393	404	68	387	355	400	103	95	x	x
34	389	336	388	69	261	236	259	104	78	x	x



Şekil 6.6. Eynez kömür ocağı M1 panosunda bulunan uzunayakta 14.12.2016 tarihinde, saat 16:00 ile 24:00 arasında, ayağın göçük tarafından kömür alımı öncesinde ve sonrasında YTÜ'lerde ölçülen hidrolik basınç değerleri.

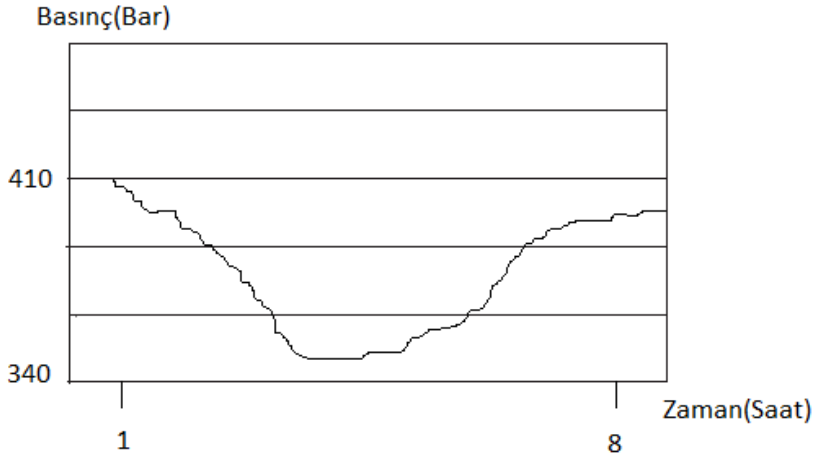
Bu çalışmalar sırasında ayakta bulunan YTÜ'lerin üzerindeki kömür ve tavantaşı tabakalarının arından göçük kısmına doğru giderek parçalanması ve tahkimatın tavan plakasına yakın mesafedeki tavan lokasyonlarında bulunanların parçalanarak ayağın arka tarafında göçerek tavandan aşağıya doğru gelmesi, ayak YTÜ'leri üzerinde dinamik kırılma-bloklanma işlevlerinin her zaman sürdüğünü göstermektedir. Ayakta göçük tarafından kömür alımı sırasında, ayaktaki YTÜ'ler üzerlerindeki yük azalıyor mu yoksa artış mı gösteriyor sorusunun cevabını araştırmak için, bu işlemlerin yapıldığı sürede ayakta bulunan YTÜ'ler içindeki hidrolik basınç takibe alınmıştır. Bu maksatla 14.12.2016 tarihinde ölçülen değerler Çizelge 6.5'de verilmektedir. Bu ayakta göçük kısımdan kömür alınma işlemi, ayakta bulunan YTÜ'lerin hepsinde aynı anda yapılmamaktadır, bu işlem belirli ayak tahkimat ünitelerini kapsayacak şekilde, işletmecilik şartlarına göre sırayla veya gruplar halinde yapılmaktadır. Bir başka deyişle, ayakta işletmecilik açısından durumu uygun olan YTÜ'nün bir kısmının göçük kısmından kömür alımı yapılırken bir kısmı o sırada beklemektedir. Yukarıda Çizelge 6.5'de verilen değerler 13. ile 79. üniteler arasındaki YTÜ'lerden alınmıştır. Bu verilerin grafikleri Şekil 6.6 gösterilmiştir. Çizelge 6.5'de görülen "x" değerleri ilgili tahkimat ünitesinin göçük tarafından kömür alımının yapılmadığını göstermektedir. Ölçümün yapıldığı zaman aralığında göçük kısmında kömür alımı yapılmayan YTÜ'ler 1.-12. ve 80.-104. üniteler arasında kalanlardır. Bu tahkimatlara ait P2 ve P3 basınç değerleri olmadığı için, Şekil 6.6'da verilen eğrilerden P2 ve P3 eğrileri bu tahkimat

ünitelerinde kesintiye uğramıştır. Bu ölçüm uygulaması maden işletmesinde izlenen 8 saatlik bir vardiya süresini kapsamıştır. Bu vardiyada (16:00-24:00 vardiyası) ilgili YTÜ'lerin her birisinin (sırayla) göçük kısmından kömür alımı yapılmıştır. Bu işlemler sırasında göçük kısmından alınabilecek (mümkün olan) bütün kömür alınmıştır.

İlgilenilen YTÜ'nün göçük kısmından alınan kömür bittikten sonra, bir sonraki YTÜ'ye geçilmiş, onun göçük kısmından alınabilecek kömür alınmaya başlanmıştır. Bu çalışma periyodu, vardiya sonuna kadar devam etmiş ve yukarıda verilen 13.-79. ünitelerinin göçük kısmından alınacak kömür alımı tamamlanmıştır. Çizelge 6.5 göçük kısmından kömür alınmadan önceki stabil durumda YTÜ'lerden alınan hidrolik basınç (P1) değerlerini göstermektedir. İkinci durum (P2) geriden kömür alımı bittikten sonraki durumu, üçüncü durum ise (P3), gerisinde kömür kalmayan yürüyen tahkimatların vardiya sonunda stabil konuma geçtikleri evreyi göstermektedir.

Şekil 6.6 incelendiğinde, göçük kısmından kömür alınmaya başlanınca ilk olarak ilgilenilen YTÜ'ler içindeki hidrolik basınç değerinin ortalama 60 bar civarında düşüş gösterdiği (P2 değerleri düşüşü) gözlenmiştir. Göçükten kömür alımı tamamlanan YTÜ'lerin bir sonraki vardiya başında gösterdikleri hidrolik basınç (P3) değerleri, ayak içinde gözlenen ortalama stabil basınç değerlerine yakın değerlerde olduğu izlenmiştir.

M1 panosunda uzunayakta arından ve göçük kısmından alınan kömürler, YTÜ'lerin üzerlerine gelen yüklemeyi etkilemektedir. Çizelge 6.5'de verilen P1, P2 ve P3 değerleri bu durumu açıklamaktadır. Bu çizelgede, P2 ve P3 değerlerine sahip YTÜ'ler en fazla P1 değerine sahip, 27. ve 43. hidrolik tahkimat ünitelerinin ilgili değerleri incelediğinde (P1,P2,P3 değerleri (bar) cinsinden; Ünite 27 için: 427; 345; 411, ünite 43 için: 422;413;421 olarak ölçülmüştür), kömür alımı sırasında tavan yüklemesinin biraz azaldığı ortaya çıkmaktadır. Örnek olarak takip edilen bir başka YTÜ için göçük tarafından kömür alınmaya başlamadan önceki P1 basınç değeri 410 bar civarındadır. Bu ünitenin göçük tarafından kömür alınmasının hemen sonrasında hidrolik sistemindeki basınç (P2) 345 bar civarına düşmüştür. Aynı YTÜ'nün göçük tarafındaki kömür alımının tamamlanmasından sonra, ilgili vardiya sonuna doğru (bu bekleme süresi maksimum 7-7,5 saatir) bu tahkimat ünitesi içinde ölçülen hidrolik basınç (P3) değerlerinin P1 değerine yakın seviyelere yaklaştığı (P3=400 bar) izlenmiştir. Bu davranış Soma-Eynez kömür ocağında kullanılan bütün YTÜ'lerde ortak bir özellik olarak gözlemlenmektedir.



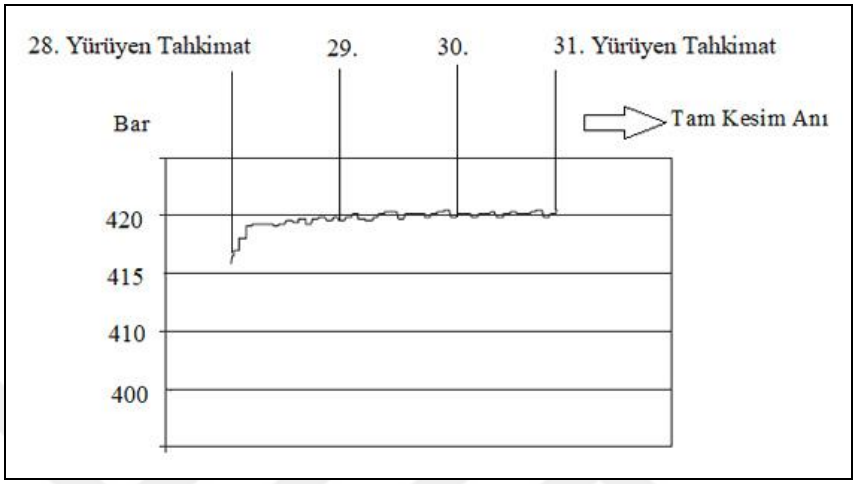
Şekil 6.7. Çalışmakta olan M1 panosu ayağında kullanılan bir YTÜ'nün göçük tarafından kömür alımı öncesi ve sonrasında (vardiya süresinde) kendi hidrolik sisteminden ölçülen basınç değişimi, genelleme olarak.

6.4. YTÜ Basınçlarının Arında Kömür Kesilmesi Sonucu Değişimi

Diğer mekanize uzunayak işletmelerinde olduğu gibi Soma-Eynez kömür ocağında kullanılan YTÜ'ler içinde oluşan hidrolik basınç değerleri, arında kömür kesimi yapan tamburlu kesicinin arındaki pozisyonuna göre değişim göstermektedir. YTÜ'nün ayaktaki pozisyonu ve kesicinin kesim yönü ve poziyonu ayak içindeki tavan yüklemelerini etkilemektedir. Bu etkileşim doğrultusunda ünitelerin hidrolik basınçlarındaki değişim tamburlu kesicinin işlevine ve yönüne göre farklılık gösterecektir. Bu durumu ugulamalı olarak Soma-Eynez M1 panosunda bulunan uzun-ayakta da gözlemlemek için, 22.11.2016 tarihinde bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Arında yapılan kömür kesimi sırasında yapılan gözlem örneğinde, uygulama süresi içinde bu YTÜ içindeki hidrolik basınç değeri 417 bar'dan 421 bara çıkmıştır. Bu ölçüm uygulamasının sonucunda elde edilen grafik Şekil 6.8'de verilmiştir.

Bu ayakta kömür kesimi yapan tamburlu kesici 29. YTÜ hizasına ilerleyip bu tahkimatın tam önüne denk gelen arın pozisyonunda kömür kesimi yaparken, 31. YTÜ içindeki hidrolik basınç 419 bar değerlerinde seyretmiştir. Tanburlu kesici pozisyonu ilerleyip 30. tahkimat ünitesi önünü kesmeye başlayınca, 31. YTÜ'deki hidrolik basınç seviyesi 419 bar değerlerinde ölçülmüştür. Tamburlu kesici 31. YTÜ önüne denk gelen arın pozisyonunda kömür kesimi yaparken, 31. YTÜ içinde anlık ve hızlı hidrolik basınç değişimleri gözlenmiştir. Bu hızla değişen yüksek basınç dalgalanmalarından sonra 31. YTÜ içindeki hidrolik basınç değeri 421 bar seviyesinde durağanlaşmıştır. Tamburlu kesicinin 31. YTÜ hizasına geldiği sırada, 31. YTÜ içindeki hidrolik basınç değeri 417 bar seviyesinde ölçülmüştür. Kömür kesiminin 31. YTÜ önüne denk gelen

arın pozisyonunda yapılıp, kesicinin 32. YTÜ önüne doğru ilerlemesinden sonra, 31. YTÜ içindeki hidrolik basınç 421 barda kalmış olup, bu YTÜ pozisyonu ilerletilene kadar bu basınç seviyesinde kalmıştır. 31. YTÜ ayak içinde yeni yerine (arına doğru) ilerletildikten sonra tavana önyükleme yapılmıştır (sıkılanmıştır). Bu önyükleme sonrasında 31. YTÜ içinde ölçülen hidrolik basınç değeri 408 bar olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.8. Soma-Eynez kömür ocağı, M1 panosundaki uzunayakta, 22.11.2016 tarihinde arında kömür kesimi yapılırken bu ayakta bulunan YTÜ sırası 28. sıra ile 31.sıra arasında bulunan ünitelerin içindeki hidrolik basınç değişimleri. Tamburlu kesicinin kömür kesim yönü işaretlenmiştir.

6.5. M2 Panosuna Ait Ölçüm Değerleri

Soma Eynez yeraltı kömür işletmesinde çalışmakta olan birbaşka üretim panosu da M2 panosudur. Bu pano tam mekanize sistemde çalışmaktadır. Bu panonun, pano boyu 800 metre olup ayak içi uzunluğu 185 metre'dir. Bu ayakta 107 adet YTÜ kullanılmaktadır. M2 panosu boyunca kömür damar kalınlığı ortalama 10 metre'dir. M2 panosunda çalışan uzunayakta kullanılan tamburlu kesiciyle yapılan kömür kazı yüksekliği ortalama 3 metre'dir. Bu pano boyunca uygulanması planlanan maden işletmeciliğinde, kömür damarının 3 m'lik kısım tamburlu kesici yükleyici ile alınıp, bu kesimin yapıldığı seviyenin üstünde kalan kömür damarı kısmının da, ayak arkasından göçertme yapılarak alınmasıdır.

M2 panosunda uygulanan ölçümlerde, YTÜ'lerdeki hidrolik basınç değişim ölçümleri tüm ayak boyunca yapılmıştır. Bu panodaki ölçümlerin M1 panosunda yapılanlardan farkı; M2 panosundaki uzunayağın ilk başlangıç anından başlayarak, YTÜ'lerin uygun çalışma basıncına erişme sürelerine kadar geçen süreci göstermesidir. Diğer bir deyişle bu ölçümler; M2 panosunda kurulan uzunayakta üretime başlanmasından sonra bu ayak arkasındaki göçük kısmının oturma süreci hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu panoda YTÜ'lerden sağlanan basınç değerleri pano boyunca

ilerleyen uzunayağın, başlangıç anındaki hizasına (lokasyonuna) mesafesiyle ilişkilendirilmiştir. M2 panosunun başlangıç lokasyonuna göre belirli mesafe uzaklaşan ayak hizalarında ayakta bulunan YTÜ'lerde basınç ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler ayakta bulunan bütün YTÜ'lerden, 4 farklı tarihte, ayağın başlangıç hizasına göre 4 farklı uzaklıkta yapılmıştır (Çizelge 6.7 ve Şekil 6.9). Alınan veriler sonucunda en stabil basınç verilerinin elde edildiği konumun, YTÜ'lerin çalışma performansını arttırdığı ve ayak arkasındaki göçük bölgesinin sıkışarak kompakt hale geldiği (oturduğu) dönem olduğu sonucuna varılmıştır.

6.6. M2 Panosuna Ait Ölçümlerin Değerlendirilmesi

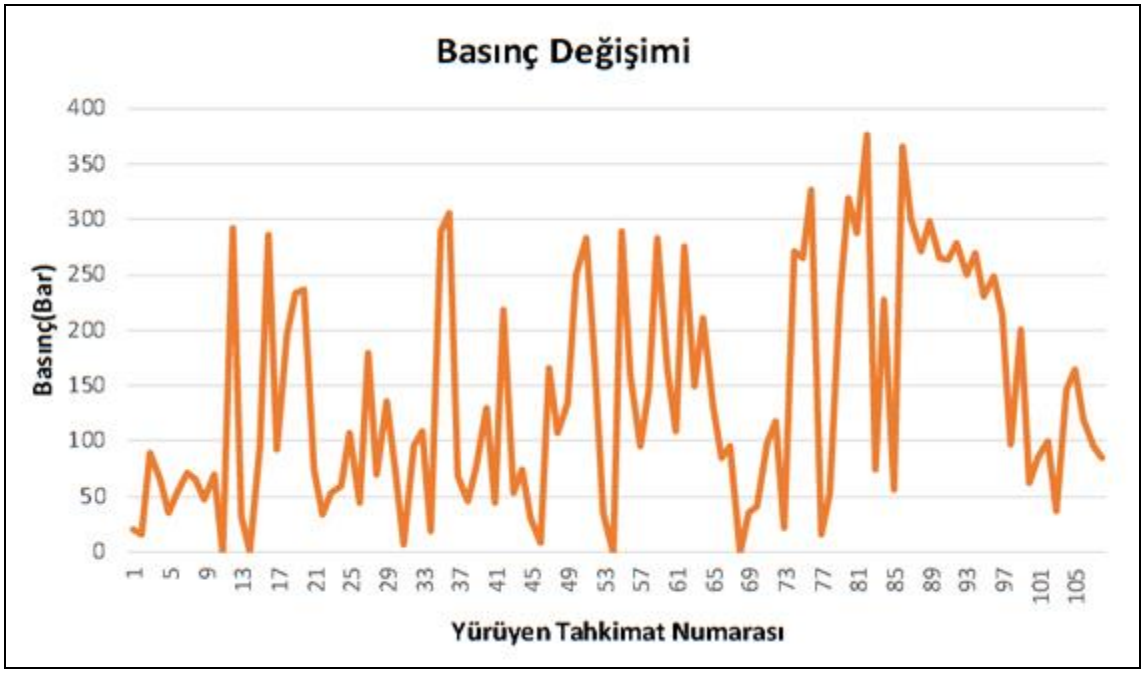
M2 panosundaki uzunayak çalışması sırasında ölçülen YTÜ'lerin hidrolik basınçlarının ortak değerlendirilmesi sonucunda, ayak ilerlemesi ile göçük kısmında kalan tavanın göçük üstüne doğru oturma süresi ilişkilendirilmiştir. Bu inceleme sırasında M2 panosu boyunca ayak ilerlemesinin farklı aşamalarında ayak içindeki YTÜ'lerin tamamından alınan hidrolik iç basınç değerleri kullanılmıştır.

M2 panosunda hazırlanan uzunayak hazırlık başyukarısı içine kurulan YTÜ'ler tavan yükünü aldıktan sonra, (uzunayağın bu ilk evresinde, ayak başlangıç hizasına göre; AB=11m ve K=10m mesafede iken), bunlar içindeki hidrolik basınç değerleri ölçülmüştür. Bu ilk ölçümlerin yapıldığı tarih 09.08.2017 dir. Bu tarihte ortalama ayak ilerlemesi 10,5 metredir. Ayakta bulunan YTÜ'lerden elde edilen hidrolik basınç değerlerinin de gösterdiği gibi, ayak ilerleme miktarı ayak arkasındaki göçük tavanının tam olarak oturması için yeterli değildir. Çizelge 6.7a ve Şekil 6.9a'da görüldüğü gibi ayaktaki YTÜ'ler üzerinde henüz yeterli yük dağılımı sağlanmamış olduğundan, YTÜ'lerin bazıları içinde yetersiz basınç değerlerinin oluşmasına neden olmuştur. Sadece ayağın belirli bazı lokal noktalarında tavan yükü YTÜ'ler üzerine aktarılmaya başladığı için, bu tahkimatlarda normal çalışma basıncına ulaşılmaya başladığı görülebilmektedir.

YTÜ'lerin basınç değerleri ikinci defa 09.08.2017 tarihinde ölçülmüştür. Bu tarihteki ayak ilerlemesi, AB=14m, K=14m'dir, (ortalama ilerleme 14m olmuştur). Bu ölçümlerin sıralandığı Çizelge 6.7b ve bunlardan çizilen Şekil 6.9b'deki grafik incelendiğinde, bu aşamada da göçük bölgesi tavanının daha tam oturmadığı kararına varılmıştır. Bu ölçümler sırasında bir önceki ölçümlere benzer şekilde YTÜ'lerde elde edilen hidrolik basınç değerleri genel olarak düşük değerdedir.

Çizelge 6.7a. M2 Panosunda, uzunayağın üretime başladığı ilk anda (07.08.2017, ayak hizaları; AB=11m, K=10m), ayak içindeki YTÜ'lerdeki basınç değerleri.

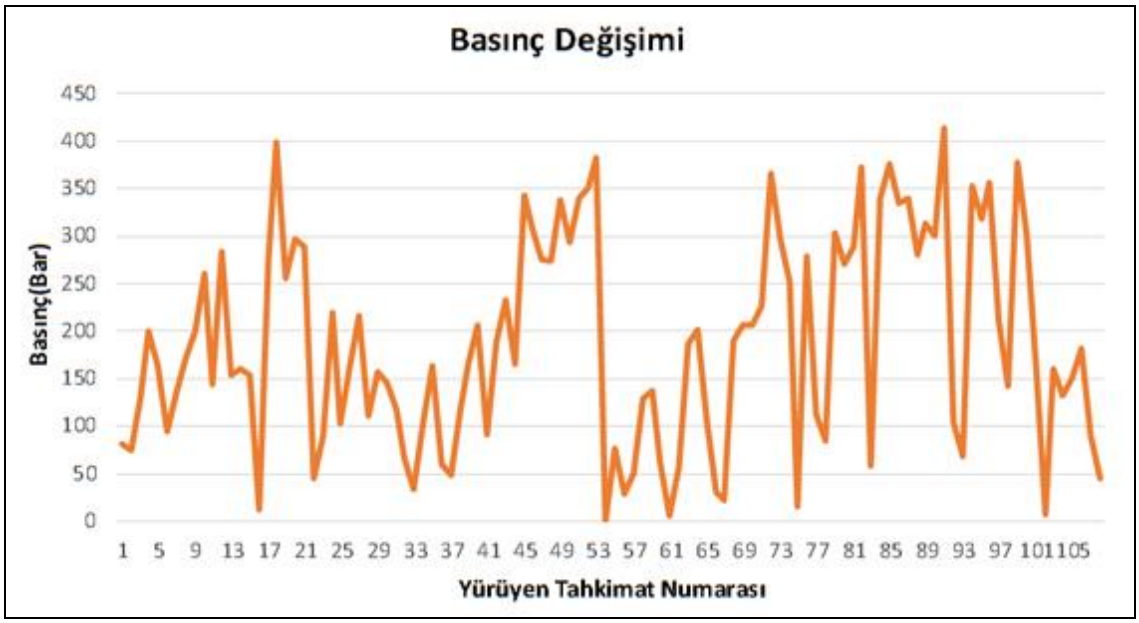
Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)
RW	20	21	34	42	53	64	131	86	300
1	16	22	54	43	75	65	85	87	271
2	90	23	60	44	31	66	95	88	298
3	65	24	108	45	8	67	00	89	265
4	36	25	44	46	166	68	35	90	263
5	53	26	179	47	108	69	41	91	279
6	71	27	70	48	135	70	99	92	250
7	66	28	136	49	250	71	118	93	269
8	48	29	75	50	284	72	22	94	231
9	70	30	7	51	171	73	271	95	248
10	00	31	95	52	36	74	265	96	214
11	292	32	109	53	00	75	327	97	97
12	33	33	19	54	290	76	16	98	200
13	1	34	290	55	160	77	53	99	62
14	96	35	306	56	96	78	230	100	85
15	287	36	68	57	146	79	320	101	100
16	92	37	46	58	284	80	288	102	37
17	196	38	78	59	164	81	377	103	146
18	233	39	130	60	109	82	75	104	164
19	237	40	44	61	276	83	227	105	120
20	75	41	219	62	150	84	57	106	96
				63	211	85	366	107	85



Şekil 6.9a. M2 Panosunda bulunan uzunayağın üretime başladığı ilk anda (07.08.2017) ayak içindeki YTÜ'lerin içindeki hidrolik basınç değişimleri.

Çizelge 6.7b. M2 Panosunda, uzunayak içinde bulunan YTÜ'lerde 09.08.2017 tarihinde (ayak hizaları; AB=14m, K=14m), ölçülen hidrolik basınç değerleri.

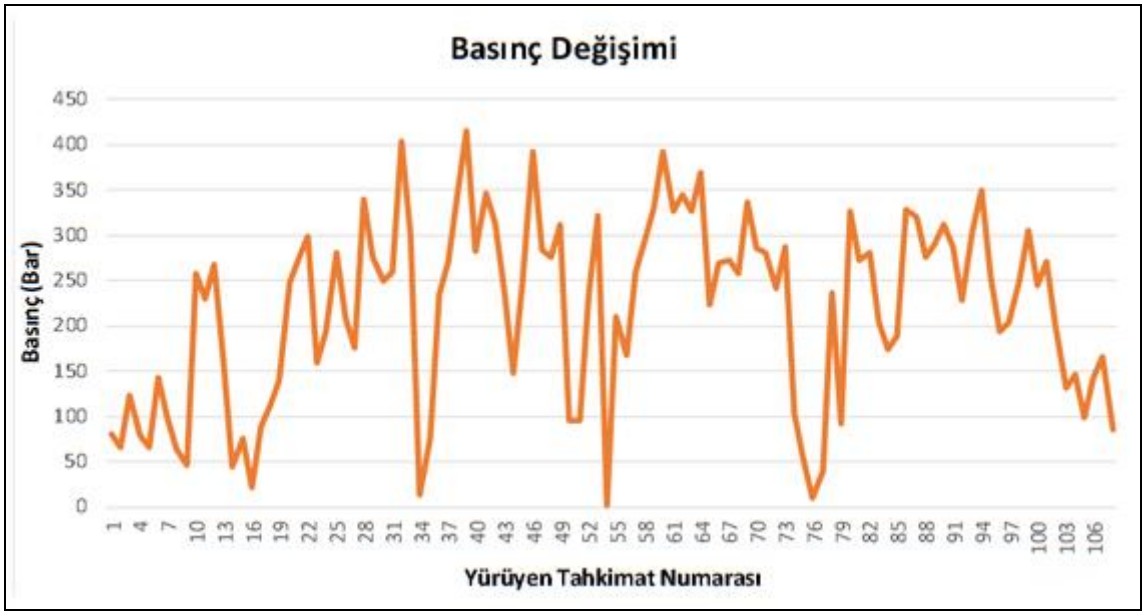
Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)
RW	82	21	46	42	233	64	104	86	339
1	75	22	89	43	165	65	31	87	281
2	130	23	220	44	342	66	23	88	313
3	200	24	102	45	309	67	190	89	300
4	164	25	162	46	275	68	207	90	414
5	95	26	217	47	274	69	207	91	104
6	136	27	111	48	338	70	226	92	68
7	171	28	157	49	293	71	366	93	352
8	200	29	145	50	340	72	297	94	318
9	260	30	118	51	351	73	252	95	356
10	144	31	67	52	382	74	16	96	212
11	283	32	33	53	0	75	278	97	143
12	153	33	102	54	76	76	112	98	377
13	160	34	163	55	28	77	85	99	300
14	154	35	60	56	50	78	303	100	162
15	12	36	49	57	129	79	271	101	8
16	277	37	118	58	137	80	288	102	160
17	398	38	165	59	61	81	373	103	132
18	255	39	207	60	6	82	58	104	150
19	297	40	91	61	57	83	340	105	182
20	288	41	188	62	187	84	375	106	90
				63	202	85	335	107	45



Şekil 6.9b. M2 Panosunda bulunan uzunayağın üretime başladığı ilk anda (09.08.2017) ayak içindeki YTÜ'ler içindeki hidrolik basınç değişimleri.

Çizelge 6.7c. M2 Panosunda, uzunayak içinde bulunan YTÜ'lerde 15.08.2017 tarihinde (ayak hizaları; AB=25m, K=34m), ölçülen hidrolik basınç değerleri.

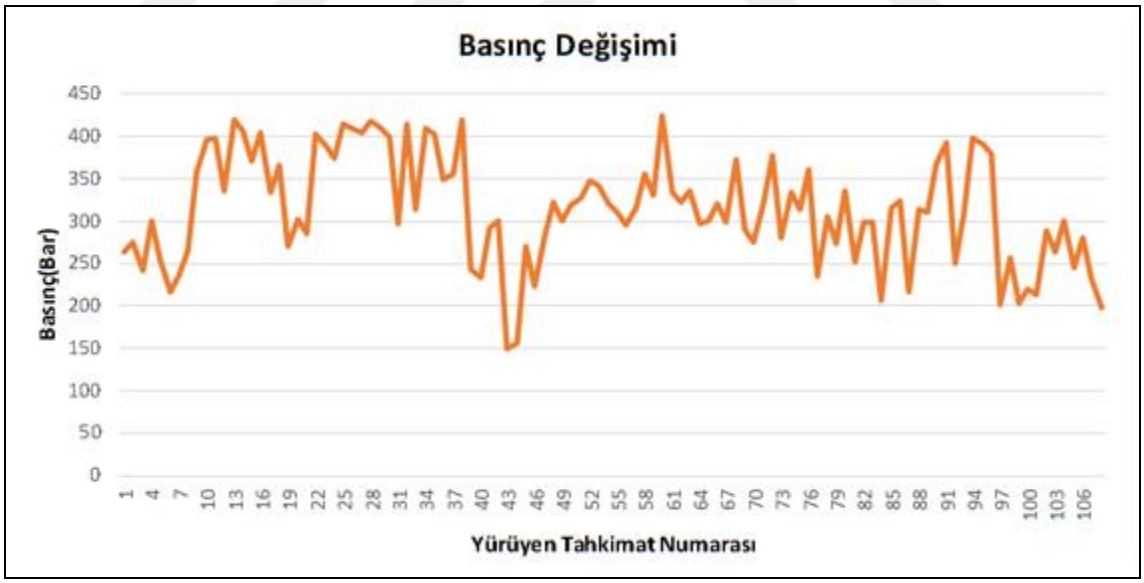
Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)
RW	80	21	299	42	240	64	224	86	320
1	65	22	160	43	148	65	269	87	275
2	123	23	194	44	247	66	273	88	290
3	78	24	280	45	393	67	258	89	312
4	66	25	209	46	284	68	336	90	288
5	142	26	175	47	275	69	286	91	228
6	99	27	340	48	312	70	281	92	305
7	64	28	275	49	95	71	241	93	349
8	46	29	250	50	96	72	287	94	254
9	257	30	260	51	235	73	104	95	194
10	230	31	403	52	322	74	52	96	204
11	267	32	300	53	2	75	10	97	250
12	164	33	13	54	210	76	40	98	305
13	44	34	76	55	167	77	237	99	245
14	75	35	234	56	260	78	92	100	270
15	22	36	270	57	293	79	327	101	198
16	89	37	344	58	330	80	273	102	132
17	111	38	416	59	393	81	280	103	146
18	140	39	282	60	327	82	204	104	99
19	248	40	346	61	345	83	174	105	142
20	274	41	313	62	326	84	189	106	165
				63	370	85	329	107	85



Şekil 6.9c. M2 Panosunda bulunan uzunayağın üretime başladığı ilk anda (15.08.2017) ayak içindeki YTÜ'ler içindeki hidrolik basınç değişimleri.

Çizelge 6.7d. M2 Panosunda, uzunayak içinde bulunan YTÜ'ler 21.08.2017 tarihinde (ayak hizaları; AB=40m, K=49m), ölçülen hidrolik basınç değerleri.

Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)	Tah. No	Basınç (bar)
RW	263	21	402	42	149	64	300	86	216
1	276	22	389	43	156	65	321	87	314
2	241	23	375	44	270	66	298	88	310
3	300	24	414	45	224	67	372	89	367
4	253	25	409	46	282	68	290	90	392
5	216	26	405	47	322	69	275	91	250
6	237	27	417	48	300	70	323	92	308
7	265	28	411	49	319	71	377	93	398
8	358	29	400	50	327	72	281	94	391
9	396	30	297	51	347	73	334	95	380
10	398	31	414	52	343	74	314	96	202
11	335	32	314	53	320	75	361	97	256
12	420	33	409	54	311	76	235	98	203
13	406	34	402	55	296	77	306	99	220
14	371	35	349	56	315	78	274	100	213
15	404	36	355	57	355	79	335	101	289
16	334	37	419	58	330	80	252	102	264
17	365	38	244	59	425	81	299	103	300
18	270	39	233	60	334	82	298	104	245
19	302	40	292	61	323	83	207	105	281
20	285	41	300	62	335	84	315	106	232
				63	297	85	324	107	198

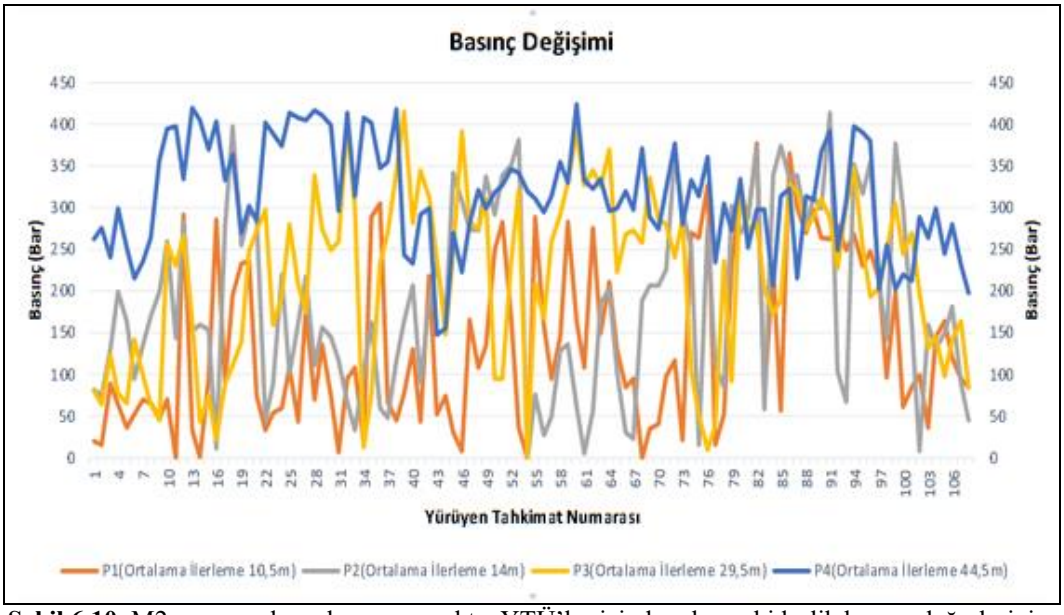


Şekil 6.9d. M2 Panosunda bulunan uzunayağın üretime başladığı ilk anda (21.08.2017) ayak içindeki YTÜ'ler içindeki hidrolik basınç değişimleri.

Birinci durum ile kıyaslama yapıldığında, ikinci durumda ölçülen basınç değerleri birinci evreden daha yüksek basınç değerlerindedir. Üçüncü evrede alınan değerler 15.08.2017 tarihinde alınmış olup ayak ilerlemesi, AB=25m, K=34m'dir (ortalama ilerleme ise 29,5m'dir). Bu ölçüm tarihinde ölçülen tahkimat basınç değerleri Çizelge 6.7c'de sıralanmıştır. Burada görünen değerler incelendiği zaman göçük tavanının

oturmadığı anlaşılabilmektedir. Diğer iki durumda olduğu gibi, YTÜ'lerin içindeki basınç değerleri bazı lokal bölgelerde normal çalışma basıncında olduğu fakat genel olarak basınç değerlerinin düşük olduğu görülebilmektedir. Ölçümlerin yapıldığı ilk basınç değerleriyle karşılaştırılma yapıldığında YTÜ'lerdeki basınç değerlerinin yükselmeye başladığı ve göçük tavanının yük aktarma konusunda hareketlendiği sonucu çıkarılabilir.

Ölçümlerin yapıldığı dördüncü zaman diliminde M2 panosundaki uzunayaktan alınan değerler 21.08.2017 tarihinde alınmıştır. Bu tarihte ayak ilerlemesi AB=40m K=49m'dir (ortalama ilerleme 44,5m'dir). Çizelge 6.7d'de görünen basınç değerleri incelendiğinde, ayak arkasındaki göçük kısmında tavanın oturduğu anlaşılmaktadır. Bu aşamada gözlenen YTÜ'ler içinde oluşan hidrolik basınçlar, bu tahkimatların normal çalışma basınç değerleri olarak yorumlanabilir. Kömürün oluşumu düşünüldüğünde, kömür damarı ve yakınındaki tabakaların sedimenter kayaç olması, uzunayak boşluğu üzerinde çok stabil yük değerlerinin oluşmasını ve bunların YTÜ'nün stabil olarak sıkıştırmaları sonucu bu ünitelerde stabil özellikte hidrolik basınç değerlerinin okunmasını engellemektedir. Bunun yanında ölçüm yapılan bu son aşamadan elde edilen basınç değerleri, göçük tavanının ortalama 44,5 metre civarında oturduğu sonucunu çıkarabilir. YTÜ'ler içinde, uzunayak ilerleme miktarına göre değişen hidrolik basınçlar, ayak arkasında oluşan göçük tavanının oturması hakkında fikir sahibi olunmasını sağlamaktadır (Çizelge 6.8). Bu konuda ulaşılan değerlendirme sonucu, Şekil 6.10'da verilen değişim eğrileri incelenerek de görülebilecektir.



Şekil 6.10. M2 panosunda açılan uzunayakta, YTÜ'ler içinde, oluşan hidrolik basınç değerlerinin, uzunayak ilerleme miktarına göre değişimi.

Çizelge 6.8a. M2 Panosundan alınan basınç değerlerinin birleştirilmesi, (P1 ve P2).

Tah. No	P1 (bar)	Tah. No	P1 (bar)	Tah. No	P1 (bar)	Tah. No	P2 (bar)	Tah. No	P2 (bar)	Tah. No	P2 (bar)
RW	20	36	68	72	22	RW	82	36	49	72	297
1	16	37	46	73	271	1	75	37	118	73	252
2	90	38	78	74	265	2	130	38	165	74	16
3	65	39	130	75	327	3	200	39	207	75	278
4	36	40	44	76	16	4	164	40	91	76	112
5	53	41	219	77	53	5	95	41	188	77	85
6	71	42	53	78	230	6	136	42	233	78	303
7	66	43	75	79	320	7	171	43	165	79	271
8	48	44	31	80	288	8	200	44	342	80	288
9	70	45	8	81	377	9	260	45	309	81	373
10	0	46	166	82	75	10	144	46	275	82	58
11	292	47	108	83	227	11	283	47	274	83	340
12	33	48	135	84	57	12	153	48	338	84	375
13	1	49	250	85	366	13	160	49	293	85	335
14	96	50	284	86	300	14	154	50	340	86	339
15	287	51	171	87	271	15	12	51	351	87	281
16	92	52	36	88	298	16	277	52	382	88	313
17	196	53	0	89	265	17	398	53	0	89	300
18	233	54	290	90	263	18	255	54	76	90	414
19	237	55	160	91	279	19	297	55	28	91	104
20	75	56	96	92	250	20	288	56	50	92	68
21	34	57	146	93	269	21	46	57	129	93	352
22	54	58	284	94	231	22	89	58	137	94	318
23	60	59	164	95	248	23	220	59	61	95	356
24	108	60	109	96	214	24	102	60	6	96	212
25	44	61	276	97	97	25	162	61	57	97	143
26	179	62	150	98	200	26	217	62	187	98	377
27	70	63	211	99	62	27	111	63	202	99	300
28	136	64	131	100	85	28	157	64	104	100	162
29	75	65	85	101	100	29	145	65	31	101	8
30	7	66	95	102	37	30	118	66	23	102	160
31	95	67	0	103	146	31	67	67	190	103	132
32	109	68	35	104	164	32	33	68	207	104	150
33	19	69	41	105	120	33	102	69	207	105	182
34	290	70	99	106	96	34	163	70	226	106	90
35	306	71	118	107	85	35	60	71	366	107	45

Çizelge 6.8b. M2 Panosundan alınan basınç değerlerinin birleştirilmesi, (P3 ve P4).

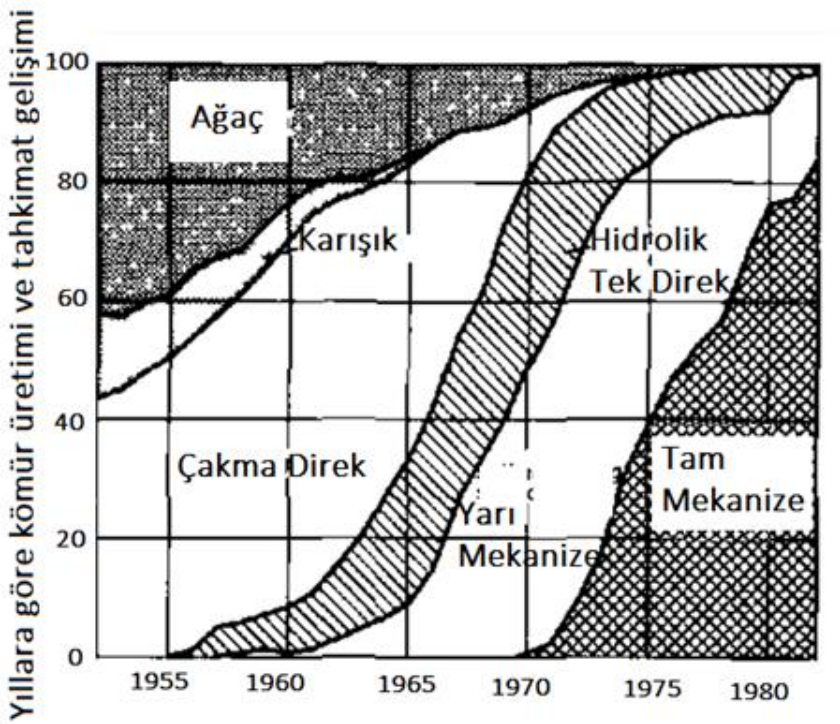
Tah. No	P3 (bar)	Tah. No	P3 (bar)	Tah. No	P3 (bar)	Tah. No	P4 (bar)	Tah. No	P4 (bar)	Tah. No	P4 (bar)
RW	80	36	270	72	287	RW	263	36	355	72	281
1	65	37	344	73	104	1	276	37	419	73	334
2	123	38	416	74	52	2	241	38	244	74	314
3	78	39	282	75	10	3	300	39	233	75	361
4	66	40	346	76	40	4	253	40	292	76	235
5	142	41	313	77	237	5	216	41	300	77	306
6	99	42	240	78	92	6	237	42	149	78	274
7	64	43	148	79	327	7	265	43	156	79	335
8	46	44	247	80	273	8	358	44	270	80	252
9	257	45	393	81	280	9	396	45	224	81	299
10	230	46	284	82	204	10	398	46	282	82	298
11	267	47	275	83	174	11	335	47	322	83	207
12	164	48	312	84	189	12	420	48	300	84	315
13	44	49	95	85	329	13	406	49	319	85	324
14	75	50	96	86	320	14	371	50	327	86	216
15	22	51	235	87	275	15	404	51	347	87	314
16	89	52	322	88	290	16	334	52	343	88	310
17	111	53	2	89	312	17	365	53	320	89	367
18	140	54	210	90	288	18	270	54	311	90	392
19	248	55	167	91	228	19	302	55	296	91	250
20	274	56	260	92	305	20	285	56	315	92	308
21	299	57	293	93	349	21	402	57	355	93	398
22	160	58	330	94	254	22	389	58	330	94	391
23	194	59	393	95	194	23	375	59	425	95	380
24	280	60	327	96	204	24	414	60	334	96	202
25	209	61	345	97	250	25	409	61	323	97	256
26	175	62	326	98	305	26	405	62	335	98	203
27	340	63	370	99	245	27	417	63	297	99	220
28	275	64	224	100	270	28	411	64	300	100	213
29	250	65	269	101	198	29	400	65	321	101	289
30	260	66	273	102	132	30	297	66	298	102	264
31	403	67	258	103	146	31	414	67	372	103	300
32	300	68	336	104	99	32	314	68	290	104	245
33	13	69	286	105	142	33	409	69	275	105	281
34	76	70	281	106	165	34	402	70	323	106	232
35	234	71	241	107	85	35	349	71	377	107	198

Bu grafikte (Şekil 6.10) verilen 4 farkı tarihe ait 4 farklı grafik, tahkimat ünitelerinin yüklenme durumuna göre ayak YTÜ'lerinde oluşan hidrolik basınç değerlerindeki değişimleri göstermektedir.

YTÜ'lerde ölçülen basınç değerlerinin normal tahkimat kapasite değerlerine yaklaşması, bu ünitelerin yüklendiğini, üniteler arası basınç farklılıklarının azalması da ayaktaki yük dağılımının homojenleştiğini göstermektedir. Bu grafikte, tahkimat ünite sırası 38. ile 46. ünite arasındaki YTÜ'lerin üzerinde göreceli olarak diğer YTÜ'lere göre daha az basınç değerlerinin oluşması, ayağın bu kısmına denk gelen lokasyonda tavanda kalan kömür ve onun üstündeki tavantaşı katmanlarında bir farklılık olduğunu göstermektedir. Bu farklılık belki de bir kırık durumunun işareti olabilir. Ayaktan elde edilen bu değerlerle diğer jeolojik durumların beraber değerlendirmeye alınması bu gibi konularda yararlı olacaktır.

7. SONUÇLAR

Uzunayak kazı boşluğunun başlangıçta, ayak hazırlık galerisi durumunda, normal bir galeriden farkı yoktur. Bu hazırlık galerisinin tahkimatıda normal galeri tahkimatı şeklindedir. Bu galerinin hazırlanan uzunayak panosunun tabanyolu ve nefesliğini bağlamasından sonraki durumda, uzunayak oluşturulmak için kazı işlemleri başlayınca, buradaki tahkikatlar, ister klasik olsun ister hidrolik türler, başka hiçbir galeri tahkimat türüne benzemeyecek şekilde değişiklik gösterir. Uzunayak hazırlık galerisi seçilen pano ilerleme yönüne göre bir yan duvarı arın olarak seçildikten sonra, bu galeri bütünlemesine arın olarak seçilen yönde kazılarak ilerleme sağlanacak ve galeri genişliği giderek artırılacaktır. Bu aşamadan sonra, uzunayak ismini alan bu boşluk seçilen ayak uzunluğu boyunca (100-250 metre) arın yönünde kazılan bir boşluktur. Bu boşluğun her gün 1-3 metre civarında artırıldığı düşünülürse, Ayak olarak isimlendirilen boşluğun, başlangıç noktasından sonra hergün büyüdüğü aşikârdır. Ayak boşluğunun sabit tutulması için, ayak gerisinin doldurulması veya çoğunlukla göçertilmesi, ayak boşluğunun zamanla ilerlemesi ve tahkimatının birkaç gün arayla tamamen yer değiştirmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle uzunayak tahkimat sistemleri bu dinamik çalışmaya uygun olarak tarih içinde gelişme göstermiştir. Bu gelişmeyi, ülkemiz şartlarındaki uzunayaklar için ilk özetleyenler arasında bulunan Ataman (1968), uzunayaklarda kullanılan ağaç direk, ağaç domuzdamları, sürtünmeli direkler (çakma direkler) ve hidrolik tahkimatlar için ayaklardaki konverjans beklentisini anlatmıştır. Uzunayaklarda kullanılan tahkimat türlerinin değişimi, 1970'li yılların başına kadar uzunayak işletme yöntemi uygulaması yapan ülkeler arasında bulunan Almanya'da ki gelişimi Langenberg (1986) Şekil 7.1'de verdiği şekilde özetlemiştir. Bu şekilden de görülebileceği gibi, Almanya'da; hidrolik tek direk kullanımı 1960 da; YTÜ'ler de 1970 yılından başlayarak yaygınlaşmıştır. Almanya'da YTÜ kullanım oranı 1980 yıllında % 80 oranına yaklaşmıştır.



Şekil 7.1. Almanya'da uzunayak tahkimat uygulamalarının yıllara göre değişim oranı (Langenberg, 1986)

Ülkemizde uzunayakların çevresinde gelişen gerilmeler konusunda yapılan ilk çalışmalara verilebilecek örneklerin birisi Çebi'nin (1988) yüksek lisans tez çalışmasıdır. Uzunayak üzerindeki yükleri belirlemeye yönelik tez çalışması sınırlı sayıdadır. Benzer konuda bir sonraki çalışma Özel'e (1995) aittir. Özel tezinde yaptığı çalışmayı, "öncelikle uzunayaklarda kullanılan kalkan tipi tahkimat ile çevresindeki tabakaların etkileşim mekanizması incelenmiş, daha sonra bu tahkimatların tasarımı için gerekli bazı parametreler belirlenerek bunların bir değerlendirilmesi yapılmıştır" sözleriyle özetlemektedir. Özel ayrıca kalkan türü YTÜ'lerin en uygununun seçilmesi sırasında kullanılabilecek bir kriter geliştirmiştir. Daha sonra YTÜ'lerin ülkemizde kullanımı çoğaldıkça, bu tahkimatların hidrolik sistem özellikleri kullanılarak, uzunayaklar üzerine gelen yüklerin tayini amacıyla kullanılmıştır. Öğretmen'in (2003) Türkiye Kömür İşletmeleri, Ömerler yeraltı ocağında uyguladığı çalışma, bu uzunayakta kullanılan YTÜ'lerin üzerine gelen basınçların analizine yöneliktir. Kumar (2014), uzunayaklarda kullanılan YTÜ'lerden elde ettiği verileri kullanarak, hidrolik basınç değişimlerinin zamana göre farklılığını grafiklendirmiştir.

Soma Eynez yeraltı kömür işletmesinde uygulanan uzunayaklarda kullanılan YTÜ'lerin kendi sistemlerindeki hidrolik basınç değişimlerinin analizine yönelik olarak yapılan bu tez çalışmasının ilk sonucu; YTÜ'lerin tavanında, tahkimatın sıkılanabileceği, kendini stabil tutabileceği bir tavan taşı tabakasının olmasının

önemidir. Uzunayaklarda tavan tabakasının bütünüyle bozuk olduğu durumlarda, ayaklarda kurulan YTÜ'ler yüke girememektedir (sıkılanamamaktadır). Bu durum bu tahkimatların içindeki hidrolik sistem basınç değerlerinden açıkça izlenebilir durumdadır. Uzunayaklarda YTÜ yüksekliği artırıldığı halde, hidrolik iç basınç artmıyorsa, tavantaşı sıkılama sırasında deformasyon veriyor ve karşı direnç oluşturmuyor demektir. Uzunayaklarda YTÜ'lerin sıkılanması sırasında karşılaşılan farklı durumlar, tahkimatlardan okunulan sıkılama hidrolik basınç "dalgalanma" değerleri sınıflandırılırsa; 50 bar'dan daha fazla düşüş gösteren değerler için de "azalan" tip; 50 bar'a kadar (bu civardaki) değişimler "durağan" tip; 50 bar'dan daha yüksek değişimler ise "artan" tip, dalgalanmalar olarak isimlendirilmiştir. Değerlerde 50 bar değerinin baz alınması ayak bekleme sürelerinin uzun zaman dilimlerince gözlemlenmesindendir.

Bu araştırma sırasında üzerinde çalışılan YTÜ'lerin normal çalışma basınçları 250 bar'dır. Bu araştırmanın uygulanması sırasında 250 bar'dan daha düşük çalışma basıncına sahip tahkimatlara da rastlanmıştır. Bunun nedeni olarak; uzunayaklarda tavanın düzgün kesilmemesi, pozisyon gereği tahkimatın tam sıkılama pozisyonuna girememesi veya yürüyen tahkimat operatörlerinin tam sıkılama yapmaması (kişisel hatalar) ve YTÜ'lerin üzerindeki tabakanın bozuk olması (faylanmalar, süreksizlik takımları) gibi sebepler sıralanabilir. Yüksek basınç gösteren YTÜ'lerde, iç hidrolik basınçlar bazı durumlarda 350 bar ve üstünde de olabilmektedir. Hidrolik yürüyen tahkimat içindeki basınç 425 bar seviyesine ulaşınca, YTÜ'ler "sünme pozisyonuna" geçip tavan yükünü dengelemeye giderler. Bu durumda YTÜ kendini yavaş bir biçimde indirmeye başlar. Emniyet ventillerinden pistonlardaki hidrolik sıvı atılır. Hidrolik direklerdeki basınç değerleri elektronik olarak kaydedildiği için, uzunayak çalışması sırasında karşılaşılan bu özel durumların ölçümü yapılan uzunayak boyunca hangi lokasyonlarda oluştuğu, bu basınç değerinin nerelerde fazlalaştığı analiz edilebilmektedir.

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; uzunayak arınında kesim yaparken bu uzunayak boyunca ölçülen, veri alınan YTÜ'lerin iç basınç değişimleri fazla olmamakla beraber, beklemede olan ayakta ölçülen hidrolik basınç değişimleri değişkenlik göstermektedir. Uzunayakta kömür kesimi yapılmayan zamanda, ayağın beklemesinden dolayı iç basınç değerleri yükselen YTÜ'ler, aşırı yükleme bölgelerinde, kendilerini dengelemeye gitmektedir. Bu aşamada yüksekliğini azaltan YTÜ'ler, üzerlerine gelen tavan yükünü dengeleyene kadar inmeye devam ederler ve bu otomatik basınç

dengelemesinin sonunda oluşan denge durumunda kendi içlerinde oluşan yüksek hidrolik basınç değerlerinden normal çalışma basınçlarına geçebilirler. Sonuç olarak, hidrolik basınç kontrol sistemleriyle çalışan yürüyen tahkimatlar, uzunayak içindeki tavantaşı stabilitesini sağlamada önemli işlev görmektedir. Bu kontrol, uzunayaklarda daha kontrollü kazı yapılmasını sağlayarak, daha güvenli bir çalışma ortamı oluşturmaktadır. İşletme açısından bu araştırma konusu üzerinde yapılabilecek değerlendirmeler ve çıkarımların fazlalaşması için lokal bölgelerde saniye bazında alınacak değerler ile yeni verilerin elde edilmesi tabakaların anlık hareketleri ile YTÜ'lerin ilişkilendirilmesi işlemi uzunayak uygulamalarında faydalı olacaktır.

YTÜ'lerde oluşan basınçların en önemli kaynakları yalancı tavan ve ana tavan yüküdür. Diğer faktörlerin yürüyen tahkimatlar üzerine etkileri bu yüklere göre oldukça azdır. Fakat göçertmeli uzunayaklarda, tavan kömürünün göçertilmesi de yürüyen tahkimatlar üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Tianhe & Zhongming (1999) tarafından önerilen hidrolik yürüyen tahkimat yük taşıma kapasitesi hesaplamasına göre; Eynez yeraltı ocağında, YTÜ'ler için hesaplanan tahkimat yük kapasitesi 995,8829 ton (9918,994 kN) olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamada emniyet katsayısı 2 olarak alınmaktadır. YTÜ'ler üzerindeki yük hesaplamalarına; uzunayak üstündeki tavan kömürünün, (yalancı tavan ve göçertilen tavan kömürü), tavan taşının ağırlığının, ana tavandan aktarılan yükün (dinamik yük) ve göçükteki yığının yatay itme kuvveti de dahil edildiği taktirde; bu hesaplamadan çıkacak sonuç; (YTÜ'ler üzerine gelebilecek tavan yükü); 497,90 ton (4959,45 kN) olacaktır. Hidrolik yürüyen tahkimatlar üzerindeki yatay itme kuvveti ise göçükteki kömür ve pasa tarafından üretilen yanal basınçtan kaynaklanır. Bu çalışmada yatay itme kuvveti (PH değeri) 52,5357 ton olarak hesaplanmıştır.

Konak (1995) tarafından önerilen yalancı tavan yüksekliği hesaplamasına göre Eynez yeraltı ocağında, YTÜ'ler üzerindeki yalancı tavan yüksekliği 17,36 metre, tavan yük yoğunluğu ise 38,19 ton/m^2 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre mevcut YTÜ'ler üzerine gelecek tavan yükü 509,21 ton (5071,80 kN) olarak ortaya çıkmaktadır. Emniyet katsayısının 2 olarak alındığı durumda Eynez yeraltı ocağında için YTÜ yük kapasitesi 1018,42 ton, P=10143,60 kN olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara göre ilgili yeraltı maden ocağındaki uzunayak YTÜ'lerinin yük taşıma kapasitesi yeterlidir.

YTÜ'ler üzerlerinde, faylanma ve süreksizlikler sonucunda oluşan küçük boyutlu boşluk ve bozulmalar YTÜ'lerin verimini düşürmektedir. Bu durumlarda oluşan bu küçük boşluklara polimer köpük enjeksiyonu yapılmaktadır. Doldurulan

boşluklar YTÜ ile tavan arasında bir yastıklama görevi görerek tahkimatın verimini arttırıp, oluşabilecek daha fazla tavan deformasyonunu engellemektedir. Bu işlemlerin yapıldığı bölgelerin izlenmesi sırasında karşılaşılan sonuçlar, tavanın boş olduğu konumlardan, tavanın köpükle yastıklama yapıldığı konumlara göre daha düşük basınç değerleriyle (YTÜ'ler içinde gerçekleşen) anlaşılabilmektedir. Çalışılan sahada faylanmaların fazla olması YTÜ'ler ile köpük enjeksiyon uygulamalarının birbirini tamamladığını göstermektedir.

YTÜ'lerde ölçülen hidrolik basınç verilerinde gözlenen diğer bir durum ise ölçülen bu hidrolik basınç değerlerinin dengesiz olması durumudur. Soma Eynez yeraltı kömür ocağında bu durumla karşılaşılan uzunayak kısımlarında YTÜ'lerin tavanında bulunan kömür katmanlarının yapısı etkili olmaktadır. Bu yeraltı ocağında bulunan linyit kömürünün masif bir yapıda olmaması yürüyen YTÜ'ler üzerinde yeralan kömür tabakalarının farklı değerde yük aktarmasına neden olmaktadır, bunun sonucu olarak farklı baskı altındaki tahkimat ünitelerinden farklı hidrolik basınç değerleri okunmaktadır. Oluşan bu basınç farklılıklarının daha iyi analiz edilebilmesi için, uzunayağın başından, ortasından ve sonundan seçilen bazı YTÜ'lerin belirli zaman aralıklarında ve veri alınması bu değişimlerin takip edilmesini kolaylaştırmaktadır. Böylece tavanda bulunan kömür tabaka hareketlerinin, YTÜ'lerde gelişen hidrolik basınçlar üzerindeki etkisi grafiklere dönüştürülebilmektedir.

Soma Eynez yeraltı ocağındaki M1 panosunda bulunan uzunayağın, kuruluş aşamasından, kazı yapılarak ilerleme aşamasına geçmesi ve bu sırada yapılan ölçüm ve değerlendirmeler, aynı ocakta açılan bir başka uzunayak panosu olan M2 panosunda, uzunayak arkasında oluşan boşluğun ayak ilerlemesi durumuna göre göçebilirliği konusunda fikir yürütülmesini sağlamıştır. M2 panosunda bulunan uzunayak 180 metre uzunluğundadır ve bu uzunayağın ilerleme aşamalarında, ayakta bulunan yürüyen tahkimat ünitelerinin içinde gelişen hidrolik basınç değişimleri izlenmiştir. Basınç değerlerinden, M2 panosu uzunayağının hazırlık işleri tamamlandıktan ve ilerlemeye başlamasından sonra, ayağın pano boyunca ortalama 44,5 metre ilerlemesi sonucunda uzunayağın göçük tavanının tamamen göçük tarafında göçtüğü (oturduğu) anlaşılmıştır. Bu analiz YTÜ'lerde daha stabil yüklere girmesinden (hidrolik basınç değerlerinin daha düzenli değişmeye başlamasından) dolayı anlaşılmıştır. Uzunayaklarda göçmeyen ve ayak arkasında gittikçe genişliği artan bir boşluğun oluşması, bu kısmın tavanında oluşan çatlamalardan ve göçmeye çalışan tabakaların gerilme etkileşimlerinden dolayı

tehlike arz eder. Bu durumda ayak içindeki YTÜ'lerden ölçülen hidrolik basınç değerleri de normale göre daha fazla olmaktadır. Uzunayak arkasında göçük gerçekleştikten sonra YTÜ'ler üzerinde oluşan basınç dağılımları ve bu tahkimatlardan ölçülen hidrolik basınç değerleri daha düzenli bir forma geçmektedir. Bu açılardan düşünüldüğünde uzunayak boyunca YTÜ'lerden elde edilen hidrolik basınç değerleri, kazısı yapılan pano boyunca nerelerde fazla basınç ölçüldüğünü, nerelerde düşük basınç ölçüldüğünü de ortaya çıkaracağı için, kazılan panoların tavanında bulunan tavan kayacının veya tavada kalan linyit (kömür) katmanlarının yapısal durumunun da haritalanmasını sağlayacaktır. Normal, fazla ve düşük hidrolik basınç ölçümüne neden olan lokasyonlar, ayak civarındaki tavan-taban kayaç durumu, buradaki kömür ve kayaçların yapısal durumları, süreksizlik bilgileri v.b. faktörler karşılaştırılınca, bunlarla ilgili olarak YTÜ'lerden elde edilen hidrolik basınç değerleri arasındaki ilişkiler değerlendirilebilecektir.

KAYNAKLAR

Akdaş, H., Destanoğlu, N., Öğretmen, S., Yavuz, M., 2000, Ömerler mekanize ayakta yürüyen tahkimatlardaki basınçların izlenmesi ve incelenmesi, *V. Ulusal Kaya Mekaniği Semp.,* ss113-121, Isparta.

Ataman, T., 1968, Uzunayaklarda tavan inmesi ve taban kabarması *Konverjans, Madencilik Dergisi*, Maden Müh. Odası, V7, N1, pp19-22.

Bilim, N., and Özkan, İ., 2008, Determination of the effect to roof pressure on coal hardness and excavation productivity: an example from a Çayırhan lignite mine, Ankara, Central Turkey, International Journal of Coal Geology V75, pp113-118.

Birön, C., ve Arıoğlu, E., 1980, Madenlerde tahkimat işleri tasarımı, Birsen Kitapevi, İstanbul.

Caterpillar, 2014, Hidrolik tavan desteği çalışma ve bakım kataloğu s86.

Cheng Jingyi , Wan Zhijun , Peng Syd S. , Liu Sifei , Ji Yinlin, 2015, What can the changes in shield resistance tell us during the periodof shearer's cutting and neighboring shields' advance? International Journal of Mining Science and Technology, V25, N3, pp361-367.

Çebi, Y., 1988, Kalın kömür damarlarında uygulanan uzunayak üretim yöntemleri etrafındaki gerilmelerin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir, s49.

Demir Export, 2013a ,Tavan ve taban yolları tahkimat tasarım raporu.

Demir Export, 2013b, Havalandırma raporu.

Destanoğlu, N., Taşkın, F.B., Taştepe, M. ve Öğretmen, S., 2000, GLI Tunçbılek - Ömerler yeraltı mekanızasyon uygulaması, TKİ yayını, Ankara.

Gemici, Y., Akyol, E., Akgün, F., ve Seçmen, Ö., 1991, Soma Kömür Havzası Fosil Makro ve Mikroflorası, *MTA Dergisi*, N112, ss161-178.

Jacobi, O., 1981, Praxis der Gebirsbeherschung, 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, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Entitüsü, İzmir.

Kumar, C., 2014, Behavior of shield support in longwall mining, Lisans mezuniyet tezi, Bachelor of Technology in mining engineering, Department of Mining Engineering, National Institute of Technology, Rourkela, India, s57.

Langenberg. H., 1986, Longwall face supports in the German coal mining industry, (Almanya kömür madenciliğinde uzun ayak tahkimatı), Türkiye 5. Kömür Kongresi, 5-9 Mayıs 1986, pp273-296, Zonguldak,

Medhurst, T., v.d., 2014, Investigation of the relationship between strata characteristics and longwall caving behaviour, Universty Of Wollongong Australia, Faculty of Engineering and Information Sciences.

Öğretmen, S., 2003, Ömerler mekanize uzunayakta yürüyen tahkimatlar üzerindeki basınçların analizi, Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, s126.

Öğretmen, S., 2015, Kalın kömür tabakalarında yürüyen tahkimatlardaki basınçların analizi ve yük tahminleri, *Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.

Özel, R., 1995, Development of guidelines for selection of longwall shield supports, (Kalkan tipi uzunayak tahkimat seçiminde yöntem geliştirilmesi), Doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara, s245.

Peng S.S., 1998, What can a shield leg pressure tell us. *Coal Age*, 103, 3, pp54–57.

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, pp40-43.

Peng, S.S., 2006, Longwall Mining Second edition, West Virginia University, USA.

Peng, S.S., and Chiang, H.S., 1984, Longwall Mining, Jon Wiley & Sons Inc., USA.

Şimşir, F., 2015, *Underground mining methods*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Basımevi (DEU Publications).

Tianhe, K., and Zhongming, J., 1999, Laws of coal-rock movement and derived support parameters for a fully mechanized sub-level caving face in a genlty inclined seam. International Mining & Minerals, pp255-286.

Trueman, R., v.d. 2009, Longwall roof control through a fundamental understanding of shield-strata interaction, Internetional Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, V46, pp371-380.

Wilson, A.H., 1975, Support requirements on longwall faces, Min. Eng., pp479-488.

Wittek, M., and Prusek, S., 2015, Numerical calculations of shield support stress based on laboratory test results, Computers and Geotechnics, 2016, V72, pp74-88.

Yetkin, M.E., Şimşir, F., Özfırat, M.K., Özfırat, P.M., Yenice, H., 2016, A Fuzzy approach to selecting roof supports in longwall mining, *South African Journal of Industrial Engineering*, V27, N1, pp162-177.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Halim Engin SOPACI
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Muğla – 29.05.1989
Telefon	**:**	0543 628 06 44
Faks	**:**	
e-mail	**:**	halimenginsopaci@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Kaya Beyazıtoğlu Lisesi, Ankara.	2006
Üniversite	:	S.Ü. Mimarlık-Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Konya.	2013
Yüksek Lisans	:	S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.	2018
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2014-2016	Çayırhan Park Termik İşletmesi	Vardiya Mühendisi
2016-	Soma Demirexport Firması	Maden Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Maden Mühendisliği, Uzunayak yeraltı işletmesi.

YABANCI DİLLER

İngilizce.

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

.....

YAYINLAR

Hydraulic pressure differentiation at longwall hydraulic supports, 6. Uluslararası Maden Makinaleri ve Teknolojileri Kongresi (IMMAT 2017), 18-21 Ekim 2017, ss97-104.