

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 bildiriye; 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

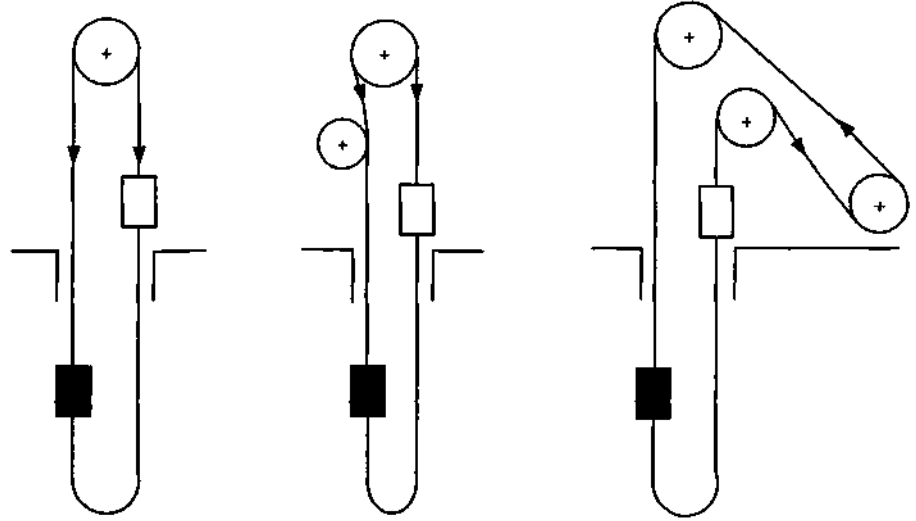
Koepe sistemi, bugün için derin kuyularda çok halatlı şekilde yaygın olarak uygulanmaktadır. Zonguldak Havzası'nda halen 4 kuyuda bu sistemle ihraç yapılmaktadır ve yakın gelecekte hizmete sokulacak kuyuların da bu sistemle donatılması planlanılmaktadır. Koepe sisteminde nadir de olsa halat kayma riski 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 :

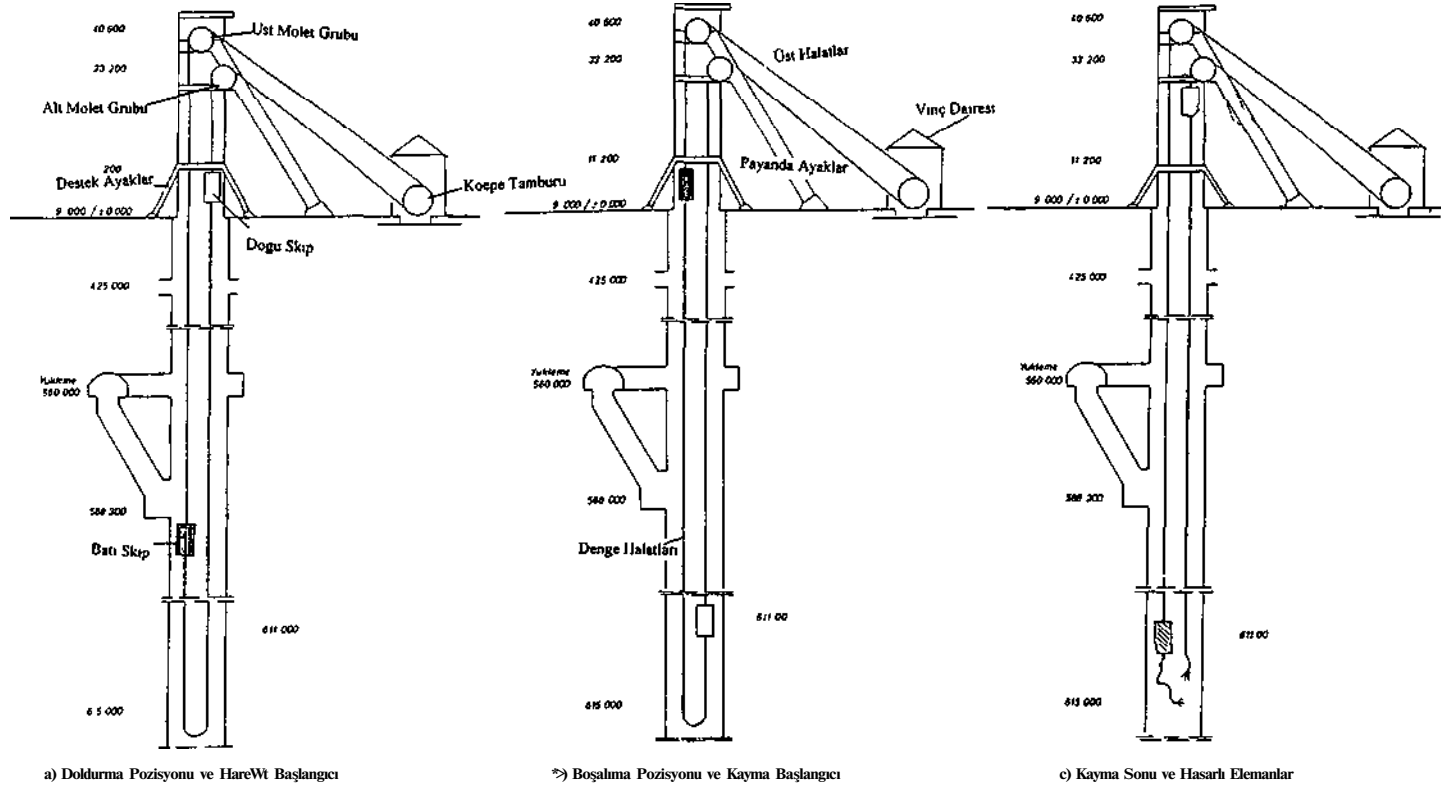
Halat sayısı	4 adet (2'si s/Z, 2'si z/S)
Anma çapı	36 mm
Tipi	Warrington-Seale, Çapraz (s/Z veya z/S)
Öz	Lif Özlü
Yağ tipi	Nyrosten N113
Halat emniyet katsayısı	>7
Halat boyu	4x780 m (-560 katı için)
Yapımcı	Thyssen (orijinal ilk halatlar)

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 karşılaşmamıştır.

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 ankraj lanmış, 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 atolyelende 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