

622.273.23

K810

MAG

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA  
KURUMU MÜHENDİSLİK ARAŞTIRMA GRUBU

PROJE NO : 425

**YÖRKİYE  
BİLİMSEL VE TEKNİK  
ARAŞTIRMA KURUMU  
KÜTÜPHANESİ**

KÖMÜR OCAKLARINDAKİ UZUN AYAKLARDA TABAKA  
DENETİMİ SORUNLARININ VE TAVAN, TABAN  
HAREKETLERİNİN İNCELENMESİ

Proje Yürütücüsü : Dr. Günhan PAŞAMEHMETOĞLU  
Yardımcı Araştırmacılar : Inst. Aydın BİLGİN, BSc, MSc.  
Asst. Erdal ÜNAL, BSc, MSc.  
Asst. Celal KARPUZ, BSc, MSc.  
Ahmet KARA, BSc, MSc.

Şubat 1980, ANKARA

TÜRKİYE  
BİLİMSEL VE TEKNİK  
ARAŞTIRMA KURUMU

622.273.23  
K 810

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU  
Mühendislik Araştırma Grubu  
Proje No.: 425

KÖMÜR OCAKLARINDAKİ UZUN AYAKLARDA TABAKA  
DENETİMİ SORUNLARININ VE TAVAN, TABAN  
HAREKETLERİNİN İNCELENMESİ

Proje Yürütücüsü : Dr.Günhan PAŞAMEHMETOĞLU  
Yardımcı Araştırmacılar: ODTÜ Maden ve Petrol Mühen-  
disliği Bölümü  
Yardımcı Araştırmacılar: Inst.Aydın BILGIN, BSc,MSc.  
ODTÜ Maden ve Petrol Mühen-  
disliği Bölümü  
Asst.Erdal ÜNAL, BSc,MSc.  
ODTÜ Maden ve Petrol Mühen-  
disliği Bölümü  
Asst.Celal KARPUZ, BSc,MSc.  
ODTÜ Maden ve Petrol Mühen-  
disliği Bölümü,  
Ahmet KARA, BSc, MSc.

Bu Proje Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma  
Kurumunun Desteği ile, GLİ ve ODTÜ Mühendislik  
Fakültesi, Maden ve Petrol Mühendisliği Bölümünde  
Yapılmıştır.

Şubat 1980, ANKARA

14632

ÖNSÖZ

Bu rapor, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu tarafından desteklenmiş olan MAC-425 sayılı projenin yürütülmesi sırasında elde edilen bilgi ve sonuçları içermektedir.

Raporla ilgili çalışmalar, TKİ, GLİ Müessesesi Tunçbilek bölgesi ile ODTÜ Maden ve Petrol Mühendisliği Bölümünde yapılmıştır. Yukarıda adı geçen ve büyük yardım ve desteklerini gördüğümüz kuruluşlar yöneticilerine teşekkürü bir borç biliriz.

Ayrıca projenin yürütülmesi sırasında her türlü kolaylığı gösteren ocak idaresi ve görevli tüm mühendis arkadaşlarla, ölçümlerde aletlerin yerleştirilmesi, korunması ve söktümünde büyük titizlik ve sabır gösteren tüm çavuş ve işçi arkadaşlarla şükranlarımızı arz ederiz.

Dizayn edilen aletlerin yapımını gerçekleştiren Atölye Şefi Ünal Yazıcı ile Teknisyen Mehmet Cakır'a da teşekkürlerimizi sunarız.

Ankara, Şubat 1980

Günhan Paşamehmetoğlu

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|  |      |
|--|------|
| ÖNSÖZ.....   | ii   |
| ABSTRACT (Türkçe).....   | viii |
| ABSTRACT (İngilizce).....  | ix   |
| BÖLÜM 1 GİRİŞ VE AMAÇ.....   | 1    |
| BÖLÜM 2. UZUN AYAKLARDA TABAKA KONTROLÜ.....   | 3    |
| 2.1. GİRİŞ.....  | 3    |
| 2.2. UZUNAYAK ÇEVRESİNDE TABAKA GERİLİMLERİNİN<br>YENİDEN DAĞILIMI.....              | 5    |
| 2.3. AYAK ÖN BASINCININ ETKİLERİ.....  | 10   |
| 2.4. KONVERJANS VE AYAK TAHKİMATI.....   | 10   |
| 2.5. TAHKİMAT ÜZERİNE GELEN YÜK, TAHKİMAT-TAVAN<br>TABAN İLİŞKİLERİ.....             | 13   |
| 2.6. ORTALAMA YÜK YOĞUNLUĞUNA ETKİ EDEN<br>FAKTÖRELER.....                           | 17   |
| 2.7. TAHKİMAT TIPLERİ.....   | 18   |
| 2.8. UZUNAYAKTA GERİNİN TAHKİMİ.....   | 20   |
| 2.9. SONUÇ.....  | 21   |
| BÖLÜM 3. GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ TUNÇBİLEK<br>BÖLGESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER..... | 24   |
| 3.1. BÖLGENİN COĞRAFYASI.....  | 24   |
| 3.2. BÖLGE JEOLJİSİ.....   | 24   |
| 3.3. BÖLGEDE UYGULANAN İŞLETME YÖNTEMİ.....  | 28   |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| BÖLÜM 4. | ÖLÇME YÖNTEMLERİ.....  | 36  |
| 4.1.     | YÜK ÖLÇÜMLERİ.....   | 36  |
| 4.2.     | TAVAN TABAN KONVEKJANS ÖLÇÜMÜ.....   | 42  |
| 4.3.     | TABAKA AYRILMALARININ ÖLÇÜMÜ.....  | 45  |
| BÖLÜM 5. | ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....  | 50  |
| 5.1.     | GİRİŞ.....   | 50  |
| 5.2.     | AYAK TAHKİMAT DİREKLERİNİN ÖZELLİKLERİ.....  | 53  |
| 5.3.     | YÜK VE KONVERJANS ÖLÇÜMLERİNİN SONUÇLARI.  | 54  |
| 5.4.     | TABAKA AYRILMALARI ÖLÇÜM SONUÇLARI.....  | 77  |
| 5.5.     | TAHKİMAT TASARIMI.....   | 81  |
| BÖLÜM 6. | SONUÇLAR.....  | 83  |
|          | ÖZET.....  | 86  |
|          | SUMMARY.....   | 88  |
|          | LİTERATÜR.....   | 90  |
|          | EKLER.   |     |
|          | Ek-1. OYY'nun hesaplanması.....  | 97  |
|          | Ek-2. Tavan ve Tavan taşı Marl'ı basma dayanımları.....  | 98  |
|          | Ek-3. Ocaktan getirilen Schwarz ve Schmidt tipi sürtülmeli demir direklerin press altında yük-gönülme özellikleri..... | 100 |

## SEKİLLER

Sayfa

|   |    |
|---|----|
| Şekil 1. Uzunayak etrafında tabaka basınç dağılımı.....                                 | 7  |
| Şekil 2. Uzunayak etrafında tabaka basınçları.....                                      | 9  |
| Şekil 3. Ayak gerisinde oluşan basınç dağılımı.....                                     | 9  |
| Şekil 4. Derinliğin Konverjansa etkisi.....   | 14 |
| Şekil 5. Konverjans ortalama yük yoğunluğu ilişkisi.....                                | 16 |
| Şekil 6. Tunçbilek çevresi Neojen serilerinin<br>strotiğrafik kolonu (53,54,55,56)..... | 26 |
| Şekil 7. Tunçbilek Neojen sahasının Jeolojik haritası<br>ve kesiti.....                 | 27 |
| Şekil 8. G.L.f. Tunçbilek bölgesi yeraltı<br>işletmesinde üretim yöntemi.....           | 29 |
| Şekil 9. Tavan ayaklarda çalışma düzeni.....  | 33 |
| Şekil10. Taban ayaklarda çalışma düzeni.....  | 35 |
| Şekil11. Foto-elastik yük ölçer.....  | 37 |
| Şekil12. Yük halkalarının tesbiti için Polarize<br>gözlem aygıtı.....                   | 37 |
| Şekil 13. Yük Halkaları.....  | 38 |
| Şekil 14. Foto elastik yükölçerle yük ölçülmesi.....                                    | 40 |
| Şekil 15. 1 numaralı yük ölçerin kalibrasyon eğrisi.....                                | 41 |
| Şekil 16a. Tahkimat direğine monte edilmiş bir metal<br>çubuk.....                      | 43 |
| Şekil 16b. Ölçüm anında yerdeğişim ölçer.....   | 43 |
| Şekil 17. Uzunayakta konverjans ölçümü.....   | 46 |
| Şekil 18. Çok-telli yerdeğişim ölçüm tekniği.....                                       | 48 |
| Şekil 19. Yerdeğişim ölçer (Ekstensometre).....   | 48 |
| Şekil 20. Tabaka yerdeğişimlerinin hesaplanması.....                                    | 49 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Sekil 21. | Schwarz tipi tahkimat direğinin<br>Yük-gömülme grafiğı (ek-3, Direk no 1).....         | 55 |
| Sekil 22. | Schmidt tipi tahkimat direğinin<br>Yük-gömülme grafiğı (ek-3, Direk no 2).....         | 55 |
| Sekil 23. | Yük, Konverjans, zaman ilişkisi<br>(401 TB-26/7/1976).....                             | 57 |
| Sekil 24. | Yük, Konverjans, zaman ilişkisi<br>(401 TB-26/4/1977).....                             | 58 |
| Sekil 25. | Yük, Konverjans, zaman ilişkisi<br>(403 TB-12/7/1976).....                             | 59 |
| Sekil 26. | Yük, Konverjans, zaman ilişkisi<br>(403 TB-11/8/1976).....                             | 60 |
| Sekil 27. | Yük, Konverjans, zaman ilişkisi<br>(402 TV-11/8/1976).....                             | 61 |
| Sekil 28. | Yük, Konverjans, zaman ilişkisi<br>(402 TV-17/4/1977).....                             | 62 |
| Sekil 29. | Yük, Konverjans, zaman ilişkisi<br>(400 TV-25/7/1976).....                             | 63 |
| Sekil 30. | Yük, Konverjans, zaman ilişkisi<br>(400 TV-9/12/1976).....                             | 64 |
| Sekil 31. | Yük, Konverjans, Zaman ilişkisi<br>(400 TV-17/4/1977).....                             | 65 |
| Sekil 32. | Ayak ilerleme hızına karşı ortalama<br>Konverjans değişimi.....                        | 69 |
| Sekil 33. | Ayak ilerleme hızına karşı günlük<br>Konverjans değişimi.....                          | 69 |
| Sekil 34. | Tavan ayaklar için ortalama konverjans<br>ve ortalama yük yoğunluğu.(CY) ilişkisi..... | 73 |
| Sekil 35. | 400 TV ayak tavanında tabaka ayrılması.....  | 79 |

TABLOR

Sayfa

|  |    |
|--|----|
| Tablo 1. Tavan ayaklarının çalışma düzeni.....                     | 32 |
| Tablo 2. Taban ayaklarının çalışma düzeni.....                     | 34 |
| Tablo 3. Tavan ve taban taşı marlın basma dayanımı.....            | 52 |
| Tablo 4. Konverjans, yük, ortalama yük yoğunluğu<br>değerleri..... | 71 |
| Tablo 5. Yerdeğişim ölçümleri ve değerlendirmesi.....              | 80 |

## ABSTRACT

Bu araştırma, arazi hareketlerinin ve arazi basıncı dağılımının uzunayak üretim faaliyetlerine etkilerini incelemek amacıyla yönelik olarak Tunçbilek kömür havzası uzunayaklarında yürütülmüştür. Tunçbilek kömür havzasında, yaklaşık 10 m. kalınlıktaki kömür damarı iki kat halinde, damarın üst 2 m'lik kısmı göçertmeli uzunayak, alt-orta kısmı uzunayak-ara-kat göçertme yöntemiyle çalışılmaktadır.

Konverjans, sürtünmeli demir direklere gelen yükler, uzunayak tavanında oluşan tabaka ayrılmaları bu araştırma sırasında ölçülen başlıca unsurlardır ve bu amaçla sırasıyla konverjans ölçerler, foto-elastik yük ölçerler ve çok-telli yerdeğişim ölçerler (ekstansometreler) kullanılmışlardır.

Bu raporda ölçüm değerleri ve bulgular açıklanmış, verilen sonuçlar verilmiştir. Daha ileri araştırmalar için öneriler yapılmıştır.

## ABSTRACT

This research was directed mainly towards the study of the effect of ground movements and ground pressure distribution as the mining operation continues at longwall faces at Tunçbilek Coal Basin where approximately a 10 m thick coal seam is being extracted by longwall mining incorporating a free-caving longwall at the top and a sublevel caving longwall at the bottom of the seam. Convergence, distribution of loads on the props and bed separation at the roof of the longwall faces have been factors measured during the investigation, and convergence recorders, load-cells and multi-wire borehole extensometers have been used in these operations respectively.

The measurements taken and the results found are explained and conclusions are drawn. Some suggestions are made for further research.

## 1. GİRİŞ ve AMAC

Madenlerin işletilmesi sırasında oluşabilecek gerilim dağılımlarının ve tabaka hareketlerinin incelenmesi, planlanması ve bu olayın kontrolü emniyet ve ekonomik açıdan madencilik teknolojisinde çözümlenmesi gerekli olan bazı sorunlardan birisidir. Bu nedenle, dünyada maden teknolojilerindeki araştırmaların büyük bir kısmı uzantıyıklarda tabaka kontrolü sorunlarının incelenmesine ve gözlenmesine yöneltilmiştir.

Yapılan literatür araştırmasından da görüleceği üzere, tabaka kottrolünün bilinen ve bilinmeyen yolları ortaya çıkarılmaya çalışılmış ve araştırılması gereken hususlar belirlenmiştir. Bu incelemenin ışığı altında, bu araştırmaya, düzenli bir inceleme ile tabaka kontrolü açısından maden endüstrimize faydalı olacak gerçekleri ortaya koymaya yönlendirilmiştir. Bunlar, uzunayaklarda tabaka hareketlerinin gözlemi ve ölçümü, bu hareketleri clusturan nedenlerin saptanması, yeraltı koşullarına uygun tahkimat cinslerinin seçimi ve durumlarının planlanmasını kapsar. Bu araştırmanın yürütülmesi için, Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi seçilmiştir. Seçimin nedenleri:

a- Bu bölgede işletilen kömür damarının kalın (ortalama 10 m) olması ve uzunayak sisteminin değişik, ilginç bir şekilde uygulanmasıyla dünya madencilğinde güncel bir yeri olduğundan,

b- TKİ ve Gİİ tarafından, bu bölgede mekanizasyona gidilmesi düşünüldüğünden,

## 1. GİRİŞ ve AMAC

Madenlerin işletilmesi sırasında oluşan gerilim dağılımlarının ve tabaka hareketlerinin incelenmesi, planlanması ve bu olayın kontrolü emniyet ve ekonomik açıdan madencilik teknolojisinde çözümlenmesi gerekli olan bazı sorunlardan birisidir. Bu nedenle, dünyada maden teknolojisindeki araştırmaların büyük bir kısmı uzandı-yaklarda tabaka kontrolü sorunlarının incelenmesine ve gözlenmesine yöneltilmiştir.

Yapılan literatür araştırmasından da görüleceği üzere, tabaka kottrolünün bilinen ve bilinmeyen yönleri ortaya çıkarılmaya çalışılmış ve araştırılması gerekir hususlar belirtilmiştir. Bu incelemenin ışığı altında, bu araştırmaya, düzenli bir inceleme ile tabaka kontrolü açısından maden endüstrimize faydalı olacak gerçekleri ortaya koymaya yönlendirilmiştir. Bunlar, uzunayaklarda tabaka hareketlerinin gözlemi ve ölçümü, bu hareketleri oluşturan nedenlerin saptanması, yeraltı koşullarına uygun tahkimat cinslerinin seçimi ve durumlarının planlanmasını kapsar. Bu araştırmadan yürütülmesi için, Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi seçilmiştir. Seçimin nedenleri:

a- Bu bölgede işletilen kömür damarının kalın (ortalama 10 m) olması ve uzunayak sisteminin değişik, ilginç bir şekilde uygulanmasıyla dünya madenciliğinde gürce bir yeri olduğundan,

b- TKİ ve GLİ tarafından, bu bölgede mekanizasyona gidilmesi düşünüldüğünden,

c- Yapılan ön görüşmelerde, bölge müdürlüğünün ve çalışan mühendis arkadaşların böyle bir araştırımayı destekleyeceklerini ve yardımcı olacaklarını belirtmeleri ve sonuçlarını uygulamak istemelerinden,

## 2. UZUN AYAKLARDA TABAKA KONTROLÜ

### 2.1. GİRİŞ

Hiç çalışma yapılmamış, bakır tabakaların bulunduğu, uzun yıllar sürecinde birikimlerin ve jeolojik değişimlerin sonucu dengelenmiş kuvvetler vardır. Herhangi bir derinlikte kaya tabakalarının tamamen denge durumunda olduğu kabul edilir. Tüm yönlerden etki eden kuvvetler eşit ve ters doğrultudadır. Hatta, yatay gerilimlerin düşey gerilimlerden az olduğu bilinen yeryüzüne yakın kısımlarda bile bu denge durumu vardır. Toprak altında herhangi bir derinlikte yapılacak kazı, gerilimlerin dağılımlarında değişiklik yaratır, kayalarda yerli gerilimlerin ve yerdeğişimlerin oluşumuna neden olur. Çalışılan katlarda kazıların oluşturduğu gerilimlerin etkin bu yeni dağılımları, tavan ve taban tabakalarının kırılmasına ve tavan tabakalarının çökmesine yol açar. Bu yerlerde tabaka kontrolü tahkimat direkleri olarak adlandırılan direklerle yapılır. Diğer taraftan, çalışılan bölgenin birden fazla olduğu durumlarda bir bölgenin üst ve altında oluşan yerli gerilim dağılımlarının diğer çalışma bölgelerine etkisinin kontrol altına alınması gerekir. Böyle bir kontrol ancak kazıların boyutlarını ve birbirlerine göre konumlarını değiştirmekle mümkün olur. Bütün bunları içeren konu "TABAKA KONTROLÜ"dür. Tabaka kontrolüne ancak, çalışılan yerlerin boyutlarının, konumlarının ve imalat sıralarının göz önüne alınması ile yapılacak dizayn sonu ulaşılabılır. Tabaka kontrolü, madenciliğin temel konularından biri olup işletme sırasında yaratılan boşluklar çevresindeki kaya hareketlerinin

kontrol edilmesi ile ilgilidir. Tabaka kontrolünün asıl önemi, verimli bir tabaka kontrolü olmadan, ekonomik gerçekle-  
rin sınırları içersinde mader işletmeciliği olanağı olamaya-  
cağından ileri gelmektedir. Yeraltında bir boşluk yaratıldı-  
ğı zaman tabaka basınçları tekrar dağılarak yeni boyutlar ka-  
zanmakta ve böyle bir açıklığın tahkiminde yalnızca tavanın  
ve kenarların bölgesel kontrolü gerekmektedir. Bu madencili-  
ğin ilk prensibidir. Yeraltının çok derin olan kısımlarından  
cevher çıkarmak ancak bu sayede mümkün olmaktadır.

Geliştirilmiş tabaka kontrolü standartlarına yöneliş-  
te, teşvik edici ana unsur, en güvenceli koşullar ve artan  
verimlilik istemidir. Tabaka kontrolünün bugün dünyada eri-  
şilmiş bulunan yüksek düzeyi, çok geniş araştırmalara daya-  
nan tecrübeler sonucunda gerçekleştirilebilmiştir. Özellikle  
le, 1950 yılından sonra bu konu ile ilgili çalışmalar artmış  
ve uluslararası bilgi alış verisini hızlandırmak için birçok  
uluslararası simpozyum ve konferanslar düzenlenmiştir 1,5.  
Ancak, Whittaker'in de belirttiği gibi jeolojik çevrenin ka-  
rışıklığı ve sınırsız olusu bilimsel analiz ve yorumlamayı  
zorlaştırmış, amprik yöntemlerin kullanılmasını zorunlu kıl-  
mıştır.<sup>6</sup> Yalnız, yine Whittaker'in belirttiği gibi, tabaka  
kontrolü konularında karar verebilmek için bilimsel temel-  
lerin hemen hemen olmayışı, önceki ve son yıllarda yapılmış  
olan ilerlemelere engel olamamıştır.

Bugünkü durum, tabaka kontrolünün çeşitli görünümle-  
ri açısından birçok şeyin bilindiğidir. Buna karşın gelişme-  
ler o kadar hızla olagelmektedir ki, yeni bilgi kısa zamanda

geçmiş bir gerçek duruma dönüşmektedir. İkiyden yöntemleri ve tekniğindeki sürekli gelişmeler, aynı gelişmelerin tabaka kontrolü alanında da oluğunu zorunlu kılmaktadır. Yeraltı işletmeleri gün geçtikçe, birbirine etkileri fazla olan bölgelerle, genellikle daha çok jeolojik olaylardan etkilenmiş, arızalanmış bölgelerde yapılmaktadır. Bu durum, yeraltı işletmelerinin planlanmasında ve düzeninin belirlenmesinde, tabaka kontrolünün etki kapsamının tümüyle değerlendirilmesinde zorluklar ortaya çıkarmaktadır.

Sonuç olarak, maden endüstrisinde yanıtlandırılması gereken şu sorular ortaya çıkmaktadır: "Gereksinimlerimize karşılık ne biliyoruz?" ve "tabaka kontrolü uygulamasında sürekli ilerleme yapılması için bilmemiz gereken şeyler nelerdir?".

Burada, tabaka kontrolü prensipleri, uzunayak işletme yöntemi yönünden gözden geçirilecek ve tabaka kontrolüne etki eden önemli faktörler incelenmektedir.

## 2.2. UZUNAYAK ÇEVRESİNDE TABAKA GEREKİMLERİNİN YENİDEN DAĞILIMI

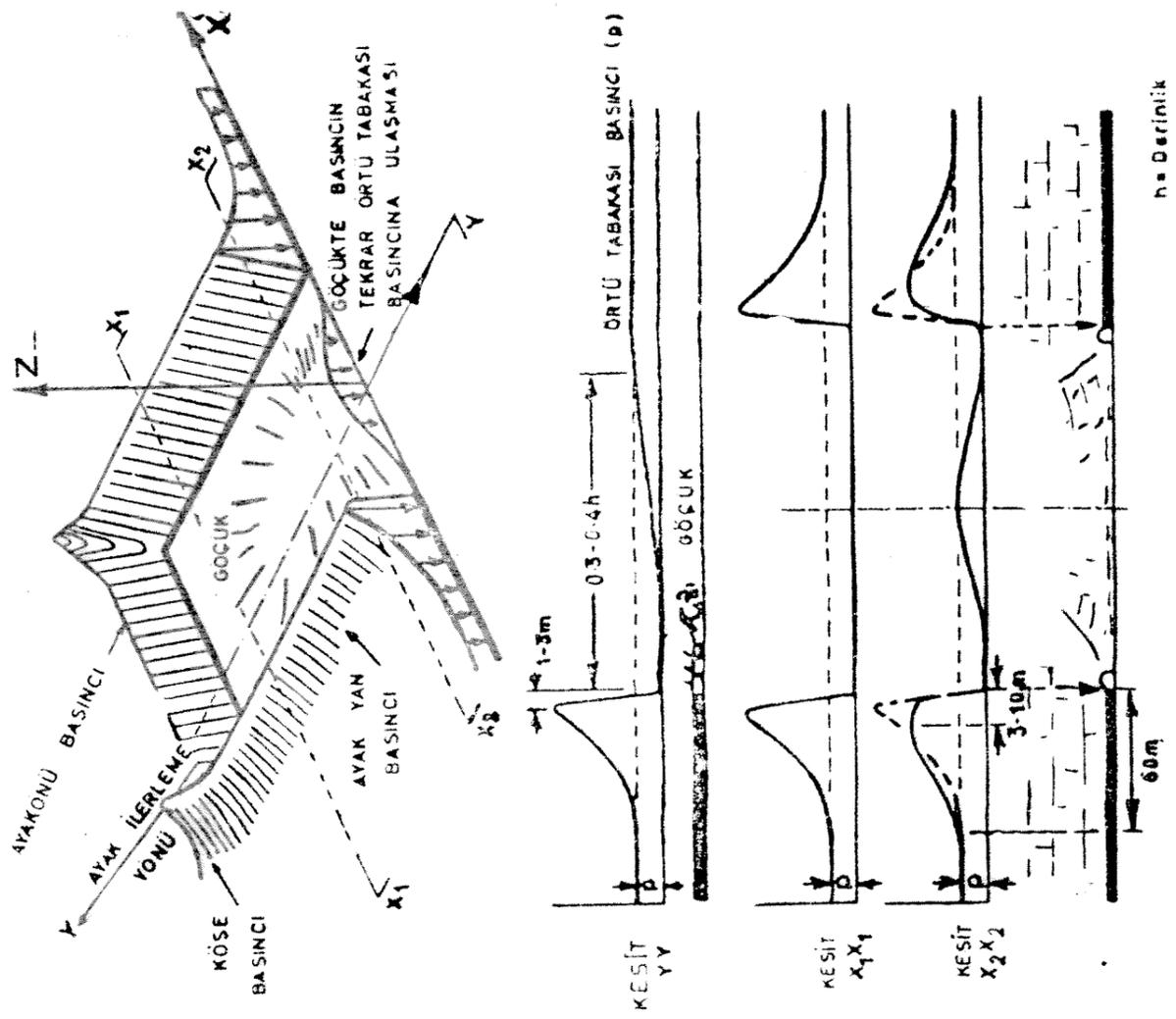
Tabakalı cevherlerin işletilmesinde en yoğun yeraltı işletme yöntemi "uzunayak"dır. Uzunayaklı avantajları, bu yöntemin mekanizasyon ve otomasyona yakınlığı, üretimin bir merkezden yürütülebilmesi, cevher üretimindeki verimliliği ile sınırlı değildir. Çalışma sistemi genellikle de sınırlı değildir. Bu yöntem, işletme sırasında bölgesel olarak uygulanan yüksek gerilimleri dağıttıkça, analıtmakta ve etrafı

zayıf tabakalardan oluşan cevherin üretim olanaklarını fazla-  
laştırmaktadır. Bu nedenle, uzunayak, Avrupa'da ve yurdumuz-  
da kömür işletmelerinde ençok kullanılan yeraltı işletme yön-  
temidir ve Amerika Birleşik Devletleri'nde de gün geçtikçe  
önem kazanmaktadır.<sup>7</sup>

Bir uzunayak çevresinde oluşan gerilim dağılımları  
Şekil-1 de gösterilmiştir.<sup>6</sup> Burada, Whittaker, İngiltere'de-  
ki görüşü özetlemiştir. Görüldüğü gibi, kazı yapılan kısım-  
ların çevresinde bulunan sağlam yerlerde yüksek basınç böl-  
geleri oluşur. Ayak boşluğunun üst tarafı ise, düşük basınç  
bölgesidir. İşletmeciliğin yapılmasına olanak sağlayan kı-  
sımlar basıncın az olduğu bu bölgelerdir. Böylece, taahkimat  
malzemelerinin dayanımları örtü tabakasının belirli derin-  
likte uyguladığı basınca oranla çok az olmasına karşın, çalı-  
şılan damarın hemen arkasındaki alanın tahkim edilmesi müm-  
kün olmaktadır.

Ayak ön basıncı, aynadaki kömürü ezip üretiminin yar-  
dım eder. Diğer taraftan, uzunayağa giriş ve çıkış ile hava  
devrini sağlayan kaçamak yolları da yan kömüre bitişik ola-  
rak açıldığından yüksek basınç alanından uzaktırlar ve böy-  
lece bu yolların ençok korunması sağlanmış olur.

Ayak ön basıncı, uzunayak arınının genellikle, 1-3 m.  
önünde maksimum değerine ulaşır<sup>6,8</sup>. Bu değer, kömür damarı-  
nın kalınlığına, kömür, tavan ve taban tabakalarının dayanım  
değerlerine bağlıdır. Ayak ön basıncının maksimum değeri, ör-  
tü tabakası yükünün 4-5 katıdır<sup>6,8,9</sup>. Yan kömür üzerinde olu-



Sekil 1- Uzunayak Etrafında Tabaka Basıncı Dağılımı 6

şan maksimum ayak basınç değeri zamanın bir fonksiyonudur. Bu yüksek basınç, yan kömürün giderek ezilmesine ve yenilenmesine, yumuşak tabanın yan kömür altından açıklığa (kacamak yoluna) doğru kabarmasına yol açar. Bunun sonucu olarak yan basıncın maksimum değeri düşer ve maksimum basınç, yan kömür üzerinde daha da içeriye doğru atılır. Wilson ve Ashwin<sup>10</sup>, bunu İngiltere koşulları için incelemişler ve maksimum yan basıncın örtü tabakasının oluşturduğu yükün 4 katı ve yan kömür içinde 0,015 x Ayak derinliği uzaklıkta oluştuğunu saptamışlardır.

Şekil -1 ile belirtilen ve İngiltere'deki bulgulara dayanan basınç dağılımı, genellikle, diğer ülkeler araştırmacıları tarafından da kabul edilmiştir.<sup>11</sup> Ancak, Everling<sup>11,12,13</sup>, köşelerde, Şekil-1'de görüldüğü gibi maksimum basınç oluşmadığı kanısındadır. Şekil -2'de Everling'in matematik modeli ile elde ettiği, ayak etrafındaki basınç dağılımı gösterilmektedir.

Çalışılan bölgenin üzerinde çok azalar basınç, bu bölgenin gerisinde yeniden yükselmeye başlar ve örtü tabakası yüküne erişir<sup>6,8</sup> (Şekil -1). Bazı araştırmacılara göre, ayak gerisinde de önünde olduğu gibi bir yüksek basınç oluşmaktadır. (Şekil -3). Ancak, ayak arka basıncının oluşmadığı, bugün çoğu araştırmacı tarafından kabul edilmiştir.<sup>8</sup> Oyangüren<sup>14</sup>, uzunayak sistemi ile çalışılan, birbirine yakın iki potasyum tabakasında yapmış olduğu incelemelerde, ayak arka basıncının oluşmadığını, basıncın örtü tabakası basıncına eriştiğini ölçümlerle saptamıştır.



### 2.3. AYAK ÖN BASINCININ ETKİLERİ

Ayak ön basıncından dolayı tavan ve kömürde çatlaklar oluşur. Bu çatlaklar göçüğe doğru eğimlidir<sup>8,15</sup>. Ön basıncın bulunduğu bölgenin gerisinde kömür daha az basınç altındadır ve ayak alını boşluğa doğru hareket eder. Kömür alındığında göçüğe doğru eğimli, çatlaklı tavan kontrol altına alınmalıdır. Bu bölgede, tavanın alçalması devam eder ve aynı zamanda tavan göçüğe doğru hareket eder. Ayak tahkimatının görevi konverjansı ve göçüğe doğru hareketi kontrol etmektir<sup>8,16</sup>. Tahkimat tarafından tavana uygulanan yük gerektiğinden çok olduğunda yada az olduğunda çatlaklar sonucu oluşan kaya blokları birbirlerinden ayrılır veya birbirlerinden farklı eğim alır ve böylece tavan taşı düşmelerine, göçük yapmaya ya da basamak oluşmasına neden olur. İyi kontrol edilmeyen tavan, tahkimatlar üzerinde bozulur ve problemler doğurur. Değişik kırılma ve çatlak oluşma koşulları Jacobi ve arkadaşları<sup>17</sup> tarafından ayrıntıları ile gösterilmiştir.

### 2.4. KONVERJANS VE AYAK TAHKİMATI

Daha öncede belirtildiği gibi ayak tahkimat direklerinin görevi, çalışılan bölgenin üzerinde bulunan tabaka katlarından en alttakinin göçmesini ve üst tabakalardan ayrılmasını önlemektir. Ayak üzerinde bulunan büyük kaya kütleleri nedeni ile, üst tabakaların eğimlerinin ayak içinde kontrol edilme olasılığı yoktur. Bu nedenle, üst tabakaların özelliikleri alın ve göçük arasında olanaklı olan en az konver-

jansa etki etmekte ve onu belirlemektedir<sup>16</sup>. Diğer bir deyişle ayakta oluşan konverjans değeri, ne yapılırsa yapılsın kullanılan tahkimat sistemi ile sifina indirilemez ve tavan tabakalarının özelliklerine göre bir minimum konverjans daima elde edilir. Konverjans, tavan inmesi, taban kabarması ve kömür tabakasının sıkışmasının toplamından oluşur<sup>18</sup>.

Wilson<sup>19</sup>, İngiltere kömür madenlerinde yapıldığı uzun ve yayıntılı çalışmalar ve ölçmelerden sonra, bu minimum konverjans değerinin kendi ülkesinde, ayak ilerlemesinin her metresi için  $10.8 H + 29,2$  mm olduğunu saptamıştır. Burada H ayak yüksekliğidir (m olarak). Buradan, bir metre yüksekliğindeki bir ayakta konverjans hızı, aydağın bir metre ilerlemesi için 40 mm olarak bulunur.

Ayakta oluşan konverjans değeri, ayak yüksekliği ile etkilenmektedir. Konverjans değeri ile ayak yüksekliği arasındaki ilişki doğrusal olup ayak yüksekliği arttıkça konverjans değeri de artmaktadır. Wilson'un yukarıda verilen eşitliği de bunu kanıtlamaktadır. Shepherd<sup>8</sup>, bunu ayak önü basıncına bağlıyor ve Euler'in kolon teorisine göre aynı gerilim altında, kömür damarının çalışılan kalınlığı arttıkça ayak boşluğuna doğru hareketinin de artacağını belirtmektedir. Kömürün göçüğe doğru olan hareketinin artması tavan tavanı da aynı derecede etkiliyeceğinden, tavanda bloklar arasındaki ayrılma daha çok olacak ve sonuçta konverjans da artacaktır.

Konverjans değeri ile ayağın ilerleme hızı arasındaki ilişki hakkındaki düşünceler kesin değildir. Bazı araştırmacılara göre, ayağın ilerleme hızı arttığında konverjans değerinin az da olsa azaldığıdır<sup>16</sup>. Ancak, ayağın ilerleme hızı arttığında konverjansında arttığını durumlar görülmüştür<sup>8,20</sup>. Genel düşünce, ayağın ilerleme hızı arttıkça konverjansın oluşmak için vakit bulamayacağı ve konverjansın çoğu ayak tahkimatları ilerledikten sonra oluşacağıdır<sup>20</sup>. Ancak yukarıda da belirtildiği gibi yapılan ölçümler bunu kesinlikle kanıtlamamıştır. Shepherd ve Ashwin<sup>20</sup>, bu ölçümlerde, ayağın ilerleme hızını 20 m/hafta dan az olduğu ayaklarda yapıldığını, eğer ayak hızı bu değerden çok olursa daha kesin bir ilişki bulunabileceğini belirtmişlerdir. Uzun ayakta, tavanın durumu ve tabaka kontrolü; konverjans değerine, tavan ve tabanın birbirine göre hareketine, tahkimat üzerine gelen yük yoğunluğuna ve tahkimatın karakteristiğine bağlıdır. Cooke, konverjansın tavanda oluşur çatlakların sayısına bağlı olduğunu, bu nedenle tabaka kontrolü araştırmalarının çoğunun konverjans ile uzun ayak içersindeki değişik faktörler arasında bir ilişki olup olmadığını üzerine toplandığını belirtmektedir<sup>21</sup>.

Uzun ayağın yüzeyden derinliğinin, konverjans üzerine önemli bir etkisi olmadığını görmüştür<sup>22</sup>. Dubois<sup>23</sup>, Fransa'da yapmış olduğu incelemelerde ayak derinliğinin konverjans üzerine etkisi olmadığını göstermiştir. Ancak, Wilson'un<sup>19</sup> yapmış olduğu analizlerde, Fransa'da yapılan çalışmalardan<sup>24</sup> aldığı sonuçların ayak derinliği ile konverjans değerlerinde

belirgin bir değişme görememesine karşın İngiltere'de yapılan ölçümlerde az da olsa derinlik arttıkça konverjans azalma olduğunu göstermiştir (Şekil -4).

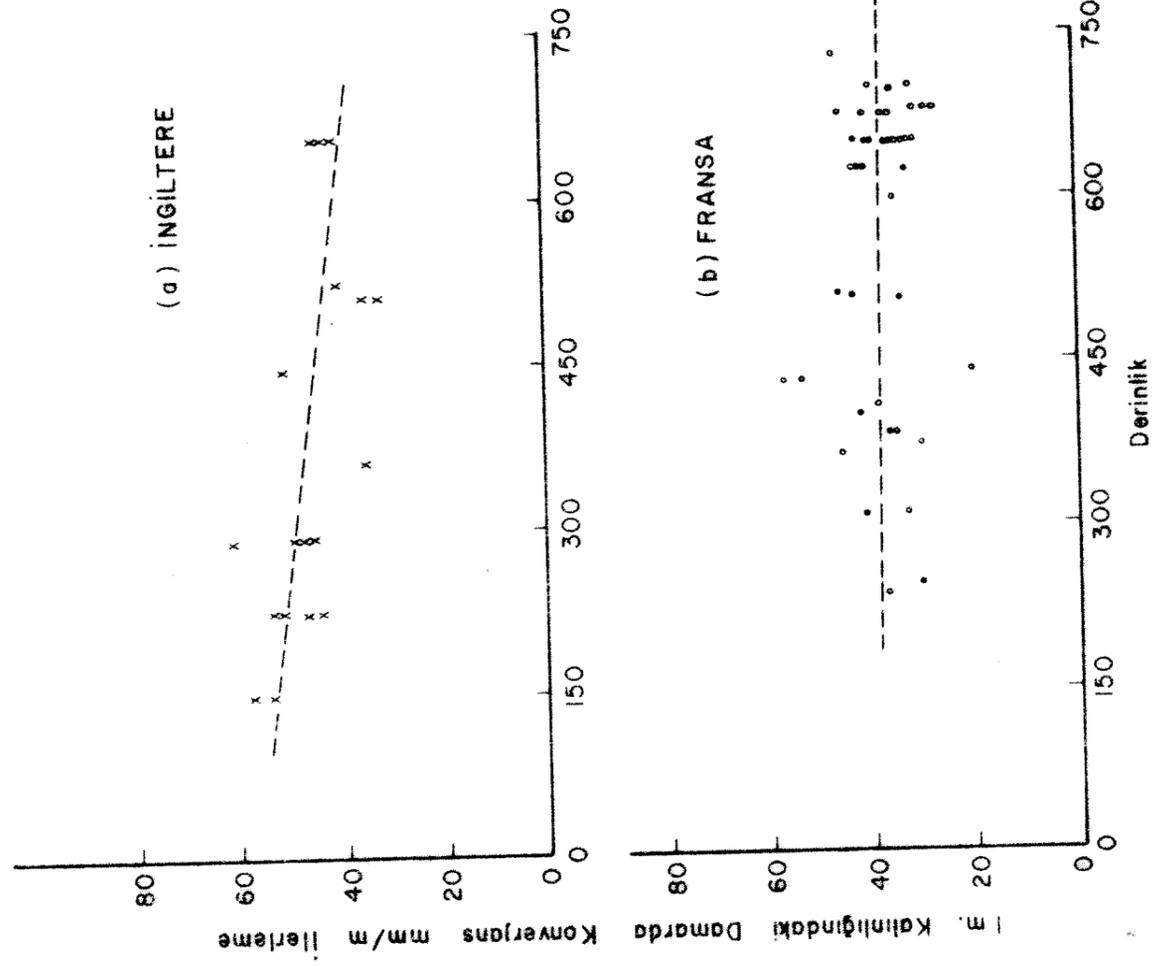
Wilson, ayak derinliğinin konverjans üzerine olan bu etkisinin, derinliğin daha da artması ile devam etmeyeceği kanısındadır. Çünkü, derinlik arttıkça konverjans küçüleceğinden, belirli derinlikten sonra konverjans değeri çok azalacak ve sonuçta sıfıra ulaşacaktır. Wilson, konverjansın 300 m derinliğe kadar azalacağını belirtmiştir. İngiltere'de, 300 m'den derin ayaklarda ölçülen konverjans değerinin Fransa'da bulunan değerlere çok yakın olması ilginçtir<sup>19</sup>.

#### 2.5. TAHKİMAT ÜZERİNE GELEN YÜK, TAHKİMAT-TAVAN-TABAN İLİŞKİSİ

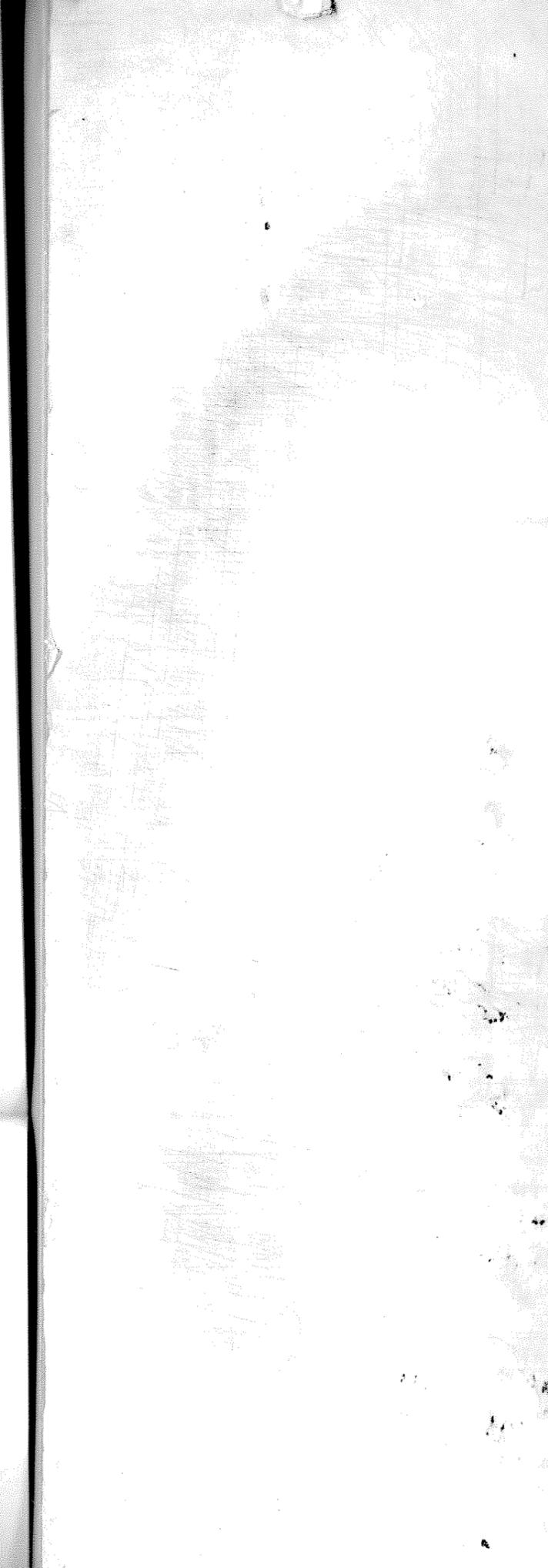
Kullanılan tahkimatın ayak içinde ve tabaka kontrolunda ne kadar etkili olduğunu anlamak ve diğer ayaklardaki durumlarla karşılaştırabilmek için önce bir baz seçmek gereklidir.<sup>19</sup> Tahkimat direkleri üzerine gelen yükler zamana bağlı olarak değişiklik gösterir ve aynı zamanda her direk tarafından tahkim edilen alan kömür kazısı, tahkimatların sökülme ve dikimi sırasında değişir. Bu nedenle tahkimatların üzerine gelen yükler zaman ve alan ağırlığı unsurlarını da içine alan ortalama yük yoğunluğu (öyü) ile tanımlanır<sup>19,23</sup>.

Ortalama yük yoğunluğunun hesaplanması EK-1 de'ayıntıları ile verilmiştir.

Ortalama yük yoğunluğu ile konverjans arasındaki ilişki tabaka denetiminde en önemli unsurlardan birisidir.



Şekil 4- Derinliğin Konverjansa Etkisi



Konverjans, ortalama yük yoğunluğu arttıkça azalır. İngiltere'de, kömür havzalarında yapılan araştırmalarda, konverjanstaki bu azalmanın ortalama yük yoğunluğu  $10.8 \text{ ton/m}^2$  oluncaya kadar devam ettiği görülmüştür. Ortalama yük yoğunluğu, bu değerden çok olduğunda konverjans azalır ve azalır görülmemiştir. Şekil-5, konverjans ile ortalama yük yoğunluğu arasındaki ilişkiyi göstermektedir<sup>19,23</sup>. Şekilden de görülmüştüğü üzere ortalama yük yoğunluğunun  $10,8 \text{ ton/m}^2$  den az olduğu durumlarda konverjans artmaktadır. ÖY'ünün  $5,4 \text{ ton/m}^2$  den az olması durumunda ise konverjans çok fazladır. Bu yüklerde ve daha az yüklerde, tavanda oluşan çatlakların oluştuğu blokların, birbirleri ile ilişkileri gevsek olması nedeniyle ile göçüğe doğru olan hareketleri artar ve konverjans çok olur. Bu da, bu yükte yeterli bir tahkimat yapılamadığını ortaya çıkarır. Buradan,  $5,4 \text{ ton/m}^2$  nin kritik bir yük yoğunluğu olduğu anlaşılmaktadır. Ayağın iyice tahkim edilmesi için bu değerden daha büyük bir ortalama yük yoğunluğuna gereksinim vardır. Doğaldır ki, burada sorulması gereken soru bu değer ne kadar büyük olacağıdır. Yukarıda da belirtildiği gibi ortalama yük yoğunluğu  $10,8 \text{ ton/m}^2$  olduğunda tabaka ayrışması önlenmiş olup, ayak içinde tavan güvenlikli koşullarda kontrol edilebilmektedir. Ancak bu değer, anormal tabaka koşulları ve tahkimat direklerinin karakteristiklerinin zamanla azalması göz önüne alınarak gerekli güvenlik katsayısı uygulanmalıdır. Ashwin, yürüyen tahkimatların dizaynında (tasarımında) bu unsurları ayrıntıları ile göz önüne almıştır<sup>26</sup>.



Yukarıda belirtilen ortalama yük yoğunluğu, kumtaşı bulunmayan, genellikle daha yumuşak kömür silsilesi kayalarının bulunduğu İngiltere kömür ocaklarından elde edilmiştir. Yabancı tavanda ve ana tavanda sağlam kumtaşı tabakalarının oluşu tahkimat direkleri üzerine gelen yükü artırmaktadır<sup>27</sup>. Panek, ABD'de yük yoğunluklarının yüksek olmasının nedenini, yabancı tavanda ve ana tavanda bulunan sağlam kumtaşı tabakalarına bağlamaktadır<sup>27</sup>. A.B.D.'de yük yoğunluğu, 30-100 ton/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Bu değer, Almanya için 20-30 ton/m<sup>2</sup> dir.<sup>27</sup>. Görüleceği üzere, ülkeden ülkeye ya da bölgeden bölgeye görünen tabaka koşullarındaki farklılıklar yük yoğunluğunu etkilemektedir. Bu nedenle, her ülkede, tabaka koşullarına göre yük yoğunluğunun saptanması gerekir.

Ayakta kullanılan tahkimat daima yeterli kapasitede olmalıdır. Ancak, yeterinden fazla bir güvenlik katsayısının seçilmesi hem ekonomik olmavacak hem de fazla yük; zayıf, sağlam olmayan tavan tabakasını bozacak, ters etki yapacaktır.

#### 2.6. ORTALAMA YÜK YOĞUNLUĞUNA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Ortalama yük yoğunluğu, yalnız tahkimat direklerinin anma yük kapasitelerine bağlı değildir<sup>19</sup>. Anma yük kapasitesi kadar önemli başka faktörler de vardır.

Yükün tahkimat üzerine biniş hızı ayaktan ayağı farklı olabilir. Tahkimatların yük çömlülme karakterinin değişik olması yanında, tahkimat üzerine konan ahşap kamalar ve tahkimat altında kalan kömür parçacıkları, tahkimat direkleri-

nin anma yüklerine erişinceye kadar oluşması beklenen tavan-taban konverjansını artırır ve süreyi uzatır<sup>19,28</sup>. Yürüyen tahkimatlı ayaklarda bazan tahkimat altında kalan parçacıkların ezilmesinin, tahkimatların anma kapasitelerine erişmelerini önlediği görülmüştür<sup>19</sup>. Sürtünmeli ve hidrolik tahkimatlarda taban gömülmesi de aynı sonucu doğurabilir. Dubois<sup>29</sup>, bazı durumlarda yürüyen tahkimat altında kalan kömür parçacıklarının ve sarmalar üzerine konan ahşap kamaların ezilmesi ile taban gömülmesinin, konverjans % 40 oranına kadar artırdığını saptamıştır.

Ayrıca, yürüyen tahkimatların ve kesici makinaların kullanıldığı mekanize ayaklarda, kesmenin tek yönlü ya da iki yönlü olması da ortalama yük yoğunluğuna etki edebilir. Örneğin, iki yönlü kesmenin yapıldığı ve tahkimatların, kesmeden sonra beklenen yüksek değerdeki konverjansın oluşmasına meydan vermeden derhal yürütüldüğü ayaklarda, yüklerin tahkimat üzerine binme hızının artması nedeni ile tahkimatların anma kapasitelerine kısa sürede erişebilecek ve bunun sonucu ortalama yük yoğunluğu artacaktır. Yukarıda açığa belirtildiği üzere, ayağın esas durumu ve çalışma sistemi, ortalama yük yoğunluğuna etki etmektedir. Bu nedenle uygulamada en geçerli yöntem, ortalama yük yoğunluğunun yerinde yapılacak ölçümlerle bulunmasıdır.

#### 2.7. TAHKIMAT TIPLERİ

Bilindiği gibi, ayağın tahkiminde kullanılan tahkimat tipleri, ayaç, sürtünmeli çelik, hidrolik direklerle yürüyen tahkimat olmak üzere dört ana tipte toplanır. Tah-

kimatların özelliklerini belirten literatür çoktur<sup>1,52</sup>. Burada, bu tahkimatların özelliklerine girilmeyecek, istendiğince de bu kaynaklara başvurulabileceği belirtilmekle yetinilecektir.

Tahkimat direkleri tiplerinin, yük-gömülme veya yük-deformasyon karakteristikleri farklıdır. Bu farklılık yalnız tipler arasında olmayıp, aynı tipteki tahkimat direkleri arasında da vardır.

Ağaç tahkimatların ayak içinde tavan ve taban ile ilişkisi ve bunların birbirlerine olan etkileri üzerine çalışma yok denecek kadar azdır. Bunun nedeni, birçok ülkelerde bu tahkimat sisteminin yıllar önce ayak tahkiminde terk edilmiş olmasıdır. Burada sorulacak soru: Acaba ülkemizde ağaç tahkimatın ayak tahkimatındaki yeri nedir? Tabaka kontrolündeki etkinliği ve sorunları nelerdir?

Daha önce de belirtildiği gibi, sürtünmeli hidrolik direklerle ya da yürüyen tahkimat ile donatılmış ayaklarda, gerekli ortalama yük yoğunluğu elde edilme kaydı ile, konverjans değerlerinde ve tavanın durumunda belingün bir fark görülmediğidir<sup>19,16</sup>.

Sıkılama yükünden anma yüküne yavaş yavaş erişildiği ya da birden erişildiği tahkimat sistemlerinin tabaka kontrolü açısından etkileri ayrıntıları ile çalışılmamıştır. Veri azlığı nedeni ile, bu konuyla ilgili çelişkili yorumlar vardır. Bu konunun ayrıntıları ile incelenmesi gerekir. İstenilen ortalama yük yoğunluğunun elde edilmesini garanti

altına almak için tahkimatların ilk sıklama yüklerinin ortalama yük yoğunluğu değerine eşit olarak alınması önerilmiştir<sup>26</sup>. Burada dikkat edilmesi gereken husus, sıklama yükünün zayıf tavanı bozmayacak değerde tutulması ve optimum koşulun sağlanmasıdır<sup>6,24</sup>.

#### 2.8. UZUNAYAKTA GERİNİN TAHKİMİ

Uzun ayak sistemi uygulanan kömür damarlarında, çalışan yerin arkası ya tahkim edilir ya da tümü ile göçertilir. Gerinin göçertilmesi en çok uygulanan yöntemdir. Geriyi tahkim etmenin çeşitli yöntemleri vardır. Örneğin, dolgu malzemesi ile doldurma (hidrolik, basınçlı hava, yerçekimi yöntemleri ile), kırık taş ve/veya ağaç damlarla kısmi tahkimat gibi. Wilson yapmış olduğu incelemelerde, ayak gerisinin tümü ile göçertildiği veya taş damları ile tahkim edildiği durumlarda, konverjans değerinde istatistiksel olarak belirgin farklılıklar gözlemlenmiştir. Ancak bu konunun ayrıntılı olarak anlatılması gerekmektedir<sup>19</sup>.

Dubois<sup>29</sup>, yapmış olduğu araştırmalar sonucunda bulduğu bulgulardan, gerisi dolgu malzemesi ile doldurulan ayaklarda oluşacak olan konverjansın, göçertmeli ayak sisteminde elde edilen konverjans değerinden yüzde oluşması beklenen çökme değerleri oranlarında az olacağını belirtmiştir. Diğer bir deyişle, dolgu ayaklardaki konverjans, göçertmeli ayaklarda oluşacak konverjansın aşağıda verilen katsayı ile çarpılması sonucu bulunur.

Dolgulu ayaklarda maksimum çökme değeri  
(damar kalınlığı cinsinden)

Göçertmeli ayaklarda maksimum çökme değeri  
(damar kalınlığı cinsinden)

$$= \frac{0.5 H}{0.9 H} = 0.56$$

Burada H, damarın işlenen kalınlığıdır (m). Ayak gerisinin tahkim edilmesinin ya da göçertilmesinin en önemli etkisi, tavan ve tabanın birbirlerine göre yanal hareketlerinin çok olduğu ayaklarda görülmüştür. Gerisi kırılmış taşların yığılması ile elde edilen damlarla tahkim edilen ayaklarda göçüğe doğru olan hareketin daha az olduğu saptanmıştır. Buradan, yanal hareketin çok olduğu ayaklarda taş damlarının kullanılmasının tabaka kontrolünü arttıracakları ortaya çıkmaktadır.

## 2.9. SONUÇ

Bu literatür araştırması sonucunda, yanıt bulunması ve ayrıntıları ile incelenmesi gereken hususlar ana çizgileri ile aşağıda sıralanmaya çalışılmıştır:

1. Literatür araştırmasından, tabaka kontrolünde bir taraftan birçok şeyin bilindiği, diğer taraftan birçok şeyin bilinmediği, tümü ile aydınlanmadığı görülmüştür. Ancak, bilinsin bilinmesin tabaka denetimine etki eden faktörler ve parametreler tabakaların homojen olmaması, bölgesel farklılıklar göstermesi nedeni ile her bölgede ayrıntıları ile incelenmeli, araştırılmalı ve belirli bir bölge için gerek güvenlik ve gerekse ekonomi açısından optimum koşullar bulunmalıdır.

2. Uzun ayaklarda tabaka denetiminin en büyük unsurları, ortalama yük yoğunluğu ile konverjans ve bu iki faktörün birbirleri ile olan ilişkileridir.

3. Ortalama yük yoğunluğu, yalnız tahkimat direklerinin anma yük kapasitelerine bağlı değildir. Ayağın eses durumu ve çalışma sisteni ortalama yük yoğunluğuna etki etmektedir.

4. Optimum ortalama yük yoğunluğu ve konverjans ilişkisi, tabakaların durumuna ve özelliklerine göre ülkeden ülkeye, bölgeden bölgeye değişebilmektedir. Ülkemizde de, kömür havzalarının karakteristiklerini çıkartmak için yoğun araştırmalara gitmek gerekir.

5. Tahkimat direklerinin tiplerinin tabaka denetimine etkisi nedir? Sıkılama ve anma yük kapasitelerinin değerleri ne olmalıdır? Sıkılama yükünün etkisi nedir? Alınacak güvenlik katsayısı ne olmalıdır? Bu sorulara literatürde çok az yanıt bulunabilmiştir. Ayrıntıları ile özellikle ülkemiz koşulları için incelenmelidir.

6. Ülkemizde, uzun ayaklarda daha çok ağaç tahkimat kullanılmaktadır (özellikle Zonguldak havzasında). Ancak, bu tahkimat sisteminin tabaka kontrolüne etkisi, problemleri, yerli olup olmadığı, ekonomiye olumlu veya olumsuz katkısı ayrıntıları ile incelenmemiştir. Hatta, hiç incelenmemiş olduğunu söylemek daha doğru olacaktır.

7. Tabaka denetiminin daha çok yatımı az, oldukça ince kömür damarlarında incelenmiş olduğu saptanmıştır. Ya-

tımı çok dik veya çok kalın damarlardaki tabaka denetimini problemleri ve çözümleri ile ilgili az veri vardır. Ülkemiz de bu tür kömür damarlarının çoğunlukta olduğu göz önünde tutulursa, önümüzde sonsuz bir araştırmaya potansiyelinin bulunduğu görülecektir.

8. Değişik ayak gerisi tahkiminin tabaka kontrolüne ve tavan koşullarına etkisi nedir?

3. GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ TUNÇBİLEK BÖLGESİ HAKKINDA  
GENEL BİLGİLER

3.1. BÖLGE COĞRAFYASI

Linyit damarı ve işletme Tunçbilek kasabasıdır. Kasaba bağlı olduğu Tavşanlı ilçe merkezine 13 km, Kütahya il merkezine ise 64 km uzaklıktadır. Tunçbilek kasabasının ulaşımı kara ve demiryolu ile sağlanmaktadır. Asfalt kaplı düzgün karayolu Kütahya üzerinden tüm illere kolay ulaşım olanağı vermektedir. Kasaba İzmir-Ankara demiryoluna 13 km lik bir hat ile bağlıdır.

Bölge, kışları soğuk, yazları sıcak geçen karasal iklim kuşağındadır. Bölgenin deniz seviyesinden yüksekliği 650-1050 metreler arasında değişmekte olup, çevre ormanlarla kaplıdır.

3.2. BÖLGE JEOLOJİSİ

Tunçbilek linyit havzası, Neojen sedimanları içinde iki seri halinde bir oluşumdur (53,54,55,56). Tunçbilek serisi olarak adlandırılan alt seri, ofiolitik bir temel üzerinde diskordan olarak yer almakta olup kömür damarı bu seride bulunmaktadır. Domanıç serisi olarak adlandırılan üst seri daha genç olup hafif bir diskordansla Tunçbilek serisi üzerine gelmektedir.

Bölge, Üst Kretaseden sonra, kara olma durumuna geçmiş ve erozyon dönemi başlamıştır. Alt Miosen'de oluşan tatalı su göllerinde sedimentasyon başlamıştır. Daha sonra göllerin derinleşmesiyle oluşan bataklıkta gelişen ormanlar

kömür oluşumunu hazırlamıştır. Karasal ve lavün karakterli sedimanlar, gevsek yapılı yarı çimentolamış konglomera, kum-taş, silttaş, kil, marn, göl kalkerı, tuzlu-jipsli tabakalar ile linyit yataklarından oluşmaktadır. Üst Miosende başlayıp Pliosende şiddetlendikten sonra son bulan volkanik faaliyetler sonucu sedimanlar arasına yer yer lâv, tüf ve aglomera yatakları yerleştiği görülmektedir. Tunçbilek çevresi Neojen sedimanlarının alt ve üst serileri ayrıntıları Şekil-6 ve Şekil-7 de gösterilmiştir.

Tunçbilek serisi klastik taban katmanında tane boyutları aşağıdan yukarıya doğru gidildikçe küçülür. Klastik taban üzerinde yer alan kiltaşının bazı kısımlarında ekonomik olmayan kömür zuhurları görülür. Ana linyit damarının içinde bulunduğu kil-marn tabakasının kalınlığı birkaç yüz metreyi bulur. Tunçbilek serisi üst kısımları çörtlü olan tatlı su kalkerleri ile sona erer. Bunlar içindeki homojen silis oluşumları seri dimantasyon esnasında başlayan volkanizma sonucudur. Aynı zamanlardaki tektonik hareketler Tunçbilek serisi tabakalarının eğim açılarını yükseltmiş ve faylanmalara neden olmuştur. Bu nedenle, tabakaları hemen hemen yatay olan Domanıç serisi Tunçbilek serisi üzerinde diskordans olarak görülmektedir.

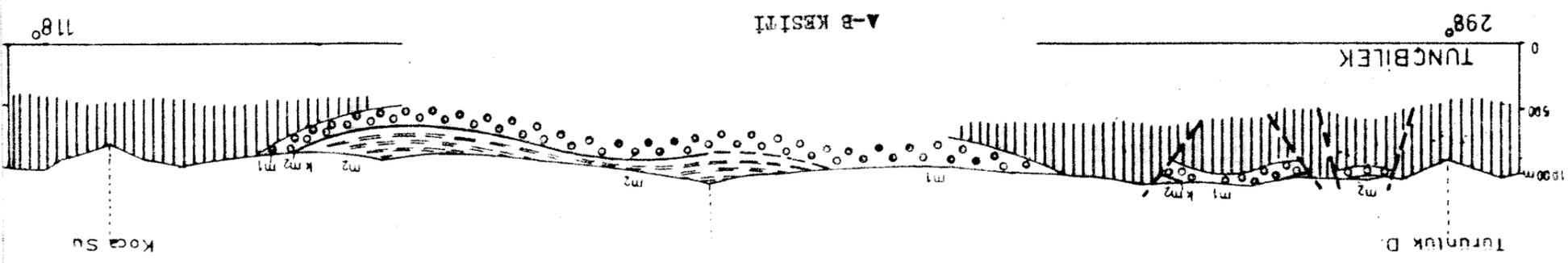
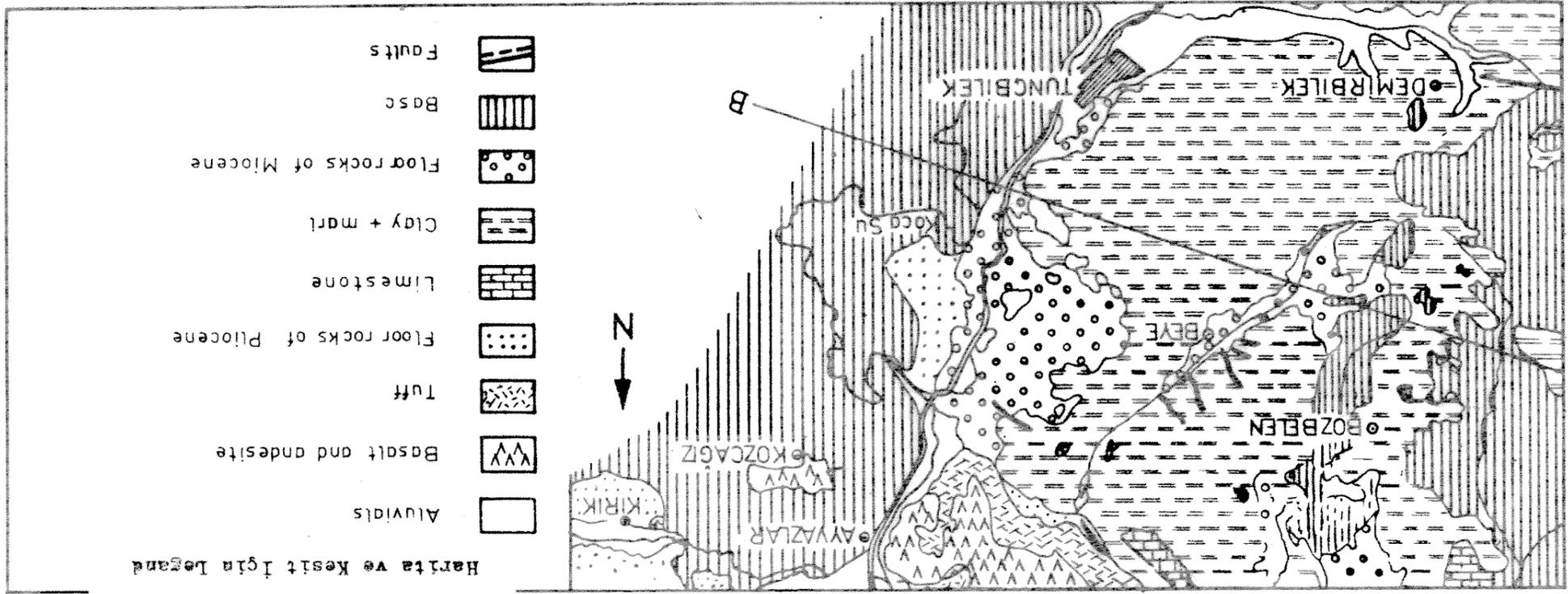
Domanıç serisi aglomeratik kayalarla başlayıp marn ile devam etmektedir. Marn üzerine gelen kalın tüf-lav sıralanışı Tunçbilek serisinin son zamanlarında (çörtlü kalker oluşumunda) başlayan volkanizmanın giderek en yüksek noktasına ulaştığını gösterir. Lavlar genellikle akıntılı ve olivinli bazaltlardan oluşmuştur. Domanıç serisi volkanizmanın azalmakta

| SERİ   | KATLAR     | Kalınlık (m) | LİTOLOJİ  |               |                  |
|--------|------------|--------------|---|---------------|------------------|
| NEOJEN | PLIOSEN    | 250          | ÇÖRTLÜ KALKER   |               |                  |
|        |            |              | ÜST TÜF SEVİYESİ  |               |                  |
|        |            |              | BAZALTİK LAVLAR   |               |                  |
|        |            |              | ORTA TÜF SEVİYESİ   |               |                  |
|        |            | 100-120      | 20-30   | 300           | KALKER           |
|        |            |              |   |               | ALT TÜF SEVİYESİ |
|        |            | 80           | 300-400   | MARN          |                  |
|        |            |              |   | AGLOMERA      |                  |
|        |            | 80           | 200-300   | ÇÖRTLÜ KALKER |                  |
|        |            |              |   | KALKER        |                  |
| 4-11   | ALT MIOSEN | 100          | ÜST MARN SEVİYESİ   |               |                  |
|        |            |              | ANA LİNYİT DAMARI   |               |                  |
| 60-100 | ALT MIOSEN | 100          | ALT MARN SEVİYESİ   |               |                  |
|        |            |              | KİL TAŞI  |               |                  |
| 60-100 | ALT MIOSEN | 100          | KLASTİK TABAN SEVİYESİ<br>KONGLOMERA VE KUMTAŞI<br>ARA TABAKALI ÇAKIL, BLOK,<br>KUM VE SİLT |               |                  |
|        |            |              | OFİOLİTİK SERİ<br>(Serpenteleşmiş ültrabazitler,<br>Radiolarit ve kalke)                    |               |                  |

TERSİYER

Şekil 6- Tunçbilek Çevresi Neojen Serilerinin Stratigrafik Kolu ( 53, 54, 55, 56 )

Şekil 7- Tunçbilek Meşen Sahasının Jeolojik Haritası ve Kesiti



olduğu zamanlarda oluşan çörtlü kalkerlerle son bulmaktadır.

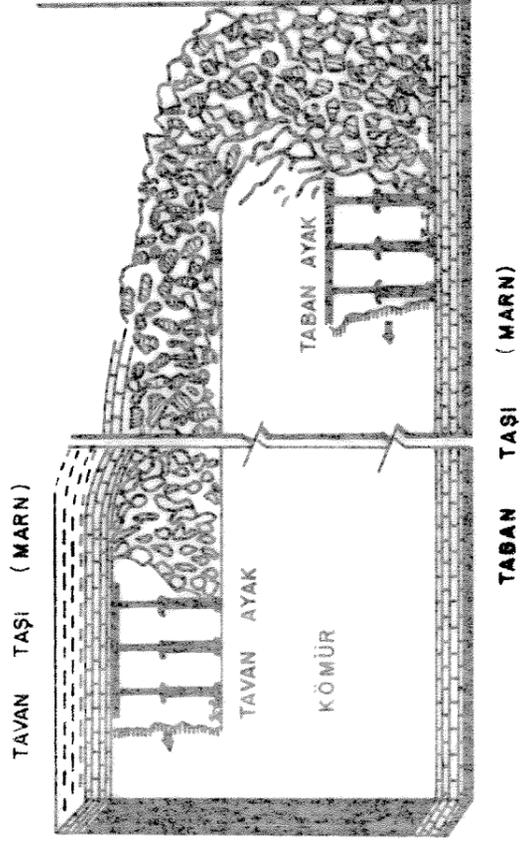
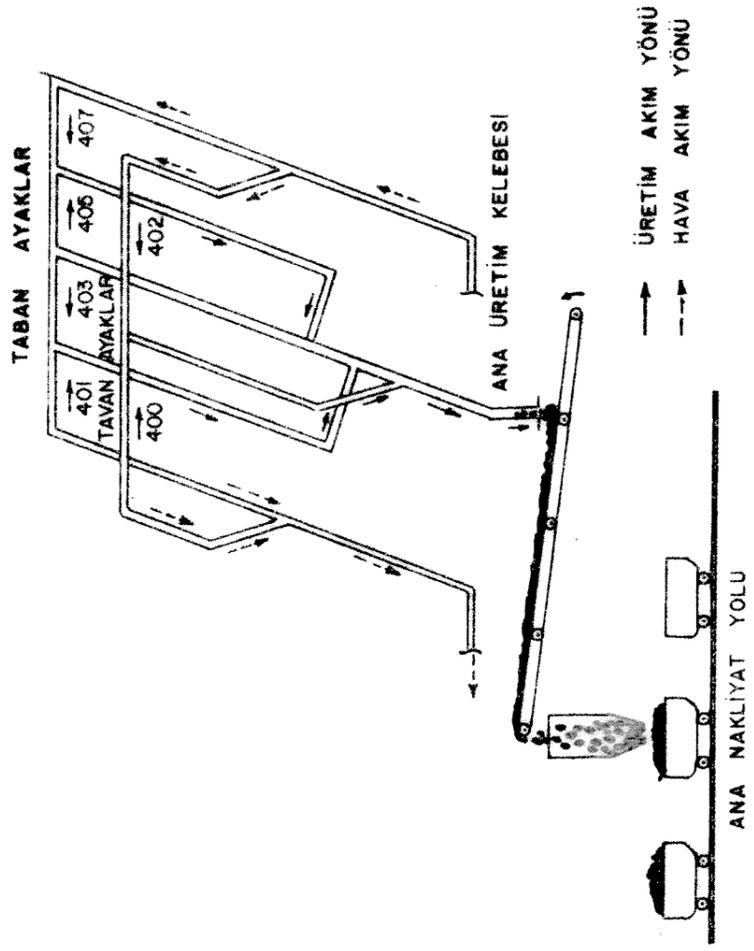
### 3.3. BÖLGEDE UYGULANAN İŞLETME YÖNTEMİ

Tuncbilek Bölgesinde kömür üretimi yeraltı ve açık işletme yöntemleri ile yapılmaktadır. Araştırma konusu yeraltı işletmeciliği ile ilgili olduğundan burada sadece yeraltı üretim yöntemi anlatılacaktır. Yeraltı işletmesinin yeryüzü ile bağlantısı desandrilerle yapılmaktadır.

Linyit damarı içinde A,B,C ve sarı kil olarak adlandırılan arakesmeler ile linyit damarı altında "taban kili" vardır. Kil tabakaları ince ve yumuşaktır. Kömür genellikle parlak siyah renkli ve sert kırılmıştır. Kömür damarı içerisinde yer yer "kaynak taşı" denilen silisli yumrular vardır.

Linyit damarının taban ile tavantaşı mavn'dır. Damar eğimi 8°-10° dolayında olup, kalınlığı 4-11 m arasında değişmektedir. Damar kalınlığı gözönüne alınarak yeraltı işletmesi için "dönümlü uzunayak-arakat söçertme" yöntemi seçilmiş ve halen uygulanmaktadır. Damar tavan ve tabanında 2'şer metre yükseklikteki uzunayaklar dönümlü olarak çalışmaktadır. İki kat arasındaki orta kömür söçertme yolu ile taban ayaklarını almakta, üstte kalan 2-3 m kalınlığındaki kömür söçertme ile ayak gerisinden alınmaktadır.

Damar, analarında 20-30 metre genişlikte topuklar bırakılarak panolara ayrılmaktadır. Bir panoda iki tavan,dört de taban ayak olmak üzere, aynı anda altı ayak birden çalış-



Şekil 8- G.L.I. Tuğbilek Bölgesi Yeraltı İşletmesinde Üretim Yöntemi.

maktadır (Şekil -8). Pano genişlikleri 300 m olarak saptanmış olmakla birlikte, faylara bağlı olarak pano boyutları değişebilmektedir. 300 m genişliğindeki bir panoda tavan ayaklarının genişliği 150 m, taban ayaklarınınki de 75 m olmaktadır. Taban ayaklar tavan ayakları 25-40 m geriden izlemektedir.

Hem tavan hem de taban arına dik olarak yapılan tahkimatta "sürtünmeli demir direk-mafsallı çelik sacma"lar kullanılmaktadır. Tavan ayaklarda şesbeş, taban ayaklarda ise sıra tahkimat sistemleri kullanılmaktadır. Tavan ayaklarda şesbeş düzenindeki çelik tahkimatın arkasına 15-20 m aralıklarla domuzdamı yapılmaktadır. Taban ayaklarda ise son sıra çelik tahkimat "emniyet sarması" denilen ağaç tahkimat ile düzenli şekilde takviye olunmaktadır.

Panoların taban kat nakliye yolları hazırlık sırasınca da demir bağ ile tahkim edilmekte. dönmümlü çalışma esnasınca da ağaç tahkimat ile takviye edilmektedir. Taban kat havalandırma yolları ve tavan kat yolları ağaç tahkimat ile tahkim edilmektedir. Hem tavan hem de taban katlarında iki ayacağın ortak olarak kullandığı nakliye yollarında sınırlı ciuk motorlarının bulunduğu "motor sabiti" denilen kısımlarda da sürtünmeli demir direk-mafsallı çelik sarmalar kullanılmakta ve oluk motorlarının arkasında (göçük tarafında) düzenli olarak domuzdamları bulundurulmaktadır.

Tavan ayakların çalışma düzeni Tablo-1 ve Şekil -9 da verilmiştir. Tavan ayaklarda arkadan kömür alınmadığı için işler 3 vardiyada tamamlanabilmektedir. I.vardiyada arına

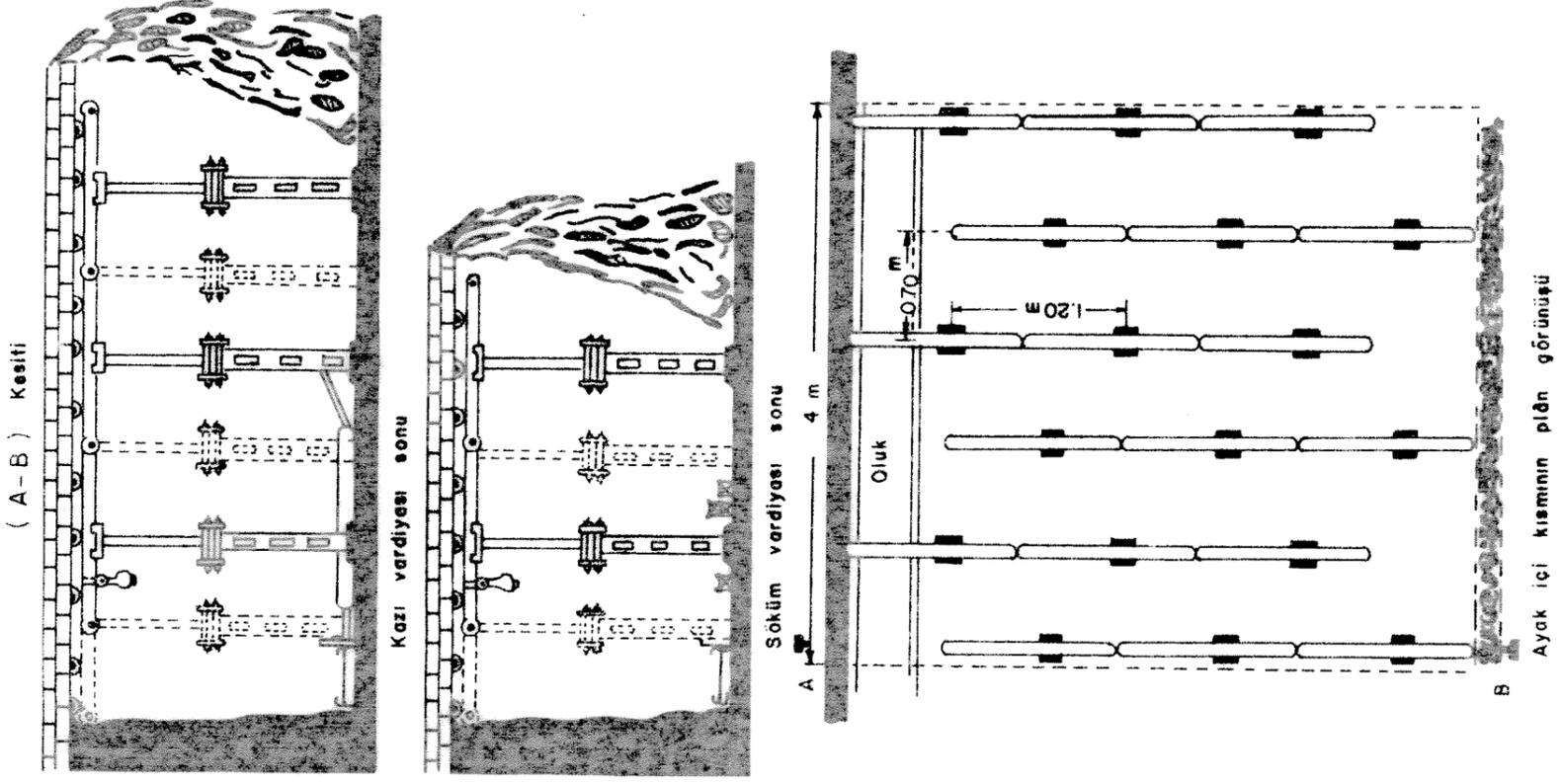
★ Tavan ayakları nakliye yolu motor sabitinde,oluk motorları arkasına (göçük tarafına) düzenli olarak bırakılan domuzdamları alttaki yola ve taban ayak kuyruklarına etki ettiği için yazarların önerisi ile ilerleme yapıldıkça domuzdamları sökmeye başlanmıştır. Domuzdamlarının yerlerinde bırakılmaması sonucu alttaki yolun basınç ile aşır. deformasyonu ve tavandan posta akımları önlenmiştir.

lağım atılarak kömür gevsetilmekte, II.vardiyada kazı yapılmaktadır. III.vardiyada 15-20 m aralıklı domuzdamları yapılarak en gerideki direkler sökülmemektedir. Bu vardiyada aynı zamanda arına delik delinmektedir. Zincirli oluk ile arın arasında tahkimat direği bulunmamakta. Yeni hava açıldığında oluk arına pnömatik iticilerle itilerek, oluğun daima arını takip etmesi sağlanmaktadır.

Taban ayakların enlisme düzeni Tablo - 2 ve Sekil-10 da verilmiştir. Taban ayaklarda arkadan kömür alınması için oluk arına bir vardiya bekletilerek taşınmakta ve işler bölümlere 4 vardiyada tamamlanmaktadır. I.vardiyada arında kazı yapılmaktadır. II. vardiyada, ikinci sıra direklere takviye ağaç baş (emniyet sarması) atılarak üçüncü sıra direkler sökülmemektedir. Sökümü yapılan yerlerde arkadan kömür alma işlemi başlamaktadır. III. vardiyada esas olarak arka kömürün alınmasına devam olunmaktadır. IV.vardiyada, arında oluk için kazı yapılmakta ve buna oluk havesi denilmektedir. Bu eslında oluk için yer hazırlanması anlamında olup, gerçek kazı vardiyası değildir. Oluk yerinin hazırlanması bitirilince oluk sökülerek arına taşınmaktadır.

Tablo-1. Tavan Ayaklarının Çalışma Düzeni

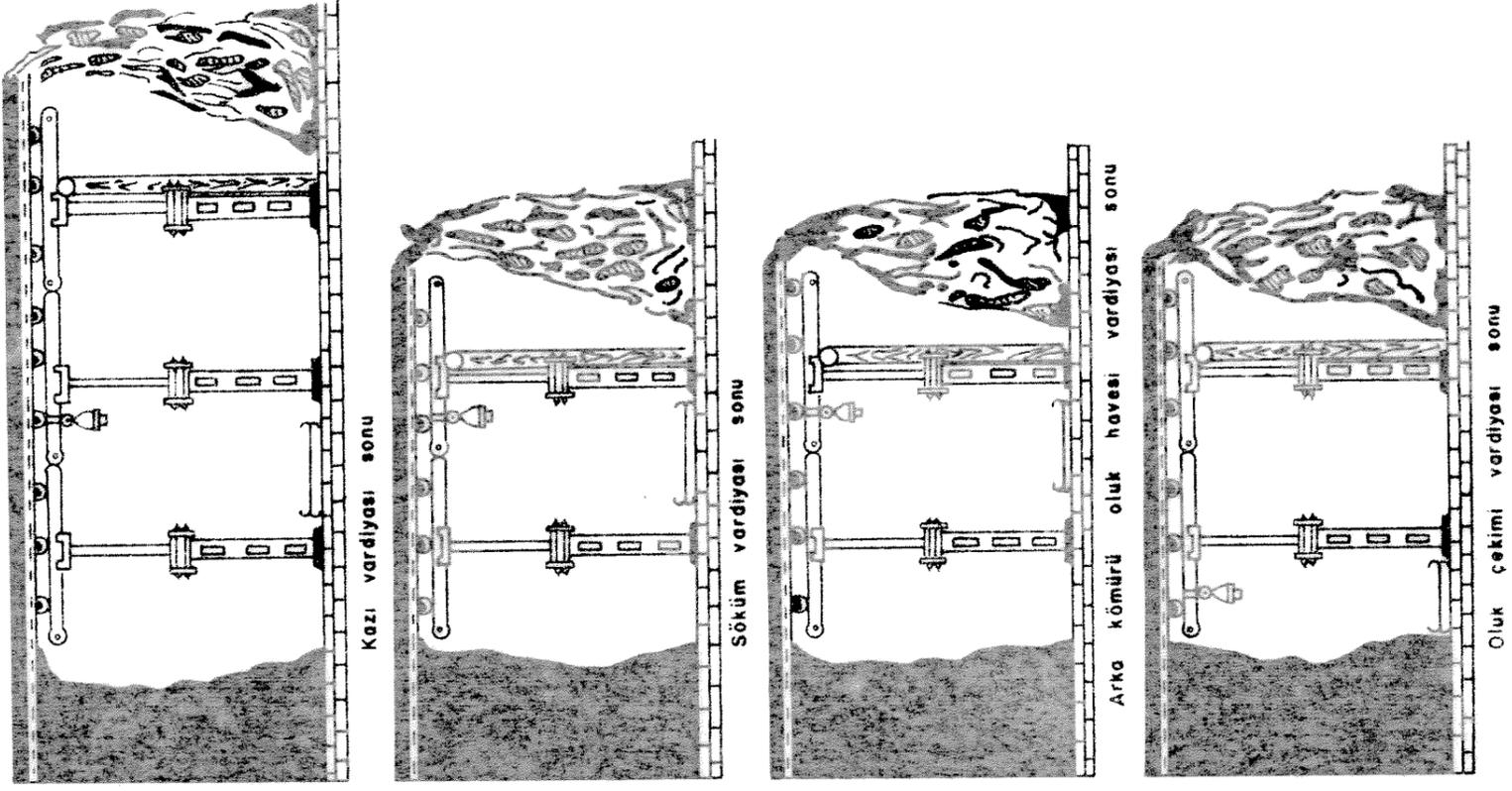
| Ayak No.            | 400 TV                            | 402 TV                             |
|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Vardiya- I (24-08)  | Arını lağımlama                   | Arında kazı                        |
| Vardiya- II (08-16) | Arında kazı                       | Direk sökümü-<br>Arına delik delme |
| Vardiya- III(16-24) | Direk sökümü<br>Arına delik delme | Arını lağımlama                    |



Şekil 9 - Tavan Ayaklara Çalınma Düzeni

Tablo - 2. Taban Ayakların Çalışma Düzeni

| Ayak No.           | 401 TB                               | 403 TB                            | 405 TB                               | 407 TB                               |
|--------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Vardiya-I (24-08)  | Arka kömürü                          | Direk sökümü<br>Arına delik delme | Arında kazı                          | Oluk çekimi                          |
| Vardiya-II (08-16) | Oluk çekimi                          | Arka kömürü                       | Direk sökümü<br>Arına delik<br>delme | Arında kazı                          |
| Vardiya-III(16-24) | Arında kazı                          | Oluk çekimi                       | Arka kömürü                          | Direk sökümü<br>Arına delik<br>delme |
| Vardiya-IV (24-08) | Direk sökümü<br>Arına delik<br>delme | Arında kazı                       | Oluk çekimi                          | Arka kömürü                          |



Şekil 10- Taban Ayaklarda Çalışma Düzeni

#### 4. ÖLÇME YÖNTEMLERİ

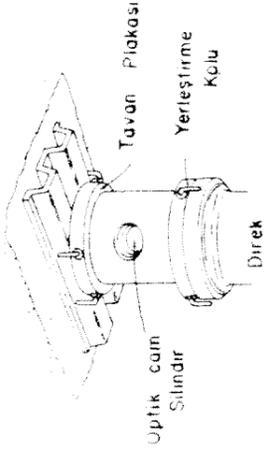
Bu araştırma projesi çerçevesinde, Tuçbilek yeraltı ocağı uzunayaklarında başlıca üç tür ölçme yöntemi uygulanmıştır.

- i) Sürtünmeli demir tahkimat direklerine gelen yükün fotoelastik yükölçerler ile ölçümü,
- ii) Tavan-taban konjerjans ölçümü,
- iii) Uzunayak tavanında tabaka ayrılmalarının çok-telli yerdeğişimölçerler (extansometre) ile ölçümü,

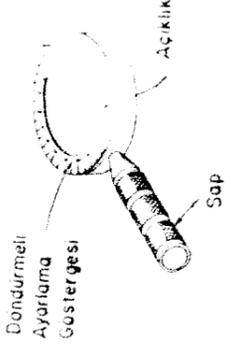
##### 4.1. YÜK ÖLÇÜMLERİ

Uzunayaklarda sürtünme demir tahkimat direklerine gelen yükler foto-elastik yükölçerler ile ölçülmüştür. Çalışma esasları Hanna (25) tarafından açıklanan foto-elastik yükölçerlerden bir tanesi Şekil.11 de gösterilmiştir. Yükölçerlerden her biri çelik bir gövde ile eksenel yük almayı sağlayan alt ve üst yükleme başlıklarından oluşur. Çelik gövdenin ortasındaki deliğe optik cam silindiri yerleştirilmiştir. Optik cam silindir, yanal yüzeyindeki bir hat boyunca alttan ve üstten çelik pabuçlar vasıtasıyla yük alır. Gereç yüklenildiğinde, çelik pabuçlar arasındaki optik cam silindirde yeni bir yük dağılımı oluşur ve bu durum polarize ışık tarafından aydınlatılan cam silindire, polarize gözlem aygıtı (Şekil-12) ile bakılarak görülmür. Böylece, yük dağılımı, şekil.13 de gösterildiği gibi yük halkaları sayısı ile ifade edilir.

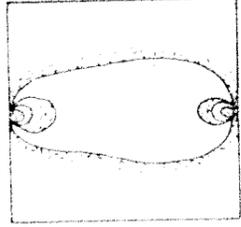
Yükölçerler, demir tahkimat direkleri üzerine, direk ile çelik sarma arasında kalacak şekilde yerleştirilir (Şe-



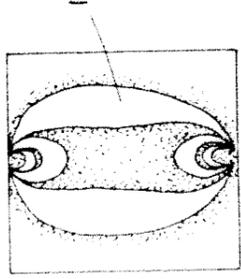
Şekil 11- Foto-Elastik Yükl Ölçer



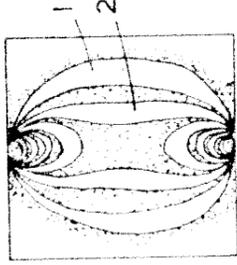
Şekil 12- Yükl Halkalarının Tesbiti İçin Polarize Gözlem Aygıtı



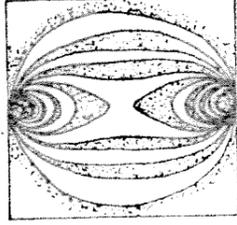
1/2 HALKA



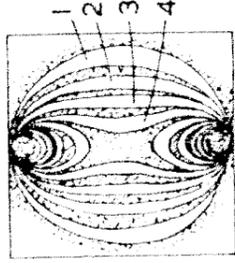
1 HALKA



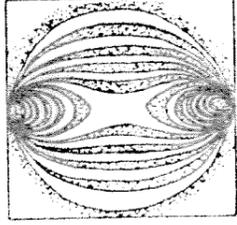
2 HALKA



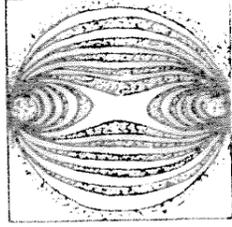
2 1/2 HALKA



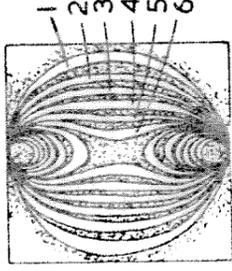
4 HALKA



4 1/2 HALKA



6 HALKA

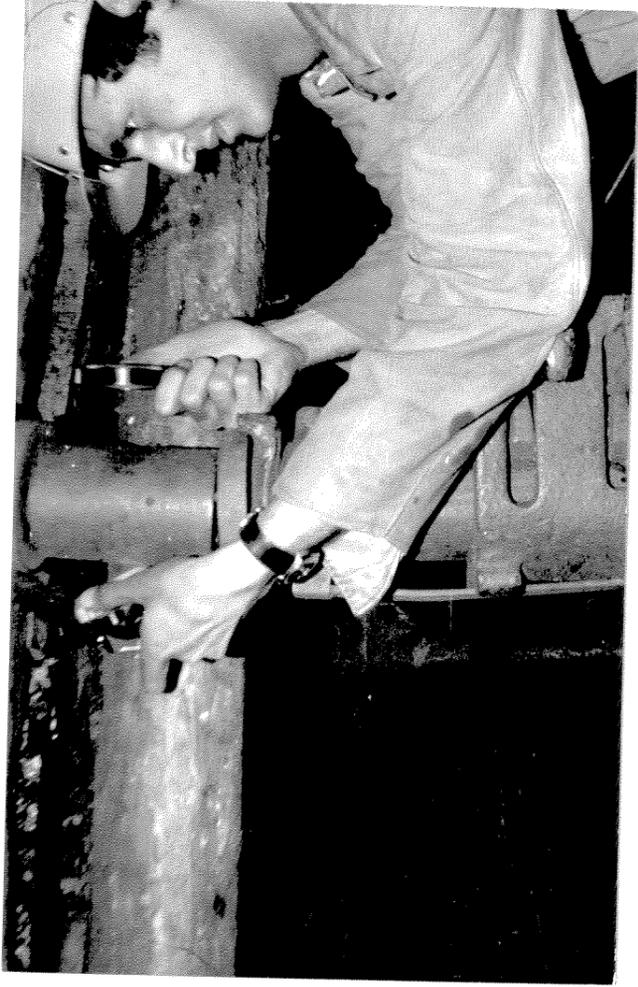


6 HALKA

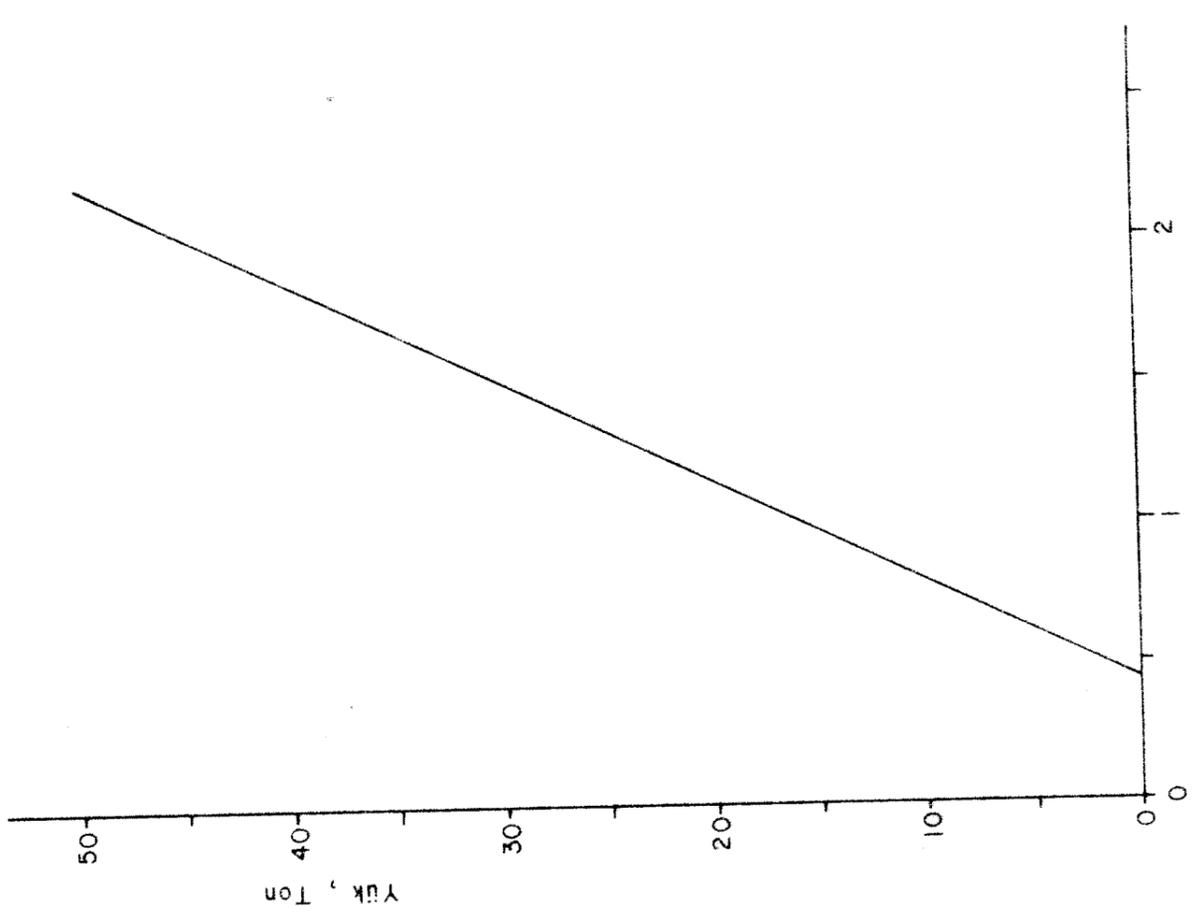
Şekil 13- Yuk Halhalari

kil-14). Işık kaynağı olarak akülü madenci lambaları kullanılır. Okuma esnasında yükölçerin arkasına tutulan lambadan çıkan ışık, gerecin kırmızı ve polarize filtrelerinden geçerek mono-kromatik ışık olarak optik cam silindire girer. Monokromatik ışığın aydınlattığı yük halkaları sayısı, yükölçerin önüne tutulan polarize gözlem aygıtı yardımıyla saptanır. Gözlem aygıtının döner merceği yarıçevresinde 0.01 bölüntülü 0 dan 1.0'e kadar skala vardır. Hassas gözlem aygıtının skalası, başlangıçta sıfıra ayrılır ve merceğin yarı döndürülmesi (0 dan 1.0'e) ile görülebilen yük halkaları izlenir. Gerçek okuma Şekil 13 de görüldüğü gibi halkaların en içte olanının bir çarpı işareti şekli aldığı anda yapılır. Bunun olanaklı olmaması, örneğin  $2 \frac{1}{2}$  yük halkası durumunda, tam halkalar sayısı (2) kaydedilir ve merceğe saat yönünde döndürülerek en içteki halka çarpı işareti şekli aldığı anda kesir kısmı skaldan okunarak ilk okunan tam halkalar sayısına eklenir. Bu şekilde yapılan okumalarla, yük halka sayısını  $\pm 0.05$  duyarlılıkla saptamak olanağı vardır.

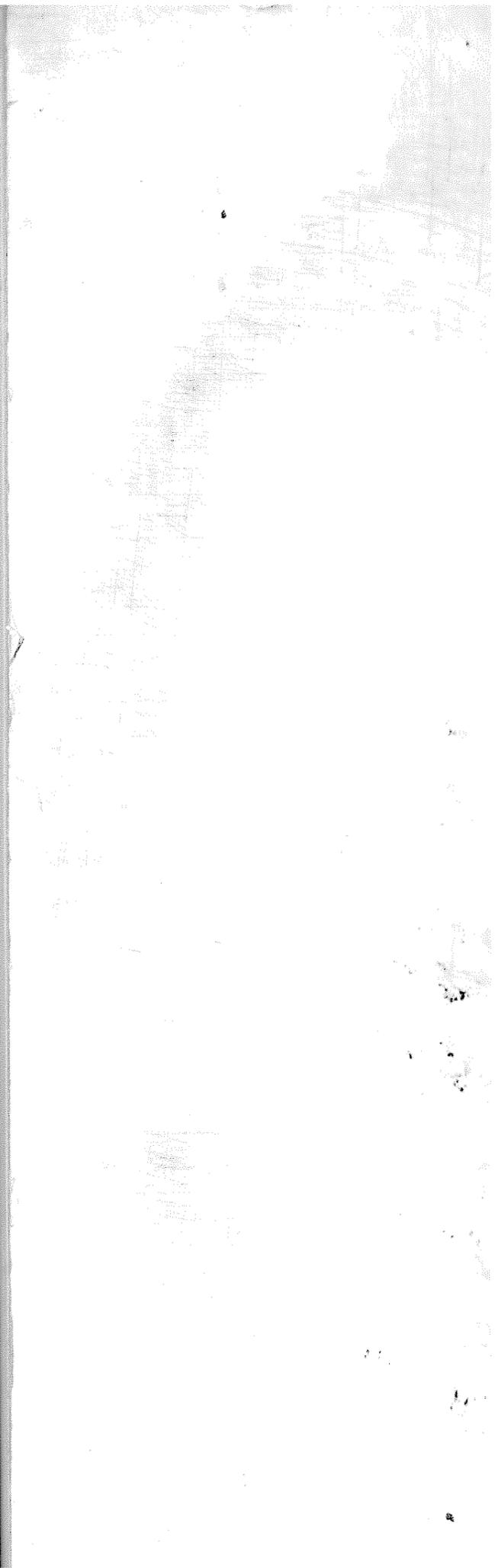
Halka sayısını gerçek yük değerine çevirebilmek için yükölçerin kalibrasyon karakteristiğinin bilinmesi gerekir. Bu amaçla, her yükölçer laboratuvarında bir hidrolik presste kalibre edilir. 0.5.10 ... ton gibi ayrı yükler altında, yük halkaları sayıları saptanarak kalibrasyon grafiği çizilir. Şekil 15 ODTÜ Maden ve Petrol Mühendisliği Bölümü Kayam Mekanîği laboratuvarında imal edilen 50 tonluk bir fotoelastik yükölçerin kalibrasyon grafiğini göstermektedir. Böylece (yükölçerlerin kalibrasyon grafikleri bilindiğinde)



Şekil 14- Foto-Elastik Yük Ölçerle Yük Ölçülmesi



Sekil — 15 — | Numaralı Yük Ölçerin Kalibrasyon Eğrisi



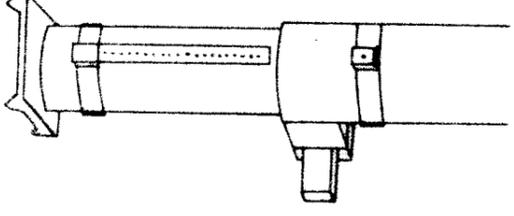
yük halkaları, gerçek yük değerlerine (ton) kolaylıkla çevrilebilir. Yükölçer parçalarında zamanla oluşabilecek deformasyon, çalışma ortamının sıcaklığı ve nemliliği ve uygulama sırasında doğabilecek (örneğin aşırı veya eksenel olmayan yükleme nedeniyle) arızalar gibi nedenlerle, yükölçerlerin kalibrasyon grafikleri değişebilir. Araştırma süresince bu noktada gözönüne alınarak her seri ölçümden önce yükölçerler yeniden kalibre edilmişlerdir.

#### 4.2. TAVAN VE TABAN KONVERJANS ÖLÇÜMÜ

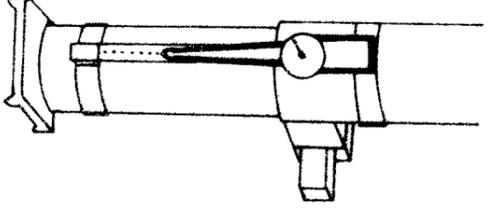
Ölçmeler sırasında kullanılan konverjans ölçer Şekil-16a da görülen bir metal çubuk ile Şekil-16b de görülen bir yerdeğişim ölçerden oluşmaktadır.

İki nokta arasındaki göreceli hareketi ölçen yerdeğişim ölçerinin kapasitesi, iki noktanın en fazla 5 mm uzaklaşması ya da yaklaşmasını ölçebilmeye olanak sağlamaktadır. Yerdeğişim ölçer 0.0002 mm lik yerdeğişimleri ölçülebilmektedir.

Konverjans ölçme yöntemi şöyledir: Üzerlerinde merkezden merkeze uzaklıkları 5 mm olan delikler bulunan 25 cm **uzunlukta** metal çubuklar kelepçeyle direklerin üst (erkek) kısımlarına yerleştirilir (Şekil 16a). Direklerin alt (dişi) kısımlarında; ya bir kelepçe üzerindeki tek delik, ya da nokta kalemi ile yapılan bir nokta sabit ölçüm (röper) noktasını oluşturur. Yerdeğişim ölçerinin baştarafı sıvırtılmış civatadan yapılan iki ayağı vardır. Ayaklardan biri sabit olup, kadrana bağlı olan diğerrinin 5 mm yerdeğişim olanacağı



Şekil - 16 a - Tahkimat Direğine Monte edilmiş bir Metal Çubuk



Şekil - 16 b - Ölçüm Anında Yerdeğişim Ölçer

bulunmaktadır. Ölçme düzeneği hazırlanırken delikli metal çubuk, direğin üst kısmına yerleştirilir ve yerdeğişim ölçenin sabit ayağının kenulduğu en alt delik "0" sıfır olarak işaretlenirken, oynar ayağın karşısına gelmek üzere, direğin alt kısmına sabit ölçüm noktası yerleştirilir. Yerdeğişim ölçerin kadranlı göstergesinin sıfırını ayarlanmasıyla düzeneğin hazırlanması tamamlanır.

Direğin yük almasıyla başlayan üst (erkek) kısmın alt (dişi) parça içine girme (oturma) hareketine bağlı olarak metal çubuk da aşağıya doğru yerdeğişir. Belirli zaman aralıklarıyla yapılan ölçümlerde yerdeğişim ölçerin sabit ayağı, direk alt parçasındaki sabit ölçüm noktasına yerleştirilir, oynar ayak ise metal çubuktaki ilk deliğe oturtulmaya çalışılır. Eğer konverjans 5 mm. den az ise oynar ayak ilk deliğe oturur ve bu anda kadranlı göstergeden okunan değer doğruca kaydedilir. Eğer konverjans 5 mm den fazla ise oynar ayağın ilk deliğe oturmasına olanak yoktur ve daha sonra gelen deliğe oturtulmaya çalışılır. Oynar ayağın ikinci deliğe oturması durumunda konverjans değeri göstergeden okunan değere 5 mm. eklenerek bulunur. Bunun nedeni delikler arasının merkezden merkeze 5 mm olmasıdır. Daha sonraki konverjans ölçmelerinde okunan değere, ilk delikten sonra atlanan her delik için 5'er mm eklenir.

Konverjans ölçme düzenekleri, yükölçer bulunan her demir direğe yerleştirilir ve belirli zaman aralıklarında her yük hem de konverjans ölçmeleri yapılır. Şekil-17 de uzunayakta konverjansın ölçülmesi görülmektedir.

#### 4.3. TABAKA AYRILMALARININ ÖLÇÜMÜ

Maden galerileri çevresindeki tabaka hareketlerinin ölçümü amacıyla geliştirilen çok-telli yerdeğişim ölçme Yöntemi (26) uzunayak tavan tabakaları ayrılmalarını ölçmek üzere kullanılmıştır.

Bu yöntemin çalışma esasları Şekil-18 de açıklanmaktadır. Uzunayak aynasından tavana delinen 8-10 m. uzunluk-taki dikey sondaj deliklerinin farklı derinliklerine, sıkıştırılarak delik cidarına tutturulan tabaka civataları yerleştirilir. Tabaka civatalarına bağlı çelik tel halatlar delik ağzından dışarı sarkmaktadır. Örneğin Şekil-18 de gösterilen durumda dört tel bulunmaktadır. Bu yöntemle civataların yerleştirildiği tabakalar arasındaki göreceli yerdeğişimleri yansıtmakta olan teller arasındaki göreceli yerdeğişimler ölçülerek, tabakaların ayrılma durumları ve miktarları yeterli duyarlılıkla saptanabilir.

Düzenek, tabaka civataları, civata yerleştirme boruları, Şekil-19 da gösterilen yerdeğişimölçer (Ekstensometre), delik ağzı borusu, yerdeğişimölçerin oturma başlığı, el terazisi şerit metre ve çelik tel halattan oluşmaktadır.

Civataları yerleştirmek için uzunayak tavanında, ayak altına yakın bir noktadan uygun çapta (36 mm.) dikey bir sondaj deliği açılır. Daha sonra ilk tabaka civatası, ucun da civata kavrama yatağı bulunan yerleştirme boruları ile delik dibine yükseltilir. Yerleştirme borularının çevrilmesiyle sıkılan civata açılan kanatçıkları aracılığıyla taba-

uzunlukları

100

1000

10

uzunlukları

100

1000

uzunlukları

100

1000

uzunlukları

100

1000

uzunlukları

100

1000

uzunlukları

100

1000

uzunlukları

100

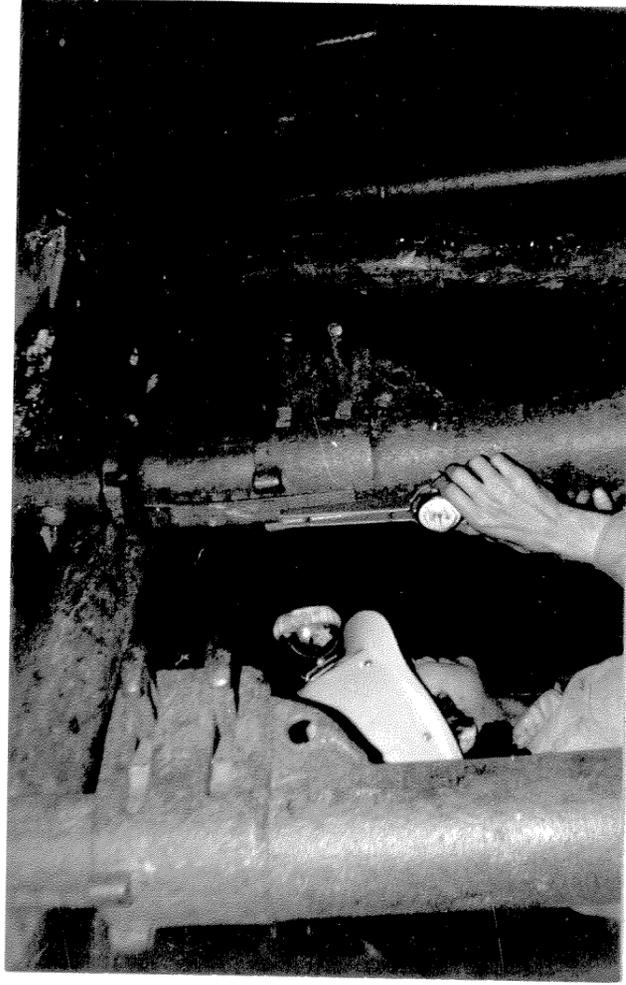
1000

uzunlukları

100

1000

uzunlukları

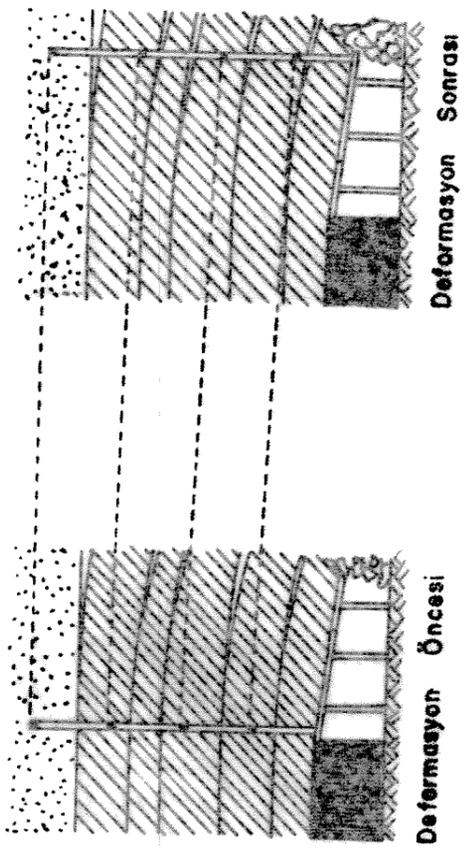


Şekil 17- Uzunlukta Konverjans Ölçümü

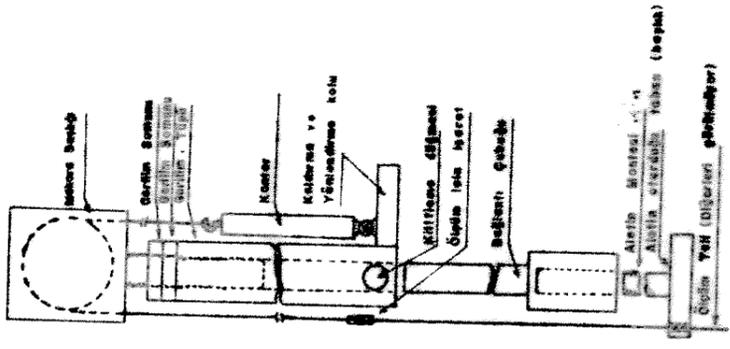
kaya tutturulur. Daha sonra yerleştirme boruları civatadan kurularak delik dışına alınır. Civataya bağlı tel, 75 cm, lik kısmı delik dışında kalacak şekilde kesilir. Diğer civatalar benzer şekilde, daha üstteki civata veya civatalardan gelen teller, civata orta deliğinden geçirilmek kaydıyla istenilen derinlikteki tabakalara tutturulur. Civataların tümü yerleştirildiğinde, birinci, ikinci ve diğer civatalara bağlı teller sırasıyla deliktağızı borusu ve buna tutturulmuş yerdeğişimler ölçer oturma başlığı deliklerinden rakam sırasına göre çevrilir ve tel uçları halka yapılarak üzerlerine bakır marka vurulur. Deliktağızı borusunun ölçü kullanılarak deliğe yerleştirilmesiyle düzeniğin kurulması tamamlanır.

Tabaka hareketlerini ve ayrılımlarını ölçmek için, yerdeğişim ölçer, delik ağzına yerleştirilen oturma başlığına oturur ve ilk tel yerdeğişim ölçer miktarından geçirilerek uç halkasından el terazisine kancalanır ve gerilme somunu, el terazisi telde 10 kg-kuvvetlik bir gerilme ölçüğünü gösterene dek çevrilir. Milimetrik bölümlü bir şerit metre kullanılarak çelik telin yerdeğişim ölçer oturma boşluğu tabanı ile bakır marka arasında kalan bölümünün uzunluğu ( $\lambda_1$ ) ölçülür. İkinci ve diğer civatalara bağlı tellerinde aynı yöntemle uzunlukları ( $\lambda_2, \lambda_3, \dots$ ) ölçülüp kaydedilir.

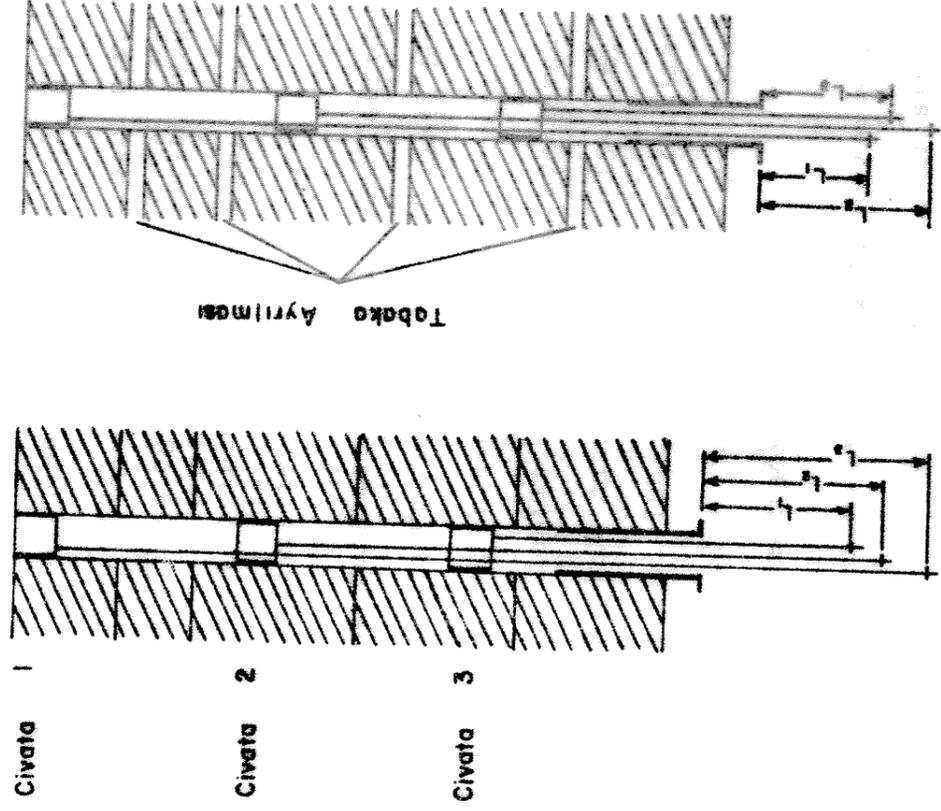
Bir süre sonra, tavan tabakalarının hareketi nedeniyle, tellerin delik dışında kalan bölümlerinin uzunlukları bir miktar kısalacaktır. Yukarıda anlatılan yöntem kullanılarak belirli aralıklarla yapılan ölçmelerde tellerin yeni uzunlukları ( $L_1, L_2, L_3, \dots$ ) ölçülüp kaydedilir. Tabakaların göreceli düşey hareketleri ile tabaka ayrılımları Şekil-20 de gösterildiği gibi hesaplanır.



Şekil - 18 - Çok Tellî Yerdeğişim Ölçüm Tekniği



Şekil - 19 - Yerdeğişim Ölçer ( Ekstansometre )



Deformasyon Öncesi Deformasyon Sonrası

Tabaka Ayrılmaları

Civata 1 - Civata 2 =  $(L_1 - L_1) - (L_2 - L_2) = D_1 - D_2$

Civata 2 - Civata 3 =  $(L_2 - L_2) - (L_3 - L_3) = D_2 - D_3$

Civata 3 - tavan düzeyi =  $(L_3 - L_3)$

Civata 1 - tavan düzeyi =  $(L_1 - L_1)$

Şekil - 20 - Tabaka Yerdeğisimlerinin Hesaplanması

## 5. ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

### 5.1. GİRİŞ

Yük ve konverjans ölçümleri 400 TV ve 402 TV olarak bilinen iki tavan ayacağın her ikisinde birden ve dört taban ayaktan 401 TB ve 403 TB olarak bilinen iki uzunayakta yapılmıştır. Ayakların birbirlerine göre yerleşim durumları Şekil-8 de gösterilmiştir.

Ayak ana tahkimat birimleri olarak sürtünmeli demir direkler kullanılmakta ve bunların iki cinsi bulunmaktadır. Schmidt türü direkler taban ayaklarda, Schwartz cinsi ise tavan ayaklarda kullanılmaktadır. Tavan ayaklarda demir direklere ek olarak göçük hattı boyunca her 15-20 m. de bir domuzdamı yapılmaktadır. Taban ayaklarda ise tahkimatı takviye amacıyla söküm vardiyasından önce orta sıra direklere emniyet sarmalları atılmaktadır.

Direkler taban ayaklarda sıra, tavan ayaklarda ise seş-beş düzeninde yerleştirilmektedir. Her sıradaki direkler arasında uzaklık merkezden merkeze, alınan paralel yönde 70 cm. altına dik yönde ise uygulanan tahkimat düzenine bağlı olmaksızın çelik sarma boyuna uygun olarak 120 cm dir.

Deneyimler göstermektedirki, tavan tabakalarının dayanımlarının yüksek ve ayak boylarının kısa olduğu durumlarda yük ve konverjans; ayak boyunca değişiklik değerler alabilmektedir. Bu durumlarda hiçbirinin bulunmadığı Tuncbilek'te, tavan ayaklar 150 m. taban ayaklar 75 m. uzunlukta olup, tavan

ayak üzerinde basma dayanımları yüksek olmayan marn tabakaları bulunmaktadır (Tablo -3 ve Şekil-2). Bununla birlikte ölçüm istasyonları, yük ve konverjans değerlerinin herhangi bir nedenle etkilenmemesi için ayak ortalarında kurulmuştur.

Ölçüm istasyonlarında, ölçme aygıtları kömür kazısının yapıldığı vardiya tahkimat direklerinin dikilmesi esnasında yerleştirilmişlerdir. Gereçlerin yerleştirilmesinde direklerin düzgün bir sıra halinde bulunmalarına ve aralarında 70 cm. uzaklık olmasına özen gösterilmiştir. Foto-elastik yükölçerler, tahkimat düzenine bağlı olarak, taban ayaklarında 70 cm, tavan ayaklarda ise 140 cm. aralıklı direkler üzerine yerleştirilmişlerdir. Ölçüm istasyonlarının her biri en az 3, en çok 8 yükölçer ile donatılmış ve yükölçer bulunan her direğe bir konverjans ölçer konulmuştur.

Yük ve konverjans ölçümlerine, gereçlerin yerleştirilmesinden hemen sonra başlanılmış ve gereçle donatılmış direklerin bulunduğu sıranın sökülüne dek her iki saatte bir olmak üzere devam edilmiştir.

İşletmenin üretim süreci içinde bir direğin dikiminden sökülüne dek geçen süre, diğer bir deyişle ölçüm süresi, taban ayaklarda dört gün tevan ayaklarda ise 5 gündür. Tablo 1'de gösterilen günlük çalışma sürecinin aksamaması durumunda tavan ayaklarda ölçümlerin 5 günde tamamlanması beklenirken, uygulamada güne varan ölçüm sürelerini gerektirebilmiştir. Taban ayaklarda Tablo 2'de gösterilen günlük çalışma süreci genellikle tamamlanabildiği için ölçüm

Tablo-3. Tavan ve Taban Taşı Marlın Basma Dayanımı

|                 | Basma Dayanımı         |                        |
|-----------------|------------------------|------------------------|
|                 | Tabakalaşmaya Dik      | Tabakalaşmaya Paralel  |
| Tavan Taşı Marl | 503 kg/cm <sup>2</sup> | 232 kg/cm <sup>2</sup> |
| Taban Taşı Marl | 490 kg/cm <sup>2</sup> | 342 kg/cm <sup>2</sup> |

süresi 4 gün olarak gerçekleşmiş ve bazı durumlarda 5 gün olmuştur. Tavan ayaklardaki gecikmenin nedenleri tam tespit verilemeyiş ve zincirli (çeyn) konveyörün sık sık arızalanmasıdır. Öte yandan taban ayaklarda başlıca gecikme nedeni arkadan kömür alınmasıdır. Daha önce de belirtildiği gibi, tavan ve taban ayaklar arasında kalan (orta) kömür göçertme ile tabankayak arkasından, göçük tarafından alınmaktadır. Orta kömürünün kırılğan olduğu ve kömür gelişinin göçen tavan taşlarınca elgenlenmediği durumlarda, arkadan kömür alma işlemi bir vardiyada bitirilememekte, buna bağlı olarak taban ayaklarda çalışma süreci 4 günü aşabilmektedir.

Ölçme gereçlerinin yerleştirilmiş bulunduğu direklerin son sıraya geldiklerinde, göçükten gelen tavan taşları konveyans ölçümlerinin zorlukla yapılmasına neden olmuştur. Öyle ki, bazı durumlarda göçük ayak arkasını kaplamış ve üzerlerinde gereç bulunan son sıra direkleri hemen örtmüştür.

#### 5.2. AYAK TAHKİMAT DİREKLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Daha önce de belirtildiği gibi ayaklarda ana tahkimat birimleri sürtünmeli demir direkler ve mafsalla çelik sarmalardır. Üretici kuruluşların adıyla anılan demir direkler Schmidt ve Schwarz olarak iki çeşittir. Her iki cins direklerin anma yük kapasiteleri 40 tondur. Schwarz türü direkler genellikle tavan ayaklarda, Schmidt türü direkler ise taban ayaklarda kullanılmaktadır. Ocak yöneticilerinin isteği yönünde, araştırma programına kullanılan direklerin

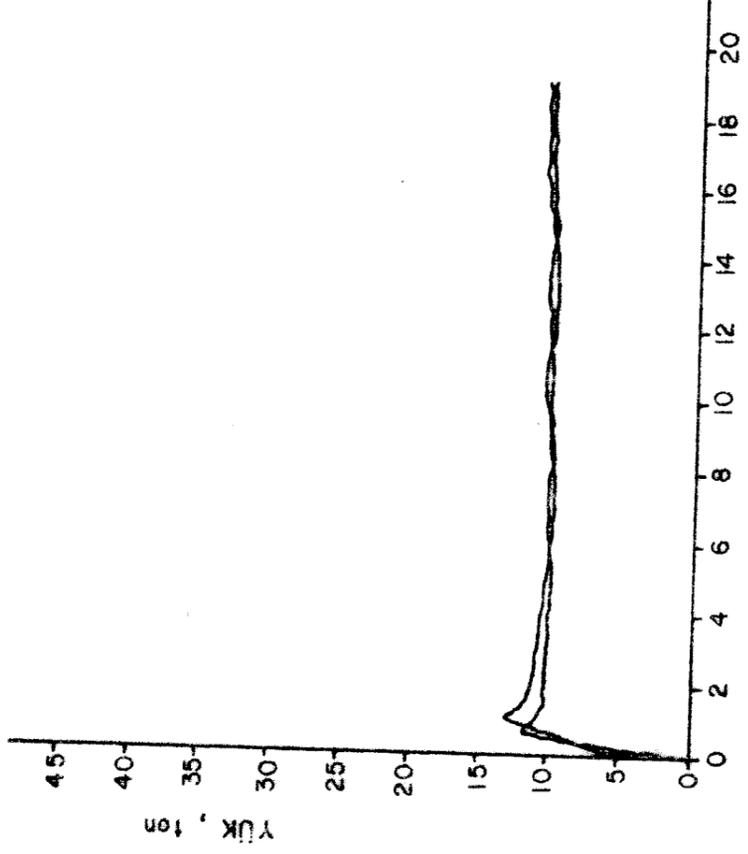
gerçek yük taşıma kapasitelerinin dencye bulunması da alınmıştır. Bu amaçla her iki türden rastgele örnekleme yöntemi ile seçilen direkler (10 adet Schwarz ve 2 adet Schmidt) ODTÜ Kaya Mekanîği Laboratuvarına getirilerek denenmiştir.

Deney sonuçları Schwarz türü direklerin 10 ton dolayında yük taşıyabildiklerini ve yük taşıma kapasitelerinin sakınlama yükleri ile de değişmediğini göstermiştir (EK-3). Diğer bir deyişle bu direklerin özelliklerini kaybettikleri tesbit edilmmiştir. Öte yandan Schmidt türü direklerin, verilen sıklama yükü değerine bağlı olarak 40 cuna dek yük alabildikleri saptanmıştır. Demir direk deneyleri sonuçları yük-görmülme eğrileri çizilerek incelenmiştir. Bunlardan ikisi, bir fikir vermek amacıyla Şekil-21 ve Şekil-22 de gösterilmiştir.

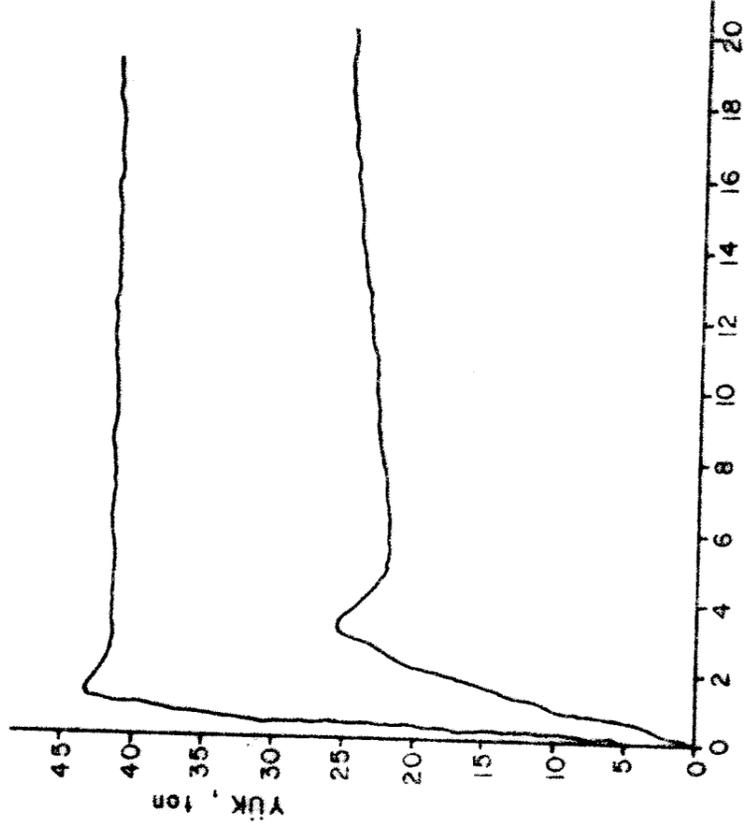
Tavan ayaklarda birinci grup ölçümlerin yapılması sırasında Schwartz türü direkler kullanılmakta idi. Burada memnuniyetle belirtmek gerekir ki, direklerin denenmesinden sonra, ocak yöneticileri bu tür direkleri hardaya çıkarılmış ve tavan ayaklarda da Schmidt direkleri kullanılmaya başlamıştır. İkinci seri ve sonraki ölçümlerin tümü Schmidt türü direklerle yapılmıştır.

### 5.3. YÜK VE KONVERJANS ÖLÇÜMLERİ SONUÇLARI

Daha önce de belirtildiği üzere, her ölçüm serisinde değişen sayıda yük ve konverjans ölçümler kullanılmıştır. Genellikle bir ölçüm dizisi üç yükölçer kullanılarak yapılmış ve bazı hallerde dizi sekiz yükölçerden oluşturulmuştur. Yük ve konverjans ölçümleri her iki saatte bir yapılmış ve değer-



Sekil - 21 - Schwarz Tipi Tahkimat Direğinin Yük - Gömülme  
Grafiği ( EK - 3 . Direk No. 1 )

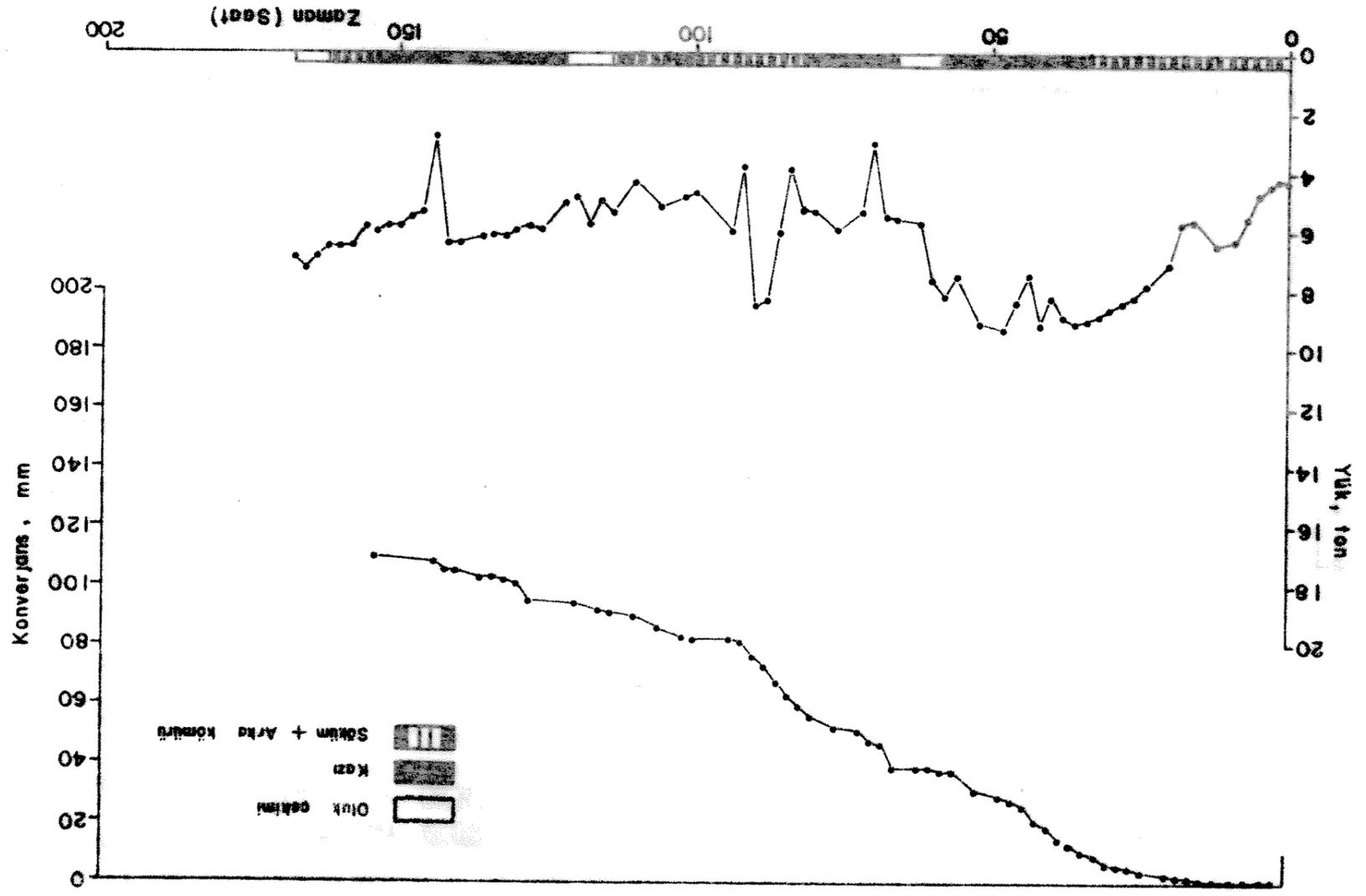


Sekil - 22 - Schmidt Tipi Tahkimat Direğinin Yük - Gömülme  
Grafiği ( EK - 3 . Direk No. 2 )

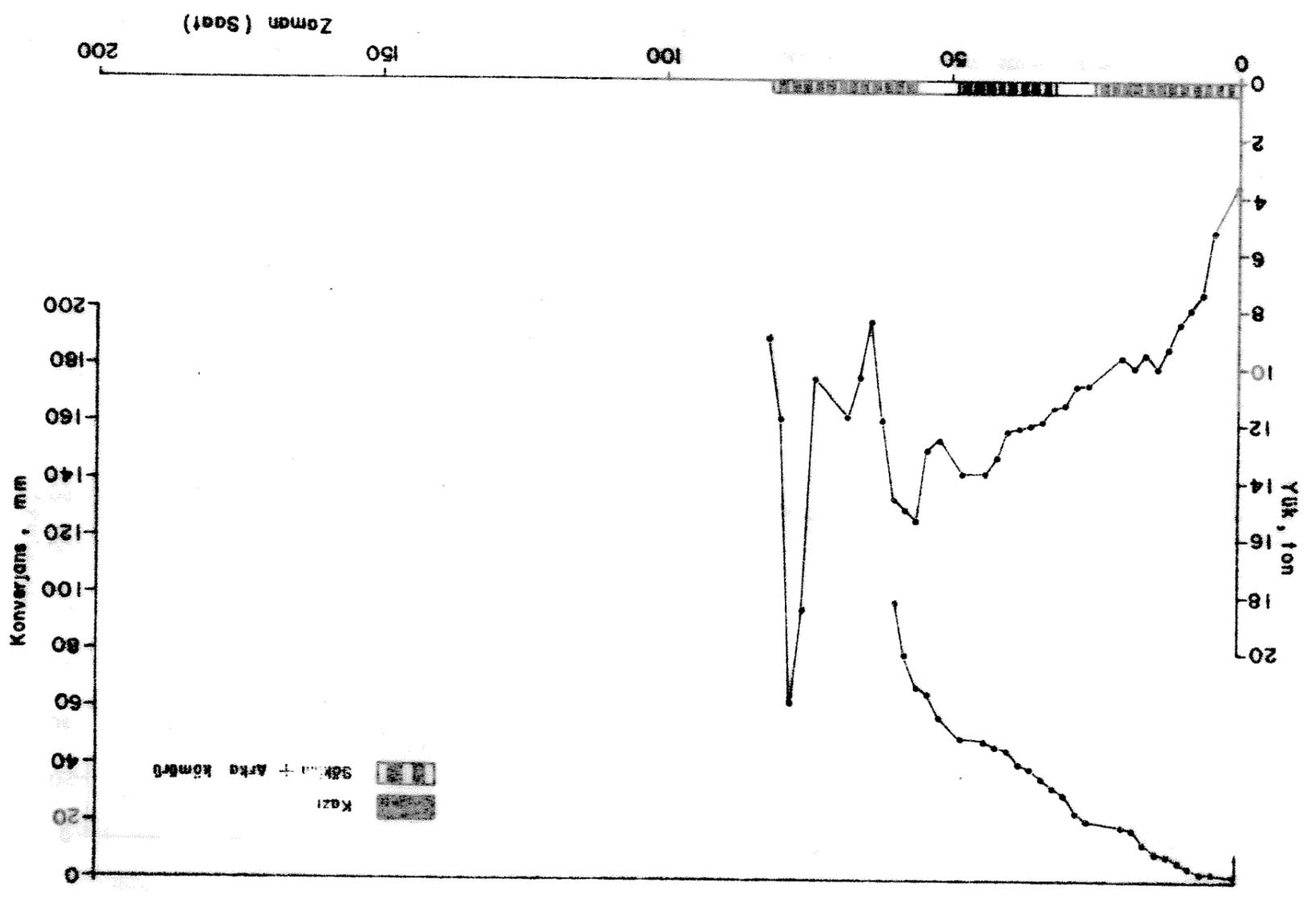
ler kaydedilmiştir. Her yük ve konverjans ölçenden alınan sonuçların ayrı ayrı verilmesi yerine, her iki saatte bir yapılan okumaların ortalaması alınmış ve Şekil-23 den Şekil 31'e kadar tüm şekillerde, zamana karşı ortalama yük ve konverjans değerleri verilmiştir. Okuma yapıldığı andaki ayak çalışmaları, yük ve konverjans eğrilerinin değerlendirilmesinde çalışma türünün etkisini göstermek amacıyla, şekillerde zaman eksenini üzerinde ayrıca verilmiştir. Her deney sürecinin bitiş tarihi de şekillerde belirtilmiştir.

Şekiller incelendiğinde, beklendiği üzere, genel olarak ayakta kömür kazısı sırasında konverjans artışının hızlandığı, diğer ayak çalışmaları esnasında ise artış hızının yavaşladığı görülmektedir. Fakat bu her zaman böyle olmamaktadır. Bu durumun, bazı zorunluluklar nedeniyle ayakta aynı vardiyada farklı çalışmaların birarada yürütülmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Bununla ötesinde, kömür kazısı her zaman, birkaç saatlik sürede, ayak boyunca net 60 cm.lik bir ilerleme anlamına gelmemektedir. Çünkü, özellikle tavan ayaklarda, ayakönü basıncının etkisiyle ezilen, kırılan alınlarda ki kömür sık sık akmakta ve kömür kazısı başlamadan kendiliginden doğal bir ilerleme meydana gelmektedir.

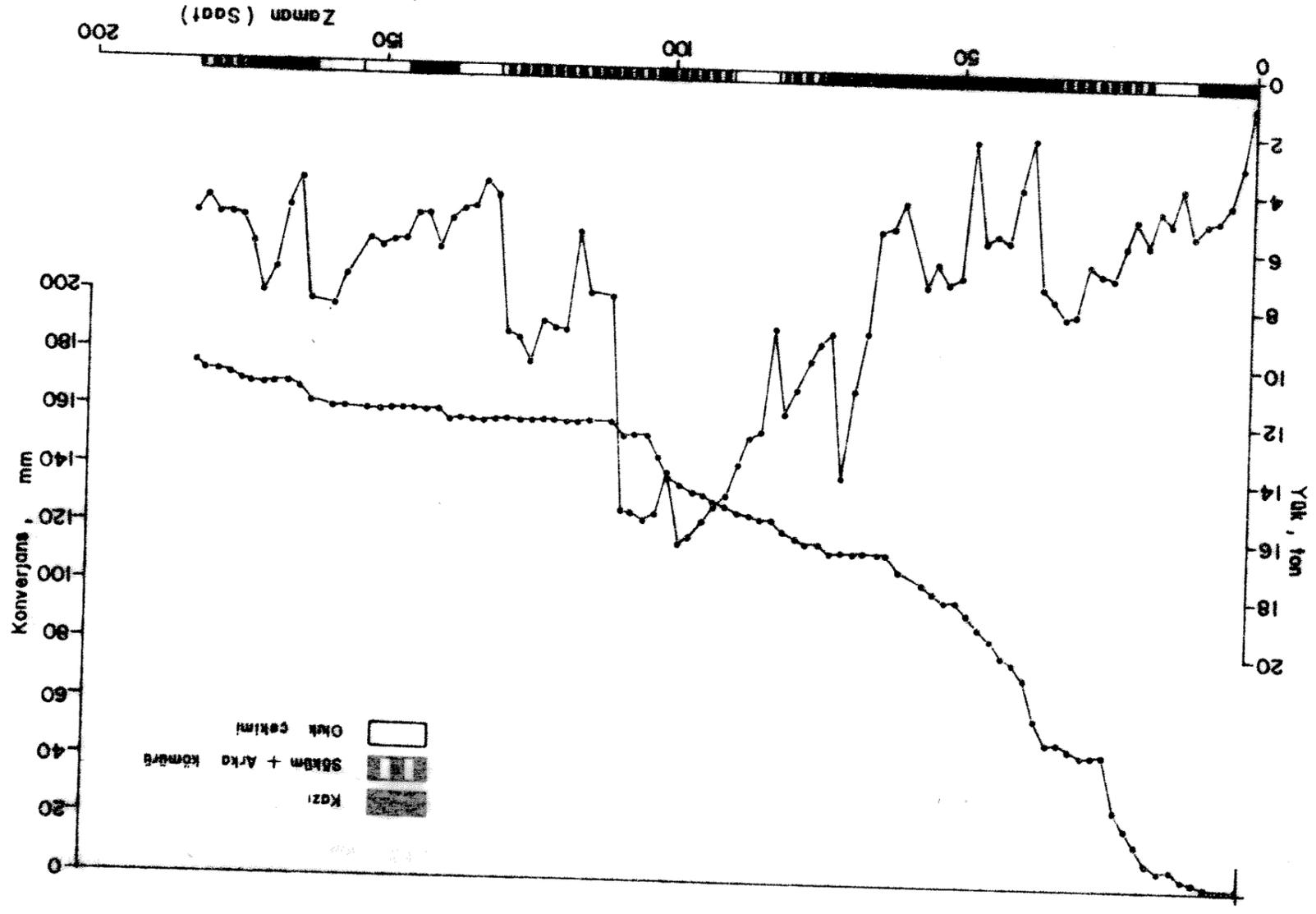
Yük değerlerinde artmalar ve düşmeler görülmektedir. Bu durum sürtünmeli demir direklerin genel özelliği olan dinamik sürtünme katsayısının statik sürtünme katsayısından küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer olası faktörler ise, uzunayak tavan tabakalarının kırılıp bezulması nedeniyle le yük dağılımının değişmesi sonucu direklere gelen yüklerin



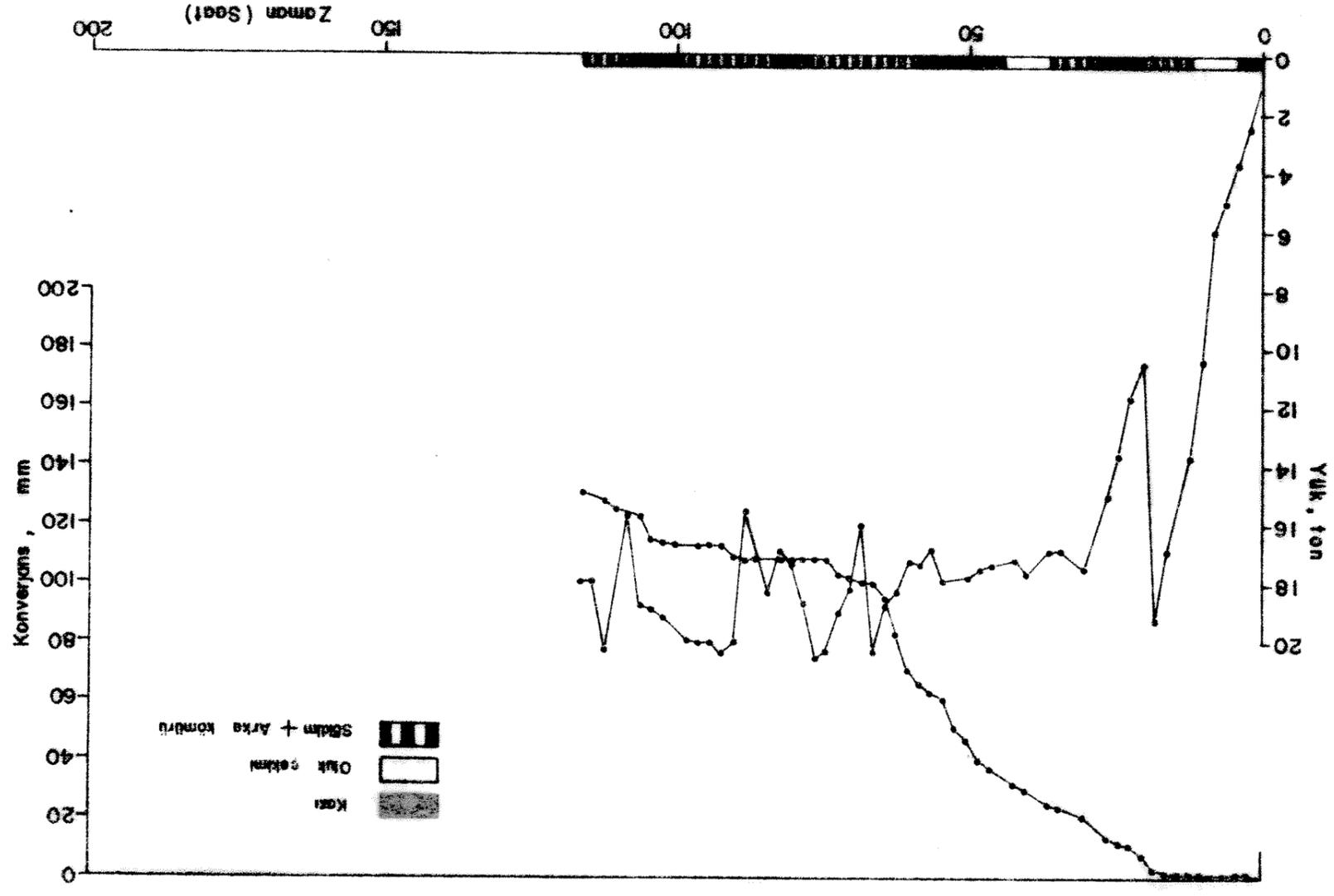
Sekil-24 - Yük, Konverjans, Zaman İlişkisi (401 TB - 26/4/1977)



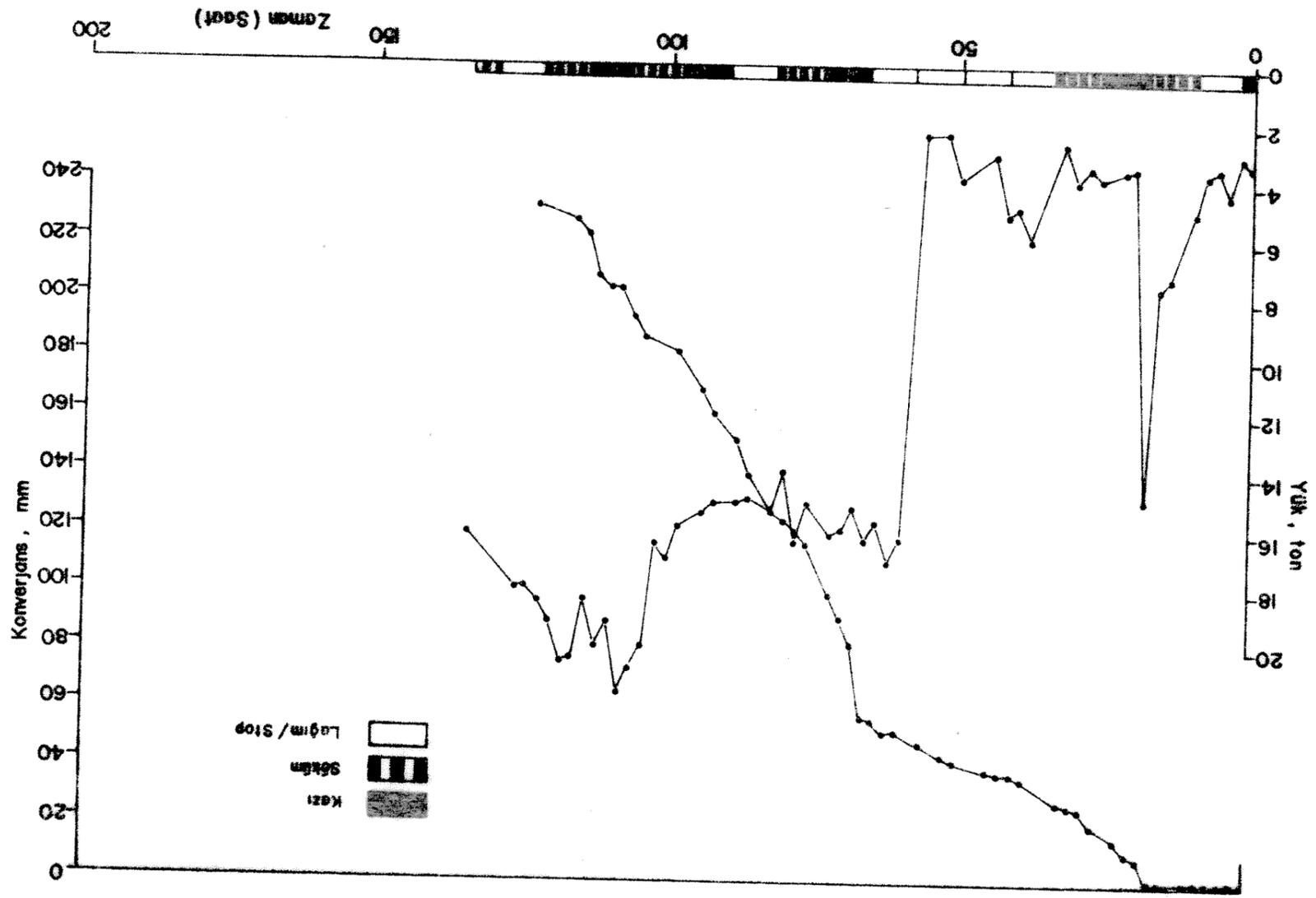
Sekil - 25 - Yük, Konverjans, Zaman İhtisasi ( 403 TB - 12/7/1976 )



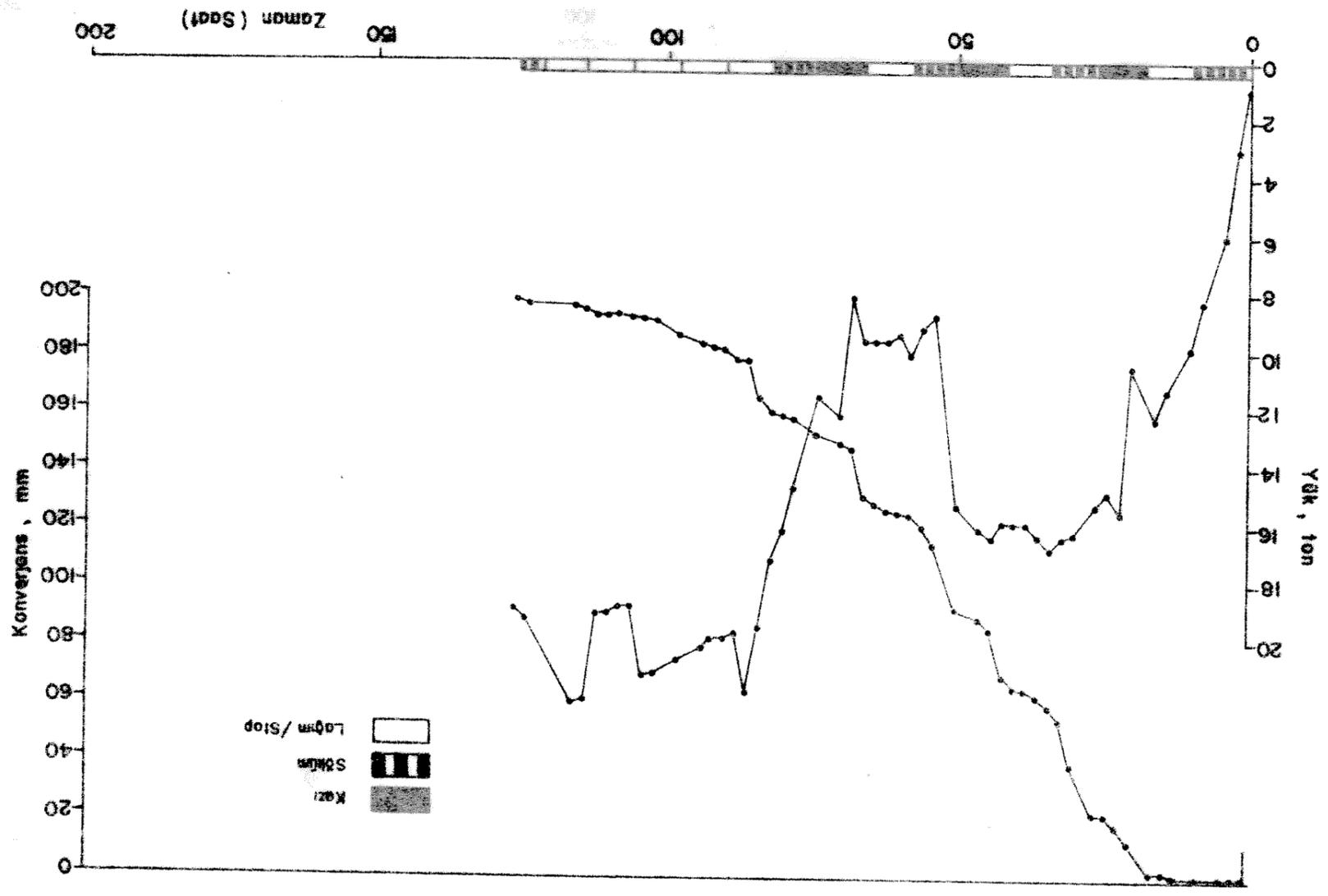
Şekil - 26 - Yük, Konverjans, Zaman ilişkisi (403 TB - 11/8/1976)



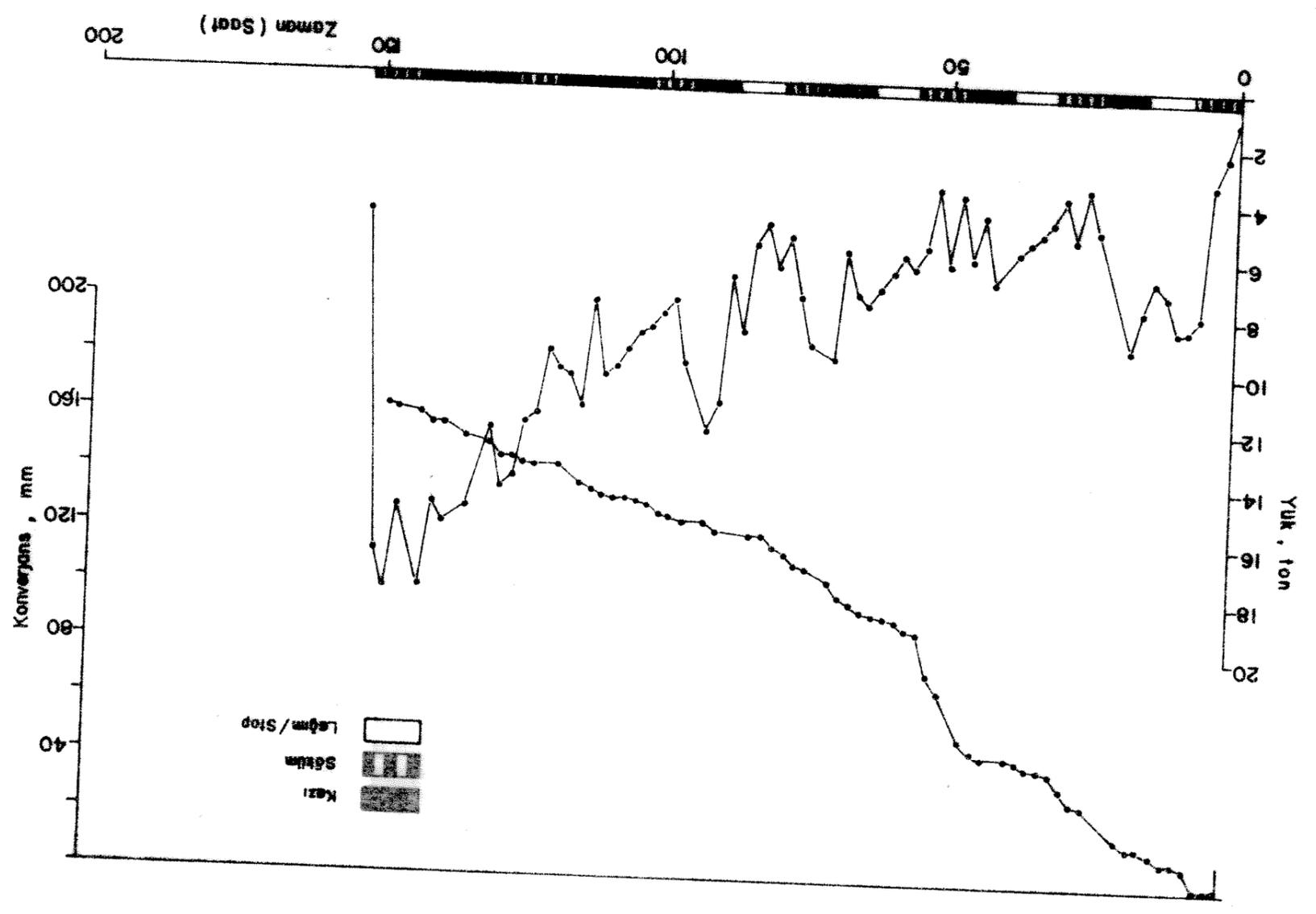
Saklı - 27 - Yük , Konverjans , Zaman İlişkisi ( 402 TV - 11/8/1976 )



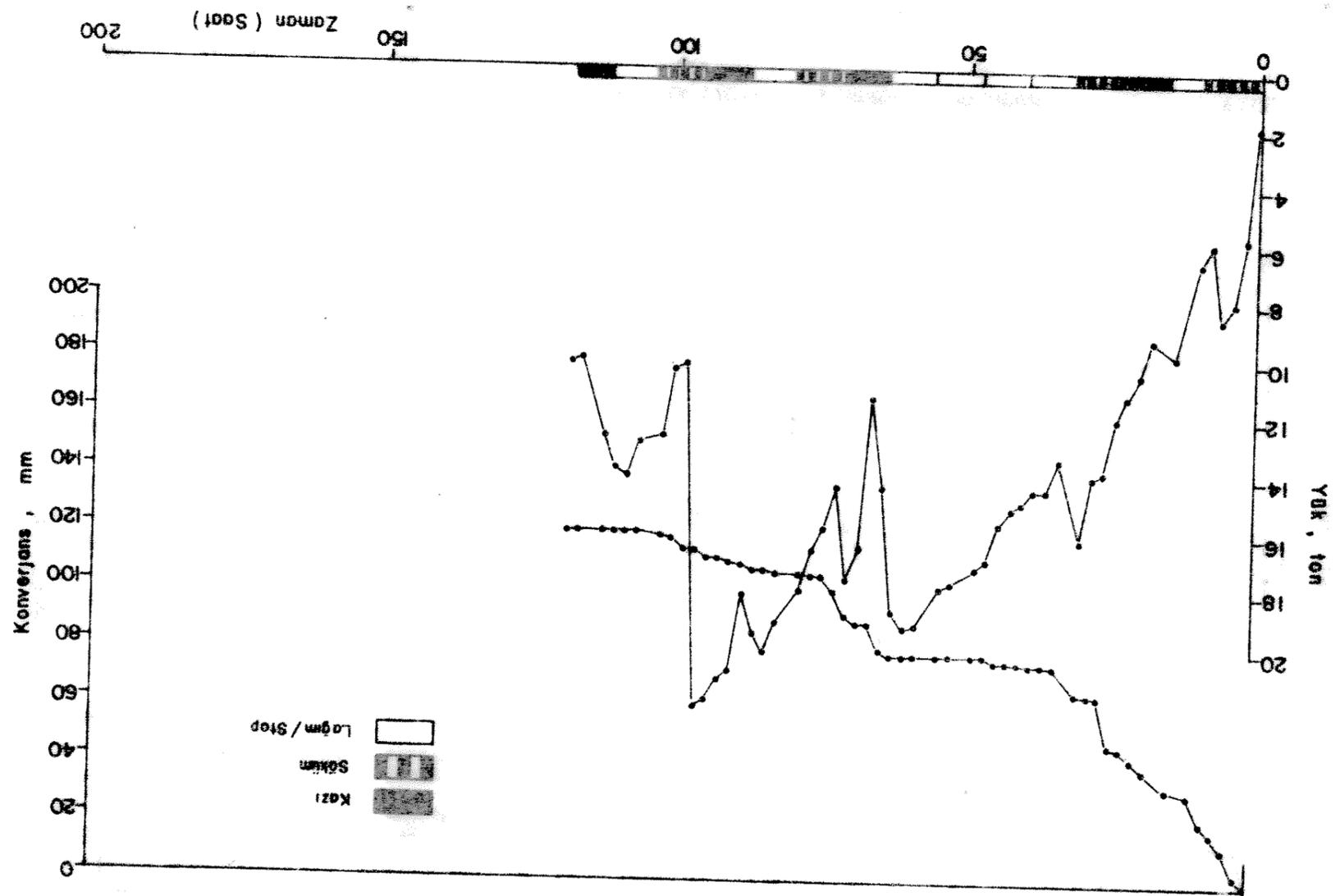
Şekil - 28 - Yük, Konvergans, Zaman İstikali (402 TV - 17/4/1977)



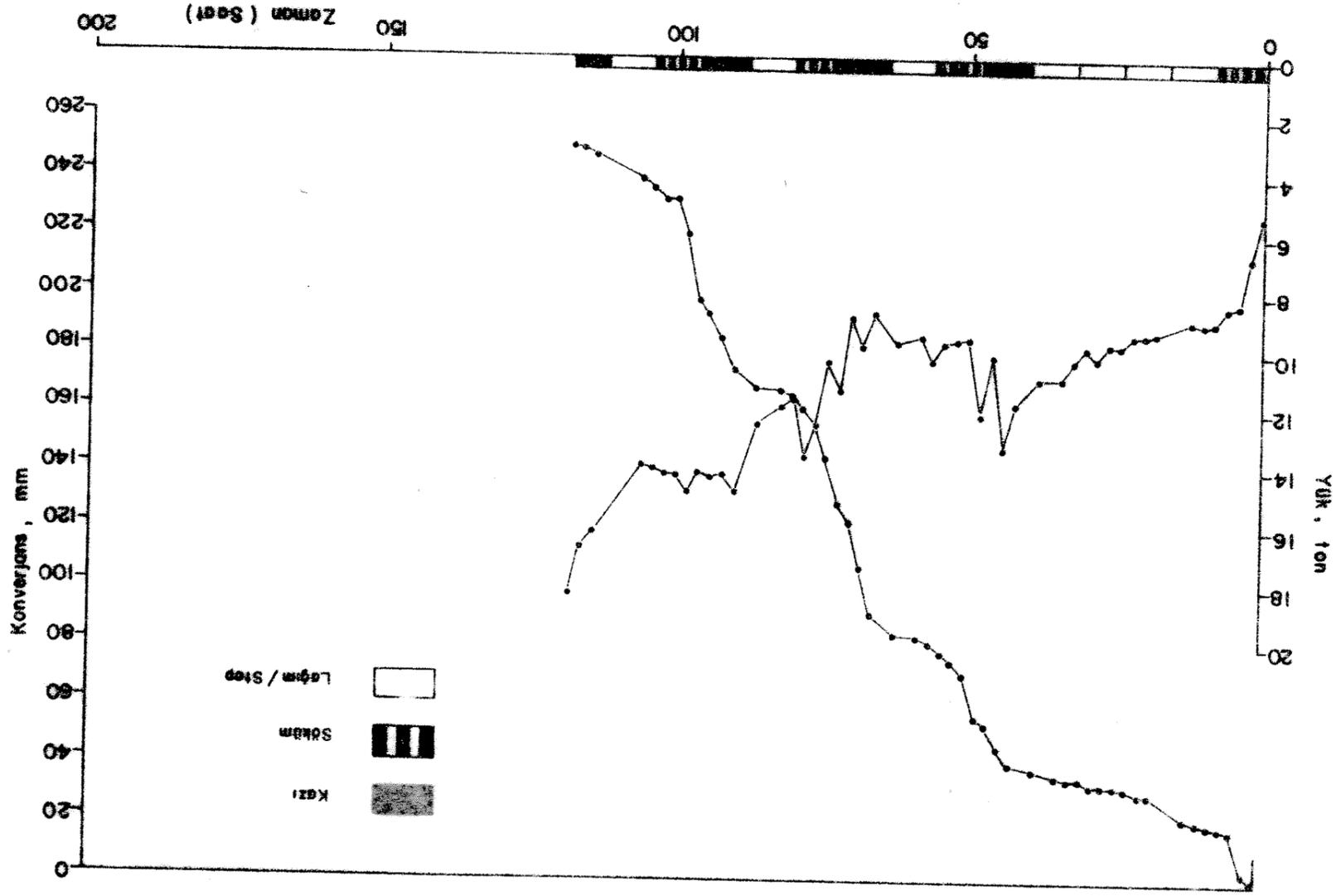
Sekil - 29 - Yük, Konverjans, Zaman İhtisali ( 400 TV - 25/7/1976 )



Sakli - 30 - Yük, Konverjans, Zaman İstikisali (400 TV - 9/12/1976)



Sekil - 31 - YUK , Konverjans , Zaman İhşisi ( 400 TV - 17/4/1977 )



eşit olmaması ve ayak altında kömüre lağım atılmasıdır. Yük eğrilerinde görülen diğer i'li özellik:

i) Tavan ayaklarda yüklerin genel olarak ölçüm süresince giderek artması ve sonunda en yüksek (maksimum) değerlere ulaşması,

ii) Taban ayaklarda yüklerin, ahşap emniyet sarmalaları dikilmeden (yükölçerler ikinci sıra direkler üzerinde bulunduğu sırada) en yüksek değerlere ulaşması ve yükölçerler son sırada değerlere ulaşması ve yükölçerler son sırada bulunduğunda azalmasıdır. Bunun nedeni de son, sıra direkler sökülmeden önce orta sıradaki demir tahkimatı takviye amacıyla vurulan ahşap emniyet sarmalarının yükün büyük bir bölümünü taşımasıdır.

Tablo-4 de, yük ve konverjansa ilişkin diğer değerlerle birlikte, her ölçüm süresince kaydedilen en yüksek yük ve ortalama toplam konv rjans değerleri de verilmiştir. Tabloda verilen en yüksek yük değerleri ortalama değil, her ölçüm serisinde tesbit edilen gerçek en yüksek yük değerleridir. Tavan ayaklarda en yüksek yük değerlerinin 24 tondan 37 tona kadar değişen değerler alabildiği saptanırken, taban ayaklarda 11 ton ile 25 ton arasında değerler gözlemlenmiştir. Ölçümler sırasında saptanan en yüksek yük değerlerinin bu denli değişebilmesi, aşağıda belirtilen nedenlerle direklerin eşit yük almamasındandır:

- Direklerin yük alma düzenlerindeki farklılık, sürtünme elemanı yıpranmış bir direğin az yük almasına yolaçar-

ken, yükün bir bölümünün komşu direğe aktarılmasına neden olmakta ve bu direğin kilit düzeninin çalışır olması durumunda fazla yük taşınmasıyla sonuçlanmaktadır.

- Direklere dikim sırasında verilen sıklama yüklerinin farklı olması ve sıklama yüklerinin yetersiz olması durumunda, direklerin dinamik sürtünme katsayılarının az olması nedeniyle yük bindikçe gümülme ve yükün komşu direklere aktarılması bazı direklerin daha çok yüklenmesine neden olmaktadır.

- Uzunayak altında kömür kazısı için atılan lağımlar tavan tabakalarında şok dalgaları yaratarak demir direklerde ani yük değişmelerine yolaçabilmektedir.

- Tavan tabakaları çatlayıp, kırılarak farklı büyüklükte ve şekilde kütleler oluşturmakta ve bazı direklerin diğerlerine göre daha çok yüklenmesine neden olmaktadır.

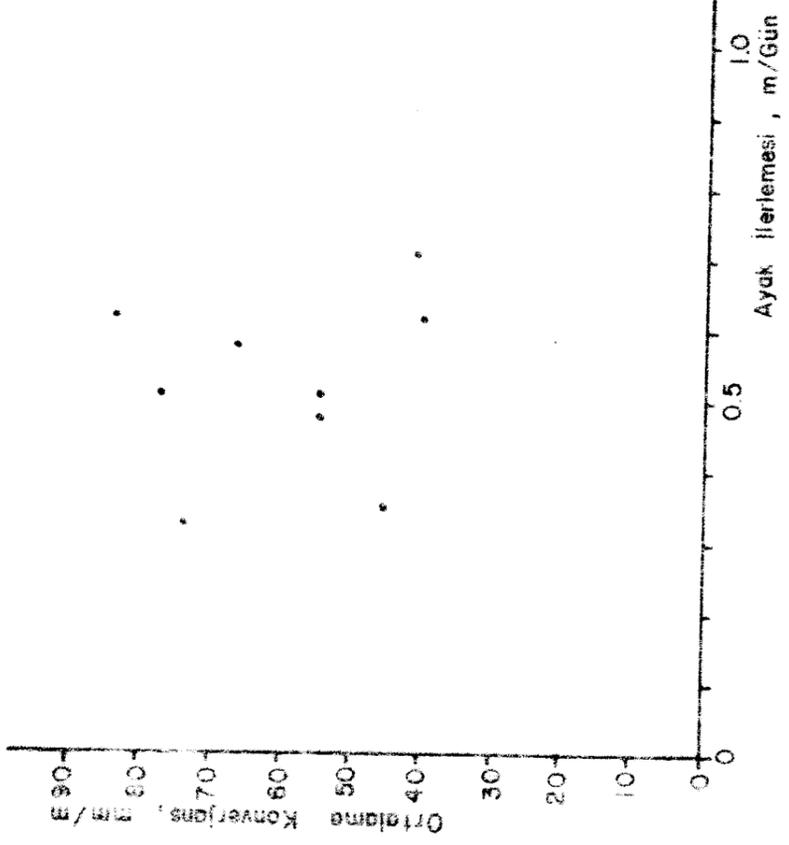
Benzer biçimde ortalama toplam konverjans değerleri tavan ayaklarda 120 mm-250 mm, taban ayaklarda ise 98-176 mm arasında değişmekte, ortalama konverjans ise sırasıyla 193 mm ve 129 mm dir.

Bölüm 2'de açıklandığı üzere konverjans ile ayak ilerleme hızı arasındaki ilişki henüz tartışmaya açıktır. Genellikle kabul edildiği gibi ayak ilerleme hızı arttıkça tavan koşullarının düzelmesi ve konverjans hızının azalması beklenir. Açıkta ki, ayak ilerlemesi yeterli hızda olduğunda, çalışılan yerin üzerinde zamanın kısalığı nedeniyle tavan konverjansı tam oluşmayacak ve büyük bir bö-

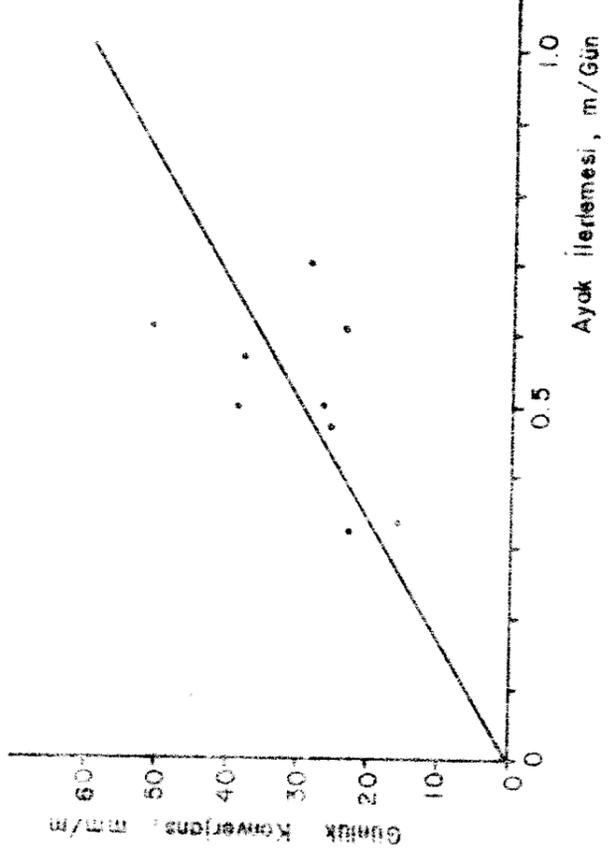
lümü tahkimatların ilerlemesi sonucu geride kalacaktır. Bu nedenle, bu araştırmada, eğer varsa, ilerleme hızı ile konverjans sırasında bir ilişki bulunmaya çalışılmıştır. Ancak, Şekil-32 de de görüleceği üzere, ayak ilerleme hızı ile konverjans arasında açık ve belirgin bir ilişki bulunamamıştır. Burada, ölçmelerin yapıldığı ayaklarda ilerleme hızının haftada da 3-4 m olduğunu, anlamlı bir ilişki bulabilmenin haftada en az 20 m lik bir ilerlemenin sağlanabildiği ayaklarda elde edilen sonuçlarla mukayese ile mümkün olabileceği tartışması (20) hatırlatılmakla yetinilecektir.

Daha anlamlı bir ilişki, birim zamanda gerçekleştirilebilen ayak ilerlemesi ile aynı sürede oluşan konverjans sırasında gözlenmiş ve bu ilişki Şekil-33 de gösterilmiştir. Wilson (19) ve Shepherd (20) aynı yaklaşımı kullanarak değerlerin dağılımının ortalamasının bir doğru oluşturduğunu ve merkezden (orijinden) geçtiğini bulmuşlardır. Benzer şekilde, ortalama değerlerden geçen bir doğru Şekil-33'de elde edilmiştir. Doğrunun eğiminin değişmediği bilindiğine göre bu, birim ilerleme sonucu belirli bir konverjansın oluştuğu anlamına gelir. Şekil-33 den doğrunun eğimi ölçüldüğünde, 1 m'lik ayak ilerlemesinin 60 mm'lik konverjansa yol açtığı görülecektir.

Direklerin, yüklere karşı erken dincen göstermesini sağlayarak tavan koşullarını düzeltmek ve sonuç olarak olanaklar ölçüsünde konverjansı azaltmak amacıyla, tüm ölçümlerde ölçüm aletlerinin yerleştirilmesi sırasında olanaklı olan en yüksek sıkılama yükü verilmeve özen gösterilmiş-



Sekil - 32 -- Ayak ilerleme Hızına Karşı Ortalama Konverjans Değişimi



Sekil - 33 -- Ayak ilerleme Hızına Karşı Günlük Konverjans Değişimi

tir. Tablo-4 de her ölçüde sağlanabilen ortalama sıkılama yük değerleri de verilmiştir. Ortalama sıkılama yük değeri 0,9 ton ile 5,3 ton arasında değişmektedir. Değerlerdeki farklılık direkleri sıkılamada kullanılan hidrolik krikoların tam çalışmamlarından kaynaklanmaktadır.

Gözlemlerimize göre, sıkılama yüklerinin çok olduğu durumlarda, tavan tabakalarında ayak alını boyunca derin dikey kırılmaların, madenci deyimiyle tavanın kalından kesmesinin önlenmiş olmasıdır. Bu gözlem, sürtünmeli demir direk kullanılan ayaklarda yüksek sıkılama yük uygulamasının tavan koşullarını düzelttiğini, tavan kırılmaları ile göçükleri azalttığını ancak konverjansı her zaman etkilemediğini belirten yurtdışı deneyimleri (57) ile tamamen uyusmaktadır.

Raporumuzda daha önce de belirtildiği üzere ortalama yük yoğunluğu (OYY) Wilson (19) tarafından uzunayaklarda direklerin tavana karşı dirençlerini saptamakta kullanılmıştır. OYY, tüm ayakta direklerce tavana uygulanan dirençlerin zaman içinde alınan ortalamasıdır ve direklerin anma yük kapasitelerinden az bir sıkılama yükü ile kurulduğu, dolayısıyla anma kapasitelerine ulaşmaları için bir süre geçmesi gerektiği varsayımına dayanır. Bu nedendir ki Tunçbirek yeraltı ocağında yapılan bu araştırmanın amaçlarından biri de OYY'nin bulunmasıdır. Ortalama yük yoğunluğunu hesaplama yöntemi Ek.1'de elde edilen sonuçlar Tablo-4'de verilmiştir.

Ayak koşullarının tavan denetimi açısından değerlendirilmesinde en yararlı ilişki, oluşan konverjans ile ortalama

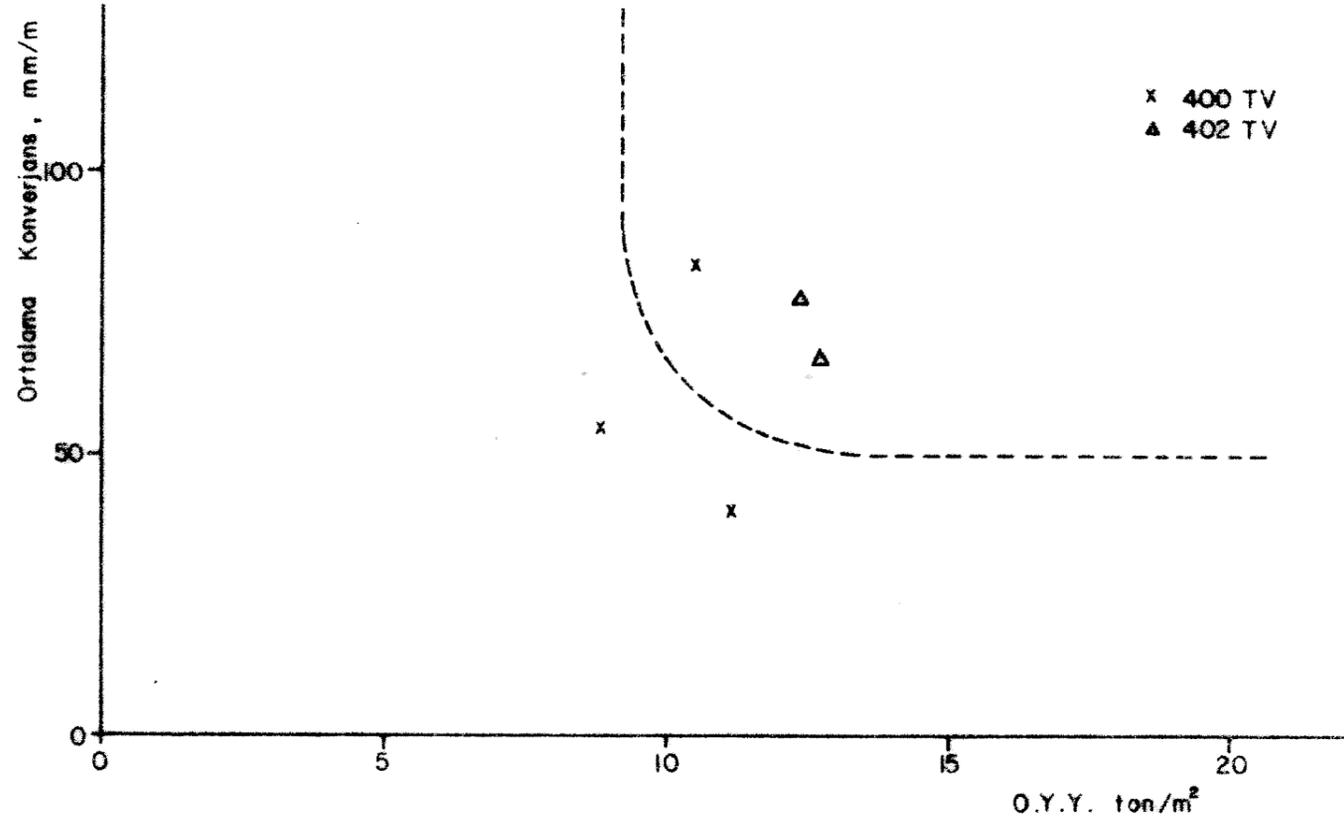
Tablo-4. Konverjans,yük,ortalama yük yoğunluğu değerleri

| Ayak No<br>ve<br>ölçüm tarihi | Maksimum<br>Yük<br>(ton) | Ortalama<br>Toplam kon-<br>verjans(mm) | Ortalama Yük<br>Yoğunluğu, OYY<br>(ton/m <sup>2</sup> ) | Ortalama<br>Konverjans |        | Ölçüm<br>süresi<br>saat | Ayak iler-<br>leme Hızı<br>(m/gün) | Ortalama<br>Sıkılama<br>Yükü (ton) |
|-------------------------------|--------------------------|--|---|------------------------|--------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                               |                          |  |   | mm/m                   | mm/gün |                         |                                    |                                    |
| 401 TB<br>26/7/1976           | 11                       | 109                                    | 7.77  | 45.5                   | 16     | 168                     | 0.34                               | 4.3                                |
| 401 TB<br>26/4/1977           | 22                       | 98                                     | 12.44   | 40.8                   | 29     | 32                      | 0.70                               | 3.6                                |
| 403 TB<br>12/7/1976           | 17                       | 176                                    | 9.01  | 73.3                   | 23     | 182                     | 0.32                               | 1                                  |
| 403 TB<br>11/8/1976           | 20                       | 131                                    | 16.43   | 54.6                   | 27     | 116                     | 0.50                               | 1                                  |
| 400 TV<br>25/7/1976           | 24                       | 164                                    | 8.87  | 54.7                   | 26     | 152                     | 0.47                               | 1.1                                |
| 400 TV<br>9/12/1976           | 30                       | 120                                    | 11.08   | 40                     | 24     | 118                     | 0.61                               | 1.8                                |
| 400 TV<br>17/4/1977           | 25                       | 250                                    | 10.59   | 83.3                   | 51     | 118                     | 0.61                               | 5.3                                |
| 402 TV<br>11/3/1976           | 37                       | 232                                    | 12.40   | 77.3                   | 39     | 144                     | 0.40                               | 3.3                                |
| 402 TV<br>17/4/1977           | 24                       | 199                                    | 12.70   | 66.3                   | 38     | 126                     | 0.57                               | 0.9                                |

ma yük yoğunluğu arasında kurulan ilişkidir. Sözüedilen ilişki Şekil-34 de gösterildiği üzere her bir metre ayak ilerlemesiyle oluşan konverjans (mm/m) ile ortalama yük yoğunluğu (ton/m<sup>2</sup>) arasında kurulmaya çalışılmıştır. Taban ayaklara ilişkin sonuçlar şekilde gösterilmemiştir. Bunun nedeni, bu ayakların üzerinde kalan orta kömürün geçertilmesinin normal uzunayaklardaki serbest göçmeden farklı olmasındandır. Şekil-34 de kesik çizgilerle gösterilen eğri, Tunçbilekte ayak yüksekliğinin 2 m olduğu gözönünde tutularak ve karşılaştırma amacı ile Wilson'un (19) bulgularından geliştirilmiştir. Bu aşağıda belirtilen varsayımlara göre yapılmıştır:

İlk varsayım, kömür damarı üzerindeki tabakalardan kırılan kaya parçalarının, kömür kazısıyla oluşan boşluğu doldurduğudur. Kaya kütleleri kırılıp parçalandıklarında, bulunduğu yerde kapladığı hacme göre % 50 den daha büyük bir yer kaplarlar (6,50). Böylece, sağlam tavan tabakaları kırıldıklarında kendi kapladıkları hacim ile h ayak yüksekliğindeki bir boşluğu dolduracaklarından, kırılacak tavan tabakalarının kırılmadan önce 2h kalınlıkta olması gerektiği anlaşılır. Bu nedenle kritik ortalama yük yoğunluğu, 2h kalınlıktaki tavan tabakasının tahkimi için gerekli dirence eşdeğer olacaktır (58). Tavan ayaklarda kazı yüksekliği 2m. olduğundan tavan taşı marnın 2,3 ton/m<sup>3</sup> yoğunlukta olduğu bilinerek bu basıncın 9,2 ton/m<sup>2</sup> olacağı hesaplanır.

İkinci varsayım, Tunçbilek ycnaltı ocağı tavan tabakalarında İngiltere'de olduğu gibi, kumtaşı gibi sert ve kalın



Şekil - 34 - Tavan Ayaklar için Ortalama Konverjans ve Ortalama Yük Yoğunluğu (O.Y.Y.) ilişkisi

tabakalar bulunmaması nedeniyle şekildeki eğrinin çizimin-  
de gerekli en az konverjansın Wilson'ın (19) verdiği for-  
mül ile hesaplanabileceğidir. Bu değer sadece karşılaştır-  
ma yapmak amacıyla kullanılmış olup, en uygun konverjans  
değerinin sözkonusu ocağa yapılan ölçmelerden elde edile-  
bileceği açıktır. Bu formül :

$$C = 10,8h + 29,2 \quad \text{dir.}$$

Burada, C her metre ayak ilerlemesi sonucu oluşan ortalama  
konverjansı (mm/m) ve h işlenen damar kalınlığını (m) gös-  
termektedir. Buradan, en az konverjansın 50,8 mm/m olması  
gerektiği bulunur ve buna göre şekildeki eğri çizilir.

Tavan ayaklarda saptanan OYY ile ortalama konverjans  
değerleri, eğri ile karşılaştırılarak tavan ayakların duru-  
munu irdeleyebilmek amacıyla Şekil-34 de verilmiştir. Daha  
önce de belirtildiği üzere, şekil taban ayaklara ilişkin  
değerleri içermemektedir. Bunun nedeni şekildeki eğrinin  
normal göçertmeli uzunayaklar için geçerli olmasıdır.

Her iki tavan ayakta yapılan yük ölçümlerinden elde  
edilen OYY sonuçları birbirlerini doğrular olup, değerler  
8.87 ile 12.70 ton/m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Bu değerler,  
kuramsal olarak hesaplanan kritik OYY değerine (9,2 ton/m<sup>2</sup>)  
yakındır. Şekil-34 de de görüldüğü gibi OYY değerleri kri-  
tik OYY değerinden küçük veya yakın olduğunda yüksek konver-  
janssız, hatta tavan tabakalarının zayıf olması durumunda  
ayağın tamamen göçmesine yol açabilir. Ölçümlerin yürütül-  
düğü sırada ne çok yüksek konverjans değerleri ne de küçük

meydana gelmiştir. Ancak, tavan tabakalarında kırık ve çatlaklara çok sık rastlanılmış ve özellikle 400 TV ayakta yapılan birinci seri ölçümlerde, OYY 8,87 ton/m<sup>2</sup> olarak tespit edildiğinde ayak alını boyunca devam eden ve tavan tabakalarının derinliklerine inen bir ana çatlak gözlemlenmiştir. Gözlem sonuçları kanıtlamaktadır ki, ölçülen OYY değerleri düşük ve Şekil-34 de gösterilen ve varsayım ile elde edilen kritik değere çok yakındır. Buradan varsayılan kritik değerlerin Tunçbilek uzunuyakları için de geçerli olabileceği sonucu da çıkar. Uluslararası madencilik deneyimleri göstermektedir ki, OYY değerlerinin kritik değer üzerinde tutulması, ayakta tavan koşullarını düzeltmekte ve daha emniyetli çalışma ortamı sağlamaktadır. Ashwin ve arkadaşları (26) bunun kritik değerini iki katı olması gerektiğini ileri sürmektedirler. Buna göre uzunuyaklarda tavan koşullarını düzeltmek ve emniyeti arttırmak için OYY 16,4 ton/m<sup>2</sup> olmalıdır.

Yukarıda açıklandığı üzere, OYY düşük olduğunda doğrudan olarak yüksek konverjansa neden olacaktır. Ayak çalışmalarında duraklamalar, faylar ve diğer etmenler konverjansı etkilemekle birlikte, bunlar bu araştırma kapsamı dışındadır. Tavan ayaklarda elde edilen ortalama konverjans değerlerinin ortalaması 64,4 mm/m dir. Bu değer, İngiltere kömür ocaklarında bulunan konverjansdan biraz daha yüksektir. Bununla birlikte, bilindiği üzere, konverjansların değerlendirilmesinde, bir ülkenin yada bir havzanın bulgularıyla karşılaştırarak daha çok veya az süründe yorumlar getirmek uygulamada pek fazla yarar sağlamaz. Bu nedenle, tavan

ayaklarda ölçülen konverjans değerleri, tavan koşullarının gözlenmesi ile yani kırılma ve çatlakların oluşup oluşmadığı ve tabakaların derinliklerine doğru ilerlemeleri izlenecek değerlendirilmiştir. Genellikle kırık ve çatlaklar 15-30 cm aralıkla oluşmaktadırlar. Tavan ayaklarda yapılan birinci seri ölçümde alın üzerinde birkaç santimetre genişlikte bir ana çatlak gözlenmiş ve ölçülen konverjans değeri büyük olmasına karşın tavan ayaklarda en düşük OYY (8,87 ton/m<sup>2</sup>) bu koşullarda elde edilmiştir.

Sonuç olarak denilebilir ki kumtaşı gibi sert ve kalın tabakaların bulunmadığı, yalnızca olağan karbon devri kayalarından oluşan tavan tabakalarının bulunduğu Tunçbilek yeraltıocagında ölçülen konverjanslar oldukça yüksektir. Bu sonuç, araştırmacıların ayaklarda yaptıkları gözlemlerle, benzer jeolojik koşulların bulunduğu İngiliz kömür ocaklarında saptanan değerlerle doğrulanmaktadır. Ancak, bu aşamada Tunçbilek yeraltı ocağı için optimum konverjans değeri vermek olanaklı değildir. Bunun için daha çok veriye gereksinme vardır ve bu araştırmalara devam edilmelidir.

Daha önce de belirtildiği gibi, uygulanan madencilik yöntemine göre tavan ve taban ayaklar arasında ortalama 6 m. kalınlıkta bir kömür katmanı bırakılır ve bu kömür taban ayak arkasından, göçük tarafından göçertilerek alınır. Bu ayaklarda yapılan 4 seri ölçümde OYY değerleri 401 TB ayakta 12.44 ve 7.77 ton/m<sup>2</sup> ve 403 TB ayakta 16.43 ve 9.01 ton/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur (Tablo -4).

Taban ayaklarda septanan OYY değerleri arasındaki farklılıkların, uygulanan arakatlı göçertme yöntemi nedeniyle olduğu kanısına varılmıştır. Zaman zaman orta kömürün çeşitli nedenlerle göçmediği, dolayısıyla arkadan alınan kömürün az olduğu hallerde kömür, olağan uzunca ayaklarda ana tabanın yaptığı gibi kemer oluşturmakta ve daha üst (tavan) tabakaları tahkim ederek direklere binen yükün azalmasına yol açmaktadır. Karşıt durumda, ayak arkasından çok kömür alınabilmekte, böylece taban ayak tavanını oluşturan kömürle, tavan ayak göçüğünden gelen parçalanmış kaya kütleleri doğal tahkimattan yoksun kalmakta ve bunlar direklere daha çok yük binmesine neden olmaktadır. Ancak, bu konu tartışmaya açık olup, daha ayrıntılı araştırmaya yönelmek gerekmektedir.

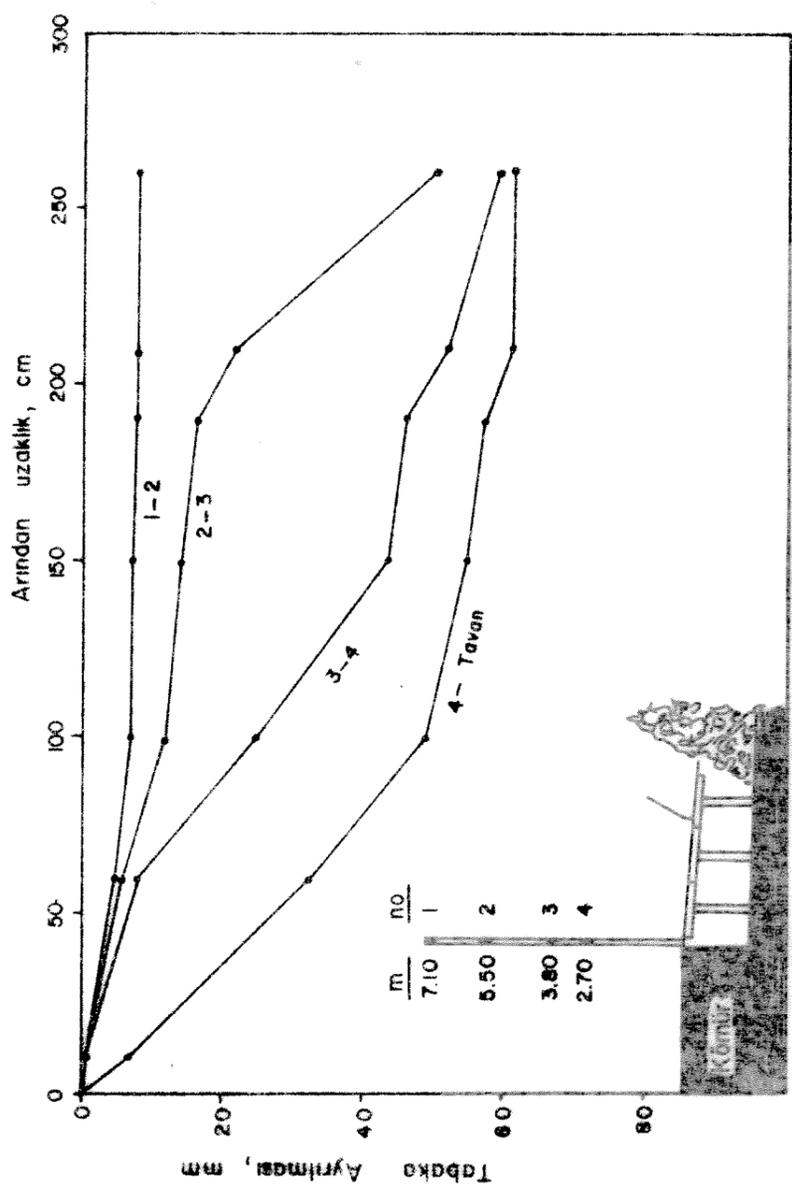
#### 5.4. TABAKA AYKIRMALARI ÖLÇÜM SONUÇLARI

Araştırma başlangıcında, çok-telli yerdeğişim ölçerlerin, hem tavan hem taban ayaklarda tavan tabakalarının ayırılma seviyelerinin septanmasında kullanılması düşünülmüştür. Ayaklarda lağım deliklerinin delinmesinde kullanılan delme araçları bazı değişikliklerle yerdeğişim ölçerlerin yerleştirileceği deliklerin delinmesinde kullanılmışlardır. Tavanda derinlikleri 8-10 m. ye varan deliklerin delinmesi 4-5 burgunun birbirlerine eklenmesi ile sağlanmıştır. Tavani kömür olan taban ayaklarda, delik delme çabalarında başarılı olunamamıştır. Buna neden tavan ayak çalışmalarının ezdiği kömürün, birbirlerine eklenmiş burguların salılgılı dönmesi sonucu delik çapının genişlemesine yolaçmasıdır.

**TÜRKİYE**  
**BİLİMSEL VE TEKNİK**  
**ARAŞTIRMA KURUMU**  
**KÜTÜPHANESİ**

Tabaka civatalarının geniş çaplı deliklere yerleştirilmesi ise olanaksızdır. Tavan taşı marn olan tavan ayaklarda delikler başarıyla delinmiş ve hem 400 TV hem de 402 TV ayakta yerdeğişim ölçerler deliklere yerleştirilmiş olmasına karşın, 402 TV ayakta bir tali fay nedeniyle uzunca bir süre çalışmalara ana verilmiş ve bu ayakta ölçüm yapılamamıştır. 400 TV ayaktaki yerdeğişim ölçer, tavan tabakalarında açılan deliğin 2,70, 3.80, 5.50 ve 7.10 m. derinliklerine yerleştirilmiş 4 tabaka civatasından oluşmuştur (Şekil-35). Delik uygun çapta olduğundan civataların yerleştirilmesi oldukça kolay olmuştur. Okumalar yük ve konverjans ölçümle- rinde olduğu gibi her iki saatte bir yapılmış, bunun yanı sıra her ölçümde deliğin ayak alınına olan uzaklığı kaydedilmiştir. Tablo 5 alınan değerleri, deliğin altına uzaklığına ilişkin olarak vermekte ve bunların değerlendirilmesini de içermektedir. Tablonun incelenmesinden tavan ile en üst tavan civatası seviyeleri arasında (7.10 m) toplam tabaka ayrılmasının 181 mm olduğu görülmektedir. Civata-1 ile civata-2 arasında 7 mm gibi az bir ayrılma saptanmışken, tabaka ayrılmalarının 2. ve 3. civatalar arasında 51 mm, 3. ve 4. civatalar arasında ise 61 mm. gibi daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür.

Tavan tabakalarının farklı seviyelerdeki ayrılmasını gösteren eğriler, deliğin aynaya olan uzaklığına bağlı olarak çizilmiş ve Şekil-35 de gösterilmiştir. Şekilden kolayca görüldüğü gibi en alt seviyede (tavan ile civata-4 arasında) ayrılmalar, direklere yetersiz sıkılama yükü veril-



Şekil - 35 - 400 TV Ayak Tavanında Tabaka Ayrılması

Tablo-5. Yerdeğişim ölçümleri ve değerlendirme

| Ölçüm İstasyonunun<br>arından<br>uzaklığı<br>(cm) | Ölçümler<br>(mm) |       |       |       | Ölçümler Arası Farklar<br>(mm) |           |           |           | Tabaka Ayrılmaları<br>(mm) |           |           |
|---|------------------|-------|-------|-------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|-----------|-----------|
|   | $l_1$            | $l_2$ | $l_3$ | $l_4$ | $D_1$                          | $D_2$     | $D_3$     | $D_4$     | $D_1-D_2$                  | $D_2-D_3$ | $D_3-D_4$ |
| 00  | 591              | 636   | 623   | 621   | $l_1-L_1$                      | $l_2-L_2$ | $l_3-L_3$ | $l_4-L_4$ |                            |           |           |
| 60  | 611              | 591   | 583.5 | 589   | 50                             | 45        | 39.5      | 32        | 5                          | 5.5       | 7.5       |
| 100   | 569.5            | 551.5 | 550   | 572.5 | 91.5                           | 84.5      | 73        | 48.5      | 7                          | 11.5      | 24.5      |
| 150   | 513.5            | 524.5 | 525.5 | 566.5 | 117.5                          | 111.5     | 97.5      | 54.5      | 6                          | 14        | 43        |
| 190   | 534              | 517   | 520   | 564   | 127                            | 119       | 103       | 57        | 8                          | 16        | 46        |
| 210   | 520              | 501   | 510   | 560   | 141                            | 135       | 113       | 61        | 6                          | 22        | 52        |
| 260   | 480              | 462   | 500   | 560   | 181                            | 174       | 123       | 61        | 7                          | 51        | 62        |

mesi nedeniyle hemen başlar. Altın ikinci seviyede (3.-4. civatalar arasında) ayrılmalar alında bir have ilerleme yapıldığında (alın-iclik uzaklığı 50 cm. olduğunda) hızlanmaya başlar. Üçüncü seviyede (2.-3. civatalar arasında) tabaka ayrılması için have ilerleme yapıldıktan sonra hızlanmaya başlar ve alın-delik uzaklığı 200 cm'î estikten sonra hızla ikinci seviyede görülen değere ulaşır. En üst seviyede ayrılma 7 mm. gibi sabit bir değerde kalmaktadır.

Sonuçlardank açıkça görüldüğü gibi başlıca tabaka ayrılması 2. ve 3. civatalar diğer bir deyişle 5.50 ile 3.80 m. seviyeleri arasında olmaktadır. Buna öncede belirtildiği üzere, % 50 sişme kuramını ilişkin olarak 2 m. yükseklikteki bir uzunayakta göçük yüksekliğinin 1 m olması gerektiği konusunda varsayımı doğrulamaktadır.

#### 5.5. TAHKİMAT TASARIMI

Kuramsal olarak öngörüldüğü ve yerdeğ'sim ölçüm sonuçlarıyla doğrulandığı gibi, başlıca tabaka ayrılması ayak tavanından yaklaşık 4 m yukarıda olmaktadır. Bu kalınlıkta ki ve 2.3 ton/m<sup>3</sup> yoğunlukta ki kaya kitlesi 9.2 ton/m<sup>2</sup> yüke yolaçaçağından demir direklerin buna esit direç göstermesi gerekir. Açıkır ki, bu alt sınır değeridir ve tüm olumsuz olasılıkları karşılamak üzere daha önce de belirtildiği gibi uygulamada emniyet katsayısı 2 olarak alınmalıdır. Bunun da ötesinde, dencyimler sürtünmeli demir direklerin nandanlarının % 50 dolayında olduğunu göstermektedir (59). Her iki etmenin birlikte uygulanması sonucu tasarım değeri

olarak, direklerin yük taşıma kapasitelerinin 37 ton/m<sup>2</sup> olması gerekir. Tunçbilek'te kullanılan Schmidt türü direklerin anma yük kapasitelerinin 40 ton olduğu ve tavan ayaklarda uygulanmakta olan şeş-beş tahkimat düzeninde her direğin 0.84 ile 1.26 m<sup>2</sup> lik bir alanı tahkim ettiği göz önüne alındığı uygulanan tahkimat düzeni ile direklerin yeterli olduğu görülmüştür.

Tavan ayaklarda hidrolik direk kullanılması halinde tek fark hidrolik direklerin randımanının 80 (26) olacaktır. Buradan, aynı tahkimat düzeninde hidrolik direklerin beklenen yük taşıma kapasitesi 23 ton/m<sup>2</sup> olarak bulunur. Diğer bir deyişle, 25 ton anma yük kapasiteli hidrolik direkler yeterli olacaktır.

Taban ayaklarda ahşap emniyet sarmaları uygulaması nedeniyle, 7.77 ile 16.43 ton/m<sup>2</sup> lik basınçlara karşı koydukları OYY ölçümlerinden anlaşılmaktadır. OYY değerlerinde farklılıklara yol açan olası etmenler raporun daha önceki bölümlerinde belirtilmişti. Konverjans değerlerinin incelenmesinden, bunların kabul edilebilir değerler (ortalama konverjans 54 mm/m) olduğu görülmüştür. Bu nedenlerle, uygulamakta olan işletme yöntemine göre direklerin kapasitesi ile tahkimat düzeninin yeterli olduğu kanısına varılmıştır. Ancak, ahşap emniyet sarmalarının olumlu, olumsuz etkisinin daha ayrıntılı olarak incelenmesi ve daha sonra optimum tasarıma gidilmesi gerekmektedir.

6. SONUÇLAR

Garp Linyitleri İşletmesi Tuncbilek yeraltı ocagında yapılan ölçüm ve incelemelerin ışığı altında verilen sonuçlar ve daha ileri araştırmalar için öneriler aşağıda verilmiştir.

1. Her iki tavan ayakta yapılan yük ölçülerinde saptanan OYY değerlerinin ortalaması  $11.33 \text{ ton/m}^2$  dir. Bu değer, emniyetli olmakla birlikte, direkler üzerine binmesi beklenen ve kuramsal olarak  $9,2 \text{ ton/m}^2$  olduğu hesaplanan alt sınıır OYY değerine yakındır. Hesaplama, 50 hacim artış oranı ve ayak yüksekliğinin 2 katı göçme yüksekliği esas alınarak yapılmıştır. Ayak tavanlarında aynaya paralel derin, dikey çatlakların gözlenmiş olması da ölçülen OYY değerlerinin alt sınır değerine yakın olduğunu kanıtlamaktadır. Bu nedenle, tavan denetiminin etkinliğini ve çalışma koşullarının emniyetliliğini arttırmak üzere tavan ayaklarda OYY'nu aşağıda belirtilen önlemleri alarak arttırmak gerekir.

a) Kömür kazısını takiben mümkün olan en kısa zamanda sürtülmeli demir direkler dikilmelidir.

b) Direklerin dikimi sırasında, direklere mümkün olan en yüksek sıkılama yük verilmelidir. İlk yük vermede kullanılan hidrolik krikolar sık sık denetlenerek yağ kaçıran ve bozuk krikoların kullanılması engellenmelidir.

2. Tavan ayaklarda uygulanan tahkimat düzeni ve direk aralığını aynen korumak kaydıyla, mevcut 40 ton arma

yük kapasiteli direkler, 37 ton/m<sup>2</sup> lik gerekli direk yoğunluğu için yeterlidir. Bununla birlikte, daha önce de belirtildiği gibi, daha iyi tavan denetimi ve daha emniyetli çalışma koşulları için OYY'nun arttırılması gerekir.

3. Taban ayaklarda OYY'nun 7.77-16.43 ton/m<sup>2</sup> değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir. Bu durum arakatlı göçertme yöntemiyle arkadan alınan kömür miktarının değişmesinden ve böylece göçüğün sağladığı doğal tahkimin azalması yada çoğalmasından kaynaklanmaktadır.

4. Ocak yöneticilerinin de önerisi üzerine tavan ayaklarda ötedenberi kullanılmakta olan Schwartz türü direklerin laboratuvarda denenmesi bu direklerin sürtünme plakalarının çok aşındığını ve çok az yük taşıma kapasitesine sahip olduklarını ortaya çıkarmıştır. Bunun üzerine bu direklerin 40 ton anma yük kapasitesine sahip Schmidt türü direklerle değiştirilmiştir. Bu durum, belirli aralıklarla direklerin tahkimat karakteristiği açısından incelenmesinin ve denenmesinin önemi ve gereğini kanıtlamaktadır.

5. Galenler çevresinde oluşan yerdeğişimleri ölçmek için kullanılan çok-telli yerdeğişim ölçerlerin, uzunayak tabanında oluşan yerdeğişimleri ve en yüksek tabaka ayrılma seviyesini ölçmede de kullanılabileceği kanıtlanmıştır. Yerdeğişim ölçüm sonuçları Tunçbilek Linyit Havzasında göçertmeli bir uzunayakta tahkimat üzerine oturan tavan tabakası kalınlığının, % 50 hacim artış oranı ve ayak yüksekliğinin iki katı göçme yüksekliği varsayımlarına dayanılarak hesap-

lanmasını doğrulamıştır.

64 mm/m, taban ayaklarda 54 mm/m dir. Tavan ayaklarda saptanan ortalama konverjans, oluşması beklenen 50.8 mm/m değerinden daha yüksektir. Bununla birlikte, konverjans ile OYY arasında çok açık bir ilişki saptanamamış olup böyle bir ilişkinin kurulması için daha çok veri gerekmektedir.

7. Taban ayaklarda yapılan gözlemler ve ölçüm sonuçlarının ışığı altında, uygulanan madencilik yöntemine bağlı ahşap emniyet sarmaları uygulaması gözönüne alındığında var olan tahkimat düzeninin ve kullanılan sürtünmeli direklerin kapasitelerinin yeterli olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, daha somut sonuçlara varabilmek için ahşap emniyet sarmalarının tahkimat düzenine etkileri, taban ayak tavanında oluşan yerdeğişimleri ve göçme mekanizmasının daha kapsamlı olarak araştırılması gerektiği kanısına varılmıştır.

8. Bugünkü uygulamala günlük ayak ilerlemesinin özellikle tavan ayaklarda 0.5 m. dolayında olduğu görülmektedir. Ayaklarda daha iyi tavan koşullarının sağlanması için ayak ilerleme hızının artırılması gerekir.

ÖZET

Bu çalışma bir uzunayak madencilik tabaka kontrolü açısından incelenmesini kapsamaktadır.

Konu ile ilgili arazi çalışmaları konverjans, tahkimat üzerine gelen yüklerin dağılımı ve uzunayak tavanındaki tabaka ayrılması ölçümlerini içermektedir. Tabaka ayrılması aslında tabanyolları etrafındaki tabaka yerdeğişimlerini ölçmek için kullanılan, çok telli ekstensometre ile ölçülmüştür.

Araştırma bölgesi olarak seçilen Tunçbilek'te 8-10° eğimli, kalınlığı 4-11 m. arasında değişen kömür damarı mevcuttur. Geri dönüşlü-göçertmeli uzunayak metodu uygulanmaktadır. Tavan ve taban da ikiser metre kalınlığında iki kat halinde ilerleme yapılmakta ve arada kalan kömür, taban ayağın göçüğünden alınmaktadır.

Pano genişliği 300 m. olarak seçilmiş ve her panoda 150 m. uzunluğunda iki tavan ve 75 m. uzunluğunda dört taban ayak bulunmaktadır. Taban ayaklar tavan ayakları 25-40 m. geriden izlenmektedirler.

Tavan ayaklarda şerhbeş, taban ayaklarda ise düz tahkimat sistemi uygulanmakta ve her iki ayakta da sarmalar arına dik konulmaktadır.

Raporun ikinci bölümünde tabaka kontrolü hakkında bir literatür taraması verilmiş, üçüncü ve dördüncü bölümlerde ise, Tunçbilek kömür havzası ve ocakta uygulanan ölçme yön-

temleri ile ilgili bilgi verilmiştir. Besinci bölümde sonuçların analizi ve ayrıntılı tartışması yapılmıştır. Son bölümde de bu araştırmanın sonuçları ve ileride yapılacak araştırmalar için öneriler getirilmiştir.

SUMMARY

This work describes an investigation into the strata control aspects of longwall mining.

The field work related with subject involved taking measurements of factors such as convergence, distribution of loads on supports and bed separation at the roof of the longwall face. The bed separation was measured by multi-wire borehole extensometer technique which is used mainly for measurement of strata displacement around roadways.

The choosen field is the Turqbilek has the coal seam dipping of 8-10° and a thickness of 4-11 m. Retreat mining and full caving have been adopted taking in view the thickness of the coal seam. Two retreat faces are employed each extracting a slice of 2 m. at the top and at the bottom of the coal seam respectively. The coal between these two faces is gained by sub-level caving from the goaf of the lower face.

The panel width is 300 m. and in a panel, there are two upper faces of 150 m. length and 4 lower faces of 75 m. length. The lower faces follow the upper faces from 25-40 m behind.

Both in the upper and lower faces the supports are organized perpendicular to the face and friction props and articulated roof bars are used. The supports are arranged in

a triangular fashion and line fashion in the upper and lower faces respectively.

In this report, the second chapter, contains a literature survey of strata control, third and fourth Chapters give informations about G1f Tunçbilek lignite mine and applied method of measurements in the field respectively.

In the fifth chapter, the results are analysed and discussed in detail. Finally, last chapter, gives the conclusions and recommendations for future research.

LITERATUR

1. \_\_\_\_\_ : Proceedings of International Conference About Rock Pressure and Supports in the Workings. Liege, 1951.
2. \_\_\_\_\_ : Proceedings of Second International Conference on Strata Control. Essen, 1956.
3. \_\_\_\_\_ : Proceedings of Third International Conference on Strata Control. Paris, 1960.
4. \_\_\_\_\_ : Proceedings of Fourth International Conference on Strata Control and Rock Mechanics. New York, 1964.
5. \_\_\_\_\_ : Proceedings of Fifth International Strata Control Conference. London, 1972.
6. WHITTAKER, B.N.: An Appraisal of Strata Control Practice. The Mining Engineer, Vol. 134, 1974-75, pp. 9-24.
7. CURTH, E.A.: Coal Mining Techniques in the Federal Republic of Germany-1971. Bureau of Mines Information Circular, IV 8645, 1974, 52 p.
8. SHEPHERD, R.: The Forward Abutment in Longwall Mining. Colliery Guardian, May 1973, pp. 177-182.
9. ATAMAN, T.: Uzun Ayaklarda Tahkimat Esasları. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 2.ci Kongresi, 1971, s.213-221.
10. WILSON, A.H. ASHWIN, D.P.: Research into the Determination of Pillar Size. The Mining Engineer, Vol. 131, 1971, 1971-72, pp. 409-427.

11. EVERLING, G.: Discussion to the Paper by B.N. Whittaker entitled: "An Appraisal of Strata Control Practice". The Mining Engineer, Vol.134, 1974-75, p.39.
12. EVERLING, G.: Rock Pressure: Its Prediction and Evaluation. Proc. 5th International Strata Control Conference, London, 1972, paper no: 18.
13. EVERLING, G.: Applied Rock Mechanics, Glöckauf, Vol.109, 1973, pp. 1127-1150.
14. OYANGUREN, P.R.: Simultaneous Extraction of Two Potash Beds in Close Proximity. Proc.5th International Strata Conference, London 1972. Paper No.32.
15. FAULKER, R., PHILLIPS, D.W.: Cleavage Induced by Mining. Trans. Inst. Mining Engineering, Vol.89, pp.264-297.
16. \_\_\_\_\_: Design of Mine Layouts. Working Party Report, N.C.B., 1972.
17. JACOBI, O., EVERLING, G., IRRESBERGER, H.: Research with a View to the Development of Powered Face Supports. Proc. Fourth International Conference on Strata Control and Rock Mechanics, New York. 1964, pp.160-184.
18. ADLER, L., SUN, M.C.: Ground Control in Bedded Formations. Bulletin 28, Virginia Polytechnic Institute, 1968.
19. WILSON, A.H.: Conclusions from Recent Strata Control Measurements Made by The Mining Research Establishment. The Mining Engineer, Vol. 123, 1963-64, pp.367-380.

20. SHEPHERD, R. ASHWIN, D.P.: Measurement and Interpretation of Strata Behaviour on Mechanized Faces. Colliery Guardian, December 1968, pp. 795-804.
21. COOKE, W.E.: Prop Loads on Longwall 'Faces'. Colliery Guardian, December 1968, pp. 795-804.
22. SHEPHERD, R.: Strata Control. Colliery Guardian, August 1969, pp. 450-454.
23. SHEPHERD, R.: Study of Strata Control on Mechanised Coal Faces, Proc. 4th International Strata Control Conference, New York, 1964, pp. 230-244.
24. SCHWARTZ, B., DUBOYS, R.: The Influence of the Supports on the Movement of Roof and Floor in the Face. Proc. 2nd International Strata Control Conference, Essen, 1956.
25. ÜNAL, E.: A Study of Load and Convergence at Two Longwall Faces and Interpretation of Strata Behaviour at O.A.L. Colliery. Beypazarı. MSc. Thesis, 1974, O.D.T.Ü., Ankara.
26. ASHWIN, D.P., CAMPBELL, S.C., KIRBY, J.D., HASKAYNE, J.D., MOORE, J.F.A. SHEPHERD, R.: Some Fundamental Aspects of Face Support Design. The Mining Engineer Vol. 129-1969-70, pp. 659-675.
27. PANEK, L.A.: Additional Considerations Regarding Longwall Face Support Requirements. Bureau of Mines Information Circular. IC 8630, 1974, pp. 125-127.
28. JOSEIN, J.P.: The Functioning of Supports and their Effect on Roof Behaviour on the Face. Proc. 5th International Strata Control Conference, London, 1977, Paper No:7.

29. DUBOIS, R.: The Various Factors Governing Face Convergence. Proc. 3rd International Strata Control Conference, Paris, 1960, pp. 443-462.
30. SEAM, M.M.: Investigations Into the Behaviour of the Roof of Caved Longwall Faces. Rock Mechanics-Theory and Practice. Proc. of the Symposium on Rock Mechanics, Dhandbad, 1972, pp. 107-121.
31. LIEGOIS, R.: Powered Longwall Supports. Proc. 4th International Strata Control Conference, New York, 1964, pp. 248-265.
32. IL'SHEIN, A.: Resistance of the Support System and Rock Pressure in Longwall Faces. Proc. 3rd International Conference on Strata Control, Paris, 1960, pp. 127-136.
33. ADAM, A., CHASSAGNE, D.: Hydraulic Power Operated Supports at the Bruay Group of the Houilleres du Bassin du Nord of the Pas-de Calois. Proc. 3rd International Conference on Strata Control. Paris, 1960, pp. 61-78.
34. McLUCKIE, A.D.: Frame Type of Powered Supports. Proc. 3rd International Conference on Strata Control, Prasi, 1960, pp. 79-90.
35. WRIGHT, A.: Practical Applications of Chock-Type Powered Operated Support System. Proc. 3rd International Conference on Strata Control, Paris, 1960 pp. 91-108.
36. EDWARDS, R.W.: Ground Support in Bulk Mining. Mining Congress Journal, Vol. 43, 1957, pp. 78-71-79.

37. WHITING, J.M.: The ABC's of Mine Supports. Mining Congress Journal, Vol. 44, 1958, pp. 42-46.
38. LEWIS, S.: Load Yield Characteristics of Props and Their Relation to Roof Control. Colliery Guardian, Vol. 189, 1954, pp. 439-442.
39. DUBOIS, L.: Twenty-five Years Experience with Metal Supports at Winterslag. Proc. 3rd International Conference on Strata Control, Paris, 1960. pp. 57-68.
40. \_\_\_\_\_: Search for Ideal Yield Prop Design. Colliery Guardian, Vol. 183, 1951, pp. 379-387.
41. \_\_\_\_\_: The Hydraulic Pit Prop. Colliery Guardian, Vol. 177, 1948, pp. 641-646.
42. HESS, H.: Roof Control by Powered Supports in the West German Coalmining Industry. Proc. 5th International Strata Control Conference, London, 1972, Paper No. 1, 8 p.
43. KLAER, P.H.: Roof Control on an American Longwall Face with the Supports Used on the One Web - Back - System. Proc. 5th International Strata Control Conference, London, 1972, Paper No. 2, 6 p.
44. BOXHO, J.: Sequence Control of a Powered Support System Not Linked to a Conveyor. Proc. 5th International Strata Control Conference, London, 1972, Paper No. 5, 10 p.
45. KABENICHT, H.: Systematic Development of a Powered Support for Faces in Weak Rock. Proc. 5th International Strata Control Conference, London, 1972, Paper No. 6, 8p.

46. PORTNOV, A.,A.: Scientific Development of Powered Supports for Weak and Unstable Surrounding Strata. Proc. 5th international Strata Control Conference, London, 1972, Paper No. 8,7p.
- ✓ 47. ATAMAN, T.: Uznayaklarda Tahkimat Esasları, II-Celik Tahkimat. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 4.cü Kongresi, Ankara, 1975, pp. 299-322.
48. WOODRUFF, S.D.: Methods of Working Coal and Metal Mines. Vol. 2, 1966, Pergamon Press.
49. SPRUTH, F.: Strebauhau in Stahl und Leichtmetall. Glückauf-Betriebsbücher - Band I. Verlag Glückauf GMBH-Essen, 1963.
50. WILSON, A.H.: Support Load Requirements on Longwall Faces. The Mining Engineer, Vol. 134, 1974-75, pp. 479-491.
51. BARRY, A.J., NAIR, O.B., MILLER, J.S.: Specifications for Selected Hydraulic - Powered Roof Supports. Bureau of Mines Information Circular, IC 8424, 1969.
- ✓ 52. BİRÖN, C.: Madenlerde Tahkimat İşleri, İ.T.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları, Sayı: 83, İstanbul, 1971.
- ✓ 53. NEBERT, K.: Tavşanlı'nın Batı ve Kuzeyindeki Linyit İhtiva Eden Neojen Sahasının Mukayeseli Stratigrafisi ve Tektoniği, M.T.A. Dergisi, Nisan 1960, sayı 54.
- ✓ 54. NEBERT, K.: Tuncbilek Havzasının Detay Jeolojik Lövelere Dayanan Montanjeolojik Durumu Hakkında Rapor, M.T.A. Rapor, 1961.
- ✓ 55. ENGİN, O.: Tavşanlı-Tuncbilek Bölgesi Detay Jeolojik Etüdü

M.T.A. Derleme No. 4076, 1968.

- ✓ 56. ESKIKAYA, Sinasi: Garp Linyitleri İşletmesi Tuңçbilek Bölgesi Ana Linyit Damarının Kazı Yeteneklerinin İncelenmesi İ.T.Ü. Maden Fakültesi, 1975.
57. BARRY, A.J.: Summary Presentation of National Reports on Coal Mining. Proc. 4th International Strata Control Conference New York, 1964, pp. 489-498.
58. EVANS, I.: Face Support Requirements--A Problem in Arching, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr. Cilt 14, s. 1-5.
59. SINGH, B., SARKAR, S.K., MUKHERJEE, K.P., SINGH, S., CHATTERJEE, T.K., ROYCHAUDURY, S.: Investigation Into Strata Control at Coal Faces--East Katras Coal Mine. Annual Report 1977-78, Central Mining Research Station Dhanbad.

EK - 1

Uzunayaklarda kömür üretim süreci bir dizi değişik tür-  
de çalışmrlardan oluşmakta ve her çalışma türüne (kazı, söküm  
v.b.) özgü olarak ayakta direk sayısı ve dolayısıyla her di-  
reğin tahkim ettiği tavan alanı değişmektedir. Her ayrı ça-  
lışma sürecinde gereç yerleştirilmiş tüm direklerde, her di-  
reğe gelen ortalama yükler kaydedilmiştir. Ortalama yükün  
direğin tahkim ettiği alanı bölümlü sözkonusu çalışma türü  
için ortalama yük yoğunluğunu verir. Bu anlamda tüm çalışma-  
lar sürecinde bir direğin tahkim ettiği alan, ayak alınından  
başlayıp en gerideki sarmaların arka uçlarını birleştiren  
hatta kadar uzanır. Bu nedenle tüm bir ölçüm periyodu için  
OYY, her çalışma için ayrı ayrı bulunan değerlerin zaman ve  
alan ağırlığına göre ortalamasıdır ve aşağıda verilen formül-  
den yararlanılarak bulunur.

$$\text{Ortalama Yük Yoğunluğu} = \frac{\frac{P}{A_p} t_p + \frac{Q}{A_Q} t_Q + \dots}{t_p + t_Q + \dots}$$

Burada P,Q,... her ayrı çalışma sürecinde ölçülen ortalama  
yükleri

$A_p, A_Q, \dots$  her çalışma sürecinde tahkim olunan tavan  
alanını

$t_p, t_Q, \dots$   $A_p, A_Q$  alanlarında ölçülen P,Q, ortalama yük-  
lerinin uygulandıkları zamanı gösterir.

EK-2 TAVAN VE TABAN TAŞI MARLIN BASMA DAYANIM DENEY SONUÇLARI

I. Tavan Taşı Marlin Basma Dayanımı

A. Tabakalaşmaya Paralel Basma Dayanımı

| Numune No. | Çap (mm) | Uzunluk (mm) | Alan (cm <sup>2</sup> ) | Kırılma Yüğü (kg) | Basma Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------|----------|--------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| 1          | 29.4     | 52.65        | 6.78                    | 1300              | 192                                  |
| 2          | 29.4     | 52.85        | 6.78                    | 1850              | 273                                  |
| 3          | 29.4     | 56.20        | 6.78                    | 1250              | 183                                  |
| 4          | 29.4     | 60.50        | 6.78                    | 1050              | 155                                  |
| 5          | 29.4     | 59.50        | 6.78                    | 1900              | 281                                  |
| 6          | 29.4     | 56.80        | 6.78                    | 2100              | 309                                  |

Ortalama Basma Dayanımı = 232 kg/cm<sup>2</sup>

B. Tabakalaşmaya Dik Basma Dayanımı

| Numune No. | Çap (mm) | Uzunluk (mm) | Alan (cm <sup>2</sup> ) | Kırılma Yüğü (kg) | Basma Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------|----------|--------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| 1          | 29.4     | 34.20        | 6.78                    | 3650              | 539                                  |
| 2          | 29.4     | 43.85        | 6.78                    | 2650              | 391                                  |
| 3          | 29.4     | 42.10        | 6.78                    | 3100              | 458                                  |
| 4          | 29.4     | 49.75        | 6.78                    | 3800              | 560                                  |
| 5          | 29.4     | 51.55        | 6.78                    | 3100              | 458                                  |
| 6          | 29.4     | 56.65        | 6.78                    | 4150              | 612                                  |

Ortalama Basma Dayanımı = 503 kg/cm<sup>2</sup>

EK- 2 DEVAM

II. Taban Taşı Marlin Basma Dayanımı

A. Tabakalaşmaya Paralel Basma Dayanımı

| Numune No. | Çap (mm) | Uzunluk (mm) | Alan (cm <sup>2</sup> ) | Kırılma (kg) | Yükü (kg) | Basma Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------|----------|--------------|-------------------------|--------------|-----------|--------------------------------------|
| 1          | 29.4     | 52.00        | 6.78                    | 1400         | 207       | 207                                  |
| 2          | 29.4     | 52.30        | 6.78                    | 2750         | 406       | 406                                  |
| 3          | 29.4     | 64.00        | 6.78                    | 2450         | 362       | 362                                  |
| 4          | 29.4     | 58.95        | 6.78                    | 1850         | 273       | 273                                  |
| 5          | 29.4     | 60.50        | 6.78                    | 2250         | 332       | 332                                  |
| 6          | 29.4     | 58.30        | 6.78                    | 3200         | 472       | 472                                  |

Ortalama Basma Dayanımı = 342 kg/cm<sup>2</sup>

B. Tabakalaşmaya Dik Basma Dayanımı

| Numune No. | Çap (mm) | Uzunluk (mm) | Alan (cm <sup>2</sup> ) | Kırılma (kg) | Yükü (kg) | Basma Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------|----------|--------------|-------------------------|--------------|-----------|--------------------------------------|
| 1          | 29.4     | 54.21        | 6.78                    | 2500         | 516       | 516                                  |
| 2          | 29.4     | 53.10        | 6.78                    | 3250         | 479       | 479                                  |
| 3          | 29.4     | 60.02        | 6.78                    | 2450         | 361       | 361                                  |
| 4          | 29.4     | 55.62        | 6.78                    | 3100         | 457       | 457                                  |
| 5          | 29.4     | 58.45        | 6.78                    | 3700         | 546       | 546                                  |
| 6          | 29.4     | 56.24        | 6.78                    | 3950         | 583       | 583                                  |

Ortalama Basma Dayanımı = 490 kg/cm<sup>2</sup>

EK - 3 OCAKTAN GETİRİLEN SCHWARZ VE SCHMIDT TİPİ SÜRTÜNME Lİ  
DEMİR DİREKLERİNİN PRESS ALTINDA YÜK-GÖMÜLME  
ÖZELLİKLERİ

| Sürtünmeli<br>Direk Tipi | Direk<br>No. | Sıkılama Yüğü<br>(ton) | Aldığı Maksimum<br>Yük (ton) |
|--------------------------|--------------|------------------------|------------------------------|
| Schwarz                  | 1            | 2.5                    | 11.0                         |
|                          |              | 4.0                    | 12.5                         |
|                          | 2            | 3.0                    | 7.0                          |
|                          |              | 3.5                    | 12.0                         |
|                          | 3            | 2.5                    | 13.0                         |
|                          | 4            | 2.5                    | 10.8                         |
|                          |              | 4.0                    | 6.5                          |
|                          | 5            | 2.5                    | 13.6                         |
|                          | 6            | 4.5                    | 19.0                         |
|                          | 7            | 2.5                    | 10.0                         |
|                          | 5.0          | 10.5                   |                              |
| Schmidt                  | 8            | 3.0                    | 12.5                         |
|                          | 9            | 5.0                    | 27.0                         |
|                          | 10           | 3.0                    | 14.8                         |
|                          | 11           | 0                      | 24.3                         |
|                          |              | 4.5                    | 40.1                         |
|                          | 12           | 0                      | 26.7                         |
|                          |              | 1.2                    | 34.1                         |
|                          |              | 4.5                    | 42.4                         |

EK - 3 OCAKTAN GETİRİLEN SCHWARZ VE SCHMIDT TIPI SÜRTÜNMELİ  
DEMİR DİREKLERİNİN PRESS ALTINDA YÜK-GÖMÜLME  
ÖZELLİKLERİ

| Sürtünmeli<br>Direk Tipi | Direk<br>No. | Sıkılama Yüğü<br>(ton) | Aldığı Maksimum<br>Yük (ton) |
|--------------------------|--------------|------------------------|------------------------------|
| Schwarz                  | 1            | 2.5                    | 11.0                         |
|                          |              | 4.0                    | 12.5                         |
|                          | 2            | 3.0                    | 7.0                          |
|                          |              | 3.5                    | 12.0                         |
|                          | 3            | 2.5                    | 13.0                         |
|                          | 4            | 2.5                    | 10.8                         |
|                          |              | 4.0                    | 6.5                          |
|                          | 5            | 2.5                    | 13.6                         |
|                          | 6            | 4.5                    | 19.0                         |
|                          | 7            | 2.5                    | 10.0                         |
|                          | 5.0          | 10.5                   |                              |
| Schmidt                  | 8            | 3.0                    | 12.5                         |
|                          | 9            | 5.0                    | 27.0                         |
|                          | 10           | 3.0                    | 14.8                         |
|                          | 11           | 0                      | 24.3                         |
|                          |              | 4.5                    | 40.1                         |
|                          | 12           | 0                      | 26.7                         |
|                          |              | 1.2                    | 34.1                         |
|                          |              | 4.5                    | 42.4                         |