

## GLT SOMA AÇIK İŞLETMELERİNDE DELME, ATEŞLEME, YÜKLEME VE TAŞIMA FAALİYETLERİNE İLİŞKİN ARAŞTIRMALAR"

Sabahattin GAZANFER\*

### özet

Büyük kazı ve yükleme araçlarındaki gelişmeler sonucu, maden işletmecileri daha derin rezervleri de açık işletme metodlarıyla çıkarmayı tasarlamaktadırlar. Ancak gittikçe büyüyen bu işletmeler, madencilik operasyonlarında bazı sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Ana amaç minerali minimum gider ile çıkarmak olduğundan, maden mühendisi elindeki araçları en yararlı biçimde kullanma zorunluluğundadır. Bu işe öncelik, her bir madencilik faaliyetini incelemek, gerekirse değişiklikler yapmakla mümkün olmaktadır.

Yazı, GLT Soma linyit açık işletmelerindeki ana operasyonları açıklamakta ve daha fazla araştırma veya dikkat gerektiren konuların tanımlanmasına çalışmaktadır. Ağır özelliklerle son zamanlarda ortaya güçlükler çıkaran ateşleme sorununa yöneltilmiştir.

### Summary

With the development of large open-pit excavating and loading equipment, mine planners are gradually considering the possibilities of extracting deeper ore-bodies by surface mining methods. However, the gradual increase in the size of mines and machinery has brought about some problems associated with the mining operations. Since the prime objective is to produce mineral at a minimum cost, the mining

(\*) Maden Y. Mühendisi.

engineer is confronted with the problem of making the best possible use out of the equipment available to him. This can only be achieved by examining each and every operation that is taking place, and finding areas of improvement or total change.

This paper describes the operations at the GLJ Soma lignite open-pits in some detail and attempts to define the subjects which require closer attention or investigation. Focus is more directed towards the blasting operations with which the open-pits had been experiencing some difficulties.

## 1. Giriş

Genellikle yüzeye yakın cevher rezervlerinin çıkarılmasında uygulanan açık işletme metodları, artık daha derin cevher sahalarının işletilebilmesinde de inceleme konusu olmaya başlamış bulunmaktadır. Bahsedilen başlangıca, şüphesiz, yeraltı çalışma giderlerinin endişe verici bir oranda artması ve açık işletmecilikte kullanılan araç kapasite ve dezinayında limiti henüz kestirilemeyen gelişmeler sebebiyet vermiştir.

Yaklaşık olarak 430 mm çaplı lâğım deliği açabüen delici makineleri (1), ayda herbiri 3-3.5 müyon m<sup>8</sup> örtü tabakası kaldırabüen 170 m<sup>8</sup> kova kapasiteli draglayn (2) ve 137 m<sup>8</sup> kepçe kapasiteli shovel (3) yamısıra, 300 ton kapasiteye ulaşan kamyon (4) dizayn ve imalâtları dahi madencilik sahasındaki teknolojik gelişmelerin sınırlarını henüz çizememiştir.

Üretim maliyetinin asgariye indirilmesi amacım kapsayar bu gelişmelere paralel olarak uygun çalışma metod seçimi ve değerlendirilmesi de büyük önem taşımaktadır.

Ülkemizde tüm mekanizasyona geçmiş açık işletmelerin hayatları yeni ve adetleri az olmakla birlikte, yakın gelecekte "dev" açık işletme projelerinin gerçekleştirilmesine başlanacaktır. Hâlen çalışılmakta olan açık işletmelerden elde edüen hügi ve tecrübelerin hem söz konusu işletmelerin devamında, hem de başlanacak dev projelerin yatırma ve işletme etüdllerinde çok değerli hügi kaynağı olabüceği şüphe kabul etmeyen bir gerçektir.

Sanayileşme hamlesinde olan ülkemizde, açık işletme araçlarının büyük bir kısmı halen dış ülkelerden temin edilmektedir. Delme, ateşleme, yükleme ve taşıma gibi açık işletmeciliğin ana operasyonlarında çalışan ve herbiri en az birkaç milyon TL karşılığı ithal edilen iş makinelerinin daha bir süre dış ülkelerden temin edileceği gerçeği, adı geçen araçların en uygun biçimde seçimini zorunlu kılmaktadır. Aynı derecede zorunlu olan bir diğer husus ise, büyük yatırımlara ihtiyaç gösteren araçların en randımanlı biçimde kullanımı için elverişli çalışma koşullarının hazırlanmasında, tamir ve bakımlarında gösterilmesi gereken titizliktir.

Bu yazının amacı, GLİ Soma açık ocaklarındaki delme, ateşleme, yükleme ve taşıma faaliyetleri üzerinde yapılan araştırmalara ve elde edilen sonuçlara kısaca değinmektir.

### **1.1 Bölgenin Kısa Tanıtımı**

GLİ Soma yeraltı ve açık ocakları, Soma Dçesi'nin 7 km. güneyinde ve deni zeviyesininin 450-900 m. üzerinde bulunmaktadır. Kömür ana damarı Miosen marnın altında ve taban kili üzerinde 15-22 m. kalınlık ve 15-30 derecelik yatımla kuzey-güney doğrultusunda uzanır. Bölge jeolojisi (5) ve kömür rezervleri hakkında yeterli bilgi mevcuttur.

Ana panolar Kısırakdere, Elmalı Batı ve 5 No Vinç Topuğu panoları olup, toplam 99 milyon m<sup>8</sup> örtü tabakası ve 21 milyon ton kömür ihtiva etmektedir. Toplam kömür rezervi yeraltı ocağı dahil 39 milyon ton civarındadır. Açık ocakların yıllık dekapaj toplamı 3.5 milyon m<sup>8</sup> (yerinde) ve kömür üretimi 800 000 ton üzerindedir. Yeraltı kömür üretimi yılda 600.000 tona yaklaşmaktadır.

Açık ocaklardaki faaliyetleri iki bölüme ayırmak mümkündür:

- A) Dekapaj (genellikle marn olan örtü tabakasını kaldırma)
- B) İstihsal (kömür üretimi).

Dekapaj faaliyetleri delme, ateşleme, yükleme, taşıma ve dökme olmak üzere beş safhada yapılmaktadır. Dekapaj safhasında kullanılan araçlar ve ek bilgiler Tablo I'de, kömür üretiminde kullanılanlar ise Tablo II'de gösterilmiştir. Kömür lâğım-lama yapılmadan kazı ve yüklemeye elverişli olduğundan üretimde delme safhası yoktur.

T A B L O I

G.L.İ. Soma Açık işletmesi'nde Kullanılan Araçlar

D E K A P A J						
	Marka/Model	E/D	Güç	Kapasite	Adet	Açıklama
D E L M E	IR DRILLMASTER DM3	D	205 HP	6"Ø	1	Down-hole
	PAILING RB-25	D	205 HP	6"Ø	1	Rotary
	HAUS-HERR 20KH <sub>y</sub>	E	132 KW	150mm Ø	2	Rotary
Y Ü K L E M E	M. EXPORT 3KF 460	E	250 KW	6 yd <sup>3</sup> kepçe	2	Shovel
	MARION III.M	E	148 KW	4 yd <sup>3</sup>	4	Shovel
T A Ş I M A	TEREX R-45	D	530 HP	45 ton	10	Damperli
	BELAZ	D	370 HP	28 ton	8	Damperli
	EUCLID 46 TD	D	310 HP	22 ton	12	Damperli
T A Ş I M A	JOY Kompresör	E		15m <sup>3</sup> /dak	1	Seyyar
	ATLAS "	D		4.8 "	1	Seyyar
	CATERPILLAR D-8	D	225 HP		2	Paletli
	CATERPILLAR D-8H	D	270 HP		4	Paletli
	DET 250 /	D-E	300 HP		3	Paletli
	PAYDOZER HI D-120	D	370 HP		1	Lâstik te.
	AUSTIN-WESTERN	D	106 HP		1	Grayder
	VOLVO VHK 115	D	110 HP		2	Grayder
	AVELING-BARFORD	D	110 HP		1	Grayder
	LIMA Vinç	D		26 ton	1	Seyyar
	MACK TRAILER	D		40 ton	1	
	Sulama kamyonu	D			2	

E = Elektrikli D = Dizelli

T A B L O I I

G.1.1. Soma Açık İşletmesi'nde Kullanılan Araçlar

Ü R E T İ M						
	Marka/Model	E/D	Güç	Kapasite	Adet	Açıklama
Y	LIMA 1601	D	300 HP	4 yd <sup>3</sup>	1	Shovel
Ü	BUCYRUS-E 54B	D	180 HP	2.5 "	1	Shovel
K	DEMAG B 310	D	140 HP	2 "	1	Shovel
L	CAT 944A	D	110 HP	2 "	1	Lâstik teker.
E	CASE	D	105 HP	1.5 "	1	Paletli
M						
E						
T						
A	EUCLID 46TD	D	310 HP	22 ton	10	Damperli ve kasalı
Ş						
I.						
T	CATERPILLAR D-7	D	150 HP		1	Paletli dozer
A	EINCO	D	105 HP		1	Paletli dozer
L	Mazot kamyonu	D			1	
İ						

E = Elektrikli D = Dizelli

Fotoğraf l'de Kısırkdere Batı panosu görülmektedir. Dekapaj faaliyetleri yatay dilimler halinde kömür aynasına (kuzeye) doğru ilerleme şeklinde olmakta, döküm sahası güneyde yer almaktadır. Sağ tarafta görülen delici makine, bir sonraki yatay dilim hazırlığı için ara kademeli delmeler yapmaktadır.

## 1.2 Araştırma Konularının Tanıtımı

Aşağıda sıralanan araştırma konuları özellikle dekapaj faaliyetlerinde ortaya çıkan sorunların çözümüne yöneltilmiştir.

A) Delme ve ateşleme faaliyetlerinde karşılaşılan güçlüklerin tanımı ve bunların çözümüne ilişkin teorik ve pratik araştırmalar.

B) Yükleme ve taşıma faaliyetlerinde karşılaşılan sorunların tanımı ve çözüm imkânlarının araştırılması.



Fotoğraf 1 — Kısakdere Batı Panosu (GLİ - Soma)

C) Açık işletme faaliyetlerinde direkt görev alan araçlar ve bazı aksamalarının performans değerlendirmesi ve araç seçimi de dikkat edilmesi gerekli hususların tanımı.

Yazıda (A) ve (B) maddelerindeki faaliyetler sıra ile incelenecek, (C) maddesinde belirtilen performans değerlendirmeleri ise söz konusu makinenin bağlı bulunduğu faaliyet dalında açıklanmaya çalışılacaktır.

Soma açık ocakları için araştırma gerektiren şevlerin stabilitesi konusuna bir diğer yazıda değinilmişti (19).

### 1.3 Genel Tanımlar

Genel bir ifade ile, açık işletme araçlarının performans değerlendirmeleri, çalışmalar esnasında tutulan raporlardan veya kronometrajlardan elde edilen verilerin anlam kazandıracak biçimde özetlenmesi demektir, özetlemenin belli bir baza ve çoğunlukla kabul edilen şekle göre yapılması, işletme içerisinde aynı görevde bulunan araçlar arasında kıyaslama imkanı sağladığı gibi, benzer işletmelerdeki makinelerin performansları hakkında da fikir edinmeyi kolaylaştırır. Eğer;

- W = Makinenin fiili olarak çalıştığı saatler toplamı,  
 S = Makinenin (yürüyüş, yağlama, hava muhalefeti vs. den dolayı) durma saatleri toplamı ve  
 R = Makinenin arızalanma, tamir ve koruyucu bakımlarında geçen saatler toplamı ise, Mekanik Kullanım Faktörü (Mechanical Availability) :

$$\text{MKF} = \frac{W + S}{W + R + S} \dots \dots \dots (1)$$

olarak tanımlanır Literatürde (özellikle Amerikan literatüründe) bazen;

$$\text{MKF} = \frac{W}{W + R} \dots \dots \dots (2)$$

formülüne de rastlanmakta, fakat zaruri durmaların 'S' nin çok yüksek değerler aldığı yerlerde (1) No'lu formül kullanılmaktadır.

(1) No'lu formülden anlaşılacağı gibi MKF, makinenin plânlanmış saatlere göre çalışmaya hazır durumunu göstermektedir. Fakat makine çalışmaya hazır saatler içerisinde çeşitli durmalara mecbur kaldığından bazı kayıplara yol açmaktadır. Bu özelliğin dikkate alınması, bir diğer faktörün tanımını gerektirmektedir. İşletme Faktörü (Job Operation Factor) olarak bilinen bu faktör;

$$\text{İF} = \frac{W}{W + S} \dots \dots \dots (3)$$

şeklinde formüle edilebilir. (1.) ve (3) No'lu formüllerin çarpımı Genel Randımanı (Overall Efficiency) vermektedir. Böylece :

$$\text{GR} = \frac{W + S}{W + R + S} \times \frac{W}{W + S} \dots \dots \dots , \text{veya}$$

$$\text{GR} = \frac{W}{W + R + S} \dots \dots \dots (4)$$

bulunmuş olur.

(4) No'lu formülden görülebileceği gibi Genel Randımanı bulmak için sadece makinenin fiili çalışma saatlerini bilmek yeterlidir. Çünkü (W + R + S), makinenin plânlanmış çalışma saatleri toplamıdır. Genel randımanı arttırmak için makinenin kullanılmadığı saatlerin analizini yapmak ve analiz neticelerine göre belli yönlerde daha etkili tedbirler almak ancak ayrıntılı verilerle mümkün olduğundan, sadece fiili çalışma saatlerini kaydetmek işletmecilik açısından faydasızdır. Bu nedenle, Soma açık ocaklarında kullanılan araçlara ait günlük kayıtlarda, W, R ve S değerleri ayrı ayrı belirtilmektedir.

## 2. Araştırmalar

### 2.1 Marnın Jeoteknik Etüdü.

Dekapaj ana faaliyetleri genellikle marnın delinme, ateşlenme, yüklenme ve taşınması olduğundan, bu kayanın jeoteknik özelliklerinin bilinmesi araştırmaların başlangıç konusunu teşkil etmelidir.

Arazide yapılan incelemelere göre marn, kömür yatımına paralel olarak, yatayla 15-30 derecelik açı yaparak kuzey-güney doğrultusunda uzanmaktadır. Yatımdaki değişimler ara faylardan üeri gelmektedir. Ana tabakalaşmalar, yatıma dik doğrultuda çatlaklarla 6-10 m aralıklarla kesilmiştir. Tabaka kalınlıkları 30 cm - 2 m arasında değişmekte olup çatlak yüzeyler bazen killi, fakat genellikle pürüzsüz ve ara katkısızdır.

Marn, koyu gri, sarımsıtrak, kırmızımsıtrak ve açık kahverengi renkleri arasında değişmekte, genellikle açık kahverengi ve gri renklerinde olanlar uzun süre hava ile temas halinde kaldıklarında çatlamaktadırlar. Diğer bilgiler:

Sertlik . . . . . = 3.5 — 4

Özgül ağırlık . . . . . = 2.2 — 2.9 ton / m<sup>3</sup>

Kabarma faktörü . . . . . = 1.3 — 1.35

Sismik hız . . . . . = 3000 — 9000 ft/sn.



### 2.1.1. Baskı Mukavemeti Deneyleri

Ateşleme konusunda görüleceği gibi kayanm kırılmasında daha ziyade çekme gerilimli dalgalar rol oynamaktadır. Bu nedenle, ateşleme hesaplamalarını yapabilmek için kayanm çekme mukavemeti hakkında fikir edinmek gerekir. Ancak, çekme mukavemetleri testlerini yapmaya yarayan deneysel araçlar bölgede bulunmadığından, marnın baskı mukavemeti ölçülüp sonradan çekme mukavemetini hesaplama yoluna gidildi. Elde edilecek baskı mukavemeti değerlerinin, aynı zamanda, marn içerisinde sürülen yeraltı galerilerinin stabilite hesaplamalarında da faydalı olabileceği düşünüldü.

Baskı mukavemeti ( $S_c$ ) üe çekme mukavemeti ( $S_t$ ) arasında bir bağıntı varlığı ve ( $S_c$ )'nin yaklaşık olarak 10 ( $S_t$ )'ye eşit olduğu deneysel yollardan saptanmıştır (6), (7).

Deneyler GLt Soma Atölyelerinde mevcut 135 ton kapasiteli hidrolik baskı makinesi kullanılarak yapılmıştır. Numuneler değişik yerlerden, sert orta ve yumuşak marnı temsil edebilecek şekilde seçülmüştür. Elmas uçlarla kare prizması biçiminde işlenmiş altı adet marn numunesi üzerinde yapılan deney neticeleri Tablo UTte özetlenmiştir.

Marnın. Baskı Mukavemeti Deneyleri

Deney No'su	Numune boyutları Cm <sup>2</sup>	Baskı alanı Cm <sup>2</sup>	Kırılma yükü (Ton)	Baskı mukavemeti (Kg/Cm <sup>2</sup> )	AÇIKLAMA
1	15x15x11	225	120	533,3	Sert marn
2	15x15x17	225	115	511,1	Sert marn
3	16x16x20	256	130	507,8	Sert marn
4	15x15x12	225	100	444,4	Orta sert marn
5	16x16x16	256	75	292,9	Orta (Çatlaklı)
6	15x15x11	225	70	311,1	Yumuşak marn

Deneylerin amacı, marnın baskı mukavemeti hakkında değerler elde etmek olduğundan, burada deneysel değerlerin kaya

mekaniği açısından ayrıntılı yorumlanması yapılmıyacaktır. Sadece numune yüksekliği arttıkça baskı mukavemetinde azalma görüldüğü belirtilmekle yetinilecektir. (5) No'lu numune orta sertlikte olmasa rağmen, içerisinde bir çatlağı ihtiva etmesinden dolayı baskı mukavemeti dikkate değer bir azalma göstermektedir.

Marnın baskı mukavemeti hakkında gerçeğe yakın bir değer elde edebilmek için deney sayısının yeterli olmadığı kabul edilmekle birlikte, aşağıdaki değerlerin hesaplamalarda ciddi yanlışlıklara sebebiyet vermeyeceği sonucuna varılmıştır.

Mart (sert)	=	480 kg/cm <sup>2</sup>
Marn (orta)	=	420 kg/cm <sup>2</sup>
Marn (yumuşak)	=	330 kg/cm <sup>2</sup>

## 2.2. Delme ve Ateşleme Sorunu

Soma havzasında kömür ana damarım örten marn tabakaları ancak ateşleme üe gevşetildikten sonra yüklemeye elverişli duruma gelmektedir. Gevşetilme derecesinin iyi veya kötü oluşu diğer safhaları doğrudan doğruya etküemektedir. Günlük dekapaj miktarının artma veya azalmasında en büyük rolü oynayan bu faktör, aynı zamanda yükleyici makinelerin erken aşımma veya beklenmedik arızalanmalarında da suç ortağı addedümektedir.

Yazarın gezip gördüğü, Tunçbüek, Seyitömer, Dursunbey ve Orhaneli kömür sahalarındaki marn ile aynı yaşta olduğı sanılmakla birlikte, sertlik bakımından benzerine rastlanmayan Soma marnı, birim hacim gevşetme için en fazla patlayıcı maddeyi gerektirmektedir.

Dekapaj faahyetlerinin çok yoğun olduğı yaz aylarında aylık ateşleme giderleri 1 müyon TL civarındadır. Ateşleme giderlerinin gerçekten küçümsenmeyecek oranda ihtiyaç gösterdiği açık işletmede, ekskavatörlerin yüklemeye sık sık kazı güçlüğü üe karşı karşıya kalması, çalışma temposunun yavaşlamasına ve ikinci bir kırma safhasının uygulanmasına yol açmaktadır. Bahsedilen ikinci kırma safhası .ekskevatorlerin yükleme yap-

tığı ayna tabanının kopartılmayan kısımlarına marito-perforatörler ile delinen 2" çaplı deliklerin ateşlenme ameliyesidir. ikinci kırma safhasının dahi bazen arzulan sonuca verememesi delme ve ateşleme faaliyetleri üzerinde ayrıntılı araştırma gereğini ortaya koydu.

### 2.2.1. Biperleme Olanakları

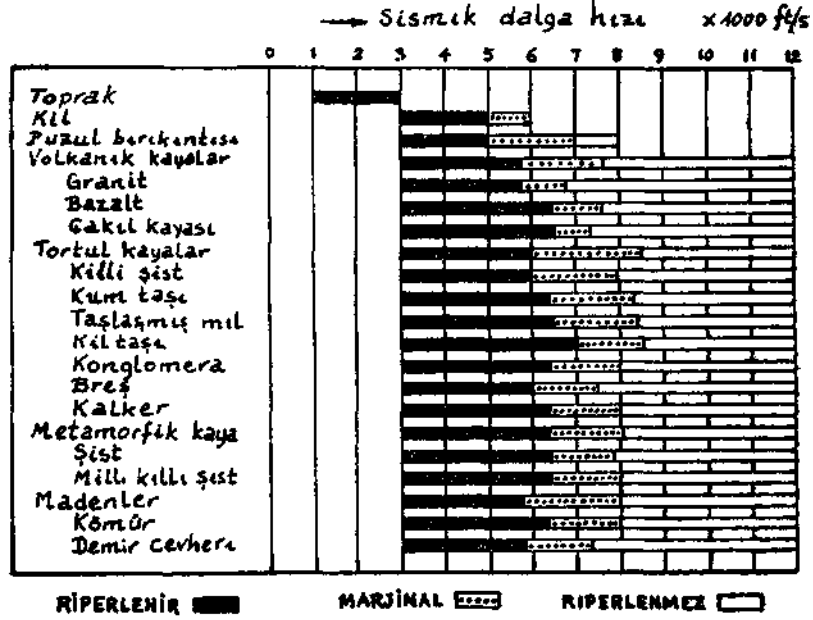
Son yıllarda birçok açık işletmelerde delme ve ateşleme yerine ripperleme usulünün uygulanma teşebbüsleri, ripperlemenin avantajları üzerinde değişik yorumların doğmasına sebebiyet vermiştir (8). Bazı işletmelerce ripperlemenin, delme ve ateşleme giderlerinin %50'sine mal olduğu iddia edilmektedir.

Soma Bölgesi'nde Miosen marnın ripperlenme imkânları 1968 yılında araştırılmıştır (9). Minnetech. Lab. Inc. Geophysical Specialities Division tarafından imal edilmiş MD3 Modeli sismograf ile ölçülen sismik hız değerleri 3500 - 6000 ft/sn (1100 - 1800 m/sn) arasında değişmiştir. Değerler sadece dört adet teste dayanmaktadır. Çok sert marn tabakaları da hesaba katılırsa, marnadaki sismik hızın 3500 - 9000 ft/sn (1100 - 2800 m/sn) arasında değiştiği söylenebilir.

Bilindiği gibi kaya sertliği ve yeknesaklığı arttıkça, sismik hız değerleri de yükselmektedir. Hernekadar, bu değerler bazı imalatçı firmalara göre ripperlenebilme sınırları içerisinde ise de (10) (Şekil 1), işletme sistemi üzerinde karara varılırken sismik hız yanısıra kaya tabaka kalınlığının da hesaba katılması gerekmektedir. Bölgede marn tabaka kalınlığının 30 cm - 2 m arasında değiştiği düşünülürse, ripperlemenin güçlüğü kendiliğinden ortaya çıkar. Genel olarak, kaya formasyonu ;

- (i) masif ve/veya homojen ise,
  - (ii) zayıf düzlemleri ihtiva etmiyorsa,
  - (iii) ince taneli olup bir etkenle çimentolaşmışsa,
  - (iv) basma, çekme ve kesme mukavemeti yüksek ise,
- ripperleme yerine lâğımlama metodunun seçilmesi daha uygun görülmektedir.

Şekil 1. Sismik dalga hızlarına kıyasla riper performans(10).



### 2.3 Delme

Delme safhasında çalışan makineler Tablo I'de görüldüğü gibi dört adettir. 1972 yılı günlük delme raporlarından ve kronometraj değerlerinden elde edilen performans değerlendirmeleri Tablo IV'de özetlenmiştir. Delicilerin MKF, İF ve GR değerleri, sırasıyla (1), (3) ve (4) No'lu formüllerden hesaplanmıştır. Hava muhalefetinden dolayı çalışılmayan saatler toplamı zaruri durmalar olarak düşünülmüştür.

#### 2.3.1. Mekanik İncelemeler

Ana motorlar, Haus-Herr'lerde elektrikli, Drillmaster ve Failing delici makinelerinde ise dizellidir. Bilindiği gibi, yürüyüş motorları, matkap motoru, kompresör ve diğer kumandaların hareketleri ana motor tarafından sağlanmaktadır. Soma Bölgesindeki tecrübelerle göre elektrikli delici makineler, dizellilere kı-

T A B L O VI

Delici Makine Performansları (1972)

Delici Makinalar	Fiili Ç.	Arıza	Z.durma	H.K.F.	I.F.	G.R
	Saat	Saat	Saat	%	%	%
1- Haus Herr	2846	1302	716	73,3	79,2	58,1
2- Haus Herr	1579	1709	667	56,7	70,3	39,9
3- Drillmaster	3407	787	679	83,8	83,3	69,9
4- Failing x	441	300	86	63,7	83,6	53,3

x = Haziran ve Temmuz aylarına göre

H.K.F. = İlekanık Kullanım Faktörü

I.F. = İşletme Faktörü

yaşla basit yapıya sahip olup daha az işletme giderleri gerektirmektedirler. Diğer taraftan, dizelli makineler daha fazla hareket serbestisine hais olduklarından panolar arası nakillerde kolaylık sağlamakta, dolayısıyla bazen elektrikli delicilere tercih edilmektedirler. (Fotoğraf 2'de bir dizelli delici makinenin çalışması görülmektedir.)

Delici makinelerin yürüyüşleri hidrolik motorların harekette geçirdiği paletler yardımıyla olmaktadır. Uzak mesafeler veya katlar arası nakillerde makine kulesi yatay duruma getirildikten sonra yürüyüşe geçmekte, kulenin inip kalkmasını sağlayan iki adet hidrolik silindir aynı zamanda eğimli delmelerde destek kolları vazifesini görmektedir. Delme işlemine başlamadan önce makinenin dengelenmesi için Haus-Herr'lerde ve Drillmaster'de dört, Failing'de ise üç adet hidrolik ayak mevcuttur. Bu ayaklar aynı zamanda delme anında yükün paletler üzerine gelmesini önlemektedir.

Matkap motorlarının baskı ve dönüşünü hidrolik pompalar sağlamakta, hareket kaynağını ana motordan alan kompresör-



Fotoğraf 2 — Dizelli delici maldne çalışma anında (GLİ - Soma)

lerden elde edilen basınçlı hava, hortumlarla tij içerisinde delici uçlara iletilmekte ve kaya parçacıkları delikten dışarıya atılmaktadır. Hareketi yine ana motor tarafından sağlanan toz kollektörü ise deliğin başına kadar uzanan hortum yardımıyla kaya parçacıkların delik yakınında biriktirmekte, tozu ise atmosfere püskürtmektedir. Biriken kaya parçacıkları sonradan sıkılama dolgusu olarak kullanılmaktadır.

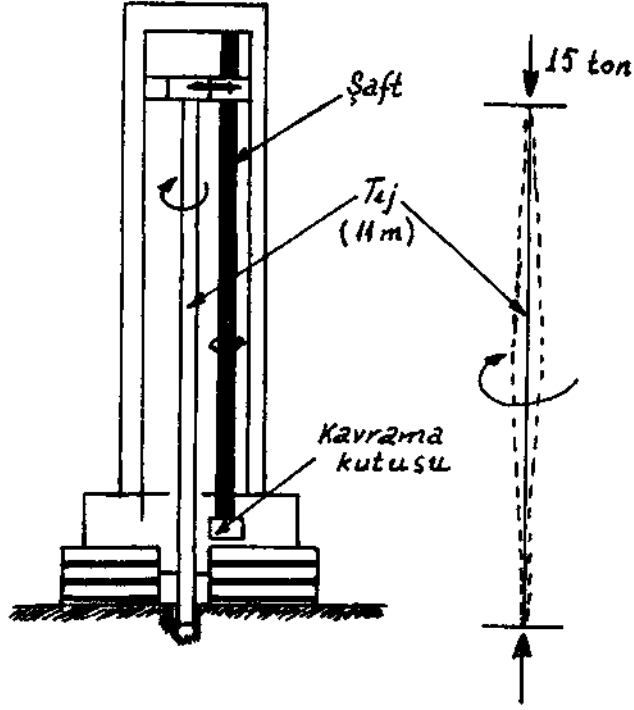
Failing delici makinesinde matkabın dönüşü değişik bir çalışma sistemine göre hazırlanmıştır. Ana motorun döndürdüğü yatay şaft, hareketli dişli ve kelepçeli kavramalar yardımıyla kule üzerindeki şafta üetmektedir. Bu şaft ise dişliler vasıtasıyla kendisine paralel bulunan tiji döndürmektedir. Ana motordan kavramalar ile tije direkt hareket getiren, dolayısıyla matkap motorunun kompleks yapısını ortadan kaldıran bu mekanizma ügüç bir dezayna sahip olmakla birlikte, aşağıda açıklanmaya çalışılacak bazı güçlüklerin ortaya çıkmasına sebebiyet vermiştir.

Şekü 2'de şematik olarak görüldüğü gibi, delme başlangıcında şaft-tij bağlantısı en üst seviyede iken, delici ucu taşıyan tije yaklaşık olarak 15 tonluk yük gelmektedir .Bu yük altında 11 m boyundaki tij, orta kısmında değeri maksimum olan elâstik bükülmeye uğramaktadır. Bükülmenin bir etkisi olarak, dönme anında tijde salgı meydana gelmekte .eksentrik delme neticesi bağlı bulunduğu şaft ile ritme girip giderek artan bir sarsıntı doğmaktadır. Tijde önceden mevcut olabilecek herhangi bir eğrilik ise bu sarsıntıyı endişe yaratacak seviyeye yükseltmektedir. Uçlar sert marn üe karşılaştığında, kayanın direnci dönme momentini yenmeye çalışmakta ve ilerleme hızı düşmektedir. Böyle anlarda operatörün vereceği üâve dönme momenti veya yük, tijin kırılmasına sebep olmaktadır.

Kırılma delik içerisinde ise, tijin ve uçların kurtarılabilme olanağı yok denecek kadar azdır. Kırılma delik dışarısında olmuşsa, kırılan kısmın kaynak yapılması veya tijin değişmesi çalışmaların aksamasına ve malzeme kaybına yol açmaktadır.

Benzer mekanizma ile çalışan delici makine seçiminde, şaft ve tij boylarının aşırı sarsıntıyı yaratacak uzunlukta olmama-

sına dikkat edilmesi gerektiğini Soma'daki tecrübelerimiz neticesinde öğrenmiş olduk. Seçim yapmadan önce makine performansının benzer arazide incelenmesi şüphesiz en emniyetli ve en garantili yoldur.



Şekil 2. Uç dönme mekanizması ve tej kırılma nedeni.

Delici uç tarafından kesilen kaya parçacıklarının basınçlı hava ile dışarıya atılma ve kollektör tarafından emilme işlemlerindeki aksaklıklar delme hızını etkileyen faktörler arasındadır. Delici uçlar arasındaki deliklerden geçen hava basıncı ve kollektör emme gücü yeterli olmayınca dışarıya atılamayan kaya parçacıkları uçların ilerlemesini engellemektedir. Bölge tamir atölyelerinde imal edilen ve hareket mekanizmasını kayış yar-



dimiyla ana motordan alan büyük bir toz kollektörü emme güçlüklerini yenmiştir.

Delici makinelerde karşılaşılan diğer arızalar, genellikle yürüyüş motorlarından, palet kopmalarından ve hidrolik yağ kaçaıklarından doğmaktadır. Yazıda bunların ayrıntılı açıklamasına lüzum görülmemiştir.

### 2.3.2. Delme Hızları

Delme hızları üe ilgili veriler arasında yapılan kronometraj neticelerinden elde edilmiş ve Tablo V'te özetlenmiştir. Ortalama hızlar, delici makinelerin delik başına yavaşlama, dengeleme, tij ekleme ve tij çıkarma gibi zamanlar da hesaba katılarak bulunmuştur.

Yıllık programlar Haus-Herr'lerin ortalama 25 m/saat, Drillmaster'in 15 m/saat hızda delme yapabüceğı kabul edüerek hazırlanmaktadır.

Haus-Herr uçları üç kademeli kesme yapmaktadır. Birinci uç 25 mm 0, ikinci uç 125 mm 0 ve üçüncü uç 150 mm 0 ilerleme sağlar. Çamurlu veya çatlak arazide üç kademeli delme yapabilen döner (rotary) uçları kullanmak faydalı neticeler vermiştir. Aynı arazide darbeli uçlar sıkışmakta, dolayısıyla ilerleme hızı düşmektedir.

Döner makaralı uçlar orta sertlikteki arazide başarıyla kullanılmıştır. Delici uçtaki dişler iki ve az sayıda olunca sert marn-da ilerleme kolaylaşmakta, fakat dişler küçük ve çok sayıda ise çabuk kırılıp aşındığından ilerleme hızı düşmektedir. Tablo V'te ayrıca uç ömrü ve büenme ihtiyaçları gösterilmiştir. Değerler arazi cinsine bağılı olduğundan kesin rakkamlar vermek imkân-sızdır.

### 2.3.3. Otomatik Delici Makineler

Yükleme ve taşıma araçlarındaki son gelişmelere paralel olarak, delici makinelerinde de yenilikler yapma zorunluluğı doğmuş ve bazı büyük imalâtçı kuruluşlar kompüter kontrollü delme yapabilen makineler geliştirmişlerdir (1).

T A B L O V

Delici Makinelerin Ortalama Delme Hızları ve Uç Ömürleri

Delici Makine	Delme hızı, m/dk			Delik boyu (m)	Delik Çapa	Uç Cinsi	Uç Ömrü (m)	Bilenme ihtiyacı (m)
	Mara Cinsi							
	SERT	ORTA	YERİNE					
1- Haus-Herr	23.2	25.2	33.4	14	150 mm	Rotary Dragbit	1900-2200	300-350
2- Haus-Herr	20.4	23.3	30.1	14	150 mm	Rotary Dragbit	1900-2200	300-350
3- Drillmaster	12.0	15.1	18.2	9	6 inç	Harbeli K&G tipi	2300-2600	300-400
4- Felling	26.5	30.8	38.7	10	6 inç	Rotary Rockbit	1600-1800	Bilenmez

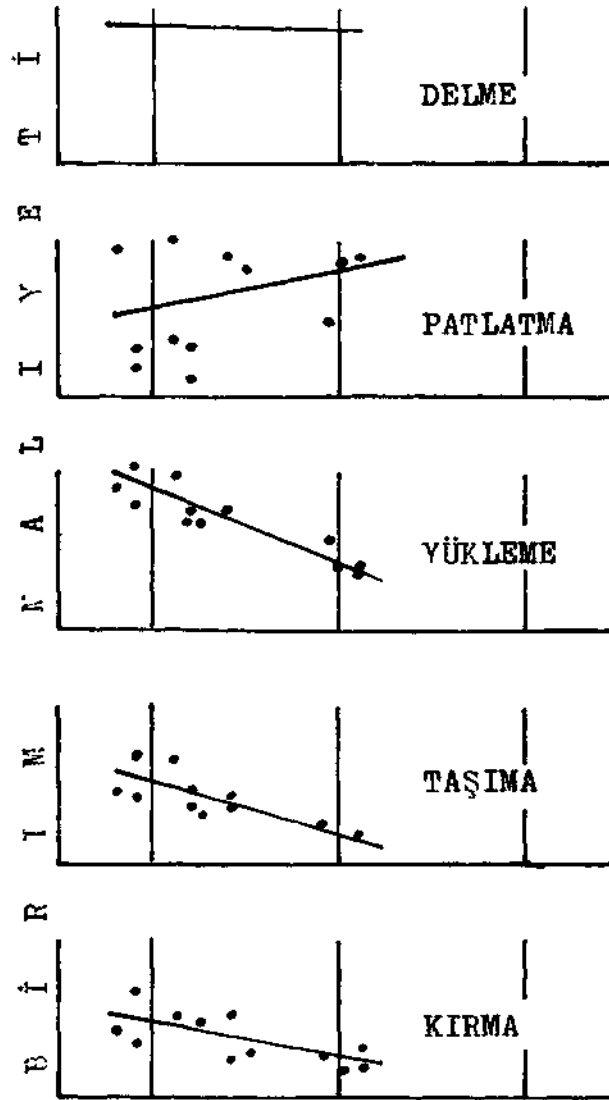
Not: Haus-Herr'ler çift tij ile  $2 \times 8 = 16$  m delerler.

Delme işlemi sırasında uçların zamansız aşınması veya diğe ranzalar, rotari tork, rotari hız, uçlara iletilen yük, hidrolik basmç ve hava basıncı gibi daha birçok faktörlerin operatör tarafından aym anda ve en uygun biçimde ayarlanamamasından ileri gelmektedir. Komputer kontrollü delici makinelerde bu faktörlerin limitleri ve faktörler arası bağıntılar önceden programlanmış olarak makinenin elektronik kontrol kısmında belirlenmekte, delme sırasmda değişen faktörlerin bu limitler arasında kalması otomatik kumandalarla sağlanmakta, böylece operatörün hatalı veya gecikmiş müdahalesine yer verilmemektedir.

ABD'deki bazı açık işletmelerde kompüter kontrollü delici makineler çalıştırılmağa başlanmasına rağmen, yaygın bir uygulama sahası bulabilmesi için zaman henüz erkendir. Açık işletmelerimizde bu tür delici makinelerini görmek hernekadar şimdük söz konusu değü ise de, diğer ülkelerdeki uygulama sonuçlarını ve gelişmelerini takipte fayda vardır.

#### 2.4. Ateşleme

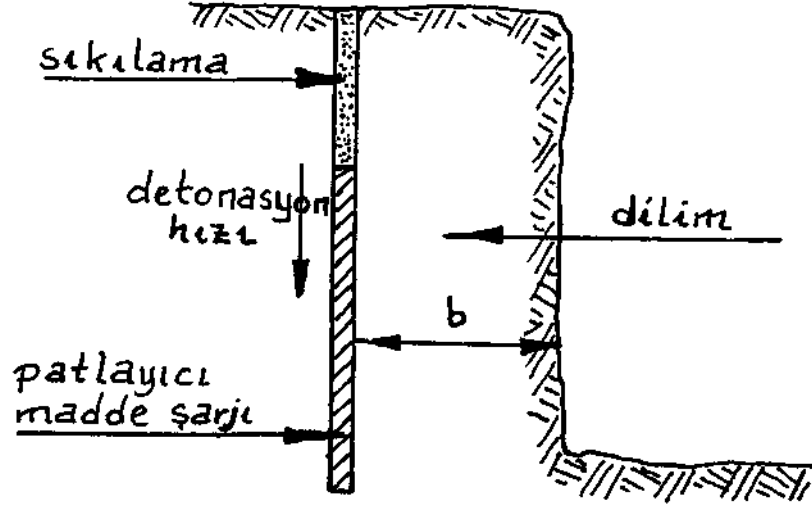
Delme, ateşleme, yükleme, taşıma ve cevher hazırlama gibi madencilik ana operasyonlarının birbirleriyle yakından bağlantılı oldukları açık işletme uzmanları tarafından sık sık iddia edilmektedir. Denüebilir ki, sadece ateşleme giderlerinde bilinçli olarak yapılacak ek harcamalar, diğer ana operasyon giderlerini asgariye indirmeye yeterlidir. Şekü 3'te malzeme gevşetilme



MALZEME KIRILMA DERECEŚİ

Şekil 3. Malzeme kırılma derecesinin ana operasyonlara birim maliyet açısından etkisi (11)

derecesinin ana operasyonları birim maliyet açısından nasıl etkilediği görülmektedir (11).



Şekil 4.

#### 2.4.1. İnfilâk Mekanizması

Patlayıcı maddeler infilâk yolu ile yüksek ısıda gazlara dönüştüğünde, bu gazlar civarlarına yüksek basınç uygulayıp "iş" yapma gücüne sahip olurlar. Diğer bir deyimle, patlayıcı maddedeki kimyasal enerji detonasyon neticesinde başka tür enerjiye dönüşür. Bunlar;

- (i) Isı,
- (ü) Sismik enerji (gerilim dalgaları),
- (iii) Yeni surf az enerjisi (fragmantasyon),
- (iv) Kütle kinetik enerjisi (atım,) ve
- (v) Şok ve gürültü (hava infilâkı) olarak sıralanabilir.

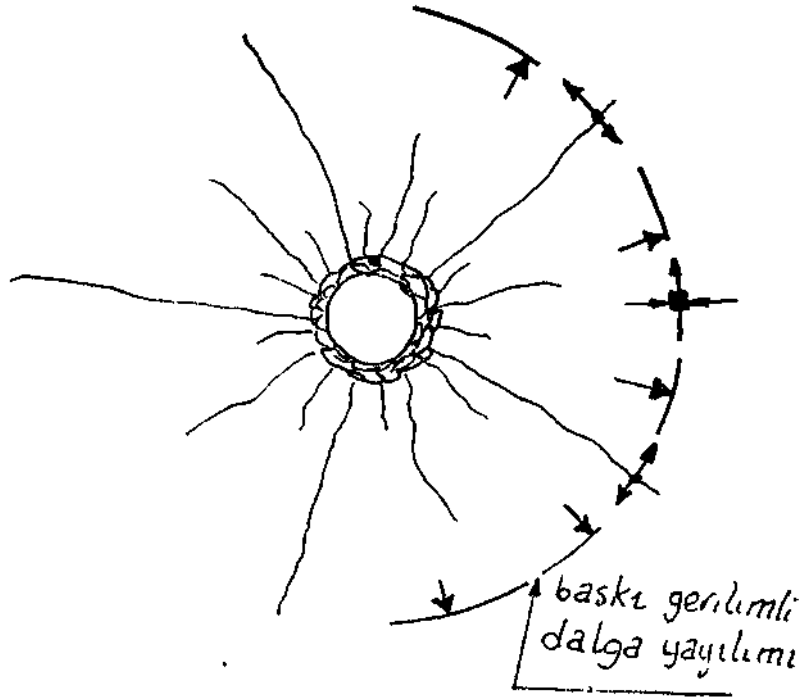
Yukarıdaki enerji türlerinin bazıları faydalı iş görmekte iken diğerleri faydasız hatta zararlı neticeler doğurmaktadır.

Teorik yönden ideal bir infilâk, ısı, şok veya sismik enerji kaybı olmadan malzemenin eşit büyüklükte kırılıp, yüklemeye

için elverişli duruma gelmesi demektir. Sert kayalarda gerilim dalgalarının kırma olayında temel unsur olduğu bilinmektedir.

İdeal şartlar altında bile sismik enerji, lâğım deliği yakınındaki kayalarda çatlama ve içsel sürtünme hadiseleriyle absorbe edilmekte, daha ilerilerde, özellikle serbest aynadan uzaklaştıkça sismik enerjinin büyük bir kısmı zararsızca kaybolmaktadır. Sadece sismik enerjinin serbest aynaya doğru hareket eden bölümü çatlakların açılmasına ve kırılan parçaların itilmesine yardımcı olmakla faydalı iş yapmaktadır.

Açık işletmelerde patlayıcı maddelerle kaya kırma mekanizmasını daha iyi anlayabilme için Şekil 4'te serbest aynadan 'b' uzaklığında şarj edilmiş ve üzeri sıkılanmış lâğım deliğinde, ateşleme anındaki olaylar dizisini incelemek gerekmektedir. İn-



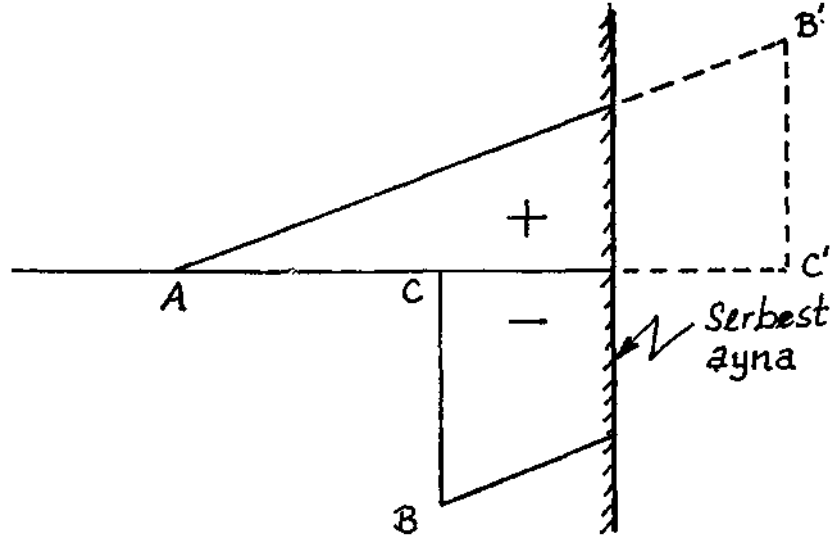
Şekil 5.

filâk başlangıcında reaksiyon, detonasyon hızma orantılı olarak kolon boyunca gerçekleşmekte, reaksiyonla birlikte yüksek sıcaklıkta teşekkül eden gazlar, lâğım deliği cidarlarına basmç yapmaktadır.

Delik basıncının hızla gelişmesi, çevredeki kayalar üzerinde dinamik bir etki yaratır. Böylece delikten dışa doğru radyal olarak yayılan baskı (kompresif ) gerilimli dalgalar ortaya çıkmış olur.

Detonasyon neticesi meydana gelen yüksek basmç, delik cidarlarındaki malzemeyi tümüyle kırıp ezmekte, daha dışta teğetsel çekme gerilimli etküer nedeniyle radyal çatlaklar meydana gelmektedir (Şekü 5).

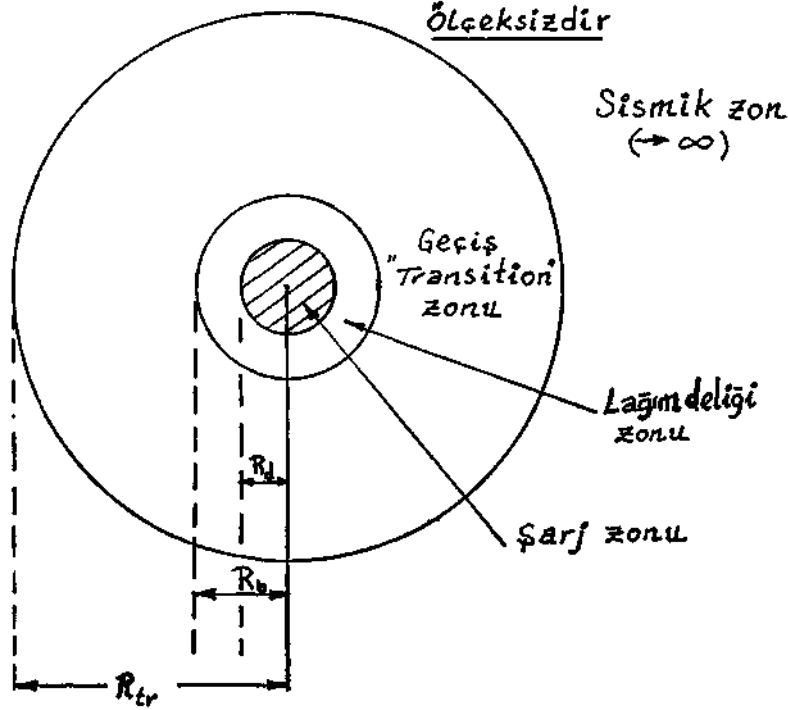
Baskı gerilimli dalgalar ise serbest aynaya ulaştıklarında çekme (tensional) gerilimli olarak yansrlar. Basitleştirici bir varsayım olarak, kompresif dalganın üçgen şeklinde ve düzlemsel (iki-boyutlu) olduğu düşünülürse, serbest aynaya varıldığın-



Şekil 6.

da, dalga şekü 6'da görüldüğü gibi yansıyacaktır. Yansımanın devam etmesi neticesi, aynadan belli uzaklıkta bir noktada baskı ve çekme (tensional) gerilimli dalgaların cebirsel toplamı net çekme gerilimli bir dalga verecektir. Sert kayaların baskı mukavemetleri çekme mukavemetlerine kıyasla çok daha fazla (8-10 defa) olduğundan kayalar, yeterli net çekme gerilimli dalgalatın teşekkül ettiği yerlerde kırılıp ayrılmaya (dilimlenme) başlarlar. Fotoğrafik gözlemler bu düşünce ve açıklamaların doğruluğunu kısmen ispatlamaktadır (12). İlâve olarak, ilk dilimlenme olayından sonra, delik içerisindeki infilak gazlarının radyal çatlaklara girip kayaların kırılma ve aynaya doğru itilmelerinde yardımcı olduklarına inanılmaktadır.

İnfilâk esnasında ortaya çıkan olaylar dizisinin tam ve ayrıntılı tasviri, ölçme güçlüklerinden dolayı imkânsızdır, özet



Şekil 7.

olarak kaya kırma mekanizması, önceden delik cıdarlarındaki gerilim çatlaklarını, yansıma neticesi serbest aynadaki dilimlenmeleri, radyal yarıkların gaz basıncı etkisiyle açılıp kayaların kırılma ve serbest aynaya doğru itilmelerini kapsıyan kompleks olaylar kombinasyonudur. Kırma mekanizmasında bu olaylardan hangisinin diğerine kıyasla daha büyük rol oynadığı hâlen tartışma konusu olmakla birlikte, çekme gerilimli dalgaların kırmada ana etken olduğu kanısı gittikçe artan bir kabul sahası bulmaya başlamıştır.

Yukarıda basitçe açıklanmağa çalışılan infilâk teorisi, birçok ateşleme hesaplamalarının dayanak noktasını teşkil etmektedir. Ancak yazıda bu hesaplamaların ayrıntılı açıklamasına girilmeyecektir.

#### 2.4.2. Soma Açık Ocakları için Ateşleme Geometrisi ve Şarj Miktarı Hesaplamaları

Detonasyon neticesi ortaya çıkan gerilim dalgalarının serbest aynadan yansıyıp tekrar delik basma gelerek çekme gerilimli (tensional) kırma yapmasını ifade eden formülün

$$\frac{2d_f}{a} = A \left( \frac{P_D}{S+D} \right)^{1/n} \dots\dots\dots(5)$$

olduğu HINO (14) tarafından hesaplanmıştır. Burada;

df = tam dilim (full burden) veya kayanın delik başında kırılma mesafesi (Şekil 9)

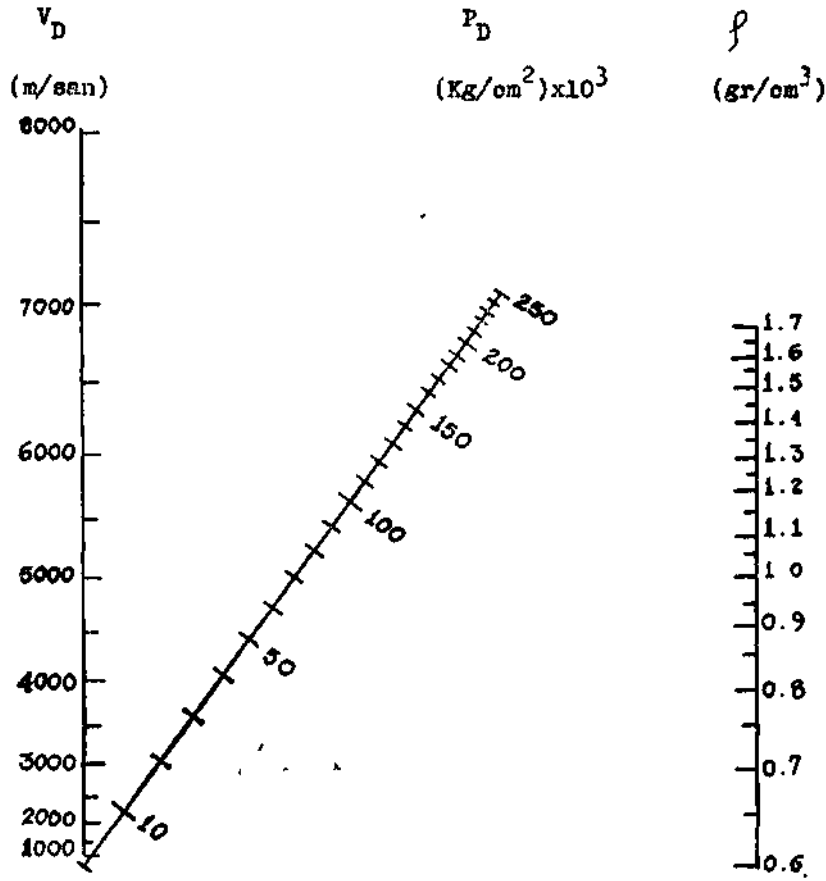
a = şarj deliği yarıçapı,

PD e= detonasyon anında meydana gelen basınç olup, patlayıcı maddenin detonasyon hızı ve şarj yoğunluğuna göre değişmektedir (Şekil 8).

StD = kayanın dinamik çekme mukavemeti,

A = sabit bir değer olup patlayıcı maddenin şarj şekline bağlı olarak 1-1.5 arasında değer almaktadır. Pat-



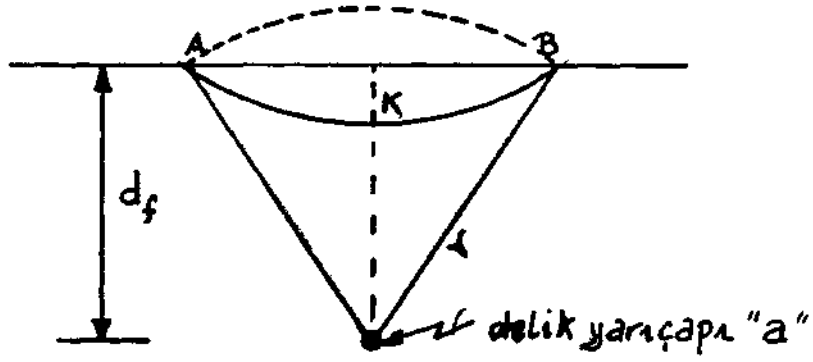


Şekil .8. Patlayıcı madde özgül ağırlığı  $\rho$ , detonaayon hızı  $V$  Te detonasyon basıncı  $P_D$  arasındaki bağıntıyı gösteren nomogram (13)

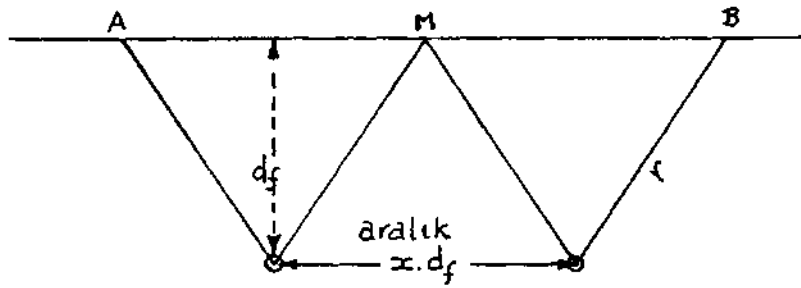
layıcı madde delik cıdarlarıyla temas halinde olduğunda  $A=1$ 'dir.

$n$  = patlayıcı madde ve kayaya bağlı sabit bir değer olup 1.5-2 arasında değişmektedir.

Delikler arası açıklık  $K-df$  değeriyle tesbit edilmektedir (Şekil 10). Burada 'x' değeri  $V$  değerine bağlı olarak değişmekte olup;



Şekil 9.



Şekil 10.

$11=1.5$  ise . . . . .  $x=1.4$

$n=2$  ise . . . . .  $x=1.3$  olarak kabul edilmektedir.

Kademe yüksekliğinin ' $2d_f$ ' değerine eşit olduğu kabul edildiğinde;

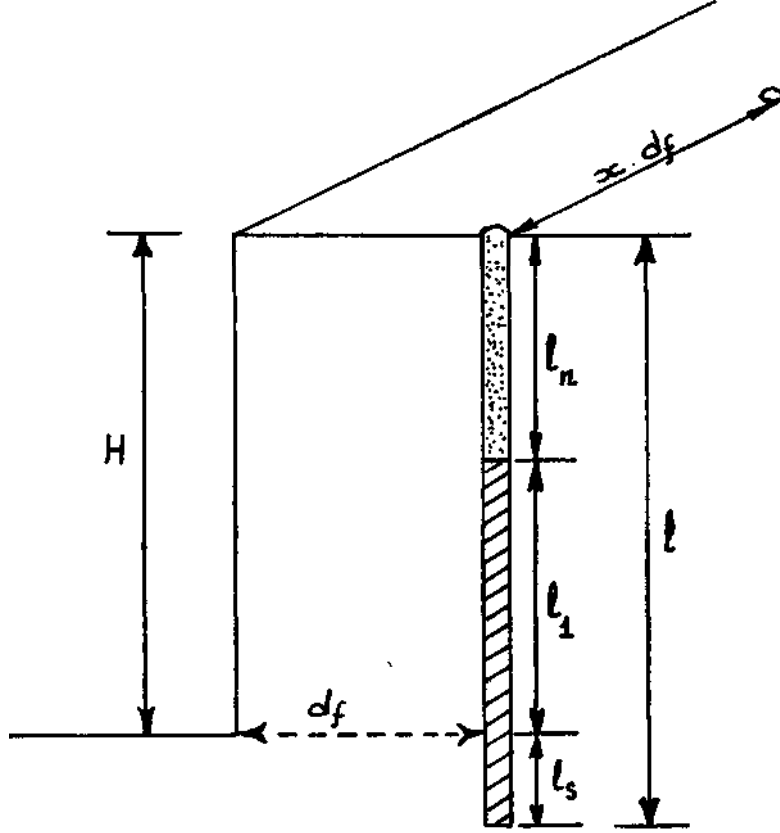
$$I_n = 1.1 d_f \dots\dots\dots (6a)$$

$$I_s = 0.3 d_f \dots\dots\dots (6b)$$

$$I_1 = 1 - (I_n + I_s) \dots\dots\dots (6c)$$

değerleri seçilmektedir. Şekil 11'den;

- $L_n$  = lâğım deliği sıkılma uzunluğu,  
 $L_s$  = kademe altı delme mesafesi,  
 $L_q$  = delik içindeki patlayıcı madde şarj uzunluğu olduğu görülebilir.



Şekil 11.

Ayna yüksekliğinin '2df' ten çok fazla olduğu hallerde ise, (F), yükseklik faktörü kullanmak gereklidir. Burada; olarak ifade edilmiştir.

$$(*) = T17$$

(7)

Soma bölgesinde patlayıcı madde olarak ağırlığının %6'sı oranında mazot ile karıştırılmış Teknik Amonyum Nitrat kullanılmaktadır. (Burada karışıma kısaca ANFO denilecektir). Karışım özgül ağırlığı  $1.0 \text{ gr/cm}^3$  ve detonasyon hızı  $4000 \text{ m/sn}$  ye ulaştığında Şekil 8'de gösterilen nomogramdan detonasyon basıncının  $43\,000 \text{ kg/cm}^2$  olduğu okunabilir. Karışım şarj esnasında lâğım deliği cıdarlarıyla temas halinde olduğundan  $R_b = R_d$ , yani  $A = l$ 'dir. Ateşleme anında kayalar dinamik gerilim etkisi altında kaldıklarından, (5) No'lu denklemde marnın dinamik çekme mukavemeti değerini kullanmak gerekir. Bu değeri ölçecek deney aracının bölgede mevcut olmadığı daha önce belirtilmişti. Ancak kayaların dinamik çekme mukavemetlerinin, statik çekme mukavemetleri değerlerinin ise baskı mukavemetlerinin  $1/10$ 'u kadar olduğu kabul edilirse, marnın (madde 2.1.1. de özetlenen) baskı mukavemetleri değerlerinden faydalanmak mümkündür. Böylece sert marn için:

$$\text{Statik baskı mukavemeti, } S_c = 480 \text{ kg/cm}^2 \text{ (deneysel)}$$

$$\text{Statik çekme mukavemeti, } S^* = 48 \text{ kg/cm}^2$$

Dinamik çekme mukavemeti,  $S_t = 96 \text{ kg/cm}^2$  olarak tesbit edilmiştir. (5) No'lu denklemde değerler yerine konulduğunda:

$$\frac{2d_f}{a} = \left( \frac{43000}{96} \right)^{1/n} \text{ Vairuamış olur.}$$

bulunmuş olur.

Delik çapı  $2a = 150 \text{ mm}$  ve marn için  $n=1.5$  kabul edilirse, dilim kalınlığı;

$$df = 218.8 \text{ cm. olarak bulunur.}$$

Dilim kalınlığı diğer parametrelerin bir fonksiyonu olduğundan, delikler arası açıklık, yukarıda da belirtildiği gibi  $*x.df$  çarpımından, diğer değerler ise (6 a, b, c) ve (7) No'lu formlardan elde edilir. Tablo VI da sert marn, orta ve yumuşak maralı arazinin ateşlenmesi için ateşleme geometrisi ve şarj miktarı hesaplamaları özetlenmiştir.

T A B L O V I

O.L.I. Soma Açıkocakları için ateşleme parametreleri değerleri

	Birim	Marn Cinsi						Açıklama
		sert		orta		yumuşak		
Kademe yüksekliği, H,	m	9	12	9	12	9	12	Ekskavatör boom yüksekliği
Delik çapı, $d_d$ ,	mm	150	150	150	150	150	150	
Çekme mukavemeti, $S_{st}$ ,	kg/cm <sup>2</sup>	48	48	41	41	33	33	$S_{st}$ = statik çekme muk.
Çekme mukavemeti, $S_{dn}$ ,	kg/cm <sup>2</sup>	96	96	82	82	66	66	$S_{dn}$ = dinamik . . .
Dilim kalınlığı, $d_f$ ,	cm	218.8	218.8	243.0	243.0	280.6	280.6	$d_f/d_d = (P_0/S_{st})^{1/4}$ den
Aralık, $x$ $d_f$ ,	cm	306.3	328.2	340.2	364.9	392.8	420.9	9 m için $x = 14$ , 12 m için $x = 15$
Yükseklik faktörü, (F),	—	2.05	2.74	1.85	2.46	1.60	2.13	(F) = $H/2d_f$
Kademe altı derinliği, $L_1$ ,	m	1.345	1.792	1.348	1.793	1.347	1.793	$L_1 = 0.3d_f(F)$
Toplam delik boyu, $L$ ,	m	10.545	13.792	10.348	13.793	10.347	13.793	$L = H + L_1$
Şakılama, $L_2$ ,	m	4.933	6.594	4.945	6.575	4.938	6.574	$L_2 = L - L_1$
ANFO şarjı, $L_3$ ,	m	5.412	7.198	5.403	7.218	5.409	7.219	$L_3 = L - L_2$
ANFO şarjı, $L_4$ ,	kg	95.6	127.2	95.5	127.5	95.5	127.6	ANFO yoğunluğu = 1.0

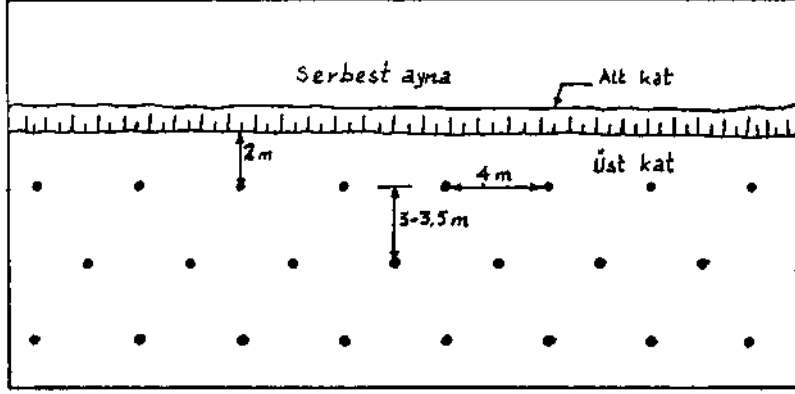
Yukarıdaki hesaplamalardan anlaşılacağı gibi, ateşleme geometrisi ve ilgili diğer parametreleri bazı kabullenmeler yapmaksızın bulmak imkânsızdır. Fakat hesaplamalar neticesi elde edilen değerlerin Soma'da daha önce pratik tecrübeler neticesi bulunmuş ve kullanılmakta olan değerlere çok yakın olması memnuniyet vericidir.

(5) No'lu formülde kullanılan detonasyon hız değeri ideal bir ANFO karışımı içindir. Karışım şekli idealden uzaklaştıkça PD değeri azalacak ve neticede delik aralıkları kısılacaktır.

### 2.4.3. Pratik Uygulamalar

Pratikte delik aralıklarını Tablo VI'da gösterildiği gibi en yakın cm'ye kadar ölçüp işaretlemek, şüphesiz, zordur. Sert marn arazide delme ve ateşleme geometrisi Şekü 12'de görüldüğü gibidir. Arazinin sertlik derecesi, delme raporlarından, delici makine operatörünün ifadesinden veya yükleme yapan en yakın ekskavatörün yüklediği malzeme cinsinden kolaylıkla tesbit edilebilir.

ANFO şarjı 14 m lik delikler için 120-140 kg, 10 m lik delikler için ise 70-95 kg arasında ve arazi sertliğine göre değişmektedir. Bilindiği gibi ANFO karışımının detonasyonu için 'yemleme' olarak adlandırılan inilâk başlatıcılarına ihtiyaç var-



ŞeUl II •• Sert marn için. ateşleme geometrisi

dır. Bölgede 14 m lik delikler için 250 gr Gom II ve 500 gr Grizotin Klorür (detonasyon hızları 7200 m/sn ve 5200 m/sn) bir veya iki kademeli olarak elektrikli kapsüllerle birlikte kullanılır. Kapsüller mili-saniye gecikmeli değildir. Ancak daha başarılı bir kırma elde etmek için mili-saniye gecikmeli kapsüllerle ateşleme denemeleri bir an önce yapılmalıdır.

Ateşlemeler 40 delikli gruplar halinde seri veya karışık bağlama yapıldıktan sonra 150 V gerilimli ateşleme makinesi ile gerçekleştirilir.

1972 yılma ait patlayıcı madde sarfı, toplam ve (yerinde) m<sup>3</sup> kayanın gevşetilmesine göre Tablo Vü'de ayrı ayrı gösterilmiştir. Genellikle sulu araziye ihtiva eden 5 No Vinç Topuğu Panosu'nda 1972 yılında, sulu deliklerin patlatılması için 125 mm 0 Gom II Al kullanılmıştır (Fotoğraf 3). Sulu deliklerin Gom II Al ile patlatma maliyeti ANFO'nun iki katı kadar olduğundan, suda infilak özelliğini kaybeden ANFO'nun, 1973 yılında, plastik torbalar içerisinde deliklere şarj edüme yoluna gidilmiş ve çok başarılı sonuçlar alınmıştır. (GLİ Tunçbük ve Seyitömer Açık Ocakları bu uygulamada öncülük yapmışlardır.)

#### 2.4.4. Ateşleme Tekniği

Ateşleme sorununun başmda belirtildiği gibi marnın sert oluşu ve ateşlemelerin bazen iyi neticeler verememesi, yükleyi-

**Tablo VII**  
**Patlayıcı madde sarfı (1972)**

Panolar	Hazırlanan m <sup>3</sup>	Patlayıcı madde Cinsi					
		T.A. Nitrat		Grazolın Kl + Gom II		E Kapsül	
		kg	gr/m <sup>3</sup>	kg	gr/m <sup>3</sup>	Adet	Adet/m <sup>3</sup>
5 No Vinç Top	450 000	57 900	129*	23 433	52*	3694	0,0082
Elmalı Batı	465 000	131 130	282	2 043	4	5647	0,0120
Kısrakdere B.	2 600 000	853 270	328	16 808	6	16 279	0,0062
<b>Toplam</b>	<b>3 515 000</b>	<b>1 042 000</b>	—	<b>42 284</b>	—	<b>25 620</b>	—
<b>Ortalama</b>	—	—	<b>296</b>	—	<b>15</b>	—	<b>0,0072</b>

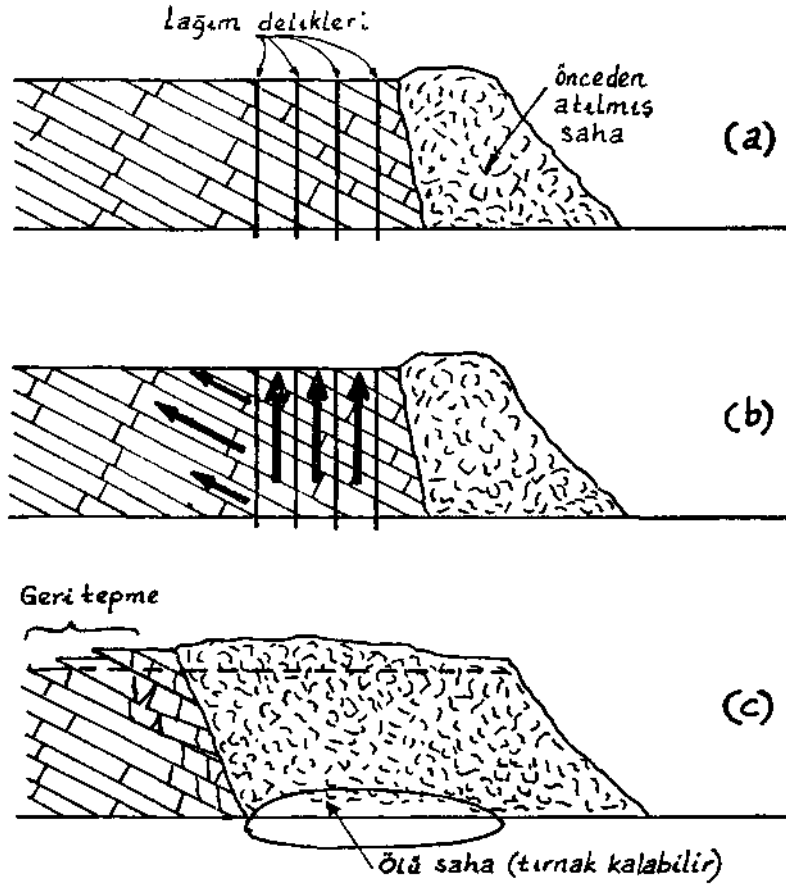
\* 5 No Vinç Topu Panosunda sulu deliklerde genellikle 125 mm  $\phi$  Gom II A1 kullanıldığından



Fotoğraf S — Sulu deliklere Gom II Al Şarjı (GLİ - Soma)

ci makinelerin çalışmalarını kısıtlamaktadır. Kısıtlamanın başlıca nedenlerinden birisi de ayna tabanındaki 'tırnak' kalmalarıydı.

Ateşlemeler genellikle Şekil 13'te görüldüğü gibi önceden ateşlenmiş malzemenin arkasmda yapılmaktaydı. Yazarın kanı-

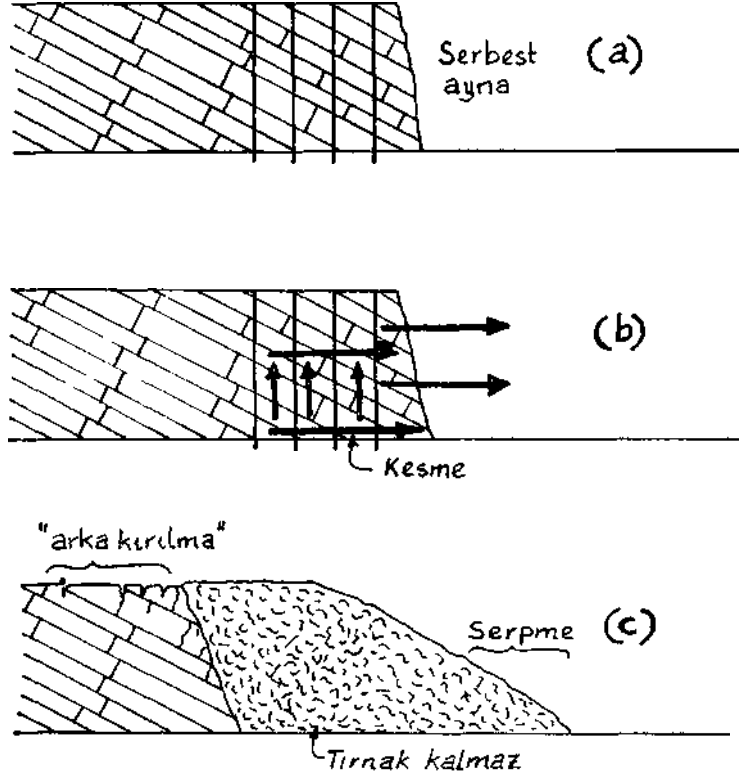


Şekil 13. Engelli aynaya ateşleme

sına göre, ateşleme amuda yayılan gerilim dalgalarının iş yapma gücü, yatay yönde ve aynaya doğru azalmaktadır. Çünkü önceden gevşetilmiş marn parçaları, aralarında sürtünme yaparak gerilim dalgalarını kısmen absorbe etmektedirler. Geriye doğru hareket ise tabakalaşmadan dolayı ancak yatım doğrultusunda olmaktadır (Şekil 13b). Gerçekten böyle ateşlemelerde gevşetilmiş malzeme gerisinde arka kırılmalar, birbirlerine paralel basamaklar halinde kendini göstermektedir (Şekil 13c). Geriye tepmelerin olumsuz sonucu olarak, delici makinelerin



yüksekliği bazen 1 m'ye yaklaşan sunî basamaklar üzerine çıkmasından başka alternatif kalmamaktadır. Bu gibi hallerde tij uzunluğu yetmediğinden kademe altı delme yapılamamakta ve tırnak kalma ihtimalleri arttırılmaktadır. Düşey yöndeki kaldırmalarda ise, malzeme, kademe tabanına yakın yerlerdeki tabakalardan ayrılmakta ve yeterli kırma yapılmadığından buralarda da tırnak kalmasına sebebiyet verilmektedir.



Şekil 14 . Serbest aynaya ateşleme

Ateşlemeler tümüyle serbest aynaya yapıldığında Şekil 14 te görüldüğü gibi ana hareket yatay yönde ve serbest ayna doğrultusunda gerçekleşmekte, kademe alt kısmındaki kesme olayı tırnak kalmalarını önlemektedir. Gevşetilmiş malzeme gerisine doğru tepme olmamakta, fakat atılan saha tümüyle serbest ay-

naya doğru hareket eğilimi gösterdiğinden buralarda yer yer çatlamalara rastlanmaktadır (Şekil 14c). Öte yandan delici makineler çatlak araziye delmede bazen güçlük çekmektedirler. Serbest aynaya doğru ateşlemenin diğer bir olumsuz yönü ise ayna önünde uzak mesafelere kadar kaya parçalarını fırlatıp 'serpme' yapabilmesidir. Aynaya daha yakın olan deliklerde daha az patlayıcı madde kullanmakla bu olumsuz etki kolayca önlenabilmektedir. Bölgede her iki ateşleme sisteminin olumlu ve olumsuz yönleri bulunmaktadır. Fakat şimdilik atılmış pasa arkasında ateşleme usulünden vazgeçilmiş ve serbest aynaya doğru ateşleme tekniği benimsenmiştir. Tırnak çıkma olaylarındaki dikkate değer azalmalar, bu tekniğin uzun bir süre kullanılacağını göstermektedir.

## 2.5. Yükleme ve Taşıma

Yükleme ve taşıma safhalarıyla ilgili incelemeler kepçeli ekskavatör - kamyon kombinasyonu üzerinde yapılmıştır. Bilindiği gibi, örtü tabakası veya cevherin yükleme metodu üzerinde karara varılırken, özellikle rezerv miktarı, jeolojik, jeoteknik, topoğrafik durumlar ve iklim şartları hesaba katılarak birim maliyet açısından çeşitli alternatifler incelenir. Yukarıda sayılan faktörler ışığı altında, başlangıçta, Soma Açık Ocaklarındaki örtü tabakalarının ekskavatör-kamyon ikilisi ile kaldırılması üzerine yapılan seçimin yerinde olduğu söylenebilir. Çünkü Soma'daki engebeli arazi konveyöre, eğimli ve tektoniğe uğramış rezerv draglayna, sert marn ise önden yükleyici (front-end loader) veya skreyper yükleyicisine (scraper-loader) elverişsiz çalışma koşulları arzeder.

### 2.5.1. Ekskavatör-Kamyon Hesaplamaları

Ekskavatör-kamyon kombinasyonu ile çalışılan açık işletmelerde, iş hacmi, ekskavatör kepçe kapasitesi ve kamyon tonajı arasında bir bağıntı mevcuttur. Bu bağıntı sağlanmadıkça mevcut yükleme ve taşıma araçlarından optimum verimi elde etmek imkânsızdır. Konu başka bir yazıda (18) nümerik örneklerle açıklandığından burada sadece kullanılan formüller belirtilmeye çalışılacaktır.

#### A. Kepçe Kapasitesi Seçimi

Ekskavatör kepçe kapasitesi aşağıdaki formülden tesbit edilebilir (16) ;

$$B_c = \frac{Q}{(C) \times (S) \times (MKF) \times (\hat{I}F) \times (B_f) \times (P)} \quad (16)$$

Burada;

$B_c$  = kepçe kapasitesi ( $m^3$ ),

$Q$  = iş hacmi ( $m^3$ /saat),

$C$  = Saatteki devir adedi (90 derecelik 'swing' için),

$S$  = 'swing' faktörü;

$MKF$  = Mekanik kullanım faktörü,

$\hat{I}F$  = İşletme faktörü,

$B_f$  = kepçe faktörü = doldurulabilirlik / kabarma faktörü,

$P$  = hareket faktörü (ayna yüksekliğine göre)

olarak tanımlanmıştır.

#### B. Kamyon Kapasitesi Secimi

Ekskavatör kepçe kapasitesi tesbit edildikten sonra uygun kamyon tonaj seçimi nisbeten kolaydır. Burada dikkat edilecek husus, kamyon kapasitelerinin ekskavatör kepçe kapasitesi değerinin tam sayü katları olmasıdır. Aynı zamanda kamyonun en az 4, en çok 6 kepçede dolması uygun bir seçim sayür. Çünkü ekskavatör kamyon üç veya daha az kepçelik yükleme üe doldurabüiyor ise, kepçeden boşalan malzeme ağırlığı kamyonu hasara uğratabilecek güçtedir. Öte yandan 7 veya daha fazla kepçelik yüklemeyen sonra kamyonun dolması, ekskavatörün yanında normalden falza beklemesi demektir. Böylece kamyon tonajı;

$$K_t = \text{Optimum kepçe adedi} \times B_c \quad (9)$$

olur. Burada;

Optimum kepçe adedi = 4-6 adet

$B_c$  = kepçe yükü (ton) veya

$BL$  =  $B_c \times p$  (gevşetilmiş) x doldurabilirlik

olarak tanımlanır

### C. Ekskavatöre Verilmesi Gerekli Kamyon Adedinin Hesaplanması

Ekskavatöre tahsis edilmesi gerekli kamyon adedini hesaplayabilmek için, kamyon sefer sürelerini ve saatteki ortalama sefer adedini tesbit etmek gerekir. Çalışılmakta olan açık işletmelerde bu değerler kronometraj sonuçlarından, proje safhasında olan açık işletmelerde ise kamyon ortalama hızı ve döküm sahasının yükleme yapılan yere olan uzaklığı hesaba katılarak bulunur. Eğer:

$C_o$  = saatteki ortalama kamyon sefer adedi ve

$Q \times p$  (yerinde)  $s$  = saatteki yükleme (ton) ise, ekskavatöre verilmesi gerekli kamyon adedi:

$$N = \frac{Q \times p \text{ (yerinde)}}{K_t \times C_o} \dots\dots\dots (10)$$

formülü ile bulunabilir. (10) No'lu formül kamyonların süreksiz çalışmaları kabul edilerek hazırlanmıştır. Gerçekte bakım ve arızalardan dolayı aylık plânlamalarda kamyonların Genel Rantımanını da hesaba katılmalıdır. Bu nedenle ekskavatöre ayrılması gereken aylık kamyon adedi;

$$N_{\text{aylık}} = \frac{N}{(GR)} \dots\dots\dots (11)$$

formülünden hesaplanmalıdır.

#### 2.5.2. Pratik Uygulamalar

Soma Bölgesinde dekapajda kullanılan yükleyicülerden ikisi  $6 \text{ yd}^3$  ( $4.6 \text{ m}^3$ ), dört tanesi ise  $4 \text{ yd}^3$  ( $3.1 \text{ m}^3$ ) kepçe kapasiteli paletli ekskavatörlerdir. Büyük kapasiteli ekskavatörler 12-13 m arasında değişen ayna yüksekliğinde ilerlemektedir. Daha küçük kapasiteli ekskavatörlerin çalıştıkları ayna ise 9 m. civarındadır.

Ekskavatörlerin bir yıllık çalışma değerlerine ait MKF, İF ve GR değerlendirilmeleri Tablo Vm'de özetlenmiştir. Ekska-

Tablo VIII  
(1972) Ekskavatör Performans Değerlendirmeleri

Yükleyici Makine	Kepçe kapasite yd <sup>3</sup>	Periyot Süresi sec	Toplam saatler			Yükleme		M.K.F. %	İ.F. %	G.R. %
			Filii G.	Arıza	E Durma	x 1000 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h			
1 No MARION	4	24	3057	329	762	630	206	92.0	86.3	79.3
2 No MARION	4	24	543	285	714	79	145	81.0	45.0	36.6
3 No MARION	4	24	2880	421	506	570	197	88.9	89.9	79.0
4 No MARION	4	24	2620	216	1204	449	171	94.6	76.4	72.3
5 No EXPORT	6	23	3205	312	611	1000	310	92.4	90.2	83.3
6 No EXPORT	6	23	2534	323	1580	690	272	92.1	67.4	62.1

vatörlerle ilgili yükleme değerleri bütün bir yılın ortalaması olduğundan istatistiksel anlamda güvenilir neticelerdir. Çeşitli pa-sa durumlarına göre yapılan kronometrajlarda 6 yd<sup>3</sup> lük ekskavatörlerin saatte 360 m<sup>3</sup> (yerinde) ve 4 yd<sup>3</sup> lük ekskavatörlerin 220 m<sup>3</sup>/saat (yerinde) yüklemeye yapabildikleri tesbit edilmiştir.

Yükleme kronometrajlarından çıkarılan sonuçlara göre, saatlik yüklemeye en büyük rolü oynayan faktör ekskavatör periyot süresidir. Periyodu etkileyen faktörler ise, marnın gevşetilme derecesi, operatör mahareti ve kamyonun ekskavatöre göre yanaşma pozisyonudur. Kamyonun, yükleyici makinenin uzağına veya çok yakınma yanaşması durumlarında, her boşaltma anında kepçe kolunun ileriye veya geriye çekilmesi gerektiğinden devir (periyot) süresi artacaktır. (Fotoğraf 4 uygun bir yanaşma ve yüklemeye pozisyonunu göstermektedir.)

Ekskavatörlerin yüklemeye randımanlarına etki eden diğer bir faktör ise iri maralı bir aynada yüklemeye yapılırken ortaya çıkmaktadır. Marn tabakalarının en üst bölümü küli toprak üe karışmış çok iri marn parçalarını ihtiva etmektedir. Ateşleme anında ortaya çıkan gerilim dalgalarının etkisi altında killi toprak plâstik akışa uğramakta ve gerilim dalgalarının yayılma şiddetini azaltmaktadır. Böylece kırılma istenen şekilde gerçekleşmemekte ve iri marn parçalarına yer yer rastlanmaktadır.



Fotoğraf 4 — Uygun bir yanaşma ve yükleme pozisyonu (GL t- Soma)

Ekskavatör operatörü böyle bir ayna ile karşılaştığında, büyük parçaları kepçe içerisinden geçiremediğinden yakınında biriktirmek mecburiyetinde kalmaktadır. İri parçaların aynadan emniyetli bir şekilde alınması zaman kaybına ve yükleme randımanının düşmesine yol açmaktadır. Fotoğraf 5'te yüklemeye elverişsiz iri marn parçaları görülmektedir.

Yükleme yapılan aynaya göre ekskavatör pozisyonunun da çalışmaları ve randımanı etküediği göze çarpmıştır. Eğer ekskavatör yatım doğrultusunda (önden) yükleme yapmakta ise, iyi gevşetilmemiş bir aynada marn parçalarını tabandan koparıp yüklemek güçleşmekte ve tırnak kalmasına sebebiyet verilmektedir. Tecrübelerle göre, yatıma dik doğrultuda (yandan) yükleme yapıldığında bu mahzur ortadan kalkmakta ve devir süresi kısalmaktadır. Fotoğraf 6'da yatana göre yandan yükleme yapmakta olan ekskavatör görülmektedir.

Bünyesinde çok sayıda yükleme ve taşıma aracı bulunan oldukça büyük açık işletmelerde, bu araçlar arasında optimum randımanı sağlayacak kombinasyonu hesaplamak ve uygulamak probleminde elektronik föügi işlem yöntemleriyle çözüm aranmaktadır (20).



**Fotoğraf 6 — Yatıma göre yandan yükleme şekli (Gil - Soma)**

Ekskavatör çalışma süresi boyunca en çok değişmesi gereken parçalar kepçe dişleri ve kepçe halatlarıdır. 1973 yılının ilk 6 aylık çalışmaları esnasında tutulan istatistiklere göre 6 yd<sup>3</sup> lük ekskavatörlerde kepçe halatı, 190-240 saatlik çalışma veya 60.000-75.000 m<sup>3</sup> (yerinde) yüklemeden sonra kopmaktadır. Kepçe kapasitesi 4 yd<sup>3</sup> olan ekskavatörlerde ise kopmalara 280-440 saatlik çalışma veya 56.000 - 88.000 m<sup>3</sup> (yerinde) yüklemeden sonra rastlanmaktadır. Kepçe halatları (kazı halatı) kopma süreleri arasındaki farklılık doğrudan doğruya yüklenen malzeme cinsine bağlıdır.

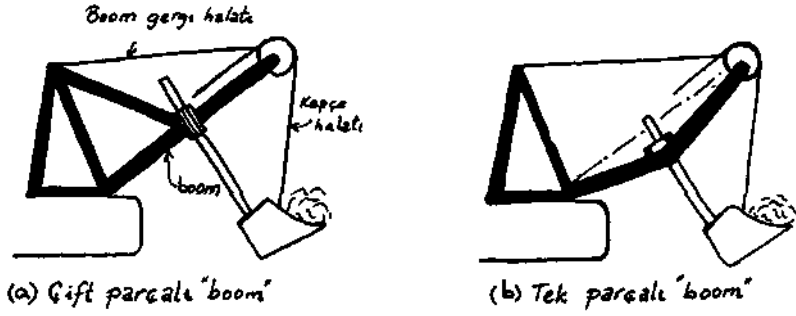
#### 2.5.2. Ekskavatör Seçiminde Bazı Prensipler

Maden işletmecülerini araç seçiminde çok defalar müşkül durumlarda bırakanı unsur, aynı işi yapma kapasitesinde olduğu imalâtçı firmalar tarafından iddia edilen değişik tip makine teklifleri arasından en uygununu tesbit etmekte ortaya çıkmaktadır.

Konu çok geniş kapsamlı olup, madencilik sahasının dışına da taşmaktadır. Ancak, maden mühendisliği açısından bazı ana

prensiplerin bilinmesinde fayda vardır. Aşağıda, fiyat faktörü dışında, dikkat edilmesi gereken bazı dizayn prensipleri gösterilmiştir.

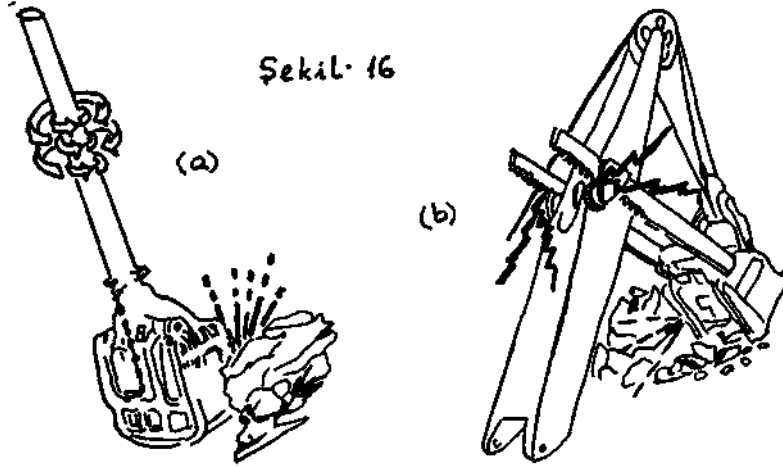
a) Ekskavatör kepçe kolunu taşıyan "boom"un iki parçalı kanstrüksiyondan olması sert kazılar için elverişlidir. (Şe-



Şekil 15

kil 15a) Tek parçalı "boom" bükme kuvvetlerine karşı dayanıklı değildir. (Şekil 15b).

b) "Boom"u askıda tutan gergi halatları iki veya daha fazla sayıda olmalıdır. Halatlardan birinin kopması halinde diğerleri "Boom"un yıkılmasını önler.

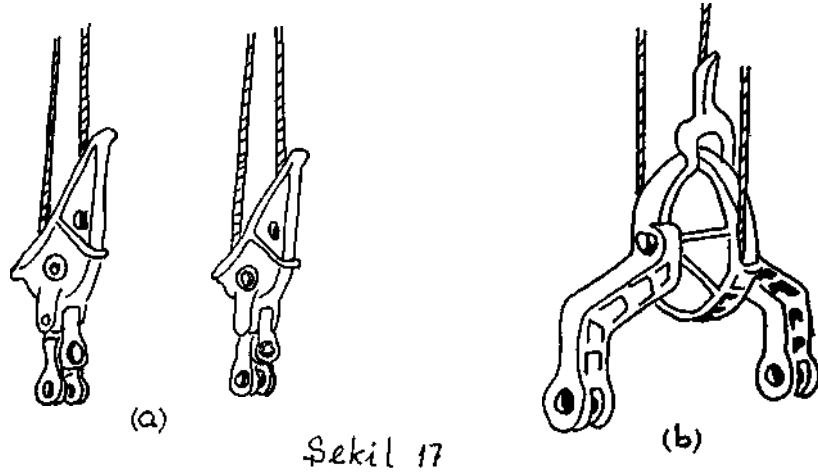


Şekil 16

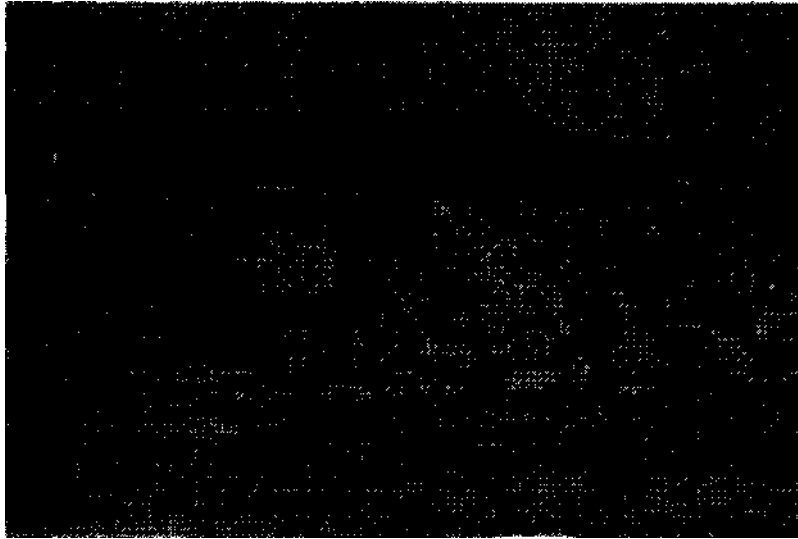


c) Silindir şeklindeki kepçe kolu (Şekil 16a), dişli ve prizmatik olanlara (Şekil 16b) tercih edilmelidir. Kolun hareketini sağlayan dişliler sert kazılarda çabuk aşınıp kırılmaktadır.

d) Kepçe halatının kepçe ile bağlantısı çift makara ve halatlarla olmalıdır. (Şekil 17a) tek makara ve halat kepçeye



Şekil 17



Fotograf S — Kepçe kapasitesi 4.5 m<sup>3</sup> olan ekskavatörün yükleyemediği iri marn parçaları (GLt - Soma)

"boynuzlar" ile bağlantılı olduğundan iri parçalı yüklemelerde kepçenin tıkanmasına yol açar (Şekil 17b) Fotoğraf 5'te görülen iri parçaların bir kısmı bu sebepten yüklenememiştir.

e) Ekskavatör "boom" ve denge ağırlıkları fazla olmamalıdır. Böylece "swing" atalet momenti, dolayısıyla "swing" süresi kısaltılmış olur (16).

### 2.5.3. Kamyonlar ve Taşıma

Tablo I'de dekapajda çalışan kamyon tonajları ve adetleri gösterilmiştir. Her ekskavatörde çalışan kamyonların günlük sefer adetleri ve çalışma saatleri ayrı ayrı tutulmaktadır. Çalışma saatleri kayıtlarına göre, kamyonların mekanik kullanım faktörleri:

45 tonluk Terex'lerde	=	1%85
28 " Belaz "	=	1%91
22 " Euclid "	=	1%59 kadardır.

Euclidlerin uzun yıllardan beri kullanılmakta olmaları (20.000 - 25.000 saat) düşük M.K.F. değerlerini vermektedir.

Kamyonlar yol eğimi  $\pm$  %6 arasıda değişen 800 -1200 m. uzaklıktaki döküm sahalarına mamı taşımaktadır. Kamyonların lastik giderleri, dekapaj masraflarının önemli bir oranını kapsamaktadır. Bölgede son dört yıllık istatistiklere göre yeni lastiklerin ortalama 2500 - 3000 saat arasıda ömürleri olmaktadır. Kaplama lastiklerde ise dayanma süresi 900 -1200 saat arasıda değişmektedir. Kamyonlardan yollara düşen taşlar, fazla yük, engebeli yol, çukurluklar, yağ ve hatalı lastik hava basıncı lastiklerin ömrünü kısaltan ana unsurlardır. Lastiklerden en iyi biçimde faydalanma yolları başka bir yazıda (17) ayrıntılı olarak bahsedümiştir.

### 3. Sonuç ve öneriler

Delme, ateşleme, yükleme ve taşıma gibi açık işletmeciliğin ana faaliyetleri birbirleriyle çok yakından bağlantılıdır. Ateşleme faaliyetlerinde bilinçli olarak yapılacak ilâve giderler, di-

ger ana faaliyetlerden maksimum randımanı elde etmeyi sağlayabilir.

Delme safhasında çalışan makinelerin tipleri ve çalışma sistemleri değişik olduğunda, herbir makine en çok randımanlı olduğu arazide çalıştırılmalıdır.

Ateşleme dizaynı yapılmadan önce, infilâk mekanizması iyice anlaşılmalı ve ANFO karışımlarının hazırlanma ve şarjı esnasında gerekli titizlik gösterilmelidir. Ateşleme ile ilgili teorik hesaplamalar halen birçok basitleştirici varsayımlara dayandığından, teorinin açıklığa kavuşturamadığını pratik çalışmalardan elde etmek mümkündür. MUi-saniye gecikmeli kapsüllerin kullanıma deneyleri, arka kırılma etkisini azaltması bakımından yapılmalıdır.

Ekskavatör-kamyon ikilisi üe örtü tabakası kaldırma işlemlerinde optimum verimi elde etmek için iş hacmi, kepçe kapasitesi ve kamyon tonajı arasındaki bağıntının tam olarak anlaşılması ve uygulanması gerekir.

Açık işletme ve araçlarının büyük bir kısmı dış ülkelerden temin edildiğinden, çalışma koşullarının (arazi cinsi, sertlik, iklim, v.s.) ve araç seçim kriterlerinin (performans değerlendirmeleri, mekanik faktörler v.s.) doğru ve ayrıntılı tesbiti, mühendislik hizmetlerinin önemli bir unsuru olarak düşünülmelidir.

#### **Bibliografik Tanıtım**

1. "Rotary Drilling with Automated Controls", Engineering and Mining Journal, August, (1974).
2. "Big Muskie, King of Giants", Coal Age, December, (1969).
3. "Stripping Two Seams at Captain with a 180 cu. yd dipper", Coal Age, Feb., (1969).
4. "Equipment News", Coal Age, July, (1972).
5. BRINKMANN, R. et al., "Soma Dağlarının Jeolojisi", MTA Dergisi, Sayı 74, Nisan, (1970).
6. JUDD, W., HUBER, C, "Correlation of Rock Properties by Statistical Methods", Intern. Symp. Mining Res., Univ. of Missouri, Pergamon, (1962).

7. COATES, D. F., "Rock Mechanics Principles", Dept. Mines and Technical Surveys, Ottawa, Mines Branch Monograph 874, (1965).
8. "Ripping or Blasting", Engineering and Mining Journal, May, (1965).
9. "GLİ Soma Bölgesi için Sismik Analizler ve tavsiye edilen makineler", Çukurova İthalat ve ihracat T.A.Ş. (yayınlanmamış), (1968).
10. "How Caterpillar-Built Tractor-Rippers Cut Rock Moving Costs", Caterpillar Tayını.
11. Mac KENZIE, A.S., "Cost of Explosives", Mining Congress Journal, May, (1966).
12. ATCHISON, T. C., "Fragmentation Principles", Surface Mining, Ed. E. P. FELEIDER, AIME, (1968).
13. COOK, M. A., "The Science of High Explosives", Reinhold Publishing Corporation, New York, (1958).
14. HINO, K., "Theory and Practice of Blasting", Nippon Kayaku Co., Asa, Japan, (1989).
15. ATKINSON, T., "Selection of Open-Pit Excavating and Loading Equipment", Trans. IMM., July, (1972). Türkçesi: ö. Ünver, Madencilik, Eylül, (1972).
16. ATKINSON, T. "Açık işletmecilik Ders Notları", Londra Univ., Imperial College, RSM., (1970). (yayınlanmamış)
17. EIGO, D.P., CHASE, C. H., "Getting the most out of mine tires", Engineering and Mining Journal, June (1960).
18. GAZANFER, S., "Açık işletmelerde Ekskavatör-Kamyon Hesaplamaları", GLt Linyit Bülteni ,Sayı H, (1973).
19. GAZANFER, S., "Kaya Mekaniği ve Açık işletmelerde Şev Stabilitesi", Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik UT. Kongresi, Şubat, (1973).
20. GAZANFER, S., "Açık işletme Operasyonlarına Bilgisayar (Komputer) Yöntemlerinin Uygulaması", (Henüz yayınlanmamış).