

Maden İşletme ve Kaya Mekaniği
Mining and Rock Mechanics

KOZLU UZUNMEHMET-1 KUYUSU TAMİR VE DERİNLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

REPAIRING AND DEEPENING WORK OF KOZLU UZUNMEHMET-1 SHAFT

**Ayhan BAYHAN, Suat ÖLMEZ ve Őükriye ARSLAN, T.T.K Kozlu Müessesesi,
67600 Zonguldak**

ÖZET

Kozlu Yeni kuyu (skip) -840 m üretim seviyesine kadar derinleştirilmiştir. Diğer taraftan Uzunmehmet-1 kuyusu (kafes) 50 seneden daha fazla süredir kullanılması nedeniyle üretim seviyesi -425 m'de kalmış ve kuyunun -200 ile kuyu başı arasında kalan kısmında sapma meydana geldiğinden kuyunun tamiri ve derinleştirilmesi zorunlu olmuştur. Bu amaçla Uzunmehmet-1 kuyusunun tamir ve derinleştirme çalışmaları Kasım 2000 tarihinde başlamış ve bu yıl sonuna doğru -800 m seviyesine ulaşılacaktır. Bu bildiriye, Uzunmehmet-1 kuyusu tamir ve derinleştirme çalışmaları detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

ABSTRACT

The new shaft (skip) at the Kozlu Colliery has been sunk to the -840 m level. On the other hand the Uzunmehmet-1 shaft (cage) has been used for more than 50 years. Since the production level could reach only -425 m and the upper part was inclined between -200 m and the top of the shaft repairing and deepening became essential. For this purpose project has been executed since November 2000 and will be reaching -800 m level by the end of this year. This paper describes of the Uzunmehmet-1 shaft repairing and deepening work in detail.

1. GİRİŞ

Uzunmehmet-1 No'lu kuyu tamir ve derinleştirme işi havzada ilk kez uygulaması yapılan bir projedir.

Bu proje ile Müesseseye en az 30 yıl daha üretim yapma imkanı sağlanacaktır. Ayrıca daha önce açılan ve -840 m katına hizmet verecek olan Kozlu Yeni Kuyu ile birlikte ülkenin en derin kuyuları olacaktır (Şekil 1).

Proje hazırlıkları uzun süreden beri devam eden ancak çeşitli nedenlerle birkaç kez askıya alınmak durumunda kalan Uzunmehmet-1 kuyusu, Çin'de yerleşik CODCO firmasına ihale ile verilmiş ve kuyu onarım ve kazı çalışmaları fiilen 20 Kasım 2000 tarihinde başlamıştır. Projenin 1020 iş gününde tamamlanması beklenmektedir.

-Yeni açılacak bir kuyu için kaynak temini güçlüğü,

-Açık kuyu boyu,

-Karo yerleşim planına uygunluğu,

-Yeni açılacak kuyuda da Uzunmehmet-1 kuyusunda yaşanan kayma olayının benzeri oluşacağı vb. nedenlerle bahsedilen kuyunun derinleştirilmesine karar verilmiştir.

2. TARİHÇE

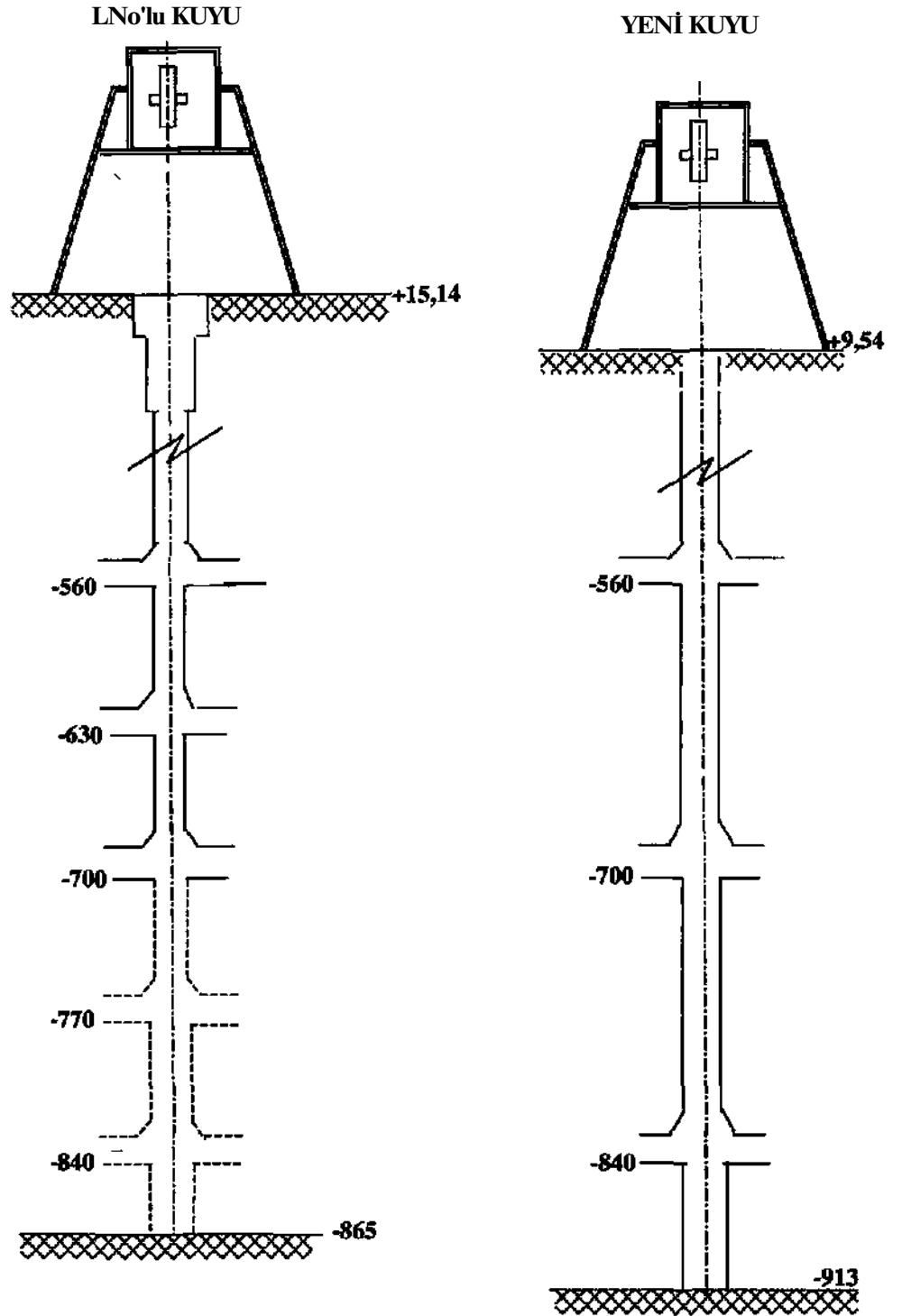
Füzyon Kanunu ile devlet ocakları, şahıs ve şirketlerden alınarak Ereğli Kömürleri İşletmesine devredilmiştir. Bu kanun çerçevesinde E.K.İ tarafından 1 Mayıs 1943 tarihinde ilk olarak mevcut tesislerden azami fayda sağlamak, diğer taraftan da mevcut küçük ve eksik tesisler yerine, büyük kapasitede randımanlı tesisler kurmak, maliyeti düşürmek, üretimi iki katına çıkarmak, İş güvenliğini iyileştirmek ve rasyonel çalışmak amacıyla bir Amenajman Avan Projesi hazırlanmıştır.

Söz konusu proje kapsamında Kozlu bölgesine 6.5 m faydalı çapta açılacak iki adet kuyudan biri olan Uzunmehmet-1 no'lu kuyu 25.01.1944 tarihinde yapılan sözleşme ile Alman firmasına verilmiştir.

Ancak Almanlar ile siyasi ilişkilerin kesilmesi yüzünden firma kuyu açma işine başlayamamıştır. Bu durum karşısında kuyu kazı çalışmaları için istihsal grup müdürü maden mühendisi Sayın Hakkı Kök, elektro- mekanik işlerine de elektrik mühendisi Sayın Nezihe önyay görevlendirilmiştir.

Uzunmehmet-1 kuyusunun kazılmasına 07-04-1945'te başlanılmış, 13-06-1948 yılında 38 ayda tamamlanmıştır. Kuyu derinleştikçe, elemanların deneyimi artmış, bu arada uygun pirim sistemi uygulandığından ilerleme hızı artmıştır. Kuyu başlangıç kotu +14.35 m olup toplam 608.61 m kazı yapılmıştır. Buna göre dip kotu -594.26 m dir. Projede 625 m kuyu sürülmesi planlanmış ancak kullanılan halatın her üç ayda bir uç kesimi nedeni ile kısalması kuyuda 608.6 m'den fazla ilerleme yapılmasına İmkan vermemiştir.

Kuyu kazı çalışmaları tamamlandıktan sonra proje grubu uygulamaya yönelik teorik ve pratik bilgileri içeren bir rapor hazırlamış ve özet olarak aşağıda yer alan önerilerde bulunmuştur.



Şekil 1. Kozlu Uzunmehmet-1 no'lu ve Yeni Kuyu geometrisi.

- Kuyu kazı işi bir uzmanlık işidir, dolayısıyla titiz, bilgili ve deneyimli personele ihtiyaç vardır.
- Pilot sondajın mutlaka kuyu dışında yapılması gerektiği halde sorun yaratmıştır.
- Eksik makine ve teçhizat mutlaka tamamlanmalıdır.
- Yüksek mahmuz yapmamak.
- Merkez şakülü çok iyi korumak.
- Her türlü sürprizlere karşı hazırlıklı olmak.
- İşin mutlaka ihale yoluyla yapılması.

3. ONARIM VE DERİNLEŞTİRME HAZIRLIK ÖNCESİ ÇALIŞMALARI

Kuyu teçhizatı yaklaşık 400 ton ağırlığında olup gemi ile Zonguldak limanına getirilmiştir. Tahliye çalışmaları üç günde tamamlanmış ve teçhizat daha önce hazırlanan Kozlu karo sahasına taşınmıştır. Firmanın kullanımı için atölye, kompresör, soyunma-giyinme ve idare binaları kısa sürede inşa edilmiştir.

3.1 Kuyu İçi ve Kule Söküm Çalışmaları

Güney kafesi oksijen kaynağı ile parçalanıp hurdaya atılmış, kuzey kafesi ile -425 katından itibaren tüm konsol, kayıt ve muazlar oksijen kaynağı ile kesilerek kuyu basma çıkartılmıştır. Bu çalışma bir ayda tamamlanmıştır. Mevcut kule sökümü resim de görüleceği gibi büyük parçalar halinde kesilerek hurda sahasına taşınmıştır (8 günde).

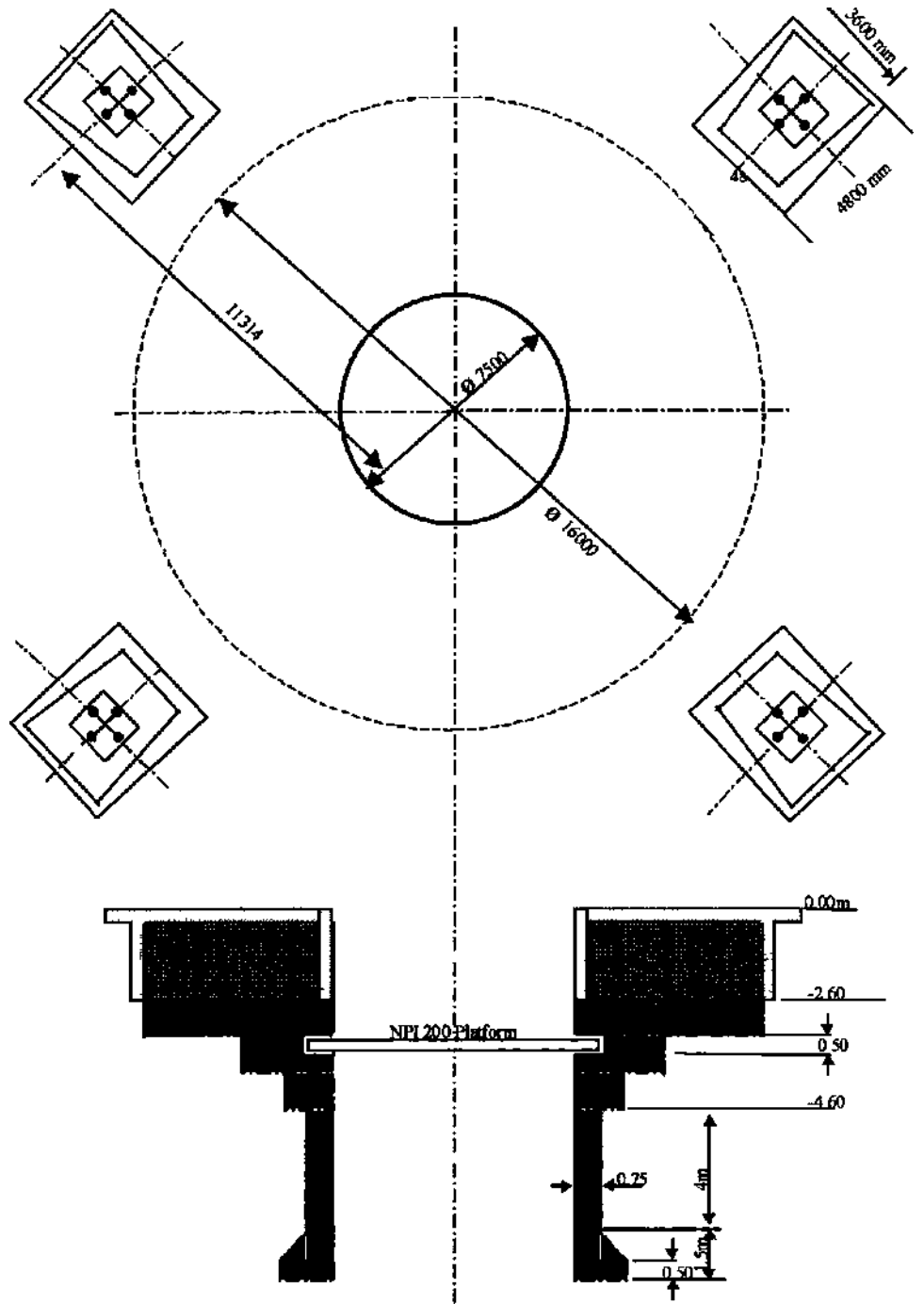
3.2 Yaka ve Kuyu Kazı Kule Ayakları Beton

Kule sökümü sonrası mevcut olan yaka betonu kırılarak postası alındı. Kayma olayı gözlenmeyen - 212 / -425 kotları arasında göre daha önce tespiti yapılan yeni merkez etrafında, 16 m çapında 3.60 m yüksekliğinde yeni yaka betonu için kazı yapıldı. Bu açıklığa 0.5 m kalınlığında 3.60 m yüksekliğinde tuğla duvar örüldü. Bu duvar dışında 90° aralıklarla dört adet, kule ayakları için 4.80 m x 3.60 m ebadında, 3.60 m derinliğinde kazı yapıp demirli beton döküldü. Kesik koni şeklindeki betonun üst alanı 1.10 m x 1.10m'dir. Her bir kule ayak betonunun hacmi yaklaşık olarak 33 m³'dür.

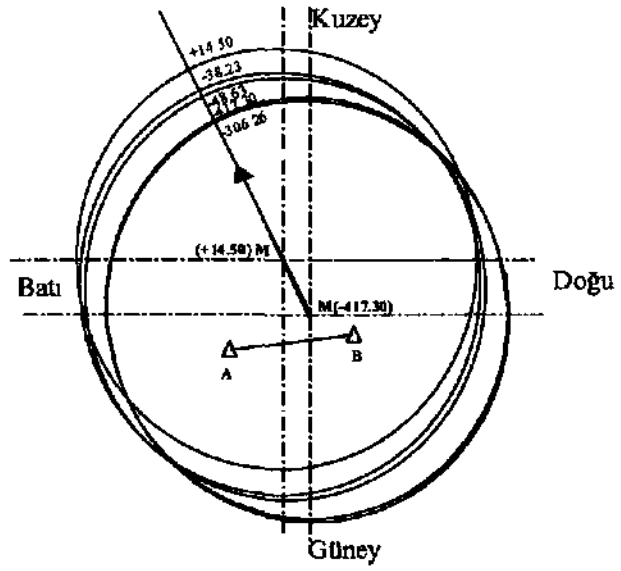
4. KUYU KAYMASININ GİDERİLMESİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Kozlu kuyularının açıldığı sahada -200 m derinliğe kadar inen kuzeye doğru bir arazi kayması bulunmaktadır. Öncelikle kaymanın tespiti için kuyu başından -425 katma kadar iki adet şakul indirilerek yaklaşık her 5 m' de bir Doğu-Batı, Kuzey-Güney yönlerinde ölçümler yapılmış, Şekil 3.'de görüleceği gibi en fazla 1.5 m' yi bulan kaymalar tespit edilmiştir. -425 katı esas kabul edilerek alınan merkez, kuyu başına taşınmıştır. Son 50 yılda meydana gelen bu kaymanın ileriki yıllarda da devam edeceği varsayılarak kuyu başından itibaren;

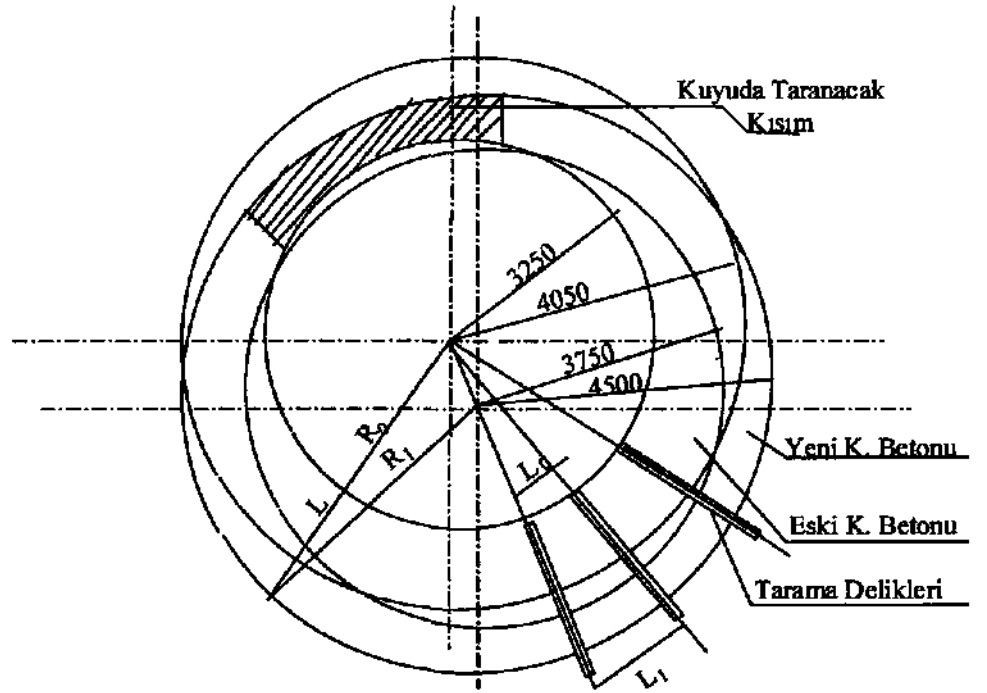
84.5 m.....7.5 m iç çapta,
145.5 m.....7.0 m iç çapta,
taranarak yeni demirli beton ile tahkim edilmiştir (Şekil.4).



Şekil 2. Yaka betonu.



Şekil 3. 1 No* lu Kuyunun kayma durumu.



Şekil 4. Tarama delikleri şeması (7.5 m^θ).

5. YÜRÜYEN KAZI PLATFORMU İLE İLGİLİ YAŞANAN SORUN VE ÇÖZÜMÜ İÇİN YAPILAN ÇALIŞMALAR

Kuyuda 7.5 m iç çapta tarama çalışmaları sırasında yürüyen platform, mahmuz postasının ağırlığı nedeniyle kuyu cidarı betonunu kırmış ve kuyu içine kaçmıştır (-30m seviyesinde). Bu platform, 120 mm çapında 9 adet piston ile kuyu cidarına tutunmaktadır. Aşağı hareketi, flanşmobile bağlı halat ile sağlanmakta, yağım atımı ve posta alımı sırasında bu bağlantı yukarı çekilmektedir.

Yürüyen platformun aşağı kaçması sonucu bu tür hareketlerin tekrarına izin vermemek için hiç vakit kaybedilmeden kuyunun, Balkayası lavvuvar atıkları ile doldurulması kararlaştırılmıştır. Daha önce insetlerde yapılan duvarlar, kuyu cidarından 8 m geri çekilerek sağlamlaştırılmıştır. Kuyu doldurma çalışması, 15 kamyon ve 1 ekskavatör ile 3 günde tamamlanmıştır.

Kuyu tarama çalışmalarına tekrar başlanmış bu arada kuyu içi dolgu malzemesinde 2 m kadar oturma olmuş, bundan bir hafta sonra 10-12 m' lık tekrar bu- oturma meydana gelmiştir.

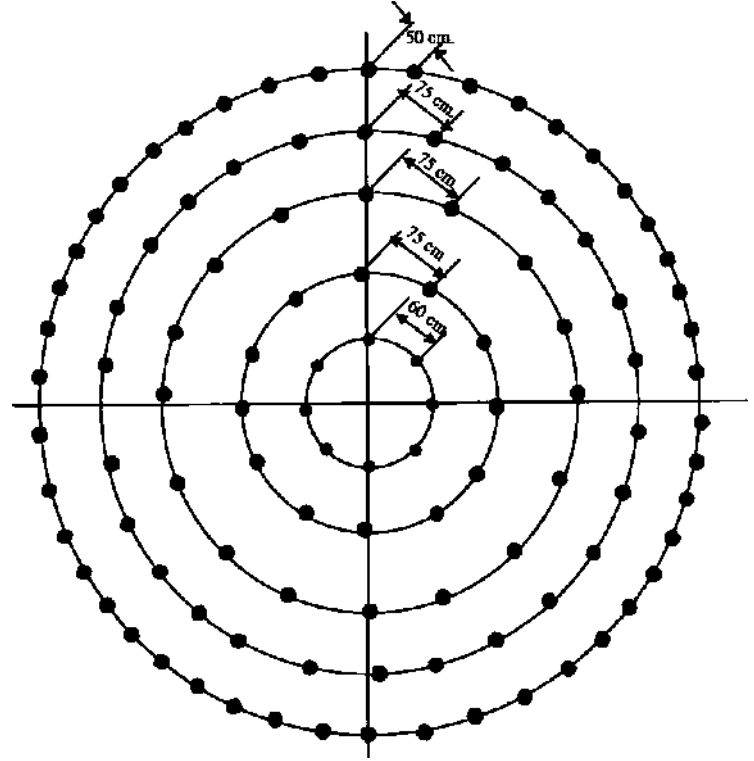
6. KUYU DERİNLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

Kuyu derinleştirme çalışmalarında delme patlatma sistemi kullanılmaktadır (Şekil 5 ve 6). Kuyuda, aynı anda 6 adet delik delebilen şemsiye tipi delici kullanılmaktadır. Delik delme ve patlatma parametreleri Çizelge 1. de verilmiştir.

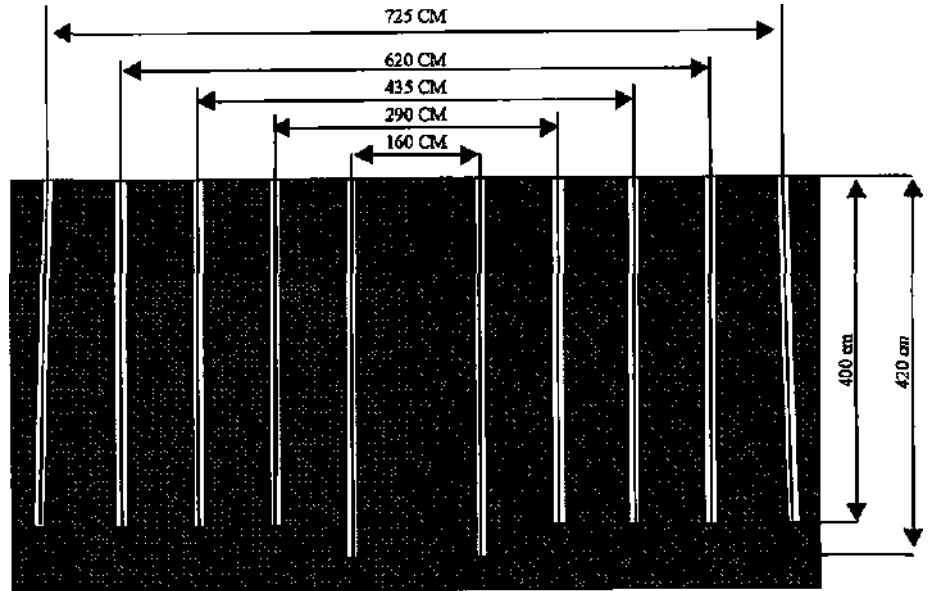
Çizelge 1. Delik delme ve patlatma parametreleri

KONU \ SIRA NO	1	2	3	4	5	TOPLAM
Her sıradaki delik sayısı (Ad)	8	12	18	25	46	109
Patlatma deliklerinin boyları (m)	4,2	4	4	4	4	437,6
Şarj boyu (m)	2,7	2	2	2	1,5	200,6
Şan Miktarı (kg/delik)	2,7	2	2	2	1,5	
Patlatma delik açısı	90	90	90	90	87	
Her btr sıranın çapı (m)	1,8	2,9	4,35	6	7,25	
Toplam Şan Miktarı (kg)	21,6	24	36	50	69	200,6
Her delik arasındaki uzaklık(cm)	60	75	75	75	50	
Patlatma sırası	1	2	3	4	5	
Bağlama Şekli	Sen					

Kuyu tabanına beş sıra toplam 109 delik delinerek ateşleme yapılmaktadır. 32-40 mm çapında 400 mm boyunda Emulite tip dinamit kullanılmaktadır. Patlatma sonrası açığa çıkan posta 3 veya 4 m³ lük tek kova ile alınmaktadır. Postanın doldurulması, döner başlıklı 0.4 m³ lük tek kaktüs kepçe ile yapılmaktadır Kazı açıklığı minimum 0.75 m



Şekil 5. Kuyu kazı delik düzeni planı.



Şekil 6. Kuyu kazı delik düzeni kesiti.

olarak alınmaktadır. Formasyon özelliğine göre beton boyu 2.15 m ile 3.60 m arasında değişmektedir.

Kuyu kazı sırasında çalışmalarını engelleyecek ciddi bir su geliri ile karşılaşılmamıştır. Zaman, zaman kuyu cidarlarından gelen sızıntılar, kalsiyum silikat katılan çimento enjeksiyonu yapılmak suretiyle önlenmiştir. Bu arada ciddi miktarda su içerdiği bilinen Damlar Fayı, -700'erde geçileceği hesaplanmış ve önceden gerekli önlemler alınmaya başlanmıştır.

6.1 Tahkimat

Her beton dökümü öncesi çift sıra demir örülmektedir. Ön sıra demirler kalıptan 5 cm, arka sıra demirler 70 cm içerdedir. Kullanılan yatay demirler 26 mm, düşey demirler 14 mm çapında ve nervürlü tiptedirler. Kuyu tamamlandığında yaklaşık 550 ton demir kullanılmış olacaktır.

Kuyuda C 25 sınıfı hazır beton kullanılmaktadır. Ancak dayanıklılığı düşük olan formasyonda C 35 sınıfı beton kullanılmaktadır. Her beton dökümünde üç adet kübik numune alınmakta ve basma dayanımları testi İçin Karaelmas Üniversitesine gönderilmektedir.

7. İNSETLERİN İNŞAASI

insetlerde, kazı sonrası açılan yüzeye geçici tahkimat olarak çelik hasır ve kaya saplamaları kullanılmakta ve üzerleri 5 cm kalınlığında püskürtme beton ile kaplanmaktadır. Daha sonra çift sıra demirler örülüp betonu dökülerek kalıcı tahkimatı tamamlanmaktadır.

8. MALİYET

Kuyu onarım ve derinleştirme maliyeti Çizelge 2.'de görüleceği gibi \$ 7 329 201 'dir.

Çizelge 2. İşin tamamlanma süresi ve firmaya ödenecek tutar.

İŞİN TANIMI	TAMAMLANMA SURESİ (Gün)	MİKTAR (m)	BİRİM FİYAT (\$)	TUTAR (\$)
7.5 m, iç çapta kuyu tarama ve tahk. Yapılması.	124	84.5	16888	1427036
7.0 m iç çapta kuyu tarama ve tahk.. yapılması.	50	1420	7320	1039440
Derinleştirilecek kısmın Kazı ve tank.. Bedeli		226.0	6320	1407980
Insetler				2616521
Kuyu içi kısmı onarım	61			508 832
Kuyu içi söküm	30			279403
Kule sokumu	8			49989
TOPLAM				7 329 201

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kozlu kömür damarları derinlere inildikçe eğimleri artmaktadır. Bu durum kuyu nakliyatını zorunlu kılmaktadır. Aynı zamanda kuyular, maden ocağının üretim kapasitesini belirlemede başrolü oynar. Geçmiş tarihlerde Uzunmehmet-1 ve 2 nolu kuyular uzun süre birlikte çalışmışlar ve 1958-1991 tarihleri arasında müessese 33 yıl kesintisiz üretimini 5000 ton/gün tüvenan üzerinde gerçekleştirmiştir.

Uzunmehmet-1 no'lu kuyunun -595 kotuna kadar açılmış olmasına karşılık, tamburlu vinç olması ve -560 katına hizmet veremeyeceği düşüncesi ile buranın İnseti zamanında açılmamıştır. Ne yazık ki somadan da açılma imkânı bulunamamıştır. -425 katı altına varagel ile inildikten sonra müessesede üretimde ve uzun vadeli planlamada sorunlar yaşanmaya başlanmıştır.

Havzada geçtiğimiz yıllarda kuyu derinleştirme çalışmaları gündeme gelmiş, ancak uygulama olanağı bulunamamıştır. Bu bakımdan Uzunmehmet-1 Kuyusu onarım ve derinleştirme projesi havzada ilk kez uygulama olanağı bulunmuş bir projedir.

Projenin tamamlanmasından sonra -425 ve -560'dan itibaren -840 katına kadar her kata hizmet verebilecektir. Kuyu ilk etapta -630 ve -700 katlarına çalışacaktır. Kuyunun hizmete alınmasından 3-4 yıl sonra müessese kendi üretim kapasitesine tekrar kavuşmuş olacak ve en az bir 30 yıl daha sorunsuz kömür üretimi gerçekleştirilebilecektir.

10. KAYNAKLAR

Hu, Chuamd. (2001) Kişisel görüşme. China Coal Overseas Development Corp, Kozlu.

Kozlu 1 no'lu kuyu hakkında rapor, 1948 (200 sayfa).

T.T.K Proje Grubu Raporları, (2001) Uzunmehmet-1 kuyusu onarım ve derinleştirme çalışmaları.

KOEPE İHRAÇ SİSTEMİNDE HALAT KAYMA RİSKİ VE KOZLU YENİ KUYU'DAKİ OLAYIN İNCELENMESİ

RISK OF ROPE SLIPPAGE IN THE KOEPE (FRICTION) HOISTING SYSTEM AND A CASE STUDY INVOLVING THE KOZLU NEW SHAFT

Nuri Ali AKÇIN, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Müh. Fak., 67 100 Zonguldak*
Şinasi ESKİKAYA, *UV Maden Fakültesi, Maden Muh. Bol, 80626 İstanbul*

ÖZET

Bu bildiride; öncelikle Koepe ihraç sistemi çeşitli yönleri ile tanıtılmıştır. İkinci olarak, bu sistemdeki halat kayma riski irdelenmiş ve kayma riskine karşı alınabilecek önlemler belirtilmiştir. Üçüncü olarak, TTK Kozlu Müessesesi'ndeki Yeni Kuyu ihraç sisteminin karakteristik özellikleri ve çalışma yöntemi verilmiştir. Son olarak da, bu kuyuda 20 Ocak 2001 tarihinde meydana gelen halat kayma olayı detaylı olarak incelenmiş ve meydana gelen hasarın boyutları tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu olay sonucunda kuyudan yapılan ihraç işlemi 9 ay süreyle kesintiye uğramış ve meydana gelen hasarın onarımı için 800 Milyar TL civarında harcama yapılmıştır.

ABSTRACT

In this paper, firstly, the Koepe (friction) hoisting system is introduced with its various aspects. Secondly, the risk of rope slippage in this system is studied and the measures against slippage risk are presented. Thirdly, the characteristic features and operation method of the hoisting system are given for the New Shaft of TTK's Kozlu Colliery. Finally, the rope slippage incident that occurred on Jan 20, 2001, has been investigated in detail and the extent of the damage has been estimated. As a result of this incident, the hoisting system was interrupted for a period of nine months and about 800 cillion T.L. were spent to repair the damage.

1. GİRİŞ

Maden işletmelerinde derinlik arttıkça, özellikle 300 m'den sonra; ekonomik bir ihraç sisteminin seçimi önem kazanmaktadır. Belirli bir derinlik ve ihraç kapasitesi için ilk yatırım ile işletme giderleri daha az olan bir tesisin kurtulması esastır, ihraç sistemi seçimi ve güvenli bir şekilde işletilmesi bir mühendisin yapabileceği en önemli tasarımlardan birisidir.

Günümüzde yeraltından kömür ve cevher çıkartılmasında iki farklı ihraç sistemi vardır. Bunları; işleyiş biçimi ve karakteristik özelliklerine göre alt gruplara da ayırmak olanaklıdır:

1. Tamburlu sistemler
 - a) Tambur sayısına göre
 - b) Halat sayısına göre
2. Koepe Sistemi
 - a) Halat sayısına göre
 - b) Makaranın/ tamburun bulunduğu konuma göre

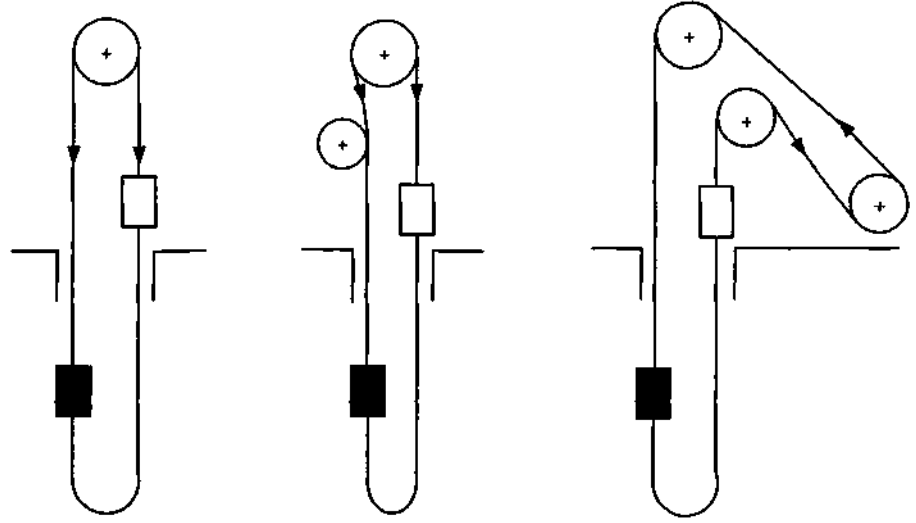
Koepe sistemi, bugün için derin kuyularda çok halatlı şekilde yaygın olarak uygulanmaktadır. Zonguldak Havzası'nda halen 4 kuyuda bu sistemle ihraç yapılmaktadır ve yakın gelecekte hizmete sokulacak kuyuların da bu sistemle donatılması planlanılmaktadır. Koepe sisteminde nadir de olsa halat kayma riski vardır. Bu çalışmada; halat kayma riski çeşitli yönleri ile alınıp, 20.01.2001 tarihinde Kozlu Yeni Kuyu'da meydana gelen halat kayma olayı irdelenecektir.

2. KOEPE (SÜRTÜNMELİ) İHRAÇ SİSTEMİ

Belçikalı mühendis Lemielle 1862 yılında halatların bir tambura sarılıp çözülmesi yerine, halatın bir makaraya belirli bir açıyla sarılması ve halat ile makara arasındaki sürtünmenin etkisiyle bir ihraç sisteminin çalışabileceğini ileriye sürmüştür. Bu tarihten 15 yıl sonra 1877 yılında Carl Friedrich Koepe (1835-1922), daha sonra kendi adıyla anılan Koepe ihraç sistemini Hannover Kömür İşletmesi'nde I Nolu Kuyu'da uygulamaya koymuştur. Koepe sisteminde, bir halatın tambura sarılması ve çözülmesi yenne, halat ile makara arasındaki sürtünmenin etkisiyle hareket sağlanmaktadır. Bu surlunmeli sistem "**Koepe Sistemi**" olarak bilinmektedir (Güney, 1964; Drako, 2002, Elevator World, 2002; T-online, 2002).

C. F. Koepe, 1 Ağustos 1877'de yaptığı patent başvurusunda bu sistemin dört temel üzerinde oluştuğunu belirtmiştir. Bunlar;

- sistemin hareketinin halatla, makara üzerindeki halat yuvası arasındaki sürtünmenin etkisiyle sağlandığını ve bu şekilde ne kadar kuvvet aktarıldığının hesaplanabilmesi,
- sistemin çalışma emniyetinin yüksek,
- ihraç donanımının daha basit,
- ihraç sisteminin maliyetinin daha düşük olmasıdır.



a) Makara Kulede

b) Makara Kulede
Saptırma Makaralı

c) Makara Zeminde

Şekil 1. Koepe ihraç Sistemi

Geliştirmiş olduğu bağıntılar kendisinden yıllar sonra bile kuyu ihraç sistemlerinin tasarımında kullanılmaktadır.

Bu sistemde hareket; Koepe makarası ile halat arasındaki sürtünmeyle sağlandığına göre halat kollar arasındaki gerilme farkının oldukça küçük olması gerekir. Eytshvien Kuramı'na göre makara döndüğünde halatın kaymaması için

$$F_1 \leq F_2 \cdot e^{\mu\alpha} \quad (1)$$

koşulunun sağlanması gerekir .Burada;

F_1 = yükselen halattaki (dolu taşıyıcı tarafındaki) gerilme, kN

F_2 = alçalan halattaki (boş taşıyıcı tarafındaki) gerilme, kN

α = halatın sarılma açısı (radyan olarak),

μ = halatla, halat yuvası arasındaki sürtünme katsayısı'dır.

Bu sistemde, halatın kaymaması için belirli bir F_2 değerinin sağlanması gereklidir ve bu da denge halatı kullanılarak sağlanabilir (Şekil 1.). Derinlik arttıkça halat kütlesi de göreceli olarak arttığı için F_2 büyür ve kayma riski en aza iner.

Denge halatının kütlesi, kuyunun derinliğine bağlı olarak taşıyıcı halatların kütlesinden % 5-20 daha ağır veya % 20-50 daha hafif olabilir (M. Güney, 1964; Khadzhikov & Butakov, 1988). Ağır denge halatları, özellikle derin kuyularda ihraç işleminin başlangıcında max (pik) tork ve pik güç ihtiyacını azaltır. Ancak, bir seferde çıkartılacak faydalı yükün azalmasına da yol açar. Hafif denge halatı ise efektif güç

ihtiyacını artırır. En yaygın uygulama taşıyıcı halatlarla, denge halatlarının kütlelerinin eşit ($q=p$) olmasıdır. Genelde denge halatı sayısı taşıyıcı halatların sayısından azdır. Örneğin; 4 adet taşıyıcı halatı olan bir sistemde 2 adet denge halatı bulunabilir.

3. KOEPE SİSTEMİNDE HALAT KAYMA RİSKİ

3.1 Genel

Koepe sisteminde kayma anında F_j 'in max değeri aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$F_1 = F_2 e^{\mu\alpha} \quad (2)$$

Buradan da;

$$F_1 - F_2 \leq F_2 (e^{\mu\alpha} - 1) \quad (3)$$

Yazılabilir. Statik durumda

$$F_1 - F_2 = Q_f \quad (4)$$

Yazılabilir. Burada Q_f taşıyıcının içindeki faydalı yüküdür. Emniyetli bir taşıma için

$$Q_f = F_2 (e^{\mu\alpha} - 1) \quad (5)$$

olmalıdır.

Minimum kayma riskinin oluşturulmasında genel bir kural olarak, faydalı yükün Q_f , dolu taşıyıcının bulunduğu taraftaki halata asılı toplam statik yükün % 30'nu geçmemesi istenilir (Khadzhikov & Butakov, 1988; Ramlu, 1996). Örneğin; asılı statik yük 46 ton olduğunda faydalı yük 15 tonu geçmemelidir.

Statik durumda kayma olmaması için makara/tambur çevresine gelen kuvvetler arasında aşağıdaki ilişkinin sağlanması gerekir.

$$F_{1max} - F_{2max} \leq F_{2max} (e^{\mu\alpha} - 1) \quad (6)$$

Buradan da kaymaya karşı olan emniyet katsayısı k_{ss} , bulunabilir.

$$k_{ss} \geq (F_{2max} (e^{\mu\alpha} - 1)) / (F_{1max} - F_{2max}) > 1 \quad (7)$$

$k_{ss} > 2,0$ olması önerilmektedir (Khadzhikov & Butakov, 1988).

Kaymaya karşı olan emniyet katsayısının artırılması için;

- sarılma açısı büyütülebilir,
- sürtünme katsayısı büyütülebilir,
- boş taşıyıcı tarafındaki F_2 büyütülebilir.

Sarıma açısı, Koepe makarası veya çok halatlı sistemde Koepe tamburunun bulunduğu yere göre değişik değerlerde oluşabilir. Kuleye yerleştirilen tiplerde 225° ve hatta bazı özel önlemlerle 270° 'ye kadar çıkartılabilir (Şekil 1.). Bu durumda sürtünme kuvvetlerinde 180° 'lik sarılma açısına göre yaklaşık % 90'lık bir artış sağlanır. Zemine monte edilen makara veya tamburlarda bu değer 180°-190° arasında değişir.

Sürtünme katsayısı; halat yapısına, halat baskı basıncı, halat yapımında öze emdirilen yağın özelliklerine, çevre sıcaklığına, halat yuvası malzemesine, yuvanın yiv şekline ve çalışma ortamına bağlıdır. Halat yuvası; ahşap, ser hayvan derisi, lastik bant, balata, alüminyum ve poliüretan kaplanabilir. Poliüretan kaplama yaygın olarak kullanılmaktadır. Sürtünme katsayısının değeri, halat yağına bağlı olarak 0,70'e kadar çıkabilmektedir. Ancak, tasarım yapılırken yönetmelikler gereği sürtünme katsayısının değeri 0,20 ile 0,25 arasında alınabilir.

Kayma riskini azaltmanın en kolay yolu alçalan halattaki gerilmeyi F2, büyütme. Bu nedenle sisteme denge halatı takılması en basit yoldur. Ayrıca, kafes sisteminde ölü kütleler daha fazla olduğu için özellikle sığ derinliklerde kafes sistemiyle ihraç yapılan Koepe sistemi, skip sistemiyle ihraç yapılanlardan daha emniyetlidir.

Koepe sisteminde; hızlanma ve yavaşlama periyotlarındaki ivme değerleri de kayma riskini oluşturur. Bu nedenle ivme değerlerinin 1,0 m/s² 'yi geçmesi istenmez. Uygulanacak ivme değerleri halat kollarındaki statik yüklere göre tayin edilir.

3.2 Halat Kayması ve Alınabilecek Önlemler

Koepe sisteminde nadiren de olsa halat kayabilir ve bunun sonucunda; kulede, makara veya tamburda, moletlerde, taşıyıcılarda (kafes veya skipte), fren mekanizmasında, tahrik sisteminde ve kuyu içindeki gidajlar ile muazlarda hasar meydana getirir. Taşıyıcı halatlarla denge halatları da zarar görür ve değiştirilmeleri gerekir. Ayrıca, kuyudan yapılan ihraç işlemi belirli bir süre kesintiye uğrar. Koepe sisteminde önceden belirlenmesi zor olan ve aşağıda sıralanan koşullarda halat, halat yuvasından kayabilir (Ramlu, 1996). Tambur kilitli iken yani frenlenmişken kayma bir kez başlayınca durdurulması neredeyse olanaksızdır. Kayma anında halatla yuva arasındaki sürtünme katsayısı % 50 oranında azalır. Bunun sonucunda, halat buzda kayan araba örneğinde olduğu gibi kontrol dışı çıkar ve kendiliğinden duruncaya veya taşıyıcılar bir yere çarpıncaya kadar harekete devam eder. Böyle bir durumda yapılabilecek hiçbir şey yoktur.

Koepe sisteminde halat kaymasına yol açan nedenler aşağıda sıralanmıştır:

- Taşıyıcılara, yük hücrelerindeki arıza veya başka bir nedenle tasarım değerinin çok üstünde aşın bir yükleme yapıldığında,
- Taşıyıcı halatların uygun yağlanmaması ve/veya aşırı yağlanması durumunda,
- Taşıyıcı halatların ıslanması ve bunun sonucunda uygun olmayan halat yağının akıcı hale gelip sürtünme katsayısını azaltması halinde,
- Halat kollarındaki yüklerin dengelenmesinde aşın bir dengesizlik oluştuğunda,

- e) inmekte olan taşıyıcının gıdajlara veya başka bir yere takılması sonucu taşıyıcı halatların gevşemesi durumunda.

Kayma için yukarıda sayılan nedenlerden bir tanesi yeterli olabilir veya bazen de birkaç koşul bir arada oluşabilir. Koepe ihraç sistemi kurulurken bunlara karşı önlem almak ve kayma başlangıcını tespit etmek olanaklıdır.

Halat kaymasını belirleyen en yeni metot manyetik halat izleyicidir. Halat, kulenin içine yerleştirilen cihaz içinden geçerken akış hızı izlenerek kayma olup olmadığı belirlenmektedir ve farklılık varsa sistemin hızı otomatik olarak yavaşlatılmaktadır.

Koepe tamburu ile moletlerin dönüş hızları bir takeometre ile izlenmekte ve dönüş hızları arasında % 10 oranında bir farklılık olduğu zaman sistemin hızı otomatik olarak 1 m/s civarına düşürülmektedir. Bu düzenlemeden sonra sistem 1-2 periyot bu şekilde çalışmakta ve daha sonra normal çalışma düzenine geçmektedir.

Taşıyıcıların pozisyonları ile tambur/makara üzerindeki derinlik göstergeleri arasındaki fark bir metal sensörü ile izlenerek kayma olup olmadığı tespit edilebilmektedir. Eğer, kayma başlamışsa ikaz sistemi devreye girmektedir.

Skiplerin yükleme işlemi yük hücreleri ile kontrol edilmekte ve aşırı yük nedeniyle oluşabilecek kayma tehlikesi en aza indirilmektedir. Değişen koşullara göre faydalı yükün her seferinde yeniden belirlenmesi olanaklıdır.

Koepe sisteminde kullanılan çelik halatların lif özlerinde bulunması önerilen yağ Nyrosten N113 tipi bir yağdır ve halatlar bu yağ yardımıyla içten yağlanır. Bu yağın temel özellikleri aşağıda verilmiştir (Drumet, 2002);

Gorunumu	: Yapışkan, yeşil renkli katı
Kırılma sıcaklığı	• - 30 °C
Akma sıcaklığı	. + 90 °C
Tutuşma sıcaklığı	: 220 °C
Viskozite	: 122 mm ² /s
Kullanılma yeri	: Koepe ihraç sistemi halatlarında

Aşırı nem ve yağış olması muhtemel bir kayma riskini artırabilir. Bunun için, kuleye bir nem izleme monitörü yerleştirilir, nem artınca yük hücreleri devreye sokularak yük ayarlaması yapılır. Yük her seferinde yeniden düzenlenir (resenkronizasyon yapılır)(Ramlu, 1996).

4 . KOZLU YENİ KUYUDA HALAT KAYMASI OLAYI

4.1 Kozlu Yeni Kuyu

Kozlu Taşkömürü işletme Müessesesi'nde üretim çalışmaları -425 katının altına inmeye başlayınca I ve II No'lu Uzun Mehmet Kuyuları yetersiz kalmaya başlamıştır. Keza, kuyular eksenlerinden önemli ölçüde sapmış ve daha alt kotlara hizmet

verebilmeleri için derinleştirilmeleri gerekmiştir. Bunun üzerine daha derin katlardan üretim yapmak ve havalandırmayı iyileştirmek için yeni bir kuyunun açılmasına karar verilmiştir. Yeni açılacak kuyunun -560, -700, ve -840 katlarından skiple ihraç yapacak şekilde 4 halatlı Koepe sistemiyle donatılması öngörülmüştür.

Kazısı 1970'li yılların sonunda başlayan kuyu 1990'lı yılların başında hizmete alınmış ancak, Kozlu Müessesesi'nde meydana gelen grizu patlaması nedeniyle 1996 yılında yeniden çalışır hale getirilmiştir. Sistem halen; +9,00 ve -560 kotları arasında insan ve bazı malzemelerin taşınmasında ve +16,94 (silo üstü) ile -588,30 kotları (yer altı doldurma silosu) arasında kömür taşınmasında kullanılmaktadır (Şekil 2.).

4.2 Sisteme Ait Bazı Özellikler

Kozlu Yeni Kuyu'da kurulu olan 4 halatlı Koepe ve iki ayaklı çelik kuleli Koepe ihraç sisteminin tasarımı olduğu şekliyle orijinal özelliklerinin bazıları aşağıda verilmiştir (MAN GHH, 1988).

Skip:

Skip sayısı	2 adet
Orijinal skip hacmi	11 m ³
Halen kullanılan skip hacmi	9,4 m ³
Tam dolu iken taşıma kapasitesi	13,2 ton

Halatlar :

Ust (ana) halatlar :

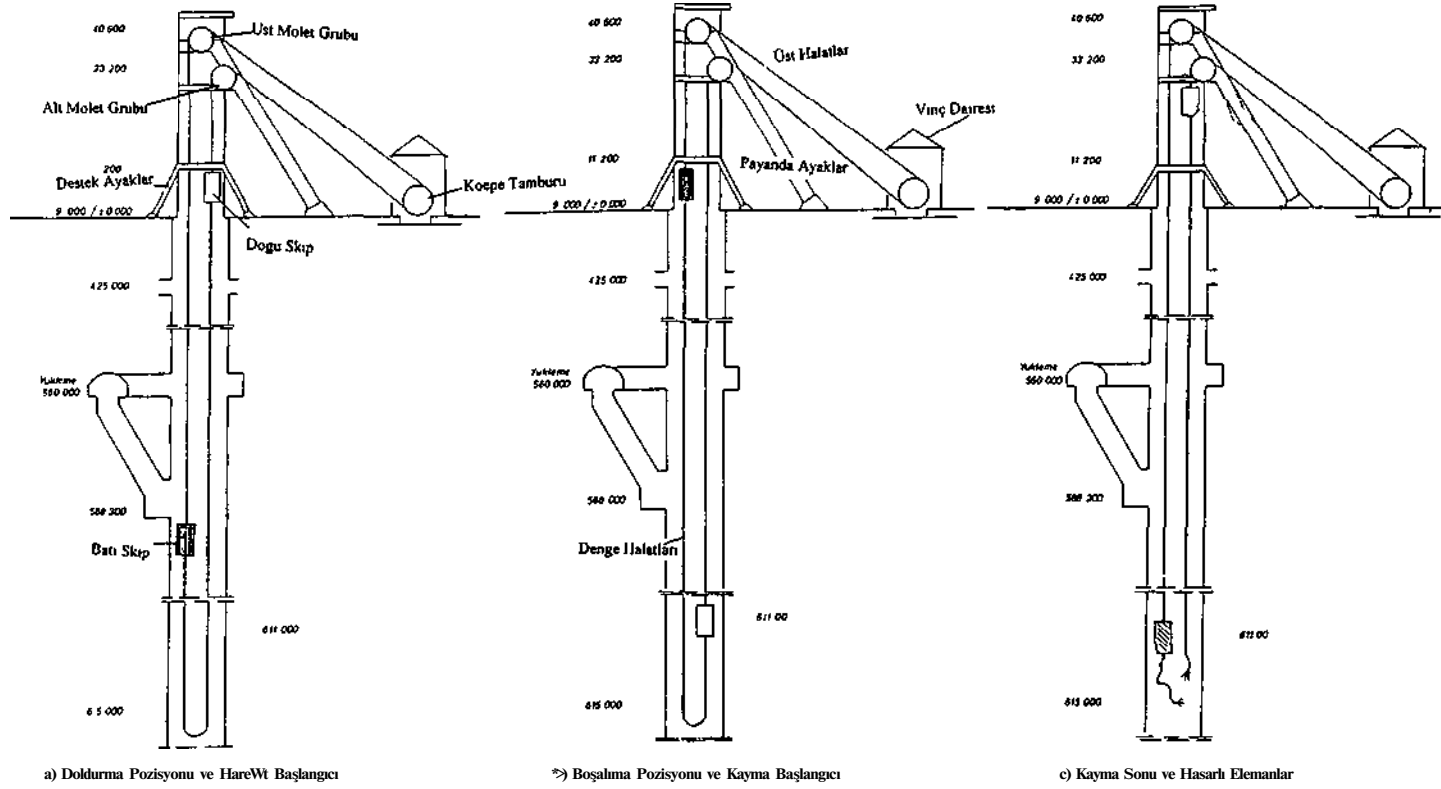
Halat sayısı	4 adet (2'si s/Z, 2'si z/S)
Anma çapı	36 mm
Tipi	Warrington-Seale, Çapraz (s/Z veya z/S)
Öz	Lif Özlü
Yağ tipi	Nyrosten N113
Halat emniyet katsayısı	>7
Halat boyu	4x780 m (-560 katı için)
Yapımcı	Thyssen (orijinal ilk halatlar)

Denge halatları :

Halat sayısı	2 adet
Anma çapı	51 mm
Tipi	6x19+30x6 Lif Özlü
Yağ tipi	N113+A 19/200
Halat uzunluğu	2x670 m (-560 katı için)

KoeDe Makarası (Tamburu) :

Çapı	3,24 m
Genişliği	1,20 m
Dönüş hızı	86 dev./dak.
Max. Hız	14,4 m/sn
Hızlanma ivmesi	1,0 m/s ²
Yavaşlama ivmesi	0,9 m/s ²
Halat sarılma açısı (a)	189° (3,298 radyan)



Şekil 2 Kozlu Yeni Kuyu'nun genel görünümü ve halat kayması sonucu meydana gelen hasar

Halat yuvası malzemesi	: Tekoplast Astar Balata (kalınlığı 80 mm)
Halat-yuva sürtünme katsayısı (μ)	: 0,25 (Tüzüğün öngördüğü proje değeri)
e^{α} değeri	: 2,28
Molet çapı	: 4,02 m
Molet sayısı	: 8 adet (4 alt-4 üst)
Motor gücü	: 2300 kW
Motor Amperi:	
Nominal akım	: 823 V (DC) / 2985 A
	: 842 V (DC) / 3430 A
Aşın yük (pik) akım değeri	: 5970 A
Aşın yüklenme faktörü (y)	: 2 (5970 / 2985)
Teorik ihraç kapasitesi	: 656 ton/h
Saatteki ihraç sayısı	: 49,7 sefer/h
Net hareket süresi	: 57,4 s
Bir tam periyot süresi	: 72,4 s
Manevra süresi (teorik olarak)	: 15 s

İvme Sınırlamaları

Yüklü iken asılı halde halat kayma sınırı	$a_1 = 1,92 \text{ m/s}^2$
Yüklü iken kalkışta halat kayma sınırı	$a_2 = 4,52 \text{ m/s}^2$
Yüksüz halde kalkışta halat kayma sınırı	$a_3 = 3,21 \text{ m/s}^2$

Normal Çalışma Koşullarında hızlanma ve yavaşlama ivmeleri

Kalkışta hızlanma ivmesi	$a_1 = 1,0 \text{ m/s}^2$
Durma anında yavaşlama ivmesi	$a_3 = 0,9 \text{ m/s}^2$

4.3 Kayma Olayının Meydana Gelişi

20.01.2001 Cumartesi günü 08-16 vardiyasında Kozlu Yeni Kuyu'da olağan kömür ihraç çalışmalanna başlanmıştır. Skiple 13 kez kömür alındıktan sonra 14. seferde skibin tartı silosuna, -560 katındaki tumbanın altındaki silodan kömür doldurulurken ara cebin kapağına bir taş parçası sıkışmıştır. Bunun sonucunda da skibin tartı silosuna ayarlanan değerin (9 tona ayarlı) biraz üzerinde kömür yüklenmiştir. Kalkıştan 2-3 m sonra alternatif akım yol vericisi açmıştır. Bunun üzerine kuyuda çalışan ekip aşın yüklemenin çok fazla olmadığına kanaat getirmiş ve yol vericinin akım değerini 10 ton'luk yüke göre ayarlayarak (9 ton için 400 A - 10 ton için 440 A) vinci harekete geçirmişlerdir.

Kontrollü bir şekilde ve düşük hızla (yaklaşık 5-6 m/s, sistemin max hızı 14,4 m/s'dir) yukarıya doğru çekilmekte olan skip, boşaltma platformuna 70 m kala, sistemin otomatik kumandasına geçmiş ve çok düşük bir yavaşlama ivmesiyle yükselmeye devam etmiştir. Boşaltma silosuna 4m kala da 0,5 m/s gibi düşük bir hızla yaklaşmış ve boşaltma platformunda bulunan "s" 'e girememiştir.

Skibin boşaltılabilmesi için "s" 'e girmesi ve gövdesi alttan ileriye doğru ötelenirken alttaki kapağın açılması gerekir. Bu durumda sistem zorlanmamış ve dolu skip "s" 'in 3-

4 m altına indirilip frenler indirilmiş ve sistem kapatılmıştır. Bu işlemi yaptıktan kısa bir süre sonra halatlar tek tık sesleri vererek kilitli olan Koepe tamburu üzerinden kaymaya başlamıştır. Dolu olan batı skip hızla aşağıya doğru harekete geçmiş ve bir müddet sonra sistemin çalışma prensibi gereği olarak aynı halatların diğer ucuna bağlı olan boş durumdaki doğu skip kulenin içinde hızla yükselmiş ve kule üzerindeki molet koruyucuların altındaki platforma çarparak durmuştur. Çarpma sonucunda patlamaya benzer çok büyük bir gürültü duyulmuş ve boş skip kulenin tepesine asılı kalmıştır (Şekil.2.). Bunun sonucunda; kulede hasar meydana gelmiş, alt molet grubu hasar görmüş, her iki skip kullanılamaz derecede deforme olmuş, denge halatları kuyu içine kaçan dolu skibin altından kesilmiş, tambur üzerindeki halat yuvaları ile halatlar önemli ölçüde aşınmış, kulenin tepesindeki ve kuyu dibindeki ahşap kayıtlarla tümüyle hasar görmüştür. Bu görünür ve tespit edilebilen hasarların dışında; kule tepesindeki üst molet grubunda ve tahrik sisteminde bazı hasarların olması da muhtemeldir. Olayda can kaybı olmamıştır. Olay nedeniyle; bu kuyudan yapılan ihraç işlemi belirli bir süre kesintiye uğramıştır.

4.4 Kayma Olayının Nedenleri

Bu kaymaya neden olan etkenler tek tek analiz edilerek, hangi etkenin veya etkenlerin bu olaya sebep olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Olay, mahkemeye intikal ettirildikten sonra TTK ve Çelik Halat ve Tel Sanayii A.Ş.'nin talebiyle Zonguldak 2. Asliye Hukuk Mahkemesi'nce tayin edilen iki ayrı bilirkişi heyeti incelemeleri sonucunda aşağı yukarı benzer sonuçlara ulaşmışlardır.

a) Aşırı Yüklenme Olasılığı

20.01.2001 tarihinde 14. seferde ara cep kapağında taş sıkışması nedeniyle skip tartı silosunun ayarlı olduğu 9 tondan biraz fazla kömür yüklenmiştir. Kapaktaki sıkışma fark edilince valf elle kumanda edilerek kapatılmıştır. Yüklenen miktar dijital olarak görülemediği için tartı silosunun içindeki kömür seviyesinden (silonun tabanındaki çizgilere bakılarak) belirlenmektedir. Kalkıştan sonra 400 A'de açan yol verici 440 A çıkartıldıktan sonra tekrar açmadığına göre skibe 10 ton civarında bir yükleme yapıldığı kabul edilmiştir. Dolayısıyla, halat kayma nedeni aşırı yüklenme olamaz. Zira, aşırı yük skibin tasarım değeri olan 13,2 tonun üzerindeki yüküdür. Daha önce belirtilen 189 °lik sarılma açısı α ve 0,25'lik sürtünme katsayısı μ ile sistemin aşırı yükten kayabileceği maksimum yük 34,4 ton'dur. Bu statik durumda bile kayma emniyet katsayısı $k_s > 34,4/13,2 = 2,6$ 'dır. Skip tümüyle doldurulsa bile 13,2 ton kömürü aldığına göre kayma nedeninin yük olmadığı açıktır.

b) Üst Halatların Yağlanması

Sistemde kullanılan 36 mm çaplı Warrington - Seale tipi lif özlü halatların özünde kullanılması önerilen yağ Nyrosten 113 tipi yağdır. Kozlu Yeni Kuyu'da ilk kullanılan halatlar Thyssen Draht A.G. (Alman) Firması yapımıdır. Bu halatlar, grizu kaza sonrası ocağa su doldurulması nedeniyle fazla kullanılmamıştır. İlk halat değişimi 1996 yılında yapılmıştır. Çelik Halat ve Tel Sanayi A.Ş. tarafından imal edilen bu halatlar 3 yıl boyunca kullanılmış ve herhangi bir kayma olayı ile veya başka bir sorunla karşılaşılmamıştır.

Bu halatların değişimi için Mayıs 1999 tarihinde ihaleye çıkılmış ve şartnamede, halatlardaki kendir öze Nyrosten N1 13 tipi yağ emdirilmiş olması ibaresi yer almıştır. Halatlar 06.09.2000 tarihinde değiştirilmiştir. Bu dönemde sisteme takılan 4 halat da çapraz sağ (s/Z) dolamlıdır. Halat boyları ayarlanmış ve mikrometre ile yuk düzenlemeleri yapılmıştır. Zaman zaman da uç kesimleri yapılarak yük dengelemesi sağlanmıştır.

Gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra, ilk ihraç denemesinde, skip silosundan skibe 9 ton yükleme yapılmış ve ilk denemede skibin 1,0-1,5 m kadar aşağıya kaydığı gözlenmiştir. Gerekli ayarlamalar yapılarak çalışmalara devam edilmiş ve benzer kaymaların zaman zaman olduğu, hatta yağışlı havalarda arttığı gözlenmiştir. Bu tür kaymalarda sistemin ayarları bozulmaktadır.

Belirli bir süre sonra, halatlardaki yağın daha önceki halatlardaki yağlara benzemediği tüm tamburun, fren sisteminin, vinç dairesinin, vinç dairesi dış duvarının ve kuledeki tüm yüzeylerin bu halatlardan sıçrayan yağ zerrelere ile kirlendiği gözlenmiştir. Önceki halatların yağı halat yuvasında çok sert yapışkan ve reçinems bir görüntüde iken bu seferki halat yağının plastik davranışlı (gres yapısında) olduğu görülmüştür. Tambur üzerindeki ve halat yuvasındaki yağlar daha önce özel torna ile temizlenirken, bu seferki yağın elle bile temizlenebildiği fark edilmiştir.

Halat kaymasının yağdan olabildiğine kanaat getirilince; bu durumun önlenmesi ve yerinde tetkik yapılması için ilgili firmadan eleman talep edilmiştir. Bunun üzerine 19.01.2001 tarihinde firma yetkilileri Yeni Kuyu'ya gelerek incelemeler yapmışlar ve kullanılan halatlar ile bir önce değiştirilen halatlardan 1'er m'lik halat parçaları almışlardır. Ayrıca; firmanın uzmanı kaymayı önlemek için reçine kullanılmasını önermiş ve beraberinde getirdiği bir miktar granule reçine yetkililere vermiştir. Aksi bir tesadüf, bir sonraki gün de olay meydana gelmiştir.

Tüm bunlar; lif özde bulunması gereken yağın, Nyrosten N113 tipi yağdan farklı özelliklerde olduğu ve aranan niteliklere uygun olmadığı gibi bir sonuç ortaya çıkmaktadır. Bu durumun halat örnekleri ile yağ üzerinde yapılacak testlerle tespit edilmesi olanaklıdır. Eski ve yeni halat parçaları ile bunların yağlarından iki takım numune alınmıştır. Bir takım numune ilgili mahkemede bir takım numune de mahkemenin onayıyla Karaelmas Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Maden Mekanizasyonu ve Teknolojisi Anabilimdalı'nda saklanmaktadır.

c) Nem ve Yağmurun Etkisi

Aşın nem veya yağış, muhtemel bir kaymayı arttıracak bir etki yapabilir. Daha önceki halatlarda yağın viskozitesinin uygun olması dolayısıyla herhangi bir sorun teşkil etmeyen nem ve yağışın yeni halatların kaymasında rol oynadığı tespit edilmiştir. Açık tip bir kule olduğu için nem ve yağmur halattan etkilenmiş ve lif özdeki uygun olmayan yağ suyun etkisiyle akmış ve sürtünme katsayısını azaltmıştır. Olayın meydana geldiği saatlerde Zonguldak'ta yağmur yağmıştır. Dünyada, açık tip bir kule ile ihraç yapılan yüzlerce Koepe sistemi mevcuttur ve bugüne önemli bir halat kayma olayı rapor edilmemiştir. Yağmur yağdığı meteoroloji raporuyla da sabittir.

d) Yük Hücrelerinin Devre Dışı Kalma Olasılığı

Olay günü, tartı silosu yük hücrelerinde bir arıza tespit edilmemiştir. Ancak, bir miktar fazla yükleme yapılmıştır. Keza, bu miktarda kayma sınırları içindedir. Tartı silosuna ne kadar malzeme yükleneceği; yük hücreleri yardımıyla ayarlandıktan sonra ayar sistemi başkalarının ulaşamayacağı şekilde kilitlenmektedir. Dolayısıyla aşırı yükleme (13,2 ton'un üzerinde) yükleme söz konusu değildir.

e) İnmekte Olan Taşıyıcının Takılmasıyla Halatların Gevşeme Olasılığı

inen veya çıkan taşıyıcıların gıdalara veya herhangi bir yere takılmaları da söz konusu değildir. Her iki taşıyıcı da üç yanından makaralar yardımıyla metal gıdajlar boyunca güvenli bir şekilde inip çıkabilmektedir. Metal gıdajlarda kazadan sonra bile herhangi bir hasar veya eksiklik tespit edilememiştir.

f) Operatör ve Kullanım Hatası Olasılığı

Sistemi kullanan operatör, montaj işlemlerinden beri bu kuyuda çalışmaktadır. Olay anında sistemin işleyişi ile ilgili tüm gerekleri yerine getirmiştir. Sistemde oluşan sorunu anında ilgili ve yetkililere aktarmıştır. 20.01.2001 tarihinde kuyudan yapılan ihraç işlemlerine ait bilgiler bilgisayarın belleğinde mevcuttur. Hızlanma ve yavaşlama periyotları bilgisayar kontrollü olarak otomatik yapıldığı için operatörün yapabileceği fazlaca bir şey de yoktur.

4.5 Olay Sonucu Oluşan Hasar

Halat kayması ile meydana gelen olayın sonucunda oluşan hasan görünür ve muhtemel hasarlar olmak üzere iki kategoride ele alınmıştır.

4.5.1 Görünür Hasarlar

Bu hasarlar kulede ve kuyu içerisinde yapılan gözlem ve ölçmeler sonucunda tespit edilmiştir.

1. Kuledeki hasar : Kulenin batı tarafında bulunan her iki destek ayağı saplamaları (4'er adet) kesilmiştir. Bunun sonucu kule bir miktar yerinden oynamıştır. Kulenin iki payanda ayağı orta noktalarından 7-8 cm kadar her iki yönde (s) çizerek eğrilmiştir. Ayrıca, her iki ayağın birer saplamaları kesilmiştir. Kulenin üst kısmına hızla çarpan doğu skip boşaltma "s"inde hasar meydana getirmiştir. Alt molet grubunun altında olan molet koruma platformu tümüyle hasar görmüş ve kule bağlantılarından yırtılarak ayrılmıştır.

2. Skipler : Kulenin tepesine çarpan doğu skip ve kuyu dibine düşen batı skip önemli derecede hasar görmüştür. Gıdaj makaraları yerinden kopmuştur.

3. Gıdajlar ve Muazlar (Krişler) : Kuyu dibindeki ve kulenin içindeki ahşap gıdajlar tamamen parçalanmıştır ve tümüyle değiştirilmeleri gerekir. Metal gıdajlarda önemli bir hasar yoktur. Ancak, denge halatlarının dönüm noktalarında bulunan 500'lük putrel

skibin çarpmasıyla hasar görmüştür. Çarpma sırasında denge halatları kesilmiş ve putrelin kuyu cidarına gömüldüğü noktalarda kuyu betonu zedelenmiştir.

4. Denge halatları : Her iki denge halatı da kuyu dibine kaçan kafesin 1 m altından kesilmiştir. Kesilmenin darbe ve makaslama sonucu olduğu tespit edilmiştir. Denge halatlarının koşum tertibatları da olaydan hasar görmüş olup değiştirilmesi gerekir.

5. Taşıyıcı halatlar : 4 adet üst halat, bunların koşum takımları ve yük ayar düzenleri kullanılamaz derecede hasar görmüştür. Aşırı sürtünme nedeniyle halatların çapları küçülmüştür. Tümünüyle değiştirilmesi gerekir.

6. Alt molet gurubu : Kulenin tepesine vuran boş skibin koşum tertibatları moletlerin üstüne kadar tırmanmıştır, bu nedenle 4 adet molet, molet mili ve yataklarının değiştirilmesi gerekir.

7. Halat yuvaları : Koepe tamburu kilitli iken halatlar kaymaya başladığı için halat yuvaları aşın derecede aşınmış ve halatlar yuvarının içine 35-40 mm kadar gömülmüştür.

4.5.2 Muhtemel Hasarlar

Olaydan sonra sistem kilitli halde bulunduğu ve çalıştırılmadığı için bazı elemanlarda meydana gelen hasarları belirlemek o an için mümkün olamamıştır. Bu elemanlarda hasar olup olmadığı ancak, sistem çalıştırılarak ve uzman kişiler tarafından yapılacak bazı ölçüm ve testler sonucunda belirlenebilir

Hasar Görmesi Muhtemel Elemanlar:

1. Üst molet gurubu
2. Koepe tamburu ve mih
3. Tahnk motoru ve fren sistemi
4. Sistemle ilgili ayar düzenekleri ve ayarların yeniden yapılması
5. Kuyu içindeki kayıt ve muazlar

4.6 Hasarın Tahmini Mali Boyutu

Sistemde oluşan hasarların giderilmesi ve tamir edilmesi için bazı parçaların yurt içinden ve bazı parçaların da yurtdışından temin edilmesi gereklidir. Yurt dışından temin edilecek parçaların birim fiyatları için 1998 yılında sistem kurulurken gerçekleşen alış fiyatları üzerinden DM (Alman Markı) olarak belirlenmiştir. Görünür ve muhtemel hasarların tahmini maliyeti aşağıda verilmiştir (TTK, 2002).

Görünür Hasar Maliyeti

Tutarı (TD)

A) Yurt içinden

Skiplerin onarımı ve montajı	14 760 000 000
Kuledeki hasarın onarımı	52 180.000.000
Ahşap kayıtlar	2.000 000.000

68.940.000.000

B) Yurtdışından		182.075.100.000
Alt molet gurubu	195 700 DM	
Üst halat ve alt halat koşumları komple	182 000 DM	
Halatlar 4x785m, 36 mm ust halat	176.000 DM	
2x670m, 51 mm denge halatı		
Tambur halat yuvalan, 1 takım	10 000 DM	
Toplam	563 700 DM	

Muhtemel Hasar Maliyeti **71.286.100.100**

Ust molet gurubu komple	195 700 DM
Koepe tamburu yataklan	25.000 DM
Toplam	220.700 DM

(19 Ocak 2001 Tanhılı Resmi Dovız Kuru 1 DM = 323.000 TL'dır)

Genel Toplam **322.301.200.000**

4.7 Kozlu Yeni Kuyu Fiili Onarım Maliyeti

Yeni kuyunun onanm çalışmalarına Şubat 2001'de başlanmış ve Kasım 2001'de tamamlanmıştır. Bu bağlamda kule ayaklan yeniden ankrajlanmış, skipler tamir edilmiş, kule ayakları manto ile kaplanmış, üst halatlar ve denge halatları değiştirilmiş, kayıtlar ve yuvalan değiştirilmiştir. Yurtdışından alınması gereken birçok donanım daha önceden elde bulunan mevcut yedek parça stokundan sağlanmıştır. Sadece taşıyıcı halatlarla denge halatları yurtdışından alınmıştır. Alınan halatların standartlara uygun olup olmadığı TSE'de test ettirilmiştir. Sistemin onarımı tamamlandıktan sonra bir Alman uzman tarafından tüm testlerden geçirilmiş ve güvenli olarak işletilebileceği belgelendikten sonra yeniden çalıştırılmaya başlanmıştır. Tüm bu işlemler için yapılan harcamalar ve işçilik+personel giderleri aşağıda verilmiştir.

	TUTARI (TL)
1. Malzeme Giderleri	521.804.325.615
1.1 Ambardan kullanılan malzemeler	7.388.440.820
1.2 TTK atolyelennde imal edilen malzemeler	171 883.505 534
1.3 Yurtdışından temin edilen malzemeler	103.408.119.534
Ust halatlar 4x820m, 96 200 DM	
Denge halatları 2x670m, 81.600 DM	
1.4 Yurtdışından alınması gereken, ancak mevcut stoktan kullanılan malzemeler	233.744 259.720
Taşıyıcı halatların dinamometreli bağlantı parçaları 96.000 EURO	
Denge halatlarının bağlantı parçaları v.d. 61.000 EURO	
Tambur halat yuvalan 15.492 DM	
2. Personel Giderleri	217.521.933.113
2.1 Teknik Personel	
Proje grubu, onanm gurubu, denetim grubu	36 027.239.200

2.2 işçilik Giderleri	181.494.693.913
Toplam 3 806 yevmiye	
3. Enerji Giderleri	1.242.596.565
4. Kurum Dışından Sağlanan Hizmetler	51.710.212.477
4.1 Ana halatların ve denge halatlarının TSE test giderleri	7.300.000.000
4.2 Kule saplamlarının yerleştirilmesi	2.720.000.000
4.3 Montajda kullanılan vinç kirası	11.500.000.000
4.4 Teknik hizmet alımı sistem onarıldıktan sonra Alman uzman denetiminde yapılan test çalışmaları 21.301,05 EURO (2.10 2001 tarihli döviz satış kuru : 1 EURO = 1.417.311. TL'dir)	30.190.212.477
5. Muhtelif Harcamalar (kurum içi)	4.636.483.000
Nakliye + Vinç Kira Bedeli	
ONARIM MASRAFLARI TOPLAMI	796.915.550.770

Olay sonucunda; kuyudan yapılan ihraç işlemi kesintiye uğradığı için Kozlu Müessesesi nakliyat sistemini yeniden düzenlemek zorunda kalmıştır. Ana kuyudan yapılan günlük 1000 ton kömür ihracı 2 No'lu Uzun Mehmet kuyusuna kaydırılmış ve nakliyat mesafesi ile göreceli olarak nakliye masrafları artmıştır. Bunun; işçilik zaman kaybı, malzeme ve enerji tüketimi açısından ne kadarlık bir dolaylı maliyet getirdiğinin hesaplanması oldukça zordur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Koepe sisteminde nadir de olsa halat kayma olaylarıyla karşılaşabilmektedir. Kayma olayı sonucunda; kule düzeni ihraç makineleri, taşıyıcı ve denge halatları, gidaj sistemi ve kuyu içindeki diğer donanımlar hasar görmektedir.

Koepe sistemi tasarlanırken; kaymaya karşı önlem almak olanaklıdır. Yük kontrol sistemleri; nem kontrol cihazları, hız kontrol üniteleri ve resenkronizasyon sistemleriyle kayma riskini en aza indirmek olanaklıdır.

20.01.2001 tarihinde Kozlu Yeni Kuyu'da meydana gelen halat kayması olayı havzada bu boyutta rastlanılan ilk örnektir. Daha önceleri, Çatalağzı ve Armutçuk Kuyuları'nda kısmi kaymalar olmuş ancak, onlarda herhangi bir hasar oluşmamıştır. Mahkemece yapılan ilk tespitlerde 322 Milyar TL civarında bir hasarın olduğu öngörülmesine karşılık onarımdan sonra gerçekleşen fiili maliyet 796.915.550.770 TL olmuştur. Buradaki fark büyük oranda Şubat 2001 'deki mali kriz sonucu ortaya çıkan döviz kuru farkından ve ilk tespitler sırasında ön görülmeyen bazı kalemlerden kaynaklanmaktadır. Olay ayrıntılı olarak incelendiğinde; kayma olayına ana ihraç halatlarının lif özlerinde kullanılan yağın standartlara uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Ancak, bu durumun kesinlik kazanabilmesi için halatlardan alınan; halat parçaları ve lif özü yağının analiz edilmesi gerekir.

Havzada Koepe Sistemiyle ihraç yapılan 4 kuyu mevcuttur ve yeni yapılacak kuyularda Koepe sisteminin kullanılması planlanmaktadır. Bu nedenle; yeni sistemler

tasarımlanırken ve kurulurken aşağıdaki önerilerin göz önünde bulundurulmasında yarar vardır.

1. Skip silosuna yüklenen miktarların her seferinde dijital olarak tespit edilmesi ve buna göre eş zamanlı olarak diğer ayarların otomatik olarak yapılmasını sağlayacak düzenekler kurulmalıdır.
2. Koepe sisteminde kullanılacak halatların Teknik Şartnameleri diğer halatlarda ayrı olarak hazırlanmalı ve teslim alınması sırasında şartnamelere uygunluğu test edilmeli veya ettirilmelidir.
3. Koepe ihraç Sistemlerinin işleyişi ile ilgili özel bir yönerge hazırlanmalı ve kayma durumunda uygulanacak bir acil durum planlaması yazılmalıdır.
4. Sistemi kullanacak operatörlerin eğitimi daha dikkatli bir şekilde yapılmalıdır.
5. Yağış ve nem durumuna göre yük ayarlamaları otomatik olarak yapılmalıdır.
6. Çok halatlı Koepe Sistemi'nde kullanılacak halatların yansı bir tarafa, diğer yarısı diğer tarafa dolamh olması sağlanmalıdır. Örneğin, 4 halatlı bir sistemde; iki halatın çarpraz sağ dolamh s/Z ve diğer ikisinin de çarpraz sol dolamh z/S olması gibi.

KAYNAKLAR

Drako (2002) History of Carl Friedrich Koepe, <http://www.drako.de/en/Geschichte>

Drumet (2002) Types of lubricant applied in the wire rope factory, DRUMET S.A. Technological Information for Customers, <http://www.drumet.pl>

Elevator World, (2002) Friedrich Koepe-the mining industry makes possible the skyscraper elevator, <http://www.theelevatormuseum.Org/e-e-7.htm>

Güney, M. (1964) *Koepe İhraç Sistemi*, EKİ İnsan Gücü Eğitim Müdürlüğü Yayını: 10, 142s.

Khadzhikov R. Ve Butakov, S. (1988) *Mining Mechanical Engineering*, Mir Publishers Moscow 392p.

MAN **GHH** (1988) Works certificate for the mechanical equipment of TTK Kozlu New Shaft, MAN Gutehoffnungshüte GmbH, Werk Strekrade, 10p.

Ramlu, M. A. (1996) *Mine Hoisting*, A. A. Balkema / Rotterdam / Brookfield, 527p.

T-Online, (2002) Friedrich Koepe, <http://home.t-online.de/home/U.Pollmann/koepe>

TTK, (2002) Kozlu Yeni Kuyu onarım masrafları, TTK Etüd-Tesis daire Başkanlığı, Zonguldak

IMPROVEMENTS ON THE SHEARER DRUM PERFORMANCE AT ÇAYIRHAN "A" FIELD

ÇAYIRHAN "A" SAHASINDA KESİCİ YÜKLEYİCİ TAMBUR PERFORMANSLARININ İYİLEŞTİRİLMESİ

E. Mustafa EYYUBOĞLU, *Çankaya Üniversitesi, End. Müh. Böl, Ankara*
Yakup KAYGUSUZ, *Park Termik Elektrik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Ankara*
Michael ENSTE, *Kennametal Hertel GmbH & Co. KG, Germany* *
Naci BÖLÜKBAŞI, *ODTÜ, Maden Müh. Bölümü, Ankara*

ABSTRACT

"A" and "F" fields of Çayırhan Coal district have been operated by Park Termik Elektrik Sanayi ve Ticaret A.Ş. since the middle of 2000. A general rehabilitation work has been conducted through the mine including the shearer drums. For this purpose the drums in "A" field were replaced by new drums.

In this study, design specification of the new drums, results obtained and a comparison between old and new drums are presented. Important improvements have been achieved by new drums as compared to old drums.

ÖZET

Çayırhan kömür havzasındaki "A" ve "F" sahalarında kömür üretim çalışmaları 2000 yılı ortasından itibaren Park Termik Elektrik Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından yürütülmektedir. Ocak genelinde gerçekleştirilen rehabilitasyon çalışmaları ile beraber kesici yükleyicilerin tamburlarında da değişiklikler yapılmıştır. Bu amaçla "A" sahasında kullanılan tamburlar yeni tamburlarla değiştirilmiştir.

Bu çalışmada yeni tamburların özellikleri, uygulamadan elde edilen sonuçlar ve eski tamburlarla karşılaştırılması- verilmiştir. Yeni kesici tamburlar ile eski tamburlara göre önemli iyileştirmeler sağlanmıştır.

1. INTRODUCTION

Double drum shearers are the principle types of production machines used in longwall mining. The most important parts of shearers are the cutting drums through which machine power is transmitted to the coal being cut. Drums play an important role on the longwall output. On the other hand cutting drums also play an important role on the operation cost.

Çayırhan district, besides being the first mine in Turkey where underground mechanisation was applied, has become the most important coal and electricity production center.

In this paper, the improvements, which have been obtained by replacing existing drums with new drums, are explained. In "A" field, one of the production fields in Çayırhan district, production has been increased considerably, by using modified new shearer drums.

2. GENERAL DESCRIPTION OF ÇAYIRHAN COAL FIELD

Çayırhan Coal Field, situated 125 km North-West of Ankara, has a coal reserve of 410 Mt, of which 236 Mt are considered to be a mining reserve (Montan-Consulting GmbH, 1990; Walker, 1999). Two seams are being mined, which are separated by an intermediate rock layer of 0.5-1.5 m thickness. Where the intermediate rock layer is thicker than 0.8 m ("A"- "F" and "B" fields) two seams are extracted separately by simultaneous faces, on the other hand at "C" field where the intermediate rock layer is less than 0.8 m, the production is carried out as a single longwall face with a thickness of up to 5 m.

"A" and "F" fields where mechanised mining has been applied since 1986 by TKI were taken over by Park Termik in 2000. "B" and "C" fields were developed and mechanised by Park Termik in 1997 and 1999 respectively. The coal production is used to feed the power plant, which has a 620 MW capacity. Table 1 shows the main specification of the shearers used in Çayırhan district.

3. PROBLEMS ENCOUNTERED WITH OLD DRUMS IN "A" FIELD

After taking over "A" and "F" fields from TKI, rehabilitation works were conducted to increase coal production and efficiency. Rehabilitation of shearer drums was also considered. Since top coal in "A" field includes siliceous layers which create cutting difficulties, but no siliceous layers have been encountered in "F" field yet, it was decided to use new shearer drums in "A" field and modify only the shearer drums in "F" field.

The main problems experienced with old drums may be summarised as follows;

- a) It was necessary to refurbish the drums in "A" field with new pick boxes due to the wearing and breaking off the pick boxes at the welding points after 70,000-90,000 tons of coal production. This required dismantling and transportation of the drums to the surface for repair and back underground for reinstalling which was time consuming and

a costly process and also affecting the coal production adversely. The life of the drums could be increased to 135,000 tons by some modifications (Hekimoğlu and Tiryaki, 1997), but this increase was inadequate as compared to drum lives of 500,000-1,000,000 tons in "B" and "C" fields.

Table 1. Specification of shearers used in Çayırhan district.

	Eickhoff 200/230 (fields)	EDW L (A-F)	Eickhoff SL 300 (B Field)	Eickhoff SL 500 (C Field)
Total installed power (kW)	230		677.5 (300 kW for each drum)	1148 (500 kW for each drum)
Voltage (V)	1100		3300	3300
Drum dimension (mm)	1400x920		1400x950	2300x950
Cutting Dimension (min-max, mm)	1400-2410		1400-2600	2300-5090
Max. Travelling speed (m/min)	4.7		15.4	10.07
Cutting drum speed (rpm)	37		50	23
Weight (t)	26		30	66.5

b) The old drums were originally designed and manufactured nearly 17-18 years ago. New developments in drum design and manufacture recently (such as computer-aided drum design, employing heavy-duty pick boxes, wearing plates) can provide better drum performance and life.

c) Water sprays for dust suppression were home made and providing water in a jet instead of atomising water particles. Additionally, most of the sprays were supplying water to the shank of the picks instead of the tip. Their locations on the drum were also such that they could be easily damaged by the coal being cut.

d) The old drums required extensive welding work during refurbishing of drums with new pick boxes due to high rate of wear on the vanes.

e) Some problems encountered with the old drums were dealt with in previous studies (Hekimoğlu, 1991; Hekimoğlu and Tiryaki, 1997).

Table 2 shows the design specifications of the old drums used in "A" field.

Table 2. Design specification of the old drums.

Drum Dimension	1342x920
Total number of picks on the drum	60
Number of picks on the face ring	21
Maximum tilt angle of corner cutting	60
Number of starts	3
Total angle of wrap	240°

4. CHARACTERISTICS OF THE NEW DRUMS

New drums were designed and manufactured by Kennametal Hertel GmbH & Co. KG considering insufficiency of the old drums. Drum diameter has been increased to 1400 mm to have the same drum size as in "B" field. Some important drum characteristics are given below.

4.1. Modifications to Increase Drum Life

Higher efficiency in coal production can be achieved by increasing drum life. Drum life can be considered as the amount of production in tons during the period between two successive renewals of the pick boxes on the drum, by welding according to *the* design pattern at the surface. On the other hand, life-time of a drum can also be expressed as the amount of coal production in tons, achieved during the period between the first use of the drum and the time at which the drum can no more repaired and should be taken out of service due to very high rate of wearing of vanes and the drum barrel. Experience gained in "B" field shows that drums become out of service after producing about 4 Mt of coal. Drum life in this paper will indicate the coal production between two successive pick box renewals.

4.1.1. Pick Sleeves

Cutting picks can be placed into pick boxes using either fixed or changeable sleeves. Drum life is shorter with fixed sleeves since when they are worn out, they can be renewed only by taking the drum to the surface whereas changeable sleeves can be renewed in underground.

Changeable sleeves can be either loose or tight type. The application of loose sleeves at "B" and "C" fields did not give good results since fine dust was able to enter between pick box and sleeve and causing high rate of wear both on pick box and sleeve contact surfaces. To increase drum life and to decrease pick box and sleeve consumption it has been decided to use tight type sleeves together with heavy duty pick boxes for the new drums at "A" field. Figure 1 shows the type of pick box, tight sleeve and pick used on new drums.

4.1.2. Heavy Duty Pick Boxes

The old drums were equipped with light duty pick boxes, which were wearing and breaking in a short time especially at the face ring and decreasing the drum life. It has been decided to use heavy duty K178-BS type pick boxes for the new drums which have higher strength and greater available welding area providing a stronger weld area (Figures 1 and 8).



Figure 1. Pick box (1), tight sleeve (2), and pick (3).

4.1.3. Snaking Picks and Wear Plates to Protect Face Ring

Quick wear and breakage of cutting picks, sleeves and pick boxes at the face ring decreased the life of the old drums considerably. To protect the face ring, the face side of the new drums have been provided with six snaking U 47 picks and U 43 duty pick boxes, together with six 75x50x20 mm size TC (Tungsten Carbide) wearing plates. Figures 2 and 3 show the locations of the snaking picks and wear plates.

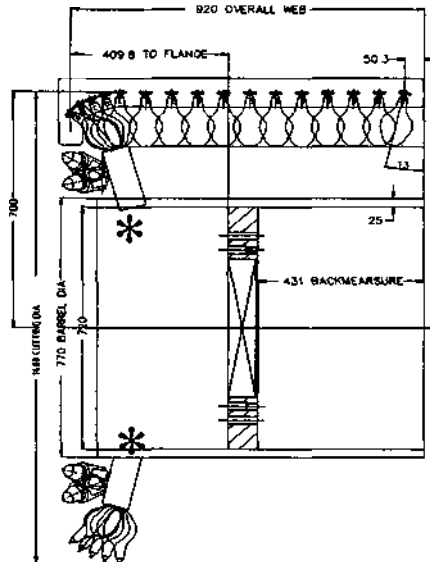


Figure 2. Locations of U47 pick.

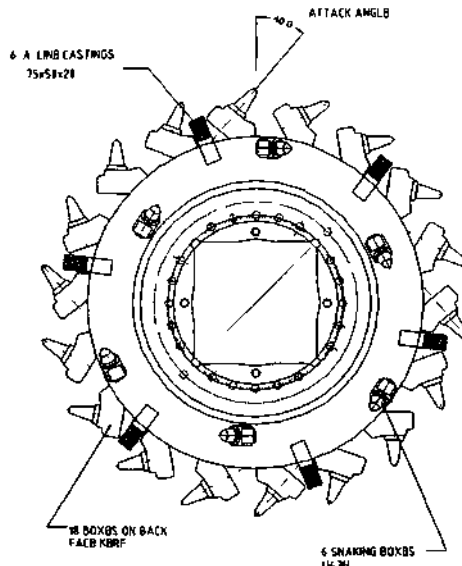


Figure 3. Locations of U47 snaking picks and wearing plates.

4.1.4. Wear Plates to Protect Loading Vanes

Both practical observations and previous work have shown that maximum wear on the loading vanes occur at the loading end of the vanes (Hurt and McStravick, 1988). Three loading vanes on the new drums have been provided with 200x50x20 mm, 150x50x20 mm and 100x50x20 mm size TC wear plates at the ends (Figure 4).

4.2. Lacing Diagram and face ring design

The lacing diagram of the new drum is presented in Figure 4. As it is shown, total of 51 picks are mounted on the drum, while 18 of them are located on the face ring, the rest are on the loading vanes. Only "A" line has 6 picks per line, the rest of the lines on both loading vanes and face ring have 3 picks. The drum is formed with three vanes and each has 200° total wrap angle.

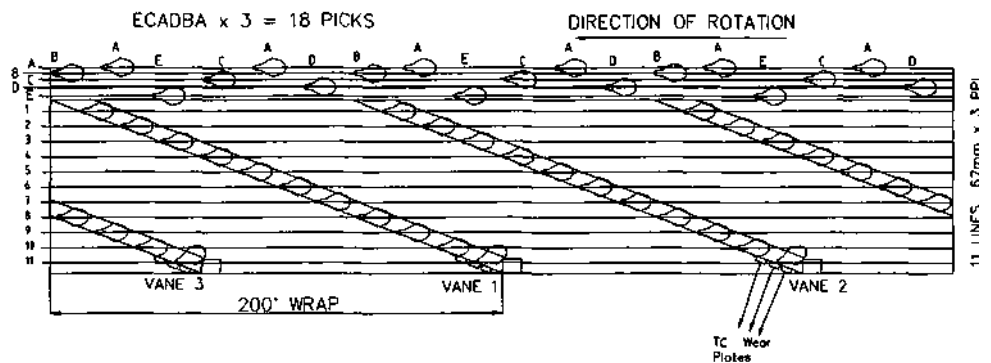


Figure 4. Lacing diagram of drums.

Figure 5 shows the positions of the cutting picks on the face ring. The highest tilt angle of 51.8° is provided for the corner-cutting pick situated on "A" line.

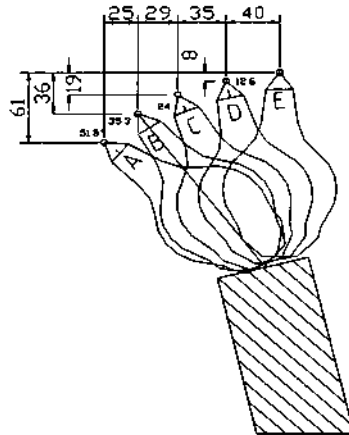


Figure 5. Situation of the face ring picks.

4.3. Dust Suppression Sprays

To solve dust suppression problems encountered with the old drums, new drums have been provided with 0.9 mm diameter sprays which have been located within the drum body, to each pick on the drum except the last pick on each vane. Figure 6 shows the location of the spray.

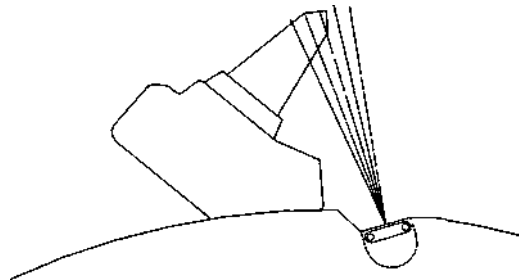


Figure 6. Position of spray on the drum.

4.4 Longer Vane Picks and Heavy Duty Face Ring Picks.

Old drums were fitted with U47 picks on the face ring and Betek B 40 HDS Pecs type light duty picks on the loading vanes. Although the tendency nowadays is to use heavy duty and longer picks with increased machine power, Betek type picks have been selected for the new drums since a huge stock of such picks exists. Figure 7 shows the Betek picks and the pick boxes used on the old drums.

New drums have been fitted with tight sleeves and K178-BS type pick boxes although the Betek type picks remained the same. In this way, the pick height was increased from 124 mm to 154.6 mm to provide greater cutting depth. Face rings have been fitted with K1-77 heavy-duty picks and K178-BS type pick boxes. Figure 8 shows the type of picks and pick boxes used on vanes and face rings of the new drums.

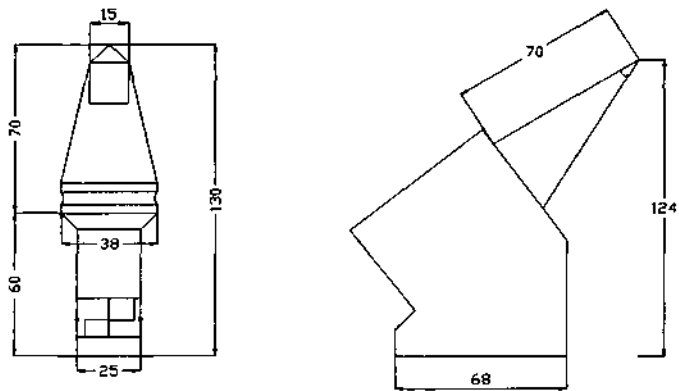


Figure 7. Betek B40 HDS Pecs type pick and pick box.

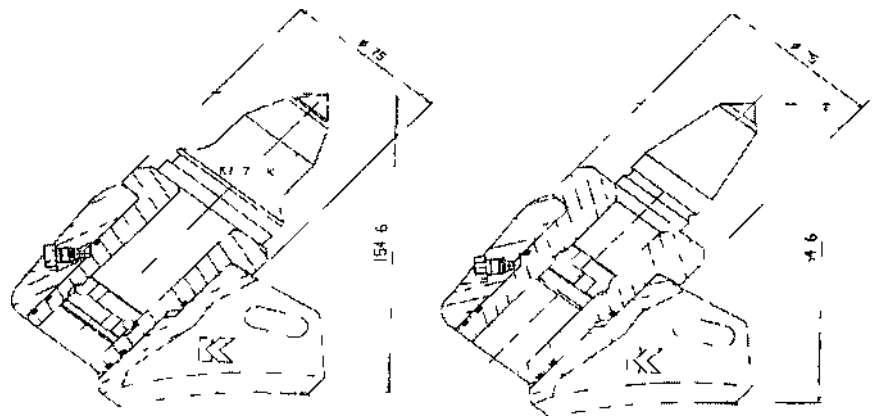


Figure 8. K1-77 and Betek B 40 Pecs type picks together with K178-BS pick box and tight sleeve.

4.5. Theoretical Analysis of the New Drum

The design parameters of the new drums were analysed by the NCB computer program redeveloped by Kennametal Hertel GmbH & Co. KG

4.5.1. Force-Balance Calculation of the Drum

Table 3 shows theoretical results of the force calculation and Figure 9 shows the force-balance diagrams of the new drums obtained through computer analysis.

Table 3. Force-balance results.

Force	Mean	Maximum	Minimum	Mean spread (variance)
Torque (kNm)	23.4	23.7	23.2	0.018
Haulage (kN)	35.9	37.8	33.9	1.744
Vertical (kN)	24.4	26.7	22.1	2.325
Axial (kN)	30	3.1	2.9	0.002

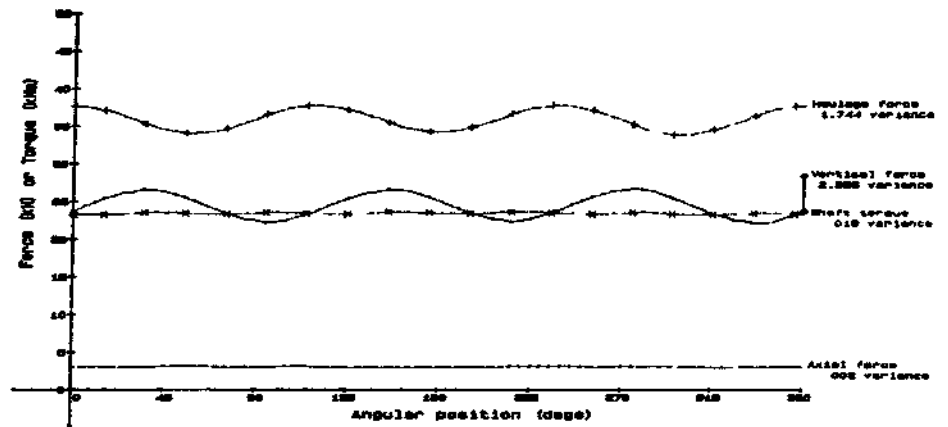


Figure 9. Results of force balance diagrams.

4.5.2. Breakout Pattern of the New Drums

Breakout pattern of the new drums was determined at an advance rate of 108 mm/rev (Figure 10).

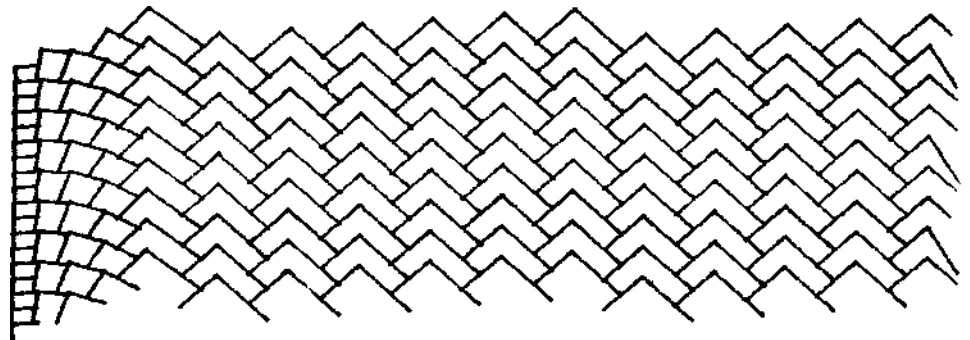


Figure 10. Breakout pattern of the new drums.

Small shaft torque variation and equal pick load distribution represent theoretically good and efficient cutting characteristic of the new drums

5. PERFORMANCE COMPARISON OF THE DRUMS

Production in A 10 panel started in April 2001 with old drums, which were replaced with new drums at the end of May 2001. For comparison, performance results in May 2001 with old drums and after 1st June 2001 for new drums were taken into consideration.

5.1. Machine Speed and Cutting Rate

Short-term (instantaneous) measurement results and long term results were used in drum comparison. Short-term results were established by measuring the machine speed

while the machine was cutting at its maximum capacity. Long-term results were established from the production reports, which include also very short stoppages. Table 4 shows the short term and Table 5 shows the long-term performance results.

Table 4. Short term (instantaneous) measurement results.

	Old Drums		New Drums	
	Top Face	Bottom Face	Top Face	Bottom Face
Speed (m/min)	Up-gradient: 2.85	Up-gradient: 1.85	Up-gradient: 3.58	Up-gradient: 3.66
	Down-gradient: 1.9	Down-gradient: 1.95	Down-gradient: 3.48	Down-gradient: 3.68
Cutting rate (m ³ /min)	Up-gradient: 2.84	Up-gradient : 2.93	Up-gradient : 4.88	Up-gradient: 5.19
	Down-gradient: 2.63	Down-gradient: 2.99	Down-gradient: 4.77	Down-gradient: 5.16

It can be seen from Table 4 that with new drums the maximum cutting rate was increased by 41.64% in upward direction and 44.73% in downward direction in the top face, and 43.54% and 42.05% respectively in the bottom face.

Table 5. Long term results based on production reports.

		Top Face	Bottom Face	Duration
Speed (m/min)	Old Drums	Down-gradient: 2.21	Down-gradient: 2.07	01.05.2001-18.05.2001
		Up-gradient: 1.66	Up-gradient: 1.94	
	New Drums	Down-gradient: 2.59	Down-gradient: 2.37	02.07.2001-14.07.2001
		Up-gradient: 2.32	Up-gradient: 2.05	
Cutting rate (m /min)	Old Drums	Down-gradient: 3.03	Down-gradient: 2.89	01.05.2001-18.05.2001
		Up-gradient: 2.25	Up-gradient: 2.715	
	New Drums	Down-gradient: 3.55	Down-gradient: 3.32	02.07.2001-14.07.2001
		Up-gradient: 3.16	Up-gradient: 2.87	

Long term performance results giving mean cutting rate, on the other hand, showed less increase in cutting rate with new drums; 28.79% in upward direction and 14.08% in downward direction in the top face, and 5.4% and 12.77% respectively in the bottom face.

5.2. Production and Drum Life

Amount of production, pick consumption and drum life are the other parameters considered in the comparison. Table 6 shows the results obtained with old and new drums.

Comparison was based on the observations in May 2001 for old drums and between June-November 2001 for new drums. Table 6 shows that mean shift production was increased by 16.5% in the top face and 9.92% in the bottom face with new drums. Since production was concentrated at "A" field during April, May and June 2001 due to panel

movements in "B" and "C" fields; it will be more realistic to compare the production rates in May for the old drums and June for the new drums (Table 7).

Table 6. Performance results.

	Old Drums		New Drums	
	Top Face	Bottom Face	Top Face	Bottom Face
Duration	01.05.2001-23.05.01	01.05.2001-31.05.01	01.06.2001-31.11.2001	01.06.2001-31.11.2001
Total Production (t)	41,083 (for 23 days)	60,894	395,886	411,069
Mean monthly production (t)	41,083 (for 23 days)	60,894	67.199	68.813
Mean Shift Production (t)	838.43	869.91	1,004.2	965.77
Pick Consumption (picks/1000 tons)	6.43	9.51	5.33	8.11

Table 7. Comparison of production rates.

	Old Drums		New Drums	
	Top Face	Bottom Face	Top Face	Bottom Face
Duration	01.05.2001-23.05.2001	01.05.2001-31.05.2001	01.06.2001-31.06.2001	01.06.2001-31.06.2001
Mean Shift Production (t)	838.43	869.91	1120.83	1104.28

Table 7 shows that mean shift production was increased by 25.19% in the top face and 21.22% in the bottom face.

Another important criterion in drum comparison is the drum life. Experience with old drums showed that drum life varies between 70,000 to 90,000 tons of coal production. On the other hand, the production achieved with new drums between 1st of June and 31st of November 2001 is shown in Table 6. The rate of production increase is already up by 456% though the life of new drums have not finished yet. New drums are expected to produce 1,000,000 tons before they require pick box renewals.

Table 6 also shows that pick consumption rates have decreased with the new drums. The decrease in pick consumption nearly corresponds to 160 picks per month.

5.3. Depth of Cut

Higher production rates achieved with new drums can be explained by the increase in depth of cut. Depth of cut taken by the drum picks can be determined from the formula given below (Hurt and McAndrew; 1981 and Hurt et.al.; 1982);

$$d = \left(\frac{D}{n}\right) \sin \theta$$

where;

d = depth of cut (mm)

D = advance per revolution (mm/rev)

n = number of cutting sequence

θ = angular position of the pick (degree)

Table 8 shows the depths of cut ($\theta = 90$ degrees) obtained with old and new drums during short term (instantaneous) measurements.

Table 8. Comparison of depth of cut.

	Old Drums		New Drums	
	Top Face	Bottom Face	Top Face	Bottom Face
Depth of cut (mm)	Up-gradient: 25.6	Up-gradient: 16.66	Up-gradient: 32.58	Up-gradient: 32.97
	Down-gradient: 17.11	Down-gradient: 17.56	Down-gradient: 31.35	Down-gradient: 33.15

An increase on the depth of cut is the best explanation of the increase of the production level with the new drums.

5.4. Dust Concentration

The use of effective sprays and proper locations on the new drums reduced the dust concentration within the upper gateroad by about 27%, although production rate has increased considerably.

6. PROBLEMS EXPERIENCED WITH THE NEW DRUMS

One of the main problems encountered with the new drums was the wearing of the sleeves and the pick boxes located at the end of each vane. This problem was overcome by positioning the last pick on each vane at 13° skew angle. The same modification was carried out also on drums at "B" and "C" fields.

Another problem was the wear on the sleeve surfaces. To overcome this problem sleeve surface were welded with 5-mm thick hard facing electrode.

7. CONCLUSIONS

The main conclusions that can be derived by using the new drums, which were designed and manufactured by Kennametal Hertel GmbH & Co. KG, can be summarised as follows;

- a) Both maximum and mean cutting rates have been increased approximately by 42.9% and 15.26% respectively with employing new drums.
- b) By the end of November 2001, the drum life was increased by 456% (from 90,000 tons to 411,069 tons). The new drums are still operating and expected drum life is 1,000,000 tons.
- c) Pick consumption rates were decreased in the top and bottom faces by 17.1% and 14.72% respectively.

- d) Considering peak coal demand periods, mean shift production was increased by 25.19% in the top face and 21.22% in the bottom face.
- e) Dust concentration in upper gateroad was reduced by 27%.

REFERENCES

- Hekimoğlu, O.Z.** (1991) OAL Müessesesindeki tamburlu kesiciler ve karşılaşılan sorunlar. *Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 12 Kongresi Bildiriler Kitabı*, s.133-147.
- Hekimoğlu, O.Z., and Tiryaki, B.** (1997) Effects of drum vibration on performance of coal shearers. *Transactions of Institution of Mining and Metallurgy (IMM), Section A, Mining Industry, 106*, pp. A91-A94.
- Hurt, K.G., MacAndrew, K.M.** (1981) Designing roadheader cutting heads. *The Mining Engineer*, September, pp. 167-170.
- Hurt, K.G., Morris, C.J., MacAndrew, K.M.** (1982) The design and operation of boom tunnelling machines cutting heads. In; Baumgartner (Editor), *Proc. 14th Can. Rock Mechanics Conf, (Vancouver, May) Can. Inst. Min. Metall.*, pp. 54-58.
- Hurt, K.G., and McStravick, F.G.** (1988) High performance shearer drum design. *Colliery Guardian*, December, pp.428-429.
- Montan Consulting GMBH** (1990) Final Report on Beypazarı Lignite Project.
- Walker, S.** (1999) Çayırhan challenge, *World Mining Equipment*, December, 12 p.

**TTK ASMA-DİLAVER KÖMÜR ÇEVRE KAYAÇLARININ
CERCHAR AŞINDIRICILIK İNDEKS ÖZELLİKLERİNİN VE
MEKANİK KAZILABİLİRLİKLERİNİN İRDELENEMİSİ**

**DETERMINATION OF CERCHAR ABRASIVITY INDEX
PROPERTIES AND ASSESSMENT OF MECHANICAL CUTTABILITY
OF COAL MEASURE ROCKS AT THE TTK ASMA-DİLAVER
COLLIERY**

Olgay YARALI, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Müh. Fak., 67100 Zonguldak*
Ferit AVCI, *TTK Üzülmöz Müessesesi, 67600, Zonguldak*

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Üzülmöz Taşkömürü Müessesesi (ÜTİM) Asma-Dilaver İşletmesi kömür çevre kayaçlarının aşındırıcılık özellikleri araştırılmış ve mekanik olarak kesilebilirlikleri yorumlanmıştır.

Kayaç örneklerinin mekanik, indeks ve petrografik özelliklerini belirlemek için ZKÜ-ZEDEM Laboratuvarında deneyler yapılmıştır. Ayrıca, kayaçların aşındırıcılığını tespiti için bir Cerchar aşınma indeks deney düzeneği kurulmuştur. Kayaçların mekanik ve petrografik özellikleriyle Cerchar aşınma indeks (CAI) değerleri karşılaştırılmıştır.

ABSTRACT

In this study is to investigation the abrasivity properties of coal measure rocks at Asma-Dilaver Mine of Üzülmöz Hard Coal Institution (ÜTİM) of Turkish Hard Coal Enterprise (TTK) have been investigated and mechanical cuttabilities were interpreted.

An experimental study was carried out at the Laboratory of ZKÜ-ZEDEM in order to determination of the mechanical, index and petrographical features of the rock-samples. In addition, a special device for a Cerchar abrasivity index experiment device was developed in order to determine the abrasivity of rocks. Mechanical and petrographical properties of rocks have been compared with Cerchar abrasivity index (CAI) values.

1.GİRİŞ

Madencilik sektöründe montaj ve işletme kolaylıklarından dolayı, çoğunlukla manevra kabiliyeti yüksek olan ve çalışma şartlarına daha kolay uyum sağlayan, kollu tip galeri açma makineleri kullanılmaktadır. Kollu tip galeri açma makinelerinde kazı işlemi döner kafa üzerindeki kesici uçlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu uçlar makine gücünü kayaca doğrudan ileten elemanlar olarak önem kazanmaktadır. Bu sebeple, mekanize kazının başarılı olabilmesi tamamen kesici uçların performansına bağlıdır ve ekonomik başarısının anahtar faktörü kesici uç maliyetleri ile ilerleme hızlandırır. Sert ve aşındırıcı kayalarda uç aşınmaları çok yüksek oranlara erişir, bu da önemli teknik ve ekonomik problemlere sebep olur (Altınoluk, 1989).

Daha hızlı ve daha fazla cevher üretiminde mekanik kazı sistemleri kaçınılmaz olmaktadır. Kayaçla devamlı temasta olan herhangi bir keski, bir süre sonra aşınmakta ve kullanılmaz hale gelmektedir. Keski masraflarının tüm kazı maliyetinin 1/3'üne vardığı durumlara da rastlanmaktadır. Diğer önemli bir hususta, keski korozyonla gelen kuvvetlerin veya birim hacimdeki kayacı kesmek için gerekli enerjinin nasıl değiştiğinin anlaşılmasıdır. Bu nedenle, bir kazı sistemi tasarımı yapılmadan, kazı yapılacak formasyonların aşındırıcılık özellikleri tespit edilmeli ve ne kadar keski harcanacağı tahmin edilmelidir (Bilgin, 1982).

Havza'ya yönelik kömür çevre kayaçlarının aşındırıcılık özelliklerinin belirlenmesi konusunda yapılan araştırma sayısı oldukça sınırlıdır (Bilgin, 1982 , Cerman,1988 , Arı, 1990 , Eskikaya, et. al.,2000 , Avcı, 2001). Yapılan bu çalışma genel olarak Zonguldak Taşkömür Havzasının, özel olarak Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Üzümler Müessesesi Asma-Dilaver işletmesi kömür çevre kayaçlarının aşındırıcılık özelliklerinin belirlenmesine yöneliktir. Bu çalışma için Cerchar aşınma indeks deney aleti yaptırılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Özel olarak yaptırılan Cerchar aşınma indeks deney aleti.

Cerchar aşınma indeksi deneyi ilk olarak Fransa'da Cerchar Araştırma Enstitüsü'nde 1971 yılında (Research Institute Cerchar of the Charbonnages de France) bulunmuş ve sonuçlar Valantin (1974) tarafından yayınlanmıştır (Heiniö'den, 1999).

Cerchar aşınma indeksi deneyi; 160 kg/mm² çekme dayanımı olan 90° tepe açılı konik bir uç 7 kg bastırma kuvveti ile gayri muntazam örnek üzerinde yaklaşık bir saniye sürede 1 cm çekilmekle ve uçta oluşan aşındırma yüzeyi kayaç örneğinin aşındırıcılığını vermektedir. Konik uç, EN 24-25 çeliğinden 610±5 Vickers sertliğinde olmalıdır. Konik uç mikroskop altında incelenerek aşınması 1/10 mm hassasiyetinde ölçülür. Tespit edilen aşınma miktarı kayacın aşındırıcılığı olarak kabul edilir (Evenden, 1983).

Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (International Society of Rock Mechanics), 3 Eylül 1987 yılında Montreal'de yaptığı toplantıda kaya mekaniğinde kayaçların kesilebilirliği, delinebilirliği ve kazılabilirliği konularında Cerchar aşınma ve Cerchar sertlik indeks deneylerinin standart kaya mekaniği deneyi olarak uygulanmasını önermiştir (ISRM, 1987; Bilgin, 1989).

Özel olarak yaptırılmış olan Cerchar aşınma deney aletinde kullanılan uçlar, TTK Maden Makinaları Fabrikası'nda imal edilmiştir. Uç malzemesi; EN 24-25 çeliği olup 10 mm çapında ısıtma işlemiyle 610 Vickers veya Rockwell C55 sertliğine getirilmiştir. Aşınma deneylerinde her kayaç örneği için 6 adet uç kullanılmıştır.

Yapılan bu çalışma, önümüzdeki yıllarda havzada mekanize kazı uygulamasına geçildiği takdirde gerekli ekipmanın (kollu galeri açma makinası, uç tipi vb.) seçiminde yardımcı olacaktır.

2. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Bu çalışmada, Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Üzümler Taşkömürü İşletme Müessesesi (ÜTİM) Asma-Dilaver işletmesi kömür çevre kayaçlarının aşındırıcılık özelliklerinin belirlenmesi amacıyla üç farklı lağımdan ve Zonguldak Karaelmas Üniversitesi (ZKÜ) Hastanesinin bulunduğu mevkiinden kayaç örnekleri alınmıştır. Örneklerin alındığı yerler Çizelge 1'de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Örnek alım yerleri.

Örneklerin alındığı yer	Örnek adı
-170 4. Kuzey Kurul Geçiş Lağımı (Asma)	Sılttaş
-170 505 Desandre Lağımı (Asma)	iri taneli kumtaş
-170 3.5 Kuzey Lağımı (Asma)	ince taneli kumtaş
ZKÜ Tıp Fakültesi Hastanesi Zemini	Kireçtaş

Örneklerin alınmasında ve laboratuvar çalışmalarında Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (ISRM) standartlarına uyulmuştur. Dayanım ve indeks deneylerinde "NX" (s 54 mm) çapında karot örnekleri üzerinde çalışılmıştır.

2.1 Petrografik Tanımlamalar

Petrografik tanımlamalar olarak, kayaç türü, mineralojik bileşim, tane boyut dağılımı, kuvars oranı, kuvars tane boyutu, küresellik durumu (geometrisi) ve çimento maddesi gibi çeşitli parametreler belirlenmiştir. Bu parametrelerle ilgili değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Kayaçlara ait petrografik tanımlama sonuçları (Buzkan, 2001 ; Avcı, 2001).

Kayaç Türü	Mineralojik Bileşim (%)	Küresellik (%)	Tane Dağılımı (µ)	Ort K. T. Boyutu (i)	Çimento Türü
W H J M O	Q : 73 F : - K : 17 M : 3 O : 7	A : 12 SA: 67 R : 3 SR: 18	20-60 :70 60-200 :28 200-600 :2	72	Karbonat
W Z S H A	Q : 70 F : - K : 20 M : 5 O : 5	A : 3 SA: 52 R : SR: 45	20-60 :7 60-200 :37 200-600 :56	205	Kil
J 2 g H	Q : 73 F : - K : 24 M : O : 3	A : 12 SA: 49 R : SR: 39	20-60 :5 60-200 :65 200-600 :30	288	Kil
K I R E Ç H	Q : ** F : - K : M : O : - Ca : 100	A : SA: R : 85 SR : 15	- - - -	25*	-

*Kuvars tane ebadı 0,035 mm den küçükse Ort. K. T. Boyutu 25 u kabul edilir (Bilgin, 1989)

**Aşınma indekslerinin elde edilmesinde kullanılmak üzere kuvars miktan %12 alınmıştır (Buzkan, 1989; An, 1990).

Q: Kuvars, F: Feldspat, K: Kayaç parçası, M: Mika, O: Opak madde, Ca: Karbonat, A: Köşeli, SA: Yarı köşeli, R: Yuvarlak, SR: Yarı yuvarlak Ort.K.T : Ortalama Kuvars Tane Boyutu

2.2 Deneysel Çalışmalar

Arazide ve laboratuvarında yapılan deneysel çalışmaların sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Arazi çalışmalarında, Schmidt sertlik indeks deney aletiyle (N tipi) silttaşı, iri taneli kumtaşı ve ince taneli kumtaşı formasyonlarında ölçümler yapılmıştır.

Çizelge 3. Arazi ve laboratuvara ait deney sonuçları (Avcı,2001).

Kayaç Türü	KDK	»e (MPa)	«t (MPa)	Nokta Yüğü Dayanımı				**Schmidt Sertlik		Shore Sertlik		P (g/cm ³)	CAI (ort.)	F N/mm	Suda Dağılma Dayanımı	
				Is//	Is(S0)//	IsI	Is(50)I.	Ort.	**c(sch) (MPa)	Ort.	Oc(sdı) (MPa)				Id-1 %	Id-2 %
Silttaşı	0,77	61,51 ± 22,76	8,63± 1,76	1,67 ± 0,46	1,73 ± 0,48	5,14 ± 1,35	5,08 ± 1,32	36,90	42,50	26,8 ± 4,60	52,39	2,69 ± 0,08	1,10	0,46	99,47	99,36
iri Taneli Kumtaşı	0,42	85,54± 7,19	7,93± 0,72	6,01 ± 0,54	6,21 ± 0,56	3,77 ± 0,98	3,79 ± 0,89	53,45	56,00	43,0 ± 5,62	109,74	2,66 ± 0,01	2,50	1,69	99,88	99,57
ince Taneli Kumtaşı	0,77	87,36± 20,76	8,71± 1,40	4,14 ± 0,54	4,27 ± 0,56	5,75 ± 2,17	5,86 ± 2,21	50,10	67,50	43,9 ± 6,62	112,93	2,63 ± 0,02	1,60	1,27	99,57	99,48
Kireçtaşı	0,73	120,4± 3,59	8,71± 1,40	4,82 ± 0,79	4,99 ± 0,82	7,56 ± 3,68	6,88 ± 2,62	-	-	44,3 ± 3,21	114,34	2,65 ± 0,04	0,90	0,03	99,52	99,28

KDK: Kayaç dayanım katsayısı o_c: Tek eksenli basınç dayanımı p: Yoğunluk o_c:Çekme dayanımı F : Schimazek aşınma indeksi CAI: Cerchar aşınma indeksi

**Arazide yapılan deney sonuçlarını göstermektedir (N tipi Schmidt çekici ve tekrarlamak yöntem kullanılmıştır)

3. DENEYSEL ÇALIŞMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çizelge 3'de verilen arazi ve laboratuvar sonuçları değerlendirilmiştir. Buna göre :

ISRM (1978)'e göre Schmidt sertlik ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde; silttaşının orta sertlikte, ince taneli kumtaşının oldukça sert ve iri taneli kumtaşının sert-oldukça sert olduğu görülmektedir.

Shore sertliği indeks deney sonuçları ISRM'ye (1977a) göre sınırlandırıldığında silttaşının orta dayanım sınıfında, diğerlerinin yüksek dayanım sınıfında yer almaktadır.

Suda dağılma dayanımı indeks verileri ISRM'ye (1977b) göre değerlendirildiğinde, incelenen kayaç türlerinin hepsinin çok yüksek sınıflamada olduğu belirlenmiştir.

Örneklerin gerçek yoğunlukları ölçülmüştür. Bu değerler, Havza için yapılan önceki çalışmalarda bulunan sonuçlara benzer yakınlıktadır.

Nokta yükü dayanım sonuçları ISRM'ye (1985) göre dayanım anizotropileri bulunmuştur. Buna göre, silttaşının orta dayanımda ve anizotropik olduğu, diğer kayaç türlerinin yüksek dayanımda ve yarı anizotropik olduğu belirlenmiştir.

Kayaç dayanım katsayısının (KDK) tespiti için yapılan deney sonucu bulunan değerler Baş (1993)'ün bulduğu sonuçlarla benzerdir.

Kaya birimlerinin tek eksenli basınç dayanımlarının 60 MPa ile 120 MPa arasında değiştiği ve ISRM'e (1980) göre, bu formasyonların dayanımlarının yüksek olduğu belirlenmiştir.

Formasyonların tek eksenli dolaylı çekme (Brazilian) dayanımlarının 8-9 MPa arasında değişmektedir. Kazı makinalarının randımanının, kayaçların kırılganlığına bağlı olduğu kanıtlanmıştır. Kayacın a_c / o_i oranı bunun bir ölçütü olarak kabul edilmektedir (Gehring, 1974: An'dan, 1990). Bu çalışmada kumtaşlarının a_c / a_t oranı 10 olarak bulunmuştur ve bu da formasyonların fazla kırılgan olmadığını, dolayısıyla kazı randımanının da yüksek olamayacağını göstermektedir. Silttaşında bu oran 7,13'dür ve 10 sayısından küçüktür. Bu durum, kayacın sünümlü olduğunu dolayısıyla kazı randımanının düşük olacağını göstermektedir. Kireçtaşı için o_c / o_i oranı 13,82'dir ve 10 sayısından büyüktür. Bu formasyon kırılgandır ve kazı randımanı diğerlerine göre yüksek olduğu saptanmıştır.

Bulunan CAI sonuçları; Becker ve Lemmes (1984) ile Heiniö (1999) tarafından çeşitli kaya birimleri için bulunan CAI değerleri ile uyumludur. Atkinson et al.'a (1986) kayaçların CAI sınıflamasına göre, iri taneli kumtaşının biraz aşındırcı, ince taneli kumtaşının az aşındırcı, kireçtaşı ve silttaşının ise çok az aşındırcı olduğu söylenebilmektedir.

Cerman (1988), Amasra Kömür Havzası için yapmış olduğu Cerchar aşınma indeks deney sonuçlarıyla bu çalışmadan elde edilen CAI değeri birbirine çok yakındır.

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen değerler arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çizelge 4'de birbirleriyle ilişki kurulmaya çalışılan büyüklükler gösterilmiştir.

Çizelge 4. İlişki kurulan büyüklükler (Avcı,2001).

	Schmidt	Shore	I _{s//}	I _{sL}	KDK	σ _c	σ _t	CAI
Schmidt	///	X	X	-	-	X	-	-
Shore		///	X	-	-	X	-	-
I _{s//}			///	-	-	-	-	-
I _{sL}				///	-	-	-	X
KDK					///	-	X	X
σ _c						///	-	-
σ _t							///	X
CAI								///

X : Uygun bir ilişki bulunmuştur. - : Uygun bir ilişki bulunamamıştır.

Eksenel nokta yük dayanımı ile Cerchar aşınma indeks değerleri arasında üssel bir ilişki bulunmuştur (Eşitlik 1).

$$CAI = 13,788 I_{s1}^{1,3537} \quad r = 0,87 \quad [1]$$

Kayaç dayanım katsayısı ile Cerchar aşınma indeks değerleri arasında azalan doğrusal ilişki bulunmuştur (Eşitlik2).

$$CAI = -6,6741KDK + 3,9958 \quad r = 0,87 \quad / \quad [2]$$

Dolaylı çekme dayanımı (Brazilian) ile Cerchar aşınma indeks değeri arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Eşitlik 3)

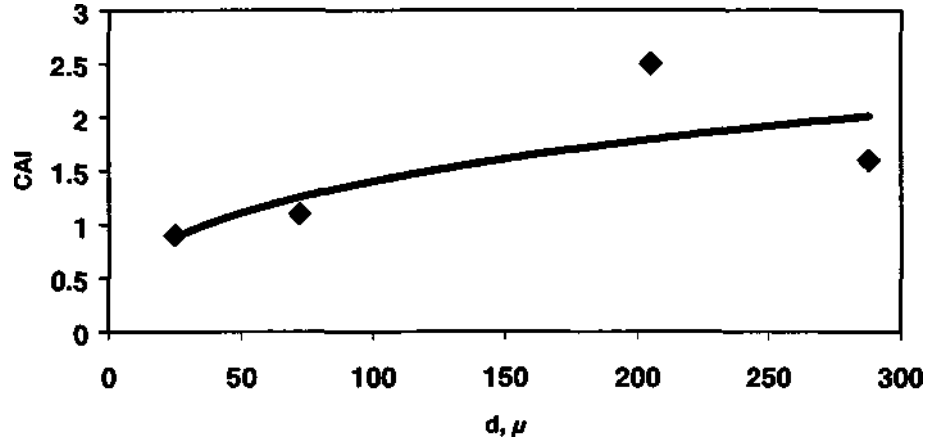
$$CAI = 1,689 a, + 15,881 \quad r = 0,90 \quad [3]$$

Petrografik özelliklerle Cerchar aşınma indeks verileri arasında ilişki araştırılmıştır. Buna göre ; CAI değerleri ile kayacın kuvars miktan arasında belirgin bir ilişki görülmemiştir. Benzer sonuç, Şuana ve Peters (1982) ile An (1990) tarafından da bulunmuştur. Ortalama kuvars tane boyutu ile CAI arasında Şekil 2'deki gibi üssel bir ilişki elde edilmiştir (Eşitlik 4). Ancak, bu iki büyüklük arasında tam anlamıyla uygun bir ilişki olduğu söylenememektedir. Bunun nedeni, kireçtaşının kuvars minerali içermemesi, silttaşının ise ortalama kuvars tane boyutunun düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Kayacın aşındırıcılığı, aşındırıcı mineralin miktarından ziyade aşındırıcı mineralin ortalama tane boyutuna bağlı olduğu söylenebilir.

$$CAI = 0,292d^{0,3409} \quad r = 0,84 \quad [4]$$

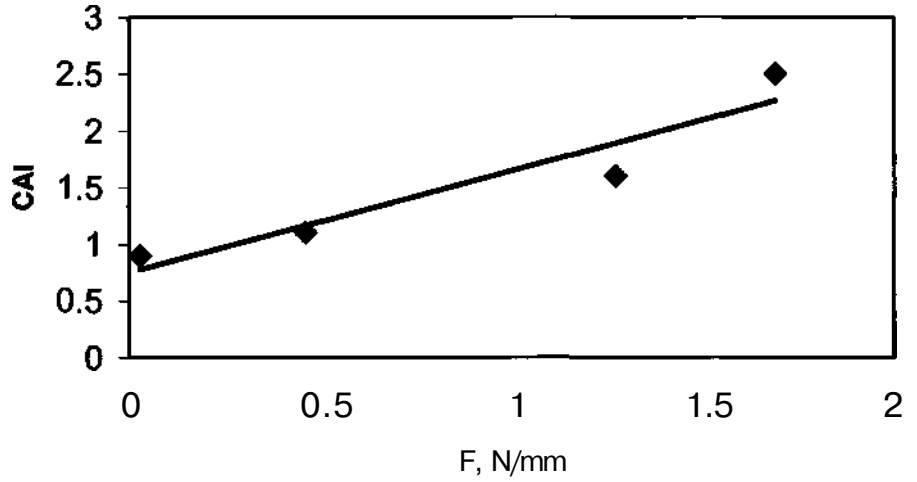
Burada;

d = ortalama kuvars tane boyutu, /*



Şekil 2. Ortalama kuvars tane boyutu (d) ile Cerchar aşınma indeksi (CAI) arasındaki ilişki (Avcı,2001).

incelenen kayaç örneklerinin petrografik tanımlamalarına göre Schimazek (1970) aşınma indeksi (F) değerleri belirlenmiş ve Çizelge 3'de verilmiştir. Schimazek'e (1970) göre kollu galeri açma makinalarının uygulama sınırı $F < 1$ N/mm'dir (Bilgin, 1989). Bu sınırlamaya göre silttaşı ve kireçtaşı keski aşınmasını etkilememektedir. Ancak, bu durum kumtaşı örnekleri için geçerli değildir. Schimazek ile Cerchar aşınma indeksleri arasında Şekil 3'de gösterildiği gibi doğrusal bir ilişki elde edilmiştir (Eşitlik 5).



Şekil 3. Schimazek (F) ve Cerchar aşınma indeksi (CAI) değerleri arasındaki ilişki.

$$CAI = 0,8962F + 0,7521$$

$$r = 0,95$$

[5]

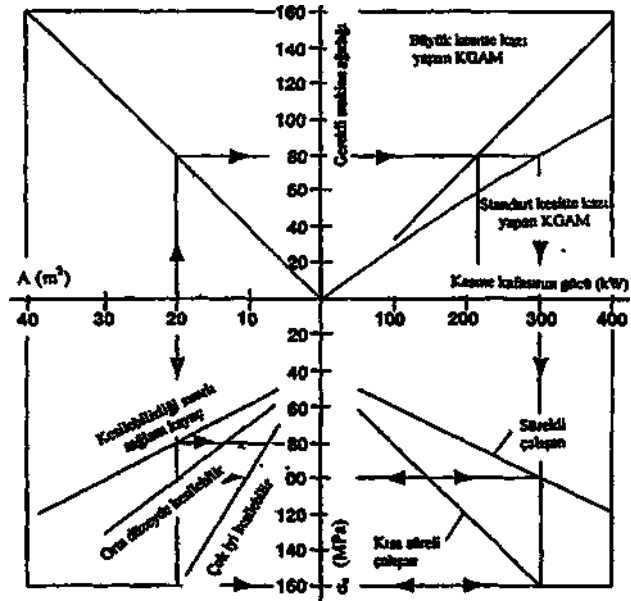
Yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları sonuçları Şekil 4 ve Çizelge 5 kullanılarak TTK Asma-Dilaver İşletmesi'nde kullanılacak galeri açma makinasının özellikler deneysel çalışmalarda incelenen kaya birimleri için aşağıdaki gibi belirlenmiştir

Venler:

Mın galen kesiti	14-18 m ² (standart kesit)
Kumtaşları için	: 90 MPa
Silttaşı için	: 62 MPa

Yukandaki verilere göre Şekil 4'deki grafik kullanılarak, gerekli makine ağırlığı 60-70 ton, kesme kafası gücü 220-250 kW olan kollu galen açma makinası seçilebilir Çizelge 5'e göre orta veya ağır tip kollu galeri açma makinası kullanılması uygun olacaktır. Benzer durum Eskikaya et. ali. (2000) tarafından da saptanmıştır.

Asma-Dilaver İşletmesi'nde kömür çevre kayaların tek eksenli basınç dayanımları 100 MPa'nın üzerinde olan formasyonlar vardır. Bu kayaların kazısı için çok ağır tip kollu galeri açma makinasının kullanılması durumunda, düşük bir performans ile kesilebileceğinden ekonomik olmayacaktır (ODTÜ, 1988).



Şekil 4 Kollu galeri açma makinası seçiminde kullanılan diyagram (Heiniö, 1999).

Literatürde değişik araştırmacıların yerinde yaptıkları araştırmalar sonucunda (Nizamoglu (1978), Johnson ve Fowell (1986), vd) galeri açma makamlarında uç sarfiyatının, formasyonların Cerchar aşınma indeksleriyle doğrudan ilgili olduğu belirtilmiştir (Bilgin'den, 1989).

Çizelge 5. Kollu galeri açma makinalarının sınıflaması (Heniniö, 1999).

KGAM Sınıfı	Ağırlık (Ton)	Kesme Kafası Gücü (kW)	Çalışma			
			Standart Kesitte kazı		Geniş kesitte kazı	
			Mak. Kesit (m ²)	(MPa)	Mak. Kesit (m ²)	Öc (MPa)
Hafif	8-40	50-170	- 2.5	60-80	- 40	20-40
Orta	40-70	160-230	- 30	80-100	- 60	40-60
Ağır	70-110	250-300	- 40	100-120	- 70	50-70
Çok ağır	>100	350-400	- 45	120-140	- 80	80-110

Kollu galeri açma makinalarının ekonomik ve verimli olarak kullanılabilmesi için seçilen makinanın tipine göre kayacın kesilebilirlik sınırında olması ve Schimazek aşınma değerinin 1 N/mm'den fazla olmaması gerekmektedir (Bilgin, 1989) Buna göre, silttaşı ve kireçtaşı için Schimazek aşınma değerleri $F < 1$ N/mm olduğundan uç sarfiyatı az, kumtaşlarının ise $F > 1$ N/mm olduğundan uç sarfiyatı fazla olacaktır.

Cerchar aşınma indeks değerlerine göre TTK Asma-Dilaver İşletmesi'nde kollu galeri açma makinası kullanılması durumunda silttaşı için 0,30 Adet/m³, iri taneli kumtaşı için 0,65 Adet/m³ ince taneli kumtaşı için 0,40 Adet/m³, kireçtaşı için 0,25 Adet/m³ keski tüketimi olacaktır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, TTK Asma Dilaver işletmesi kömür çevre kayaçlarından alınan örnekler üzerinde yapılan arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla kayaçların dayanım ve aşındırıcılık özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca Zonguldak Karaelmas Üniversite Hastanesi'nin olduğu bölgeden alınan kireçtaşı örneği de incelenmiştir.

Arazi çalışmalarında, kumtaşı (iri ve ince taneli) ve silttaşı kayaçlarının yerinde Schmidt çekici sertlik indeks değerleri belirlenmiştir. Laboratuvar aşamasında incelenen örneklerin tek eksenli basınç dayanımı σ_c , dolaylı çekme (Brazilian) dayanımı σ_t , nokta yük dayanım indeksi (çapsal ve eksenel), Shore sertlik indeksi, kayaç dayanım katsayısı deneyi (KDK), suya dayanım deneyi, yoğunluk, Cerchar aşınma indeksi deneyleri ile petrografik tanımlamalar yapılmıştır.

Kayaçların aşınma özelliklerini belirlemek için özel olarak tasarlanmış ve yaptırılmış olan Cerchar aşınma indeks deney aleti kullanılmıştır. Her bir kaya örneğinin CAT sini bulabilmek için 6 uçla deney yapılmıştır. Uçların, aşınma yüzeylerinin büyüklüğü mikroskopta incelenmiştir ve aşınan uç kısmının çapı ölçülmüştür.

Bulunan CAI sonuçları; Atkinson et al. (1986) sınıflamasına göre iri taneli kumtaşının biraz aşındırıcı, ince taneli kumtaşının az aşındırıcı, kireçtaşı ve silttaşının ise çok az aşındırıcı olduğu belirlenmiştir. Bulunan sonuçlara göre TTK Asma-Dilaver işletmesinde kollu galeri açma makinasının kullanılması durumunda 0,30 - 0,70 Adet/m³ civarında keski sarfiyatı civarında olacaktır.

Bu çalışmadan elde edilen verilere göre, Asma-Dilaver işletmesi'nde gerekli makine ağırlığı 60-70 ton, kesme kafası gücü 220-250 kW olan kollu galeri açma makinası kullanılması uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Asma-Dilaver İşletmesi'nde kömür çevre kayaçları tek eksenli basınç dayanımları 100 MPa'nın üzerinde olan formasyonlar vardır. ODTÜ (1988) tarafından yapılan çalışmaya göre, kayaçların kazısı için çok ağır tip kollu galeri açma makinasının kullanılması durumunda, düşük bir performans ile kesilebileceğinden ekonomik olmayacağı saptanmıştır.

Petrografik özelliklerle Cerchar aşınma indeks verileri arasında ilişki kurulmuştur. Buna göre; CAI değerleri ile kayacın kuvars miktarı arasında belirgin bir ilişki görülmemiştir. Ortalama kuvars tane boyutu ile CAI arasında üssel bir ilişki elde edilmiştir (Eşitlik 4). Ancak, bu iki büyüklük arasında tam anlamıyla uygun bir ilişki olduğu söylenememektedir. Bunun nedeni, kireçtaşının kuvars minerali içermemesi, silttaşının ise ortalama kuvars tane boyutunun düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Kayacın aşındırıcılığı, kayaç içindeki aşındırıcı mineralin miktarından ziyade aşındırıcı mineralin ortalama tane boyutuna bağlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Kayaçların dayanım değerleri ile CAI arasında ilişkiler kurulmuştur. Dolaylı çekme dayanımı ile CAI arasında dorusal bir ilişki (Eşitlik 3) olmasına karşılık tek eksenli basınç dayanımı ile CAI arasında uygun bir ilişki elde edilememiştir. Bu durum, kayaç aşındırıcılığının kayacın dayanımından çok içerdiği aşındırıcı mineralin türüne ve miktarına bağlı olduğunu göstermektedir.

Havza'ya yönelik olarak kömür çevre kayaçlarının aşındırıcılık özelliklerinin belirlenmesi konusunda sınırlı sayıda araştırma mevcuttur. Yapılan araştırmalarda, Cerman (1988) hariç Cerchar aşınma indeks deney aleti kullanılmamıştır. Uç sarfiyatının önceden belirlenmesinde Cerchar aşınma indeks deneyi tavsiye edilmektedir. Havza'ya yönelik olarak kömür çevre kayaçlarının aşındırıcılık özellikleri ile tüketilecek uç sarfiyatının önceden belirlenmesi için bu tarzda çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Altınoluk, S.** (1989) Tünel açma makinalarında kazıcı uçların aşınmalanna etki eden faktörler. *11. Türkiye Madencilik ve Bilimsel Kongresi Bildiriler kitabı*JMMOB Maden Müh. Odası Yayını, Ankara, s. 285-303.
- An, H.** (1990) *TTK Asma işletmesi Komur Çevre Kayaçlarının Kazılabilirliğinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, HÜ Fen Bilimleri Enst., Zonguldak, s. 37-39
- Atkinson, T., Cassapy, V.B. and Singh, I.** (1986) *Assesment of Abrasive Wear Resistance Potential in Rock Excavation Machinery*.
- Avcı, F.** (2001) *TTK Asma-Dilaver işletmesi Komur Çevre Kayaçlarının Aşındırıcılık Özelliklerinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enst., Zonuldak, 100 s.

- Baş, N. (1993) *Elektro-Hidrolik Delicilerin Delme Performanslarının incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, HÜ Fen Bilimleri Enst., Zonguldak, 141 s.
- Becker, H. And Lemmes, F. (1984) Rock- physical examinations in roadway drivage. *Tunnel*, Vol. 2184, pp. 71-76.
- Bilgin, N. (1982) Zonguldak kömür havzasındaki formasyonlarm jeomekamk özelliklerinin burgu davranışlarına etkisi. *Türkiye 3. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı*, TMMOB Maden Müh. Odası Yayım, Zonguldak, s.95-111.
- Bilgin, N. (1989) *inşaat ve Maden Mühendisleri için Uygulamalı Kazı Mekaniği*, Birsen Yayınevi İstanbul, 192 s.
- Cerman, T. (1988) *Investigation Into the Applctation of Cerchar Hardnes and Abrasivity Tests in Different Rock Formations of Ankara Coalfield and Eyüp Tunnel*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enst, İstanbul, 92 p.
- Eskikaya, Ş., Bilgin, N. ve Acaroğlu, Ö. (2000) Study of selecting most economical roadway drivages method for Zonguldak Hard Coal Mining area. *Word Tunnel Congress-Tunnels Under Pressure*, Durban, S.A., ss.140-153.
- Evennden, M. , (1983) *Methods of Determining Rock Hardness and Abrasivity*; University of Nothinggam.
- Heiniö, M. (1999) *Rock Excavation Handbook*, Tamrock Corp. 305 p.
- ISRM, (1977a) Suggested method for determining hardness and abrasivness of rock. *Int. J. RockMech. Min. Sei. & Geomech. Abstr.*, Vol. 15, pp. 89-97.
- ISRM, (1977b) Committee on laboratory test, Document No:2, Suggested method for determining water contend, porosity, density, absortion and related praperties and swelling and slake-durability index praperties. *Int. J. RockMech. Min. Sei. & Geomech. Abstr.*, Vol. 15,13p.
- ISRM, (1978) Suggested method for quantitative description of discontmuties in rock masses. *Int. J. RockMech. Mm. Sei. & Geo. Abstr.* ,Vol. 15,pp. 319-368.
- ISRM, (1985) Suggested Method for Determining Point Load Strength. *Int. J. RockMech. Min. Sei. & Geomech. Abstr.*, Vol. 22, No. 2, pp. 51-60.
- ODTÜ, (1988) *TTK Asma işletmesi Komur ve Kayalarının Kaya Mekaniği ve Dizayn Parametrelerinin Çıkartılmasının Araştırılması*, 2. Ara Rapor, Proje Kod No: 88-03-05-01-04, ODTÜ Maden Müh. Böl., Ankara, 94 s.
- Şuana, M. and Peters, Tj. (1982) The Cerchar abrasivity index and its relation to rock mineralogy and petrography. *Rock Mechanics*, Vol. 15/1, pp. 1-7.

TTK'DA ENERJİ TASARRUFU ÇALIŞMALARI

ENERGY SAVING STUDIES AT TTK

Tuncer ÖZKAN, Burhan YILDIRIM, Ahmet SOYKURUM, Turgut BALTACI, Fevzi BEZİR ve Ali CESUR, TTK Genel Müdürlüğü, 67030 Zonguldak

ÖZET

Ülke Enerji Sistemlerinin daha ekonomik tüketilmesini, çevreye olan etkilerini asgari seviyeye indirilmesini, ve dolayısıyla ülke doğal kaynaklarının daha verimli kullanılmasını gerektirdiği için enerji kullanımındaki verimlilik stratejik bir önem taşımaktadır. Enerji tüketiminin azaltılması konusunda alınacak önlemlerin başında enerji tasarrufu çalışmaları gelmektedir. TTK'da gerçekleştirilen bu tür çalışmalar sonucunda, 2001 yılı içinde, bir önceki yıla göre yaklaşık $12 \cdot 10^6$ kWh aktif enerji tasarrufu sağlanmıştır. Bu bildiri TTK'da sürdürülmekte olan enerji tasarrufu çalışmalarını ve enerji kullanımındaki verimliliğin artırılması için önerilerimizi içermektedir.

ABSTRACT

Efficiency in energy utilization has a strategic importance since it requires consumption of a country's energy systems more economically, minimization of their effects on environment and, hence, utilization of natural resources more efficiently. Energy saving studies are among the top priorities for measures to reduce energy consumption. As a result of such studies carried out at TTK, active energy savings of $12 \cdot 10^6$ kWh have been realized in 2001, compared to the previous year. This paper involves the energy saving studies being carried out at TTK and our recommendations to improve the efficiency in energy utilization.

1. TTK'DA ENERJİ TASARRUFU ÇALIŞMALARI

Elektrik enerjisi bugün artık yalnız alternatif akım enerjisi olarak üretilir ve dağıtılır. Tüketicilerin çektikleri alternatif akımın, teorik bakımdan biri aktif diğeri ve diğeri reaktif akım olmak üzere, iki bileşenden oluştuğu kabul olunur. Alternatif akımın meydana getirdiği aktif güç, tüketici tarafından faydalı hale getirilir; örneğin motorlarda mekanik güce, ısı tüketicilerinde termik güce ve aydınlatma tüketicilerinde aydınlatma gücüne dönüşür. Reaktif akımın meydana getirdiği reaktif güç ise faydalı güce çevrilemez. Reaktif güç, yalnız alternatif akıma bağlı bir özellik olup, elektrik tesislerine istenmeyen bir şekilde tesir eder; generatörleri, transformatörleri, hatları, bobinleri füzuli olarak işgal eder ve lüzumsuz yere yükler, ayrıca bunların üzerinde ilave ısı kayıplarına ve gerilim düşümlerine yol açar.

Her ne kadar reaktif güç faydalı güce çevrilemez ise de, bundan tamamen de vazgeçilemez. Reaktif güç sarfiyatı kontrolsüz ve başıboş bırakılırsa, güç katsayısı o kadar düşebilir ki, nihayet bütün üretici ve dağıtıcı tesisler, aktif güç bakımından normal kapasitelerinin çok daha altında çalışmak zorunda kalırlar. Böylece bir taraftan ekonomik olmayan bir işletme meydana geleceği gibi diğer taraftan enerji sıkıntısı baş gösterir, işte bu sorumsuz ve ekonomik şartlar bakımından kötü duruma bir son vermek için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığımız zaman zaman müşterilerine güç katsayısını belirli bir değerin altına düşürmemelerini şart koşar (Bayram, 1997).

Aktif ve Reaktif enerji girişinden sonra acaba, TTK da elektrik enerji tüketimi, kömür üretimine bağlı olarak nasıl değişiyor, bu değişimi 2000 ve 2001 yılı için incelemeye çalışalım:

Çizelge 1. TTK da üretim-tüketim değerleri.

T T K	Y İ L		F A R K
	2000	2001	
Tuvenan Üretim {ton}	3.196.643	3.492.135	+295.492
Satılabilir Üretim {ton}	2.256.768	2.356.777	+100.009
Aktif Enerji Tüketimi (kw/h)	271.117.430	258.979.688	-12.137.742
Reaktif Enerji Tüketimi {kvarh}	101.748.364	70.322.315	-31.426.049
Enerji Tüketimi {kwh/tv.ton}	85	74	-11
Enerji Tüketimi {kwh/stb.ton}	120	110	-10
Ortama Güç Katsayısı Cos ϕ	0,935	0,964	-

Çizelge 1'den görüleceği gibi, 2001 yılı aktif enerji tüketiminde, 2000 yılına göre bir azalma (-12-10 kwh) var, acaba bu azalmada, yapılan enerji tasarrufunun mu yoksa kömür üretiminin mi payı var. Bu soruya Çizelge 1'i inceleyerek cevap verelim. 2001 yılında:

- Kömür üretimlerinde artış,
- Güç faktörü Cos ϕ değerinde düzelme,

- Ton başına enerji tüketimlerinde düşüş var.

Buradan şu sonucu çıkarabiliriz:

"Artan kömür üretimine karşılık azalan enerji tüketimi, başka bir deyişle enerji tasarrufu"

2 . ENERJİ TASARRUFUNA NEDEN OLAN ÇALIŞMALAR

2.1 Basıncı Hava Kaçağının Önlenmesi

Basıncı hava şebekelerindeki kaçaklar önlenmiş ve terk edilen galerilerdeki şebekeler sökülüştür.

Acaba, basıncı hava kaçağının oluşturduğu kayıp enerji ve karşılık değerleri nedir?. Çizelge 2 de verilmiş olan $d=(j>1 mm)$ delik çapı için inceleyelim:

Debisi $3,6 m^3/h$ olan $20^\circ C$ deki havayı, $100 kPa$ basınçtan $600 kPa$ basınca kadar sıkıştırmak için kompresöre verilmesi gerekli olan güç $0,3 kw$ yani enerji kaybı $0,3 kwh$, yılda (350 gün) ise $2520 kwh$ dır $1 kwh$ enerjinin $100 000 TL$ olduğu düşünülürse, $1 mm$ delikten kaçan havanın maliyeti en az $252.000.000 TL$ olur. Kurumumuzda çalışan binlerce metre basıncı hava şebekesi olduğuna göre, her biri enerji kaybına neden olan kim bilir kaç tane $1 mm$ kaç tane $10 mm$. lik delik vardır.

Çizelge 2 6 Bar basınçta, hava kaçağının delik çapına bağlı olarak oluşturduğu enerji kaybı. (Atlas Copco,1998).

Delik Çapı (mm.)	•	•	•	•
	1	3	5	10
Kaçak (6 bar da)	1	10	27	105
(m^3/h)	3,6	36	97,2	378
Kompresörün gerektirdiği güç (kw)	0,3	3,1	8,3	33
Kayıp I .nerji ($Jçwh/Yit$)	2520	26040	69720	277200

2.2 Kompresörlerde Verimliliğin Arttırılması

Kurumumuzda ,oasırcıh hava üreten santrifüj kompresörlerin;

Kurulu gucu : $22 780 kw$ (Nominal değer)

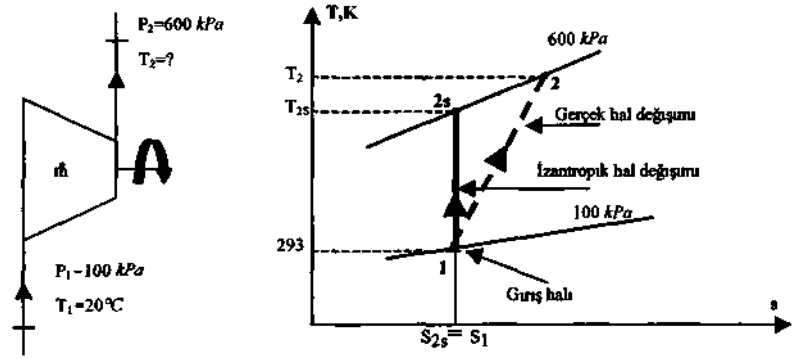
İşletne (üçü : $14.429 kw$

dır

Son derece pahalı olan basıncı hava üretimi ve dolayısıyla güç yutan makinalar olarak tarif edilebilen kompresörlerin acaba çalışma verim'ng. var mıdır? Başka bir 'V işle,

kompresörler üretilen basınçlı havaya karşılık gelmesi gereken enerjiyi mi yoksa daha fazlasını mı tüketiyorlar? Özetle, "Kayıp Enerji" değeri hangi boyutlardadır? sorularına cevap bulmaya çalıştık.

Önce, kompresör gücünün hesaplanması ile ilgili yöntemi bir örnekle açıklamaya çalışalım ve bu örnek; "Hava,sürekli akışlı bir adyabatik kompresörde 100 kPa basınç ve 20 °C sıcaklıktan, 600 kPa basınca sıkıştırılmaktadır. Havanın hacimsel debisi 3,6m³/h dır.Kompresörün adyabatik verimi %80 kabulü ile, kompresörü çalıştırmak için gerekli gücün hesaplanması" şeklinde olsun.



Şekil 1. Örneğin genel çizimi ve T-s diyagramı.

Sistemin genel çizimi ve hal değişiminin T-s diyagramında gösterimi yukarıda verilmiştir. Verilen koşullarda hava mükemmel gaz kabul edilebilir, çünkü kritik nokta değerleriyle karşılaştırıldığı zaman sıcaklığı yüksek, basıncı düşüktür (Havanın ana bileşeni azot için $T_{ir} = -147^{\circ}\text{C}$ ve $p_{cr} = 3390/\text{fcPa}$).

Kompresörün gerektirdiği güç,sürekli akışlı açık sistemler için enerjinin korunumu denklemini

$$\dot{Q} - \dot{W} = \dot{m} \cdot (\Delta h + \Delta ke + \Delta pe) \quad [1]$$

kullanarak hesaplanabilir.

Kompresörün adyabatik olduğu göz önüne alınır,kinetik ve potansiyel enerji değişimleri ihmal edilirse:

$$\dot{W} = -\dot{m} \cdot (h_2 - h_1) \quad [2]$$

olur.

m - Havanın kütle debisi

$$\dot{m}(\text{kg/s}) = \rho_{20^\circ\text{C}}(\text{kg/m}^3) \cdot Q(\text{m}^3/\text{s}) \quad [3]$$

$\rho_{20^\circ\text{C}}$ - Havanın 20 °C deki yoğunluğu

$$\rho_{20^\circ\text{C}} = \frac{P_1}{RT_1} \quad [4]$$

R - Gaz sabiti [Hava için 0,287 kPa·m³/(kg·K)]

$$\rho_{20^\circ\text{C}} \sim \frac{100\text{kPa}}{[0,287 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3 / (\text{kg} \cdot \text{K})] \cdot (293 \text{ K})}$$

$$\rho_{20^\circ\text{C}} \cong 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot \frac{3,6}{3600} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m} = 0,0012 \text{ kg/s}$$

Mükemmel gazın entalpi sadece sıcaklığın fonksiyonudur ve hı değeri hava tablosundan giriş sıcaklığı için okunabilir:

$$T_1 = 295^\circ\text{K} \quad (293^\circ\text{K yerine)} - \rightarrow h_1 = 295,17^\circ\text{K} \quad (\text{Çengel, 1996})$$

P_r - Bağıl basınç (boyutsuz bir büyüklük)

h_{2s} 'in belirlenmesi için mükemmel gazların izantropik bağıntılarından biri, örneğin

$$P_{r2} = P_{r1} \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad [5]$$

denklemleri kullanılır:

$$P_{r1} = 1,3068 \frac{100\text{kPa}}{100\text{kPa}}$$

$$P_{r2} = 7,8408$$

ve

$$P_r = 7,824 \text{ (7,8408yerine) } \rightarrow h_{2s} = 492,4 \text{ kJ/kg} \quad (\text{Çengel, 1996})$$

Çıkıştaki entalpi değeri h_2 yi bulmak için, entalpilerle adyabatik verim arasındaki

$$\eta = \frac{h_2 - h_1}{h_{2s} - h_1} \quad [6]$$

denklemini kullanılır. (η_k , gerçek hal değişiminin izantropik hal değişiminden sapmasını gösterir. Gerçek hal değişimi, izantropik hal değişimine ne kadar yakın olursa makinenin çalışması o ölçüde iyi olacaktır. $\eta_k = 0,75 \dots 0,85$)

Bilinen değerler ile,

$$\eta = \frac{492,4 - 295,17}{h_2 - 295,17}$$

$$h_2 = 542,13 \text{ kJ/kg}$$

$$W = (-0,0012 \text{ kg/s}) [(542,13 - 295,17) \text{ kJ/kg}]$$

$$W = -0,296 \text{ kW} = -0,31 \text{ hp}$$

olarak bulunur. Dikkat edilirse, kompresörün gerektirdiği gücü hesaplarken h_m değil h_2 değeri kullanıldı. Bunun nedeni kompresör çıkışındaki gerçek entalpi değerinin h_2 olmasıdır, h^* ise havanın izantropik hal değişimi sonunda elde edilen sanal bir değerdir.

Çizelge 3 incelenirse:

Armutçuk, Kozlu, Üzülmez ve Karadon Müesseselerinde halen kullanılmakta olan 9 kompresör üzerinde, basınçlı hava üretimi-harcanan enerji ölçümü yapılmış ve hem izantropik hem de izotermik sıkıştırma model olarak alınarak şu sonuçlar ortaya çıkmıştır:

- Adyabatik verim %41 değerine kadar düşmüş,
- Toplam kayıp enerji ortalama $-25-10^6 \text{ kWh/yıl}$ 'a yaklaşmış.

Bu durumda TTK ne yapmıştır?. TTK Kompresörlerini, modern teknolojinin özelliklerini taşıyan yüksek verimli akıllı kompresörler (vidalı tip) ile yenilemeye karar vermiş ve ;

- $Q \cong 5000 m^3 / h$, $\dot{W}_{\text{tam yükte}} = 466 \text{ kw}$, $\dot{W}_{\text{bosta}} = 68 \text{ kw}$ karakteristik değerlerinde 5 adet (Amasra:2;Uzulmez:2;Karadon:1).

- $Q \cong 7500 m^3 / h$, $\dot{W}_{\text{tam yükte}} = 712 \text{ kw}$, $\dot{W}_{\text{bosta}} = 105 \text{ kw}$, karakteristik değerlerinde 3 adet (Karadon-Gelik).

ATLAS COPCO vidalı,yağsız,iki kademeli,su soğutmalı kompresörleri satın almıştır. Bu yenilemeden dolayı, Amasra ve Üzülmaz Müesseselerindeki enerji tasarrufu 2001 yılı için yaklaşık olarak $3 \cdot 10^6 \text{ kwh}$ olmuştur.

TTK Bundan sonra ne yapacaktır?. TTK daha akıllı kompresörler (değişken devirli) satın alarak ihtiyaç duyulananın tam karşılığı kadar basınçlı havayı minimum enerji harcamasıyla sağlayacaktır (Şekil 2) diye düşünüyoruz.

2.3 Kat Pompalarında Verimliliğin Arttırılması

Üzülmaz Müessesesi -170 katından günde ortalama 16120 m^3 su, $Q = 360 m^3 / h$, $H_m = 275 \text{ mSS}$, $\eta_g = 0,82$ karakteristik değerli MAZ imalatı pompalarla dışarı (+38) atılmaktadır. MAZ tarafından yapılan ölçümlerde; $Q_{\text{gerçek}} = 280 m^3 / h$, $H_{m_{\text{gerçek}}} = 220 \text{ mSS}$, $I_{\text{motor}} = 50 \text{ A}$ değerine göre kavitasyonsuz çalışan pompayı ele alalım.

- Pompa mil gucu (Gerçek),

$$N_{e_{\text{gerçek}}} = \sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \text{Cos}\phi \cdot \eta_{\text{motor}} \quad [7]$$

$$N_{e_{\text{gerçek}}} = \sqrt{3} \cdot 50(A) \cdot 3,3(kV) \cdot 0,80 \cdot 0,98 = 224 \text{ kw} \cong 305 \text{ BG}$$

- Pompa Genel Verimi (Hesap),

$$N_{e_{\text{gerçek}}} = \frac{\gamma \cdot Q_{\text{gerçek}} \cdot H_{m_{\text{gerçek}}}}{75 \cdot \eta_{\text{hesap}}} \quad [8]$$

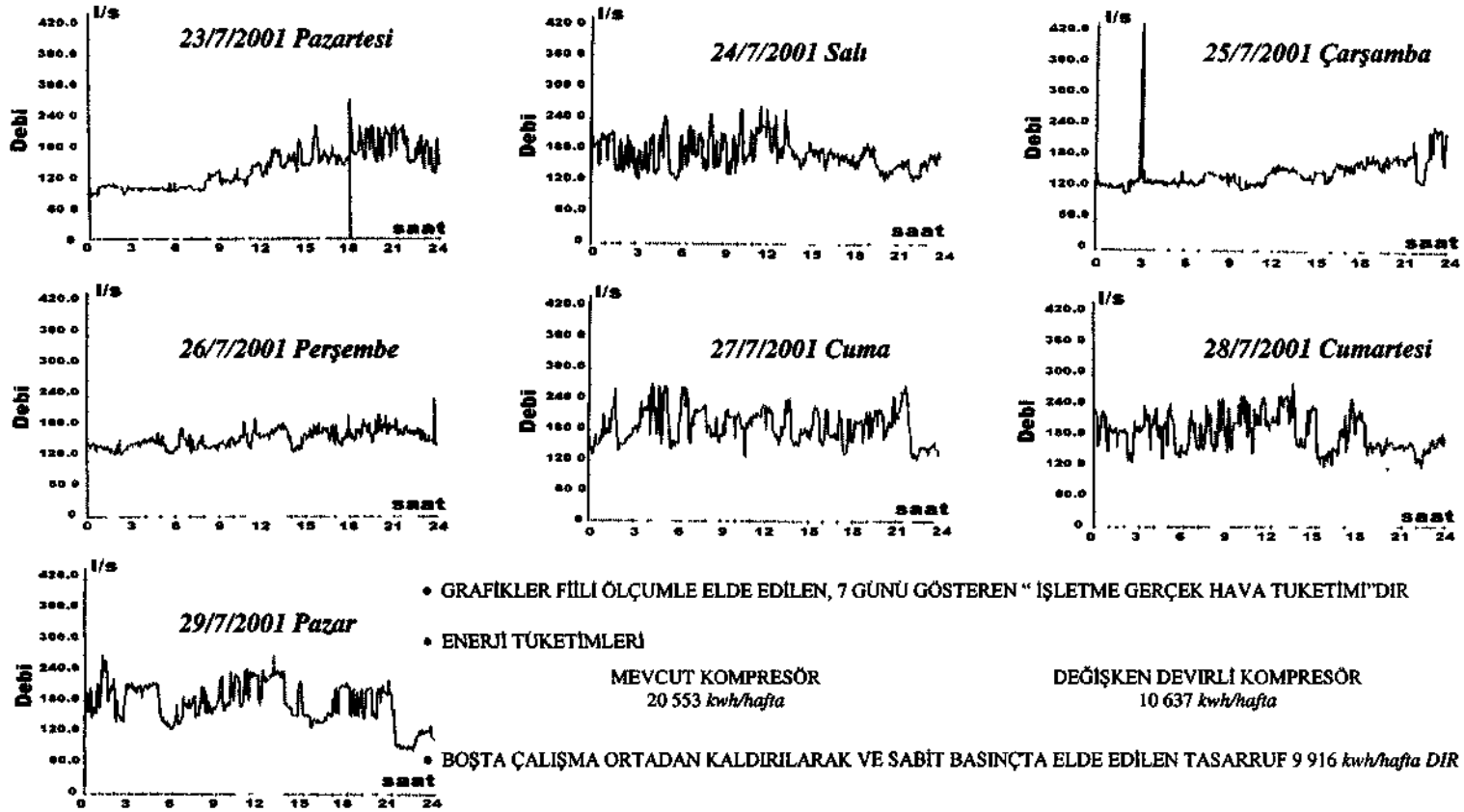
$$305 = \frac{10^3 \cdot (280/3600) \cdot 220}{75 \cdot \eta_{\text{hesap}}} \rightarrow \eta_{\text{hesap}} \cong 0,75$$

Çizelge 3. Basıncılı hava üretimi ve karşılık enerji değerleri.

KOMPRESÖRLER		Nominal Değerler						Ölçülen Değerler					Hesaplanan Değerler						
		Debi (m ³ /h)(S)	Basınç (bar)	Güç (BG)	Güç (kw)	Gerilim (kV)	Çalışma Yılı	Çalışma (gün/yıl)	Debi (m ³ /h)(S)	Basınç (bar g)	Akım (A)	cosφ	Güç (kw)	(Adyabatik Sıkıştırma)			(İzotermik Sıkıştırma)		
													Güç (kw) max.	Kayıp Güç (kw) min	Kayıp Enerji (kwh/yıl) min	Güç (kw) min	Kayıp Güç (kw) max.	Kayıp Enerji (kwh/yıl) max.	
Armutçuk	CENTAC AR110-1	20000	8,75	2500	-	3,3	1976	300	15118	5,4	340	0,95	1846	1291	555	3996000*	987	859	6184800*
	CENTAC AR110-2								13971		295		1602	1193	409	2944800	912	690	4968000
Kozlu	AEG EV 318/5	34000	7,56	-	3400	3,3	1958	120	23134	5,1	460	1,00	2629	1910	719	2070720*	1446	1183	3407040*
	DEMAG VK 28	30000	7,50	-	2800		1966	245	27670	5,7	490	0,85	2550	2439	111	652680*	1884	666	3916080*
Üzülmöz	DEMAG VK 20-1	20000	7,50	-	1950	3,3	1966	365	12459	4,6	340	0,98	1904	984	920	8059200*	755	1149	10065248*
	DEMAG VK 20-2							365	11616	5,6	330	0,95	1850	1031	819	7174440	771	1079	9452040
Karadon	AEG EV 318/5	34000	7,56	-	3400	3,3	1958	365	29656	5,4	510	0,85	2600	2533	67	586920	1970	630	5518800
	DEMAG VK 28-1	30000	7,50	-	2800	3,3	1966	365	28742	5,3	520	0,94	2750	2381	369	3232440*	1856	894	7831440*
	DEMAG VK 28-2							300	26093	5,6	540	0,90	2750	2233	517	3722400*	1728	1022	7358400*

Toplam Kayıp Enerji* (kwh/yü) :21.733.440 (min) -38.763.008 (max) -25-10⁶ kwh/yü kabul edilebilir.

* Çalışan kompresörler



Şekil 2. Değişken devirli (VSD) kompresörün haftalık çalışma diyagramları. (Atlas Copco,2001).

Şimdi, aynı pompayı $r_g = 0,82$ verimle çalıştırdığımızı varsayalım. Pompa mil gücü, $N_{e,r} \cong 205kw$ olarak hesaplanır.

$N_{e,r} - N_{e,v} = 224 - 205 = 19kw$ Yani 280 m^3/h debili pompa verimindeki artış bize 1 saatte 19 kwh enerji tasarrufu sağlar. Saatte $(16120/24) = 672m^3$ su dışarı atıldığına göre 1 saatteki enerji kazancı $(6 \cdot 2280) - 19 = 46kwh$, 1 Yılda (350 gün) ise $46 \cdot 24 \cdot 350 = 386400$ kwh olur. (kaba bir yaklaşımla). Üzülmez müessesesi -170 katında, pompa işletme verimliliğini artırmak dolayısıyla enerji tasarrufu yapmak düşüncesiyle hazırlanmış olduğu dalgıç pompa havuzuna (ki ,istenilen her türlü özelliğe sahiptir); nominal değerleri $Q = 330m^3/h, H_m = 230mSS$ ve $r_g = 0,82$ olan iki adet dalgıç pompanın montaj çalışmalarını sürdürmektedir.

Kozlu müessesesinde ise, -200 katından günde ortalama 9000 m^3 su dışarı (+13) atılmaktadır. Bu işlemi gerçekleştiren kat pompalarında MAZ tarafından yapılan ölçüm değerlerine göre, pompaların genel verimleri $t_g = 0,33 \cdot \cdot \cdot 0,48$ arasında değişmektedir. Çalışma koşullarının proje işletme karakteristik değerlerine uygun ve günümüz teknolojisinin 0,82'lere varan verimli pompaları göz önüne alınırsa, -425,-300,-200 kat pompalarının bize sağlayacağı enerji tasarrufu, kaba bir yaklaşımla yılda en az $4 \cdot 10^6$ kwh olacaktır (Hesap değeri).

2.4 Basınçlı Hava Makinalarının Azaltılması

2.4.1 Basınçlı Havalı Paletli Pompa (Nargile Tulumba);

Karakteristik değerleri $Q = 25,2m^3/z, H_m = 30mSS, t_g = 0,75$, işletme basıncı $4 \cdot \cdot \cdot 6 l w$ normal şartlardaki hava sarfiyatı $300 m^3/h$

Önce, Qm^3/A havayı $P_1 = 1 bar$ basınç ve $T_1 = 20^\circ C$ sıcaklıktan $P_2 bar$ basınca sıkıştırabilmek için $r_k = 0,80$ adyabatik verimli kompresörün gerektirdiği gücü ampirik olarak hesaplayalım:

• $P_2 = 6 bar$ için;

$$\dot{W} = -\dot{m} \cdot (h_2 - h_1) \quad (\text{Eşitlik 2}) \rightarrow \dot{W}_{6bar} = -Q_{hava} \cdot 1,2 \cdot (542,13 - 295,17)$$

$$\dot{W}_{6bar} \cong -296,4 \cdot Q_{hava} \quad \frac{\dot{W}_{6bar}}{kw} \bigg| \frac{Q_{hava}}{m^3/s} \quad [9]$$

$$\dot{W}_{6bar} \cong -0,082 \cdot Q_{hava} \quad \left. \frac{\dot{W}_{6bar}}{kw} \right| \frac{Q_{hava}}{m^3/h} \quad [10]$$

$$\bullet P_2 = 7 \text{ bar için; } \rightarrow \dot{W}_{7bar} = -Q_{hava} \cdot 1,2 \cdot (570,1575 - 295,17)$$

$$\dot{W}_{7bar} \cong -330 \cdot Q_{hava} \quad \left. \frac{\dot{W}_{7bar}}{kw} \right| \frac{Q_{hava}}{m^3/s} \quad [11]$$

$$\dot{W}_{7bar} \cong -0,09 \cdot Q_{hava} \quad \left. \frac{\dot{W}_{7bar}}{kw} \right| \frac{Q_{hava}}{m^3/h} \quad [12]$$

$$Q = 300 m^3/h \text{ olduğuna göre, } \dot{W}_{6bar} = -0,082 \cdot 300 \cong 24 kw$$

Pompa elektrikli olsa idi pompanın gerektirdiği güç,

$$N_e = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{75 \cdot \eta_e} \quad (\text{Eşitlik 8})$$

$$N_e = \frac{(1000 kg/m^3) \cdot (25,2/3600 m^3/s) \cdot (30 mSS)}{75 \cdot 0,75} = 3,7 BG = 2,7 kw$$

$N_e = 3kw$. Görüldüğü gibi, basınçlı hava üretiminin paletli pompa için elektrik enerjisine göre;

$$\dot{W}_{6bar} / N_e = 24/3 = 8 \text{ kat daha pahalı olduğu görülür. İşte bir enerji tasarrufu daha.}$$

2.4.2φ 400 mm. Kanatçıklı Tip Vantilatör

Karakteristik değerleri: $Q = 143 m^3/dak.$, $R_m = 20 mmSS$, işletme basıncı $4--6bar$, normal şartlardaki hava sarfiyatı $175 m^3/h$.

$$\dot{W}_{6bar} \cong -0,082 \cdot Q_{hava} = -0,082 \cdot 175 \cong -14kw \text{ gücünde bir kompresöre ihtiyaç var.}$$

Elektrikli pervaneler:

- 10 HP Joy;

$$Q = 4000 Cfm = 112 m^3/dak, H_m = 8,8 SS = 223,52 mmSS$$

- 2x4,5 kw Korffman;

$$Q = 170 \text{ m}^3 / \text{dak}, H_m = 180 \text{ mmSS}$$

Bu bağlamda, müesseselerimiz; nargile tulumba, vantilatör gibi basınçlı hava makinalarının sayısını azaltarak enerji tasarrufuna büyük ölçüde katkıda bulunmuşlardır.

2.5 Kompanzasyon Tesislerinin Kurulması

Bildirimiz girişinde, aktif ve reaktif enerji kavramları ile ilgili kısa bir bilgi vermiştik. Q reaktif, P aktif güç olmak üzere,

$$\text{tg}\varphi = \frac{Q}{P} \quad [13]$$

ifadesindeki saçısının kosinusüne yani $\text{Cos}\varphi$ 'ye güç katkısı denir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 17.02.2000 tarih ve 23967 sayılı resmi gazetede yayınlanan tebliğine göre de bu faktörün 0,95--1 arasında olması gerekmektedir. Acaba,güç katsayısının düzeltilmesini isteyen böyle bir tebliğe neden gerek duyuldu?. Önce kompanzasyonun " Tüketicilerin normal olarak şebekeden çektikleri endüktif gücün, kapasitif yük çekmek suretiyle özel bir reaktif güç üreticisi tarafından dengelenmesine kompanzasyon denir" şeklinde tarifini yapalım ve güç katsayısının düzeltilmesinin (kompanzasyon) yararlarını görelim:

- Şebekedeki yararları;
 - Şebekenin güç taşıma yeteneğinin arttırılması
 - Şebeke ısı kaybının azaltılması
 - Gerilim düşümünün azalması
- Tüketicideki Yararlar;

Kompanzasyon yolu ile güç katsayısının düzeltilmesi halinde tüketici, reaktif enerji sarfiyatı için elektrik kurumuna bir ücret ödemekten kurtulur.

Şimdi, güç katsayısının düzeltilmesinin yararlarını,TTK için sayısal olarak görelim ve irdeleyelim:

2001 yılında;

Aktif Enerji Tüketimi : 258.979.688 kwh

Reaktif Enerji tüketimi : 70.322.315 kvarh

- Güç katsayısı 0,935 (2000 Yılı) den 0,964 (2001 Yılı)'e yükseldiğine göre, şebeke kayıplarında sağlanan kazanç

$$\text{Şebeke kayıp kazancı} = \left[1 - \left(\frac{\text{Cos}\varphi_1}{\text{Cos}\varphi_2} \right)^2 \right] \cdot 100 \quad [14]$$

$$\%Z = \left[1 - \left(\frac{0,935}{0,964} \right)^2 \right] \cdot 100 = \%5,92 \cong \%6$$

- Tasarruf edilen enerji,

Şebeke kayıplarının ortalama %5 olduğu kabul edilirse,

$$\text{Şebeke kaybı} = 258.979.688 - 0,05 = 12.948.984,4 \text{ kwh}$$

$$\text{Şebeke kayıp kazancı} = 12.948.984,40,06 = 776 939.064 \text{ kwh}$$

$$\text{Tasarruf edilen enerji} = 7,8 \cdot 10^5 \text{ hvhl}(2001 \text{ Yılı})$$

- Şebekenin güç taşıma yeteneğindeki artış;

$$\% \Delta P = 100 \cdot \left(\frac{\text{Cos}\varphi_2}{\text{Cos}\varphi_1} - 1 \right) \quad [15]$$

$$\% \Delta P = 100 \cdot \left(\frac{0,964}{0,935} - 1 \right) \cong \%3,1 \text{ olur.}$$

- Reaktif enerji ücreti;

2000 yılı reaktif enerji değerleri esas alınarak, 2001 yılında Cos φ 0,95 ten daha küçük olsaydı yani kompanzasyon tesisleri kurulmasaydı 2001 yılı için TTK, elektrik kurumuna yaklaşık olarak 4,2 • • • 4,4 trilyon TL (KDV dahil) ceza ödeme durumunda kalacaktı.

3. SONUÇLAR

Üretimde enerji verimliliğinin artırılması için önemli seçeneklerden biri olan enerji tasarrufunu TTK, 2001 yılında bir önceki yıla göre $12 \cdot 10^6 \text{ kwh}$ olarak gerçekleştirmiştir. Peki, TTK ne yapmıştır?

Enerji tasarrufu , verimlilik ve talep yönetimi konusunda plan ve program, uygulamaya sokulmuştur, örneğin :

- Basınçlı hava kayıplarının önlenmesi,
- Kompresörler ve kat pompalarındaki verimliliğin artırılması,
- Basınçlı hava makinalarının azaltılması,
- Kompanzasyon tesislerinin kurulması,
- Bilgilendirme-bilinçlendirme toplantılarının yapılması,gibi.

Hedefimiz, üç yıl içerisinde yeniden yapılanma çalışmalarına devam etmek ve kömür üretimini düşürmeden yılda $25 \cdot 10^6 \text{ kwh}$ aktif enerji tasarrufu sağlamaktır.

KAYNAKLAR

Atlas Copco (1998) *Compressed Air Manual*, Atlas Copco Co., s.154.

Atlas Copco (2001) *DeneySEL Olgum Değerleri*, Atlas Copco Co.

Bayram M. (1997) *Reaktif Güç Kompanzasyonu*, EMO izmir Şubesi, s.247.

Büyüktür,A.R. (1985) *Termodinamik*, Uludağ Üniversitesi, Bursa, s.400.

Çengel, A.Y. ve Derbentli,T. (1996) *Termodinamik*, Literatür Yayıncılık, istanbul, s.867.

Eğrican, A.N. ve Atılğan, H.(1985) *Termodinamik*, Emin Ofset, istanbul, s.591.

UZUNAYAK MADENCİLİĞİNDE DURAYLI TOPUK TASARIMI

STABLE PILLAR DESIGN IN LONGWALL MINING

Hüseyin YAVUZ, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mük-Mim. Fak, 32260 İsparta

ÖZET

Bu bildiri de, topuk tasarımında yaygın olarak kullanılan yöntemler verilmiş olup oda topuk yöntemiyle üretim yapılan ocaklardaki kare topukların tasarımında kullanılan görgül topuk dayanım bağıntıları uzun topuklara uyarlanarak karşılaştırılmış ve uzunayak madenciliğinde kullanılabilirlikleri tartışılmıştır. Panoların tabanyollar arasında bırakılan topuklara göçük bölgesinden aktarılan yüklerin belirlenmesi ve bunların topuk tasarımına etkisi ayrıca verilmektedir. Yöntemlerin karşılaştırılması ve duraylı topuk genişliğinin analizi amacıyla GLİ Ömerler yeraltı ocağı örnek olarak seçilmiştir. Bu ocak için duraylı topuk genişliği 30 m olarak önerilmektedir.

ABSTRACT

In this article, methods, commonly used pillar design methods, have been given and empirical square pillar strength equations used for the design of square pillars in room and pillar mining, after rearranged for long pillars, have been compared and their applicability to longwall pillars have been discussed. Determination of loads transferred from caving zone onto the pillar left between gateroads of the panels and its effect on the pillar design have been also given. GLİ Ömerler underground mine has been chosen for the comparison of the methods and for analysis of a stable pillar width. A stable pillar width of 30 m has been suggested for this coal mine.

1. GİRİŞ

Uzunayak madenciliği son yıllardaki teknolojik gelişmeler ile randımanı yüksek bir üretim yöntemi olarak önemini korumaktadır. Yüksek üretim kapasitesi, sürekliliği ve özellikle derin ocaklarda da topuk yöntemiyle üretimde kömür kaybının artması nedeniyle tercih edilen bir yöntemdir. Uzunayak üretim yönteminin başarısı, taban yollarının üretim boyunca duraylı kalmasına bağlıdır. Başarısız bir tasarım, taban yolunda aşın tamir ve tarama masraflarına yol açabileceği gibi, oluşacak göçükler ile ölümcül kazalar ve uzunayakta üretimin günlerce aksamasıyla da sonuçlanabilir. Bu açıdan panoların tabanyollar arasında bırakılacak topuğun genişliği, taban yoluna gelecek yüklerin kontrolü açısından önemlidir.

Genel olarak topuk boyutunun tasarımında gözömine alınan faktör, topuğun eski üretim panosundan ve derinlikten kaynaklanan basımları taşıyacak genişlikte olmasıdır. Bu tür topuklar maruz kaldıktan basıncı, topuğun elastik sınırın aşılmadan üzerine gelen yükleri taşıyacak genişlikte tasarlanırlar. İngiltere de bu tür geniş topuklar, genellikle 1/10 derinlik +10 metre kuralına veya Wilson'un (1983) önerdiği analitik yöntemle göre tasarlanırlar. Duraylı topuk genişliğinden daha az, yenilme topuk genişliğinden ise daha fazla genişlikte tasarlanırlar. Kritik topuk olup taban yollarının yüksek gerilmelere maruz kalması dolayısıyla duraysızlıklarla sonuçlanabilir. Bu çalışmada, emniyetli bir çalışma ortamı için gerekli topuk genişliği tasarımında kullanılacak yöntemler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Topuk tasarımı üzerine çok sayıda ampirik, analitik yöntem mevcut olmakla beraber en yaygın olarak kullanılan yöntemlere bu bildiride yer verilmektedir. Yöntemlerin önerdiği duraylı topuk genişliğinin analizi için GLİ Ömerler yeraltı ocağı örnek olarak seçilmiştir.

2. TOPUK DAYANIMININ GÖRGÜL YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ VE UZUN KORUYUCU TOPUKLARIN MARUZ KALACAĞI YÜKLERİN TAKDİRİ

Görgül bağıntılar, teoriden ziyade ölçüm, gözlem ve tecrübeye dayanan yöntemlerdir. Bir görgül eşitliğin geliştirilmesinde, başarılı ve başarısız topuk boyutları analiz edilerek, topuğun dayanımı ile genişlik/yükseklik oranı arasında bir bağıntı kurulur. Bütün görgül topuk dayanım eşitlikleri aşağıdaki gibi genelleştirilebilir.

$$S_p = S_1 \left[A + B \left(w_p / h_p \right) \right] \quad [1]$$

$$S_p = S_1 \left(w_p^a / h_p^b \right) \quad [2]$$

Eşitliklerde, S_p : topuğun basınç dayanımı (MPa), S_1 : kömür kütlelerinin basınç dayanımı (MPa) olup Salamon ve Munro'nun (1967) eşitliğinde, 7.2 gibi sabit bir değer, w_p : topuk genişliği (m), h_p : topuk yüksekliği (m) ve A, B, a ve b: boyut etkisine bağlı sabitler olup Çizelge 1 'de verilmektedir.

Çizelge 1. Topuk basınç dayanımı eşitliklerinin detayları

Araştırmacı	A	B	a	b	Tavsiye edilen emniyet faktörü
ObertveDuvaH(1967)	0 778	0 222	-	-	15-2
Holland (1973)	-	-	0.5	0.5	>1
Bieniawski (1984)	0.64	0 36	-	-	15-2
Salamon ve Munro (1967)	-	-	0.46	0 66	16

Yukarıda verilen topuk dayanım eşitlikleri kare kesitli topuklar için önerilmiş olup, eşitlikler Hsiung ve Peng' in (1985) önerdiği aşağıdaki eşitlik ile, kare topuğun genişliğiyle eşdeğer olan uzun veya dikdörtgen topuğun etkin genişliği (w^r) bulunarak dikdörtgen veya uzun topuklar içinde kullanılabilir

$$w_{eff} = w_{rp}^{0.43} L_{rp}^{0.15} \quad [3]$$

Eşitlikte w_r Dikdörtgen veya uzun topuğun genişliği, L^r • topuğun uzunluğudur

Wagner (1992), Salamon ve Munro'nun (1967) önerdiği eşitliğin, topuk genişlik/yükseklik oranının 5'den büyük olması durumunda topuğun basınç dayanımını yanlış tahmin edeceğim savunmuş ve topuk hacminin dikdörtgen alanı aşağıdaki eşitliği önermiştir.

$$S_p = S_1 \left(\frac{R_0^{0.5933}}{V^{0.0667}} \right) \left\{ \frac{0.5933}{\epsilon_r} \left(\left[\frac{R_p}{R_0} \right]^{\epsilon_r} - 1 \right) + 1 \right\} \quad [4]$$

Eşitlikte, R_p : topuğun genişlik/yükseklik oranı, R_0 : topuğun kritik genişlik/yükseklik oranı (önerilen değer 5'tir), V • topuk hacmi ve ϵ_r : dayanım artış oranı olup 2.5 olarak önerilmiştir.

Sheorey (1992), topuk dayanımının derinlikle (H , metre) arttığını gözlemlemiş ve duraylı ve duraysız topukların istatistiksel analizi sonucunda topuk dayanımını,

$$S_p = S_1 + \frac{H}{160} \left(\frac{w_p}{h_p} - 1 \right) \quad [5]$$

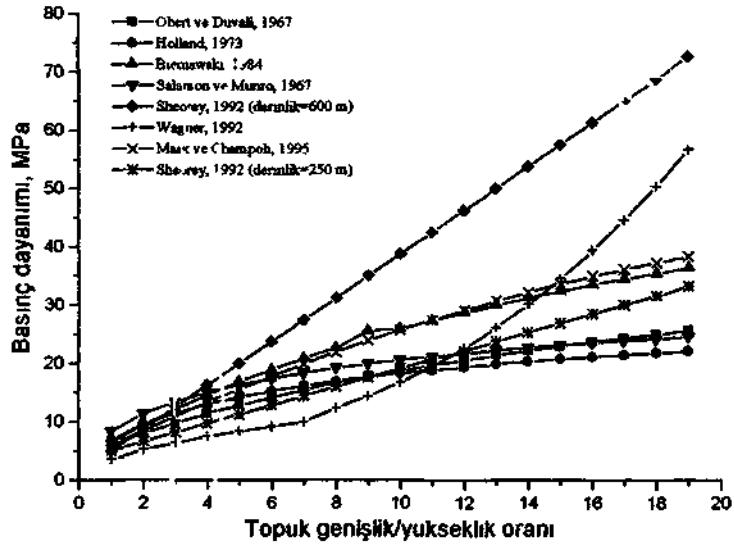
eşitliği ile ifade etmiştir.

Mark ve Champoli (1995), Bieniawski'nin (1984) eşitliğini, topuk içerisinde oluşan gerilme dağılımını gözönünde bulundurarak dikdörtgen veya uzun topuklar için aşağıdaki gibi yeniden düzenlemiştir.

$$S_p = S_1 \left[0.64 + 0.54 \left(\frac{w_p}{h_p} \right) - 0.18 \left(\frac{w_p^2}{h_p L_p} \right) \right] \quad [6]$$

Eşitlikte h, p, L, q ve $w_{,,}$ dikdörtgen topuğun yüksekliği, uzunluğu ve genişliğidir

Topuğun basınç dayanımının, topuğun genişlik/yükseklik oranı ile değişimi, yerinde basınç dayanımı 5 MPa olan komur kütlesi için Şekil 1'de karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Uzun topukların basınç dayanımı, kare topuklar için önerilen Obert-Duvall (1967), Holland (1973), Bieniawski (1984) ve Salamon-Munro (1967) eşitliklerinde topuk genişliği yerine, Eşitlik 3'te verilen etkin topuk genişliği değeri kullanılarak bulunmuştur. Şekil 1'den görüleceği üzere diğer eşitliklerle karşılaştırıldığında, Sheorey'in önerdiği eşitlik, 600 metre çalışma derinliği için, topuğun basınç dayanımını çok yüksek bir değer olarak tahmin etmektedir. Topuk hacmini dikkate alan Wagner'in (1992) önerdiği eşitlik topuk üzerindeki gerilme artışına uygun olarak, topuğun basınç dayanımında üstel bir artış sergilemektedir.

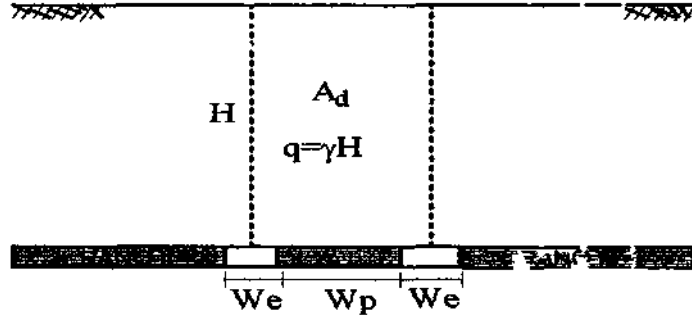


Şekil 1 Topuk basınç dayanımının topuğun genişlik/yükseklik oranı ile değişimi.

Topuğun basınç dayanımının belirlenmesinden sonra, topuğun hazırlık ve üretim aşamasında maruz kalacağı yüklerin belirlenmesi gerekir. Şekil 2'de gösterildiği gibi hazırlık aşaması olarak isimlendirilen göçük oluşumundan önceki durumda topuğun maruz kaldığı derinlik yuku (A_d , MN/m)

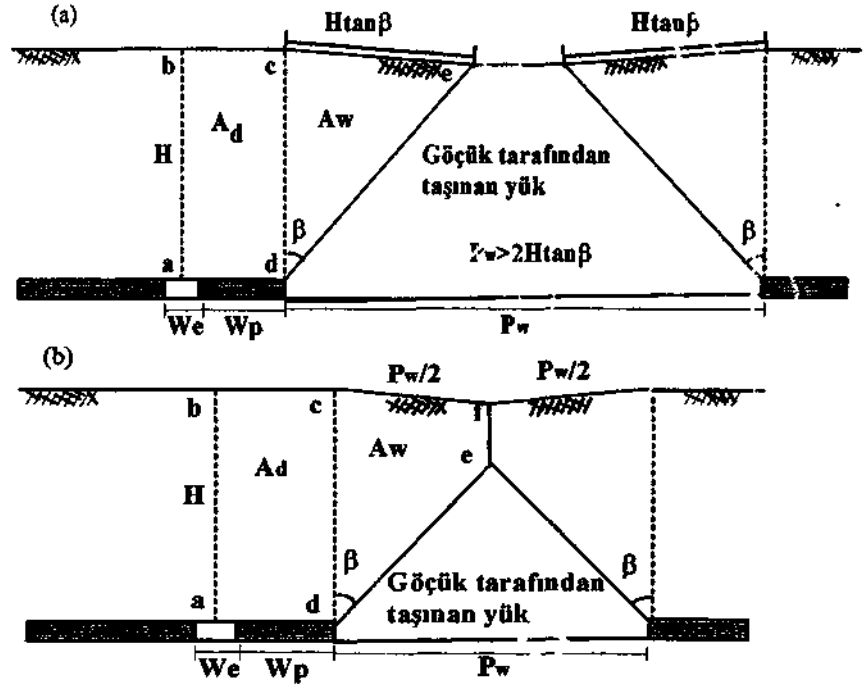
$$A_d = \gamma H (w_p - w_s) \quad [7]$$

eşitliği ile hesaplanabilir. Eşitlikte w_p topuğun genişliği (m), w_s tabanyolunun genişliği (m), H üretim derinliği (m) ve γ topuk üzerindeki tavan tabakalarının ortalama birim ağırlığıdır (MN/m³)



Şekil 2 Panoların hazırlanması aşamasında topuğun yukkme durumu

Panolardan birinin kazısı sonucunda, Şekil 3'te gösterildiği gibi göçük tarafından taşınmayan, yan mesnet yuku diye adlandırılan yük (M) topuk ve hazırlık panosu uzene aktarılacaktır Yan mesnet yuku hesaplanmasında gerekli olan göçük içerisinde derinlik basıncına ulaşılma mesafesi, iki yaklaşımla belirlenebilir Birinci yaklaşım Mark (1990) tarafından önerilmiş olup yeryüzünde maksimum γ_{Lm}^1 başlangıcı ile topuk kenarından geçen doğrunun düşey düzlemlerle yaptığı yükleme açısı olarak tanımlanan açığı (β) dikkate alır (Şekil 3) Diğer bir yaklaşım Wilson (198J) tarafinaan oneilmiş olup derinlik basıncına derinliğin 0.3 katı mesafede erişildiğini one sümüktedir



Şekil 3 a Geniş panolar için yuk tasannu b dar panolar için yuk tasan .

Geniş pano (Şekil 3a) veya dar pano (Şekil 3b) durumlarında abcd dikdörtgeninin alanı vasıtasıyla topuğun maruz kaldığı derinlik yuku;

$$A_d = \gamma H(w_p + w_s / 2) \quad [8]$$

olacaktır. Pano genişliğinin derinlik basıncı mesafesinin 2 katından büyük veya eşit olması ($P_w > 2H \tan \beta$) durumunda (Şekil 3a) cde'nin alanı vasıtasıyla yan mesnet yükü (A_w)

$$A_w = H^2 (\tan \beta) (\gamma / 2) \quad [9]$$

olacaktır. Eşitlik 9 derinlik basma mesafesi $0.3H$ için

$$A_w = 0.15 \gamma H^2 \quad [10]$$

şeklinde yazılabilir

Pano genişliğinin derinlik basıncı mesafesinin 2 katından küçük olması ($P_w < 2H \tan \beta$) durumunda (Şekil 3b) defc'nin alanı vasıtasıyla yan mesnet yükü (A_w)

$$A_w = \gamma \left[(HP_w / 2) - (P_w^2 / (8 \tan \beta)) \right] \quad [11]$$

olacaktır. Eşitlik 11 derinlik basıncı mesafesi $0.3H$ için

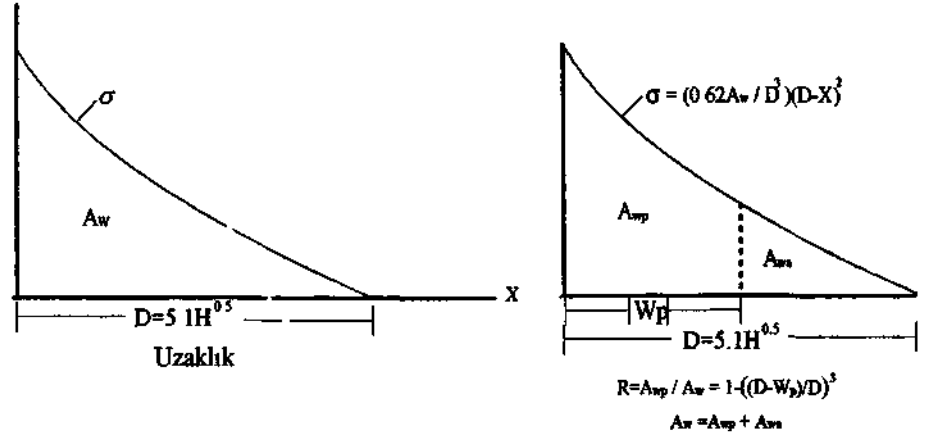
$$A_w = \frac{\gamma P_w}{2} \left[H - P_w / 12 \right] \quad [12]$$

şeklinde yazılabilir

Topuk ve pano üzerine taşınacak yüklerin bulunmasından sonraki aşama, bu yüklerin mesnet üzerindeki etki uzaklığının (D) bulunmasıdır (Şekil 4). Bu uzaklık arazi ölçümlerinin analizi sonucu Peng (1986) tarafından $D=5.1 H^{0.5}$ olarak bulunmuştur. Mesnet üzerinde düşey gerilmelerin dağılımı ve hesaplamaları Şekil 4'de verilmektedir. Topuk yükü, toplam yükün (A_w) oran faktörü (R) ile çarpımı sonucu bulunmakta olup, $R, w_p < D$ olması durumunda

$$R = 1 - \left[\frac{D - w_p}{D} \right]^3 \quad [13]$$

eşitliği yardımıyla bulunabilir. Eğer $w_p > D$ ise $R=1$ yani göçük bölgesinden aktarılan yükün hepsi topuk üzerinde yeralacaktır (Mark, 1990).



Şekil 4 Mesnet üzerinde gerilme dağılımı (Mark, 1990).

Topuğun dayanımının ve üzerine ge'len yüklerin belirlenmesinden sonra, seçilen topuk genişliği için emniyet katsayısının belirlenmesi gerekir. Göçüğün oluşumundan önce yani hazırlık safhasında emniyet katsayısı $SF = S_p / (A_d / w_p)$, göçük oluşumundan sonra ise $SF = S_p / [(A_d + A_w R) / w_p]$ olacaktır. Çizelge 1'de verildiği gibi emniyet katsayısı, seçilen topuk dayanım eşitliğine bağlı olarak 1 ile 2 arasında değişen bir değer olacaktır.

3. TOPUK TASARIMINDA ANALİTİK YÖNTEM

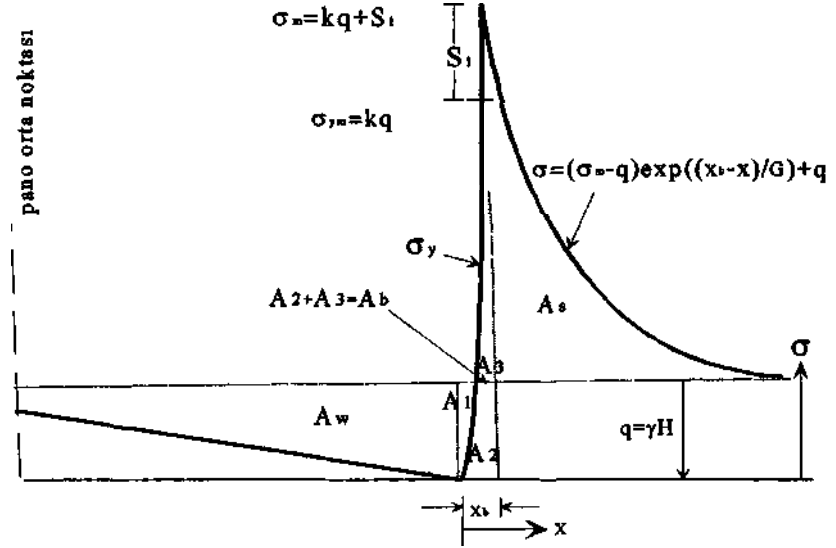
Analitik yöntemler içerisinde en dikkate değer ve uygulama alanı bulmuş olan yöntem ilk defa Wilson ve Ashwin (1972) tarafından öne sürülmüş olan sıkıştırılmış çekirdek (confined core) kuramıdır. Bu kuramda topuktaki yenilme kritik gerilmeli bölgeden yani topuk kenarından başlayarak topuğun son yenilme bölgesine doğru ilerler. Wilson ve Ashwin teorisini göçük tarafında bırakılmış topuklar için geliştirmişlerdir. Topuk kenarında gerilmeler düşük değerlerde iken kademeli olarak topuk içine doğru (3-7 metre) artış gösterecektir. Bu teorisinin temeli topuk kenarlarındaki yenilmiş kömürün topuk içine doğru yatay gerilme uygulayarak içerideki kömürün basınç dayanımını artırmasıdır. Wilson'un (1983) daha da geliştirilmiş olan yaklaşımında, yeraltı açıklıklarının etrafındaki gerilme durumları ve yenilme bölgelerinin belirlenmesinde kullanılan zemin mekaniği prensipleri kullanılmıştır. Wilson'un önerdiği ideal gerilme alanı denge diyagramı Şekil 5'de gösterilmektedir. Şekil 5'de topuğun kenarından içeriye doğru kömürün yenilme mesafesi, orijinal yatay gerilmelerin ulaşıldığı noktadır. Hidrostatik yüklemelerde, yenilme bölgesinin sona erdiği noktadaki maksimum düşey gerilme

$$\sigma_{ym} = kq \quad [14]$$

eşitliği ile elastik bölge başlangıcındaki maksimum düşey gerilme ise:

$$\sigma_m = kq + S_1 \quad [15]$$

şeklinde. Eşitliklerde k , uç eksenli gerilme faktörü q - derinlik basıncı değeri ve S_1 , kömürün yerindeki basınç dayanımı değeridir



Şekil 5. İdeal gerilme alanı denge diyagramı (Wilson, 1983).

Topuk içerisinde gerilme artışı ve yenilme mesafesi değeri kömür damarının, tavan ve taban formasyonlarının dayanım özelliklerine bağlı olarak aşağıdaki eşitlikler ile ifade edilmiştir.

I. Basıncı dayanımı düşük kömür, basınç dayanımı yüksek tavan ve taban formasyonu:

$$\sigma_y = kq = k(p + p') \exp\left[x_b \left(\frac{F}{h}\right)\right] \quad [16]$$

$$x_b = \frac{h}{F} \ln\left(\frac{q}{p + p'}\right) \quad [17]$$

$$A_b = \int_0^{x_b} \sigma_y dx = \frac{h}{F} k[q - (p + p')] \quad [18]$$

H. Aynı dayanım özelliklerine sahip damar, tavan ve taban formasyonu

$$\sigma_y = kq = k(p + p') \left(\frac{2x_b}{h} + 1\right)^{k-1} \quad [19]$$

$$x_b = \frac{h}{2} \left[\left(\frac{q}{p + p'}\right)^{\frac{1}{k-1}} - 1 \right] \quad [20]$$

$$A_b = \int_0^{x_b} \sigma_y dx = \frac{h}{2} (p + p') \left[\left(\frac{q}{p + p'} \right)^{\frac{k}{k-1}} - 1 \right] \quad [21]$$

Eşitliklerde p ve p' tahkimat basıncı ve topuk kenarındaki yenilmiş komurun basınç dayanımı (Wilson tarafından 0.1 MPa olarak kabul edilmiştir), Xb yenilme bölgesi genişliği, h tabanyolu yüksekliği, Ab yenilme bölgesi tarafından taşınan düşey yükün değeri ve F ise k'nın bir fonksiyonu olup

$$F = \frac{k-1}{\sqrt{k}} + \left(\frac{k-1}{\sqrt{k}} \right)^2 \tan^{-1} \sqrt{k} \text{ eşitliği ile ifade edilmektedir}$$

Elastik bölgenin başlangıcından topuk içine doğru düşey gerilmedeki azalma gösteren eşitlik Şekil 5'da verilmiştir. Eşitlikte G bir sabit olup

$$G = \frac{A_w + qx_b - A_b}{\sigma_m - q} \quad [22]$$

ile bulunur. Wilson'a göre emniyetli taban yolu şartlarını sağlayacak topuğun genişliği, tabakaların ağırlığından kaynaklanan düşey birincil gerilme değerine yaklaşıldığı

$$w_p = 2(G + x_b) \quad [23]$$

mesafesidir.

4. TOPUK TASARIM YÖNTEMLERİNİN GLİ ÖMERLER YERALTI OCAĞINDAKİ TOPUKLARA UYGULANMASI

Ömerler yeraltı ocağında 8 m kalınlığındaki komur daman, blok göçertmeli uzunayak üretim yöntemi ile kazanılmaktadır. Bu yöntemde komur damarının tabanda 2.8 metrelik kısmı çift tamburlu kesici yükleyici ile kazılmakta, tavanda 5.2 metrelik kısmı ise yürüyen tahkimat ünitelerinde bulunan pencerelerden göçertilerek alınmaktadır. Damar yeryüzünden 210 m derinliktedir. Damarın hemen üzerinde kalınlığı 25-50 cm arasında değişen yumuşak kıltaşı formasyonu, bu kıltaşlanın üzerinde ise toplam kalınlıkları 17 m olan diğer kıltaşı formasyonları yer almaktadır. Kıltaşı formasyonlarını yeryüzüne kadar uzanan ve yer yer kil içeren marn formasyonları takip etmektedir. Damarın tabanında da kıltaşı formasyonları mevcut olup basınç dayanımı 23-25 MPa arasında değişmektedir. Pano tabanyollarının taban genişliği 4.6 m olup yükseklikleri 3.5 m'dir. Panoların genişliği veya ayak uzunluğu 90 m ve pano uzunluktan ise 450-600 m arasında değişmektedir (Destanoğlu vd, 2000).

Wilson tarafından önerilen analitik yöntemle 210 metre çalışma derinliğindeki panoların tabanyolları arasında bırakılacak topuğun genişliği sağlam taban ve tavan koşulları için 26 m zayıf tavan ve taban koşulları için 30 m olarak bulunmuştur. Analitik yöntemdeki hesaplamalar için gerekli topuk yüksekliği, uç eksenli gerilme faktörü, çalışma derinliği,

tahkimat basıncı, pano genişliği değerleri Çizelge 2'de verilmektedir. Ömerler'de tabanyollarının tavanında kömür ve tabanında ise çok sağlam olmayan kiltaşının varlığı düşünüldüğünde 30 m genişliğindeki topuk Wilson'un analitik yöntemine göre uygun topuk boyutu olacaktır.

Çizelge 2. Wilson'un analitik yöntemine göre Ömerler panolarının tabanyolları arasında bırakılması gerekli topukların genişliği.

h (m)	K	γ_{CMN}/m^3	H(m)
3.5	3.5	0.027	210
p+p'(MPa)	P_w (m)	w_p (sağlam tavan-taban)	w_p (zayıf tavan-taban)
0.1	90	26	30

1

Ömerler ocağında bırakılan topukların genişliği 18-20 m civarındadır. Wilson'un yöntemine göre 20 m topuk korumalı hazırlık panosu tabanyolu 30 m topuk korumak tabanyoluna göre daha yüksek gerilmeli ortamda açılacağından daha fazla deformasyona maruz kalacaktır. Topuğun duraylı olup olmayacağı belirlenmesi için topuğun emniyet katsayısı değerleri farklı topuk dayanım eşitlikleri için hesaplanmıştır. 90 m genişliğindeki panonun üretiminden ve topuk üzerindeki tabakaların ağırlığından kaynaklanan gerilmenin 20 m genişliğindeki topuğa etkileyen değeri, Wilson'un önerdiği analitik yöntemle 13 MPa, Mark'ın önerdiği yöntemle 11.4 MPa olarak belirlenmiştir. Bu gerilme değerleri 30 m genişliğindeki topuk için Wilson'un yöntemine göre 11 MPa Mark'ın yöntemine göre 10.5 MPa'dır. Bu hesaplamalardan bölüm 2 de verilen topuk dayanım eşitlikleri için emniyet katsayıları belirlenmiş ve çizelge 3'te 20 ve 30 metrelik topuk genişlikleri için verilmektedir. 20 m genişliğindeki topuk Holland'ın, kısmen Bieniawski ve Mark-Champoli'nin dayanım eşitlikleri dışında duraylı topuk olarak görülmemektedir. 30 m genişliğindeki topuk ise çizelge 3'te bulunan emniyet faktörlerine göre duraylı olacaktır. Topuk genişliğinin 20 m olması durumunda hazırlık panosu için açılacak tabanyolunun maruz bırakılacağı düşey gerilme analitik yöntemle 9.3 MPa, 30 m olması durumunda ise 6.5 MPa olarak bulunmuştur. Topuk genişliğinin 10 m fazla seçilmesi durumunda tabanyoluna yaklaşık 2.8 MPa daha az bir düşey gerilme etki edecektir.

Çizelge 3. 20 ve 30 metre genişliğindeki topukların topuk dayanım eşitliklerine göre sağladığı emniyet faktörleri.

Araştırmacı	Emniyet Faktörü (Topuk genişliği 20 m)	Emniyet Faktörü (Topuk genişliği 30 m)
Öbert-DuvaU (1967)	1.1	1.67
Salamon&Munro (1967)	1.2	1.66
Holland (1973)	1.2	1.65
Bieniawski (1984)	1.45	2.30
Sheorey (1992)	0.86	1.36
Mark-Chatpoli (1995)	1.42	2.35

5. SONUÇ

Bu bildiriye, panolar arasında bırakılan topuğun boyutlarının belirlenmesinde kullanılacak olan görgül yöntemler kendi içerisinde ve analitik yöntemle karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Yöntemlerin karşılaştırılması GLİ Ömerler yeraltı ocağı tabanyollar arasında bırakılan topuklar için yapılmış olup analitik yöntemle bulunan 30 m genişliğindeki topuk boyutu hazırlık panosu taban yolunda 240 m derinliğe eşdeğer birincil gerilme ortamı, uygulamada bırakılan 20 m genişliğindeki topuk boyutu ise 345 m derinliğe eşdeğer bir gerilme ortamı oluşturacaktır. Görgül topuk dayanım eşitlikleri kullanılarak yapılan incelemede de 30 m genişlikli topuk uygun topuk genişliği olarak belirlenmiştir. Üretim derinliğinin ve göçük genişliğinin az olması gözönüne alındığında hazırlık tabanyoluna etkiyecek gerilmelerin çok aşın olmayacağı düşünülebilir. Ancak, hazırlığı tamamlanan panonun kazısı sırasında tabanyolunun maruz kalacağı ön mesnet gerilmeleri de dikkate alındığında 30 m genişlikli topuk daha emniyetli ve tamir tarama masrafının azaltıldığı bir çalışma ortamı sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Bieniawski Z. T. (1984) *Rock Mechanics Design in Mining and Tunnelling*. A. A. Balkema.
- Destanoğlu N., Taşkın F. B. Taştepe M. Ve Öğretmen S.** (2000) *GLİ Tunçbilek - Ömerler Yeraltı Mekanizasyon Uygulaması TKİ*, p. 211.
- Holland C. T.** (1973) Mine Pillar Design. *SME Mining Engineering Handbook*. Soc. Min. Eng. AIME, Vol. 1, pp. 13/96-13/118.
- Hsiung S. M and Peng S. S.** (1985) Chain Pillar Design for US Longwall Panels. *Mining Sei. Tech.* pp. 279-305.
- Mark C.** (1990) *Pillar Design Methods for Longwall Mining*. BuMines IC 9247.
- Mark C and Champoli A. A.** (1995) Analyses of Retreat Mining Pillar Stability. *Proc. of 1st Int. Conf. On Ground Control in Mining*. Morgantown, pp. 63-71.
- Obert L and Duvall W.** (1967) *Rock Mechanics and Design of Structures in Rock*. Wiley, New York.
- Peng S. S.** (1986) *Coal Mine Ground Control*. Second Edition. A Wiley-Interscience Publication.
- Salamon M. D. G and Munro A. H.** (1967) A Study the Strength of Coal Pillars. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, pp. 55-67.
- Sheorey, P. R.** (1992) Pillar Strength Considering In-Situ Stresses. *Workshop on Coal Pillar Mechanics and Design*. New Mexico, pp. 122-127.
- Wagner H.** (1974) Determination of the Complete Load-Deformation Characteristics of Coal Pillars. *Proc. f* Int. Cong. Rock. Mech.* Denver, pp. 1076-1081.
- Wagner H.** (1992) Pillar Design in South African Collieries. *Workshop on Coal Pillar Mechanics and Design*. New Mexico, pp. 283-301.
- Wilson A. H and Ashwin D. P.** (1972) Research into the Determination of Pillar Size, An Hypothesis Concerning Pillar Stability. *The Mining Engineer*, Vol.131, No. 141. pp. 409-417.
- Wilson A. H.** (1983) The Stability of Underground Workings in the Soft Rocks of the Coal Measures. *Int. J. of Mining Eng.* Vol.1, pp. 91-187.

**EŞ YÜKLÜ ALANLAR YAKLAŞIMININ EĞİMLİ KÖMÜR
DAMARLARINA UYGULANABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**INVESTIGATION OF APPLICABILITY OF THE TRIBUTARY AREA
CONCEPT TO INCLINED COAL SEAMS**

Tuğrul ÜNLÜ, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Müh. Fak. 67100 Zonguldak*

ÖZET

Bu çalışmada, yeraltı madenciliğindeki topukların tasarımında yaygın olarak kullanılan eş yüklü alanlar yaklaşımının eğimli kömür damarlarına uygulanabilirliği, sonlu elemanlar sayısal gerilme çözümlemesi yardımıyla araştırılmıştır. Orta taneli kumtaşı formasyonları arasında yer alan çeşitli eğimlerdeki kömür damarlarında oluşturulan topuklarda oluşan gerilme dağılımları, yer değiştirmeler ve yenilme bölgeleri incelenmiştir. Sonuç olarak, eş yüklü alanlar yaklaşımının eğimli kömür damarlarına da başarı ile uygulanabilecektir. Ancak, eğimli damarlarda belirgin şekilde artan kayma gerilmelerin topuk dayanımı üzerine etkilerinin de topuk tasarımında dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT

In this study, the applicability of the tributary area concept to inclined coal seams has been investigated by using the finite element numerical solution method. Pillars sandwiched between medium graded sandstone layers are modelled according to the seam inclination. Distributions of principal stresses and the extent of failed regions within and around the pillars are studied. Finally, results from the numerical studies have shown that the tributary area concept can also be used successfully for inclined seams. However, the maximum shear stresses occurring within the pillar intensify considerably in inclined seams. Therefore, in inclined coal seams, not only the principle stresses but also the maximum shear stress should be taken account.

1. GİRİŞ

Eş yüklü alanlar yaklaşımı (*tributary area*), yeraltı madenciliğinde en yaygın olarak kullanılan topuk tasarımı yaklaşımlarındandır. Bu yaklaşımın tercih edilme nedeni basit olduğu kadar denenmiş ve güvenli bir yöntem olarak kabul görmesidir. Eş yüklü alanlar yaklaşımı, öncelikle, sığ ve orta sığ (< 300 m) derinliklerde oda-topuk yöntemiyle çalışan kömür damarları için geliştirilmiş bir yaklaşımdır (Bieniawski, 1984). Bununla birlikte, basit olması nedeniyle, uzunayak madenciliği ve diğer yeraltı madencilik yöntemlerinde de topuk tasarımında yaygın olarak uygulanmaktadır (King ve Whittaker 1971; Whittaker 1984, Mark ve Bieniawski, 1986) Ancak, bu yöntemin eğimli kömür damarları ve uzunayak madenciliğine uygulanabilirliği üzerine yapılmış bir kaç çalışma (Pariseau, 1982 ; Jeremic, 1985) dışında yeterli sayıda araştırma yoktur.

Bu çalışmada, eş yüklü alanlar yaklaşımının eğimli kömür damarlarına uygulanabilirliği, açıklık ve topuk duraylılığı göz önüne alınarak araştırılmıştır. Araştırmada, PHASE² sonlu elemanlar sayısal gerilme çözümlemesi yönteminden yararlanılmıştır.

2. ORTALAMA TOPUK GERİLMESİNİN TAHMİNİ

2.1 Genel

Topuk tasarımının başlıca unsuru arasında ortalama topuk gerilmesinin tahmini gelmektedir. Ortalama topuk gerilmesinin tahmini konusunda değişik yaklaşımlar ortaya atılmıştır (Salamon ve Oravec, 1976). Bunların başlıcaları;

- topuk deformasyonu yaklaşımı,
- tavan deformasyonu yaklaşımı ve
- eş yüklü alanlar yaklaşımıdır.

Topuk ve tavan tabakalarının deformasyonunu kullanan yaklaşımlar, kayanın ve topuğun doğrusal elastik davranış gösterdiğini kabul ederler. Bu nedenlerden dolayı bu iki yaklaşım daha çok türdeş (homojen) ve doğrusal elastik davranış gösteren kayalar için geçerli olup kömür topuklarına uygulanamazlar. Ancak, eş yüklü alanlar yaklaşımı daha basit ve kömür topuklarına uygulanabilir olması nedeniyle, diğer iki yaklaşımdan daha fazla ilgi görmektedir.

2.2. Eş Yüklü Alanlar Yaklaşımı

Şekil 1 'de gösterilen bu yaklaşıma göre, kazı sonrası topuğa etkimesi gereken toplam kaya yükü; topuğun üzerinde kalan ve yeryüzüne kadar uzanan kaya katmanının oluşturduğu kaya yükü ile topuk çevresinde oluşturulan açıklıklar üzerinden topuğa aktarılan yükün toplamıdır. Yukarıdaki ifade plan görünüşü kare, dikdörtgen, şerit ve gelişigüzel şekilli topuklar için sayısal hale getirilirse;

• Kare Topuklar : $\sigma_p = \gamma \cdot z [1 + W_e / W_p]^2$ [1.a]

veya

$e = 1 - [W_p / (W_p + W_e)]^2$ [1.b]

$\sigma_p = \gamma \cdot z / (1 - e)$ [1.c]

• Dikdörtgen Topuklar : $\sigma_p = \gamma \cdot z [1 + (W_e / W_p)] \cdot [1 + (W_e / L_p)]$ [2]

• Şerit Topuklar : $\sigma_p = \gamma \cdot z [1 + W_e / W_p]$ [3]

• Düzensiz Şekilli Topuklar : $\sigma_p = \gamma \cdot z$ (toplam alan / topuk alanı) [4]

Burada;

a_p = ortalama topuk gerilmesi,

z = derinlik,

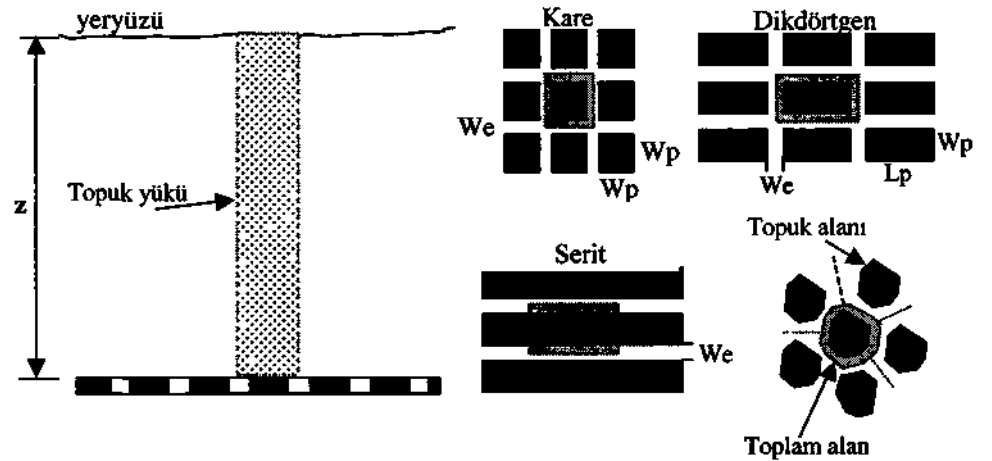
γ = kaya katmanının ortalama birim hacim ağırlığı,

W_e = oda genişliği,

W_p = topuk genişliği,

L_p = topuk uzunluğu ve

e = kazı oranıdır.



Şekil 1. Eş yüklü alanlar yaklaşımında kullanılan bazı kavramlar

2.2.1. Eş Yüklü Alanlar Yaklaşımının İrdelenmesi

Eş yüklü alanlar yaklaşımı pratik bir yöntem olmasına karşın, topuk gerilmelerinin hesaplanmasında bazı önemli noktaları göz önüne almamaktadır. Obert ve Duvall (1967), iki boyutlu fotoelastik deney düzenekleri üzerinde yapmış olduğu oda-topuk modellemeleri sonucunda kazı panosunun ortasında kalan topukların kenar bölgelerden daha fazla yük aldığını belirtmişlerdir. Mark'a (1990) göre kazı oranı yükseldikçe, eş yuklu alanlar yaklaşımının topuk yüklerinin tahminindeki doğruluk derecesi azalmaktadır. Ancak, bu yöntemin oda-topuk madenciliğinde ve uzunayak madenciliğinde topukların boyutlandırılmasında kullanılabilir oranda yeterli olduğunu vurgulamaktadır. Sonuç olarak, eş yüklü alanlar yaklaşımındaki önemli temel varsayımlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

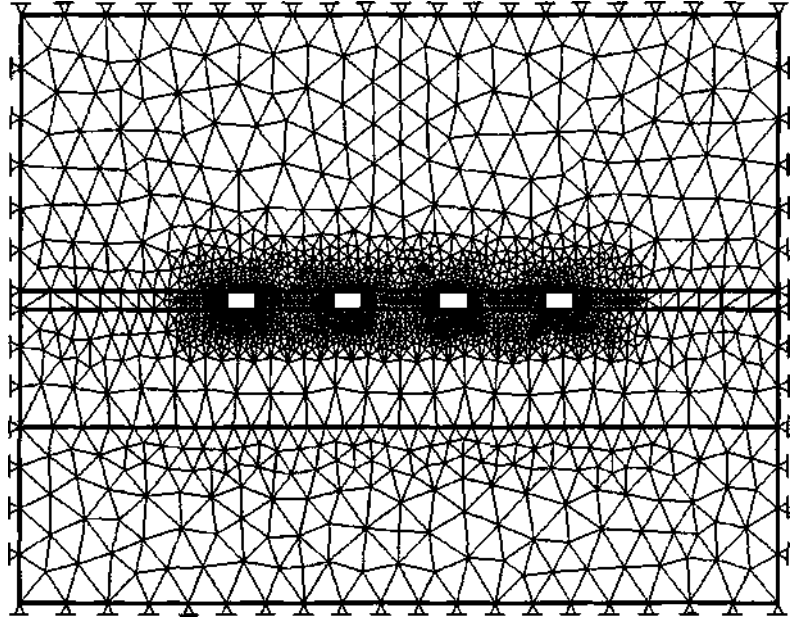
- Kazı bölgesi oldukça geniştir (problem sınır koşullarından etkilenmez).
- Kömür daman sadece düşey yüklere maruz kalır ve bu yüklenme düzgün yayılı yük şeklindedir (komşu topuklar arasında yük transferi olmaz).
- Topuk içerisindeki gerilme dağılımı topuğun genişlik/yükseklik oranından bağımsızdır. Aslında, bu durum gerçek dağılımla uyumlu değildir (Coates, 1970)

3. SAYISAL GERİLME ÇÖZÜMLEMESİ

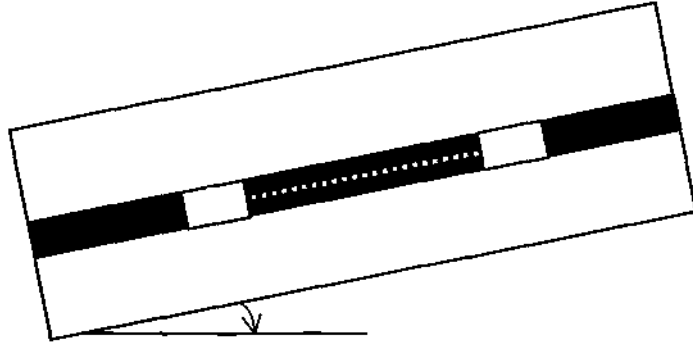
3.1. Problemin Tanımlanması

Problemde, yeryüzünden 300 m derinliğindeki bir kömür damarında oluşturulan, çeşitli damar eğimlerine sahip oda-topuk panoları için elastik ve elasto-plastik genime çözümlenmeleri gerçekleştirilmiştir. Topuk genişlikleri 15 m, oda genişlikleri 6 m ve damar kalınlıkları 2.5 m olarak seçilmiştir.

Sayısal gerilme çözümlemesinde, sonlu elemanlar yöntemi ile çözümleme yapan PHASE² (ver. 5.0) programı kullanılmıştır. Problemlerin çözümü kin üçgen şekilli 3 düğüm noktalı sonlu elemanlar kullanılmıştır. Modellerdeki toplam eleman sayısı 3857 ve düğüm noktası sayısı da 1996'dır. Modellerde; 0 ,15 ,30 ,45 ve 60 eğime sahip kömür damarı masif kumtaşı özelliklerine sahip tavan ve taban taşları arasında sandviç şeklinde yer almaktadır (Şekil 2). Sayısal modellerde kullanılan kayaç ve kömür damarına ait bazı mekanik özellikler Çizelge 1 'de verilmiştir. Galeri geometrisi olarak; simetriyi sağlamak ve böylece modeller arasında daha sağlıklı karşılaştırma yapabilmek için, tavan ve taban taşlarının sınırladığı düzlemler içerisinde kalan kömür damarı içerisinde dikdörtgen kesitli galeriler oluşturulmuştur. Her ne kadar bu durum eğimli damarlar için gerçek uygulamayı yansıtmasa da, problemin basitleştirilmesi açısından anlamlıdır. Benzer şekilde, problem geometrisinde çarpıklık oluşturmamak amacıyla (sonlu elemanlar ağının tüm koşullarda aynı olmasını sağlayabilmek için) damar eğimlerini fiziksel olarak oluşturmak yerine, aynı etkiyi yaratmak için, asal birincil gerilmelerin (P_v ve P_h) yönleri, damar eğiminin yaratacağı etkiyi sağlayacak şekilde değiştirilmiştir. Problem düzlemine dik konumdaki aksenal birincil gerilme ($P_z = P_h$) olarak alınmıştır. Problemin çözümünü yansıtan grafiklerdeki gerilme dağılımları, topuğun orta yüksekliğinden (galeri yan duvarından) başlayan bir hat üzerinde, topuk genişliğince verilmektedir (Şekil 3).



Şekil 2. Problemin çözümünde kullanılan sonlu elemanlar ağı ve sınır koşulları.



Şekil 3. Gerilme dağılımlarının gösterildiği kesit hattı.

Çizelge 1. Kaya ve kömür damanna ait bazı jeomekanik özellikler

Mekanik Özellikler	Yan Kayaç	Kömür Damarı
Young Modülü:	20000 MPa	5000 MPa
Poisson oranı:	0.2	0.35
Yenilme Ölçütü:	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Çekme Dayanımı:	5 MPa	0.5 MPa
İçsel sürtünme açısı:	35°	30°
Kohezyon:	10 MPa	1 MPa
Kalıcı içsel sürtünme açısı	30°	27°
Kalıcı kohezyon	5 MPa	0.5 MPa

3.2. Sayısal Gerilme Çözümleri Sonuçları

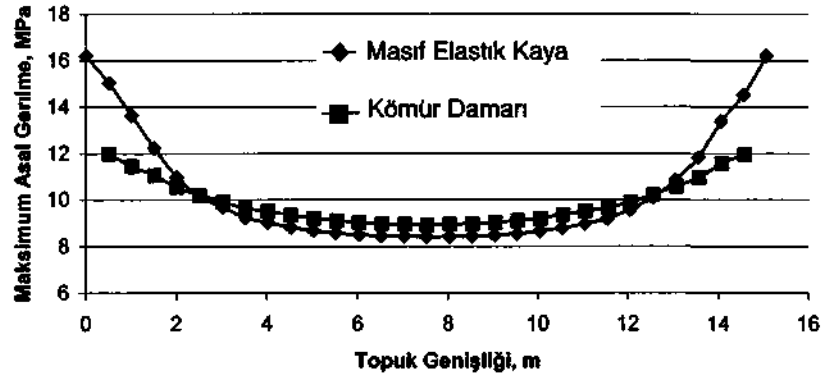
Şekil 4'te maksimum asal gerilme dağılımının A-A¹ hattında topuk genişliği boyunca değişimi verilmektedir. Şekil 4.a ve b'de elastik ve 4.c'de elasto-plastik çözümlerden elde edilen gerilme dağılımı gösterilmektedir. Şekil 4.a'da, benzer gerilme ortamında oluşturulan kaya ve kömür topuklarında oluşan elastik gerilmelerin dağılımı görülmektedir. Kaya topuklarında, topuk kenarlarında daha yüksek gerilmeler gözlenirken kömür topuklarında gerilmeler topuk kenarlarında daha düşük fakat topuk boyunca kaya topuklarına nazaran daha uniformdur. Diğer taraftan, plastik gerilme dağılımları incelendiğinde, yatay ve yataya yalan kömür damarlarında oluşturulan topukların kalıcı yük taşıma kapasiteleri (Şekil 4.c'deki eğriler altında kalan alanlar), eğimli damarlarda oluşturulan topuklara nazaran daha yüksektir.

Kömür damarlarında damar eğimi azaldıkça topuk genişliği boyunca maksimum asal gerilmelerinin şiddetleri de yakınlaşma göstermektedir. 60 lik damar eğiminde bu daha da belirgindir. Buna göre; damar eğimi arttıkça, topukta oluşan maksimum asal gerilmenin şiddeti de azalma göstermektedir denebilir.

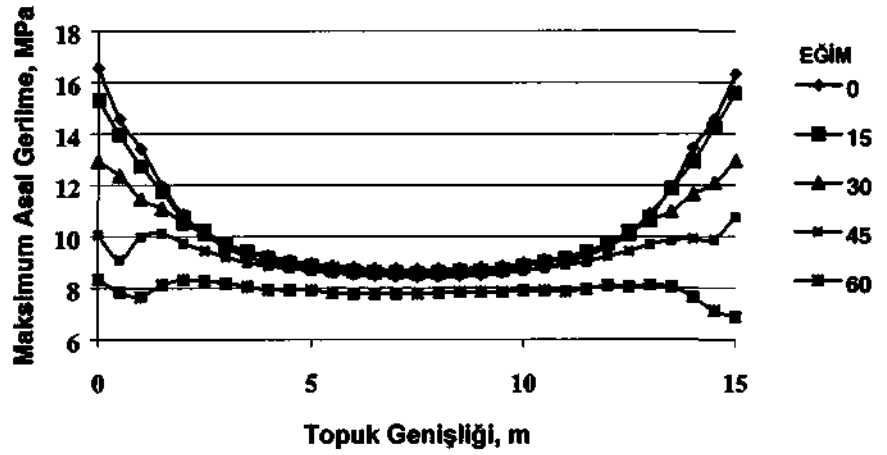
Şekil 5'te topuğa etkiyen maksimum asal gerilmenin topuk genişliği boyunca aldığı değerlerin ortalamasının damar eğimiyle değişimi görülmektedir. Bilindiği gibi eş yüklü alanlar yaklaşımı damar eğimi ve yatay gerilmeleri dikkate almayan bir yaklaşımdır. Dolayısıyla, ortalama topuk gerilmesi değerinin topuk genişliğince sabit olarak kabul eder. Buna göre; eş yüklü alanlar yaklaşımı ile elde edilecek değerler tüm durumlar için, gerilme çözümleriyle hesaplanan değerlerin üzerindedir. Bu da ortalama topuk gerilmesinin tahmininde yaklaşımın güvenli olduğunu göstermektedir.

Hidrostatik gerilme alanında ($k=Ph/Pv=1$), elastik gerilme dağılımı için elde edilen sonuçlar eş yüklü alanlar yaklaşımına en yakın değerleri vermektedir. Bu aynı zamanda, eş yüklü alanlar yaklaşımıyla hesaplanan değerlerin derin madencilik koşullarına ($k=1$) daha yakın sonuçlar verdiğinin bir ölçüsü olarak kabul edilebilir.

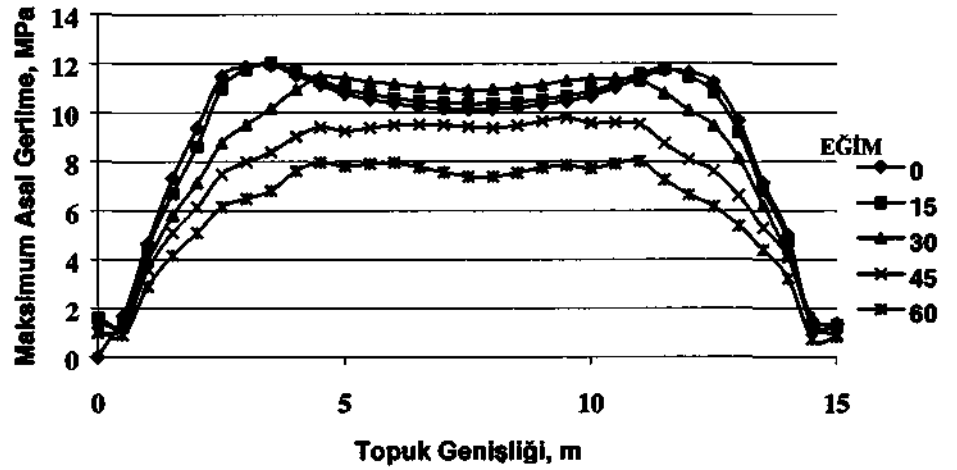
Damar eğiminin 0 -20 ye kadar değişim gösterdiği ve kömürün elastik davrandığının kabul edildiği durumlarda, eş yüklü alanlar yaklaşımıyla hesaplanan değerler, sayısal gerilme çözümleriyle bulunan değerlere oldukça yakındır (Şekil 5). Ancak, damar eğiminin artmasıyla birlikte sayısal çözümlerle değerleri daha düşük ortalama maksimum asal gerilme değerleri öngörmektedir. Şekil 6, topuk içerisindeki yenilme bölgeleri ve Mohr-Coulomb ölçütüne göre güvenlik katsayılarının (dayanım/etkiyen gerilme) damar eğimiyle değişimini göstermektedir. Dikkat edilecek olursa, aynı gerilme koşulları altında, damar eğiminin artmasıyla birlikte yenilme bölgelerinde de belirgin bir artış gözlenmektedir. Yenilme bölgesinin genişliği açısından, 45° lik damar eğimi en kritik eğim olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni olarak, ikincil gerilmelerin yön ve şiddetlerinin değişmesi sonucu topuk içerisinde oluşan kayma gerilmelerinin büyümesi ve kömürün dayanımını aşması olarak gösterilebilir. Bu durum Şekil 7'de açık olarak görülmektedir. En yüksek kayma gerilmesi değerleri (Tan^*), 45 ve 60 eğime sahip damarlarda oluşmaktadır. Yenilmeler galeri yan duvarlarında çekme-kayma modundayken topuk içlerine doğru yalnızca kayma yenilmeleri şeklindedir.



(a)

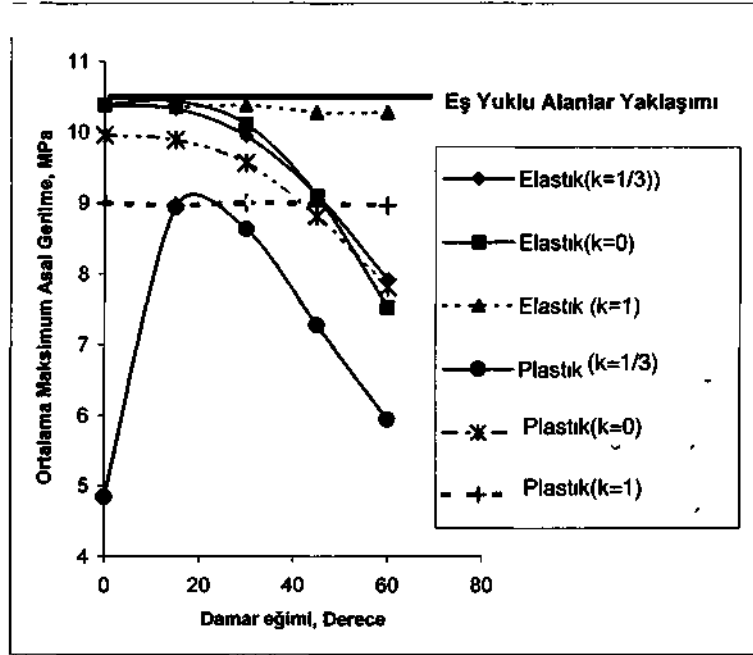


(b)



(c)

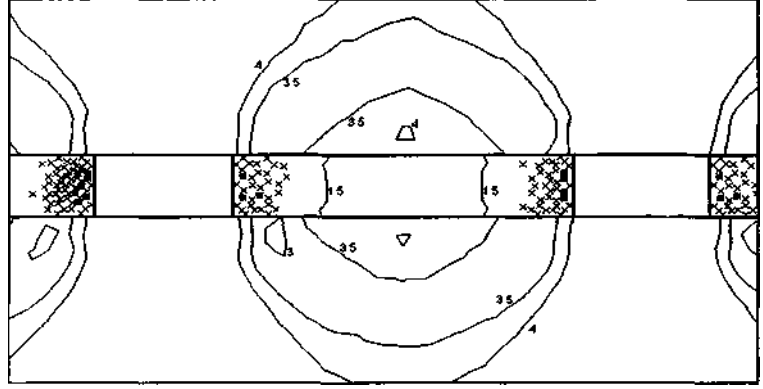
Şekil 4. Maksimum asal gerilmenin (a) topuk genişliği boyunca değişimi.



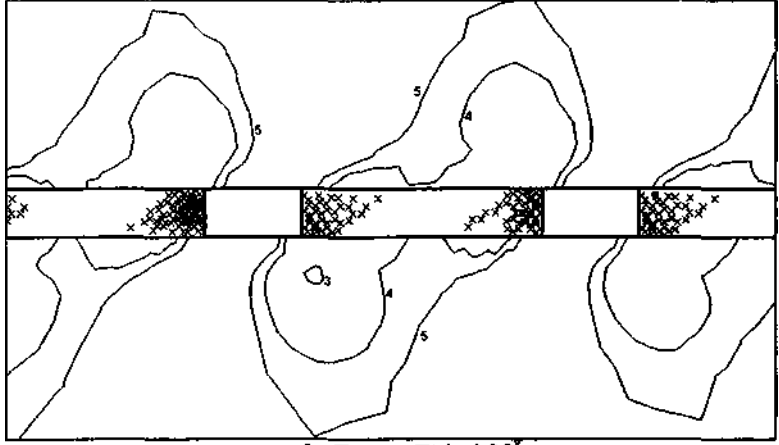
Şekil 5. Ortalama maksimum asal gerilmenin topuk genişliğince değişimi

4. SONUÇLAR

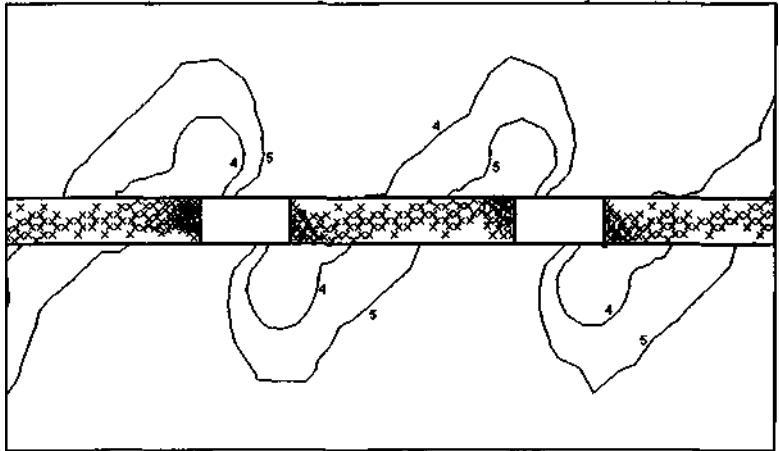
Bu çalışmanın sonuçlarına göre, eş yüklü alanlar yaklaşımı, 0°-20° arasındaki damarlara uygulanabilecek yeterlikte sonuçlar veren bir yaklaşımdır. Ancak, yatay ve yataya yakın damarlarda etkin olan asal gerilmelerin neden olduğu maksimum kayma gerilmesi değerleri, eğimli damarlarda oluşan değerlerden (20° den büyük) oldukça düşüktür. Yüksek eğim açlarına sahip damarlarda, az eğimli damarlara nazaran topuk içerisinde daha geniş yenilme bölgeleri oluşmakta ve özellikle galerilerin topuk tarafına yakın bölgelerde (eğime göre alt ve üst köşeler) aşırı gerilme yığılmaları gözlenmektedir. Pratikte de, eğimli damarlarda taban yollarında bağ omuzlarının asimetrik yüklenmesi ve bakır komur topuğu tarafında bağ ayaklandın galeri içerisine doğru burkulması şeklinde gözlenen olaylar, benzer gerilme koşulların bir neticesi olarak irdelenebilir. Sonuç olarak, eğimli damarlar için gerçekleştirilecek topuk tasarımında daha dikkatli olunması ve gerektiğinde topuk yan duvarlarının ek tahkimat önlemleri alınarak desteklenmesi önerilmektedir. Topuğun yenilmesi, tamamen bütünlüğünü kaybetmesi anlamında algılanmamalıdır. Önemli olan servis açıklıklarının kullanım süresince tamir ve tarama gerektirmeden hizmet vermesidir. Eğimli damarlarda oluşturulacak topuklarda asıl önemli olan asal gerilmelerin büyüklüklerinden çok, bunların yön ve şiddetlerinin değişmesiyle oluşacak en yüksek kayma gerilmelerinin kömür damarları üzerine etkisidir.



a- Damar Eğimi 0

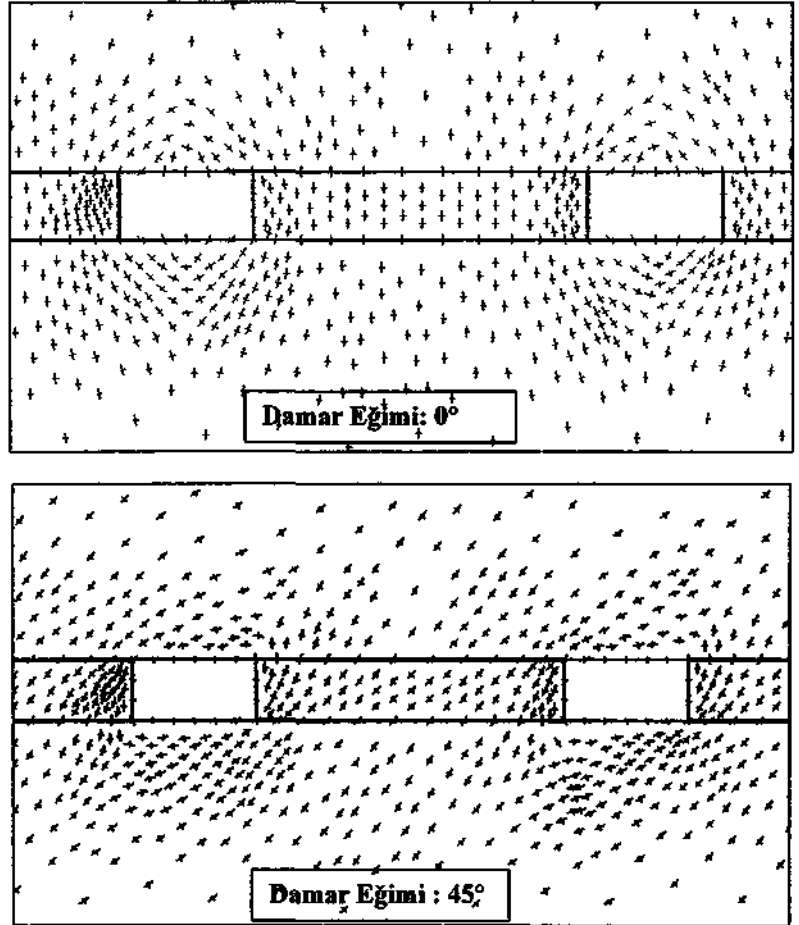
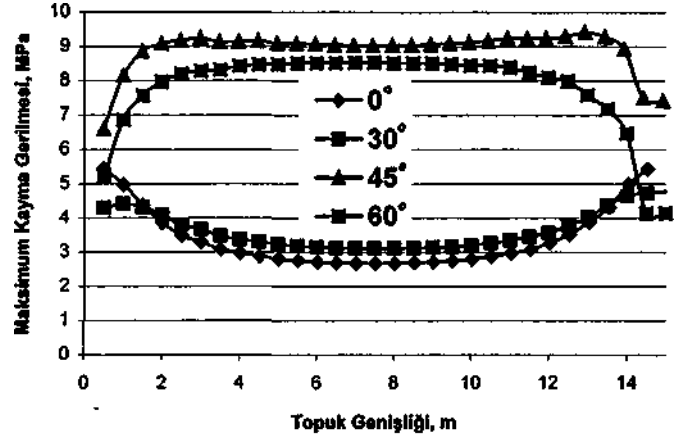


b- Damar Eğimi 30



c- Damar Eğimi 45

Şekil 6. Yenilme bölgeleri ve güvenlik katsayılarının damar eğimiyle değişimi.



Şekil 7. Maksimum kayma gerilmesinin topuk boyunca değişimi ve asal gerilme akıları.

5. KAYNAKLAR

- Bieniawski, Z. T.** (1984) *Rock Mechanics Design in Mining and Tunnelling*, A. A. Balkema, Rotterdam, 272 pp.
- Coates, D. F.** (1970) *Rock Mechanics Principles*, Mining Branch Monograph 874, Canada.
- Jeremic, M. L.** (1985) *Strata Mechanics in Coal Mining*, A. A. Balkema, Rotterdam, 566 pp.
- King, H. J. and Whittaker, B.N.** (1971) A review of current knowledge on roadway behaviour, especially the problems on which further information is required, *Proc. of the Symposium on Strata Control in Roadways*, University of Nottingham, pp. 73-89.
- Mark, C.** (1990) *Pillar design Methods for Longwall Mining*, USBM Information Circular, IC 9247, 53 pp.
- Obert, L. and Duvall, W. I.** (1967) *Rock Mechanics and the Design of Structures in Rock*, John Wiley and Sons Inc., New York, 650 pp.
- Parisau, W.G.** (1982) Shear stability of mine pillars in dipping seams, *Proceedings 23rd Symposium on Rock Mechanics*, The University of California, Berkeley, California, pp. 1077-1090.
- Rocscience** (2001) *PHASE² 2D Finite Element Program for Calculating Stresses and Estimating Support Around Escavations-User's Guide*, Rocscience Inc., Toronto, 173 pp.
- Salamon, M. D. G. and Oravecz, K. L.** (1976) *Rock Mechanics in Coal Mining, Chamber of Mines of South Africa*, PRE) series, 198, pp. 59-65.
- Whittaker, B. N.** (1984) Chain pillar design considerations with reference to longwall mining, *The CoalJournal* (Australia), August, pp. 50-58.

PÜSKÜRTME BETON TAHKİMATIN TTK OCAKLARININ ANA GALERİLERİNDE UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF THE APPLICABILITY OF SHOTCRETE SUPPORT IN THE MAIN GALLERIES OF THE TTK MINES

Şakir YURDAKUL, *TTK, işletmeler Daire Başkanlığı, 67090 Zonguldak*

Hasan GERÇEK, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Muh Fak, 67100 Zonguldak*

ÖZET

Bu çalışma, püskürtme beton tahkimatın kaya saplamaları ve çelik hasır ile birlikte Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) ocaklarının ana galerilerinde uygulanabilirliğinin araştırılmasıyla ilgilidir. Önce, püskürtme beton ve yeraltında kullanımı hakkında kısa bilgi verilmiş ve TTK ocaklarında kullanılmakta olan kavisli rijit çelik galeri bağlan gözden geçirilmiştir. Sonra, modern kaya kütleli sınıflama sistemleri kullanılarak, tipik bir galerinin alternatif tahkimat gereksinimleri belirlenmiştir. Alternatif tahkimat sistemi; sürtünmeli kaya saplamaları, kaynaklı çelik hasır ve kuru-karışım püskürtme beton uygulamasından oluşmaktadır. PHASE² sonlu elemanlar bilgisayar programı kullanılarak yapılan gerilme ve duraylılık çözümlenmeleri, yeni tahkimat sisteminin olası koşullar altında başarıyla işlevini yerine getirebileceğini göstermiştir. Son olarak, yeni sistemin galeri ilerleme maliyetlerinde yaklaşık % 20'lik bir iyileştirme yapabileceği kestirilmiştir.

ABSTRACT

This study involves an investigation for the applicability of shotcrete support, along with rock bolts and wire mesh, in the galleries of the mines operated by Turkish Hardcoal Enterprises (TTK). Firstly, a brief information is given on shotcrete and its use as underground support, and the rigid-steel-arch gallery supports currently used in the mines of TTK are reviewed. Then, using modern rock mass classification systems, alternative support requirements of a typical gallery are determined. The alternative support system involves friction rock stabilizers, welded wire mesh and dry-mix shotcrete application. The stress and stability analyses carried out by using PHASE² finite element computer program have shown that the new support system can perform successfully under probable conditions. Finally, it has been predicted that the new system will improve the costs of gallery advance by about 20 %.

1. GİRİŞ

Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Zonguldak Kömür Havzası'nda, yaklaşık 6885 km² alanda yüksek kalitede taş kömürü üretimi yapan bir iktisadi devlet kuruluşudur. Kurumda, yıllık ortalama 2.5 milyon ton satılabilir taşkömürü üretiminin yanı sıra, yılda ortalama 6 km taşta galeri ve ortalama 10 km de tabanyolu sürdürülmektedir; yeraltında açık olarak galeri şebekesinin uzunluğu yaklaşık 350 km'dir.

TTK'nın yeraltı maden ocaklarında; sürülen galerilerin bulunduğu derinlik (+ 230 ile - 560 kotları arasında), açıklığın boyutları (B5 ile B18 arasında), geçilen birimlerin türü (kumtaşı, kiltası, kömür vb.) ve kazılan kaya kütlesi özellikleri dikkate alınmaksızın tabanyollarında ve taş içerisinde açılan tüm galerilerde aynı türde tahkimatlar uygulanmaktadır. Bunlar, ahşap kama ve fırçalarla donanmış kavisli rijit çelik bağlardır.

Özellikle, uzun süre ayakta tutulması planlanan kilometrelerce uzunluktaki kat hazırlık galerilerinde zamanla ve yer yer aşırı deformasyonlar oluşmaktadır. Bunun nedeni, uygun olmadığı bilinmesine rağmen, başarısız olduğu kanıtlanan tahkimat şeklinin aynı yerde ısrarla uygulanmasıdır. TTK'da yeraltında açılan galerilerin yaklaşık üçte birlik kısmı her yıl tamir-tarama gerektirmektedir. Delme-patlatma yöntemiyle açılan galerilerde, tamir-tarama çalışmalarının galerilerin sürdürüldüğü ilk andan itibaren başladığını söylemek mümkündür. Galeri bağları, arında yapılan ateşlemeden etkilenerek geriye doğru devrilmekte ve aynı civardaki tahkimatın bozulmasına sebep olmaktadır. Bu galerilerde yapılan tamir-tarama çalışmaların galeri açma maliyetleri açısından büyük parasal kayıplara neden olmaktadır.

Galerilerde duraylılığın sağlanmasına yönelik yaklaşım, uygulanan tahkimat ile çevre kaya kütlelerinin birlikte çalışmasına olanak verecek şekilde olmalıdır. Bu anlamda, rijit galeri bağlamım, kaya kütlelerinin de bir tahkimat unsuru gibi çalışmasına yardımcı olduğu söylenemez. Ahşap malzeme ile desteklenen çelik bağlarının uygulandığı bu tip tahkimat sisteminde, rijit bağlar, galeride sadece pasif taşıyıcılık işlevi görmektedir. Ayrıca, ahşaba dayalı tahkimat sisteminde, ortamdaki su varlığı ve ocak havasının nemi ahşap malzemenin kısa sürede dayanımını kaybetmesine yol açmaktadır. Bu durum, çevre kayada gevşeme hareketlerine sebep olmakta ve galeride göçük riskini artırmaktadır. Çağdaş tahkimat yaklaşımlarında temel amaç, kaya kütlelerinin kendi kendini taşımasına yardımcı olunmasıdır. Bu düşünceden hareketle, TTK'da uygulanan tahkimat sistemine alternatif tahkimat arayışları, bu çalışmanın konusu olarak gündeme gelmiştir.

Bu bildiriye; son yıllarda madencilik ve inşaat mühendisliği alanında oldukça önem kazanan, püskürtme beton tahkimatının, kaya sapsamaları ve çelik hasır ile birlikte, TTK ocaklarında uygulanabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Öncelikle, püskürtme beton teknolojisi ve yeraltı açıklıklarının tahkimatında kullanımı hakkında bilgiler özetlenmiştir. Sonra, TTK'da halen uygulanmakta olan tahkimat sistemi ve tamir-tarama işleriyle ilgili bilgiler verilmiştir. Daha sonra, mevcut tahkimat sistemine alternatif yaklaşımlar ele alınarak, seçilen bir galeriye uygulanan kaya kütlesi sınıflama sistemlerinin ortaya koyduğu tahkimat tipleri belirlenmiş; sonuç elemanları çözümlenmesi kullanılarak bu galeriler için duraylılık analizleri yapılmıştır. Son olarak da, mevcut uygulama ile yeni tahkimat sistemi maliyetleri açısından karşılaştırılmıştır.

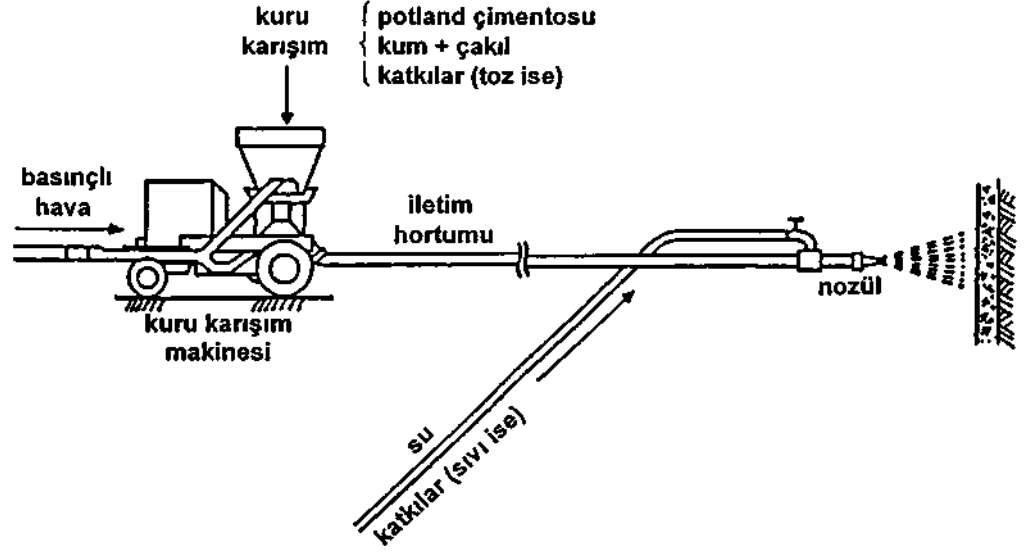
2 . PÜSKÜRTME BETON VE YERALTI TAHKİMATI OLARAK KULLANIMI

Amerikan Beton Enstitüsü püskürtme betonu (*shotcrete*) "bir hortumla taşınarak bir yüzey üzerine basınçlı hava yardımıyla yüksek hızla püskürtülen beton ya da harç karışımıdır," şeklinde tanımlamaktadır (ACI Committee 506, 1966). Püskürtme beton; çimento, çakıl, kum, su ve özel katkı maddelerinin karıştırılarak, yüzey üzerine basınçlı hava ile püskürtülerek bir kabuk oluşmasını sağlayan bir kaplama yöntemidir. Geleneksel betona göre farklılıklar gösteren püskürtme beton kuru ve yaş karışım sistemi olarak iki şekilde uygulanır. TTK ocakları ana galerilerinde, kuru karışım yönteminin denenmesi planlandığı (Ünlü ve Çolak, 2001) için burada yalnızca bu yöntemle değinilecektir.

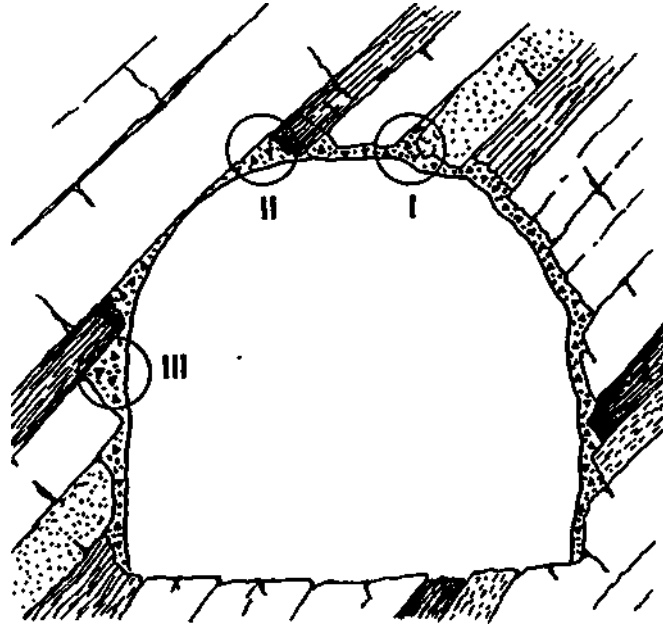
Kuru karışım yönteminde; tasarıma göre belirlenen miktarlarda hazırlanan çimento (normal portland çimentosu), hafifçe (% 2 ile 6 oranında) nemlendirilmiş kum ve çakıl ile susuz ortamda karıştırılır, kuru karışım püskürtme beton makinesine beslenir. Karışım, buradan basınçlı hava yardımı ile özel iletim hortumuna aktarılır, iletim hortumu ucundaki püskürtme tabancasında (nozül) püskürtme suyu ile karıştırılarak, uygulanacak yüzeye yüksek hızla püskürtülür. Uygulamalarda, püskürtme beton karışımı içerisine prizlenmeyi çabuklaştıran hızlandırıcı (*accelerator*) katılır. Genelde, beton dayanımını düşürmeyen, geri sıçrama (*rebound*) miktarını önemli ölçüde azaltan, zararlı maddeler ve alkali içermeyen, püskürtme betonun kaya yüzeyine yapışmasını iyileştiren katkılar tercih edilir. Kullanılan katkı maddesi sıvı ise su ile birlikte püskürtme ucunda, toz ise püskürtme beton makinesine beslenerek ilave edilir (Şekil 1). Püskürtme betondaki çimento miktarı, istenilen yapışmayı elde edebilmek için, normal betona göre daha fazladır; kullanılan en büyük tane çapına bağlı olarak 350-400 kg/m³ arasındadır. Karışım oranları esas olarak yapılacak denemelerle tespit edilirse de, deneylere çimento/çakıl oranı 1:3 ile 1:4 arasında olacak şekilde başlanabilir. Su/çimento oranı, karışımın yaş veya kuru olmasına göre farklıysa da kuru yöntemde bu oran 0.3-0.5 arasında değişir. Toz hızlandırıcılar, karışıma ortalama çimento miktarının % 4 ile 6'sı arasında katılır: (Aka ve Celep, 1978).

Kaya mühendisliğindeki esas uygulamaları yeraltı açıklıklarının tahkimatı ve şev kaplaması olan püskürtme beton teknolojisi, geniş bir alanda çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Kazı yüzeyine açılır açılmaz uygulanması ve yüksek uygulanma hızına sahip olması gibi özellikleri nedeniyle, geleneksel betona göre daha ekonomiktir. Püskürtme betonun yeraltı kullanım alanları şu şekilde özetlenebilir (Gerçek, 1979):

- Hemen her tür yeraltı açıklığının tahkimatında; geçici (ön), kalıcı (son), iyileştirici veya takviye edici tahkimat olarak.
- Yangın barajlarında ve uzunayak madencilğinde tabanyolu kenarında göçük tarafının hava sızdırmazlığının sağlanmasında.
- Debisi ve basıncı düşük olan su gelirlerinin denetim altına alınmasında.
- Açık havadan, nemden etkilenerek bozulan ya da ayrışan kazı yüzeylerinin veya çelik, ahşap, kaya saptaması, tel hasır gibi tahkimat elemanlarının kaplanmasında.



Şekil 1. Kuru karışım püskürtme beton uygulaması (MBT'den [1997] değiştirilerek).



Şekil 2. Püskürtme betonun tahkimat mekanizması (Mahar et al.[1975] ve Gerçek'ten [1979] değiştirilerek).

Püskürtme betonun galeri veya tünellerde yeraltı tahkimatı olarak kullanımı; uygulama amacı (geçici, kalıcı, iyileştirici veya takviye edici tahkimat), uygulama yöntemi (kuru veya yaş karışım), uygulama şekli (tek basma, çelik hasu: veya kaya saplamalarıyla veya çelik bağ ile), arazi davranışı (elastik, gevşeyen, şişen veya sıkışan arazi), yeraltı suyu koşulları ve kazı yöntemiyle (delme-patlatma veya makineyle kazı) yakından ilişkilidir. Yeraltı açıklıklarının tasarımı üstün performansı ile önemli bir yer tutan püskürtme betonun, yeraltı tahkimatı olarak işlevsel özellikleri, ana hatları ile şöyle özetlenebilir (Gerçek, 1992):

- a. Püskürtme beton uygulamasının ilk saatlerinde esnek olup zaman geçtikçe hızla katılık ve dayanım kazanır. Bu özellik sayesinde, püskürtme beton, gevşeme yüklerinin artışı önlerken, kazıdan hemen sonra uygulanabildiği için doğal arazi kemerleşmesinin genişleme eğilimini durdurur. Böylece, ince bir püskürtme beton tabakası çevre kaya kütlelerinin duraylılığını artırma bir rol oynar.
- b. Bilindiği gibi; galeri tahkimatında, sıkılma noktaları arasındaki uzaklıklar azaldıkça tahkimat bünyesinde oluşan gerilmeler de azalmaktadır. Püskürtme beton, sıkılma aralığı sıfır olan ve çevre kaya ile kesintisiz temas halindeki bir tahkimat olarak düşünülebilir. Bu yüzden, püskürtme beton yüksek kaya yüklerini taşıırken oldukça düşük gerilmelere maruz kalır. Ayrıca, çevre kayayla oluşan bu sürekli temasın üçüncü boyutta (galeri eksenine doğrultusunda) devam etmesi, püskürtme beton tahkimatının yüksek yük taşıma kapasitesine katkıda bulunur.
- c. Püskürtme beton; açık çatlaklara, süreksizliklere ve kazılan kayanın yüzeyindeki girintilere püskürtülerek buraları doldurur. Bu şekilde, taş bir duvardaki tutucu harç gibi görev yapar (Şekil 2'de I).
- d. Püskürtme betonun birçok kaya cinsiyle kuvvetli yapışma yeteneği vardır, ince bir püskürtme beton tabakası, düşük dayanımlı yüzeyi saran yüksek dayanımlı bir iç kaplama gibi davranır. Bu sayede kaya ile dayanımı artmış yüzey arasında bir etkileşim meydana gelir ki yapışma kesme dayanımı yardımıyla gevşemiş blokların yükü duraylı bloklara iletilir. Püskürtme betonun kesme dayanımı, gevşemiş blokların düşmesini önemli derecede önler (Şekil 2'de II).
- e. Açıklık yüzeyindeki sivri ya da köşeli girintiler gerilme yığılmasının oluştuğu zayıflık bölgeleridir. Çabuk katılaştıran püskürtme beton kazıdan hemen sonra uygulandığında, buraların doldurulması ve düzgün bir açıklık yüzeyi sağlanmasıyla gerilme yığılması azaltılabilir (Şekil 2'de III).
- f. Püskürtme betonun kayaya yapışması düşük nitelikte olduğu zaman, sürekli ve ince bir püskürtme beton tabakası eğilme ve çekme kuvvetlerine karşı, direnç gösteren bir iç kabuk gibi davranır.
- g. Püskürtme beton, açıklık yüzeyinde açığa çıkan eklemleri tıkayarak su sızmasını önler ve böylece dolgu malzemeli eklemlerden bu maddenin süzülmesine engel olur.

Havzada uygulanan tek tip tahkimat sistemine alternatif tahkimat arama çabaları, yer yer deneme amaçlı uygulama alanları bulsa da, bu çalışmalar bir proje kapsamında ele alınmadığı için herhangi bir gelişme sağlanamamıştır. TTK'da, püskürme beton tahkimatı uygulamaları aşağıda sıralandığı şekilde yapılmıştır.

- a. Gelik işletmesi, -150 su havuzu uygulaması (29 Haziran 1983),
- b. Gelik yeni servis kuyusu inset galerileri (5 Aralık 1989),
- c. Gelik İşletmesi, -360 akülü lokomotif garajı (12 Ağustos 1994) ve
- d. Gelik işletmesi, +140 fan galerisi kazısı.

3. TTK'DAKİ GALERİ TAHKİMAT UYGULAMALARI

TTK'ya bağlı tüm müessese birimlerinde galeri kazı çalışmaları delme-patlatma yöntemiyle yapılmaktadır. Galeri kazı çalışmalarında uygulanan işlemler; deliklerin delinmesi, doldurulması, patlatılması, havalandırma, kavlak temizliği, postanın kaldırılması, tahkimat ve diğer işler olarak sıralanabilir. Kazı aşamaları incelendiğinde işlemlerin çokluğu ve zaman alıcı olması dikkati çekmektedir. Sıralanan tüm bu işler bir tek galeri anlamında odaklanmaktadır. Örneğin; posta alma işlemi yapılmadan, tahkimat yapılamaz. Bu nedenle, iş organizasyonunda olacak herhangi bir aksama galeri anlamında işlerin durmasına neden olur.

Halen havzada sürülen galerilerde, DİN 21541'e uygun iki parçalı B5, B8, B10 veya üç parçalı B14 ve B18 tiplerinde kavisli rijit çelik bağlar kullanılmaktadır. Galerilerde kullanılan kavisli rijit çelik bağlar, galerinin tavan ve yan duvarlarına ahşap kamalarla sıkıştırılır ve galeri eksenine boyunca yüklenmelere karşı fırçalarla güçlendirilir. Yüklerin tahkimata düzenli olarak transferini sağlamak için kamaların düzgün aralıklarla ve yeterli sıklıkta döşenmesi gerekir. Akıcı arazilerde tavan kısmı sürme kamalar kullanılarak, çok akıcı arazilerde de boşluksuz yığma fırça uygulaması yapılarak tahkimat tamamlanır.

Hoek ve Brown'ın (1980) özetlediği modern tahkimat felsefesine göre; "Herhangi bir yeraltı açıklığının tasarımında temel amaç; çevre kayayı asıl yapı malzemesi olarak kullanmak, kazı sırasında çevre kayayı mümkün olduğunca az düzeyde rahatsız etmek ve mümkün olduğunca az miktarda beton ya da çeliği tahkimat olarak kullanmaktır. Bir anlamda tahkimatın asıl işlevi çevre kayanın ölü yükünü taşımak değil, kayanın kendi kendisini taşımasına yardım etmektir."

Büyük hazırlıklar kapsamında sürülen galerilerde yukarıda açıklanan temel amaçlara uyulduğu söylenemez. Tahkimatta kullanılan rijit galeri bağı ve ahşap malzemeler (kama, fırça, vs.) galeri anlamında duraylılığı sağlamada yeterli olmamaktadır. Özellikle kaya yapısı delme-patlatma ile örülen galerilerde, parçalanmanın olmamasına rağmen çatlaklar genişleyerek daha da aktif duruma gelmektedir. Kaya kütlelerinde giderek artan gevşeme davranışları sonucu kopmalar olmakta, kayayı gizleyen ahşap malzemenin de (zamanla çürümesiyle) dayanımını kaybetmesinden dolayı tavan ve yan duvarlarda boşalmalar ve giderek kısmi göçükler meydana gelmektedir. Bu durumu önlemek için galerilerde devamlı tamir-tarım işleri yapılmakta bu da galeri birim maliyetlerini artırmaktadır. Sonuçta, bozulan tahkimatı düzeltmek için tertip edilen işçi sayısının,

açıklığı tahkim eden işçi sayısından fazla olması, evrensel işletmecilik kuralları açısından tamamen ters ve maliyetleri artırıcı bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

TTK'da, hemen hemen ahşap malzemenin kullanıldığı tüm galerilerde tamir-tarama çalışmaları yapılmaktadır. Örneğin; Karadon'da müessese nakliyat servisinde yapılan tamir-tarama çalışmaları incelendiğinde, her yıl mevcut galerilerin ortalama % 30'unun tamir-tarama gördüğü ortaya çıkmaktadır. Çıkarılan bu sonuçtan hareketle, yapılan galeri kazı çalışmalarında oluşturulan her açıklığın, her yıl % 30'unun tamir-tarama göreceği hesaplanarak maliyetlendirilmesi ve standart tip galeri birim maliyetlerine yansıtılması gerekmektedir.

4. TTK'DA UYGULANAN GALERİ TAHKİMAT SİSTEMİNE ALTERNATİF YAKLAŞIMLAR

TTK'da uygulanan mevcut tahkimat sistemine alternatif tahkimat sistemleri araştırılmış, kaya kütlesi sınıflama sistemlerinden yararlanma yoluna gidilmiştir. Modern kaya kütlesi sınıflama sistemleri, tasarım problemlerinin çözümünde kesin sonuçlar vermemesine rağmen, tahkimat seçimi ve tasannu konusunda yaklaşımlar sunması açısından değerlendirilmiştir.

Kaya kütlesi sınıflama sistemlerinin uygulanması amacıyla B14 kesitli Gelik -360/41405 kuzey hazırlık galerisi seçilmiştir. Galerinin yaklaşık 55-60 metrelik kısmında yapılan bir çalışmada mevcut eklemeler çevre koşullarıyla birlikte incelenmiştir. Bu bölge için Bieniawski'nin (1989) "Jeomekanik Sınıflama Sistemi" ile Barton vd.'nin (1974) "Q (Tünelcilik Niteliği İndeksi) - Sistemi" uygulanmış ve sınıflandırma sistemlerinin önerdiği tahkimat tipleri belirlenerek Çizelge 1'de özetlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan sınıflandırma sistemlerinin önerileri arasında benzerlikler olduğu ortaya çıkmaktadır. Her iki sistemde kaya saplamaları ön plana çıkmakta, tahkimat ince (5-10 cm kalınlığında) bir püskürtme beton tabakası ile desteklenmektedir. RMR sistemine göre, galerinin kendini tutma (tahkimatsız olarak ayakta kalma) süresi yaklaşık 800 saat (~1 ay) kadardır.

Çizelge 1. Sınıflandırma sistemlerine göre önerilen tahkimat tipleri.

Kaya kütlesi sınıflama sistemleri (puan)	Tahkimat önerileri (Bieniawski, 1989; Barton and Grimstad, 1994)
Jeomekanik Sınıflama Sistemi (RMR =56)*	<ul style="list-style-type: none">• Sistematik kaya saplamaları** (2.9 m uzunlukta, 1-1.5 m aralıklı)• Tavanda çelik hasır• Tavanda 5-10 cm, yan duvarlarda 3 cm kalınlıkta püskürtme beton
Tünelcilik Niteliği İndeksi (Q = 3.2)	<ul style="list-style-type: none">• Düzenli kaya saplamaları (2.5 m uzunlukta, 1.6 m aralıklı)• Donatısız püskürtme beton (4-10 cm kalınlığında)

(*) Temel RMR = 64 ve QSI (Jeolojik Dayanım indeksi) = 67 dir.

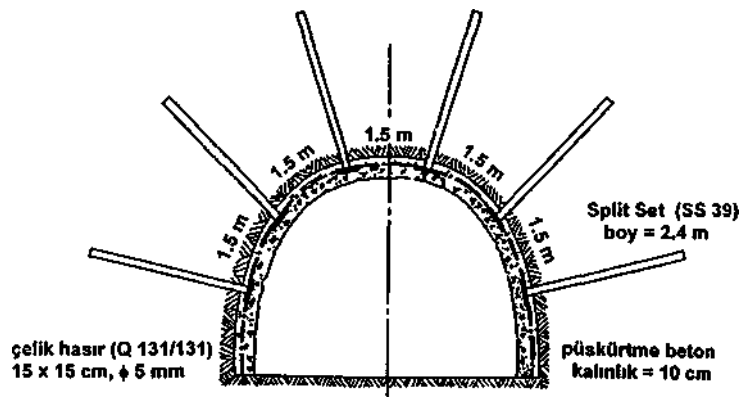
(**) Jeomekanik Sınıflama Sistemi'nin tahkimat önerileri; 10 m genişliğinde, atnalı kesitli, düşey birincil gerilmenin 25 MPa'dan az olduğu koşullarda, delme-patlatma yöntemiyle açılan tüneller için verilmiştir. Bu nedenle düzeltme yapılarak, saplama boyu « 0.5 x galeri genişliği ve saplama aralığı » 0.3 - 0.5 x saplama boyu alınmıştır.

Buna göre; TTK'da galen açıklıklarına uygulanan klasik tahkimat sistemine (rijit çelik bağ + ahşap kama ve fırçalar) alternatif olarak geliştirilmeye çalışılan yeni tahkimat sisteminde, kaya saplama, çelik hasır ve püskürtme beton kullanımı önerilmektedir. Örnek olarak seçilen galeri için belirlenen tasarım bilgileri aşağıya çıkarılmıştır:

Kaya Saplama: Sürtünme ankrajlı kaya saplama, yank tıp görünümü "Split Set"lerin kullanılması planlanmıştır. Maliyeti ve bulunabilirliği, uygulama kolaylığı, ortam koşullarının uygunluğu ve daha önce yapılan çalışmaların ortaya koyduğu sonuçlar (Albayrak,1989; Yaralı, 1991), "Split Şeplerin seçimini ve kullanımını daha bir anlamlı kılmaktadır. Galerinin yan duvarları ve tavanı 2.4 m boyundaki SS 39 tipi (39 mm çapında) "Split Set" kaya saplama ile desteklenecektir. Saplama 1.5 m aralıklarla ve kazı yüzeyine dik konumda açılacak 35 mm çaplı deliklere, 15x15 cm'lik taşıma plakaları kullanılarak yerleştirilecek, her sırada 6 saplama bulunacaktır. Galeri ilerleme doğrultusundaki saplama aralıkları da 1.5 m olacaktır (Şekil 3).

Çelik Hasır: Çelik hasırın galerinin tavan ve yan duvarlarına yerleştirilmesi tasarlanmış, bu amaçla uygun çelik hasır tipleri araştırılmıştır. Göz aralıkları 15x15 cm, boy ve en çubuk çapları 5 mm, ağırlığı 2.06 kg/m olan Q 131/131 tipi kaynaklı çelik hasır (Çesan, 2000) uygun bulunmuştur. Çelik hasırın galeri yan duvarlarına ve tavana tutturulmasında sarkmamasına özen gösterilecektir. Bunun için çelik hasır parçaları bir göz aralığı kadar üst üste getirilerek, ince tel çubuklarla birbirine bağlanacaktır.

Püskürtme Beton: Yeni tahkimat sisteminde yer alan püskürtme beton, galerinin yan duvarları ve tavanına 10 cm kalınlığında ve kuru karışım yöntemiyle uygulanacaktır (Şekil.3). Kuru karışım yönteminin seçiminde en önde gelen etkenler olarak; deneme süresi içerisinde tek bir galeri alanında çalışılacak olması, püskürtme beton kalınlığının fazla olmaması, çevrim zamanı içerisinde fazla yer tutmaması, yaş karışım yöntemine kıyasla ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması ve uygulama kolaylığı gösterilebilir. Galeri alanında kuru karışım püskürtme beton yönteminin uygulanabilmesi için; yeraltında kullanımı kolay, küçük işler için tasarlanmış, güvenli ve ekonomik, hava tahrikli kuru karışım püskürtme beton makinesi tercih edilmiştir.



Şekil 3. Yeni tahkimat sistemi için ön tasarım uygulaması.

Galeri kazı çalışmalarında 1 metre galeri ilerlemesi için hesaplanması gereken malzeme bileşenlerini bulmak için, 1978-80 yıllarında, Çayırhan çift hatlı elektrikli tren yolu projesinde kullanılan ve 1983 yılında da Gelik İşletmesi, -150 su havuzunda deneme çalışmaları yapılan ve bir harman olarak da adlandırılan karışım temel olarak alınmıştır (Çizelge 2). Yeni tahkimat sisteminde 1 metre B14 kesit galeri ilerlemesi için gerekli püskürtme beton miktarı, (0.10 m kalınlık x 1 m ilerleme x 10 m galeri çevresi) 1.0 m³ olarak hesaplanmıştır. Uygulamada meydana gelecek geri sıçrama miktarı % 40 olarak düşünülürse, bu miktar 1.4 m³ olarak elde edilir. Buradan, 1 metre galeri ilerlemesi için; 700 kg (0.658 m³) kum, 420 kg (0.395 m³) çakıl, 350 kg (0.328 m³) çimento ve 21 kg (0.019 m³) hızlandırıcı bulunur.

Çizelge 2. Kuru karışım malzeme bileşenleri (Kiska, 1980).

Malzeme bileşenleri	Ağırlık (kg)	Hacim (m ³)	Katların Oranı (%)
* Çakıl (8-16 mm)	500	0.313	47.0
* Kum (0-8 mm)	300	0.188	28.2
* Çimento	250	0.156	23.4
* Hızlandırıcı (çim. % 6'sı)	15	0.009	1.4
Su	135 litre	-	-
Toplam	1065	0.666	100.0

* Kuru-çakıl, çimento ve hızlandırıcı yoğunluğu 1600 kg/m³ alınmıştır

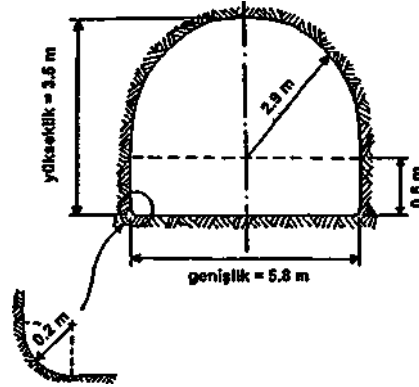
5. DURAYLILIK ÇÖZÜMLEMELERİ

Duraylılık çözümlenmeleri, kaya kütlesi sınıflama sistemleri kullanılarak belirlenen alternatif tahkimatların ön tasarım parametrelerinin ne derece yeterli olduğunu araştırmak, gerekirse tahkimat önlemlerinde değişikliklere gitmek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla, PHASE² (v. 5.0) iki boyutlu sonlu elemanlar bilgisayar programı (Rocscience, 2001) kullanılmıştır. İzlenen yaklaşıma göre; söz konusu galeri "tahkimatsız," yalnızca "kaya sapslamaları" ile desteklenmiş ve "püskürtme beton + kaya sapslamaları" ile desteklenmiş şekilde üç ayrı durumda modellenmiştir.

5.1 Açıklık Geometrisi ve Sonlu Elemanlar Ağı

B-14 kesitli galeri Şekil 4'te gösterildiği şekilde biraz basitleştirilerek boyutlandırılmıştır. Galerinin kazı genişliği 5.8 m, yüksekliği 3.5 m, yarım daire şeklindeki tavanının eğrilik merkezi tabandan 0.6 m yükseklikte olup; alt köşeler, eğrilik yarıçapı 0.2 m olan daire yaylan şeklindedir. Bu durumda, galerinin kazı kesiti yaklaşık 16.7 m² olmaktadır. Galerinin yan duvarları ve tavanı en fazla 10 cm kalınlığında bir püskürtme betonla kaplanırsa, faydalı kesit yaklaşık 15.7 m² olacaktır.

PHASE² programı yardımıyla oluşturulan sonlu elemanlar ağında 4 düğüm noktalı dörtgen elemanlar seçeneği kullanılmıştır. Tahkimatsız galeri durumunu modelleyen sonlu elemanlar ağında 2574 adet eleman ve 2652 adet düğüm noktası bulunmaktadır. Galeriyi çevreleyen ortamın sınırlarının açıklıktan uzaklığı, yaklaşık olarak açıklık genişliğinin 5 katıdır ve bu sınır üzerinde bulunan düğüm noktalarının yatay ve düşey yöndeki yer değiştirmeleri önlenmiştir, incelenen tüm durumlarda, karşılaştırmaları sağlıklı yapabilmek için, açıklığı çevreleyen ortam için aym sonlu elemanlar ağı kullanılmıştır.



Şekil 4. Modellenen galeri kesitinin boyutları.

5.2 Birincil Gerilme Alanı

Gerilme ve duraylılık çözümlerinde en önemli girdilerden biri olan birincil gerilme alanı bileşenlerinin büyüklük ve doğrultularının belirlenmesi çözümlerinin en kritik aşamasını oluşturmaktadır. Söz konusu galerinin incelenen kısmı yer yüzünden 510 ile 590 m arasında değişen bir derinlikte yer almaktadır. Bu değer ortalama olarak $h = 550$ m kabul edilip ve örtü katmanının ortalama birim hacim ağırlığı $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ alınarak, düşey birincil gerilme $P_v = h \cdot \gamma = 14 \text{ MPa}$ olarak belirlenmiştir.

Yatay birincil gerilmeler (P_h) için, ölçüm yapılmadıkça, sağlıklı bir değer kestirimi çok zordur. Bu çalışmada, yatay birincil gerilmelerin tüm doğrultularda birbirine eşit olduğu varsayılmıştır. Ayrıca, literatürdeki mevcut yaklaşımların ve bu derinlik için rapor edilen (Brown and Hoek, 1978) ölçüm sonuçlarının bir değerlendirilmesi yapılarak birincil gerilmelerin oranı olan "k" için bir dizi değer göz önünde bulundurulmuştur ($k = P_h / P_v = 0.5, 1, 2$ ve 2.5). Başka bir deyişle; çözümlerinde sırasıyla $P_h = 7 \text{ MPa}, 14 \text{ MPa}, 28 \text{ MPa}$ ve 35 MPa değerleri kullanılmıştır.

5.3 Kaya Kütesinin Modellenmesi

Galeriyi çevreleyen kaya kütesinin elasto-plastik davranışı modellenirken aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır.

- Kaya kütesi yenilinceye kadar elastik izotropik davranmakta olup, deformasyon modülü = 20 GPa ve Poisson oranı = 0.2'dir.
- Kaya kütesi Hoek-Brown görgül yenilme ölçütüne (Hoek and Brown, 1980) uygun olarak yenilmektedir.
- Kaya malzemesine (ince taneli kumtaşı) ait dayanım parametreleri:
 - tek eksenli basınç dayanımı: $CT_{C1} = 120 \text{ MPa}$
 - Hoek-Brown dayanım parametresi: $m = 15.5$
- GSI = 67 olan kaya kütesine ait dayanım parametreleri:
 - orijinal kaya kütesi için: $m = 4.8$ ve $s = 0.025$;
 - kırılmış kaya kütesi için: $m_r = 3.1$ ve $s_r = 0.001$;
 - dilatasyon parametresi = 0 (hacim artışı yok).

S. 4 Kaya Saplamaalarının Modellenmesi

PHASE² (v. 5.0) programında -Split Set kaya saplamaaları bir dereceye kadar modellenenmektedir. Çözümlemelerde, aşağıdaki saplama özellikleri kullanılmıştır.

- saplama tipi: Split Set,
- saplama boyu: 2.4 m
- saplama çeliğinin kesit alanı: 216.5 mm²,
- saplama aralığı: 1.5 m (düzlem içi ve dışı)
- saplama çeliğinin Young modülü: 200 GPa,
- çekme kapasitesi: 0.1 MN
- kesme (*shear*) kapasitesi: 0.02 MN/m,
- kesme katılığı (*shear stiffness*): 10 MN/m/m

5.5 Püskürtme Betonun Modellenmesi

Çözümlemelerde püskürtme beton, Bernoulli formülasyonuna uygun olarak davranan kiriş elemanlarıyla temsil edilen kaplama (*lining*) elemanları kullanılarak modellenmiş olup şu özellikler kullanılmıştır:

- a. püskürtme beton tabakasının kalınlığı: 10 cm,
- b. püskürtme betonun elastik özellikleri;
 - Young Modülü: 30 GPa,
 - Poisson oranı: 0.2
- c. püskürtme betonun dayanım özellikleri:
 - tek eksenli basınç dayanımı: 35 MPa,
 - tek eksenli çekme dayanımı: 3 MPa
 - kalıcı basınç dayanımı: 3.5 MPa,
 - kalıcı çekme dayanımı: 0

5.6 Kazı ve Tahkimat Aşamalarının Modellenmesi

PHASE² sonlu elemanlar programı, kazı ve tahkimat aşamalarının modellenmesine izin vermektedir. Ancak, program iki boyutlu çözümleme yapabildiği için, açıklık çevresindeki gerilme ve yer değiştirmelerin düzlem birim şekil değiştirme (*plane-strain*) çözümlemesi, kazı aynasından çok gerideki (galeri aynasının etkisinin hissedilmediği) bir kesitteki durumu yansıtmaktadır. Böyle bir çözümlemede, tahkimat elemanları tek bir aşamada modele uygulanırsa, gerçek hayatta tahkimat elemanlarının maruz kalmayacağı derecede büyük yer değiştirmelere (zorlanmalara) maruz kalacaklardır.

Bilindiği gibi, galeri aynası civarındaki kaya kütlesi bir miktar ön deformasyona uğramış durumdadır. "Kaya saplamaaları + püskürtme beton" tahkimat kazı aynasında uygulansa bile, yalnızca bu ön deformasyondan sonra gelişecek olan çevre kaya deformasyonuna maruz kalacaktır, işte PHASE² programı, tahkimat uygulanmadan önce çevre kayanın maruz kaldığı ön deformasyonu modelleme olanağı tanıyarak, çözümlemenin daha gerçekçi olmasını sağlayabilmektedir.

Buradaki kritik nokta, tahkimat uygulanmadan önce çevre kayada ne kadarlık bir ön deformasyonun meydana geldiğinin kestirimidir. Bunun için de yine PHASE² programı kullanılmıştır. Şöyle ki: hidrostatik birinci gerilme alanında ($P_h = P_v = 14 \text{ MPa}$) açılan, (kesiti B14 galerisi kesit alanıyla aynı) dairesel bir tünel aynası çevresindeki elastik gerilme ve yer değiştirmeler aksel simetrik (*axisymmetric*) bir çözümleme ile incelenmiştir. Ortama, göz önünde bulundurulmuş galeriyi çevreleyen kaya kütlelerinin elastik özellikleri verilmiştir. Çözümlemeye göre; tünel aynasındaki ışınal (*radiât*) yer değiştirme, aynanın çok gerisindeki yer değiştirmenin yaklaşık % 25'i civarında bulunmuştur. Çalışmada göz önünde bulundurulmuş tahkimatlı durumlarda, tahkimat elemanlarının ikinci bir aşamada yük almaya başladığı varsayılmıştır. İlk aşamada ise galeriyi çevreleyen ortamın % 25'lik bir ön deformasyona uğrayacağı kabul edilmiştir. Böylece kaya kütlesi ile tahkimat elemanlarının gerçeğe yakın bir şekilde etkileşimi modellenenmiştir.

6. ÇÖZÜMLEME SONUÇLARI

Kaya kütlesi özellikleri kullanılarak, PHASE² programı yardımıyla, her üç tahkimat durumu için elasto-plastik çözümler yapılmıştır. Açıklık çevresindeki yenilme bölgesi ve dayanım katsayısı kontrolen incelenmiştir. Çözümlerinde "o" çekme yenilmesini, "x" kesme yenilmesini "a" de çekme ve kesme yenilmesini birlikte betimlemektedir.

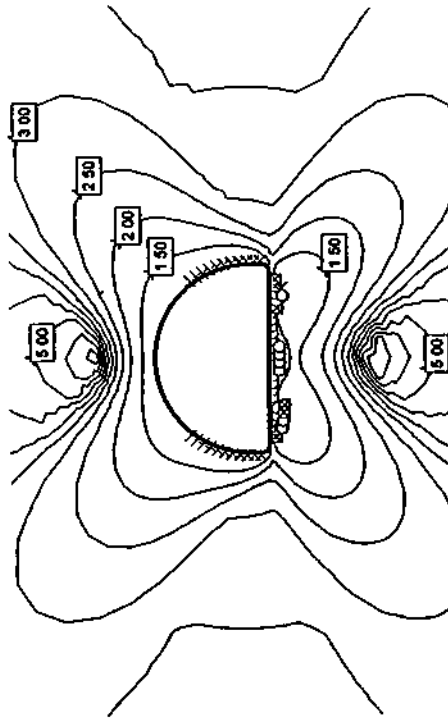
Tahkimatsız durum için k'nın seçilen değerleriyle yapılan çözümlerden elde edilen sonuçlara göre; duraylılık açısından en olumsuz durum $k = 2.5$ koşulunda elde edilmektedir (Şekil 5.a-d). Açıklık çevresindeki yenilme bölgesinin açıklığı tamamen çevreleyerek, özellikle tabanda derinlik kazandığı görülmektedir. Buna göre, tahkimatlı durumlarda yalnızca $k = 2.5$ için çözümler göz önünde bulundurulmuştur

Kaya sapsamalı tahkimat tasarımı ile yapılan çözümleme sonuçlarına göre; bu uygulamadaki yenilme bölgelerinin dağılım ve derinliği, tahkimatsız tasarımdakiyle büyük benzerlik göstermektedir. Bu sonuca bakarak, açıklık çevresinin kaya sapsamaları ile desteklenmesinin, yenilmiş bölgelerde anlamlı bir azalmaya neden olmadığı söylenebilir (Şekil 6.a). Ne var ki, gerçek uygulamalarda kaya sapsamaları yenilen kayayı yerinde tutma ve sağlam kısımlara taşıma işlevini yapmaktadır. Bu mekanizma tam olarak modellenemediği için kaya sapsamaları işlevsizmiş gibi algılanmaktadır.

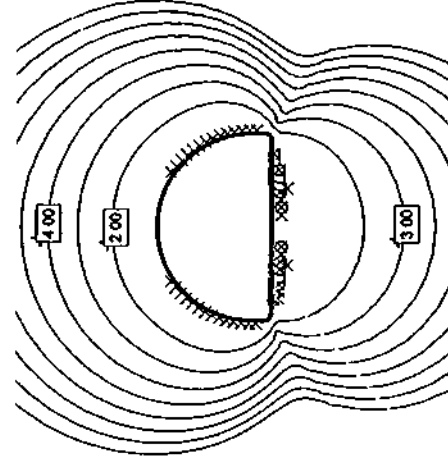
"Kaya sapsaması + püskürtme beton" uygulamasında, galerinin tavan ve yan duvarlarında meydana gelen yenilme bölgesinin genişliği tahkimatsız ve kaya sapsamalı tahkimata oranla önemli ölçüde daralmaktadır (Şekil 6.b).

Sonuçta; şekillerden de anlaşılacağı gibi, duraylılık açısından en kötü durumu veren $k = 2.5$ koşulunda bile, en az yenilmenin "kaya sapsaması + püskürtme beton" tahkimatı durumunda gerçekleştiği görülmektedir.

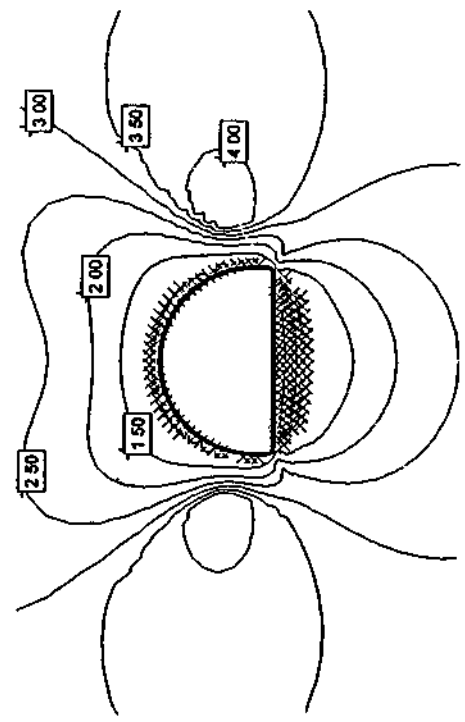
PHASE² sonlu elemanlar programı ile yapılan çözümlerinde; programın özellikleri nedeniyle Split Set sapsamalarının gerçek tahkimat mekanizması, çelik hasırın tahkimat davranışındaki etkisi ve püskürtme betonun dayanımının ve katılığının zamanla artması modellenenmiştir.



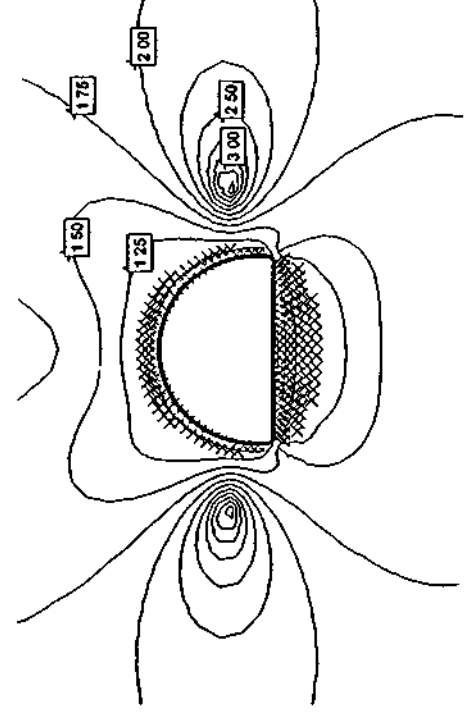
a. $k = Ph / Pv = 0.5$ için çözümlene.



b. $k = Ph / Pv = 1.0$ için çözümlene.

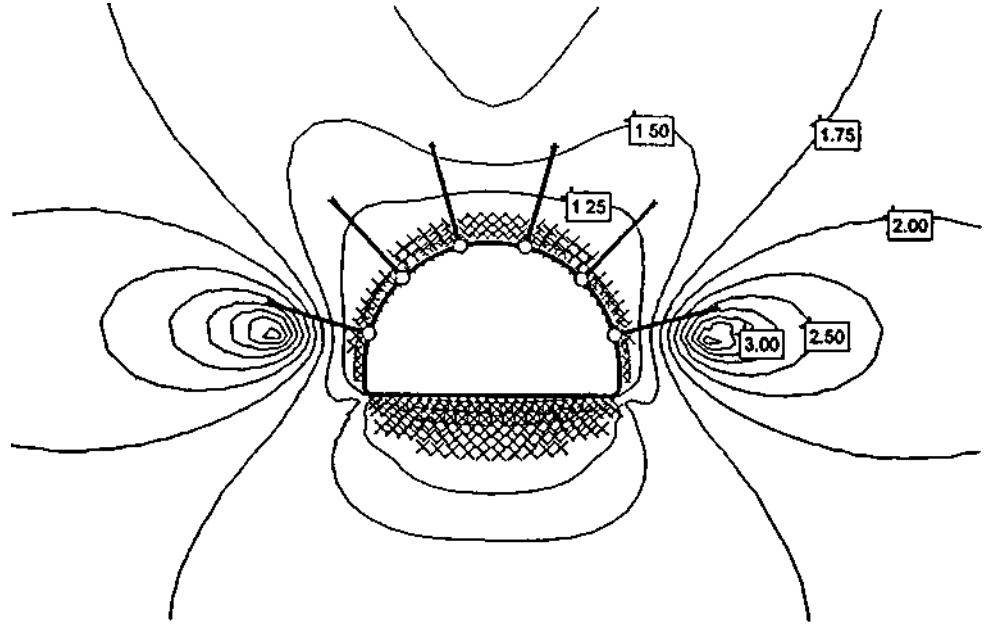


c. $k = Ph / Pv = 2.0$ için çözümlene.

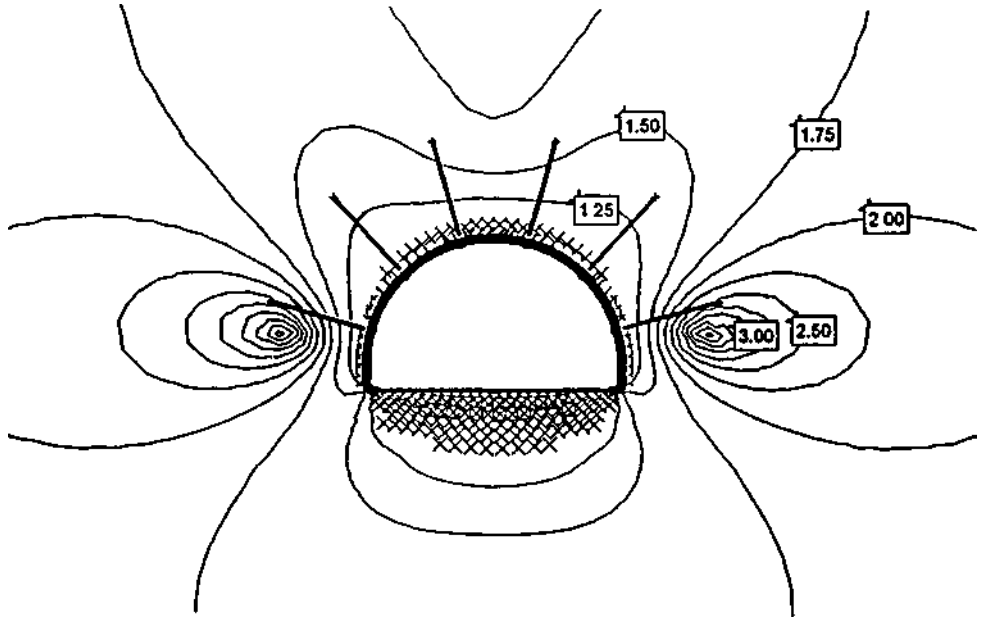


d. $k = Ph / Pv = 2.5$ için çözümlene.

Şekil 5. Tahkimatsız galeri çevresinde çeşitli birincil gerilme koşullarında oluşan yenilme bölgesi ve dayanım katsayısı konturları



a. Kaya saplama tahkimatlı durum.



b. "Kaya saplama + püskürtme beton" tahkimatlı durum.

Şekil 6. $k = 2.5$ için yapılan elasto-plastik çözümleme sonucuna göre dayanım katsayısı konturları ve yenilmiş elemanlar.

7. YENİ TAHKİMAT SİSTEMİNDE B14 KESİT STANDART TİP DÜZ GALERİ BİRİM MALİYET HESABI

Yeni tahkimat sisteminde, B14 kesit standart tıp düz galeri için yevmiye miktarlarında arın gerisi tahkimat ustalığı (2) ve arın gerisi tahkimat yedeği (4) ile diğer usta (1) ve diğer yedek (2) olmak üzere toplam 9 yevmiye (galeri kazı sürecinde geriye donuk tamir-tarama çalışmaları olmayacağı varsayılarak) yer almamıştır. Yeni tahkimat sisteminde B14 kesitli galeri için 1 metre galeri maliyeti, Mayıs 2001 tarihi itibarıyla (1.00 USD = 1 145 000 TL), 1 566 268 460 TL çıkmaktadır. Hesaplamaların detayları Yurdakul (2001) tarafından verilmiştir. Maliyet hesaplamaları yapılan her iki sistemde ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 3'te karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Yeni tahkimat sistemi, klasik sisteme kıyasla % 19.6 gibi anlamlı bir fark ortaya koymaktadır. Maliyetlere etki eden diğer bir farkta, yeni tahkimat sisteminde, klasik sisteme oranla tamir-tarama çalışmalarının olmaması ve bunun için de gerek işçiliklerde gerekse malzeme tüketiminde ekonomik anlamda yeni kazanımlar sağlanmasıdır.

Çizelge 3. Karşılaştırmalı maliyet analizi.

Maliyet Girdileri	Klasik sistem (a)		Yeni tahkimat sistemi (b)		Fark (a-b)	
	(milyon TL/m)	(%)	(milyon TL/m)	(%)	(milyon TL/m)	(%)
İşçilik	1 074	55.1	833	53.2	241	124
Malzeme	174	8.9	177	11.3	-3	-0.2
Muh. mas.	375	19.3	295	18.8	80	4.1
Etüt his	325	16.7	261	16.7	64	3.3
Genel toplam	1 948	100.0	1 566	100.0	382	196

8. SONUÇLAR

Kaya kütlesi sınıflandırma sistemleri ve PHASE ile yapılan çözümlerden elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, en uygun tasarımın "kaya saplama + püskürtme beton" tahkimatı durumu olduğu söylenebilir. Yeni tahkimat tasarımı olarak adlandırılan bu tasarımın uygulanmasında doğrudan kaya ile etkileşim sağlanarak yük taşıma söz konusudur. Kaya saplama ve çelik hasır desteğinde uygulanan püskürtme beton, açıklığı çevreleyen kaya kütlesi ile birlikte çalışarak, kayanın kendi kendisini taşımasına yardımcı olacaktır. Ancak, maliyetlerde de yaklaşık % 20 ekonomi sağlayan yeni tahkimat sistemi için pilot çalışmalara esas teşkil edecek bu tasarımın yeraltında denenerek, sonuçlarının alınması gerekir.

KAYNAKLAR

ACI Committe 506 (1966) ACI Standart, Recommended Practice for Shotcrete (ACI 506-66). *Shotcreting*, ACI SP-14.

- Aka, İ. ve Celep, Z.** (1978) *Püskürtme Beton ve Uygulaması*, ITU Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayını, İstanbul, s. 1-6.
- Albayrak, S.** (1989) *Zonguldak Kömür Havzası'nda Surtunmeli Kaya Saplama Uygulanabilirliğinin Araştırılması*, Yüksek Müh. Tezi, HU Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 100 s.
- Barton, N., Lien, R. and Lunde, J.** (1974) Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics*, Vol. 6, pp. 189-236.
- Barton, N. and Grimstad, E.** (1994) Rock mass conditions dictate choice between NTM and NATM. *Tunnels and Tunneling*, October
- Bieniawski, Z.T.** (1989) *Engineering Rock Mass Classifications*, John Wiley and Sons, New York, 251 pp.
- Brown, E.T. and Hoek, E.** (1978) Trends in relationships between measured insitu stresses and depth. *Int J Rock Mech Min Sei & Geomech Abstr*, Vol. 15, pp. 211-215.
- Çesan** (2000) *Beton Çelik Hasarı*, tanıtım katalogu, Çesan A.Ş., İstanbul.
- Gerçek, H.** (1979) *An Analysis of Shotcrete Application Practice*, M.Sc. Thesis, Dept. of Mineral Engineering, The Pennsylvania State University, 237 pp.
- Gerçek, H.** (1992) *Püskürtme Betonun Yeraltı Tahkimatı Olarak Kullanımı*, Zonguldak Endüstri Destekleme Merkezi, Manual No. SP 2/03, Hacettepe Üniversitesi Zonguldak Mühendislik Fakültesi, Zonguldak, s. 1-22.
- Hoek, E. and Brown, E.T.** (1980) *Underground Excavations in Rock*, IMM, London.
- Kiska** (1980) Çayırhan çift hatlı elektrikli tren yolu tünel açma projesi, püskürtme beton uygulama kitapçığı (yayımlanmamış), Kiska Kom. Şti, Ankara.
- Mahar, J.W., Parker, H.W. and Wuellner, W.W.** (1975) *Shotcrete Practice in Underground Construction*. Report to the Federal Railroad Administration, Department of Transportation, Contract No. DOT FR 30022, NTIS No. PB-248 248 765/LL.
- MBT** (1997) *Jobsite Manager*, MBT Underground Construction, Zurich, pp. 18-19.
- Rocscience** (2001) *PHASE² 2D Finite Element Program for Calculating Stresses and Estimating Support Around Underground Excavations - User's Guide*, Rocscience Inc., Toronto, 173 pp.
- Ünlü, T. ve Çolak, K.** (2001) TTK Ocaklarında Taşta Sürülen Galerilerde Püskürtme Beton ve Kaya Saplama Kullanımının Araştırılması, Birinci Gelişme Raporu, ZKÜ Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak.
- Yaralı, O.** (1991) *Kaya Saplama Uygulamaları, Tasarımı ve Kullanılmalarına İlişkin Yönergeler*, Yüksek Müh. Tezi, HU Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, s. 64-71.
- Yurdakul, Ş.** (2001) *Püskürtme Beton Teknolojisinin TTK Ocakları Ana Galerilerinde Uygulanabilirliğinin Araştırılması*, Yüksek Müh. Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Müh. Anabilim Dalı, Zonguldak, 221 s.

TTK'DA ÇALIŞAN MADEN MÜHENDİSLERİYLE YAPILAN BİR ANKETİN SONUÇLARI

RESULTS OF A SURVEY CARRIED OUT WITH THE MINING ENGINEERS EMPLOYED AT TTK

Kemal S. MİLETLİ, *Zonguldak Karealmas Üniversitesi, Müh. Fak., 67100 Zonguldak*
Hasan GERÇEK, *Zonguldak Karealmas Üniversitesi, Müh. Fak., 67100 Zonguldak*

ÖZET

Bu bildiride, Türkiye Taşkömürü Kurumu'nda (TTK) çalışan maden mühendisleriyle yapılan bir anketin başlıca sonuçları özetlenmektedir. Öncelikle, böyle bir çalışmanın yapılmasına yol açan düşünceler ve çalışmada izlenen yaklaşım sunulmaktadır. Sonra, mühendislere yöneltilen uç grup soru hakkında bazı bilgiler verilmekte ve alınan yanıtlar değerlendirilmektedir. Son olarak da, çalışmadan elde edilen sonuçlar tartışılmakta ve TTK'da çalışan tipik bir maden mühendisinin profili çıkartılmaktadır.

ABSTRACT

In this paper, primary results of a survey, carried out with the mining engineers employed at the Turkish Hardcoal Enterprises (TTK), are summarized. Firstly, the considerations for making such a survey and the approach followed in the study are presented. Then, some information is given on three groups of questions forwarded to the engineers, and their responses are evaluated. Finally, the conclusions reached in the study are discussed and a typical mining engineer employed at TTK is profiled.

1. GİRİŞ

Türkiye Taşkömürü Kurumu'nun (TTK) ülkemizin madencilik kültürüne katkılarının çok önemli olduğu yadsınamaz. Bugüne kadar, gerek TTK bünyesinde gerekse Kurumun dışında, TTK ile ilgili bir çok çalışma ve araştırma yapılmış ve yapılmaktadır. Yakın gelecekte de bu çalışmaların süreceği beklenmektedir. Çalışmaların bazıları mevcut durumu değerlendirmek ve irdelemek amacıyla yapılırken, bir kısmı da sorunları azaltmak veya ortadan kaldırmak ve iyileştirmeler sağlamak amacıyla yapılmaktadır.

Deneyimler göstermiştir ki, "nerede olduğumuzu tam olarak bilmeden, nereye gideceğimizi araştırmak" pek de öyle yararlı olmamaktadır. Ayrıca, mevcut durumla ilgili değerlendirmeleri daha anlamlı kılabilmek için, insan unsurunun da göz önünde bulundurulması gerekir. Maden mühendisleri, Kurum'da çalışanlar arasında, gerek sayıca gerekse de etkinlik açısından en önde gelen gruplardan biridir. Bu çerçevede, maden mühendislerinin yakından tanınmasına yardımcı olacak çalışmaların, durum değerlendirmelerinde yararlı olacağı kuşkusuzdur. Bu amaçla, TTK'da çalışan maden mühendislerinin

- tipik özelliklerini,
- eğitim ve meslekî konulardaki görüş ve beklentilerini,
- yaptıkları işler, çalışma ortamları ve koşullarıyla ilgili neler düşündüklerini,
- Kurum'daki mevcut sorunları nasıl algıladıklarını ve
- belirli konulardaki görüşlerini

belirlemek ve eğilimlerini saptayabilmek için bir anket yapılması kararlaştırılmıştır.

Bu bildiri, Miletli (2001) tarafından yapılan bir çalışmanın bulgularını özetlemektedir. Öncelikle, anketin oluşturulması ve yapılması hakkında bilgiler verilmiştir. Sonra, ankete katılan maden mühendislerince verilen yanıtların dağılımları sunulmuştur. Daha sonra da, elde edilen sonuçlarla ilgili bazı değerlendirmeler yapılarak, TTK'da çalışan tipik bir maden mühendisinin profili ortaya konmuştur.

2. ANKETİN OLUŞTURULMASI VE YAPILMASI

Katılımcı mühendislere üç grup soru sorulmuştur. Bunlar aşağıda sıralanmıştır.

- Kişisel Sorular (13 adet)
- Eğitim ve Meslekî Sorular (10 adet)
- TTK ve Çalışma Koşulları ile ilgili Sorular (11 adet)

Değerlendirmede kolaylık sağlaması amacıyla anket o şekilde düzenlenmiştir ki, soruların karşılıkları seçenekler arasından işaretleme (seçme / sıralama) veya kısaca (birkaç sözcükle) yanıtlama şeklinde verilebilmektedir. Pratiklik açısından da tüm soruların A4 boyutlu bir kağıdın iki yüzüne sığması sağlanmıştır. Soruların belirlenmesinde, TTK'yı iyi bilen, maden mühendisi kökenli öğretim üyelerinden ve TTK'da çalışmakta olan maden mühendislerinden de görüşler alınmıştır. Hazırlanan anketin bir örneği Şekil 1 ve 2'de verilmiştir.

TTK'DA ÇALIŞAN MADEN MÜHENDİSLERİ İÇİN ANKET SORULARI

A. KİŞİSEL SORULAR

1. Yaşınız? • < 25 a 26-35 a 36-45 a 46-55 a > 56
2. Cinsiyetiniz⁹ • Bay D Bayan
3. Medeni haliniz? D Bekar D Evli D Dul çocuk sayısı.....
4. Ailenizde başka çalışan var mı?n Hayır D Evet sayısı.....
5. Oturduğunuz ev sizin mi? G Evet D Hayır: D Kira D Lojman • Diğer
6. Aşağıdaki lardan hangisine sahipsiniz?
D Araba D Yazlık • Hayat Sigortası a Bilgisayar
Ek Gelir- a Gayrimenkul D İşyeri a Diğer
7. Aşağıdakilerden hangisine yeteri kadar vakit ayırabiliyorsunuz?
o Aile a Sosyal etkinlikler D Kişisel uğraşlar
8. Aşağıdakilerden hangilerini okuyorsunuz?
D Günlük Gazete D Aylık/Haftalık Dergi-Mecmua D Kitap yılda adet
9. Sinema veya tiyatroya gidiyor musunuz? D Hayır D Haftada bir D Ayda bir • Daha uzun
10. Hobileriniz nelerdir? D Spor • Yazın (şiir, roman, öykü vb.) D Müzik-Resim D El becerileri
D Diğer.....
11. Yabancı dil biliyor musunuz? (Düzeyi A: iyi, B: orta, C: zayıf)
a Hayır D Evet: D İngilizce.....D Fransızca.....D Almanca..... • Diğer.....
12. Tatil veya iş amacıyla yurtdışına çıktınız mı? D Hayır D Evet
Gittiğiniz ülke(ler):.....
13. İnternet'ten mesleki veya sosyal olarak yararlanıyor musunuz? D Hayı- D Bazen D Her zaman

B: EGITIM VE MESLEKİ SORULAR

1. Üniversite sınavında maden mühendisliği tercihinizin sırası neydi?
a ilk a Önde gelen a Orta sıralar D Son sıralar D Hatırlamıyorum
2. Maden mühendisliği;
D lisans derecenizi aldığınız üniversite ve bölüm.....yılı.....
a yüksek lisans derecenizi aldığınız üniversite ve bölüm.....yılı.....
D doktora derecenizi aldığınız üniversite ve bölüm.....yılı.....
3. Başka bir yüksek öğretim kurumunu bitirdiniz mi?
a Hayır Evet: D iki yıllık meslek yüksekokulu a 4 yıllık fakülte
4. Aşağıdaki derslerin / etkinliklerin maden mühendisliği açısından önemi ve meslek hayatınızdaki rolü nedir? A: çok B: orta C: az

	Yabancı Dil	Bilişim Teknolojisi Dersleri (Bilgisayar, Programlama vb.)	Temel Bilimler Dersleri (Matematik, Fizik, Kimya)	Temel Muh. Dersleri (Statik, Dinamik, Mukavemet, Akışkanlar Mek., Termodinamik vb.)	Yer Bilimleri Dersleri (Jeoloji, Jeofizik, Mineraloji, Petrografi vb.)	Meslek Dersleri	Stajlar
Size göre önemi							
Meslek hayatınızdaki yeri							

5. Mühendislik çalışmalarınızda
- en çok kullandığınız meslek dersleri..
- en az kullandığınız meslek dersleri....

Şekil 1. Çalışmada kullanılan anket formunun ön yüzü.

6. Aşağıdaki konularda hangi derecede etkinsiniz?

	<u>Hıç Yok</u>	<u>Az</u>	<u>Orta</u>	<u>Çok</u>
Oda dergilerini takip etmek	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kongre, seminer vb. etkinliklere katılmak	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mesleki açıdan eğitim Kurumlarıyla bilgi alışverişinde bulunmak	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Madencilik mesleğinin Türkiye'deki geleceğini nasıl görüyorsunuz?

Daha kötüye gidiyor Daha iyi olacak Değişiklik görmüyorum Bilmiyorum

8. Maden mühendisliği mesleğini sürdürmenizin sebebini önem sırasına göre sıralayınız (1., 2. vb.).

Sevdiğim için..... Saygınlık için..... Geçimimi sağlamak için.....
 Zorunlu olduğum için..... Diğer.....

9. Çocuğunuza ya da yakınlarınıza maden mühendisliğini tavsiye eder misiniz?

Evet Hayır Karışmam

10. Maden mühendisi olmasaydınız ne olmayı isterdiniz?.....

C. TTK VE ÇALIŞMA KOŞULLARI İLE İLGİLİ SORULAR

1. TTK'da kaç yıldır çalışıyorsunuz?yıl

2. TTK'nun hangi biriminde çalışıyorsunuz?.....

3. Maden mühendisliğine ilk TTK'da mı başladınız?

Evet Hayır: Daha önce.....yıl devlet sektöründe
 özel sektörde
 diğer.....çalıştım.

4. Aşağıdaki konulardaki görüşleriniz (A: taraftarım, B: karşıyım, C: Fark etmez).

- TTK'nın özelleştirilmesi..... - Çalıştığımız Kurumda vardiya mühendisliği.....
- Dört vardiyalı çalışma sistemi..... - Rödovans karşılığında bazı sahaların kiralanması.....
- TTK'nın özzerleştirilmesi.....

5. Aşağıdaki uygulamalar TTK'da var mı?

Evet Hayır
- Mühendisleri motive eden mekanizma
- Hizmet içi eğitim

6. Size göre TTK'nın ülke ekonomisine katkısı var mı? Hayır Az Orta Çok

7. Aşağıdakiler hakkında düşünceleriniz nelerdir? (A: hayır, B: bazen, C: her zaman)

- İşyeri organizasyonunu sağlayabiliyor musunuz?.....
- Çalıştığınız ortamda kendinizi rahat hissediyor musunuz?.....
- İşyeri ile ilgili yapılacak yeniliklerde sizin fikriniz alınıyor mu?.....
- Yaptığımız işte kendinizi başarılı buluyor musunuz?.....
- Mühendislik bilginizi yaptığımız işe yansıtabiliyor musunuz?.....

8. Kurum'daki sorunların kaynağını öncelik sırasına göre sıralayınız (1., 2. vb.).

Siyasi..... İdari..... Mali..... Teknolojik..... Diğer.....

9. Aşağıdaki konular hakkındaki düşünceleriniz nelerdir?

Evet Hayır
- Kurum'da hak ettiğiniz yerde mi çalışıyorsunuz?
- Özel sektörde çalışmak ister misiniz?

10. Yaptığınız işe karşılık aldığınız ücreti yeterli buluyor musunuz?

Çok az Az Normal İyi Çok iyi

11. Çalıştığınız Kurum ile üniversitelerin maden mühendisliği bölümlerinin ilişkilerini nasıl görüyorsunuz?

Yetersiz Orta İyi

Şekil 2. Çalışmada kullanılan anket formunun arka yüzü.

Sonra, TMMOB Maden Mühendisleri Odası (MMO) Zonguldak Şubesi Yönetim Kurulu'na baş vurularak; anket formlarının TTK'da çalışan üyelere dağıtılması, üyelere doldurulması ve kapalı zarflar içinde toplanması konusunda yardım istenmiştir. Anket Ocak ve Şubat 2001 ayları içinde planlandığı şekilde yapılmıştır.

3. ANKETİN SONUÇLARI

3.1 Kişisel Sorular

Kişisel soruların ilk ikisine verilen yanıtlar, ankete katılan maden mühendisleri ile TTK'da çalışmakta olan tüm maden mühendislerinin yaş grubu ve cinsiyet dağılımları açısından çok benzer olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Ankete katılan ve TTK'da çalışan Maden mühendislerinin yaş grubu ve cinsiyet dağılımları.

	Maden Mühendisi	Yaş Grupları (%)					Cinsiyet (%)	
		<25	26-35	36-45	46-55	56	Bay	Bayan
Ankete Katılan	185(%53)	0	8	61	28	3	94	6
Tüm Çalışanlar	347(%100)	0	6	60	31	3	92.5	7.5

Ankete katılan mühendislerin % 94'ü evli, % 4'ü bekar ve % 2'si de dul olup, bekar olmayanların hemen hemen yarısı çocuksuz ve yaklaşık % 40'i da 1 ya da 2 çocukludur; mühendislerin yarısından fazlası (% 56'sı) ailenin yegane çalışanıdır. Oturdukları konutla ilgili soruyu 180 mühendis yanıtlamış olup bunlardan yarısından fazlası (% 55'i) lojmanda, yaklaşık dörtte biri (%24'ü) kendi evinde ve yaklaşık beşte biri (% 19'u) ise kirada oturmaktadır. Yine aynı sayıdaki mühendis tarafından yanıtlanan altıncı soruya verilen yanıtlardan; katılımcıların % 73'ü araba, % 46'sı bilgisayar, % 31'i hayat sigortası, % 19'u gayrimenkul, % 6'sı yazlık ve % 2'si de işyeri sahibidir. Yedinci soruyu yanıtlayan 174 mühendisten büyük bir çoğunluğu (% 82'si) ailesine, dörtte birden biraz fazlası sosyal etkinliklere (% 27) ve/veya kişisel uğraşlara (% 29) yeteri kadar zaman ayırabildiğini belirtmiştir.

Okuma alışkanlıklarının anlaşılması amacıyla sorulan sekizinci soruyu yanıtlayan 182 mühendisin büyük bir çoğunluğu (% 82'si) günlük gazete, yaklaşık dörtte biri de haftalık ya da aylık dergi veya mecmua okumaktadır; öte yandan, kitap okumaya zaman ayırabilen % 62'lik bir mühendis grubunun % 57'si yılda 5'ten az, % 25'i 6-10 arasında, % 10'u 10-15 arasında ve geriye kalan % 8'i de 16'dan fazla kitap okumaktadır.

Dokuzuncu soruyu yanıtlayan 183 mühendisin % 72'si sinema veya tiyatroya gidebildiğini belirtmekteyse de bunların yalnızca % 5'i bu etkinliği her hafta, % 29'u ayda bir ve geri kalan üçte ikisi de daha seyrek tekrarlayabilmektedir.

Mühendislerin 180'i hobileriyle ilgili soruyu yanıtlamıştır. Birden fazla seçeneğin işaretlenebildiği yanıtlara göre; maden mühendislerinin % 50'si spor, % 19'u el becerileri, % 15'i müzik-resim ve % 13'ü yazın sanatı (şiir, roman, öykü vb) ile boş zamanlarını değerlendirilmektedir. Ayrıca, bu soruyu yanıtlayanların yaklaşık dörtte biri de diğer hobileri olduğunu belirtmiştir.

Yabancı dil bilgisinin sorgulandığı on birinci soruyu yanıtlayan 185 maden mühendisinin yaklaşık dörtte üçü en az bir dil bildiğini ifade ederken, bunların da büyük bir çoğunluğu (% 70'ten fazlası) İngilizce bilmektedir. Ancak, yabancı dil bilenlerin yarısından fazlası (% 53'ü) seviyesini "zayıf," % 41'i "orta" ve % 6'sı da "iyi" olarak belirtmiştir.

On ikinci soruyu yanıtlayan 182 mühendisin % 42'si tatil ya da iş amacıyla yurtdışına çıkmıştır. En çok ziyaret edilen ülkeler sırasıyla Almanya, İngiltere, Fransa ve Japonya'dır.

Kişisel sorular grubunun sonuncusu olan "İnternet'ten meslekî veya sosyal olarak yararlanıyor musunuz?" sorusunu yanıtlayan 185 mühendisin yaklaşık üçte ikisi (% 65'i) "hayır," dörtte bir "bazen" ve yalnızca % 10'u "her zaman" şeklinde yanıt vermiştir.

3.2 Eğitim ve Meslekî Sorular

İkinci grup sorulara verilen yanıtlarla, mühendislerin eğitimleri ve meslekleriyle ilgili konulardaki düşünceleri araştırılmıştır.

Birinci soruyu yanıtlayan 185 mühendisin % 40'ı üniversite giriş sınavında maden mühendisliğini ilk veya önde gelen sıralarda tercih ettiklerini, % 52'si ise orta veya gen sıralarda tercih ettiklerini ve % 8'i de tercihlerini hatırlamadıklarını belirtmiştir.

Mühendislere mezun oldukları üniversiteyi soran ikinci soruyu yanıtlayan 182 kişinin % 59'u Hacettepe Üniversitesi'nden (çok büyük bir kısmı Zonguldak Maden Mühendisliği Bölümü'nden), % 19'u Karaelmas Üniversitesi'nden, % 13'ü İstanbul Teknik Üniversitesi'nden ve geriye kalanlar da diğer üniversitelerden mezun olduklarını belirtmiştir. Ayrıca, bu mühendislerin yalnızca onda biri lisansüstü eğitimi almıştır.

Üçüncü soruyu yanıtlayan 180 mühendisin % 23'ü aynı zamanda iki yıllık meslek yüksekokulu mezunu olup, % 4'ü de ayrıca dört yıllık başka bölümlerin mezunudur.

Bundan sonraki soruya verilen yanıtlara göre; mühendisler, maden mühendisliği açısından çok önemli olan eğitim unsurlarını sırasıyla meslek dersleri, stajlar, yabancı dil, bilişim teknolojisi dersleri, yer bilimleri dersleri, temel bilimler dersleri ve temel mühendislik dersleri olarak belirtmişlerse de meslek hayatlarındaki rolü açısından büyük çoğunluk meslek dersleri ile stajları ön plana çıkarmıştır.

Mühendislere, mühendislik çalışmaları sırasında en çok ve en az kullandıkları dersleri soran beşinci soruya verilen yanıtlar, anlamlı ve sağlıklı bir değerlendirmeye izin vermeyecek şekilde işyerinin gereksinimlerini ve faaliyetlerini yansıtmaktadır.

İşyeri dışındaki meslekî etkinliklerle ilgili sorulara verilen yanıtlar ve dağılımı Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Bazı meslekî etkinliklerle ilgili yanıtların dağılımı.

Etkinlik	Görüş Belirten	Yanıtların Dağılımı (%)	
		Çok - Orta	Az - Hiç Yok
Oda dergilerini takip etmek	180	78	22
Kongre, seminer vb etkinliklere katılmak	178	65	35
Üniversitelerle bilgi alışverişinde bulunmak	172	44	56

Madencilik mesleğinin Türkiye'deki geleceği ile ilgili yedinci soruyu yanıtlayan 181 mühendisin % 72'si "daha kötüye gidiyor" şeklinde değerlendirme yaparken, yalnızca % 8'i "daha iyi olacak" şeklinde düşünmektedir. Geriye kalan % 18'lik kısmın "değişiklik beklemediğini" belirtirken, % 2'si de soruyu "bilmiyorum" şeklinde yanıtlamıştır.

Mühendislerin mesleği sürdürme nedenlerinin araştırıldığı sekizinci soruya verilen yanıtlar arasında "geçimimi sağlamak için" yanıtı öncelik sırasına göre başta gelmektedir.

Dokuzuncu soruyu yanıtlayan 185 mühendisin % 79 gibi büyük bir çoğunluğu, çocuklarına ya da yakınlarına maden mühendisliği mesleğini önermemektedir; % 17'lik bir grup bu seçime karışmayacağını belirtirken, yalnızca % 4'lük bir kısım mesleğini önermektedir.

Bu grubun sonuncu sorusu olan, "Maden mühendisi olmasaydınız ne olmayı isterdiniz?" sorusuna verilen yanıtlar anlamlı bir gruplandırma ve değerlendirme yapmaya izin vermeyecek derecede çeşitlilik göstermektedir. Ancak, bu soruyu yanıtlayan 142 mühendisin % 37'sinin diğer mühendislik dallarını belirtmesi göz önünde bulundurulursa, mühendislik dışındaki mesleklerin tercih edilme oranının % 60'ın üzerinde olduğu anlaşılır ki bunların arasında tıp, hukuk, ekonomi, siyasal bilimler ve öğretmenlik gibi dallar ön plana çıkmaktadır.

3.3 TTK ve Çalışma Koşulları ile İlgili Sorular

Toplam 11 adet sorudan oluşan üçüncü grup soruların değerlendirilmesi de aşağıda sunulmaktadır.

TTK'daki çalışma süreleriyle ilgili soruyu yanıtlayan 185 mühendisin % 3'ü 5 yıldan az, % 45'i 6 ile 15 yıl arasında, % 42'si 16 ile 25 yıl arasında ve geriye kalan % 10'u da 26 ve daha fazla yıllık bir kıdeme sahiptir.

Mühendislerin çalıştığı birimle ilgili soruya verilen yanıtlar çok çeşitlilik göstermektedir ve sağlıklı bir gruplandırma yapmak mümkün olamamıştır.

Bu gruptaki üçüncü soru olan "Mühendisliğe ilk TTK'da mı başladınız?" sorusunu 185 mühendis yanıtlamış ve bunlardan % 80'inin yanıtı "evet" olmuştur. Geriye kalan % 20'lik kısmın dörtte biri işe ilk defa devlet sektöründe ve dörtte üçü de özel sektörde başlamıştır; bunların büyük bir çoğunluğunun TTK'da işe başladıkları zamanki mühendislik deneyimi 5 yıl'dan fazla değildir.

Dördüncü soruyu yanıtlayan maden mühendisleri tüm konularda aynı sayıda görüş belirtmemiştir; ancak, yine de genel eğilimler anlaşılmaktadır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Ankete katılan maden mühendislerinin bazı önemli konulardaki görüşleri.

Konu	Görüş Belirten	Yanıtların Dağılımı (%)		
		Tarafıtarım	Karşıyım	Fark etmez
TTK'nın özelleştirilmesi	148	16	78	6
Dört vardiyalı çalışma sistemi	147	57	26	17
TTK'nın özzerkleştirilmesi	152	84	11	5
Kurum'da vardiya mühendisliği	140	49	41	10
Rödovans karşılığı bazı sahaların kiralanması	141	27	62	11

Beşinci soruyu yanıtlayan 170 mühendisin hemen hepsi (% 98'i) TTK'da mühendisi motive eden bir mekanizmanın bulunmadığı görüşünde olup, büyük bir çoğunluğu da (% 78'i) hizmet içi eğitimin olmadığını belirtmiştir.

Bir sonraki soruyu yanıtlayan 181 mühendisin üçte ikisinden fazlası (% 68'i) TTK'nın ülke ekonomisine katkısını "çok" veya "orta" olarak değerlendirirken, yalnızca % 13'ü bu soruyu "hiç yok" şeklinde yanıtlamaktadır.

Bir dizi kısa soruyu içeren yedinci soruyu yanıtlayanların sayısı ve verilen yanıtların dağılımı Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. İşyeriyle ilgili bazı sorulara verilen yanıtların dağılımı.

Soru	Yanıt Veren	Yanıtların Dağılımı (%)		
		Her Zaman	Bazen	Hayır
İşyeri organizasyonunu sağlayabiliyor musunuz?	167	49	37	14
Çalıştığınız ortamda kendinizi rahat hissediyor musunuz?	167	25	46	29
İşyeriyle ilgili yapılacak yeniliklerde fikriniz alınıyor mu?	173	13	37	50
Yaptığınız işte kendinizi başarılı buluyor musunuz?	170	42	47	11
Mühendislik bilginizi yaptığınız işe yansıtabiliyor musunuz?	170	30	54	16

Kurum'daki sorunların kaynağının sıralanmasının istendiği sekizinci soruya verilen yanıtlara göre; "siyasal" nedenler büyük bir çoğunlukça ilk sırada gösterilmiştir, "idari" nedenler ise ikinci sırada gelirken, "mali" ve "teknolojik" nedenler de (yaklaşık olarak eşit ağırlıkta) üçüncü sırada gösterilmiştir.

Dokuzuncu sorunun ilk kısmını yanıtlayan 183 mühendisin % 72'si, Kurum'da hak etmediği yerde çalıştığı kanısındadır; ikinci kısmını yanıtlayan 183 mühendisin yarısından biraz fazlası ise (% 52) özel sektörde çalışmak istemediğini belirtmektedir.

Onuncu soruyu yanıtlayan 178 mühendisin yaklaşık dörtte üçü (% 76'sı) yaptıkları işe karşılık aldıkları ücreti "az" veya "çok az" bulurken, % 16'sı "normal" ve yalnızca % 8'i "iyi" veya "çok iyi" olarak değerlendirme yapmıştır.

Bu grubun ve anketin son sorusunda, TTK ile üniversitelerin maden mühendisliği bölümleri arasındaki ilişkiler hakkındaki görüşler sorulmuştur. Soruyu yanıtlayan 182 mühendisin % 75'i bu ilişkileri "yetersiz" bulmakta, yalnızca % 3'ü ise "iyi" seviyede görmektedir.

4. SONUÇLARIN TARTIŞILMASI

Burada vurgulanması gereken önemli bir husus da anketin Ocak ve Şubat 2001 ayları arasında, yaklaşık bir buçuk yıl önce yapılmış olduğudur. Buna göre, yanıtlarda Şubat 2001 ekonomik krizinin ve neden olduğu sorunların belirgin bir etkisi yoktur.

Sorulan yanıtlayanların sayısı, genel eğilimleri belirtmeye yeterli oranda olmasına karşılık, katılımın daha fazla olması daha kesin ve daha sağlıklı değerlendirmeler yapılabilmesini sağlayacaktı. Ancak, MMO Zonguldak Şubesi aracılığıyla bile daha yüksek bir katılımın sağlanamaması düşündürücüdür.

Bazı sorulara verilen yanıtlar, ne yazık ki, anlamlı değerlendirmeler yapılmasına olanak verecek şekilde alınamamıştır. Bunda hata, yanıtlayanlardan çok, soruların soruluş şekli ya da yanıtların gruplaşmaya izin verecek şekilde yönlendirilememesi ile ilgilidir. Bu tip sorulara örnek olarak "TTK'nın hangi biriminde çalışıyorsunuz?" sorusu gösterilebilir. Aslında, bu sorunun yanıtları daha iyi bir şekilde değerlendirilebilseydi, TTK'da çalışanlar ile ankete katılanların dağılımları karşılaştırılarak, katılımcıların çalışanları ne derecede temsil ettiği daha gerçekçi bir şekilde ortaya koyulabilecekti.

Ayrıca, bazı sorular da, verilen yanıtların mühendisin çalıştığı yere bağlı olarak şekillenmesi nedeniyle, sağlıklı bir değerlendirme yapmaya izin vermeyecek şekilde anlamsız kalmıştır. Örneğin; mühendislik çalışmalarda en çok kullanılan meslek dersleri içinde, doğal olarak, yeraltı kömür madenciliğiyle ilgili olanlar ilk sıraları almaktadır. En az kullanılan dersler de, işyerinin özelliklerine göre ön plana çıkan Yerbilimleri Dersleri, Cevher Hazırlama, Açık İşletme gibi derslerdir.

Bütün bu sıkıntılara karşılık, yapılan çalışmanın yine de ilginç bazı gerçekleri ortaya koyduğu söylenebilir. Özetlenecek olursa, TTK'da çalışan tipik bir maden mühendisinin profili şu şekilde çıkartılabilir:

- Mühendisimiz; erkek, 36-45 yaşlarında, evli ve az çocuklu, lojmanda oturuyor, arabası var, ailesine zaman ayırabiliyor, günlük gazete ve kitap okuyor, seyrek de olsa sinema ve tiyatroya gidiyor, boş zamanlarında sporla uğraşıyor, zayıf seviyede İngilizce biliyor, yurtdışı deneyimi pek yok ve İnternet'ten yararlanmıyor.
- Maden mühendisimizin mesleğini pek de isteyerek seçtiğini söyleyemiyoruz; ancak, onun Zonguldak Maden Mühendisliği Bölümü mezunu olduğu ortada; geçimim sağlamak için sürdürdüğü madencilik mesleğinin daha kötüye gittiğine inanıyor ve yakınlarına da bu mesleği seçmeyi önermiyor; zaten kendisi de maden mühendisi

olmasaydı mühendislik dışında bir mesleği seçebileceğini belirtiyor; meslek dersleri, stajlar ve yabancı dilin öneminin bilincinde; TTK'da çalışması nedeniyle, mühendislik çalışmalarında en çok yararlandığı dersler yeraltı kömür madenciliğiyle ilintili olanlar; MMO dergilerini takip ediyor ve bilimsel toplantılara, her zaman olmasa bile, katılıyor.

- Tipik mühendisimiz, mesleğe ilk defa TTK'da başlamış ve uzunca bir süredir burada çalışıyor. Kurum'da kendisini motive eden bir mekanizmanın ve hizmet içi eğitimin olmamasından şikayetçi. Ayrıca, hak ettiği yerde çalışmadığına ve yeterli ücret alamadığına inanıyor. TTK'nın özelleştirilmesine karşı olmakla birlikte özertleştirilmesine olumlu bakıyor. Dört vardiyalı çalışma sistemi için olumlu düşünmekle birlikte, vardiya mühendisliği konusunda biraz kararsız. Ancak, bazı sahaların rödovans karşılığında kiraya verilmesine karşı çıkmaktadır. Genel olarak; yaptığı işte kendini başarılı buluyor, çalıştığı ortamda kendisini rahatsız hissetmiyor, işyeri organizasyonunu sağlayabildiğini ve bilgisini işine yansıtabildiğini ama işyerindeki yeniliklerle ilgili fikrinin pek alınmadığını düşünüyor. Kurum'daki sorunların kaynağını öncelikle siyasî ve idarî buluyor, malî ve teknolojik sorunların daha sonra geldiğine inanıyor. TTK'nın üniversiteler ile olan ilişkilerini yetersiz buluyor.

5. SONUÇ

Bıldinde, TTK'da çalışan maden mühendisleriyle yaklaşık bir buçuk yıl önce yapılan bir anketin sonuçları özetlenmiştir. Maddî hiç bir destek alınmadan yapılan bu ankete katılım beklendiği kadar yüksek olmamasına rağmen, Kurum'da çalışan tipik bir maden mühendisinin yaklaşık bir profilini çıkartmak mümkün olmuştur. Profilin daha kesin hatlarla ortaya çıkartılabilmesi, mühendislerin daha farklı konulardaki düşünce ve eğilimlerin belirlenebilmesi için benzer çalışmaların, TTK'nın da malî katkısıyla, bağımsız kuruluşlara yaptırılmasında yarar vardır.

KATKI BİLDİRME

Yazarlar bu çalışmanın yapılışı sırasındaki katkılarından dolayı TMMOB Maden Mühendisleri Odası Zonguldak Şubesi Yönetimi'ne, TTK Genel Müdürlüğü'ne ve ankete katılan Maden Mühendislerine teşekkürü bir borç bilir

KAYNAKLAR

Miletli, K. S. (2001) *TTK'da Çalışan Maden Mühendisleri ile ilgili istatistiksel Bir Çalışma*, Diploma Çalışması (yayımlanmamış), ZKÜ Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, 68 s.

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNE (CBS) DAYALI
JEOLOJİK VERİ TABANI YÖNETİMİNE
ZONGULDAK BÖLGESİNDEN BİR ÖRNEK**

**A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) BASED
GEOLOGICAL DATA MANAGEMENT EXAMPLE
FROM THE ZONGULDAK AREA**

Cemil SEYİS, TÜBİTAK MAM, *Yer ve Deniz Bil. Arş. Ens.*, 41470 Gebze, Kocaeli
M. Namık YALÇIN, *İstanbul Üniversitesi Jeoloji Muh. Bol.*, 34850 Avcılar, İstanbul
Sedat İNAN, TÜBİTAK MAM, *Yer ve Deniz Bil. Arş. Ens.*, 41470 Gebze, Kocaeli

ÖZET

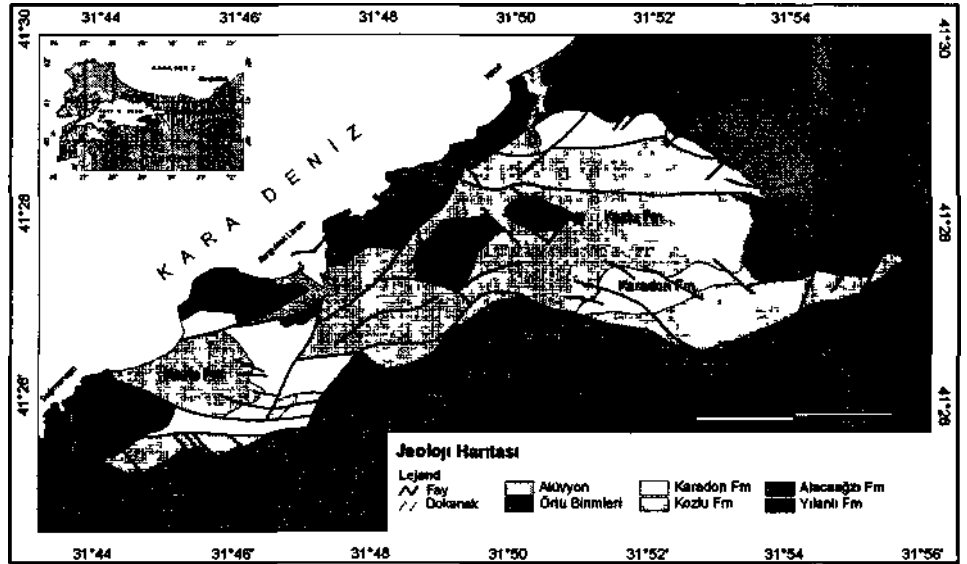
Genel veri tabanı işlemleri ile klasik haritaların imkanlarını kendi bünyesinde toplayan bir bilgisayar sistemi olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), günümüzde dünyada çok yaygın bir kullanım alanına sahip üstün özellikli bir araçtır. Bu çalışmada, yurdumuzda özellikle jeoloji uygulamalarında henüz fazla bir yaygınlık kazanmamış olan CBS'nin, jeolojiye getireceği fayda ve kolaylıklarının ortaya konması amaçlanmıştır. Bunun için Zonguldak Havzası'na ait çeşitli veri katmanlarını ve havzadaki kömürlere ait çeşitli analiz sonuçlarını içeren bir veri tabanı hazırlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda; havzanın arazi modeli, eğim haritası, bakı haritası, sondajların korelasyonu, Vestfaliyen A yaşlı Kozlu Formasyonu'nun taban yapı haritası gibi yeni veri katmanları elde edilmiştir. Bölge kömürlerine ilişkin çeşitli jeolojik özelliklerin yönetimi için bir sistem geliştirilmiş, bu kapsamda, kimyasal analiz ve vitrinit yansımaları değerleri kolay ulaşılabilir ve sorgulanabilir bir veri tabanı haline getirilmiştir.

ABSTRACT

Geographic Information Systems (GIS), which offers both advantages of classical mapping tools and general database operations, is a powerful tool which has found many various applications in the world. The aim of this study has been to show, as a case study, the benefits and advantages of GIS applications in geology. For this reason, a database for Zonguldak Basin coals including data layers and various analyses results has been prepared. With this study, new data layers like terrain model, slope map, aspect map, correlation of the drill holes, and the structural map of the base of coal bearing Westphalian A Kozlu Formation have been obtained. A system to manage various geological properties of the coals of the area has been developed and within this system the chemical analyses and vitrinite reflection values have been tabulated in a easily accessible and querable database.

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı, coğrafik referanslı verilerin girildiği, yönetildiği, analiz edildiği ve değerlendirildiği bir bilgisayar sistemi olan CBS'yi jeolojik verilere uygulayarak; uygulanabilirliğini ve getireceği avantajları ortaya koymaktır. Bu kapsamda, Zonguldak Havzası'nda Karbonifer yaşlı birimlerin yaygın olarak bulunduğu Zonguldak ili ve çevresi çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı buldum ve sadeleştirilmiş jeoloji haritası (Özler vd.,1992'den değiştirilerek).

Değirmen Ağı ile Kilimli arasında kalan alanda, Karbonifer yaşlı birimlerin yayılım gösterdiği yerler çalışma alanının sınırlarını oluşturmaktadır. 41.4087 ile 41.5010 K enlemleri ve 31.7195 ile 31.9349 D boylamları arasında yer alan çalışma alanının yüzölçümü 114 km², çevresi ise 59 km'dir. Çalışma alanında, Paleozoyik yaşlı birimler (Yılanlı, Alacaagzi, Kozlu ve Karadon Fm) ve bunları uyumsuz olarak örten Kretase yaşlı örtü birimleri (Zonguldak, Kapuz, Kırimsa, Velibey ve Sapça Fm.) yer almaktadır. Hersinyen ve Alpin gibi iki büyük orojenezin etkisi altında kalmış olması, havzanın karmaşık bir yapıya sahip olmasına neden olmuştur.

Zonguldak Havzası, ülkemizin tek ekonomik taş kömür yataklarına sahip olması nedeniyle pek çok çalışmaya konu olmuştur. Kömürlerle ilgili olarak, farklı kişiler tarafından pek çok veri ortaya konmuşsa da, bunlar dağınık ve farklı formatlarda bulunmaktadır. Bu durum, yapılacak yeni araştırmalar ve kömür işletmeciliği için sözkonusu verilerin kullanılmasını güçleştirmektedir. Oysa verilerin CBS tabanlı bir veri tabanı bünyesinde toparlanması verilerin kullanımını kolaylaştıracaktır. Günümüzde, özellikle yurt dışında, neredeyse akla gelebilecek her alanda kullanılmakta ve büyük kolaylıklar sağlamakta olan CBS, özellikle jeoloji alanında ülkemizde henüz

yeni yaygınlaşmaya başlamıştır (Ayday ve Ulusay, 1993, Sezginer, 1995, Ayday ve Altan, 1996, Tüysüz ve Tan, 1998, Kıncal, 1999, Seyis, 2002).

2. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) VE YÖNTEMLER

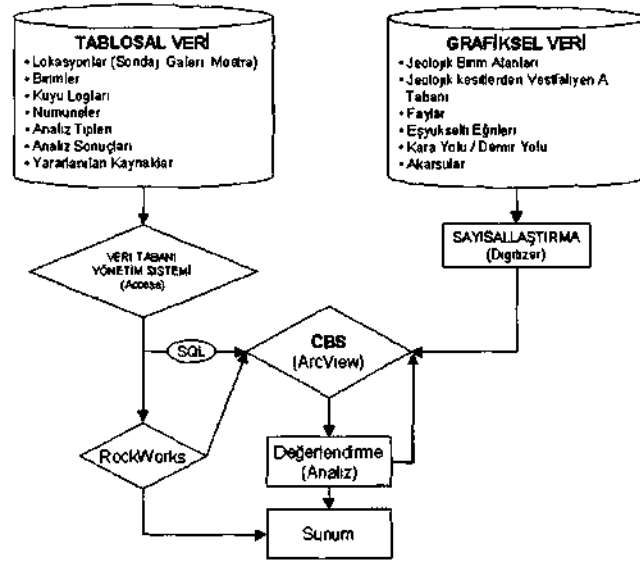
CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) genel anlamda, coğrafi bir referansa bağlanabilen her türlü verininin toplandığı, depolandığı, yönetildiği ve analizinin yapıp görselleştirildiği, bilgisayar destekli bir sistemdir. Bilgisayarlarda, uydularda ve sayısallaştırıcılarda hızlı gelişmelere bağlı olarak grafik bilgilerle sözel bilgilerin bilgisayar ortamında entegrasyonu sağlanmış ve CBS ortaya çıkmıştır. CBS sayesinde veri toplama, güncelleştirme, işleme, analiz, planlama gibi çalışmalar eskiye oranla daha hassas, hızlı, sağlıklı ve ekonomik olarak yürütülebilmektedir.

Verileri çok yönlü olarak görselleştirebildiği ve coğrafi analizlerini yapabildiğinden dolayı, CBS diğer klasik bilgi bankalarına üstünlük sağlamaktadır. Genel veri tabam işlemleri ile sağlanan "sorgulama ve istatistiksel analiz" ve klasik haritalar ile sağlanan "görselleştirme ve mekansal analiz" gibi imkanlar, CBS'de bir araya getirilmiştir. Bunun sonucunda CBS sistemleri, standart veri yönetim sistemlerine göre, olayları irdeleme, sonuç tahmin etme ve planlama faaliyetlerinde büyük avantajlar sağlamaktadır. Her türlü coğrafi referanslı veriyi işleyebildiğinden dolayı da, CBS çok geniş bir kullanım alanına sahip olup, yeryüzü ile ilgili her konuda vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir.

CBS uygulamaları için gerek mevcut kullanım tecrübesi, gerekse kullanım kolaylığı nedeniyle, ESRİ firmasının ürünü olan Arc View 3.1 [Spatial Analyst (Mekansal Analiz) ile 3D Analyst (3 Boyutlu Analiz) ek modülleri dahil] bu çalışmada kullanılmak üzere seçilmiştir. Tablosal veri girişi ve yönetimi için ise, yine kullanım kolaylığından ve uyumluluğundan dolayı, bir veri tabanı yönetim programı olan Access programı; kuyu logları, kuyular arası korelasyon kesitleri, çit (fence) diyagramlarının oluşturulması için ise RockWorks99 programı kullanılmıştır.

Çalışma alanı ile ilgili jeoloji haritası olarak, Özler vd. (1992)'nin hazırlamış oldukları 1/10.000'lik harita sadeleştirilerek sayısallaştırılmıştır. Sondaj yerleri, faylar, eşyüksekti eğrileri, yol ve akarsu bilgileri de bu haritadan elde edilmiştir. Sondajlara ait kuyu logu bilgileri ve bir coğrafi referansla ilişkilendirilebilen analiz sonuçları, bu çalışma için özel olarak tasarlanan bir veri tabanına girilmiştir. Analiz sonuçları Karayigit (1989), Yalçın ve Gürdal (1995), Hoşgörmez (1996), Yalçın (1997), ve Seyis (2002) tarafından yapılan çalışmalardan alınmıştır.

Grafiksel ve tablosal olarak tüm veri tabanının tamamlanmasının ardından, başta Kozlu Formasyonu taban yapı haritası olmak üzere çeşitli sayısal haritalar ve üç boyutlu modeller elde edilmiştir. Şekil 2'de, oluşturulan sistemdeki mevcut veriler ve tüm sistemin işleyişi şematik olarak görülmektedir.



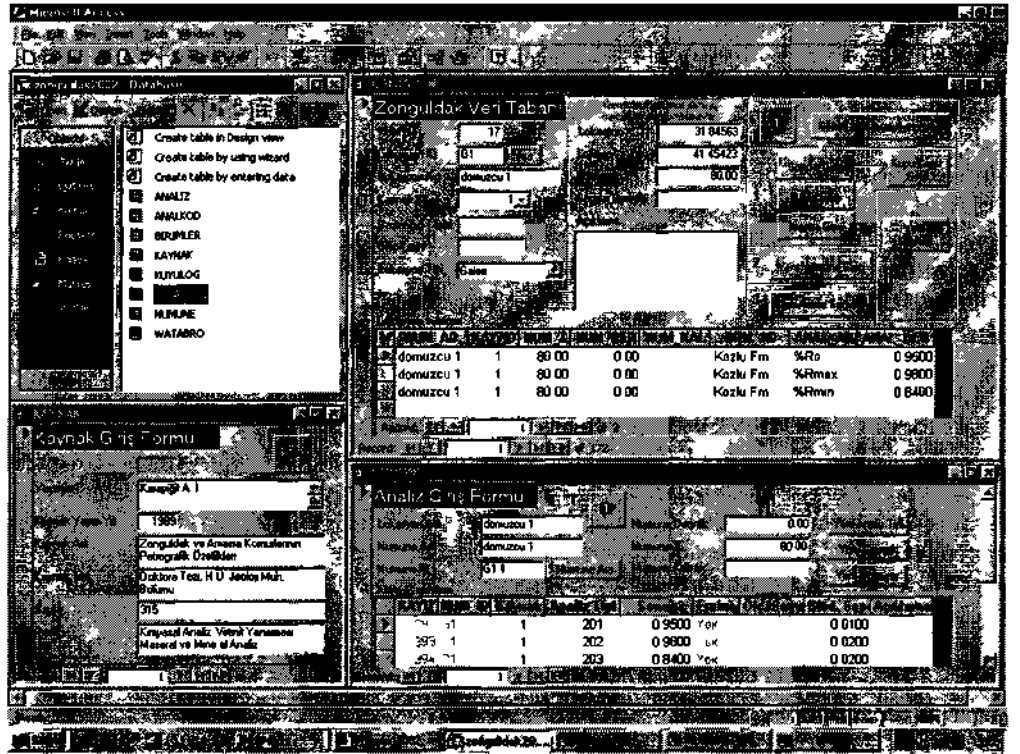
Şekil 2. Oluşturulan sistemdeki veriler ve sistem işleyişinin şematik gösterimi

3. UYGULAMA ve ÖRNEKLER

Çalışma alanı ile ilgili yapılmış çalışmalardan, amaca hizmet eden, ulaşılabilen ve bunlar içinde coğrafi bir koordinata bağlanabilen analiz sonuçları, tasarlanan veri tabanı yapışma uygun olarak, Access üzerinden sisteme girilmiştir. Şekil 3'de görüleceği gibi verilerin rahat bir şekilde sisteme işlenebilmesi için Access programı yardımıyla formlar oluşturulmuştur. Bu formlarda, tablolarda yer alan sütun bilgileri birer alan olarak tanımlanmıştır. Ayrıca bazı formlara, alt formlar eklenerek verilerin görüntülenmesi daha kolay hale getirilmiştir. Örneğin lokasyonlar tablosu formuna bir alt form eklenerek, bir noktaya ait analizleri tek bir bakışta görmek mümkün kılınmıştır. Tasarlanan sistem, yeni analiz sonuçlarının eklenmesine uygun olması nedeniyle, veri tabanının sürekli olarak güncelleştirilmesi mümkündür.

Sondajların kestikleri birimlere ait bilgiler ise, yine çoğunlukla ÖZLER vd.(1992)'den alınarak, çizilmiş kuyu loglarından kesilen birimlerin derinlik değerlerini okumak suretiyle, sayısal hale getirilmiştir.

Tablosal veri tabanının tümüyle oluşturulması sonucunda, sisteme girilmiş olan tüm analiz sonuçları ve analiz sonuçlarının alınmış oldukları kaynaklara göre sayıca dağılımları Çizelge 1'de görülmektedir. Veri tabanında toplam 1680 analiz sonucu bulunmaktadır. Bunlardan 804 analiz sonucu kömürleşme derecesinin bir ölçüsü olan vitrinit yansıması ölçümlerine (Ro, Rmax, Rmin) aittir. 84 analiz elementel analiz sonuçlarını (C, H, N, O) içermektedir. 505 ölçüm kömürlerin kısa analizlerine (kül, nem, uçucu madde, sabit karbon) aittir 127 ölçüm kükürt miktarını (S), 29 ölçüm toplam organik karbon (TOC) miktarını, 131 ölçüm ise bir diğer olgunluk (kömürleşme derecesi) ölçüsü olan piroliz Tmax değerlerini içermektedir.



Şekil 3. Access veri yönetim programında oluşturulan tablosal veri tabanının ve bazı formların görünümü.

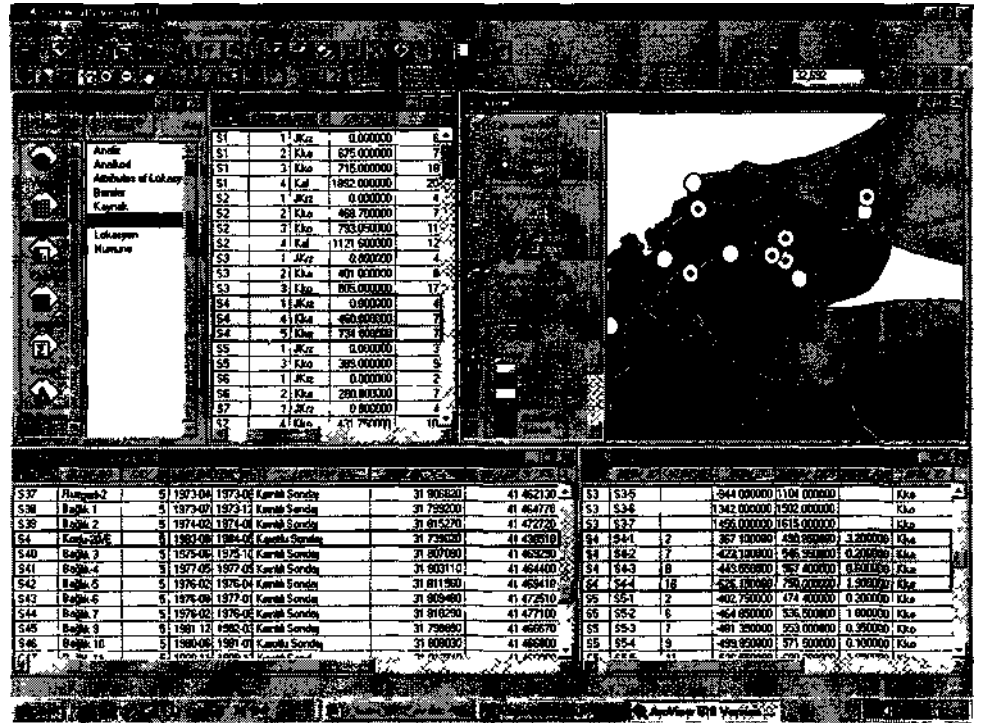
Çizelge 1. Veri tabanına girilen, Zonguldak Bölgesi kömürlerine yönelik analizlerin sayıca ve kaynaclara göre dağılımları

	Karayığit (1989)	Yalçın ve Gürdal (1995)	Hoşgörmez (1996)	Yalçın (1997)	Seyis (2002)	Toplam
%Rmax	132			121		253
%Rmin	132			121		253
%Ro	132	29	3	121	13	298
C				21		21
H				21		21
N				21		21
O				21		21
S				127		127
kül				128		128
nem				128		128
uçucu mad.				128		128
sabit karb.				121		121
rmax			3	128		131
TOC		29				29
TOPLAM	396	58	6	1207	13	1680

Grafiksel veri katmanları; jeolojik birimler, faylar, kara ve demir yolları, akarsular, eşyüksekti eğrileri ve Vestfaliyen A yaşlı Kozlu Formasyonu tabanına ait yükselti değerlerinden oluşmaktadır (Şekil 2). Bu veriler, AO boyutunda masa tıpyı bir sayısallaştıncı yardımıyla bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

Vestfaliyen A yaşlı birimin (Kozlu Fm.) taban yapı haritasının oluşturulabilmesi için Özler vd.(1992)'nin hazırlamış oldukları jeoloji kesitlerinden, Kozlu Formasyonu'nun tabam, sık noktalar şeklinde sayısallaştırılmıştır. Jeoloji haritası üzerinde yer alan kesit güzergahlarının coğrafi koordinatları belirlenerek, sayısallaştırma işleminde bu koordinatlar kullanılmıştır. Toplam 17 kesit kullanılarak, 4005 nokta elde edilmiştir. Her bir noktada birimin taban değeri deniz seviyesine göre tanımlanmıştır.

Tablosal veri tabanının oluşturulduğu Access'den, grafiksel verilerin bulunduğu ve asıl CBS programı olan ArcView'e verilerin aktarılması için aralarında bir bağ kurulmuştur. SQL (Structured Query Language, Yapılandırılmış Sorgulama Dili) adı verilen bu bağ kurularak, Arc View'in doğrudan Access dosyasına erişmesi sağlanmıştır. Böylece Access'e işlenen ya da düzeltilen veriler otomatik olarak ArcView'de de güncellenmektedir. ArcView'de bulunan "Add Event Theme" menüsü ile lokasyonlar tablosu, içerdiği X ve Y koordinatları sayesinde, grafiksel bir görünüm kazanmaktadır. Lokasyonlar grafiksel bir görünüm kazandıktan sonra, numune ve analiz tabloları gibi



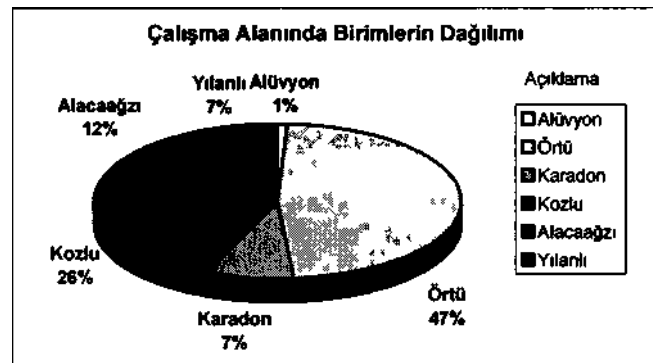
Şekil 4. Veri tabanının oluşturulup, gerekli ilişkilendirmelerin yapılmasının ardından, elde edilen sistemin Arc View'deki bu görüntüsü Burada örnek olarak Kozlu-20/E sondajı sorgulanmış, ilişkilendirilmiş (linkli) tablolarda sondajla ilgili bilgiler otomatik olarak işaretli (seçili) hale gelmiştir.

diğer tablolar, aralarındaki ortak alanlar üzerinden, birbirleriyle ilişkilendirilebilir. Böylece, ekrandaki haritadan seçilen herhangi bir öğeye ait diğer bilgiler, ilişkilendirilmiş tablolarda işaretli (seçili) hale gelecektir. Şekil 4'de hem oluşturulmuş Coğrafi Bilgi Sistemi, hem de linkli tablo özelliğine bir örnek görülmektedir.

Oluşturulan veri tabanı sayısal formatta olduğundan, bu verileri başka amaçlarla kullanmak ya da başka kişilerle paylaşmak kolaylıkla mümkündür, istenilen amaca göre hazırlanan bir harita yüksek kalitede ve kartografik kurallara uygun olarak her boyutta kağıda bastırılabilir. Herhangi bir güncelleme ya da değişiklik durumunda haritalar kolayca düzeltilip, yeniden bastırılabilir. Verileri doğrudan bilgisayar ekranında iki ya da üç boyutlu olarak incelemek ve sunuş yapmak mümkündür. Ayrıca internet sunucuları (Internet Map Server) yoluyla haritalar tüm dünyadan erişilebilir bir şekilde kullanıcılara sunulabilir. Bunlar internet üzerinden seçilen kriterlere anında cevap veren aktif haritalardır. Yine VRML (Virtual Reality Modeling Language / Sanal Gerçeklik Modelleme Dili) adı verilen bir format sayesinde 3 boyutlu modelleri, CD-ROM (Compact Disk-Read Only Memory) üzerinde ya da yine internet ortamında dağıtmak mümkündür. Özellikle oluşturulan üç boyutlu modelleri diğer araştırmacılara sunmak için bu yöntem çok kullanışlıdır. Çünkü VRML sayesinde herhangi bir CBS programına sahip olmayan kişiler de ücretsiz temin edilebilen bir VRML göstericisi ile üç boyutlu modelleri inceleyebilirler. Bu çalışmada elde edilen çeşitli uygulama örnekleri aşağıda sunulmuştur.

3.1 Jeoloji Haritası

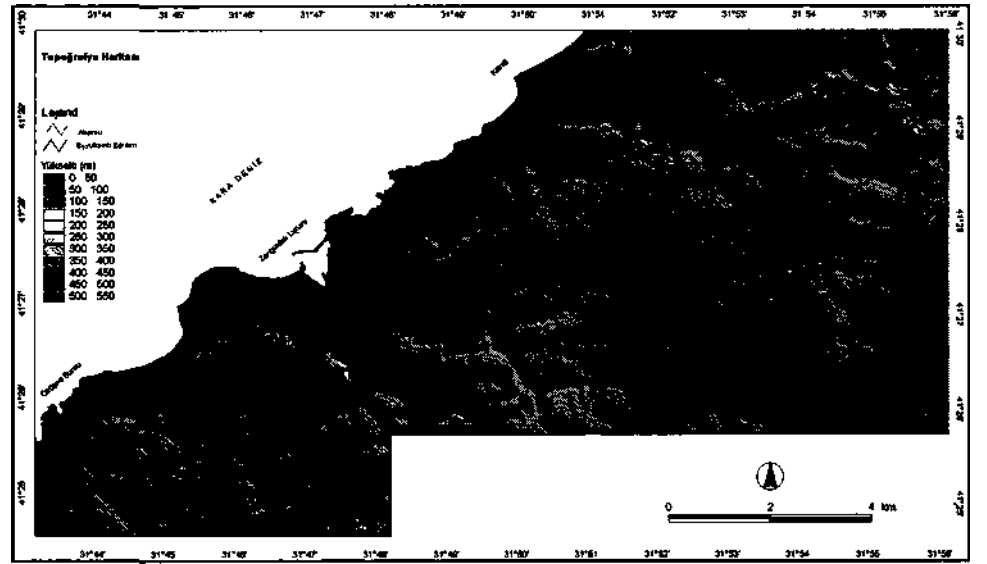
Şekil 1'de görülebilen jeoloji haritasındaki birimler istenilen kritere göre gruplandırılabilir veya farklı renklerde gösterilebilir. Harita üzerinde yer alan birimlerin havzadaki oransal dağılımlarını kolayca tespit etmek mümkündür. Bunun için, vektörel yapıdaki jeoloji katmanı, hüresel (raster) veri tiplerinden biri olan gride dönüştürülür. Grilde birimleri temsil eden hücrelerin sayısı belirlenerek bir grafik haline getirilir (Şekil 5). Grafikten kolayca görüldüğü üzere, örtü birimleri çalışma alanının neredeyse yarısını kaplamaktadır. Örtü birimlerinden sonra en büyük yayılıma, yüzde yirmialtlık bir payla, Kozlu Formasyonu sahiptir.



Şekil 5. Jeoloji haritasında birimlerin kapladıkları alanların oransal dağılımı

3.2 Çalışma Alanının Arazi Modeli

Çalışma alanının arazi modelini (topografyasını) oluşturmak için grafiksel veri tabanı oluşturma aşamasında sayısallaştırılmış eşyüksekti eğrileri kullanılmıştır. ArcView programının üç boyutlu analiz (3D Analyst) ek modülü kullanılarak bu eğriler, TIN (Triangulated Irregular Network) adı verilen yüzey modeline dönüştürülmüştür. TIN, süreklilik gösteren yüzeylerin gösterilmesinde kullanılan, bir veri modeli şeklindedir. Arazi ya da üçüncü boyut özelliği taşıyan diğer yüzeylerin analizini ve gösterimini etkin bir şekilde sağlar. TIN'lerde yüzey, birbirleriyle ilişkilendirilmiş komşu üçgenler serisiyle ifade edilir. Üçgenler herhangi bir konumda düzensiz olarak dağılmış üç noktadan üretilir (Yomralıoğlu, 2000). Eş yüksekli eğrilerinin TIN'e dönüştürülmesi sırasında sondaj noktalarının kot bilgileri ve akarsuların çizgiselliklerinden de yararlanılmıştır.



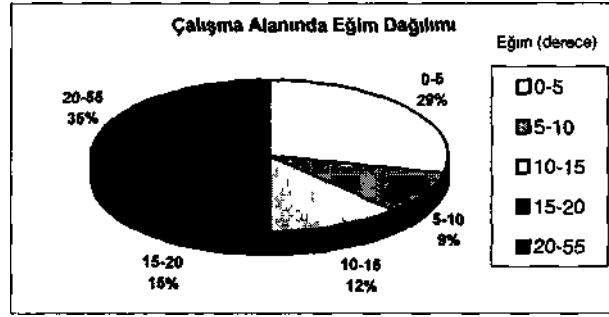
Şekil 6. Çalışma alanının topografya haritası (gölgelendirilmiş TIN)

Oluşturulan modelde çalışma alanın topografyası çok kolay bir şekilde algılanabilmektedir. Bazı kişilerde görülebilen topoğrafik haritaları algılama zorluğu, böyle bir sunumda söz konusu olmayacaktır. Bu topoğrafik model, ekranda üç boyutlu olarak istenilen açıdan ve yükseklikten incelenebilmekte, döndürülebilmektedir. Bunun yanısıra topografya üzerine jeoloji bilgisini bindirmek (giydirmek) de mümkündür. Üç boyutlu modeller ile belirli noktalardan görünürlük analizleri, belirli alanlarda hacim hesaplamaları ve belirli güzergahlar boyuca kesit çıkarmak da kolay bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

3.3 Eğim Haritası

Eğim (slope), derece ya da yüzde ile ifade edilen, yatay mesafeye bağlı yükseklik değişiminin bir ölçüsüdür. Bir yüzeyin yataydan sapsması olarak da tanımlanabilir.

Durulan noktadan olan düşey mesafenin yatay mesafeye oranının tanjant açısıyla ifadesi, derece cinsinden eğimi verir. Örneğin 100 metrelik yatay mesafeye karşılık 2 metrelik bir yükselme, 1.15°'lik eğime karşılık gelmektedir (ESRİ, 1997b). Arazi modeli TIN'inden, tek bir komut ile çalışma alanının eğim haritası elde edilmiştir. Bölge genelinde eğimler 5 grupta sınıflandırılıp bir grafiğe dönüştürüldüğünde (Şekil 7), yüzde otuzbeşlik oransal bir pay ile 20-55 derecelik yüksek eğimlerin havzaya hakim olduğu görülür. Eğim haritalarından yeni yerleşim sahalarının seçiminde, ya da olası erozyon bölgelerinin tespitinde yararlanmak mümkündür.



Şekil 7. Çalışma alanı genelinde eğimlerin (slope) dağılımı

3.4 Bakı Haritası

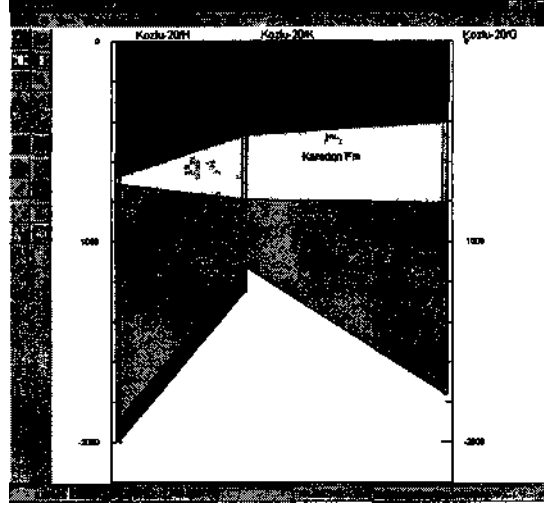
Bakı (aspect), bir yüzeyin baktığı yöndür (ESRİ INC., 1997a). Arazi eğimine bağlı olarak belirlenen bakı değerleri genel bir sınıflandırmaya tabi tutularak, kuzey, güney vb. bakı aralıkları tespit edilir. Bu tür haritalar bölgede en fazla güneş alan yerleri gösterebilmekte, uygun ekili alan ya da güneş görececek yerleşime elverişli alanların tespitinde çok kullanışlıdır. Arazi modeli TIN'inden elde edilen bakı haritası ile çalışma alanındaki bakının güneybatı ve doğu yönünde yoğunlaştığını tespit edilmiştir.

3.5 Grafikselleştirme Kuyuları ve Korelasyon Kesitlerinin Oluşturulması

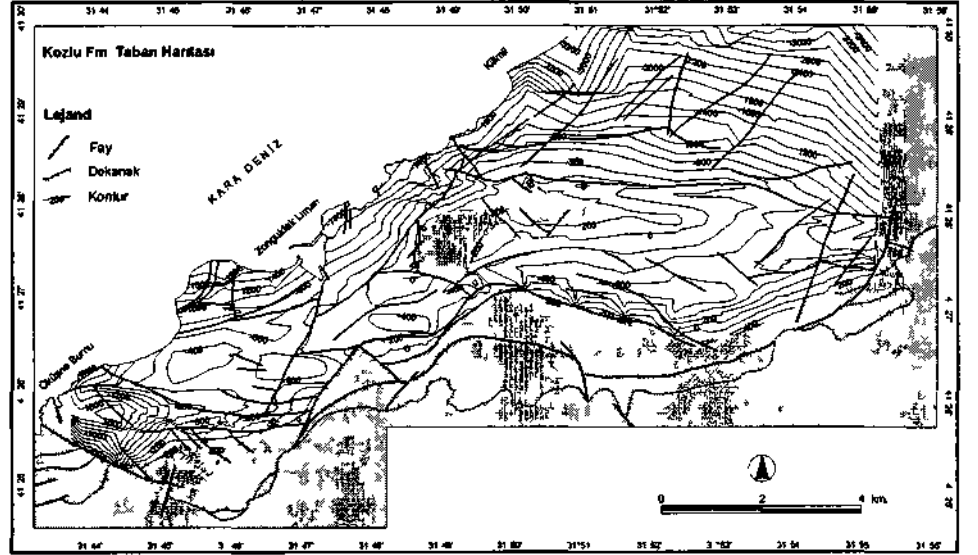
Sisteme girilmiş jeolojik veriler, Access'de gerçekleştirilen bir format dönüşümü ile Rock Works adı verilen, jeolojik verileri analiz ve görselleştirmede kolaylık sağlayan bir başka programa aktarılmıştır. Bu program kullanılarak herhangi bir sondajın grafikselleştirme kuyuları oluşturmak mümkündür. Yine RockWorks programı yardımıyla, kuyular arası korelasyon kesitleri oluşturulabilir (Şekil 8). Kuyular arası korelasyon kesitleri dışında, çit (fence) diyagramları oluşturma imkanı da bulunmaktadır. Bunlar bir dönüşüm (export to Esri 3D shapefile) ile ArcView'de üç boyutlu model olarak kullanılabilir.

3.6 Kozlu Formasyonu (Vestfaliyen A) Taban Yapı Haritasının Oluşturulması

Vestfaliyen A yaşlı Kozlu Formasyonu'nun taban yapı haritasının oluşturulmasında kullanılan noktalar, Özler vd. (1992)'nin çalışmasındaki belirli güzergahlar boyunca yer alan 17 adet jeolojik kesitlerdeki, Vestfaliyen A tabanının deniz seviyesine göre derinliği ya da yüksekliğinin sayısallaştırılması ile elde edilmiştir.



Şekil 8. Zonguldak Havzasında K-20/H, K-20/K ve K-20/G sondajları arasındaki korelasyon kesiti



Şekil 9. Çalışma Alanında Kozlu Formasyonu'nun taban yapı haritası

Bu amaçla toplam 4005 noktada sayısal değerler elde edilmiştir. Kozlu formasyonu tabanında maksimum kot 540 m, minimum kot ise -3740 m olarak saptanmıştır. Çalışma alanında, Vestfaliyen A yaşlı Kozlu Formasyonu'nun taban yapı haritası Şekil 9'de görülmektedir. Taban yapısının, yüzeyde izlenen faylar ile ilişkisini gösterebilmek için bu faylar da haritaya eklenmiştir. Taban yapı haritasının çalışma alanının doğusundaki ve batısındaki kesit güzergahları ile sınırlandırıldığı ve taban değerlerinin deniz seviyesine göre yükselti (kot) değerleri olduğu dikkate alınmalıdır. Haritaya baktığımızda taban yapısının bölgedeki büyük atımlı faylar ile ilişkili olduğu kolayca görülmektedir. Elde edilen haritanın doğruluğunu kontrol etmek için çeşitli sondajlara

ait kuyu loğları ile bir karşılaştırma yapıldığında, Kozlu Formasyonu taban derinliğinde en çok ± 30 m. arasında bir sapmanın var olduğu tespit edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Gerçekleştirilen bu çalışmada, mekana bağlı bilgilerin depolanması ve analiz edilmesinde büyük kolaylıklar sağlayan Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin jeolojiye uygulanması konusu ele alınmıştır. Oluşturulan veri tabanından çeşitli işlemler sonucunda diyagram ve haritalar oluşturularak, bunların jeoloji çalışmalarına getireceği kolaylık ve yararlar ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda Zonguldak Havzası kömürleri ele alınmış, mevcut verilerin bir veri tabanı haline getirilmesinin yam sıra Kozlu Formasyonu'nun taban yapı haritası elde edilmiştir. Ancak, gerek yer, gerekse baskı imkanlarının sınırları nedeniyle, oluşturulan şekillerin büyük çoğunluğu burada sunulamamıştır.

Çalışma kapsamında oluşturulan veri tabanının değerlendirilmesi aşamasında CBS'nin özellikle haritaların oluşturulmasında büyük kolaylıklar sağladığı görülmüştür. Havzaya ait; jeoloji, kabartmalı jeoloji, topografya, eğim (slope), bakı (aspect) gibi haritalar yanında çit (fence) diyagramı gibi çeşitli üç boyutlu modeller oluşturulmuştur. Haritaların güncellenmesi son derece kolaydır. Haritalar çeşitli kriterlere uyum sağlayabilmekte, istenilen ölçek ve boyutta kağıda bastırılabilen, sayısal (dijital) formatta, geniş bir kullanıcı kitlesine sunulabilmektedir. Haritaları CBS ile aktif bir şekilde günümüzün tartışmasız en büyük iletişim gücü olan internet üzerinden sunmak da mümkündür. Veriler sayısal ortamda bulduklarından, doğrudan ya da birtakım format değişiklikleri ile başka çalışmalarda ve hatta başka alanlarda kolaylıkla yeniden kullanılabilirlerdir.

Jeoloji'de büyük öneme sahip olan üçüncü boyut, yazılımlar ile kolayca elde edilebilmektedir. Üç boyutlu modeller ile gerek topografya, gerekse jeolojik birimler ve yapılar modellenmektedir. Bunlar bilgisayarda her açıdan incelenebilmekte, çeşitli analizlere tabi tutulabilmektedir. Zihinde canlandırılması güç ve gözle görülmesi mümkün olmayan yapılar, bu üç boyutlu modellerle kolayca kavranabilmektedir. Özellikle Zonguldak Havzası'nda kömür arama çalışmaları/üretiminde de CBS'nin kullanılması şüphesiz büyük yararlar sağlayacaktır.

Verilerin türüne, kullanılmak üzere programlara, amaca ve kullanıcıya bağlı olarak verilen örneklerin çoğaltılması mümkündür. CBS ile yapılabileceklerin sınırı ancak verilere ve yaratıcı düşünme becerisine bağlıdır. Coğrafi bilgi sistemleri ile jeolojik verilerin değerlendirilmeye çalışıldığı bu çalışmanın, bu kapsamda yapılacak yeni çalışmalar için yararlı bir örnek ve temel oluşturması umut edilmektedir.

KAYNAKLAR

Ayday, C, Ulusay, R. (1993) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Mühendislik Jeolojisi Haritalarının Hazırlanabilmesi, *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, s.8, sf. 148-154

- Ayday, C., Altan, M. (1996)** Mühendislik Jeolojisi Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Hazırlanabilmesi, *CBS 96, Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (BU, ITU, YTU)*, 26-27-28 Eylül 1996, İstanbul
- ESRI INC. (1997a)** *ArcView 3D Analyst, 3D Surface Creation, Visualiton, and Analyses*, Environmental Systems Research Institute, California, 118 p.
- ESRI INC. (1997b)** *Understanding GIS, The ARC/INFO Method*, Fourth Edition, Environmental Systems Research Institute, California
- Hoşgörmez, H. (1996)** *Zonguldak Havzası Karbonifer İstifindeki Gazların Miktar ve Bileşimi, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 91 sf.
- Karayiğit, A.İ. (1989)** Zonguldak ve Amasra Kömürlerinin Petrografik Özellikleri, *Doktora Tezi (yayınlanmamış)*, H.Ü. Fen Fakültesi, Beytepe-Ankara, 315 sf.
- Kıncal, C. (1999)** Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) Jeolojideki Bir Uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 122 sf.
- Özler, İ., Yaver, Y., Kır, N., Canca, N., Tongal, O., Bakan, Z. (1992)** Zonguldak Değirmenağzı ile Göbü Arasındaki Alarımı Jeolojisi ve Kömür Varlığı, *MTA Raporu (yayınlanmamış)*, Cilt 1, 161 sf.
- Seyis, C. (2002)** Jeolojik Verilerin Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Değerlendirilmesi -Zonguldak Havzası Kömürleri-, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 99 sf.
- Sezginer, E. (1995)** Volkanik Risklerin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknikleri ile İncelenmesi: Erciyes Strato Volkanı/Kayseri, Hacettepe Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara, 60 sf.
- Tüysüz, O., Tan, U. (1998)** An Example To Geological Applications In The Geographic Information Systems: Digital Geological Maps Of Western Pontides, Abstracts of Oral and Poster Presentations, *Third International Turkish Geology Symposium*, Middle East Technical University, Ankara, p. 303
- Yaiçın, M. N., Gürdal G. (Derleyenler) (1995)** *Zonguldak Havzası Araştırma Kuyuları-I: Kozlu-20/G*, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Özel Yayını, 217 sf.
- Yalçın, M. N. (Koordinatör) (1997)** *Kozlu-K20/H ve K20/K Araştırma Kuyuları Çok Disiplinli Bir Yaklaşım*, TÜBİTAK, Proje No:YDABÇAG-70,186 sf.
- Yomraloğlu, T. (2000)** *Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar*, KTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Böl., ISBN 975-97369-0-X 480 sf.

YERALTI MADEN OCAKLARINDA KULLANILMAK ÜZERE GELİŞTİRİLEN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (M-GIS)

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM DEVELOPED TO USE AT UNDERGROUND MINES (M-GIS)

I. Bülent GÜNDOĞDU, *Selçuk Üniv. Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Konya*
M. Kemal GÖKAY, *Selçuk Üniversitesi, Maden Müh. Bölümü, Konya*

ÖZET

Coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) ortaya çıkışı ve yaygınlaşması harita üzerinde bilgi gösterme ve değerlendirme ihtiyacı doğrultusunda gelişmiştir. Özellikle farklı mühendislik karar parametrelerinin bölgesel dağılımının harita üzerinde gösterilmesi şeklinde uygulama alanı bulan CBS, haritalardaki koordinatlara tam bağımlı bölgesel proje uygulamalarında da kullanılmaya başlanmıştır. Bitki örtüsü, deprem episenterleri, maden-petrol rezervleri, su kaynakları, orman yayılımı, jeolojik formasyon türleri ve başka birçok parametrenin dağılımının harita üzerinde güncel olarak gösterilmesi CBS'deki son on yıllık çalışmalar içindedir. Bu çalışma kapsamında yeraltı maden işletmelerinin imalat haritaları üzerinde madende bulunan ve işletme mühendislerinin karar aşamasında kullanmaları gereken parametrik bilgilerin işlenebileceği ve zaman içinde güncellenebilecek bir yazılım geliştirilmiştir. M-GIS ismi verilen bu yazılımın sağlayacağı kolaylıklar burada detayıyla anlatılmıştır.

ABSTRACT

Geographic information systems (GIS) have been developed due to requirement of mapped information. GIS could find application areas to present different engineering decision parameters on maps. Geographic distributions of selected parameters have been able to map to use in different regional engineering projects. Studies on GIS have been continued to represent information on maps about vegetation type, earthquake epicentres, mineral and oil reserves, underground water sources, forest and types of geologic formation etc. In this work, decision parameters which have been required for mine engineers were organised to plot on mine maps by developed software programme (M-GIS). This programme's steps and its advantages are expressed here in detail.

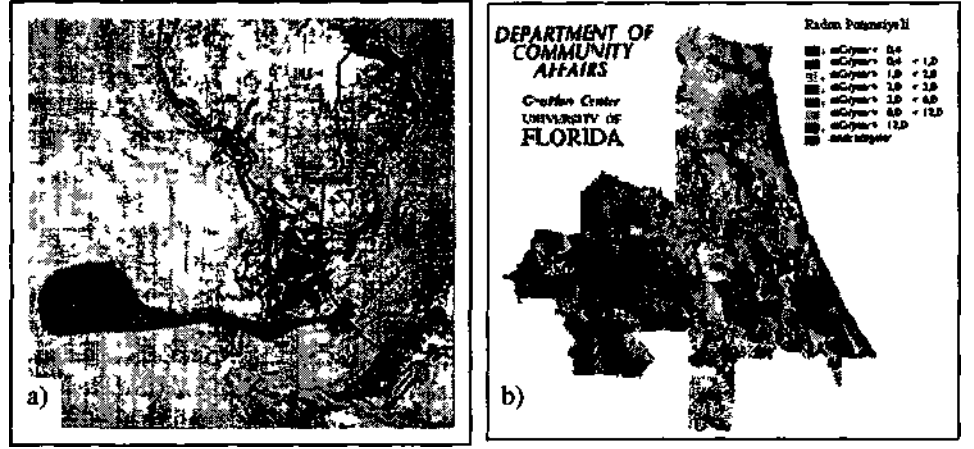
1. GİRİŞ

Coğrafi bilgi sistemlerinin ortaya çıkması özellikle bölgesel planlama çalışmalarının haritalanması sırasında karşılaşılan rutin işlemlerin aşılmasında büyük kolaylıklar sağlamıştır. Harita üzerinde verilen bazı ek bilgiler sayesinde harita ile ilişkilendirilmiş proje, karar verme aşamasındaki mühendise veya uzman teknisyene daha fazla yarar sağlamaktadır. Benzer şekilde belirli bir bölgeden elde edilen parametrik analiz sonuçlarının harita üzerine işlenmesi o parametrenin dağılım haritalarını vereceğinden önemlidir. Bu sayede ilgili parametrenin yayıldığı sınırlar kolaylıkla harita üzerinde görülebilmekte ve değerlendirmeler ona göre yapılabilmektedir (Yomraloğlu, 2000).

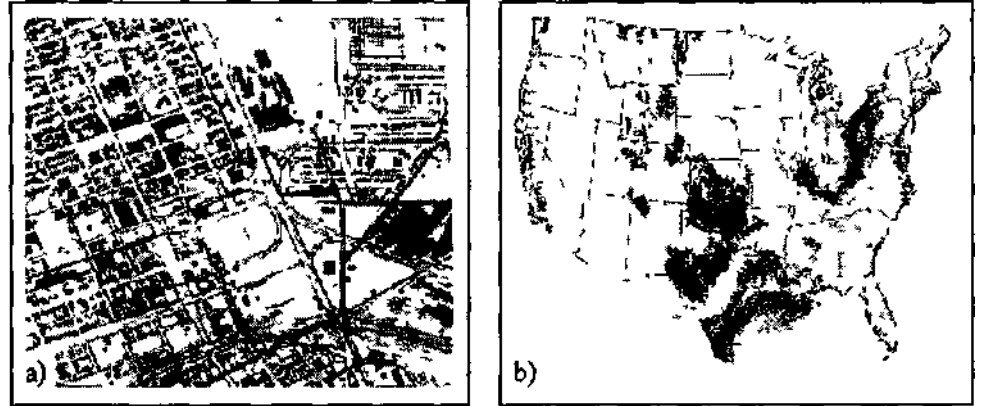
Dangermond'un (1994) bir raporu bu konudaki yazılım teknolojisinin sınırlarının nerelere kadar uzandığını göstermektedir. Dangermond doğal felaketlerin (fırtınalar, sel baskınları ve depremler v.b.) etkisini görme ve anında stratejik tedbirler alma konusunda ABD'de CBS ürünlerinin kullanıldığını belirtmektedir. Böylece elde edilen bilgiler ortak kullanıma açık olan CBS yazılımına farklı yerlerden girilerek hızlı ve doğru bir şekilde ilgili yerlere (yazılımı kullanma yetkisi olan herkese ağ aracılığıyla) iletelebilmektedir. Arc/Info şirketi tarafından hazırlanan bir CBS yazılımı böyle bir uygulamaya örnek verilebilir. Bu yazılım sayesinde Northridge'de (California-ABD) 24 Ocak 1994'de meydana gelen depremin (büyüklüğü 6,8) sismolojik etkileri birkaç gün içinde episenterleri de gösterilmek üzere coğrafik olarak gösterilebilmiştir. Bu yazılım bölgenin altyapı haritalarını da içerdiği için; depremden hemen sonra ilkyardım çalışmalarını yönlendirmekte, karayollarının deprem amacıyla acil ulaşımına göre düzenlenmesinde, karakol ve ilkyardım istasyon yerlerinin gösteriminde, deprem felaketinde daha başka ihtiyaç duyulan bilgilerin ve pozisyonların gösterilmesi işlemlerinde başarıyla kullanılmıştır (Lilje, v.d., 1994).

Uzaktan algılamayla veya yerinde yapılan incelemelerle (deney, analiz, durum raporu v.b., Gedikoğlu, 2000) elde edilen sonuçların harita üzerine, incelemenin yapıldığı nokta koordinatlarına göre işlenmesi durumunda mühendisler için ne kadar yararlı haritalar yapılabileceği Şekil 1 'de görülmektedir. Bunlara ilave olarak farklı uygulama alanları da bulunan CBS yazılımları, bölgesel şehir planları (Şekil 2a) üzerinde bulunan sabit bilgilerin saklanması ve istendiğinde anında harita üzerinde gösterilmesi işlemlerinde de başarıyla kullanılmaktadır. Bu bilgiler; ada parsel numaraları, arsa sahipleri, arsa üzerindeki yapılaşmanın özellikleri, cadde ve sokaklarda bulunan her türlü şehircilik yapısına ait lokasyonlar, bunların koordinatlarla tam uyumlu bilgileri, temiz ve atık su borularının yerleri, elektrik kablo şebekesi, gaz borularının pozisyonları, şebekelerin bağlantı yerleri ve diğer bütün ayrıntıları (boru veya kablo çapı, kapasitesi v.b.) olabilmektedir.

Madencilik alanında harita kullanımının yaygın olduğu düşünülürse CBS'in madencilikte kullanım alanı bulmaması düşünülemez. Örneğin; Maden Tetkik Arama Kurumu (MTA) ve birçok araştırmacı kendi çalışmalarını rapor ettikleri birçok yayında, bölgesel kayaç türlerini ve mineral yataklanmalarını gösteren lokasyon haritaları vermektedirler. Bütün bu jeolojik bilgileri ve tarihsel gelişimi içinde ülkemizde açılan bütün maden ocaklarını (yerleri, ruhsat alanları, üretimleri, çalışan işçi sayısı gibi bilgiler dahil olmak üzere) gösteren bir CBS amaçlı veri tabanının oluşturulması önemli kararların alınması sırasında çok yararlı olacaktır.



Şekil 1. a) Tampa körfezinin (Florida, ABD) girişinde 10.8.1993 tarihinde sabah 6:00 da çarpışan 3 petrol gemisinden sızan jet yakıtının 11.8.1993 günü sabah 11:00 da denizdeki yayılımı (Lary, 1994). b) Toprağın radon gazı yayma potansiyeli, Florida, (ABD) (Alexander, v d , 1994)



Şekil 2. a) Kuzey Birmingham (Alabama, ABD) endüstriyel gelişim projesi dahilinde parsel, yol, kaldırım, kanalizasyon, bina temel alanları, ortak kullanım bölgeleri gibi bilgilerin saklandığı coğrafi bilgi sistemi (CBS) (Gemmill & Shorter, 1994). b) ABD'de 1994 yılına kadar açılan petrol ve gaz sondaj-kuyu yerleri (Forbes, 1994).

Böylesi bir CBS çalışmasının kapsamı ve ihtiyaç duyulan bilgilerin genişliği (bazı bilgilerin gizliliği) nedeniyle, hazırlanmasını ancak ilgili bir devlet kuruluşunun yüklenmesi daha doğru olacaktır. Benzer konularda başka ülkelerde yapılan uygulamalar (Matejcek, 1996; Gogolek, v.d., 1996) uzun grup çalışmalarını içermektedir. Zaten sözü edilen bilgilerin çoğunun devlet kurumlarında olması ve serbest bir şekilde elde edilmesinin zorluğu ilgili konuda çalışma ve araştırma yapmayı ilgili devlet kuruluşlarına bırakılmasını gerektirmektedir. Madencilikte CBS uygulamasının diğer alternatifleri düşünüldüğünde, sayısız uygulama alanı olmakla birlikte, bu araştırma çalışması kapsamında CBS uygulama alanı olarak yeraltı

madenciliği seçilmiştir. Şehir planlarında olduğu gibi yeraltındaki galeriler ve galerilerdeki bütün mühendislik ekipmanları hazırlanan bilgi aktarma sistemi içinde değerlendirmeye alınacaktır. Bu amaçla farklı maden ocaklarında kullanılacak bir CBS yazılımının geliştirilmesi düşünülmüştür. Hazırlanan yazılımda yeraltı madenciliği konusunda gerekli olan özel bölümlere yer verilerek, maden mühendislerinin vermeleri veya kontrol etmeleri gereken konuları kolayca görmeleri amaçlanmaktadır.

2. MADENCİLİKTE KULLANILAN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ

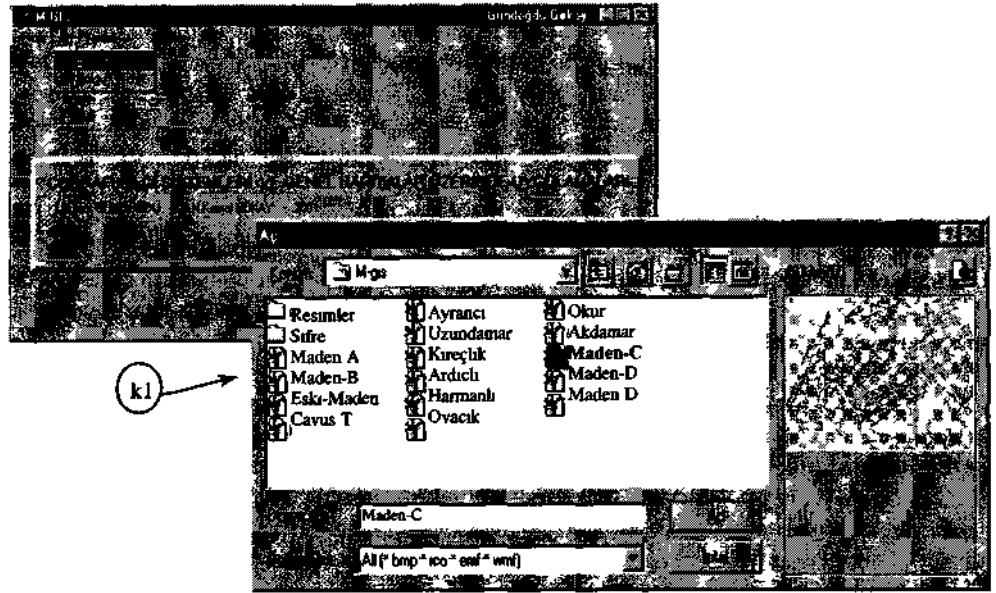
Madencilikte coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) kullanılması bu konuda işletmelere sunulan hazır yazılımların kullanılmasıyla olmuştur. Mineral yataklarının ve bunlarda maden yatağı özelliğine sahip olanlarının, jeolojik kaya kütlelerinin ülke haritaları üzerine işlenmesi çok önceden beri uygulanan bir yöntemdir. Bütün ülkelerin genellikle jeolojik haritaları vardır. Bu haritaların bilgisayara aktarılması ve bunların daha detaylandırılarak küçük ölçekli haritalara dönüştürülmesini sağlamıştır. Maden sahalarının ruhsat dağılımı (işletme, arama gibi) haritalandırıldığı zaman bu ruhsatların ne zaman başladığı, ne zaman yenileneceği veya sona ereceği gibi konuların da haritalar üzerinde farklı renklerle gösterilmesi kullanıcılar için karar vermede kolaylıklar sağlamaktadır. Bu tür haritalarda ruhsatla ilgili özel detaylar da programa eklenince, öncelikle ruhsat işleriyle ilgilenen kuruluşlara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Benzer şekilde yeraltındaki kaynaklara (maden cevheri, su, petrol, farklı gazlar, v.d.) ulaşmak için açılan sondaj kuyularına ait bilgilerin haritalar üzerine işlendiği düşünülürse, bu kaynaklar için nerede daha çok sondaj açıldığı ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla örneğin ABD'de Arc/Info CBS programıyla yapılan bir çalışmada 1,5 milyondan fazla petrol ve gaz sondaj-kuyu yerleri ve bunlara ait bütün bilgiler (kuyu ruhsat sahibi, açıldığı tarih, derinliği, kuyu tipi ve kullanılan teknoloji, kaynak arama sonucu, v.d.) veri tabanı oluşturularak toplanmıştır. Bu kuyuların yerleri incelendiğinde (Şekil 2b) bunların yoğunlaştığı bölgeler ve rezerv alanları daha iyi anlaşılabilir.

3. YERALTI MADENCİLİĞİNDE BİLGİ AKTARMAK İÇİN GELİŞTİRİLEN M-GIS YAZILIMI

Değişik mühendislik konularındaki CBS uygulamalarının incelenmesi sonucu, farklı özelliklere sahip yeraltı madenciliği için özel bir CBS yazılımının hazırlanması gerektiği gözlenmiştir. Bu amaçla geliştirilmesine başlanan M-GIS programı farklı amaçlar için geliştirilen ve haritalamaya bağlı çalışmalarda olduğu gibi, plan üzerinde bilgi aktarmasına bağlı bir yazılımdır. Bu yazılımın geliştirilmesi sırasında düşünülen ana prensip maden mühendislerine veya yeraltı çalışması yapan diğer mühendislere kolaylık sağlamak ve işletmelerde gelişen olayları ve ürün hareketlerini gerçek zamanda izlemektir. Yeraltı maden haritaları üç-boyutlu x,y,z değişkenlerine sahip haritalardır. Madenlerde aynı x,y koordinatında fakat farklı z değerlerine sahip alt alta pozisyonlara sahip galeriler olabilmektedir. Bu nedenle kat haritalarını ayrı ayrı gösteren haritalar ve katların kesitlerini gösteren çizimlerle desteklenen M-GIS, madenin kullanıcı tarafından tam olarak üç-boyutta algılanmasını sağlamayı amaçlamaktadır. M-GIS kotlamasıyla isimlendirilerek hazırlanan yazılım, Delphi-4.0 programlama diliyle yazılmıştır. Yazılım standart MS-Windows-98 işletim sistemiyle çalışan ve RAM değeri 16 MB ve üzeri olan bütün kişisel bilgisayarlarda çalıştırılabilir özellikte hazırlanmıştır. Yazılımın çalıştırılması sırasındaki ilk işlem basamağı, istenilen (seçilen) maden

ocağının daha önceden bilgisayar hafızasına aktarılan planının yazılım *işlem-ekram'na* alınmasıdır (Şekil 3). Hazırlanan program ilk defa çalıştırılırsa harita, bilgi tabanı üzerinde hiçbir M-GIS bilgisi olmaksızın, sadece *taban-haritası* olarak ekrana gelecektir M-GIS bu aşamada kullanıcıya farklı seçenekler sunmaktadır. Kullanıcı istediği maden haritasını ekrana getirme ve bunları farklı isimlerle saklama önceliğine sahiptir (k1). Bu özellik sayesinde istenirse aynı ocağın farklı bölgelerinin ayrıntılı haritaları farklı dosya isimleri altında farklı taban-haritaları olarak kullanılabilir.

Haritaların ekrana çağırılma işlemi sırasında programa yüklenen özel bir ön yetki sorgulama penceresi kullanıcının ismini ve parolasını sorarak seçilen harita katmanlarına girme hakkı olup olmadığını sorgulamaktadır. Böylece maden ocağındaki yönetim kademesinin durumuna göre bilgiler gereken kişilere gerektiği kadar gösterilmektedir. Yönetici ve planlamadan sorumlu mühendisler için bilgilerin tamamı gösterilerek madenin bütünü hakkında fikir sahibi olmaları sağlanmaktadır. M-GIS yazılımı geliştirilmeye elverişli bir yapıda hazırlanmıştır. Zaman içinde yazılıma eklenecek ek alt programlarla yazılımın kullanılabileceği araçlar artacaktır. Bu aşamada yazılımda yer alan kimlik sorgulama alt programına ilave olarak, ekranda bulunan noktalar arasındaki uzaklıkları bulan bir alt program da yazılıma eklenmiştir. Maden taban-haritası üzerinde ilk başta sadece galeriler görülmektedir. Bu aşamadan sonra M-GIS programını kullanan mühendis istediği harita pozisyonuna (burası galeri veya çevre kayaç üzerinde olabilir) fare imlecini getirebilmekte ve buraya müniden seçeceği istediği türden bir bilgi işaretini koyarak konuyla ilgili bilgileri girebilmektedir. Bilgi işaretleri farklı bilgi türlerini birbirinden ayırmak amacıyla kullanılmaktadır. Yazılım bu amaçla münü yanında farklı şekillerden oluşan bilgi işaretlerini (ikon, sembol) kullanıcıya sunmaktadır (k2). Kullanıcı fare ile bu işaretlerden birisini seçerek istediği harita noktasına sürüklemekte ve orayı bu işaretle belirlemektedir (k3)



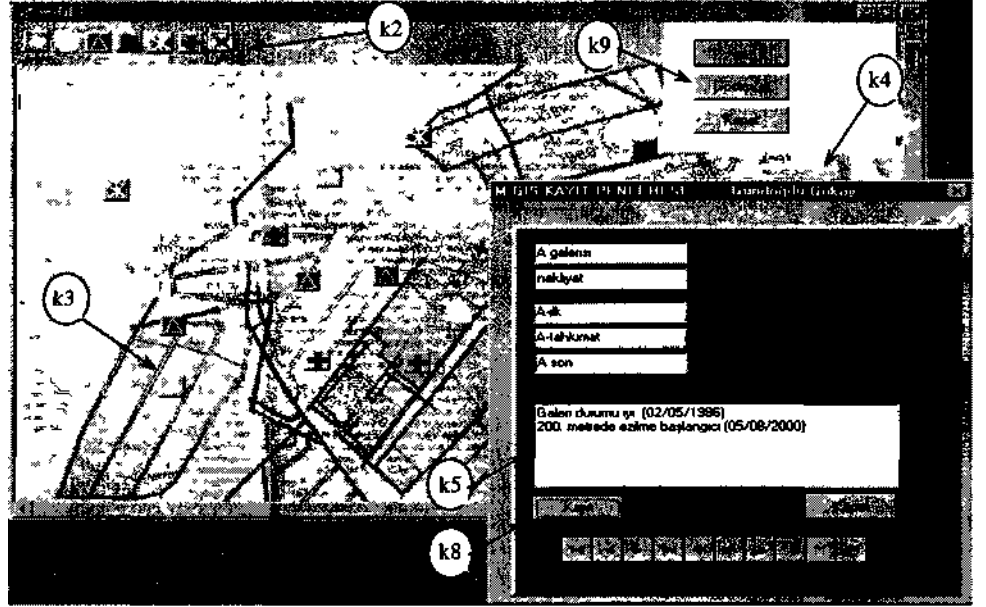
Şekil 3. M-GIS yazılımını ön sorgu ve taban-haritası seçme münüsü.

Kullanıcıya sunulan bilgi işaret türleri bu örnek yazılımda 10 farklı türde sunulmuştur. Bunlardan ilk 6 tanesi;

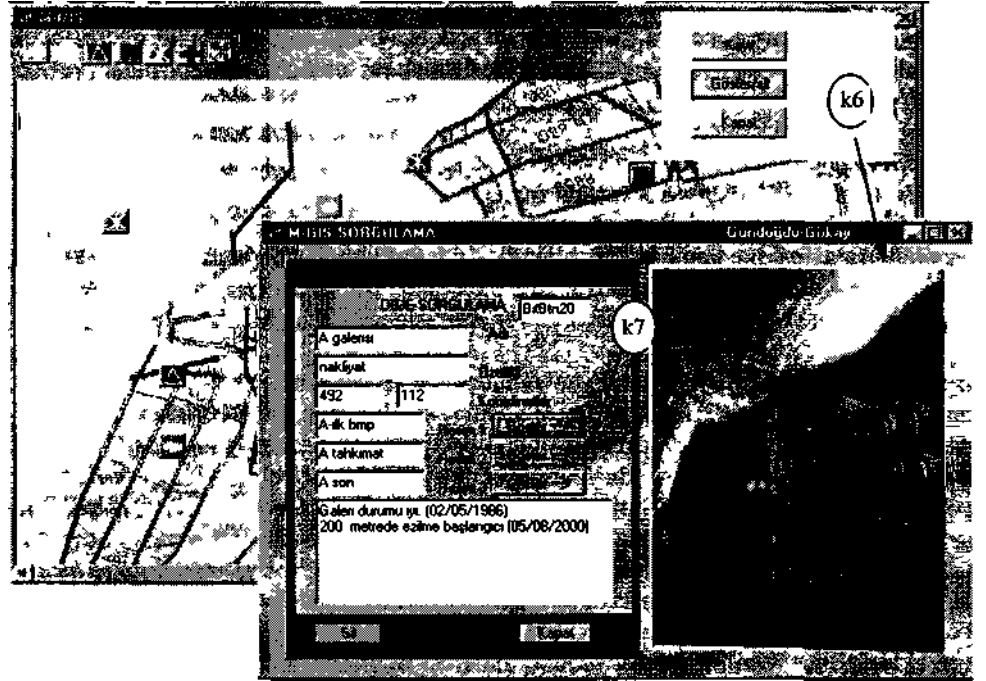
- | | |
|-------------------|-----------------------------|
| a) kaya mekaniği, | b) maden makineleri, |
| c) havalandırma, | d) maden işletme-(işçiler), |
| e) Malzemeler | e) maden işletme-(üretim) |

olarak kodlanmıştır. Diğer işaretleri kullanıcı istediği bilgi grubuna göre kotlayabilecektir. Bu programın kullanılması sırasında kullanıcıların istediği özel bilgi grubu ve bunların özel sembolleri olursa bunların yazılıma eklenerek yazılımın kullanıcıya göre özelleştirmesi de yapılabilecektir. Seçilen bilgi işareti taban-haritasına yerleştirildikten sonra bilgisayar ekranında ilgili pozisyonla ilgili *bilgi-giriş* penceresi açılmaktadır (Şekil 4). Bu pencerede kullanıcının doldurması gereken diyalog alt pencereleri bulunmaktadır. Öncelikle seçilen noktayı belirleyen isim ve nitelik bilgileri kullanıcı tarafından girilerek o noktanın tarifi yapılmaktadır (k4). Böylece, ilgili noktanın M-GIS yazılımı tarafından verilen isim ve niteliğiyle tanınması sağlanarak, programın yapacağı isim ve nitelik sınıflandırmalarına geçilebilecektir. Bu diyalog penceresindeki *bilgi* bölümünde (k5) ise, seçilen nokta için kullanıcı mühendisin aktarmayı düşündüğü ne gibi ek bilgi varsa bu bilgilerin tamamı özetlenerek yazılabilir. Bu bilgilerin daha önceden kullanıcının seçtiği nokta için belirlediği bilgi türü işaretiyle uyumlu olması bilgilerin sınıflandırılarak kullanılmasında yardımcı olacaktır. Aynı pencerede yer alan görüntü alt penceresinde (k6) seçilen noktanın görüntüleri veya fotoğrafları yer alacaktır (Şekil 5). Bu özellik kaya mekaniği çalışmalarında özel öneme sahiptir. Galerilerin ilk açıldığı zaman ilgili yan kayaçlardan çekilen fotoğraflar veya görüntüler, galerinin ilk durumunu, çevre kayacın görsel özelliklerini göstermesi açısından önemlidir. Bu görüntülerin ve daha sonra periyodik olarak aynı noktalardan alınan diğer görüntülerin bilgisayar hafızasında saklanması (k7) ve istenildiğinde gösterilmesinin mühendisler için faydalı olacağı düşünülmüştür. Bu görüntülerin göçük olan galeri ve tünellerde göçük nedeninin araştırılması sırasında ki önemi çok büyüktür. Harita üzerinde ilgilenilen galeri veya tünellerin kazı işleminden hemen sonra çekilen görüntüleri yer alacağından, bunların daha sonraki görüntülerle karşılaştırılması sonucu kaya kütlelerinin kazı etrafındaki davranışı konusunda fikir yürütülebilecektir. Taban-haritası üzerinde seçilen noktaya ilgili bilgiler ve görüntüler girildikten sonra bunların bilgisayar hafızasında saklanması için kayıt butonuna (k8) basılması gerekmektedir.

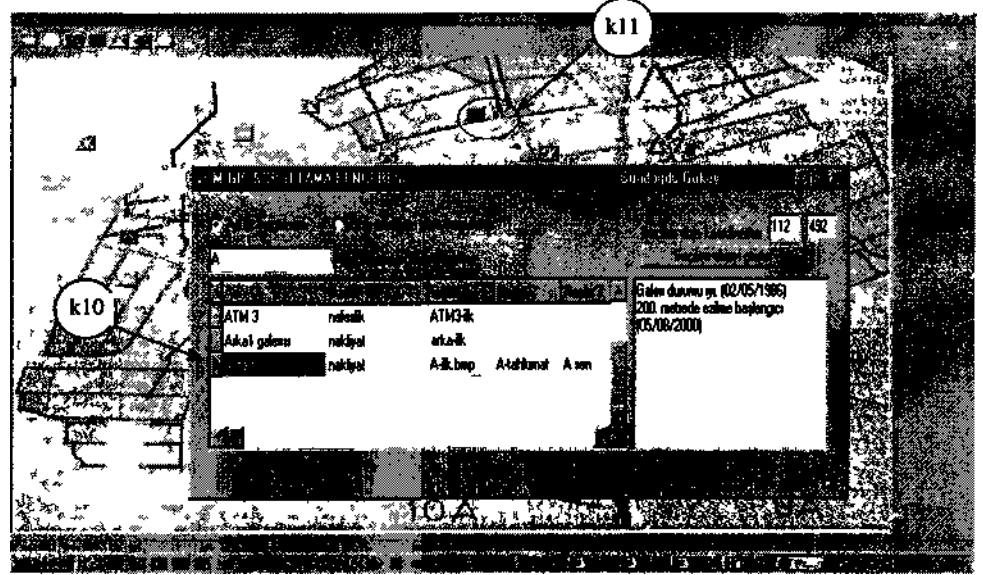
Bu aşamadan sonra bu bilgiler ilgili harita üzerinde görünen bilgi işaretinin altında saklı kalacaktır. Daha sonra kullanıcı harita üzerinden ilgili işareti seçer ve farenin sol tuşuyla bilgiyi göster (k9) seçeneğini tıklarsa daha önceden girilen bilgiler kullanıcıya sunulacaktır. M-GIS ana münüsünde bulunan bir başka işlem seçeneği de kullanıcıya istediği isim veya nitelikteki noktaların harita üzerinde bulunmasına yardımcı olmaktadır. Bu amaçla kullanıcı *Bul& sorgula* (k10) münü seçeneğini seçtiğinde önüne gelen diyalog penceresine aradığı bilgi işaretlerinin genel ismini veya niteliğini yazarak bul butonuna basması gerekmektedir (Şekil 6). M-GIS hafızasındaki bilgileri tarayarak ilgili bilgiyi ve benzerlerini, özelliklerine göre kullanıcıya öncelikle çizelge şeklinde göstermektedir. Bu çizelgeden seçilen bilgi satırının taban haritasındaki yeri haritadaki ilgili sembol daire içine alınarak gösterilmektedir, böylece kullanıcı istediği bilginin özelliklerini ve yerini (ki 1) kısa yoldan öğrenmiş olmaktadır.



Şekil 4. M-GIS yazılımında seçilen bilgi noktasıyla ilgili bilgilerin girişi (sentetik değerlendirme).



Şekil 5. M-GIS yazılımında ilgili noktalardan alınan görüntülerin gösterilmesi (sentetik değerler).



Şekil 6. Bilgi sorgulama işlemi seçildiğinde M-GIS yazılımının sunduğu bilgi tarama sonucu.

4. M-GIS YAZILIMININ KULLANILABİLİRLİĞİ

Yeraltı maden ocaklarında çalışma yerlerini açık ocaklarda olduğu gibi bir bütün olarak görmek mümkün değildir. Ocak içindeki çalışmaların mühendislik açısından ve işçi sağlığı açısından denetimi, daha fazla zaman almaktadır. Mühendislerin ocak içinde başarılı bir yönetim uygulayabilmeleri için bütün ekipmanların, işçi gruplarının, ocak içindeki yedekleme pozisyonlarını bilmesi ve bunların çalışma kapasitelerini öğrenmesi gerekmektedir. Bu konuların genişliği maden ocağının büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Ocak büyüyünce madendeki farklı işler (etüt-plan, hazırlık kazı, üretim, iş güvenliği, havalandırma, makine tamir-bakım, elektrik v.s.) farklı mühendis gruplarına bırakılarak bunların koordinasyonu sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu sırada oluşan bazı problemler ocağın tamamı konusundaki denetim ve yönetim işlerini aksatabilmektedir.

Bu problemlere, ilgili bilgiyi taşıyan mühendisin işi aksatması veya izinli olmasını, önemli bilgilerin paylaşılmamasını, iletişim eksikliğinden veya üretilen raporların zamanında değerlendirilmemesinden dolayı ortaya çıkan gecikmiş kararlar alınmasını v.b gibi konular sayabiliriz. Bu konuların detaylandırılarak düşünülmesi, vardiya ve yönetici mühendise gerekli olacak bilgilerin neler olabileceğine karar verilmesi geliştirilen M-GIS yazılımı için çok önemlidir. Böylece M-GIS ön ekranına çağrılan taban-haritası üzerinde her gün hangi bilgilerin girileceği veya hangi bilgi işareti içeriğinin güncelleştirileceği ortaya çıkmış olacaktır, ilgili alt birimlerde organize edilen bilgi giriş terminalleri sayesinde M-GIS'm çalıştırıldığı ana bilgisayara veri aktarımı gerçekleştirilirse yazılım güncel bazda yenilenen bilgilerin bulunduğu, mühendislerin raporlarını direkt *bilgi* bölümünden sunabildikden resmi bir ara bilgisayar ortamı görevini üstlenmiş olacaktır. Diğer klasik uygulamalardan farklı bütün maden haritası ekranda göz önünde olduğu için açık ocaklarda olduğu gibi madenin genelinde neler

olup bittiği bir bütün olarak anlaşılacaktır. Günlük girilen bilgilerin bilgi işaretlerinin farklı gün bitimine kadar renkte harita üzerine yansıtılması, geçmiş günlerde girilen bilgi raporlarının istendiğinde dökümünün alınabilmesi gibi konular M-GIS yazılımının programcılık basamakları içinde kullanıcıya sunulan ek aşamalarıdır.

Büyük ocaklarda her mühendislik grubundan gelen bilgilerin haritada işaret olarak görünmesi, bu alt mühendislik gruplarının da farklı yerlerde çalışmaları birbirlerinden haberdar olmalarını sağlayacaktır. Birbirlerinin bilgi formlarını okumaları ocağın genel iş düzeninin koordinasyonunu kolaylaştıracaktır. Örneğim iş güvenliği konusunda verilen bir bilgi işaretinin içeriği "*galeri, tavan taşı sarkması işçileri tehdit eder boyutta*" ise bu işaretin pozisyonunu gören ve görevi ocak genelinde galerilerin tahkimatı ve duraylılığı olan mühendis ilgili pozisyonda gerekli önlemleri (tavan taşı stabilitesi, tarama, ek tahkimat v.b.) alacaktır. Görev tamamlandıktan sonra aynı bilgi formuna yapılan çalışmaları rapor ederek bütün mühendisleri bilgilendirecektir. Burada taban-haritası üzerindeki bilgi işaretlerinin işlevleri kalmayınca kaldırılmaları gerektiği konusunun da vurgulanması gerekmektedir. Yukarıda verilen örnekte olduğu gibi eğer ocakta bir sorun varsa ve bu bir mühendis ekibi tarafından rapor edilmiş, diğer görevli mühendislik ekibi tarafından da çözülmüşse artık ilgili bilgi işaretinin taban-haritası üzerinden kaldırılması gerekmektedir. Bu işlemi yapabilmek için M-GIS tarafından gireceği paroladan tanınan yönetici mühendise ait olacaktır. Böylece yönetici mühendis durumu yeterli gördüğü takdirde ilgili bilgi işaretini ilgili pozisyondan silecektir. Bu aşamadan sonra taban-haritasını çağıran mühendisler o işareti bir daha göremeyeceklerdir. M-GIS yazılımının kullanılmasından sonra geçen zaman içinde bu ve benzer bir çok bilgi işareti ekrandaki ilgili taban-haritaları üzerine konulmuş veya silinmiş olabilir. Bütün işaretlemelerin dökümünü gösteren bir yetki butonu işletmede son ay (aylar) veya yıl (yıllar) içinde mühendislerin veya diğer bilgi kaynaklarının taban-haritası üzerinde işaretlediği bütün işaretlemeleri gösterecektir. Böylece geçmişte olanlar zamana yayılmış ve günlük, aylık veya yıllık dökümler halinde görülebilecektir. Bütün bu özelliklerin M-GIS içinde yer alması, programın zaman içinde bilgilendirildiği takdirde çok önemli bir bilgi depolama ve hızlı gösterme ortamı olmasını sağlayacaktır. Bunun vardiya ve yönetici mühendislerle çok faydası olacağına inanılmaktadır. Özellikle kaya mekaniği açısından düşünüldüğünde taban-haritası üzerinde gösterilen farklı galeri pozisyonlarındaki bilgi işaretleri içinde verilen görüntüler galeri duraylılığını test eden mühendisler için çok önemlidir. Galeri ilerlediği zaman, daha tahkimat kurulmadan hemen önce yan kayaçların görüntüsünün web-cam kamera ile filme alınması veya ölçekli fotoğraf çekebilen makinelerle fotoğraflarının çekilmesi, bu kayaçların galeri içindeki havadan ve üzerlerine gelen çevre basıncından daha hiç etkilenmeden önceki görüntüleri olacağı için çok önemlidir. Bunların tahkimat kurulduktan sonra farklı zamanlarda çekilen diğer ölçekli görüntüleriyle karşılaştırılması galerinin konverjansı konusunda fikir verebileceği gibi farklı pozisyonlardaki farklı galerilerin konverjans farklılığının da açıklanmasında kullanılacağı açıktır. Bu görüntülerin M-GIS içinde yer alması yazılıma özel bir önem kazandırmaktadır.

5. SONUÇ

Son on yılda coğrafi bilgi sistemlerinde (CBS) ortaya konulan gelişmeler, yazılım dalında önemli programların da piyasaya sürülmesiyle hızla devam etmektedir. CBS'in haritalar üzerinde bilgi aktarması, bir değişkenin harita üzerinde yayılımının görülmesi

değişkenin boyutlan konusunda daha geniş düşünmeye neden olmaktadır. Madencilik ve mineral yataklanması konusunda yapılan ilk CBS uygulamaları belirli cevher zonlarının ve buna bağlı ruhsat sahalarının belirli bölgelerde odaklandığını göstermiştir. Bu sayede ülkenin genelinde etkili maden sahalarının pozisyonlarına göre bunların neden orada bulunduğu, cevherleşmenin başka yerlerde olup olmayacağı gibi konularda yapılacak yorumlan daha da kolaylaştırmaktadır. Yeraltı maden ocak işletmeciliğine yönelik bu CBS çalışmasında amaç haritalama ve bilgisayar kullanma tekniklerini kullanarak yeraltında uygulanan mühendislik uygulamalarını bir bütün halinde göstermektir. Açık ocaklarda bütün işleri, işçileri, makineleri bit noktadan birkaç dakikada gözlemleyen bir mühendisin duyduğu yönetim rahatlığının M-GIS programıyla yer altı çalışmalarına aktarmak bu çalışmanın asıl amacıdır. M-GIS'in yazılım basamaklarında verilen bilgiler bu amacın gerçekleşmesi yönünde geliştirilen bilgisayarda uygulamalı haritalama işlemleridir.

KAYNAKLAR

- Alexander, J., Zwick, P., Latimer, S., Garbade, K. and Shao, N.** (1994) Soil Radon Potential, Twelve Counties in North-Central Florida, *Arc/Info Map Book-1993*, Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, California, USA.
- Dangermond, J.** (1994) Northridge Earthquake, *Arc/Info Map Book-1993*, Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, California, USA.
- ForbesSjP.** (1994) US Oil and gas production. Petroleum Information, Littleton, Colorado, ABD. *Arc/Info Map Book-1993*, Environmental Systems Res.Inst, Inc. Redlands, California, USA.
- Gedikoğlu, İ.** (2000) *Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri, I. Mekansal analizler*, Set Ofset, Ankara.
- Gemmill, J. & Shorter, D.** (1994) Industrial redevelopment site selection, City of Birmingham, Office of Economic Development, Birmingham, Alabama, USA, *Arc/Info Map Book-1993*, Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, California, USA.
- Gogolek, W., Bielecki, T., Jurkun, A., Kocyla, J., Zielke, J.** (1996) Computer aided production of the 1:50000 detailed geological map of Poland, *11th ESRI European User Conference*, 2-4 October 1996, London, UK.
- Matejcek, L.** (1996) Modelling radionuclide deposition in the Irish Sea, *11th ESRI European User Conference*, 2-4 October 1996, London, UK.
- Lary, T.** (1994) Tampa Bay oil spill, Marine Research Institute, St. Petersburg, Florida, USA, *Arc/Info Map Book-1993*, Environmental Systems Res. Inst., Inc. Redlands, USA.
- Lilje, A., Sieh, K., Bottenberg, P. and Bader, E.** (1994) Northridge Earthquake epicenters, California Institute of Technology, *Arc/Info Map Book-1993*, Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, California, USA.
- Yomralıoğlu, T.** (2000) *Coğrafi bilgi sistemleri-Temel kavramlar ve uygulamalar*, Seçil Ofset, İstanbul.

**KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE UZAKTAN İZLEME VE KONTROL
SİSTEMLERİ VE KOZLU (TTK-ZONGULDAK)
MÜESSESİNDEKİ UYGULAMALAR**

**REMOTE MONITORING AND CONTROL SYSTEMS IN COAL
MINING AND APPLICATIONS IN KOZLU (TTK-ZONGULDAK)
MINE**

Fuat KOCAL, *iller Bankası Genel Mud, Makına Sondaj Dairesi, Dışkapı/Ankara*
Yılmaz ÖZÇELİK, *Hacettepe Üniversitesi, Maden Muh Bol Beytepe/Ankara*

ÖZET

Bu bildiride, yeraltı uzaktan izleme ve kontrol sistemlerinin Kozlu (Zonguldak) bölgesindeki uygulamalarına ait çalışmalar yapılmıştır. Mikro elektronikteki gelişmeler yeraltındaki çok sayıdaki uzak noktalardan bilginin hızlı ve ekonomik taşınmasını sağlamıştır. Çevresel parametreleri hızlı olarak ölçecek, gözlemleyecek muhtelif algılayıcıların geliştirilmesi ve bilginin sürekli olarak depolanması, hızlı olarak işleme konulmasını ve anlaşılır bir biçimde sunulmasını sağlayan bilgisayarların kullanımı yeraltında herhangi bir bölgedeki çevresel şartların durumu hakkında kolay ve doğru karar vermeyi sağlamaktadır. Ayrıca PLC (Programmable Logic Control) aynı zamanda herhangi bir tehlike anında bütün ekipman için de güvenilir bir kontrol sağlamaktadır. Dolayısıyla bugün hemen tüm ülkelerde yeraltı gözlem ve kontrol sistemleri kullanılmakta olup bu yalnızca yasal bir zorunluluğu yerine getirmek değil madenin genel emniyetini sağlamak için yapılmaktadır. Bu bildiride ayrıca, Kozlu Müessesesinde uygulanmakta olan uzaktan izleme ve kontrol sisteminin gerekliliği ve bu sistemin bileşenleri, ekipmanların özellikleri ile kullanımları üzerinde durulmuştur.

ABSTRACT

In this paper, observations were made related to the applications of underground remote monitoring and control system used in Kozlu (Zonguldak) coal field. Development in micro-electromcs have permitted the transfer of information from a large number of remotely placed points at a quite acceptable cost in mining. The development of a

vanety of sensors to monitor enviromental parameters at a fast rate and the use of computer to log the information continuously, process it at a fast rate and present it in a form easily interprétable enable quick and correct decisions to be made about the state of the environment m any location m a mine The use of PLC (Programmable Logic Control) devices also provides reliable control measures to be taken over any of electrical equipment m case of emergency Therefore, enviromental monitoring and control systems is now a routine practice for all mines and is carried out not only to satisfy legal requirements but to increase the safety of the mine m general also m almost all developed countries. In this paper, it is also dwelled upon the necessity of the remote monitoring and control system used in Kozlu Mine, components of this system, properties and usage of the equipments.

1. GİRİŞ

Kömür madenciliğinde, üretim ve verimi artırmak, daha emniyetli ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlamak amacı ile mekanizasyon, otomasyon ve bilgisayar kontrollü sistemlere geçilmeye başlanmıştır. Bu geçiş ülkemizde 1980'li yıllara karşılık gelmiştir. Bu sistemler üretimle ilgili olduğu kadar, üretimi sağlayan makinaları, aletleri ve üretim ortamını da izleyerek, bunlar hakkında bilgiler toplar ve bu bilgileri bir merkeze iletir. Merkeze iletilen bilgiler orada derlenir, analiz edilir ve bu bilgilerin ışığında üretim sistemlerinin verimini artırıp emniyetli ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlayacak kararlar alınır.

I

1983 yılında Armutçuk ve Kozlu'da (TTK-Zonguldak) meydana gelen infilaklardan sonra ocak gazlarını daha etkili bir şekilde izleyebilmek için 1985 yılında Japon Riken Armasından belirli noktalarda CH₄ ve CO gazlarını sürekli izlemek üzere iki adet bilgisayarlı izleme seti alınmıştır.

TTK Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesinde 03.03.1992 yılında 263 kişinin ölümü ve 77 kişinin yaralanması ile sonuçlanan büyük grizu faciasından hemen sonra TTK, /aponya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) ile kömür ocaklarında iş güvenliğini geliştirmek amacıyla bir çalışma başlatmıştır. Anlaşmalar çerçevesinde Japon uzmanlar Kasım 1995 tarihinde Kozlu'ya gelmişlerdir. Proje uygulama süresi 5 yıldır. TTK-JICA tarafından 1995-2000 yılları arasında yürütülen İş Güvenliği Geliştirme Projesi kapsamında Kozlu Taşkömürü İşletme Müessesesine merkezi izleme sisteminin günümüz teknolojisine uygun hale getirmek amacıyla; Japon Matsushima tarafından yeni merkezi izleme sisteminin 1997 yılında kuruluşuna başlanmış olup 1999 yılında faaliyete geçirilmiştir.

Yeni merkezi izleme sistemi; yeraltı analog algılayıcıları (CH₄, CQ, ısı, basınç farkı, hava hızı) ile açık-kapalı (on-off) verileri (hava kapılan, pervaneler, tulum balar, bant konveyörler vb.) izlenmesine olanak vermektedir.

Zonguldak'a (TTK) bağlı müesseselerde kullanılan bilgisayarlı sistemler genel olarak izleme ve kontrol işlevlerini birlikte yürütecek şekilde tasarlanmıştır. Ana çalışma ilkesi ise hatlardaki gerilim veya akım şiddetlerinin farklılık göstererek sinyal üretmesi ve bu sinyallerin veri olarak algılanmasıdır.

Kozlu Müessesesindeki bilgisayarlı kontrol sistemlerinde iki yönlü çalışma vardır. Birincisi ocak atmosferi ile ilgili analizler, ikincisi ise, ocaktaki makine ve ekipmanlar ile ilgili analizlerdir. Yeraltı ortam şartlarını tam yansıtan verilerin elde edilmesinde algılayıcı başlıklarının doğru yerleştirilmesi çok önemli bir ölçüttür. Örneğin, metan algılayıcılarının tavadan 30 cm ve galeri yan duvarlarından yeteri kadar uzakta olması gerekir. Hava hızı ölçerken ise en uygun yer hava yolu kesitinin geometrik merkezidir (Dixon ve Ediz, 1995)

2. MADENCİLİKTE UZAKTAN İZLEME VE KONTROL SİSTEMLERİ

2.1. Kömür Madenciliğinde Uzaktan İzleme ve Kontrol Sistemleri

Madencilikte bilgisayarlı izleme ve kontrol sistemleri, kömür madenciliğinin gelişmeye başladığı yıllarda ocak yangınları için geliştirilen uyarı ve ölçme sistemiyle başlayıp, çeşitli aşamalardan geçirilip, günümüz madenciliğinde bütün üretim sisteminin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Bu sistemin gelişimi özetle şu kademelerle belirtilir.

- 1 Kademe: Değişik ocak parametrelerinin elde taşınan aletlerle ölçülmesi (metan, hava hızı vb.)
- 2 Kademe: Elektromekanik izleme sistemleri (ocak vantilatör performansının, kömür kazı makinalarının izlenmesi v.b)
- 3 Kademe: Bilgisayara dayalı ocak izleme sistemleri (ocak atmosferi ve kömür üretim alet ve makinalarının yoğun olarak algılayıcılar tarafından izlenmesi)

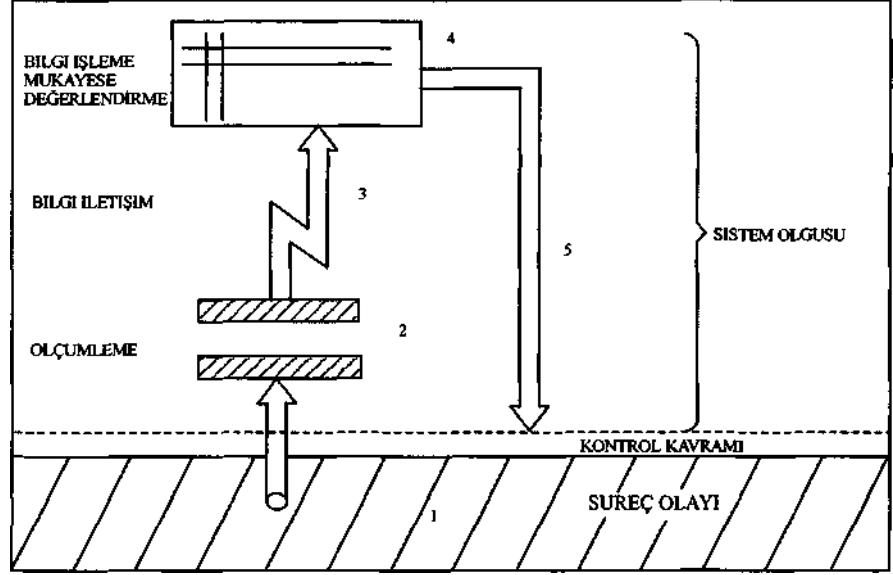
Bugün artık ocak izleme sistemleri tamamen bilgisayar kontrollü bir hale gelmiş ve işletmelerde geniş bir uygulama alanı bulmuştur.

2.2. Üretim Denetimi, Yönetimi ve Otomasyonu

Denetim, bir işletmenin amaçlarına ulaşabilmesi için zorunlu olan hayati öneme sahip bir unsurdur. Denetim, bir işlemin tanımlanmış hedefler doğrultusunda yönlendirilmesini sağlayan ölçümlemelere, mantıksal mukayeselere ve değerlendirmelere dayalı olarak işleyen bir mekanizma şeklinde tanımlanabilir. Maden üretim süreci denetim sistemi olarak tanımlanabilecek 'mine monitoring' ana hatlarıyla şu şekilde yapılandırılabilir (Paşamehmetoğlu ve Çelebi, 1988).

- Denetimi istenen ortam, atmosfer, alan
- Ölçme cihazlarıyla saptanan bilgi unsuru
- Bilgiyi ileten iletişim hattı
- Bilgisayarda bilginin işlenmesi, mukayesesi, değerlendirilmesi
- Sonuca göre işlemin yönlendirilmesi

Ocak denetimi ve kontrol sisteminin yapısı şematik olarak Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Ocak denetimi ve kontrol sisteminin şematik yapısı

Sistemlerin işleminde büyük rolü olan yazılım paketleri, bir takım hesaplama ve mantıki mukayese gibi temel fonksiyonların yamsıra, kullanıcı ile sistem arasında bağlantı sağlayan operasyon ve görüntüleme fonksiyonlarında da büyük önem taşırlar. Görüntü olarak verilen bilgilerin net ve yeterli ölçüde bilgilendirici olması, kullanıcı müdahalelerinin açık ve kolaylıkla yapılabilmesine imkan sağlar. Sonuç olarak sistemlerin verimli bir şekilde çalışır olması yazılım paketi ile ilişkilidir.

Madencilikte çalışma şekli ne kadar mekanize ise otomatik denetime de o derece yatkındır. Madencilik faaliyetlerinden taşıma, havalandırma gibi servis işlemlerinde otomatik denetim başarı ile uygulanmaktadır.

2.3. Yeraltı Kömür Madenciliğinde Uzaktan izleme ve Kontrol Sistemlerinin Genel Yapısı ve Çalışma İlkesi

Bilgisayarlı ocak izleme sistemleri algılayıcılar, ara izleme istasyonları ve yeryüzü merkezi izleme ve kontrol istasyonu olmak üzere üç ana parçadan oluşmaktadır.

1. Algılayıcılar: Önemli fiziksel parametreleri, makinalarm durum ve performanslarını sürekli ve otomatik olarak ölçerler.
2. Ara izleme istasyonları: Çeşitli algılayıcılardan gelen sinyalleri bilgi aktarma sinyallerine çevirerek merkezi bilgisayara iletirler.
3. Yerüstü merkezi izleme ve kontrol sistemleri: Ara istasyonlar aracılığı ile algılayıcılardan gelen bilgiyi toplar, analizini yapar ve merkezdeki ekranda görüntülenir

Bilgisayarlı izleme sistemlerinde kontrol edilecek parametreler (ocak gazları, havanın hızı ve nemi, makinalarm harcadığı enerji, değişik kontrol parametreleri) algılayıcılar tarafından ölçülür. Bu ölçülen değerler kablo ve ara istasyonlar aracılığı ile merkezi istasyona aktarılır. Merkezi istasyonda bu bilgiler derlenir, analiz edilir. Derlenip analiz

edilen bilgiler, kullanılan program ve sistemin yapısına bağlı grafiksel olarak veya kağıda çıktısı alınarak sistemin başındaki uzman yetkili kişi tarafından değerlendirilip üretim sisteminin çalışmasını daha verimli hale getirecek kararlar alınır. Bazı durumlarda bilgisayar doğrudan uyarı ve ikaz sistemini devreye sokar. Ayrıca bu bilgilerin ışığı altında üretimi aksatacak olaylar oluşmadan önlenebilir.

3. KOZLU MÜESSESESİNDE UZAKTAN İZLEME VE KONTROL SİSTEMİNİN TANITIMI

3.1. Kozlu Müessesesinin Genel Tanımı

Kozlu işletme Müessesesi Zonguldak ilinin 6 km batısında 9 km² lık bir alanda faaliyetlerini sürdürmektedir. Ülkemizin deniz altında taş kömürü üretimi yapan tek müessesesidir. Üretim derinliği +151/-560 kotları arasındadır. Bugün üretim faaliyetleri +80/-560 kotları arasında 6 ayrı katta sürdürülmektedir.

içerisinde 25 m /ton civarında metan bulunan Kozlu Müessesesinde yapılan tüm hazırlık ve üretim çalışmalarında açığa çıkan metan ve karbonmonoksit gazlarını kademeli ve kontrollü olarak izlemek amacıyla 38 adet CH₄ ve 13 adet CO ve 6 adet hava hızı algılayıcısı olmak üzere toplam 57 adet analog algılayıcı, 3 adet emici pervane çalışma kontrol algılayıcısı (analog, titreşim) ile izleme işlemi yapmaktadır. Ayrıca ocakların havalandırılması için mevcut 3 adet emici pervanede merkezde anlık takip edilmekte ve çalışma veya durma olayı izlenmektedir. Çizelge 1'de katlara göre güncel algılayıcı yerleşimi görülmektedir. Bu algılayıcıların değişen şartlara göre güncellenmesi gerekmektedir. En son sistem Japonyanın Jica firması tarafından kurulmuştur. Sistem IBM uyumludur. Jica tarafından Kazemaru adlı oldukça kolay şebeke analiz programı temin edilmiştir. Monitor sistemini tamamlayan haberleşme ünitesi Incivez aspiratörü gaz analizörleri tamamlayıcı ünite olarak devrededir. Bu sistemdeki program maksimum 1000 kol ve 1500 kavşaktan oluşan bir ocağın şebeke analizini kısa bir sürede yapabilmektedir. Kozlu müessesesinin ocak havalandırma planı Şekil 2'de verilmiştir.

Programın temel fonksiyonları ise şunlardır;

- Normal ve yangın durumunda havalandırma şebeke analizi,
- Yangın ya da gaz patlaması durumunda en uygun kaçış yönünün analizi,
- Kollardaki anormal hava miktarının tespit edilmesi,
- Şebekedeki nem, sıcaklık ve hava akışının analizi,
- Ölçülen çevre bilgilerinin analizi.

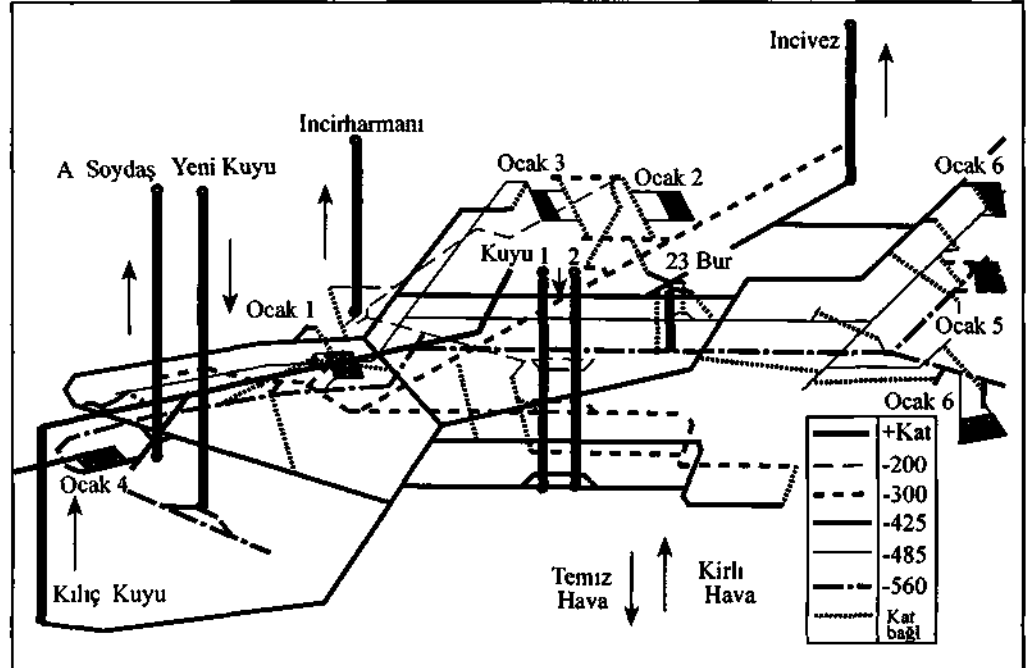
Programın avantajlarını şöyle sıralayabiliriz;

- Havalandırma şebeke analiz bilgilerinin grafik olarak görülmesi,
- Hava akış ve basınç dağılımının ekranda grafik olarak görülmesi, yazıcı ve çiziciden çıktı alınması,
- Doğal havalandırma basıncı, fan karakteristiği ve sabit akımlı kolların dikkate alınması,
- Olası ocak yangınlarında kaçış yönlerinin belirlenmesi,

- Yangın dumanlarının konsantrasyonu ve yangın yerinin grafik olarak ekranda görülmesi yazıcı ve çiziciden çıktı alınması,
- 1000 kavşak, 1500 kol, 50 fan kapasiteli geniş ocak şebekelerine uygulanabilmesi.

Çizelge 1. Kozlu Müessesesi'ndeki ocak içi algılayıcı yerleri

Algılayıcıların Bulunduğu Yer	Ocak No	Yerel No	Metan (CH ₄)	Karbonmonoksit (CO)	Hava Hızı (HH)	Otomatik Devre Kesici
-200 lağım, Çay ayaklar	2-3	2	3	3	-	-
-425 Trafo Kabini, lağım, büyük taban	5	4	6	2	-	Var
-425 Trafo kabini, lağım, sulu taban, acılık taban	1-5	3	2	1	2	Var
-485 Tumba ilerisi kavşak nefeslik, sağ acılık ve sulu taban	1	1	4	3	-	Var
-485 lağımı, acılık ayakları, kesmeli ve büyük taban	5	5	7	1	-	Var
-485 Çay ayağı	1	8	-	1	1	-
-560 Trafo kabini umumi, çay taban, acılık taban	5-6	6	5	1	2	Var
-560 lağım kavşağı, rekup, çay batı 3. ve 5. kat	1	7	6	-	1	Var



Şekil 2. Kozlu Müessesesi'nin ocak havalandırma planı

Eski merkezi izleme sistemi yalnızca CH₄ ve CO algılayıcılarını izlemeye olanak veriyordu. Ayrıca, 1985 yılında kurulduğunda uyum ve yedek parça sorunu vardı. Yeni merkezi izleme sistemi, yeraltı analog algılayıcıları ile sayısal verileri izlemeye olanak vermektedir, istenildiği takdirde yerüstü sayısal veriler de izlenebilmektedir.

Ocak şartlarında merkezden izlenen algılayıcılara ilaveten bir de merkezden takip edilmeyen, algılayıcı metanın belirlenen değeri bulunduğunda bağlı olduğu makinanın elektriğini kesen yerel otomatik devre kesicili algılayıcılar vardır. Bu devre kesicilerin güncel yerleri Çizelge 2' de verilmiştir. Algılayıcı noktalan işletme şartlarına ve çalışma yapılan ortamlara göre güncelleştirilmelidir.

Otomatik devre kesiciler, elektrikle çalışan makinaların çalışma sırasında çıkardıkları elektrik arkı sonucu ortamdaki patlama sınırına ulaşan metanın patlaması için gerekli olan sıcaklık ve ateş gücüne sahip olabilecekleri düşünülerek konulmuş güvenlik elemanlarıdır.

Çizelge 2. Lokal (yerel) algılayıcı (sensör) yerleri

Yerel Algılayıcılar		
Algılayıcı Yeri	Algılayıcının Tipi	Algılayıcının Görevi
-425/ 945	GP105ACH4	Piç nefesliğe basan pervane elektriğinin kesilmesi
-425 / Yüksek kompresör basınç dairesi	GP105ACH4	Yüksek basınç kompresörünün elektriğinin kesilmesi
-560/ 357 lağıcı	GP 105 A CH4	Elektro hidrolik makinalarının elektriğini kesmek
-300/ 717 K3/-260 tb. (taban).	GP105ACH4	Tb. makinaları durdurmak
-485/ 04 K5 Büyük kesmeli tb.	GP 105 A CH4	Tb. makinaları durdurmak
-560 /353 İğ. (lağıcı).	GP105ACH4	Lğ. makinaları durdurmak

3.2. Sistemin Bileşenleri ve Bağlantıları

Sistem ana kumanda masası üzerinden kontrol edilmekte, veriler iki adet bilgisayarda (CRT) çizgisel ve çubuk grafik veya sayısal bilgi olarak izlenebilmektedir. Sistemi oluşturan ekipmanlar ve bu ekipmanların fonksiyonları Şekil 3'te gösterilmektedir.

Sistemi oluşturan ekipmanların fonksiyonları ise aşağıdaki gibidir;

1. ve 2.CPU (Central Processing Unit-Merkezi İşlem Ünitesi), Melsec-A, GP-B50 ve GP-570 dokunmatik panel (touch panel) aralarında kapalı devre bağlantı vardır.

1. CPU: Yerellerden gönderilen değerleri sayısal olarak işler.

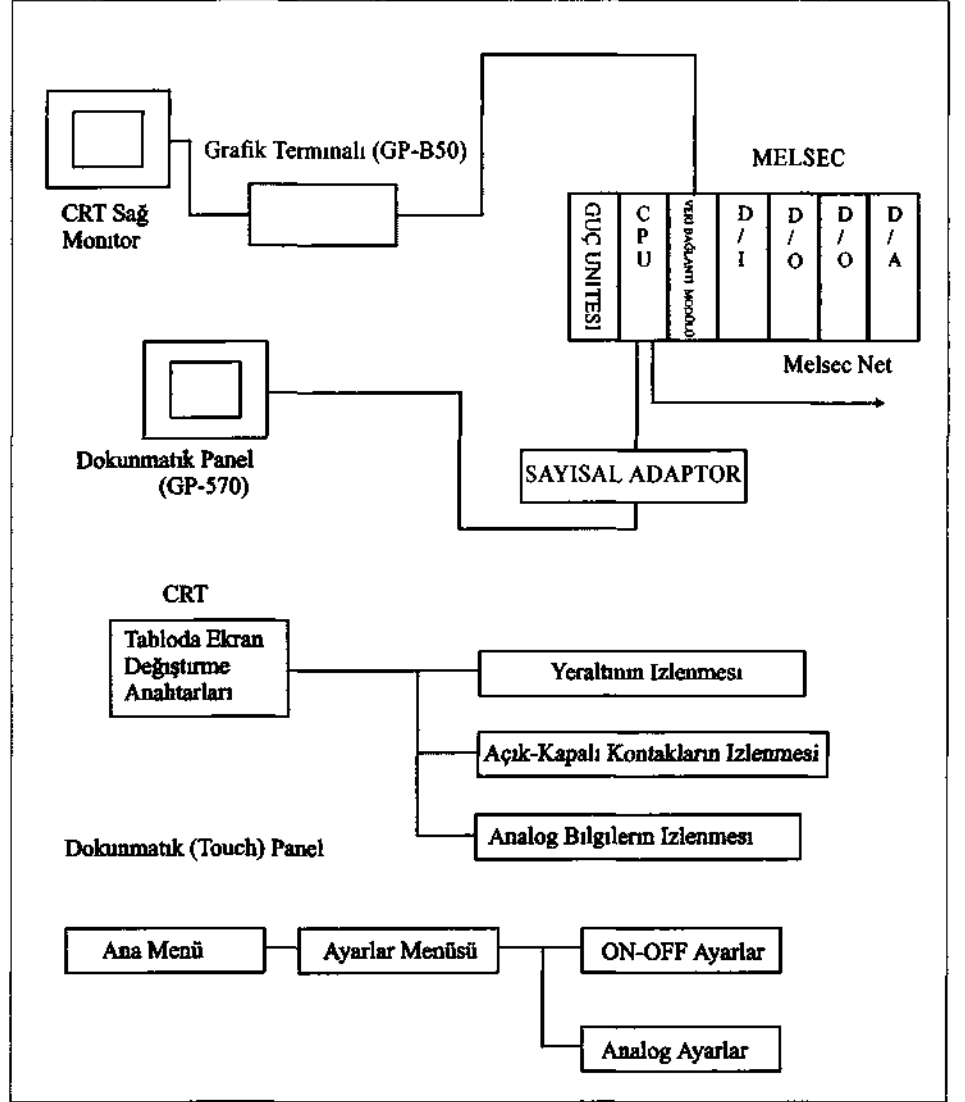
2. CPU: 1. CPU'dan gelen değişiklikleri grafiğe dönüştürür ve bilgileri dosyalar.

Melsec: CPU'lardan ve touch panelden gelen verilere göre bağlantı konumunu değiştirerek alarm (sesli ve ışıklı) veren bir tür yöneticidir.

GP-B50: Melsec'ten gelen bilgileri diğer monitöre aktarır.

GP-570 (touch panel): Algılayıcıların alarm seviye değerlerini, boyutu ve tiplerini verir.

Büyük Yazıcı: 2. CPU'dan vardiyalı grafik değerleri ile günlük, haftalık, aylık raporları almak için kullanılır.



Şekil 3. Sistemi oluşturan ekipmanlar ve bu ekipmanların fonksiyonları

3.3. Sistemi Oluşturan Yerüstü Elemanları

Merkezi izleme sisteminin yerüstünde bulunan elemanları merkez müessese binasının üst katında yerleşmiş olan izleme odası içindedir. Burada ayrıca haberleşme ünitesi de bulunmaktadır. Merkezi izleme sistemini oluşturan yerüstü elemanları şunlardır;

- 1 adet kesintisiz güç kaynağı (UPS)
- 2 adet merkezi işlem ünitesi (CPU)
- İncivez aspiratörü gaz analizörleri
- 2 adet monitor
- 1 adet klavye

- 2 adet yazıcı
- 1 adet dokunmatik bilgisayar (Touch Panel)
- 1 adet kontrol masası yönetim sistemi (MELSEC)
- 1 adet ekran grafik terminali (GP-B50)
- 1 adet modem

Sisteme bağılı olarak yeraltına yerleştirilmiş olan metan ve karbonmonoksit algılayıcıları ile söz konusu gazların ocak havası içerisindeki miktarları aralıksız olarak bir merkezden izlenebilmekte ve bu sayede grizu infilakları ile ocak yangınları öncesi gerekli önlemlerin alınması sağlanmaktadır.

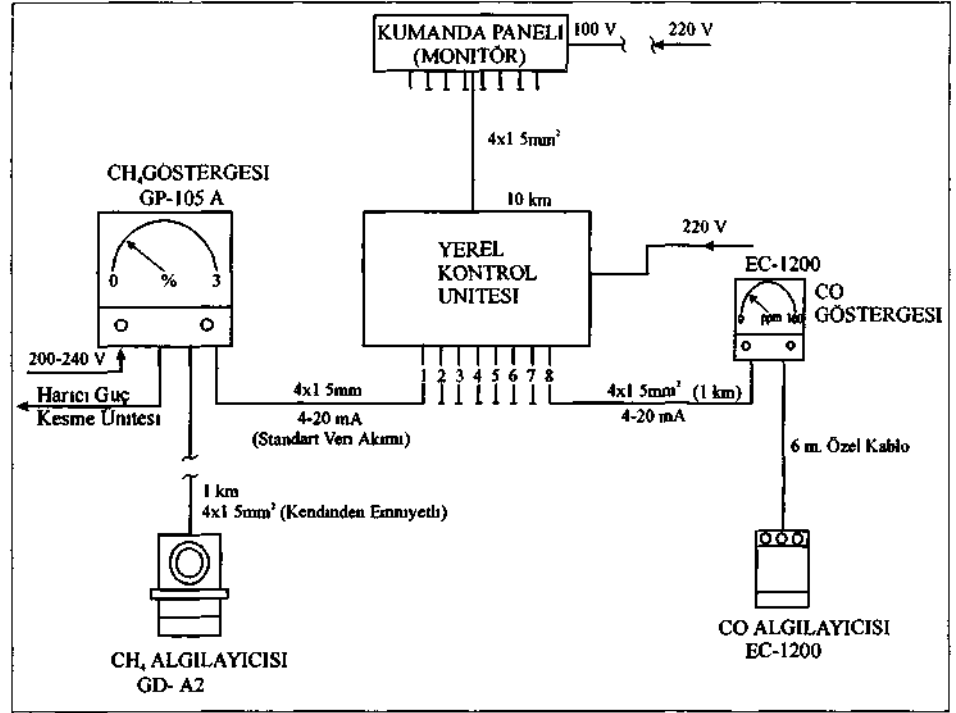
Sistemin ölçüm aralığı metan için %0.00 ile % 3 ve karbonmonoksit için 5- 100 ppm arasındadır. Hatasız gelen sinyaller 4-20 mA'lık analog değerlere dönüştürülüp kanallara iletilir. %0.00 metanı 4 mA, %3 metanı 20 mA'lık akım temsil eder. Sistemin gaz alarm seviyeleri; metan %1.5 'ta 1 alarm (sarı), %2' de 2. alarm (kırmızı), karbonmonoksit 10ppm'de 1. alarm (sarı), 25ppm'de 2.alarm (kırmızı) şeklinde ayarlanmıştır. Gaz oranını içeren sinyaller daha önceden ayarlanmış değeri aşarsa sistem alarm verir. Bu alarm gözle görülebilir ve kulakla işitilebilir. Aynı anda yazıcı ünite olayın zamanını, yerini, gazın cinsini ve oranını otomatik olarak kaydeder. Her saniyede değişen değerler monitörden izlenebilir. Yazıcıdan ekranın o an gösterdiği değerlerin 24 saatlik dökümü alınabilir.

Merkezi izleme sistemi yeraltında 72 analog (234'e çıkartılabilir), 72 sayısal veri, yerüstünden ise 24 sayısal veri izlenebilmektedir. Bir yıl içindeki analog ve on- off veriler saklanır, istenildiği takdirde bütün izlenen noktalarla ilgili değerler yazıcı çıktısı olarak alınmaktadır.

Ocakların merkezden izlenmesi ve burada verilerin değerlendirilmesi sonucu olabilecek aksaklık ve kazalara karşı önceden tedbir alınması mümkün olmaktadır. Bu sayede daha güvenli bir çalışma ortamı yaratılmaktadır.

3.4. Sistemi Oluşturan Yeraltı Elemanları

Yeraltına yerleştirilen algılayıcılardan gelen gaz yoğunluğu sinyalleri yine ocağa yerleştirilen yerel istasyona gelirler. Burada bulunan verici kartlar sayesinde sayısal kodlara dönüşerek bir çift kablo (4x1.5 mm²) üzerinden yerüstü merkezi kumanda odasına iletilirler. Yayınlanan sayısal kodlar yerüstündeki kumanda merkezinde frekans filtrelerinden geçirilip çözümlenir. Özelliklerine göre ayrılıp toplam kontrol ve gözetimleri yapılır ve merkezi bilgi işlem ünitesinde değerlendirilirler. Yerüstü kontrol merkezi ile yerel arasındaki en fazla mesafe 10 km, yerel ile algılayıcı arasında 4 km olmak üzere 14 km' lik mesafedeki ocağı kontrol etmek mümkündür. Şekil 4'de Kozlu müessesesindeki uzaktan gaz izleme sistemi çizgisel akım şeması görülmektedir.



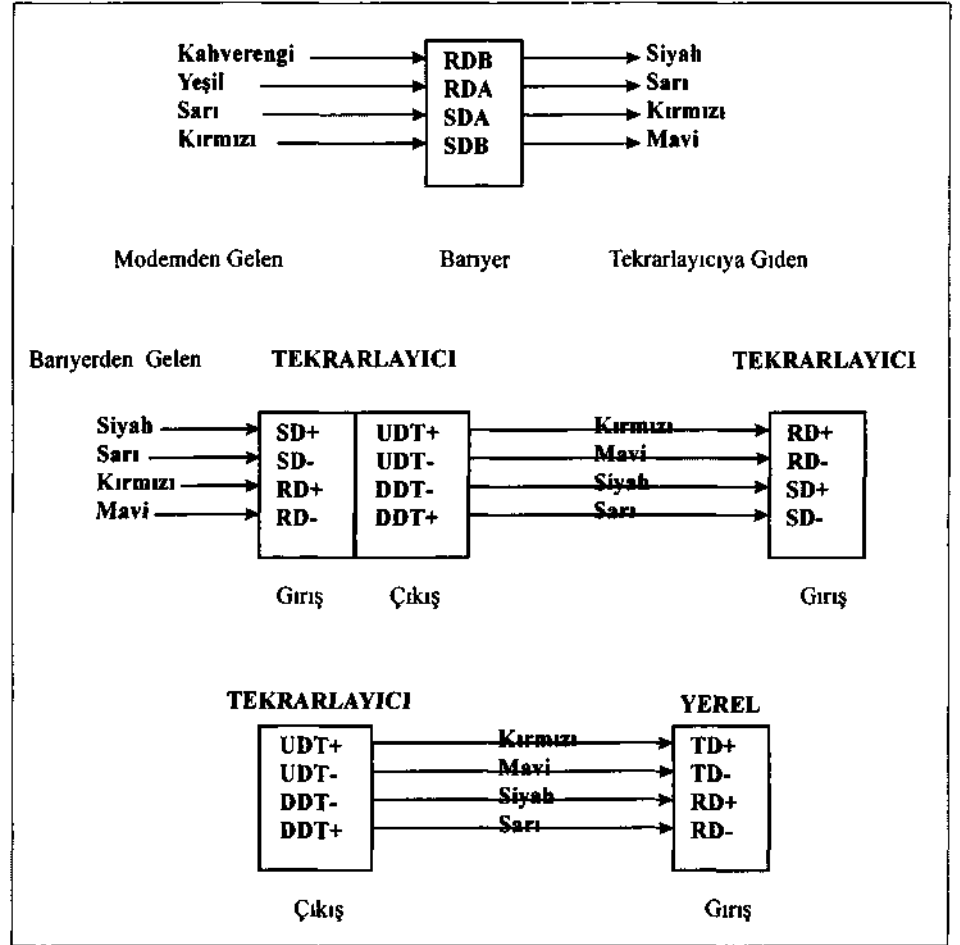
Şekil 4. Kozlu müessesesindeki uzaktan gaz izleme sistemi çizgisel akım şeması

Sistemi oluşturan elemanlar izlenmek istenen yerden veri okuyan, verileri taşıyan ve bu işlemin güvenli bir şekilde yürütmesine yardımcı olan algılayıcı, kuvvetlendirici, taşıyıcı elemanları içerir. Sistem elemanları şunlardır;

- 6 adet, tekrarlayıcı (repeater)
- 8 adet, yerel kontrol ünitesi
- 5 adet bariyer
- Analog algılayıcılar
- Sayısal algılayıcılar
- 4x1.5 mm² mavi iletim kablosu.

Sistemden bilgiler yerele bağlı algılayıcılardan gelmektedir. Zayıflamış sinyalin güçlendirildikten sonra yoluna devam etmesi tekrarlayıcı (repeater)lar ile olmaktadır. Yerel kontrol-yerel kontrol üniteleri arası ya da yerel kontrol-merkezi izleme odası uzaklık en fazla 1200 m. olduğunda aralara repeater (tekrarlayıcı) bağlantısı yapılır. Sistemin bağlantı şekilleri Şekil 5'de gösterilmiştir.

Kurulu olarak 8 adet yerel bulunmaktadır. Her yerele 8 analog, 16 adet açık - kapalı (on- off) algılayıcı bağlanabilir. Algılayıcıların bilgileri önce kablo ile yerellere ulaşır, sonra yerel üzerinden ve gerekiyorsa tekrarlayıcıya, oradan da bariyer üzerinden geçerek merkezde birinci işlemciye ulaşır. Verilere doğal olaylar sebebiyle kansan parazitleşmeler ve yüksek enerji birikimleri bariyerler vasıtasıyla engellenmektedir.



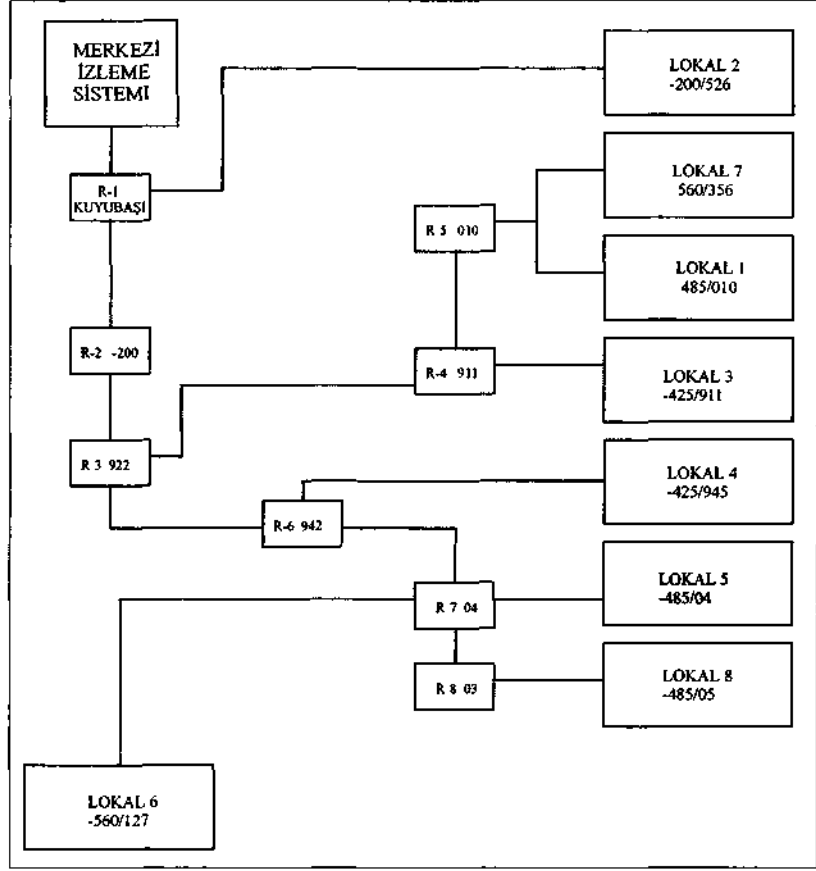
Şekil 5. Sistemin bağlantı şekilleri

Kontrol merkezinden itibaren yeraltında farklı katlarda bulunan, tekrarlayıcı (repeater) ve lokallerin (yerellerin) yerleşim planı Şekil 6'da verilmektedir.

3.5. Sistemin İletişimi

Sistemde bulunan modem vasıtasıyla merkezi işlemcilerin ve algılayıcıların birbirleri ile iletişimi gerçekleşmektedir. Telsiz anons sistemi ocakların merkezi izleme projesi dışında kurulmuş, farklı bir programla uygulamaya geçirilmiş bir sistemdir. Ancak merkezi gaz izlemeye de faydalı olan bir sistemdir ve anons sisteminin merkez ünitesi de gaz izleme merkezindedir. Ocak içindeki merkez unite -425 katı kuyu dibinde bulunmaktadır. Telsiz anons sistemi ile mobil el telsizler vasıtasıyla ocağın her köşesine ulaşmak mümkündür.

Yeraltı analog ve sayısal algılayıcılardan alınan değerler önce yerel kontrol ünitelerinde, CPU (Merkezi İşlem Ünitesi)'nin algılayabileceği mantıksal değerlere dönüştürülür. Bu mantıksal değerler CPU ile yerel kontrol ünitesi arasında değişimi kontrol edilir. 4 soruya yanıt gelmemişse ekranda hata görünür.



Şekil 6. Lokallerin (yerellerin) güncel olan yerleşimi

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Uzaktan izleme ve kontrol sisteminin ana amacı 'işçi sağlığı ve iş güvenliği'dir. Sistem bir çok özellikleri sonucu iş güvenliğini tehlikeye sokabilecek durumların önceden saptanmasına yardımcı olmakta ve verimi yükseltmektedir.

Her alanda olduğu gibi madencilik alanında da teknolojik yeniliklerden yararlanmak kaçınılmaz olmaktadır. Üretim yapılan ocak sayılarının artması, yayılması ve derinleşmesi neticesinde çalışılan ortamların daha güvenilir ve sağlıklı hale getirilmesi için uzaktan izleme ve kontrol sistemlerinin kullanılarak tüm ocakların tek bir merkezden izlenmesi gerekli hale gelmiştir.

Kozlu Müessesesi ülkemizin deniz seviyesi altında taşkömürü üretimi yapan tek müessesedir ve derinlere inildikçe gaz problemleri artan bir işletmedir. Bu tür sorunların yaşanabileceği işletmelerde uzaktan izleme ve kontrol sistemi çok önemli hale gelmektedir.

1985 yılında ilk kurulduğundan beri sistem devamlı yenilenmeye çalışılmış ve en son bugünkü durumu almıştır. Sistem kuruluşunda ana ilke iş güvenliğine yönelik fayda sağlamak ve iş güvenliğini tehlikeye düşürebilecek sorunların önceden tespit ve tedbirinin alınmasıdır. Bu sistemlerin iş güvenliği açısından en önemli yararı ocak havalandırması, hava kapıları ve ana pervaneler devamlı izlenerek değişimlerden anında haberdar olunmakta ve müdahale imkanı bulunmaktadır, iş verimi bakımından da çalışan makinaların çalışma ve durma anları tespit edilmekte ve gerekli inceleme yapılmakta ve tedbirler alınmaktadır. Bu sistemde işçilik ve zaman tasarrufu açısından fayda bulunmaktadır. Kontrol noktalarının tek tek ölçümü ortadan kalkmış sadece tereddüt edilen sorunlu noktalarda özel inceleme yapmak için görevli gönderilmektedir.

Diğer önemli bir özellik te ocakların çalışabilmesi için gerekli olan havanın dolaşımını sağlayan emici pervanelerin çalışıp çalışmadıkları devamlı kontrol altında olmakta ve durma durumlarında gerekli tedbirler alınmaktadır. Ocakların sağlıklı çalışmasında önemli olan bir başka sorun da ocak sularının tahliyesidir. -200 katında bulunan ve suyun dışarı atılmasını sağlayan ana kat tulumba dairesindeki üç adet tulumbanın da çalışıp çalışmadığı uzaktan izlenmelidir.

Bu avantajlarına rağmen uzaktan izleme ve kontrol sistemleri değişik nedenlerle tam kapasiteyle çalışmamakta ve kullanılmamaktadır. Bunun başlıca sebebi ise sistemi kullananlar ile kuranların farklı kişiler olması ve kullanıcıların sistemi tam olarak kavrayamaması ve personelin sürekli değiştirilmesidir.

Kozlu müessesesinde kurulu olan sistem şu anda kullanıldığı şeklienden daha faydalı olabileceken bundan tam anlamıyla yararlanıldığı söylenemez. Sistemdeki yerel sayısının arttırılmasıyla algılayıcı kapasitesi artırılabilir, izleme noktalarını genişleterek ve izlenme çeşidini artırarak, ocak içindeki makinelerin ve gaz izleme noktalarının daha kapsamlı izlenmesi ile sistemden daha çok yarar sağlanabilecektir.

Ayrıca yapılan çalışmalar neticesinde Kozlu müessesesinde aşağıda sıralanan durumlar gözlenerek özetlenmiştir;

- Hazırlıklar yapılırken ölçme sistemleri göz önünde bulundurulmalıdır.
- Bu sistemin olağanüstü bir durumda neler yapması gerektiği standarda veya bir programa bağlanmalıdır. Kişisel yorumlara bırakılmamalıdır.
- Bu sistemde çalışacak olan kullanıcılar, ilgili ocağı çok iyi tanıyan (algılayıcıların yerlerini, yer değişimini, kalibrasyonu gibi konularda yetkili ve bilgi sahibi), yorum yapabilecek elemanlar olmalıdır.
- Malzeme akışı çok iyi sağlanmalı, temin edilmeyen malzeme yüzünden sistemde aksama olmamalıdır.
- Bu sistem çok iyi bir haberleşme sistemi ile desteklenmelidir.
- Ocağın izlenmesinde mevcut tüzük ve yönerge maddelerine göre hareket edilmelidir.
- Algılayıcıların uygun yerlere yerleştirilmesine dikkat edilmeli, sorumlularının haricinde algılayıcı yerleriyle kimse oynamamalıdır. Görülen aksaklıklar ilgili binme iletilmelidir.
- Ocakların havalandırma açısından çok geniş alana yayılması kontrolü güçleştirmektedir. Bunun için gerekli önlemler alınmalıdır.

- Önemli ve kritik yerlerde, gaz yüzdesi ve hava miktarlarının ölçülüp karşılaştırmayla kontrol ya da test edilmesi çalışmaları daha koordineli yapılmalıdır.
- Dokümanların saklanması ve yeniden kullanımı dışında, olası tehlikelerde sorumluyu ortaya çıkarabilmek için konuşmaların kaydedilmesi gerekir. Bu da telesekreter veya benzer bir yöntemle çözümlenmelidir.

Yeraltı madenciliğinde uzaktan izleme ve kontrol sistemlerinin kullanımı, elektronikteki gelişmelere bağlı olarak oldukça yaygınlaşmıştır. Bu sistemlerin kullanımı çoğu gelişmiş ülkelerde yasal bir zorunluluk haline gelmiştir. Ülkemizde de özellikle Zonguldak bölgesinde bu sistemlerin kullanılması emniyet açısından bir zarurettir. Ancak bu sistemden arzu edilen yararların sağlanabilmesi bunların iyi etüt edilip gerekli organizasyonun kurulması ile olabilir. Bunun için ayrı bir birim oluşturup bu birimin sistemle ilgili hususlarda tek yetkili olması sağlanmalıdır. Birimde çalışan personel konu ile ilgili olarak aydınlatılmalıdır.

Ayrıca maden emniyet tüzüğünde bu tip sistemlerin uygulanmasıyla ilgili hükümlerin daha geniş yer alması için gerekli çalışmalar yapılmalıdır. Ülkemizde de bu tip sistemlerin kendi imkanlarımızla kurulması için gerek donanım gerekse yazılım ile ilgili çalışmalar üniversitelerimiz ve ilgili kurumlar işbirliği ile yürütülmelidir.

KAYNAKLAR

- Dixon, D. W., ve Ediz, İ. G.,** 1995. İngiliz kömür madenlerinde yeraltı gözlem sistemlerindeki son gelişmeler. *Türkiye 14. Madencilik Kongresi*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası.
- Kılıç, T.,** 2001, TTK Kozlu müessesesi merkezi izleme sisteminin incelenmesi. K.Ü. Diploma Çalışması.
- Kocal, F.,** 1996. Yeraltı madenciliğinde uzaktan gözlem ve kontrol sistemlerinin gelişimi ve Zonguldak bölgesindeki uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, D.U. Fen Bil. Enst.
- Kocal, F.,** 1998. Zonguldak (TTK) havzasındaki yeraltı uzaktan gözlem ve kontrol sistemlerinin incelenmesi. *Türkiye 16. Madencilik Kongresi*, TMMOB Maden Mühendisleri Odası.
- Paşamehmetoğlu, A. G., ve Çelebi, N.,** 1988. Madencilikte bilgisayar uygulamaları. ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, No: 8.

**TTK KİLİMLİ İŞLETMESİNİN KAZEMARU PROGRAMI
KULLANILARAK HAVALANDIRMA ANALİZİ**

**VENTILATION ANALYSIS OF THE TTK KİLİMLİ COLLIERY BY
USING KAZEMARU PROGRAMME**

N. Kemal POLAT, *TTK İş Güvenliği Daire Başkanlığı, 67040 Zonguldak*
Vedat DİDARİ, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Müh. Fak., 67100 Zonguldak*

ÖZET

Bu çalışmada, öncelikle yeraltı madenciliğinde havalandırma problemlerinin çözüm yöntemleri açıklanıp, bilgisayar yardımıyla havalandırma şebeke analizinin esaslarından bahsedilmiştir. Daha sonra TTK'da kullanılmakta olan Kazemaru havalandırma paket programı tanıtılmış; Karadon Müessesesi'nce yerinde yapılan ölçümlerle elde edilen bilgiler temel alınarak ve bu program Karadon Müessesesi Kilimli işletmesi -540 katmın mevcut durum, orta ve uzun vadede havalandırma analizi yapılmıştır.

ABSTRACT

In this study; firstly the ventilation problems of underground mining have been described and the basis for the ventilation network analyses by computer have been given. Secondly, the Kazemaru package programme being used within TTK have been introduced and the ventilation of the -540 level of the Kilimli Colliery of Karadon has been analysed in short, medium and long terms by using the data collected within the colliery and the Kazemaru package programme.

1. GİRİŞ

Havalandırma işleminin genel amacı; ocak içi çalışmalar sonucu ortaya çıkan zehirli, patlayıcı, boğucu gazlar ve meslek hastalıklarına neden olan tozlar gibi çalışma ortamını olumsuz etkileyen etkenleri iş güvenliği ve işçi sağlığı açısından kabul edilebilir değerlere indirmektir. Havalandırma işleminin sağlıklı ve verimli olabilmesi; her türlü ölçümün ve her türlü hesaplamaların dikkatli ve hatasız bir biçimde yapılması ile mümkündür. Günümüzde hesap işleminin kısa zamanda ve sağlıklı yapılabilmesi için bilgisayarlardan yararlanılmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) tarafından Japon teknik yardımı (Japan International Cooperation Agency-JICA) yoluyla temin edilen Kazemaru paket programı kullanılarak Kilimli işletmesinin havalandırma durumu analiz edilmiştir.

2. HAVALANDIRMA PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ

Maden ocaklarında, hava yolları genelde seri ve paralel bağlı yolların bir karmaşık şekli olarak düzenlenmiştir. Ayrıca, kaçaklar, göçükler, kapatılan panolar vb. durumların etkileri söz konusu olduğundan genellikle cebirsel veya grafik çözümlerin, olanaksız olduğu ya da çok uzun zaman aldığı devreler ortaya çıkabilmektedir. Karmaşık bir şebekenin çözümü, özel tekniklerin uygulanmasını ve bilgisayar kullanımını gerektirmektedir (Didari, 1991).

2.1 Şebeke Analizinde Uygulanan Yöntemler

Havalandırma şebeke analizi, eşdeğer direnç, analitik çözümleme, analog tekniği ve bilgisayar destekli yaklaşık tekrarlama olmak üzere dört ayrı yöntem kullanılarak yapılmaktadır (Güyağüler, 1991). Bugün karmaşık şebekelerde en uygun yöntem yaklaşık tekrarlamalar tekniğidir.

2.2 Şebekeleri Bilgisayarla Çözümlemenin Yararları

Bilgisayarlı şebeke çözümünde; bir ocak havalandırma şebekesinin bünyesinde, herhangi bir değişiklik, henüz proje halindeyken denenebilir. Çok kısa süre içinde, ucuz ve sağlıklı olarak bu değişikliğin şebekeye olan etkisi gözlenebilir. Bunlara göre gereken tedbirler alınabilir. Bir işletmede vantilatörlerin verimli çalışıp çalışmadıklarına, yeni bir vantilatörün devreye sokulup sokulmamasına vb. karar vermeye olanak sağlar.

- Bir ocağın havalandırmasını sağlayan birden fazla ana vantilatörün bulunduğu durumlarda birinin devre dışı kalması,
- Bazı üretim panolarının devreden çıkması ve yeni panoların devreye girmesi,
- Yeni bir kat planlaması ile öngörülen yeni açıklıkların devreye girmesi,

gibi durumlarda olumsuzlukların önceden saptanmasına ve gerekli önlemlerin zamanında alınmasına olanak verir.

2.3 Bilgisayarla Şebeke Analizi için Yapılması Gereken On işlemler

Havalandırma şebekesinin bilgisayarla çözümü için, öncelikle havalandırma planlarından yararlanılarak çizgisel planlar hazırlanır. Sonra ocakta ölçümler yapılarak bilgisayara verilecek veriler oluşturulur. Bu veriler programa yüklenerek çalıştırılır ve sonuçlar alınır.

2.3.1 Çizgisel Planların Hazırlanması

Çizgisel planların hazırlanmasında, ocağın en son fiili durumunu gösteren havalandırma planlarından yararlanır. Çizgisel planın doğruluğu, yapılacak olan çalışmada doğru sonuç alabilmenin ilk koşuludur. Bunun için çizgisel planı hazırlarken aşağıda belirtilen noktalara dikkat edilmesi gerekir (Çallı, 1985):

- Çizgisel plan hazırlanırken ölçek kavramı düşünülmez.
- Hava geçen her ocak açıklığı tek bir hat (çizgi) olarak gösterilir.
- Hava akış yönünü ve miktarını etkilememek koşulu ile karmaşık kavşaklar tek bir kavşak gibi gösterilir.
- Kot farkı içeren açıklıklar dikey olarak gösterilir, diğer açıklıklar kat çizgilerine paralel gösterilir. Ayaklar, kapılar, kavşak kotları ve lağım numaraları gibi bilgilerin uygun şekilde gösterilir.
- Her kol ve kavşağı tanımlayabilmek için ayrı ayrı numaralar verilir. Bir kola verilen bir numara, başka bir kola verilmez. Ancak bir kavşağa verilebilir. Bu numaralamada bir sıra takip edilmesi, planın kolay izlenmesi açısından önemlidir.
- Proje aşamasında olan ya da hava akışının olmadığı ocak açıklıktan, kesikli çizgilerle gösterilir.

2.3.2 Ölçüm Çalışmaları

Yeraltında ölçümler büyük bir dikkat ve hassasiyetle yapılmalıdır. Aksi takdirde şebekenin analizinde önemli yanlışlıklar olabilir. Ekipler ocakta yaptıkları ölçümleri bilgi formlarına doğru olarak işlerler.

Kol kesit alanı, koldan geçen hava miktarı, kavşaklarda ise basınç ölçümü, kuru ve yaş sıcaklıklar ölçülür. Kol üzerinde kesiti belirlenmiş kısımda hava hızı (dolayısıyla koldan geçen hava miktarı) ve kuru sıcaklık ölçülür. Ocaktaki hava yollarına ait kesit alanlarının yaklaşık olarak belirlenmesi aşağıda açıklandığı şekilde yapılabilmektedir.

Demir bağlı galerilerde, taban genişliği ve yükseklik ölçülür (Şekil 1). Kesit alanı hesaplanmasında kullanılan eşitlik aşağıdaki gibidir:

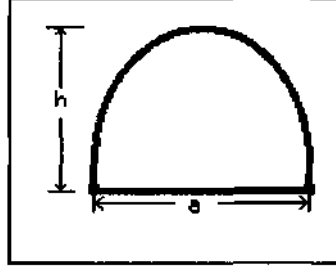
$$S = j a h$$

[1]

Burada

a : Galeri taban genişliği (m)

h : Galeri yüksekliği (m)
S : Kesit alanı (m²)
olmaktadır.



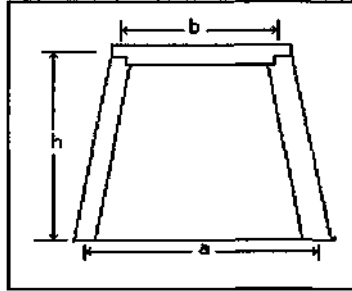
Şekil 1. Demir bağlı galeri kesiti

Ağaç bağlı galerilerde, taban genişliği, tavan genişliği ve yükseklik ölçülür(Şekil 2). Kesit hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır:

$$S = \frac{a + b}{2} h$$

[2]

Burada,
a : Galeri taban genişliği (m)
b : Galeri tavan genişliği (m)
h : Galeri yüksekliği (m)
olmaktadır.



Şekil 2. Ağaç bağlı galeri kesiti

Hava ölçümünde seçilen yerin kavşaklardan, dönemeçlerden, kapılardan ve bekleme barajı gibi noktalardan en az 20-30 m uzakta olmasında yarar vardır. Kavşaklarda aneroid barometreler (Barolüx) ile basınçlar ölçülür. Bu ölçümde, aletin ocakta taşınırken darbe görmemesine, kavşakta düz bir yere dik olarak konmasına dikkat edilmelidir. Ölçümler sırasında yer üstünde her 5 dakikada bir basınç ölçüm değeri kaydedilir. Bu ölçümlerden

amaç, yeraltında hava ölçümlerinin yapıldığı zaman süresinde atmosferik olaylara bağlı olarak basınçta meydana gelebilecek değişikliklerin kaydedilerek gerekli düzeltmelerin yapılmasıdır.

Kavşaklarda kuru ve yaş sıcaklıkların ölçülmesiyle ocak havasının nem oranı tespit edilir. Tespit edilen nem oranı doğal havalandırma hesabı için gereklidir. Kavşaktaki bu ölçümler sırasında herhangi bir ısı kaynağının (lokomotif, vinç vs. gibi) bulunmadığına dikkat edilmesi gerekir. Kavşak kotunun bilinmesi gerekir. Bu işlem için ya yeniden nivelman ölçümü yapılır, ya da planlardaki mevcut kotlardan yararlanılır.

2.3.3 Bilgisayara Verilecek Bilgilerin Oluşturulması

Yeraltında kol ve kavşaklarda yapılan ölçümlerden sonra havalandırma programı için verilerin derlenmesine geçilir. Direnç bilgisi, bir direnç programı ile hesaplandıktan sonra girilmektedir. Şebekenin kollar ve kavşakları hakkında aşağıdaki bilgilerin oluşturulması ve hazırlanması gerekmektedir.

Kol bilgileri:

- Kol numarası (Bu çalışmada kullanılan Kazemaru havalandırma paket programında kol numarası yer almamaktadır),
- Başlangıç ve bitiş kavşak numaraları,
- Kol direnci,
- Koldan geçmesi istenen hava miktarı (sabit hava miktarlı kollar için),
- Kolun kesit alanı,
- Kolun kuru sıcaklığı,
- Kolun uzunluğu

Kavşak bilgileri:

- Kavşak numarası,
- Kuru ve yaş sıcaklık,
- Kavşak kotu,
- Basınç,
- Basınç düzeltme değeri,

Daha sonra, vantilatörün bulunduğu kol numarası veya vantilatör başlangıç ve bitiş kavşak numarası, vantilatör eğrilerinin parabol denkleminin karakteristik katsayıları belirlenir.

2.3.4 Programın Çalıştırılması

Bahsedilen veriler dışında sistemle ilgili bir kaç veri daha girdikten sonra program çalıştırılır. Programın özelliklerine göre şu sonuçlar alınabilir.

- Gözlerdeki doğal havalandırma basıncı,

- Kollardan geçen hava miktarı,
- Koldaki basınç farkı,
- Toplam basmç,
- Oluşturulan kol ve kavşak sayısı,
- Şebeke bilgilerinin de üzerinde olduğu çizgisel plan,
- Kavşaklardaki basmç,
- Vantilatör karakteristik eğrisi.

3 . KAZEMARU HAVALANDIRMA PROGRAMI

Bu program Prof. Inoue (Department of Mineral Resources Engineering, Kyushu University, Japonya) tarafından şebeke analizini yapmak için geliştirilmiş olup, diğer programlardan farklı olarak kavşak yöntemini kullanmaktadır. PC kullanarak 999 kavşak ve 1500 kol ile ilgili veriyi, kısa sürede çözüme ulaştırmaktadır. Bu program iki temel fonksiyon ve bunların alt fonksiyonlarından oluşur (Kazemaru, 1996). Bu hava akış analiz programında aşağıdaki alt programlar bulunmaktadır.

- Normal durumda havalandırma şebeke analizi.
- Yangm durumunda havalandırmanın analizi.
- Yangm esnasmda en uygun kaçış rotasının belirlenmesi.
- Su boru şebeke analizi.

3.1 Veri Özellikleri

Kazemaru havalandırma programı için verilerin hazırlanmasında aşağıda belirtilen unsurlara dikkat edilmelidir (Kazemaru, 1996):

- Normal bir kavşağa iki veya daha fazla kol bağlanmış olmalıdır.
- Yeryüzü kavşağı veya vantilatör kavşağı bir kolla bağlanmış olmalıdır.
- Vantilatör kavşağı ile bir önceki kavşağın kotları aynı olmalıdır.
- Bir kavşağa bağlanan her iki kol da başka bir kavşağa bağlanmadan boşlukta kalmamalıdır.
- Bir kavşaktan çıkan kol tekrar aynı kavşağa bağlanamaz.
- İki kavşak yalnız bir kolla bağlanmış olmalıdır.
- Sabit hava miktarlı kol oluşturmak için, başlangıç veya bitiş kavşağı ile aynı kotta sanal bir ara kavşakla kol oluşturulmalıdır.

3.2 Sistemdeki Sınırlamalar

Bu programda şu sınırlamalara dikkat edilmelidir (Kazemaru, 1996):

- En fazla kavşak sayısı 999 olup, 1- 999 arası kavşak numarası verilebilir.
- En fazla kol sayısı 1500 olabilir (kol numarası verilmiyor).

- En fazla vantilatör sayısı 50 olabilir.
- En fazla yeryüzü kavşağı sayısı 50 olabilir.
- En fazla 50 adet yangın çıkabilecek kavşak olabilir.

3.3 Programın Hesaplama Yöntemi

Bu program kavşak basınçlarını hesaplamak için "Kavşak Yöntemi"ni kullanır. Önce kavşak ve kol bilgileri ile şebeke oluşturulduğunda, kollardaki hava miktarları ve kavşaklardaki basınç değerleri ile ilgili olarak program kendiliğinden bir ön tahminde bulunur. Sonra kavşaklardaki basınç eşitliğini sırayla doğrulamaya başlar. Buna göre hava miktarları hesaplanır. Bu işlem hesaplamalardaki gerekli (kabul edilebilir hata oran çerçevesinde) doğruluğa erişene kadar tekrar edilir. Programda hava miktarındaki kabul edilebilir hata sınırı $0,5 \text{ m}^3/\text{dk}$ 'dır. Bu değer istendiğinde artırılıp azaltılabilir. Hesaplamanın doğruluğuna karar vermek için kavşağa gelen ve kavşaktan ayrılan hava miktarı ideal olarak sıfır olmalıdır. Ancak pratikte $0,5 - 1 \text{ m}^3/\text{dk}$ fark, kabul edilebilir sınırlar içindedir.

Bazı kollardan geçen hava miktarında metan (CH_4) oranını en aza indirmek veya gereksiz hava israfını önlemek bakımından bu kollardan geçmesi istenen hava miktarı belirlenerek programa yüklenebilir. Program belirlenen koldan geçen hava miktarını baştan sabitleştirerek diğer hesaplamaların ona göre yapılmasını sağlamaktadır. Yukarıda anlatılan hesaplama yöntemi basmç hesabı işlem dizisi olarak adlandırılır. Sonra basınç değerleri kullanılarak hava miktarı hesaplanır.

3.4 Yangın Analizi

Ocak yangını analizinde; önce basmç hesabı yapılır ve hava akış dağılımı elde edilir. Sonra, havanın ve çevre etkenlerin ısı iletkenliğine ve hava miktarına bağlı olarak yangının verilen bir süre sonunda ulaşacağı noktaların gösterilmesi sağlanmaktadır. Arzulandığı takdirde verilen zaman aralıklarında yangının ulaştığı yerleri ekranda ya da çiziciden çıkarılacak çizgisel planda gözlemek mümkündür. Buna göre, herhangi bir yangın sonucunda kollardaki hava hızına bağlı olarak kolların ne kadar zamanda (dakika olarak) etkileceği görülür ve optimum kaçış yollarının belirlenmesinde önemli derecede katkı sağlanmaktadır.

3.5 Direnç Hesaplama Programı

Bu direnç programı, Kazemaru havalandırma programı için TTK İş Güvenliği Daire Başkanlığı'nda yazılmıştır. Kavşakta ve kolda alınan ölçüler direnç programına yüklenip hesaplama yapılır.

Direnç programına aşağıdaki veriler girilir (Burma, 1997).

- Kolun başlangıç ve bitiş kavşak numarası.

- Koldan geçen ölçülmüş hava miktarı.
- Kavşaklardaki (başlangıç ve bitiş kavşağı) kuru ve yaş sıcaklıklar.
- Kavşaklarda ölçülmüş basıncın zamana göre düzeltilmiş değeri.
- Kavşakların (başlangıç ve bitiş kavşağı) kotu.

Veriler sonucu direnç programı çalıştırıldığında şu bilgileri almak mümkündür:

- Kolun başlangıç ve bitiş kavşak numarası,
- Koldan geçen hava miktarı,
- Kolun direnci,
- Kol tıpi ve

3.6 Şebeke Analizi Programının Çalıştırılması

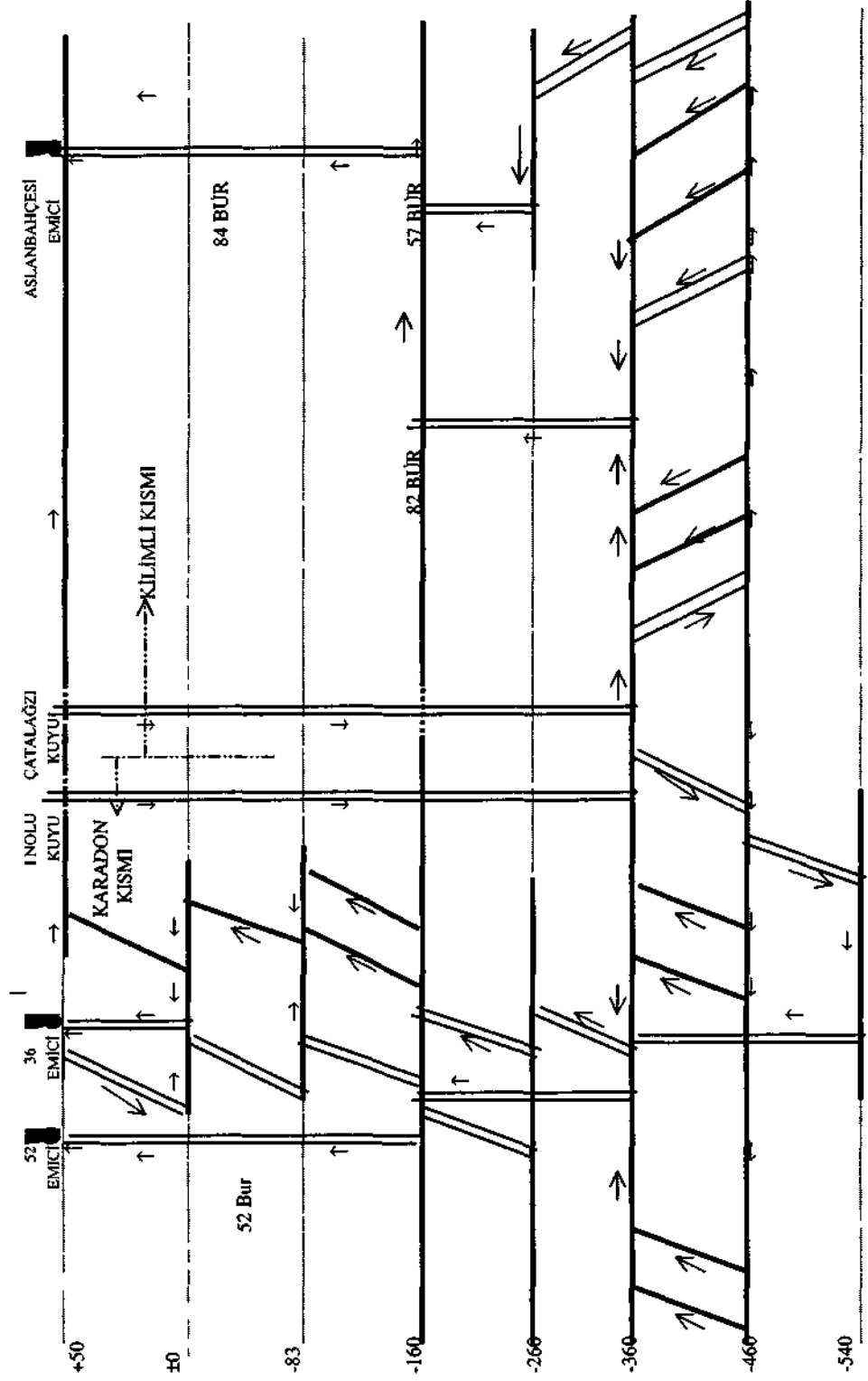
Program, 2.3 bölümünde ayrıntılarının verildiği şekilde gerekli veriler oluşturularak yüklenir. Program çalıştırıldığında şu bilgileri elde edilebilir:

- Iterasyon sayısı,
- Ortalama kavşak hava akış hata miktarı,
- Oluşturulan kol ve kavşak sayıları,
- Koldan geçen hava miktarı ve yönü,
- Kolda oluşan basıncın kaybı,
- Kavşakta basıncın düşüşü,
- Şebeke bilgileri de içeren çizgisel plan,
- Kol, kavşak ve vantilatör verileri,
- Bir kavşakta oluşabilecek yangının şebekeye etki analizi (program kolda oluşan yangını kolun bitiş kavşağında oluşmuş kabul etmekte),

4. KİLİMLİ İŞLETMESİNİN HAVALANDIRMASI

Kilimli işletmesine hava, insan ve malzeme naklinin yapıldığı I No'lu kuyu ve dışarıya kömür ihracının yapıldığı Çatalağzı kuyusundan girmektedir. I No'lu kuyudan giren havanın üçte biri -160 katma, kalan havanın tümü -360 katma dağılmaktadır. -360 katından giren hava -460 katma iki ayrı desandreden indirilmektedir, işletmenin genel durumunu gösteren bir kroki Şekil 3'te verilmektedir.

işletmenin Kilimli kısmında -460 katından giren temiz hava ayaklardan geçerek -360 katma çıkmaktadır. Buradan da 82 No'lu bur ile -160'a 84 No'lu bur ile de +50 katma çıkmaktadır. Bu kattan Aslanbahçesi emici vantilatörü vasıtası ile dışarı atılmaktadır. Karadon kısmında -460 katından giren temiz hava ayaklardan geçerek -360 katma çıkmaktadır -360 katından giren temiz hava ayaktan geçerek -260 katma çıkmaktadır. -360 ve -260 katındaki kirli hava bur ve nefeslikler yardımıyla -160 katında 52 No'lu emicinin olduğu burun dibinden emici vantilatör vasıtası ile dışarı atılmaktadır. $\pm 0/-83$ ve $-83/-160$



Şekil 3. Kilimli İşletmesi genel havalandırma krokisi

katları arasındaki ayakların havalandırması için, -160 I No'lu kuyu insetinden giren temiz hava, ayaklardan geçtikten sonra ± 0 kotunda 36 No'lu emici vantilatörü yardımıyla dışarı çıkmaktadır.

İşletmede galeriler genelde 10 m² kesitli olup toplam galeri uzunluğu yaklaşık 66 km uzunluktadır. Bu açıklıkların havalanmasında, yaklaşık 25 adet basınçlı hava ile çalışan ve ahşap kapıdan yararlanılmaktadır. Havalandırmanın sağlanmasında üç ana emici vantilatör kullanılmaktadır.

4.1 Mevcut Havalandırma Şebekesinin Analizi

İşletmenin havalandırma planından yararlanarak çizgisel plan oluşturulmuştur. Hazırlanmış olan çizgisel plan üzerinde kol ve kavşaklar belirlenmiş, gerekli ölçümler yapılmıştır. Havalandırma şebekesinin analizi için, Kazemaru havalandırma paket programına hazırlanmış veriler yüklenerek program çalıştırılmıştır.

Kilimli işletmesi -160 ve -360 katlarından Gelik işletmesine birer galeri ile irtibatlıdır, irtibatlı olduğu galerilerden -160 katından 250 m³/dk hava geldiği ve -360 katından 250 m³/dk Gelik işletmesi tarafına gitmektedir. Çalışmamızda işletmenin şebeke analizinde bu durum sabit hava miktarlı kol olarak şebekeye dahil edilmiştir.

4.1.1 Analiz Sonuçları

İşletmenin havalandırmasını sağlayan emici vantilatörlerden ; 52 No'lu emici vantilatörü mevcut durumda kanat açığı $\alpha = 15^\circ 65'$ ayarında (1 kanat pozisyonlu) 4436 m³/dk kapasiteyle 130 mmss depresyonla 2,792 m² eşit ocak açıklığında, % 84,6 verimle çalışmaktadır Aslanbahçesi emici vantilatörü ise kanat açığı $\alpha = 20^\circ 65'$ ayarında (2 kanat pozisyonlu) 4199 m³/dk kapasiteyle 193 mmss depresyonla 2,0 m² eşit ocak açıklığında ve % 69 verimle çalışmaktadır. 36 No'lu emici vantilatöründe kanat ayarı yapılamamaktadır. Vantilatör 1890 m³/dk kapasiteyle 224 mmss depresyonla çalışmaktadır (Polat, 1998).

Alman sonuçlar değerlendirildiğinde; kullılmayan ancak havalandırmaya yük oluşturan galerilerin fazlalığı, düzensiz galeri irtibatları nedeniyle fazla sayıda kapı kullanılması gibi nedenlerle iyi bir havalandırma yapılamadığı görülebilmektedir.

4.2 İşletmenin 2005 Yılı İtibarıyla Havalandırma Şebeke Analizi

Burada, orta vadede, (2005 yılı itibarıyla) çalışmaların nerelerde yoğunlaşacağı, hangi panoların biteceği ve hangi galerilerin kullanılmayacağı belirlenmiştir.

Orta vadede, yani 2005 yılı itibarıyla üretimin yansı 1300 ton/gün -360/-460 da hazırlanacak üç panodan diğer yarısı ise -460/-540 katları arasında hazırlanacak üç panodan gerçekleştirecektir. İşletmede üretimin yapılacağı ayaklara göre nakliyat ve havalandırma için gereken galeri açıklıkları belirlenmiş, havalandırma planı düzenlenmiştir

Ayıklardan geçmesi gereken hava miktarı şebekede, sabit hava miktarlı kol şeklinde programa yüklenmiştir.

İşletmede planlanan öngörülere göre: Biten panolar ve kullanılmayacak +50/-360 katlarında yaklaşık 25 km galeri açıklıkları sökülerek kapatılacaktır. Yeni panoların oluşturulması ve hazırlık çalışmaları çerçevesinde 2005 yılına kadar yaklaşık 14 km galeri sürülecektir (bunun içinde -540 kat hazırlığının 7 km kadarı bulunmaktadır). Oluşturulacak panoların taban yolları ise yaklaşık 5 km'dir. Ayrıca -540 katındaki galeri ve taban yollarının, 14 m² kesitli olması planlanmıştır. Havalandırma şebekesinde Gelik Yeni Kuyu, özellikle -460 ve -540 katı için, devreye sokulmuştur.

Hava dönüşünde -160/-360 ve -360/-540 katları arasında havalandırma bürleri kullanılmıştır. Üretim çalışmaları -360 katından aşağıda olacağından -160/±0 arasından hava emen 36 No'lu emici vantilatörü devre dışı bırakılacaktır.

Bahsedilen değişiklikler Kazemaru havalandırma paket programına 4.1.2'de ayrıntılarının verildiği şekilde yüklenmiştir.

4.2.1 Oluşturulacak Ayıklarda Gerekli Hava Miktarının Belirlenmesi

Kilimli işletmesinde -360/-460 katları arasındaki panolardaki gözlemlere göre işletmenin Karadon kısmında en tavanda bulunan Büyük Damarı, en fazla metan içeren damarlardan biridir. -360/-460 katları arasındaki Büyük Damarı panosunda, üst taban hava dönüş yolundaki havanın içinde metan oranının % 1'i geçmemesi için, yaklaşık 500 m³/dk (=8.33 m³/s) temiz hava verilmiştir. Ancak hava dönüş yolundaki metanın ne kadarının damarın bünyesinden, ne kadarının tavan ve tabandan geldiği bilinmemektedir. Bunun dışında aynı şekilde yaklaşık Büyük Damarı kadar metan içeren Sulu, Çay ve Acılık damarları bulunmaktadır. Bu damarlarda da aynı şartlarda çalışıldığında yaklaşık aynı sonuçlar alınmaktadır. Bahsedilen damarlar dışında kalanların metan içerikleri daha azdır. Bu çalışmada bir ayak için gerekli hava miktarı 600 m³/dak olarak alınmıştır.

4.2.2 Analiz Sonuçları

52 No'lu emici vantilatörü kanat açıklığı «=1065 ayarında (-1 kanat pozisyonlu), 4118 m³/dk kapasiteyle, 125 mmss depresyonla ve buna karşılık 2,140 m² eşit ocak açıklığında % 81 verimle çalışmaktadır. Aslanbahçesi emici vantilatörü ise kanat açıklığı a=5°65 ayarında (-2 kanat pozisyonlu) 3281 m³/dk kapasiteyle, 98 mmss depresyonla ve bu değerlere karşılık 2,2 m² eşit ocak açıklığında, % 75 verimle çalışmaktadır. Mevcut duruma ait değerler göz önüne alındığında, 36 No'lu vantilatörünün devre dışı bırakılmasına ve bunun yükünün Aslanbahçesi vantilatörüne verilmesine rağmen genel olarak vantilatör verimlerinin arttığı görülmektedir (Polat, 1998).

4.3 İşletmenin 2010 Yılı İtibarıyla Havalandırma Şebeke Analizi

Kilimli işletmesindeki 5 yıllık termin planlarının incelenmesi sonucunda ve katlardaki damarların şekli, jeolojik yapısı ve çalışma şartları göz önüne alınarak 2010 yılındaki durumların tahmini yapılmıştır.

Üretim ocağı olarak 5 ocak öngörülmüştür. Bu ocaklar 6 ayaktan toplam 2600 ton/gün kömür üretimi gerçekleştireceklerdir. Oluşturulan ayaklar -460/-540 katları arasındadır. İşletmede çalışma sistemi açışmdan, yoğunlaşmaya gidilerek üretimin tamamen bu iki kat arasında yapılması öngörülmüştür. Üretilecek olan kömürün tumbaya (siloya) uygun bir şekilde nakli için ve havalandırma açışmdan gerekli görülen 42610 galerisinin sürüldüğü kabul edilmiştir. +50/-540 arasındaki Karadon Yeni Kuyu 2010 yılı itibarıyla devreye girmektedir. Kuyunun inset bağlantıları -360, -460, -540, katlarındadır. Bu bağlantılar hava girişinde bir rahatlatma olacaktır. Karadon Yeni kuyunun çevre bağlantılarının eklenmesiyle toplam galeri uzunluğu 3000 m artacaktır. Sistemde kurulu olan mevcut vantilatörlerden yararlanılacaktır. 2005 yılı itibarıyla havalandırma şebekesi üzerinde yukarıda bahsedilen değişiklikler, Kazemaru havalandırma paket programına yüklenmiştir.

4.3.1 Analiz Sonuçları

52 No'lu emici vantilatörü, kanat açıklığı $a=15^{\circ}65$ ayarında (1 kanat pozisyonlu), 4692 m³/dk kapasiteyle, 110 mmss depresyonla ve buna karşılık 3,33 m² eşit ocak açıklığında, % 81 verimle çalışacaktır. Aslanbahçesi emici vantilatörü kanat açıklığı $a=1065$ ayarında (-1 kanat pozisyonunda), 4059 mVdk kapasiteyle, 131 mmss depresyonla ve buna karşılık 2,141 m² eşit ocak açıklığında, % 81 verimle çalışacaktır. Analizler değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara varılmaktadır (Polat, 1998):

- Açılacak Karadon Yeni Kuyu, havalandırma açışmdan daha çok işletmenin Kilimli kısmına ve Gelik Yeni Kuyu, işletmenin Karadon kısmına hizmet verecektir.
- Kollarda dirençlerin mümkün olduğunca düşürülmüş olması kollardaki toplam basınç kayıplarını en aza indirecektir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kazemaru havalandırma paket programı kullanılarak Kilimli İşletmesinin mevcut durumda (1998 yılı), orta vadede (2005 yılı) ve uzun vadede (2010 yılı) havalandırma analizleri çalışmalarında ulaşılan genel sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

1- Kilimli işletmesinin havalandırma şebekesi incelenip analiz edildiğinde, kullanılmayan galeri açıklıklarının fazla olduğu ve havalandırmanın sağlanması için çok sayıda kapı kullanıldığı, bunun da toplam yük kayıplarının artmasına neden olduğu gözlenmiştir.

2- İşletmenin mevcut havalandırma şebekesinde; bir-iki kapı düzenlemesiyle 36 emici vantilatörünün devre dışı bırakılması ve bu vantilatörün yükünün Aslanbahçesi emici

vantilatörüne verilmesi durumunda Aslanbahçesi emici vantilatörünün veriminin arttığı görülmüştür.

3- Orta vadede; kullanılmayan galerilerin sökülerek kapatılması, mümkün olduğunca dirençlerin (kapıların) azaltılması ve Gelik Yeni Kuyunun devreye verilmesi gibi önlemlerle emici vantilatörlerin kanat açılarının düşürülebileceği ve daha verimli çalışabilecekleri görülmüştür.

4- Havalandırma şebeke analizinde, derinlik-sıcaklık-nem ilişkisinin saptanması ile ocaklarda ısıl denge analizlerinin ve geleceğe yönelik (derin kotlarda) havalandırma hesaplarının şimdiden planlı bir şekilde yapılmasının mümkün olabileceği ve bu tür çalışmalarda Kazemaru havalandırma paket programından yararlanılabileceği görülmüştür.

6. KAYNAKLAR

Burma, C. (1997) Kişisel Görüşme İş Güvenliği Daire Başkanlığı, Zonguldak

Çalh A. (1985) Havalandırma Sisteminin Bilgisayar Kullanarak Çözümü, TTK Eğitim Amaçlı Rapor (yayımlanmamış), 2 s.

Demir R., Soykurum A. ve Günay N. (1983) Ocak Havasının içerisindeki Gazların Ölçülmesinde Kullanılan Alet ve Cihazların Ölçme Teknikleri TTK Hazırlanmış Rapor Zonguldak, 10 s.

Didari, V. (1991) Havalandırma Ders Notları, ZKÜMF Maden Müh. Böl. Zonguldak, 65 s.

Güyağüler, T. (1979) Ocak Havalandırmasında Bilgisayar Programı, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 6. Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak s. 20/1-20/40.

Güyağüler, T. (1991) Ocak Havalandırması, TMMOB Maden Müh. Odası Yayın, 148 s.

Inoue, (1996) Advanced Ventilation Network Analysis System, Department of Mineral Resources Engineering, Kyushu University, Japonya 30 s.

Polat, N. K. (1998) TTK KTI Kilimli işletme Müdürlüğünün -540 Katının Kazemaru Havalandırma Paket Programı Kullanılarak Havalandırma Analizi, ZKÜ Yük. Müh. Tezi, Zonguldak 100 s.

