

3

GENEL MADENCİLİK

A
işletme

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 m⁸ örtü tabakası kaldırabüen 170 m⁸ kova kapasiteli draglayn (2) ve 137 m⁸ 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 etüdlarinde çok değerli bügi 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 m⁸ 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 m⁸ (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 _y	E	132 KW	150mm Ø	2	Rotary
Y Ü K L E M E	M. EXPORT 9KF 460	E	250 KW	6 yd ³ kepçe	2	Shovel
	MARION III.M	E	148 KW	4 yd ³	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 ³ /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 ³	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 / m³

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 ²	Baskı alanı Cm ²	Kırılma yükü (Ton)	Baskı mukavemeti (Kg/Cm ²)	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 vermiyeceği sonucuna varılmıştır.

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

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 .ekskavatörlerin yükleme yap-

tığı ayna tabanının kopartılamayan kısımlarına mar-to-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

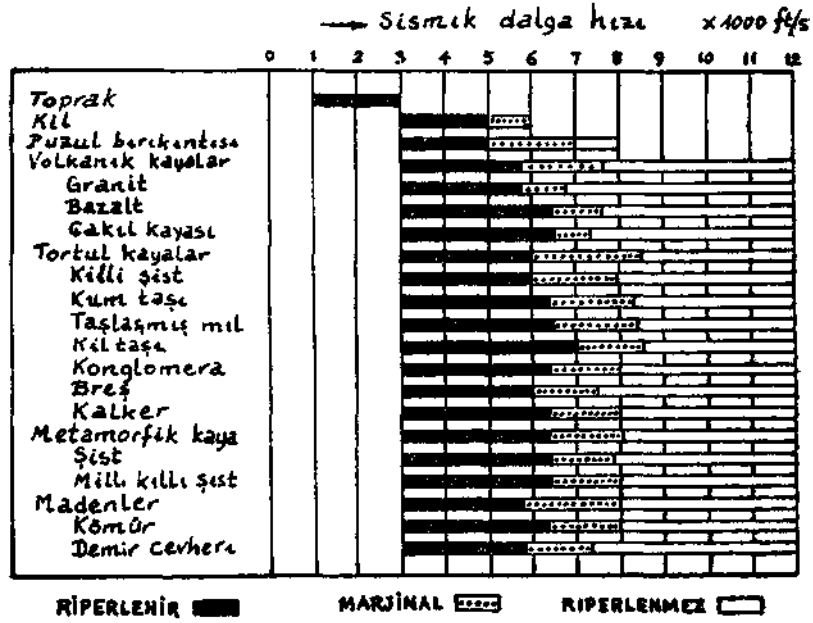
Son yıllarda birçok açık işletmelerde delme ve ateşleme yerine ripperleme usulünün uygulanma teşebbüsleri, ripperlemenin avantajları üzerinde değişik yorumların doğmasına sebebiyet vermiştir (8). Bazı işletmelerce ripperlemenin, delme ve ateşleme giderlerinin %50'sine mal olduğu iddia edilmektedir.

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 performansı(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	Paali Ç.	Arıza	Z.durma	M.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

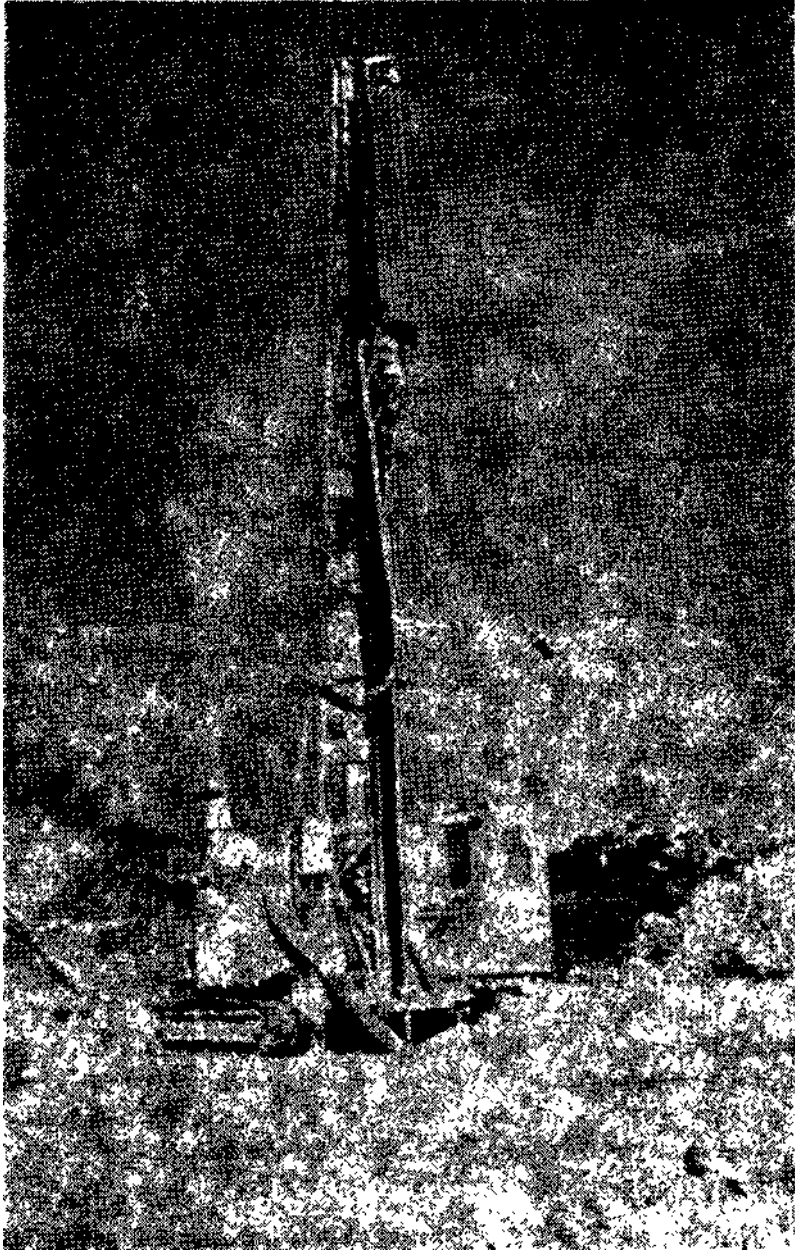
M.K.F. = Mekanik Kullanım Faktörü

I.F. = İşletme Faktörü

yaşla basit yapıya sahip olup daha az işletme giderleri gerektirmektedirler. Diğer taraftan, dizelli makineler daha fazla hareket serbestisine hâs 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 hareketine 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 kolektörü ise deliğin başına kadar uzanan hortum yardımıyla kaya parçacıkların delik yakınında biriktirmekte, tozu ise atmosfere püskürtmektedir. Biriken kaya parçacıkları sonradan sıkılama dolgusu olarak kullanılmaktadır.

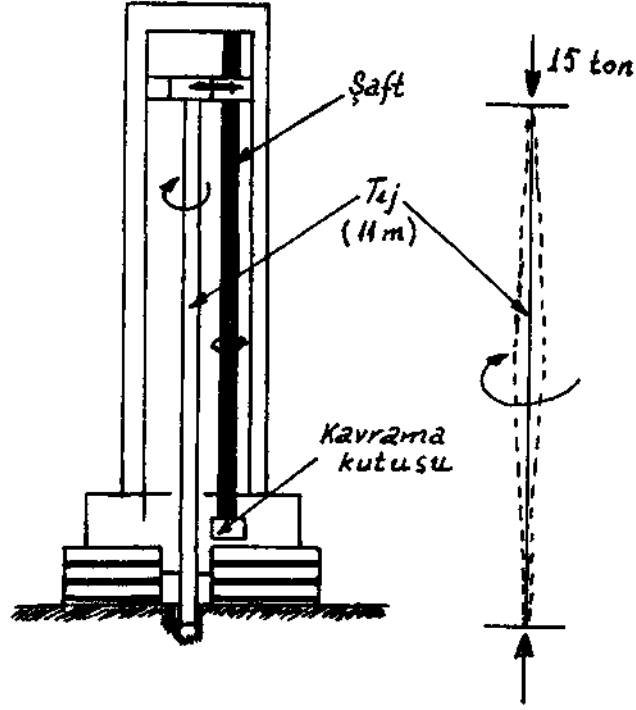
Failing delici makinesinde matkabın dönüşü değişik bir çalışma sistemine göre hazırlanmıştır. Ana motorun döndürdüğü yatay şaft, hareketli dişli ve kelepçeli kavramalar yardımıyla kule üzerindeki şafta üetmektedir. Bu şaft ise dişliler vasıtasıyla kendisine paralel bulunan tiji döndürmektedir. Ana motordan 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/dak			Delik boyu (m)	Delik Çapı	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

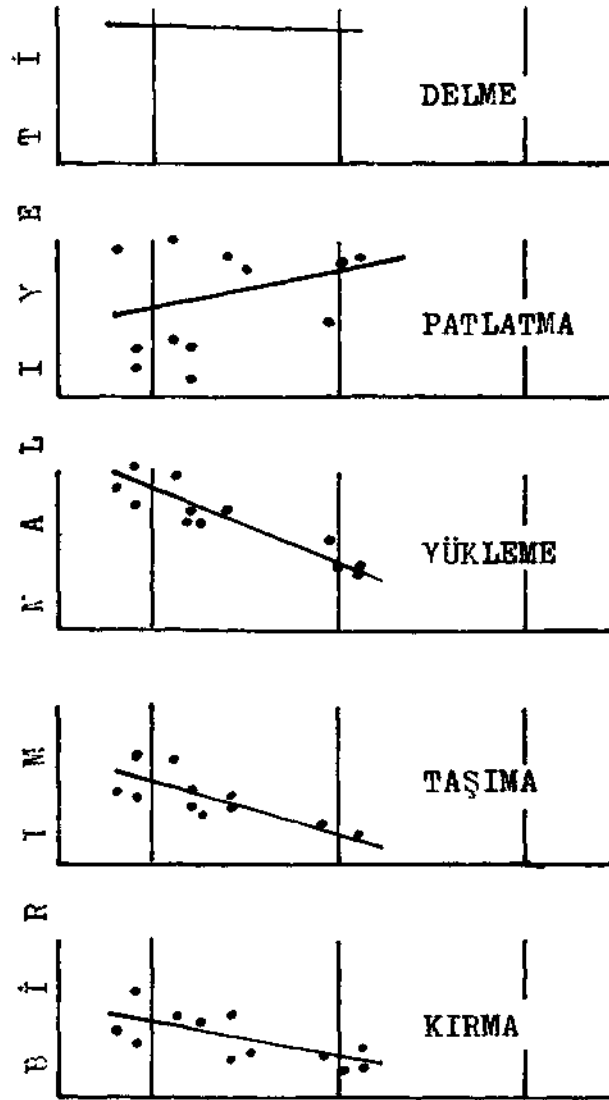
Not: Haus-Herr'ler çift tij ile $2 \times 8 = 16$ m delerler.

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

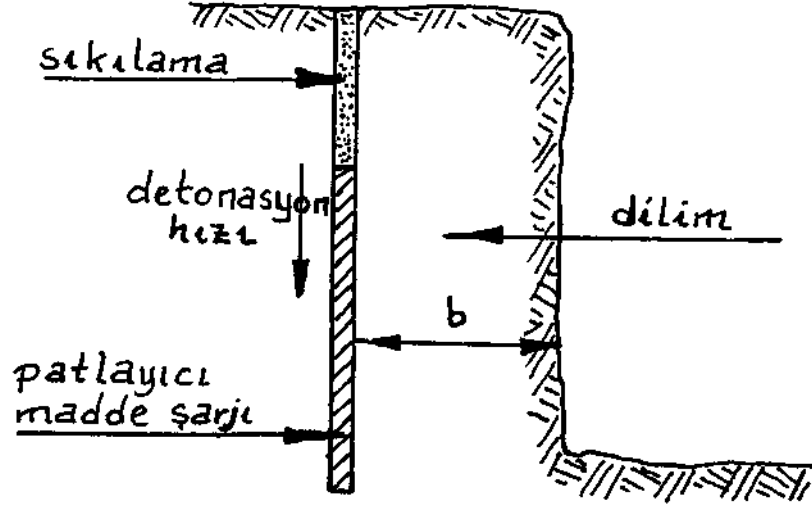
Delme, ateşleme, yükleme, taşıma ve cevher hazırlama gibi madencilik ana operasyonlarının birbirleriyle yakından bağlantılı oldukları açık işletme uzmanları tarafından sık sık iddia edilmektedir. Denüebilir ki, sadece ateşleme giderlerinde bilinçli olarak yapılacak ek harcamalar, diğer ana operasyon 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.

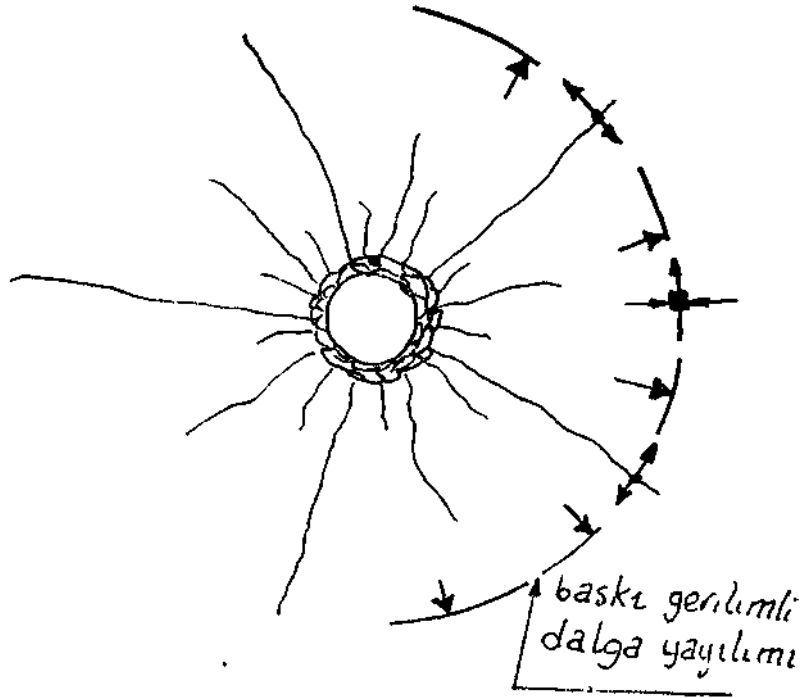
Yukarıdaki enerji türlerinin bazıları faydalı iş görmekte iken diğerleri faydasız hatta zararlı neticeler doğurmaktadır.

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

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-



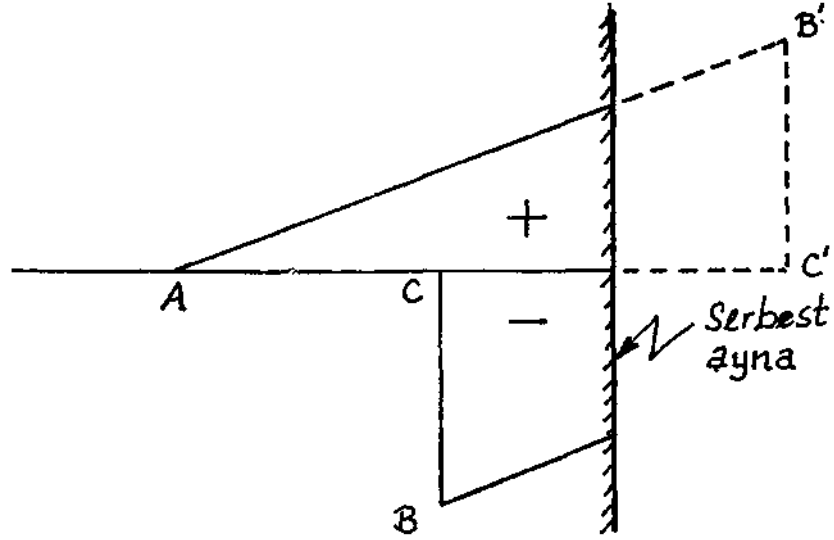
Şekil 5.

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).

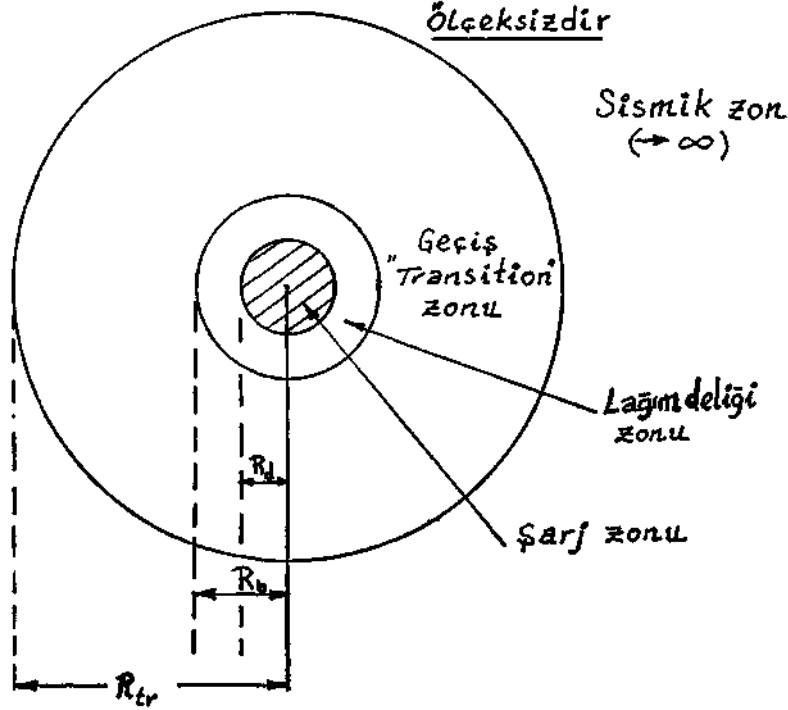
Baskı gerilimli dalgalar ise serbest aynaya ulaştıklarında çekme (tensional) gerilimli olarak yansrlar. Basitleştirici bir varsayım olarak, kompresif dalganın üçgen şeklinde ve düzlemsel (iki-boyutlu) olduğu düşünülürse, serbest aynaya varıldığın-



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 kırma 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;

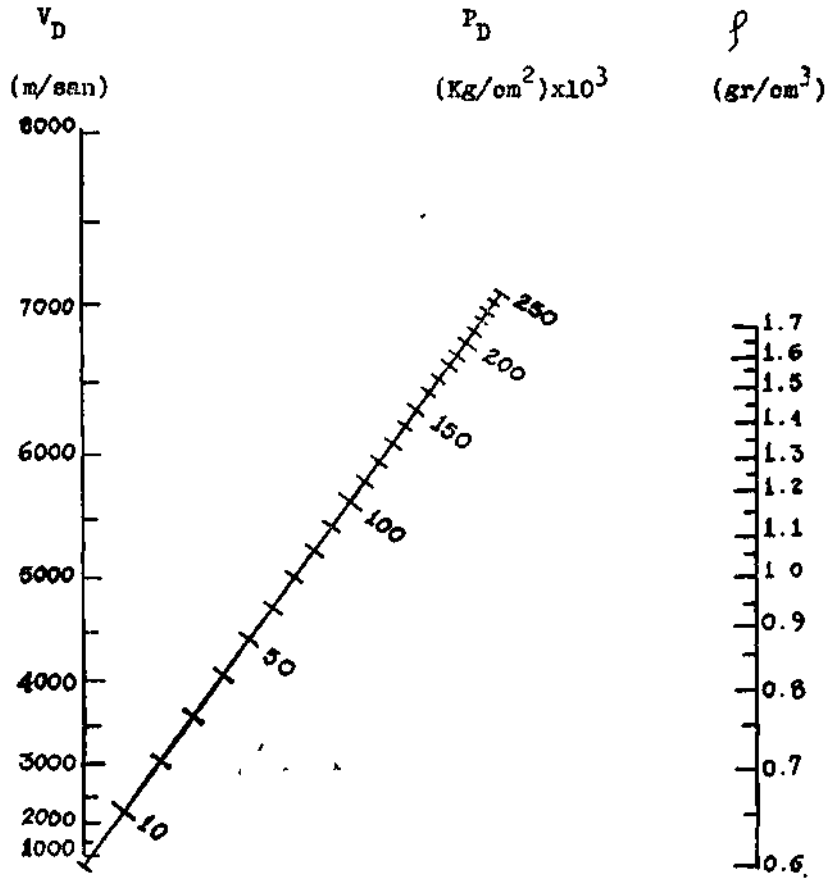
df = tam dilim (full burden) veya kayanın delik başında kırılma mesafesi (Şekil 9)

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-

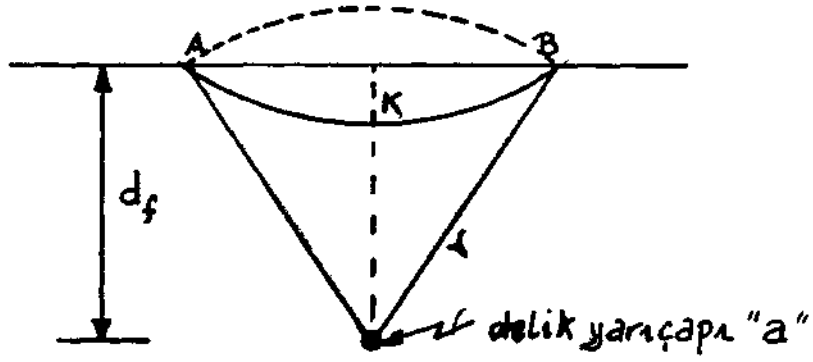


Şekil .8. Patlayıcı madde özgül ağırlığı ρ , detonaayon hızı V Te detonasyon basıncı P_D arasındaki bağıntıyı gösteren nomogram (13)

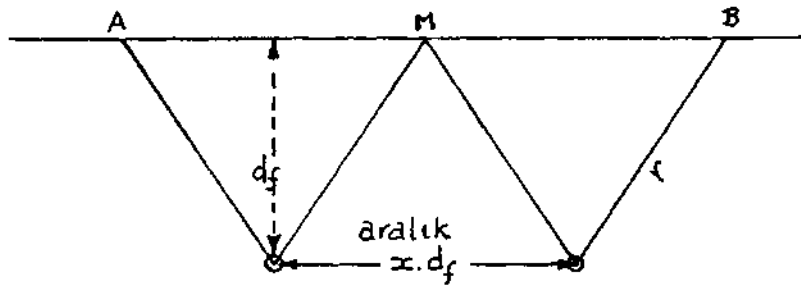
layıcı madde delik cıdarlarıyla temas halinde olduğunda $A=1$ 'dir.

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.

$n=1.5$ ise $x=1.4$

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

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

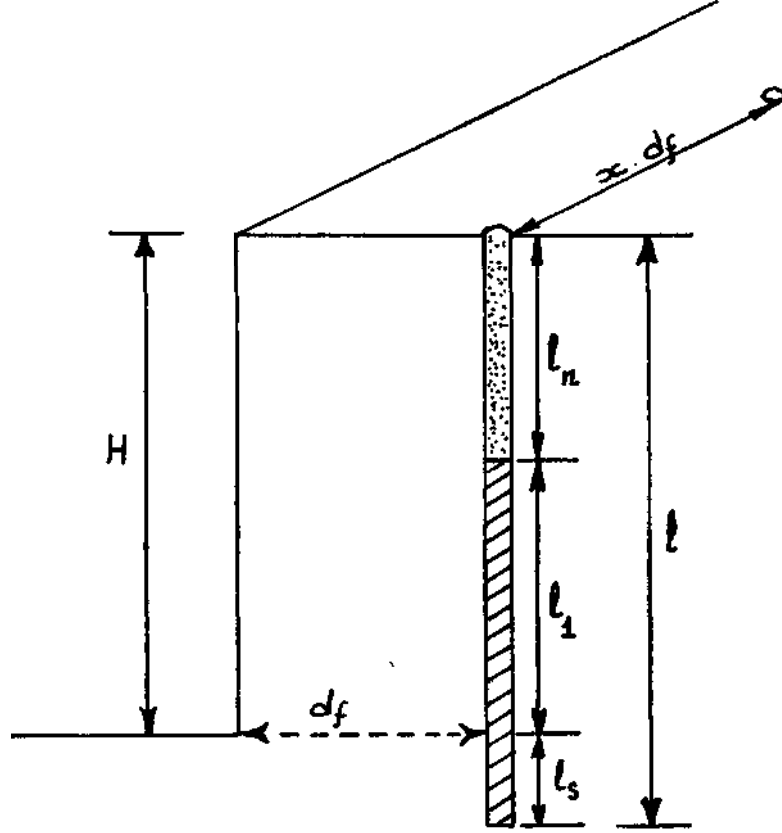
$$I_n = 1.1 d_f \dots\dots\dots (6a)$$

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

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

değerleri seçilmektedir. Şekil 11'den;

- L_n = lâğım deliği sıkılama 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 gr/cm^3 ve detonasyon hızı 4000 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 $A = 1$ '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 ²	48	48	41	41	33	33	S_{st} = statik çekme muk.
Çekme mukavemeti, S_{dn} ,	kg/cm ²	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

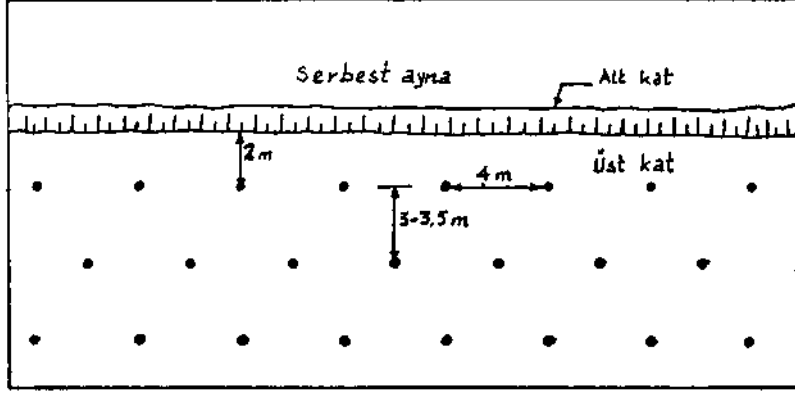
Yukarıdaki hesaplamalardan anlaşılacağı gibi, ateşleme geometrisi ve ilgili diğer parametreleri bazı kabullenmeler yapmaksızın bulmak imkânsızdır. Fakat hesaplamalar neticesi elde edilen değerlerin Soma'da daha önce pratik tecrübeler neticesi bulunmuş ve kullanılmakta olan değerlere çok yakın olması 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) m³ 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 ³	Patlayıcı madde Cinsi					
		T.A. Nitrat		Grazolın Kl + Gom II		E Kapsül	
		kg	gr/m ³	kg	gr/m ³	Adet	Adet/m ³
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
Toplam	3 515 000	1 042 000	—	42 284	—	25 620	—
Ortalama	—	—	296	—	15	—	0,0072

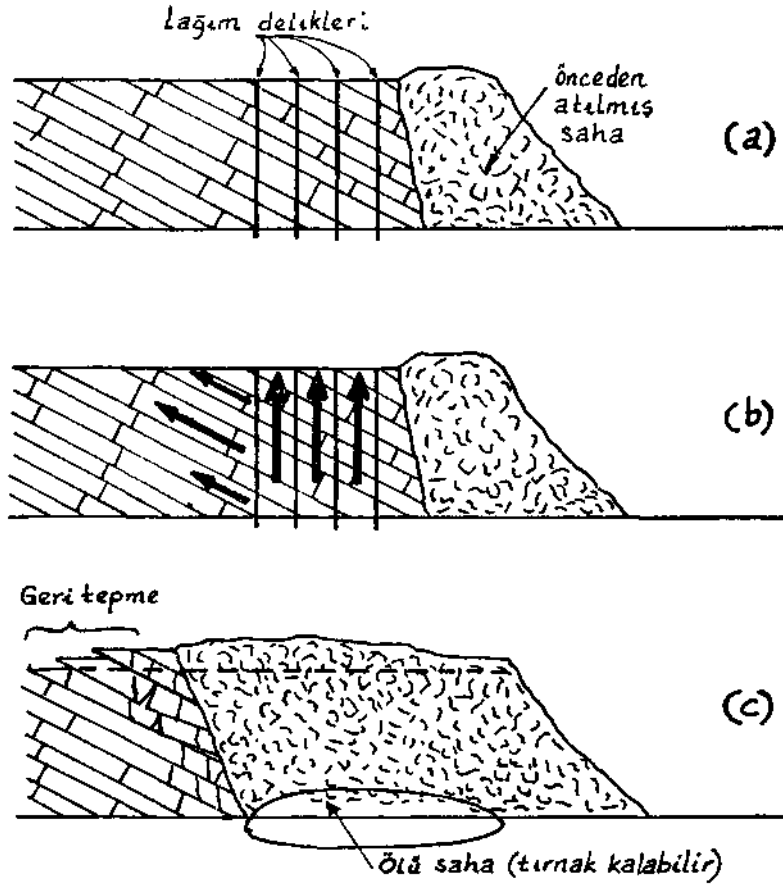
* 5 No Vinç Topu Panosunda sulu deliklerde genellikle 125 mm ϕ Gom II A1 kullanıldığından



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

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

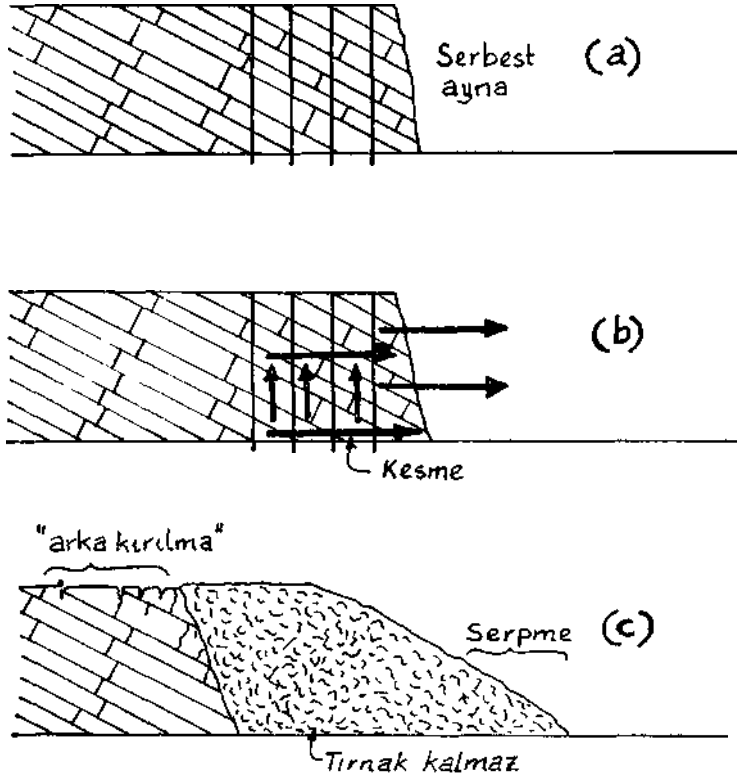
Ateşlemeler genellikle Şekil 13'te görüldüğü gibi önceden ateşlenmiş malzemenin arkasmda yapılmaktaydı. Yazarınkanı



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 görüldüğu gibi ana hareket yatay yönde ve serbest ayna doğrultusunda gerçekteşmekte, 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 önlenilmektedir. 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 çalıştıkları kabul edilerek hazırlanmıştır. Gerçekte bakım ve arızalardan dolayı aylık plânlamalarda kamyonların Genel Randımanı 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 yd^3 (4.6 m^3), dört tanesi ise 4 yd^3 (3.1 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 ³	Periyot Süresi sec	Toplam saatler			Yükleme		M.K.F. %	İ.F. %	G.R. %
			Filii G.	Arıza	E Durma	x 1000 m ³	m ³ /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 yd³ lük ekskavatörlerin saatte 360 m³ (yerinde) ve 4 yd³ lük ekskavatörlerin 220 m³/saat (yerinde) yükleme yapabildikleri tesbit edilmiştir.

Yükleme kronometrajlarından çıkarılan sonuçlara göre, saatlik yüklemede en büyük rolü oynayan faktör ekskavatör period süresidir. Periodu 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 gerekeceğinden devir (period) süresi artacaktır. (Fotoğraf 4 uygun bir yanaşma ve yükleme pozisyonunu göstermektedir.)

Ekskavatörlerin yükleme randımanlarına etki eden diğer bir faktör ise iri maralı bir aynada yükleme 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 foügi 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 yd³ lük ekskavatörlerde kepçe halatı, 190-240 saatlik çalışma veya 60.000-75.000 m³ (yerinde) yüklemekten sonra kopmaktadır. Kepçe kapasitesi 4 yd³ olan ekskavatörlerde ise kopmalara 280-440 saatlik çalışma veya 56.000 - 88.000 m³ (yerinde) yüklemekten sonra rastlanmaktadır. Kepçe halatları (kazı halatı) kopma süreleri arasındaki farklılık doğrudan doğruya yüklenen malzeme cinsine bağlıdır.

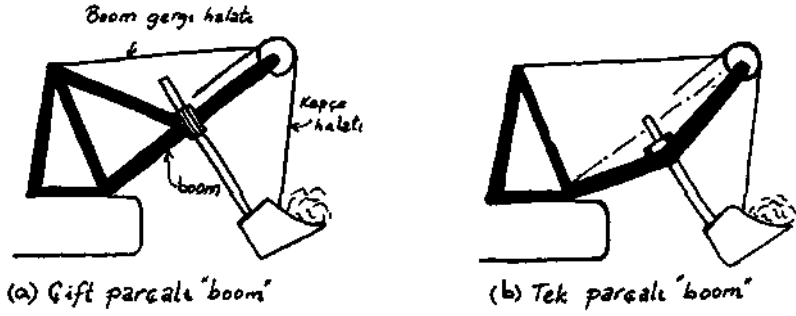
2.5.2. Ekskavatör Seçiminde Bazı Prensipler

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.

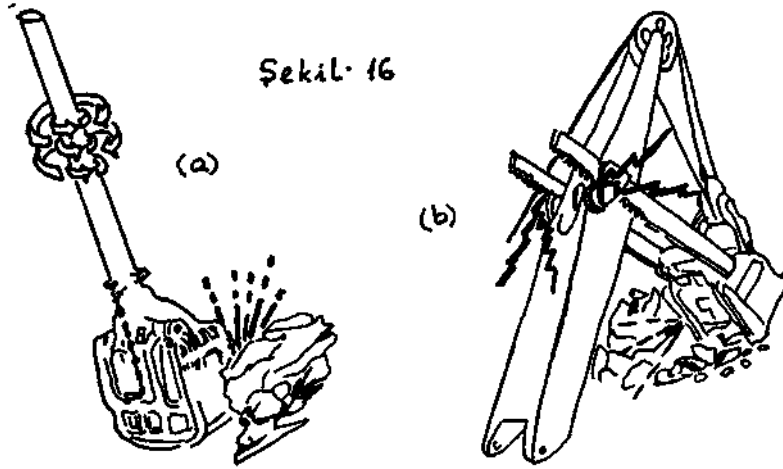
a) Ekskavatör kepçe kolunu taşıyan "boom"un iki parçalı kanstrüksiyondan olması sert kazılar için elverişlidir. (Şe-



Şekil 15

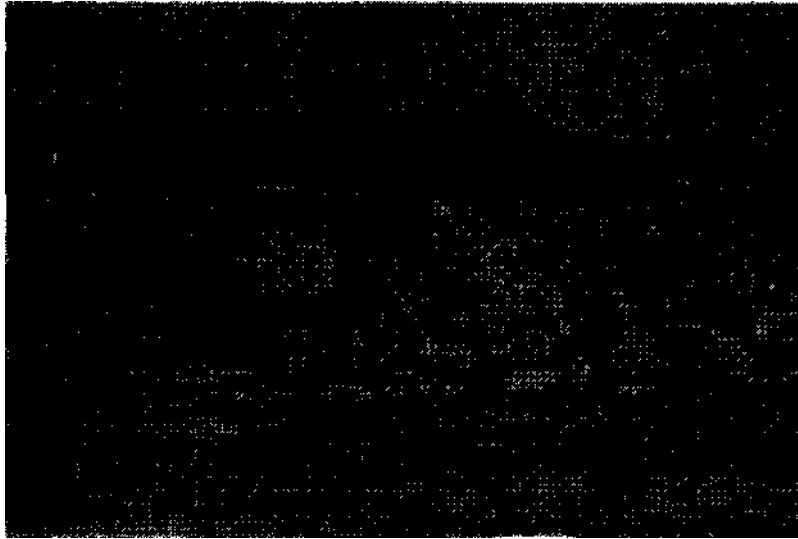
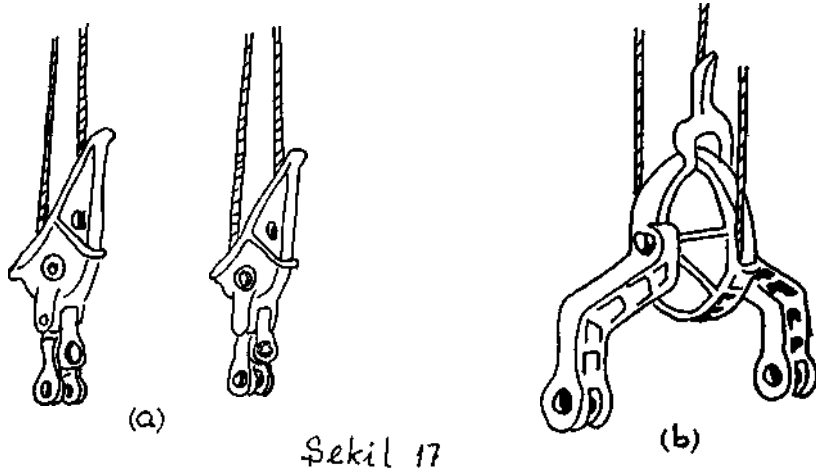
kil 15a) Tek parçalı "boom" bükme kuvvetlerine karşı dayanıklı değildir. (Şekil 15b).

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



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



Fotograf S — Kepçe kapasitesi 4.5 m³ 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 olmalıdır. 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 kullanılma 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 Linyel Bülteni ,Sayı H, (1973).
19. GAZANFER, S., "Kaya Mekanikliği 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).

PULLUKLU KAZIDA ÖNGERİLMENİN PULLUK ZİNCİRİ VE TESPİT SİSTEMİ KUVVETLERİNE YAPTIĞI ETKİNİN ARAŞTIRILMASI

Naci BÖLÜKBAŞI*

özet

Pullukta kazıda üzerinde durulması gereken sorunlardan biri de, pulluk zincirine uygulanan öngerilme miktarının doğru olarak seçilmesidir. Çekme kuvvetine bağlı olarak değişik değerler alması gereken öngerilmenin, doğru olarak seçilip uygulanmaması birçok kazalara neden olmaktadır.

Değişik öngerilmelerin pulluk zinciri ve ayak başlarındaki tespit sistemlerinde oluşturacağı kuvvetlerin araştırılması, yeraltında emniyet açısından sakıncası ve gerekli elektriksel ölçü sistemlerinin uygulanmasındaki güçlüklerden dolayı, V⁴ ölçekli bir model pulluk kullanılarak laboratuvarda yapılmıştır (1). Tebliğde bu araştırma ile bulunan pratik sonuçlar verilmiş, ve bunlar teorik olarak hesaplanan sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Abstract

One of the most important problems in coal ploughing is the correct selection of the chain pre-tension. If the correct pre-tension, which varies according to the value of the haulage force, is not applied to the haulage chain, various accidents at the longwall face may occur.

Since it is very difficult to make the necessary instrumentation and no safe to carry out experiments underground

(*) Dr. Mad. Y. Müh., O.D.T.Ü. öğretim Üyesi, Ankara.

to study the effect of pre-tension on chain, and anchorage forces, this study was carried out in the laboratory using a 1/4 scale model plough. In this paper the theoretical relationships between pre-tension, haulage force, trailing chain force and anchorage forces are described and the experimental results are compared with the theoretical results.

1. Giriş

Kömür pulluğu, uzun ayağın her iki ucundaki tespit sistemlerine yerleştirilmiş dişlilerin üzerinden geçen bir sonsuz zincir üe ayak boyunca ileri geri hareket eder. Zincirin hareketi, dişlülerden birinde veya her ikisinde de motor kullanılarak sağlanır. Ayak boyunca uzanan bu zincirde, gerilme sonucu toplanan enerji her zaman bir tehlike kaynağıdır. Bu durum aşağıda belirtilen kazalara neden olabilir.

- a. Gevşek olan zincirin ani hareketiyle almda bulunan işçilere çarpmasından oluşan kazalar.
- b. Zincir kopması neticesi boşalan zincir ucunun ani hareketiyle oluşan kazalar.
- c. Zincir gerilmesinin serbest bırakılması ve pulluk bakım sırasında pulluğun ani hareketi üe oluşan kazalar.
- d. Fazla eğimli ayaklarda zincir kopması neticesi pulluğun aşağı doğru kaymasıyla oluşan kazalar.
- e. Çekme zincirinde meydana gelebilen yüksek gerilmeler, eğer ayak başlarındaki tespit sistemleri kapasitesi yetersiz ise, tespit sisteminin hareketine, dolayısıyla kazalara sebep olabilir.

Yukarıda belirtilen kazaların en az düzeye indirilmesi için, sonsuz zincirde hem gevşeklik hemde yüksek gerilme olmamalıdır. Bunun sağlanmasında pulluk zincirine verilecek öngerilme miktarının yeterli olması gerekir, öngerilme lüzumundan az olduğunda, pulluğu izleyen zincir kazı sırasında gevşeklik kazanmakta, fazla olduğunda ise, çekme zincirindeki gerilme ve tespit sisteminde oluşan kuvvet çok yüksek düzeylere çıkmaktadır.

Araştırma 1/4 ölçeğine göre inşa edilmiş bir model ayakta, "Gleithobel" tipi pulluk kullanılarak yapılmıştır. Temsili kö-

mür, çimento ve toz kömür karışımından, dayanımı ölçeğe göre azaltılmış tabakalar halinde dökülmüştür. Böylece 0,20 m'lik kesme yüksekliği ve 0.18 m'lik tavan oluşturulmuştur. Model ayak, ongenime, zincir gerilmesi, çekme kuvveti ve tespit sisteminde oluşan kuvvetlerin ölçülerek, otomatik olarak kağıt üzerine kaydedilmelerini sağlayacak biçimde, gerekli elektriksel ölçü sistemleri ile donatılmıştır. Yapılan araştırmada pulluk kesme derinliği arttırılarak değişik çekme kuvvetleri elde edilmiş ve zincire değişik öngerilme miktarları uygulanarak, pulluğu izleyen zincir ve tespit sistemlerindeki kuvvetler ölçülmüştür.

Deney sırasında ölçülen kuvvetlerin tam ölçekli bir sisteme dönüştürülmesi için, boyut analizi kullanılarak elde edilen kuvvet boyut faktörü (64) ile çarpılması gerekir.

2. Pulluk Zinciri ve Tespit Sistemlerinde Oluşan Kuvvetlerin Teorik Olarak Hesaplanması (2)

Şekil -1 düz bir zemin üzerine kurulan model ayağı göstermektedir. Görüldüğü gibi model ayakta çekme, sadece bir motor ve dişli taraftan yapılmakta, diğeri ise dönüş dişlisi olarak kullanılmaktadır. Böyle bir durumda kazı yönüne göre değişik kuvvetler oluşacağından, hesaplamaların ayrı ayrı yapılması gereklidir.

2.1. Pulluğun Çekme Dişlisinden Dönüş Dişlisine Doğru Hareket Etmesi Hali (Şekil - 2 (a)).

Hesaplamalarda aşağıdaki değişkenler kullanılmıştır:

F_j : Pulluğu çeken zincir gerilmesi.

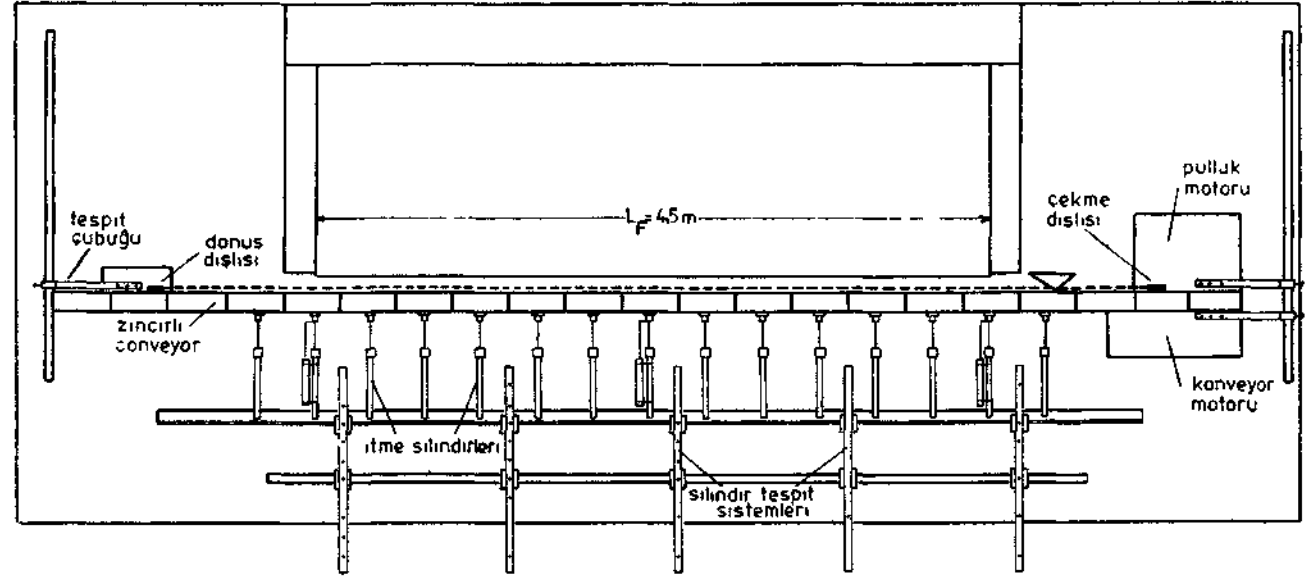
F_2 : Dönüş zinciri gerilmesi.

F_3 : Pulluğu izleyen zincir gerilmesi.

F : Çekme kuvveti (kesme + yükleme + sürtünme kuvveti).

L : Zincir dişlileri arası uzunluk.

l : Pulluğun zincir dişlisinden itibaren aldığı yol uzunluğu.



ŞEKİL-1 MODEL AYĞIN GÖRÜŞÜ

Ad : Dönüş dişlisinin bulunduğu tespit sisteminde oluşan kuvvet.

Aç : Çekme dişlisinin bulunduğu tespit sisteminde oluşan kuvvet.

P_t : Sonsuz zincire verilen öngerilme.

K : Zincir modülü.

Uzun ayakta eğrilik olmadığı ve zincir dişlilerindeki sürünme etkisinin az olduğu kabul edürse, Şekü - 2 (a) mn incelenmesiyle;

$$F_i = F_s$$

$$i - «s - üs ' - üs - ü$$

olduğu görülür. Sonsuz zincire P_t miktarında bir öngerilme verildiğinde, $F_i = F_2 = F_a \cdot = P_t$ olup, pulluğun kazıya başlamasıyla F_j ve F_2 gerilmeleri artarak zincirlerin uzamalarına sebep olur. Bu uzamalar pulluğu izleyen zincire aktarılarak zincirdeki gerilmeyi azaltır ve eğer öngerilme yeterli değilse gevşeklik meydana getirir. Gevşeklik oluşuncaya kadar toplam zincir uzunluğunun değişmemesinden faydalanılarak, zincirdeki gerilme aşağıdaki biçimde hesaplanabilir:

Eğer uygulanan öngerilme P_t ise;

$$\text{Çekme zincirindeki gerilim artması} = F_i - P_t$$

$$\text{Çekme zinciri uzunluğu} = L - 1$$

$$\text{Çekme zincirindeki uzama} = (F_i - P_t) (L - 1)/K$$

$$F_i = F_a + F \text{ olduğundan,}$$

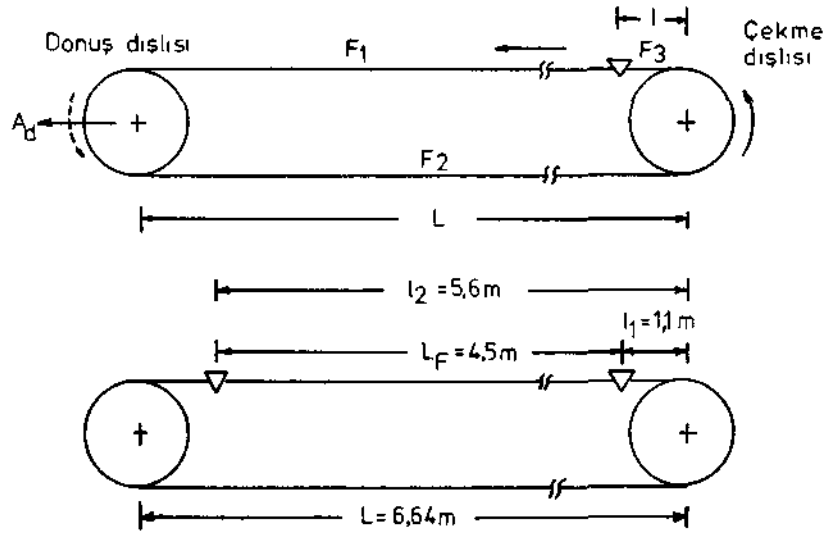
$$\text{Çekme zincirindeki uzama} = (F_3 + F - P_t) (L - 1)/K$$

$$\text{Dönüş zincirindeki gerilim artması} = F_2 - P_t$$

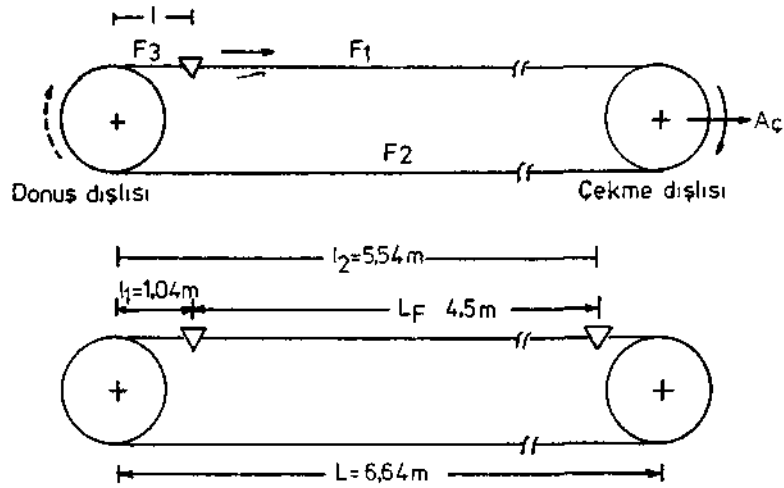
$$\text{Dönüş zinciri uzunluğu} = L$$

$$\text{Dönüş zincirindeki uzama} = (F_3 - P_t) L/K$$

$$F_2 = F - f F_3 \text{ olduğundan,}$$



(a) Kesme yonu çekme dışısından donuş dışısına doğru



(b) Kesme yonu donuş dışısından çekme dışısına doğru

$$\text{Dönüş zincirindeki uzama} = (F_3 + F - P_t) L/K$$

$$\text{Pulluğu izleyen zincirdeki gerilim artması} = F_3 - P_t$$

$$\text{Pulluğu izleyen zincir uzunluğu} = 1$$

$$\text{Pulluğu izleyen zincirdeki uzama} = (F_3 - P_t) l/K$$

Gevşeklik meydana gelinceye kadar zincir uzunluğu değişmeyeceğinden, zincir uzamaları toplamı sifira eşitlenerek F_3 bulunur:

$$\frac{(F_3 + F - P_t) (L-1)}{K} - \frac{(F_3 + F - P_t) L}{K} - \frac{(F_3 - P_t)}{K} = 0$$

$$F_3 = P_t - F \left(1 - \frac{1}{2L}\right) \dots \dots (1)$$

(1) bağıntısında görüldüğü gibi, puluğu izleyen zincirdeki gerilme (F_3), pulluğun ayak içindeki yerine bağlı olarak, aşağıda belirtilen en küçük ve en büyük değerleri almaktadır:

$$1 = 0 \text{ olduğunda, } F_3 = P_t - F \text{ (en küçük)}$$

$$1 = L \text{ olduğunda, } F_3 = P_t - F/2 \text{ (en büyük)}$$

Buradan, F_3 gerilmesinin, ongenime $< F/2$ olduğunda daima sıfır (gevşek), öngerüme $> F$ olduğunda ise daima sıfırdan büyük olduğu görülür. $F/2 < P_t < F$ olduğunda, pulluğu izleyen zincir önce gevşek, ve pulluk $h=2L (1-P_t/F)$ uzunluğunda bir yol aldıktan sonra ise gerginleşecektir.

Şekil - 2 (a) da görüldüğü gibi dönüş dişlisinin bulunduğu tespit sisteminde, zincir gerilmeleri tarafından oluşturulan kuvvet

$$A_d = F_1 + F_2 = 2F_1 = 2 (F + F_3)$$

dir.

2

2.2. Pulluğun Dönüş Dişlisinden Çekme Dişlisine Doğru Hareket Etmesi Hali

Şekil - 2 (b) de görüldüğü gibi, zincir gerilmeleri arasında aşağıdaki bağıntılar vardır:

$$F_a - F_a$$

$$F_2 - F_8 = F$$

$$F_t - F_2 = F$$

F_3 gerilmesi 2.1 de belirtildiği biçimde hesaplanırsa ;

$$F_3 = P_t - F (1/2 - 1/2L) \dots \dots (2)$$

olarak bulunur. Böylece;

$$l = 0 \text{ olduğunda, } F_3 = P_t - F/2 \text{ (en küçük)}$$

$$l = L \text{ olduğunda, } F_3 = P_t \text{ (en büyük)}$$

olacaktır. $P_t > F/2$ ise, F_3 daima sıfırdan büyük, ve eğer $P_t = 0$ ise, F_3 daima sıfır olacaktır. Eğer $0 < P_t < F/2$ ise, puluğu izleyen zincir önce gevşek, ve pulluk $l = L (1 - 2P_t/F)$ uzunluğunda bir yol aldıktan sonra ise gerginleşmektedir.

Şekil - 2 (b) de görüldüğü gibi, çekme dişlisinin bulunduğu tespit sisteminde zincir gerilmeleri tarafından oluşturulan kuvvet

$$Aç = F_x + F_a = F + F_8 + F_3 = F + 2F_3$$

dir.

3. Deneysel Sonuçlar

3.1. öngerilme, Çekme ve Pulluğa İzleyen Zincir Kuvvetleri Arasındaki Bağlılıklar (kazı yönü çekme dişlisinden dönüş dişlisine doğru)

Pulluk zincirine değişik miktarlarda öngerilme uygulanarak, pulluğu izleyen zincirdeki gerilme (F_8), değişik çekme kuvvetlerinde ayrı ayrı ölçülmüştür. Kazı sırasında çekme kuvveti sabit olmayıp, azalma ve çoğalmalar göstererek değiştiğinden, ortalama çekme kuvvetine karşı ortalama zincir kuvveti verilmiştir. Herbir sonuç, genellikle, dört ayrı deneyin ortalaması alınarak bulunmuştur. Tablo-1 ve Şekil-3 alman sonuçları göstermektedir.

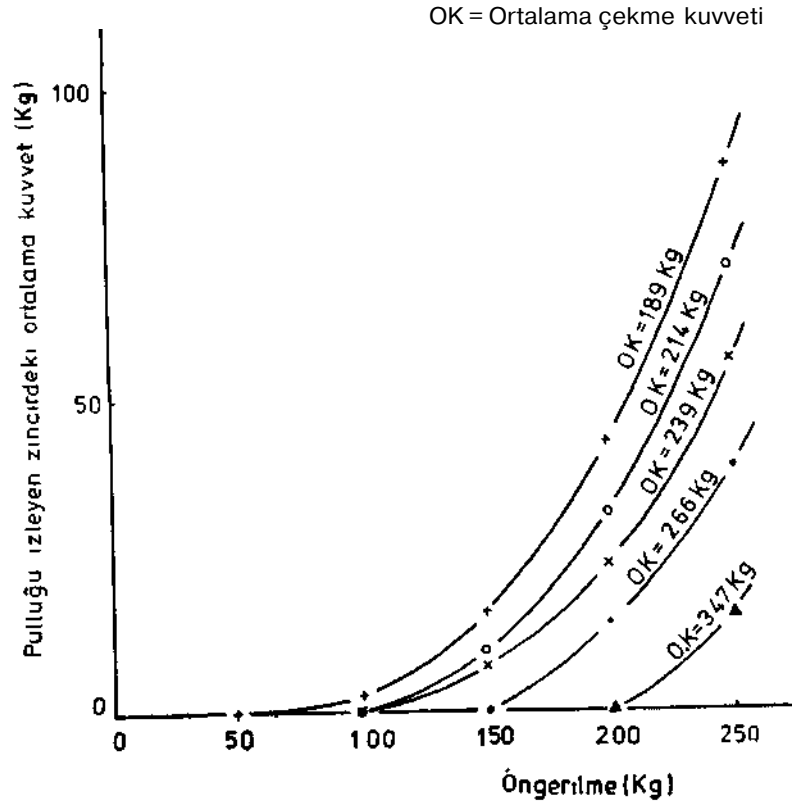
Şekil - 3'de görüldüğü gibi, teorik olarak bulunan (1) bağıntısına uygun olarak, pulluğu izleyen zincir, belirli bir önger-

Tablo 1 — öngerüme, Çekme ve Pulluğu İzleyen Zincir Kuvvetleri Arasındaki Bağlıntılar

Ortalama Çekme Kuvveti (F) Kgf ± Standard sapma	öngerilme (P) Kgt	Puluğu İzleyen zincirdeki ortalama Kuvvet (F ₃) Kgf* ± Standard sapma
188 ± 9	50	0
	100	3 ± 2
	150	16 ± 3
	200	43 ± 7
	250	87 ± 6
214 ± 12	100	0
	150	10 ± 3
	200	32 ± 6
	250	71 ± 2
239 ± 11	100	0
	150	8 ± 2
	200	22 ± 1
	250	56 ± 4
266 ± 13	150	0
	200	14 ± 4
	250	89 ± 7
347 ± 18	200	0
	250	15 ± 5

rilme miktarına kadar daima gevşek kalmaktadır, öngerilmenin arttırılmasıyla, F₃ önce yavaş, sonra hızlı bir biçimde artmaktadır. Buradan anlaşılmaktadır ki P₁ belirli bir miktardan az ise, pulluğu izleyen zincir devamlı olarak gevşek kalmakta, fazla ise yüksek F₈, ve dolayısıyla yüksek Pt değerleri oluşmaktadır. Bu nedenle öngerilmenin bu iki değer arasında, pulluğu izleyen zinciri yeterince gergin tutacak, fakat buradaki gerilmeyi çok fazlalaştırmayacak bir düzeyde seçilmesi gerekir.

Yine Şekü - 3'de görüldüğü gibi, F₃'nin sıfırdan büyük olması için gereken öngerilme miktarı çekme kuvvetiyle doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu nedenle çekme kuvveti arttıkça daha fazla miktarda öngerilme uygulanması gerekir.



ŞEKİL-3. Öngerilme, çekme kuvveti ve pulluğu izleyen zincir kuvveti arasındaki bağıntı

3.2. Deneysel Sonuçları Teorik Sonuçlarla Karşılaştırılması

Deneysel sonuçların teorik sonuçlarla karşılaştırılabilmeleri için, deney sırasında ölçülen ortalama çekme kuvveti ve öngerilme miktarları için F_s değerleri Bölüm - 2'de belirtildiği biçimde hesaplanmıştır. Bu hesaplamada Şekil - 2'de görülen model ayağa ait uzunluk değerleri kullanılmıştır. Pulluğun ayak içindeki yerine bağlı olarak F_s değeri değiştiğinden, kazanın başladığı 1A ve bittiği 1B uzunlukları için ayrı ayrı F_s değerleri hesap-

lanarak pulluğu izleyen zincirdeki ortalama gerilme bulunmuştur.

Deneysel sonuçların karşılaştırılması Tablo - 2, Tablo - 3 ve Şekil-4'de görülmektedir. Görüldüğü gibi, deneysel ve teorik sonuçlar büyük uygunluk göstermektedir.

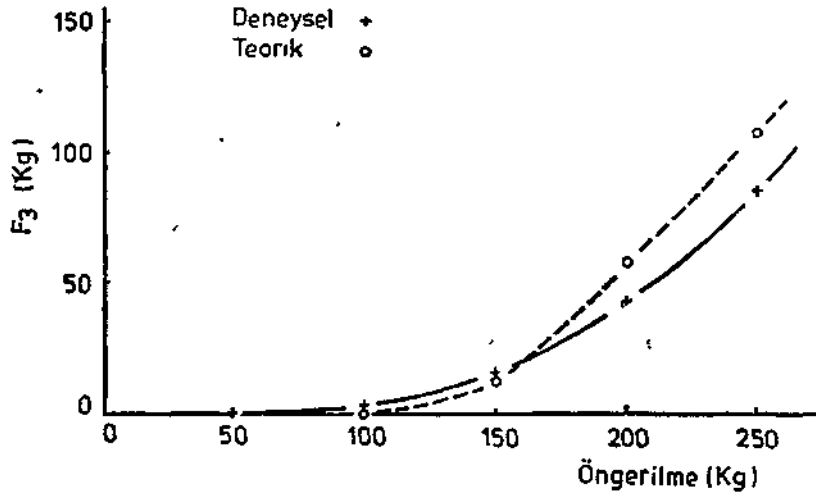
Tablo 2 — Deneysel ve Teorik Olarak Bulunan Zincir Gerilmelerinin Karşılaştırılması (kazı yönü çekme dişlisinden dönüş dişlisine doğru)

Ortalama Çekme Kuvveti (F) Kgf ± Standard sapma	öngerilme (P _i) Kgf	Pulluğu İzleyen Zincirdeki Ortalama Gerilme (F _s)	
		Deneysel Kgf ± Standard sapma	Teorik Kgf
189 ± 9	50	0	0
	100	3 ± 2	0
	150	16 ± 3	13
	200	43 ± 7	59
	250	87 ± 6	109

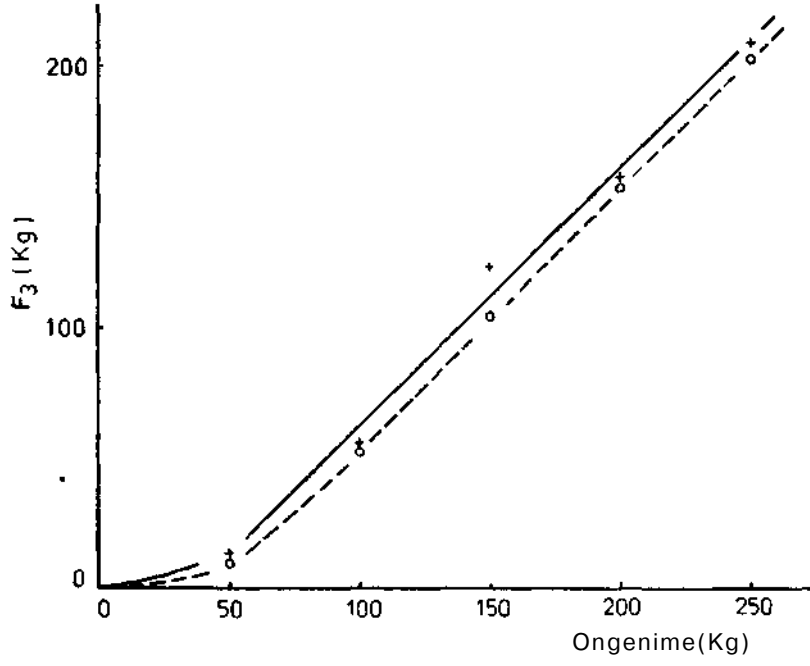
Tablo 3 — Deneysel ve Teorik Olarak Bulunan Zincir Gerilmelerinin Karşılaştırılması (kazı yönü dönüş dişlisinden çekme dişlisine doğru)

Ortalama Çekme Kuvveti (F) Kgf ± Standard sapma	öngerilme (P _i) Kgf	Pulluğu İzleyen Zincirdeki Ortalama Gerilme (F _s)	
		Deneysel Kgf ± Standard sapma	Teorik Kgf
182 ± 10	0	0	0
	50	16 ± 4	10
	100	56 ± 7	54
	150	123 ± 8	104
	200	158 ± 4	154
	250	209 ± 9	204

Yukarıdaki tablo ve şekillerden anlaşılacağı gibi, kazı yönüne bağ olarak değişik öngerilme miktarlarının kullanılması gereklidir.



(a) Kesme yönü çekme dışısından donuş dışısına doğru .



(b) Kesme yönü donuş dışısından çekme dışısına doğru .

ŞEKİL-A Deneysel ve teorik sonuçların karşılaştırılması

3.3. öngerilmenin Tespit Sisteminde Olağan Kuvvetlere Yaptığı Etkiler (kazı yönü dönüş dışısından çekme dışisine doğru).

Yapılan deneylerde, tespit sisteminde yalnız zincir gerilmelerinin etkisi ile oluşan kuvvetleri ölçmek için, zincir dışıları ve konveyör ayn ayn sistemlerle tespit edilmiştir. Zincir dışısının bulunduğu taban levhasını tespit sistemine bağlayan demir çubuk, elektriksel birim deformasyon ölçerleri (strain gauge) ile donatılarak, burada oluşan kuvvetlerin ölçülebilmesi sağlanmıştır. "Ortalama en yüksek" kuvvet, her 0.5 metrelik kazı sırasında oluşan en yüksek kuvvetlerin ortalaması alınarak bulunmuştur. Kesme derinliği sabit tutularak, ongenime, belirli miktarlarda arttırılmış ve tespit sisteminde oluşan 'ortalama' ve 'ortalama en yüksek' kuvvetler bulunmuştur. Deney sırasında ayrıca, ortalama F_3 kuvveti de ölçülerek, ortalama tespit sistemi kuvveti, Bölüm - 2.2 de belirtildiği biçimde teorik olarak hesaplanmıştır. Tablo - 4 ve Şekil - 5 bulunan deneysel sonuçları ve bunların teorik sonuçları karşılaştırılmasını göstermektedir.

Sonuçlardan görüldüğü gibi, çekme kuvveti değişmediği halde, öngerilmenin fazla olması halinde tespit sistemi kuvveti çok yüksek değerlere çıkabilmektedir. Deneysel sonuçların teorik sonuçları sağladığı burada da görülmüştür.

4 — Sonuç

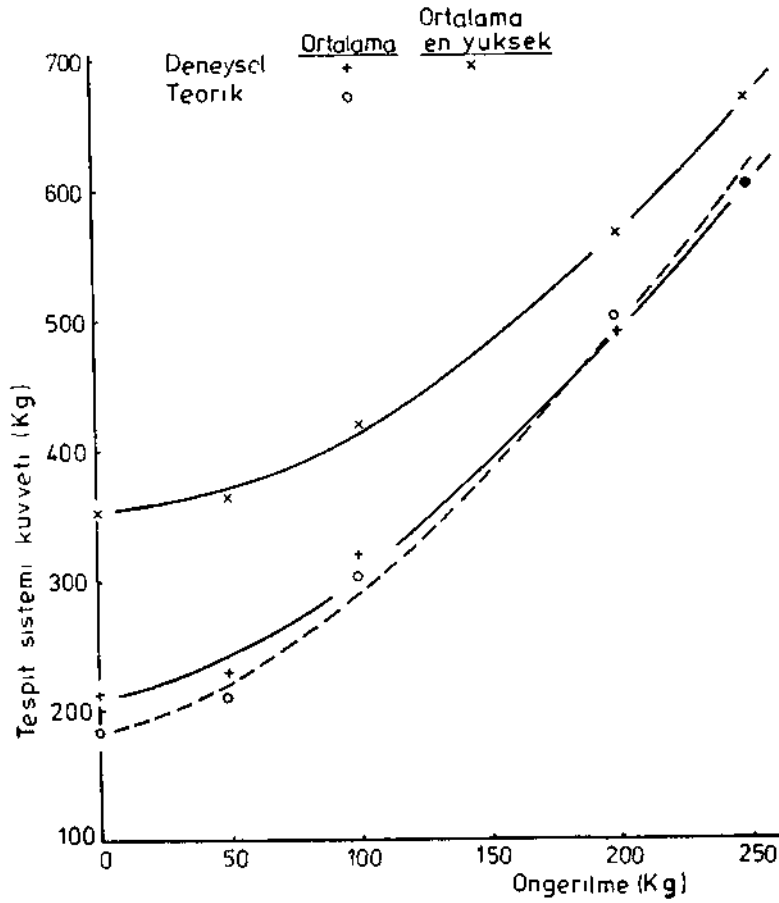
Bu tebliğde yer verilen çalışmadan çıkarılacak sonuçları şöyle özetlenebilir:

(i) Pulluklu kazıda sonsuz zincire uygulanan ongenime gereğinden az ise; pulluğu izleyen zincir devamlı olarak gevşek kalmaktadır. Bu durum pulluğun düzensiz çalışmasına sebep olduğu gibi, daha önce belirtilen tehlikeli durumları da yaratabilir.

(ii) öngerüme gereğinden fazla olduğunda, zincir gerilmeleri ve dolayısıyla tespit sistemi kuvvetleri çok yüksek düzeylere çıkabilmekte ve böylece zincir kopmaları ve tespit sistemlerinde hareketler meydana gelebilmektedir.

Tablo 4 — öngerilmenin Tespit Sisteminde Oluşan Kuvvetlere Etkisi

Çekme Kuvveti <F> Kgf ± Standard sapma		Öngerilme (P,) Kgf	Pulluğu İzleyen Zincirdeki Ortalama Kuvvet (F,) Kgf ± Standard sapma		Tespit Sistemi Kuvveti (Aç)		
Ortalama	Ortalama en yüksek		Ortalama	Standard sapma	Deneysel Kgf ± Standard sapına		Teorik Ortalama Kgf
184 ± 12	328 ± 22	0	0		209 ± 13	350 ± 27	184
		50	13 ± 3		226 ± 14	361 ± 21	210
		100	59 ± 5		313 ± 19	415 ± 29	302
		200	159 ± 12		485 ± 9	561 ± 21	502
		250	209 ± 9		599 ± 24	664 ± 25	602



SEKİL-5 Öngerilmenin tespit sistemi kuvvetine etkisi
(Kesme yonu donus dişlisinden çekme dişlisine doğru)

(igi) Pulluğu izleyen zincirdeki gerilme kazı başlangıcında ve bitişinde en küçük ve en büyük değerleri aldığımdan, bu zincir gerilmesinin, kazı başlangıcında sıfırdan büyük ve bitişinde ise en az düzeyde olmasını sağlayacak bir öngerilme miktarı seçilmelidir.

(iv) Çekme kuvvetine bağlı olarak, pulluk zincirine verilmesi gereken öngerilme değişmekte, yüksek çekme kuvvetleri

için yüksek öngerilme miktarlarının uygulanması gerekmektedir.

(v) Pulluk tek bir motor kullanılarak çekildiğinde, kazı yönüne bağlı olarak farklı öngerilme miktarlarının uygulanması gerekir.

(vi) Yapılan çalışmada pulluk tek bir motor ile çekildiğinden, teorik hesaplamalar buna uygun olarak yapılmıştır. Pulluk, her iki dişlide de birer motor kullanılarak çekildiğinde, pulluk zinciri ve tespit sistemlerindeki kuvvetlerin teorik hesaplaması Bölüm - 2'deki yöntemin kullanılmasıyla ayrıca yapılmalı ve öngerilme miktarı buna *göre* seçümelidir (2, 3).

Bibliyografik Tanıtım

1. Bölükbaşı, N.: **Studies on the Design and Operation of Some Longwall Mining Systems Using a 1/4 Scale Model.** Doktora Tezi, Aralık 1973, Newcastle Üniversitesi.
2. Hlgson, G. R.: **Forces in Haulage Chains, Colliery Engineering,** Şubat 1966, p. 73.
3. Guppy, G. A.: and Johnson, S.N.: **Blade Shape and Power and Force Distribution Studies on a Raplb Plough Installation at Tir Pentwys Colliery, National Coal Board, M.R.E., Rapor No. 2247,** Mart 1964.

**TOZ PROBLEMİ
VE
E.K.İ. KİLİMLİ BÖLÜMÜ KÖMÜR OCAKLARINDAKİ
TOZLAMA DURUMUNUN
ETÜDÜ**

Şerafettin ÜSTÜNKOIJ*

özet

Havadaki tozun numune alınma işlemi ve incelenmesi, ayrıca toz hastalıkları ve diğer bazı ülkelerdeki toz standardisai hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

Değişik tipte ve prensipte iki adet numune alıcı alet ile E.K.İ. Kilimli Bölümü yeraltı kömür ocaklarındaki tozlanma durumu incelenmiştir. Numune alma işlemi her üç vardiyada da yapılmış ve numuneler değişik çalışma yerlerinden alınmıştır.

Alınan numuneler laboratuarda incelenmiş ve analiz edilmiştir. 8 mikrondan küçük tozların havadaki konsantrasyonu mg/ms ve tane/cm olarak ifade edilmiştir.

Bulunan neticelerin bir tartışması yapılmış; genellikle bulunan toz konsantrasyonlarının diğer ülkelere kıyasla bizde oldukça yüksek olduğuna kanaat getirilmiştir. Neticede, yeraltı kömür madenlerindeki toz problemini önlemek hususunda bazı önerilerde bulunulmuştur.

Abstract

Some information is given on the sampling and examination of fafifrbome dust, also on dust diseases and the maximum acceptable dust concentrations in various countries.

(*) Maden Y. Müh, E.K.1 Müessesesi - Zonguldak.

Dust conditions at Kilimli Colliery of E.K.I, underground coal mines were examined by taking the samples by two type of dust samplers which work at different principles. Sampling was carried out during the three shifts and samples were taken from various working places.

The samples were examined and analyzed in the laboratory. The concentration of dust particles smaller than 6 microns was found in terms of mg/m³ and particles/cm³.

A discussion of the results is made and it is concluded that the concentrations of dust found are rather higher than those accepted by other countries as permissible concentrations. Finally, some recommendations are given about preventing the dust problem in the underground coal mines.

1. Giriş

Maden işçileri bazı hastalıklara sebebiyet veren çeşitli tozlar, buharlara ve dumanlara maruz kalırlar. Bu hastalıkların içinde en önemlisi inorganik tozun sebep olduğu pnömokonyoz'dur. Türkiye'deki madenlerde de en çok görülen ve en önemli hastalık pnömokonyoz'dur. Memleketimizde toz problemine gereken önem henüz verilmemiştir. Bilhassa yeraltı maden işçilerimiz toz ve tozun sebep olduğu hastalıklardan dolayı hem sağlıklarını kaybetmekte hem de daha az randımanla çalışmaktadır. Bunun yanında maden işletmeleri de meslek hastalıklarına ödenen yüksek maluliyet tazminatlarından dolayı oldukça zarara girmektedir.

Aslında maden mühendisliği master tezi çalışması olarak yapılan bu çalışmaya yer olarak E.K.İ. Karadon Bölgesi Kilimli Bölümü taşkömürü ocakları seçilmiştir. Bilindiği gibi E.K.İ. Türkiye'nin en büyük taşkömürü işletmesidir. Aynı zamanda en fazla maden işçisi çalıştıran müessesedir. Fakat hem toplam yekûn olarak hemde kömürün tonu başına düşen miktar olarak en fazla meslek hastalığı tazminatı ödemekle de rekoru elinde tutar. Bu miktar 1972 yılı istatistiklerine göre toplam 78.430.421,73 TL.; kömürün tonu başına 17,59 TL.'dir. 1973 yılı istatistiklerine göre ise toplam 35.000.000 TL.; ton başına da 7,92 TL.'dir. Eğer E.K.I. toz problemine karşı gereken tedbirleri

almazsa artan işçi ücretleri de nazarı itibara alındığında bu miktarlar çok daha artacaktır.

Tıbbî bakımdan pnömokonyoz hastalığının ne önlenmesi ne de tedavisi henüz mümkün değildir. Ancak, ya tozun meydana gelişini önlemekle ya da tozu mümkün olduğu kadar kaynağına yakın bir yerde bastırmakla hastalığın önüne geçmek olanak dahilindedir. Toz konsantrasyonunu temiz havadaki seviyeye indirmek ve mutlaka şart değildir. Zira insan vücudu muayyen bir şuura kadar toza mukavemet edebilir ve ancak toz konsantrasyonu bu sınırı geçtiği zaman hastalık başlayabilir. Bu limit değer tozun kimyasal yapışma göre değişir. Tehlike sadece tozun miktarı ile ilgili değil ayrıca tane büyüklüğü ile de ilgilidir. Çünkü belirli bir sınırdan aşağı büyüklükteki toz taneleri hastalığa sebebiyet verebilir. Bu sebeplerden dolayı, toza karşı tedbir almadan evvel tozun konsantrasyonunu, ortalama tane büyüklüğünü ve kimyasal yapısını belirlemek için tozlu havadan numuneler almak gereklidir. Numune alma işleminde tozun kimyasal yapı, konsantrasyon ve tane büyüklüğü bakımından kendisini temsil eden küçük bir kısmı havadan numune alıcı alet tarafından alınır.

Numuneler üzerinde yapılan laboratuvar çalışmaları çeşitli toz karakteristikleri ortaya koyar. Değişik ülkelerde değişik numune alma metodları ve aletleri kullanılır. Dolayısı ile her ülkede kabul edilen toz standardı kullandığı alet ve metoda göre değişiktir.

Kilimli Bölümü kömür ocaklarındaki toz şartlarını incelemek için madenin muhtelif kısımlarından numuneler alınmıştır. Bu çalışmada hem tip hem de çalışma prensibi bakımından birbirinden farklı iki adet numune alıcı alet kullanılmıştır. Bu aletler bütün bir vardiya boyunca sürekli olarak numune alma özelliğine sahiptirler. Bu aletlerle tozların havadaki konsantrasyonunu mg/m^3 ve tane/ cm^3 cinsinden tayin etmek mümkün olmaktadır. Burada (mg) ve (tane) tozu ağırlık ve sayısal olarak ifade etmektedir, (m^3) ve (cm^3) ise alınan numunenin içinde bulunduğu havayı hacim olarak ifade etmektedir. Memleketimizde henüz bir toz standardı tayin edilmediği için bulunan ne-

ticeleri benzer veya aynı metodları kullanan diğer bazı ülkelerin toz standartları ile mukayese ederek zararlılık derecelerini tespit edebiliriz.

2. Toz Kavramı

2.1. Tozun Tanımı ve Fiziksel Özellikleri

Toz, yersel maddelerin mekanik işlemler sonucu küçük parçacıklar haline dönüşmesiyle meydana gelir. Bu işlemler, bünye yapısı ana maddenin aynı kalmak şartıyla mikroskopla dahi görülemeyen büyüklükten çıplak gözle görülebilir büyüklüğe kadar muhtelif ebadta tozun istihsaline sebep **olurlar**.

Katı bir madde toz meydana getirmek üzere parçalandığı ve havaya dağıldığı zaman iki önemli değişiklik vuku bulur; (1) yüzey alan çok artar, ve (2) ana maddenin hacmine nazaran dağılmış maddenin kapladığı hacim bir çok defa artar. Birim kütle başına düşen geniş yüzey alan ve bunun neticesinden doğan yüksek hava direnci dolayısıyla havadaki bazı toz taneleri normal yerçekimi kanunlarına uymaz ve artan bir hızla yere düşmez. Sonuç olarak, havadaki toz süspansiyonları hatırı sayılır derecede kararlıdır ve bu kararlılıkları uzun zaman sürebilir. Böyle bir süspansiyondaki toz konsantrasyonu veya muhtevası havanın metre kübünde miligram (*mglm**) veya santimetrekübünde tane sayısı (tane/cm^3) olarak ifade edilir.

2.2. Yeraltı Toz Kaynakları

Eğer bir işlem toz meydana getiriyorsa buna primer veya birinci kaynak adı verilir. Eğer bu işlem mevcut tozu havaya kaldırır ve dağıtır ise buna sekonder veya ikincil kaynak denir. Maden havasındaki tozun iki ana kaynağı vardır: (1) dışarıdaki atmosferden madene temiz hava ile gelen toz, ve (2) yeraltı işlemleri sonucu meydana gelen toz.

Toz meydana getiren madencilik çalışmaları azalan önem sırasına göre aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi sınıflandırılabilir.

Tablo 1 — Toz Hasıl Eden işlemler

t 9 l e m	Primer Kaynak	Sekonder Kaynak
Lağım atma, göçertme	+	+
Kömür kazı	+	—
Oluk çekme	—	+
Delik delme	+	0
Posta alma, yükleme	—	+
Araba tumba etme	—	+
Kömür kaydırma	—	+
Ramble yapma	—	+
Konveyör nakliyatı	0	—
Araba nakliyatı	0	—
Tahkimat	0	—

(+) sembolü önemli bir kaynağı, (—) sembolü orta derecede önemli bir kaynağı, ve (0) sembolü de önemsiz bir kaynağı işaret eder.

3. Toz Numune Alma Metodları

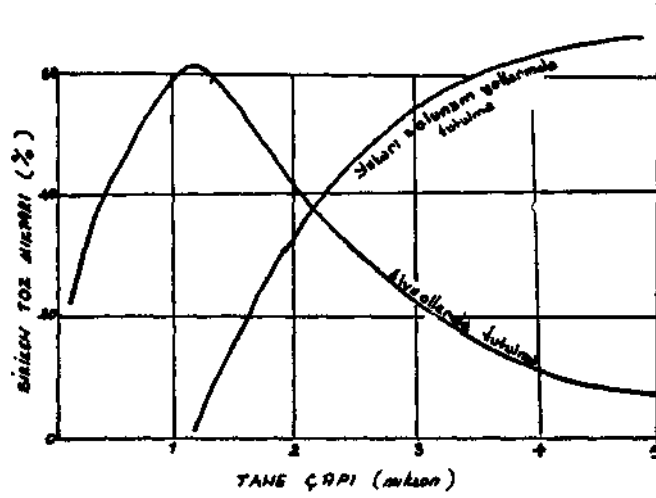
Havadaki toz konsantrasyonunu ölçmek için çeşitli metodlar ve aletler vardır. Fiziksel çalışma prensiplerine göre numune alıcı aletler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

1. Filtrasyon
2. Sedimentasyon
3. Santrifüj
4. Yıkama
5. Çarpma ile çökeltme
6. Elektrostatik çökeltme
7. Isısal çökeltme
8. Toz bulutlarının muayyen optik özelliklerini ölçme
9. Gravimetrik çökeltme

Bizim çalışmalarımızda ısısal ve gravimetrik çökeltme metodları kullanılmıştır. Bunun için bir uzun zamanlı ısısal çökeltici ile bir gravimetrik numune alıcı aletten faydalanılmıştır*. Bu aletlerden ikincisi hâlen İngiltere ve Amerika'da standard numune alıcısı olarak kullanılmaktadır.

a. Uzun Zamanlı Isısal Çökeltici

8 saatlik bir vardiyeye boyunca devamlı numune alabilen bu alet yalnız tozun insan sağlığı ile ilgili kısmını numune olarak alır. Alet içine yerleştirilen küçük bir akünün çalıştırdığı bir motor vasıtasıyla çalışan bir pompa dakikada 2 cm^3 hava emer. Bu havada bulunan 6 mikrondan büyük toz taneleri havanın giriş kısmında bulunan bir tasfiye aygıtında gravimetrik yolla ayrılırlar. 6 mikrondan küçük taneler hava üzerine sürüklenerek dar bir kanaldan geçerler. Kanalın sonuna yakın bir yerde, kanalın tavanında ve kanal eksenine dik, takriben 100°C ısıtılmış bir resistans teli bulunmaktadır. Kanalın tabanını ise bir cam lamel teşkil etmektedir. Tozun bir kısmı daha telin altına gelmeden bu cam üzerine çöker. Telin altına kadar gelenler ise, sıcak bir Hgmin etrafında çeviren tozdan arınmış bir zon bulunması fizik prensibi dolayısıyla (Şek. 1) telin altından geçerken bu zon tarafından alttaki cama doğru saptırılırlar ve moleküler çekim vasıtasıyla cama yapışırlar. Bu arada aletten ne kadar hava geçtiği yine alet tarafından otomatikman kaydedilir. Numune alma işlemi bittikten sonra cam aletten alınır.



Şek. 1. Tane büyüklüğü ile akciğerlerde ve yukarı solunum yollarında tutulan tozun yüzdesi arasındaki bağlantı.

ve incelenmek üzere laboratuvara götürülür. Bazı özel metodlar kullanılarak bu cam üzerindeki tozlar mikroskopla sayılır. Netice tane/cm³ cinsinden bulunur. Yalnız buna 0.5 mikrondan küçük parçacıklar dahil değildir.

b. Gravimetrik Numune Alıcı

Bu alet de 8 saat devamlı numune alabilir. Akü ile enerji sağlanan bir motorun çalıştırdığı küçük bir pompa dakikada 2.5 litre havayı emer. Havanın hızı öyle ayarlanmıştır ki aletin girişindeki kanallardan geçerken daha aletin diğer ucundaki cam elyafından yapılmış filitreye varmadan önce, içindeki 6 mikrondan büyük toz tanecikleri kanalların dibine çökerler. 6 mikrondan küçük olanlar filitre üzerine toplanırlar. Daha evvel boş olarak tartısı yapılan filitre numune alma işlemi bittikten sonra tekrar tartılır. Aradaki farktan ve yine alet tarafından otomatikman kaydedilmiş bulunan aletten geçen hava miktarından havadaki toz konsantrasyonu mg/m³ olarak hesap edilir.

4. Tozun İnsan Üzerindeki Etkileri

Endüstride, bilhassa yeraltı kömür ve metal madenlerinde, işçiler çeşitli tozlara, dumanlara ve buharlara maruz kalırlar. Muayyen tozların teneffüs edilmesi bazı hastalıklara yol açar. Bunların arasında inorganik tozların sebep olduğu pnömokonyoz en yaygını ve en önemlisidir. Biz burada sadece pnömokonyozdan bahsedeceğiz.

4.1. Pnömokonyozun Tanımı

Latince "Pneumon" akciğer ve "conis" toz manasına gelmektedir. Pnömokonyoz tabiri buradan türemiştir ve toza maruz kalmaktan meydana gelen her türlü akciğer hastalığına genel olarak bu isim verilmektedir.

1971 Eylül ayında Bükreş'te (Romanya) Uluslararası İşçi Dairesi (ILO) tarafından yapılan 4.ncü Uluslararası Pnömokonyoz Konferansı pnömokonyozu şöyle tarif etmiştir: "Pnömokonyoz, tozun akciğerlerde birikmesinin ve akciğer dokularının bu toza reaksiyon göstermesinin neticesidir."

4.2. Pnömokonyozun Sebepleri

a. Fizyolojik Görünüm

Solunum organları sırasıyla ağız veya burun, yutak, gırtlak, nefes borusu, bronşlar ve bronşçuklar, alveoller ve akciğerlerdir.

Solunum yoluyla gelen toz taneciklerinin irilerinin bir kısmı burun cidarlarında bulunan kıllar ve sümük tarafından tutulurlar. Ağız veya burundan geçen hava yutağa gelir. Tozların bir kısmı da yutak cidarlarındaki kirpikli epitelyum tarafından yakalanırlar. Ayrıca yutağın duvarlarında bulunan kirpikli * sümüksü hücrelerde tozların tutulmasına yardım eder. Nefes yollarındaki bütün bu kirpikler tutulan tozları ağıza doğru hareket ettirmek eğilimindedirler.

Nefes borusu iki bronşa ayrılarak akciğerlere ulaşır ve burada tekrar küçücük dallara ayrılarak terminal bronşçukları meydana getirir. Ana bronşların yapısı da nefes borusunun yapıya benzer. Terminal bronşçuklar teneffüs bronşçuklarına ayrılır. Bunların astar zan kirpik ihtiva etmez. Nihayet, teneffüs bronşçukları da uçları intizamsız çukurlara ve alveollere açılan alveolar kanallara ayrılır.

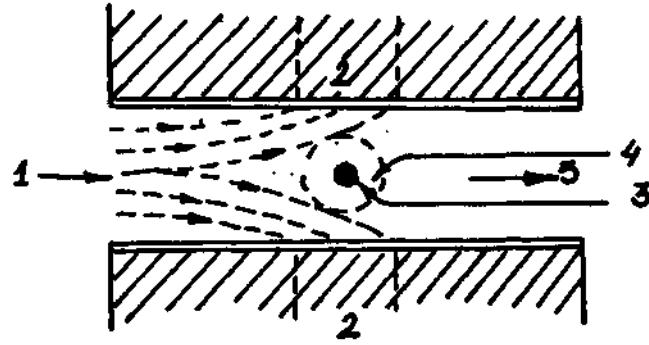
Teneffüs boşluklarındaki temizleme mekanizması üst teneffüs cihazlarınınkinden farklıdır. İnsan vücudunda, kanda ve lenf de serbestçe hareket edebilen ve fagosit adı verilen bir grup hücre vardır. Bu hücreler dokulardaki yabancı maddeleri yeme özelliğine sahiptirler. Yeme işleminden sonra bu hücrelerin bir kısmı alveol duvarlarından geçerek kana veya lenfe karışırlar. Bunlar tarafından taşınan toz akciğer dokularında birikir. İşte burada sıhhatli akciğer dokusunun fibrosis (liflenme) olması başlar. Fagositlerin diğer bir kısmı ise bronşçuklara gelir ve buradan ağıza doğru itilirler. Ağızda tükürükle birlikte dışarı atılır veya yutulurlar.

b. Mekanik Görünüm

Solunum organlarında tutulan tozun yüzdesi ve tutulmadan indiği derinlik tozun tane büyüklüğüne alakalıdır. İri tane-

c e

ler üst solunum yollarında tutulurlar. Sadece en küçük tanecikler akciğerlere ve alveollere ulaşabilirler. 5-10 mikrondan büyük tanelerin nefes yollarında tutulma oranının %100 kadar olduğu ispatlanmıştır. Tozun tane büyüklüğü küçüldükçe nüfuz ettiği derinlik artar. Fakat büyüklük 0.2 mikrondan az olunca bu tanecikler havanın bir elementi imiş gibi hareket edebilirler ve hava ile birlikte tekrar dışarı çıkabilirler. Dolayısı ile, tozun alveollere en fazla nüfuz edebilen ve orada tutulan bir optimum büyüklüğü olması gerekir. Deneylerin gösterdiğine göre alveollerde birikme ile tane çapı arasındaki ilişki Şekil 2'deki gibidir.



ŞEKİL 2 - İSİSAL ÇÖKELTME PRENSİBİ

- 1: Toz yüklü hava, 2: Çökeltme zonu,
3: Sıcak tel, 4: Tozdan arınmış hava,
5: Temiz hava.

Şekilde görüldüğü üzere alveollerdeki maksimum birikme 1 ve 2 mikron arasındadır, ve 0.2 - 0.3 mikron civarında minimuma düşüş vardır. 5 mikrondan büyük tanelerin yukarı solunum organlarında tutulma oranı yüksektir. Fakat azalan büyüklükle birlikte bu da hıala azalır ve 1 mikron civarında sıfıra çok yaklaşır.

c. Patolojik Görünüm

Tozun akciğerlerde yaptığı değişikliği izah eden kesin bir teori henüz yoktur. Uzun bir zaman için toz partiküllerinin akciğer dokularını mekanik hareketlerle çizdikleri ve tahriş ettikleri düşünülmüştür. Hayvanlar üzerindeki çeşitli deneyler bu teorinin doğru olmadığını göstermiştir. Tozun alveollere nüfuz ederek akciğer dokularında fibrosis yapması ve solunum kapasitesini daraltarak nefes alış verişim zorlaştırması ancak tozun kimyasal yapısı ile ügildir. Yani, tozun sertliği ve şekli ne olursa olsun ancak serbest silika (SiO_2) ihtiva ettiği müddetçe akciğerlerde bir değişime ve tahribe sebep olabilir.

Teorilerden birine göre kuvars parçacıkları hücreler tarafından yenilirler. Fakat bunlar toksittirler ve hücreleri öldürürler. O zaman civardaki doku fibrosis olmaya başlar ve bu zamanda artarak daha geniş sahalara yayılır ve akciğerin vital kapasitesini azaltır.

Başka bir teori, dokulardaki silikanın yavaş yavaş erimesinin dokularda kimyasal tahribata yol açtığına inanmaktadır. Silikanın erimesinden meydana gelen madde muhtemelen silisik asittir. Tozun ne kadar çok serbest silika ihtiva ediyorsa o kadar çok fibrosis yapmaya müsait olduğu ispatlanmıştır.

4.3. Pnömokonyoz Tipleri

Akciğer reaksiyonunun şiddetine göre pnömokonyoz (1) fibrotik ve (2) benign pnömokonyoz diye iki kısma ayrılır.

Fibrotik pnömokonyozun karakteristik özellikleri şunlardır:

- a. Kati doku reaksiyonu, yani fibrosis
- b. Akciğer fonksiyonunun bozulması
- c. Nihayette tüberküloz veya kanser olma istidatı

Benign tipi pnömokonyozda bu özellikler görülmez. Sadece, fazla miktarda nötr toz teneffüs edildiği zaman bronşlarda, lenf ve kan damarlarında tıkanma olabilir. Bu da çalışma kapasitesini azaltır.

Fibrotik pnömokonyozda yine (1) silikoz (2) antrakonyoz (Kömür madencisi pnömokonyozu) ve (S) asbest pnömokonyozu diye çeşitlere ayrılır. Biz burada bizi en çok ilgilendirdiği için sadece silikozdan kısaca bahsedeceğiz.

4.3.1. Silikoz

Silikoz, süika ihtiva eden tozun akciğerlerde meydana getirdiği ve akciğerlerin vital kapasitesini azaltan fibrotik bir durumdur. Bu durum X - ışınlarıyla tesbit edilebilmektedir. İlk araz çapı 3 mm. den fazla, müşterek merkezli tabakalardan oluşan silikotik nodüllerdir (küçük yumrular). Daha sonra bu ükel nodüller bir araya gelerek yalancı urlar meydana getirebilirler. Genel olarak silikozun yapmış olduğu tahribat geçici değildir. Çünkü akciğer dokuları tekrar eski hallerine getirilemeyecek şekilde değişikliğe uğrarlar.

Hastalık kendisini üç safhada gösterebilir. İlk safhada nefes alışverişlerindeki hastalık belirtileri çok hafiftir, veya hiç olmayabilir. İkinci safhada öksürük ve nefes darlığı, daha belirgin hal alır ve tükürük miktarı artar. Hasta nefes almanın güçlüğünden şikâyetçidir. Üçüncü safhada ise önemli derecede dermansızlık (maluliyet) görülür. Nefes darlığı, öksürük ve akciğerlerde yumrularına görüntüleri artık çok açıktır. Akciğer tüberkülozu da bu safhada görülebilir. Hastalığın ilerleme derecesini daha iyi ifade edebilmek için, akciğerlerin röntgen filimlerinde görülen tozun sebep olduğu lekelerin büyüklüğünü ve sayışım kriter olarak alan, uluslararası bir radyolojik sınıflandırma sistemi kabul edilmiştir.

İlerliyen fibrosisin iki türü vardır: Çabuk ilerliyen ve yavaş ilerliyen tip. Çabuk ilerliyen tip 3-5 yıldan kısa bir süre toza maruz kaldıktan sonra belirtilerini göstermekle karakterize edilir. Yavaş ilerliyen tip ise ilk belirtilerini 10-15 yıldan sonra gösterir. Talk, mika, pegmatit, feldspat, kaolin, sabuntaşı, boksit ve diatomit gibi silikatlarda silikoz benzer akciğer fibrosisine sebep olabilirler. Bu da kuvars impuritelere ihtiva ettiklerinden dolayıdır.

5. Toz Şartlarının Tayini ve Bazı Ülkelerde Kabul Edilen Standartlar

Havadaki toz miktarını ölçen çeşitli aletler ve ölçme metodları vardır. Bu aletler ve metodlar ülkeden ülkeye değişir. Dolayısı üe her ülkenin standardı kullandığı metoda ve alete göre değişiktir. Hatta bu standartlar üerliyen teknik ve artan bilgiler dolayısı üe zaman zaman değişikliğe uğramaktadır. Mamefih, toz miktarının tehlike derecesinin tespitinde bir çok memleketlerde başlıca iki ana metod kullanılmaktadır: (1) Tozun ağırlığını ölçmek ve kül yüzdesini veya kuvars miktarını tespit etmek, (2) muayyen bir sınırdan aşağıdaki veya iki sınır arasındaki büyüklükteki toz taneciklerinin sayısını bulmak ve taneciklerin ihtiva ettiği silika miktarını tespit etmek.

Tablo 2'de bazı ülkelerdeki toz tayin metodları ile kabul edilen standartlar **gösterilmiştir**.

6. Deneysel İşlemler

6.1. Madenin ve Numune Alman Seksiyonların Tanıtılması

Deneyler E.K.Î. Karadon Bölgesi Kilimli Bölümünde yapılmıştır.

6.1.1. Kilimli Bölümü

Kilimli, Karadeniz sahilinde, Zonguldak'ın doğusunda bulunur. Jeolojik bakımdan saha daha ziyade aşağı karbonifer ve namurien formasyonlarından teşekkül etmiştir. Başlıca formasyonlar gre, şist ve konglameradır. Halen çalışan muhtelif kalınlıkta 15 kadar kömür damarı vardır. Bunların en önemlileri 5 m.'ye kadar kalınlıkları olan Çay ve Acılık damarlarıdır.

Kilimli Bölümünün günlük ortalama tüvenan istihsali 2300 ton kadardır. 8 saatlik üç vardiyada ortalama 1700-1800 yeraltı işçisi çahşır.

Genel olarak, üerletimli ve göçertmeli uzun ayak işletme metodu tatbik edilmektedir. Bölümde hâlen çalışan kotlar ge-

Tablo 2 — Bazı Ülkelerde Kabul Edilen Toz Standartları

Ülke	Numune Alma	Numune Alma Prosüdü	Ölçülen Parametre	Bünyesel Değerlendirme	Toz IJmitleri
Avustralya (N.S.W.)	Owen Jeti	Bir saat ara ile en 12 spot numune alınır	Tane/cm ³ (Tane < 5 _(x) m)	Toz limitleri ana materyaldeki % serbest silika miktarına göre değişir.	% silika 1-5(µm büyüklüğündeki tozların ortalama konsantrasyonunun sınırı 175 tane/cms
					175 tane/cma
					<10
					10—20 150
					20—30 125
					30—40 100
					40—50 75
					>50 50
Belçika ve Hollanda (Kömür madenleri)	Soxhlet Filtresi	Numuneler en az 2 saat müddetle çalışma halindeki ayağın alnından 15-20 m. geride, hava dönüş yolundan alınır.	Havada suspan-siyon halindeki tozların toplamı: mg/ma	Toz limitleri numunenin kül muhtevasına göre değişir.	%kül
					Toz Sınıfı
					I n m
					HOmg/mS
					10 50 85 88
					20 37 58 88
					40 24 35 55
					60 17 25 37
					80 13 19 28
					100 10 15 22

Tablo 2 (Devam)

Ülke	Numune Alma	Numune Alma Prosedürü	Ölçülen Parametre	Bünyesel Değerlendirme	Toz Limitleri									
Fransa	Eriyebilir veya Membran (zar) filtre		0,5-5 μ m büyüklüğündeki tane-ciklerin konsantrasyonundan (tane/cm ³) hesap edilen bir logaritmik indeks	Sadece kuvars miktarı nazarı itibare alınır.	İndeksi = 3.32 log ₁₀ CQ-k, Bu formülde C = tane/cm ³ (tane büyüklüğü 0,5 — 5 μ m) Q = < 5 μ m tozların ihtiva ettiği % kuvars miktarı; k = konstant (eriyebilir filtre için 10,6, membran filtre için 8,9). Eşik limit, i = 5.									
Federal Almanya	Tyndalloscope ve Bergbau Konimetresi	Çalışma durumundaki arının muhtelif yerlerinden iki saatlik aralarla alınan spot numunelerin ortalaması alınır.	Toplam ince toz konsantrasyonu, k, ışığı kırma değeri ile ölçülür ve bulunan değer kalibrasyon tablosundan düzeltilir.	Külli muhtevası, b, konimetre numunelerinden tespit edilir. İnce kül konsantrasyonu kb = k \times b. "İnce toz" ve "İnce kül" limitleri ayrıdır.	İnce toz konsantrasyonu, k, İnce kül kons., Kb, Toz Sınıfı <table border="1"> <tr> <td>I</td> <td>25</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>50</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>100</td> <td>20</td> </tr> </table> <p>III. sınıf tozlu yerlerde 5 yıl içinde hiç kimse 500 varyasyondan fazla çalışamaz.</p>	I	25	5	II	50	10	III	100	20
I	25	5												
II	50	10												
III	100	20												

Tablo 2 (Devam)

Ülke	Numune Alma	Numune Alma Prosedürü	Ölçülen Parametre	Bünyesel Değerlendirme	Toz Limitleri
Polonya	Zeiss Konimetresel veya Membran filtre		Tane/cm ³ <5µm	Toz limitleri kuvars yüzdesine göre değişir.	% Kuvars < 5 5—15 15—25 >25 Tane/cm ³ 1500 1200 850 500
Sovyetler Birliği	Gravimetrik Filtre	Çalışılan zonların atmosferindeki müsaade edilebilen maksimum toz muhtevası	Kütle konsantrasyonu mg/m ³ (Her büyüklükteki toz)	Serbest silika yüzdesine göre	%70 Serbest kristal halindeki silika 10—70 serbest silika Kömür veya silikat tozu < % 10 silika Silika ihtiva etmeyen kömür tozu 1 mg/m ³ 2 mg/m ³ 4 mg/m ³ 10 mg/m ³
İngiltere	M.R.E. 113 A Tipi Gravimetrik Numune Alıcı	Çalışılan vardiya esnasında sürekli numune alma işlemi. Yer: Kömür madenlerinde uzun ayak hava dönüş yoluna alından 70 m. geriye, diğer yerlerde çalışma yerine	Teneffüs edilebilen tozun kütlesi	Standard, işyerinin cinsine göre değişir.	Taş galeriler Diğer yerler Normal olarak, bir iş yerindeki nominal toz konsantrasyonu o iş yerindeki üç aylık konsantrasyonların ortalama-sına göre hesap edilir. 3 mg/m ³ 8 mg/m ³

Tablo 2 (Devam)

Ülke	Numune Alma	Numune Alma Prosüdüğü	Ölçülen Parametre	Bünyesel Değerlendirme	Toz Limitleri
Amerika Birleşik Devletleri	M.R.E. 113 A Tipi Gravimetrik Numune Alıcı	Çalışılan vardiya esnasında sürekli numune alma işlemi	Teneffüs edilebilen tozun kütlesi	Standart her yerde aynıdır.	2mg/m ³ (Bir iş yerinde mümkün olan bütün tedbirler alındığı halde toz konsantrasyonu 2 mg/ms'den fazla oluyorsa o iş yerine 3 mg/ms'e kadar müsaade edilebilir.)

nel olarak —160/—260 ve 260/—360 ana kotlardır. —260 ve —360 kotlarındaki ayak diplerinden 1 tonluk arabalarla ve dizel lokomotifler vasıtası ile nakledilen kömür ve taş ana kotlar arasındaki bür ve desandrilerden —160 kotundaki yükleme istasyonlarına getirilir. Yükleme istasyonlarında 5 tonluk arabalara boşaltılan kömür ve taş bu arabalarla Karadon 1 No.lu kuyuya gelir. 1 No.lu kuyudan surfasa çıkan kömür bant konveyörler vasıtası üe Çatalağzı Lavvarma gönderilir.

Havalandırma işlemi Kilimli'deki ana giriş galerisinin ağzında bulunan iki adet emici; ve Kilimli'nin batısındaki înağzında bulunan daha küçük kapasiteli iki adet üfleyici vantilatör vasıtasıyla yapılmaktadır. Hava Karadon 1 No.lu kuyudan, înağzı'ndaki desandriden ve surfasa açılan muhtelif bacalardan içeriye girer. Madene giren toplam temiz hava miktarı dakikada 5500 m⁸'dür.

6.1.2. Numune Alman Seksiyonlar

Bu çalışmada 5 seksiyon seçilmiştir. Bunlar:

a. Doğu Çay Uzun Ayak

Çay damarının kalınlığı 2 ilâ 5 metre arasında, yatımı ise 35° ilâ 50° arasında değişmektedir. Tavan ve taban gredir. Yer yer kalınlığı 40 cm.'ye varan orta kesmelere rastlanmaktadır. Ayağın lağım numarası 4325 olup —160 ve —260 kotları arasında doğu istikametine doğru ilerletimi olarak çalışmaktadır. Ayak uzunluğu 140 m.'dir. Damar kaim olduğu için iki dilim halinde çalışmak gerekmiştir. Tavan ayak bir kaç sene evvel çalışmış olup numuneler taban ayaktan alınmıştır. Anlaşılabileceği gibi taban ayağın tavanı tavan ayağın enkazından müteşekkeldir. Ayağın tahkimatı ağaç sarma, belleme ve domuzdamarlarıyla yapılmaktadır. Ayak üerledikçe zaten eski olan arkası kolayca oturmaktadır. Temiz hava —260 kotundan gelir ve —160 kotundan kirlenmiş olarak döner. Ayakta bir vardiyeye istihsal, bir vardiyeye da tahkimat yapılır. Üçüncü vardiyeye ayak dinlenmeye bırakılır. Günlük istihsal 150 ton kadardır. Kömür pnömatik mortapikörler vasıtasıyla kazılır ve sac oluklar vası-

tası ile ayak dibine kaydırılır, istihsal vardiyasında ortalama 12 kazmacı çalışmaktadır.

fo. 43027 Acenta Kuzey **Lağımı**

Bu lağım —160 kotunda, genel olarak gre içinde sürülmektedir. Kesiti 10 m² olup tahkimatı rijit sistem demir bağlarla yapılmaktadır. Temiz hava bir elektrik pervanesi vasıtasıyla 60 cm. çapındaki borularla arma basılır. Delik delme işlemi kuru olarak tatbik edilir.

c. **51100 Batı Lağımı**

Bu lağım —360 kotunda daha ziyade konglamera ve yumuşak gre içinde sürülür. Kesiti, tahkimatı, havalandırılması ve delik delme işlemi Acenta Kuzey Lağımındaki gibidir.

d. **Papaz Uzun Ayak**

Papaz damarının ortalama kalınlığı 1 m. ve yatımı 38° kaddır. Tavan ve taban taşları gredir. Ayak —160 ve —260 kotları arasında üretilimli olarak çalışmakta olup uzunluğu 140 m. dir. Lağım numarası 51050'dir. işletme, tahkimat ve havalandırma sistemleri Doğu Çay Ayaktaki gibidir.

Ayakta iki vardiya istihsal bir vardiya da tahkimat yapılmaktadır. Bir istihsal vardiyasında 14 kadar kazmacı çalışır ve günlük istihsal 250 ton civarındadır.

e. **46 Yükleme İstasyonu**

Bu yükleme istasyonu —160/4405 Lağımı üzerindedir. 46 Bür vasıtası ile —260 katından —150 katma çekilen dolu arabalar —150 ve —160 katları arasındaki bir siloya tumba edilir.

Bu silonun altından —160 katındaki 5 tonluk arabalara boşaltılan kömür ve taş Karadon 1 No.lu Kuyu dibine gönderilir.

6.2. Deneysel Prosüdür

Daha önce de belirtildiği gibi numune alma işlemi madenin muhtelif seksiyonlarında yürütülmüştür. Her seksiyonda, uygun noktalarda numune alma istasyonları seçilmiştir. Bu istasyonlar uzun ayaklarda, (a) ayak dip taban yolunda ayak alnından 10 m. geride, (b) yine dip taban yolunda ayak alnı üe taban alnı arasında, (c) ayak ortasında, ve (d) ayak baş taban yolunda ayak ahundan 8-10 m. geride; lağımlarda, arından 10 m. kadar geride; yükleme istasyonunda, (a) —150 kotundaki tumbadan 10 m. geride dönüş havası yolunda, ve (b) —160 kotunda süo dibinden 10 m. geride dönüş havası yolunda tespit edilmiştir. Numuneler vardiya içinde ara verilmeden sürekli olarak alınmıştır. Numune alma süreleri mümkün olduğu kadar uzun tutulmuş olup ortalama 6 saat kadardır.

Daha önce dışarıda bakımı ve hazırlığı yapılan aletler numune alma istasyonlarına getirilir ve yolun ortasına; yerden yüksekliği mümkün olduğu kadar ağız hizasına gelecek şekilde tavana asılır. Aletler aynı anda çalışmağa başlatılır ve aynı anda durdurulur. Dışarı çılınca gerekli doneler alınarak toz konsantrasyonları hesap edilir.

Serbest süikanın tayininde metod olarak Enfraruj-Spektrofotometre metodu seçilmiştir. Bunun için PERKIN-ELMER 137 Sodyum Klorid spektrofotometresi kullanılmıştır. Bazen aynı yerden alman birkaç numune karıştırılarak tahlü edilmiştir. Bu metodun detaylarından burada bahsedilmeyecektir.

6.3. Deneysel Veriler

Deneylerin sonucunda bulunan toz konsantrasyonları Tablo 3'de, silika analizlerinin verileri ise Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 3 — Toz Numunelerinin Karşılaştırmalı Verileri

Numarası	Vardiya*	Y e r	Kullanılan Alet	mg/m ³	Tane/cm ³	İ z a h a t
1	3	Doğu Çay Ayağın üst taban hava dö-nüş yolu	Gravimetrik Isısal çöktelci	7,24	1393	—
2	3	"	Gravimetrik Isısal	11,74	712	—
3	3	"	Gravimetrik Isısal	9,70	1771	—
4	3	"	Gravimetrik Isısal	10,50	2099	—
5	2	Doğu Çay Ayağın ortası	Gravimetrik Isısal	13,47	1880	İstihsal: 184 ton kömür ve 8 ton taş.
6	2	"	Gravimetrik Isısal	8,55	1855	İstihsal: 158 ton kömür ve 6 ton taş.
7	3	Doğu Çay Ayağın dip taban yolu (ayak ile taban alını arası)	Gravimetrik Isısal	9,29	1818	Eski bir göçük yolu takip eden taban yolunun arındaki kömür kalınlığı 120 cm. kadardır.

(*) 1. vardiya saat 16.00 - 24.00 arası; 2. vardiya 24.00 - 08.00 arası ve 3. vardiya 08.00 - 16.00 arası çalışmaktadır. Ayaklarda 1. ve 2. vardiyalar istihsal, üçüncü vardiya ise tahkimat vardiyasıdır.

Tablo 3 (Devam)

Numarası	Vardiya*	Y e r	Kullanılan Alet	mg/m ³	Tane/cm ³	İ z a h a t
8	2	Doğu Çay Ayağın dip taban yolu temiz hava girişi	Gravimetrik Isısal	3,92	1265	Ayaga gelen temiz hava -360 kotundan buradaki yağmurlarda kusmen kirli olarak geliyor.
9	3	Doğu Çay Ayağın ortası	Gravimetrik Isısal	8,73	744	İstihsal: 140 ton kömür (24 saatte) Tahkimat: 24 domuzdamı yapıldı.
10	3	"	Gravimetrik Isısal	5,04	560	İstihsal: 160 ton kömür Tahkimat: 26 domuzdamı yapıldı.
11	2	Doğu Çay ayak üst taban (Hava dönüş) yolu	Gravimetrik Isısal	9,57	1364	Ayak istihsalı: 169 ton kömür
12	2	"	Gravimetrik Isısal	4,71	1061	Ayak istihsalı: 127 ton kömür
13	2	"	Gravimetrik Isısal	6,63	1734	Ayak istihsalı: 217 ton kömür
14	2	"	Gravimetrik Isısal	6,62	2075	Ayak istihsalı: 193 ton kömür
15	1	-160/43027 Acanta Kuzey Lağımu	Gravimetrik Isısal	16,87	3161	Arun: Gre Posta: 6 ton alındı

Tablo 3 (Devam)

Numarası	Vardiya*	Y e r	Kullanılan Alet	mg/m ³	Tane/cm ³	İ z a h a t
16	1	"	Gravimetrik İsısal	1,13	747	Arın: Gre Posta: 20 ton alındı
17	1	"	Gravimetrik İsısal	9,95	1557	Arın: Gre Posta: 5 ton alındı
18	2	"	Gravimetrik İsısal	13,53	2417	Arın: Gre
19	2	"	Gravimetrik İsısal	8,33	1485	Arın: Gre Posta: 10 ton alındı
20	1	—360/51100 Batı Lagımı	Gravimetrik İsısal	12,31	2320	Arın: Konglomera Posta: 6 ton alındı
21	1	—360/51100 Batı Lagımı	Gravimetrik İsısal	21,25	3791	Arın: Konglomera
22	1	"	Gravimetrik İsısal	16,50	3641	Arın: Konglomera
23	2	—160/43027 Acen- ta Kuzey Lagımı	Gravimetrik İsısal	23,63	5210	Arın: Gre (Sadere delik delme işlemi ya- pıldı)
24	2	—360/51100 Batı Lagımı	Gravimetrik İsısal	11,78	2944	Arın: Gr [®] Posta: 8 ton alındı

Tabol 3 (Devam)

Numarası	Vardiya*	Y e r	Kullanılan Alet	mg/m ³	Tane/cm ³	İ z a h a t
25	2	"	Gravimetrik İnsal	6,30	2948	Arın: Gre ve ince bir kömür bandı Posta: 12 ton alındı
26	2	"	Gravimetrik İnsal	18,42	3151	Arın: Gre ve konglomera
27	3	"	Gravimetrik İnsal	14,93	2464	Arın: Konglomera Posta: 10 ton alındı
28	3	"	Gravimetrik İnsal	10,38	2417	Arın: Yumuşak gre Posta: 16 ton alındı
29	3	"	Gravimetrik İnsal	18,49	2524	Arın: Yumuşak gre
30	3	—160/43027 Acen- ta Kuzey Lagımı	Gravimetrik İnsal	18,96	2002	Arın: Gre
31	3	"	Gravimetrik İnsal	7,42	1136	Arın: Gre Posta: 12 ton alındı
32	3	"	Gravimetrik İnsal	7,33	1013	Arın: Gre Posta: 13 ton alındı
33	1	Papas Ayagın or- tan	Gravimetrik İnsal	8,35	1051	İstihsal: 125 ton kömür
34	1	"	Gravimetrik İnsal	8,86	798	İstihsal: 150 ton kömür

Tabol 3 (Devam)

Numarası	Vardiya*	Y e r	Kullanılan Alet	mg/m ³	Tane/cm ³	İ z a h a t
35	1	Papas Ayak üst taban (hava dö-nüg) yolu	Gravimetrik Isısal	1,75	619	Ayak istihsali: 96 ton kömür
36	1	"	Gravimetrik Isısal	0,95	804	Ayak istihsali: 160 ton kömür
37	1	"	Gravimetrik Isısal	8,22	759	Ayak istihsali: 130 ton kömür
38	1	Papas Ayak dip taban yolu temiz hava girişi	Gravimetrik Isısal	1,48	676	---
39	1	Papas Ayak üst taban yolu	Gravimetrik Isısal	0,81	626	Ayak istihsali: 122 ton kömür
40	1	Papas Ayak dip taban (ayak ile ta-ban arası)	Gravimetrik Isısal	25,10	Sayıla-madı	Taban arındaki kömür kalın-lığı 90 cm.'dir. Kuru delmek ve lağım atmak suretiyle ilerleme yapıyor.
41	1	"	Gravimetrik Isısal	12,45	2027	"
42	3	"	Gravimetrik Isısal	14,00	1768	"
43	3	"	Gravimetrik Isısal	10,58	841	"

Tablo 3 (Devam)

44	3	Papas Ayağın ortası	Gravimetrik Isısal	7,86	392	38 domuzdamı yapıldı
45	3	"	Gravimetrik Isısal	5,09	243	34 domuzdamı yapıldı
46	3	Papaz Ayak üst taban yolu	Gravimetrik Isısal	1,30	561	—
47	3	"	Gravimetrik Isısal	7,04	682	—
48	3	Papas Ayak dip taban temiz hava girişi	Gravimetrik Isısal	2,76	894	—
49	2	"	Gravimetrik Isısal	2,68	902	—
50	1	46 yükleme tumbasının hava dönüş yolu	Gravimetrik Isısal	3,53	572	250 ton kömür tumba edildi
51	1	"	Gravimetrik Isısal	2,89	386	285 ton kömür tumba edildi
52	3	Papas Ayak üst taban	Gravimetrik Isısal	0,82	543	—
53	1	46 yükleme dip yolunun hava dönüş tarafı	Gravimetrik Isısal	2,71	1245	5-tonluk arabalara 177 ton kömür yüklendi

Tablo 3 (Devam)

54	1	"		Gravimetrik Isısal	3,57	957	164 ton kömür ve 20 ton tağ yüklendi.
55	2	46 yükleme tumba- basının hava dö- nüş yolu		Gravimetrik Isısal	3,16	599	96 ton kömür tumba edildi.
56	2	"		Gravimetrik Isısal	1,93	425	135 ton kömür tumba edildi.
57	2	46 yükleme dip yo- lunun hava dönüş tarafı		Gravimetrik Isısal	5,20	775	187 ton kömür yüklendi.
58	2	"		Gravimetrik Isısal	1,71	558	105 ton kömür yüklendi.
59	3	Doğu Çay Ayak dip taban yolu (Ayak ile taban ararı arası)		Gravimetrik Isısal	2,79	959	Eski bir göçük yolu takip eden taban yolunun ararındaki kömür kalınlığı 140 cm. kadardır.
60	3	Doğu Çay Ayak dip taban temiz hava girişi		Gravimetrik Isısal	1,16	708	Ayağa gelen hava —360 kottundan kısmen kirlenmiş olarak geliyor.

Tablo 4 — Silika AnalMerinin Verileri

Numune Numarası	Analiz Edilen toz miktarı (mg)	Tozu yakıt-tan sonra çıkan kül miktarı (mg)	% Kül	Küldeki % SiO₂	Tozdaki % SiO₂
5	4,2	1,4	33,3	19,75	6,58
11,12,13	11,2	2,5	22,3	16,13	3,60
18,30	20,5	18,5	90,2	58,75	53,00
22, 24, 25	12,9	10,2	79,0	60,63	47,90
27	6,9	6,0	87,0	77,50	67,42
31,32	5,0	4,8	96,0	45,00	43,20
33, 34, 37	14,8	6,5	43,9	19,82	8,70
42,43	12,5	10,5	84,0	35,00	29,40
50, 51,53	4,4	2,6	59,1	26,25	15,51
56,57, 58	6,0	2,3	38,3	15,44	5,92

7. Sonuç

Yapmış olduğumuz çalışmalardan şu sonuçlara varılmıştır.

1 — Herşeyden önce, iş yerlerimizin tozlu olup olmadığına karar verebilmemiz için diğer milletlerde olduğu gibi bizim de bir toz standardı tayin etmemiz gerekmektedir.

2 — Bulduğumuz sonuçları diğer milletlerin standartları ile karşılaştırdığımız zaman madenlerimizin oldukça tozlu olduğunu görürüz. Bilhassa kuru delik delme sistemi üe çalışılan taş galerilerde durum çok ciddidir.

3 — Ayaklarda istihsal vardiyalarında tahkimat vardiyasına nazaran daha çok toz meydana gelmektedir.

4 — Lağımlarda kuru delme işlemi esnasında diğer işlere nazaran aşırı miktarda toz husule gelmektedir.

5 — • Umumiyetle bazı işyerlerine giriş havası olarak gelen hava daha önce başka işyerlerinde kirlenmiş bulunmaktadır.

6 — Uzun ayaklarda istihsal vardiyalarında ayak bütünüyle çalışmamakta olup sadece muayyen bir kısmı çalışmaktadır. Bu da fazla tozu önlemek bakımından yarar sağlamaktadır.

7 — Numuneler umumiyetle fiili çalışma saatlerinde alınmıştır. Vardiya başı ve sonu gibi işçilerin gelip gitmesi ve hazırlanması üe geçen saatler nazarı itibare alınmamıştır. Dolayısı ile değerlerimiz az çok yüksek olmuştur. Eger 8 saatlik tam bir vardiya esnasında numune alınmış olsaydı değerler biraz daha düşük olurdu.

8 — Ayak dibindeki oluktan araba doldurma esnasında çıkan tozların hava üe birlikte tekrar ayağa girerek toz huluğu artırdıkları tespit edilmiştir.

9 — Serbest silika yüzdesi genel olarak fazladır. Bu durum taş galerilerde daha barizdir. Ayaklarda silikanın fazla olmasının sebebi daha ziyade kömür içindeki ara kesmelerle tavan ve taban taşlarının parçalanmasıdır.

8. Baaa öneriler

Maden atmosferindeki toz konsantrasyonunu düşürmek için bazı tedbirler almamız gerekmektedir. Alman bu tedbirlerin iki avantajı vardır: (1) işçilerin sağlığı korunmuş olur; (2) Meslekî hastalıklar azalacağı için E.K.İ. daha az meslek hastalığı tazminatı öder.

Edindiğimiz tecrübelerle göre toz problemine karşı aşağıdaki tavsiyeleri yapabiliriz.

1. Taş galerilerde sulu delik delme metodunu mutlaka uygulamalıyız.

2. Eger mümkünse uzun ayaklarda arma su enjekte ederek çalışmak daha faydalıdır.

3. Transfer noktalarında ve ayakdibi oluklarında tozu bastırmak için su fisketeleri tesis edilmelidir.

4. İş yerlerine gelen havanın önceden kirlenmesine mani olunmalı; mümkün olduğu kadar temiz hava gelmesine çalışmalıdır.

5. Temiz hava miktarını yeteri kadar artırmalıdır. Böylece toz maden atmosferinden daha çabuk temizlenmiş olur.

6. Lağım deliklerine sıkılama maddesi olarak içi toz absorbe eden kimyevî maddelerle doldurulmuş kartuşlar kullanılmalıdır.

7. Ayak içindeki dar kesitleri genişletmelidir. Zira bu kesitler hem havayı boğarak yeteri kadar gelmesine mani olur, hem de havanın hızını artırarak toz kaldırmasına sebep olur.

8. Başyukan, taban, lağım veya desandri gibi yerlerde vantüp veya hava borusunun mümkün olduğu kadar arkaya yakın olması lazımdır.

9. Kuru ve tozlu yollar ve ayak içlerindeki insan geçen tozlu bürler sık sık temizlenmeli veya suyla yıkanmalıdır.

10. Kaim damarlar katlar halinde çalışıldıkları zaman tavan ayakların arka kısmına su vermek yerinde olur. Arka göçtükten bir müddet sonra tavan basıncı ile kırılan kayaç ve kömür parçaları toz ve suyun meydana getirdiği çimentolama yardımıyla sıkışarak sertleşirler. Böylece taban ayakların tavanları daha çok tozun meydana gelmesine elverişli olmaz.

11. İşçüler toz ve tozun zararlı tesirleri hakkında aydınlatılmalıdır. Bu onların kendilerini tozdan daha iyi korumalarına ve mümkün olduğu kadar az toz çıkararak çalışmaya dikkat etmelerine yardım eder. (E.K.I. kömür ocaklarında lağım deliğinden gelen tozu deliğe ağzını dayayarak emen işçiler görülmüştür. Sebebi sorulduğunda meslek hastalığı maluliyetini artırarak daha fazla tazminat almak istedikleri söylemişlerdir.)

Bibliyografik Tanıtım

1. Üstünkol, Ş.: "Study of Dust Conditions at Kilimli Colliery of Ereğli Coal Company", Master Tezi, Ankara 1973.
2. Bölükbağı, N.: "Studies on Sampling- and Analysing Mine Dust", Master Tezi, Ankara 1970.

3. **Lovenne, F.:** "Occupational Lung Diseases and Radiological Aspects of Pneumoconiosis", **Konferans Notları, Louvain (Belçika) 1972.**
4. ———, "Proceedings of the Symposium on Respirable Coal Mine Dust", U.S. Bureau of Mines, Information Circular 8458, s. 7-26, Washington **1970.**
5. Forbes, Devenport, and Morgis, "Physiological Effects of Breathing Dust", Review of Literature on Dusts, Bureau of Mines Bulletin **478, s. 18-57, Washington 1950.**
6. ———, "1972 ve 1973 Ereğli Kömür Havzası İstatistikleri", E.K.İ. İstatistik Servisi, Zonguldak.
7. ———, "Respirable Dust Sampling Requirements Under the Federal Coal Mine Health and Safety Act of 1969", U.S. Bureau of Mines, Information Circular **8484**, s. 3, July 1970 .

B

kaya mekaniği

UZUN AYAKLARDA TAHKİMAT ESASLARI H — ÇELİK TAHKİMAT

Tacettin ATAMAN*

özet

özellikle kömür ocaklarında, uzun ayaklarda üretimin makineleştirilmesi ancak ayakta direksiz bir aim sağlanması ile mümkün olmaktadır. Bu ise ancak uzun ayaklarda çelik tahkimat kullanılmaktadır. Her ne kadar, bundan önce, 1971 yılı Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi'nde sunmuş olduğum "Uzun Ayaklarda Tahkimat Esasları" 1 - Ağaç tahkimat, başlıklı tebliğde, altına dik ağaç sarmalar kullanmak suretiyle direksiz bir ayak alın sağlanması mümkün ise de, altına dik ağaç sarmalar ve direklerin çelik tahkimata göre daha pahalı olması ve ağaç direklerin sökülüp takılmasındaki güçlükler hesaba katılınca çelik tahkimatın uzun ayaklarda kullanılmasının önemi kendiliğinden anlaşılır.

Bu tebliğde ancak sürtünmeli - ayarlı demir direklerden bahsedilecektir. Geriye kalan ayarlı hidrolik direkler, çelik sarmalar, ve nihayet yürüyen tahkimat konulan ise önümüzdeki kongrede bir tebliğ veya Madencilik Dergisi'nde bir makale olarak sunulacaktır.

Abstract

In the Supporting problem of the long-wall faces, steel supporting provides a prop-free face which is very important in face mechanization in long wall mining. Although in my paper of title: "supporting principles in long-wall faces: timbering" offered to the mining congress of 1971, it was

(*) Assoc. Prof. Dr., Orta Doğu Teknik Üniversitesi - Ankara

shown that, even with timber caps perpendicular to the face, it is possible to establish, a prop free face. But as timber supporting being much more expensive and time consuming, steel supporting is becoming very important in long wall mining.

In this paper only friction type steel props are discussed and hydraulic props, steel caps and finally powered supports will be the subject of another paper in the next mining congress or they will be taken in hand in an article of "Maden-cilik" periodical later on.

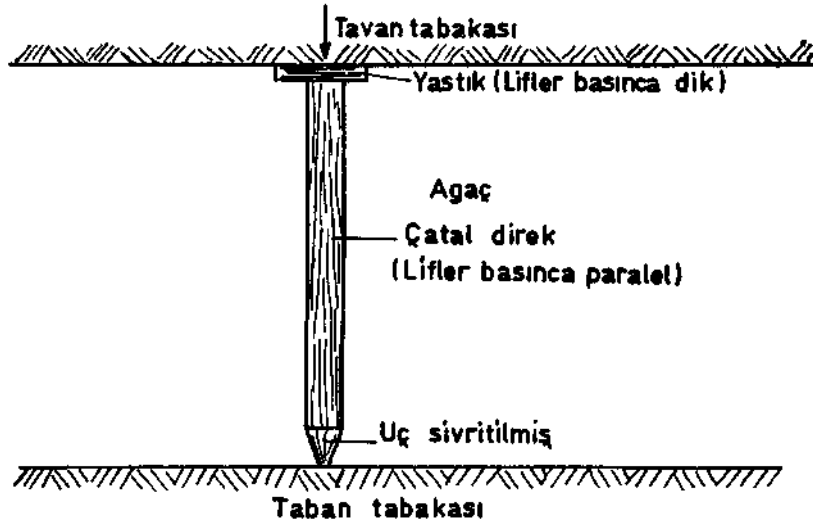
I — Çelik Tahkimat Hakkında Genel Bilgiler

Çeliğin ağaca göre daha yüksek dayanımlı olması ve çeşitli mekanizmalara (mafsal, iç-içe kayabilen teleskopik biçimler v.b...) uygun şekillendirilebilmesi ve bu mekanizmaların ağır yükler altında bozulmadan kullanılabilmesi, en sonunda madencileri çelik tahkimat elemanlarını imâl etmeye adetâ zorlamıştır (1). Yalnız Almanya'da, 1900 yılından 1955 yılına kadar, demir direkler konusunda alınmış olan patent sayısı 897'dir.

Yeraltında açılmış olan boşlukların tahkimi, madencilerin her zaman en önemli bir sorunu olmuştur. Bir uzun ayakta ağaç direklerle yapılmış olan tahkimatta en önemli hususlardan biri, madencinin, çalışılan kömür damannın kalınlığına uygun boyda sağlam ağaç direk bulabilmesidir. Ayrıca, istenen uzunlukta, düzgün ve çapı pek değişmeyen sarmalık sağlam direkler bulmakta kolay olmamaktadır. Ağaç - direk yapılan uzun ayak tahkiminde madenci, direk yoğunluğunu (beher m² tavan alanına düşen çatal direk sayısını), kendi tecrübesi ve ustalığı sayesinde, çalışılan damarın kömür, tavan ve taban tabakaları şartlarına göre, kendisi tayin eder. Yani işin içinde insan faktörü önemli bir rol oynar. Kullanılan çatal direklerin baş tarafına, tavan basmama dik yönde elyaflan bulunan sarmaları veya birer yastık koymakla, veya çatal direğin taban taşma gelen ucunu sivrilterek (Şekü: 1), tavan basıncının artması halinde, tahkimata bir esneklik sağlanır.

Yapılmış olan laboratuvar deneyleri sonucunda, tepesine bir sarma veya yastık konmamış ve tabana gelen ucu da sivrütü-

memiş bir ağaç direk, çapına ve direğin oluştuğu ağacı cinsine göre, 20-30 tonluk bir yük altında bir kaç mm.'lik bir esneme-den sonra kırılmakta ve bir daha da tahkimatta kullanılmamaktadır. Halbuki çelikten veya hafif metalden yapılmış ayarlı direklerin bir çok avantajları vardır:



Sekil: 1

1 — Metalden yapılmış ayarlı direkler (ister sürtünmeli ister hidrolik) aylar boyunca tekrar tekrar kullanılabilir. Ortalama kayıp ayda %1 olmakla, ortalama ömürleri 50 ay yani dört yıldan çok olmaktadır. Hernekadar ilk tesis masrafları yüksek ise de, en çok iki haftada, ağaç direklere göre bedellerini ödemektedir. Geri kalan aylarda büyük çapta tasarruf sağlamaktadır.

2 — Çelik tahkimat sayesinde, ayakta pratik göçük önlenmekte ve işçilerin emniyeti büyük nisbette artmaktadır.

3 — Ayakta direk olmayan bir aim (prop free face-stempel-frei Abbau Front) sağlanabilmesi çelik tahkimat ile çok kolay olmakta ve böylece ayakta aim mekanizasyonu kolaylıkla uygulanabilmektedir.

4 — Kolaylıkla sökülüp takılmaları sayesinde ayak tahkiminde hem işçilikten ve hem de zamandan tasarruf sağlamaktadır.

II — Çelik Tahkimatın Sınıflandırılması

Ayaklarda kullanılan çelik tahkimat başlıca üç sınıfa ayrılır:

- A. Münferit, sürtünmeli, ayarlı demir direkler ve çelik sarmalar,
- B. Münferit, hidrolik-ayarlı demir direkler ve çelik sarmalar,
- C. Birden çok hidrolik-ayarlı demir direklerle mafsallı ve birbiriyle bağlantılı çelik sarmalar ve itici silindirleri olan geniş taban parçalı: yürüyen tahkimat.

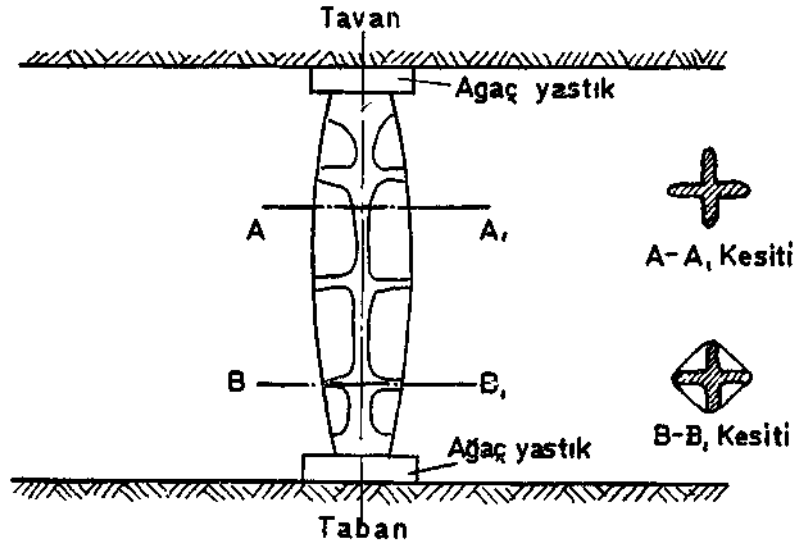
A. Sürtünmeli - Ayarlı Demir Direkler

Tarihçe: İlk demir direkler İngiltere'de kömür ocaklarında 1852 yılında kullanılmaya başladı: (Şekü: 2). Şekilde görülen bu direkler dökme demirden yapılmış rijit direklerdi. Başına ve tabanına konan ağaç yastıklar (sıktırmalar) üe hem direğe ilk yük sağlanmakta ve hem de biraz esneklik sağlanabilmekte idi. İngiltere kömür ocaklarında damar kalınlıklarının pek değişmemesi, bu ayarsız ve tek parçalı demir direklerin kullanılması mümkün olmakta idi. Almanya kömür havzalarında ve diğer Avrupa memleketleri kömür havzalarında ise kömür damarı kalınlıkları aym kalmadığı için, bu ocaklarda iç-içe kayabüen, iki parçadan oluşmuş ayarlı demir direkler kullanılması gerekli olmuş ve dolayısıyla Avrupa ülkelerinde ayarlı tipte demir direkler gelişmiştir.

Bu teleskopik, ayarlı demir direkler, ya iki parçayı biribirine sürtünme esasma göre bağliyan bir kilit-düzenle donatılarak sürtünmeü-ayarlı demir direkler haline getirilmiş yahut da iç direk, esnemeyen hidrolik bir ortamla ve bu ortamı belli bir yük altmda salıveren bir supap üe teçhiz edümele suretiyle hidrolik-

ayarlı demir -direk ortaya çıkarılmıştır. Dr. F. Spruth (2) a göre sürtünmeli, ayarlı demir direkler, karakteristik eğrilerine göre üç grupta toplanır: (Şekü: 3)

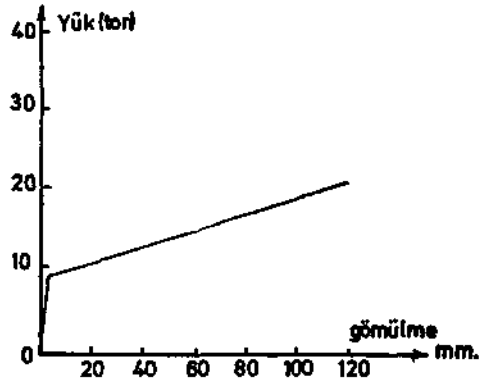
- 1 — Kamalı düzeni olanlar,
- 2 — Servo-elementli olanlar,
- 2 — Kelepçeli olanlar.



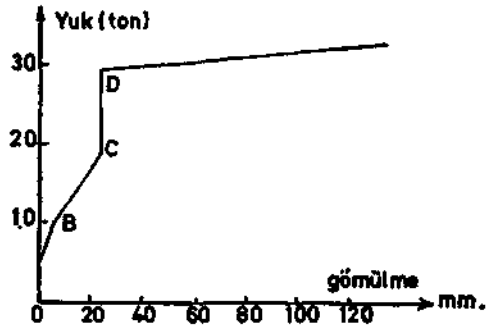
Şekil- 2 Eski İngiliz tipi
demir- döküm direk

Bütün sürtünmeü-ayarlı demir direklerde, iç-içe kayan parçalarda, iç direk üe kilit veya kelepçe düzeni arasındaki sürtünmede, statik sürtünme katsayısı (çelik-toz-çelik) dinamik sürtünme kat sayısından daha büyük olduğu için, ayaklarda, tavan basma altında çalışırken, Şekü: 3'de verilmiş olan ve labotuvarda yapılan yükleme deneyleri sonunda elde edilen karakteristik eğrilerden farklı bir karakteristik eğri verecek şekilde davranırlar. (Şekü: 4)

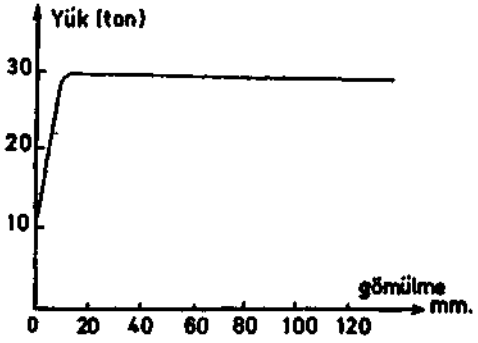
a: Kamalı olanlar



b: Servo elementli olanlar



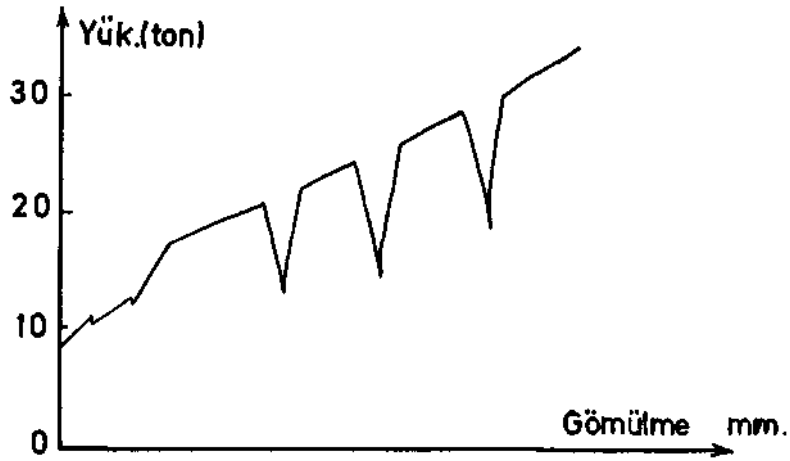
c: Kelepçeli olanlar
(Hidrolik direklerin karakteristiği gibi)



Şekil: 3 Sürtünmeli - ayarlı demir direk tipleri

Burada, demir direğin üst kısmını oluşturan iç direk, zaman zaman âni gömülmeler ve âni sıçramalar yapmaktadır.

Alman imalâtçılarının hangi tiplerde sürtünmeli - ayarlı demir direk yaptıkları çizelge: 1 de verilmiştir.



Şekil:4 Ayakta çalışan bir kamalı demir direk

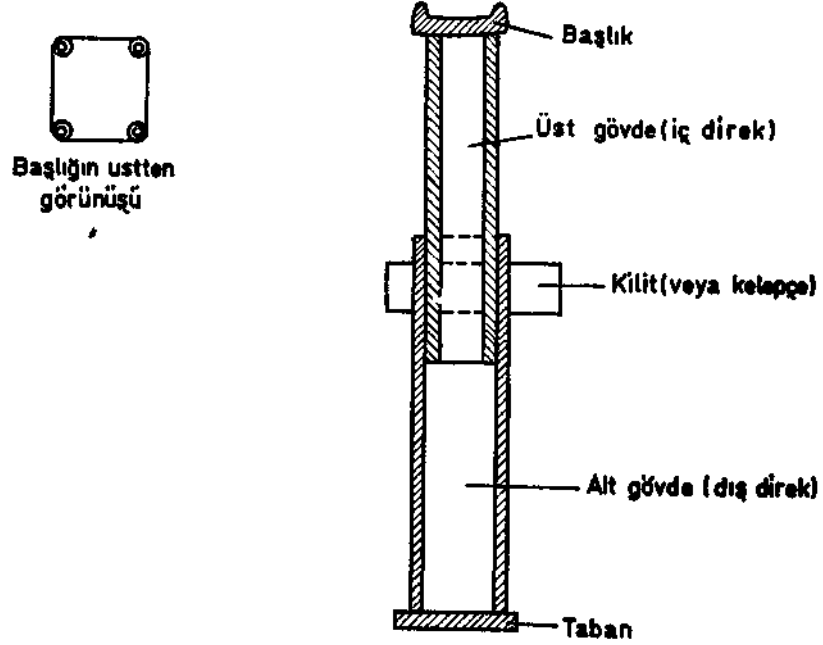
Not: Servo-element mekanizması: Sürtünme katsayısı farklı olan iki yüzeyi olan bir metalik parçanın üst direk (iç direk) ile kelepçe arasında, kelepçe ile temas eden yüzeyinin nisbeten kolaylıkla kayarak (resimde BC arası) bir engele gelmesi ve bu engele dayandıktan sonra, üst direğin yüksek sürtünme katsayısı ile güçlükle gömülmesi ise CD kısmının oluşmasına yol açar. Şekil: 3-b. Bu sisteme servo-element mekanizması denir.

İÜ — Sürtünmeli - Ayarlı Demir Direklerin Yapısı

Sürtünmeli ayarlı demir direkler başlıca üç kısımdan oluşur. (Şekül: 5)

1. Üst gövde (iç-direk) : başlık ile üst kısımdan oluşur.
2. Alt gövde (dış-direk) : taban ve alt kısımdan oluşur.

3. Kilit (veya kelepçe) : alt gövdenin basma yerleştirilen bu düzen, üst gövdenin alt gövde içinde, ancak büyük yüklerin direğe gelmesi sonucunda yavaş yavaş kaymasını sağlamak için yapılmıştır (Şekil: 5).



Şekil : 5

1 — t ç Direk

a) Başlık, genellikle, demir direk tepesine konacak çelik veya karma tahkimatta ağaç sarmayı kavrayacak ve yanlara doğru kaymalarını önleyecek dört adet meme ile donatılır. Bazı hallerde bu başlıklar, ağaç sarmayı kavrayacak ay şeklinde yapılmıştır. Bu başlıklar, tavandan gelen yükleri üst gövde üe kilit tertibatına iletir ve ondan da bu yükler sürtünme mukavemeti dolayısıyla alt gövdeye ve tabana oradan da taban tabakasına iletilir. Bu başlıkların malzeme şekü ve boyutları, bazen 50 tona kadar çıkabilecek yüklere dayanabilecek ve kalıcı bir deformasyon göstermeyecek tarzda seçilmelidir.

b) Üst gövde: Başlığın genellikle elektrik kaynağı ile tesbit edildiği üst gövde çelik profillerden veya bazı direk tiplerinde silindir şeklinde bükülmüş kaim çelik saçlardan yapılır.

Üst gövde ile alt gövdenin profil şekli Uerinin teleskopik (iç içe kayabilen) silindirler olması, birim ağırlığa düşen en yüksek dayanımı sağlaması bakımından, en uygun şekildir. Ancak bazı pratik mülahazalar bunu sakıncalı kılmaktadır. **örneğin:** ayarlı demir direkler ayakta kullanılır iken, ayak arkasının göçertildiği hallerde, arkadan düşen büyük taş parçalarının arkasındaki direklere çarpması üe, silindir profillerinde meydana gelebilecek çöküntü ve şişmeler iç-içe kaymayı önleyebilir. Ayarlı demir direklerin kullanılma koşulları çok ağırdır ve bu direklerin çok dayanıklı ve sağlam olmaları zorunludur.

2 — Dış Direk

İç direğin içine girip kilit aracılığı ile içinde kaydığı kısımdır. Dış direk: alt gövde, kilit ve tabandan oluşur.

a) Alt gövde: Alt gövdeden beklenen hususlar da şunlardır:

1 — Üst gövde - kilit yolu üe gelen direk yükünü tabana iletmek,

2 — Baş kısmında küit düzenini taşımak,

3 — Üst gövdenin alt kısmının kendi içinde, yük arttıkça kayabilmesine engel olmamak,

4 — Demir direğe ük yükün verilme düzeninin çalıştırılmasına elverişli olmak,

5 — Diğer elemanlar gibi, maksimum yük altında kalıcı bir deformasyon göstermemek.

Demir direk imalâtçıları, bir sürtünmeli, ayarlı demir direk tipinin dizaynını hazırlarken, bütün bu hususların yanında, ayrıca direğin mümkün olduğu kadar hafif ve yeraltı koşullarında sağlam ve dayanıklı olmasına çalışırlar.

Çizelge: 1

Batı Almanya'da Hâlen Demir Direk İmâleden Firmalar ve bunlara Ait Demir Direkler: (2)

Sürtünmeli Demir Direkler			Hidrolik demir direkler
1 — Ağaç yastıklılar	2 — Servo-Elmanlılar	3 — Karakteristik eğrisi yatay olanlar	4 — Karakteristik eğrisi hemen dikelenler
a — Eski model: iç direğe çok konik olan direkler. -Gerlach: Model 37 ve 47. — GHH - AZ ve DZ: Çifte kamalı direkler. i — Yeni model. İç direği az konik olan direkler.	- Becorit D50, F40, CSO: Yuvarlak kamalı gerdirmeli sürtünme. - Radbod: Kuyruklu kama ve yuvarlanma sürtünmeli. — Reppel - Ardey: Kuyruklu kama ve yuva izli sürtünmeli. — Rothe Erde - Buschmann: Yüzleri itinalı bitirilmiş, kuyruklu kamalı.	Bunlardaki bilezik yükü anma yüklerine eşittir. • GHH - Torsions: iç direği kare kesitli (dört kenarı da sıkışık) • Schwarz-Kiemring : Bilezik gerilmesi her yerinde aynı olan (Her iki bilezikte de).	• Gerlach Duplex ve Duplex 60: Dönen kollar. • Gerlach Tandem: Çifte kamalı kilitli -GHHS: (Altı katlı) Çifte kamalı kilitli üç yüzeyi sürtünmeli kama - aşık parçalı. • Wanheim vierfachen: Dört yüzü sürtünmeli. a- Tulumbası ile birlikte olanlar: — Salzgitter - Hydraulik: (Dowty - Monarch). — Wanheim H 58 i — Merkezi bir tulum-baya bağlı olarak çalışanlar. — Klöchner - Ferro-matik. — Kronprinz GI-17 ve 18.

GHH ve AB ve DR: —Schwarz-Universal: —Schwarz-Hydrok- —Wanheim Duplex - —Thyssen - Noé.
Çifte kamalı ve sür- Kayıt lamalı ve zin- lemmring: Bir bile- super: Dört yüzeyi Z.
tünme yataklı di- cirli kaması olan. zigi hidrolik geril- sürtünmeli ve kol _____
rekler. meli olan. hareketli. -Wanheim H 60/40
— Wanheim Lamellen: Lama demirleri ile —Wanheim Rohria- —Wiemann - Ring: " ~ * ^ c
sürtünme ve kuy- mellen: Altı yüzeyi Dört yüzeyi sürtün- (B o c h u m e r Eisen-
ruklu kamalı. de sürtünmeli olan. meli ve sürtünme ' —.Bnnrit
— Wiemanz Alco 2: —Wiemann Alco: 1 Dört sürtünme yü- —Wiemann Alo: Çifte necorw.
Diagonal kuyruklu kamalı. zeyli. —Wiemann Alo: Çifte kamalı kilitli ve sürtünme yüzeyleri egrl.
— Wiemann Bio: Sür- tünme yüzeyleri eğ- ri.

b) Taban: Alt gövdenin tabanım oluşturan bu kısımda aranan nitelikler ise şunlardır:

1 — Ayarlı demir direğe gelen ve başlık - üst gövde - kilit - alt gövde yolu üe tabana kadar üetilmiş olan yüklere karşı yeterli kadar dayanıklı olmak.

2 — Ayaktaki taban taşına gömülmiyecek kadar geniş alanlı olmak. Bu iki husus sağlandığı takdirde, ayarlı demir direk, ondan bekleneni yerine getirebuecektir. Ancak taban tabakasını oluşturan taş, zamanla sulu veya rutubetli koşullarda, dayanımını (basma ve makaslamaya karşı dayanımını) kısmen veya tamamen kaybedecek nitelikte ise, geniş tabanlı demir direkler kullanılması veya eldeki mevcut demir direklerin tabanlarına geniş taban parçalarının geçirilmesi (pabuç) gerekir. Bazı kömür damarlarının taban taşları küli veya yumuşak şisttir. Bunlarda kömür kazı havesinde, örneğin 120 kgf/cm^2 olan basma dayanımı bir gün sonra 80 kgf/cm^2 'ye ve iki gün sonra da 40 kgf/cm^2 'ye kadar düştüğü görülmüştür (su veya rutubet temasında taban taşının yumuşaması) (2). Bu takdirde, kazı havesinde: taban alan 200 cm^2 olan direğin en büyük yükü: $P_j = 200 \times 120 = 24000 \text{ kgf} = 24 \text{ tondur}$. Bu yük, iki gün sonra: $P_a = 200 \times 40 = 8000 \text{ kgf} = 8 \text{ ton}$ olabuecektir. (Direğin taban taşma gömülmiyerek taşıyabueceği en büyük yük). Direk tabanına, alan 600 cm^2 olan (örneğin $24 \times 25 \text{ cm}$ boyutunda) bir parça takılırsa, göçük havesinde olan demir direğin tabana gömülmeden taşıyabueceği en büyük yük:

$$600 \times 40 = 24000 \text{ kgf} = 24 \text{ ton olur.}$$

Taban alanını artıran pabuçların kullanılması halinde:

özellikle demir direklerin sökümünde, işçüer taraf ından göçükten kurtarıhnamakta ve dolayısıyla kaybedilmektedir. Bu sakinanın dışında, bu pabuçlardan oldukça faydalı sonuçlar elde edilmektedir (2).

Bu duruma göre, bir ayakta kullanılacak çelik tahkimat elemanlarının seçilmesinde aşağıdaki faktörlerin hesaba katılması gerekir:

1 — Ayak arkasının göçertilmesi veya kısmî veya tam olarak ramble edilmesi hallerinden hangisinin uygulanacağı,

2 — Tavandan direklere gelebilecek azamî yük,

3 — Taban taşının basınç dayanımı ve bu dayanımın zamanla ve rutubetli ortamda değişip değişmediği. Şayet böyle bir değişme varsa bu değişimin derecesi hususlanmın bilinmesi gerekir.

Sürtünmeli, ayarlı demir direklerin boyları, kullanılacakları ayaklardaki damar kalınlıkları ve bu kalınlıkların ayak boyunca ve pano uzunluğunca arzedeceği değişmelere göre değişir. Alman imalâtçıları Ruhr havzasının damarlanmın kalmık değişmelerine göre, ayarlı demir direklerin boylarım ve bu boy-lara göre değişen gövde kesit boyutlarını standartlaştırmalarıdır. Bu normlara göre direk boylan ve gövde kesitleri boyutlan da verilmiştir. Bu tebliğin yazan, Türk Standardları Enstitüsü neşriyatı olarak, ayarlı demir direkler standardının hazırlanma sınıda da emeği geçmiştir: (T.S. 625 Ayarlı demir maden direk-leri (sürtünme kilitli))

c) **Kilit düzeni:** Kilit düzenleri, üst gövdenin (iç direğin) alt gövde (dış direk) içinde, yük altında mukavemet göstere-rek, yük arttıkça kaymasını sağlar. Çeşitli kamalan, bazı direk tiplerinde ezilmeye kadar giden sert ağaç (örneğin: gürgen) yastıklan ihtiva eden çelik ve kelepçeden oluşan kilit düzeni, her imalatçı firmanın kendi patentine göre değişir. Sürtünmeli, ayarlı demir direk sarma altına yerleştirilirken, ilk önce kilitte-ki tesbit kaması gevşetilir ve üst gövde el üe yukan çeküerek, direk tabam taban taşma ve başlığı da sarma altına gelecek şeküde iyice yerleştirilir ve ük yük verme düzeni üe, tesbit ka-ması hafifçe sıkıştırılmış direğin üst gövdesi, ük yükü alacak kadar, tavan-taban arasında gerdirilir. Ondan sonra kilitteki tesbit kaması varyoz üe yerine çakılarak demir direk ile yükü-nü alacak şeküde tesbit edilmiş olur. O halde, sürtünmeli, ayarlı demir direklerde kilit düzeninden beklenen özellikler şunlardır:

1 — Üst gövde ile alt gövde bağlantısını, direğin maksimum yük altında iken, emniyetle sağlaması.

2 — İlk yükten sonra, artan tavan yükü altında, belli bir kural içinde demir direğin esnemesini (üst gövdenin alt gövde içinde kaymasını) temin etmek (demir direk karakteristik eğrileri, belli kuralı gösterir). Bu belli kural, imalatçı firmanın vermiş olduğu yük-esneme diyagramı ile belirtilir.

3 — içindeki kamalar ve bazı tiplerde sert ağaç yastık düzeninin küt gövdesine yaptığı yan basınç ve bu basıncın doğurduğu yüklere, en zor durumlarda büe, dayanabüecek ve kalıcı deformasyon vermiyecek şeküde dayanıklı olması.

4 — Kullanıldığı ayak şartları içinde (kömür tozu, taş tozu ve rutubet ihtiva eden hava temasında), ihtiva ettiği mekanizmaların rahatlıkla çalıştırılabilmesi.

5 — Anî yük artmalarında oluşan darbe etkilerine karşı dayanıklı olması.

Şekü: 6'da bazı kilit düzenleri, bir fikir vermek üzere, verilmiştir. Bu çeşitli küt düzenleri, sürtünmeli-ayarlı demir direklerin yük-esneme (gömülme) karakteristik eğrilerini tayin eden ve direğin, ayakta, yük altında çalışma şeklini saptayan mekanizmalardır. Servo-elemanlı direklerde (çizelge: 1) küt içine yerleştirilmiş özel çelikten yapılmış yastık parçaların iki paralel yüzeylerinin ayrı sürtünme kat sayısını verebilmesi sayesinde servo-eleman fonksiyonu sağlanabümektedir.

Çizelge: 2'de Alman normlarına göre, sürtünmeli-ayarlı demir direk boylan verilmiştir.

Her **12** değeri 1/in iki değerine karşıdır. örneğin:

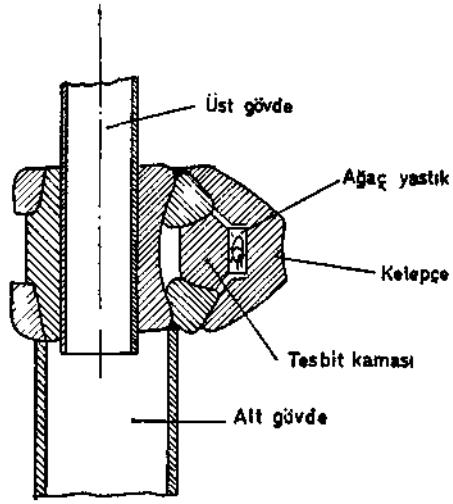
%: 2830 hem 1^: 4000 ve hem de %: 3550 için geçerlidir.

Bütün bu boyların en çok kullanüanları:

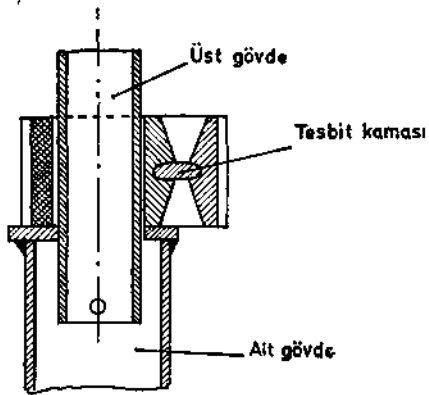
11.* 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 2800, 3150. Üst gövde ile alt gövdeyi oluşturan profillerin kesit boyutları, direk boyları arttıkça, bunlara aynı dayanımı sağlayabilmek için artırılmaktadır. Direk ağırlıkları da ona göre artmaktadır.

IV — Sürtünmeli - Ayarlı Demir Direklerin Karakteristik Eğrileri

Bu direklerin yük-esneme eğrileri, laboratuvarlarda yapılan yükleme deneylerinde elde edüen ve imalâtçı firması tara-



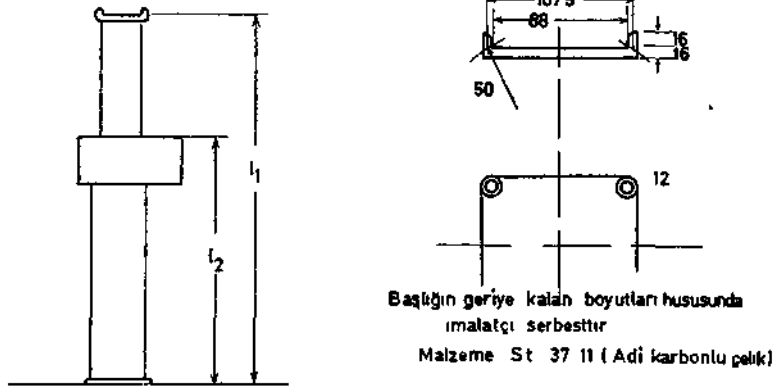
Gertach 47 model demir
direk kilit düzeni



Becorit - H modeli demir
direk kilit düzeni

Şekih6 Bazı kilit düzenleri

ÇİZELGE · 2
Alman normlarına göre sürtünmeli - ayarlı demir direk
boyutları DIN 21001
Aralık 1948



L _{su2} atılmış boy mm	400	500	560	630	710	800	900	1000	1120	1250
l ₁ " "	1400	1600	1800	2000	2240	2500	2800	3150	3550	4000
i ₂ ⁺¹⁵ ₋₂₀	780	880	980	1080	1200	1330	1630	1980	2380	2830

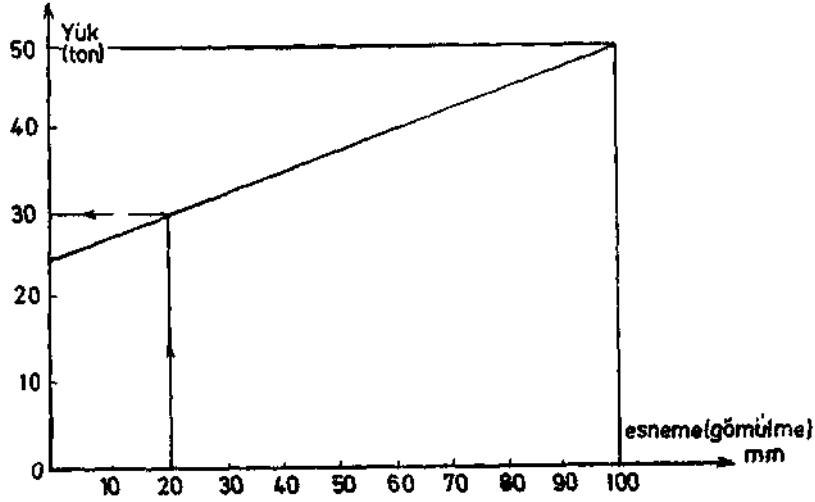
findan bu direklerin ayaklarda kullanıldıklarında, bu eğrilere göre yük alıp esneklik gösterecekleri iddia edilen eğrilerdir.

Laboratuvarlardaki ortam koşulları (ısı, havada ve direk parçalarının yüzeylerindeki toz ve rutubet), ayaklardakinden farklı olması ve ayaklarda kullanılan direklerin iki-üç gün değişen yüklerle mâruz kalması ve laboratuvarında bir direğin belli bir sürede yüklenmesine karşılık ayakta kullanılan bir sürü direğin bilinmiyen sürelerde farklı yüklerle yüklenmesi ve beraberce çalışmaları, imalâtçılann bu iddialarının pekte varit olmadığı kanısını uyandırmaktadır. Buna rağmen, yine de laboratuvardaki bu kısa süreli yükleme deneylerinden elde edilen bu yük-esneme karakteristik eğrileri, sürtünmeli-ayarlı demir direklerin çalışma şekilleri ve maksimum yük değerleri hakkında madencüere ışık tutmaktadır.

gekü: 3'te çeşitli tiplerdeki maden direklerinin laboratuvarında yapılan yükleme deneylerinde elde edilen yük-esneme karakteristik eğrileri görülmektedir.

Dr. O. Jacobi'nin Essen-Kray araştırma merkezinde yapmış olduğu uzun araştırmalarında elde edilen sonuçlara göre, uzun ayaklarda kullanılacak sürtünmeli-ayarlı bir tip demir direğin karakteristik eğrisi, Şekil: 7'de gösterilen şekilde olmalıdır.

Buna göre, ayaklarda kullanılan sürtünmeli-ayarlı demir direklerin yükleri, günün her saatinde, gömülmeyi ölçmek suretiyle ve yukarıdaki Şekil: 7'deki eğri yardımı ile kolaylıkla tayin edilebilir. Şöyleki :bu tip bir demir direk kurulduğu anda başlık altı-kilit üst yüzeyi arasındaki mesafe ölçülür: l_1 ve bir yere not edilir. Sonra direğe gelen yükün ölçüleceği anda, yine aynı direğin başlık altı-kilit üst yüzeyi arasındaki mesafe yine ölçülür: l_2 ; $l_1 - l_2$ farkı mm. olarak esnemeyi (gömülmeyi) verir. Bunu karakteristik eğri de x eksenine koyarak ona tekabül eden yük eğri üzerinde bulunur. (Şekül: 7) örneğin: l_1 : 400 mm.,



Dr O Jacobi'nin önerdiği sürtünmeli-ayarlı demir-direk tipinin karakteristik eğrisi.

1B: 380 mm. ise: $l_1 - l_2 = 400 - 380 = 20$ mm. esnemeye tekabül eden yük = 30 ton bulunur. Ancak, yukarıda açıklandığı gibi, dinamik sürtünme kat sayısının statik sürtünme kat sayısından (çelik-toz-çelik) küçük olması nedeniyle, ayakta, yük

altmda çalışan sürtünmeli-ayarlı demir direkler, Şekil: 4'de görüldüğü gibi, âni gömülmeler ve sıçramalar yaptıkları için, karakteristik eğrileri zik-zaklar arz etmekte ve bu nedenle gömülmeden yüke geçiş net ve kesin olamamaktadır.

V — Sürtünmeli - Ayarlı Demir Direklerde İlk Yük Verme Düzenleri

Sürtünmeli, ayarlı demir direklerin kurulmasında, sarmayı tavan taşıma ve direk tabanını da taban taşına bastırarak direk-sarma tahkimat elemanların bir ilk yükün verilmesi aşağıdaki faydaları sağlar:

1 — Tavan konverjansının ve taban kabarmasını kısmen önler.

2 — Direk-sarma düzenini, tavan ve taban tabakaları arasında sıkıştırarak, bunların bilhassa meyilli-ayaklarda, düşmesini (yıkılmasını) önler. Böylece, bu yıkılmalara karşı işçileri ve ayaktaki diğer malzemeyi de korur.

İlk yük verme düzenleri, direk imalâtçıları tarafından, direğin özelliklerine göre ve birer patent konusu olarak yapılır. Bunlardan en çok kullanılanları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

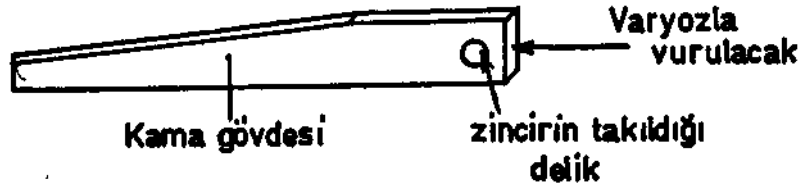
a) Kamalı Düzenler

Direklerin alt gövdelerinde karşılıklı açılmış yarıklara sürülen ve kama şeklinde olan çelik parçalarının üst yüzeyleri, alt gövde içinde bulunan üst gövde tabanını yukarıya kaldırır. Ondan sonra da daha yüksek düzeyde bulunan ve birinci yarıklar yönüne dik yöndeki karşılıklı yarıklara ikinci bir kama sürülerek üst gövde biraz daha yukarı kaldırılır. Bir üçüncü kama yerine ilk sürülen kama varyozla sökülerek daha üst düzeydeki yarıklara sürülür ve böylece üst gövde yukarı itilmek suretiyle direğin ilk yükü verilmiş olur: Şekil: 8.

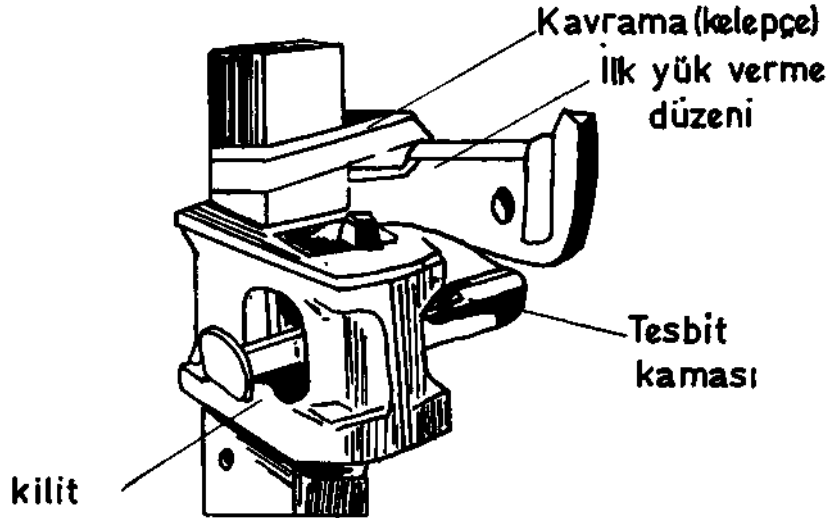
b) Kavramah-Kamalı Düzen

Bu düzende, demir direğin üst kısmını kavrayan bir kelepçe, alt gövde başındaki kilitin üst yüzeyine dayanan bir kamayı

kelepçe ile kilit arasında, varyozal vurarak ileri kakmak suretiyle, direk üst kısmı tavana doğru itüerek direk boyu uzatılmakta ve direğe ük yük sağlanmaktadır. Bu düzen, yukarıdakine nazaran, daha az zamana ihtiyaç göstermektedir.



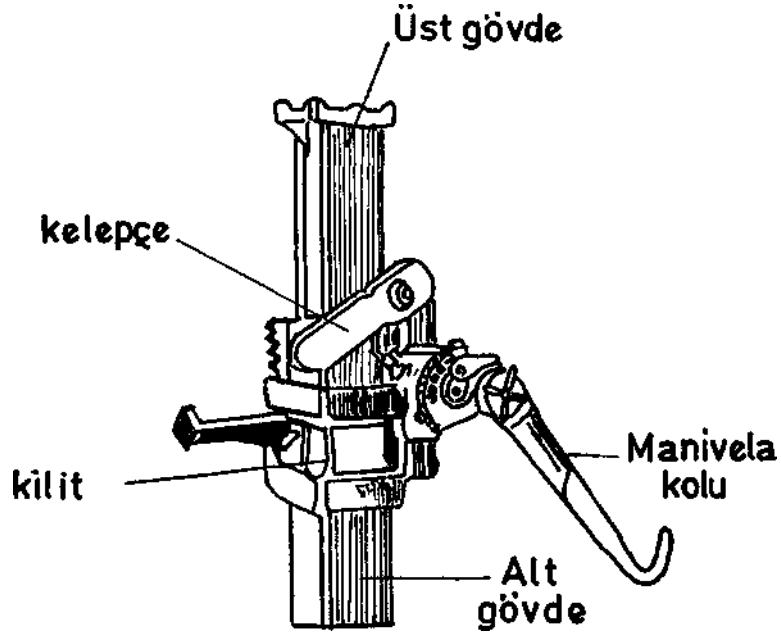
Şekil: 8 Kamalı düzen



Şekil: 9 Kavramalı-kamalı düzen.

c) Kavramalı-Kremayerli Düzen

Şekil: 9 ve Şekil: 10'da hem kavramalı-kamalı ve hem de kavramah-kremayerli düze şematik olarak gösterilmiştir. Kaldırma işlemi kamayerine bir kremayerle yapılmaktadır.



Şekil:10 Kavramalı - kremayerli düzen.

d) Hidrolik Pistonla Kaldırma Düzeni

Wiemann firmasının imal ettiği ve iki küçük silindir-piston üe bunların yukarı doğru kaldırılacağı bir parçanın üst gövdedeki bir çıkıntı vasıtasıyla onu yukarı kaldıracacağı bir düzenden ibarettir. (Silindir-piston) gövdesi ise kilit çemberine tesbit edilmiştir. Silindir, bir musluk ve hortumla hidrolik ortamla bağlanmıştır.

Bütün bu yük verme düzenleri, demir direk imalatçıları tarafından kendi direkleri için kullanılmak üzere imâl edilmiştir. Her düzen tipi ancak imâl edilmiş olduğu direk için kullanılabilir.

150-180 metre boyundaki bir ayak için 5-6 adet ilk yük verme düzeni yeterli olabilir. Ancak bu düzenlere birer demir baş

numarası konması ve herbirinin daima çalışır durumda tutulması ve ayak çavuşlarından söküm işi ile ilgili olanın sorumluluğunda ayakta bulundurulması önemlidir.

VI — Sürtülmeli Ayarlı Demir Direkler Hakkında Bazı Düşünceler

a) En Büyük Ağırlık

Demir direklerin ağırlıkları ile kaldırabilecekleri azamî yük arasında bir bağlantı vardır (beli bir uzunluk için). Demir direklerin iç-içe kayan üst ve alt gövdelerini oluşturan çelik profilleri kesit şekilleri, birim ağırlığa gelen azamî yük miktarı, teorik maksimum değere yaklaşacak şekilde seçilmelidir. Bunun için, en çok kullanılan üç ayrı kesit şeklinin özellikleri ve kesit boyutları, çizelge: 3'de verilmiştir.

Burada, halka şeklindeki profilin diğerlerinden daha avantajlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle, imalatçılar, direk gövdeleri için bu şekli, imkânları olunca tercih ederler.

Demir direklerin imalinde, özel parçalar dışında ç-37 (âdi-karbonlu çelik) kullanılır. Bu çelik cinsi hem ucuzdur ve hem de kolaylıkla kaynak tutar ve soğuk halde kolaylıkla doğrultulabilmektedir.

Damar kalınlığının 1-60 m.'yi aştığı yerlerde, demir direklerin ayak içinde taşınması ve yerine konmasında iki işçi kullanmak gerekir. Damar kalınlığı üe maksimum demir direk yükü arasında aşağıda verilmiş olan bağlantıyı bilmek faydalı **olur:**

1 — 1.20 metre damar kalınlığına kadar kullanılacak hafif demir direklerde en büyük yük: 25-30 ton.

2 — 1.20 - 1.75 arası damarlarda: kullanılacak orta ağırlıktaki demir direklerde: maksimum yük: 35 ton.

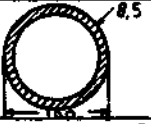
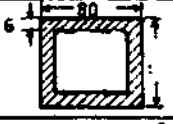
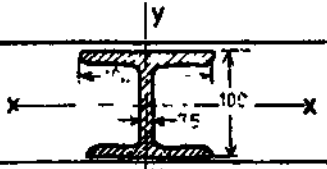
3 — 1.75'ten daha kaim damarlarda: ağır tipteki demir direklerde maksimum yük: '40 ton civarında olur.

b) Demir Direklerde Söküm Kolaylığı

Demir direklerin arka sıradan sökülerek öne alınmasında çalışan işçilerin, direkleri uzaktan sökebilmelerini sağlamak, bu

ÇİZELGE : 3

Demir - direk gövde profilleri (2)

Profil şekilleri			
Kesit alanı A	24.4 cm^2	24.4 cm^2	26.8 cm^2
Atalet vezniyeti	I_x	257.0 cm^4	447.0 cm^4
	I_y	257.0 cm^4	151.0 cm^4
Dayanım vezniyeti	W_x	51.4 cm^3	89.4 cm^3
	W_y	51.4 cm^3	30.1 cm^3

işçilerin çalışma emniyetleri için çok önemlidir. Bunun için de, kilit düzeninde sıkıştırma kamasının, çelik bir halat ucuna tesbit edilen bir kanca üe sökülebilmesi ile mümkün olur. Gerlach - 47 tipi sürtünmeli ayarlı demir direklerde, direğin sökülmesi, tesbit kamasını ters tarafından bir varyozla vurarak, yuvasından geriye sürmekle olur. Buna karşılık Schwartz-Universal tipi direklerde, sıkıştırma halkasına çelik halat kancasını takarak, çelik halatın direğe dik yönde çekilmesiyle direk sökülür.

c) Demir Direklerin Konacağı Yerdeki Damar Kalınlığına Göre Ayarlanabilmesi

Bazı damarlarda kalınlık değişmesi âni olmakta ve büyük farklar göstermektedir. Bu koşullarda üst gövdenin alt gövde içinde, konacağı yerdeki damar kalınlığına uyabilecek boylara göre, yeteri boyda kayabilmesi çok önemlidir. Ayarlı demir direk tipi, içinde çalışılacak ayaktaki damar kalınlığının, o pano-daki en küçük ve en büyük değerlerine göre tayin edilmesi gerekir.

d) Sürtünmeli, ayarlı demir direklerin küit sistemlerindeki tesbit düzenleri, mümkün olduğu kadar, direği kullanan işçinin tesbit kamaşma vuracağı varyosun etkisinden müstakil olmalıdır.

e) Sürtünmeli, ayarlı demir direklerin, kullanılırken güvenli olmalı ve yük altında âni boşalmalar yapmamalıdır.

f) Demir direk imalinde kullanılan çeliğin havası alınmış olmalıdır. Alt gövdenin ç-37 yerine ç-42'den imâli iyi olur.

g) Demir direğin küidinde bulunan tesbit kaması veya halkasının düşüp kaybolmasını engelliyecek şeküde imâli gerekir.

Hâlen kullanılmakta olan sürtünmeli, ayarlı demir direklerin alt ve üst gövdelerinin profü kesit şekilleri Çizelge: 3'de verilmiştir. Bu profilerde imalâtçı firmalar, her iki gövde için ortası boş şekilleri tercih etmişlerdir. Böylece dayanım/ağırlık faktörü mümkün olduğu kadar yüksek tutulmuştur.

h) Kullanılan Malzeme

Son yıllarda, sürtünmeli-ayarlı demir direklerin üst gövdeleri için genellikle ç-65 veya ç-52 ve bazen de ç-70 gibi oldukça yüksek kaliteli çelikler kullanılmaktadır. Buna sebep te, üst gövde kesitinin alt gövdeye nazaran daha küçük olması dolayısıyla, eşit dayanma sağlamak zorunludur.

Hafif metalden yapılmış ve yarı dik (35° - 55°) damarlar da çalışılan ayaklarda kullanılan sürtünmeli ayarlı direklerde Al, Zn, Mg elementlerinden oluşturulan alaşımlar kullanılmaktadır.

Bundan sonra, Madencilik Dergimize: Hidrolik-ayarlı demir direklerle, çelik sarmalar ve yürüyen tahkimat konularını içeren makaleler vererek "ayaklarda çelik tahkimat" konusunu bitirmeye çalışacağım.

Kaynaklar

1. W. HEUSNER: "The development of pit props" Leeds University Mining Society's symposium on mine supports. April 1956 Colliery Engineering.
2. F. SPRUTH: "Strebaushau in Stahl und Leichtmetall" Glückauf - Betriebsbücher - Band 1. Verlag Glückauf GMBH - Essen 1063.
3. S. D. WOODRUFF: "Methods of working coal and metal mines" Volume: 2, 1966.

Pergamon Press
OXFORD-LONDON-EDINBURGH
NEWYORK-TORONTO-FARIS
FRANKFURT

**BEYPAZARI ORTA ANADOLU LİNYİTLERİ
İŞLETMESİNDEKİ UZUN AYAKLARDA TABAKA
HAREKETLERİNİN VE TAVAN DENETİMİ
SORUNLARININ İNCELENMESİ**

Erdal ÜNAL*

özet

Bu tebliğ Türkiye Kömür İşletmelerine (TKİ) bağlı Orta Anadolu Linyitleri (O.A.L.) işletmesinde, biri 205 numaralı panonun üst damarında diğeri İse alt damarında bulunan ve aralarında 75 metre uzaklıkla aynı anda çalışan iki uzun ayakta yapılan konverjans ve tahkimat direklerinin üzerine gelen yüklerin ölçülmesi ile gene aynı ayaklarda tabaka hareketlerinin ve tavan denetimi sorunlarının değişik safhalarda incelenmesini kapsamaktadır.

Arazi tabakalarının denetimi, yalancı tavan ve taban konverjanslarının ölçülmesi ve koşulların elverdiği anlarda bu konverjansların denetimi şeklinde yapılmıştır. Tahkimat direkleri üzerindeki yüklerin ölçülmesi ise ayak boyunca ve enlemesine yük dağılımları ile ilgili fikirlerin oluşmasına olanak sağlamaktadır. Kömür kazısı, ayakların ilerleme hızı, tahkimat direkleri üzerindeki yüklerin dağılımı ve tavan konverjansı arasında yakın bir ilişki vardır. Taban tabakalarının durumu, taban kabarmalarında dolayısı ile tavan konverjanslarında etkin olmaktadır.

Bu tebliğde araştırma sırasında yapılan ölçmeleri açıklanmakta, elde edilen sonuçlar incelenmekte, tabaka hareketleri ve tavan denetimi sorunlarının bir bölümü güvenlik ve ekonomik açılarından değerlendirilmektedir.

(*) Maden Yük. Mühendisi, Asistan O.D.T.Ü.

Abstract

This article represents different faces of an investigation of convergence and roof and floor behaviour of two longwall faces and load measured on some steel friction type of supports in the same face happening simultaneously. These faces were in the panel No: 205, one at the upper seam and the other at the lower seam, having an interval of 75 meters, both being worked at the same period.

Strata control is done by measuring and if possible, by controlling the convergence of the immediate roof and floor. Further more, load measurement on some steel props is permitting to have an idea about load distribution along and across the face. There is a close relationship between coal winning, load distribution on the props at the face and convergence of the immediate roof. Also, the nature of the floor is playing an important role in the heaving and consequently the convergence of the floor.

These measurements are explained in this article and results found are interpreted, and some suggestions are made of the problems related to the strata behaviour and roof control, from the point of view of safety and economy.

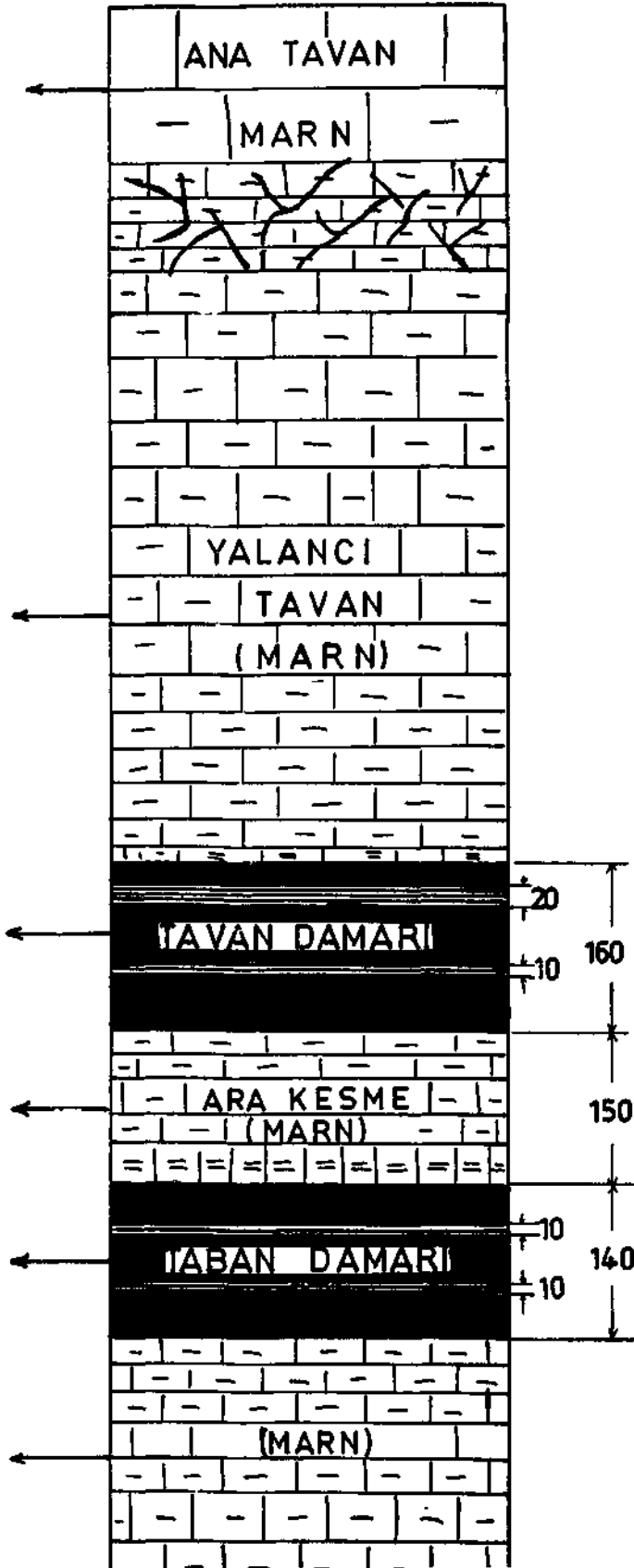
1. Giriş

Bu bölümde O.A.L. işletmesi kömür damarları ve civarındaki tabakaların özellikleri ile ilgili bilgi verildikten sonra ayaklardaki tavan denetimi, çalışma koşulları ve tahkimat düzeni anlatılmaktadır.

1.1. Kömür Damarları ile İlgili Genel Bilgiler

Marmara tabakaları arasında yer alan iki ayrı kömür damarının üzerindeki örtü tabakasının kalınlığı 150-200 metredir. Bunlardan tavan damarı 1.60 metre kalınlığında, taban damarı ise 1.40 metre kalınlığında olup iki kömür damarı arasında 1.50 metre kalınlığında bir marmara tabakası (ara kesme) vardır. Kömür damarlarını da kapsayan tabakalar Kuzeydoğudan Güneybatıya doğru 6° ile 26° arasında değişen bir yatım göstermektedir. Kömür damarlarının ayrıntılı bir kesiti Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil:1 Kömür damarlarının dik kesiti



1.2. Kömür Daman Ovanında M Tabakaların özellikleri

Kömür civarındaki tabakalardan alınıp laboratuvarında deneyleri yapılan kayaçların basmaya karşı mukavemeti aşağıdaki şekilde bulunmuştur: (1)*

Yalancı tavanın mukavemeti 225-400 kgf/cm² arasında değişmekte olup killi marn ve marn tabakalarından oluşmuştur. Marndan oluşan ana tavanın mukavemeti ise 500 ile 990 kgf/cm² arasında değişmektedir. Tavan ayağın tabanı gene marndan oluşmuş olup mukavemeti büyük değişiklikler göstermektedir (350-900 kgf/cm²). Yukarıdaki değerlerden de anlaşılacağı üzere tavan ayağın ana tavanın mukavemeti, tabanının mukavemetinden daha çoktur.

Taban ayağın, yalancı tavanında yarım metre kalınlığında killi marn ve onun üzerinde de 1 metre kalınlığında marn bulunmakta olup, killi marnın mukavemeti 100-175 kgf/cm² arasında değişmektedir. Taban ayağın tabanının mukavemeti ise tavan ayağın tabanının mukavemetinin yaklaşık olarak aynıdır.

Tavan kömürünün mukavemeti 85 kgf/cm², taban kömürünün ise 95 kgf/cm²'dir (1).

1.3. Ayaklardaki Tavan Denetimi ve Tahkimat Düzeni

O.A.L. işletmesi ocaklarında kömür üerletimli uzun ayak düzeni ile alınmakta, ayakların arkasında kalan tavan ise göçertilmektedir. Tavan ayaklarda düz tahkimat düzeni, taban ayaklarda ise şeş-beş tahkimat düzeni kullanılmaktadır. (Şu anda taban ayaklarda da düz tahkimat düzenine dönülmüştür). Ayak içerisinde değişik tiplerde sürtünmeli demir tahkimat direkleri ve onların üzerlerinde de çelik sarmalar kullanılmaktadır. Ayak boyunca her 10 veya 15 metrede bir sürtünmeli demir direklerle birlikte domuz damları bulunmaktadır.

2. Demir Direkler Üzerindeki Yüklerin ve Ayak Konverjanlarının ölçülmesi

ölçme esnasında, araştırmacının denetimi dışında çeşitli ölçülerin değişimler gösterebileceği olasılığı gözönüne alınırsa, alı-

(*) Bibüografik tanıtım tebliğ sonunda verilmiştir.

nan sonuçların denetimi bakımından ikinci seri ölçmelerin yapılması zorunluğu ortaya çıkmaktadır. Eğer birinci seri deneyler sonundaki sonuçlar ikinci seri sonucundaki deney sonuçları ile uyum göstermezse üçüncü seri deneylerin yapılması zorunluğu ortaya çıkar. Böylece bir ayaktaki her istasyonda en az iki seri deney yapılması gerekmektedir. O.A.L. uzun ayaklarında da aynı yöntem izlenmiştir. Bir deney serisi yük ve konverjans ölçme aletlerinin seçilen istasyondaki, birinci sırada bulunan tahkimat direklerinin üzerine yerleştirilmesi ile başlamış ve aynı sıradaki direklerin en son şuraya (3. sıra) gelip, üzerindeki ölçü aletleri üe birlikte sökülmesine kadar devam etmiştir. Okumalar her iki saatte bir ve bazı önemli anlarda yapılmıştır.

Ayak içinde yapılan gözlemler sırasında aşağıdaki önemli noktalar da gözlenmiştir:

- a. Kömür kazı süresi,
- b. Tahkimat direklerinin ileri alınma süresi,
- c. Kömür damarının kalınlığı,
- d. Tavan göçme düzeni,
- e. Tavan ve taban ayakları arasındaki uzaklık.

Ayak içi veya dışındaki taşıma ve ocak enerji düzeninde veya herhangi bir nedenden ötürü kömür üretimini aksatan duraklamalar ölçme süresinin uzamasına yol açtığı gibi, üretimin yapılmadığı pazar günlerinde de ölçme yapılması zorunluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu sakıncaları ortadan kaldırmak, zaman ve taşıma limitlerini önlemek için, ölçme aletleri, ölçü istasyonlarına üretim başlamadan ve özellikle pazartesi günleri kurulmalıdır.

2.1. Ölçme İstasyonlarının Kurulması

Ölçme istasyonlarının yerleri ve sayısı kullanılacak aletlerin ve gözlem yapacak kişilerin sayısına göre seçilmelidir. O.A.L.'deki araştırma sırasında yük ve konverjans ölçmelerinin yapıldığı istasyonlar aşağıdaki şekilde seçilmiştir:

2.2. Yük lme istasyonları

Deneyler sırasında tavan ve taban ayaklarda kurulan istasyonlar Şekil 2 ve 3'de gösterilmiştir.

2 foto-elâstik ve bir hidrolik yük ölçer tavan ayak üst kaçamak yolundan 40 metre mesafede bulunan birinci sıradaki 3 komşu tahkimat direğinin oluşturduğu 1 numaralı istasyona yerleŐtirilmiŐtir, ölçmeler her iki saatte bir ve önemli anlarda alınmış, ve bu işlem tahkimat direkleri üçüncü sıraya geldikten sonra aletlerle birlikte sklnceye kadar srdrlmŐtir.

İkinci ve üçüncü seri ölçmeler için aynı işlem sırasıyla tavan ayak kaçamak yolundan 82 metre ve 133t metre uzaklıkta bulunan 2 ve 3 numaralı istasyonlarda uygulanmıŐtir.

Taban ayağın üst kaçamak yolun sırasıyla 30, 68 ve 97 metre uzaklığa kurulmuŐ olan istasyonlarda da aynı lme yöntemi izlenmiştir.

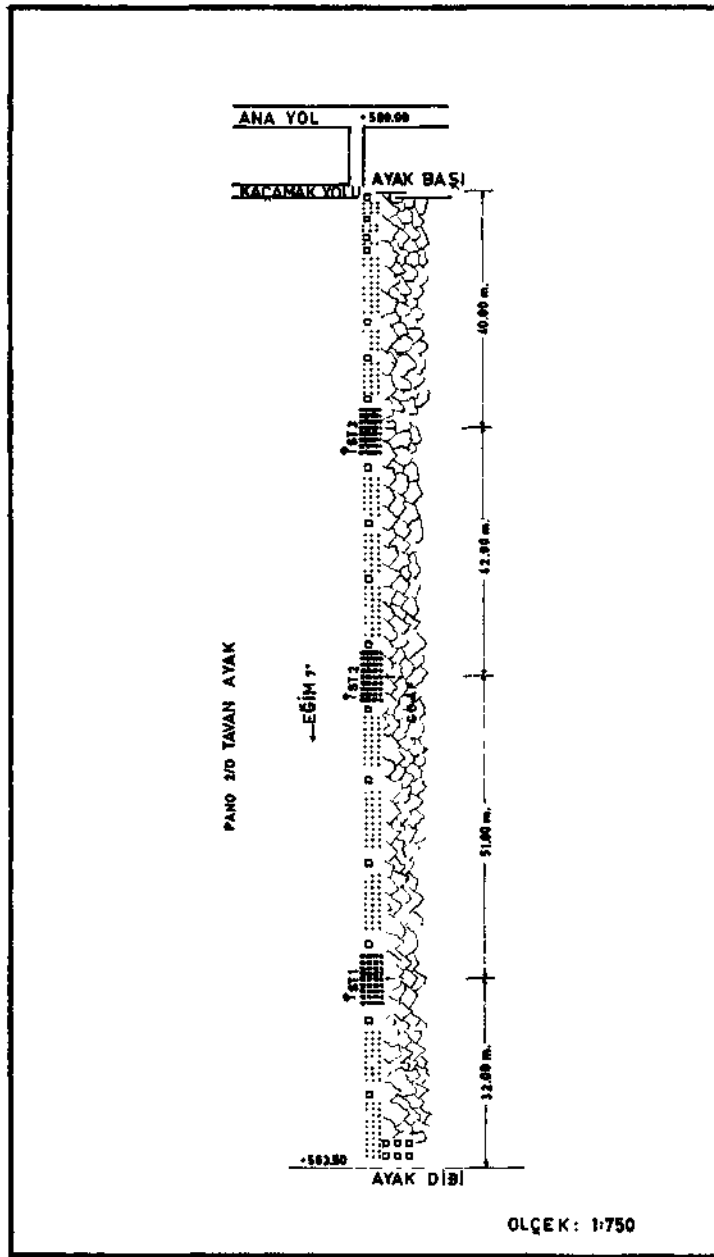
2,3. Konverjans lme İstasyonları

Birinci seri konverjans ölçmeleri için uygun 3 tane istasyon seĐmiŐtir. 1 numaralı istasyona yerleştirilen konverjans ölçer, yk ölçerlerin de bulunduğu tavan ayak üst kaçamak yolundan 40 metre uzaklığa, diğerleri de sırasıyla üst kaçamak yolundan 82 ve 133 metre uzaklıkta bulunan 2 ve 3 numaralı istasyonlara yerleŐtirilmiŐtir. Konverjans değerleri üç istasyonda aynı anda alınmıŐtir.

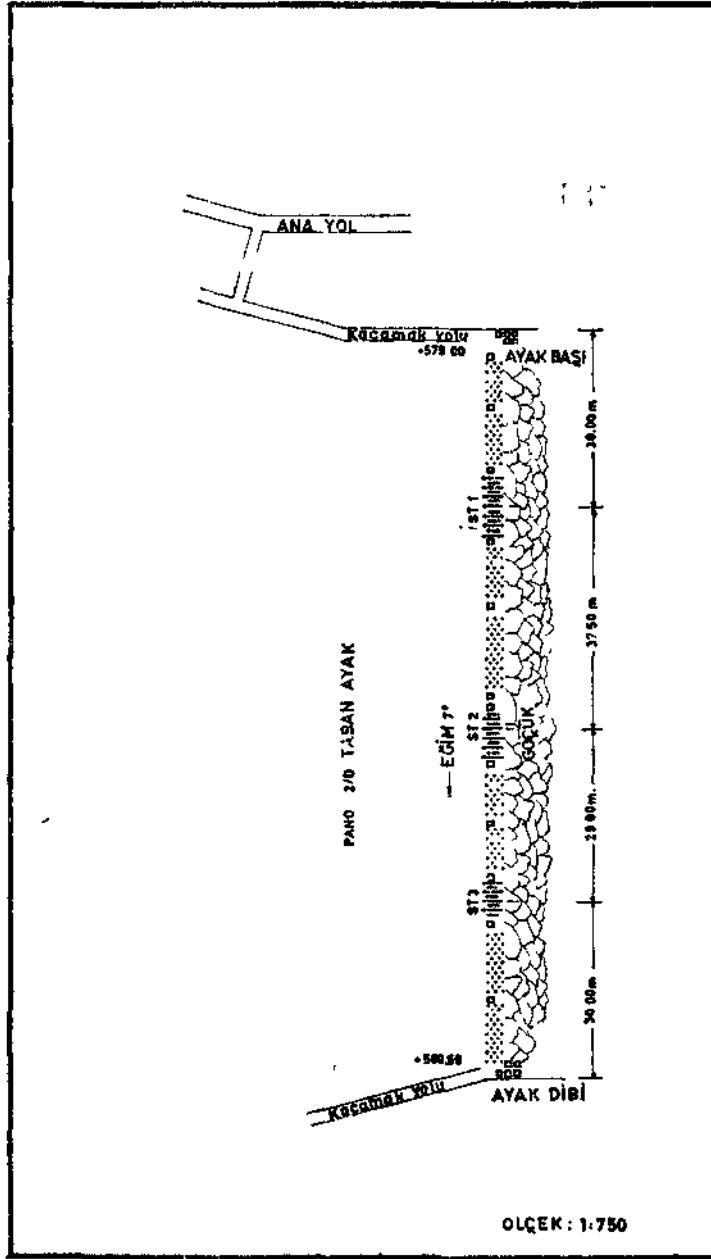
İkinci ve üçüncü seri konverjans ölçmeleri için de aynı istasyonlarda aynı yöntem uygulanmıŐtir.

Taban ayakta da üst kaçamak yolundan sırasıyla 30, 68 ve 97 metre uzaklıklarda 3 ayrı istasyon kurulmuŐ ve tavan ayakta konverjans ölçülmesinde kullanılan yöntem burada da izlenmiştir.

Konverjans lmeleri e yk ölçmeleri arasındaki ayrıcalık, her lme serisi için konverjans lme istasyonları aynı yerde kalırken, yk lme istasyonlarının bir sonraki istasyona taŐınmasıdır.



Şekil:2 Tavan ayakta Vurulan konverjans ve yük ölçme istasyonları



Şekil:3 Tobön ayakta Kurulan konvcrjons ve yuk oljme istasyonları,

2.4. Yük ve Konverjans Ölçme Gereçleri

Burada çok kısa olarak yük ve konverjans ölçme gereçlerine değinilecektir. Daha geniş bilgi ilgili bibliografik tanıtımda gösterilmiştir (2,3).

Yük ölçmeleri için 2 foto-elâstik ve bir hidrolik yük ölçer kullanılmıştır. Foto-elâstik yük ölçerlerden bir tanesi yabancı yapımı olup 0 ile 25 ton arasında değişen yükleri ölçebilmektedir. 2. foto-elâstik yük ölçer O.D.T.Ü. Maden Mühendisliği bölümünde dizayn edilmiş, optik kısmı laboratuvarlarımızda yapılmış, çelik kısmı ise O.A.L. atelyesinde tamamlanmıştır. 0 ile 20 ton arasındaki yükleri ölçebilmektedir. Her iki yük ölçerinde 1/4 ton (1.29%) duyarlılıkla yük ölçülebilmektedir.

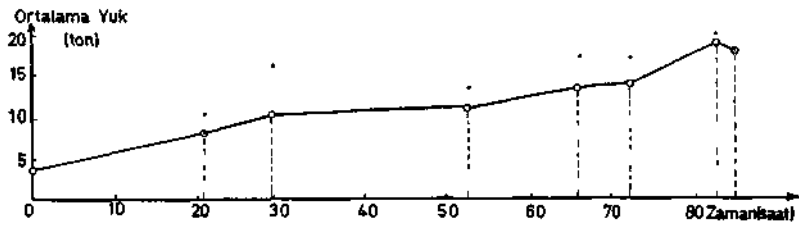
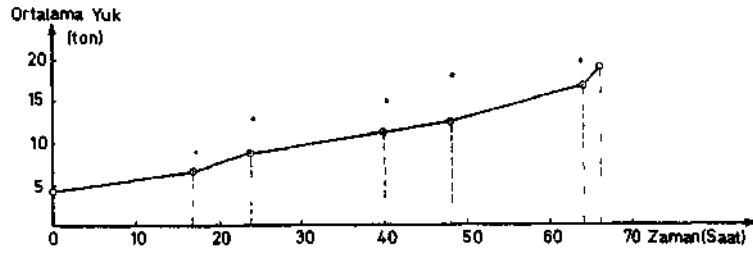
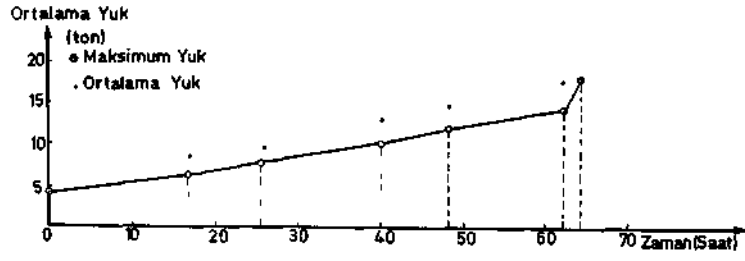
Konverjans ölçeri de O.D.T.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarında geliştirilmiş ve dizayn edilmiştir, ölçmeler 0.001 mm.'lik duyarlılıkla gerçekleştirilmiştir. Şekil: 4, ölçme istasyonuna kurulan bir grup ölçme gereçleri göstermektedir.

Uygulanan ölçme yöntemi şu şekilde özetlenebilir:

1. ölçme istasyonlarının ayağın neresinde ve kaç tane olacağına karar verilmelidir.
2. Kaç tane tahkimat direği üzerinde ölçü yapılacağına karar verilmelidir.
3. Konverjans ve yük ölçerler hafta başında istasyonlara kurulmalı ve koşulların elverdiği oranda çok değer alınmalıdır.
4. Gereçlerden değerlerin okunmasına devam edilmeli, gereken durumlarda yenileri yerleştirilmeli ve yeniden değiştirilmeli, ayağın ve tahkimat direklerinin yerleşmesi, ayak çalışma zamanı tavan kırılma ve göçme düzeni, ani konverjans artmaları, tüm vardiyelerde ayağın çalışmasının umulmadık duraklamaları not edilmelidir.
5. (1)'den (4)'e kadar tüm işlemler tekrar edilmelidir.

3. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Tartışılması

Sonuçların değerlendirilmesinde ilk adım olarak ayaktaki çalışmaların tümünü kapsayan bir çizelge yapılmıştır. İkinci



Şekil 4 Tavan ayakta ortalama yüklerin kazı ve tahkimat vardiyelerinde artma oranı

adım ise her gerecin veya ölçme istasyonunun, yer ve durumlarını tahkimat direklerini, ayağın ve tavandaki kırılmaların durumunu göstermektedir. Zaman çizelgesi tahkimat direklerinin hangi sırada ne kadar zaman kaldığını ayağın plânı ise her kömür kazı vardiyesinde ortalama ve toplam ilerleme hızını göstermektedir. Ayakta yapılan bir çalışma olursa özellikleri ile kaydedilmelidir.

Alman ve değerlendirilmek üzere laboratuvara getirilen veriler değişik bulgular vermektedir. Tahkimat direkleri üzerine gelen yükler zamana karşı kaydedilmiştir. Konverjans ise zamana karşı deplasman grafiği şeklinde çizilmiştir.

Grafiklerden yararlanarak zamana karşı konverjans ve yük değişimlerini karşılaştırmak olanağı vardır. Gözlemlerden elde edilen veriler sonucu çizilen diğer grafiklerde ayak aynasından uzaklığa karşı konverjans ve yük değişimlerini göstermektedir. Değişik ölçme serilerinden elde edilen verilere göre çizilen bu grafiklerin karşılaştırılması, elde edilen sonuçların geçerliliği ve doğruluğu hakkında fikir vermektedir.

3.1. Uzun Ayaklarda Tahkimat Direklerinin Düzeni ve Yoğunluğa

Düz tahkimat düzeninin kullanıldığı ve uzunluğu 165 metre olan tavan ayaktaki iki komşu direk arasındaki uzaklık 1 metre, şeş-beş tahkimat düzeninin kullanıldığı 130 metre uzunluğundaki taban ayakta ise aynı uzaklık 0,8 metredir. Direklerin üzerinde kullanılan çelik sarmaların boyları 1,20 metredir. (Aynadan göçüğe doğru ardarda duran iki demir tahkimat direği arasındaki mesafe 1,20 metre olmaktadır.)

Sonuç olarak tavan ayakta her direk 1,2 m²'lik bir alanı tutarken taban ayakta bu alan 1,15 m² olmaktadır. Böylelikle tavan ve taban ayakta her m²'de sırasıyla 0,83 ve 0,87 direk bulunmaktadır.

3.2. Yük ve Konverjansların İncelenmesi

Değişik ayaklarda ve aynı ayağın değişik bölgelerinde yapılan gözlemlerden alman sonuçlar ayrı özellikler göstermekte-

dir. Bundan ötürü varılan sonuçların bu bölgelerde ayrı ayrı incelenip birbirleriyle karşılaştırılması daha doğru bir sonuca varılmasını olanaklı kılar. Bu nedenden ötürü ölçü istasyonları ayağın başında, ortasında ve sonundaki uygun yerlere yerleştirilmiş ve buralardan alınan sonuçlar önce ayrı ayrı sonra birbirleriyle karşılaştırılarak incelenmiştir.

Ayağın çeşitli bölgelerinde yapılan ölçmeler sonunda bulunan maksimum yükler ve konverjanslar Tablo 1 ve 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1 Tavan ayağın çeşitli istasyonlarında ölçülen maksimum yük ve konverjans değerleri

İSTASYON	MAKSİMUM YÜK (Ton)	AYNADAN UZAKLIĞI	DÜŞÜNCELER
1	18.6	360	3 Kazı vardiyası
2	19.9	360	*/
3	19.7	300	//

İSTASYON	MAKSİMUM KONVERJANS (mm)	HVNADAN UZAKLIĞI (cm)	DÜŞÜNCELER
1	126.50	360	3 Kazı vardiyası
2	145.38	360	u
3	126.20	360	1

Tavan ayağın ölçü yapılan bölgeleri arasında maksimum yük 19.9 tondur. Bu değer ayağın ortasında, üçüncü kazı vardiyasında ve aynadan 360 cm. uzaklıkta ölçülmüştür. Aynı ayakta ölçülen maksimum konverjans 145,38 mm.'dir ve ayağın ortasındaki istasyonda ölçülmüştür.

Taban ayakta ölçülen maksimum yük 24 tondur. Bu yük ayağın üst başında, dördüncü tahkimat vardiyasında ve aynadan 240 cm. uzaklıkta ölçülmüştür, ölçülen maksimum konverjans 126,26 mm.'dir ve ayağın üst başında ölçülmüştür.

Tablo: 2 Taban ayağın çeşitli istasyonlarında ölçülen maksimum yük ve konverjans değerleri

İSTASYON	MAKSİMUM VÜK (C _{Ton})	AYNADAN UZAKLIĞI (m)	DÜŞÜNCELER
1	24	240	4-Tahkimat vardiyası
2	23.3	300	5.Kazı vardiyası
3	22.9	240	4'tahkimat vardiyası

İSTASYON	MAKSİMUM KONVERJANS (mm)	AYNADAN UZAKLIĞI (m)	DÜŞÜNCELER
1	126.26	300	5.Kazı vardiyası
2	116.66	300	it
3	413.01	300	»

Maksimum yük ve konverjans çözümlerinde ortaya ilginç bir durum çıkmaktadır. Maksimum konverjanslar ayakta maksimum yüklerin ölçüldüğü istasyonlarda oluşmuştur. Bu maksimum değerler tavan ayakta ayağın ortasında taban ayakta ise ayağın üst başındadır.

3.2.1. Teorik ve ölçülen Yüklerin Karşılaştırılması

Ayağa yakın bir sondaj kesitinden alınan profüle göre 6-7 metre kalınlıkta olan marn tabakasının üzerinde (yalancı tavan), 51 metre kalınlığında esas tavan oluşturan marn tabakası bulunmaktadır.

Tavan damarının çalışılması sonucu, ayağın üzerinde bulunan tavan tabakaları kırılıp göçmekte olup %25 oranında bir hacim artması ile 1,60 metrelik tavan ayak boşluğunu doldurmaktadır. Kırılan bu tabakanın ağırlığı ve tahkimat direklerinin yoğunluğu gözönüne alınarak teorik yükler hesaplanmıştır. Aşağıda her iki ayakta teorik olarak hesaplanan ve araştırma sırasında bulunan yüklerin karşılaştırılması yapılmaktadır.

	Teorik Maksimum Yük (ton)	Deneylerde Bulunan Maksimum Yük
Tavan Ayak	19,3	19,9
Taban Ayak	23,0	24,0

Buradan anlaşılacağı gibi deneysel ve teorik yüklerin değerleri birbirlerine çok yakındır.

3.2.2. Örtü Tabakası Basıncı

Köbür damarının yüzeyden derinliği ortalama 200 metredir. Damarın üzerindeki tabakaların bu derinlikten ötürü oluşturduğu örtü tabakası basıncı 500 ton/m^2 'dir.

Tavan ve taban ayaklardaki maksimum yükün sırasıyla 19,9 ve 24 ton, metrekaareye düşen direk sayısının 0,83 ve 0,87 olduğu gözönüne alınırsa tavan ayaktaki maksimum basıncın $16,5 \text{ ton/m}^2$ ve aynı şekilde taban ayaktaki maksimum basıncın $20,9 \text{ ton/m}^2$ olduğu hesaplanabilir.

Bu basınç değerleri, örtü tabakası basıncı ile karşılaştırıldığında; tavan ve taban ayaklarda kullanılan tahkimat direklerine gelen yükün sırasıyla örtü tabakası yükünün ancak %3,3 ve %4,2'si kadar olduğu ortaya çıkmaktadır.

3.2.3. Üretim ve Tahkimat Zamanlarındaki Maksimum ve Ortalama Yükler

ölçü aletleri istasyonlardaki direkler üzerine yerleştirildikten sonra her iki saatte bir ve önemli görülen anlarda konverjans ve yük ölçmelerinin alındığı yukarıda belirtilmişti. Bu bölümde tahkimat ve üretim vardiyaları süresince gözlenen maksimum ve ortalama yükler incelenecektir. Maksimum yük: Herhangi vardiyada okunan yükler içinde en yüksek olanıdır. Ortalama yük ise: Herhangi vardiyada yapılan yük okumalarının ortalama değeridir.

Herhangi bir ölçme serisi içinde ayak içindeki çalışmalar ilerledikçe maksimum ve ortalama yüklerin çoğunlukla arttığı görülmüştür. Bu yüklerin en yüksek değerleri son tahkimat ve-

ya son üretim vardiyasında ölçülmüş olup tavan ayakta maksimum yüklerin en yüksek değerleri 1. 2. ve 3. istasyonlarda sırasıyla 18,2, 19,7 ve 19,6 ton olarak, ortalama yüklerin en yüksek değerleri ise 18,2,19,0 ve 18,6 ton olarak bulunmuştur.

Taban ayakta ise maksimum ve ortalama yüklerin ölçülen en büyük değerlerin sırasıyla 1. istasyonda 23,3 ve 21,3 ton, 2. istasyonda 21,9 ve 16,5 ton 3. istasyonda ise 21,9 ve 16,5 tondur. Tablo 3'de ve Şekil 5'de bu değerler ayrıca gösterilmiştir. Şeküden de anlaşılacağı gibi, ortalama yükler zamana bağlı olarak devamlı bir artış göstermektedir.

Tablo 3 Ayaklardaki çeşitli istasyonlarda ölçülen maksimum ve ortalama yükler

İSTASYONLAR		1	2	3	ORTALAMA
TAVAN	MAKSİMUM YÜKLER (Ton)	18 2	19.7	19.6	19 17
AYAK	ORTALAMA YÜKLER (Ton)	4 « 2	19 0	18 6	18.60
TABAN	MAKSİMUM YÜKLER(Ton)	23 0	23 3	21 9	22.73
AYAK	ORTALAMA YÜKLER (Ton)	15 2	21 3	21 3	17 66

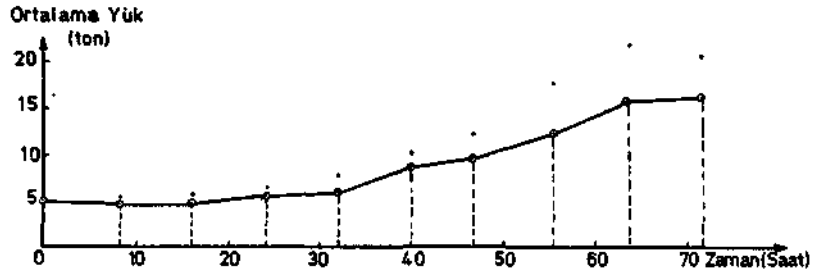
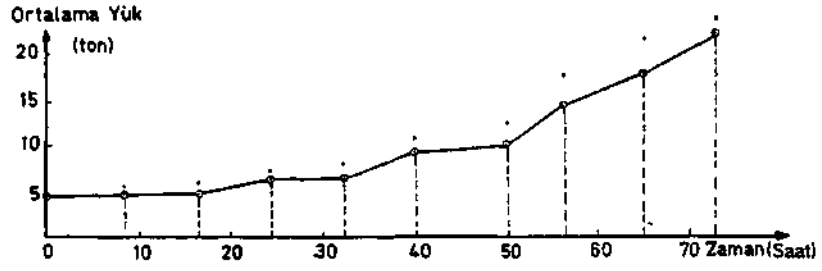
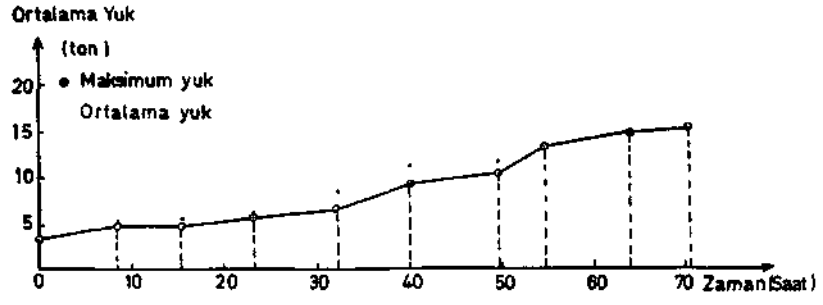
3.2.4. (Malama Yüklerde Yükselme Miktarı)

Üretim ve tahkimat zamanlarında yüklerin yükselme oranı değişik olarak bulunmuştur. Ortalama yüklerin üretim zamam sırasındaki artma oranı tahkimat zamam sırasındaki artış oranından daha çoktur. Yüklerin çeşitli zamanlarda ölçülen artma oranları Tablo 4 ve 5'de gösterilmiştir.

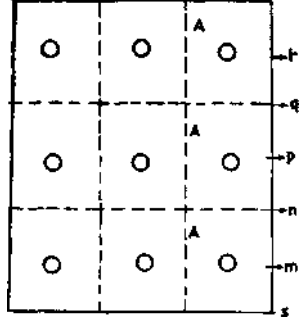
Ortalama yüklerin üretim zamanında artma oram tavan ayakta %78,3 taban ayakta ise %63,3'dür.

3.2.6. Ortalama Yük Yoğunluğu (OYY)

Tahkimatların üzerine gelen yükler ortalama yük yoğunluğu olarak tanımlanabilir. Bu tanım şekli tahkimat direklerinin dikili kaldığı zamanla tahkim ettiği tavanın alanını kapsar. Di-



Şekil: 5 Taban ayakta ortalama yüklerin kazı ve tahkimat vardiyelerinde artma oranı



A_m : m Vardiyasında tahkim edilen alan.
 t_m : m Vardiyasında direğin kalma süresi
 L_s : İlk yerleştirmeden sonraki ortalama yük
 L_m : 1 kazı vardiyasındaki ortalama yük.
 L_n : 1 tahkimat » » »
 L_p : 2 kazı
 L_a : 2. tahkimat
 L_r : 3. kazı

$$\text{Ortalama Yük Yoğunluğu (O.Y.Y)} = \frac{\frac{L_s}{A_s} t_s + \frac{L_m}{A_m} t_m + \frac{L_n}{A_n} t_n + \frac{L_p}{A_p} t_p + \frac{L_q}{A_q} t_q + \frac{L_r}{A_r} t_r}{t_s + t_m + t_n + t_p + t_q + t_r}$$

Şekil: 6 Ortalama Yük Yoğunluğunun Hesaplanması

Tablo: 6 Çeşitli İstasyonlarda ortalama yük yoğunlukları ve maksimum yüklerle karşılaştırılması.

İ STASYONLAR		1	2	3
TAVAN AYAK	ORTALAMA YÜK YOĞUNLUĞU (ton/rft)	11.74	13.36	13.73
	ORTALAMA YÜK YOĞUNLUĞU ORTALAMASI (ton/n?)	1294.		
	MAKSİMUM YÜK ORTALAMASI	15.94		
TABAN AYAK	ORTALAMA YÜK YOĞUNLUĞU (ton/n?)	10.18	11.39	10.40
	ORTALAMA YÜK YOĞUNLUĞU ORTALAMASI (ton/m*)	10.66		
	MAKSİMUM YÜK ORTALAMASI (ton/h?)	19.92		

Maksimum yükler ile ortalama yük yoğunlukları birbirleriyle karşılaştırıldığında (Tablo 6), maksimum yüklerin taban ayakta, ortalama yük yoğunluklarının ise tavan ayakta daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni zaman unsurunun etkisidir. Üretim düzenindeki kesikliklerden ötürü tavan ayakta her kömür kazı vardiyası 8 saat yerine daha uzun bir sürede tamamlanabilmiştir, ölçü aletlerinin ilk sıradaki direklere konma-

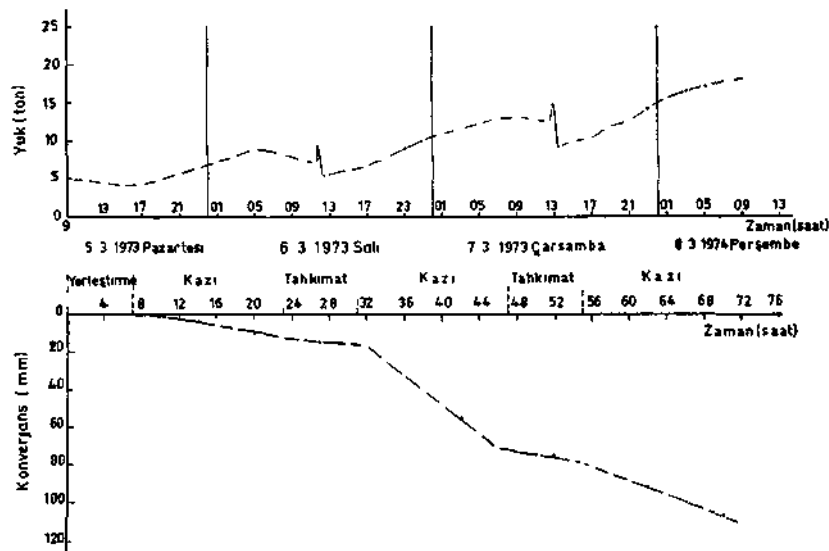
sı ile bağlayıp, üçüncü sıraya geldikten sonra direklerle beraber sökülmesi ile biten bir ölçü periyodunun tavan ayakta herbiri 8 saat olan 3 kazı ve 2 tahkimat vardiyasında tamamlanması gerekirken bu period normal süresinin 2 ve bazı durumlarda ise 3 katına çıkmıştır. Bundan ötürü ayaktaki tahkimat direkleri olağan süreçlerinin çok daha üstünde yük altında kalmışlardır.

Direklerin fazla yük altında kalması ortalama yük yoğunluğunun tavan ayakta taban ayağa oranla daha çok olmasına neden olmuştur.

Ayağın ilerleme hızı arttığı sürece tavan ve taban hareketlerinin olağan olacağı ve ayaktaki çalışma şartlarının gelişip düzeleceğinin varsayımı oldukça doğrudur.

3.3. Konverjansların İncelenmesi

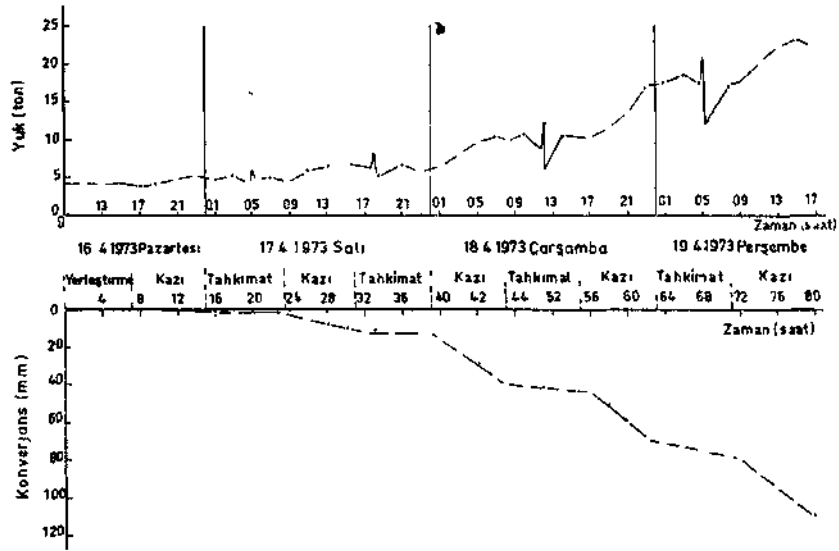
Şimdiye kadar değişik periyotlarda ve ayağın değişik çalışma aşamalarında yüklerin değişimi incelenmiştir. Bu bölümde konverjans değişimleri, konverjansın artma hızı ve ayağın ilerleme hızının konverjansa etkisi incelenecektir.



Şekil 7 Tavan ayakta yük ve konverjansların zamana karşı değişimleri

Konverjans ölçme aletlerinin birinci sıradaki tahkimat direkleri üzerine yerleştirdikten sonra üretim başlayınca kadar geçen süre içerisinde gözlenen konverjanslar ancak milimetrenin kesirleri kadar olmuştur. Kazım başlaması ile artmaya başlayan konverjans, ayaktaki diğer kazı ve tahkimat vardiyaları süresince artmasına devam etmiştir.

Konverjansın zamana karşı çizilen grafikleri çoğunlukla çeşitli eğinlerdeki doğrulardan oluşmaktadır ve her biri kazı tahkimat ve göçme periyodlarını göstermektedir. Kazı vardiyaları süresince konverjansın artma hızı, Şekül 7 ve 8'de görüldüğü gibi, ayaktaki diğer vardiyelere göre daha çoktur. Ayakta üretim durduğu sürelerde (çalışmanın olmadığı pazar günleri dahil) konverjans hemen yavaşlar fakat hiçbir zaman durmaz.



Şekül 8 Taban ayakta yük ve konverjansın zamana karşı değişimleri

3.3.1. Ayağın Çeşitli Bölgelerindeki Konverjans Değişimleri

Daha evvelde söz konusu edildiği gibi tavan ayakta ölçülen maksimum konverjanslar 1., 2., ve 3. numaralı istasyonlarda sırasıyla 128,50 mm., 145,38 mm., 114,20 mm.'dir. Taban

ayakta ise gene aynı sıra ile 1., 2., ve 3. numaralı istasyonlarda ölçülen maksimum konverjans değerleri 126,26 mm., 116,66 mm. ve 113,01 mm.'dir.

Üretim ve tahkimat vardiyalarındaki konverjans artışı incelendiğinde, yükler gibi konverjans artışının da üretim vardiyalarında daha fazla olduğu görülmektedir. Üretim vardiyasındaki konverjans artışı tavan ayakta %76,8 taban ayakta ise %69,2 dir. Çeşitli istasyonlardaki konverjans ve yük artışları yüzde olarak Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo- 7 Çeşitli istasyonlarda kazı vardiyalarındaki yük ve Konverjans artma yüzdeleri.

	İSTASYONLAR	1	2	3	ORTALAMA
TAVAN	YÜK ARTMA YÜZDESİ	77.2	76.0	84.5	78.3
AYAK	KONVERJANS ARTMA YÜZDESİ	78.7	72.9	78.7	76.8
TABAN	YÜK ARTMA YÜZDESİ	62.1	70.0	57.1	63.1
AYAK	KONVERJANS ARTMA YÜZDESİ	71.3	72.9	63.5	69.2

3.3.2. Tavan ve Taban Ayaklarda Konverjans Artma Hızı

Şekil (9) ve (10)'da gösterildiği gibi maksimum konverjans artma hızı tavan ayağın çeşitli istasyonlarında şu şekildedir:

İstasyon 1: 3,92 mm/saat (Birinci ölçme serisinde ve 2. üretim vardiyasında)

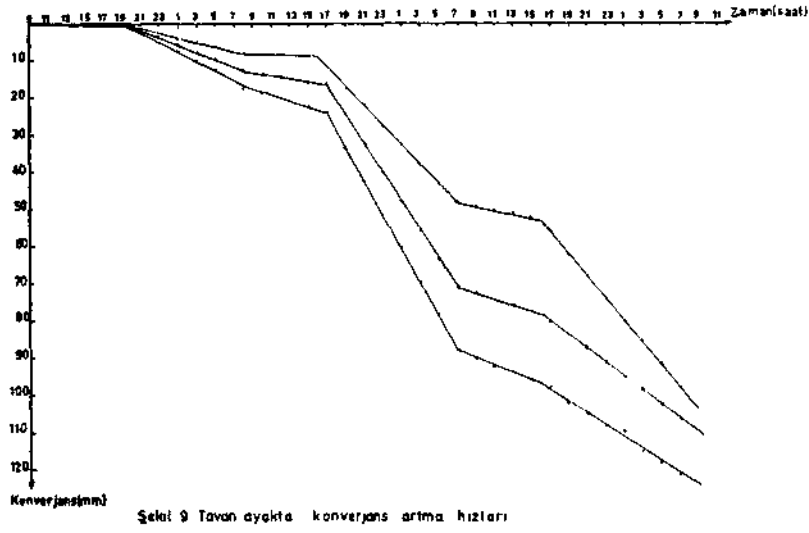
istasyon 2: 4,57 mm/saat (Birinci ölçme serisinde ve 2. üretim vardiyasında)

istasyon 3: 3,24 mm/saat (Birinci ölçme serisinde ve 3. üretim vardiyasında)

Taban ayakta ise:

istasyon 1: 5,58 mm/saat (ikinci ölçme serisinde ve 4. üretim vardiyasında)

istasyon 2: 4,70 mm/saat (Birinci ölçme serisinde ve 4. üretim vardiyasında)



İstasyon 3: 4,48 mm/saat (Birinci ölçme serisinde ve 4. üretim vardiyasında)

3.3.3. Ayağın İlerleme Hızının Konverjansa Etkisi

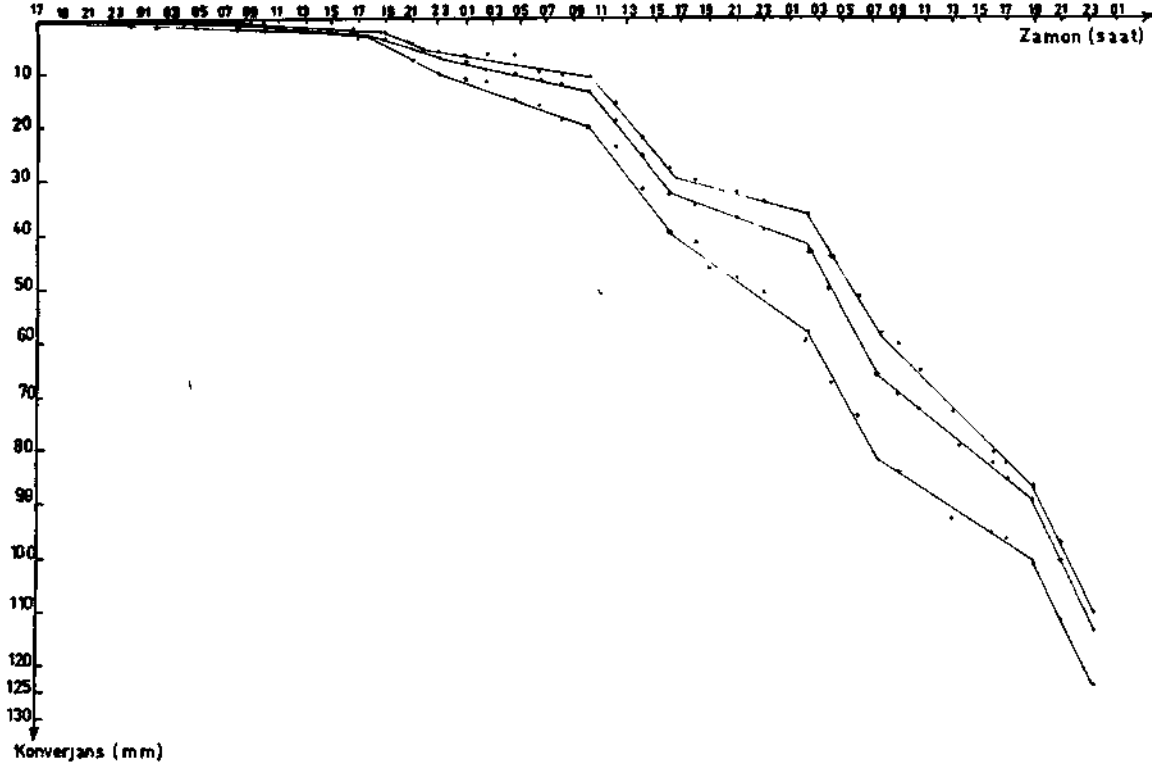
Burada ayağın çeşitli istasyonlarında ayağın ilerlemesinin konverjans artmasına olan etkisi incelenmiştir. İncelenen veriler sonucu bulunan maksimum artma değerleri aşağıdaki şekildedir.

Tavan ayakta:

İstasyon 1: 0,458 mm/cm (Birinci ölçme serisinde ve 2. üretim vardiyasında)

İstasyon 2: 0,534 mm/cm (Birinci ölçme serisinde ve 2. üretim vardiyasında)

İstasyon 3: 0,378 mm/cm (Birinci ölçme serisinde ve 3. üretim vardiyasında)



Şekil:10 Taban ayakta konverjans artma hızları

Taban ayakta:

İstasyon 1: 0,558 mm/cm (3. ölçme serisinde ve 4. üretim vardiyasında)

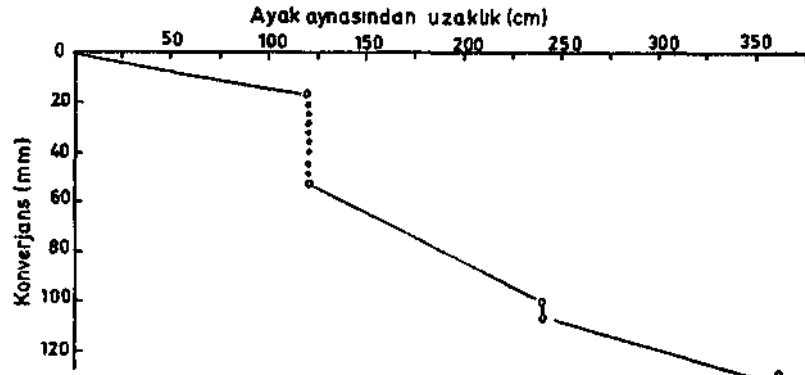
İstasyon 2: 0,488 mm/cm (3. ölçme serisinde ve 5. üretim vardiyasında)

İstasyon 3: 0,458 mm/cm (3. ölçme serisinde ve 5. üretim vardiyasında)

Şekil 11 ve 12'de tavan ve taban ayakta konverjansın, ayağın ilerleme hızına karşı değişimi görülmektedir.

Tavan ayakta toplam konverjansın artma hızı 1,39 mm/saat taban ayakta ise 1,47 mm/saat'dir.

Ayağın her cm. ilerleyişi sonucu toplam konverjans artması ise tavan ayakta 0,331 mm/cm'dir. Bu değer taban ayakta biraz daha çoktur 0,38 mm/cm.

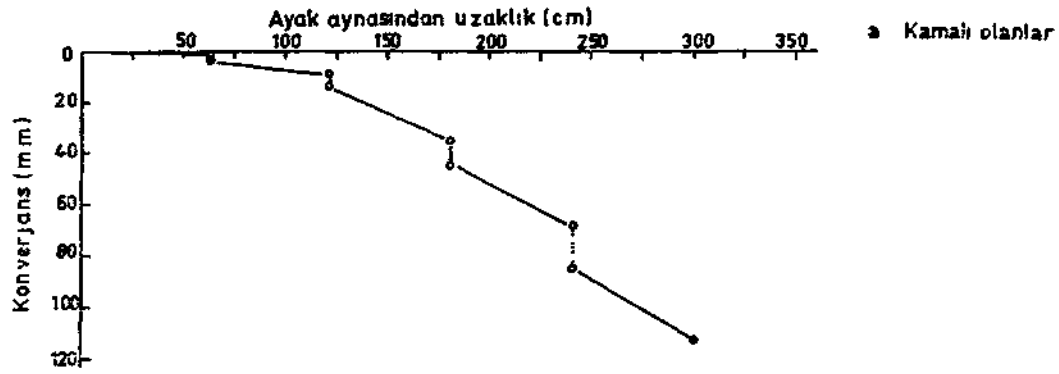


Şekil:11 Tavan ayakta konverjansın ayağın ilerleme hızına karşı değişimi

4. Sonuçlar

Bu araştırma sonucunda tabaka hareketlerine ve tavan denetimi sorunlarına ilişkin daha çok bilgi edinilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular şu şekilde özetlenebilir:

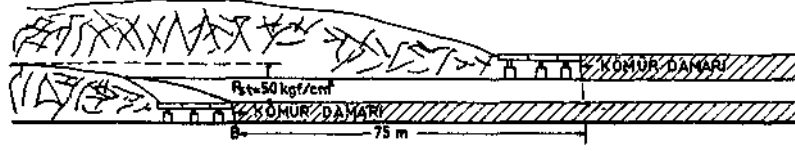
1. Çalışılan derinlikte, (200 metre), örtü tabakasının oluşturduğu dik basınçlar 50 kgf/cm²'dir. Ayak önü maksimum basıncını, örtü tabakası basıncının dört misli olarak alırsak, (5)



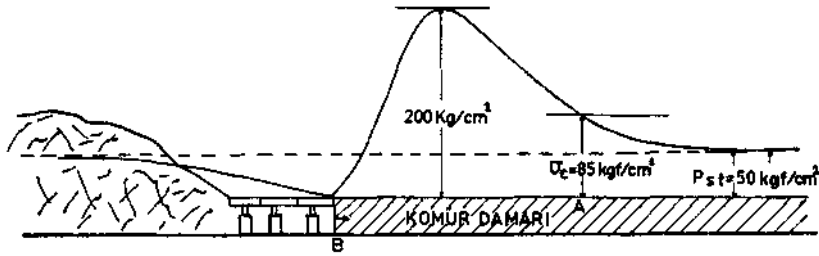
Şekil-12 Taban ayakta konverjansın aygının ilerleme hızına karşı değişmesi.

b. Servo elementli olanlar

200 kgf/cm²lik bir değere ulaşırız ki bu değer 85 kgf/cm² olan tavan ayak kömürünün mukavemetinden yaklaşık olarak 2,5 kere daha çoktur.



Kömürün mukavemet değeri üe ayak önü basınç eğrisinin keşiştiği noktadan başlayarak, ayak ön basıncı arttıkça kömürde kırılmalar olur. Ayağın hemen önünde bu kırılmalar en fazladır ve kömür iyice gevşemiştir (6). Bu değerlendirme tavan ayakta kömürün kazma ile kolayca kazılışı ile doğrulanmış olmaktadır.



Taban ayak için durum daha başka bir özellik göstermektedir. B noktasındaki dik basınçlar ancak örtü tabakasının oluşturduğu dik basınç değerine kadar (50 kgf/cm²) yükselebilmektedir. Bu değerde 96 kgf/cm² olan taban ayak kömürünün mukavemetinden daha düşüktür. Bundan ötürü gevşemesi veya kolay kazılabilir bir durumda olması gerçekleşmemektedir. Gerçekte de taban ayak kömürü sert olup ancak dinamit kullanılmakla gevşetildikten sonra kazılabilmektedir.

2. Teorik ve gözlenen maksimum yükler karşılaştırıldığında birbirine yakın değerlerde oldukları görülmektedir. Tavan ve taban ayakta ölçülen maksimum yükler sırasıyla 19,9 ton ve 24,0 tondur.

3. Örtü tabakasının 50 kg/cm^2 değerinde olan basıncının ancak %3,3 ve %4,2'si tavan ve taban ayaktaki tahkimat direklerine ulaşmakta ve direkler tarafından taşınmaktadır.

4. Yük artışlarının toplam değeri üretim vardiyalarında daha çöktür. Bu artış tavan ayakta kazı sırasında %78 taban ayakta ise %63'dür.

5. Ortalama yük yoğunluğu tavan ayakta $12,94 \text{ ton/m}^2$ taban ayakta ise $10,66 \text{ ton/m}^2$ 'dir. Maksimum yükler ile ortalama yük yoğunlukları karşılaştırıldığında ortalama yüklerin daha düşük olması gerekirken, her iki ayakta durum böyle değildir. Tavan ayakta maksimum yüklerin daha çok olmasına karşı taban ayakta ortalama yük yoğunluğu daha yüksektir. Bunun nedeni de tavan ayağın normal ilerleme hızının en az gerekenin yarısı kadar olmasındandır.

6. Kömür kazısı ve tahkimat bittikten sonra direklerin üzerine gelen yüklerin yükselmesi önce artmağa devam etmekte daha sonra durmaktadır.

7. Her iki ayağın altında konverjans $0,2 \text{ mm}$. dolaylarındadır. Ayak içinde ölçülen maksimum konverjanslar ise tavan ayakta $145,38 \text{ mm}$. taban ayakta $124,02 \text{ mm}$.'dir.

8. önemli değişkenlerin durağan olduğu kabul edildiğinde konverjans derecesi ayrılıklar göstermektedir. Konverjansın ölçülebilmesi için tavan hareketi devamlı olarak gözlenmiştir. Ayakta çalışma olmadığı zamanlarda konverjans değeri çok düşüktür. Ayak çalışmağa başladığında tekrar yükselmeğe başlar ve kazı sırasında en yüksek artış hızını bulur. Arka göçertilip tahkimat bittikten sonra tekrar yavaşlar.

9. Kömür damarları civarındaki kayaçların özellikleri, çalışma yöntemi, tahkimat düzeni ve tahkimat direklerinin tavan alçalmasına tepkisi ne olursa olsun bütün uzun ayaklarda konverjans vardır. Bu konverjans tamamen olmasa da çoğunlukla tavan alçalmasına ve bazı durumlarda taban kabarmalarına bağlıdır. Ayaktaki konverjansa neden bu tavan alçalmaları ve taban kabarmalarıdır. Son sıra direkler çekildikten sonra düşen taba-

kalar konverjansın asıl nedenidir. O.A.L. de ölçme yapılan ayaklarda taban kabarmaları konverjansa fazla etkin olmamıştır.

10. Konverjans artışı kömür kazısı sırasında ayaktaki tahkimat sırasındakinden daha fazladır. Toplam konverjansın tavan ayakta %76,8'i taban ayakta ise %69,2'si kazı sırasında oluşmuştur.

11. Konverjansın en hızlı artışı tavan ayakta 4,57 mm/saat, taban ayakta ise 5,58 mm/saat olarak ölçülmüştür. Ayaklardaki toplam konverjans artışı ise tavan ayakta 1,39 mm/saat taban ayakta 1,47 mm/saat'tir.

12. Konverjans zamanın fonksiyonu olduğu gibi ayağın üerleme hızının da bir fonksiyonudur. Konverjansın artış hızı ayağın üerleme hızı üe ters orantılıdır. Ayağın beher cm. üerleşisi için en fazla konverjans artması tavan ayakta 0,53 mm/cm taban ayakta ise **0,56** mm/cm olarak ölçülmüştür. Ayağın her cm ilerlemesi için toplam konverjans artma değeri tavan ayakta 0,33 mm/cm taban ayakta ise 0,38 mm/cm'dir.

13. Ölçmeler sırasında kullanılan foto-elâstik yük ölçerin düşük maliyeti, kolay kurulumu ve sağlamlığı gibi olumlu yönleri olduğu gibi bazı olumsuz yönleri de vardır, örneğin: Yük ölçerlerin silindirik camı üzerinde oluşan sekilerin okunmasındaki ayrıcalıkların giderilmesi yönünden okumaların aynı kişi tarafından yapılması gerekmektedir. Fazla şeküli okumalarda hata yapma olasılığı vardır. Okuma yapıldıktan sonra yüklerin hesaplanması zaman alıcıdır.

14. Ölçmeler sırasında kullanılan hidrolik yük ölçer fazla ve ani yük binmelerinde keçe patlattığından pek güvenceli olmamaktadır.

5. öneriler

Daha güvenceli ayak koşullarında çalışılabilmesi ve ekonomik açıdan yarar sağlanabilmesi, tavan denetiminin koşulların elverdiği oranda iyi bir şeküde yapılmasına bağlıdır. Bunun için de aşağıdaki öneriler yapılmaktadır.

1. O.A.L. İşletmesinde ayaklarda kullanılan sürtünmeli demir direklerin yük taşıma kapasiteleri ayakta ölçülen yüklerin çok üzerindedir. Bu durum ayak içerisinde hem ağır hem de gereğinden çok direk kullanılmasına sebep olmaktadır. Kullanılacak sürtünmeli demir tahkimat direklerinin maksimum yük taşıma kapasitelerinin 30 ton olması yeterlidir. Çalışılan ayaktaki koşullara göre ayak boyunca 1 veya 1,25 m. uzaklıkla yerleştirilmelidir.

2. Düz tahkimat düzeni tavan ve taban koşulları yönünden her iki ayakta da kullanılabilir en uygun düzendir. Taban ayaklarda şaş-beş tahkimat düzeni yerine bu düzen kullanılmakla kazı vardiyesinde yapılan 0,60 m.'lik üerleme iki misli artarak 1,20 m.'ye çıkacak, bunun sonucu olarak da hem daha elverişli ayak koşulları sağlanacak hem de ayağın üretimi bir kazı vardiyasında iki katma çıkmış olacaktır.

3. Tavan ve taban ayaklar bugünkü çalışma koşullarında her kazı vardiyesinde bir have üerleyecek şeküde (1,80 m/gün) açılmalıdır. Bunun içinde ayakların boyu, taşıma düzeni ve kazı macı sayısı gerektiği şekilde ayarlanmalıdır.

4. Taban ayaklarda her kömür kazı vardiyasında 1,20 m. lik bir üerleme yapılabilmesi için diğer önemli bir nokta da: En uygun delik delme ve verimli bir ateşleme düzeninin bulunmasıdır. Bunu sağlamak için ayaklarda bir araştırma yapılması gereklidir.

5. Şimdiki koşullarla çalışacak ayaklar için 15 tonluk hidrolik direkler yeterli olmakla beraber bölgedeki jeolojik koşullar (Faylar, kıvrımlar gibi) ve ayağın ilerleme hızının düşmesinden ötürü doğabüecek fazla yük taşınmasını zorunlu kılacak ayak şartları gözönüne alınırsa ençok 20 ton yük taşıma kapasiteli hidrolik direkler ayaklar için yeterlidir.

6. Aynı ayakta 5 ayrı tip sürtünmeli demir direğin kullanıldığı görülmüştür. Bunların herbirinin yük almada çalışma şekli ayrıcalık gösterdiğinden, yükler ayak içindeki direklerin üzerine aynı düzende gelmemektedir. Bu da ayak boyunca ve enlemesine düzgün yük dağılım düzenini bozmaktadır. Aynı

ayakta aynı tip direk kullanılmalı ve tahkimat direkleri koşulların elverdiği ölçüde düzgün sıralanmalıdır.

7. Ayakların tavan ve taban tabakalarının yük taşıma kapasitelerini belirtmek üzere bu konuda bir araştırma yapılması gereklidir. Bu kullanılacak direklere ilk yükü verirken tavanın kırılmasını önliyeceği gibi çok yakında O.A.L. İşletmesinde galeri açmakta kullanılacak lâğım açma makinasının yumuşak marn taban üzerinde ne kadar verimli çalışabileceğini gösterecektir.

8. Ayaklarda direkleri kurarken kriko kullanılmadığı için yük yük yeterince verilememekte bunun neticesi olarak daha az yüklerde büe fazla konverjans meydana gelmektedir.

9. Ayak içinde demir tahkimatlarla birlikte kullanılan ve çam ağacından yapılan domuz damlan kaldırılmalıdır. Domuz damları üe demir tahkimat direklerinin yük alma ve eğilme özellikleri aynı olmadığından ayak içerisindeki yük dağılımında düzensizliğe neden olmaktadır.

Bibliografik Tanıtım

1. Ünal, E., A Study of Load and Convergence at Two Longwall Faces and Interpretation of Strata Behaviour at O.A.L. Colliers Bey-pazarı, A Master Thesis, METU Ankara, September, 1974.
2. Roberts, A. and Hawkes, L., The Application of Photo-elastic Devices for Measuring Strata Pressures and Support Loads, Mine and Quarry Engineering, July, 1963.
3. Roberts, A., Hawkes, I., Williams, F. T., Dhrr, R. K., Laboratory Study of the Photo-elastic Stressmeter, Int. J. Rock Mech. Mining, ScL, V. 1, P. 441*457, 1965.
4. Shepherd, R., The Measurement and Interpretation of Strata Behaviour On Longwall Faces. Paper Presented to the Lancashire Branch on March 22, 1967.
5. Jacobi, O., The Pressure on Seam and Goaf, Presented at the International Strata Control Congress, Essen, October 17 and 18, 1956.
6. Ataman, T., Uzun Ayaklarda Tavan inmesi ve Tavan Kabarması (Convergence), Madencilik, Şubat, 1968.

ANKARA ANDEZİTİ, KİREÇTAŞI YE BAZI TRAVERTENLERİN YORULMA KARAKTERİSTİKLERİ

Seçkin İNCEEFE*

özet

Zamana bağlı yorulma olayının kuralları, klâsik bir yorulma eğrisinin safhaları ayrıntılarıyla anlatılıyor. Yorulmaya etki eden etkenler bir bir sıralanıp bunların etkileri inceleniyor. Konuya değişik yaklaşımlar (Deneysel, Olaysal, Teorik) gerekli formüller ve reolojik modellerle ayrı ayrı inceleniyor.

Tebliğin devamında yorulma deney yöntemleri, ve yapılan deneylerin metodu anlatılıyor. Kullanılan örneklerden kısaca bahsedildikten sonra, deneylerden elde edilen yorulma denklemleri veriliyor. (Denklemlerin elde edilmesinde computer kullanıldığını belirtmekte yarar var). Son olarak deneylerden elde edilen sonuçlar sıralanmakta ve yapılan işlerin genel bir eleştirisi verilmektedir.

Summary

Rules of time-dependent deformation and stages of a classical creep curve are defined. The factors effecting creep are examined. Empirical, phenomenological and theoretical approaches to creep mechanism are discussed with necessary formulas and rheologic models.

The methods of creep observations and samples experimented are introduced. The equations of each creep curve are given and affects of various factors examined and lastly a general criticism is made.

(*) Maden Y. Mühendisi - M.T.A.

I. GİRİŞ

Çoğunlukla her bilimin çok genelleşmiş kural v.e formülleri vardır. Bu genel kurallar o bilim dalındaki konuların pek çoğunu kapsarlar. Elektrikte $V=IR$, mekanikte $F=ma$, madde-enerji ilişkisinde $E=mc^2$ bunların örnekleridir.

Kaya mekaniğinde ise bu şekilde genelleşmiş kurallar henüz yoktur. Bunun nedeni kaya mekaniğinin konusunun gösterdiği özelliştir. Konu: Kayadır, taştır, doğal kayasal yapılardır. Kayalar homojen değildir. Oluşumları insan kontrolünün dışında olmuştur. Birbirinin tıpa tıp aynı iki taş yapısı bulunamaz. Hatta aynı taş yapısı içinde birer metre aralıkla alman iki örnek bile aynı özellikleri göstermez. Bu yer-kabuğunun doğal özelliğidir. Dolayısıyla kaya mekaniğinde çok genel kurallara rastlanmaz. Her olay belli özellikleri ile tanımlanır.

Yorulma, kaya mekaniğinin bir özel dalıdır. Bazı genellemeler varsa da, her yorulma olayının özel formül ve modelleri vardır.

Bu çalışma, yorulma konusunda yapılan özel bir laboratuvar araştırmasıdır. Bu şeküde yapılan binlerce deney ve araştırma gelecekte toplandığında, kaya mekaniğinde çok genel kurallara gidilmesi sağlanabilecektir.

Burada, çalışmada, yorulmaya etki eden etkenler incelenmiştir. Zamana bağlı yorulmaların grafikleri çizilip denklemleri ve bunların geçerliliği tartışılmıştır.

H. TANIMLAR

A. Yorulma

Yorulma, zamana bağh bozulma yada bir maddenin elastik basınç limitinin altında, sürekli ve fakat yavaş bozulması olarak tanımlanır (1). Zamana bağh olan yorulma, çeşitli etkenlerin, örneğin uygulanan basınç yada yük, kayanın mekanik ve minerolojik özellikleri, deney ortamı vs.. etkisiyle örnek taşın kırılmasına sebep olabilir.

B. Rheoloji

Rheoloji, maddelerin bozulmalarını ve akmalarını inceleyen bilim dalıdır. Terim geneldir. Akma'da bütün etkenleri zamanın fonksiyonu olarak inceler (5). Bükülebilme, kıvrılabilme özellikleri olmayan, ana özellikleri "gevrek kırılma" olan bazı kayaların, bazan yer kabuğunda gayet kıvrımlı bir durumda oldukları görülmüştür. Zaman etkisi hesaba katılmazsa bu durumun açıklanması olanaksızdır. Böyle bir evrimin bilimsel yorumu Rheolojinin konusudur.

C. Genel Mekanik

Genel mekanik, madde noktalan ve bunların meydana getirdiği sistem veya rigid maddeler sistemi ile ilgilenir (5). Maddesel özellikler önemli değildir, örneğin güneş etrafında dönen gezegenleri ele alalım. Genel mekanik açısından önemli olan gezegenlerin kütleleridir. Gezegen suda mı oluşmuş, kayadan mı, lastikten mi, plastikten mi, bu genel mekaniği ilgilendirmez. Oysa bunların rheologyc özellikleri çok farklıdır: Su akar, lastik elastiktir, plastik plastiktir. Gezegenin güneş etrafındaki hareketi düşünülürse, bu ayrı maddelerin davranışı aynıdır. Oysa gezegenin içinde bunların birbirine göre hareketleri farklıdır.

D. Ağdalılık

Ağdalılık (TI), belirli bir alana dik olan yönde birim hız değişimi varsa, bu alana etki eden kesme gerilmeğidir (22) :

$$\tau = \eta \frac{d\gamma}{dt}$$
$$\tau \frac{dt}{d\gamma} = \eta = \frac{\text{din}}{\text{cm}^2} \text{ sn} = \text{Bar. sn} = \text{Poise}$$

m. YORULMA KURALLARI

Yorulma bazı kurallar içinde olur. Değişik etkenler değişik biçimlerde zamana bağlı yorulmayı etkiler. Bunları, ayrıntıları

ile birlikte, incelemeden evvel klâsik bir yorulma eğrisini incelemekte fayda vardır.

A. Zamana Bağlı Yorulma Eğrisi

1 — Ansal Bozulma

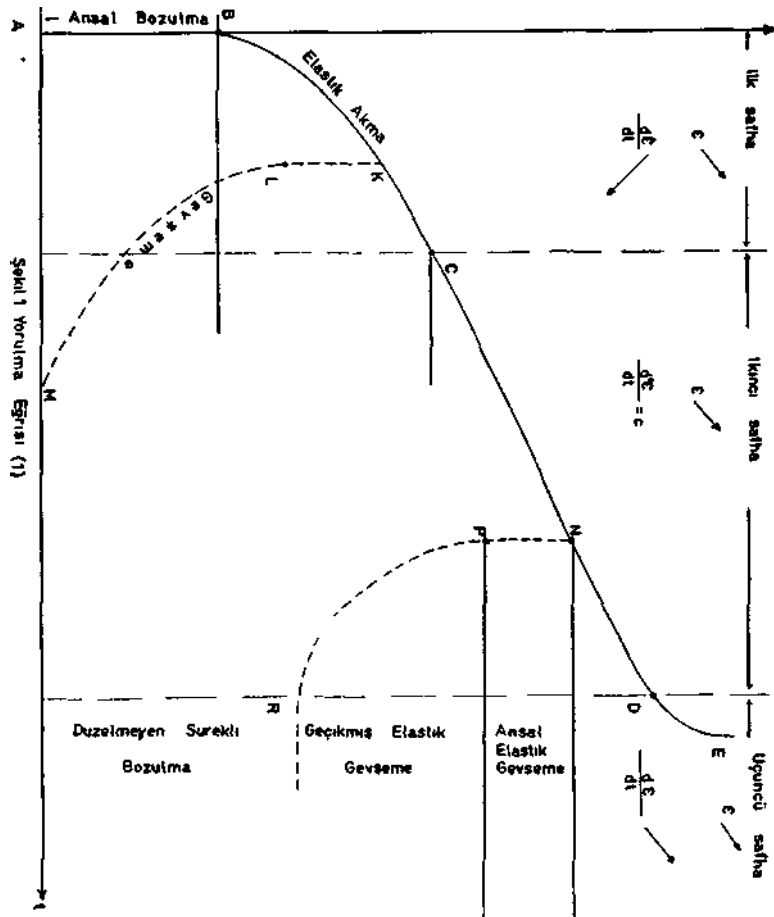
Bir örnek taş, elastik sınırının altında ansal olarak yüklendiğinde taşta ansal bir deformasyon olur. Buna ansal yorulma (1) denir. Olay şekil l'de görülmektedir. A-B arası ansal yorulmayı göstermektedir.

2 — Yorulmanın tik Safhası

Bu safhaya geçici yorulma da denir. Bu safha şekü l'de B-C arasında gösterilmiştir. Zaman artarken deformasyon oranı artmakta ve ancak deformasyon oranının zamana göre artış hızı azalmaktadır. Artış oranı (eğriye çizülen teğetin eğinü) B noktasında hemen hemen sonsuzdur. C noktasına yaklaşırken, bu oran azalmaktadır. Bu aşamaya elastik akışkanlık ya da gecikmiş elastik deformasyon da denmektedir. Eğer örnek taş tamamen elastik ise ve yük, yorulmanın bu safhasında iken kaldırılırsa, ükin ansal bir boşalma, gevşeme olur (Şekü K-L arası). Daha sonra zamana bağlı gevşeme başlar ve bir M noktasında deformasyon sıfıra ulaşır. Şeküde L-M arasında gösterilen bu durum zamana bağlı elastik gevşeme diye adlandırılır. Elbetteki eğer örnek taş plastik karakterde ise deformasyon hiç bir zaman sıfıra ulaşamaz ve belli bir değerde değişmez kalır (12).

3 — Yorulmanın İkinci Aşaması

Bu aşamadaki deformasyon düzenli diye de adlandırılır (12). Bu safhada zaman artarken deformasyon oranı da artar. Ancak deformasyon oranının zamana göre orantısı değişmez. Şekü l'de, C-D arası bu safhayı göstermektedir. Yük kaldırıldığında deformasyonun tamamen sıfıra ulaşması, örnek yüzde yüz elastik te olsa ,bu aşamada artık olanaksızdır. İlkin elastik



bir gevşeme olur (N-P arası), sonra gevşemenin zamana göre oranıtısı giderek azalır ve sıfıra ulaşır (R noktası). Bundan sonra deformasyon sonsuza dek değışmez bir değerde kalır.

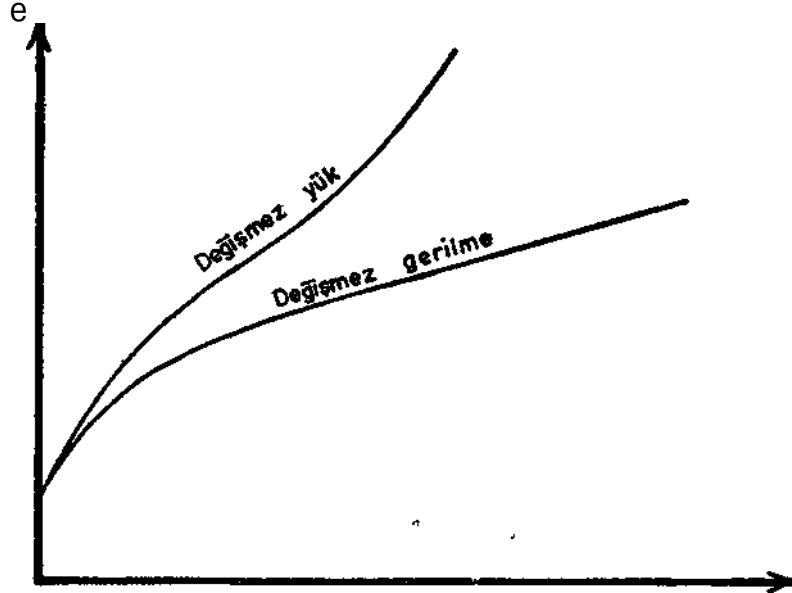
4 — Yorulmanın Üçüncü Aşaması

Bu safha çok kısa sürer. Bu süre bazan bir kaç dakika ve bazan da bir iki saniye kadardır. Hem deformasyon oranı hem de bunun zamana göre oranıtısı, oldukça hızlı bir şekilde artar. Deney parçası E'de kırılır. Bu safha hakkında bu gün çok az şey bilinmektedir.

B. Yorulma Olayına Etki Eden Etkenler

1. Uygulanan Gerilme ya da Yük

İlkin "değişmez yük" ile "değişmez gerilme" arasındaki kavram farkını açıklamakta yarar vardır. Değişmez yük ile değişmez gerilme arasındaki fark şekil 2'de gösterilmiştir.

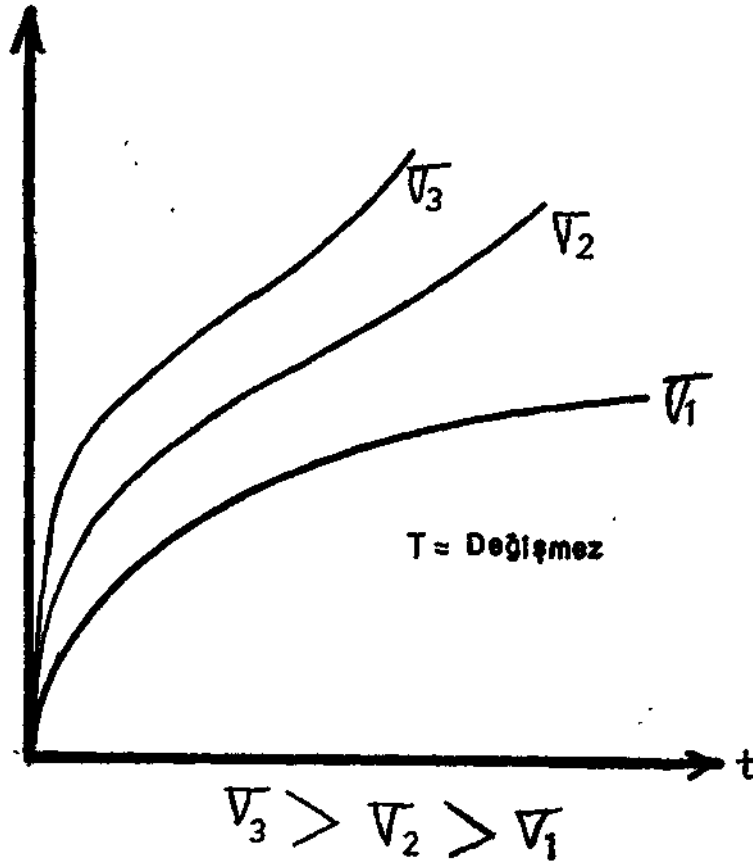


Şekil 2 — Değişmez yük ile değişmez gerilme arasındaki fark (22)

Bir örnek değişmez yük altında deforme olur. Bir tele asılan değişmez bir yükün telde yaratacağı normal gerilme, yük/telin kesit alanı'dır. Ancak zamanla tel uzar. Uzayınca kesit alanı küçülür. Yük değişmez kalmasına rağmen kesit alan değiştikten gerilme değişir. Değişmez basınç yaratmanın çok çeşitli yolları vardır. Ancak burada buna değinilmeyecektir.

Değişik gerilmelerde yorulma eğrisi: Uygulanan gerilme miktarı deformasyon'a ve deformasyon oranına etki eden önemli bir etkidir. Bu konuda deneysel bir formül de şudur:

$$\frac{d\epsilon}{dt} = C \sigma^n \quad (1)$$

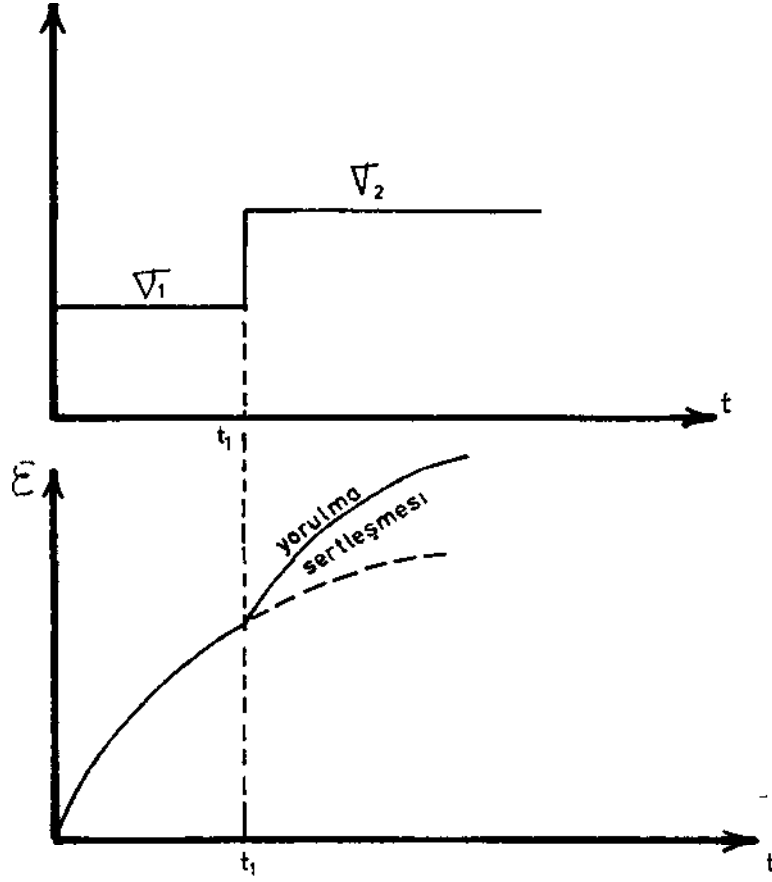


Şekil 3 — Değişik gerilme seviyelerinde değişik yorulma eğrileri (9,13)

Burada üst "n" deney parçasını oluşturan kayanın cinsine ve uygulanan gerilme miktarına bağlı bir değerdir. Düşük gerilmelerde genellikle $n = 1$ civarındadır. Yüksek gerilmelerde $n = 5$ ve daha da fazla olabilmektedir.

Uygulanan gerilme düşük olduğunda, deformasyon oranı/zaman da düşük olmaktadır. Değişik gerilmelerin etkileri şekil 3'de görülmektedir.

Yorulma esnasında, gerilmenin değişmesi: Yorulma olayı esnasında gerilmenin artması, deformasyonun da artmasına sebep olur. Bu olay "deformasyon sertleşmesi" olarak bilinir (13). Şekü 4 böyle bir değişmeyi göstermektedir.

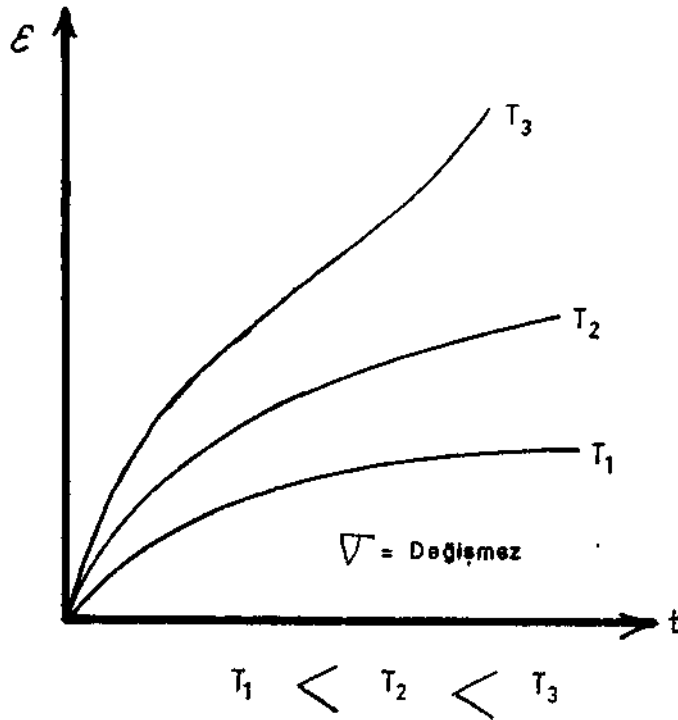


Şekil 4 — Yorulma esnasında gerilmenin artırılması (13)

Deney parçasına ilkin f_1 gerilmesi uygulanmıştır. t_x zamanında gerilme f_1 'den f_2 'ye çıkarılmıştır. ($f_2 > f_1$). Yorulma eğrisi de "yorulma sertleşmesi" durumuna girer. Eğer gerilme artırılmasaydı, normal yorulma kesik çizgi ile devam edecekti (Şekil: 4).

2. Sıcaklık

Diğer bütün etkenler değişmez tutulduğunda, sıcaklıktaki artış, yorulma değerlerini arttıracaktır. Şekil 5'de bu açıkça görülmektedir.



Burada deneysel olarak bulunmuş deformasyon oranı/zaman formülünü belirtmekte fayda vardır.

$$\frac{dz}{dt} = A \cdot t^{-n} \quad (9,11).$$

oluşturan taşın cinsine ve deney koşullarına bağlı değerlerdir. Sıcaklık arttıkça A değeri de artar.

Gazlarda, sıcaklığın artması ağırlığı arttırır, oysa sıvı ve katılarda sıcaklığın artmasıyla ağırlık azalır ve bu özellik de akmayı, yani zamana bağlı yorulmayı kolaylaştırır.

5. Nem

Bir çok deneyler göstermiştir ki çevrenin izafi nemi azaldıkça yorulma/zaman oranı artmaktadır. Çevre nemi ile deney parçası taşın nemi dengeye ulaştıkça, artık yorulma nemden etkilenmemektedir (12,19).

4. Deney Parçasını Oluşturan Taşların Minerolojik özellikleri

Bu konu, yorulma olayının "teorik açıklaması" kısmında geniş bir şekilde anlatılacaktır.

0. Yorulma Olayının Mekanizması

Kayalarda yorulma olayının mekanizmasını açıklamak oldukça güçtür. Bunda en büyük etken, başlarda da sözü edildiği gibi, kayaların homojen olmayışıdır. Her deney parçası birbirinden farklıdır. Bunun içindir ki her yorulma deneyi, kendi özel karakterlerini de birlikte getirir. Değişik yorulma eğrileri bir "genel formül" ile belirlenmemektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı, yorulma olayım üç ayrı yaklaşımla incelemek gerekliliği doğmuştur. Bu yaklaşımlar:

1. Deneysel Yaklaşım

Burada esas amaç, zaman-deformasyon oranı/zaman değerlerini gözetlemek ve yorulmayı, gerilme, sıcaklık ve diğer değişkenlerin fonksiyonu olarak belirlemektir. Deneysel sonuçlar matematiksel formlere çevrilebilir. Belli deney koşulların-

da, sonuçlar matematiksel olarak belirlenir. Yorulma eğrisini çok iyi tanımlayan bu yaklaşımın eksik yanı, deformasyon olayının mekanizması hakkında çok şey söylememesidir.

a. Yorulmanın İlk Aşaması

Bu safhadaki yorulma eğrisini belirlemek için bazı formüller vardır. Bunlar üslü formül, logaritmik formül, hiperbolik formül, sinhiperbolik, coshiperbolik ve/veya bunların kombinasyonu ile elde edilen formüllerdir.

Genel olarak:

$$\frac{de}{dt} = A \cdot t^{-n} \quad (9,11)$$

Eğer $n=1$ ise

$e = A \log t$ (9) bulunur. Bu formül ya " ∞ yorulma" ya da "logaritmik yorulma" denklemleri diye adlandırılır. Ancak formülün bazı noksanlıkları vardır.

t zamanının (0) olduğu yerde, formüle göre $e = -\infty$ dur. Bu ise yorulma gerçeğine aykırıdır. Daha geçerli olması için formülde bazı değişiklikler yapılması gerekli olmuş ve yapılmıştır. Düzeltilmiş formül şöyle:

$$e = A \log (1 + Bt)$$

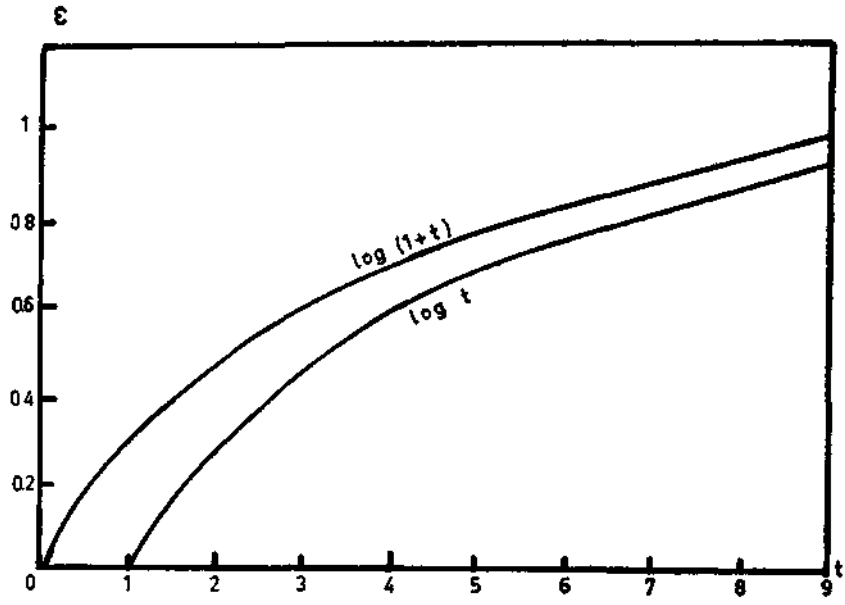
Burada $t = 0$ iken $e = 0$ olur.

$e = \log t$ ve $e = (1 + t)$ eğrilerinin gösterdiği farklılıklar şekil 6'da gösterilmiştir.

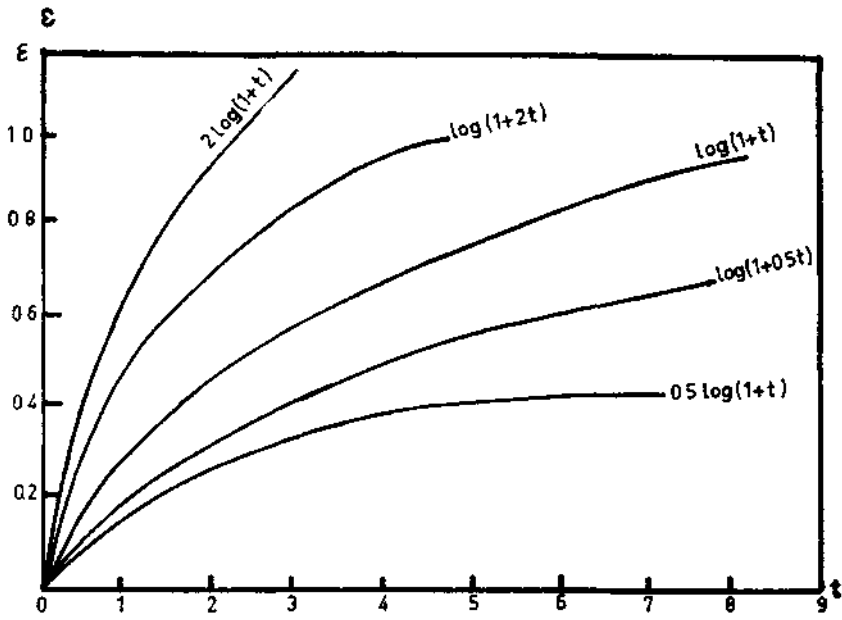
Logaritmik formüller içinde en uygun olanı

$e = A \log (1 - Bt)$ 'dir. Değişik A ve B değerlerine göre elde edilen eğriler şekil 7'de gösterilmiştir.

Deformasyonun ve deformasyon/zaman oran değerlerinin daha yüksek olduğu yorulmalarda $n = 2\beta$ olarak alınır ve bu yorulma " β yorulması" diye adlandırılır.



Şekil 6 — Log (1+t) ve log t eğrileri (4)



ŞekU 7 — A Log (1+Bt) eğrileri (4)

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = A t^{-2/3}$$

$$\varepsilon = 3 A t^{1/3} = \beta t^{1/3} \quad (9) \text{ bulunur.}$$

Genel formülde $n \longrightarrow -n$ olursa,

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = A \cdot t^n \quad \text{olur.}$$

$$\varepsilon = \frac{A}{n+1} t^{n+1} \quad (9,14) \text{ bulunur. Bu da üs formülü}$$

olarak bilinmektedir.

Hiperbolic sine formülleri de aynı amaç için kullanılmaktadır. Genel olarak,

$$E = A + B \operatorname{smh}(ct^{1/3}) \text{ kullanılır.}$$

Yorulmanın ilk safhası için kullanılan diğer formülleri de şöyle sıralayabiliriz:

$$\varepsilon = a \operatorname{Log} (1+bt)^{2/3} \dots \text{ Mott ve Nabarro formülü (4)}$$

$$\varepsilon = at^m + bt^n + ct^p + \dots \text{ Graham formülü (4)}$$

$$\varepsilon = a \operatorname{Log} t + bt^n, \dots \text{ Wyatt formülü (4)}$$

b. ikinci Ağama

Bu safhada yorulma eğrisi bir doğru olarak belirlemektedir. Bu bakımdan formüle edilmesi çok daha basittir:

$$e = bt, \text{ yeterli bir formüldür.}$$

c Üçüncü Ağama

Üçüncü aşama hakkında henüz pek bir şey bilinmiyor. Dolayısıyla belli bir formül yazmak olanaksızdır.

2 — Olaysal Yaklaşım

Olaysal yaklaşım ile yük altındaki tasların durumları bazı fiziksel modellerle açıklanır. Bunun için de bazı reolojik modeller önerilmiştir. Bu modellere geçmeden önce, cisimlerin gerilmeye karşı gösterdikleri direniş özelliklerine göre sınıflandırılması yararlı olacaktır.

Paskal sıvısı (5) : Hidrostatik basıncı, Paskal sıvısının hacim değiştiremez. Yani cisim "sıkıştırılmaz" özelliğindedir. Bununla birlikte, cismi meydana getiren parçacıklar birbiri üstünden sürtünmesiz olarak kayarlar.

Euclid - Katısı: Parçacıkların birbirine; cismin içinde karşılıklı hiç bir iç-basma yoktur (5). Parçacıklar birbirlerinden bağımsızdır. Veya parçacıklar bir cisim meydana getiremezler. Bundan dolayı Euclid-Katısı, reoloji açısından enteresan değildir. Reolojinin konusu içine girmez.

Paskal-sıvısı ve Euclid-katısı matematiksel ideallerdir. Gerçek cisim değildirler. Bütün gerçek cisimler bu iki uç idealler arasında sıralanırlar. Euclid-katısı, genel mekaniğin konusudur. Hooke-katısı da elastik-teorisinin konusudur. Hidrodinamik Paskal ve Newton sıvılarıyla uğraşır.

Sınıflandırma şöyledir (5) :

Euclid-katısı, Gerçek cisimler (Hooke-katısı . . . Newton sıvısı) /Paskal sıvısı

Hooke-katısı için çelik, Newton-sıvısı için de su güzel birer örnektir.

b. Reolojik modeller

Reolojik modellere geçmeden önce ilkel elektrik devreleri ile konu arasında bir benzerlik kurulabilir. Deformasyon oranları potansiyel (gerilim) farkı, gerilmeler de elektrik akımına benzetilebilir. Seri bir devreden geçen elektrik akımı değişmez. Oysa toplam gerilim bütün birimlerdeki gerilmelerin toplamına eşittir. Seri bir bağlantıda gerilmelerin aynen iletildiği varsayımı kabul edilmiştir. Oysa toplam deformasyon her birimdeki

deformasyonun toplamıdır. Paralel bir devrede ise toplam deformasyon, paralel birimlerdeki deformasyonlara eşittir; tıpkı elektrik devresindeki voltaj durumu gibi.

i — Hooke-katısı (H); yay modeli (1,14, 20, 21)

Burada ideal bir özellik vardır. Tüm deformasyonlar tekrar düzelir. Basınç ve deformasyon ile gerilme arasındaki ilişki:

$$\sigma = \epsilon \cdot E$$

Bu çeşit katılar bir yay modeli üe gösterilir. Şekü 8'de böyle bir model gerüme-zaman ile deformasyon oranı-zaman eğri-leri gösterilmiştir.

ü — Ağdalı katı, Newton katısı-(doğrusal sıvı) Daspot modeli (1,14, 20, 21)

Değişmez bir gerilme, ağdah bir katıya uygulandığında, deformasyon zamana bağlı olarak artar. Yük kaldırılınca deformasyon geri düzelmez. Model, yük-zaman ve deformasyon oranı-zaman eğri-leri şekü 9'da gösterilmiştir. Burada uygulanan yük üe deformasyon oranı-zaman arasındaki ilişki şöyledir:

$$\sigma = \eta \frac{d\epsilon}{dt} \quad (5). \text{ Buradan}$$

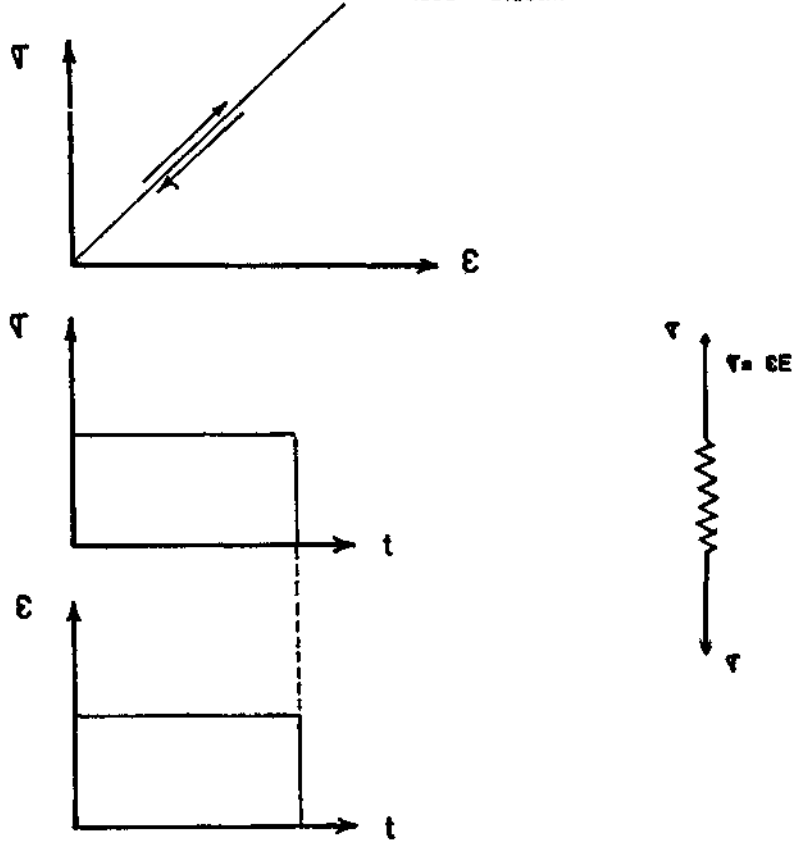
$$\epsilon = \frac{\sigma}{\eta} t \quad \text{bulunur.}$$

Kesme gerilmesi üe kesme-deformasyon oram arasındaki ilişki doğrusaldır ve bu doğrunun eğimi ağdalılık katsayısını yani O_i)'yı verir. Bu ilişki şekü 10'da gösterilmiştir.

iü — Maxwel Modeli

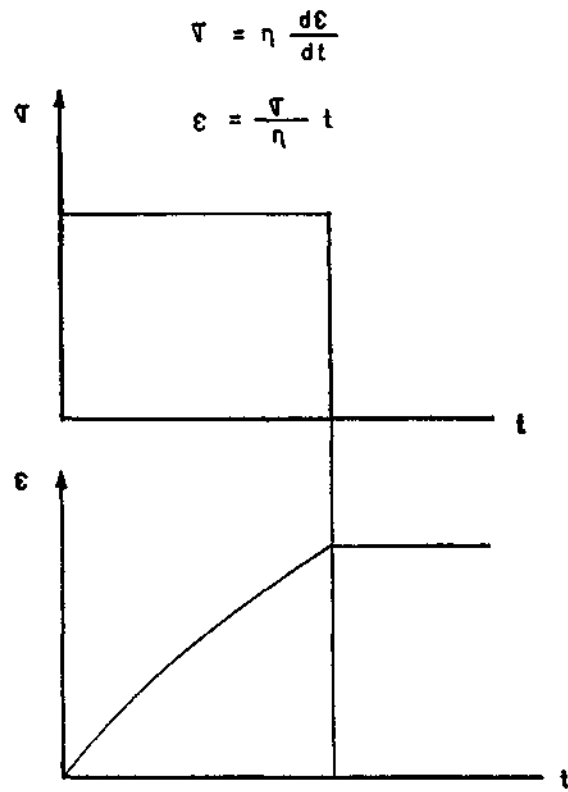
Ansal deformasyon üe yorulmanın ikinci safhasını kapsar. Ansal deformasyon sonra yorulma doğrusal olarak artar. Bir t_i anında yük kaldırılırsa yine ansal bir gevşeme olur. Daha sonra yorulma eğrisi zaman eksenine paralel olarak devam

HOOKE KATISI (H)
İdeal Elastik

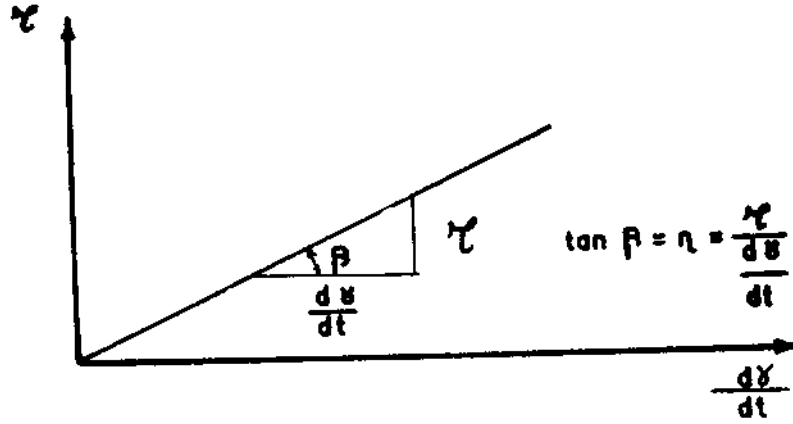


Şekil 8 – Hooke katısı (1, 14, 20, 21)

NEWTON



Şekil 9 — Ağdalı kata-doğrusal sıvı (1, 14, 21)



Şekil 10 — Kesme gerilmesi ile kesme deformaasyon oranı arasındaki ilişki (21)

eder. Bu model bir yay ile bir daspotunu (silindir-piston) seri olarak bağlantısıdır. Şekil 11'de bu model görülmektedir. Ansal deformaasyon yayın elastik özelliğinden dolayıdır ve $\frac{\sigma}{E}$ 'ye eşittir. Yorulmanın denklemi:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \frac{\sigma}{\eta} t \quad \text{dir.}$$

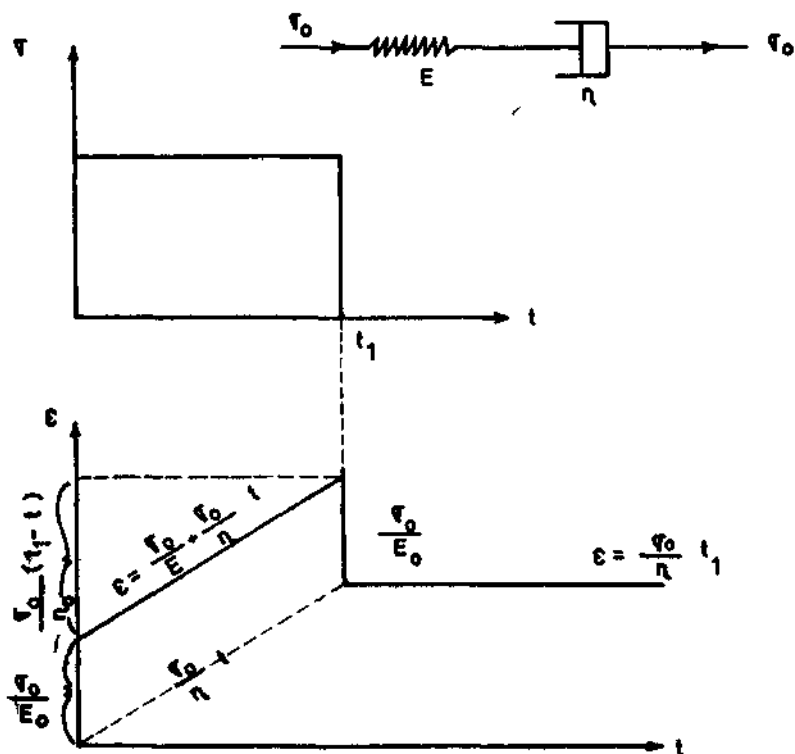
iv — Kelvin (Voigt) Model (1, 14, 20, 21)

Bir dashpot ile bir yayın paralel bağlanmasından meydana gelen bir modeldir. Burada ansal deformaasyon yoktur. Ancak yorulmanın ilk safhasını kapsar. Denklemi,

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \left(1 - e^{-\frac{E}{\eta} t} \right) \quad \text{şeklindedir.}$$

Yük kaldırıldığında, ansal bir boşalma olmaz. Deformaasyon azalması zamana bağlı olarak giderek oluşur. Deformaasyon azalması denklemi,

MAXWELL MODELİ



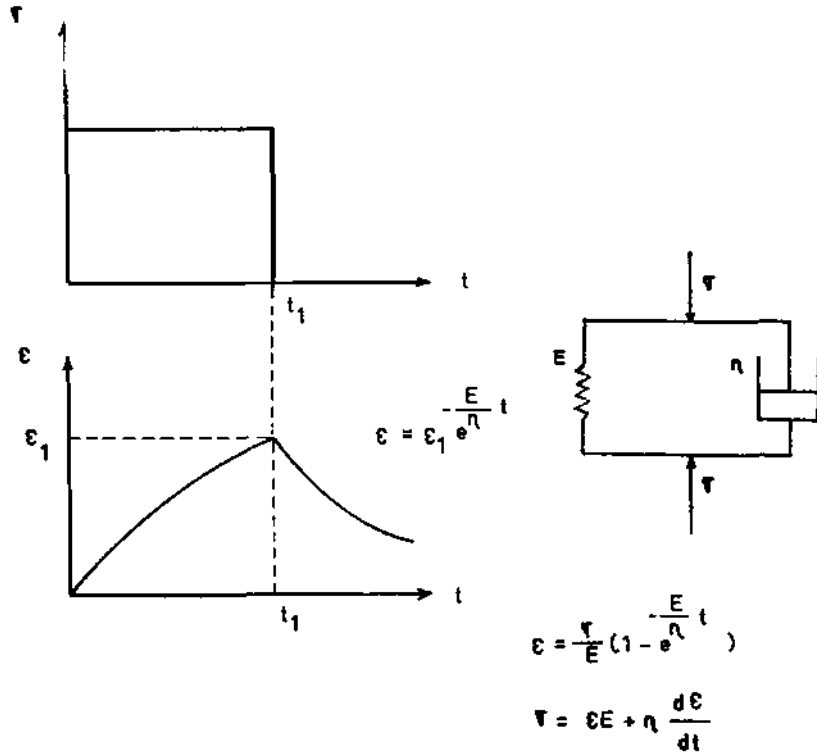
$$\frac{dE}{dt} = \frac{\tau_0}{E} + \frac{dF}{dt} \cdot \frac{1}{\eta} \Rightarrow \frac{d\tau}{dt} = -\frac{E}{\eta} \cdot \tau_0 \cdot \frac{F}{\sigma}$$

Sekil 11 - Maxwell model (4, 14, 20, 21)

$$\epsilon = \epsilon_1 e^{-\frac{E}{\eta} t} . \text{ Burada görüldüğü üzere } (t = \infty) \text{ son-}$$

suz zamanda bu düzelme tam olur. Şekil 12'de bu model görülmektedir.

KELVIN (VOIGT) (K)



Şekil 12 — Kelvin (Voigt) modeli (1, 14, 20, 21)

v — Diğer Modeller

Burada sıralananların dışında daha birçok modeller vardır. Örneğin Zener modeli, Maxwell ve Voigt karmaşığı, Burger modeli vs.

3 — Yorulma Mekanizmasına Teorik Yaklaşım

Bu yaklaşım gerilme altındaki taşların minerolojik özelliklerini ve bunların değişimini inceler. Taşlar, gerilme altında değişik deformasyon özellikleri gösteren mineral taneciklerinden oluşmuştur. Kalker hariç tutulursa, tortusal kayalar genellikle kalkerli veya killi bağ maddeleriyle birbirine yapışmış Quartz taneciklerinden oluşur. Mağmatik ve metamorfik kayalar ise genellikle mekanik bağlarla birbirine bağlanmış bir takım kristallerden oluşmaktadır (1).

Değişik deformasyon özellikleri olan minerallerden meydana gelen bir taş, gerilme altında tutulduğunda, elastik özellik gösteren bir mineral ansal olarak deforme olur. Oysa ağdalılık özeliği gösteren komşu bir mineral ansal olarak deforme olmaz; ancak yavaş yavaş başlayan bir deformasyon gösterir. Yük kaldırıldığında, daha elastik olan mineraller ansal olarak boşanıp düzelmeye çalışır. Ancak ağdalılık özeliği gösteren ortam bunu engeller. Tortusal kayalarda ağdalılık özeliği gösteren madde kalkerli veya killi bağlantı maddeleridir.

Elastik deformasyon genellikle ansal olan deformasyondur. Daha sonraki deformasyonlar elastik olmayanlardır. Bu ise cismin atomik yapısındaki şeküsel değişimelerdendir. Bir kristalin yapıda bu, bir kristal blokun diğeri üzerinde, şekil 13 de görüldüğü gibi kayması şeklinde olur (7).

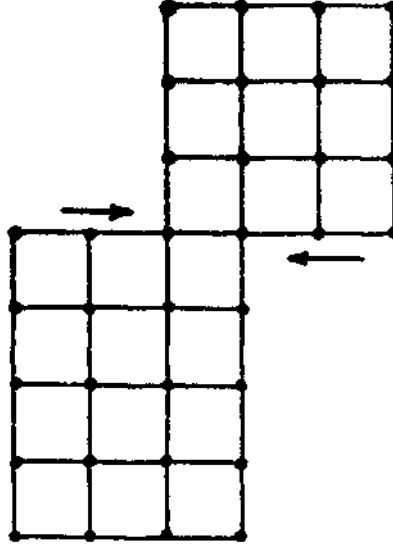
Bir polimerde ise, zayıf bağlı polimer zincirlerinin kopması şeklinde belirlenebilir.

Tekrardan kristalize olma, yüksek sıcaklıkta dikkate alınması gerekli olan bir olaydır.

IV — MADEN PLANLAMASINDA YORULMA

Yeraltı ocaklarında yorulmanın etkisi yok denecek kadar azdır. Zaten madenciliğin felsefesi, yeraltından (veya üstünden) değerli madenleri mümkün olduğu kadar çabuk çıkartmaktır. Üst tabakaların gevşeme, bozulma ve kırılma veya yı-

kılma (çökme) lan belli bir zaman ister. İşte madenci bu zamandan evvel işini bitirmelidir. Yani madencilik dinamik bir iştir. Dolayısıyla yorulma pek söz konusu olmaz. Ancak oda ve topuk yönteminde topuklarda bazı yorulmalar gözetlenmiştir.

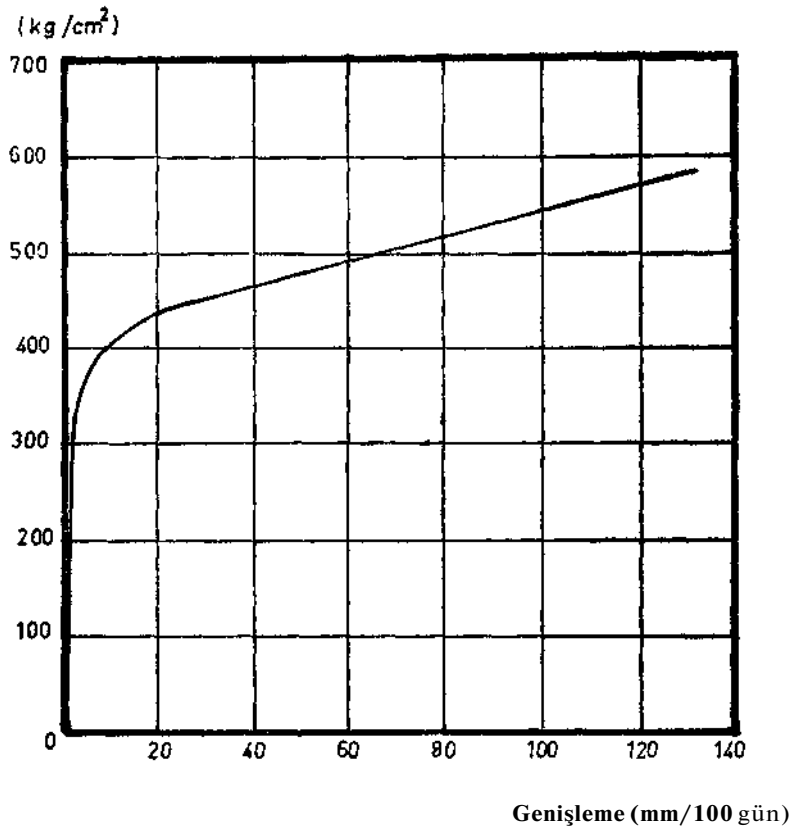


Şekil 15 — Kristal kayma (7)

Yeraltında yan basınç önemli bir etkidir. Belli bir sınıra kadar yan basınç yorulmaya fazla bir etkisi olmaz. Ancak o sınır aşıldığında, yan basınç, kayaların plastik özelliğini artırır.

Ayrıca topuklardaki genişlik/yükseklik oranı da önemli bir etkidir. Pott bazı modeller üzerinde bu konuda bir çalışma yapmıştır (2). Daha çok gözlem niteliğinde olan çalışmalarını için Pott bazı sonuçları tabloştırmıştır. Ona göre kaya tuzu topuklarında genişlik/yükseklik oranının değişik değerlerine göre kritik deformasyon değeri vardır. Bu kritik deformasyon oranları aşılnca tehlikeli durumlar ortaya çıkmaktadır.

Yorulmaya yatkın Potash yataklarının işletilmesinde, yorulma ile ilgili ilk bilgiler Höfer (2) tarafından ortaya konulmuştur. Şekil 14 Höfer'in gözlemelerini göstermektedir. Düşey



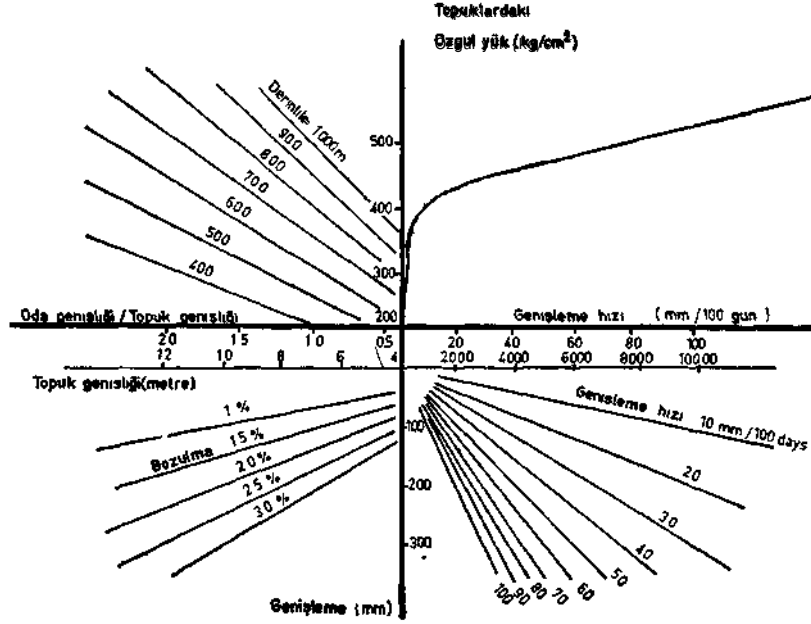
ŞekU 14 — Hitter*!» gözlemleri

Tablo 1 — Pott'un Model Çalışmalarının Sonuçları (2)

Genişlik/Yükseklik	Kritik Deformasyon Oranı %
1.00	1.6
1.50	3.0
1.75	5.0
2.00	15.0

eksen topuğa gelen basıncı, yatay ekseninde topuğun enlemesine genişleme hızım (mm/100 gün) göstermektedir.

Höfer'in bulduğu en önemli sonuç şekil 15'de gösterilmiştir. Değişik boyutlardaki topukların (Potash'ta) seçimi ve bunlardaki genişlemeler grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 15 — Höfer'in gözlemleri

V. DENEYLER

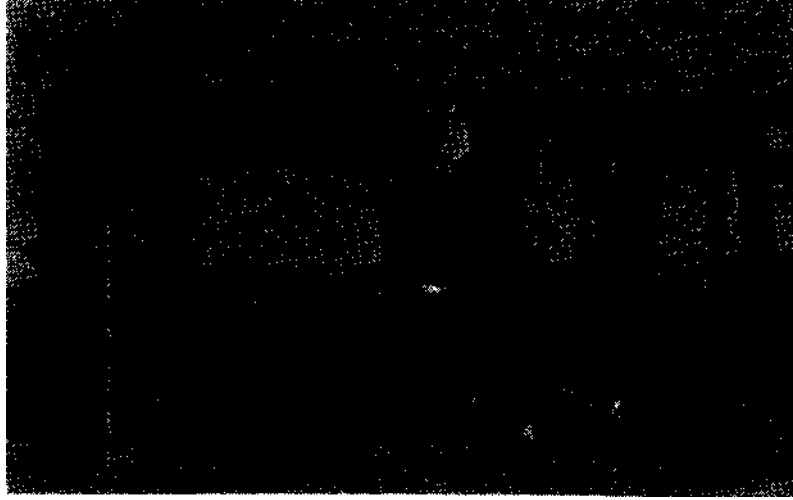
A. Yorulma ölçme Yöntemleri

Yorulma ölçümlerinde genel prensip deney parçası üzerinde değişmez bir gerilme sağlamaktır. Bu da herhangi bir pres üe mümkün olamamaktadır. Devreye eklenen bir gas sistemi ile değişmez basınç sağlanabilir. Sonraki problem deformasyonları gözlemektir. Bunun da değişik yolları vardır. Deformasyon, örneğin, duyarlılığı 10^{-6} inch olan mekanik göstergelerle dolaysız olarak ölçülebilir. Optik yollarla da ölçü almak mümkündür. Deformasyon gözlemlerinde en duyarlı yol elektro-mekanik yöntemdir.

B. Yapılan Deneylerde Kullanılan Gözlemi Yöntemleri

1 — Salt Mekanik Gözlemler

a. Örnek taşlar prizmatik şekilde kesilerek hazırlandıktan sonra şekil 16'da görülen, demirden yapılmış bir iskelet üzerine yerleştirilir. Yük tam orta noktadan asılır. Yükün asıldığı yerdeki belverme mekanik bir gösterge üe gözlenerek ölçülür.



Şekil 16 — Demir iskelet, yükün asılması

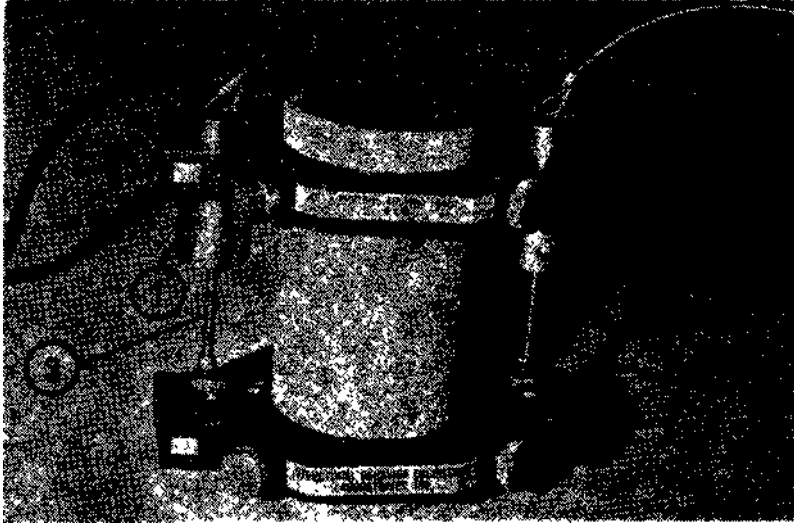
b. Prizmatik deney parçası bir ucundan tutturularak, öteki ucu kendi ağırlığı üe eğümeğe bırakılır. Deney parçasının serbest ucuna mekanik bir gösterge yerleştirilir, şekil 17.

2 — Elektro-Mekanik Gözlemler

Silindirik deney parçaları üzerinde uygulanan bir yöntemdir. Deney parçası 10 000 lb kapasiteli presin altına "deformasyon kelepçesi" ile birlikte yerleştirilir (Şekil 18). Bu kelepçelerde iki tane bobin ve mekanik deformasyonu, elektrik sinyallerine çeviren ve bobinin içinde hareket eden yumuşak, küçük demir çubuklar vardır; deformasyon arttıkça çubuk bobi-



Şekil 17 — Bir ucundan kelepçelenmiş prizmalar



Şekil 18 — örnek taş ve bozulma kelepçesi
1 - 2 Bobin, 3 - 4 Yumuşak demir çubuklar

nin içine daha çok girer ve bir indüksiyon gerilimi meydana gelir. Bu gerilim değişik zamanlarda ölçülür, belirli formüllerle işleme sokularak deformasyon duyarlı bir biçimde ölçülür. Gerilmenin değişmezliğini sağlayan bir de gas sistemi vardır. "Sistem 408" adıyla bilinen bu aygıtlar gurubu şematik olarak şekül 19'da görülüyor.

D. Deneyler

1 — Prizmalarla Yapılan Deneyler

Traverten prizmaları tabakalanma gösteriyorlardı. Deney l'de traverten prizması bir ucundan kelepçelendi. Tabakalanma düşey durumdadır. Diğer uç kendi ağırlığıyla bozulmaya bırakıldı.

Deney 2: Traverten prizması deney l'deki gibi bir ucundan askıya alındı. Ancak tabakalanma yatay durumda ve deney parçasının uzunluğuna paralel idi.

Deney 3: Andesit prizması şekil 16'daki iskeletin üzerine kondu. Ortalama kırılma dayanımının %50.99'u olan 37.720 Kg.'lık yük asıldı. Deney parçasının ağırlığı 3.115 Kg. idi.

Deney 4: Boyutları aynı, ağırlığı 3.020 Ky. olan diğer bir andesit prizmasına aynı sistemde kırılma dayanımının %61.81'i olan 45.720 Kg. yük uygulandı.

Deney 5: Aynı boyuttaki ağırlığı 2.910 Kg. olan andesit prizmasına bu kez 57.720 Kg.'lık yük uygulandı. Bu değer, kırılma dayanımının %78.03'ü idi.

Deney 6: Boyutları ve ağırlığı aynı olan iki andesit prizması iki gün süre ile suda bırakıldı. Sonra biri hemen deneye kondu. Üzerine 37.720 Kg.'lık yük uygulandı. Diğer her saat tartıldı. İki prizmada da su kaybı aynı olacağı kabulü ile su buharlaşması zamana bağlı olarak hesap edildi.

Deney 7: Demir iskeletteki deformasyonu da hesap etmek için deney 3-4-5 ve 6'daki şartlar aynen yaratılarak demirdeki deformasyonlar ölçüldü.

2 — Karotlarla Yapılan Deneyler

Deney 8: "Sistem '408" de silindirik traverten karotu üe yapıldı. Deney parçasına 3000 psi'lik gerilme uygulandı. Gerüme yönü tabakalanmaya paralel durumda idi. Uygulanan 3000 psi'lik gerilme, elastik gerüme smır değerinin % 45.84 idi. Karot ağırlığı ise 495 gr. idi.

Deney 9: Silindirik traverten karotları değişik gerilme seviyelerinde yüklendi (3000, 2500, 1500, 1000 psi). Ancak burada gerilme yönü tabakalanmaya dikti. Karotlar en fazla yarım saat içinde kırıldı.

Deney 10: Kireç taşı karotuna 3000 psi'lik gerilme uygulandı. Bu değer elastik gerilme sınır değerinin %41.79 idi. Karotun ağırlığı 545 gr. geldi.

Deney 11: Andesit karotuna 3000 psi'lik gerilme uygulandı ki 3000 psi elastik gerilme sınırının % 41.80 idi.

Deney 12: Diğer bir andesit karotuna 4000 psi'lik gerilme uygulandı.

E. Bozulma Eğrilerinin Denklemleri

- (1) Deney 1
 $d = 0,1058 t^{0,8}$ Yorulmanın ilk safhası $0 \leq t < 3,0$ saat
 $d = 0,01 \times 10^{-4} t + 0,08 \times 10^{-4}$ Yorulmanın ikinci safhası $t > 30$ saat
- (2) Deney 2
 $d = 0,04264 t^{0,725}$ ilk safha $0 < t < 13$ saat
 $d = 0,017 \times 10^{-4} t - 0,10543 \times 10^{-4}$ ikinci safha $t > 13$ saat
- (3) Deney 3
 $d = 193,24 t^{0,00011405}$ - - - - - $0 \leq t < 5$ saat ilk safha
 $d = 0,01 \cdot 10^{-4} t + 19322942 \times 10^{-4}$ $t > 5$ saat ikinci safha
- (4) Deney 4
 $d = 250,1652 t^{0,00385508}$ $0 \leq t < 20$ saat ilk safha
 $d = 0,124 \times 10^{-4} t + 257 \times 10^{-4}$ $t > 20$ saat ikinci safha
- (5) Deney 5
 Dört dakikada kırıldı, formül elde edilemedi
- (6) Deney 6
 $d = 27,57646 t^{0,1207}$ $0 \leq t < 10$ saat ilk safha
- (12) Deney 8
 $t = 0,00077 \times 10^8 d^2 - 0,02631 \times 10^4 d + 127,6085$ $0 \leq t < 15$ saat ilk safha
 $d = 0,604 \times 10^{-4} t + 536,37817 \times 10^{-4}$ $t > 15$ saat ikinci safha
- (16) Deney 10
 $t = 0,00261 \times 10^8 d^2 - 1,64868 \times 10^4 d + 260,15308$ $0 \leq t < 15$ saat ilk safha
- (18) Deney 11
 $d = 266,6681166 t^{0,03056874}$ $0 \leq t < 15$ saat ilk safha
 $d = 0,225 \times 10^{-4} t + 315,46851 \times 10^{-4}$ $t > 15$ saat ikinci safha
- (19) Deney 12
 $t = 0,00111 \times 10^8 d^2 - 0,56384 \times 10^4 d + 71,60307$ $0 \leq t < 30$ saat ilk safha

VL SONUÇLAR

1 — Bir ucundan kelepçelenmiş traverten prizmalarında: Tabakalamna düşey olduğundan, ilk safhada akma hızı oram yatay olandan daha fazla fakat ikinci safhada durum tersine dönmektedir.

2 — Artan gerilme seviyesi, ük safha süresini uzatmaktadır.

3 — Artan gerilme seviyesi, deformasyon hızı oranını da arttırmaktadır.

4 — Deney parçasının içinde bulunan su, def ormasyon ve deformasyon hızı oranım ve yük kaldırdığındaki gevşeme miktarım arttırmaktadır.

5 — Prizmalarla yapılan deneylerde, ansal eğilme toplam eğilmeye göre oldukça fazla görülmektedir. Karotlarda da aynı şey gözlenmiştir.

6 — Ansal gevşeme/ansal deformasyon oranı bire yakındır. Bu da deney parçalarının elastik karakterde olduklarını gösterir.

7 — Demir iskeletteki deformasyon hem çok az hem de değişmez kaldığından etkisinin hesabı kolay olmaktadır.

8 — Formül bulmalarda çalışmalar sınırlı kalmıştır. Kayaların mekanik katsayılarıyla karşılaştırılabilecek formüller denenmemiştir.

9 — Deneyler sırasında mekanik katsayılar değişmez kabul edilmiştir. Oysa, elastik modül (E), ağırlık (TJ), rigid'lik modülü (n) deney süresince değişiklik göstermektedir. Bu durum ayrıca incelenmelidir.

10 — Teorik formüller pratik çalışmalarda kullanılmalı, pratikleştirilmelidir. Böylece birçok faydalar sağlanabilir.

11 — Bu çalışma aslında çok yetersiz bir çalışmadır. Bu konuda daha çok laboratuvar çalışması gereklidir.

Yararlanılan Kaynaklar

1. Woodruff, S.D.: Methods of Working Coal and Metal Mines. Cilt 1. Londra, 1966.
2. Feynon, P.: Rock Mechanics and Mine Design, 1966.
4. Conway, J. B.: Numerical Methods For Creep and Rupture Analysis.
5. Reiner, M.: Lectures On Theoretical Rheology, 1960.
7. Murrel, S. A. ve Mısra, A. K.: Time Dependent Strain or "Creep" in Rocks and Similar Non-Metalic Materials., 1961-62.
9. Hardy, H. R.: Time dependent Deformation and Failure of Geologic Materials, 1959.
11. Cruden, D. M.: The Form of The Creep Law For Rock Under Uniaxial Compression. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. Cilt 1 - 1964.
12. Price, N. J.: A study of The Time-Strain Behaviour of Coal-Measure Rocks International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Cilt 3, 1966.
19. Altımtay, E.: Creep Deformations in Reinforced concrete Beems, Master Tezi, O.D.T.Ü., 1967.
20. Reiner, M.: Deforbation, Strain And Flow An Elementary Introduction to Rheology. Londar, 1969.
21. Scheidegger, A. E.: On The Rheology Of Rock Creep, 1970.
22. Andrade, E.N.C.: Viscosity and Plasticity. New York, 1951.
23. Ataman, T.: Kişisel danışma.
24. özkaya, t.: Kişisel danışma.
25. özdoğan, M.: Laboratory Determination of Dynamic Elastic Constants of Ankara Andésite By Resonant Frequency Techniques, Ankara, Master Tezi, O.D.T.U. 1973.

ULUSLARARASI KAYAÇ MEKANİĞİ TERMİNOLOJİSİ, SİMGELERİ, VE BİRİMLERİ

Dr. K. Ercin KASAPOĞLU*

Önsöz

Herhangibir bilimdalında, beklenen sürekli ve olumlu gelişmelerin gerçekleşmesi herşeyden önce o bilimdalı içinde ve ilgili diğer bilimdalları ile aralar rında sürekli ve verimli bir bilimsel iletişim sisteminin oluşturulmasına bağlıdır. Böyle bir sistemin oluşturulması gereği, bilimsel gelişmenin ilk ve yerine getirilmesi zorunlu olan koşuludur. Ancak, bu koşulun yerine getirilebilmesi için, önce o bilimdalı içinde bir dil birliğinin sağlanması gerekir.

Bugün, örneğin kayaç mekaniği bilimdalında, çeşitli meslek kuruluşları, üniversiteler, ve otoriteler tarafından kullanılan birbirinden çok ayrıcalı terminoloji, simge, ve birimler bu konuda, zaman zaman, önemli yanlış anlamalara ve yanlış yorumlara yol açmaktadır. Bu durum, öncelikle bilim adamlarının, bilim adamları ile mühendislerin, ve hatta öğrenciler ile öğretmenlerin birbirleriyle anlaşmalarını büyük ölçüde güçleştirmektedir.

(*) Mühendislik Jeolojisi ve Kayaç Mekaniği öğretim Görevlisi - Hacettepe Üniversitesi, Yerbilimleri Enstitüsü - Ankara

Burada sunulan yapının hazırlanışı, herşeyden önce, kayaç mekaniği bilimdalında, yalnız Türkiye'de değil, uluslararası düzeyde var olan —termonöloji, simge, ve birimlerde birlik— sorununu, tümü ile değil, fakat belirli bir ölçüde çözümlenmek amacına yöneliktir. Burada önerilen simge ve birimler, Türkiye dışında 25 ayrı ulus tarafından onaylanmış olan simge ve birimlerdir. Ancak, yazar tarafından benimsenen "türkçe terminolojinin" bazıları üzerinde, Türkiye'deki bazı otoritelerin ayrıcalığı görüşlere sahip olmaları olasılığı vardır. Bu nedenle, yazar, bu konuda otoritelerin yapıcı eleştirilerine her zaman açık olduğunu belirtmek ister.

Kayaç mekaniği terminoloji, simge, ve birimleri üzerinde Türkiye çapında bir birliğin sağlanabilmesi için, ilgili meslek kuruluşları, üniversiteler, ve otoritelerin bu konuda işbirliği yapmaları gerekir. Bu gereğin yerine getirilmesi, Türkiye'de kayaç mekaniği bilimdalının sürekli ve olumlu gelişmesine şüphesiz büyük katkı olacaktır.

1. ULUSLARARASI SİSTEM BİRİMLERİNİN SİMGELERİ (ISI) - SYMBOLS OF UNITS OF THE INTERNATIONAL SYSTEM - SYMBOLES DES UNITES DE SYSTEME INTERNATIONAL - EINHEITSSYMBOLN DER INTERNATIONALEN SYSTEME

1.1 Temel Birimler

m	metre metre mètre Meter
kg	kilogram (kütle) kilogramme (mass) kilogramme (masse) Kilogramm (Masse)

s	saniye second seconde Sekunde
A	amper ampere ampère Ampere
K	kelvin ¹ kelvin kelvin kelvin
cd	mum (ışık şiddeti) candela (luminous intensity) candela (intensité lumineuse) Candela (Lichtstarke)

1.2 Ek Birimler

rad	radyan (düzlem açısı) ² radian (plane angle) radian (angle plan) Radiant (flacher Winkel)
sr	steradyan (katı açısı; hacim sal açısı) steradian (solid angle) stéradian (angle solide) Steradian (Raumwinkel)

1.3 Bazı Türetilmiş Birimler

m ²	metrekare square metre mètre carré Quadratmeter
----------------	--

- (1) Santigrat derece olarak belirtilen bir sıcaklık kelvin cinsinden belirtilen sıcaklığın 273,15 eksiğine eşittir.
(2) Diğer birimler: derece, 1° = „-/180 radyan = 0,0174533 radyan.

m^3	metreküp cubic metre mètre cube Kubikmeter
Hz	hertz (frekans) $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$ hertz (frequency) hertz Hertz
m/s	metre bolü saniye ³ metre per second mètre par seconde Meter pro Sekunde
rad/s	radyan bolü saniye radian per second radian par seconde Radiant pro Sekunde
$m's^2$	metre bolü saniyekare metre per second squared mètre par seconde carrée Meter durch Sekunde im Quadrat
kg/m^3	kilogram bolü metreküp kilogramme per cubic metre kilogramme par mètre cube Kilogramm pro kubikmeter
N	nevton (kuwet) ⁴ $1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m/s}^2$ newton (force) newton Newton

(3) Simgelerin birleşimi de belirtilebilir: ms⁻¹, m.s⁻¹.

(4) $1 \text{ kgf} = 1 \text{ kp} = 9,80665 \text{ N}$ (MKpS sisteminde temel birim)

N/m	nevtan bolü metre (yüzeysel gerilim) newton per metre (surface tension) newton par mètre (tension superficielle) Newton pro Meter (Oberflächenspannung)
N/m ²	nevtan bolü metre-kare (basınç veya gerilim) ⁵ newton per square metre (pressure or stress) newton par mètre carré (pression ou contrainte) Newton pro Quadratmeter (Druck oder Spannung)
N.s/m ²	nevtan saniye bolü metre-kare (dinamik akışkanlık direnci; dinamik vizkosite) ⁶ newton second per square metre (dynamic viscosity) newton seconde par mètre carré (viscosité dynamique) Newton Sekunde pro Quadratmeter (dynamische Zähigkeit)
m ² /s	metrekare bolü saniye (kinematik akışkanlık direnci; kinematik vizkosite) metre squared per second (kinematic viscosity) mètre carré par seconde (viscosité cinématique) Quadratmeter pro Sekunde (kinematische Zähigkeit)

(5) 1 bar = 10⁵ N/m² (MTS sistemindeki birimin ondalık katı)

(6) 1 poise = 0,1 N.s/m² (CGS sisteminde türetilmiş birim)

J	jul joule joule Joule
W	vat watt watt Watt
C	kulomp coulomb coulomb Coulomb
V	volt volt volt Volt
o	ohm ohm ohm Ohm
P	farad farad farad Farad
H	henri henry henry Henry

1.4 Uluslararası Sistem (SI) Birimlerinin Ondalık Katları ve Alt-Katlan

T	tera (tera)	10^{\llcorner}
G	giga (giga)	10^9

M	mega (mega)	10^8
k	kilo (kilo)	10^5
h	hecto (hekta)	10^2
da	deçà (deka)	10
d	deci (desi)	10^{-1}
c	centi (santi)	10^{-2}
m	milli (mili)	10^{-3}
μ	micro (mikro)	10^{-6}
n	nano (nano)	10^{-9}
p	pico (piko)	10^{-12}
f	femto (femto)	10^{-15}
a	atto (atto)	10^{-18}

2. DEĞER SİMGELERİ

SYMBOLS OF QUANTITIES

SYMBOLES DE QUANTITES

SYMBOLEN DER QUANTITÄTE

Bu simgeler italik harflerle basılmıştır. Diğer simgelerini terimin fiziksel özelliğine işaret eden boyutsal simgeler takip etmektedir. Bunlar; L: uzunluk; M: kütle; F: kuvvet; T: zaman; D: boyutsuz simgeleridir.

2.1 Uzay

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \Theta, \Phi$	D	açı (düzlem açısı) angle (plane angle) angle (angle plan) Winkel (flacher Winkel)
Ω, ω	D	katı açısı; hacımsal açı solid angle angle solide Raumwinkel
l	L	uzunluk length longueur Länge

b	L	genişlik width largeur Breite
h	L	yükseklik veya derinlik height or depth hauteur ou profondeur Höhe oder Tiefe
d	L	kalınlık thickness épaisseur Dicke
r	L	yarıçap radius rayon Radius
Φ, d	L	çap diameter diamètre Durchmesser
A	L^2	alan; yüzölçümü area aire Fläche
V	L^3	hacım volume volume Volumen

2.2 Mekanik

2.3.1 Kinematik

t	T	zaman time temps Zeit
---	---	--------------------------------

V, C	LT^{-1}	hız velocity vitesse Geschwindigkeit
U, V, W	L	yerdeğişim bileşenleri components of displacement composantes d'un déplacement Verschiebungskomponenten
ω	T^{-1}	açısal hız angular velocity vitesse angulaire Winkelgeschwindigkeit
a	T^{-2}	açısal ivme angular acceleration accélération angulaire Winkelbeschleunigung
a	LT^{-2}	ivme acceleration accélération Beschleunigung
g	LT^{-2}	yerçekimi ivmesi gravitational acceleration accélération de la pesanteur Erdbeschleunigung

2.2.2 Periyod ve Periyodic Olaylar

T	T	periyodic zaman periodic time durée d'une période Schwingungsdauer
f	T^{-1}	frekans frequency fréquence Frequenz

n	T^{-1}	dönüsel frekans rotational frequency fréquence de rotation Umlauffrequenz
ω	T^{-1}	açısal frekans angular frequency pulsation Kreisfrequenz
λ	L	dalga boyu wave length longueur d'onde Wellenlänge
c	LT^{-1}	dalga hızı wave velocity vitesse de propagation Wellengeschwindigkeit

2.2.3 Statik ve Dinamik

m	M	kütle mass masse Masse
ρ	ML^{-3}	yoğunluk (kütle yoğunluğu) density (mass density) masse volumique Dichte
d	D	bağıl yoğunluk (suya bağıl yoğunluk; özgül ağırlık) relative density (with respect to water; specific gravity) densité relative relative Dichte

F	F	kuwet force force Kraft
N	F	dikey kuwet normal force force normale Normalkraft
T	F	teğet kuwet tangential force force tang-entielle Tangentialkraft
W	F	ağırlık weight poids Gewicht
γ	FL^{-3}	birim ağırlık unit weight poids spécifique Raumgewicht
γ_d	FL^{-3}	kuru birim ağırlık dry unit weight poids spécifique sec Trockenraumgewicht
γ_w	FL^{-3}	suyun birim ağırlığı unit weight of water poids spécifique de l'eau Stoffgewicht des Wassers
γ^1	FL^{-3}	batık birim ağırlık (katının sıvı içine batmış haldeki birim ağırlığı) buoyant unit weight poids spécifique déjaugé (poids spécifique d'un corps immer- gé) Raumgewicht unter Auftrieb

γ_s	FL^{-3}	katı kısmın birim ağırlığı unit weight of solids poids spécifique des solides Stoffgewicht der Feststoffan- teile
M	FL	moment moment moment Moment
T	FL	bükülme momenti; tork torque moment de torsion Drehmoment
I	ML^2	eylemsizlik momenti moment of inertia moment d'inertie Trägheitsmoment
I.	L^2	ikincil alan momenti second moment of area moment quadratique d'une aire plane Flächenträgheitsmoment
I_P	L^4	ikincil kutupsal alan momenti second polar moment of area moment quadratique polaire d'une aire plane polares Flächenträgheitsmo- ment
W	FL	is work travail Arbeit

W	FL	enerji energy énergie Energie
U	FL	potansiyel enerji potential energy énergie potentielle Potentialenergie
T	FL	kinetik enerji kinetic energy énergie cinétique kinetische Energie
P	FLT ⁻¹	gttc power puissance Leistung

2.2.4 Uygulamalı Mekanik

e	D	boşluk oranı void ratio indice des vides Porenziffer
n	D	g�zeneklilik porosity porosité Porosität
W	D	su miktarı water content teneur en eau Wassergehalt

Sr	D	doyumluluk derecesi degree of saturation degré de saturation Sättigungsgrad
p	FL ⁻²	basınç pressure pression Druck
u	FL ⁻²	gözenek basıncı pore pressure pression interstitielle Porenwasserdruck
σ_r	FL ⁻²	dikey gerilim normal stress contrainte normale Normalspannung
$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$	FL ⁻²	dikdörtgen (karteziyen) koordinatlarda gerilim bileşenleri stress components in rectangular coordinates composantes de la contrainte en coordonnées cartésiennes rectangulaires Spannungskomponenten in kartesischen Koordinaten
$\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z$	FL ⁻²	silindirik koordinatlarda gerilim bileşenleri stress components in cylindrical coordinates composantes de la contrainte en coordonnées cylindriques Spannungskomponenten in Zylinderkoordinaten

$\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_\phi$	FL^{-2}	küresel koordinatlarda gerilim bileşenleri stress components in spherical coordinates composantes de la contrainte en coordonnées sphériques Spannungskomponenten in Kugelkoordinaten
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	FL^{-2}	asal gerilimler principal stresses contraintes principales Hauptspannungen
σ_ω	FL^{-2}	hidrostatik gerilim hydrostatic stress contrainte hydrostatique hydrostatische Spannung
σ_h	FL^{-2}	yatay gerilim horizontal stress contrainte horizontale Horizontalspannung
σ_v	FL^{-2}	düsey gerilim vertical stress contrainte verticale Vertikalspannung
σ^1	FL^{-2}	dikey etken gerilim normal effective stress contrainte effective normale wirkliche Normalspannung
τ	FL^{-2}	makaslama gerilimi shear stress contrainte tangentielle Scherspannung

$\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$	FL^{-2}	dikdörtgen (karteziyen) koordinatlarda makaslama gerilimi bileşenleri shear stress components in rectangular coordinates composantes de la contrainte tangentielle en coordonnées cartésiennes rectangulaires Scherspannungskomponenten in kartesischen Koordinaten
ϵ	D	birimdeformasyon strain dilatation Deformation
$\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$	D	dikdörtgen (karteziyen) koordinatlarda birimdeformasyon bileşenleri strain components in rectangular coordinates composantes de la dilatation en coordonnées cartésiennes rectangulaires Dehnungskomponenten in kartesischen Koordinaten
$\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$	D	asal birimdeformasyonlar principal strains dilatations principales Hauptdehnungen
γ	D	makaslama birimdeformasyonu shear strain glissement unitaire Verzerrung

$\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$	D	dikdörtgen (karteziyen) koordinatlarda makaslama birimde - formasyonu bileşenleri shear strain components in rectangular coordinates composantes du glissement en coordonnées cartésiennes rectangulaires Verzerrungskomponenten in kartesischen Koordinaten; Schergrößen
Θ	D	hacimsal birimdeformasyon volume strain dilatation cubique Volumendehnung
V	D	Poisson oranı Poisson's ratio coefficient de Poisson Poissonzahl
E	FL^{-2}	Young modülü; elastisite modülü $E = \sigma/\epsilon$ Young's modulus; modulus of elasticity module de Young; module de déformation linéaire Elastizitätsmodul
D	FL^{-2}	deformasyon modülü modulus of deformation module de déformation Verformungsmodul

G	FL^{-2}	<p>makaslama modülü; rijidite modülü</p> $\mathbf{G} = \tau/\gamma$ <p>shear modulus; modulus of rigidity module de déformation par glissement Schübmodul</p>
K	FL^{-2}	<p>hacımsal birimdeformasyon modülü; sıkışabilirlik modülü</p> $\mathbf{K} = -p/\Theta$ <p>bulk modulus; modulus of compressibility module de compressibilité volumique sous pression hydrostatique Kompressionsmodul; Modul der kubischen Ausdehnung</p>
k	L^3F^{-1}	<p>sıkışabilirlik; hacımsal sıkışabilirlik</p> $k = 1/K$ <p>compressibility; bulk compressibility coefficient de compressibilité volumique sous pression hydrostatique Kompressibilität</p>
σ_c	FL^{-2}	<p>sıkışma dayanımı compressive strength résistance à la compression Druckfestigkeit</p>
σ_t	FL^{-1}	<p>çekilme dayanımı tensile strength résistance à la traction Zugfestigkeit</p>

τ_t	FL^{-2}	maksimum makaslama dayanımı peak shear strength résistance au cisaillement maximale (au pic) maximale Scherfestigkeit (Bruch)
τ_r	FL^{-2}	kalıcı makaslama dayanımı residual shear strength résistance au cisaillement résiduelle Restscherfestigkeit (Gleiten)
c	FL^{-2}	kohezyon cohesion cohésion Kohäsion
Φ	D	sürtünme açısı angle of friction angle de frottement Reibungswinkel
μ	D	sürtünme katsayısı coefficient of friction coefficient de frottement Reibungsbeiwert
h	L	hidrolik yükseklik hydraulic head charge hydraulique Höhe der Drucklinie
i	D	hidrolik eğim hydraulic gradient gradient hydraulique hydraulisches Druckgefälle

j	FL⁻³	<p>birim hacımdaki süzülme kuvveti veya birim uzunluktaki süzülme basma seepage force per unit volume or seepage pressure per unit length force de fütation par unité de volume Sickerwasserdruck</p>
k	LT⁻¹	<p>geçirgenlik katsayısı; perméabilité katsayısı coefficient of permeability coefficient de perméabilité Durchlässigkeitkoeffizient</p>
η	FTL⁻²	<p>akışkanlık direnci; vizkosite (cismin akmaya karşı olan direnci)</p> $\tau_{xz} = \eta \frac{dV_x}{dz}$ <p>viscosity viscosité Viskosität</p>
η_{pi}	FLT⁻²	<p>plastisite (Bingham cisminin vizkositesi) plasticity (viscosity of Bingham body) plasticité Plastizität (Zähigkeit des Bingham Körpers)</p>
ν	L²T⁻¹	<p>kinematik vizkosite $\nu = \eta/\rho$ kinematic viscosity viscosité cinématique kinematische Viskosität</p>

Tret	T	gecikme zamanı retardation time temps de retardation Retardationszeit
Trel	T	gevşeme zamanı relaxation time temps de relaxation Relaxationszeit
σ_s	FL ⁻¹	yüzeysel (çekilme) gerilim surface tension tension superficielle Oberflächenspannung
g	L ³ T ⁻³	akma hızı; debi rate of flow; rate of discharge débit Durchflussmenge ; Ausflussmenge
Fs	D	güvenlik faktörü safety factor facteur de sécurité Sicherheitszahl ; Sicherheitsfaktor

2.3 Isı

T	Deg	sıcaklık temperature température Temperatur
a	Deg ⁻¹	doğrusal genleşme katsayısı coefficient of linear expansion coefficient de dilatation linéaire linearer Ausdehnungskoeffizient

β	Deg ⁻¹	hacimsal genleşme katsayısı coefficient of volume expansion coefficient de dilatation volumique kubischer Ausdehnungskoeffizient
---------	-------------------	---

Yararlanılan Kaynaklar

- Basic quantities and units of the SI and quantities and units of space and time, 1965. —ISO/R, 31/Part I; 2nd edition.
- Der Felsbau, erster Band, by Müller, L., 1963. —Ferdinand Bnke Verlag; pp. XX - XXIV.
- Encyclopedia of hydraulics, soil and foundation engineering, by Vollmer, E., 1967. - Elsevier Buplishng Company, Amsterdam; pp. 365-373.
- Handbuch der Physik, Band VI, by Flügge, 1868. - Springer Verlag, Berlin; p. 549.
- International System (SI) units, 1964; British Standard 3763. - British Standards Institution, London.
- Lexikon für wasserwesen, Erd-und Grundbau; Deutsch-Engllsh, by Vollmer, E., 1967. - Gustav Fischer Verlag; pp. 10-27.
- List of Symbols, International Society for Rock Mechanics (ISRM), Commission on "Terminology, Symbols and Graphic Representation", March 1970; pp. 1-12.
- Madencilik Terimleri Sözlüğü, Türkçe-İngilizce, İngilizce-Türkçe, yazan. Enver Ediger, 1970. - T.K.İ. Yayını, No. 2.
- Mathematical signs and symbols for use In the physical sciences and technology, 1961. - ISO/R, 31/Part XI.
- Proceeding of the 5th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 1962, Vol. m. - Dunod, Paris; pp. 69, 70.
- Proceeding of the First Congress of the International Society of Rock Mechanics, 1966, Vol. I, II, m. - Laboratorio Nacional de Engenharia Civil, Lisbon.
- Quantities and Units of Heat, 1960. - ISO/R, 31/Part IV.
- Quantities and Units of Mechanics, 1960. - ISO/R, 31/Part in.
- Quantities and Units of Periodic and Related Phenomena, 1958. - ISO/R, 31/Part It.
- Rheologie, in elementarer Darstellung, by Reiner, M., 1968. - Carl Hanser Verlag, München; pp. 342-345.
- Rock Mechanics and the Design of Structures in Rock, by Obert, L. and Duvall, W. I., 1967. - John Wiley and Sons, Inc., New York; pp. XV-XIX.

- Rock Mechanics Principles**, by Coates, D. F., 1965. - Queen's Printer, Ottawa; pp. A-1 to A-6.
- Rules for the units of international system of units and selection of the decimal multiples and sub-multiples of the SI units**, 1969. - ISO/R, 1000.
- Standard definition of terms and symbols relating to soil and rock mechanics**, 1968. - ASTM Standard D653-64, Part II. Philadelphia; pp. 288-306.
- Technical Terms, Symbols and Definitions**, 1967. - International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Zurich.
- Yerbilim Terimleri Sözlüğü**, yazar: H.N. Pamir ve ö. öztunah, 1971. - Türk Dil Kurumu Yayınları, No. 320.

C
jeoloji

TÜRKİYE'DE BORAT YATAKLARININ JEOLJISI
VE YENİ SAHA POTANSİYELLERİ İLE İLGİLİ
BAZI GÖRÜŞLER

Erol İZDAR*

ve

Uğur KÖKTÜRK**

1. Giriş

Bor ve bileşiklerinin çeşitli endüstri alanlarında kullanıma olanaklarının hızla gelişmesi sonucu, halen dünya üretiminin % 18-20 sini sağlamakta olan Türkiye'nin; bilinen ve bunların yanı sıra henüz bilinmeyenlerin katkısıyla birlikte, yüksek Bor potansiyeline sahip olacağı ve giderek önem kazanaacağı **tabiidir**.

Bor'un hidrojenli bileşiklerinin çok yüksek enerji gücüne sahip olması, çeşitli diğer bileşiklerinin de geniş alanlarda kullanılması, bor içeren doğal kaynakların, ileri teknolojiler için vazgeçilmez **bir** hammadde niteliğini muhafaza edeceğini, üretimin istatistiksel gelişimi, açık olarak kanıtlamaktadır.

Batı Anadolu'nun Tersiyer jeolojisi ve bilinen Borat yataklarının oluşum prensipleri karşılaştırıldıklarında, bu çok önemli hammadde kaynağının bilinen potansiyeline, yenilerini ilâve

(*) Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Bölümü.

(**) Ege Üniversitesi, M.B.F. Maden Bölümü, Bornova - İzmir.

etmek olanağının; belli alanlarda yürütülecek Bor prospeksiyonu sonucu gerçekleştirilebileceği görüşü, kuvvet kazanmaktadır.

Bu incelemede, bilinen prospeksiyon metodlarının yanısıra, jeolojik yapı içindeki ümitvar gelişim gösteren alanlar ve bu alanlar içindeki termal kaynaklanıl kimyasal bileşimlerinin incelenmesi ve karşılaştırılması üe bir sonuca varma imkânları araştırılmıştır.

Tabûdir ki, konuya yaklaşım için, Bor'un yeryüzünde bulunuş şekil ve miktarları ile, Türkiye'deki oluşum alanlarının tanımlanması ve oluşma koşullarına ait görüşlere de yer verilmesi zorunlu olmuştur.

2. Bor'un Tabiatta Bulunuşu

Yer kabuğunun yapısında % 0.001 oranında bulunan bor'a tabiatta serbest halde rastlanmaz. Deniz suyunda bulunan 4.5 ppm. oranındaki bor önemli olmamakla beraber, jeokimyasal yönden denizlerde erimiş olarak bulunan toplam bor miktarı, son derece yüksek bir değer arz etmektedir. Bor'un çeşitli kayalar içinde ve değişik ortamlarda bulunuş miktarları tablo I de verilmiştir. En yaygın bor bileşikleri borik asit ve borun sodyum, kalsiyum ve magnezyum üe meydana getirdiği bileşiklerdir. Bor elementinin yeryüzündeki bilinen 100'e yakın bor mineralinden sadece 7 tanesinin ekonomik değeri vardır. Bunlar (suda eriyebilen boratlar) **boraks ve kernit**, (suda eriyemiyen boratlar) **kolemanit, uleksit ve pandermit**, (magnezyum borat) **borasit ve sassolit'tir**.

Bor yatakları yeryüzünde başlıca şu şekillerde bulunmaktadır:

Eski göller içinde tabakalaşmış yataklarda,
Bataklıklarda ve tuz gölleri yataklarında,
Playa ve göller çevresinde sert tabakalar halinde,
Sıcak kaynaklar ve fumarollerde.

Kaliforniya'da (Searles Lake) ekonomik borat yataklarındaki borasit minerali nitrit, jips vesaire ile birlikte, denizel, evaporasyon alanlarında oluşmuştur.

Denizel dolaşım sonucu teşekkül eden borat yataklarına "Searles Lake" özel bir örnek teşkil etmektedir. Toplam tuz oram %36, bunun %2,84 ü borasittir.

Borasit diğer taraftan orta büyüklükteki yumrular halinde Almanya tuz ve potas yataklarında "Stassfurtit" olarak görülmektedir.

Bor yatakları için gerekli olan bor genellikle:

Volkanik faaliyetler sonucu çıkan buhar ve eriyiklerden,

Kayaçların içindeki borun fiziksel ve kimyasal etkiler nedeniyle ayrışarak serbest hale gelen borik asit veya eriyebilir boratlardan.

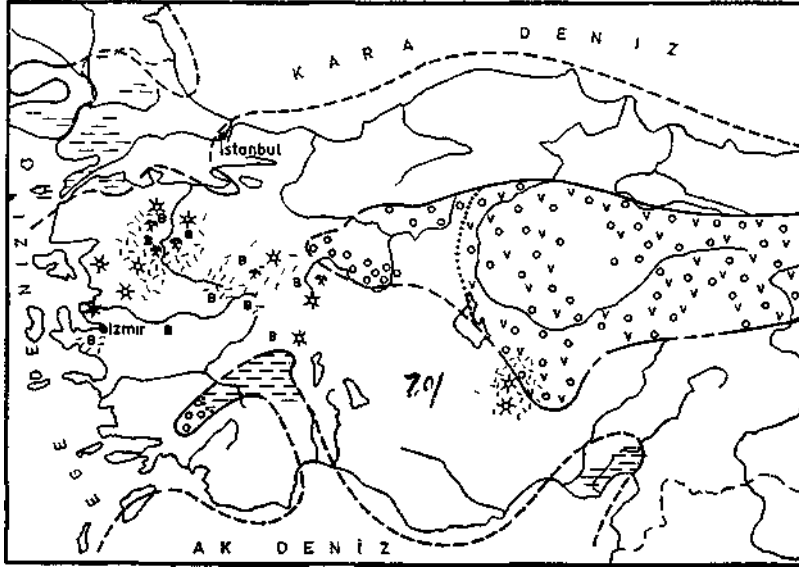
Pegmatitik ve metamorfik oluşan, özellikle Turmalin ve benzeri minerallerin içerdikleri bor nedeniyle, ayrışmaları **halinde %9-11,5 a kadar B₂O₃ sağhyabilmektedirler,**

Bunların dışında bünyesinde büyük oranda bor tutan bitkilerin çürümesi veya kavkılarında bor bulunan hayvanların ölmesi ile de az miktarda da olsa açığa çıkan bor; ekonomik yatakların teşekkülü için lüzumlu bor kaynağı olabilir.

3. Türkiye'deki Borat Yatakları ve İçerdiği Mineraller

Türkiye'deki bilinen başlıca Borat yatakları Zonguldak - Mersin hattının batısında kalan bölgede yer almaktadır. Bu hat Türkiye'nin Neojen paleocoğrafyasında genellikle karasal ve denizel alanları da ayırdetmektedir. Ekonomik değer ifade eden Borat yataklarından bazıları; Sutançayır, Bigadiç, Kestelek, Küçükler, Emet, Kırka (Sarıkaya) dır. (Şekü 1). Söz konusu olan yataklarda oluşan başlıca bor mineralleri:

Sutançayır'da, Pandermit,
Bigadiç'te, Kolemanit,
Kestelek'te, Kolemanit,
Küçükler'de, Kolemanit,
Emet'te, Kolemanit, Uleksit,



gH|ı ^7\2 P77İ3 [*»U Eüĝ₅ CO« QI]7 EE3»

Şekil 1 — Batı Anadolu Genç Tersiyer litolojik Ünitelerini gösterir harita.

Kırka, Sarıkaya'da, Boraks Kolemanit, Kernit ve az miktarda Uleksittir.

Batı Anadolu-borata yataklarında varlıkları saptanan yaygın ve yersel izlenen-bor mineralleri, tablo 2 den belirgin olarak görülmektedir.

Mineralojik anlamda Borata oluşmasını gerçekleyen fiziko-kimyasal koşulların gelişimine paralel olarak bazı mineraller, sulu ve metastabil borata halinde çökelmiştir. Emet ve Bigadiç alanlarında Boraks, Uleksit ve înyoit (ÖZPEKEE, 1969) ile Kırka, Sarıkaya yataklarında izlenen, Boraks, Uleksit ve înyoit ile bunlara ilaveten saptanan Kurnakovit, înderit primer sulu boratlar dizisini teşkil etmektedir (BAYSAL, 1973 a ve b) ; Buna karşı sözkonusu borata yataklarında izlenen Kolemanit, Meyerhoferit, înderborit ve belli fizikokimyasal gelişime bağlı olarak Uleksit, Kernit sekonder teşekkül etmişlerdir (BAYSAL, 1973 a ve b).

Bunların yanısıra Proberit, Priceit, Terçit ve Hidroborasit nadir görülen ve genellikle Bigadiç bölgesinde daha önce MEÏXNER (1952) tarafından izlenen minerallerdir. Hidroborasit daha sonra değişik fiziksel özellikleri nedeniyle, DEMÎRCÎOĞLU, (1973) tarafından detaylı olarak incelenmiştir. Farklı fizikokimyasal koşullara bağlı gelişim içinde Boraks, Uleksit ve înyoit kararlı katıfaz mineralleri olarak özellik göstermektedirler.

Belirtilen bölgelerde, karasal Neojen tortulları arasında mevcut borat oluşumları başlıca:

- a) Bir kaç cm'den, 6 m. kalınlığına kadar tabakalar halinde,
- b) Kristalleri killerle çevrili, dairesel aglomera şeklinde birkaç cm'den, birkaç m.'ye kadar değişen çap büyüklüğünde "yumru" ve "Geod"lar halinde.
- c) Killerle ardışık uzamış mercekler ve dizilmiş yumrular şeklinde ve bu oluşumlar içinde prizmatik ışınsal bor mineral demetleri halinde gelişim gösterirler.

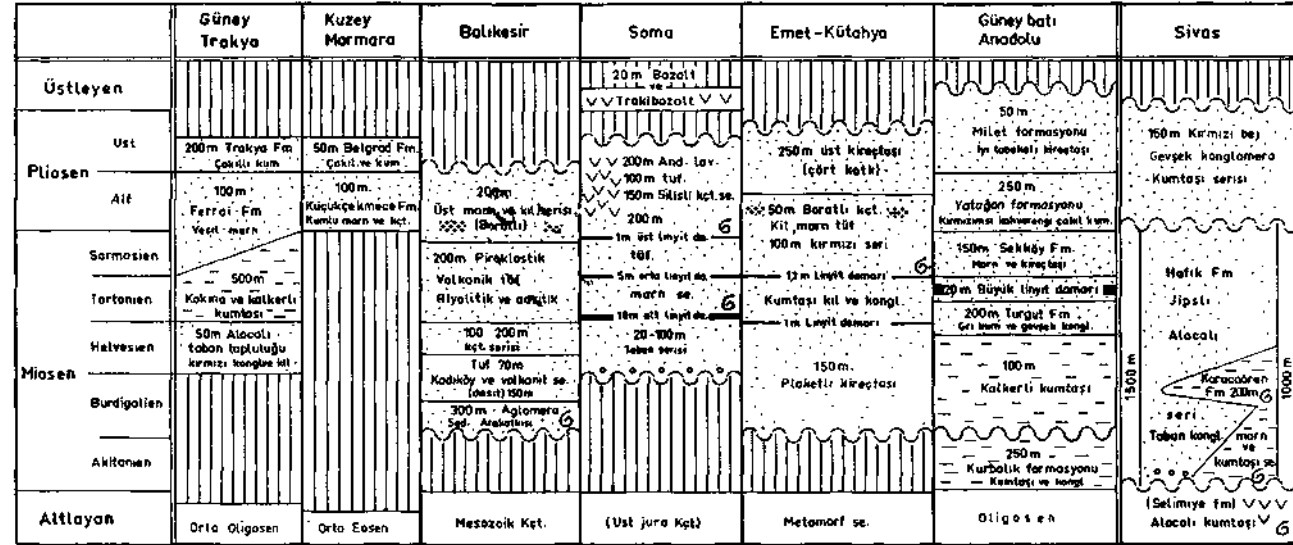
Benzer bor yataklarında bazen açıklanan farklı şekillenmeler karışık görünümde ve yanyana da bulunabilmektedirler.

Batı Anadolu'da primer ve sekonder bor minerali topluluklarının oluşturduğu ve ekonomik anlamda bor ihtiva eden tabakaların yüzeyleyen mostralalarının, yeraltı sularının etkisi ile kısmen kalsite dönüşmesinin veya yersel dolomitleşmesinin yeni bazı borat zuhurlarının yüzeyden tanınması yönünden çok güçlük arzettiği saptanmıştır. Ancak, alterasyon mahsulü, bu kalsitik kısımlardan alınmış numunelerin ultraviole lambası altında 20-30 saniye sonra sanmtrak renkli floresans ışması göstermesi, Kolemanit ve Uleksit ihtiva eden zonların tamuma ve izlenmesinde, kullanılmasının yararlı olacağı ve olumlu sonuçlar vereceğini kamtlar.

4. Batı Anadolu'da Bilinen Borat Yataklarının Genç Tersiyer Stratigrafisi İçindeki Yeri

Türkiye'de bilinen Borat yataklarının karasal ortamda (Akarsu ve Göl) depolanmış marn ve killerle bazen kireçtaşları

Neojen (Üst Tersier)



Şekil 2 — Batı ve Orta Anadolu Neojen Paleocoğrafyası

1 - Sığ denizel tortullar, 2 - Karasal kumtaşı ve konglomera, S - Evaporitler, 4 - Volkanitler, 5 - Orta ve İnce taneli piroklastikler tuf ve tiftitler), 6 - Termal kaynaklarda Bor bulunan alanlar, 7 - Bilinen Borat yatakları, 8 - Kara-Deniz sınırı ve gerilemesi.

ile arakatlı olarak Miosen ve Pliosen tortul serileri içinde olduğu, daha önceki çalışmalardan bilinmektedir.

Genel anlamda, Neojen'in Batı ve Orta Anadolu'da karasal bir gelişim göstermesine karşın, Güneyde ve Doğu Anadolu'da Miosen içinde denizel tortulların varlığı saptanmaktadır (Şekü 2).

Neojen gölssel tortullarının Batı Anadolu'daki detay stratigrafisi; fasiyelerde çok yaygın değişiklikler olması ve ayırıcı özellikte fosillerin bulunmaması nedeniyle tam manası ile ortaya konamamakla beraber bu çalışmaya yardımcı olabilecek jeolojik kesitler (Şekil 4) karşılaştırılmış ve belli seviyeler bazı fosil bulgularla saptanmıştır. Ayrıca daha sonra görüleceği gibi, stronsiyum izotoplarıyla volkanik faaliyetlerin yaşları saptanmış ve heriki yardımcı unsurlarla, Neojen kronostratigrafisi belli ölçülerde belirlenebilmiştir.

Neojen yaşlı formasyonların içinde bor mineralleri bulunan ve olması muhtemel başlıca kesitler incelendiğinde belirli bazı özellikler ortaya çıkar (Şekü 3).

Emet'te neojen kesitinde tabandaki şistlerin üzerinde litolojik olarak beş ayrı tortul seri istiflenmiştir (ÖZPEKER, 1969):

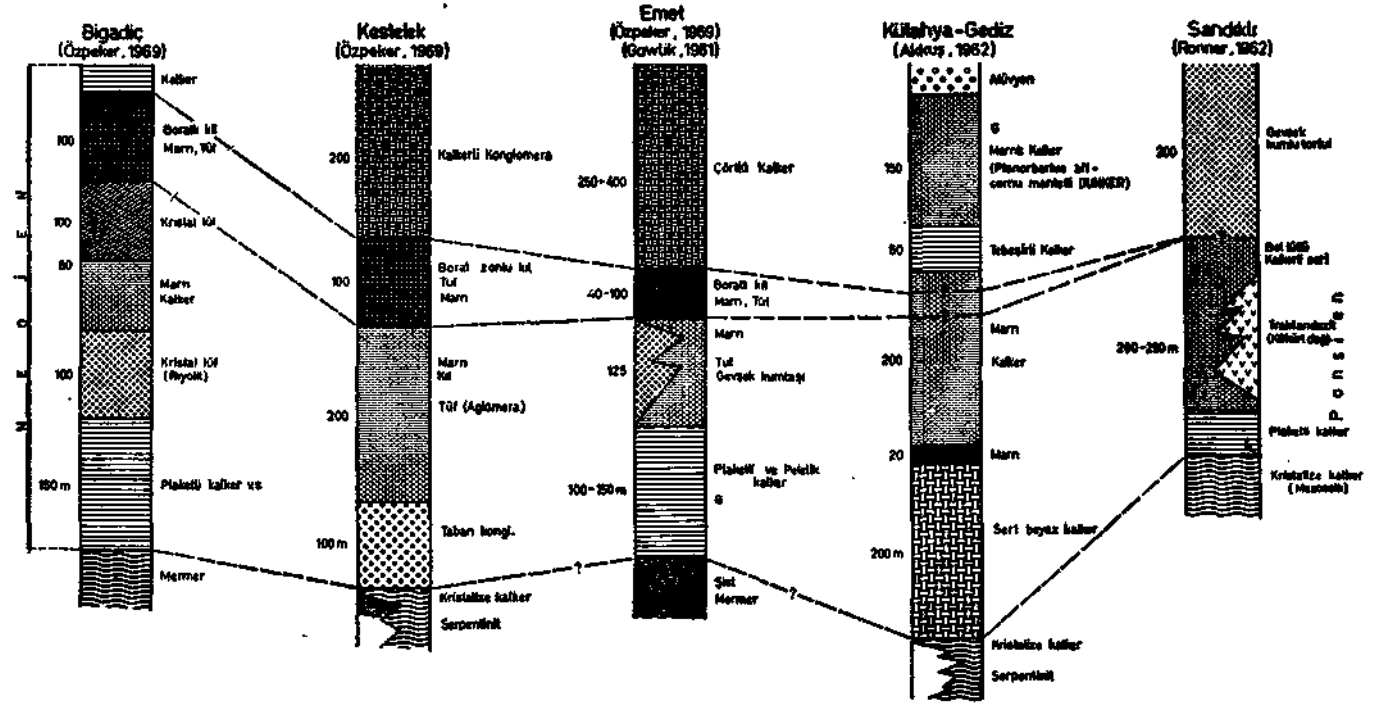
Taban kalkerleri: 100-150 m kalınlıkta, yumuşak plaketsel ve peletik kalkerden ibarettir.

Kırmızı seri: 100-150 m kalınlıkta bu seri tabakalaşma göstermeyen gevşek kum, gre, kırmızı kil, konglomera, tuf ardışık serisinden ibarettir.

Borattı kil, marn, kalker, tuf serisi: 4CH00 m kalınlıkta bu seride kü, marn, tuf, kalker bantları kolemanit ile arakatlıdır. Kolemanit killer içinde küresel şekildedir.

örtü kalkerleri: 250-400 m kalınlığında, gri beyaz renkli, çok sert, yumru çörtler ihtiva eden bir kalkerdir.

Volkanikler: Gri beyaz renkli riyolitler ve yeşilimsi gri renkli andesit ve dasitlerdir.



Şekil 3 — Borat yatakları ile diğer Neojen bölgelere ait karşılaştırmalı dik kesitler.

Bilgadiç bölgesine ait Borat ihtiva eden kesitte mermer temel üzerinde ayrı karakterdeki altı litolojik birim yaşlıdan gence doğru aşağıdaki düzende sıralanmıştır. (ÖZPEKER, 1969):

Plaketti kalker: 200 m kalınlığındaki bu seri krem renkli yumuşak ve ince taneli grelerle arakatkü allokton ve fosilli, pi-solitik bantlı çörtlü otokton kalkerlerden ibarettir.

Kristal tüfleri: 100-200 m kalınlığındaki bu seri homojen yapı-lı, iyi tabakalaşmış gri renkli ince tanelidir.

Marn, kalker serisi: 80 m kalınlığındaki bu seri ince tabaka-lı ritmik kalker marn ve gre bantlarından ibarettir.

Kristal tuf: 100 m kalınlığında yeşil gri veya mavi renkli ber seridir.

Borattı kil, marn, kalker, tuf serisi: 50-150 m kalınlığındaki bu seri neojenin en üst seviyesini teşkil eder. Marn, borat, kü, tuf ardışık dizilmişlerdir. Boratlar 1-3 m kalınlıkta tabakalar halinde killer arasında yer alırlar.

Volkanik ve damar taşları: Siyah renkli boşluklu bazaltlar, gribeyaz renkli trakitler ve 5-30 cm arasında değişen kuvars ve aplit dayklarıdır.

BROWN ve JONES (1971)'e göre Bigadic'e ait diğer borat içeren tipik bir kesit, yaşlıdan gence doğru aşağıdaki birimleri ihtiva eder.

300 m kadar Aglomera, ince daneli piroklastiklerle ara-katkılı tortullar.

160 m orta kaba daneli piroklastikler (dasitik) ve litik daneli tortullar (Kadıköy Volkanitleri).

70 m ince daneli alt tuf serisi

190 m alt kireçtaşı, açık bej marnlar ve kil arakatkılan

100 m Andesit yersel, orta ve iri kristalli volkanik kayac (Riyolit ve dasit) kimyasına geçiş göstermekte

100 m Riyolit ve dasit kayaç kimyasında olan açık renkli tuf

200 m Üst marn ve kil serisi; içinde 40 m kalınlıkta kil arakatlı Borat seviyeleri.

Kestelek bölgesine ait neojen kesitin de ise litolojik birimler olarak kristalize kalker ve serpantin tabanı üzerinde dört seri izlenmektedir (ÖZPEKER, 1969).

Taban konglomerası, (gre, iman serisi) : 1-15 cm tane iriliğindeki konglomeralardan ibarettir. Çakıllar yuvarlaktır ve killi çimento içindedir. İnce taneli grêler ise kalker çimentoludur.

Marn, kil, tuf aglomera serisi: İnce taneli ve ince bantlı bir seridir. Marn kalkerle ardışık olarak tabakalanmıştır. İçlerinde linyit seviyeleri vardır. Aglomeralar içinde 1-2 mm den 10 cm ye kadar litik parçalar vardır.

Boratlı kil, marn, kalker, tuf serisi: İnce bantlı ince tanelidir. Killer arasında borat teşekkül etmiştir. Tüfler 15-20 cm kalınlıkta tabakalar halinde marn ve killerle ardışık bir düzende sıralanırlar.

Konglomera: Serinin üst seviyesini meydana getirir. Kum ve kil çimentom 1-2 cm den 7-8 cm ye kadar tane iriliğinde, çapraz tabakalı ve yarı konsolide olmuş haldedir.

Kütahya-Gediz neojen kesitinde kristalize kalker ve serpantin tabam üzerinde dört farklı litolojideki aşağıdaki birimler istiflenmiştir (AKKIŞ, 1962).

Sert beyaz kalker,
Marn,
Marn kalker serisi,
Tebeşirli kalker,

Seriye meydana getiren kalker sert beyaz renkli, yumuşak marnlı göl kalkerlerinden müteşekkildir. Bazı yerlerde yumuşak marnlı kalkerler sert ve beyaz renkli kalkerle ardışıktır. Bu seviyeler için AKKUŞ (1962) volkanik herhangi bir malze-

meye değinmemiştir. ince piroklastiklerin seyrekte olsa bazı seviyelerde izlenebileceğini kabul etmek yerinde olur.

Sandıklı Neojen kesitinde ise kristalize kireçtaşı tabam üzerinde üç litolojik ünite yer almaktadır (RONNER, 1962).

Plaketli kalker,
Bol tüflü kalkerli seri,
Volkanitler (Trakiandezit).

Batı Anadolu'da borat içeren ve içermesi muhtemel Neojen yaşlı bölgelere ait daha önce tanımlanan dik kesitler karşılaştırıldıklarında (Şekil 3) :

Volkanitlerin, tüf ihtiva eden Marn-kireçtaşı birimlerinin ve bunlarla yersel birarada bulunan konglomera kumtaşı gibi klastik arakatlıkların, sözkonusu bölgelerin ortak bir kesitini oluşturduğunu görmek mümkündür. Batı Anadolu'nun kuzey kesimindeki litolojilerin benzerliği, aynı koşullardaki jeolojik gelişime işaret etmekte ve bu nedenledir ki, borat yataklarının bulunduğu bölgelerin yamsıra saptanmamış alanlara ait kesitlerde bir boşluğun mevcut olduğu görünümünü vermektedir.

Batı Anadolu'nun, Tersiyer içindeki jeolojik gelişiminin diğer araştırmacıların çeşitli bölgeler için belirttikleri yersel gelişimi bütünleyici olarak ele alınması halinde; Eosen içindeki ve tesirleri çok yersel olarak kuzeybatı ve güneybatıda görülen geçici bir transgresyonun dışında, bugün özellikle borat yataklarının bulunduğu Neojen içine kadar kara durumunu muhafaza etmiştir. Balıkesir çevresinde Burdigalien; Soma ve civarında Orta Miosen; Emet ve Kütahya'da, Burdagalien esnasında ilk sedimentasyon birikimleri görülmektedir. Bu devre içindeki jeolojik ve paleocoğrafik gelişimin belli özellikleri vardır. Yersel konglomera, kumtaşı ve kireçtaşları üzerinde, bu dönemdeki morfolojinin imkân verdiği sistemde çok sayıda sığ göller teşekkül etmiş durumdadır. Sularm kaplamış olduğu bataklık ormanlar; Çan, Soma, Tunçbilek linyitlerini oluşturabilme koşullarını bu dönemde kazanmışlardır. Sonradan sularm ani yükselmeleri, limnik karakterdeki Orta-Üst Miosen yaşlı litolojik istiflerin marn-kireçtaşı-tüf-marn serileri halinde (Şekil 4) giderek daha geniş alanları örtmelerini sağlamıştır.

Orta Miosenden önceki relyefin bu yayıbu açıklamak için önemi büyüktür. Bazı bölgelerde 600-800 m kalınlığa ulaşan söz konusu gösel tortullar yeni bir morfoloji de şekillendirmişlerdir. Üst Miosende tuf arakatıkları üe beliren volkanik faaliyetler, Balıkesir'in kuzeyinde, Somanın kuzeybatısında kabn proklastik lav istifleri oluşturmuştur. Aynı volkanik aktivite doğuda Emet-Tavşanlı bölgesinde ve güneyde Afyon-Sandıklı yörelerinde de izlenir.

Volkanik faaliyetin arttığı alanlarda, belki ekonomik linyit teşekkülü jeolojik yönden mümkün olamamış, buna karşılık bu göller, bir sonraki bölümde açıklanacağı şekilde volkanik getirimli bor konsantrasyonlarının suluboratlarda halinde ve ince daneli piroklastik ve pelitik karakterli tortullarla birlikte çökeldikleri ortamları meydana getirmişlerdir.

Neojen jeolojisi üe, bu devirdeki paleocoğrafik gelişim; kuzeyde, güney Trakya ile güneyde, Antalya-Denizli yörelerinde denizel sedimantasyonu, doğuda ise Tuzgölü, Eskişehir, Kütahya'ya kadar uzanan denizden uzak sığ bir evaporasyon alanında jips ve klastik malzeme birikiminin oluştuğunu göstermektedir (Şekil 2).

Böyle bir gelişim, yalnız volkanik aktivite alanları üe borat yataklarının Neojen esnasında tamamen karasal görünüm kazanan Batı Anadolu'nun kuzey kesimlerinde saptanmıştır.

5. Asilik Neojen **Volkanizması** ve **Borat Oluşumu**

Borun tabiatta bunuşu önceki bölümlerde açıklanmıştı. Borun litosfer ve hidrosferdeki bulunuşu ile yeryüzündeki büyük dolaşımının başlangıcının juvenü olduğu, jeolojik devirlere ait muhtemel dolaşımın ise kısmen rejuvenasyon olarak düşünülebileceği görüşü yaygındır.

Ekonomik anlamda borat oluşumunu sağlayan çeşitli bor konsantrasyonlarına ait ükel getirimin, volkanik faaliyetlerle birleşmesi gerektiği, daha önceki araştırmacılar tarafından gerek Batı Anadolu borat yataklarında; gerekse diğer ülkelerde bilinen oluşumlarda saptanmış bulunmaktadır.

MİNERAL	BİLEŞİM	⁺ ⁺ ⁺ ⁺ ⁺ ⁺ NoCoMgSi	Sertlik	Sp Gr	% B ₂ O ₃	% H ₂ O	Bilgiler
Boraks	Na ₂ O2B ₂ O ₃ -10H ₂ O		2,0-2,5	1,69-1,80	36,7		BAYSAL 1973
Kernit	Na ₂ O 2B ₂ O ₃ 4H ₂ O		1.	1,95	51,1	26.5	ÖZBEK 1969
Uleksit	Na ₂ O-2CaO-5B ₂ O ₃ -16H ₂ O		1	1,96	43.0	35.5	BROWN & JONES 1971
Kolemanit	2CaO-3B ₂ O ₃ -5 H ₂ O		4.0-4.5	2.26-2.48	50.9	21.9	OZPEKER 1969
Pandermit	4CaO-5B ₂ O ₃ -7H ₂ O		3	2.42	50,0	18.0	OZPEKER 1969
Priceit	5CaO-6B ₂ O ₃ -9H ₂ O		3	2.4	48.7	-	PUTZER 1968
Meyerhoferit	2CaO-3B ₂ O ₃ -7H ₂ O			2.12	46.7	28.3	MEIXNER 1952
Tercit	4Ca1V5B ₂ O ₃ -20 H ₂ O				38.0	38.0	* *
Inyoit	2CaO -3B ₂ O ₃ -13 H ₂ O			1.87	37.6	42.2	
Hidroborasit	MgO-CaO-3B ₂ O ₃ 6H ₂ O		2-3	2.17	50,5	26.1	DEMİRCİOĞLU 1973
İnderborit	MgO-CaO'3B ₂ O ₃ HH ₂ Û		-2.5-	1.93	41.5	39.4	BAYSAL 1973a
Kurnakovit	2MgO 3B ₂ O ₃ -15H ₂ O		-3	1.86	37.3	48.3	
İnderit	2MgO-3B ₂ O ₃ -15H ₂ O		-2.5	1.78	37,2	48.3	
Borasit	5MgO-7B ₂ O ₃ -MgCl ₂ nH ₂ O		4-7	2.9 r 3	62.4	-	PUTZER 1968
Howlit	2SiO ₂ 4CaO*5B ₂ O ₃ -5H ₂ O	1 1	-	-	44.5	11.4	BROWN & JONES 1971
Tunelit	SrO · 3B ₂ O ₃ '4H ₂ O		2.5	2.40	54.3	18.7	BAYSAL 1972

Şekil 4 — Batı ve Orta Anadolu Neojen stratigrafisi ve gelişimi.

Ancak dolaylı bir aşama sonucu, örneğin; bugün dünya denizlerinde 4,5 ppm oranında bulunan bor elementini değişik koşullarda evaporasyonla oluşan doğal tuz yataklarının yanı sıra belli bölgelerde oluşturduğu bor mineralleri zenginleşmelerini doğrudan volkanik aktiviteye bağlamamak gerekir.

Batı Anadolu'daki borat yatakları jeolojik gelişim içinde, daha öncede birçok araştırmacı tarafından (MEIXNER, 1952; ÖZPEKER, 1969; BAYSAL, 1972) saptanmış olduğu gibi, volkanik getirimli "eksalatif sedimanter" oluşumun tipik örneklerini vermektedir.

Böyle oluşumunu kamtlayan faktörler aşağıda açıklanmıştır:

1. Bilinen bütün borat yataklarında boratlı seviyeleri altlayan ve üstleyen olarak MontmoriUonit, v.b. kil ihtiva eden yaygın tüf seviyeleri izlenmektedir. Bu ince piroklastik materyalin bir kısmının hâlâ hidrotasyonda fazla etkilenmedikleri, taze bdotit v.b. mineraller içerdikleri gibi, orijinal durumlarını da muhafaza ettiklerini BAYSAL (1972-1974) Kırka bölgesinde saptamaktadır.

2. Batı Anadolu boratlarının, arsenik ve başka bazı elementleri içermesi, volkanik getirimli oluşumlarını desteklemektedir. Zira, Landrello (italya) ve benzeri solfatarlar ile Agamemnon gibi volkanik aktivitelerin termal fazları olarak bilinen, sıcaklıkları yüksek, su kaynaklarının juvenil arsenik ihtiva ettikleri bilinmektedir.

3. Asitik volkanikler, örneğin Liparit (31 ppm bor, RANKAMA ve SAHAMA, 1952) diğerlerinden fazla bor içermektedir. Diğer kayalara oranla borun yeryüzünde en fazla asitik volkanitlere bağlı olarak gelmiş olması bu elementin juvenil kaynağına işaret etmektedir.

4. Batı Anadolu'daki borat yataklarının tümünün Limnik ortamda oluşması, volkanik aktivite dışında kabul edülecek, en büyük bor kaynağı olan, denizel konsantrasyonun, söz konusu yatakların oluşmasına katkıda bulunabileceği ihtimalini ortadan kaldırmaktadır. Batı Anadolu Neojeni stratigrafik ge-

ligimi (Şekil 4) ve Neojen paleocoğrafyası ile (Şekil 2), Neojen formasyonlarının yayılım haritası (Şekil 1) incelenecek olursa, denizel etkilerin bu alanlar için söz konusu olamayacağı esası katiyet kazanır.

5. Bünyelerinde büyük oranda bor tutabilen bitkilerin çürümesi veya iskelet ve kavkılarında bor bolunan hayvanların ölmesi üe de madde dolaşımına katılan borun Batı Anadolu borat yatakları için kaynak teşkil edebilmesi mümkün görülmektedir. Emet, Kestelek'te borat içeren serilerin tabanında, mevcut yersel linyit seviyelerinde yapılan analizlerden saptanan miktarlar nedeniyle bitkilerin içerdikleri borun, kömürleşme esnasında dahi açığa çıkmadığı ve bu nedenle söz konusu borat yataklarına kaynak olamayacağı kesinlik kazanır. (ÖZPEKER, 1969)

6. Batı Anadolu borat yataklarının yayılım alanlarının güney kısımlarında geniş temeli teşkil eden Menderes Masifi Metamorfik kayaçlarının içinde, Şörlit türü, Turmalin mineralizasyonunun çok yaygın olduğu bilinmektedir (İZDAR, 1969). Ancak Emet bölgesinde karasal Neojen formasyonlarının doğrudan üzerine oturdukları temel metamorfiklerde Turmalin ve benzeri borosilikatlar izlenmekte fakat bu minerallerin geniş bir kimyasal ayrışmaya maruz kaldıklarına dair hiçbir belirti görülmemektedir. Yersel ayrışmaların ise bilinen geniş borat yatakları için kaynak teşkil etmesi mümkün değildir.

7. Diğer taraftan Ege bölgesindeki genç Tersiyer volkanitlerinde, özellikle izmir, Yamanlar bölgesi (DORA, 1964) ve Foça v.b bölgelerde dasit karakterindeki volkanitler içinde izlenen yaygın "propilitleşme"nin ve "turmalinleşme"nin post volkanik faaliyetlerin ortama bol miktarda bor bileşiği getirdiğine işaret etmektedir. Başka bir açıklama şekli ile turmalinin oluşmasını sağlayan pnömatolitik veya katatermal bor ihtiva eden malzemenin stratigrafik yerleşimi Orta-Üst Miosen'de olduğu saptanan dasit volkanizmasının hemen ardından devam ettiği, böyle bir faaliyetin ise ancak juvenil karakterde olabileceği kesinlikle açıklanabilir.

Yukarıda açıklanan bulgu ve veriler, Batı Anadolu borat yatakları için gerekli borun, bölgede varlığı izlenen volkanik

faaliyetlerin, çeşitli safhaları ile ilgili "juvenil getirimli" olduklarını ortaya koymaktadır.

Diğer taraftan bilinen borat yataklarının, batıda izmir'den başlayarak kuzeydoğuya doğru yayılım gösteren ve Balıkesir'den sonra doğuya Kepsut, Kütahya ve Eskişehir'e doğru yönelen ofiolit kuşağının, kuzey ve güney şuurlarına yakın yerlerde oluşması özel anlamlıdır.

Litosferdeki kayalara ait bilgiler karşılaştırıldıklarında (Tablo I) özellikle Liparitin 31 ppm ve ultrabazik kayaların da aynı miktarda (31 ppm) bor elementi içermekte olduğu görülür.

Volkaniklerin, oluşma ve etki alanları içinde harekete geçirecek, yeryüzüne getirdikleri borun, ofiolit kuşaklardan geçerken bünyelerine üve olarak aldıkları borla zenginleştiklerini, bu tip kayaların jeokimyasal değerlerine göre kabul etmek mümkündür.

Batı Anadolu'da borat yataklarının oluşmasının temel nedeni sayılan volkanizma faaliyetleri dasit, riyodasit ve riyolit kayaç kimyasındaki lav, piroklastikler ve bunlardan da önemlisi artıç gaz ve termal sular ile tanımlanmaktadır. Ege kıyılarında incelenmiş olan latit andestit, dasit ve riyodasit karakterindeki materyelin 16.2 ve 21.5 milyon yıl; riyolitik volkanitlerin ise 12.5 milyon yıl önce yüzeysel yerleşimlerini yaptıkları BORSİ, FERRARA, INNOCENTİ, MAZZUOLİ (1972) nin araştırmalarından ortaya çıkmaktadır. Bu değerlere göre bir kısım volkanitlerin Orta ve Üst Miosen riyolitlerin ise Üst Miosen-Pliosen(?) yaşlı oldukları açıklanabilir. Ayrıca daha önceki araştırmacılar tarafından, (NEBERT, 1961, GAWLIK, 1961, RONNER, 1962, ve ÖZPEKER, 1969) sözkonusu Üst Miosen-Pliosen(?) yaşlı volkanik aktivitelerin jeolojik gelişim içindeki yerleri, klâsik yöntemlere göre saptanmıştır (Şekil 4).

Borat içeren tavan ve tabandaki killi kayaç birimlerinde yaygın tüfitik arakatkıların bulunuşu yatakların, oluşumu ile volkanik aktivitenin ilgisini ortaya çıkarmıştır. Bigadiç (ÖZPEKER, 1969) ve Kırka (BAYSAL, 1973 b) bölgeleri bunun karakteristik örneklerini vermektedir.

TABLO I — Borun Tabiatta Bulunuğu.

Bor miktarı saptanan ortam: Çeşitli solar İçinde:	Bulunuş miktarı ppm. veya gr/tom olarak	Araştırmacı
Okyanus sularında	4,5	CULKÎN, 1965
Akarsularda (S.S.C.B.)	0,013	KONOVALOV, 195»
Yağmur sularında	0,01	HUTCHINSON, 1957
Solfatarlarda (İtalya)	80,0	NASÎNİ, 1930
Çeşitli kayalar İçinde:		
Granit	3,0-9,0	GALDSCHMÎDT, 1954 ve RANKAMA ve SAHAMA, 1952
Siyenit	0,9-3,0	RANKAMA ve SAHAMA, 1952
Ultrabazik	31,0	f i t* II
Liparit (asitik volkanit)	31,0	GOLDSCHMÎDT, 1954
Metaşist (Al'ca zengin)	9,0-9,3	RANKAMA ve SAHAMA, 1954
Karbonatlar (kalker, dolomit)	3,0-9,0	II » t*
Grovak	35,0	-l »t tt
Şeyi, Killisist	100,0	tt tt tt
Kil	310,0	GOLDSCHMÎDT, 1954
Boksit	3,0	GOLDSCHMÎDT, 1954

Volkanik ekshalasyonlarda bor yüksek sıcaklıkta halojenür, düşük sıcaklıkta ve sıcak sularda borikasit halindedir. Halojenürler su buharının etkisi ile borik asite dönüşürler. Böylece volkanik kaynaklı bor yeraltı veya yüzey suları ile borik asit veya eriyebilir boratlar halinde, BAYSAL (1973 b)'a göre de büyük bir kısmı ekshalasyonlarla, göl sularına karışır. Göllerde boratların çökmesini kontrol eden fizyokimyasal koşullar göl suyunun sıcaklığı, ortamın buharlaşma hızı, pH değeri, basınç, dip ve yüzey akıntılarının durumu gibi, çok yönlüdür. Boratların çökmesi için pH değerinin 8.5-11 arasında, evapotranspirasyon hızının da yüksek olması gerekir. Sarıkaya borat yataklarındaki boraks oluşumu için pH değerinin 8.5-9 arasında olduğu hallerdeki çökme hızı maksimuma ulaşabileceği BAYSAL (1973 b) tarafından saptanmaktadır.

Boratların çökmesi, borlu suların gölün dip ve yüzey akıntılarında korunmuş hareketsiz bölgelerinde doymuşluğa ulaşması ile, doğrusal gelişim göstermektedir. Borat yataklarının aynı seviyelerde fakat ayrı ayrı yerlerde merkezi oluşumu da bu nedene bağlanabilir.

Ayrıca gerek ekshalasyonlarla gerekse yüzey suları etkisiyle, kimyasal ayrışmağa uğrayan ve boratlı ortama taşınan sodyum, magnezyum ve kalsiyum ile borik asit konsantrasyonları Inyoit, Uleksit gibi primer borat minerallerinin oluşumunu temin etmişlerdir (ÖZPEKER, 1969). Kırka (Sarıkaya) da ise bu minerallere ilaveten boraks, Kurnakovit, İnderat gibi primer suluboratlann varlığı bilinmektedir (BAYSAL, 1973 a ve b.).

Tortullaşmanın devam etmesi ve borat oluşumlarının üstündeki örtü tabakasının artması, T°C'nin değişmesi, kimyasal çökmedeki primer borat minerallerinin dehidrotasyonunu sağlamış, ve kolemanit, meyerhoferit, hidroborasit'e dönüştürmüştür. Açığa çıkan eriyik artıkları boşluk ve çatlaklarda yeraltı ve diğer sirkülasyon sularına bağlı başka primer bor minerallerini veya bunların, daha az su içeren, türlerini meydana getirebilirler.

Diğer taraftan kaolen, kü (bazen Mg-Montmorillonit) ihtiva eden tavan ve taban serileri içinde de zengin borat yumru-

larına sık sık rastlanmaktadır. Kil gurubu mineralleri 310 ppm' yakın (Tablo 1) hatta daha fazla bor tutabilmesi göl sularındaki küçümsenemeyecek miktarda borun killerle beraber tabana çökeldiği daha sonra bor ve sirkülasyon sularının etkisi ile söz konusu borlu kısımların kil içinde yumrular veya ince bandlar meydana getirebildikleri de, özellikle, Bigadiç ve Emet yataklarında saptanmış bulunmaktadır.

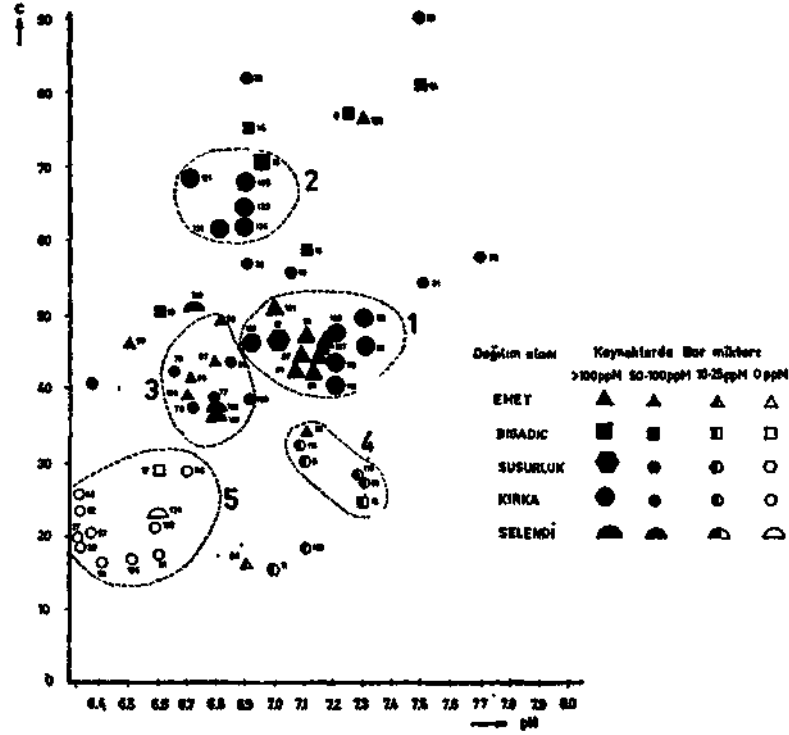
6. Volkanik Faaliyetlerin Termal Fazları ve Batı Anadolu'da Bor İçeren Termal Kaynaklar

Türkiye'de, Batı Anadolu'da ve özellikle Borat yatakları içinde veya onların muhtemel yayılım doğrultuları ile volkanik aktivitelerin saptandığı alanlar içinde bulunan sıcak suların kimyasal analizleri (Çağlar, 1950; MÜLLER, 1955) karşılaştırılmış ve bunların genel olarak CO² ve nadiren hidrojen sülfür ve diğer gazlar üe, bikarbonath, sülfürlü, fosfatlı, bazik, bromürlü, iyodürlü, borlu ve arsenikli sular olduğu görülmüştür. Ancak çoğunlukla analizlerdeki bor ve arsenik değerlerinin verilmemiş olması, bu kaynakların tekrar bir teste tâbi tutulmasını gerektirmiştir. Pratik olarak geçirilmiş bulunan sulardaki bor'u kalitatif saptayan bir test üe ilk bilgiler elde edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Batı Anadolu'daki termal kaynakların pek çoğu volkanik, volkanotektonik oluşu mekanizmalarına dayanan tipik örnekleri vermektedir. Bu kaynaklarda saptanan normalin üzerindeki bor oram ile; bor içeren bu kaynakların diğer karakteristیکlerinin, istatistiksel olarak guruplandırılması sonucu, belli varsayımlara temel teşkil edebileceği görüşünü pekiştirmiştir (Şekil 5).

Balıkesir, Kütahya, Uşak, Afyon, Eskişehir, Denizli ve İzmir ü hudutları içinde bulunan çok sayıdaki sıcak su kaynağına (18°C-90°C arasında) bor testi uygulanmıştır. Bilinen borat yatakları civarındaki termal kaynaklar ile bor içeren diğer kaynaklardaki anyon ve katyon değerlendirilmelerinin yanısıra T°C ve pH değerlerinin bor yönünden ügisini belirleyen bir sonuç veren grafiğe taşınmıştır (Şekil 5).

Grafikte I. nolu alanda 100 ppm'den fazla bor içeren termal kaynaklar gruplaşmıştır. pH:7.0-7.4; sıcaklıklar 40-50°C arasındadır. Ancak kaynaklarında fazla bor izlenen bu suların çevresinde bölgenin kuzeybatısında bilinen Selendi zuhurları hariç henüz ekonomik değerde borat yatakları bilinmemektedir.



Şekil S — Bor içeren bara termal kaynakların T° C ve pH değer grafiği (1, 2. v.d. guruplar yayı içinde açıklanmıştır).

2. nolu alan; pH:6.9-7.1; sıcaklıklar 60-70°C arasında, aynı şekilde 100 ppm'den fazla bor içermektedir. Bu alan içinde çoğunlukla bilinen borat sahalarına ve yakın çevresine ait termal kaynaklar girmektedir.

3. nolu alan; pH:6.8-7.1; sıcaklıklar 35-50°C arasında (50-100 ppm) bor varlığı saptanan bölgedir. Bu alan içinde de bilinen bor yataklarına yakın ve uzak çevrelerinde, daha düşük sıcaklıktaki termal kaynaklar yer almaktadır.

4. nolu alana dahil olan termal kaynaklarda bor'un varlığı eser olarak tesbit edilmiştir.

Batı Anadolu'da bulunan 1. ve 2. termal kaynak gruplaşmalarının içinde yeralan, şekil 1 deki harita da işaretlenmiş bulunan alanda sıcak su kaynaklarının içerdikleri borun:

a) ya doğrudan ait olduğu volkanik faaliyetin sonucu şeklinde ve juvenil olarak yeryüzüne çıkmış olabileceği,

b) veya belli stratigrafik seviyelerden geçerek yeryüzüne ulaşan bu suların geçirlikleri bölgelerde, daha önce oluşmuş bor tuzlarından uygun miktarlarda eriterek beraberlerinde getirmekte oldukları, sonuçlarını çıkarmak mümkündür.

Ancak sözkonusu varsayımların ilkinin, sıcak su kaynaklarında, juvenil borun getirilmesi hususu, İzmir, Agamemnon kaplıcasında ERENTÖZ-TERNEK (1969) tarafından "borun getirim kaynaklarının çok derinde olabileceğine işaret edilmek suretiyle benimsenmektedir.

Başka ülkelerde, özellikle İtalya'da, Toskana (Landrello) solfatarlarının da bugün dahi juvenil orijinli 300 mgr/lt H_3BO_3 ; veya 70-80 ppm bor elementi içermekte olduğu (NASÎNÎ, 1930) bilinmektedir.

Batı Anadolu'da 21.5 milyon yıl önce başlayan dasit, andezit karakterindeki volkanik faaliyetlere ait lav ve piroklastikler, giderek dasit, riyodasit ve Miosen sonunda riyolit ve Pliosen içinde alkali bazalt ve alkali trakit petrokimyasında kayaç türleri ile devam etmiş, ve dolayısı ile o devreler esnasında bölgede akarsu ve gölsel tortullarla arakatlı istifler meydana getirmiştir. Sözkonusu volkanik faaliyetlerden asitik karakterde olanlarına bağlı fumerol ve solfatarlarının içerdikleri juvenil bor üe, ekonomik borat yatakları oluşturabildiklerine göre; haritada sınırlanmış bulunan alanda da (Şekü 1) volkanik faaliyetlerin tabii sonucu olarak meydana gelen termal kaynaklarda, paleocografik gelişime göre belli ekonomik seviyeler oluşturmuş ve bugün giderek azalan oranda juvenil bor içermekte devam ediyor olabilirler.

ikinci bir varsayıma göre; termal kaynakların belli bor içeren stratigrafik seviyelerden geçerken, suyun sıcaklık ve pH'sına paralel olarak bazı boratları yeniden eritmek suretiyle yeryüzüne çıkarmaları, (Emet, Hamamköy'de ki kaynakların normalin çok üstünde bor içermeleri, böyle bir gelişime örnek teşkü edebilir) sözkonusu olabilir. Bu tip kaynakların ise, ihtiva ettikleri bor miktarları sekonder bir zenginleşmeye işaret etmekle beraber, birer kılavuz görevi yapmakta oldukları kuşkusuzdur.

7. Sonuçlar

1. Batı Anadolu'da büinen ekonomik bor yataklarının tümü (Şekil 1 ve Şekil 2) karasal Neojen tortulları ile sınırlandırılmıştır. Borat yatakları Üst Miosen-Pliosen yaşlı marn, kireçtaşı, tuf, marn serisi oluştuğunun saptanmış olması, bundan sonra bulunabilecek olan yeni potansiyeller için aranması gereken jeolojik ortamı kati bir şekilde belgelemektedir.

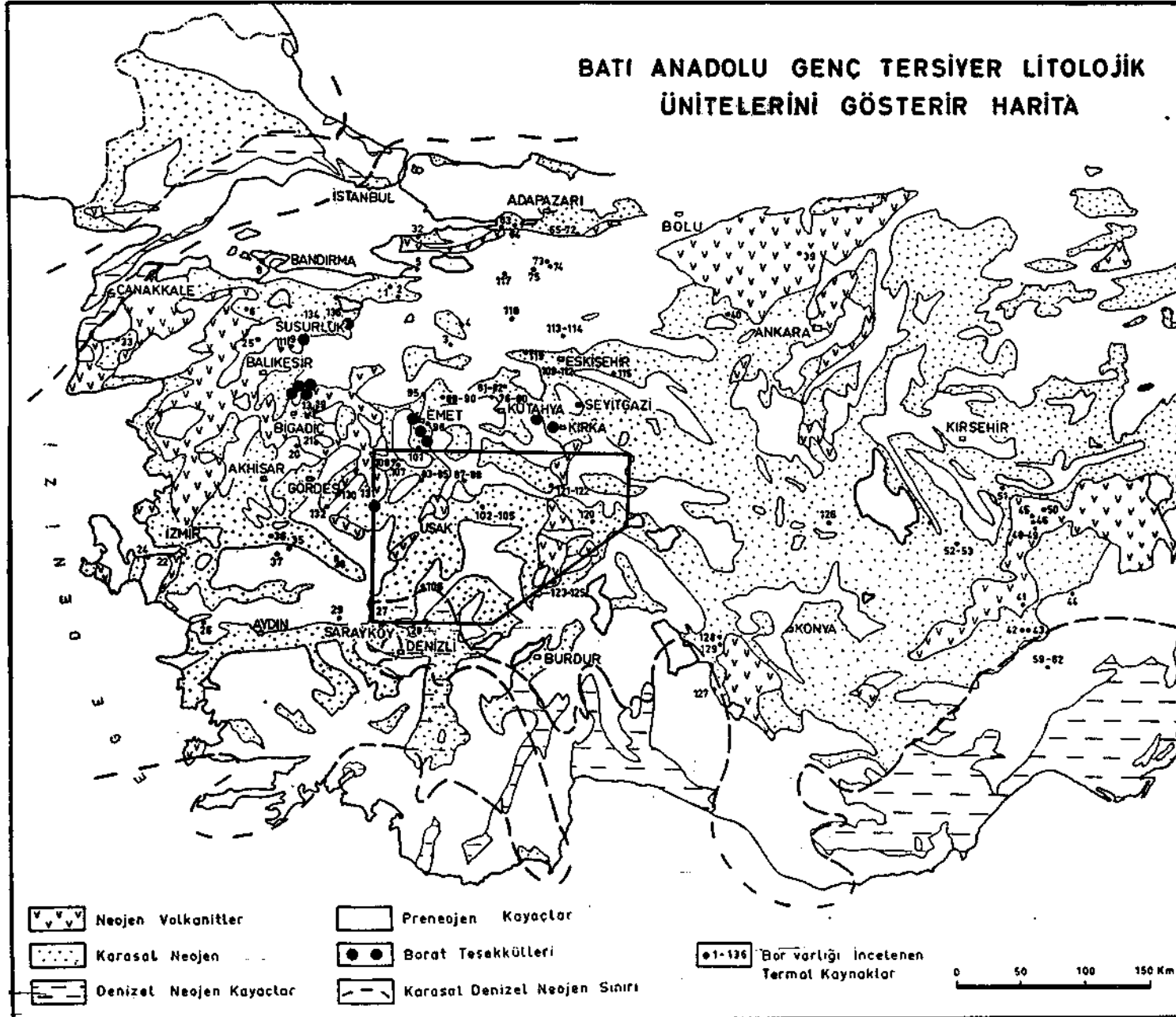
2. Volkanik faaliyetlerden termal fazlar, dünya üzerindeki bor teşekkülleri ile yakın bağlantısını daima göstermiş ve bu bağlantının, Batı Anadolu'da bor yatakları yakınında ve uzağında belli koşullarda mevcut olduğu saptanmıştır.

3. Kuzeyden Uşak-Kütahya üe güneyden Denizli-Burdur arasında kalan sahanın yeni bor potansiyeli bakımından önemli olabileceği; termal kaynaklara ait bor oranları karşılaştırılması ile ortaya çıkarılmıştır.

BİBLİYOGRAFYA

- AKKUŞ, M. (1962): Kütahya-Gediz arasındaki sahanın jeolojisi. MTA Dergisi, 58. s. 21-30, Ankara.
- BAYSAL, O. (1972) : Tunellite, a new hydrous strontium borate from the Sankaya borate deposits in Turkey. Bull. Min. Res. Expl. Inst. 79 p. 22-29, Ankara.
- BAYS ALI, O. (1973 a) : New Hydrous Magnesium-Borate minerals in Turkey: Kurnakovite, Inderite, Inderborite. Bull. Min. Res. Expl. Inst. Nr. 80, Ankara.

TABLO II — Bazı Önemli Bor Minerallerine Ait Fiziksel ve Kimyasal Bilgiler.
(Borasil Minerali hariç Diğerlerinin Varlığı Batı Anadolu Borat Yataklarında Saptanmıştır).



- BAYSAL, O. (1973 b): Sarıkaya (Kırka) borat yataklarının oluşumu. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 3. Kongresi s. 255-277, Ankara.
- BAYSAL, O. (1974): Kırka borat yataklarındaki kil mineralleri üzerinde ön çalışma. T.J.K. Bülteni XVH. s. 1-17, Ankara.
- BORSI, S., FERRARA, G., ÎNNOCENTÎ, F., MAZZUOLÎ, R. (1972): Petrology and Geochronology of Recent volcanism of Eastern Aegean Sea (West Anatolia and Lesvos Island). Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 123, Hannover.
- BROWN, W. W. and JONES, K.D. (1971): Borate Deposits of Turkey. In Geology and History of Turkey, pp. 583-492. Editor. Cambell, A.S. Tripoli.
- CULKIN, F. (1965): The Major constituents of sea water. In Chemical Oceanography. Vol. p. 121.161. Academic Press, London.
- ÇAĞLAR, K.Ö. (1950): Türkiye Maden Suları ve Kaplıcaları. M.T.A. Yayını seri B. 11 fas. 1, 2, 3, Ankara.
- DEMÎRCÎOĞUJ, A. (1973): Türkiye'deki bor minerallerinde hibroborasit. MTA. Dergisi Nr. 80, s. 100-110, Ankara.
- DORA, O.ö. (1964): Geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen im Yamanlar-Gebirge nördlich vom Karşıyaka (Westanatolien). MTA. Yayını 116, 68 s. Ankara.
- FOSHAG, W.F. (1921): The origin of the colemanite deposits. Econ. Geol, 16, pp. 199-214.
- GAWLIK, J. (1921): Borat-Emet-Kütahya. MTA. Rap. No: 2479 (yayınlanmamış.) Ankara.
- GOLDSCHMÎDT, V.M. (1954): Geochemistry.
- HUTCHINSON, G.E. (1957): Treatise on limnology. Vol, 1, John Wiley and Sons, New York.
- IZDAR, E. (1969): Menderes kristalin masifi kuzey kısmının petrografisi ve metamorfizması hakkında. E.Ü. Fen Fakültesi (Tez) İzmir.
- KEYES, CR. (1909): Borax deposits of the United States. Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 40, pp. 674-700.
- KONOVALOV, G.S. (1959): The transport of microelements by the most important rivers of the U.S.S.R. (Translated) Dokl. Akad. Nauk. U.S.S.R., 129, 4. pp. 912-915.
- MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI (1970): Boraks özel sayısı. Madencilik Dergisi. No. 9, 2-3, 61 s., Ankara.
- MEIXNER, H. (1952): Einige Boratminerale (Colemanit und Tertschit, ein neues Mineral) aus der Türkei. Fortschr der Mineralogie, v. 31, p. 39-42.
- MURDOCK, T.C. (1958): The boron Industry in Turkey In Mineral Trade Notes. Special Supplement No. 53, v. 46, Nr. 5. U.S., Bureau of Mines.

- MÜLİLER, G. (1955): Afyon vilâyetindeki termal kaynaklar. **M.T.A. Rap** (yayınlanmamış) Ankara.
- MUESSİG, S. (1959): Primary borates in playa deposits: minerals of high hydration. *Econ. Geol.*, v. 54, p.p. 495-501.
- NASÎNÎ, R. (1930) : *Soffioni di laghi della Toscana*. 652 p. Roma.
- NEBERT, K. (1961): Gördes (Batı Anadolu) bölgesindeki Neojen volkanizması hakkında bazı bilgiler. *M.T.A. Dergisi* 57, s. 50-55, Ankara.
- ÖZPEKER, I. (1969): Batı Anadolu Borat yataklarının mukayeseli jeenetik etüdü (Doktora tezi) 116 s., İstanbul.
- ÖZPEKER, I. (1973): Borun kullanımı, tüketimi ve ulusal gelire katkı olanağı. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Tetknik HE. kongresi, Ankara.
- PUTZER, H. (1968) *Lehrbuch der Angew. Geologie*. Editor. BENTZ. A. Bd. 2. 1. s. 1142-1145, Perdinant Enke Verlag. Stuttgart.
- RANKAMA, K. and SAHAMA. T.G. (1952): *Geochemistry*. 2 nd. impr. Chicago.
- RONNER, F. (1962) : Sandıklı ovası çöküntüsü genç tektonik ve volkanik durumlar. *M.T.A. Dergisi* s. 59, s. 69-88., Ankara.
- VAN'T HOFF (1909): *Zur bildung der Ozeanischen. Salzablagerungen*, 45-75, Leibzig.
- WEDEPOHL, K. H., (1968): *Origin and distribution of the Elements* Editor. L.H. AHRENS p. 999-1016, Pergamon Press, New York.

DOGÜ KARADENİZ PLASER MAGNETİT YATAKLARI*
(MAGNETITE PLACER DEPOSITS OF EASTERN PART OF
BLACK SEA COAST.)

Dog- Dr- Mümin KÖKSOY**

özet

Doğu Karadeniz sahilindeki plaj kumları ağır mineral bakımından etüd edilmiş olup, ekonomik tenor ve rezerve sahip önemli magnetit plaser yatakları bulunmuştur. Bilhassa Ünye'nin batısından başlayan ve YeşUırmak ağzına kadar devam eden yaklaşık olarak 50 km. uzunluğundaki Çarşamba ovası sahil kısmı, ortalama magnetit tenörü %10 civarında olan 150 milyon tondan fazla görünür-{-muhtemel, ve 700 milyon ton civarında mümkün rezervli cevherli kumlara sahiptir. Bu yataklarda dinamitleme, kırma, öğütme ve taşıma masrafları yok denecek kadar az olduğu için büyük çapta kârlı bir işletme yapılabilir. Bölgede kurulabilecek bir elektrikli fırın veya bir döner firm sayesinde bu cevherlerden demir-gelik üretmek mümkündür.

Abstract

Eastern Black Sea coast has been investigated for its heavy mineral content, and large reserves of magnetite rich sands have been discovered. The beach sand, along the coast .between Ünye and YeşUırmak which extends about 50 km., contain 10 % magnetite in average. The viseable+probable

(•) Bu araştırma M.T.A. Enstitüsünde yürütülmüştür.
'(**) Hacettepe Üniversitesi öğretim Üyesi.

reserves of the magnetite-rich sand along this shore is about 150 million tons with a possible reserve of around 700 million tons.

As there will be almost no blasting, crushing, grinding and transportation costs, the exploitation of this ore will probably be economically feasible. For the reduction of iron, electrical or rotary furnaces may be set-up in the area.

UYGULANAN METODLAR

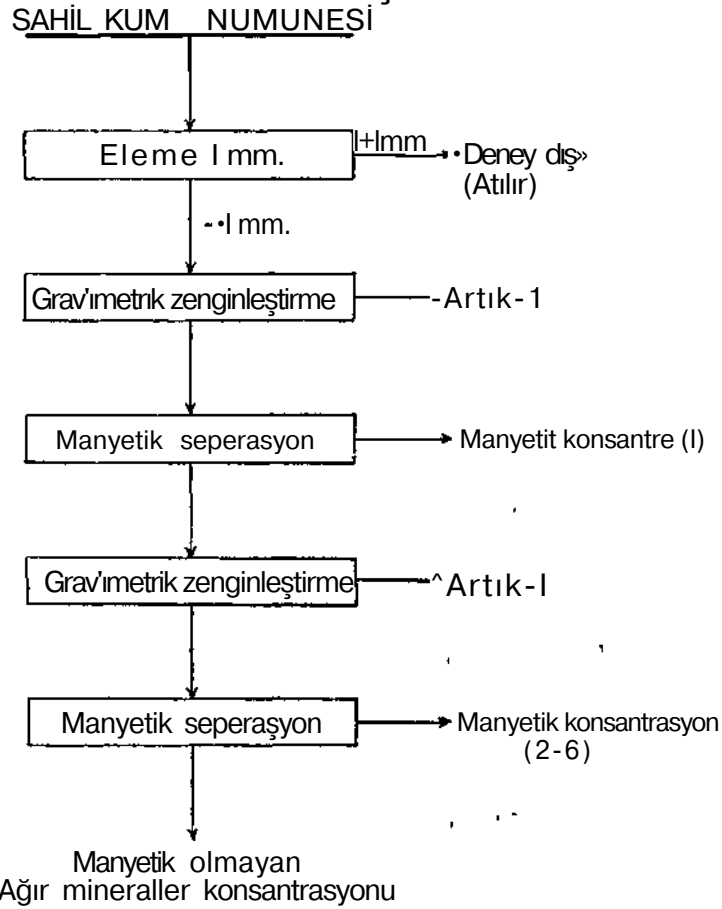
1 — Numune Alım

Numune alımı, çok geniş alanları kapsıyan milyonlarca tonluk bir kumsalı sıhhatli olarak temsil edebilecek bir şekilde planlanmıştır. Bunun için etüd edilen her sahada sahilden 10-50 m. uzaklıkta sahile paralel bir hat boyunca yaklaşık olarak 250-350 m. aralıklarla ortalama 1.5 - 2 m. derinlikte açılmış kuyulardan oluk metodu ile 50 kg. kadar numuneler alınmıştır, iki kilometre uzunluğundaki bir plajın işletilebilecek minimum bir rezerve sahip olabileceği düşünülerek, komşu 5-6 kuyudan alınan oluk numuneleri 200-300 kg.'lık kompozit numuneler halinde birleştirilmiştir. Arazide kurutulan numuneler teknolojik ayırma için merkeze gönderilmiştir.

& — Teknolojik Ayırım

Kompozit numuneler içinde mevcut olabilecek kolumbit, kromit, şelit, volframit, kalay, altın, platin gibi ağır minerallerin mümkün olduğu kadar ayrı konsantreler halinde kazanılabilmeleri için şekil I'de akım şeması görülen teknolojik ayırım metodları uygulanmıştır. Bu minerallerin çoğunun kumdaki miktarları çok az olabileceği düşüncesiyle konsantrelerin mikroskopik ve mineralojik etüdlere yeterli miktarlarda kazanılabilmeleri için 200 - 300 küogramlık kompozit numunelerin tamamı işlenmiştir. Ağır mineral konsantrelerinin elde edilişi gravimetrik (sallantılı masa) ve manyetik seperasyon işlemleri ile sağlanmıştır. Elde edilen fraksiyonların, önce mikroskopik etüdlere mineraleri tayin edilmiş ve sonra kimyasal analizleri yapılmıştır.

Şekil.hSAHİL KUMLARI ZENGİNLEŞTİRME DENEYLERİ AKIM ŞEMASI



3 — Mineralojik Etüd ve Kimyasal Analiz

Teknolojik ayırım sonucu elde edüen ağır mineral fraksiyonları ayrı ayrı mikroskopik etüde tabi küünüşlardır. Opak minerallerin etüdü için parlak kesitler yapılmış ve taneler metalografik mikroskopla; opak olmıyan mineraller için ise ince kesitler yapılmış ve petrografik mikroskopla incelenmişlerdir.

Mikroskopik inceleme sonunda önemli miktarlarda plaser mineralleri tesbit edilen fraksiyonlar kimyasal ve spektrografik metodlarla cevher elementleri ve bunlarla ilgili diğer elementler için analiz edilmişlerdir.

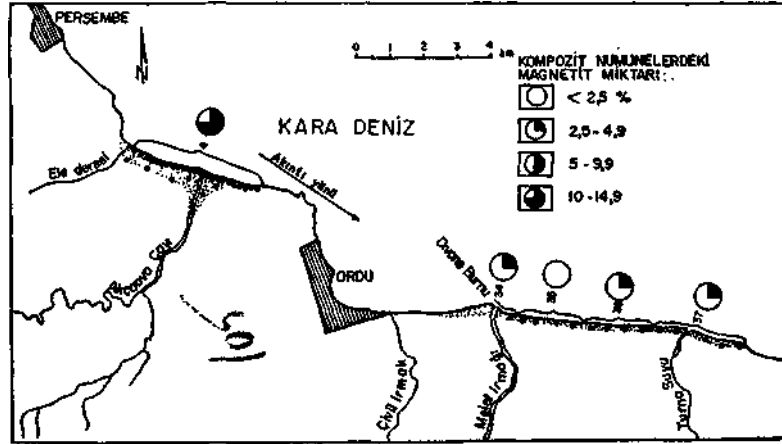
YATAKLARIN TANIMI

Doğu Karadeniz sahil şeridinde plaser yatağı teşkil edebilecek büyüklükte genişçe kumsallar ancak önemli nehirlerin ağızlarında bulunmaktadır. Etüdü yapılan sahaları, 1 - Ordu-Divane burnu sahili, 2 - Perşembe-Efirli sahili, 3 - Ünye batı sahili 4 - Çarşamba deltası olmak üzere 4 gruba ayırmak mümkündür. Bu sahalarda elde edilen bilgiler aşağıda sıra Ue sunulmuşlardır.

1 — Ordu-Divane Burnu Sahili

Ordu'nun 5 km. doğusunda Turna suyu ile Melet Irmağı arasında bulunan 7 km. uzunluğundaki bu saha 25-50 m. genişliğinde dar bir sahil şeridine sahiptir (Şekil 2). Bu saha boyunca ortalama 1.5 m. derinlikte 15 adet kuyudan alınmış olan 4 adet kompozit numunenin teknolojik ayırımı sonucunda ortalama

Şekil.2. PERSEMBE-EFİRÜ ve ORDU-DIVANE BURNU PLASERLERİ



ma %5 ağır mineral konsantrasyonu elde edilmiştir. Ağır mineraller içinde ekonomik kıymete haiz bir konsantrasyon gösteren mineraller yalnız demir oksit mineralleri olup kum içindeki ortalama miktarı %3-4 civarındadır. Birinci manyetik konsantrenin mineralojik etüdünde numune içinde magnetit, maghemit(-)-hematit4-limonit, titanomagnetit+loykoksen izlenmiştir. Magnetit, kısmen martitleşmiş olup konsantrenin %50-60'ını; maghemit+hematit+limonit magnetitten dönüşmüş olup %25-35'ini teşkil etmektedir. Titanomagnetit+loykoksen ise %7-8 arasında olup loykoksen daha fazladır. Konsantrenin kimyasal analizinde %58 Fe, %5.9 TiOb, |%0.02 Cr ve %0.04 V tesbit edilmiştir.

Sahildeki hakim kıyı akıntısı doğuya doğrudur. Nitekim Melet Irmağı ve Turna suyu denize döküldükleri yerlerde doğuya doğru yön değiştirmişlerdir.

Ağır minerallerin, bazik kayalardan oluşmuş olan çevre dağlardan bu nehirler tarafından denize taşındıkları ve kıyı akıntısı tarafından bir miktar konsantre edindikleri anlaşılmaktadır. Zenginleşmenin oldukça düşük oluşu nedeniyle bu yatağın tek basma işletilmesi düşünülemez. Yerden yapılmış olan manyetometrik ölçüler 1750 - 2000 gamma civarında değerler vermektedir. 3000 gammadan büyük değerlerin kapsadığı alan çok sınırlıdır.

2 — Perşembe-Efirli Sahili

Ordu ile Perşembe arasında 4 km. uzunluğunda ortalama 500 m. genişliğinde bir alanı kapsamaktadır (Şekü 2). Plaj ve iç kısımlarda bol miktarda magnetit bulunduğunu kumların renginden ve el miknatısıyla kolayca anlamak mümkündür. Bu plaj sahalarının çeşitli yerlerinde açılmış olan yaklaşık olarak 2'şer metre derinlikteki 30 kuyudan alınan oluk numuneler tek bir kompozit numune halinde birleştirilerek teknolojik ayırma tabii tutulmuşlardır. Ağır mineraller içinde ekonomik kıymete haiz bir konsantrasyon gösteren mineraller demir oksit mineralleri (genellikle magnetit) olup kum içindeki miktarı %14.5'dir. Bu miktarın hemen hemen tamamı birinci manyetik konsantre-

de ayrılabilmekte olup bu fraksiyonun mineralojik yapısı magnetic hematit-fmaghemit, limonit, titanomagnetit ve loykoksen olarak tesbit edilmiştir. Magnetit, kenarlarına ve (İÜ dilinim yüzeylerine paralel olarak kısmen martitleşmiş olup opak minerallerin yaklaşık olarak % 60-70 kısmını meydana getirmektedir. Hematit+maghemit, genel olarak martitleşmeyle magnetitten dönüşmüş olup opak minerallerin % 20-25 kısmını teşkil etmektedir. Titanomagnetit-f loykoksen, yaklaşık olarak %6-7 olup titanomagnetitin ümenit lamelleri nadiren rutü ve loykoksene, magnetit kısmı da biraz hematit ve maghemite dönüşmüştür. Loykoksen, titanomagnetitten biraz daha fazla bulunmaktadır. Titanomagnetitin ise ancak %30-40'lık kısmı ilmenit lamellerinden oluşmuştur. Limonit %5-10 civarındadır. Konsantrenin yaklaşık olarak %5 kadarlık kısmı eğirin-ojit gibi yeşil minerallerden ibarettir. Manyetit konsantrenin kimyasal analizinde %58.5 Fe, %6.9 TiC[^] %0.3 Cr ve %0.04 V tesbit edilmiştir.

Sahildeki hakim kıyı akıntısı burada da doğuya doğrudur. Ele deresi ve Akçakoca çayı tarafından denize taşınmış olan taneler kıyı akıntıları üe sahüe paralel olarak taşınırlarken hafif minerallerden ayrılarak konsantre olmuşlardır. Sahada yapılmış olan oldukça detaylı manyetometrik etüd, sahüe paralel anomali dizileri göstermektedir. Bu anomaliler Ele deresinin batısında aniden kaybolmaktadır. Bu durum kıyı akıntılarıyla plaser oluşumu hakkında yukarıda belirtilen hususu destekler niteliktedir.

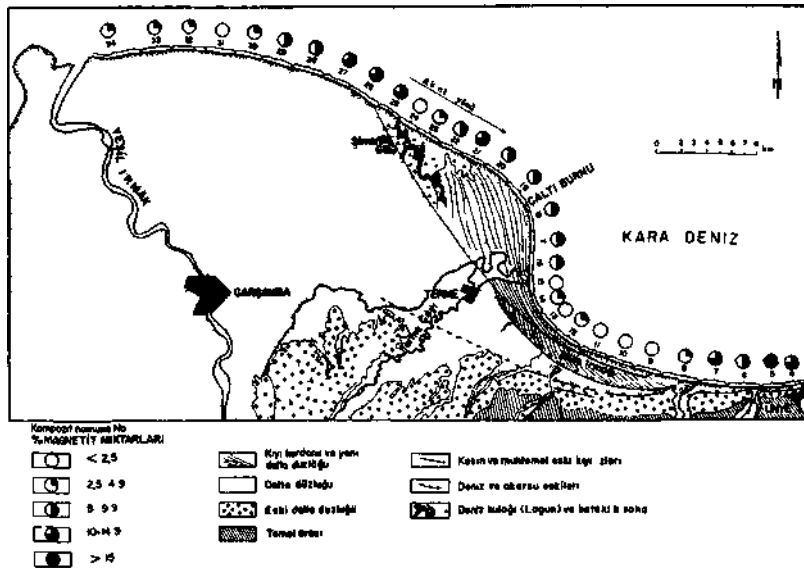
Steril alüvyonlar üzerinde ölçülen değerler 1000 gamma'nın çok altındadır. Sahanın büyük bir kısmında 1000 - 2000 gamma mahk bir platform üzerinde bindirilmiş 2000 - 3000 gamma değerinde anomaliler mevcuttur. Bu anomalüer sahüe paralel merccekler veya çubuklar şeklinde dizilmiş olup uzunlukları 200 - 500 m. genişlikleri ise 30 - 50 m. civarındadır; görünüşleri tipik plaser mercceklerini andırmaktadır.

3 — Ünye **Batı Sahili**

Ünye üçe merkezinden başlayarak batıya doğru akçay nehrinin ağzına kadar devam eden 9 km. uzunluğundaki sahü şe-

ridini içine almaktadır (Şekil 3). Ortalama genişliği 400 m. civarındadır. Sahada 2-3 m. derinliğe kadar inen 35 adet kuyu açılmış olup komşu 8-10 kuyudan alınan numuneler birleştirilerek 4 adet kompozit numune teşkil edilmiştir. Bu kompozit numunelerin I. manyetik konsantrasyonu numunenin (doğudakinden batıdakine doğru sıra ile) %14.5, %16.5, %8.5, %10.5'ini oluşturmaktadır. En fazla konsantrasyon diğer sahalarda olduğu gibi Akçay ve Curi ırmaklarının doğu tarafında bulunmaktadır. Akçay'ın batısında deniz ile Miliç suyu arasında kalan ince bir kıyı kordonu (sand-bar) içinde magnetit miktarı %2.5'un altına düşmektedir. Fotojeomorfolojik gözlemler bu kıyı kordonunun Çarşamba deltasının doğu sahilinden doğuya doğru olan kıyı akıntılarıyla taşınmış ve genellikle hafif minerallerden oluşmuş olduğunu göstermektedir. Miliçsuyu burada bir çeşit diskordans sınırını belirtmektedir.

Şekil.3 : ÇARŞAMBA_UNYE DELTASININ JEOMORFOLOJİSİ ve SAHİL ŞERİDİNDEKİ MAGNETİT DAĞILIMLARI



Bu diskordans çizgisinin güneyinde kalan kumlarda daha yüksek miktarlarda ağır mineral konsantrasyonları beklenebilir.

Yukarıda belirtilen I. manyetik konsantre ürününün mineralojik ve kimyasal analizleri aynen Perşembe-Efirli sahilindeki gibidir. Dolayısıyla, burada bu değerlerin tekrar edilmesine gerek görülmemiştir.

Ham kumun %1.6'sını teşkil eden 3. manyetik konsantre ürünlerinin de mikroskopik analizleri yapılmıştır. Bu fraksiyonun % 10-20'si maden minerallerinden ve % 80-90'ı süikat minerallerinden oluşmuştur. Maden minerallerinin %60-70'i hematit, %10-15'i limonit, %10-15'i rutü+ilmenit+loykoksen, %5-10 magnetit, 5-10 kromit olduğu görülmüştür. Silikat mineralleri olarak bol miktarda piroksen ve çok az miktarda hornblend izlenmiştir.

Bu sahilde de detay manyetometrik etüd yapılmıştır. Elde edilen manyetometrik anomalüer 2000 gammahk yüksek bir plâtfon üzerine oturmuş 2000 - 3500 gammahk anomali değerleri vermektedir.

4 — Çarşamba Deltası

Çarşamba deltası Terme çayı ve bilhassa Yeşürmak tarafından oluşturulmuş yaklaşık olarak 40km. uzunluğunda ve 20 km. genişliğinde bir Kuaterner deltasıdır (Şekü 3). Akar sular delta oluşumu esnasında büyük ölçüde yer değiştirmişlerdir. En son olarak, Terme çayının kuzey kolunun Semenlik gölü ile bağlantısı kesümiştir. Bu akar sular tarafından karalardan denize taşınan¹ klastik taneler, deniz kıyı akıntıları tarafından en azından ikinci bir taşınma işlemine uğramışlardır, örneğin; Semenlik Gölü üe Çaltı burnu arasında delta parçası, daha ziyade deltanın kuzey sahilinin, doğuya doğru olan kıyı akıntıları tarafından aşındırılmaları ve burada yeniden birikmeleri sonucunda oluşmuş oldukları hava fotoğraflarından iyi bir şekilde izlenebilmektedir. Bu ikinci taşınma ve birikme sonucu kum içindeki ağır minerallerin yeni sahilde daha çok zenginleşmiş oldukları anlaşılmaktadır. Hafif mineraller ise daha uzağa taşınarak Miliç suyu kıyı kordonunu oluşturmuşlardır.

Bu şekilde ağır ve hafif minerallerin ayrılmaları bir sallantılı masanın çalışma prensibine uymakta olup Miliç suyu kıyı

kordonu sallantılı masanın artık ürününe (tailing) benzemektedir.

Arazide ve hava fotoğraflarından, delta içinde bir kaç eski kıyı sahilinin ve şekillerin varlığı gözlenebilmektedir. Delta oluşumunun tarihçesini ortaya çıkarmak ve dolayısıyla muhtemel eski plaser yatakları hakkında önemli ipuçları elde etmek için deltanın detaylı olarak etüd edilmesi gerekmektedir.

Ağır mineraller bakımından etüd edilen ve önemli konsantrasyonlar bulunan saha Yeşilirmak ağzı üe Terme İlçesinin doğusuna kadar uzanan 35 km. uzunluğundaki sahil şeridini kapsamaktadır. Bu sahü boyunca denizden 20-50 m. uzaklıkta ortalama derinliği 2 m. olan 77 adet kuyu açılmıştır. Komşu 4-5 kuyudan alınan numuneler birleştirilerek 18 adet kompozit numune elde edilmiştir. Bu numunelerin 1. manyetik konsantrasyonundaki ağır mineral miktarı %2.5 üe %15 arasında değişmekte olup ortalama değeri %9 civarındadır. Her kompozit numunenin 1. manyetik konsantrasyonlarının mineralojik etüdü yapılmış olup numunelerin oldukça homojen oldukları, yani mineralojik olarak birbirlerine çok benzedikleri görülmüştür. Bu 1. konsantrasyonlar, magnetit, maghemit+hematit, limonit, kromit, titanomagnetit ve loykoksenden oluşmuşlardır. Magnetit, % 50-60 miktarında olup kısmen martitleşmiştir. Magnetitten dönüşmüş olan maghemit+hematit % 20-30 miktarında, kromit %5-10 miktarında olup çatlakları ve kenarları boyunca kısmen magnetitleşmiştir. Titanomagnetit+loykoksen yaklaşık olarak %7-8 civarında olup loykoksen titanomagnetitlerdeki ilmenitlerden daha fazladır. Loykoksen genel olarak magnetitle bir arada bulunmaktadır. Limonit takriben %5-6 civarındadır. Gang mineralleri %5 civarında olup genellikle ojittir. 1. manyetik konsantrasyonun kimyasal analizlerinde %58 Fe %6 TiO₂, %0.7 Cr ve %0.04 V tesbit edilmiştir.

Her kompozit numuneye ait 1. manyetik konsantrasyon ürünlerinin granülometrik analizleri yapılarak tane büyüklükleri bakımından da numunelerin birbirlerine çok benzedikleri görülmüştür. Ortalama olarak magnetik tanelerin %94'ü 88 ile 250 mikron arasındadır.

Kompozit numunelerin yan-manyetik (IH. manyetik konsantrasyon) ürünü ham kumun %1-2'sini teşkü etmektedir. Bu frak-

siyon içinde %95 civarında maden ve %5 civarında silikat mineralleri izlenmiştir. Maden minerallerinin %40-50'sini hematit, %20-30'unu kramit, %10-15'ini magnetit, %15'ini rutü+ilmenit+loykoksen, %10-15'ini de limonit oluşturmaktadır. Silikat mineralleri olarak piroksen ve granat izlenmiştir.

Manyetik olmayan veya çok az manyetik olan ağır mineral fraksiyonu ham kumun %0.1 kadar olup bunun %50-60'ı maden minerallerinden ve %40-50'si silikat minerallerinden oluşmuştur. Maden minerallerinin %30-40'ı hematit, %30-40'ı kromit, %10-15'i limonit ve %15-20'si rutil+ilmenit+loykoksenden ibarettir. Silikat mineralleri ise egirin-ojit ve granattır.

Çarşamba sahilindeki ağır mineraller dışındaki minerallerin neler olduklarını tesbit etmek amacıyla gravimetrik seperasyon artığı (I. artık) mikroskopik olarak incelenmiştir. Bu artığın %4'ünün cevher minerallerinden (küçük taneler) halinde Loykoksen, eser rutü, hematit, hematite dönüşmüş magnetit ve serbest halde eser miktarda kromit, limonit, magnetitten oluştuğu tesbit edilmiştir. Artığın %96'sı ise bol miktarda piroksen (egirin-ojit) plajoklas (Labrodorit, bitovnit, sanidin) üe kriptokristalin-mikrokristalin karbonat, hiyalofusif kayaç parçaları, kuars, epidot, kumtaşı, çört, epidotlu kuvars parçaları ihtiva etmektedir.

EKONOMİK DÜŞÜNCELER

1 — Yatakların Bezer ve Tenor Durumları

Doğu Karadeniz plaserlerinin rezerv ve tenor durumlarını sıhhatli olarak hesaplamak için henüz elde yeterli veriler mevcut değildir. Bununla beraber, arazi gözlemleri ve sahaların jeolojik-jeomorfolojik durumları gözönüne alarak bir rezerv tahmini yapılmış olup Tablo 1 ve Tablo 2'de sunulmuştur. Bu rakamların, elde edilecek yeni verilerin ışığı altında leyhte veya aleyhte olarak bir miktar değişebilir. Yaklaşık olarak %3 tenörlü ve 30 milyon ton tuvenan rezervli bir magnetit plaser yatağının ekonomik olarak işletilebileceği düşünülürse Çarşamba-Ünye plaserinin çok büyük bir potansiyele sahip olduğu, ve dolayısıyla

Tablo 1 – Doğu Karadeniz Plaserlerinin Tavanan Rezervleri

Teri	Tenor	GÖRÜNÜR+MUHTEMEL		TOPLAM (GÖR+MUH.+MÜM.)	
	% Magnetit	Boyutlar (m)	Ton	Boyutlar (m)	Ton
Ordu-Divam B.	3.5	7.000x100X5	3.500.000	7.000X200x10	14.000.000
Perşembe -Efirli	14	4.000X100X10	4.000.000	4.000X200X20	16.000.000
Ünye batısı	12	9.000x200X10	36.000.000	9.000x300X20	108.000.000
Çarşamba	9	35.000X200 x 10	140.000.000	35.000X5000X20	700.000.000
Toplam	3.5-14		18S.000.000		816.000.000

la rezerv ve tenor bakımından, ekonomik olarak işletilebilecek bir yatak olduğu **görülür**.

Tablo 2 — Doğu Karadeniz Plaserlerinin Konsantre Magnetit Rezervleri

Y e r i	% Fe	(Ton magnetit) Görünür+Muh.	Toplam (Ton Magnetit) (Gör.Mnh.Mttm.)
Ordu - Divane Burnu	58	70.000	350.000
Pergembe - Efirli	58.5	560.000	2.240.000
Ünye .batısı	58.5	4.320.000	10.800.000
Çarşamba	58	12.600.000	63.000.000
Toplam	58.2	17.550.000	76.380.000

2 — Soranlar ve Çözüm Yolları

a) **Titan Sorunu:** Doğu Karadeniz plaser magnetitleri ortalama olarak %66 TiO_2 içermektedir. Yüksek fırınlarda işlenecek cevherlerdeki TiQ_2 miktarının %1'den az olması istenilmektedir. Diğer yandan titanlı cevherlerin elektrik veya. döner fırınlarda işlenmesi mümkündür. Örneğin Japonlar kendi sahülerinden işlettikleri %8-12 TiO_2 içeren % 53-59 Fe değerli plaser manyetitleri üe Filipinler'den ithal ettikleri %6 TiO_2 içeren ı%60 Fe değerli plaser cevher konsantrelerini elektrikli f ırınlarda iza-be ederek üstün kaliteli çelik üretmektedirler. Filipinler, bu titanlı manyetit konsantreden Japonya'ya her yıl **600.000** ton ihraç etmektedirler (Macdonald, **1971**). Döner firm metodları üe titanlı cevherlerden sünger demir elde edilmesi eskidenberi uygulanmakta olan bir metoddur. Bu metotta cürufa geçen (fakat fırını tıkamıyan) TiO_2 ve az miktarda TiC_4 oluşmaktadır. Titanca zengin olan bu cüruf, ayrıca Ti elde edüebüecek bir cevher özelliğini taşıyabilir.

b) **Çevre Sorunu:** Sahil plaser yatağı işletmeciliğinin tarımsal, turistik ve tabii güzellik bakımından sakıncalı ve hatta zararlı sonuçlar yaratan çevre sorunları doğuracağı akla gelebilir.

Fakat Doğu Karadeniz'de en büyük rezerve sahip olan Çarşamba deltası sahil şeridi için bu düşünceler geçerli değildir; zira bu sahilde kavakçılık dışında hiç bir tarımsal faaliyet yoktur, ayrıca çoğu yeri bataklık olan bu sahilde turistik faaliyet olmadığı gibi tabu güzellik te mevcut değildir. Böyle bir sahilde yapılacak bir plaser işletmeciliği bir çevre sorunu yaratmayacak büakıs, iyi planlandığı takdirde, çevrenin tarımsal ve turistik yönlerden geliştirilmesine yanyacaktır. Nitekim maden işletmesi yapılmış olan Avustralya sahillerinin madencilik sayesinde tarımsal, turistik ve tabu güzellik bakımından geliştirilmiş ve çevrenin daha yararlı bir hale sokulmuş olduğu görülmektedir. Bu bakımlardan Karadeniz sahil plaserlerinin işletilmesi aynı zamanda çevrenin değerlendirilmesine ve güzelleştirilmesine yarayacaktır. Ancak böyle bir işletmenin Enerji ve Tabu Kaynaklar, Sanayi ve Teknoloji, Tarım ve Turizm Bakanlıklarınca beraberce hazırlanmış ve devlet projesi ve işletmesi olması şarttır.

Kaynaklar

1. Köksoy, M. ve Uncugil G., 1971, "Sahil Plaserleri Prospeksiyonu ve değerlendirme projesi". M.T.A. Derleme no: 4702.
2. Köksoy, M., 1973, "Doğu Karadeniz plaser magnetit yatakları". M.T.A. derlemesinde.
- 3J Macdonald, E. H., 1971, "Magnetite sands of Luson Island, Philippines": TJ.N. Technical Bulletin, v. 5, p. 79-81. (Special Volume - Detrial Heavy Minerals)

