

BÖLÜM : III

Maden Yataklarının Aranması, işletilmesi
ve Sorunlar

SARIKAYA (KIRKA) BORAT YATAKLARININ OLUŞUMU

Orhan BAYSAL*

Özet

Neojene ait laküstr-volkanik fasiyesli tortulların içinde yer alan Sarıkaya (Kırka) borat yataklarında; boraks, uleksit, knmakovit, htderit, tonetit, kolemanit, inderborit, meyerhoferit ve İnyoit mineralleri saptanmıştır.

Yatakların oluşumu ile volkanik faaliyetler arasında sıkı bir ilişki mevcuttur. Zira gerek borat serisinin, gerekse taban ve tavandaki killi kayaç serilerinin içinde tüfit arakat seviyeleri yaygındır. Miyosen sonunda tegekkül eden fay çatlaklarından gelen borikasit, sodyum, magnezyum içeren ekshalasyonlar, keza volkan çamur ve külleri mevcut neojen göllerine direkt karışmışlardır.

Yatakların esasını teşkil eden boraks, aynı zamanda uleksit, knmakovit, indertt ve İnyoit değişik fizikokimyasal koşullar sonucu göl sularında primer olarak çökelmiş ve ekshalatf-seâtmanter kökenli Sarıkaya borat yataklarını oluşturmuştur. Yatakların *genç* sedimanlarla Örtülüp gömülmesinden sonra sıcaklık ve basınç koşulları, keza kapiller suyun bileşimi ve hidrostatik basıncı değişmiştir. Bu yeni fizikokimyasal koşullar altında kararlı durumlarını koruyamayan primer boratlardan; uleksit, kolemanit, meyerhoferit, inderborit ve tunelit sekonder olarak teşekkül etmiştir.

Abstract

Sarıkaya borate deposit contains borax, ulexite, kurnakovite, inderite, tunellite, collemanite, inderborite, meyerhofferite and inyoite minerals and these are found within Neogene sediments representing lacustrine-volcanic facies.

Formation of the deposit is mainly controlled by volcanic activity. This relationship is indicated by the presence of widespread tuffite interlayers found both among marly

(*) Doçent Dr. Mineralog, Yerbilimleri Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi - Ankara.

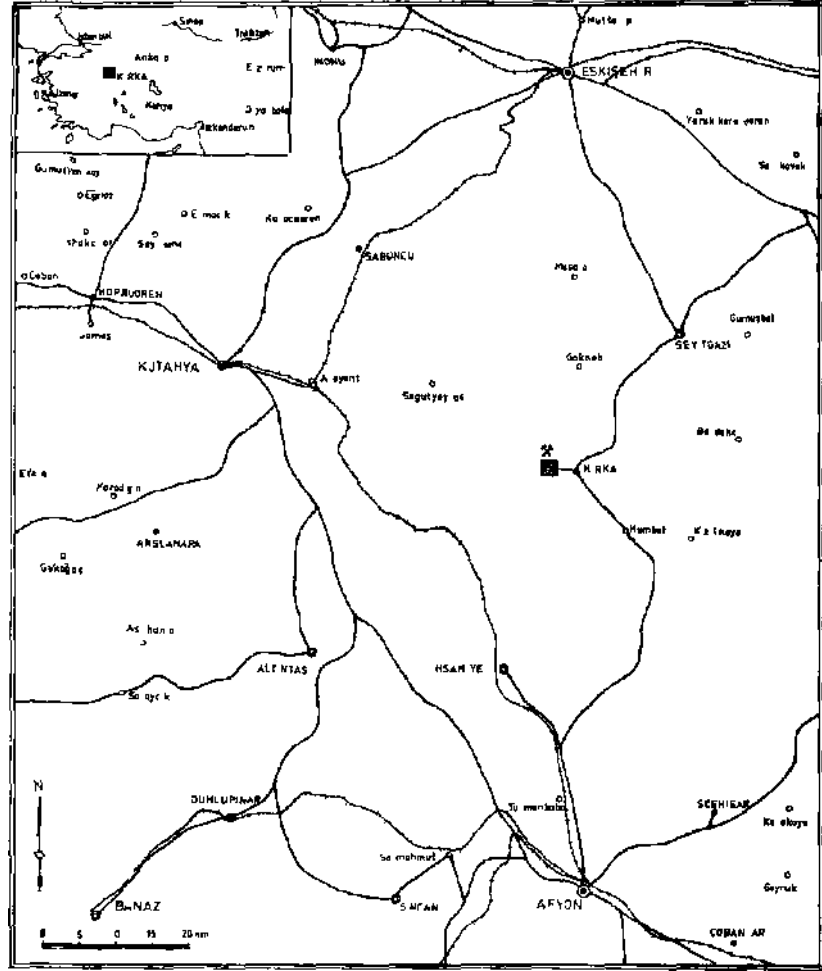
layers forming- top and bottom of the deposit and within the orebody itself. Volcanic exhalations carrying boric acid, sodium and magnesium vapours were risen through fault fractures which were opened during late Miocene times. These exhalations were mixed up with volcanic ashes and muds deposited in Neogene lakes.

Basic mineral **borax** together with **ulexite**, **kurnakovite**, **inderite** and **tayoite** were primarily precipitated in lakes due to various physical-chemical conditions yielding Sankaya borate deposits of exhalative-sedimentary origin. Temperature-pressure conditions as well as composition and hydrostatic pressure of capillary water were changed after the burial of deposit by younger sediments. Since primary borates have become unstable under new physical-chemical conditions, the secondary **ulexite**, **coUemanite**, **inderborite**, **meyerhofferite** and **tunellite** were formed.

1. Giriş

Eskişehir - Afyon - Kütahya üçgeninin içinde yer alan Sankaya (Kırka) borat yatakları Türkiye'de ilk bulunan Na-borat yataklarıdır (Şekil 1). Yer altında gizli duran maden zenginliklerinin bir kıymet haline getirilebilmesi, işletilebilmesi için, bunların sadece mevcut olduğunun bilinmesi yetmez. Bir yandan yatağın jeolojisi, mineralojisi, petrografisi, diğer yandan jeokimyası ve oluşumunun tam olarak saptanması gerekir. Ancak bundan sonradır ki sıhhatli rezerv hesapları yapılabilir, işletme, zenginleştirme ve istihsal için isabetli adımlar atılabilir, işte bu nedenle, ekonomik kalkınma gayreti içinde bulunan yurdumuzun hayatî bir sorunu olan borat yataklarına ışık tutabilmek için, yazar Sarıkaya borat yataklarım incelemeyi yalnız ilmî değil, aynı zamanda millî bir vazife olarak görmüş ve ele almıştır.

Gerek yapılan sistematik sondaj karotlarından elde edilen, gerekse arazi çalışmaları esnasında toplanan numuneler, mikroskopik, kimyasal, X-ışınları difraksiyon analizleri üe incelenmiştir. Bu suretle; yatakların özellikle mineralojisi, jenezi ayrıntılarıyla gün ışığına çıkarılmış, jeokimyası, petrografisi ve jeolojisi ise genel hatlarıyla saptanmıştır (Baysal, 1972). Burada söz konusu yatakların yalnız jenezi ele alınıp işlenecektir.



Şekil 1 — Sarıkaya (Kırka) borat yataklarının lokasyon haritası.

Miyosen sonundan itibaren dikey hareketler nedeniyle bölgede 'kırık tektoniği' başlamış, bunun neticesi olarak da faylanmalar, yer yer çökme ve yükselmeler meydana gelmiş, aynı zamanda da saha sürekli volkanik faaliyetlere sahne olmuştur, inceleme sahası Neojen oluşumları ile örtülmüştür. Bunlar dikey hareketlerle meydana gelen tektonik göllerde çökelmiş laküstr-

volkanik fasiyesli tortullardır. Yataklar Neojene ait bu laküstr-volkanik fasiyesli tortulların içinde yer alır.

İncelenen Sarıkaya bölgesinde volkanik kökenli sedimanların yaygın olması, gerek borat serisinin, gerekse taban ve tavandaki killi-kayac. serilerinin içinde sık sık tüfit arakat seviyelerinin bulunması, yatakların oluşumu ile volkanik faaliyetler arasında sıkı bir ilişkinin mevcut olduğunu ortaya çıkarmıştır. Yatakların oluşmasını mümkün kılan bor getirimi volkanik süreçlerle olmuştur. Volkanik getirimli bor göl sulanna daha çok ekshalasyonlar kanalıyla karışmıştır. Keza sodyum ve magnezyumun büyük bir kısmı ekshalasyonlarla gelmiş, buna karşılık kalsiyum göl sulanna dışarıdan taşınmıştır. Yatakların oluşmasından önceki ve sonraki kalker sedimantasyonu da bunu doğrulamaktadır.

Sankaya borat yataklarında, Türkiye'de bilinen diğer yataklardan farklı olarak, başta Na-borat olmak üzere, Na-Ca-, Mg-, Sr- ve Ca-borat minerallerine bir arada rastlanır. Saptanan mineraller; boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), uleksit ($\text{NaCaB}_6\text{O}_{10} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), kurnakovit ($\text{CaMg}_2\text{B}_6\text{O}_{17} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$), inderit ($\text{Mg}^{+2}\text{O} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$), inderborit ($\text{CaMgB}^{+2}\text{O} \cdot 11\text{H}_2\text{O}$), tunelit ($\text{SrB}_6\text{O}_{10} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), kelemanit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$), meyerhoferit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), inyoit'tir ($\text{Ca}^{+2}\text{BeO} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$). Bunlardan boraks yataklann yaklaşık %80'ini tegkü etmektedir.

Volkanik faaliyetler neticesinde mevcut fay çatlaklarından zaman zaman püskürerek göl sularına karışan, kül mertebesinde ve volkanik cam tozları bakmamdan zengin olan piroklastikler, granulometrik inceliği, camsı yapısının termodinamik kararsızlığı ve ortamın bazik olması nedeniyle hidrolize ('akuatolize') olup çözülmüştür. Bu suretle göl sularına karışan silis, magnezyum, kısmen de alüminyum, P-T koşullarının düşük olmasına rağmen, Mg-montmorillonit'i (hektorit), dolayısıyla taban ve tavandaki, keza arakatlardaki killi kayaçları oluşturmuştur.

Yataklarda saptanan bor-mineralleri arasındaki genetik ilişkilerden, dolayısıyla yatakların oluşumundan söz etmeden önce, deneysel araştırmalardan elde edilen sonuçların, keza

adı geçen minerallerin arasındaki termodinamik ve jeokimyasal ilişkilerin bilinmesinde yarar vardır.

2. Deneysel Araştırmalar

Kimyasal formülü $\text{NaAO} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ olan boraks kendi serisinde en fazla su içeren bir mineraldir. Bu, bileşimindeki 5-molekul suyunu vererek tinkalkonit'e, $\text{Na}_3\text{BO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, oda 1-molekü suyunu vermek suretiyle kernit'e, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, dönüşür. Sulu Na-tetraboratlardan doğada serbest olarak yalnız boraks, tinkalkonit ve kernit bulunur.

$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ - H_2O , keza Na_2O - B_2O_3 - H_2O sistemleri muhtelif araştırmacılar tarafından incelenmiş ve boraks, tinkalkonit, kernit arasındaki denge ilişkileri sayısız deneysel araştırmaya konu olmuştur (Menzel ve Schulz, 1940; Christ ve Garrels, 1959; Bowser, 1964; vb.). Netice olarak görülmüştür ki, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, keza Na_2O - B_2O_3 - H_2O sisteminde kararlı katı faz olarak yalnız boraks ve kernit mevcuttur. Araştırma sıcaklıklarında (0-100°C) tinkalkonit daima metastabil bir fazdır.

Bowser (1964) 1 atm. hava basıncı altında ve 0 - 100°C arasında $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ - H_2O sistemi için sıcaklık - çözünürlük durumunu incelemiştir. Buna göre; boraks - doymuş çözelti sistemi düşük sıcaklıklarda kararlıdır ve 60,8°C'de metastabil tinkalkonit - doymuş çözeltisine dönüşür. $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ sistemi hakikî termodinamik dengeye getirildiği zaman, boraks - doymuş çözeltisi kernit - doymuş çözeltisine 58,5°C'de dönüşmektedir.

Bowser (1964), aynı zamanda çözeltide mevcut yabancı bir tuzun Na_2O - H_2O sistemine etkisini saptayabilmek için, 1 atm. basınç altında ve 30-45°C sıcaklık aralığı içinde $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ - NaCl - H_2O sisteminin deneysel detay çalışmalarını uygulamıştır. Burada da kararlı katı faz olarak yalnız boraks, kernit ve kayatuzu'nun bulunduğu, tinkalkonit'in ise araştırma sıcaklıklarında yine metastabil olduğu görülmüştür. Ayrıca kararlı boraks - kernit dönüşümü için elde edilen yeni sıcaklık 36,8°C, metastabil boraks - tinkalkonit dönüşümü için ise 39,6°C'dir. O halde netice olarak söylenebilir ki, sisteme yabancı bir bileşimin, örneğin suda çözünebilir NaCl ilâvesiyle

yalnız sistemdeki boratların çözünürlüğü ve kristalleşme sıcaklıkları düşmektedir. Düşmenin miktarı tamamen ilâve edülen bileşimin cins ve miktarına bağlı olmaktadır.

Valyashko ve Wlassowa (1969) $\text{Na}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ sistemini 26°C 'de $\text{B}_2\text{O}_3:\text{Na}_2\text{O}$ oranım değiştirerek incelemiştir. $\text{B}_2\text{O}_3:\text{Na}_2\text{O}$ oranına bağlı olarak, çözeltideki polianiyonların gelişimi, izlenen katı fazlar ve ölçülen pH-değerleri Tablo 1'de görülmektedir. Tablodan da anlaşılacağı üzere; $\text{B}_2\text{O}_3:\text{Na}_2\text{O}$ oranının büyümesi pH'nın devamlı küçülmesine ve çözeltideki polianiyon tipinin keza devamlı değişmesine sebep olmaktadır. Tabloda dikkati çeken bir ikinci husus da, çalışma sıcaklığında (26°C) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ serisinden katı faz olarak yalnız boraks'ın, yani serinin en yüksek sulu üyesinin oluşmuş olmasıdır. Aynı serinin daha düşük sulu bir ikinci kararlı katı fazı olan kernit teşekkül etmemektedir.

Tablo 1 — $\text{Na}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ Sisteminde Değişen $\text{B}_2\text{O}_3:\text{Na}_2\text{O}$ Oranına Göre pH-Değerleri, Polianiyon Dağılımı ve İzlenen Katı Fazlar

$\text{B}_2\text{O}_3:\text{Na}_2\text{O}$	pH	Çözeltide saptanan polianiyonlar	Denge durumunda gözlenen katı fazlar
1	11	$\text{B}(\text{OH})_4^-$	Monoborat
1,5	11	$\text{B}_3\text{O}_6^{3-}$	Boraks
1,5	10,5	$\text{B}_4\text{O}_7^{4-}$	Boraks
2	9	$\text{B}_5\text{O}_{10}^{5-}$	Boraks
2,3	8,5	$\text{B}_6\text{O}_{12}^{6-}$	Boraks
3,5	7,5	$\text{B}_7\text{O}_{13}^{7-}$	Boraks + Pentaborat
4,6	6,5	$\text{B}_8\text{O}_{14}^{8-}$	Pentaborat
5	6,5	$\text{B}_9\text{O}_{15}^{9-}$	Pentaborat

Kurnakova ve Nikolaev (1948) 25°C 'de $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ dörütlü kapah sisteminde yapmış oldukları deneysel çalışmalarda kararlı katı faz olarak boraks, uleksit ve inyoit'in teşekkül ettiğini gözlemişlerdir. Burada da görülüyor ki, teşekkül eden sulu boratlar kendi serilerinin en yüksek sulu üyesidir. Şöyle ki; boraks $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; uleksit $\text{NaCaB}_5\text{O}_{10} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ve inyoit $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ serisinin en yüksek sulu üyesidir.

Nikolaev ve Chelishcheva (1940) 25°C'de CaO - B₂O₃ - H₂O ve MgO-B₂O₃-H₂O sistemlerini incelediklerinde; yine serilerinin en yüksek sulu boratı olan **ityoit** ve inderit'in kararlı katı fazlar halinde oluştuğunu gözlemişlerdir.

3. Üçgen Kompozisyon Diyagramları

Christ et al. (1967) literatür verileri üe kendi gözlemlerini birleştirerek, doğada en çok rastlanan sulu borat minerallerini Şekil 2, 3 ve 4'de görülen üçgen kompozisyon diyagramlarında toplamışlardır. Diyagramlardaki mineraller evaporit kökenli sulu boratlar ve onların düşük P-T koşullarında bozulmasından meydana gelen ürünlerdir. Bu mineral toplulukları borat yataklarında ekonomik ve jeolojik en önemli boratları teşkü eder.

Diyagramlarda görüldüğü gibi, adı geçen sistemlere ait mineral topluluklarının ekserisi Sankaya borat yataklarında mevcuttur. Bu nedenle yazar, inceleme sahasında saptayabüdiğ: borat minerallerinin termodinamik açıdan denge ilişkilerini gösterebümek için, bunları diyagramlara ilâve etmiştir. Metastabil fazlar diyagramlarda boş dairelerle gösterilmiştir. Diyagramlardaki kesikli çizgiler daha önce belirtilen deneysel çalışmalarla elde edilen fazlan, noktalı çizgiler ise metastabil fazları birbirine bağlamaktadır.

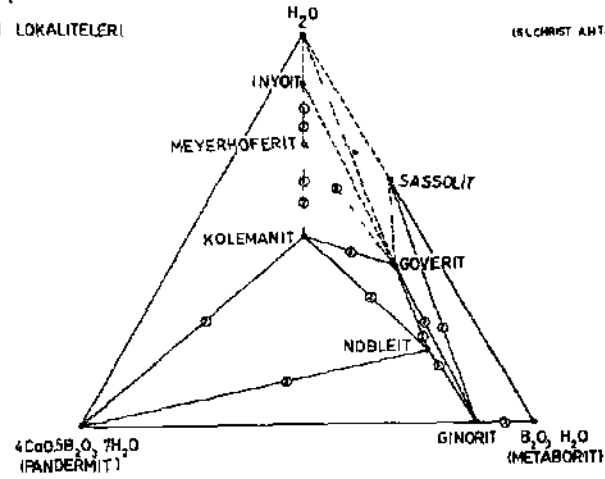
Bir petrolojik sistemin faz kaidesinin açıklanabilmesi, sistemin açık veya kapalı olmasına bağlıdır. Açık ve kapalı sistemlerin jeolojik ve termodinamik kritiğini yapan Thompson (1955) ve Korzhinskü (1965), sulu boratlar için suya açık bir sistemin kabul edilmesinin amaca daha uygun olduğunu belirtirler. Suyu açık bir sistemde, suyun aktivitesi, dolayısıyla suyun kimyasal potansiyeli ortam koşullarmca sisteme dışarıdan tespit edümektedir.

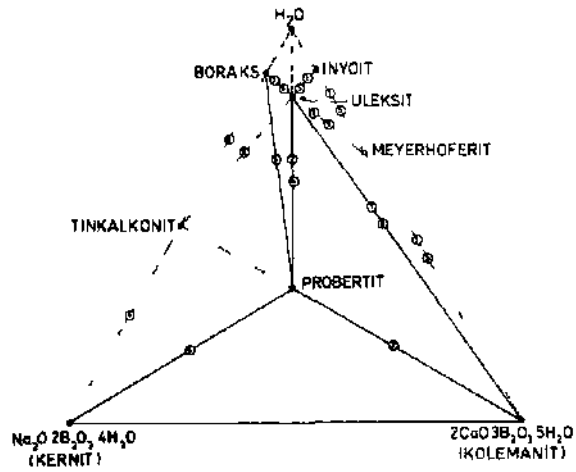
Herhangi bir petrolojik sistemin bir veya daha çok bileşeninin kimyasal potansiyeli dışarıdan sisteme tespit edildiğinde; faz-kaide si şu şekli alır:

$$P \leq (K - K_m) + 2 - F$$

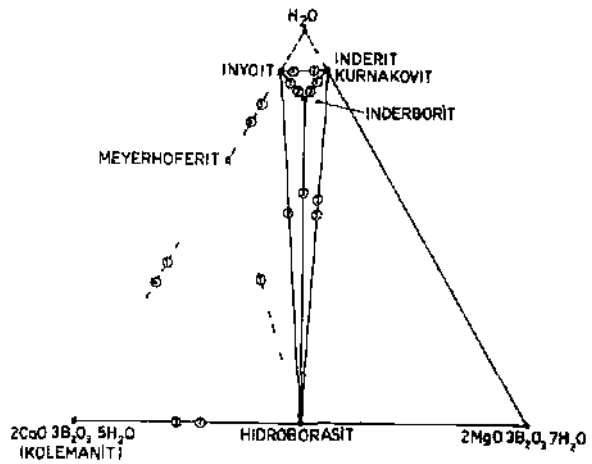
SISTEMLERE AIT DOĞAL BİLEŞİKLERİN LOKALİTELERİ

- ① SARIKAYA (KIRHA)
- ② FURNACE CREEK (A.B.D.)
- ③ S.S.C.B.
- ④ KRAMER (A.B.D.)
- ⑤ KRAMER VE FURNACE CREEK (A.B.D.)
- ⑥ KRAMER DEATH VALLEY (A.B.D.)
- ⑦ DEATH VALLEY (A.B.D.)
- METASTABİL FAZ





ŞEKİL 3 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O} - 2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$ SİSTEMİNDE GÖZLENEBİLİR BİLEŞİMLER



ŞEKİL 4 $2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} - 2\text{MgO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$ SİSTEMİNDE GÖZLENEBİLİR BİLEŞİMLER

Burada K_m ortam koşullarınca kimyasal potansiyeli dışarıdan tespit edilmiş bileşen sayısı, F sistemin serbestisi, P ise sistemdeki faz sayısıdır. Şekil 2, 3 ve 4'deki üçlü sistemler suya açık olduğuna göre, $K = 3$, $K_m = 1$ 'dir. O halde yukarıdaki eşitlik söz konusu sistemler için şu şekli alır:

$$P \leq 4 - F$$

Sistemlerde toplam borun değişmediği kabul edilirse, basınç ve sıcaklığın keyfi değerleri için $F = 2$, dolayısıyla $P < 2$ 'dir. Bu sonuca göre; sistemlerde denge topluluğu en çok mineral çiftlerinden ibarettir. Bu minerallerin bileşimi, ait oldukları sistemin, dolayısıyla çökdikleri ortamın bileşimine ve ortamca tespit edilmiş suyun aktivitesine bağlı olacaktır.

Şekil 3'de **boraks-tiukalkonit-kernit**, keza **inyoit-meyerhof erit - kolemanit** gibi kompozisyon çizgileri tetkik edilecek olursa, burada sistemin ancak iki bileşenin temsil edildiği görülür. Bu bileşenlerden biri H_2O , diğeri ise bu örneklerde **kernit** veya kolemanit'tır. Diyagramlarda H_2O köşesinden ısınsal çıkan bütün kompozisyon çizgilerinde de durum aynıdır. O halde sistemlerde H_2O köşesinden çıkan kompozisyon çizgileri ayrı ayrı ikili sistem karakterine sahiptir. Suyun aktivitesi ortam tarafından tespit edildiği, yani sistemin suya açık olduğu kabul edildiğine göre, bu tip kompozisyon çizgileri için faz sayısı keyfi sıcaklık ve basınçta şu şekli alır:

$$P \leq (2 - 1) + 2 - 2 = 1$$

Bu son eşitlikten anlaşılacağı üzere; sıcaklığın, basıncın ve suyun aktivitesinin değiştiği bir ortamda, sistemlerin H_2O köşesinde birleşen kompozisyon çizgileri boyunca ancak tek bir borat minerali dengede kalabilir. Fakat böyle iki bileşenli borat sistemlerine ait mineral çiftlerine doğada sık sık bir arada rastlanmaktadır. Örneğin Sarıkaya borat yataklarındaki **inyoit ve kolemanit** çiftleri. Yukarıda belirtülen termodinamik esasa göre; bunlardan birinin suyun aktivitesinin ve/veya sıcaklığın (yüzeysel koşullarda basınç genellikle değişmez) sonradan tekrar değişmesiyle diğerinden türediği muhakkaktır. Bu sonucu doğ-

rulayan sayısız gözlemler mevcuttur (Christ et al., 1967; Özpeker, 1969).

4. Aktivite - Aktivite **Diyagramları**

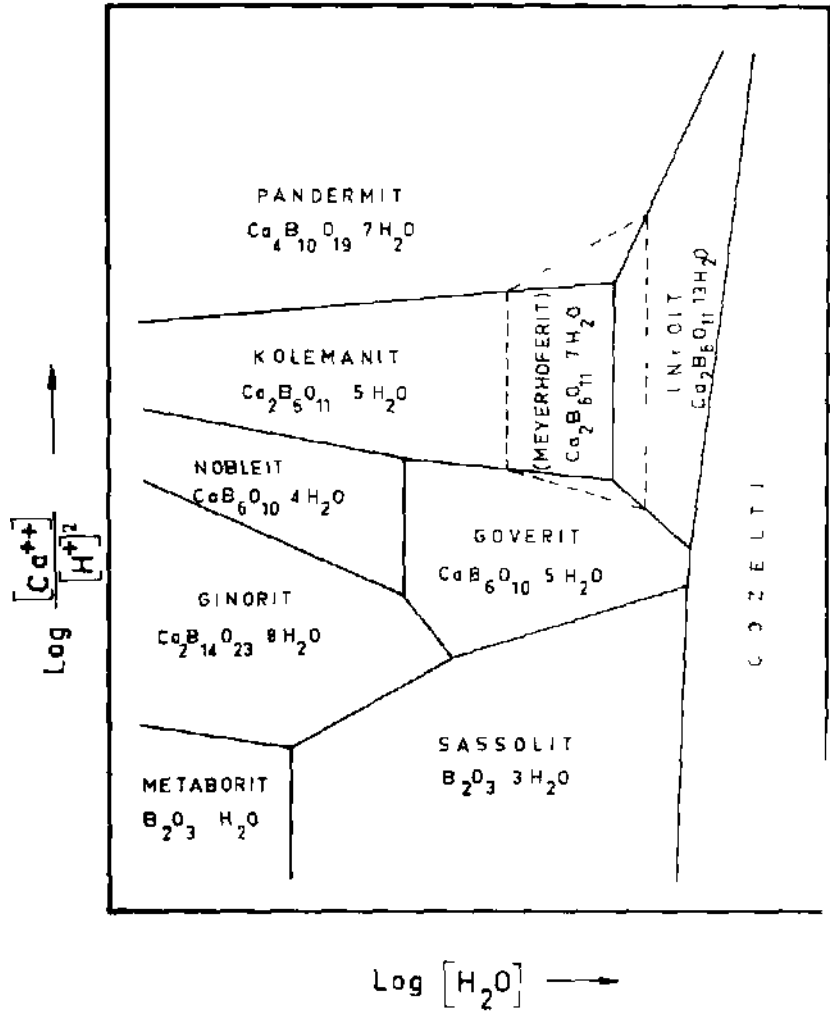
Ingri ve arkadaşları (1963) borat minerallerinin içerdikleri polianiyonların onların çözeltilerinde de aynen mevcut olduğunu saptamışlardır. Çözeltinin pH-değeri değiştirildiğinde başka tip iyon dağılımına geçilmektedir. Herhangi bir polianiyon, belirli sayıda H.O atılması ve OH⁻ ilâve edilmesi neticesinde ortoborikasit'ten uygun sayıda polimerizasyonla türetilmektedir. Aynı zamanda bir polianiyondan bir başka polianiyon da kazanılabilmektedir. Örneğin;



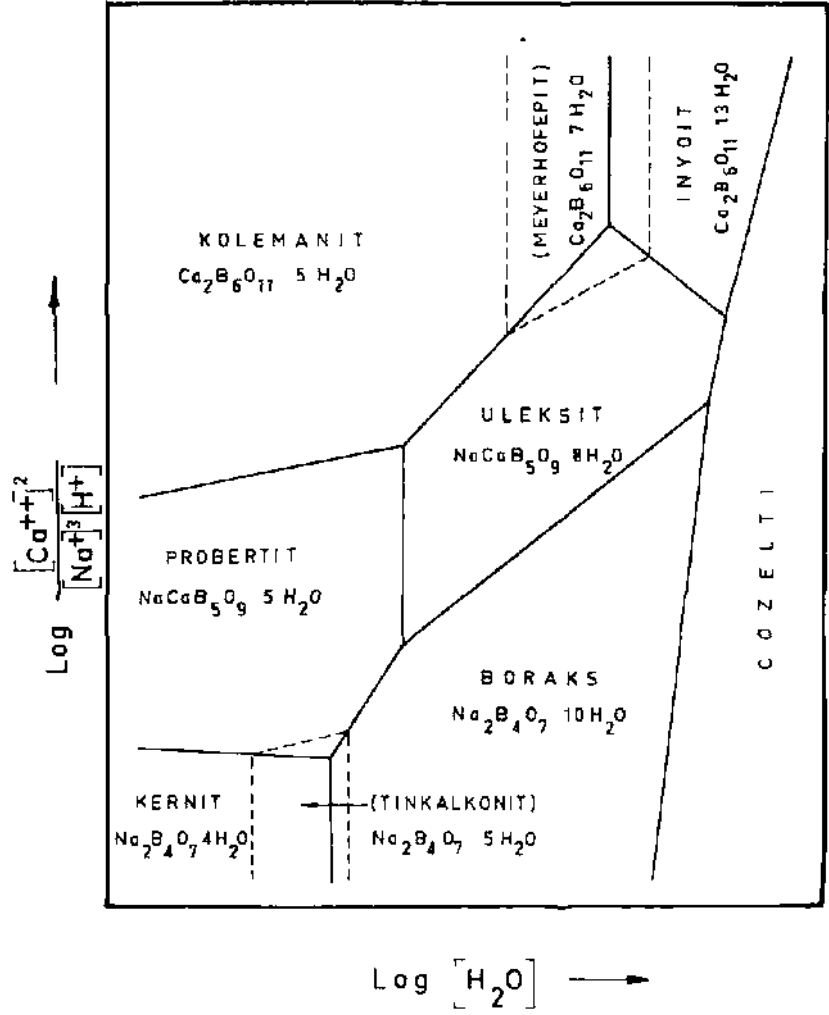
Yukarıdaki polianiyonlardan birincisi boraks'ı oluşturan tetraborat, diğer ikisi de **uleksit**'i oluşturan pentaborat polianiyonudur. Christ et al. (1967) boratların katı ve sulu kimyalarının benzer olmasından, keza polianiyonların polimerleşme özelliğinden faydalanarak, Şekil 2, 3 ve 4'de verilen sistemlere ait aktivite - aktivite diyagramlarını şematik olarak çizmişlerdir (Şekil 5, 6, 7). Diyagramlarda, sistemlerdeki mineral çiftlerinin birbirine dönüşünde toplam borun yine sabit kaldığı kabul edilmiştir. Köşeli parantezler bilindiği üzere aküviteleri ifade etmektedir.

Aktivite - aktivite diyagramları, sistemlerdeki mineral çiftleri arasındaki dönüşümleri ifade eden kimyasal eşitlikler dikkate alınarak çizilmiştir. Bunun için mineral çiftleri arasındaki denge sabiteleri ayrı ayrı bulunarak her sistem için genellemeye gidilmiştir. Diyagramlar şematik olmakla beraber topolojik açıdan doğrudur. Zira denge doğrularının eğimleri bilinmesine rağmen, gerekli birçok denge sabitesi bilinmediğinden, sahaların alanları keyfi esaslara göre çizilmiştir.

Aktivite - aktivite diyagramlarından şu önemli sonuçlar ortaya çıkmaktadır:

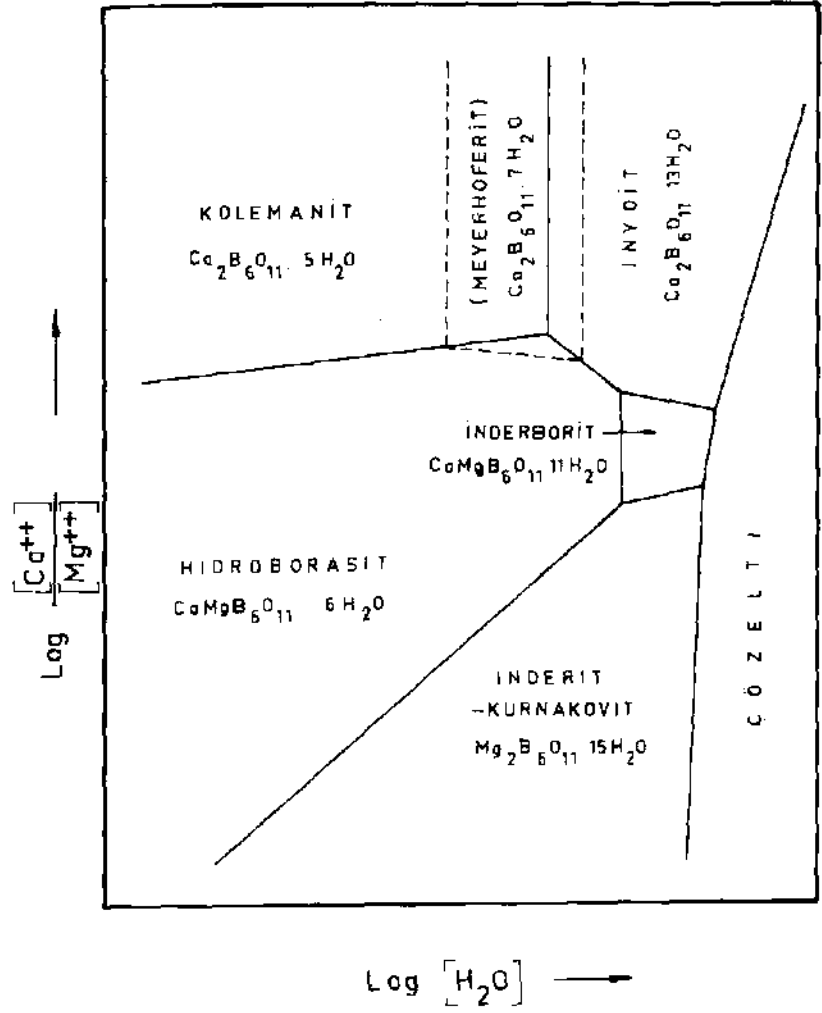


ŞEKİL 5. $4\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$
 Sistemindeki Faz İlişkilerinin Sematik Görünüsü



SEKİL 6 $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O} - 2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$ Sistemindeki Faz İlişkilerinin Sematik Görünüşü

(C. L. CHRIST, A. H. TRUESDELL, R. J. ERO (1967) den alınmıştır)



SEKİL 7. $2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} - 2\text{MgO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$ Sistemindeki Faz İlişkilerinin Şematik Görünüşü.

- (1) Ca ve Na içeren göllerde, bu elementlerin konsantrasyonuna göre sulu Ca-, Na-Ca- veya Na-boratlar oluşur, ilk oluşanlar yüksek sulu boratlardır.
- (2) Göl suyunda Mg^{++} iyonunun fazla olduğu hallerde oluşacak borat toplulukları $[Ca^{++}] / [Mg^{++}]$ ve $[H_2O]$ oranına bağlı olacaktır.
- (3) Sıcaklığın, basıncın veya suyun buharlaşması sonucu konsantrasyonun artması, yani suyun aktivitesinin azalması, primer oluşmuş yüksek sulu boratların dehidratasyonuna sebebiyet verecek, dolayısıyla süreç düşük sulu bir boratın oluşumuna yönelecektir. Bu, aktivite - aktivite diyagramlarında mineral çiftleri arasındaki denge sınırlarının sağdan sola paralel kayması şeklinde ifadesini bulacaktır.
- (4) Sıcaklık ve basıncın değişmesiyle birlikte, çözeltinin bileşimi de değişirse, denge şuurları yatay eksen boyunca sağdan sola kayabileceği gibi, düşey eksen boyunca da değişim meydana gelecektir.

5. Yatakların Oluşumu

Daha Önce belirtilen deneysel araştırmaların, termodinamik ve jeokimyasal kritiklerin ışığı altında, Sarıkaya borat yataklarındaki boraks'ın oluşum koşullarının genel hatlarıyla saptamak mümkündür. Sulu borat çözeltisindeki polianiyonların, dolayısıyla bunların oluşturacakları katı fazların (poliboratların) tipi; çözeltinin pH-değerine, sıcaklığına, konsantrasyonuna ve çözeltideki muhtelif katyonların mevcudiyetine bağlıdır. Yataklarda **boraks**, göl sularında pH-değerinin geniş sınırlarla 8-11 arasında olduğu zaman çökelmiştir. Oluşumun şiddetle cereyan ettiği pH-değeri 8,5-9 arasında bulunmaktadır.

Göl sularının yalnız boraks çözeltisi içerip, herhangi bir yabancı tuz içermediği bir an kabul edilecek olursa, boraks'ın 58,5°C'nin altındaki sıcaklıklarda oluşması gerekir. Göllerin volkanik ekshalasyonlarla ve civardan gelen kimyasal çözeltilerle devamlı beslendiği muhakkaktır. Yataklarda yer yer

Ca ve Mg boratların bulunması, killi kayaçların piroklastik materialin suda hidrolizi sonucu oluşmuş olması (bak. Baysal, 1972) bunu açıkça göstermektedir. O halde, göl sularında borat polianiyonlarının yamsıra, ayrıca birçok yabancı kationlar da mevcuttur. Bunların suyun aktivitesini düşüreceği, dolayısıyla boraksın denge sınırını daha düşük sıcaklıklara kaydıracağı bir gerçektir. Aynı zamanda yataklarda artıklar halinde dahi kernit oluşumlarına rastlanmamıştır. Bütün bu yargı ve gözlemlerden sonra netice olarak söylenebilir ki, boraks hemen hemen normal yeryüzü sıcaklığında çökelmiştir. Sıcaklığın 30-40°C arasında olduğu öngörülebilir. Buradan çıkarılacak bir ikinci netice de, volkanik ekshalasyonların göl sularını hissedilir derecede ısıtacak etkenlikte olmadığıdır.

GÖL sularındaki B_2O_3/Na_2O oranı genellikle bir veya daha küçük, keza 4,6 veya daha büyük değerlere ulaşmamış, çoğunlukla 1,5-3,5 arasında kalmıştır. Bunu yapılan kimyasal analizler de göstermiştir (Baysal, 1972).

Yatakların yaklaşık %80'ini boraks teşkil ettiğine göre, yukarıda boraks için tanımlanan fizikokimyasal koşullar aynı zamanda yatakların oluşması esnasında hâkim olan koşullar olarak kabul edilebilir. Tabiatıyla zaman zaman veya yer yer bu koşullar değişmiş, dolayısıyla diğer primer borat mineralleri çökelmiştir. Bunlara aşağıda değinilecektir.

Gerek deneysel araştırmalar, termodinamik ve jeokimyasal kritikler, gerekse sayısız evaporit yataklarındaki gözlemler (Muessig, 1959) göstermiştir ki, yüzeysel sıcaklıklarda her serinin en yüksek sulu boratı primer olarak çökelmektedir. Nitekim Sarıkaya borat yataklarında da, yatakların esasını teşkil eden boraks primer bir mineraldir. Boraks kristallerinin içindeki ritmik kil minerali kapanımları, bunların durgun göl sularında direkt çökelerek oluştuğunu kesin olarak kanıtlamaktadır (bak. Baysal, 1972). Tibet, Kaliforniya ve Arjantin'deki borat yataklarında da boraks'ın primer olduğu ileri sürülmektedir (Schaller, 1930; Gale, 1946; Muessig, 1959).

Sarıkaya borat yataklarında uleksit'in oluşumu oldukça karışıktır. Bunların tümünü, diğer borat yataklarında olduğu

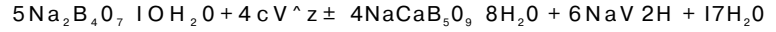
gibi, primer oluşum olarak kabul etmek mümkün değildir. Yapılan gözlemler ve değerlendirmeler, yataklardaki uleksit'in farklı süreçlerle oluştuğunu ortaya çıkarmıştır.

Muhtelif boraks seviyelerinde sık sık izlenen uleksit damar ve yumruları şüphesiz sonradan oluşmuştur, yam sekonderdir. Damarlar genellikle boraks seviyelerini keser durumda olup hiçbir zaman çatlak dolgusu görünüşünde değildir. Uleksit damarları boraks kristallerinin marn aradolgu maddesiyle temas yerlerinde gayrimuntazam şekillerde yayılmakta, zaman zaman çatallanmalar, yer yer düğümlenmeler göstermektedir. Hattâ bazı yerlerde tamamen boraks kristallerinin yerini almış durumdadır (bak. Baysal, 1972).

Jeokimyasal açıdan uleksit boraks ile beraber çözeltilerden aynı anda asla çökelmez. Yüksek Na konsantrasyonuna sahip göllerde boraks çöker. Bu göllerde Ca konsantrasyonu düşük, pH ise yüksektir. Buna karşılık Ca konsantrasyonu nisbeten yüksek göllerde ise uleksit gibi Na-Ca-borat oluşur. Şekil 6'da görüldüğü gibi, göl suyunda Ca^{++} konsantrasyonunun artmasıyla $\log[Ca^{++}]^2 / [Na^+p[H^+]]$ büyüyecek, bu suretle boraks'ın denge sınırı aşılarak uleksit'in kararlı olduğu sahaya ulaşacaktır. O halde uleksit'in çökmesi için gerekli Na^+ , Ca^{++} konsantrasyonlarında, keza pH-değerlerinde boraks'ın çökmesine imkân yoktur. Koşulların zaman zaman değiştiği ve mevcut uleksit'in bu anlara tekabül eden oluşum evrelerinde primer çökeldiği kabul edilecek olursa, uleksit'in boraks ile bir arada, içice girmiş durumda bulunmaması, nisbeten müstakil seviyeler meydana getirmesi gerekir, işte bu nedendir ki, sözü edilen damar ve yumrulardaki uleksit'ler, boraks'ın çökelip yataklanmasından sonra oluşmuştur.

Sekonder uleksit'lerin oluşumu Şekil 6'da görülen aktivite-aktivite diyagramına göre kolaylıkla açıklanabilir. Gözeneklerdeki kapuar suyun bileşimi sirkülasyon ve yeraltı suları nedeniyle zamanla değişmiş, Ca^{++} bakımından zenginleşmiştir. Ortamda bol miktarda marn ve kalker olduğuna göre, kapuar suyun Ca^{++} bakımından zenginleşmesi normaldir. Ayrıca gözlemler göstermiştir ki, bu tip uleksit oluşumları daima boraks'ın marn ile temas yerlerinde bulunmaktadır (bak. Baysal, 1972).

Bu durumda $\text{Log}[\text{Ca}^{++}]^2/[\text{Na}^+]^3[\text{H}^+]$ 'da yükselme olacağından, **boraks'ın** denge smırı aşılarak aleksit'in kararlılık sahasına ulaşılacak ve **uleksit** boraks aleyhine oluşacaktır. Bu, aşağıdaki reaksiyonla ifade edilebilir:



Boraks

Uleksit

Yatakların tavan ve tabanlarında bulunan marn ve kille-
rin içindeki **uleksit** konkresyonları da yazara göre primer oluşumlar değildir. Yataklar oluşup gömüldükten sonra, mevcut litostatik, keza hidrostatik basınç nedeniyle gözeneklerde bulunan kapuar su yatağın yukarı kesimlerine, tavadaki kil ve marn seviyelerine yükselmiştir. **Boraks** suda kolay çözünebilen bir mineral olduğundan, kapilar su **boraks çözeltisi** bakımından oldukça zengindir. Bu çözeltilerin tavan kalkerlerinden sızan kalsiyumbikarbonatça zengin sularla kü seviyesinde karışması neticesinde, konkresyonlar halinde uleksit çökelmiştir. Tabandaki marn-kil seviyesinde izlenen **uleksit** konkresyonları da aynı süreçlerle oluşmuştur. Burada Ca^{++} bakımından zengin kapiller suyun daha alt seviyelerdeki kalkerlerden veya kalkerli marnlardan yukarıdaki kil seviyesine yükselmiş olması kuvvetle muhtemeldir.

Yatakların kenarlarında bulunan uleksit'ler yukarıda belirtilenlerden farklıdır ve primer oluşmuşlardır. Marn ve kil tabakaları arasında muntazam almasıklı bandlar halindeki dağılımları bu yargıyı doğrulamaktadır. Ayrıca bu uleksit bandları içinde yer yer **albit, anortoklas, sanidin, hornblend ve biyotit** gibi detritik mineral kapanından da izlenmiştir (bak. Baysal, 1972). Bunlar da göstermektedir ki, **uleksit** kristalleri göl sularından direkt çökerek oluşmuş ve detritik mineral tanelerini bünyelerine hapsedmişlerdir.

Göl suları genellikle durgun olduğundan, derin kesimlerdeki suların pH'sı, keza BaO , Na_2O konsantrasyonu daima yüksek kalmıştır. Buna karşılık kıyı kesimlerindeki suların pH'sı ve BaO , Na^+O konsantrasyonu göle karışan çevre suları nedeniyle düşmüştür. Bu arada kalsiyum konsantrasyonu ise nisbeten yükselmiştir. Bu değişik jeokimyasal koşullar nede-

trasyonunun yüksek olduğu yerlerde çökelmiştir. Çok ender rastlanması, incelenen yatakların Türkiye'deki diğer yataklardan, hiç olmazsa Bigadiç yataklarından farklı olduğunu açıkça göstermektedir. Bigadiç yataklarının oluştuğu Neojen göl sularında Ca hâkimdir, Na ise ikinci plânda kalmıştır. Dolayısıyla Ca- ve Ca-Na-boratlar çökelmiştir (Özpeker, 1969). Buna karşılık Sarıkaya yataklarının oluştuğu Neojen göl suları Na bakımından oldukça zengin, Ca bakımından ise nisbeten fakirdir. Bütün bu yataklar ekshalatif kökenli olduğuna göre, volkanizmaların karakteri birbirinden farklı olmuştur.

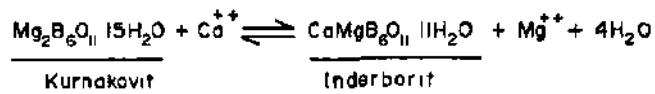
Sarıkaya borat yataklarında meyerhoferit'in inyoit'ten oluşmuş bir psödomorf olması mümkündür. Fakat aralarında herhangi bir petrolojik ilişki izlenmemiştir. Elde edilen tek gözlem, meyerhoferit'in uleksit ile müşterek büyümeler halinde bulunduğuudur. Şekil 6'daki aktivite - aktivite diyagramına göre, meyerhoferit'in uleksit'ten veya bunun tersi uleksit'in meyerhoferit'ten oluşması beklenebilir. Yataklarda kapiller suyun zamanla Ca^{++} bakımından genellikle zenginleştiği gözönünde tutulursa, meyerhoferit'in uleksit'ten psödomorf olarak teşekkül etmesi daha akla yakındır. Meyerhoferit'e yalnız sıcaklık ve basınç koşullarının pek değişmediği, buna mukabil Örtü kalkerlerinden devamü sızan Ca^{++} bakımından zengin suların toplandığı tavan kesiminde rastlanması, bu yargıyı nisbeten kuvvetlendirmektedir. Fakat literatürde bu tip bir petrolojik olaya rastlanmamıştır.

Kendi serilerinin en yüksek hidratı olmaları nedeniyle, kurnakovit ve inderit'te yataklarda primer olarak çökelmişlerdir. Bunlardan birincisi triklinal, ikincisi ise monoklinal sistemde kristalleşen polimorflardır. Bunların oluşması Şekil 7'de görüldüğü gibi, tamamen göl suyundaki $[Ca^{++}] / [Mg^{++}]$ ve $[H,0]$ oranına bağlı olmaktadır. Yazara göre; yataklarda devamlı boraks'ın çökmesi neticesinde, oluşumun son evrelerinde göl suları genellikle Ca^{++} ve Mg^{+} bakımından zenginleşmiştir. Ca^{++} / Mg^{++} oranı kurnakovit veya inderit'in çökmesini mümkün kılacak limite ulaştığında, bu mineraller çökelmiş, bu suretle göl sularında zenginleşmiş Mg^{++} konsantrasyonu nisbeten tüketilmiştir. Kurnakovit ve inderit'e genellikle

yatakların tamamındaki killerin içinde rastlanması da bunu doğrulamaktadır. Bu arada son volkanik faaliyetlerle gelen piroklastik malzemenin Mg bakımından zengin olması da bu minerallerin çökmesinde mühim rol oynamıştır. Yapılan kimyasal analizler yatakların üstündeki mavi ve gri kilin Mg bakımından zengin olduğunu göstermiştir (bak. Baysal, 1972). Bu kil seviyesinin alt kısmında **kurnakovit**, **inderit**, keza yer yer **uleksit** oluşurken, üst kısmında Mg-hidratasyonu ile erken diajenetik dolomitleşme meydana gelmiştir. Bu hususlar dikkate alınacak olursa, **kurnakovit** ve **inderit**'in çökmesini mümkün kılan magnezyumun, hiç olmazsa bir kısmının, bu son volkanik evre piroklastiklerinin hidrolizi neticesinde açığa çıkmış olması kuvvetle muhtemeldir.

Bilindiği üzere **kurnakovit** triklinal, **inderit** ise monoklinal kristalleşen polimorf minerallerdir. Gözlemler göstermiştir ki, **kurnakovit** ve **inderit** yataklarda bir arada beraber çökelmişlerdir. Bu iki polimorf'un müşterek büyümeleri şüphesiz belirli termodinamik ve jeokimyasal durumun neticesidir. Fakat bunlar hakkında şu anda bir yargıda bulunmak mümkün değildir. Zira her iki polimorfun arasındaki jenetik, keza kararlılık ilişkileri henüz bilinmemektedir.

Yataklarda az miktarda izlenen **inderborit** primer Mg-boratlardan, daha çok **kurnakovit**'ten psödomorf olarak teşekkül etmiştir. Zira **inderborit**'in içinde kamalar şeklinde **kurnakovit** artıklarına rastlanmıştır. Jeokimyasal açıdan onun **inderit**'ten de teşekkül etmiş olması mümkündür. Fakat **inderborit** ve **inderit** arasında herhangi bir yapısal ilişki gözlenmemiştir. **Kurnakovit**, yatakların üst kesimlerinde sıcaklık ve basınç koşullarının pek değişmemesine rağmen, kapiller suyun bileşiminde Ca^{++} konsantrasyonunun artmasıyla kararlı durumunu yitirmiş ve neticede aşağıdaki reaksiyon gereğince yer yer **inderborit**'e dönüşmüştür:



İncelenen yataklarda izlenen yegâne Sr-borat tuncüt'tir ($SrB_4O_{10} \cdot H_2O$). Bunun denge koşulları hakkında henüz ber-

rak bir bilgi mevcut değildir. Yapılan araştırmalar bunun **nobleit** ($\text{CaB}_n\text{Q}_{10}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) ile izomorf olduğunu ve birçok özellikleriyle ona benzediğini göstermiştir (Erd et al., 1961). Bu benzerlikleri gözönünde tutan yazar, **tun elit** in aynen **nobleit** gibi oluştuğu kanısındadır. Yazara göre; yataklar gömüldükten sonra artan sıcaklık ve basınçla suyun aktivitesi düşmüş ve Şekil 5'te görülen **nobleit'e** ait bölgeye tekabül eden yere ulaşmıştır. Aynı zamanda borat polianiyonları içeren kapilar sudaki Sr^{++} konsantrasyonu yer yer yükselmiştir. Bu suretle aynı killi kayalar içindeki **uleksit** konkresyonları gibi, yumrular veya idiomorf tek kristaller halinde **tunelit** oluşmuştur.

Tunelit'i oluşturan Sr yazara göre; ya piroklastik materialin hidrolizi neticesinde açığa çıkmış, ya da son volkanik ekshalasyonlarla gelmiş ve killi kayaların gözeneklerinde yer yer zenginleşmiştir. İkinci ihtimal daha kuvvetli görünmektedir. Zira **tunelit** oluşumlarına hemen hemen daima fay çatlaklarına yakın kesimlerdeki küli kayaların içinde rastlanılmıştır.

6. Sonuç

İnceleme sahasında saptanan boratların oluşumları ve birbirleriyle jenetik iligliği yukarıda ayrı ayrı tanımlanmıştır. Bu duruma göre; Sarıkaya borat yatakları netice olarak şu şekilde oluşmuştur: Bir taraftan borikasit, sodyum, magnezyum içeren volkanik ekshalasyonların fay çatlaklarından gelecek göl sularına karışması, diğer taraftan aynı süreçlerle gelen piroklastik materialin hidrolizi, keza akarsularla bazı iyonların taşınması, göl sularında B, Na, Ca elementlerinin zenginleşmesine sebep olmuştur. Bu suretle, yukarıda belirtilen fizikokimyasal koşullar altında başta **boraks** olmak üzere **uleksit**, **kurnakovit**, **inderit**, **inyoit** primer olarak çökelmiş ve **ekshalatif - sedimanter** kökenli yatakları oluşturmuştur. Yatakların gömülmesinden sonra, fizikokimyasal koşullarda değişiklik olmuş ve **uleksit**, **kolemanit**, **meyerhoferit**, **inderborit**, **tunelit** gibi sekonder borat mineralleri teşekkül etmiştir.

Bibliyografik Tanıtım

1. Baysal O. (1972). Sankaya (Kırka) borat yataklarının mineralojik ve jenetik incelenmesi (Baskıda)

2. Bowser C. J. (1964): Geochemistry and petrology of the sodium borates in the nonmarine Evaporite Environment. - Ph. D. Dissertation, University of Texas Press.
3. Christ C. L. and Garrels R. M. (1959): Relations among sodium borate hydrates at the Kramer deposit, Boron, California. - *Am. J. Sci.*, vol. 257, s. 516-528.
4. Christ C. L., Truesdell A. H. and Erd R. C. (1967): Borate mineral assemblages in the system $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{MgO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, vol. 31, s. 313-339.
5. Erd R. C., Morgan V. and Clark J. R. (1961): Tunellite, a new hydrous strontium borate from the Kramer borate district, California. *U.S. Geol. Survey, Prof. Paper*, 424-C, s. 294-297.
6. Gale H. S. (1946): Geology of the Kramer Borate district, Kern County, California. - *California J. Mines and Geology*, vol. 42, s. 325-378.
7. Ingri N. (1963): cit. in Christ et al. (1967).
8. Korzhinskii D. S. (1965): The theory of systems with perfectly mobile components and processes of mineral formation. - *Amer. J. Sci.*, 263, s. 193-205.
9. Kurnakova A. G. and Nikolaev A. V. (1948): The solubility isotherm of the system $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ at 25°C. *Akad. Nauk. SSSR. Izv. Otd. Khim. Nauk.* 1, s. 377-382.
10. Menzel H. und Schulz H. (1940): Zur Kenntnis der Borsäure und borsäuren Alkalisalze. X. Der Kernit (Rasorit) $\text{Na}_5\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. *Zs. anorg. und allg. Chem.*, 245, s. 157-220.
11. Muessig S. (1959)- Primary borates in playa deposits: minerals of high hydration. - *Econ. Geol.*, 54, s. 495-501.
12. Nikolaev A. V. and Chelischeva A. G. (1940): The 25° isotherm of the system: $\text{CaO} + \text{B}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ and $\text{MgO} + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$. *Comp. Rend. Acad. Sci. SSSR*, 28, s. 127-130.
13. özpeker I. (1969): Batı Anadolu borat yataklarının mukayeseli je-netik etüdü. İstanbul: Ak Matbaası, 116 s. (Doktora tezi).
14. Schaller W. T. (1930): Borate minerals from the Kramer district, Mohave desert, California, in *Shorter contributions to general geology*. *U.S. Geol. Survey, Prof. Paper* 158, s. 137-170.
15. Thompson J. B. Jr. (1955): The thermodynamic basis of the mineral facies concept. - *Am. J. Sci.*, 253, s. 65-103.
16. Valyashko M. G. und Wlassowa E. W. (1969) : IR-Absorptionsspektren von Boraten und borhaltiger waessrigen Lösungen. *Jenaer Rundschau*, Heft 1, s. 3-11.

ZONGULDAK - BOLU BÖLGESİNİN MAGNETO VE GRAVİ-TEKTONİĞİ, BUNUN MUHTEMEL KÖMÜR VE METALOJENİK ZONLARLA İLİŞKİSİ

Sırrı KAVLAKOĞLU*
Ferit ERDEN** – Ratip ÖZAKÇAY***

Özet

Etüd bölgesi; Ereğli, Bolu, Eskipazar, Azdavay, Doganyurt ve kuzeyden Karadeniz'le çevrilmiştir. Bölgede, havadan manyetik uçuşlar yapılarak bölgenin 1/100.000 ölçekli hava - manyetik haritası çıkarılmıştır. Ayrıca bölgenin büyük bir kısmında gravite etüdüleri yapılmış ve 1/100.000 ölçekli Bouguer haritaları çizilmiştir.

1/100.000 ölçekli hava-magnetik haritalarından metalojenik zonları ve tektoniğe bağlı olarak bazı manyetik sıkışma hatlarını kapsayan magneto - tektonik ve ayrıca 1/100.000 ölçekli Bouguer gravite haritalarından bölgenin genel tektoniğini yansıtan gravi-tektonik haritaları çıkarılmıştır.

Bölgenin, metalojenik zonlarını da ihtiva eden magneto ve gravi-tektonik haritası değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Bolu metalojenik provensinde metalojenik zonlar teabit edilmiştir.
2. Kömür taşıyan karbonifer tabakalarının sıralanışı ile, ortaya konan tektonik trenlerin ilişkisi aranmıştır.
3. Muhtemel yeni kömür yataklarının aranması ile ilgili bazı sonuçlara ulaşılmış ve bu yönde tatbik edilmesi gerekli jeofizik metodlanndan bahsedilmiştir.

(*) Dr. Jeofizikçi, M.T.A. Enstitüsü - Ankara.

(**) Jeofizikçi, M.T.A. Enstitüsü - Ankara.

(***) Jeofizikçi, M.T.A. Enstitüsü - Ankara.

Giriş

Bilindiği gibi Zonguldak - Bolu bölgesinde, genel olarak ve özellikle jeofizik yönden bölgenin tektoniği ve metalojenik zonlarla ilgili araştırmalar bugüne kadar yapılmamıştır.

Metalojenik bir provens olan ve bilhassa kuzey kısmında kömür zonları ihtiva eden bölgemizde, genel çapta, jeofizik etüdlere yapılmamış olması büyük bir eksiklik idi. Bu eksikliği gören M.T.A. Enstitüsü Genel Direktörlüğü bölgenin Hava - Mağnetik ve Gravite haritalarının çıkarılması teşebbüslerine girişmiştir.

Bölgede yapılan jeolojik çalışmalar mecburen çok lokal olmuş ve jeolojik pencerelere inhisar etmiştir. Bölgenin genellikle örtülü olması ve karboniferin üstündeki serüerin diskordan görünümü temele ait tektoniği bilmemizi güçleştirmiştir.

Sondajlı faaliyetler genel çapta yapılamamış ve yapılanların büyük bir kısmı da temele ait bilgileri verememiştir.

Bölgede daha çok jeolojik çalışmalara istinaden mekanik sondajlar yapılmıştır ve maalesef bugüne kadar yapılan bütün mekanik sondajlara ait malûmatları temin etmek mümkün olmamıştır.

M.T.A. Enstitüsünün Gelik-Göbü bölgesinde rezistivite çalışması lokal olmakla beraber, çalışılan kısımda rezistivite tabana ait bazı bilgiler vermiştir. Burada rezistivite sonucu yapılan mekanik sondajlar, rezistivite çalışmalarım büyük çapta doğrulamıştır.

Taşkesen cenubunda yapılan jeolojik ve derin rezistivite çalışmaları sonunda Baynazbaşı civarında 1000 m derinliğinde bir sondaj lokasyonu tesbit edilmiştir. Son yıllarda bu civarda yapılan 600 m derinlikteki bir sondaj Baremiyen kalkerlerinde kalmış rezistivite sonuçlarını maalesef tahkik edememiştir.

Tebliğimizde, bugüne kadar, M.T.A. Enstitüsünün, Türkiye Kömür İşletmesi Kurumunun ve Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığının bu bölgedeki yapmış oldukları çalışmalara ek olarak M.T.A. Enstitüsünün ve T.P.A.O.'nın gravite ve manyetik

çalışmalarından yararlanarak bölgede, yoğunluk ve manyetik cüsusaptibilite parametrelerinin, üç buutlu olarak dağılımım in-celedik.

Bunun sonucu olarak Zonguldak - Bolu Bölgesine hâkim alttaki yoğun bir horizonun tektoniğini yansıtan ve Bolu me-talojenik provensindeki tespit edilmiş olan metalojenik zonları ihtiva eden Magneto ve Gravi-Tektonik haritalar ortaya kon-muştur. Haritadaki yükselim eksenleri ile kömürlü karbonifer zonlarının sıralanışı arasında bir bağıntı kurmağa çalışılmıştır.

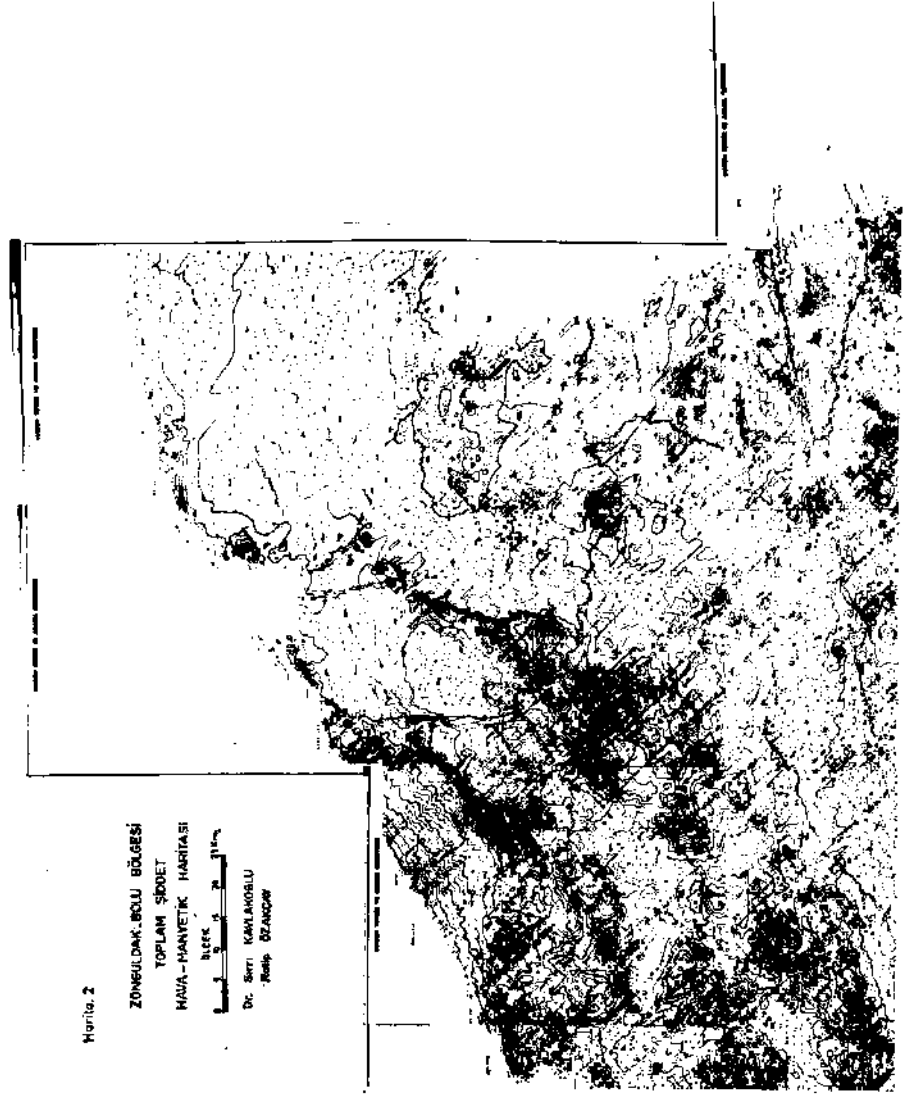
1. Bolu - Zonguldak Bölgesi Hava-Magnetik Haritaları

Etüd bölgemiz, 1/500.000 ölçekli jeolojik haritada gösteril-miştir (Harita 1). Buna göre, bölgemiz, Ereğli, Bolu, Eskipa-zar, Azdavay, Doğanyurt ve kuzeyden Karadeniz'le smu'lanan büyük bir sahayı kapsamaktadır.

M.T.A. Enstitüsü tarafından bölgeyi kapsayacak şekilde düzenlenen magnetik uçuşlar, muhtemel cevherleşme doğrultu-suna dik olarak NW-SE yönünde 400 m aralıklı hatlar halinde olacak şekilde plânlanmıştır. Uçuş yüksekliği 150-200 m olarak seçilmiştir.

Bölgenin 1/25.000 ölçekli toplam şiddet magnetik harita-larının çıkarılmasında DC-3 uçağına bindirilmiş AM-1041 ile, günlük değışmeleri tespit için yer monitörü olarak AM-101 A proton nükleer prezisyon magnetometreleri kullanılmıştır. Bun-ların hassasiyetleri T5 gamma civarındadır.

1/25.000 ölçekle çalışılmış olan bu bölgenin 1/100.000 öl-çekli haritaları çıkarılmış ve bunlar 1/500.000 ölçeğe indiril-miştir. Bu toplam şiddet magnetik harita (Harita 2) ilk gö-rünüm olarak, magnetik süsseptibilitesi yüksek zonlarla süsseptibilitesi düşük zonların üç buutlu olarak dağılımım yansıtmak-tadır. Böylece bölgenin sedimanter olan ve sedimanter olma-yan zonları sınırlandırılmış olmaktadır. Bu zonların muhtemel mineralüzasyon istikametlerine ve hemen Zonguldak güneyin-den geçen yüksek magnetik gradiyent doğrultusuna uygun ol-duklarım müşahede etmek mümkündür.



Ayrıca, yukarıda sıraladığımız müşahedelerimizi magneto - tektonik bir harita vasıtasıyla göstermek mümkündür (Harita 3).

Magneto-tektonik haritanın Zonguldak'ın hemen güneyinde muhtemelen kademeli bir fay zonunu ve metalojemik zonları yansıttığını söyleyebiliriz.

2. Zonguldak - Bolu Bölgesi Gravite Haritaları

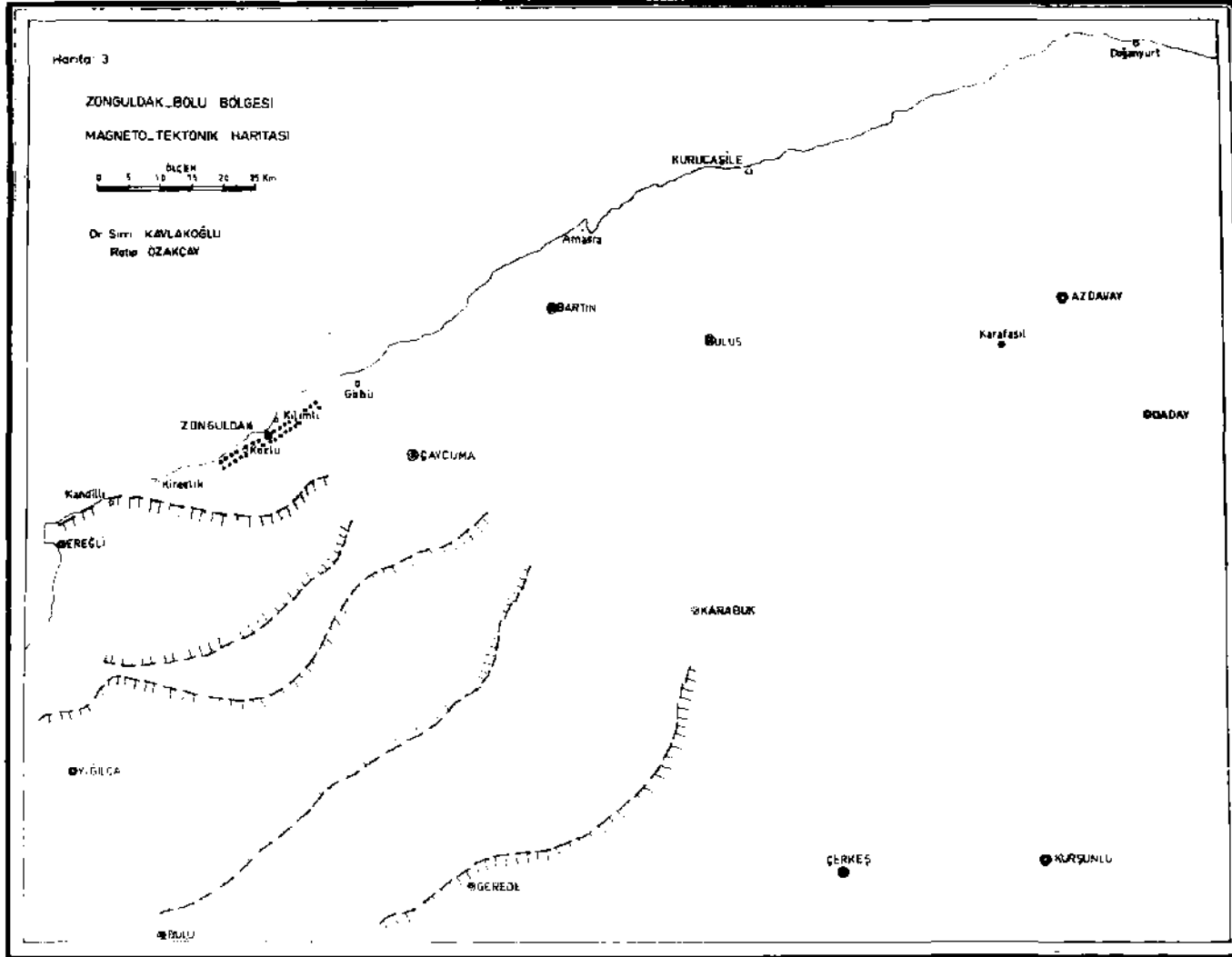
Bölgemizin batı kısmında Bouguer gravite haritalarının çıkarılması gayesiyle Worden Master cihazları ile çalışılmıştır. Cihazın hassasiyeti 0.01 mg mertebesindedir. 1/50.000 ölçekli çalışmalar bilâhare 1/100.000 ölçekli haritalara inkılâp etmiştir.

Bölgenin doğusunda 1/100.000 ölçekli Bouguer haritaları çıkarılması gayesiyle ve geniş luplar halinde çalışmalar yapılmıştır. Burada da Worden Master cihazı kullanılmıştır. Bu cihazın hassasiyeti 0.01 mg civarındadır.

Bölgenin doğu ve batısına ait Bouguer gravite haritaları birleştirilmek suretiyle Zonguldak - Bolu Bölgesinin Bouguer gravite haritası 1/100.000 ölçekli olarak çizilmiştir. Bu sonradan 1/500.000 ölçeğe alınmıştır (**Harita 4**).

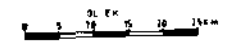
Bölgenin Bouguer gravite haritası yoğunluk parametresinin üç buutlu olarak dağılımını göstermektedir. Buna göre, Zonguldak ve Amasra bölgesinde sahile paralel ve birbirinin devamı gibi görünen iki pozitif gravite kapanışı göze çarpmaktadır. Bunların güneyinde gravite konturlarının sıkıştığı iki zondan sonra negatif ve oldukça büyük bir bölgeyi kapsayan bouguer kapanışı mevcuttur. Bunu takiben sürekli olan uzunca bir pozitif bouguer kapanışı ortaya çıkmıştır. Bunlara bağli gravi-tektonik trentler arasındaki büyük çaptaki uygunluk oldukça enteresandır. Bunu görmek için gravi-tektonik haritanın çizilmesi gerekmiştir. Zonguldak - Bolu bölgesi gravi-tektonik haritasında (Harita 5) görülen gravi-tektonik trentler arasındaki uygunluk en önemli sonuçlardan biridir.

Kuzeydeki pozitif kapanışla ilgili olan doğrultu, bölgeye hâkim olan yoğun bir horizonun yükselim hattını yansıttığını

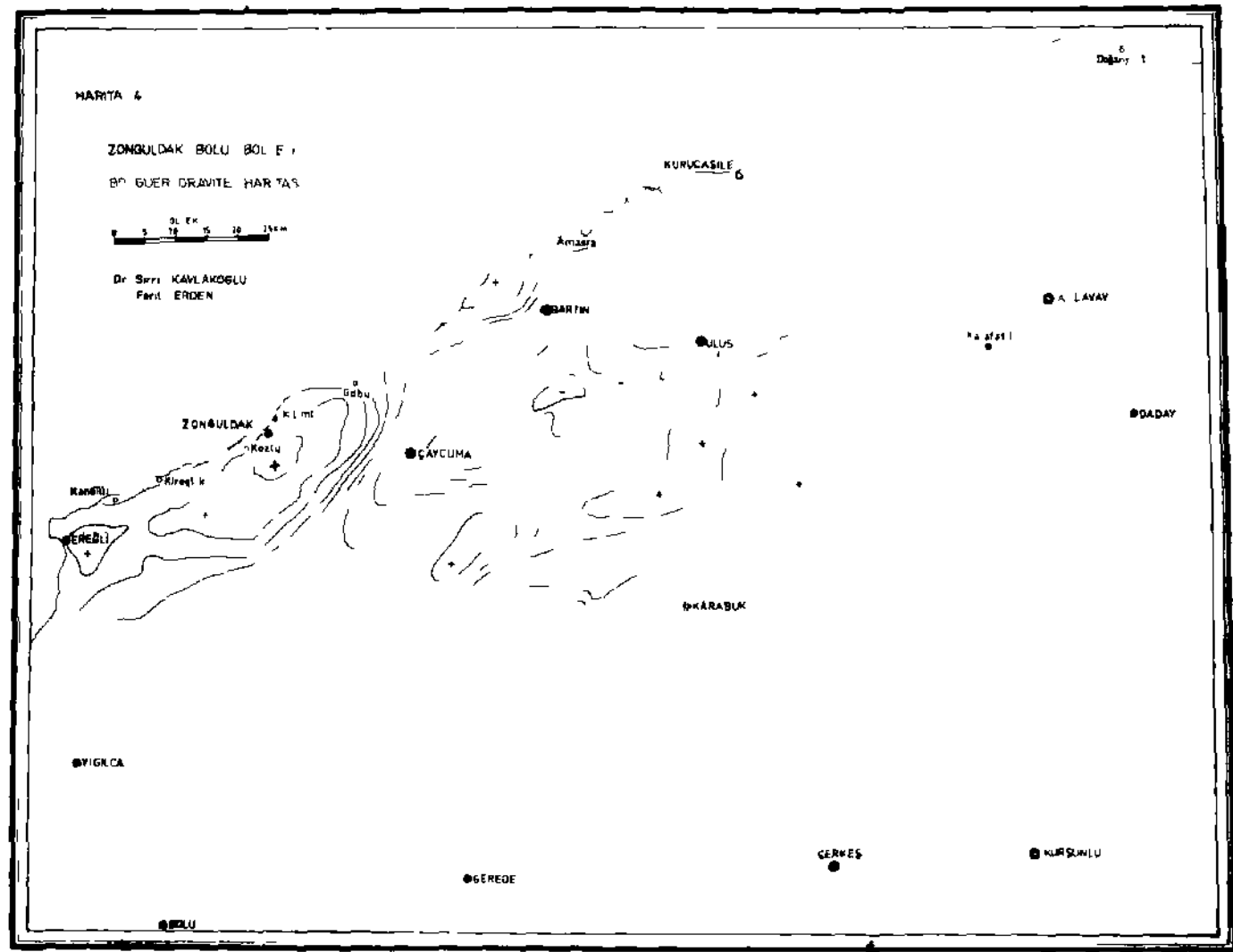


HARITA 4

ZONGULDAK BÖLÜMÜ BÖLGESEL
BİLGİLERİ HARİTASI



Dr. Serrı KAVLAKOĞLU
Faruk ERDEN



söylemek mümkündür. Ve gene güneydeki negatif kapanışla ilgili olan gravi-tektonik trent ve onu takibeden pozitif kapanışa ait gravi-tektonik trent, bölgeye hâkim olan yoğun bir horizonun alçalım ve yükselim eksenlerini göstermektedir. Bunlara uygun olarak meydana gelmiş olan gravite konturlarının sıkışmış olduğu zonların doğrultuları muhtemel fay veya kontak zonlarının doğrultularını göstermektedir. Bunların tay zonlarına karşılık olduğunu kabul ettiğimiz takdirde, bölgeye hâkim yoğun horizona kadar inebilen bir faydan bahsetmiş olduğumuzu hatırlatmak isteriz.

3. Zonguldak - Bolu Bölgesinin Gravi ve Magneto-Tektonik Haritası

Gravi-tektonik ve magneto-Tektonik haritaların bir arada mütalâası, konuyu biraz daha açıklığa kavuşturacaktır. Bu maksatla bölgenin gravi ve magneto-tektonik haritasını çizdik (Harita 6).

Harita 6'da, gravi ve magneto-tektonik trentleri ve ayrıca metalojenik zonları görmekteyiz.

Zonguldak'ın hemen güneyinden geçen ve çift noktalı hatla işaretlenen doğrultu, muhtemel bir kademeli faylanma zonu göstermektedir. Bunun güneyinde sahile paralel bir yükselim ekseni mevcuttur. Zonguldak havzasındaki yükselim ekseni ile Amasra havzasındaki yükselim ekseni birbirinin devamı gibi gözükmektedir. Bunların güneyinde çift çizgiyle gösterilmiş olan tektonik hatlar daha ziyade muhtemel fay zonlarını işaret etmektedir. Daha güneydeki alçalım ekseni ve onun güneyindeki yükselim eksenlerinin sürekliliği ve diğer tektonik hatlarla olan uygunluğu çok ilginç bir durum yaratmaktadır. En kuzeydeki noktalı çift çizgiyle gösterilmiş olan muhtemel kademeli fay zonuna ait magneto-tektonik hat hariç, diğer gravi-tektonik hatlar, daha ziyade bütün bölgede hâkim durumda olan alttaki bu yoğun horizonun tektoniğini yansıtmaktadır.

4. Kömürlü Karbonifer Z onları ve Magneto ve Gravi-Tektonik Harita

Magneto ve gravi-tektonik trentlerle, bölgemizdeki kömürlü karbonifer zuhurlarının diziliş doğrultularını karşılaştırmak için kömürlü karbonifer zuhurlarım ihtiva eden magneto ve gravi-tektonik ve kömürlü karbonifer zuhurları haritasını çizdik (Harita 7).

Harita 7, çok ilginç bir durumu ortaya koymaktadır. Örneğin, kuzeyde Zonguldak havzasındaki yükselim ekseninin kuzey kanadında ve yükselim eksemne paralel olarak kömürlü karbonifer zuhurları bahis konusudur. Buna benzer olarak Amasra havzasındaki kömürlü karbonifer zuhurları, bu havzadaki yükselim ekseninin güneyinde ve ona uygun bir hat boyunca dizilmişlerdir. Aynı durumu en güneydeki yükselimin doğrultusuna uygun olarak, bunun muhtemel uzantısının güney kanadında görmekteyiz.

Böylece, bölgemizde kömürlü karbonifer zuhurlarının diziliş doğrultuları ile magneto ve gravi-tektonik haritasındaki yükselim eksenleriyle oldukça ilginç bir münasebeti tespit etmiş bulunuyoruz. Bilindiği gibi gravi-tektonik haritadaki tektonik (.rentier daha çok bölgede hâkim olan alttaki yoğun bu* horizonun tektoniğini yansıtmaktadır.

5. Sonuç

Taş kömürü ve maden yatakları bakımından oldukça Önemli olan Zonguldak - Bolu Bölgesinde, havadan magnetik ve yerden gravite etüdüleri enteresan sonuçlar vermiştir.

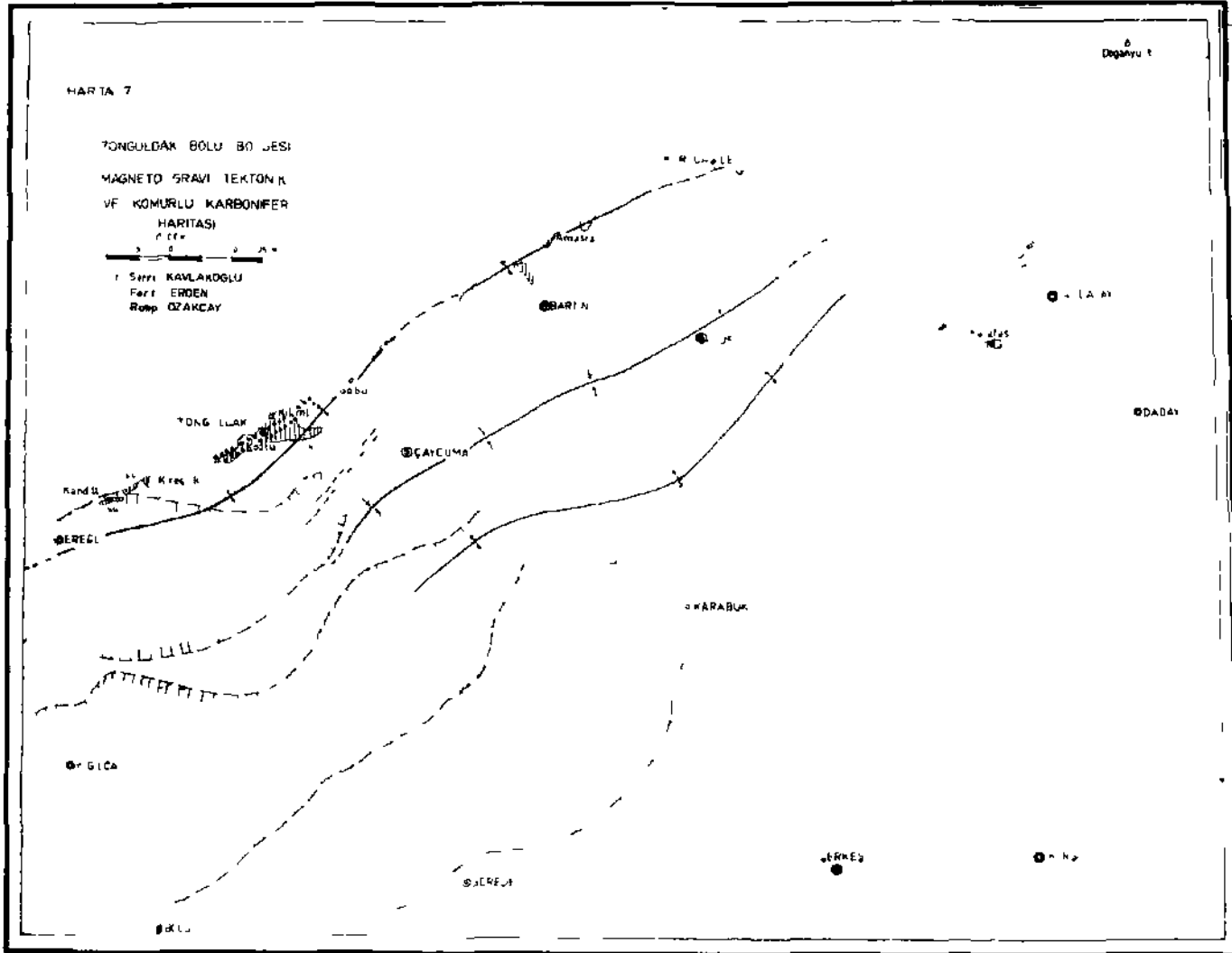
Bölgedeki muhtemel metalojenik zonlar tespit edilmiş ve bölgenin genel tektoniği ortaya konabilmiştir. Bu tektonikle kömürlü karboniferin ilişkisi, Zonguldak havzasındaki yükselimin güney kanadının araştırılması gereğini doğurmuştur. Burada, geniş çapta derin rezistivite etüdülerinin ve bunu takiben bazı sismik çalışmaların yapılması kaçınılmaz bir hal almıştır. Amasra Havzasındaki yükselimin aynı gayelerle etüd edilmesi gerekir. Ayrıca bölgede yükselim eksenlerinin muhtemel uzanımlarının tahkiki için gravite çalışmalarının sürdürülmesi faydalı olacaktır.

HARTA 7

TONGULDAK BÖLÜMÜNE
MAGNETO GRAVİ TEKTONİK
VE KÖMÜRLÜ KARBONİFER
HARİTASI



1. Sınıf KAVLANDIĞI
Fazl ERDEN
Rahip ÖZAKÇAY



Teşekkür

Kuzeybatı Karadeniz Havzası taşkömürü aramalarına büyük önem veren ve bu konuda Enstitü bünyesinde önemli bir arama projesi hazırlattıran M.T.A. Enstitüsü Genel Direktörü Doç. Dr. Sadrettin Alpan'a teşekkürlerimizi sunarız.

Bölgedeki gravite çalışmalarını yöneten ve gravite haritalarının kısa zamanda hazırlanmasında katkısı olan M.T.A. Enstitüsü Jeofizik ve Prospeksiyon Şubesi Süpervizörü Aydok Çahm'a ve mesai arkadaşlarına teşekkür ederiz.

Havadan magnetik haritaların hassas bir şekilde hazırlanmasında büyük çabalar sarfeden M.T.A. Enstitüsü Jeofizik ve Prospeksiyon Şubesi Havadan Prospeksiyon Servisi elemanlarına şükranlarımızı belirtmek isteriz.

Bölgenin doğu kısmında yapmış oldukları geniş çaptaki gravite etüdlerinden yararlanmamızı sağlayan T.P.A.O. Umum Müdürlüğüne teşekkürü bir borç biliriz.

Bibliyografik Tamtam

1. M. Tokay: Karadeniz Ereğlisi - Alaplı - Kızıltepe - Alacaagzı Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Mecmuası, sayı 42/43, Aralık 1952.
2. P. Ami: Şimalî Anadolu Kömür Havzası Stratigrafisi Hakkında Malûmat ve Ereğli - Zonguldak - Amasra Arasında Profesör Jongmans İle Birlikte Yapılan Seyahat Hakkında Rapor. M.T.A. Enstitüsü, Derleme No. 674.
3. F. Charles: M.T.A. Enstitüsü 7946 arşiv numaralı kesit. 1947.
4. S. Yüngül: Zonguldak Karbonifer Jeofizik (Rezistivite) Etüdünün Raporu. M.T.A. Enstitüsü Derleme No. 1768, 1947.
5. M. Tokay: Amasra Bölgesinin Jeolojisi ve Karboniferde Gravite Yoluyla Bazı Kayma Olayları. M.T.A. Enstitüsü Dergisi, sayı 58, Nisan 1962.
6. R. S. A. Patizin: Şimalî Anadolu Kömür Havzası Zonguldak - Kozlu Sahası Jeolojisi. Maden Mecmuası.
7. T. ünay: Zonguldak Kömür Aramaları Gelik - Göbü Sahası Elektrik Sondaj Etüdü Raporu. M.T.A. Enstitüsü Derleme No. 1648.
8. M.T.A. Enstitüsü: Bolu Bölgesi Hava Manyetik Haritaları. M.T.A. Enstitüsü Jeofizik ve Prospeksiyon Şubesi Arşivi.
9. M.T.A. Enstitüsü: Zonguldak Bölgesi Gravite Haritaları. M.T.A. Enstitüsü Jeofizik ve Prospeksiyon Şubesi Arşivi.
10. T.P.A.O.: Doğu Zonguldak Bölgesi Gravite Etüdüleri. Petrol Dairesi Arşivi.

KÜKÜRT YATAKLARININ PROSPEKSİYONUNDA JEOFİZİK - INDUCED POLARIZATION METODUNUN UYGULANIŞI

Ali AKSOY*

özet

Ekim 1971 tarihinde Maden Tetkik ve Arama Enstitüsünün bir jeofizik ekibi İsparta vilâyeti Keçiborlu kazası civarındaki Kumludere ve Kaynardere kükürt sahalarında Induced Polarization etüdü yapmıştır.

Etüdün gayesi kükürt yataklarının prospeksiyonunda İP metodunun tatbik imkânlarını araştırmaktır.

Genel olarak araştırma yapılan saha Priaboniyen - alt miosen fillş fasiyesindedir. NW-SE istikameti tektonik hat boyunca kükürt cevheri mostra vermiştir (Şekil 1).

Durumu sondajlarla önceden bilinen Kumludere kükürt yatağı üzerinde ölçülen İP profil: VIH-VIirde, kükürt cevherli kısım, düşük rezistivite, yüksek frekans effekt ve yüksek metal faktörle karakterize edilmektedir (Şekil 2). Kumludere'de alınan bu sonuçlar Kaynardere sahasında tatbik edilmiştir.

Netice olarak, Keçiborlu tipi kükürt yataklarının prospeksiyonunda Induced Polarization metodu kullanılabilir.

Abstract

In October, 1971 an IP geophysical team of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey undertook an IP Investigation over the sulphur deposits of Kumludere and Kaynardere in the vicinity of Keçiborlu, the urban district of the İsparta province.

The aim of the investigation was to test the applicability of the induced polarisation method to locate sulphur deposits.

Geologically, the strata in the investigated areas consist, in the main, of the "Flysch Fades" of pre-Abonian, Lower

(*) Jeofizikçi, M.T.A. Enstitüsü - Ankara.

Miocene. The occurrence of sulphur is closely controlled by a tectonic feature trending NW-SE (Fig; 1).

When the IP measurements (Line VIII-VIII') taken over the known Kuşludere deposit - previously determined by several drill-holes-were examined, it was concluded that low resistivity, high frequency effect and high metal factor were the indicative criteria of the sulphur deposit (Fig. 2). Following the satisfactory results obtained in the Kuşludere area, further IP studies were carried out in the Kaynardere area.

In conclusion, it is suggested that induced polarisation method can be employed in prospecting for sulphur deposits of the Keçiborlu type.

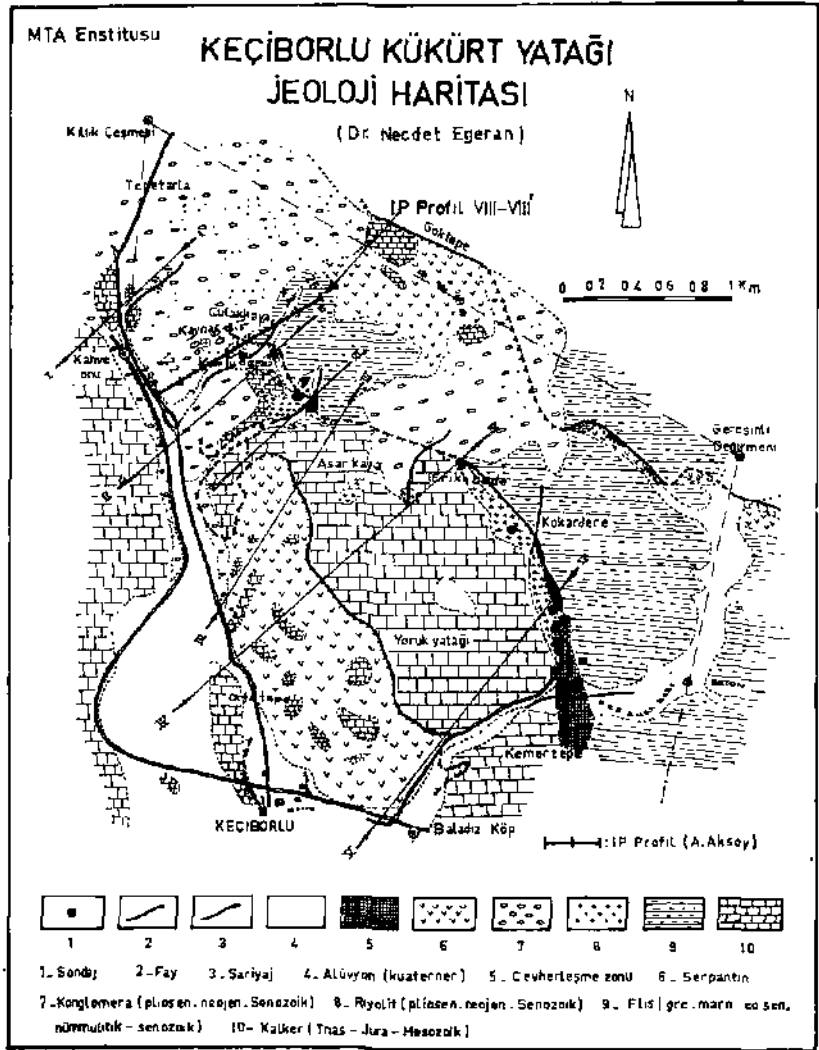
1. Giriş

Ekim 1971 tarihinde M.T.A. Enstitüsünün bir Jeofizik Induced Polarization ekibi Keçiborlu civarındaki kükürt sahalarında test etüdü yapmıştır. Etüdüün gayesi "Induced Polarization" metodunun kükürt yatakları prospeksiyonunda tatbik imkânlarını araştırmaktı.

Şekil 1'de Değirmendere, Kuşludere ve Kaynardere kükürt sahalarının konumu görülmektedir. "Induced Polarization" çalışmaları Kuşludere, Kaynardere ve Yelliyataktepe'de yapılmıştır.

2. Cevherleşme

Şekil 1'de Keçiborlu kükürt sahalarının içinde bulunduğu jeoloji haritası sunulmuştur. Genel olarak filiş formasyonları hâkimdir. NW-SE istikametli tektonik bir hat boyunca filiş içinde ektruzif kayaç oluşmuştur. Bu kayaç sonradan gelen kükürt cevheri için yataklık vazifesi görmüştür. Kükürt cevherinin içinde bulunduğu kısım kayacın aslı görünüşünden ayrı bir görünüşe sahip olduğundan Karaboya formasyonu diye özel bir isim almıştır. Bu formasyon jeolojik prospeksiyon için önem taşıdığı gibi jeofizik prospeksiyon için de önem taşıdığına izaha çalışacağız. Gerek yapısı gerekse içinde kurşun sülfür, çinko sülfürün kükürtle bir arada bulunması bize ideal

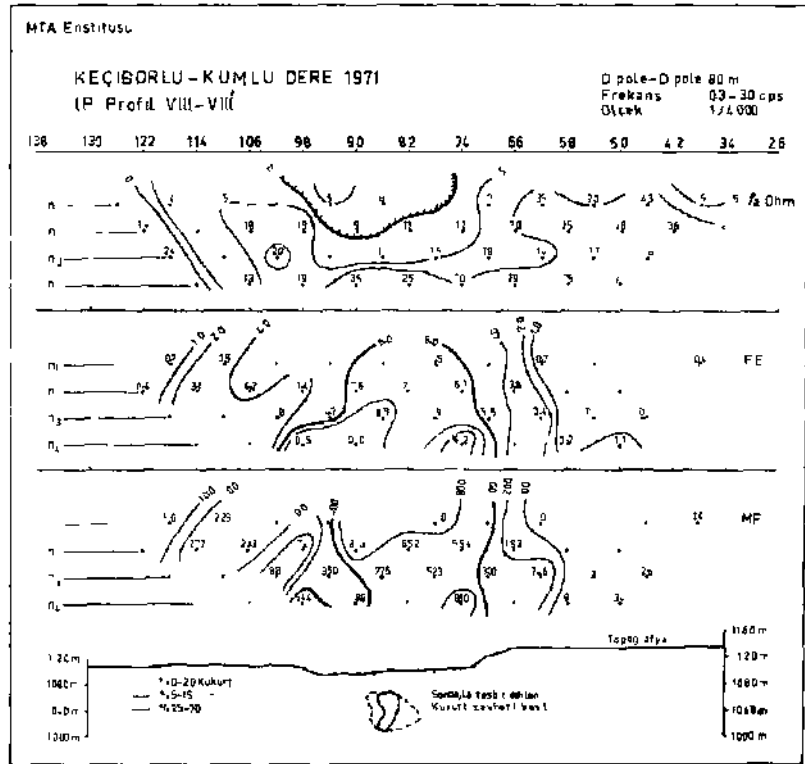


Şekil 1

Induced Polarization şartlarının mevcudiyeti düşüncesini vermektedir. Yapısından kaolinize özelliğe sahip olduğunu kastetmek istedik.

3. Jeofizik

Bu etüdde jeofizik metodlarından Induced Polarization metodu tatbik edilmiştir. Frekans Effekt ölçen Geosience İP aleti kullanılarak dipole - dipole elektrot sistemi tatbik edilmiştir. Bu metodun tatbikatı için tatbik edilecek kısımda hipotez olarak düşünülen kondansatör dolup boşalma hâdisesinin mevcudiyeti lüzumludur. Kükürt cevherinin içinde bulunması şartıyla Karaboya formasyonu induced polarization reaksiyonları için lüzumlu şartları taşıdığı kanaatindeyiz.



Şekil 2

Şekil 2'de durumu sondajlarla önceden bilinen Kumludere kükürt yatağı üzerinde ölçülen İP profil VHE-VIII'nün kesiti sunulmuştur. Kesitte rezistivite, frekans efekt, metal faktör ve cevherin durumu alt alta çizilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi cevherli kısmın rezistivitesi en düşük, frekans efekt ve metal faktörü en büyük değerdedir. Kumludere kükürt yatağında karakteristik bir anomali profili ölçülmüş bulunuyor.

Alınan bu sonuç Kaynardere kükürt sahasında tatbik edilmiştir. Kaynardere sahasında bizim Induced Polarization etüdümüzden Önce Etibank tarafından iki adet sondaj yapılmış olup sondajlar Karaboya formasyonu ve içinde düşük tenörde kükürt cevheri kesmiştir. Sondajlar civarında daha yüksek tenörde cevherleşmenin mevcudiyetini araştırmak gayesiyle Induced Polarization etüdü yapılmıştır. Kaynardere'de ölçülen D? profili incelendiğinde bir anomalinin varlığı fakat Kumludere anomalisi kadar kuvvetli olmadığı görülür. Anomali haritasına göre izafi olarak sondajlar anomali dışarısına isabet etmektedir.

4. Sonuç

Keçiborlu civarındaki Kumludere ve Kaynardere kükürt sahalarında yapılan etüd sonunda varılan sonuç: Bu çalışmalarımıza göre Induced Polarization metodu Keçiborlu tipi kükürt yataklarının prospeksiyonunda tatbiki mümkün gözükmektedir. Bundan dolayı M.T.A. Enstitüsü Keçiborlu civarındaki kükürt sahalarında etüd plânlayıp çalışmalara başlamıştır.

Bibliyografik Tanıtım

1. Egeran, N. (1944) Keçiborlu kükürt yatağı ve yapılan sondajlar hakkında rapor M T A E , Ankara

DENİZ DİBİ MADEN YATAKLARI, ÖNEMLERİ, OLUŞUMLARI VE İŞLETİLMELERİ

Aytin GÖKTEKİN*

özet

Dünyanın hızla artan hammadde ve enerji ihtiyacını karşılamak üzere denizlerdeki yataklardan yararlanmak konusunda büyük çabalar harcanmaktadır.

Denizlerin dibindeki yataklar ya minerallerin yeniden teşekkülü veya karalardan taşınan minerallerin birikmesiyle oluşurlar, içlerinde bakır, nikel, kobalt, altın, gümüş., kalay, çinko, zirkon vb. gibi değerli elemanlar bulunur. Pasifik Okyanusundaki mangan, Doğu Afrika sahillerindeki fosforit yatakları yanısıra Kızıldeniz'deki cevher çamurları içinde bu elemanlar ekonomik ölçüde vardır.

Yatakların işletilmelerinin birçok teknolojik sorununun başında, deniz dibindeki cevherlerin toplanıp su yüzüne iletilmesi gelmektedir. Bu konuda yapılmakta olan çalışmalar henüz gelişme devresindedirler.

Abstract

In order to solve the increasing demand problem of the raw material and energy, lots of effort are made to make use of undersea reserves.

The undersea reserves are formed either by mineralization or by the sedimentation of minerals that are carried from the lands. The undersea reserves may contain some valuable elements, such as copper, nickel, cobalt, gold, silver, tin, zinc, zircon etc. Manganite deposits in the Pacific Ocean, phosphorite deposits at the East Africa coasts and mineral muds in the Red Sea contain these elements in the economical range.

In the exploitation of the undersea reserves, one of the most important technical problem is the mining under sea and its transportation to the surface of the sea. Studies on this subject are still in the development stage.

t*) Doç. Dr., I.T.Ü. Mad. Fakültesi - İstanbul.

Dünya nüfusunun ve insan başına düşen gelirin artışına bağlı olarak, hammadde ve enerji tüketimi de büyük bir artış göstermektedir, önümüzdeki 25 yıl içinde tüketilecek metal miktarının son 2000 yıl içinde tüketilenin tamamına eşdeğer olacağı saptanmaktadır.

20 önemli minerale olan ihtiyacın 1988 yılında bugünkünün iki misline, 2000 yılında ise üç misline çıkması beklenmektedir (1). Fakat önemli minerallerden ancak birkaçının uzun süre ihtiyacı karşılayacak ölçüde var olduğu, diğer birçoğunun, günümüz ihtiyaçlarına cevap vermekle beraber, yakm bir gelecekte kritik bir duruma girecekleri de bilinmektedir (2).

Endüstrileşmenin gelişmesiyle, demir, bakır, krom, manganez, nikel, kobalt, elmas, kalay, alüminyum, çinko, kurşun, tungsten vb. elemanlara, özellikle endüstriyel yönden gelişmiş ülkelerin ihtiyacı çok önem kazanan bir konu olmaktadır.

İnsanların çalışma hayatlarında ve günlük yaşantılarında önemli yeri olan birçok mineral ve metalin değişik yer ve miktarlarda denizlerde var olduğu bilinmektedir. Sahillere yakm sığ bölgelerdeki yataklardan ise bugünkü olanaklarla bile ekonomik işletilebilecek olanlar vardır.

Oluşumları

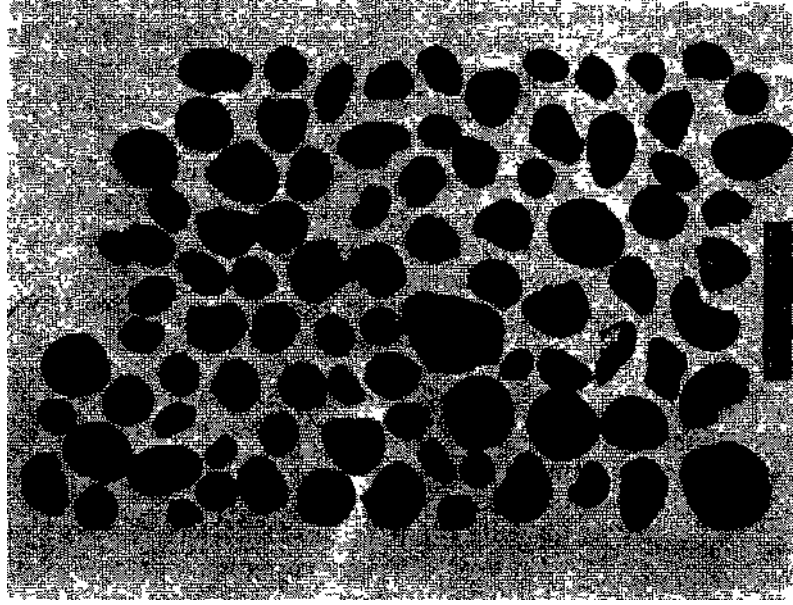
1

Deniz tabanının yüzeyinde veya yüzeyine çok yakm yerlerde bulunan yataklar ya "minerallerin yeniden oluşması" yahut da başka yerlerden taşman "minerallerin birikmesiyle" teşekkül ederler.

Minerallerin Yeniden Oluşması

Deniz dibinde madenlerin varlığı bundan 100 yıl kadar önce İngilizler tarafından yapılan Challenger-Expedition sırasında ilk olarak keşfedilmiştir.

Bunlar özellikle Atlantik ve Pasifik'in derin suları altında (3500-6000 m) yaygın bulunan mangan-yumrularıdır. Çökelmiş mangan parçalarının büyüklükleri 1 mm ile 10 cm arasında değişmektedir.



Sekil 1 — Mangan-Yumruları (Hagemann).

Mangan oksitler ve demir oksitler yumruların ana bileşenleridirler, içlerinde kobalt, nikel, bakır, molibden ve nadir topraklar gibi elemanlar vardır ve miktarları derinlikle değişir. Özellikle bu elemanların ekonomik değerleri Önemlidir. Bu minerallerin oluşumunun Pasifik'te tersiyerde başladığı, tersiyerde yaşamış köpek balıklarına ait diş kalıntılarının yumrular içinde bulunmasıyla anlaşılmaktadır.

Okyanuslardaki mangan zuhurlarının yatak olabilmesi için, tabandaki yumru miktarının 5 kg/m^2 den fazla olması gerekir. Pasifik'te büyük bir bölge boyunca yapılan araştırmalarda bulunan en iyi değerler $12-15 \text{ kg/m}^2$ dir. Daha büyük değerlerin var olduğu da bilinmektedir. Değerli metallerin miktarlarının bakır için %1,1'den, nikel için %1,3'ten az olmaması gerekir. Şimdiye kadar tesbit edilmiş en iyi değerler ise bakır için %1,65, nikeli için %1,85'tir (7).

Yatakların işletilebilmeleri ancak yeterli büyüklükte olmalarıyla mümkündür. Örneğin 1 milyon ton/yıl işletme kapasite-

si için gerekli saha büyüklüğü şöyle hesaplanabilir: İşletme ömrü 25 yıl olarak düşünüldüğünde, gerekli cevher 25 milyon ton olur. Bugüne kadar sığ konusu olan istihsal yöntemlerinde istihsal randımanı en iyi halde %70'tir. Taşıma sisteminin arızasız çalışabilmesi için belirli bir büyüklüğün altındaki ve üstündeki tanelerin istihsal edilemeyeceği saptanmaktadır. Bu nedenle işletme kayıplarının %50 olacağı hesaplandığında, yatakta bulunması gerekli cevher miktarı 65 milyon ton olacaktır. Yatağın cevher muhtevasının 10 - 5 kg/m² olduğu öngörüldüğünde, yatak büyüklüğünün 6.500 -13.000 km² olması gerektiği sonucu çıkar (Marmara Denizinin büyüklüğü 8.300 km²).

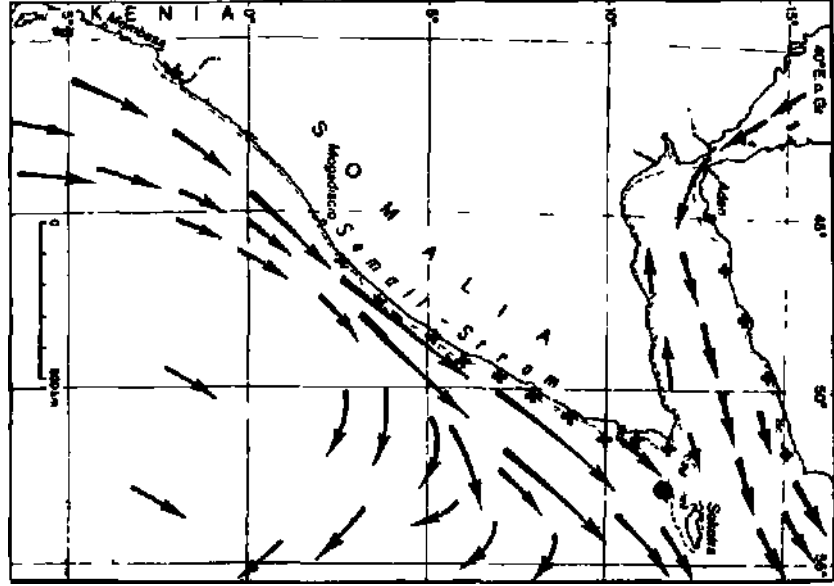
Bugünkü denizlerin dibinde rastlanılan, ekonomik yönden ilginç diğer bir mineral de "fosforit"tir. Fosforitler genellikle derin bölgelerde yumrular halinde, sığ bölgelerde kıt'a yamaçlarının 400 m'ye kadar derinliklerinde kum şeklinde bulunmaktadır, içlerinde fosfatın yanısıra az miktarda stronsiyum, baryum, magnezyum, uranyum, toryum ve nadir topraklar bulunabilir.

Mero'nun (3) tahminlerine göre okyanusların sığ bölgelerinde 3KL⁰¹ t kadar fosforit bulunmaktadır. Fosforit karalarda da çok bulunduğundan, denizlerdeki yatakların ekonomik işletilebilmeleri bölgesel şartlara bağlıdır. Tanınmış yataklar Kaliforniya sahillerinde ve Güney Afrika açıklarında Agulhas - Bankı üzerinde bulunmaktadır.

Fosforitin oluşması için büyük miktarlarda organik maddenin varlığı gerekir. Bu nedenle fosforit özellikle karalardan taşman az miktardaki malzemenin etkisiyle, besin maddesi ve deniz canlılarınınca zengin, derindeki soğuk suların yüzeye doğru yükseldiği yerlerde bulunmaktadır. Bunun için özel okyanus şartları gereklidir.

Somali sahilleri yakınında Kap Guardafui'nin doğusundaki fosforit yumrularını ihtiva eden yataklar bunun güzel bir örneğidir (Şekü 2).

Bu bölge Monsun'ların etkisi altındadır. Rüzgâr yönünün her altı ayda bir değişmesiyle, sahillere yakın yerlerdeki yü-



Şekil 2 — Somali sahillerindeki akıntılar ve soğuk su hareketi.
 O Fosforit yumruları, ? Yüzey akıntıları, -f Soğuk su.
 (W. Schottfa göre).

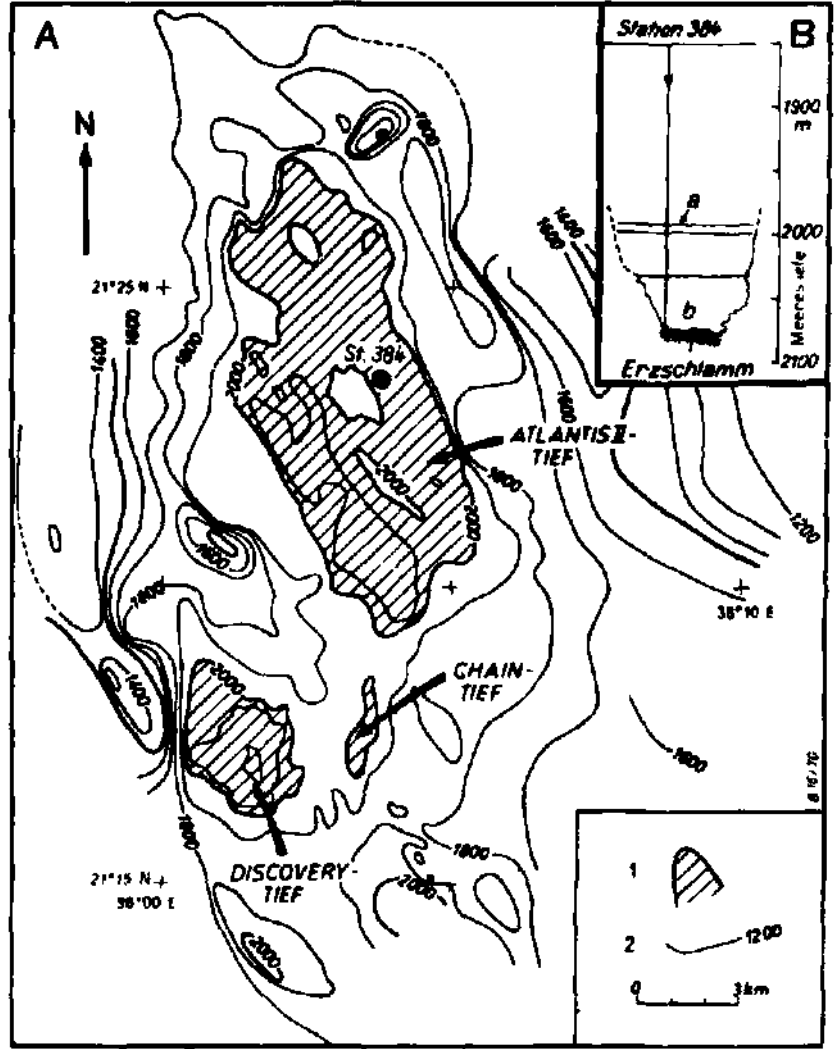
zey akıntıları yönlerini değiştirmektedirler. Kuvvetli bir akıntı olan Somali Akıntısının yönü, yazın, ekvatorun kuzeyinde sahüden açık denize doğru olduğundan, canlıların bol bulunduğu soğuk derin deniz suları sahil boyunca yüzeye çıkarlar. Somali akıntısının subtropikal yüzey suları üe derinlerden gelen sular arasında 7°C'ye kadar çıkan sıcaklık farkları ölçülmüştür. Soğuk suların birdenbire yukarı çıkması subtropikal sularda yaşayan canlıların kitle halinde Ölümüne sebep olmaktadır. Bu tür kitlesel ölümler okyanuslarda fosforit oluşumuna yardım etmektedirler (4).

Birkaç yıl önce Kızıldeniz'in dibinde keşfedilen metal çamurlarının içinde yeniden oluşmuş ilginç minerallere rastlanılmıştır (tane büyüklükleri <100 nm'dir). Büyük bir tektonik çatlak zonunun bir parçası olan Kızıldeniz'in Cidde hizasına düşen kısmında, deniz dibinde üç derin senklinal vardır. Sen-

kUnallerde değişik bileşimlerde, metal ihtiva eden çamurlar tesbit edilmiştir (Şekil 3).

Bunların varlığı, senklinallerde sıcaklığı 58,4°C'ye kadar varan taban sularının çıkmasıyla anlaşılmıştır.

Metal çamurlarının bileşenlerinde metallerin oksit, karbonat ve sülfidleri vardır. Yüksek demir muhtevası yanında man-



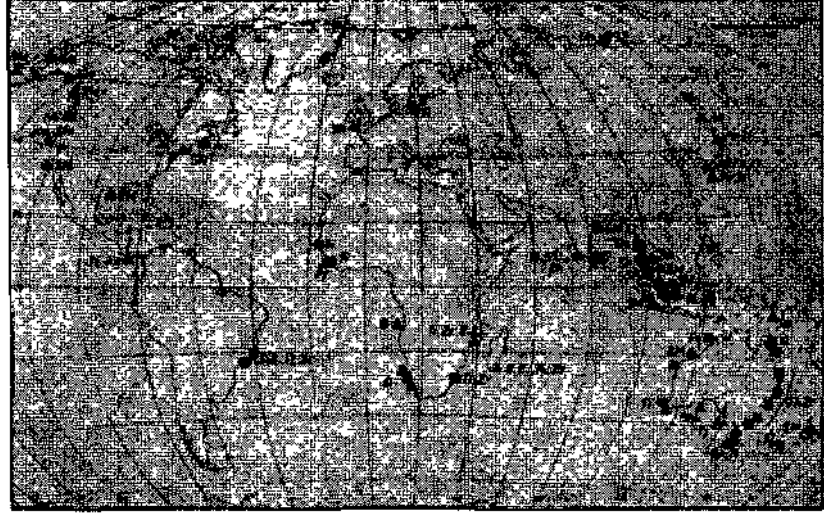
Sebil 3 — Kizilirmak'deki genklinaller ve metal çamurları.

gan, bakır, kurşun, gümüş, altın vb. metaller de değişen miktarlarda bulunmuştur. Yer yer çinko %8,9'a, bakır ise %3,6'ya kadar çıkmaktadır. Bu çamurlar ekonomik yönden ilginçtirler ve yapılan tahminlere göre, Atlantis - II çukurundaki çinko, bakır, kurşun, gümüş ve altının metal olarak değeri 2,5 milyar \$'dır.

Bu metal çamurlarının oluşumu henüz kesin bir açıklığa kavuşmamıştır. Fakat Kızıldeniz'de yaygın olan volkanizmanın buna önemli katkısı olduğu kanısı da bir gerçektir (5).

Taşınan minerallerin oluşturduğu yataklar:

Bu yataklar özgül ağırlıkları aynı veya benzer ($p = 3 - 5$) minerallerin su içerisinde biraraya gelmeleriyle, bugünkü okyanusların sığ veya az derin bölgelerinde oluşmuşlardır (Şekil 4).



Şekil 4 — Okyanuslarda, minerallerin birikmesiyle oluşan maden yatakları. İşletme (sahil veya açıkta), önemli araştırmalar. (W. Schott'a göre).

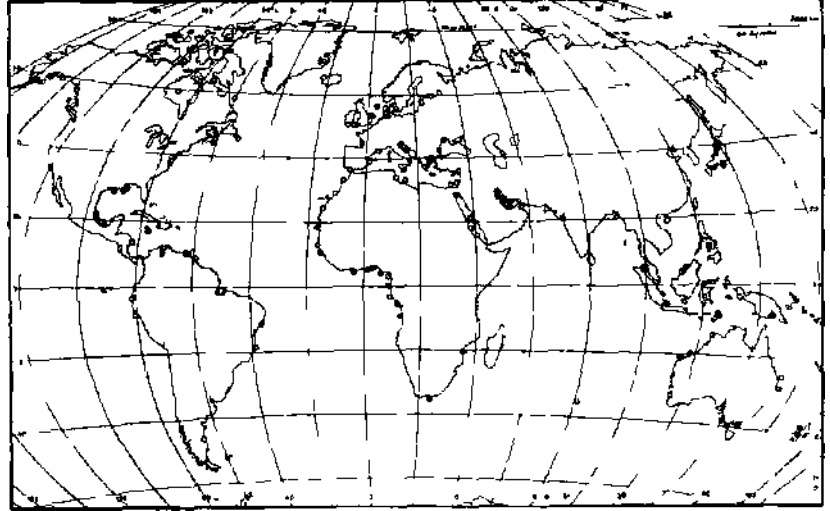
Muhtevaları civardaki kara parçalarının jeolojik şartlarına bağlıdır ve yerine göre elmas, altın, platin, zirkon, rutil, monazit, kalay vb. olabilir. Bugün bu tür yataklardan birçoğu

işletilmektedir. Örneğin Güneybatı Afrika sahillerindeki kum ve çakıllardan elmas, Güneydoğu Asya sahillerinde, özellikle Endonezya adalarının bulunduğu bölgede, kalay cevheri elde edilmektedir. Avustralya'nın doğu sahillerinde ise büyük rutil ve zirkon yatakları senelerden beri işletilmektedir. 1968 yılında dünya rutil istihsalinin % 93'ü, zirkon istihsalinin ise % 83'ü bu bölgeden elde edilmiştir.

Denizlerin Altındaki Hammaddeler

Denizin tabanını teşkil eden kayalar içinde, kıt'asal yamaç bölgesinde, kaya tuzu, kükürt, kömür ve özellikle petrol ve tabii gaz yatakları vardır. Örneğin İngiltere'de, Şili'de, Japonya ve Taivan'da denizlerin altındaki kömür yatakları işletilmektedir. Bu durumda denizin altında bulunan tabakalar genellikle karalardaki tabakaların bir devamını teşkil etmektedirler.

Son yirmi sene içinde denizlerde petrol ve tabii gaz aramaları gittikçe artan bir hızla gelişmiş ve büyük bir önem kazanmıştır. Günümüzde dünya petrol istihsalinin % 20'ye yakını



Şekil 5 — Okyanusların sıg bölgelerindeki petrol ve tabii gaz yatakları. (W. Schott'a göre).

deniz altındaki yataklardan elde edilmektedir. Bu miktarın 198Ö'de 'r50'ye çıkacağı tahmin edilmektedir.

Denizlerin Altındaki Maden Yataklarının Aranması

Denizlerin altındaki maden yataklarının aranmasında uygulanan yöntemler ve kullanılan araçlar karalardakinden farklıdır. Aramalar sırasında aşağıdaki işlerin yapılması gerekir (6) :

1. İlgili yerde denizaltı topografyasının çıkarılması.
2. Arama yapılacak yerin tekrar bulunabilmesi için pozisyonunun belirlenebilmesi.
3. Deniz dibindeki muhtemel engellerin tesbiti (kablo, pipeline, enkaz vb.).
4. Deniz altı tabakalarının jeofizik yöntemlerle incelenmesi.
5. Deniz dibinin televizyon kameraları, fotoğraflar yardımıyla gözlenmesi.
6. Okyanusa ilişkin önemli bilgilerin tesbiti (akıntılar, dalgalar, tuzluluk, sıcaklık vb.).
7. Numune alma.
8. Büyük miktarda numune alma (cevher hazırlama deneyleri için).

Elde edilen bilgiler yatağın jenez ve kalitesi hakkında bilgi verirler.

Yukarıda sayılan işlerin yapılması sırasında ortaya birçok teknolojik sorunun çıkacağı açıktır. Bunlardan Özellikle şunlar önemlidir:

- Pozisyon tâyini kıyıda uzaklaştıkça güçleşmektedir. Kıyıdaki noktaların pozisyon tâyininde kullanılabilmesi halinde doğruluk birkaç metredir. Açık denizlerde ise birkaç kilometreden fazla olabilmektedir. Sunî peyklerden yararlanarak doğru ölçümler yapmak mümkündür, fakat bu ancak belirli zamanlarda yapılabilir.
- Deniz dibi yer tesbiti yöntemlerinin geliştirilmesi, numune alıcılarının önceden belirlenmiş yerlere indirilebilmesi yönünden önemlidir.

- Derin deniz dibinin topografyasının çıkarılmasında kullanılan yöntemler daha da geliştirilmelidir.
- Ölçmelerin doğruluğu ve bunlar için harcanan zaman arasında bir optimum bulmak gerekir. Bu konuda numune almadan yararlanılmaktadır. Geliştirilecek seri numune alıcılarla bu sorunun çözümü daha da kolaylaşacaktır. Gevgek, killi ve kumlu tabakalardan numune alarak bunları bozulmadan gemiye çıkarmak numune alıcıların başlıca özelliğidir.

Denizlerin Altındaki Maden Yataklarının İşletmeleri

Karalardan taşınan minerallerin birikmesiyle oluşmuş yatakların işletmelerinde genellikle baggerler kullanılmaktadır. Bu tür yataklarda derinlik pek ender durumlarda 50 m'nin üzerine çıkmaktadır. Denizlerde kullanılan baggerlerin güçleri karadakilerden oldukça küçüktür ve bu nedenle işletme masrafları daha fazladır. Daha büyük güçte araçların kullanılması ve artan derinliklerde kullanılmak üzere baggerlere yardımcı su altı işletme makinelerinin geliştirilmesiyle mevcut bu tür birçok yatağın ekonomik işletilmesi mümkün olacaktır.

Derin denizlerin dibindeki mangan yumruları ve metal çamurlarının işletmeleri çok daha zor ve masraflıdır. Henüz bu konuda elde edilmiş tecrübelerin az oluşu ve derinliğin az olduğu yerlerdeki çalışmalara dayanması, sorunun pratik çözümünü güçleştirmektedir. 1970 yılı yazında Deep Sea Venture Incorp. tarafından Florida açıklarında Blake - Plateau mevkiinde yapılan çalışmalarla 1000 m derinlikten mangan yumruları istihsal denemeleri yapılmıştır. Denemeler sırasında halat ucunda deniz dibine indirilen kepçeler kullanılmıştır.

Bu tür yatakların ekonomik işletilebilmeleri için uygulanabilecek yöntemler "süreksiz çalışan yöntemler" ve "sürekli çalışan yöntemler" olmak üzere iki gruba ayrılır.

Süreksiz çalışan yöntemlerde örneğin bir halata bağlı kablolar cevheri su yüzüne taşımaktadır. Diğerinde ise cevherin deniz dibine kadar uzatılan bir boru içerisinden sürekli olarak

yukarıya taşınması söz konusudur. Bu sistem soruna optimal bir çözüm getirecek niteliktedir.

Üzerinde durulan sistemler hidrolik istihsal sistemleridir. Bu amaçla su altında veya yüzeyde çalışan pompalardan ya-

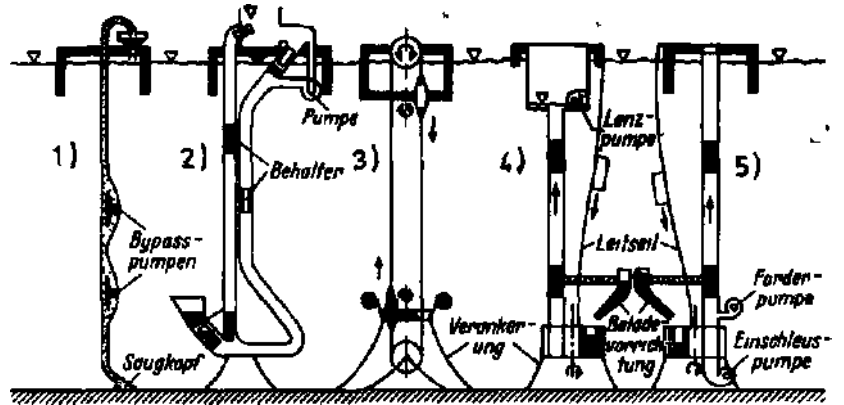


Şekil 6 — Deniz dibinden mangan yumrularının çıkarılışı (derinlik 1000 m).

rarlanılır. Sistemlerin en büyük dezavantajı, deniz altına uzanan boru uzunluğunun engebelere uyacak biçimde uzayıp kılınmasının gerekeceği ve aşınmaların fazla oluşudur.

Denizin tabanında bulunan cevherlerin istihsalinde uygulanması düşünülen birçok sistemlerden bazıları aşağıda şekilde gösterilmiştir (Şekil 7).

Birinci hidrolik sistemde denizin dibine kadar tek boru inmekte ve alt ucu emme başlığı olarak çalışmaktadır. Boruya eklenen by-pass pompaları ile "su yukarı doğru hareket ettirilmekte ve bu arada cevher parçaları da birlikte yukarıya taşınmaktadırlar.



Şekil 7 — Deniz dibindeki cevherlerin istihsalı için öngörülen sistemler: 1. Hidrolik İstihsal (katı/sıvı), 2. Çift borulu, kaplı istihsal, 3. Kablolu istihsal, 4. Tek borulu Lenz sistemi, 5. Tek borulu basınçlı su sistemi.

ikinci sistem "çift borulu istihsal yöntemidir". Deniz dibine kadar indirilen çift borunun birinden boş cevher kabloları aşağıya doğru basılan su ile hareket ederek dibe inmekte ve siloda dolduktan sonra yukarıya yine suyun yardımıyla gelmektedir.

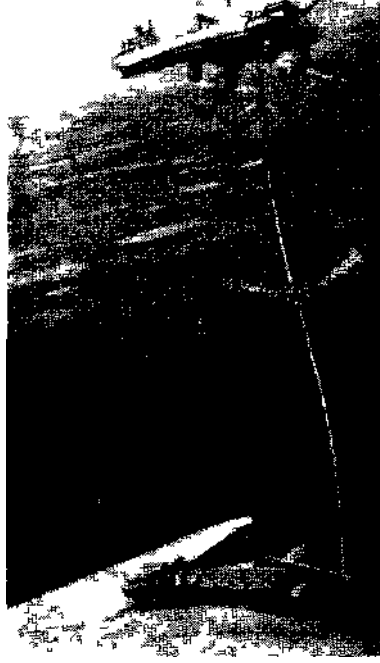
Üçüncü sistem mekanik bir sistem olup halata bağlı kabloların depodan doldurulup yukarı çekilmesi şeklinde çalışır.

Dördüncü sistem tek borulu hidrolik bir sistemdir. Cevher kabloları bir halat boyunca dibe indirilip siloda dolduktan sonra boruya geçirilmekte ve boru içerisinde yukarı doğru hareket eden su ile birlikte yükselip yüzeye gelmektedir.

Diğer bir hidrolik sistem ise şekilde en sağda görülen tek borulu sistemdir ve bir öncekinde olduğu gibi cevher taşıyan kablolar bir halat boyunca deniz dibine inip dolarak boruya girmekte, fakat diğerinden farklı olarak, borunun alt ucuna yerleştirilmiş santrifüj pompaların verdiği basınçlı suyun hareketiyle yukarıya çıkarılmaktadır.

Görüldüğü gibi sistemlerin çoğunda cevher belirli bir depodan yüklenmek durumundadır. Cevherin toplanıp depoda biriktirilmesi sorunun diğer zor yönüdür. Şekil 8'de bu işlem için öngörülen yine birçok makineden birisi görülmektedir.

Maden çamurlarının istihsalinde ise su dibine indirilecek bir borudan çamurun emilerek yukarıya çıkarılması akla en yakın gelen yöntemdir. Bu takdirde emici başlığın, ilerleme hızı düşük olacak büyüklükte seçilmesi gerekmektedir.



Şekil 8 — Okyanuslarda cevher istihsalı.

Çıkarılan cevherlerin hazırlanmasına ilişkin çalışmalar henüz gereği gibi yapılamamıştır. Fakat bilinen yöntemlerle ayırımın büyük ölçüde gerçekleştirilebileceği kamsı yaygındır (8).

Denizlerin altındaki yataklarda bulunan petrol ve tabii gazın işletilmesi cevherlerinki kadar güç olmamaktadır. Çalışılan su derinlikleri halen 400-500 m'ye erişmiştir. Cevher yataklarının kine göre bu derinlikler fazla olmamakla beraber büyük yatırımları gerektirmektedir.

Sondaj ve istihsal işlemlerinde plâtıformlardan yararlanılmaktadır. Bunlar çalışılan yerlerdeki deniz şartlarına göre de-

ğışık tiplerdedirler. Son zamanlardaki gelişim kendi kendine hareket edebilen ünitelerin yapılması yönündedir.

Okyanuslardaki cevher yataklarının işletilmesi birçok sorunu olan yeni bir konudur. Sorunların çözülmesi için gerekli çalışmaların verimini arttırmak üzere ulusal çalışmalar yanı sıra uluslararası çalışmalar da yapılmaktadır. Arama ve işletme için gerekli teçhizatın geliştirilmesi ve imali büyük yatırımları gerektirdiğinden uluslararası koordinasyon bazı alanlarda kaçınılmaz olmaktadır, insanlığın geleceği bakımından büyük önem taşıyan okyanuslara ve ihtiva ettikleri kaynaklara ilişkin çalışmaları izleyip yurdumuz olanakları yönünden değerlendirilmelerini yapmak, muhakkak ki ihmal edilmemesi gereken bir konu olarak önümüzde durmaktadır.

Bibliyografik Tanıtım

1. Boıgk, H. u. H. Porth: "Zur Frage der Erdöhlöffigkeit des Aussenschelfs und des Kontinentalabhanges". Erdöl und Kohle - Petrochem. Verein Brennstoff-Chemie, 23 (1970), s. 137/44.
2. Dean, J. T.- "Future Offshore Needs and Potential in Deep Ocean Environments". VTTnin düzenlediği seminer, 1970 Celle.
3. Mero, J. L.: "nie Mineral Resources of the Sea". Elsevier, Amsterdam 1965.
4. Schott, W.: "Möglichkeiten der Nutzung mineralischer Rohstoffe aus dem Meeresboden und dem Meeresuntergrund". Inter ocean 70, Bd. 1, s. 23. VDI-Verlag, Düsseldorf.
5. Degens, E. T.; u. Ross, D. A.: "Hot Brines and Recent Heavy Metal Deposits in the Red Sea". Berlin, Springer 1969.
6. Sassmanshausen, G.: "Technische Probleme der Nutzung der marinen Lagerstälten". Inter ocean 70, Bd. 1, s. 29. VDI-Verlag, Düsseldorf.
7. Hering, N.: "Aufsuchen und Ausbeuten von Manganknollenvorkommen "Probleme", Entwicklungsstand und Aussichten". Mineralische Rohstoffe aus dem Meer. Vortragsmanuskripte, Bd. II, s. 136, TU-Clausthal.
8. Clement, M.: "Einführung in die Fragen der Aufbereitung mariner Mineralrohstoffe". Mineralische Rohstoffe aus dem Meer. Vortragsmanuskripte, Bd. H, s. 261, TU-Clausthal.

BOR'UN KULLANIMI, TÜKETİMİ VE ULUSAL GELİRE KATKI OLANAĞI

Işık ÖZPEKER*

Özet

Bor'un, çeşitli endüstri ürünlerinde, geniş kullanılma olanağı ham ve yarı işlenmiş borat yoğaltımını hızla arttıracaktır. Türkiye'de ham borat üretimi, dış ülkelerde genişleyen, yoğaltım - çoğaltım ilişkilerine bağımlı gelişecektir. Tahminimize göre, 2000 yılında Türkiye'nin bor üretimi, alt sınırı 195.000 T.B. olan, üst sınırı 330.000 T.B. olan, olasılık aralığı içinde salınacaktır. Sağlanacak gelir 107.445 milyon \$ ile 181.183 milyon \$ arasında değişecektir. Son on yıldaki, %5.2'lik artış oranı, tahmin yapılan devre sonuna, yani, 2000 yılına kadar korunabilirse, üretim 250.000 T.B.'a ulaşacak, 137,75 milyon \$ gelir sağlanacaktır.

Abstract

The possible large use of boron in different types of industrial products will rapidly increase the demand of borates in crude and manufactured forms as boric acid and borax salts. Production of crude borates in Turkey will relatively expand enlarging demand and supply relationships in foreign countries. It is estimated that annual production of boron would have alternated in between forecast range, from 195.000 T., as a low limit, to 330.000 T. per year, as a high limit, by the year 2000. If it keeps annually growing on %5.2 expansion rate trend, which is the mean expansion rate of the recent ten years' production, 250.000 T.B. will be produced and 137,75 milyon \$ income obtained.

Giriş

Bor, yer kabuğunun bileşimine giren elemanlar içinde yaygın olmayanlar arasında yer alır. Doğada, magmatik, me-

(*) Dr. Maden Y. Müh., I.T.Ü. Maden Fakültesi - İstanbul.

tamorfik kayalarda borasihkat, tortul kayalarda daha çok boratlar halinde bulunur. Endüstride geniş kullanılma alan bulan bor bileşiklerinin boratlardan üretilmesi, borat yataklarına, özellikle önümüzdeki yıllarda çok önem kazandıracaktır.

Türkiye'de son 20 yıldır yapılan araştırmalar sonunda büyük borat yatakları saptanmış ve borat madenciliği hızla gelişerek, Türkiye'nin, borat istihsalinde A.B.D.'nden sonra ikinci sırayı almasını sağlamıştır. Günümüzde dünya borat üretiminin % 70'ini A.B.D, % 18'ini Türkiye, % 12'sini de diğer ülkeler sağlamaktadır. Önümüzdeki yıllarda bu dengenin Türkiye lehine bozulacağı umudunu taşımaktayız.

Dünya bor rezervi uzun süre tüketimi karşılayabilecek niceliktedir. Türkiye'nin borat rezervi kesin olarak saptanmamıştır. 1963 yılında bulunan Kırka boraks yataklarında, Eti-bank'ın işletmeye hazırladığı Sarıkaya'da borat rezervi 480 milyon ton civarındadır (7). Aynı bölgede, Türk Boraks Kuruluşuna ait sahada yabancı kaynaklardan edindiğimiz bilgilere göre 200-300 milyon ton borat rezervi vardır (5). Emet, Bigadiç, Kestelek ve Kırka civarındaki diğer yatakları da katarsak, borat rezervinin kabaca bir milyar ton'a ulaştığını varsayabiliriz.

Tablo 1'de dünyanın bilinen borat yataklarının umulan bor rezervi ve % B²O₃ oranları gösterilmiştir.

Tablo 1

	Bor Rezervi (Milyon S. Ton)	% B²O₃
Türkiye	110	40-50
ABD	36	25-45
SSCB	15	35
Ajantin	3	35
Şili	3	35
Diğerleri	3	35
T o p l a m	170	

Bor içeren yüz'ü aşkın mineral vardır, ancak bunlardan belirli sayıda bor minerali ticari önemdedir. Tablo 2'de bağh-calarının kimyasal formülleri ve içerdikleri /iB-O., oranı ve-rilmiştir.

Tablo %

Mineralin Adı	Kimyasal Formülü	% B.O.
Boraks	$Na_{10}O_3 \cdot 2B_2O_3 \cdot 10H_2O$	36.6
Kerniti	$Na_2O \cdot 2B_2O_3 \cdot 4H_2O$	51
Kolemanit	$2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 5H_2O$	50.9
Uleksit	$2CaO \cdot Na_2O \cdot 5B_2O_3 \cdot 16H_2O$	43.1
Pandermit	$4CaO \cdot 5B_2O_3 \cdot 7H_2O$	50
Hidroborasit	$MgO \cdot CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 6H_2O$	50.7
Borasiti	$6MgO \cdot MgCl_2 \cdot 8B_2O_3$	63.3
Sajoliti	H_3BO_3	17.7

Bor Ürünleri ve Özellikleri

Elementer bor, kristalize veya amorf şekildedir. Kristalize bor siyah, sert, kırılğan, katı bir maddedir. Amorf tipi kahve-rengimsi siyah bir tozdur. 2300°C'de ergir, atom ağırlığı 10,82'dir, % 90-99 aralıkta pazarlanır.

Ferrobör %0,2 - 24 oranında bor içeren bor demir alaşı-mıdır. Alaşım çeşitli tane büyüklüğünde satılır. Bor oksit sert, kırılğan cama benzer renksiz bir katıdır. Granüler ve toz ha-linde üretilir. Boraks, dekahidrat ($Na_2O \cdot 10H_2O$), penta-hidrat ($fNa_2B_4O_{10} \cdot 5H_2O$) ve susuz olarak, çok tanınan bir bi-leşiktir. Normal olarak %99,5 aralıkta, toz, granüler veya kris-talize şekillerde pazarlanır.

Borik asid (H_3BO_3) renksiz, kokusuz kristalize katı bir maddedir. Kristalize, toz veya granüler tiplerde satılır.

Bor'un hidrojenle olan bileşikleri hidrokarbonlara benzer bir seri meydana getirir. Bor hidrürlerden diboran (B_2H_6) gaz, pentaboran (B_5H_{11}) sıvı, dekaboran ($B_{10}H_{12}$) katıdır. Diboran ve dekaboran serisinin ısısal değerleri 31.200-29.200 B.T.U./pound arasında değişir.

(1) Yurdumuzdaki yataklarda rastlanmamıştır.

Bornitrür (BN) mum parlaklığında beyaz, katı bir maddedir. Okside ortamda 850°C. inert ortamda 2500°C sıcaklığa dayanır. Lifler halinde üretilir. Liflerin gerilme mukavemeti ve modül değeri yönünden cam liflerinininkine eşdeğerdir, fakat çok hafif ve yüksek sıcaklıklarda daha dayanıktır. Yüksek basınç ve ısı altında kübik sistemde kristallenir, sertliği elmasa çok yalıdır.

Borkarbür (B₄C) kok'un bor oksitle 2600°C'de reaksiyonu ile üretilir. %99 arılıktadır. Bilinen en sert maddelerden biridir.

Kullanıldığı Alanlar

Cam - Cam Eşya Sanayii: Borlu camlar yüksek ısıya dayanıklı, berrak, esnek camlardır. Çok ince iplikler halinde çekilebüme özelliği, cam yünü, cam pamuğu ve elyafı yapımında geniş kullanılmaya olanağı sağlamıştır.

Sabun ve Deterjan Sanayii: Boraks ve asitborik, antiseptik Özelliği, suyu yumuşatma ve suda kolayca erime özellikleri nedeniyle sabun, deterjan ve diğer temizleyicilerde, diş macunu, ağız yıkama, göz yıkama müstahzarlarında da kullanılmaktadır. A.B.D.'nde bu dalın tüketim payı %16'dır.

Emaye Sanayii: Gerek koruyucu kaplama sağlamak, gerekse dekoratif amaçlarla buzdolabı, çamaşır makinası, fırın ve diğer mutfak eşyaları, endüstriyel aletlerde, emaylama hızla gelişmektedir. A.B.D.'nin tüketiminin %14'ünü kapsamıştır. Porselen ve seramik sanayünde de sır olarak kullanılmaktadır.

Tarım Alanında; Bitkilerin az da olsa bora ihtiyaçları vardır. Bu nedenle bor yönünden fakir topraklara boraks içeren sunî gübreler katmak çok yararlı olmakta, bitkilerin gelişmesini sağlayarak, verimi artırmaktadır. Bor, zararlı bitkileri yoketme amacıyla da tarımda kullanılmaktadır. A.B.D. tüketiminin %14'ü bu alandadır.

Lehimcilik: Bor bileşikleri, erime ısını düşürme özelliğinden ötürü kaynak ve lehim işlerinde kullanılmaktadır. Bu amaçla yapılan tüketim A.B.D.'nde %2 civarındadır.

Bor, belirttiğimiz ana kullanım şekillerinin dışında, birçok sahalarda az oranda tüketilmektedir. Çelik alaşımlarının sertleştirilmesinde, atom reaktörlerinde nötron absorbanı, gecikmeli tapalarda, radyo tüplerde ateşleyici, güneş enerjisiyle çalışan akümülatörlerde kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Elementer bor demir dışı metalürjik reaksiyonlarda reaktan olarak da kullanılır.

Borkarbür, titanyum borid, tungsten borid gibi bileşikleri, bilinen en sert maddelerdir. Borkarbür, aşmaya dayanıklı makina aksamı yapılmasında, atom reaktörlerinde kontrol elemanı, radyasyon önleyici zırh malzemesi, ultrasonik öğütmede aşındırıcı olarak kullanılmakta, delici matkap uçları yapımında da yararlanılmaktadır. Bor nitrür, ucuzluğu nedeniyle, sert malzemeyi (Özellikle sert çelikleri), yaş ve kuru metotla aşındırmada elmasın yerine geçebilecektir.

Katalizör olarak borklorür, süis üretiminde; borflorür, polimerizasyon, esterleşme ve alkalileşme gibi organik reaksiyonların hızlandırılmasında kullanılmaktadır. Borun organik bir bileşiği, benzini temizlemek ve erken ateşlemeyi önlemek için, benzine katılmaktadır.

Diboran, pentaboran, dekaboran gibi hidrojenle olan bileşiklerinin ve alkil boranların jet ve roket yakıtı olarak kullanılma olanakları büyük potansiyel sağlayabücektir. Ekzot gazının zehirli etkisi önlenebüdüğü takdirde, borhidrürler gelecekte bugünün petrolü kadar önemli olacaktır.

Son zamanlarda, elyaf halindeki arı boru, epoks demlen sunî reçinelerle veya alüminyum levhalarla preslenerek elde olunan plâklar, çok hafif olmalarına rağmen, gerilme mukavemetlerinin çeliğe eşdeğer olması, konstrüksiyonlarda, gemi, uçak sanayiinde, inşaat alanında, geniş uygulama olanağı yaratabilecektir.

Tüketim: 1968 yılında dünya bor üretim ve tüketimi Tablo 3'te gösterilmiştir (2).

Görüldüğü gibi A.B.D. dünya üretiminin %70'ini sağlamakta, tüketime de %36 oranında katılmaktadır. Bor üretimi-

Tablo 3

	Üretilen Bor (Ş.T.)	Tüketilen Bor (Ş.T.)
A.B.D.	168.873	87.000
Türkiye	43.965	
S.S.C.B.	23.648	23.648
Diğerleri	2.662	128.500
T o p l a m	239.148	239.148

nin [£]/64'ünü de Avrupa ülkeleri, Japonya ve Rusya tüketmektedir. Bunlar dışında kalan ulusların bor tüketimi yok denecek derecede azdır. Buradan çıkan sonuç, bor tüketimiyle ulusal gelirin doğru orantılı değiştiğidir. Kuşkusuz bu kural, tüketim maddelerinin büyük çoğunluğu için geçerlidir.

Türkiye'de bor tüketimini kesin olarak saptayamamış olmakla beraber, önemsenmeyecek oranda olduğunu kabul edebiliriz. Önümüzdeki 30 yıl içinde, Türkiye'de gelişebileceğini umduğumuz borat tüketen endüstri dalları:

- a) Borik asit ve boraks tuzları sanayii,
- b) Deterjan ve sabun sanayü,
- c) Cam, cam eşya, cam yünü ve pamuğu sanayii,
- d) Emaçlama sanayii,
- e) Tarım dalı.

Bu dallarda tüketimin kalkınma hızına paralel olarak ortalama %7 oranında artacağını kabul edebiliriz, yalnız deterjan sanayünde ve tarımda bu artış nüfus artışı ile ilgili olduğundan, % 9,5-10 gibi biraz daha yüksek orana varabilir. Varsaydığımız gelişmeler gerçekleşse bile iç tüketim borat üretiminde büyük artışlar sağlayacak niteliğe kavuşamayacaktır. Kalkınma plânları 1995 yılında, ulusal gelirin, bugünkü İtalya'nın gelir düzeyine ulaşmasını amaçladığına göre, kişi başına düşen bor tüketimi İtalya'nın bugünkü düzeyinde kalacaktır demektir. Borik asit ve boraks tuzları üretiminin artması iç tüketim olarak görülecekse de, gerçekte bu ürünlerin büyük oranı ihraç edileceğinden, iç tüketimden bağımsız gelişecektir. O halde Türkiye'deki borat üretimi dış tüketime orantılı ola-

rak büyüyecektir. Bu nedenle, teknolojik ilerlemenin dış tüketime etkilerinin neler olabileceğini araştırmak yararlı olacaktır.

Cam sanayimde borun kullanımı hızla büyümektedir. Özellikle, cam yapma tekniğindeki ilerlemeler, cam ve cam elyaf malzemelerin, daha pahalı olan ağaç ve metal malzeme ile rekabet edebilmelerini sağlayacak, geniş tüketim olanağı yaratacaktır. Diğer yönden, plâstik malzeme belirli alanlarda borlu camların ciddi rakibidir. Örneğin, kırılmaz plâstik şişeler, saydam plâstik plâklar, birçok sanayi dallarında cama tercih edilecektir. Eğer plâstik malzemenin gelişmesi bu yönde ağır basarsa, cam, dolayısıyla bor tüketimi düşebilecektir.

Sabun ve deterjan sanayiinde bor tüketimi, dünya nüfusunun artmasına ve az gelişmiş ülkelerin gelişme çabalarına bağımlı olarak değişecektir. Bor yerine geçebilecek maddelerin, bordan pahalı olmaları, bu dalda bor tüketiminin azalma ihtimalini zayıflatmaktadır.

Emaylama dahnda, preslenmiş plâstik panoların, emaylanmış çelik yerine kullanılması olanağının doğması, bor tüketimini bu alanda sınırlı olarak etküeyebilecektir. Diğer yönden, buzdolabı, çamaşır makinası vs. endüstri dallarında yoğaltım artacağından, bor tüketimi de yükselecektir. Borun tarımda kullanılması, nüfus çoğalmasından hızlı olacaktır. Çünkü, işlenen topraklar bor yönünden fakirleşmektedir. Yalnız, mahsule zarar veren bitkilerin ortadan kaldırılmasında, bor yerine yeni organik bileşikler bulunabilir ve bor tüketimini azaltabilir. Lehim ve kaynak işlerinde bor tüketiminin artması, yüksek mukavemetli plâstik bağlayıcıların veya çimentolayıcı unsurların gelişimine bağlıdır.

Araştırma halinde olan diğer bir konu, BOF (Basic Oxygen Furnace) usulüyle çelik elde etmede, floritin yerine, kalsine edümemiş kolemanitin kullanılma olanağı ve yararlarını saptamaktır. Yapılan denemeler sonucu, kolemanit firma şarj edüdiğinde, kirecin cüruf içinde katılaşmasını geciktirmekte, ısıtma süresini kısaltmakta ve fırın tuğlalarının ömrünü uzatmaktadır.

Bor tüketiminde, bor elyafın, sunî reçine veya alüminyum levhalarla preslenerek meydana getirilen plâkların, çelik ala-

şıralarına eşdeğer gerilme mukavemetine haiz olması ve çeliğe nazaran çok hafif olması, inşaat sektöründe, büyük ulaşım araçları yapımında (uçak, gemi vs.) geniş kullanılma ve tüketim olasılığı yaratması yönünde gelişmesi, çok önemli olan diğer bir yoğaltım alanıdır.

Bor hidrürlerin jet ve roketlerde yakıt olarak kullanılma mahzuru teknolojik gelişmelerle giderilebilirse, bor gelecek yüzyılın petrolü olmaya aday olacaktır.

Gelecekteki Yoğaltım - Çoğaltım ilişkileri

Türkiye'nin bor çoğaltımı, gelecekte dış ülkelerin yoğaltımına bağlı kalacağına göre, 2000 yılında dış ülkelerin tüketim ve üretim düzeylerinin nereye ulaşabileceğini kestirmek, Türkiye'nin üretiminin alt ve üst sınırlarını saptamakta, dayanak olacaktır. Yoğaltım - çoğaltım ilişkilerine geçmeden önce, iki büyük üreten, A.B.D. ve Türkiye'nin son beş yıldaki borat üretimini karşılaştırmak, gelecekteki üretim olasılığını saptamakta yararlı olacaktır. Tablo 4'te görüleceği üzere, son beş senede, Türkiye'nin 1966 üretimi 100 kabul edildiğinde, 1970 üretimi 207'ye yükselmiştir. A.B.D.'nde üretim artışı ise, 120'de kalmıştır. Türkiye'deki borat üretiminin hızlı gelişimi ügü çekicidir, dış tüketim pazarına süratle girdiğinin göstergesidir.

Tablo 4

Borat Üretimi (1000 ton)

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Turkiyel	252	288	363	432	524	571	600 (umulan)
A.B.D.2	786	809	874	925	944		

(1) İstatistik Enstitüsünün aylık bülteninden alınmış olup ham borat cevheri üretimidir.

(2) Short ton (ST) değerleri ton'a çevrilmiştir.

2000 yılında dünya bor yoğaltımı alt üst sınırları olasılığı saptanmış olup değerler Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5

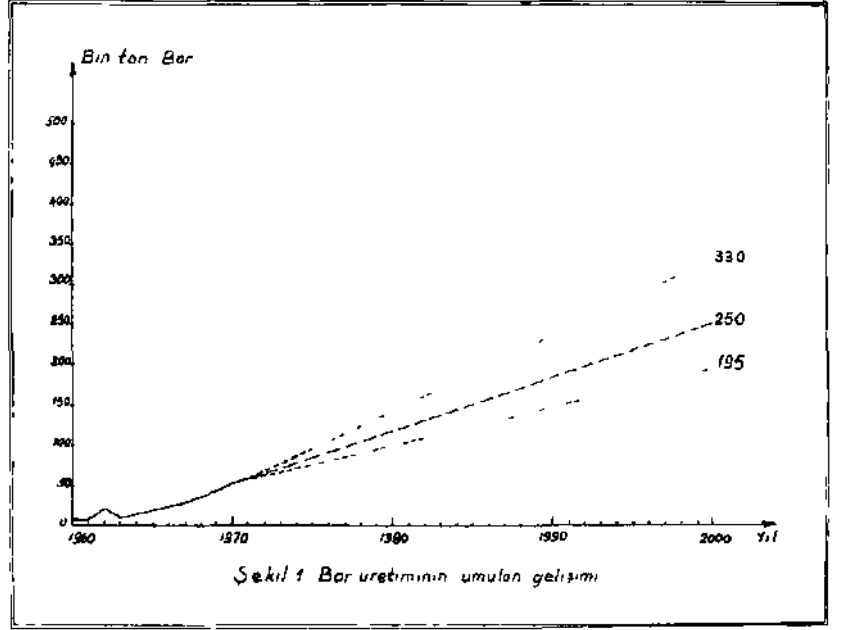
	1968		1968		2000 (Bin S.T.B.)			
	(Bin S.T.B.)		Çoğal- tım	Yoğal- tım	Çoğaltım		Yoğaltım	
	1968 \$/STB	2000 \$/STB			Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek
A.B.D.	473	500	169	87	506	703	263	362
Diğerleri (Türkiye dışında)	473	500	26	152	47*	70*	477	775

Bu değerler, bor teknolojisindeki gelişme, malî faktörler ve nüfus artışı gözönünde bulundurularak, Robert T. MacMillan tarafından saptanmıştır. 1968 yılı baz alınarak, A.B.D.'nde çoğaltım alt-üst sınırları, yıllık ortalama %3,5-4,6 hızla gelişeceği kabul edilerek, 2000 yılındaki tüketimin 263 - 362 bin S.T., diğer ülkeler yoğaltımının ise, %3,7-5,1 oranında artacağı varsayılarak, 2000 yılında tüketimin 477 - 775 bin S.T. ulaşabileceği düşünülmüştür. A.B.D. çoğaltımı ise, kendi tüketimlerinin alt - üst sınır değerleri ve diğer ülkelerin tüketimlerinin, %55'inin A.B.D. tarafından karşılanacağı tahmin edilerek, 506 - 703 bin S.T. olarak hesaplanmıştır.

Türkiye'nin 2000 yılında umulan bor üretimi, Şekü l'de gösterilmiştir. Son on yıl içindeki üretim artışı, yaklaşık %5,2'dir. Önümüzdeki 30 yıl içinde %5,2'lik artışın devam edebileceği umundayız. Bu takdirde, Türkiye'nin üretimi, 250.000 ton** bora ulaşacaktır. Bu gelişim, kanımızca en uygun gelişimdir. Türkiye'nin son 15 yıllık üretim artışı ortalaması, %3 civarındadır. Bu gelişim hızı, önümüzdeki yıllarda esas alınacak olursa, üretim 195.000 ton olacaktır. Üst - alt üretim sınırları, dünyanın tüketim kapasitesinin değişmesine ve Türkiye'nin pazarlama yeteneklerine bağımlı olarak değişecektir. Tablo 5'teki değerlere göz atacak olursak, 2000 yılında mini-

(*) Yazar tarafından hesaplanmıştır

(**) Ortalama 2,5 milyon ton ham cevhere karşittir.



mum yoğaltım 740 bin S.T., çoğaltım ise, 553 bin S.T. olacaktır. Aradaki farkın Türkiye tarafından üretileceği aşikârdır "Başka ülkelerde tahmin devresi içinde yeni borat yatakları bulunmaz ve savaş gibi olağanüstü durumlar ortaya çıkmaz ise". Çoğaltım - yoğaltım farkı, 183 bin S.T., takriben 166 bin ton bor'a tekabül eder ki, Türkiye'nin son onbeş yıldaki üretim hızı ortalamasından daha düşük bir gelişmeyi gösterir. Üst sınırın tespitinde aynı yoldan hareket edersek, fark 364.000 ton S.T.B. veya 330.000 ton B'ye ulaşır ki, Türkiye'nin maksimum üretim sınırını saptar.

Tablo 5'te görüldüğü gibi 2000 yılında bor S.T. 500 dolar, tonu 551 dolar olacaktır ki, Türkiye'de üretim 250.000 T.B.'a ulaşırsa, 137.750.000 \$ (1968 \$ sabit değeri ile) gelir sağlayacaktır. Üst limit, 181.830.000 \$'a, alt limit, 107.445.000 \$'a ulaşacaktır. Bu gelirler kuşkusuz, ham borat cevheri yanında, işlenmiş boraks tuzları ve borik asid satılabildiği takdirde doğrudur. Satış, sadece ham cevheri kapsarsa, 2000 yılında ham boratm tonu, olağanüstü durum olmadığı halde, 33 \$ civarın-

da kalacaktır ki, 2,5 milyon ton borat ihracından, 82,5 milyon \$ sağlanacak, %67 gelir kaybı olacaktır. Tahmin yapılan devrede, kümülâtif üretim 4,5 milyon ton bor'a, gelir de 2,183 milyar \$'a baliğ olacaktır.

Sorunlar

1. Boraks ve borik asid sanayiini geliştirmek için gerekli yatırım kaynağı bulma ve pazarlama sorunu,
2. Borat artıklarının, özellikle Kırka bölgesinde tarım alanlarına vereceğı zararın önlenmesi sorunu,
3. Borat kaynaklarının geliştirilmesi sorunu.

öneriler

1. Dünya borat yataklarının işletilmesi, asitborik ve boraks tuzlarının imalâtı, bu konuda tröst olan, Riotinto Zinc Co.'nın yan kuruluşları olan Borax and Chemical şirketlerinin kontrolü altındadır. Bu dev kuruluşla piyasada rekabete girebilmek, ancak büyük sermayeli kuruluşlarla olabilecektir. Bu nedenle küçük, dağınık şirketlerin birleştirilerek, kamu sektörünün büyük hisse ile katılacağı anonim ortaklıkların kurulması yönüne gidilmelidir. Finansman için yabancı sermayeyi mutlaka sokmak gerekiyorsa, hisse oram sınırlı tutulman ve daha ziyade teknolojiyi geliştirecek kuruluşlara ortak edilmelidir.

Pazarlama sorununu çözmek, dış piyasayı devamlı izleyerek, yeni ihraç olasılıkları aramak ve gerekirse bir süre fiyatları düşürmek, pazar kazanıldıktan sonra, normal seviyeye getirmek düşünölebilir. Bunu sağlamak amacıyla yurt dışındaki Ticaret Ataşeliklerini kuvvetli bir kadro ile takviye etmek gereklidir.

Borik asid ve boraks tuzları üretim kapasitesi, önümüzdeki 30 yıl içinde, asgari 400.000 T. 8,0» kapasitesine ulaştırılmalıdır, tik on yılda 100.000 T., ikinci on yılda 240.000 T., üçüncü on yıllık devrede 400.000 T. kapasiteye ulaşılacak şekilde yatırım plânlaması yapılabilir. Bu konuda bazı çalışmalar vardır. Bandırma'daki tesisler, borik asit kapasitesini 25.000 T/yıl,

boraks kapasitesini 50.000 T/yıl üretime çıkaracak şekilde genişletilecektir. Emet'te 300.000 T., Kırka'da 720.000 T. kapasiteli, kolemanit ve boraksı külerinden arındırma tesisleri kurulmaktadır. Ayrıyeten yılda 55.000 T. perborat üretecek bir tesis yapılması plânlanmıştır. Gecikmeden belirttiğimiz kuruluşların üretim devresine girmesi büyük yarar sağlayacaktır.

2. Borat artıklarının sanayide kullanılma olanakları incelenmelidir. Killer içinde bulunan borat artıklarının, cam üretiminde kullanımını araştırmak ilginç sonuçlar doğurabilir. Başarıya ulaşırsa, çok ucuza mal olacağından geniş potansiyel yaratabilir.

3. Yurdumuzun borat yatakları yönünden zengin olması, aramaların hızını kesmemelidir. Van Gölünün sodalı suyundan yararlanma olanakları etüd edilmeli, gerekirse bir pilot tesis kurulmalıdır. Olumlu sonuç alınırsa boraks yan ürün olarak elde edülebilecek, doğu kalkınmasında potansiyel yaratılmış olacaktır.

Bibliyografik Tanıtım

1. A F. Grube (1970): Boron. Minerals Yearbook, pp. 237.
2. Robert T. MacMillan (1970)' Boron. Mineral Facts and Problems.
3. özen, Galip (1968): Dünya Bor Tüketimi ve Türkiye'nin İstihsal imkânları. Maden Mecmuası, c. 4, sayı 4, s. 10.
4. Soylu, A. Mehmet (1971). Türkiye İhracatının Yapısı ve İhracatı Teşvik Tedbirleri. Plânlama Dergisi, sayı 11, s. 112.
5. J. M. West (1968): Boron. Minerals Yearbook, pp. 217; 1968): Boron. Mineral Yearbook, pp. 225.
6. Aylık İstatistik Bülteni (1972), 4.
7. Etibank Faaliyet Raporu (1969).
8. Madencilik Mecmuası Borat Sayısı.
9. Dünya Maden Haberleri (1960-1970 serisi).

ADESE TİPİ CEVHER YATAKLARI İÇİN AHŞAP SUNİ TAVANLI RAMBLELİ DESANDAN YENİ BİR İŞLETME SİSTEMİ

Cemal BİRÖN*

Özet

Adese tipi cevher yataklarının yukarı doğru (ascendant, overhand) rambelli dilimler "tavan kaldırılması" sistemi ile çalışılması memleketimizde alışılmış bir işletme sistemidir. Bu sistemde üst seviyelere çıkıldıkça, cevher yatağı ana kitleden ayrılmakta ve tahkimat üzerine yüklenerek ağır tahkimat masrafı tevliid etmektedir. Bundan başka, tavadan taş düşmeleri, göçükler hasebiyle ocak emniyeti azalmakta, yangına müsait cevherlerde ayrıca ocak yangınları çıkarak rezerv kaybına sebebiyet vermektedir.

İşbu tebliğde, aşağı doğru (descendant, underhand) dilimler halinde çalışma teklif edilmekte ve hesaplanan "ahşap sun'î tavan" altında emniyetle çalışılması öngörülmektedir. Bu sistemde tavan yüklemeleri azalmakta ve sağlam zemin üzerinde çalışma ile cevher kitlesi bozulup kırılmıyacagından, tahkimata fazla yük gelmemekte ve yangına müsait yataklar için yangın ihtimali tamamiyle bertaraf edilmektedir.

Tebliğde, 50x30x30 m boyutunda bir pano çalışması bütün detayı ile açıklanmakta, bilhassa sun'î tavanın hesabı yapılmakta, fayda ve mahzurları belirtilmekte ve tahkimat maliyeti hesaplanmaktadır.

Abstract

It is an accustomed mining system in our country to work lens-type orebodies in several overhand (ascendant) stowed slices. In this system, as advanced upward, the orebody is separated from the mainrock and excessive loading expenses are caused. Furthermore, the safety is diminished

(*) Dr. Maden Y. Müh., İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Maden işletmesi ve Makinalan Kürsü Profesörü.

due to rockfalls and cavings. In reserves susceptible to spontaneous combustion, mine fires occur causing loss of reserves.

In this paper, underhand (descendant) stowed slices are suggested and an "artificial wooden roof" is designed under which a safe working is exercised. In this system, the loads on supports are diminished, mechanized haulage over the solid ore is realized. In descending order of working, the main orebody is not disturbed, supports are not excessively loaded and mine fires are eliminated for reserves susceptible to spontaneous combustion.

In the paper, the working of a panel of 50x30x30 m is given to full detail, the design of artificial wooden roof is made, the advantages and disadvantages of the system are discussed and supporting costs are calculated.

1. Giriş

Kahn damar ve büyük boyutlu kitlelerin üretilmesi işletmecilik bakımından bir problemdir. Böyle rezervi olan ocakların hazırlık masrafı az, buna mukabil üretim maliyeti yüksektir. Ayrıca, cevher kitlesinin tamamının alınamaması, yangınlar vb. gibi tehlikeleri de mevcuttur.

15 m kalınlıkta az yatımlı, yangına müsait bir linyit damarı için sunî tavan döşeyerek tavandan-tabana (descendant) (underhand) bir işletme sistemi Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'nun bir projesi (MAG-240) olarak hazırlanmıştır (1). Bu projenin ana hatları bir makale olarak Madencilik Dergimizde yer almıştır (2)*.

İşbu etüd, aynı sistemin adese tipi cevher yataklarına uygulanabilmesi için yapılmıştır. Adese halinde veya dikey boyutu büyük olan kitlelere, kükürt, kömür gibi kann ve yamçı yataklara bühassa uygulanmalıdır. Dikey boyutu az (10 m'ye kadar) olan kitlelere aşağıdan yukarı (asandan) (overhand) sistem uygulanabilir.

Sistemin amacı, yatay dilimler halinde yukarıdan aşağı doğru ramble ile çalışmak ve bu çalışma esnasında kendimizin hesapladığı emniyetli bir "sunî tavan" meydana getirmektir. Asandan sistemlerde cevherden yapılmış tabii tavan altında ça-

(*) Parantez içindeki rakamlar kaynakları göstermektedir.

lııldığından, daima kırıklanmış bir tavan altında çalışılarak, taş düşmeleri olmakta ve göçükler meydana gelmekte, dolayısıyla emniyet azalmış bulunmaktadır. Kömür, kükürt gibi cevherlerde, çatlaklardan hava sızması neticesi ocak yangınları meydana gelmekte ve pek çok rezervin kaybına sebebiyet verilmektedir.

En emniyetli sun'î tavan, "betonarme" yekpare çalışan bir «istemdir (3). Büyük ve zengin yataklara avantaj ile uygulanabilir. Ancak, memleketimiz realitelerinde, betonarme tavamın yerinde imalindeki güçlükler muvacehesinde, "ahşap sun'î tavan" çok daha pratik bulunmuş ve 50x30x30 m'lik bir cevher blokuna uygulanması için işbu tebliğ hazırlanmıştır.

2 — Sistemin Ana Hatları

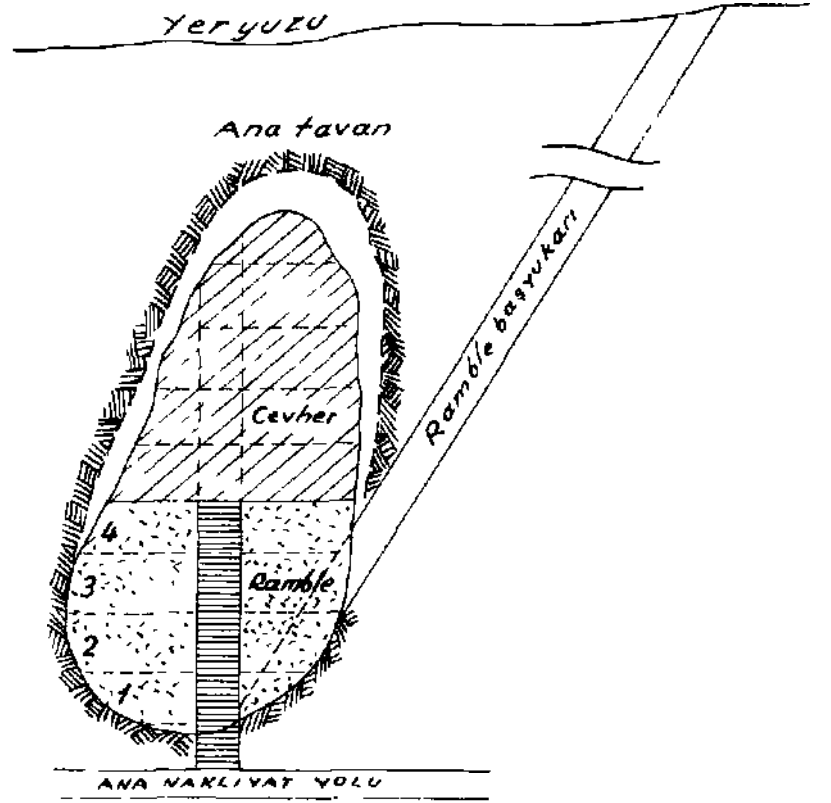
2.1 — Sistemin Gerekliliği

Büyük ve bilhassa kalın bir adese, tavandan-tavana doğru (asandan) (overhand) dilimleme metodu üe üretim yapıldığı takdirde, alınan sahalar, iyi ramble yapılmasına rağmen, zamanla sıkışmalar yapacağından, cevher kitlesi ana formasyondan ayrılmakta ve büyük bir kitle olarak tahkimat üzerine oturmaktadır (Şekil 1). Bu oturma genellikle 3. ve 4. dilimlerden sonra (10 m) başlamakta ve kitlenin üst kısımlarını almak için tahkimata çok fazla önem verümesi icabetmektedir. Buna rağmen tavandan cevher düşmeleri, göçükler meydana gelmekte ve neticede, ekseriya cevher kitlesinin üst kısımlarına erişmeden üretimi durdurmak icabetmektedir. Pek çok krom işletmelerinde bu durum müşahede edilmiştir.

Japonya'da "siyah cevher"*i (Pb-Zn-Cu) işlemekte olan ocaklarda da buna benzer durum müşahede edilmiş, tahkimatta binen aşırı yükler hasebiyle tahkimat masrafı artmış ve neticede yukarıdan aşağı doğru betonarme sun'î tavanlı bir sistem geliştirilmiştir (3).

Bu sistem, tahkimat avantajlarından maada, çalışmalar sağlam zeminde olacağından, mekanize araçlar kullanmaya da müsaittir. Ramble üzerinde çalışmanın vereceği güçlükler yeri-

ne, sağlam zeminde bilhassa lâstik tekerlekli loderler ile çalışmak, pano içi yükleme ve nakliye imkânlarını çok avantajlı bir duruma getirmektedir.



Sek 1 Cevher kütlesinin ana tavadan ayrılması ve tahkimat üzerine yüklenmesi

2.2 — Pano Hazırlığı

50x30x30 m boyutunda bir cevher blokunun pano hazırlığı Ek 1'de görülmektedir. Cevher kalınlığı 30 m civarında alınmıştır. Daha kaim yataklara da muhtelif katlar halinde uygulanabilir. Hazırlık ve işletme faaliyetleri aşağıda özetlenmiştir:

2.2.1 — Ana Nakliyat Yolu: Panonun ana ihraç yolu olup yeryüzüne nakliyat bakımından direkt olarak bağlıdır. Bu yolun cevher mineralizasyonunun tabanında olması sağlanmalıdır. Çok kalın yataklarda cevher içinde tâli katlar halinde de sürülebilir.

Ana katta araba-lokomotif nakliyatı en randımanlı bir sistemdir. Taban formasyonu çoğ sağlam ise tahkimat yapılmayabilir. Fakat, normal şartlarda, 1 m ara ile normal galeri bağı yapılması tavsiye olunur. Böyle bir tahkimat Ek l'de U-V kesitinde detaylı olarak gösterilmiş olup 2,5 m'lik boyunduruk ve 3.0 m'lik yan direkler ihtiyaca kifayet eder. 2.5x2.70 m'lik net bir galeri kesiti 1-2 tonluk araba nakliyatına yeterlidir.

2.2.2 — Üretim Fereleri: Cevhere 50 m aralıklarla dik "fere (bür)"lerle erişilmesi öngörülmüştür. Bu ferelerden iki tanesi Ek l'de plân ve dikey kesitte belirtilmiş ve tahkimat detayı ayrıca verilmiştir.

Ferelerin en az iki gözlü olması gereklidir. Bir gözü adam ve havalandırma yolu, diğeri cevher veya ramble nakli için kullanılır. "Selektif" madencilikte muhtelif cevher grupları için bu fereleri ayrı ayrı kullanma imkânı yanında, üç gözlü fereler yapılarak muhtelif cevherler muhtelif gözlerle doldurularak ana nakliyat yollarından uygun fasılalarla boşaltılabilir.

İki gözlü normal bir ferenin tahkimat detayı Ek l'de plân ve kesit olarak görülmektedir. Fere anbar gözlerinin 2x2 m boyutunda olması; 25 cm 0 direklerin üst üste yığılarak yapılması; bölmelerin asgarî 8 cm kalınlıkta kalaslarla ayrılması, uzun ömürlü ferelerin içlerinin saç ile kaplanması tavsiye olunur. Fere iç döşemesinin panonun ömrü ile orantılı olarak yapılması, üretim esnasında pahalı olan onarım işlerinden kaçınılması tavsiye olunur.

2.2.3 — Ramble Feresi: Üretim için açılmış fereler, müsasip aralıklarla 50-60° yatımlı başyukarılar halinde, yeryüzüne bağlanarak ramble malzemesinin ocağa üetilmesi sağlanır ve hava çıkış yolları olarak kullanılır. Bu fereler, normal dik

fereler gibi yığma-bağ ile yapılabileceği gibi, 30-40 cm ara ile boyunduruk - yandirek - orta çatal sistemi ile de tahkim edilebilirler. Boruların adam bölümünde olması, boru bakım ve onarımı için daha avantajlıdır. Hidrolik ramblede, formasyon müsait olduğu takdirde, yeryüzünden 50 cm çaplı geniş sondaj delikleri açmak ve bunları normal hidrolik ramble borusu gibi kullanmak da mümkündür (4, 5).

2.2.4 — Pano Havalandırması: Panonun normal "asandan" havalandırması Ek 1'de oklarla gösterilmiştir. Ana kuyudan gelen temiz hava, ferelerin birinden yukarı çıkmakta, pano dilimlerini dolaşarak ramble feresinden dışarı atılmaktadır. Ocak gazları olmayan hallerde, tabii havalandırma basıncı ile sağlanan hava cereyanı ihtiyaca ekseriya kâfi gelmektedir. Gaz birikmesi olduğu hallerde, münferit bacaların vantilatör - vantüb sistemiyle havalandırılması; tabii havalandırmanın yetmediği hallerde, ramble terelerinden birine emici vantilatör veya hava girişine üfleyici bir vantilatör konması zorunlu olur.

2.3 — Dilim Hazırlık ve Çalışması

Panonun (örneğin 4. dilim) üretim hazırlığı, Ek 1'de şematik olarak gösterilmiş olup tahkimat detayları diğer eklerde belirtilmiştir. Bu konuda ayrıntılı bilgi bilâhare verilecektir. "Dilim" çalışması şöyledir:

2.3.1 — Ana Ulaşım Yolu: Önce iki hazırlık feresi 3.0x2.5 m boyutunda bir ana yolla bağlanır, panonun havalandırması sağlanır ve ulaşım imkânı temin edilir. Bu yolun tahkimat durumu diğer eklerde detayı ile gösterilmiştir.

2.3.2 — "Oda"ların Sürülmesi: Üretim önce "oda-topuk" sistemiyle yapılır, sonraları aralardaki topuklar tekrar alınır. Oda'ların boyutu 2x2.5 m dikdörtgen kesitindedir. Tahkimat, Ek 2'de belirtildiği üzere, "sarma" ve "kurtağzı" bağlantısı olan yan "çatal"larla yapılır. Hududa varmış odaların tahkimatı sökülüp "sun'î tavan" döşenir ve ramble edilir.

2.3.3 — "Topuk"ların Ahnması: Odalar hududa erişip ramble edildikten sonra, arada kalan 2x2.5 m'lik "topuklar"

alınarak sun'î tavan yapılır ve ramble edilir. Topukların tahkimat sistemi Ek 4'te belirtilmiştir. En son, pano ana ulaşım yolunun sun'î tavanı yapıp ramble edilir ve müteakip alt dilime geçilir.

2.3.4 — Ramble işlemi: En iyi ve ucuz ramble "hidrolik" rambledir. Çalışılan yerlerin iyi dolmasını, çabuk solidleşerek iyi bir sun'î tavan meydana getirmesini ve bilhassa "anbar" gibi çalışarak düşük basınç yayılımı sağlar. Kolay göçen cevherlerde ramble yapılmayıp tavanın göçmesi sağlanabilir. Ancak kolay göçen ve kendi kabarmasıyla boşluğu oldukça iyi dolduran bir formasyona ihtiyaç vardır. Ekseriya bu durum temin edilemediği için, "ramble" en iyi bir tahkimat unsurudur.

Hidrolik ramble yapılamadığı hallerde, skraperler ile mekanik ramble, veya pnömomatik ramble uygulanabilir.

3 — Sistemin Tahkimatı

Tebliğin ana ruhu, aşağıya doğru (desandan) (underhand) çalışmayı sağlayan "sun'î tavan" ve onunla ilgili diğer ayrıntılı tahkimat işlemleridir. Bu işlemler detaylı olarak belirtilmiştir.

3.1 — Odalarda Üretim Tahkimatı

Ek 1'de A-B ile belirtilen üretim odalarının detay tahkimatı Ek 2'de gösterilmiştir. Bir oda kazısının başlayabilmesi için dilim ana yolundan kilit çekilmesi ve girişe mâni olan yan direklerin çıkarılması icabeder (Tahkimat eleman 7 ve 8, Ek 2)*.

2x2.5 m boyutunda olan bir odanın 1 m ara ile 16 cm 0'lik bir sarma [1] ve aynı çapta iki çatalın [2] "kurt ağzı" bağlantı yapan bir tahkimatla desteklenmesi öngörülmüştür. Bu tahkimat muvakkat olup hududa kadar (15 m) devam eder ve sökülerek geri dönülür.

3.2 — Odalarda Sun'î Tavan Döşenmesi

15 m'lik hududa erişen "oda"nın sarma-çataldan teşekkül eden tahkimatı sökülür ve geriden Öne doğru "sun'î tavan"

(*) Tahkimat elemanları bütün eklerde, daire içinde sayılar ile, ayrıntılı olarak gösterilmiş ve metinde [] parantez ile belirtilmiştir.

döşemesi yapılır. Yanlara ramble teli döşenir ve oda ağzına su süzme barajı yapılarak bütün oda hidrolik ramble ile bir defada doldurulur.

"Sun'î tavan" detayı C-D tahkimatı olarak Ek 3'te gösterilmiş olup hesabı ayrıca açıklanmıştır. Yapılan hesaba göre, sun'î tavanın 2.5 m boyunda 25 cm çapında direklerin 50 cm ara ile döşenmesi [3] ve üzerlerinin 5-6 cm kalınlığında tahtalar [4] ile kaplanması ihtiyaca kâfi gelmektedir. Böyle bir döşeme, müteakip dilim için "sun'î tavan" görevini yaparak altına normal oda tahkimatı ile girmek mümkün olmaktadır. Sun'î tavan sarmasının 2.5 m boyunda olduğuna ve 25 cm oda yan cidarında açılan "cep"lere oturtulmuş olmasına dikkat edilmelidir (Ek 3). Aradaki topuğun alınmasında konulacak tavan sarmaları bırakılan bu ceplere komşu açılan ceplere konacak, böylece sarmaların 50 cm kısımları ile birbirine geçerek sun'î tavanın temasini sağlayacaktır (Ek 4'te plân görünüşe bakınız). Ramble teli, tavan ve tabandaki döşemeye çivilenir. Bu tel, ramble malzemesinin topuklar alınırken akmasını önler.

3.3 — Topukların Alınması ve Sun'î Tavam

Tahkimatı sökülmüş, sun'î tavanı yapılarak hidrolik olarak doldurulmuş odalar arasındaki 2.0x2.5 m'lik topukların alınması önemli bir husustur. Zira burada sağlam bir yer olmayıp her taraf ramble ile kaplıdır (Ek 4, E-F tahkimatı).

Bu topukların kazısında açılan boşluğun keza sarma-j-çatal tahkimat ile tutulması ve çatalların yan odalarda konmuş olan tavan sarmaları [3] üzerine oturtulmasına dikkat edilmelidir (Ek 4, E-F kesiti ve plân görünüş). Ramble teli yan odadaki ramblenin akmasını önler. Kazı hududa erişince, yapılmış tahkimat sökülmeksizin aralara tekrar 2.5 m'lik sarmalar tabana döşenir ve üstü tahta ile kaplanarak sun'î tavan ikmal edilir. imkân verdiği takdirde, ramble teli sökülür ve hidrolik ramble ile doldurulur.

3.4 — Ana Ulaşım Yolunun Sun'î Tavam

Pano, sağlı sollu üretilip ramble edildikten sonra, dilim terkedilmeden önce fereler arasındaki ana yola da tabana

26 cm çaplı sarmalar yanyana aralıksız olarak mevcut ramttleli odalarda cepler açılarak konur ve boydan boya ramble edilir. Bu ana ulaşım yolunun taban genişliği 3.0 m olduğundan, konulacak tavan sarmalarının en az 3.5 m uzunlukta olması zorunludur [Tahkimat elemanı 11].

3.5 — Yapılan Tahkimatın Özeti ve Maliyeti

Yukarıda belirtilen 50x30x2.5 m boyutundaki bir dilime uygulanan tahkimat, üniteler gösterilmek üzere, aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir.

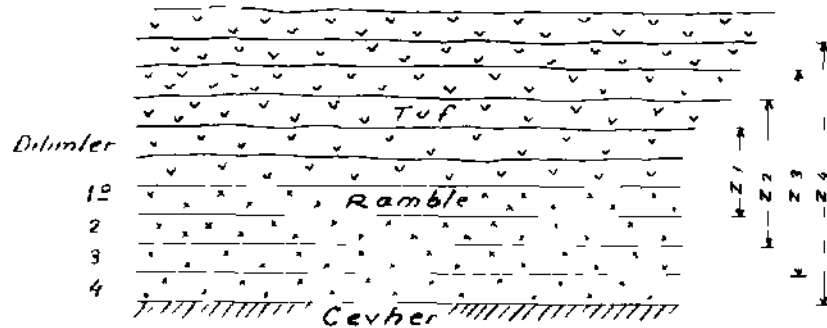
4 — Tahkimat Hesapları

Yukarıda projelendirilen tahkimat, bilhassa "sun'î tavan sarmaları" aşağıdaki hesaba göre yerleştirilmiştir.

4.1 — Basınç Hesabı

Dilimli işletme sistemi aşağı doğru geliştikçe, tavandaki formasyonda kırılmalar olacağı kabul edilmiş ve çalışmaların "ramble"li ve kırıklanmış tavan taşı altında sürdürüleceği öngörülmüştür. Bu durumda, kohezyonsuz granule bir ortam meydana gelmiştir (6). Bu ortamın teşekkülü ve çalışmasında aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

1) Her dilim çalışmasında, o dilimin üzerinde, dilim kalınlığı kadar bir tavan tabakası kırıklanmakta ve granule malzeme olmaktadır. Birinci dilim çalışmasındaki kırıklanan bu kalınlık Z_1 , ikinci dilim çalışmasındaki zon Z_2 ... şeklinde gösterilmiştir (Şekil 2) (1, s. 70-73).



Şekil 2 - Ramble ve tavan taşı dilimleri

50x30x2.5 m Dilim Tahkimat Özeti

Tahkimat Yeri	N o t a s y o n Ad	No.	Boy cm	Çap cm	Aralık cm	Miktar Adet	mî	Açıklama
Oda	Sarma	(D	200	16	100	336	—	Bilâhare sökülerek yeniden kullanılacağından toplama dahil edilmemiştir.
Kazı	Çatal	(2)	250	16	100	672	—	
Oda ramble işlemleri	Tavan sarması	(3)	250	25	50	672	82.42	
	Tahta	(4)	200	15x6	yanyana	2184	39.31	
Topuk kazı ve ramble işlemleri	Sarma	(D	200	16	100	336	13.50	Sarma ve çatallar yerinde kalacaktır.
	Çatal	(2)	250	16	100	672	33.76	
	Tavan sarması	(3)	250	25	50	672	82.42	
	Tahta	(4)	200	15x6	yanyana	2184	39.31	
Ana ulaşım yolu	Boyunduruk	(5)	250	16	50	98	4.92	
	Yandirek	(6)	300	16	50	196	11.82	
Kaza ve ramble işlemleri	Kilit sarma	(7)	300	16	yanyana	32	1.93	
	Kilit	(8)	250	16	300	64	3.22	
	Yandirek	(10)						
	Tavan sarması	(11)	350	25	25	196	33.60	
T o p l a m							346.21	

Bir dilimden üretilecek cevher miktarı: 50 m X 30 m X 2,5 m x 4 T/m³ — 15.000 ton.

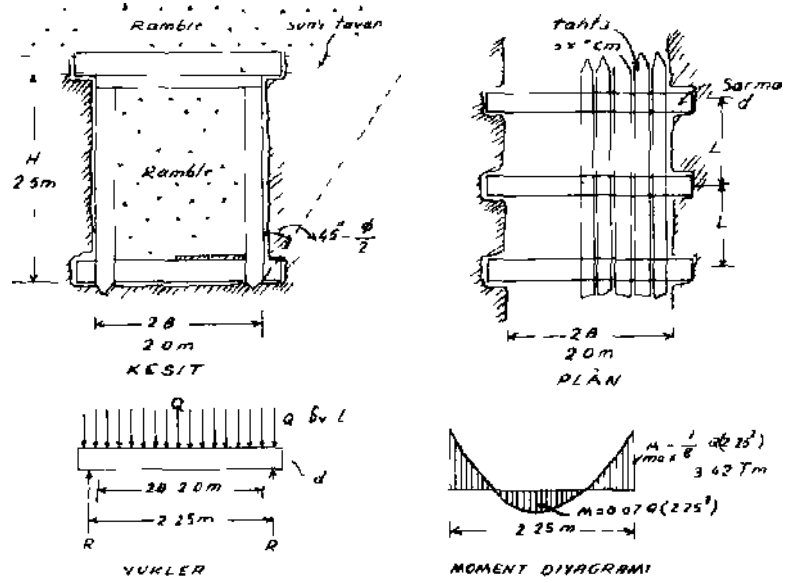
346.21

Direk sarfiyatı: $\frac{346.21}{15.000} = 0.02308 \text{ m}^3/\text{T} = 23.08 \text{ dnP}/\text{T}$

15.000

Toplam tahkimat maliyeti, direk fiatı 300 TL/ms alınarak,

Ağaç Tahkimat Maliyeti = $0,02308 \text{ m}^3/\text{T} \times 300 \text{ TL}/\text{m}^3 = 6.92 \text{ TL}/\text{T}$.



Şekil 3 Sun' Tavan Tetay'

Birinci dilimde bu zon kalınlığı $Z_1 = 7.5$ m, ikinci dilimde $Z_2 = 12.5$ m, üçüncü dilimde $Z_3 = 17.5$ m'dir (her dilim kalınlığı 2.5 m'dir).

2) Ramble malzemesi yoğunluğu 1.8 T/m^3 , tavan taşı (ortalama) yoğunluğu 2.5 T/m^3 alınmıştır.

3) Granule malzemenin taneler arası sürtünme açısı $\phi = 42^\circ$ kabul edilmiştir (6). Bu durumda teşekkül eden basınç değeri Terzaghi'nin Toprak Mekaniği formülü (7) üe hesaplanabilir:

$r^{\wedge}M^{\wedge}$

$$\sigma_v = B_1 \frac{\gamma_{ort} - C/B_1}{K \tan \phi} \left[\frac{-K \tan \phi}{1 - e} \frac{Z}{B_1} \right]$$

$$\sigma_v = \text{Dusey basınç, T/m}^2$$

$$B_1 = B + H \tan \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (\text{Şekil 3'e bakınız);}$$

- B = Çalışma yeri (oda) genişliğinin yansı, çalışmalarımızda 1 m;
H = Çalışma yeri yüksekliği, çalışmalarımızda dilim kalınlığa, 2.5 m;
 φ = Granüler malzemenin iç sürtünme açısı, çalışma şartlarımız için 42° alındı;

γ_{ort} = Granule malzemenin ortalama yoğunluğu, T/m³;

Z = Granule zon kalınlığı, 1. dilimde 7.5 m, 2. dilimde 12.5 m vs;

C = Granüler malzeme kohezyon sayısı, çalışma şartlarımız için C = 0 alındı (6);

K = Amprik katsayı, şartlarımız için K = 1 alındı (6).

Not: Z/B_i oram büyüdüğü zaman, parantez içindeki değer 1'e yaklaşır.

Bu durumda formül, basit olarak aşağıdaki şekli alır:

$$\sigma_v = B_i \frac{\gamma_{ort}}{K \tan \varphi}$$

Çalışma şartlarımızdaki basınç değeri şöyle hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} B_i &= B + H \tan \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \\ &= 1 + 2.5 \tan \left(45 - \frac{42}{2} \right) \\ &= 1 + 2.5 \tan 24^\circ = 2.11 \text{ m}; \end{aligned}$$

Granule malzeme ortalama yoğunluğu, birinci dilim için:

$$\gamma_{ort} = \frac{5 \times 2,5 + 2,5 \times 1,8}{7,5} = 2.27 \text{ T/m}^3;$$

Z_i = 7.5 m;

Bu değerler Terzaghi formülüne uygulandığında:

$$\sigma_v = 2.11 + \frac{2.27}{\tan 42^\circ} \left[\frac{-\tan 42^\circ \frac{7.5}{2.11}}{1 - e} \right]$$

$$= 2.11 + \frac{2.27}{0.9} \left[1 - e^{-3.2} \right]$$

$$= 2.11 + \frac{2.27}{0.9} (0.960) = 5.1 \text{ T/m}^2 \text{ (1. Dilim).}$$

Daha alt dilimlerde $\frac{Z}{B_1}$ oranı büyük olacağından, parantez içindeki ifade 1 olarak alınabilir. Bu durumda:

$$\delta_v = \frac{2.11 \times 2.27}{0.9} = 5.33 \text{ T/m}^2 \text{ (alt dilimler J)}$$

Hesap kolaylığı bakımından bu değer 5.4 T/m² olarak alınmış ve tahkimat hesapları bu basınca göre yapılmıştır.

4.2. Tavan Sarması Hesabı

Sunî tavanın 2.25 m uzunlukta, d cm çapında, h aralıkları ile döşenmiş "tavan sarmaları" ve üzeri tahta ile kapatılmış olduğunu düşünelim (Şekil 3). Bu durumda, en uygun L açıklığı ve d çapının hesabı yapılmaktadır. Tavan sarması 2.25 m mesnet mesafesi olan basit bir kiriş olarak çalışmaktadır (1, s. S&-92) (2, s. 13) (S).

Önce h mesafesini 1 m alalım. Kirişin üzerine gelen mütemadi yük, yukarıda hesaplanan dikey basınç ile L mesafesi çarpımıdır.

$$Q = \delta_v \cdot L = 5.4 \frac{\text{T}}{\text{m}^2} \times 1 \text{ m} = 5.4 \text{ T/m}$$

Basit kirişte maksimum eğilme momenti (Şekil 3):

$$M_{\max} = \frac{1}{8} Q \text{ (mesnet mesafesi!)}^2 \text{ T.m}$$

$$M_{\max} = \frac{5.4 \text{ T/m} \times (2.25 \text{ m})^2}{8} = \frac{5.4 \times 5.06}{8}$$

$$= 3.42 \text{ T.m} = 342.000 \text{ kg/cm'dir.}$$

Eğilme gerilmesi hesabında, S eğilme = M_{\max} / W olup, âzami moment yukarıda hesaplanan açıklık momenti, W ise kesitin mukavemet momentidir ve yuvarlak direkler için

$W = \frac{\pi d^3}{32}$ formülü ile verilmektedir. Bu eğilme gerilimini

2. sınıf ağaçlar için (maden direği) 110 kg/cm^2 alabiliriz (9). Bu durumda:

$$\sigma_{\text{eğilme}} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{342000 \text{ (Kg.cm)}}{\frac{\pi d^3}{32} \text{ (cm}^3\text{)}} = 110 \text{ Kg/cm}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{342000 \times 32}{\pi \cdot 110}} = 31.6 \text{ cm}$$

Sarmalar 1 m ara ile döşenmek istendiği takdirde çaplarının 31.6 cm olması icabeder. Bu tip pek kalın direği temin etme güçlüğü muvacehesinde, L aralığının daha az alınması yerinde olur. $L = 0.5 \text{ m}$ olduğu takdirde, aym şekil hesaplamalar ile:

$$Q = \sigma_v \cdot L = 5.4 \text{ T/m}^2 \times 0.5 \text{ m} = 2.7 \text{ T/m}$$

$$M_{\max} = \frac{2.7 \times (2.25)^2}{8} = 1.71 \text{ T m} = 171000 \text{ Kg cm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M \cdot 32}{\pi \cdot 110}} = \sqrt[3]{\frac{171000 \times 32}{3.14 \times 110}} = 25 \text{ cm}$$

25 cm çapında kalın direkler temin edüebilir ve bu aralık pratiklik bakımından avantajlıdır. Aynı düşüncelerle $L = 0.25 \text{ m}$ alınırsa:

$$Q = 5.4 \times 0.25 = 1.35 \text{ T/m}, M = Q (2.25)^2 / 8 = 0.85 \text{ T/m} = 85000 \text{ kg/cm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{85000 \times 32}{\pi \times 110}} = 20.3 \text{ cm}$$

bulunur ve sarmaların yanyana aralıksız döşenmesini icabettirir ki uygulama bakımından mümkün olmaz. Zira, sarmaların yanlarda açılacak 25 cm'lik "cepler"e oturtulması iktiza eder (Tahkimat detayına bakınız, Ek 3, Ek 4). Bu durumda en pratik solüsyon, L = 0.5 m, d = 25 cm'dir. Tahkimat plânları bu esasa göre yapılmıştır. Böyle bir direğin makaslama (kesme) mukavemeti hesaplandığında, Şekil 3'teki reaksiyonların değeri:

$$R = \frac{\delta_v \times d \times 2.25}{2} = \frac{5.4 \times 0.25 \times 2.25}{2}$$

$$= 1.55 \text{ ton} = 1530 \text{ kg}$$

dır. Kesme mukavemeti bu reaksiyonun kesite bölünmesiyle elde edileceğinden*

$$I_{\text{kesme}} = \frac{4}{3} \frac{R}{\text{Kesit}} = \frac{4}{3} \frac{1530 \text{ Kg}}{\frac{\pi \cdot (25)^2 \text{ cm}^2}{4}}$$

$$= \frac{4 \times 4 \times 1530}{3 \times \pi \times 525} = 4.85 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$$

bulunur. Bu değer 2. sınıf ahşap malzemede 30 kg/cm²'dir (9). Dolayısıyla 25 cm çapındaki direk 30/5 r= 6 emniyet faktörü ile fazlasıyla kifayettir.

4.3. Döşeme Kalınlığı Hesabı

Ramble malzemesinin alt dilime dökülmemesi için sunî tavanın üstünün tahta ile kaplanması gerekmektedir. Bu tahtaların kısmen eski ocak direklerinden karşılanacağı düşünülerek genişliklerinin a == 15 cm olması kabul edilmiştir. Aşağıdaki uygulama ile "t" kalınlığı hesap edilmektedir (1, s. 91).

Tahtaların 50 cm aralıklı tavan sarmalarına iki mesnetli giriş gibi oturacağı gözönüne alınacak M_{max} momenti, $\frac{at^3}{6}$ kesit mukavemeti momentleri aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

$$Q = \sigma_v \cdot L = 5.4 \text{ T/m}^2 \times 0.5 \text{ m} = 2.7 \text{ T/m}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} Q L^2 = 0.125 \times 2.7 \text{ T/m} \times (0.5)^2 \text{ m}^2$$

$$= 0.0844 \text{ T.m}$$

$$= 8440 \text{ Kg.cm}$$

$$\sigma_{\text{eğilme}} = \frac{M_{\max}}{W} = 110 \text{ Kg/cm}^2 \text{ formülünden}$$

$$110 = \frac{8440}{\frac{15 t^2}{6}} \quad \text{ve :}$$

$$t = \sqrt{\frac{8440 \times 6}{15 \times 110}} = 5.5 \text{ cm}$$

Tahta kalınlığının 5-6 cm olması gerekmektedir.

4.4. Üretim Anayolu Tavan Sarması Hesabı

Üretim dilim anayolunda, yol genişliği 3.0 m olduğuna göre, tavan sarmasının 3.5 m olması icabeder. Aralıkların 1 m olması çok büyük çaplı direği icabettirdiğinden 0.5 ve 0.25 m'lik mesafelerin hesabı, 4.2 kısmında yapıldığı gibi, aşağıya çıkarılmıştır.

L = 0.5 m olduğu takdirde:

$$Q = \sigma_v \cdot L = 5.4 \times 0.5 = 2.7 \text{ T/m}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} Q (3.25)^2 = 3.565 \text{ T.m}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M \cdot 32}{\pi \cdot 110}} = \sqrt[3]{\frac{356500 \times 32}{\pi \cdot 110}} = \sqrt[3]{37750} = 33 \text{ cm}$$

L = 0.25 olduğu takdirde:

$$Q = 5.4 \times 0.25 = 1.35 \text{ T/m}$$

$$M = \frac{1}{8} \times 1.35 \times (3.25)^2 = 1.7825 \text{ T/m} = 178.250 \text{ kg/cm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{178250 \times 32}{\pi \cdot 110}} = \sqrt[3]{18875} = 26.5 \text{ cm}$$

Görüldüğü üzere 33 cm'lik direklerin teminindeki güçlük ve taşınmasındaki zorluk muvacehesinde, 26.5 cm'lik direklerin yanyana aralıksız (yığma) olarak döşenmesi ihtiyaca kifayet edecektir. Bu durumda üstüne tahta döşeme ihtiyacı da kalmayacaktır.

4.5. Suni Tavan Maliyeti

2x2.5 m'lik bir odada 1 m ilerlemeye tekabül eden sunî tavanı hesap edelim:

$$\text{Tavan sarması: } 2 \text{ adet} \times 2.50 \text{ m boy} \times 25 \text{ cm} = 0.244 \text{ m}^3$$

$$\text{Döşeme tahtaları: } 13 \text{ adet} \times 1.10 \text{ m boy (15x6 cm)} = 0.116$$

$$\text{Toplam} \dots \dots \dots 0.360$$

Bir odada 1 m ilerlemesinden elde edilecek cevher (4 m³/T) :

$$\text{Cevher} = 2 \times 2.5 \times 4 = 20 \text{ ton}$$

$$0.360$$

$$\text{Sunî tavan sarfiyatı} = \frac{0.360}{20} = 0.018 \text{ m}^3/\text{T} = 18 \text{ dm}^3/\text{T}$$

$$\text{Sunî tavan maliyeti} = 0.018 \text{ m}^3/\text{T} \times 300 \text{ TL/m}^3 = 5.4 \text{ TL/T}$$

Bu rakam toplam dilim tahkimat maliyeti olan 6.92 TL/T'dan tabiiyle düşüktür (Çizelgeye bakınız). Ton başına 5.4

TL'lık sun'î tavan şarjı fazla önemsenerek bir maliyet unsuru değildir.

5. **Fayda ve Mahzarlar**

5.1. Faydalar

a) Sistemin en önemli avantajı emniyetli bir sun'î tavan altında çalışma imkânı vermesidir. Böylece tavandan cevher düşmesi, göçükler ve benzeri kazalar hemen hemen zail olmaktadır.

b) Sistemin ikinci önemli avantajı, yüklerin anbar teorisi gereğince azalmış olması ve tahkimata az yük binmiş olmasıdır. Normal işletmelerdeki kırılanmış tavan kitesinin tahkimata binerek onları kırması önlenmiş ve yüksek olan tamir-tarım masrafı azalmıştır.

c) Sağlam zeminde çalışma mekanizasyon imkânlarını geliştirmektedir. Odalarda lâstik tekerlekli loderler kullanarak pano içi yükleme ve nakliyat ucuz ve güvenilir tarzda mekanize edilmiş olur.

d) Hidrolik ramble odalarda çok kolay uygulanabilir. En uygun ve ucuz bir dolgu sistemi seçilmiş olur. Yeryüzü kotu gravite ile ramblenin gönderilmesi halinde, ramble nakliyat masrafı da asgariye iner. Kot farkı buna uygun değilse bir tulumba sisteme dahil edilir. Lavuar tesisi olan işletmelerde lavuar artıkları ideal ramble malzemesidir.

e) Yangına müsait minerallerde tavan çatlakları, oksidasyon vs. olaylar olmayacağı, tabandaki cevher tamamen baki kalacağı cihetle, "yangın" olayı meydana gelmeyecek ve dolayısıyla rezerv kaybı ve ilgili yangın önleme masraflarından tasarruf sağlanacaktır.

f) Cevher sun'î tavana kadar tamamen alındığı veçhile rezerv kaybı yoktur ve tavan taşının cevhere karışarak tenörü düşürmesi de bahis konusu değildir.

g) Sistem "selektif" madencilığe müsaittir. Bacalar münferit çalışıp cevheri, tenor durumuna göre, ayrı fereye veya bir ferenin ayrı gözüne dökülebilir.

5.2. Mahzurlar

a) En Önemli mahzur, sunî tavanın ilâve maliyetidir. Yukarıda ton başına 5.4 TL olarak hesaplanan bu maliyet artışı, tamir - taramadaki tasarruf ile azaltılabilir.

b) Cevherde muntazam çalışmak zorunluluğu vardır. Çok fakir kısımlar çalışılmadan yerinde bırakılamaz.

5.3. Sonuç

Dikey boyutu 15 m'nin üstünde olan kaim yataklara, yurt gerçeklerine uygun şekilde ve emniyetle tatbik edilebilecek bir sistemdir.

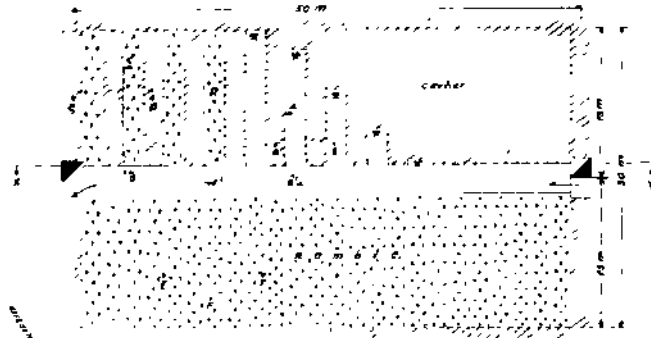
6. Teşekkür

Tebliğın basınç ve tahkimat hesaplarında Asistan Ergin ARIOCLU'na, Şekil ve Eklerin çizilmesinde Ressam Necmi ONAT'a, foto ve slaydların hazırlanmasında Emin KAVUNCU'ya, tebliğin hazırlanmasına yardımcı olan Maden Mühendisleri Odası Bilimsel ve Teknik 3. Kongresi Yürütme Kurulu'na, İ.T.U. Maden ve Mühendislik - Mimarlık Fakültelerine teşekkür olunur.

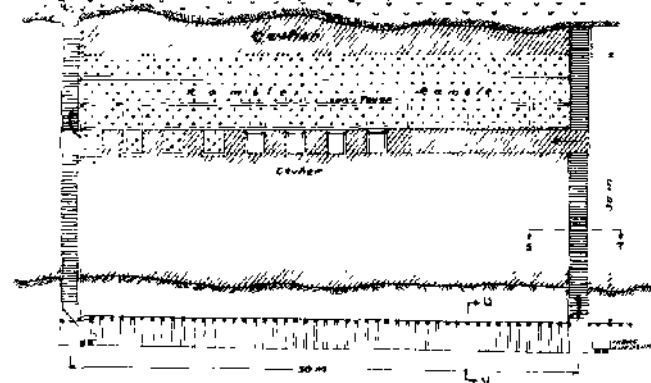
Bibliyografik Tanıtım

1. Birön, C: Garp Linyitleri işletmesi Soma Bölgesi için Betonarme Sunî Tavanlı Rampleli İşletme Projesi. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu MAG-240 Projesi, s. 70-76 (1971).
2. Birön, C: Garp Linyitleri İşletmesi Soma Bölgesi için Betonarme Sunî Tavanlı Rampleli İşletme Projesi. Madencilik Dergisi, c. 11, sayı 2, s. 3-20 (1972).
3. Kondo, K.: New Materials in Mining (Special Mining Method with Artificial Roof). 5th. International Mining Congress, F-4, Moscow (1967).
4. Suttie, J. Application of Hydraulic Fill-Mining Congress Journal, April 1960, pp. 48-50 (1980).
5. Birön C: Madenlerde Tahkimat işleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Yayını Sayı 83, s. 281 (1971).

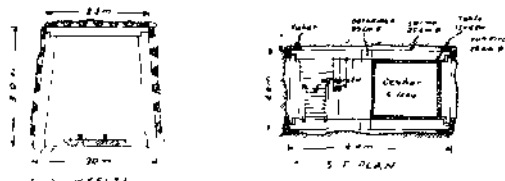
6. Woodruff, S. D.: Method of Working Coal and Metal Mines. Pergamon Press, London, vol. 1, pp. 243-247 (1966).
7. Terzaghi, K.: Theoretical Soil Mechanics, 3. Edition. John Willey and Sons Inc., New-York, pp. 194-197 (1965).
8. Shevyakov, L. : Mining of Mineral Deposits. Foreign Languages Publishing House, Moscow, pp. 415-417 (1968).
9. Ahşap inġaat Őartnamesi Türkiye Kpr ve tngaat Cemiyeti Yayını (1958).



PANO 4 KAT PLÂN GÖRÜNÜŞÜ



PANO X-Y DİKEY KESİTİ

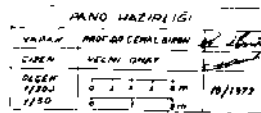


L-V KESİTİ

S T PLAN



T-YAN KESİTİ

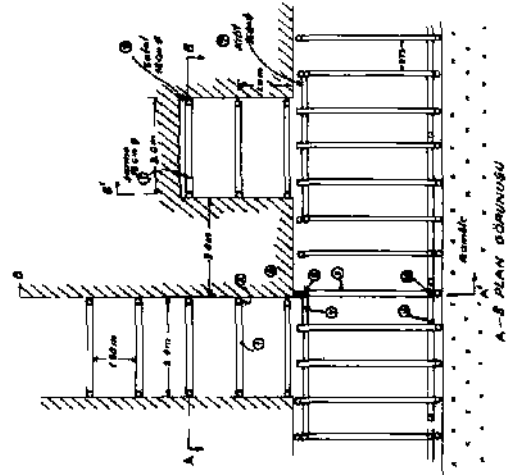


FERE TAKKİMAT DETAYI

LEVAND

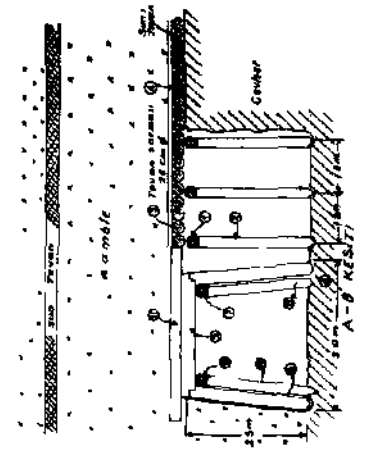
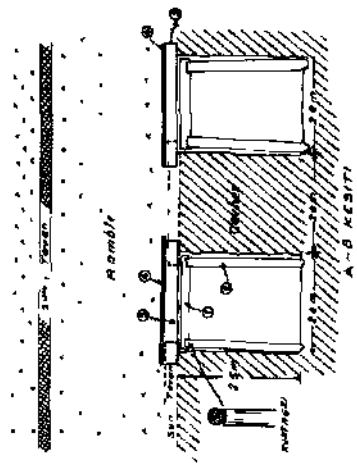
-  Çeşme
-  Çeşme İstasyonu
-  Tef (40' 10")
-  Ramle
-  Drenk (Yanmazlık Drenk (Plâk))
-  Drenk (Nisli)
-  Kısım
-  Tef (40' 10")
-  Tahta (Dren)
-  Hava Alımı
-  KESİT
-  Ramle 7/1
-  Süt (Zeytin)

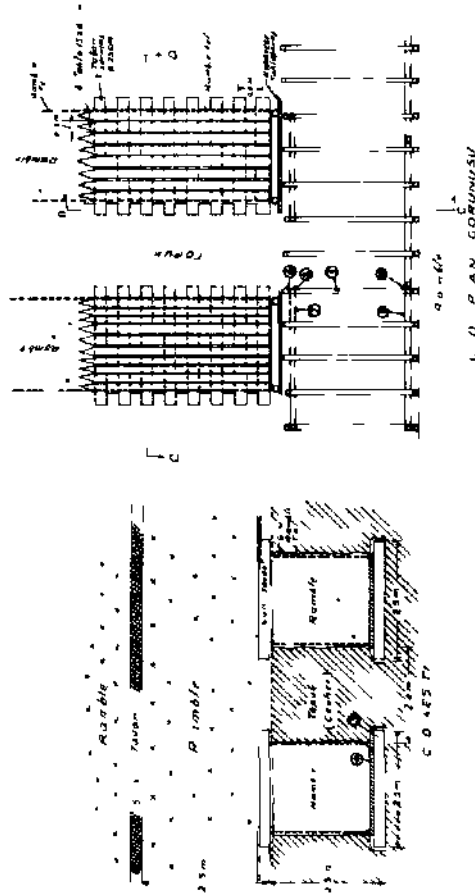
EK-1



EK-2

ODALARDA ÜRETİM TAKKİMİ	
YAPILAN	İNŞAATÇI İŞİ
ÇİZEN	NECİMİ ÖMAY
İNŞA	19/1922

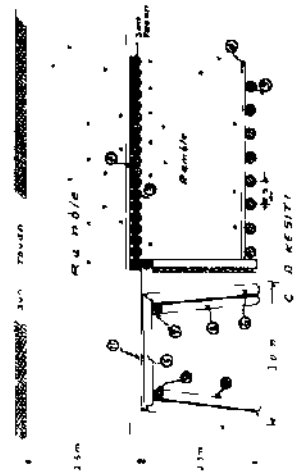


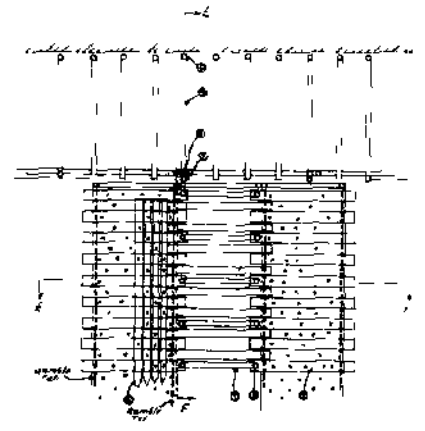
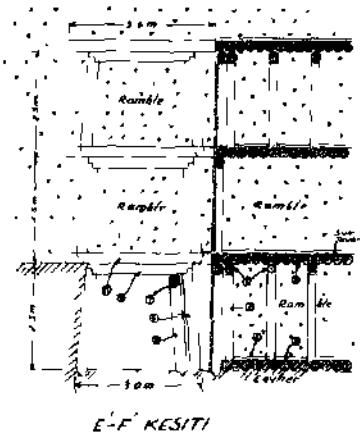
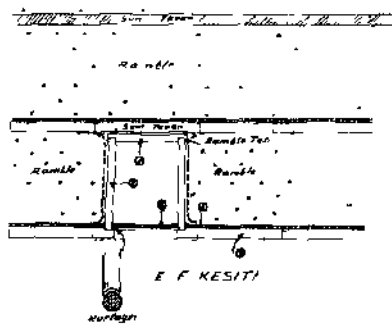


U D P AN GÖRÜNÜŞÜ

EK-5

OBALARDA SUNI TAVAN			
DÖŞENİMLERİ VE RAMBLER			
YERİN	120/120 ÇİMALI BİRİM	1/50	0/372
LİZELER	MECMU ÖLÇÜ	1/50	0/372





EK-4

TOPUKLARIYI TARKIMATI VE SINI TAYIN DOSENİMESİ		
YERİNİ	ANOTUN GENEL BİRİMİ	1/20
ÇİZEN	İNCELEME ÖZETİ	1/20
HAFT	1/20	1/1972

SAPANLI KAZIDA EN UYGUN (OPTİMUM) KESME PROFİLLERİNİN ARAŞTIRILMASI

— HİDROLİK SAPAN UYGULAMASI —

Şinasi ESKİKAYA*

Özet

Kömür damarlarının tavandan tabana daima değişik mukavemette ve bantlı bir yapıya sahip oluşu, kesme prensipleri diğer kazı makinelerinden tamamen farklı olan kömür sapanları için büyük bir sorun teşkil etmektedir. Çünkü bu, neticede her keskiye gelecek "kesme kuvvetinin de farklı olması demektir ve en başta sapanın dengesi üzerinde olumsuz etkiler yapar.

Tebliğde bu konu üzerinde yapılmış olan önceki çalışmalara kısaca değinildikten ve en uygun bazı profillerin tarifi ve teşkili hakkında bilgi verildikten sonra hidrolik sapanın çalışma prensiplerinden bahsedilmiştir. Daha sonra "keski ucu ile silindir eksenindeki mesafe", "keski pozisyonları" ve "keski açılan" gibi parametrelerin hidrolik sistemin çalışması üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Hareketin gerçekleşmesi için damardan beklenen asgari mukavemet farkının, "bu parametrelerin fonksiyonu olarak" nasıl değiştiği de, keza araştırılmıştır.

Abstract

For coal ploughs, subsectional strength variation in the seams means different amount of cutting forces in each horizon and thus, a source of instability. Thus, cutting¹ profile which is the geometry of the pick arrays becomes an important parameter in coal ploughing.

(*) Dr. Mad. Y. Müh., İ.T.U. Maden Fakültesi - İstanbul.

In this paper, early works on this line are described and the basic principle of the automatic variable geometry plough is given. The effects of some of the fundamental parameters on blade movement are examined. Minimum subsectional strength variations for blade movement, as a function of several parameters, has been investigated

Giriş

Madencilik, içinde doğa ile ilk savaşın verildiği bir meslektir. Şartları zor, olanakları çok sınırlı, bilinmeyi ise pek boldur. Bu ve benzeri diğer bazı faktörlerin etkisiyle madencilik, giderek "daha pahalı" bir endüstri kolu haline gelmekte, kaynaktaki bu maliyet artışı ise endüstrinin sonraki safhalarına da intikal ederek, bütün üretim ve tüketim faaliyetlerinde kendisim hissettirmektedir.

Üzüntü ile belirtmek gerekir ki, madencilik, bilhassa içinde bulunduğumuz çağda hızla gelişen teknolojik aşamaların nimetlerinden, endüstrinin diğer kollarında olduğu Ölçüde faydalanamamıştır. Bu durumun başlıca sebeplerini, hacim olanaklarının sınırlılığı ve emniyet sorunlarının getirdiği kısıtlamalarda olduğu kadar, biraz da, madenciliğin kendine Özgü niteliği yüzünden, çok sayıda girişime kolaylıkla açık olmaması ve faaliyetlerinin nisbeten gözlerden uzakta cereyan etmesinde aramak lâzımgelir.

Bununla beraber, İkinci Dünya Harbi'nin içinde ve onu izleyen dönemde, çağın teknolojisini madencilığe de aktarmak hususunda yoğun çalışmalar yapılmıştır. Bu çabaların neticesi olarak, yakın zamana kadar, ocaklarında insan gücü faktörünün ağır bastığı bir çalışma düzeni içinde bulunan Almanya, Fransa, İngiltere gibi ülkeler, bugün madencilik faaliyetlerim yüzde yüze yakın bir nisbette mekanize hale getirmeye muvafak olmuşlardır. Bu ülkeler, artık, kullandıkları makineleri daha randımanlı ve ekonomik olarak çalıştırabilme sorunları üzerine eğilmiş bulunmaktadırlar.

Kömür damarlarını işlemede kullanılan uzun ayak metodu, özellikle Avrupa Madenciliğine özgü bir çalışma şeklidir. Bu ayaklarda başlıca iki tip kazı makinesi kullanılır: Kömür Sa-

panları ve Kesici-Yükleyiciler. Bu iki tipin dışında kalan "Tırpan, Dosco Miner..." gibi makinelerin yapı ve kesme mekanizması bakımından Kesici-Yükleyici tiplere daha yakın bulunmaları, kazı mekanizasyonu içinde "Kömür Sapanları"nın apayrı ve başlıbaşına bir yer kazanmalarına yol açmıştır.

1. Genel

1.1. Sapanın Çalışma Prensibi

Bir kömür sapanını diğer kazı makinelerinden ayıran en önemli iki özellik şudur:

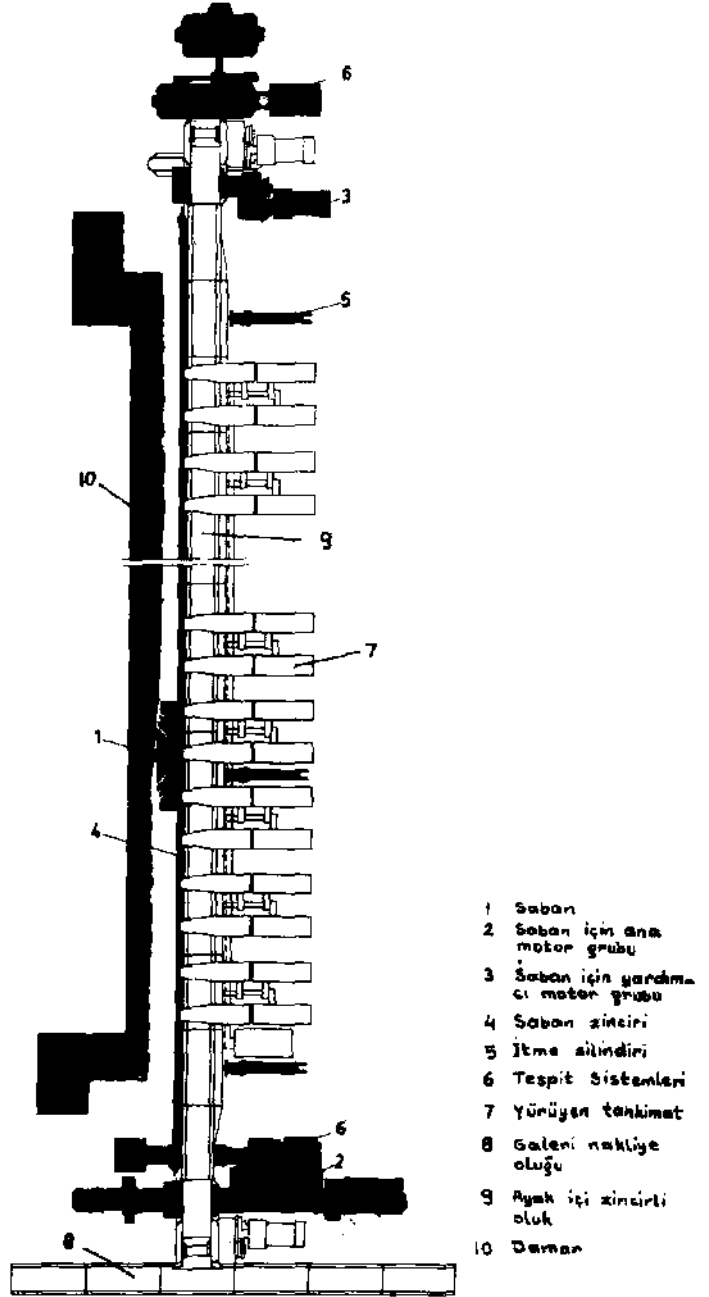
- (i) Sapanın üzerinde hareketli, yani dönerek kazı yapan kesimler yoktur.
- (ii) Sapanın hareketi için gerekli çekme kuvvetini temin eden motorlar sapan gövdesinden çok uzakta, yani ayak başlarında, tesis edilmiş bulunmaktadır.

Bu görünüşüyle kömür sapanı, üzerinde kesimler bulunan ve bir sonsuz zincire bağlı olarak ayak boyunca üeri geri çekilen bir demir parçasından başka bir şey değildir (Şekil 1). Hidrolik süindirler vasıtasıyla damara doğru devamlı olarak itilen zincirli oluk ile kömür cephesi arasında sıkışmış bulunan bu demir kütle ileriye doğru çekilince, ince bir kömür dilimini, aynen bir marangoz rendesinde olduğu gibi, damardan koparıp almaktadır.

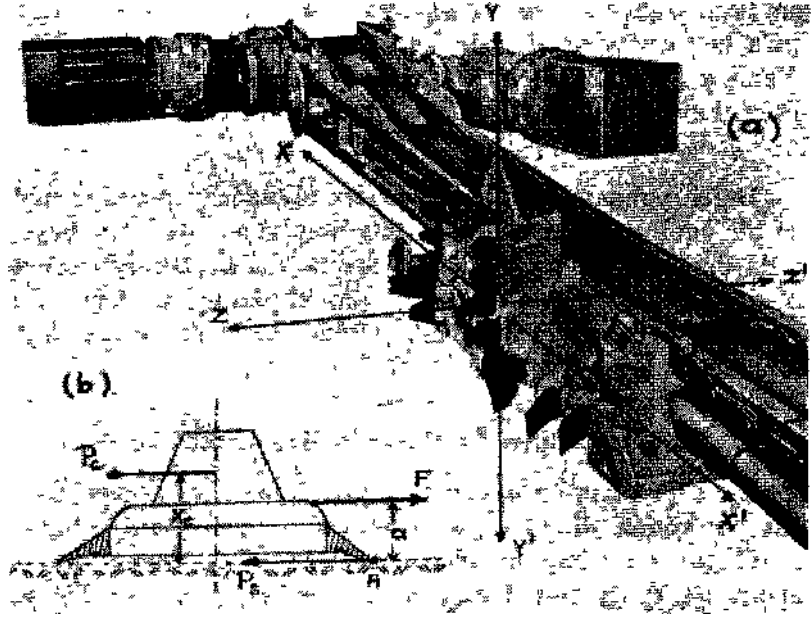
Bu çalışma şekli, belli bir yönde hareket etmesi gereken sapanı etki eden çekme, kesme ve reaksiyon kuvvetleri gözönüne alındığında, sapanın "dinamik denge"sini önemli bir sorun haline getirmektedir. Gerçekten de bir kömür sapanının, Şekil 2'de gösterilen doğrultuların yalnız bir tanesi boyunca (x-x' doğrultusu) ve ancak bir yönde hareket etmesi gerekir (1). Sapanı etki eden kuvvetlerin sadece bu doğrultu boyundaki bileşenleri gözönüne alınacak olursa, hareket yönündeki dengenin temin edilebilmesi için, basitleştirilmiş hali ile:

$$P_c \cdot X_c = F \cdot a$$

bağıntısının tesis ve korunmuş olması gerekir (Şekil 2, b). Ha-



Şekil 1 — Tam mekanize bir sapanlı ayakkabının görünüşü.



Şekil 2 — Bir sapanın hareket yönü ve bu yöndeki denge konumu.

rekete karşı koyan kuvvetlerin X-X' doğrultusundaki P_c bileşkesi ile F çekme kuvvetinin A noktasına göre moment alınarak yazılmış bulunan yukarıdaki bağıntının korunabilmesi, Xc mesafesinin değişken olması sebebiyle, kolay olmamaktadır. Eski tip sapanlarda, çekme zincirini sapan gövdesinde seviyeleri farklı iki noktadan birine bağlamak suretiyle a mesafesini kazı koşullarına uygun bir şekilde değiştirme yoluna gidilmekteydi. Ancak bu tedbirden, sapanın basık yapısı dolayısıyla pek büyük bir yarar sağlanamamıştır. Kaldı ki yeni tip sapanlarda böyle iki ayrı bağlantı olanağı da yoktur.

1.2. Damar Yapısı

Bir kömür damarı, tavandan tabana hiçbir zaman homojen bir yapı göstermez. Bunun başlıca sebebi, gerek damarı meydana getiren kömür maddesinin farklı özelliklerde oluşu, gerekse damarın çeşitli seviyelerinde yabancı maddelerden oluşu.

şan bazı arakesmelerin bulunuşudur. Bu durum damar stampında her seviyenin değişik kazı mukavemetine sahip olması anlamına gelir. Böyle bir farklılık ise giderek keskilere gelen kesme kuvvetlerinin de değişik olması neticesini doğurmaktadır.

Diğer yandan, kömür damarları tavandan tabana heterojen bir yapı göstermekle kalmayıp, aynı zamanda ayak boyunca da Uniform olmaktan, hemen daima, uzaktırlar. Böylece sapanı etki eden kuvvetler sadece damar stampına değil, aynı zamanda sapanın ayak içindeki yerine de bağlı olarak değişmektedir.

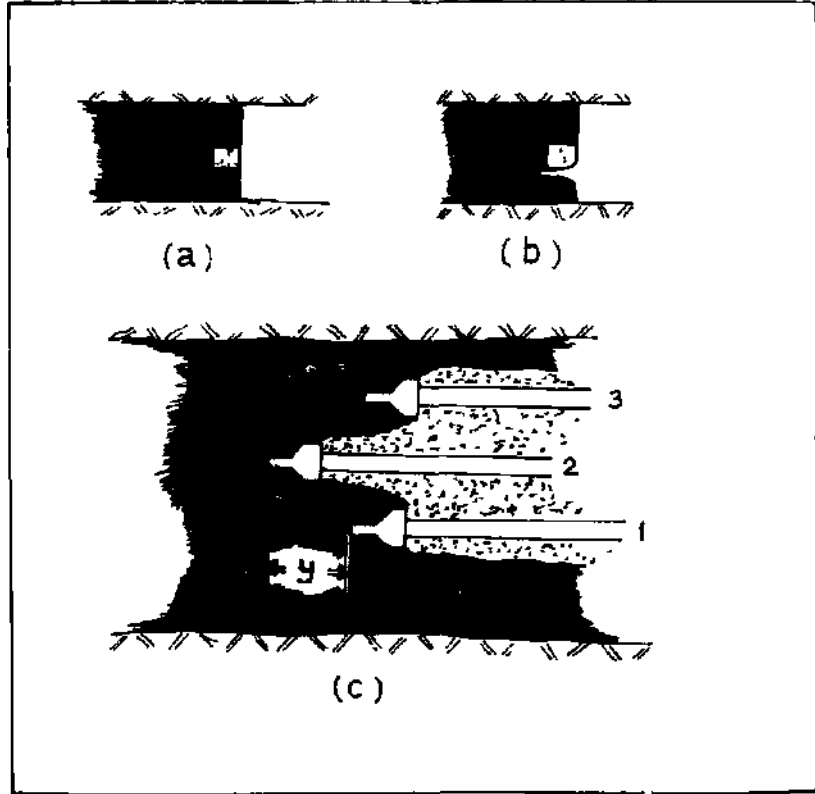
2. En Uygun Kazı Profillerinin Araştırlması

Bir sapan için en uygun kazı profili, damardan belli derinlikte bir kömür dilimi koparıp alınırken, keskilerin "toplam kesme kuvveti minimum olacak şekilde" aldığı geometrik düzendir. Bu tanımlama her şeyden önce böyle bir profilin var olup olmadığı, var ise geometrik düzenini ve nihayet bu profilin ayak boyunca nasıl korunabileceği sorunlarını ortaya çıkmaktadır.

2.1. En Uygun Kazı Proflerinin Varlığı

Newcastle niversitesinde, 20 yıl önce Profesör E. L. J. Potts'un yönetimi altında başlayan çalışmalar boyunca sapanlı kazı konusunda önemli aşamalar elde edilmiştir. Bunlardan bir tanesi ve şüphesiz en önemlisi, kazı profiUerinin tesisi ve incelenmesidir. Gerçekten de Binns (2) ile başlayan alışmalar Shuttleworth (3), Roxborough (4) ve Whittaker (5) ile devam etmiş ve en uygun kazı profillerinin tâyini hususunda çok ilginç sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Bir kömür parçasını sağlam bir damardan koparmakla (şekil 3a) altı veya üstü kazılmışken koparmak (şekil 3b) arasmda, sarfedilecek g bakımından büyük fark vardır. Bu görüşten hareket edilince, damar stampında kazıya mukavemetin en zayıf olduğu seviyedeki keskiyi daha ileri bir noktada (şek 3c'de 2 no.lu keski) tutmakla, bu keskiyi takip eden ve



Şekil 3 — ön kazı vasıtasıyla elde edilen kazı kolaylığı.

damarın daha sert kısımlarını kazmakta olduğu varsayılan diğer keskilere, Şekil 3b'deki gibi bir kolaylığın temin edileceği mantıkî neticesi çıkmaktadır. Nitekim yeraltında yapılan deneyler de bu teorik görüşü doğrulamıştır (5). Keskilerin birbirlerine göre çeşitli düzenleri kullanılarak yapılan bu deneylerde varılan en önemli sonuçlardan biri, keski uçları arasındaki yatay mesafenin en uygun değerinin tayıni ile ilgilidir. Gerçekten de y mesafesi 15 cm olduğu zaman 2 no.lu keskinin önde kazı yapmasının 1 no.lu keskiye sağladığı fayda en yüksek değerine ulaşmış, bu mesafe 10 cm'in altına düşüncede ön kazının 1 no.lu keski üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bu rakamların, ancak belli bir damar ve belli

yapıdaki kesimler için geçerli olacağı ve damar veya keski değişince de

10 Ä y — 15cm.

aralığının daha genişleyeceği veya daralacağı açıktır. Bununla beraber Ön kazı mesafelerinin gereğinden fazla büyük veya küçük tutulmasının herhangi bir fayda sağlamıyacağı da böylece anlaşılmış bulunmaktadır.

2.2. En Uygun Kazı Profilleri

Şekil 4, yeraltında yapılan ve bizzat bir kömür ayağında yapılan kazılarda denenmiş olan profilleri ve elde edilen neticeleri göstermektedir (5). Bu neticeler, deney şartlarını gerçekleştirecek şekilde inşa edilmiş bulunan bir sapan ile elde edilmiştir. Görüldüğü gibi, denen dört düzen içinde en iyi netice (d) profili ile alınmıştır. Mamafih bu profili, tüm kazı süresinin her anı için daima "en uygun" gibi kabul etmemek

Kuvvetler (ton)	keski profilleri				Hidrolik Sapan
	(a)	(b)	(c)	(d)	
Normal kuvvetler ortalama	4	36	39	32	24
Maximum kuvvetler ortalama	68	55	64	53	42
Kaydedilen en büyük kuvvet	101	77	83	72	73

Şekil 4 — Kazı profilleri ve elde edilen biçme neticeleri (5).

gerekir. Böyle bir durum, ancak damarın ayak boyunca kazı mukavemeti bakımından uniform bir yapı göstermesi halinde beklenebilirdi. Bununla birlikte alınan neticeler, bütün ayağı kapsayan ölçmelerin ortalaması olması bakımından yine de en uygun olma niteliğini koruyacaktır. Yani damar eğer değişmez bir keski düzeniyle kazılacaksa, buna en uygun düzenin yine (d) profili olduğunu kabul etmek gerekir.

2.3. Kazı Profillerinin Korunması

Bir damarın ayak boyunca her yeri için "kazıya en düşük mukavemeti gösterecek ayrı bir keski düzeninin var olduğunun tespiti" üe sorun şu iki aşama noktasına gelmiş bulunmaktadır:

- i) Sapan, ayağın herhangi bir bölgesinde kazı yaparken en uygun keski düzeninin tayıni ve gerçekleştirilmesi;
- ii) Bunu izleyen At zamanında sapan Ax kadar bir ilerleme yapınca, derhal yeni şartlara uygun olan yeni düzenin tayıni ve gerçekleştirilmesi!..

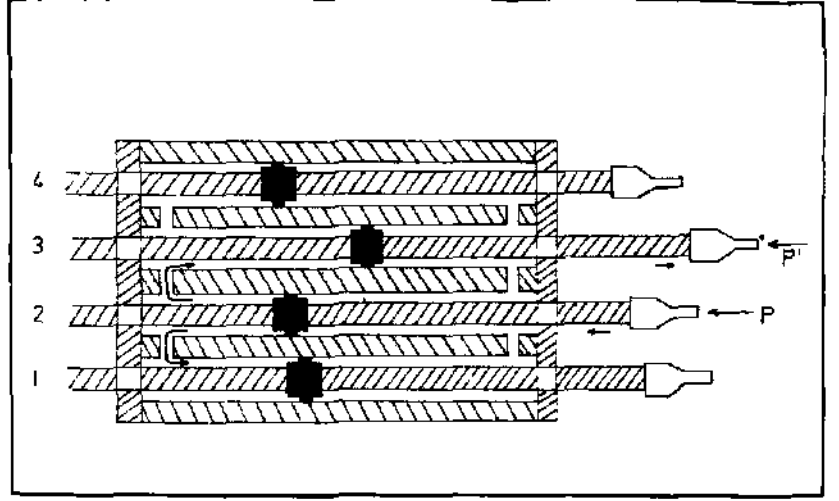
Saniyede 2 metre gibi yüksek bir hızla hareket etmekte olan bir sapanda Ax'in "santimetreler ve At'nin de saliseler mertebesinde olduğu düşünülürse, kesküerin kazı boyunca en uygun düzende tutulabilmesinin zorluğu kendiliğinden ortaya çıkacaktır.

Bu sorun, hidrolik denge prensibinden faydalanılarak gerçekleştirilen ve "Potts Plough" diye bilinen yeni tip bir sapan ile çözüme bağlanmış bulunmaktadır.

3. Hidrolik Sapan

3.1. Çalışma Prensibi

Hidrolik sapan Üe en uygun kazı profilinin temini, bütün kesküere gelecek kuvvetlerin çok kısa bir an için aynı olması prensibine dayanmaktadır. Keskiler, hidrolik yağ ile dolu silindirler içinde hareket eden pistonlara bağlı kolların ucuna yerleştirilmiştir (Şekil 5). Silindirler, şekilde görüldüğü gibi birbirleriyle bağlantılıdır. Bu durumda, akışkanlar dinamiğine göre bütün silindirlerde daima bir hidrolik denge var olacak ve bu korunmaya çalışılacaktır. Örneğin, Şekil 5'te 2 no.lu keskiye gelen yük diğerlerine nisbetle daha fazla ise, bu keskinin bağlı olduğu piston vasıtasıyla hidrolik ortama yapılacak basınç da büyük olacak ve keski, silindir içinde gerüyecektir. Bu esnada pistonun arkasındaki yağ da yer değiştirecek ve en az yük alan keskiyi (damarın en zayıf olduğu seviyeye isabet eden keski) üeri itecektir. Böylece, damarın büyük mukavemet



Seldi 5 — Hidrolik sapanın çalışma prensibi.

gösteren sert kısmı, altı önceden kesilmek suretiyle daha kolay kazılır hale gelecektir. Diğer yandan bir keski ileriye doğru ne kadar fazla uzanırsa, o keskiye isabet edecek kesme derinliği de o nisbette artmaktadır. Bu durumda, böyle ileriye doğru fazla uzanmış bir keskinin maruz kalacağı kesme kuvveti de o ölçüde büyüyeceği için, keskinler arasındaki yük dengesi önce temin edilip sonra da aksi yönde bozulacak ve bu değişim kazı süresince bu şekilde devam edip gidecektir.

Yukarıda basitçe anlatılmış olan hidrolik denge konumunun çok sayıda keskinin bulunduğu bir ortamda daha karmaşık bir dinamik nitelik göstereceği açıktır, özetle, sapanın ileriye doğru aldığı her mesafede ve her an, keskinlerin düzeni değişecek ve optimum profil meydana gelecektir- Nitekim Şekil 4'te en sağ sütunda hidrolik sapanla yapılan kazıya ait verilen çekme kuvveti değerleri, ayak içinde "her an" ve "daima" meydana gelmiş bulunan optimum profillerin varlığını ve avantajlarını açık olarak ortaya koymaktadır.

3.2. Bazı Teorik Görüşler

Hidrolik sapanın, yukarıda izah edilen prensipler içerisinde çalışabilmesi olanağı ancak, keskinlerin bağlı bulunduğu pis-

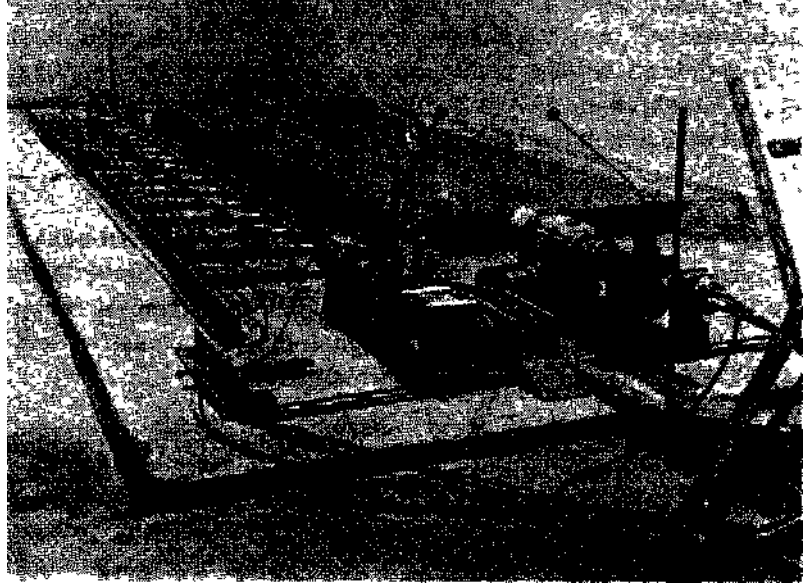
ton ve piston kolu ünitesinin silindir içinde serbest olarak çalışabilmesine, yani hareketine karşı koyan sürtünme dirençlerinin mümkün olduğu kadar düşük seviyede tutulmasına bağlıdır. Gerçekten de piston ve kolunun hareket edebilmesi için, Şekil 5'teM duruma göre;

$$2P - 2P' \leq 2F_r$$

olması gerekir. Şu halde en uygun keski düzeninin çabucak ve kolayca tesis edilebilmesi için ya LFr sürtünme kuvvetlerinin çok düşük, ya da damar stampındaki kazı mukavemeti farklılığı demek olan $LP - LP'$ değerinin, pistonların hareketini temin edecek kadar büyük olması gerekmektedir.

$LP - LP'$ farkı damarın Özelliğine bağlıdır ve olduğu gibi kabul edilmesi lâzımgelir. Ancak, bu farkın sistemdeki hidrolik ortalama en hassas şeküde iietüebilmesi ve LFr sürtünme dirençlerinin en düşük değerde tutulabilmesi için, prensibine dokunmadan sapan yapısında bazı değişikliklerin yapılması gerekli olmuştur. Tebüg hacminin, sebepleri üe birlikte bu yapı değişikliğinin ayrıntılarına inmeye elverişli olmaması yüzünden, konuya burada değinilmeyecektir. Mamafih Şekil 6'da yeni sapan, lâboratuvarda kurulmuş olan bir model ayakta çalışırken görülmektedir.

Hidrolik sapanın fonksiyonunu yapabilmesi için "damar stampının homojen olmaması", ayrıca "muhtelif seviyelerdeki mukavemet farklarının da, pistonlara hareket verecek kadar büyük olması" gerekir. Mukavemet bakımından düz ve homojen yapıya sahip bir kömür damarım kazmak için kullanılacak bir hidrolik sapanın, teorik olarak, herhangi normal bir sapanından farkı kalmaz. Zira mukavemet farkı olmayınca kesikleri taşıyan kollar da hareket edemeyecektir. Diğer yandan bir damarın "belli bir "H" mukavemetinde homojen ve uniform bir yapıya sahip olmasmdansa, bazı kısımlarının daha yumuşak olması sartiyle, büyük bir kısmının sert ve mukavim kömürlerden oluşması, teorik olarak sapanlı kazıya daha çok uygunluk gösterir" diye düşünülebilir. Çünkü bu ikinci durumda damarın yumuşak kısımlarının bir hidrolik sapanla Ön kazıya tabi tutularak, sert kısımlarının mukavemetinin "olduğundan daha



Şekil 6 — Hidrolik sapan ve model ayak.

düşük" bir değere indirgenmesi olanağı vardır. Bu noktada ortaya bir sorun daha çıkmaktadır: Damar stampındaki mukavemet farklarının asgarî değeri ne olmalıdır ki hidrolik sapanın kesikleri arzu edilen sınırlar içinde ve kolayca hareket edebilsin?

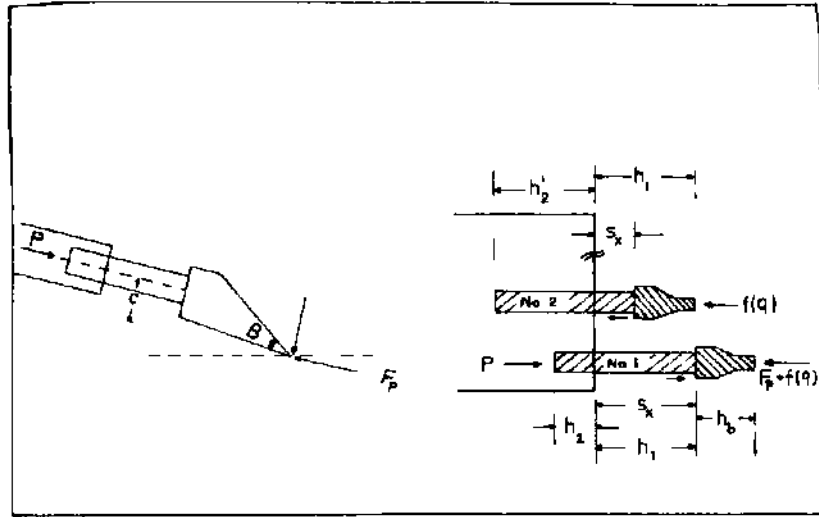
Bu soruya, ancak bütün boyutları belli bir sapan için sayısal bir cevap araştırılabilir. Bu sebeple bulunacak sayının tek bir sapana özgü olacak niteliğinden ziyade, bu değer belirlenmesinde rol oynayan etkenlerin etki dereceleri ile, keski pozisyonlarının birbirlerine göre aldıkları duruma bağlı olarak sayısal değerde meydana gelecek değişimlerin izleyecekleri yön (genel olma niteliğini taşıması bakımından) daha Önemlidir.

3.3. Keski Hareketlerinin İncelenmesi

Hidrolik sapandaki keskilerin hareketlerine ait hesaplamalar, ayrıntıları ile başka bir yerde izah edilmiş bulunmaktadır (6). Burada bu çalışmaya yer yer bazı atıflar yapılmak suretiyle sadece neticelerden bahsedilecektir.

Yapılan çalışmada her şeyden önce bir keskiye gelen kesme kuvvetinin tayıni yoluna gidilmiştir. Keskilere gelen kuvvetler hakkında çeşitli araştırmacılar tarafından değişik teoriler ortaya atılmış bulunmaktadır. Bunların içinde en yenisi ve deney neticeleri ile en fazla uygunluk halinde bulunanı Evans tarafından geliştirilen ve kömür kırılmasının "çekme gerilmesi" etkisi altında meydana geldiği kabul edilen teoridir (7). Ancak bütün diğer teoriler gibi Evans Teorisinde de, keskinin kömüre girerken yapmış olduğu düşey deplasman dikkate alınmamıştır. Bu durum lâboratuvar deneyleri için yeterli olmakla beraber, sapan keskinin kazı anındaki dinamik davranışı açısından düşünülünce, düşey, deplasmanın da hesaplanmalara katılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Böylece sapanlı kazıda kömürün damardan koparılmasında "Çekme Gerilmesi"nin yanısıra, "Basınç Gerilmesi" cinsinden zorlamaların da rol oynayacağı'nın kabulü ile probleme daha gerçekçi Ölçüde yaklaşmış olunmaktadır.

ikinci olarak keskilere birbirlerine göre olan kazı pozisyonlarının ifade edilmesi yoluna gidilmiştir (Şekil 7). Basitlik için sadece iki keski gözönüne alınmış ve keskilere bir tanesi ileriye doğru maksimum deplasmanını yaparken diğerinin ona



Şekil 7 — Keskilere gelen kuvvetler ve keski hareketleri.

orantılı bir şekilde ve geriye doğru minimum deplasman pozisyonuna geçtiği kabul edilmiştir. Bu durumda parametreler arasındaki bağıntı:

$$h_1^i = (S - S_x) + h_b \dots\dots\dots(3)$$

ve

$$\frac{h_1^i}{h_2^i} = r_2 = \frac{(S - S_x) + h_b}{E - [(S - S_x) + h_b]} \dots\dots\dots(4)$$

olarak belirlemektedir. Görüldüğü gibi $S_x - S$ için, yani 1 no.lu keskinin ileriye doğru tam uzanması halinde, (4) bağıntısı;

$$r_2 = \frac{h_b}{E - h_b} \dots\dots\dots(5)$$

ve $S_x = 0$ için de aynı bağıntı:

$$r_2 = \frac{S + h_b}{E - (S + h_b)} \dots\dots\dots(6)$$

şeklini almakta ve böylece keskinin birbirlerine göre iki uç (ekstrem) pozisyonu belirlemiştir.

Analizde keski kombinezonu olarak:

- (i) En alt sıradan iki keski dikkate alınmış ve bunların pozisyonlarının, biraz Önce anlatıldığı gibi, birbirinin aksi olduğu kabul edilmiştir (ayrık durum).
- (ii) Aynı keskinler bu defa eş pozisyonlu olarak dikkate alınmıştır,
- tiii) En alt ve en üstteki iki keski bir defa ayrık bir defa da eş pozisyonlu olarak kabul edilmiştir.

Hesaplamalar S_x 'in sıfır ilâ S arasında, eşit aralıklarla alınan 6 değeri için yapılmıştır. Alınan her pozisyonda, keskinin 1 mm'lik ilerleme yapabilmesi için gerekli denge konumları bulunmuştur. Sıfır üe S arasında böyle 6 pozisyon seçmek yerine, 3 ve 4 no.lu bağıntılardaki S_x ve h değişkenlerini bir y

değişkeni cinsinden ifade etmek ve bunu sıfır ile maksimum kurs* değerleri arasında değiştirerek;

$$\Phi = \int_{y_1=0}^{y_n=S} Q(y) \cdot dy \dots \dots \dots (7)$$

entegrali yoluyla Φ minimum damar mukavemeti oranlarını bulmak, şüphesiz eğrilerin daha hassas olarak elde edilmesini sağlardı. Ancak bu eğrilerin 6 noktası bulunarak çizilecek eğrilerden daha farklı olmayacağı da bir gerçektir.

3.4. Neticeler

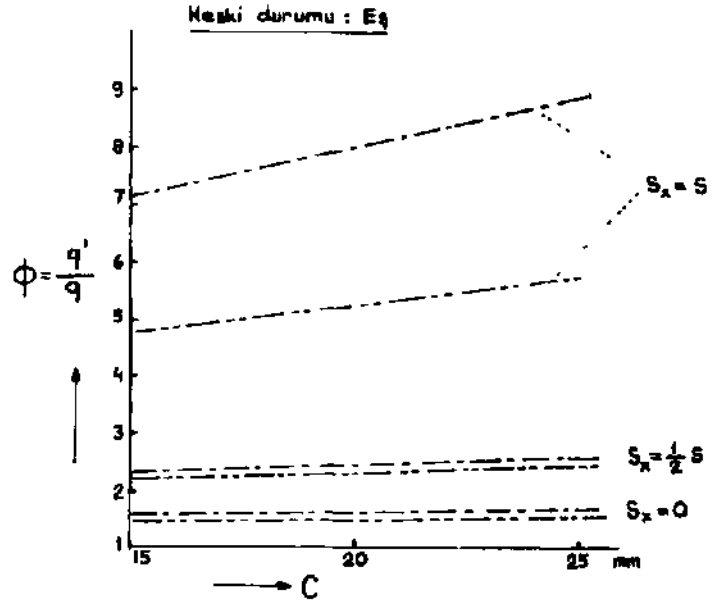
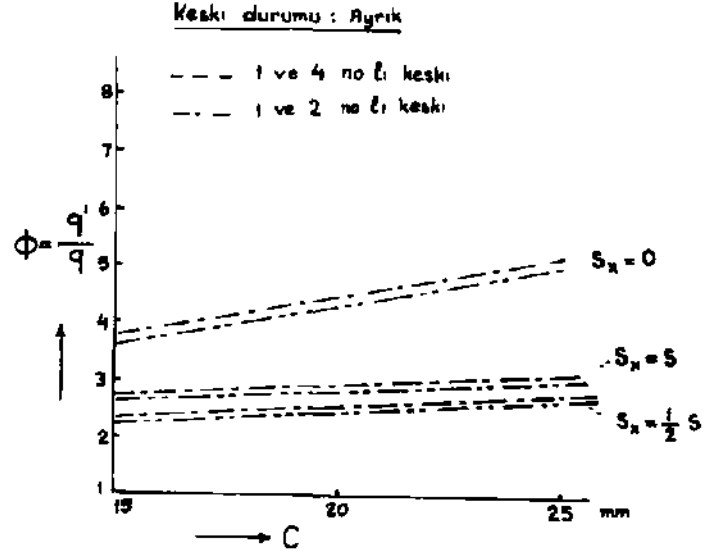
a) Φ ile C Arasındaki Bağını

Asgarî mukavemet oram Φ ile C arasındaki bağıntı Şekil 8'de verilmiştir. C büyüdükçe, keskinlerin hareket edebilmeleri için damardaki mukavemet farkının da daha büyük olması gerekmektedir. Keskinler eş hareketli kazı yapıyorlarsa, 1-4 no.lu keski kombinezonu, hareket edebilmek için 1-2 kombinezonuna nazaran daha fazla mukavemet farkına ihtiyaç göstermektedir. Bunun muhtemel izah tarzı şöyledir: Keskinler ileriye doğru uzandıkça kesme derinlikleri de artmakta, ancak bu artış alttaki keskinlerde daha fazla olduğu için gereken kazı kuvveti de o nisbette fazlalaşmaktadır.

Ayrık durumlu ve aynı durumlu (eş) hareket etme şekillerine göre bu grafiklerden şu sonuçlar çıkarılabilir:

- (i) Ayrık durumlu harekette, 1 no.lu keski sıfır kurs değerine yaklaştıkça, gerekli hareketin temin edilebilmesi için damardaki mukavemet farkının da büyümesi gerekir. Bu pozisyonda ileri uzanacak olan keskinin kesme derinliği minimum değerindedir ve buna bağlı olarak, bu keskinin hareketine karşı koyacak dirençlerin toplamı da minimumdur. Bu anda öteki keski maksimum kursuna eşdeğer bir ölçüde ileriye doğru uzanmıştır. Kesme derinliği ve damardan gelen itme kuvveti de en büyük değerindedir. İlk anda, bu pozisyonda keski hareketi için gerekli mukavemet ora-

(*) Kurs = Piston yolu, Strok.



Şekil S — Keski ucunun silindir eksenine olan uzaklığı (O) ile, damar stampındaki asgari mukavemet oranı (ϕ) arasındaki bağıntı.

hinin minimum olacağı gibi bir izlenim doğmaktadır. Bulunan netice ise bunun tersidir. Bu çelişki şöyle izah edilebilir: 1 no.lu keskiye hareket verecek olan diğer keski maksimum uzanmasını yaptığı zaman, damardan alacağı büyük itme kuvvetinin yamsıra, o ölçüde de yüksek mekanik zorlanmaların, dolayısıyla büyük sürtünme kuvvetlerinin etkisi altına girmektedir. Bu çeşitli kuvvetlerin ortak etkilerinde sürtünme kuvvetlerini daha hâkim bir rol oynadığı ve neticede, hidrolik ortama büyük bir basınç iletüemiyerek damardan beklenen mukavemet oranının da en yüksek değerinde bulunduğu anlaşılmaktadır,

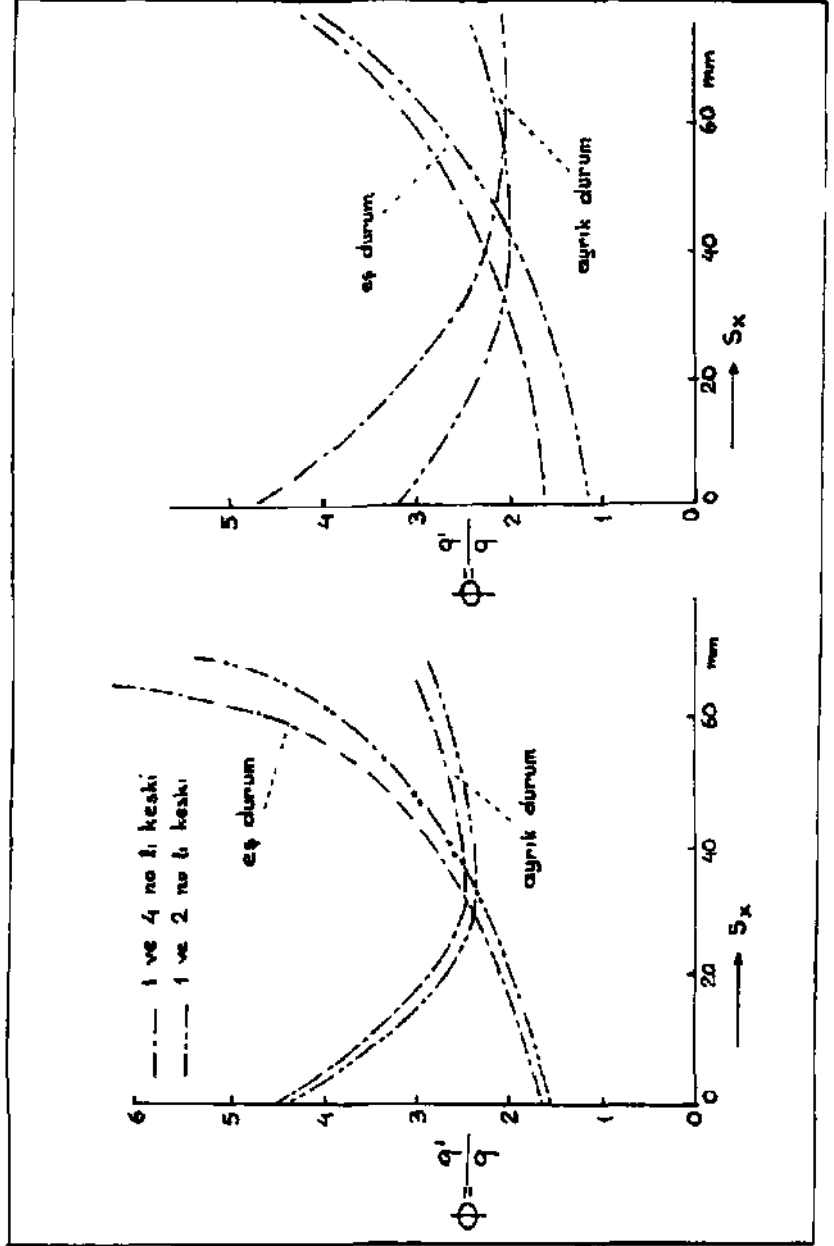
- (ü) Keski hareketlerinin sıfır ile maksimum kurs arasındaki bütün kademeleri için damar stampındaki mukavemet oranı, ayrıklı durumlu harekette 2.3 - 4.5 arasında değişirken, eş durumlu harekette bu değer aralığı 0.5 - 9 olmuştur. Buna göre ayrıklı durumlu keski hareketinin daha geniş bir kurs aralığı içinde daha uygun bir mukavemet oranı getirdiği anlaşılmaktadır. Yani ük yapılan deneylere de uygun olarak, keski uçları arasındaki mesafenin artması gayeye daha uygun düşmektedir. Bu ise giderek silindir boylarının uzanmasını gerektirecektir. Zira $S_{x1} - S_{x2}$ farkının artması demek, S'nin büyük olması demektir.

Bununla birlikte, mekanik sorunlar dolayısıyla silindirlerin çok fazla büyütülemeyeceğini de burada belirtmek gerekir,

- b) Keski Pozisyonları ile Keski Hareketi Arasındaki Bağını

Şekil 9'da keski pozisyonlarına göre damardan beklenen mukavemet farkının değişimi görülmektedir. Eş durumlu harekette, kurs'un %50'sine kadar olan pozisyonlar hareket için uygun bir değer gösterirken, bu sınırın ötesinde mukavemet oranı değeri hızla artmaktadır.

Ayrıklı durumlu harekette ise, ilerleyen keski hareketinin başlangıç safhasında mukavemet oranı hayli yüksek iken, maksimum kurs'un dörtte biri kadar ilerleyince bu oran çabucak düşmekte ve bütün ilerleme boyunca da hemen hemen aynı değeri korumaktadır.



Şekil 9 — Keskilerin pozisyonları ile hareketleri arasındaki bağıntı.

c) Keski Açısı ile <D Mukavemet Oram Arasındaki Bağını gekü 10, keski açılarının keski hareketlerine ne yolda etki ettiğini göstermektedir. Bu grafiklerde bütün eğrülerin müşterek özelliği olarak görülen şey O değerinin keski açısı ile ters orantılı bulunduğu ve aradaki bağıntının da lineer olmadığıdır: Keski açısı büyüdükçe O oram azalmaktadır. Bu durum insana ilk anda ters gelmekte ve sanki küçük açılı, yani ince uzun bir keskinin kömüre daha iyi saplanacağı, dolayısıyla damarda daha az bir mukavemet oranına ihtiyaç göstereceği gibi bir izlenim uyanmaktadır. Ancak, keskiye gelen kuvvetlerden "kömüre batma" kuvvet bileşeni ile "kömürü koparma" bileşeninin aynı nitelikte olmadığı burada belirtmek gerekir: Her ilerleme kademesinde keskinin kömüre sadece 1 mm saplandığı kabul edilmekle, birinci bueşen keski pozisyonundan hemen hemen bağımsız kılınmıştır. Halbuki ikinci bileşen keski açısına olduğu kadar keski pozisyonuna da bağlıdır. Neticede, grafikte de görüldüğü gibi, küçük açılı keski bazı durumlarda, hareket edebilmek için uygulamada rastlanılmıyacak kadar büyük mukavemet farklarına ihtiyaç göstermektedir.

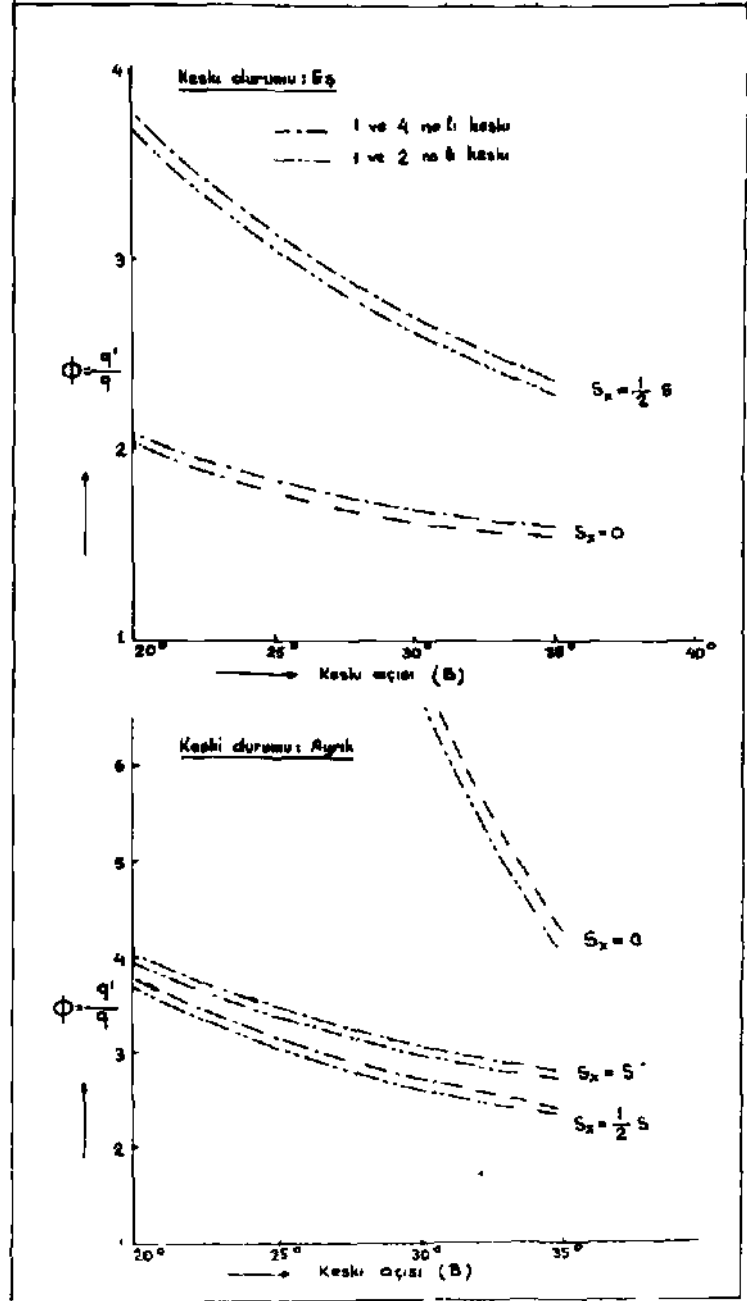
4. Sonuç

Sapan, sağlam yapılı olması dolayısıyla uygulama alan gittikçe genişleyen bir kazı aletidir. Bu gelişmeye paralel olarak, son yıllarda sapanlı kazı tekniği ile ilgili çalışmalar da daha ilmi bir nitelik kazanmıştır. Keski düzenlerinin "minimum kazı kuvveti" açısından incelenmesi bunlardan biridir.

Çalışmaların bu tebliğde yer verilen bölümünden çıkarılacak sonuçları Özetlemek gerekirse, bunlar:

(i) Bir kömür damarının her bölgesi için "minimum kazı kuvveti"ni gerektirecek şekilde bir keski düzeni vardır. Damar yapısı ve mukavemetinin tavandan tabana her seviyedeki farklılığının bir neticesi olan böyle bir düzene "en uygun kazı profili" denmektedir.

(ii) Kazı süresinde keski düzenlerini daima en uygun profüde tutması sebebiyle, hidrolik sapan, "sapan tekniğindeki en yeni gelişme" gözüyle bakılabilir. Bununla beraber, henüz çözüm bekleyen pek çok sorun vardır.



Şekil 10 — Keski açısı ile asgari mukavemet oranı arasındaki bağıntı.

(iii) Hidrolik sapanın kendi prensibine uygun olarak çalışabilmesi için, damardaki mukavemet farkları küçük dahi olsa bunun, keskinler tarafından hidrolik ortama iletilebilmesi lâzımdır. Bu da ancak, piston kolu ile silindirler arasındaki mekanik sürtünme kayıplarının minimumda tutulabilmesiyle sağlanabilecektir.

(iv) Keskin ucu ile silindir eksenindeki mesafenin, keskin hareketinin kolay veya zor olması üzerindeki etkisi büyüktür. Aradaki bağıntı lineer fakat ters orantılıdır. Yani bu mesafe ne kadar büyük olursa, keskinin silindir içindeki hareketi de o ölçüde güçleşmektedir.

(v) Keskinler, maksimum ileri uzanabüme miktarlarının %20'si ile %80'i arasında çalışacak şekilde bir ortam bulurlarsa, damardaki asgari mukavemet farklarının hidrolik sisteme iletilmesi bakımından, oldukça uygun bir durum elde edilmiş olmaktadır.

(vi) Keskinlerin hareket edebilmesi için damardan beklenen asgari mukavemet oranının 1.5'ten başlayıp daha büyük değerlere doğru gittiği görülmektedir. Uygulamada, keskinlerin hareketi için bu kadar büyük mukavemet farklarına iki sebepten dolayı ihtiyaç hâsıl olmaz: Bir defa, bir keskinin hareketini sağlayacak hidrolik basıncı burada olduğu gibi tek değil birçok keskin birden meydana getirecektir, ikinci olarak, keskinlerin damardan açtıkları yarıklar, burada kabul edildiği gibi muntazam bir şekilde değil fakat yan kırılmaları da içine alacak şekilde meydana gelecektir.

Hidrolik sapanla yapılan kazılarda, ortalama çekme kuvvetinde %30'dan fazla bir tasarruf elde edildiğine daha önce değinilmişti. Bunun yansıması, kazı esnasında kaydedilen "maksimum çekme kuvveti" değerinde de yine büyük ölçüde bir düşme hâsıl olduğunu da burada belirtmek gerekir (7). Bu noktanın uygulama açısından önemi şurada: Gerek sapan zinciri, gerekse dişliler veya emniyet pimlerindeki bütün kopma ve arızalar hep, çekme kuvvetindeki bu "maksimum" değerler yüzünden meydana gelmektedir. Bu gibi arızalar bazı hallerde öylesine sık olmaktadır ki, böyle durumlarda sapanlı kazının ekonomisi dahi tehlikeye düşmektedir.

Sapanlı kazı tekniğindeki diğer gelişmelerin de yardımıyla bugünkü sorunları çözümlendiği takdirde, hidrolik sapanın mekanize kömür üretiminde iyi bir yer almaması için hiçbir sebep yoktur.

İşaretler

HŞekil 7 ve 3 - 7 No.U bağıntılar gözönüne alınarak.)
Pistonların silindir içinde ve dışında kalan kısımlarının uzunlukları
 h'_{ip}, h'_a
hb Keski uzunluğu
E Keski - piston kolu sisteminin maksimum uzunluğu
C Keski ucunun silindir eksenine olan uzaklığı
B : Keski açısı
S : Kurs (strok) boyu
Sx : Kurs boyunun bir değişken olarak ifadesi
Fp Kesme kuvveti
q, q' Keskinlerin kazı yaptığı seviyede damarın basınç mukavemeti
 Φ tkl keskinin hareket edebilmesi için mukavemetler arasındaki
asgari oran $(\Phi = \frac{q'}{q})$

Bibliyografik Tamam

1. Sann» B.: Bisherige Entwicklung und Zukunftsaussichten des Hobeins. Technische Mitteilungen 57 (1964), H. 9, s. 411.
2. Potts, E. L. J.: The Establishment of a Ploughability Index for seams in Durham, T.L.M.E. 1956-57, vol 116, p. 97.
3. Potts, E. L. J. ve Shuttleworth, P.: A Study on the Ploughability of Coal. T.I.M.E. 1957-58, vol. 117, p. 519.
4. Roxborough, F. F.: The Effect of Subsectional Strength Variations on full Seam Ploughability. Doktora Tezi, Mayıs 1961, Durham Üniversitesi.
5. Potts, E. L. J.; Roxborough, F. F. ve Whlttaker, B. N.: Experiments with the Automatic Variable Geometry Coal Plough. The Mining Engineer, Mayıs 1967, p. 539.
6. Eskikaya, Ş.: An Investigation Into the Application of the Variable Geometry Technique to Longwall Coal Planning Systems Using Scale Models. Doktora Tezi, Ekim 1970, Newcastle Üniversitesi.
7. Evans, I. ve Murrel, A. F : Wedge Penetration into coal Colliery. Engineering, January 1962.
8. Roxborough, F. F. ve Eskikaya, Ş.: An Investigation into Some Aspects of Coal Plough Systems Design Using a 1/4 Scale Dynamic Model. The Mining Engineer, November 1971, No. 134.

"KAYA MEKANİĞİ VE AÇIK İŞLETMELERDE ŞEV STABİLİTESİ"

Sabahattin GAZANFER*

Özet

Büyük kazı, yükleme ve taşıma araçlarının açık işletmelerde gün geçtikçe artan bir çalışma sahası bulması ve böylelikle daha derin cevher rezervlerinin açık işletme olarak çalışılmaya başlanması, şev stabilitesi konusuna önem kazandırmıştır.

Yazıda bu konu, önce kaya mekaniği açısından incelenmiş ve matematiksel hesaplamalar açıklanmış, daha sonra G.L.İ. Açık işletmesinden örneklerle izah edilmeye çalışılmıştır.

1. Giriş

1971 yılı istatistiklerine göre (1), dünya mineral ihtiyacının %66'dan fazla bir kısmı açık işletmelerden karşılanmaktadır. Genellikle büyük kazı makineleri ve taşıma araçlarının açık işletmelerde gün geçtikçe daha fazla çalışma sahası bulması ve böylece işletme masraflarının kısmen düşük seviyede tutulabilmesi neticesi, bu oranın 1975 yılından önce %73'ü bulacağı tahmin edilmektedir.

Yüzeye yakın zengin cevher rezervlerinin tüketilmek üzere olması, maden işletmecüsünü daha derin açık işletmelerin planlanmasına zorlamaktadır. Fakat açık işletmecilikte derine gidildikçe, kaldırılması gereken örtü tabakası miktarı genellikle artacağından, cevheri çıkarma maliyeti de yükselecektir. Şev açısı 50° olan koni şeklinde bir açık işletmede 150 m derinliğe inilmesi için kaldırılması gereken malzeme hacmi 2.5

(*) Yük. Maden Mühendisi.

milyon m³* iken, Şev açısı 40° 'ye indirildiğinde bu rakam yaklaşık olarak 5 milyon m³ olur.

Her ne kadar, dekapaj miktarını asgariye indirmek Şev açısını artırmakla mümkünse de, heyelan tehlikesinin de buna paralel olarak artacağı muhakkaktır. Büyük çapta bu- heyelanın, maden işletme projesiyle tesbit edilmiş ekonomik dengeyi bozabileceğine de işaret etmekte fayda vardır.

Son yıllara kadar optimum Şev açısının tâyini pratik tecrübeye dayanmaktaydı. Fakat büyük yatırımlar isteyen maden işletmeciliğinde pratik tecrübenin yanında ilmî çalışmaların ve elde edilen neticelerin pratiğe tatbikinin faydalı olacağı şüphesizdir. Bu yazının amacı, Şev stabilités! konusunda kaya mekaniğinin yerini, bu konuda yapılan araştırmaları ve bunların pratiğe uygulanmasını kısaca özetlemektir.

2. Kayma Mekanizması

Şevlerde kayma mekanizmasını basit olarak Şekü l'de görüldüğü gibi yatay üe β açısı yapan eğik düzlem üzerindeki bir blokun hareketine benzetmek mümkündür. Kaymaya başlaması anında bloka etki eden kuvvetler Şunlardır:

W — Blok ağırlığı,

W Sin β — Blok ağırlığının düzlem doğrultusundaki bileşeni,

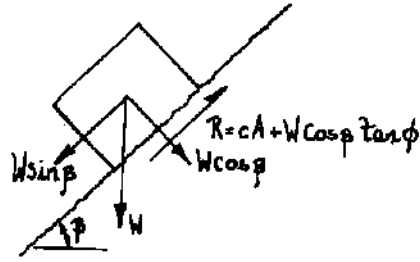
W Cos β — Blok ağırlığının düzleme dik doğrultudaki bileşeni,

R — Blok ve eğik düzlem arasındaki sahanın direnci (resistance) .

Şekü l'den görüleceği gibi, blok ağırlığının eğik düzlem doğrultusundaki bileşeni (W Sin β), bloku kaydırmak isteyecek, fakat alanın direnci (R) buna karşı koymaya çalışacaktır. Açık işletmelerdeki basamakların veya Şevlerin stabilitesi hakkında bilimsel fikir yürütmek, ancak bu kuvvetlerin ve onlarla ilgili faktörlerin hassasiyetle tesbitine ve incelenmesine bağlıdır.

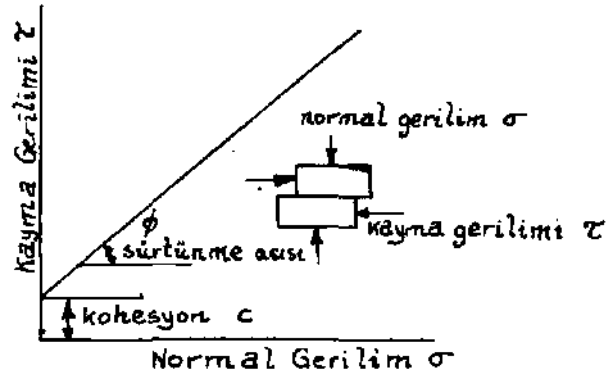
a) Kayma Mukavemetinin Ölçülmesi

Pratik tecrübelerden varılan neticelere göre, sert kayalar-
da açılmış şevlerde kayma, genellikle mevcut faylar veya bu
kayaların arasında bulunan çatlaklar üzerinde olmaktadır. Do-
iayısıyla, kayma mukavemetini Ölçme deneylerinin bu çatlak-
larda veya onlardan alacak numunelerde yapılması yerinde
olur.



Şekil 1. Eğik düzlem üzerinde duran bir
bloka etki eden kuvvetler

Kayma mukavemetini ölçme deneylerinde kayaların loru-
ma prensibi, basit olarak Şekil 2'deki gibi kohezyon ve içsel
sürtünme açısı ile ifade edilir. Coulomb teorisi olarak bilinen
bu prensip aşağıdaki gibi yazılabilir:



Şekil 2. Coulomb teorisine göre kayma

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \dots \dots \dots (1)$$

Burada;
T = Kayma gerilmesi,
a – Normal (dikey) gerilme,

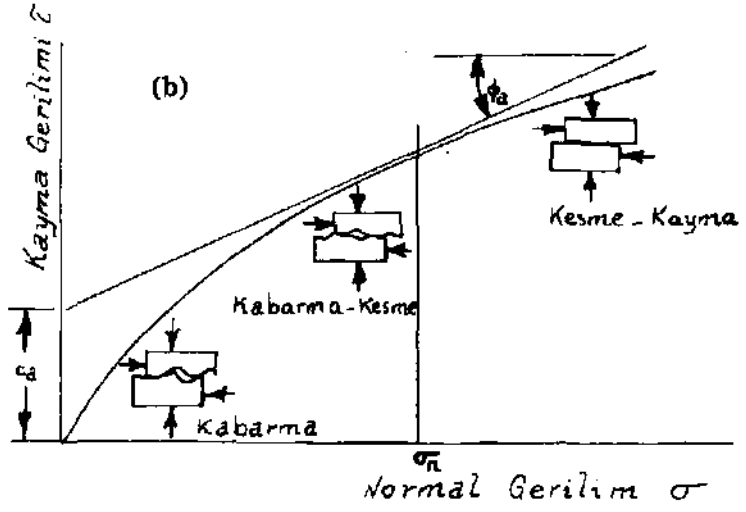
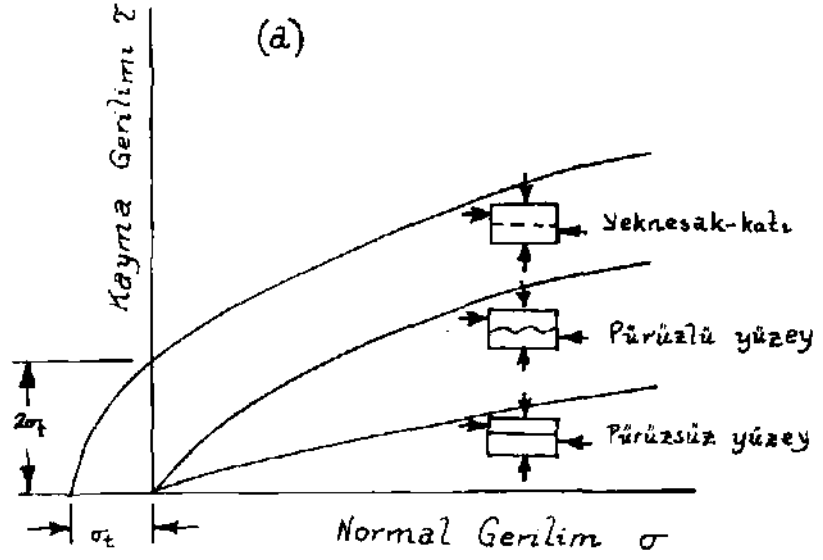
- c = Kayma yüzeyinin kohezyonu veya sıfır normal basınç altındaki kayma mukavemeti,
 θ = Kayma yüzeyindeki içsel sürtünme açısı olarak bilinir.

Hakikatte, kayma mukavemetini ölçme deneylerinden elde edilen neticeler Şekil 2'deki gibi basit olmayıp, kayaların ve çatlakların cinsine göre oldukça değişmektedir. Hoek ve Boyd (2), üç değişik kaya yapısı için T ve θ arasındaki münasebetin Şekil 3a'da gösterildiği gibi olduğunu açıklamıştır. Pürüzlü yüzlerin kayma deneyinde geçirdiği safhalar ise Şekil 3b'deki gibidir (2). Normal baskının az olduğu ilk safhada kabarma, daha sonra kabarma ve kesme ve belli bir σ_n değerinden sonra ise sadece kesme-kayma olayı meydana gelmektedir. Burada c ve θ değerleri c/n eğriyi kestiği noktadan eğriye çizilen teğet yardımıyla bulunabilir.

Coulomb denklemi lineer bir ifade olduğundan, Şekil 3b'de gösterilen eğriyi tarif edememektedir. Bu nedenle, hassasiyet gerektiren bazı hesaplamalarda bu gibi eğrileri tarif edebilecek ifadelerin kullanılması Patton (3) ve Murrell (4) tarafından tavsiye edilmiştir.

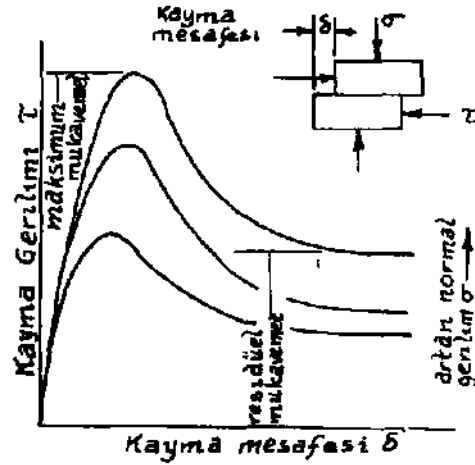
Kayma deneylerinde görülen diğer bir özellik ise, belli bir normal baskı altında, kayma gerilimi T ile kayma mesafesi (displacement) δ arasındaki münasebettir. Şekil 4'teki eğrilerden görüleceği gibi test edilen malzeme maksimum mukavemetine (peak strength) ulaşıncaya kadar yaklaşık olarak elâstik tarzda deforme olmakta, bu değerden sonra ise kayma devam ederken, kayma mukavemetinde bir azalma meydana gelmektedir. Belli bir kayma mesafesinden sonra ise kayma mukavemetinde önemli bir değişiklik olmadığı görülmektedir. Malzemenin bu safhadaki mukavemetine "artık mukavemet" (residual strength) ve sürtünme açısına da "kalıcı sürtünme açısı" (residual angle of friction) denilmektedir.

Maksimum kayma mukavemeti ile résiduel kayma mukavemeti arasındaki fark kayaların cinsine, çatlakların arasında mevcut olabilecek yabancı maddelerin özelliklerine göre az veya çok olabilir.



Şekil 3. Kayalarda kayma gerilimi ile normal gerilim arasındaki bağıntı (2)

Deneylerden elde edilen neticeye göre (7), granit veya porfir gibi sert kayalarda résiduel mukavemet maksimum mukavemetin yarısından az olabilmektedir. Yumuşak bir zeminde ise bu iki değer arasındaki fark gayet azdır. Sert kayalarda açılmış şevlerde kayanın maksimum kayma mukavemeti aşıldığında, meydana gelecek kaymanın âni ve şiddetli olmasının nedenlerinden birisi de yukarıda belirtilen farktan ileri gelmektedir. Tablo 1 ve 2'de kayaların çatlaksız kaya haldeki kohezyon değerleri (c) ve çeşitli hallerdeki sürtünme açıları değerleri (θ) gösterilmiştir (6).



Şekil 4 Kayma gerilimi ve kayma mesafesi arasındaki bağıntı (7)

Kayma mukavemeti ile ilgili değerlerin deneysel tesbiti ve yorumlanması konusunda Jaeger (5) detaylı olarak incelemiştir.

Deney aletleri büyük kapasiteli (150 ton) olduğu gibi, arazide kullanılacak tipte, taşınabilir ve küçük kapasiteli (10 ton) de olabilmektedir (7) (Fotoğraf 1).

b) Jeolojik Faktörler

Elâstisite teorisinden faydalanılarak hazırlanan matematiksel modellere göre, yeknesak - katı malzemede heyelan, an-



Fotoğraf 1 — Kayaların ve çatlakların kayma mukavemetlerinin arazide ölçülmesi.

Tablo 1 — Toprak ve Kayaların "Yeknesak - Katı" Haldeki Kohezyon Değerleri*

Malzeme cinsi	c-kg/m*	c-lb/ft ²
Çok yumuşak toprak	170	35
Yumuşak toprak	340	70
Sıkı toprak	880	180
Sert toprak	2 200	450
Çok sert toprak	7.800	1.600
Çok yumuşak kaya	17.000	3.500
Yumuşak kaya	56.000	11.500
Sert kaya	170 000	35.000
Çok sert kaya	560.000	115.000
Çok çok sert kaya	1.000 000	230 000

cak çok yüksek ve dik şevlerde olabilmektedir. Örnek olarak, basma mukavemeti 3500 ton/m² ve özgül ağırlığı 2.9 ton/m³ olan kayada açılmış dikey bir şevde, heyelanın meydana gele-

(*) Değerler Jennings ve Robertson (6) tarafından teklif edilmiştir

Tablo 2 — Bazı Kayaların İçsel Sürtünme Açılarının Yaklaşık Değerleri*

Kaya cinsi	Yeknesak - Katı (0)	Çatlak (0)	Beztdttel (0)
Andezit	45	31—55	28—30
Bazalt	48—50	47	
TebegİR		35—41	
Diorit	53—55		31—33
Granit	50—64		
Grevak	45—50		
Kalker	30—60		33—37
Monzonit	48—65		28—32
Porfir		40	30—34
Kuarsit	64	44	26—54
Kumtaşı	45—50	27—38	25—34
Şist	26—70		
Şeyi	45—64	37	27—32
Kiltaşı	50	43	
Arduaz	45—60		24—34

bilmesi için şev yüksekliğinin yaklaşık olarak 1200 m olması gerekmektedir (Terzaghi) (8). Fakat bu yükseklikte hiçbir dikey şev bulunmadığı gibi, yüksekliği ve eğimi çok daha az olan şevlerde bile kayma tehlikesinin mevcut olduğu veya heyelanların meydana geldiği arazi incelemelerinden anlaşılmaktadır. Bunun sebebi ise kayaların homojen ve elâstik kütleler olmayışı ve kayma olayının doğrudan doğruya jeolojik faktörler neticesi oluşu ile izah edilmektedir. Önemli jeolojik faktörler şunlardır:

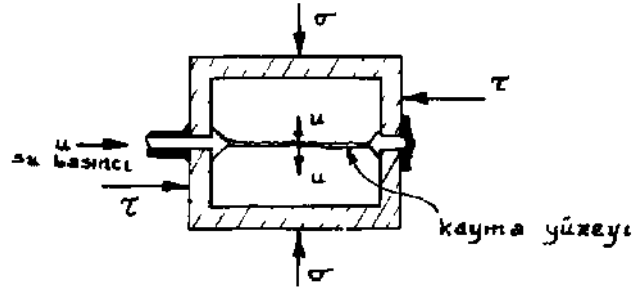
- Tabakalar, çatlaklar ve fayların yatımı ve devamlılık dereceleri,
- Çatlakların yüzey pürüzlülükleri nispeti,
- Fay ve çatlaklar arasında mevcut olabilecek kil, kum vs. yabancı maddelerin miktarı ve özellikleri,
- Çeşitli hava etkenlerinin tesiri,
- Hidrolojik etkenler (ayrıca incelenecektir).

(*) Değerler Jennings ve Robertson (6) tarafından teklif edilmiştir.

Yukarıda belirtilen jeolojik faktörlerin hassasiyetle tesbit edilebilmesi için, son yıllarda çeşitli metodlar ve cihazlar bulunmuş veya geliştirilmiştir. Bunlar arasında, yeni bir karot alma tekniğinin gelişmesi (Rocha) (9), çatlakların haritalanması ve stereonetlerin kullanılması (John) (10), sondaj kuyularının kamera, televizyon (Zemanck) (11) veya akustik cihazlarla incelenmesi (Brenden) (12), şev stabilitesi çalışmalarında gittikçe tatbikat sahası bulmaktadır.

c) Hidrolojik Faktörler

Heyelanlara sık rastlanıldığı Norveç'te yapılan istatistiklere göre, kayma frekansı karların eridiği Nisan ile yağışın bol olduğu Ekim aylarında yükselmektedir. Yağan yağmur ve eriyen karın şev stabilitesi üzerindeki etkilerinden en önemlisi, kayaların ve çatlakların kayma mukavemetlerini azaltmasıdır. Normal gerilim kayma yüzeyleri arasında bulunan sudan dolayı (tr-u) olacaktır (Şekil 5). Bu değere efektif normal gerilim denmektedir. Buna göre (1) No.lu denklem;



Şekil 5. Su basıncının kayma mukavemetine etkisi

$$\tau = c + (\sigma - u) \tan \phi \quad \dots \dots \dots (2)$$

şeklini alacaktır. İlk olarak Terzaghi (13) tarafından farkedilen bu önemli husus, daha sonraları Skempton (14) tarafından detaylı olarak incelenmiştir.

Kayaların ve çatlakların permeabilitelerinin Ölçülmesi ve elde edilen değerlerin yorumlanması başlı başına bir konu teşkil ettiğinden bu yazının kapsamı dışında kalmaktadır.

3. Şev Stabilités! Hesaplamaları

a) Şevlerde Emniyet Katsayısı

Şev stabilitesi hesaplamalarında emniyet katsayısı genellikle aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\text{Emniyet Katsayısı, E.K.} = \frac{\text{Kaymayı önleyen toplam kuvvetler}}{\text{Kaymayı başlatan toplam kuvvetler}}$$

Eğer;

E.K > 1 ise, şev denge durumunu muhafaza etmektedir,

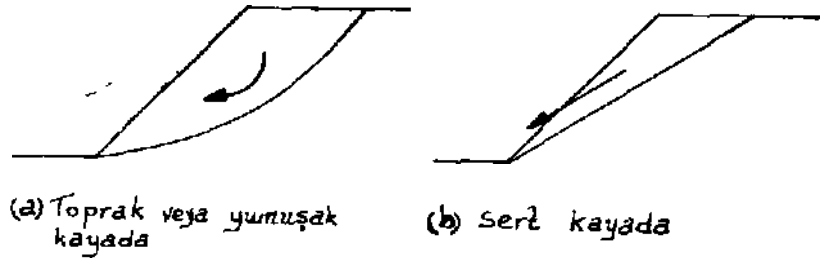
E.K < 1 ise, şev kaymış veya kayacaktır,

E.K = 1 ise, şev "limit denge" durumundadır.

İnşaat, makine, elektrik ve uçak mühendisliği gibi diğer mühendislik hesaplamalarında emniyet katsayısı genellikle çok yüksek bir değer olarak seçilmektedir. (Meselâ, uçak mühendisliğinde E.K=10 olabilmektedir.) Şev açısı tâyininde ise emniyet katsayısı normal olarak 1.3 olarak kabul edilmektedir.

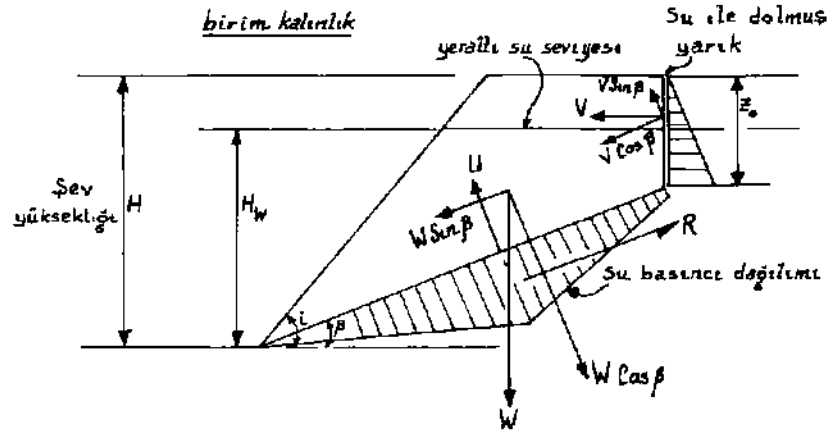
b) İki-Boyutlu Analiz (Two-Dimensional)

Yapılan gözlemlerden varılan neticelere göre, toprak veya yumuşak kayalarda açılmış şevlerde kayma yüzeyi, genellikle bir eğri üzerindedir (Şekil 6a). Böyle şevlerin emniyet katsayıları zemin mekaniğindeki metodlardan faydalanılarak hesaplanmaktadır (Bishop) (15), (Janbu) (16). Sert kayalarda açılmış şevlerde kayma ise daha önce de belirttiği gibi çatlaklar veya faylar üzerinde olmaktadır (Şekil 6b).



Şekil 6. Şevlerde kayma çeşitleri

Heyelan başlangıcı, ekseri hallerde şevlerin üst kısmında beliren yarıklardan anlaşılır. Yağışlı mevsimlerde bu yarıklar su ile dolabilir ve kaymayı biraz daha kolaylaştırmış olur. Şekil 7'de görülen böyle bir şevin matematiksel analizi aşağıdaki gibi yapılabilir.



Şekil 7 İki boyutlu analiz

Bloka etki eden kuvvetler:

W = Blok ağırlığı

$W \cos \beta$ = Blok ağırlığının kayma düzlemi üzerindeki normal bileşeni,

$W \sin \beta$ = Blok ağırlığının kayma yüzeyi doğrultusundaki bileşeni,

U = Su basıncının yukarıya doğru itme kuvveti,

V = "Tensional" yarıktaki mevcut suyun yatay doğrultudaki kuvveti,

$V \sin \beta$ = V 'nin kayma yüzeyine dik doğrultudaki bileşeni,

$V \cos \beta$ = V 'nin kayma yüzeyi doğrultusundaki bileşeni,

E = Kaymayı önleyen toplamı kuvvetler.

Effektif normal kuvvet = $W \cos \beta - U - V \sin \beta$

(1) No.lu denklemden;

$$R = e A + (W \cos \beta - U - V \sin \beta) \tan \phi$$

$$\text{Emniyet Katsayısı} = \frac{R}{W \sin \beta + V \cos \beta}$$

$$\text{Emniyet Katsayısı} = \frac{cA + (W \cos \beta - U - V \sin \beta) \tan \phi}{W \sin \beta + V \cos \beta} \quad (3)$$

Şev geometrisinden:

$$W = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left\{ (\cot \beta - \cot i) - (Z_0/H)^2 \cot \beta \right\} \quad (4)$$

$$U = \frac{\gamma_w}{2 \sin \beta} \left\{ H_w^2 (1 - \cot i \tan \beta) - (Z_0 + H_w - H)^2 \right\} \quad (5)$$

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w Z_0^2 \quad (6)$$

$$A = \frac{H - Z_0}{\sin \beta} \quad (\text{Birim kalınlık için}) \quad (7)$$

Burada :

γ = Kayanın özgül ağırlığı,

γ_w = Suyun özgül ağırlığı,

H_w = Yeraltı su seviyesi,

Z_0 = "Tensional" yarık derinliğidir.

Su veya yarık ihtiva etmeyen şevlerde $U = 0$, $V = 0$, $Z_0 = 0$ 'dır. Bu durumdaki emniyet katsayısı:

$$E.K = \frac{cA + W \cos \beta \tan \phi}{W \sin \beta} \text{ dir.}$$

c) Üç-Boyutlu Analiz (Three-Dimensional)

iki-boyutlu analiz, kayan şevin dikey kesitinin şev aynası boyunca aynen devam ettiğini kabul etmektedir. Bu kabul hesaplamalarda kolaylık sağlamasına rağmen, bazan gerçek durumu tam olarak aksettiremez. Şevlerde kayma tetrahedral bloklar halinde de olabilir. Bu blokların şekli tabaka ve çatlakların teşekkül yönlerine göre değişir. Şekil 8, çeşitli blokların şev aynasına göre durumlarını ve bunların kayma ihtimallerini göstermektedir (17). Şekil 9'da tetrahedral bir bloka kayma anında etki eden kuvvetler belirtilmiştir. Bunlar:

W = Blok ağırlığı,

$W \cos \beta_{xx}$ = Blok ağırlığının kayan iki düzlemin arakesiti XX'e dik doğrultudaki bileşeni,

$W \sin \beta_{xx}$ = Blok ağırlığının XX doğrultusundaki bileşeni,

N_A = A düzleminin blok üzerindeki reaksiyonu,

N_B = B düzleminin blok üzerindeki reaksiyonudur.

Suyun mevcut olmadığı kabul edilirse $U = 0$.

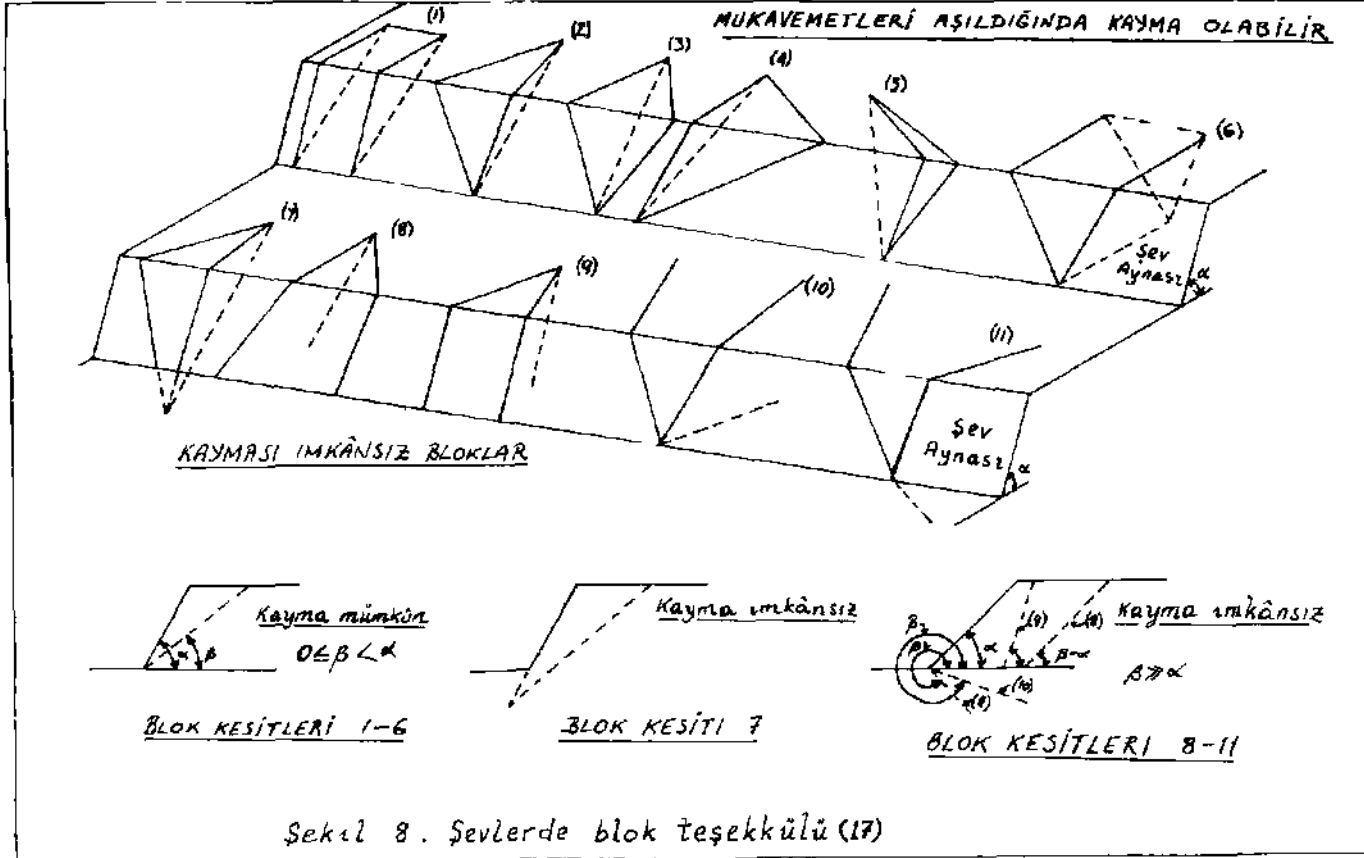
Kuvvet analizleri:

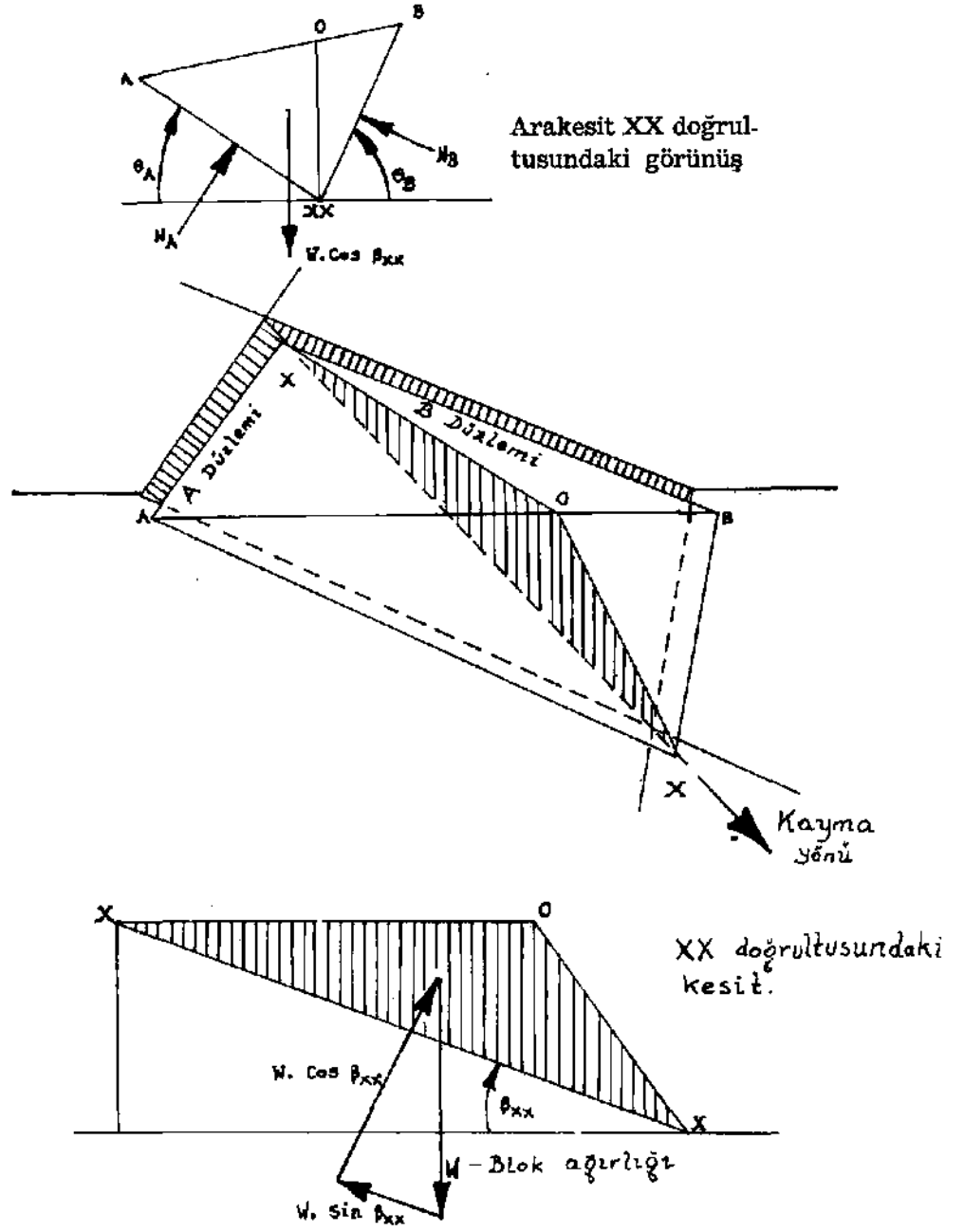
a) Yatay doğrultuda: $N_A \sin \theta_A = N_B \sin \theta_B \dots \dots \dots (8)$

b) Dikey doğrultuda: $N_A \cos \theta_A + N_B \cos \theta_B = W \cos \beta_{xx} \dots \dots (9)$

(8) ve (9) dan:
$$N = \frac{W \cos \beta_{xx} \sin \theta_A}{\sin (\theta_A + \theta_B)} \quad (10)$$

$$N = \frac{W \cos \beta_{xx} \sin \theta_B}{\sin (\theta_A + \theta_B)} \quad \dots \dots \dots (11)$$





Şekil 9. Üç-boyutlu analiz

C_A, C_B ve ϕ_A, ϕ_B A ve B çatlak yüzeylerin kohezyon ve sürtünme açıları değerleri olsun. A ve B yüzeylerinin kaymaya karşı koyacakları kuvvetler (1) No.lu denkleme göre:

$$R_A = c_A A_A + N_A \tan \phi_A \quad (12)$$

$$R_B = c_B A_B + N_B \tan \phi_B \quad (13)$$

Burada A_A ve A_B kayma yüzeylerinin alanlarıdır. Toplam direnç kuvveti:

$$R = c_A A_A + c_B A_B + \frac{W \cos \beta_{xx}}{\sin(\theta_A + \theta_B)} (\sin \theta_B \tan \phi_A + \sin \theta_A \tan \phi_B) \quad (14)$$

Koymayı balatan kuvvet = $W \sin \alpha_x$

$$\text{Emniyet Katsayısı} = \frac{c_A A_A + c_B A_B + \frac{W \cos \beta_{xx}}{\sin(\theta_A + \theta_B)} (\sin \theta_B \tan \phi_A + \sin \theta_A \tan \phi_B)}{W \sin \beta_{xx}}$$

$$\text{Emniyet Katsayısı} = \frac{c_A A_A + c_B A_B + \frac{\sin \theta_B \tan \phi_A + \sin \theta_A \tan \phi_B}{\tan \beta_{xx} \sin(\theta_A + \theta_B)}}{W \sin \beta_{xx}} \quad (15)$$

eğer $\phi_A = \phi_B = \phi$ ve $c_A = c_B = c$ 'lu denklemden

$$\text{Emniyet Katsayısı} = \frac{\tan \phi (\sin \theta_A + \sin \theta_B)}{\tan \beta_{xx} \sin(\theta_A + \theta_B)} \quad (16)$$

Üç-boyutlu şev stabilitesi analizleri vektör hesaplamalarla da yapılabilmektedir (Londe) (18), (Wittke) (19).

Detaylı analize ihtiyaç duyulmayan şev stabilitesi problemlerinde, emniyet katsayıların hesaplamada veya belli bir emniyet katsayısı için maksimum şev açışım tesbit etmekte kullanılacak dezin eğrileri mevcuttur (Hoek) (7). Bu eğrilerden elde edilecek değerler yaklaşık değerlerdir ve şevin genel durumu hakkında bir ön fikir verebilmesi bakımından çok faydalıdır.

4. Şevlerde Kayma Hareketlerinin Tesbiti ve Stabilize Metodları

Gerek ekonomik ve gerekse emniyet yönünden incelendiğinde, şevlerde herhangi bir kayma hareketinin öncelikle tesbitinin uygun bir başlangıç noktası olacağı şüphesizdir. Alınacak tedbirler tesbit edilen değerlerin hassasiyet derecesine bağlıdır. Şevlerde meydana gelebilecek kayma hareketlerini ölçmeye yarayan çok hassas cihazlar geliştirilmiş veya imal edilmiştir. Bunlardan bazılarını aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkündür:

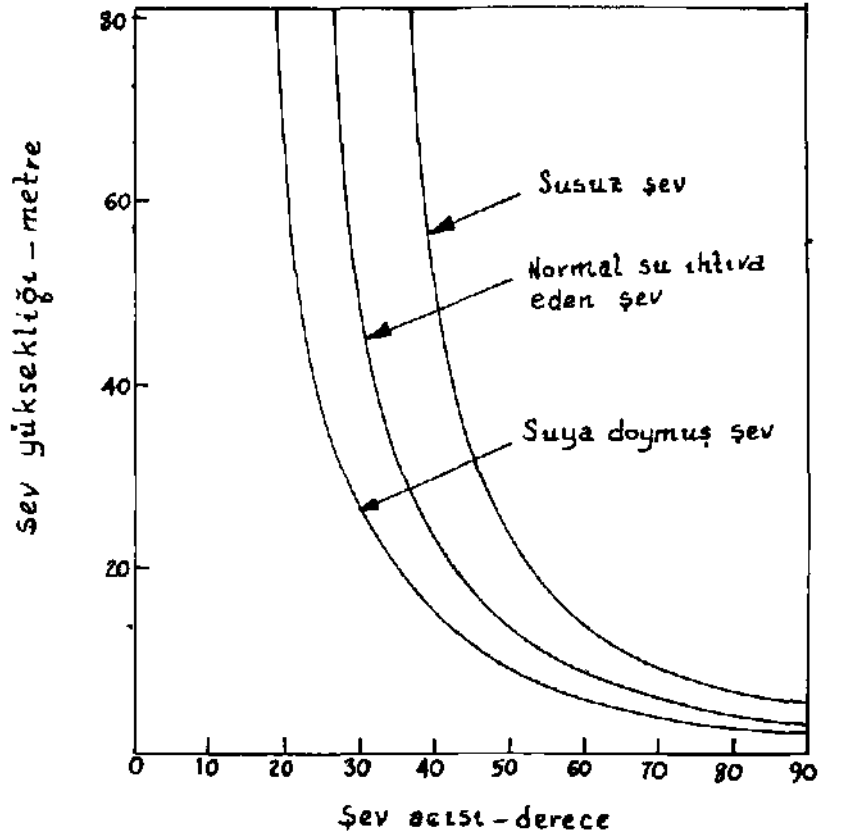
- a) Uzun mesafeleri (1-5 km) hassasiyetle (1/100.000) ölçmeye yarayan Geodimeter, Mekometer ve Tellurometer gibi topografya cihazları,
- b) Foto-teodolit gibi fotogrametri cihazları (Atkinson) (20),
- c) Yarıkların eşit zaman aralıklarında, verniyer (fotoğraf 2), çelik şerit veya "extensiometer" üe ölçülmesi,



Fotoca* 2 — "Tensional" yarıkların açılma mesafelerinin verniyer ile ölçülmesi.

- d) Kayma anında kayalardan çıkan seslerin frekansının akustik metod ve cihazlarla ölçülmesi ve böylece kayma hızının tayıni (Stateham) (21).

Kayma hareketleri mevcudiyetinin hissedilmesinden sonra ahnacak tedbirler arasmada, iyi bir drenaj sistemi düzenlemek



Şekil 10. Suyun şev açısına etkisi (22)

Malzeme : $c = 2000 \text{ kg/m}^2$

$\phi = 35^\circ$

$\delta = 4100 \text{ kg/m}^3$

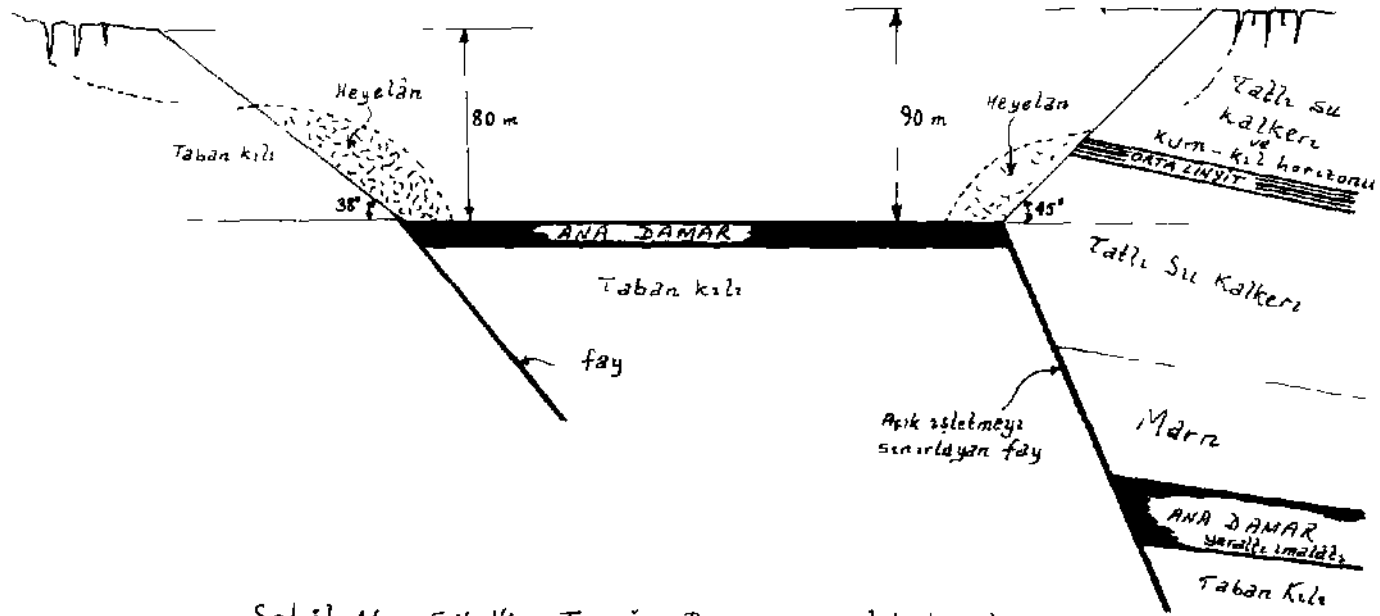
kaymayı önlemese bile heyelanı geciktireceği muhakkaktır. Sharp'a (22) göre 80 m yüksekliğinde, 'ümit denge' açısı 40° olan kuru bir şev, tamamıyla suya 'doymuş' olsaydı eğimi 22°'ye inecekti (Şekil 10). Açık işletmelerde örtü tabakasını gevşetmek amacıyla atılan lâğımların meydana getirdiği zemin sarsıntısı ve arka kırılmanın asgariye indirilmesi, şevlerin kayması için gerekli ilk hareketi önlemesi bakımından tavsiye edilmektedir (23). Şev üst kısmının kazı yapılarak yükünün hafifletilmesi, şev alt kısmında topuk bırakılması veya yeraltı maden işletmeciliğinde kullanılan tavan civatalarının şev aynasına dik olarak yerleştirilmesi de heyelanı durdurma çareleri olarak düşünülebilir.

Bahsedilen metodların bir veya birkaçının heyelanı önlemesi bakımından etkili olmayacağı kanısına varıldığında, dengesi bozulmuş bulunan şevin kısmen veya tamamen kaymaya terk edilmesinden başka bir alternatif kalmayabilir. Ancak, yaklaşık kayma tarihinin daha önceden tesbit edilmesi gerek emniyet, gerekse ekonomik yönden çok faydalıdır. Kennedy ve Niermeyer (24), Şili'deki Chuquicamata bakır madeninde böyle bir çalışma yapmışlar ve 12 milyon tonluk bir kütle için kesin kayma tarihini beş hafta öncesinden tahmin edebilmişlerdir. Heyelan neticesi maden makineleri hiçbir hasara uğramadığı gibi, çalışmalar sadece üç günlük bir ara ile tekrar normale dönmüştür.

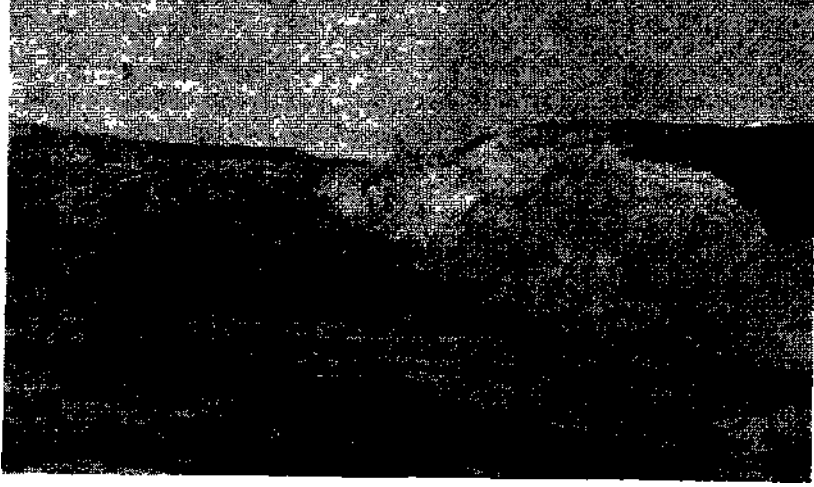
Soma Açık Ocağından Bir Örnek

T.K.İ. Kurumu, Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi'ne bağlı Soma Açık Ocağı'nda çalışılmakta olan 5 No. Vinç Topuğu panosundan çıkarılan kömür, 15-20"Ük yatıma sahip olup fotoğraf 3 ve Şekil 11'de görüldüğü gibi sağ ve sol yanlarda mevcut faylarla sınırlandırılmıştır.

Sağ şev hududu 45°'lik bir açıya göre tesbit edilmiştir. 90 m yüksekliğindeki şev, Miosen kalker, kum - kil ve orta linyit serilerini ihtiva etmektedir. Sağdaki fayla 150 m derine atılmış olan kömür ana damarı yeraltı işletmesi olarak çalışılmaktadır. Yeraltı imalatından meydana gelen zemin hareket-

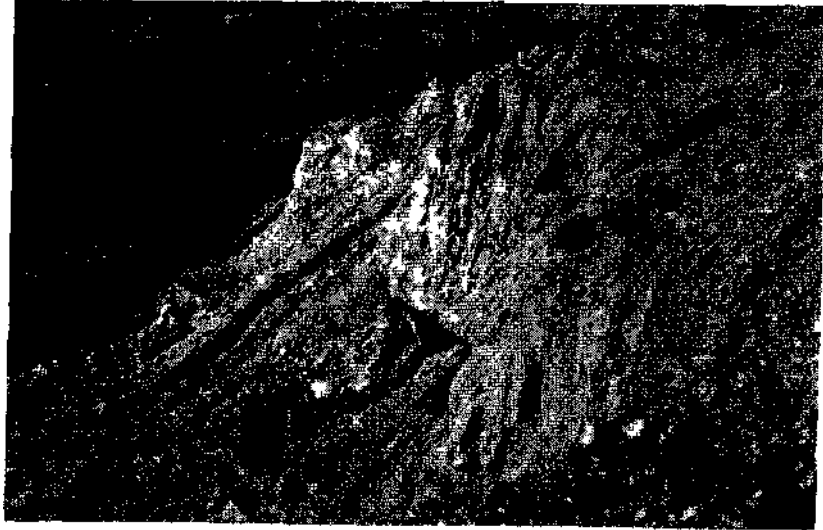


Şekil 11 5 No Vinç Topuğu Panosu şematik kesiti
G L I - SOMA



Fotoğraf 3 — G.L.L Soma Açık Ocağı, S No. Vinç Topuğu panosu.

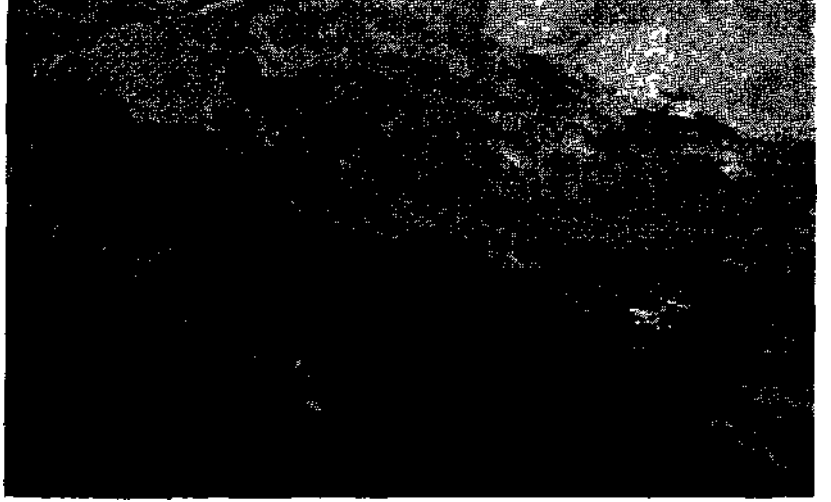
leri ve şev üst kısmında beliren çatlaklara yağın yağmurlardan sonra sızan su, şev dengesini bozmuş ve heyelana sebebiyet vermiştir (Fotoğraf 4). Üzeri kısmen örtülü kömür, şev aynasında bozulan basamakların tekrar düzenlenmesi ve kayan mal-



Fotoğraf 4 — Heyelan (GX.1 - Soma).

zemenin dekapajı yapılmak suretiyle alınmaktadır. Yeraltı imalâtının devam etmesi ve gev üst kısmında yarıkların mevcudiyeti, küçük çapta heyelanların tekrar belirmesi endişesini kuvvetlendirmektedir. Yarıkların açılma mesafeleri ve açılma hızlarının bir an evvel ölçülmesi teşebbüsüne geçilmesi düşünülmektedir.

Genellikle taban kili ihtiva eden sol gev aynası 38°'lik eğime ve 80 m'lik yüksekliğe sahipken, 9 m kalınlığındaki yeni dekapaj diliminin alınması şevde daha önce mevcut kaymayı hızlandırmıştır (Fotoğraf 5 ve 6). Fotoğraf 7'de şev üst kıs-



Fotoğraf 5 — Heyelan (G.L.I. - Soma).

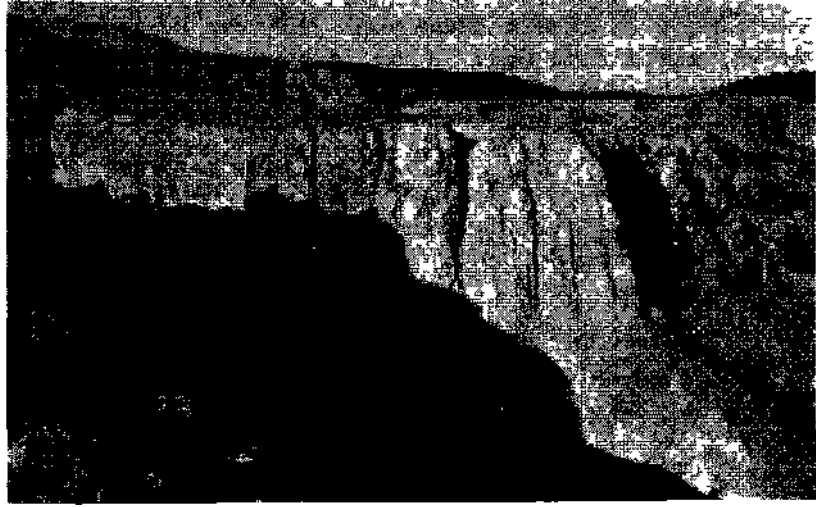
mim teşkil eden Miosen marnda açılan "tensional" yarıkları görülmektedir. Müteakip dekapaj dilimleri Üe açılacak kömürün emniyetli bir şekilde alınabilmesi için, kayan malzeme şev aynasında emniyet basamakları yapıldıktan sonra dekapaj döküm sahasına taşınmıştır.

Sonuç

Büyük yatırımlar gerektiren açık işletmecilikte, şev stabilitesi konusunun pratik tecrübeler yanında bilimsel çahşma-



Fotoğraf 6 — Heyelan (G.L.İ. - Soma).



Fotoğraf 7 — "Tensional" yarıklar (G.L.İ. - Soma).

larla değerlendirilmesi artık zorunlu olmuştur. Kaya mekaniği incelemeleri henüz bu konudaki çalışmalara tamamiyle ışık tutabilecek seviyede değilse bile son yıllarda büyük aşamalar kaydettirebilmiştir.

Çeşitli jeolojik ve hidrolojik faktörlerin heyelanlara sebebiyet verebileceği ve bu faktörlerin mümkün olduğu kadar doğru tesbitiyle, gevin genel durumu hakkmda daha emin fikirler yürütülebileceği çoğunlukla kabul edilen bir gerçektir.

Yapılacak bilimsel araştırmalarla katlanılacak masrafları, varılacak sonuçlarla elde edilecek kârların rahatlıkla karşılayabileceği inancı yazarda mevcuttur.

Teşekkür

Açık işletmelerde şev stabilitesi, yazarın İngütere'nin Newcastle upon Tyne Üniversitesi'nde yaptığı "Ä&aster of Science" öğreniminin tez konusunu teşkil etmiştir (24). Yazar, çalışmaları sırasında gösterdiği alâkadan ve konu ile ilgili bazı diya-pozitif resimleri gönderme zahmetine katlanmasından dolayı Londra Üniversitesi, Imperial College'de Kaya Mekaniği Profesörü Sayın E. Hoek'a, Soma Açık işletmesi ile ilgili kısmı gözden geçiren Açık Ocak Bölüm Mühendisi Sayın A. Nafiz Fırat'a ve hesabına öğrenim yaptığı T.K.I. Kurumu'na teşekkürü bir borç sayar.

Bibliyografik Tanıtım

1. ———• (1971); Mining Magazine, Annual Review.
2. Hoek, E. and Boyd, J. M. (1971): "Stability of slopes In Jointed rock". Symp. Rock Mechanics in Highway Construction, University of Newcastle upon Tyne.
3. Patton, P. D. (1966): "Multiple modes of shear failure in rock". Proc. 1st Congr. Int. Soc. Rock Mech. 1, pp. 509-513.
4. Murrell, S. A. F. (1965): "The effect of triaxial stress systems on the strength of rocks at atmospheric temperatures". Geophys. J. 10, pp. 231-281.
5. Jaeger, J. C. (1971): "Friction of rocks and stability of rock slopes". Eleventh Rankine Lecture, Geotechnique, 21, No. 2.

6. Jennings, J. B. and Robertson, A. MacG. (1969): "The stability of slopes cut into natural rock". Proc. 7th Int. Conf. Soil Mech. Found. Engng. Mexico, vol. 2, pp. 585-590.
7. Hoek, E. (1970): "Estimating the stability of excavated slopes in opencast mines". Transactions Institution of Mining and Metallurgy, vol. 79.
8. Terzaghi, K. (1962): "Stability of steep slopes on hard unweathered rock". Geotechnique, 12, pp. 251-269.
9. Rocha, M. (1971): "A method of integral sampling of rock masses". Rock Mechanics, vol. 3/1.
10. John, K. W. (1968): "Graphical stability analysis of slopes in jointed rock". A.S.C.E. Journal of Soil Mech. and Found. Div. 94, SM 2.
11. Zemanck, J. (1968): "The Borehole Televiewer-A new logging concept for fracture location and other types of borehole inspection". Soc. of Petroleum Engineers, Houston, Texas.
12. Brenden, B. B. et al. (1970): "Borehole seismic multiply drill data". Engng. and Mining Journal, No. 2, p. 171.
13. Terzaghi, K. (1936): "The shearing resistance of saturated soils". Proc. 1st Int. Conf. Soil Mech., 1, pp. 54-56.
14. Skempton, A. W. (1960): "Significance of Terzaghi's concept of effective stress". From Theory to Practice in Soil Mechanics, J. Wiley and Sons, New-York, 1960.
15. Bishop, A. W. (1955): "The use of slip circle In the stability of slopes". Geotechnique, vol. 5, pp. 7-17.
16. Janbu, N. (1954): "Application of composite slip circles for stability analysis". Proc. European Conf. on Stability of Earth Slopes, Stockholm, vol. 3, pp. 43-49.
17. Pentz, D. L. (1970): "Methods of evaluation and analysis of stability of rock slopes". Symp. on Stability in Open-pit Mining, Vancouver, British Columbia.
18. Londe, P. (1964): "A three-dimensional method of analysis for rock slopes". Coyne and Bellier Engineers, Paris.
19. Wittke, W. (1965): "Verfahren zur Berechnung der Standsicherheit belasteter und unbelasteter Felsboscungen". Felsmechanik und Ing. Geol., Supplementum U.
20. Atkinson, K. B. and Ross-Brown, D. M. (1972): "Terrestrial pro-grammetry in open-pits". Trans, IMM, vol. 81.

21. Stateham, M R. et al (1971) "Microseismic and displacement investigations m an unstable Slope' USBM, RI 7470.
- 22 Sharp, J C and Hoek, E (1970) "Improving the stability of rock slopes by drainage". Symp on Planning of Open-pit Mines Johannesburg, South Africa
- 23 Ash, R L (1969) "The design of blasting rounds" Surface Mining, SMB of AIME, Chapter 7 3
- 24 Gazanfer, S (1971) "An investigation into the recent developmerts in the study of slope stability in opencast mines" Master of Science Thesis, University of Newcastle upon Tyne, England

MÜHENDİSLİKTE KOMPUTER VE UYGULAMALARI

Turgut TEZCANLI*

Özet

Memleketimizde muhasebe işlemleriyle bağlayan kompüter uygulamaları son senelerde mühendislik hesaplarında da geniş manada kullanılmaya başlanmıştır. Maden Mühendisleri 3 sayılı Teknik Kongresi'nde uygulama sahaları hakkında detaylı tebliğler sunulacaktır.

Tebliğde genel manada kompüterin ne olduğu, nasıl çalıştığı, bir işlemin kompüterde yapılabilmesi için hangi işlemlerin yapıldığı kısaca özetlenerek memleketimizde uygulanmakta olan kompüter programlarından bazılarının neye yaradıkları kısaca özetlenmeye çalışılmıştır.

Abstract

The computers were first used for accounting purposes in this country. But recently use of computers for engineering purposes became widespread. A number of technical papers are given on the computer applications within the field of mining industry at the 3rd. Mining Engineers Congress.

In this paper it was tried to give a brief summary of:

- (i) How the computers work,
- (ii) Some of the presently available computer programs in Turkey and where and how they can be used in the mining industry.

Giriş

Maden Mühendisleri Odası'nın 3 sayılı teknik kongresinin bundan Öncekilere kıyasla farklı özelliği, mühendislik dalında kompüter uygulamalarına geniş yer verilmiş olmasıdır.

(*) Maden Y. Müh., T.K.İ. Genel Müdürlüğü - Ankara.

Mühendislik hesaplarında kompüterlerin uygulanması son 10 yılda büyük aşamalar göstermiştir. Memleketimizde, muhasebe işlemleriyle başlayan kompüter uygulamaları son senelerde mühendislik hesaplarında da kullanılmaya başlanmıştır.

Madencilik konusundaki hesaplamalar bühassa, kompüter konusunda öncülük eden Amerika Birleşik Devletleri'nde geniş bir uygulama sahası bulmaktadır. Biz Türk Mühendisleri için de bu olanaktan kendine düşen payı alması gerçeği benimsenmiş ve başlangıç durumunda da olsa bir gelişme ortaya çıkmıştır.

Bütün bu çalışmalara paralel olarak, kompüter uygulamaları ile ügüenmemiş arkadaşlara genel bir fikir vermek ve bu konuda yapılacak konuşmaları daha rahat takip edebilmelelerine yardımcı olmak amacı ile bu tebliğ hazırlanmıştır.

Konu, kompüter ve uygulamaları hakkında genel tanımlar yapmak, temel kavramları açıklamak ve bazı örnekler vermektir.

Tarihi Gelişme

Her şeyde olduğu gibi kompüter ve uygulamaları da eski çağlardan başlayıp günümüze kadar bir gelişme göstermiştir.

1642 yılında Fransız Matematikçisi Blaise Pascal tarafından geliştirilen bir toplama makinası ilk örnek olarak gösterilebilir. Daha sonraları İngiliz Matematikçisi Charles Babbage 19. Asrın başlarında daha gelişmiş makinalar meydana getirmiştir. Bilgin daha ileri uygulamaları da tasarlanmış fakat o devrin teknik gelişimi düşüncelerini uygulama olanağı vermemiştir.

Bugünkü anlamda ilk kompüter 1944 de Dr. Howard Aiken tarafından Amerika Birleşik Devletlerinde yapılmıştır. O talînden sonraki gelişmeler çok hızlı olmuş ve bugünkü duruma gelinmiştir.

Konumuza girerken bir kısım yanlış anlamaları ortadan kaldırmak için kompüteri bir alet, bir hesap makinası olarak tarif edeceğiz.

Mühendis problemi tasarlayıp doğru çözüm yolunu formüle edecek ve neticeyi değerlendirecektir. Bu gün bunlara ek olarak kompüterlerden de nasü yararlanabileceğini bilmesi gerekmektedir.

Problemin Kompüterle Çözümü

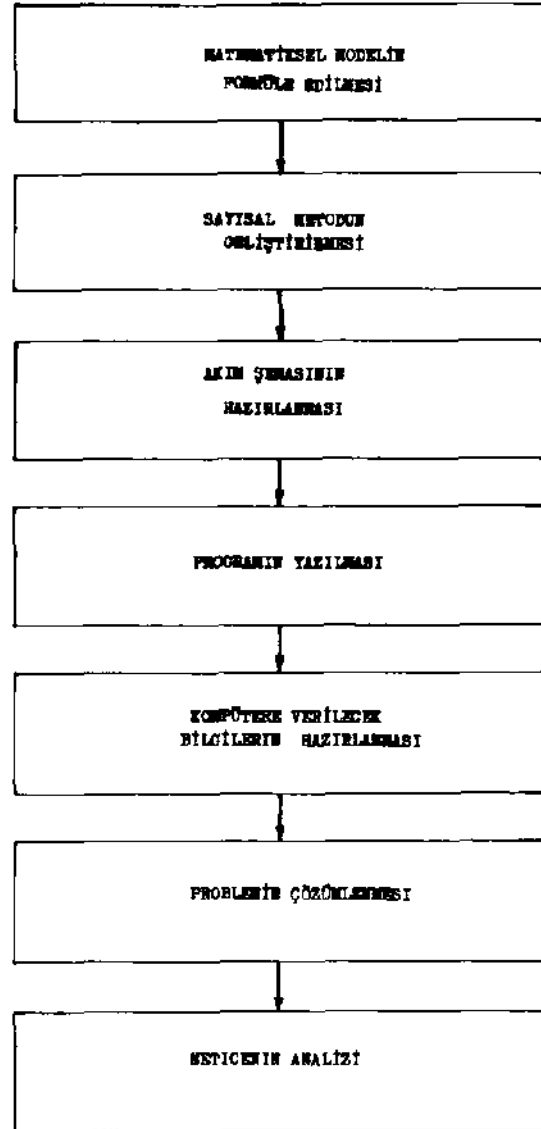
Şimdi, bir problemin kompüterle nasıl çözümlenebileceğini, ana hatları itibariyle görelim. (Şekil 1)

İlk adım, problemi temsil edene matematiksel modelin formüle edilmesidir. İkinci adım ise, bu model üzerine yapılan çalışmalarla sayısal metodun geliştirilmesi olarak tarif edilebilir, bu konuyu şu şeküde açıklayabiliriz; Kompüter bir cebir makinası değildir. Bütün problemleri bilinen 4 işlemi kullanarak çözümler. Bunu bir örnekle açıklamak istersek, ikinci derece bir denklemin çözümünü alabiliriz. $ax^2 + bx + c = 0$ denkleminde a, b ve c'ye verilecek değişik değerler için x hesaplanacaktır. Çözümde iki yol kullanılabilir. Birincisi (x) e değişik değerler vererek sonucu (0) veya sıfıra en yakın olan sayı bulunur, ki buna (iteration) tekrarlama tekniği diyoruz, kompüter uygulamalarında başlıca tekniklerden biridir. İkinci yol, cebirsel mode
$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$
 şetirmektir. Bu hepimizin bildiği $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ şeklindedir. Görüldüğü gibi





a, b, c'ye verilecek sayısal değerler neticesinde problem bir hesap denklemi olarak çözümlenebilir.

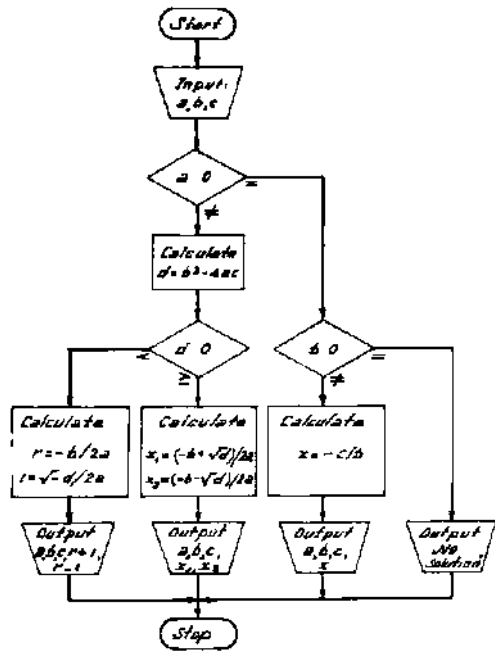
Sayısal metodun geliştirilmesini takiben bütün çözüm kelimelerinin ve karar konularının bir şema halinde gösterilmesi gereklidir. Bu şemada her karar verme noktası düşünülmüş ve neticenin elde edilmesi için takip edilecek yol tarif edilmiş olmalıdır. Buna Algorithim, bu algorithimi ifade eden şemaya akım şeması (flow chart) diyoruz.

Yukarıda örnek olarak alınan ikinci derece denklemin çözümünü gösteren akım şeması (Şekil 2) de verilmiştir. Bu şemalarda kullanılan geometrik şekiller belirli anlamlarda kul-



(Şekil 1 Kmpüterle Problem Çözümlü)

lanılmaktadır. Burada başlangıç ve bitiş  şekli ile giriş (input) ve çıkış (output) değerleri  şekli ile ve karar noktaları  şekli ile, hesaplama formülleri  şekli içinde gösterilmiştir. Şemada a, b ve c değerlerinin (0) olması ve diskriminantın (-) olması halleri ayrı ayrı incelenmiş ve çözüm şekilleri ve netice değerler ayrı ayrı gösterilmiştir



Şekil. 2 Akım Şeması

Programlama Lisanları

Bundan sonraki adım, akım şemasının gösterdiği çözüm şeklinin bilinen programlama lisanlarından biri ile kompüter programının yazılmasıdır.

Kompüter, kapasitesi, hızı ve görebildiği hizmet bakımından ilk yapıldığı günden bu güne kadar nasıl bir gelişme gös-

termiş ve göstermekte ise programlama lisanları da aynı şekilde canlı kalmıştır.

Komputer programlama lisanlarını başlıca iki gruba ayırmak mümkündür. Birinci grup (Machine-Oriented) makinaya dönük lisanlar, ikinci grup (procedure-oriented) işe dönük lisanlar. Birinci gruba örnek olarak muhasebe ve benzeri işlerde çok yaygın olarak kullanılan Assembler lisanıdır. İkinci grupta Cobol ve bilhassa mühendislikte kullanılan Fortran lisanları gösterilebilir. Bu lisanlardan hiç birinin teferruatına girilip burada anlatılması amacımız değildir.

Sırf bir fikir vermek için yukarıda Örnek olarak aldığımız ikinci derecede denklemin çözümünü gösteren ve Fortran lisanı ile yazılmış program (Şekil 3) de verilmiştir. Görüldüğü gibi problemin çözümünde her adım ayrı ayrı tarif edilmiştir.

Bundan sonra yapılacak iş bu programın özel kartlara usulünde yazılması ve o kartlar vasıtası ile makinaya intikal ettirilmesidir.

Kompüterler Hakkında Genel Bilgi

Bir kompüter grubu, genel olarak beş kısımdan teşekkül eder. (Şekil 4) girdi (input), çıktı (output) üniteleri ile depolama (storage) ve aritmetik ve mantık (arithmetic and Logic) üniteleri ve bir de kontrol ünitesidir.

Girdi üniteleri saniyede karttan 250 ila 1000 karakter, teypten ise yine saniyede 15,000 ilâ 30,000 karakter okunabilir.

Yazma ünitesi dakikada 1000 satıra kadar yazabilir.

Hafıza kısmını posta kutuları gibi düşünmek mümkündür. Bugünkü kompüterler 10 karakter genişliğinde 1000'den 250.000'e kadar göz ihtiva eder.

Kontrol ünitesi talimatların verildiği ünitedir. Bu talimatlar kompütere göre değişmek üzere saniyenin 5000'de biri ile 3,000,000 da biri arasındaki zamanda uygulanır

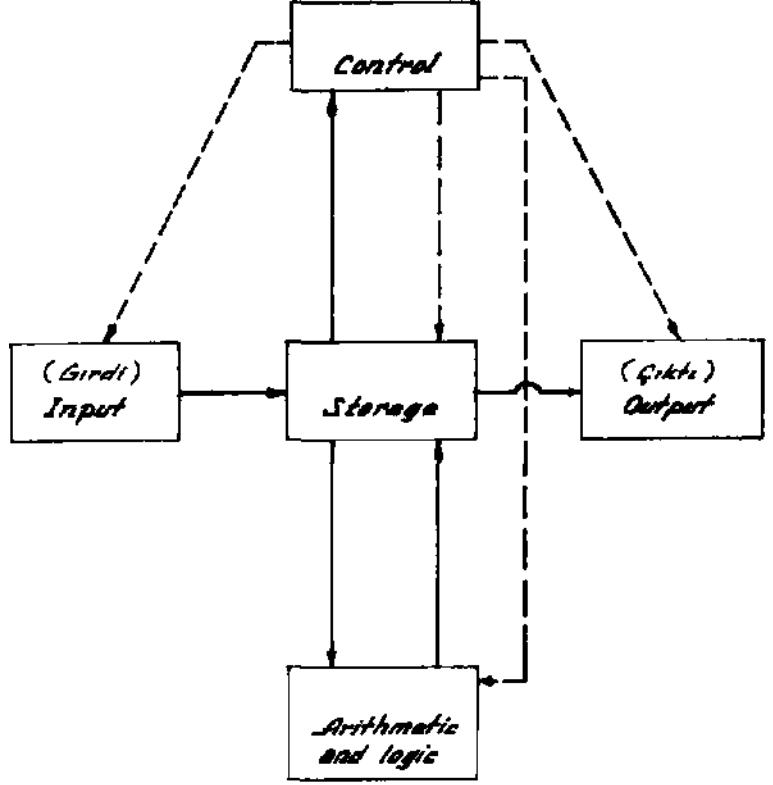
Bu suretle kompüter hakkında edindiğimiz kısa bilgiyi takiben problemimizin çözümüne donelim.

```

C      PROGRAMME TO FIND THE ROOTS OF A QUADRATIC
C      EQUATION
C      INPUT DATA ARE THE COEFFICIENTS A, B, C, OF
C       $A*X**2+B*X+C = 0$ 
C      OUTPUT IS CHECK OF A, B, C, FOLLOWED BY X1, Y1,
C      X2, Y2 WHERE  $X1+1*Y1=$ ROOT NUMBER 1
C       $X2+1*Y2=$ ROOT NUMBER 2
1000  READ, A, B, C
      PRINT, A, B, C
      IF ( ( A EQ.0.0 ) AND ( B.EQ.0.0 ) AND ( C EQ.0.0. ) ) STOP
C      NOT ALL COEFFICIENTS ARE ZERO TEST FOR LINEAR
C      CASE.
1500  IF ( A.NEQ.0 ) GO TO 2000
C      DEGENERATE CASE, LINEAR EQUATION
1600  X1 = C/B
      X2=X1
C      NOW GO TO THE POINT AT WHICH Y1 AND Y2 ARE
C      SET TO ZERO GO TO 3700
C      NORMAL CASE, QUADRATIC EQUATION, EVALUATE
C      THE DISCRIMINANT
2000  DSCRM = B**2-4.0*A*C
C      NOW TEST THE DISCRIMINANT
2500  IF ( DSCRM.GE.0. ) GO TO 3500
C      THE SECTION WHICH FOLLOWS HANDLES COMPLEX
C      ROOTS
3000  X1=B/(2.0*A)
      X2=X1
      ROOT I={-DSCRM)**0.5
      Y1=ROOTT/(2.0*A)
      Y2 = Y1
      GO TO 4000
C      THE SECTION WHICH FOLLOWS HANDLES REAL ROOTS
3500  ROOT= <-B+ROOT)/<2.0*A)
      X1= (-B-ROOT)/(2.0*A)
      X2= <-B-ROOT)/(2 0*A)
3700  Y1 = 0.0
      Y2 = 0.0
C      PATHS REJOIN HERE
4000  PRINT, X1, Y1, X2, Y2
      GO TO 1000

```

Şekil 3 — Fortran Program



Şekil: 4 *Kompüter Gurubu*

Bir problemin kompüterde çözümlenmesi, burada izaha çalışıldığı gibi uzun bir hazırlık devresini gerektirir. O sebepten uygulama, aynı problemin değişik değerlerle pek çok defa çözümlenmesi şeklinde olmaktadır. Problemin çözümlenmesi için kullanılan bu değerlere Data denmekte ve kendi tekniği içinde karta delinip makinaya verilmektedir.

Kompüterden alınan değerler, işin kendi tekniği açısından analiz edilir, değerlendirilir veya; problemin bir sonraki safhası için kullanılır.

Biz burada pek çok basit bir problemin çözümünde takip edilmesi gerekli yolu Örnek olarak gördük. Hakiki problemlerin çözümü, problemin karışıklık ve büyüklüğüne göre uzun zaman alan ve çok emek isteyen çalışmaları gerektirir. Ayrıca programlama tekniğine vakıf olmak gerektiği de aşıkardır.

Uygulamadan Örnekler

Herkezin programcı olması ve kompüter ile hesaplama tekniğinden anlaması imkânı olmadığı dikkate alınarak paket programlar geliştirilmiştir. Yararlanmak isteyenlerin kullanma talimatını iyice tetkik etmesi ve ona uyması yeterlidir. Bu talimatlarda hangi bilgilerin ne şekilde hazırlanıp verileceği ve hesaplama neticesinde makina tarafından hangi değerlerin hangi ölçülerle verileceği açıkça gösterilmiştir. Kullananın kompüter ve programlama bilmesine ihtiyaç yoktur. Bilhassa üniversitelerde geliştirilen programlarla, eskiden çözülmesi çok uzun süre alan hesapların kısa zamanda ve daha detaylı olarak çözümlenmesi mümkün olmaktadır. Bunlardan yurdumuzda kullanılanlardan bazılarını Örnek olarak veriyoruz.

Havalandırma Programı: Bu program uygulanarak maddenin ocağının resistanslar yönünden bir modeli üzerinden herhangi bir noktaya gidecek hava miktarı, hava geçiş yollarındaki sürtünmelerin meydana getirdiği güç kayıpları, optimum galeri kesitlerinin saptanması ve belirli şartlara göre en uygun vantilatörlerin seçilmesi yapılabilmekte, bütün bu hesapların sonucu olarak, emniyetli ve en ekonomik havalandırma sisteminin kurulması mümkün olmaktadır. Ayrıca benzeri programlarla ocakların tazyikli hava ve elektrik şebekelerinin hesaplanması mümkün olmaktadır.

Bant Konveyörü Programı: Bu programla belirli materyal, kapasite ve mesafede uygun bant konveyör tesisinin kurulması için gerekli donelerin çok çeşitli alternatifleri ile elde edilmesi mümkün olmaktadır.

Vinç Programları: Her türlü kuyu vincinin, halat seçimi, hız ve güç hesaplamalarında kullanılan programlardır. Ayrıca, skiplerde günde belirli bir nakliye kapasitesi ve derinlik

için hız ve skip kapasitesi birer değişken olmak üzere gerek ilk yatırım ve gerekse işletme masrafları yönünden optimum değerler kolaylıkla hesaplanmaktadır.

Termin Planı Programı: Termin planlarının yapılmasında CPM Kritik Yol Metodunun kullanılması artık tabii hale gelmiştir. Az sayıda iş kolundan meydana gelmiş bir işin terminin plânını el ile yapmak mümkün ise de, iş kolları 200 veya 300'u bulduğu zaman bunun el ile yapılması imkânsız gibi bir duruma girer. Eğer CPM çalışmaları ile birlikte kaynak dağılımının da yapılması istenirse bunun kompüterlerle yapılması zorunlu hale gelir.

Yükleyici ve Kamyon İlişkileri Programı: Bilhassa açık hava işletmelerinde belirli kapasitedeki bir yükleyiciyi en randımanlı durumda çalıştırmak için elde mevcut ve kapasitesi belli taşıma vasıtalarından, değişik mesafeler için kaç adet tahsis edileceği kompüterlerle ve kısa zamanda hesap edümeğidir.

Stress Programı: Çeşitli konstrüksiyon hesaplarında kullanılan bu programın madencilikteki uygulamasına bir örnek olarak kuyu şövalmanlarının hesaplanmasını gösterebiliriz. Kafes veya skip ile donatılacak olsun, çalışma amnda veya bir çarpma halinde doğacak değişik kuvvetlere göre yapının her ünitesinde meydana gelen gerilmeler ayrı hesaplanmakta ve neticeler tablolar halinde verilmektedir. Bu örneğe, muhtelif bant ve yükleme köprüleri, silolar v.b. gibi yapılar eklenebilir.

Tulumla Hesaplama Programı: Maden ocaklarında belirli su gelirleri ve basma yükseklikleri için boru tesisatı ve tulumla hesapları kısa zamanda ve kolaylıkla yapılmaktadır.

Sonuç

Netice olarak, kompüterlerin çeşitli mühendislik dallarında geniş uygulama alanları bulunduğunu Maden Mühendisliğinde bu olanaktan istifade yolunda olduğunu belirtmeye çalıştık.

Bu konuda örnek olarak verilen uygulamalardan bazıları detaylı olarak sizlere sunulacaktır.

Günlük hayatta sık sık kullanılan problemlerden alınarak verilen bu örnekler ve diğer kompüter uygulamaları birer canlı varlık gibi hergün gelişmekte ve mühendislere daha yararlı olacak şekilde gelmektedir.

Gelecek kongrelerde bu uygulama örneklerinin daha yaygın ve değişik konularda olacağına inanıyoruz.

Bibliyografik Tanıtım

1. Introduction to fortran IV programing. John M Blatt, 1968 by Good-year Publishing Co.
2. Principles of Programming 1961 International Business, Machines Corporation
3. Türkiye Elektronik Bilgi İşletme Merkezlen Klavuzu, Dr. Şafak Z. Uzsoy - 1971, O.D T.Ü. Elektronik Hesap Bilimleri Bölümü.
4. Elektronik Hesap Makinaları Mühendislik Program özetlen. 1972, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
5. "Digital Computation and Numerical Methods". Raymond W. Southworth Samuel L. Deleeuw, 1965 by Mc Graw-Hill, Inc.

E.K.I. ÜZÜLMEZ BÖLGESİ ASMA-DİLAVER BÖLÜMLERİ HAVALANDIRMA SİSTEMİNİN ETÜDÜ

Mehmet GÜNEY*

Özet

Yeraltı ocakları havalandırma şebekelerinin analizi ve sistematik havalandırma ölçmeleri mevcut havalandırma durumlarının ortaya çıkarılması ve yeterli değişmelerin gerçekleştirilmesine olanak sağlama&ı açısından önemlidir. Kompüterlerin endüstriyel sorunların çözümlerine uygulanmasındaki gelişme kendini ocakların havalandırma şebekelerinin analizinde de hissettirmiştir.

Üzülmez Bölgesi Asma-Dilaver ocaklarında, var olan çevre koşullarını açıklığa kavuşturmak ve Hardy Cross yaklaşık-tekrarlama tekniğinin kullanıldığı kompüter programının havalandırma sistemi analizine uygulamak amacıyla, havalandırma ölçmelerini kapsayan bir gözlem ve araştırma yürütülmüştür. Elde edilen veri ve bulgulara dayanan önerilerle havalandırma şebekesinin geliştirilmesi zorunlukları belirtilmiştir.

Abstract

In order to bring to light existing conditions and so make necessary changes to improve these conditions, an analysis of the underground ventilation networks together with systematic mine ventilation surveys are important. The progress of the application of computers to industrial problems has been felt in solving ventilation network systems.

A ventilation survey was undertaken in Asma-Dilaver Collieries of the Üzülmez District, EKt, in the hopes of understanding the present environmental conditions and then a computer programme was applied using the Hardy Cross iteration technique.

(*} Assoc. Prof. Dr, Maden Mühendislik Bölümü Orta-Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

1. Giriş

Ocakların loretim pano ve kartiyelerinde rahat, güvenli ve sağlıklı çevre koşullarının temini ancak bilinçli bir havalandırma yöntemine yer vermekle mümkündür. Yeraltında var olan durumların ortaya konulması üzerine sistemin geliştirilmesi olanaklarının saptanması hususunda havalandırma şebekelerinin analizi önem kazanır. Yeraltı ocakları genellikle kompleks düzenlerdir ve bunların havalandırma problemlerini çözümlen metodlar her zaman yeterli değildir. Endüstrinin öteki dallarında olduğu gibi, Hardy Cross'un yaklaşık-tekrarlamalar yöntemini kullanan kompüter programlarının havalandırma hesaplarına uygulanmaları bilimsel bir aşamayı gerçekleştirmiştir.

Genellikle, Zonguldak Kömür Havzası yeraltı ocaklarının karışık düzenli sistemler olması havalandırma şebekelerine de girift bir görünüm kazandırır (1). Havza'da 'ilk önce istihsal' ilkesinin Öteki madencilik işlemleri yanı sıra, öncelikle benimsemesi havalandırma sorunlarının çözümünü zorlaştırır nitelikte olmaktadır. Sistematik havalandırma ölçmelerinin gereğini ve önemini belirtmek, ve araştırma verilerinin kompüterle değerlendirilmesine olanak sağlayabilmek üzere Üzülmöz Bölgesi Asma-Lilaver Ocaklarında bir çalışma Yönetilmiştir. Yeraltı hava yollarında yapılan gözlem ve kompüterden elde edilen bulguların ışığı altında havalandırma şebekesinin bir analizi yapılmış ve sistemin yeten anlamda düzeltilmesine çözüm getiretilecek hususlar önerilmiştir.

2. Havalandırma Sistemlerinin Analizi

Yeraltı ocaklarına sevk edilen atmosfer havası seri ve paralel hava yollarında dolaşarak çalışmaların yoğunlaştığı üretim panolarına ulaşır. Gerçek dirençli hava kollarından ne kadar miktarda havanın hangi basınçlar altında geçtiğinin saptanması havalandırma havasının nicelik ve niteliklerinin belirlenmesi olanaklarını sağlamsı bakımından önemlidir. Günümüze kadar havalandırma hesaplarında kullanılan Atkinson Kanunu, $P = R Q$ bir hava yolunun herhangi iki noktası arasındaki basınç farkı P , kol direnci R ve koldan geçen Q hava miktarı arasındaki bağıntıyı verir. Seri ve paralel devrelerin or-

taya koyduğu eşdeğer dirençlerin bulunması suretiyle tüm şebekenin direnci hesaplanabilir. Havalandırma basıncının bilinmesi ve Atkinson eşitliğinin kullanılması ile toplam hava miktarı bulunabilir. Bütün bu işlemler havalandırma şebekesinin seri ve paralel devrelere parçalanması sonucu basitleştirilmesinin mümkün olduğu hallerde yürütülür. Ancak havalandırma şebekesinin çok girift bir sistemi ortaya koyması halinde problemlerin çözümünde zorluklar belirir.

Tüm havalandırma sistemlerinin analizinde, çözümleri mümkün kılmak üzere bazı kabullerin yapılması gereği vardır. Bunlardan ilki, havanın sıkıştırılmazlığıdır. Böylece, sıcaklık ve basınç değişimlerinin etkilediği termodinamik işlemlerden oluşan hacimsel değişimler hesaplamalarda dikkate alınmaz ve havalandırma problemleri havanın hidrolik kanunlara uygunluk gösterdiği düşüncesi altında çözülür. Diğer taraftan, Atkinson formülünün bütün hava yollarına uygulanabileceği varsayılır. Ayrıca, elektrik devreleri için geçerli olan Kirchoff Kanunlarının da havalandırma şebeke problemlerinin analizinde geçerli oldukları kabul edilir.

Kirchoff I'e göre, bir kavşağa doğru akan havanın toplam miktarı aynı kavşaktan ayrılan hava miktarına eşittir. Kollardaki hava akımının doğrultusu bir işaretle belirtilirse kavşağa bağlı kollardaki hava miktarlarının cebirsel toplamı sıfırdır;

$$\sum Q_m = 0$$

Kirchoff II'ye göre, bir havalandırma sisteminde kapalı gözleri oluşturan kollardaki toplam basınç kaybı gözdeki vantilatörün yarattığı basınç farklarının toplamına eşittir. Gözetimli kollarda bir vantilatörün olmaması halinde basınç düşmelerinin cebirsel toplamı sıfırdır;

$$\sum P_m = 0$$

Havalandırma sistemlerinin etüdünde kullanılan analiz yöntemleri genellikle dört grupta irdelenir:

- 2.1. Analitik çözümler,
- 2.2. Yaklaşık-tekrarlamalar (iterasyon) metodu,
- 2.3. Analog kompüter metodlan,
- 2.4. Sayısal kompüter metodlan.

2.1. ANALİTİK ÇÖZÜMLER: Havalandırma problemlerinin doğrudan doğruya matematiksel analizlerle çözülmesi halidir. Klâsik Atkinson formülünün ikinci dereceden bir denklemi ortaya koyması ile bazı güçlüklerle karşılaşılır. Metodun basit sistemleri kapsamına alan problemlere uygulanması üe iyi sonuçlar alınırsa da büyük bir şebekenin çözümünde matematiksel analizler çok zorlaşır. Suzuki (2) çalışmaları üe 'çok-doğruya dönüştürme yöntemi' ni gerçekleştirmiştir. Yöntem daha ziyade $P = R Q^2$ eğrisinin mümkün olduğu kadar doğrusal bir biçime sokulmasında bir seri doğru parçacıklarına dönüştürülmesi suretiyle var olan hataların müsaade edilir küçük hatalara düşürülmesi esasına dayanır. Uç gözlü bir sistemin analitik yöntemle çözülmesinde dördüncü dereceden bir denklem oluşur. Göz sayısının artması havalandırma etüdünün verimli olmasını imkânsız kılar.

2.2. YAKLAŞIK-TEKRARLAMALAR (iterasyon) METODU: Atkinson'dan bu yana bazı yaklaşık-tekrarlamalarla çözüme giden metodlar önerilmiştir. Bunlardan en önemlisi Hardy Cross'un (3) şehir suyu dağılım örgütü için geliştirdiği yaklaşık hesaplama işleminin Scott-Hinsley (4) ikilisi çahşmalarıyle modifiye edilerek havalandırma şebekelerine uygulanır bir duruma getirilmiş olanıdır. Yöntemin prensibi, Çizelge. 1 de belirtilenler yardımıyla, aşağıda olduğu gibi özetlenebilir. Direnci R, belirli iki nokta arasındaki basınç farkı P olan ve $P = R Q^n$ eşitliğine uygunluk gösteren bava yolundan geçen hava miktarı Q bilinmemektedir (n katsayısı hava yolunun fiziksel karakteristiklerine bağlı olarak 1.7 ilâ 2.3 arasında değişir). Bir Q_a miktarının varsayımı üe ük yaklaşım yapılır;

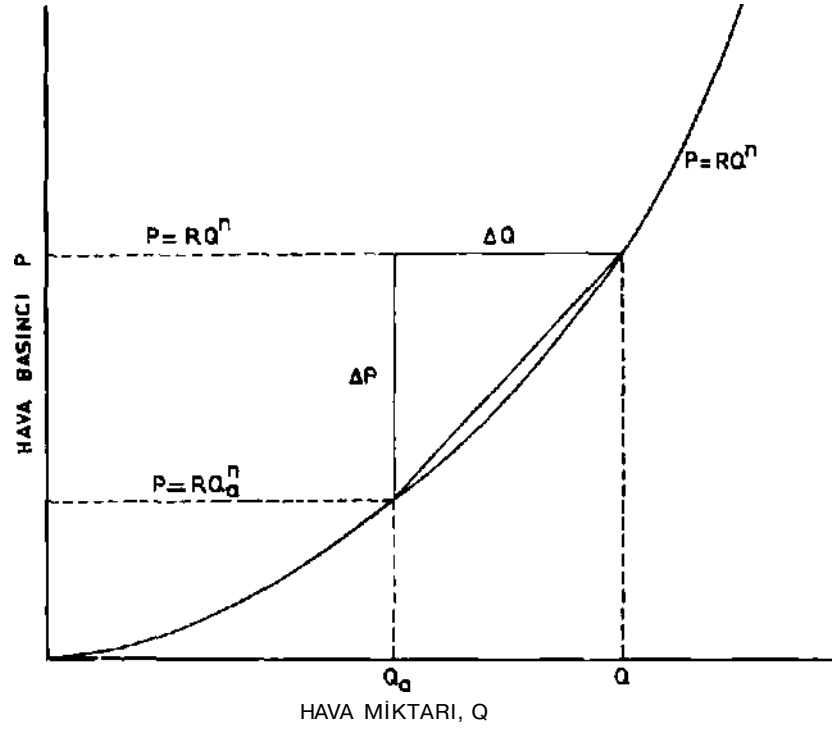
$$Q = Q_a + \Delta Q$$

Buradaki AQ tahmin edilen miktardaki hatayı gösterir ve gerçek Q miktarının saptanmasında yapılacak doğrultmaya eşittir. Aynı zamanda, basınç düşmesinde bu doğrultmayı karşıla-

yan hata ise Δp dir. Çizelge. 1 de, Q ile Q_a arasına düşen eğri-
nin eğimi aşağı yukarı $\Delta p/\Delta Q$ ile ve limitte (Q 'nin Q değerine
yakınlaşması halinde) dp/dQ ile gösterilebilir. $P = RQ^n$ 'in tü-
revi;

$$\frac{dp}{dQ} = n R Q^{n-1}$$

Çizelge 1 — Bir Kolda Akan Havanın Politropik Kanuna
($P = RQ^n$) Gösterdiği Uygunluk



yahut varsayılan Q_a miktarı için;

$$= n R Q_a^{n-1}$$

olur. Dolayısıyla, yaklaşık olarak;

$$\frac{\Delta P}{\Delta Q} = n R Q_a^{n-1}$$

yazılabilir. Diğer taraftan;

$$\Delta p = R Q^n - R Q_a^n$$

verildiğinden;

$$\Delta Q = \frac{R Q^n - R Q_a^n}{n R Q_a^{n-1}}$$

eşitliği yazılabilir. Burada pay dengelenmemiş (doğrultulmamış) basınç kaybı ve payda ise PQ eğrisinin eğinlidir. Kapalı göz sisteminin dikkate alınması halinde doğrultma faktörü;

$$\Delta Q_m = \frac{\sum R Q^n - \sum R Q_a^n}{\sum n R Q_a^{n-1}}$$

biçimini alır. Kirchoff II'ye göre, kapalı bir gözü meydana getiren kollardaki basınç düşmeleri toplamı sıfır olduğundan;

$$\sum R Q^n = 0$$

çünkü ve böylece,

$$\sum Q_m = \frac{-\sum R Q_a^n}{\sum n R Q_a^{n-1}}$$

yazılabilir. Katsayının n = 2 olması ile göz doğrultma faktörü aşağıda olduğu gibi ifade edilebilir;

$$\Delta Q_m = \frac{-\sum R Q_a^2}{2 \sum R Q_a}$$

Basınç kaybını gösteren paydaki ifade hava miktarı ile aynı işareti paylaşır, fakat paydaki ifade daima pozitiftir. Dolayısıyla;

$$\Delta Q_m = \frac{-\sum R Q_a |Q_a|}{2 \sum R |Q_a|}$$

olur. Göze dahil kollardan birine bir vantilatörün yerleştirilmiş

olması halinde Q miktarını veren fan basıncının dikkate alınması ile;

$$\Delta Q_m = \frac{-\sum R Q_a |Q_a| - P_{fan}}{2 \sum R |Q_a| - S}$$

oluşur. Burada;

P_{fan} — vantilatör basıncı

S — vantilatör karakteristik eğrisinin eğimi

dir. Tüm hava miktarları için vantilatör basıncının sabit olması halinde S=0 olur ve denklem basitleştirilir;

$$\Delta Q_m = \frac{-\sum R Q_a |Q_a| - P_{fan}}{2 \sum R |Q_a|}$$

Hardy Cross tekniğinin uygulanmasına daha sonra sayısal kompüterler söz konusu yapılırken yer verilecektir.

2.3 ANALOG KOMPUTER METODLARI: Yeraltı ocaklarının gelişimine paralel olarak büyüyen havalandırma şebekelerinin daha da karışık bir sistemi oluşturmaları havalandırma hesaplamalarını zorlaştırmıştır, Hardy Cross tekniğinin kullanılması ile böyle karışık sistemlerin çözümü mümkündür, fakat aritmetik işlemlerinin fazlasiyle artması analog kompüterlerin gelişmesini sağlamıştır. Bir analog kompüter, havalandırma şebekesi kollarından geçen hava akımını fiziksel anlamda temsil eden bir modeldir. Bazı türlerinde borulardan geçirilen sıvı, havanın yerini alırsa da Kirchoff Kanunlarının havalandırmaya çok uygunluk göstermesi elektriksel analogların yeğ tutulmasını etkilemiştir. Elektrik akımı hava akım miktarının, resistörlerdeki voltaj düşmesi hava yollarındaki basınç kaybının ve ana devredeki voltajda vantilatör basınçlarının yerini alır. Elektriksel analog kompüterlerde gerçek elektrik bağlantılarının uzun sürede yapılması, hesaplamaların her bir aşamasında nomogram veya hesap cetvellerine ihtiyaç göstermesi ve bu arada sayısal kompüterlere karşı yoğun üğinin artması bunların üstünlüklerini sarsmıştır. Matematiksel modellerle çalışan sayısal kompüterler çözümlerde sağladıkları sürat nedeniy-

le fiziksel bir model üzerinde işlemleri yürüten analog kompütere tercih edilir olmuştur.

2.4. SAYISAL KOMPÜTER METODLARI: Sayısal kompüterler genel amaçlara hizmet eden makineler olup kendilerine programlar aracılığı ile verilen ön bükilerle yönergelere uyarak her türlü problemleri türlü ihtimalleri belirterek çözerler. Havalandırma hesap işlemlerinde kullanılan teknik bütünü ile Hardy Cross'a aittir, fakat hesaplamaların sıra düzenini değıştiren çeşitli metodlar geliştirilmiştir. İngütere'de McPherson (5) Amerika'da Wang-Hartman (6), Japonya'da Hashimoto (7) ve Almanya'da Wehr-Henningsen (8) yürüttükleri çalışmalarla farklı yöntemleri ortaya koymuşlardır. Ocak havalandırılmasında kompüter programlamanın EKİ Üzülmez Bölgesi Asma-Dilâver Bölümlerine uygulanmasında Wehr-Henningsen yöntemi (9), bazı modifikasyonların yapılması suretiyle, kullanıldığından burada sadece programın temel ilkeleri söz konusu edilecektir.

Akım şeması Çizelge. 2 de verilen havalandırma kompüter programı sırası aşağıda belirtilen aşamalarda işlem görür:

1. *Un* Verilerin Kompütere Okunması

Öncelikle havalandırma şebekesinin bir çizgisel plânı hazırlanır. Bu diagrama hava giriş ve dönüş noktaları, vantilatörler, kapılar, regülatörler, uzun ayaklar ve diğer gerekli hususlar işaretlenir. Havalandırma sisteminin etüdü yapılacak yeraltı ocağında, havalandırma ölçmeleri yapılır. Gözlem ve okumalardan elde edilen değerler kompütere okunur. Bunlara aşağıdakiler dahildir:

- a. Kol ve kavşak sayıları,
- b. Kol numaraları,
- c. Kolların bağı olduğu kavşak numaraları (kolların başlangıç ve bitiş noktaları),
- d. Kol tipinin belirtilmesi: Kompütere kol tipim okuyan işaretlerden :

0 — normal hava yolunu,

teri kadar okunan P ve Q değerleri ile tanımlanır. Bu programda, aşağıdaki parabolik denklem aracılığı ile vantilatörler kompütere taşınır:

$$P = A Q^2 + B Q + C$$

Burada;

- P — vantilatörün hava girişi ve çıkışı arasındaki basınç farkı, mm SS veya Kg/m²;
Q — Vantilatörden geçen hava miktarı, m³/dakika;

A,B,C — Vantilatöre ait fonksiyon katsayılarıdır.

- f. Kolların dirençleri, m Wb (= 0.001 Weisbach),
g. Kavşakların deniz seviyesinden olan yüksekliği veya derinliği, m,
h. Kavşaklara ait kuru sıcaklıklar, °C,
i. Elektrik Kw tarifesi.

2. GÖZ DÜZENİNİN KURULMASI: İlk önce, otomatik olarak kompüterin seçtiği kollarla kavşak numaraları kullanılarak kapalı göz düzeni kurulur. Daha sonra, havalandırma ölçmelerinden sağlanan verilerle hesaplanan kol dirençleri, kollarından geçen hava miktarları ve kollarındaki basınç kayıpları kompüter tarafından kontrol edilir, ve sistemin Kirchoff I'ne olan uygunluğu gerçekleşir.

Göz sayısı;

$$M = B - J + 1$$

eşitliği ile bulunur. Burada;

- M — havalandırma şebekesinin göz sayısı,
B — havalandırma şebekesinin kol sayısı,
J — havalandırma şebekesinin kavşak sayısıdır.

3. DOĞAL HAVALANDIRMA BASINCININ HESAPLANMASI: Her bir göz için doğal havalandırma basınçları;

$$F = \frac{\gamma_a - \gamma_b}{2} (h_b - h_a)$$

denkleminin kullanılması ile bulunur. Burada;

- F — doğal havalandırma basıncı, mm SS veya Kg/m²,
 y — hava yoğunluğu, Kg/m³,
 h — istasyonun deniz seviyesinden olan kotu, m dir.

Havanın yoğunluğu y' ün saptanmasında aşağıdaki formülden yararlanır;

$$\gamma = \frac{10,233 - 1,25 h}{29,4 t}$$

Burada;

- t — istasyonda okunan sıcaklık derecesinin mutlak sıcaklık derecesi üzerinden ifadesidir, °C.

Hesaplanan doğal havalandırma değerleri bir liste halinde kompüterden alınır.

4. YAKLAŞIK-TEKRARLAMALARLA HAVALANDIRMA ŞEBEKESİNİN ÇÖZÜMÜ: Göz düzeninin kurulması üzerine kavşaklara gelen ve kavşakları terkeden hava miktarları arasında bir dengenin oluşması gerçekleştirilir. Bu husus Hardy Cross tekniğindeki yaklaşık-tekrarlamalar (iterasyon) işlemi Üe yürütülür. Gözleri oluşturan kollardan geçen hava miktarları rastgele seçüebüir, fakat gerçeğe yakm olmayan hava miktarlarının kullanılması çözüm süresini artırır. Yaklaşık-tekrarlamalar faktörünü hesaplayan eşitlik aşağıdadır;

$$\Delta Q_m = \frac{- \sum R Q_a | Q_a | - P_{fon}}{2 \sum R | Q_a |}$$

Burada;

- Q_m — Göze bağlı kollardan geçen hava akımı den-
 gesizliğini doğrultan faktör, m³/dakika;
 Q_a — Göze bağlı kollardan geçen hava miktarı, m³/
 dakika;
 Q_l — Hava akımının mutlak değeri, m³/dakika;
 R — Göze bağlı kolların direnci, mWb (1 m Wb = 1
 Murgue);

P — Göze bağlı kollara tesis edilen vantilatörün basıncı (doğal havalandırmanın dikkate alınması halinde gözün doğal havalandırma basıncı vantilatör basıncına eklenir), mm SS veya Kg/m² dir.

Her yaklaşık-tekrarlamada hesaplanan dengesizlik doğrultma faktörü AQ_m gözlere bağlı kollardan akan hava akımı miktarına eklenir. İşlem tekrarlandıkça hava yolundan geçen gerçek miktara yaklaşılr ve doğrultma faktörünün 0.007 ye veya bunun altındaki bir değere ulaşması halinde tekrarlamalar sona erer. Böylece havalandırma şebekesi hava miktarlarının dağılımı bakımından dengelenmiş olur.

5. ENERJİ TÜKETİMİ VE YTLUK MALİYETİ: Gerktiğinde sistemin her koluna düşen enerji tüketimi ve elektrik Kw tarifesinin kompütöre verümesi halinde enerjinin yıllık maliyeti hesaplanabilir. Böylece, bir havalandırma şebekesindeki yüksek dirençli kolların, hava yollarına inşa edilen kapı ve regülatörlerin havalandırmaya neler yüklediği kolaylıkla etüd edilebilir. Her bir kolda tüketüen enerji miktarının saptanmasında;

$$G = \frac{Q \cdot P \cdot 9.81}{1000} \times \frac{1}{60}$$

güç formülü kullanılır, burada;

G — güç veya tüketüen enerji, Kw;
Q • = koldan akan hava miktarı, m³/dakika;
P — koldaki basınç kaybı, mm SS dur.

6. KOMPÜTERDEN SAĞLANAN VERİLER: Havalandırma programı aracılığı üe kompütöre okunan ön veriler gerçek direktiflerle türlü işlem aşamalarından geçerek aşağıda belirtilen sıra ve düzende değerlendirilirler:

- a. göz listesi;
- b. her ük gözün doğal havalandırma basıncı, mm SS ;
- c. her bir kolun direnci, m Wb;
- d. her iki koldan akan hava miktarı, m³/dakika;
- e. her bir kolda oluşun basınç düşmesi veya kaybı, mm SS ;

- f. her bir koldaki enerji kaybı ve şebekenin toplam enerji tüketimi, Kw;
- g. her bir kola düşen enerji maliyeti ve şebekenin yıllık enerji maliyeti, TL/yıl.

Her yönü ile belirtilen havalandırma programı aşağıda sıralanan uygulama olanaklarını gerektiğinde sağlar:

- a. Mevcut havalandırma şebekesinin doğal ve mekaniksel karakteristiklerini hesaplar,
- b. Havalandırma şebekesine daha verimli kofulları sağlayabilmek amacıyla yapılmasında düşünülen her türlü değişiklik istemi yerine getirilir. Bunlara;
 - 1. Değişik vantilatör yerlerinin, farklı karakteristikleri veren vantilatörlerin, seri ve paralel vantilatör düzenlerinin denenmesi,
 - 2. Yeni havalandırma kollarının şebekeye eklenmesinin denenmesi,
 - 3. Bazı hava kollarının şebekeden çıkarılmasının denenmesi dahildir.

Havalandırma programının Orta Doğu Teknik Üniversitesi Hesap Bilimleri Bölümünün hafıza büyüklüğü 64 K bite olan IBM 360 Model 40 F kompüterinde kullanılması halinde 10'a kadar vantilatöre yer verilebilen 250 koldan oluşan bir havalandırma sisteminin etüdü yapılabilir. Ana hafıza kapasitesi daha yüksek bir kompüterde havalandırma programının denenmesi halinde hava kolları ile bunlara tesis edilen vantilatörlerin sayısını artırmak mümkündür.

3. Üzülmaz Bölgesi Asma-Dilâver Ocakları Havalandırma Sisteminin Etüdü

3.1. Genel Plânlama ve Havalandırma Düzeni

Üzülmaz Bölgesi'nde 20 kilometre karelik bir alanı kaplayan Asma ve Dilâver Bölümleri kapsamına giren ocaklarda çalışılan 19 uzun ayaktan (Düâver'de 10 ve Asma'da 9 ayak) günde ortalama 4,750 ton tuvönan kömür üretimi konvensiyonel

ilerletimli ve dönümlü yöntemlerde ayak gerisinin göçertilmesi suretiyle yapılır. Dilâver Ocakları bölgenin doğusunda +50 üzerinde kalan sahalarda +50, +140, +225 ve +320 katları arasında; ve batıda verlegen Asma Ocakları ise +50 nin altında kalan sahalarda +50, -50, -100 ve -150 katları arasında kömür katmanlarını üretir. Her iki bölümde katlar arasında kör kuyular (bürler) veya desandriler aracılığı ile bağıntılar kurulur. Çalışmaların merkezleştirilmesinin planlanmasında yürütülen -170 katı hazırlıklarında Asma I ve II kuyuları aynı derinliğe kadar açılmıştır. Her vardiyada çalışan toplam işçi sayısı I'de 1,006, H'de 913 ve HTde 1,618 kişidir.

İdare sistemi ile üretim çalışmalarında birbirinden ayrı olan iki bölümün yeraltı havalandırma şebekesi, Çizelge. 3 de belirtildiği gibi, ortak bir sistemdir. Yeraltında hava akımını yaratan Buffalo santrifüj tipi emici vantilatör Dilâver'de +225/33,550 ve +225/33,570 galerilerinin birleştiği noktaya kurulmuştur. Vantilatörün basınç-hava miktarı eğrisi üe teknik karakteristikleri ve ocak karakteristik eğrisi Çizelge. 4 de gösterilmiştir. Asma ocağına atmosfer havası +38/33,150, +33,180 A ve +38/33,159, Asma Kuyusu I (+38/-170) ile desandri +38/33,084 ağızlarından girerek hürlerle desandriler aracılığı üe -150 katma ulaşır. Üretim sahalarını dolaşan hava en son +225 kotunda dönüş yoluna geçer ve dış atmosfere ulaşır. Dilâver ocağına +318/33, 766, +248 Kesmeli ve +225 Acılık ağızlarından dahil olan atmosfer havası katlar arası bağıntılar yardımıyla çalışma sahalarına yayılır ve +225 kotundan ocağı terkeder. Dilâver daha çok Asma'nın kaçakları ile açık ocak most-rası kırık ve çatlaklarından yeraltına sızan hava Üe havalandırılır.

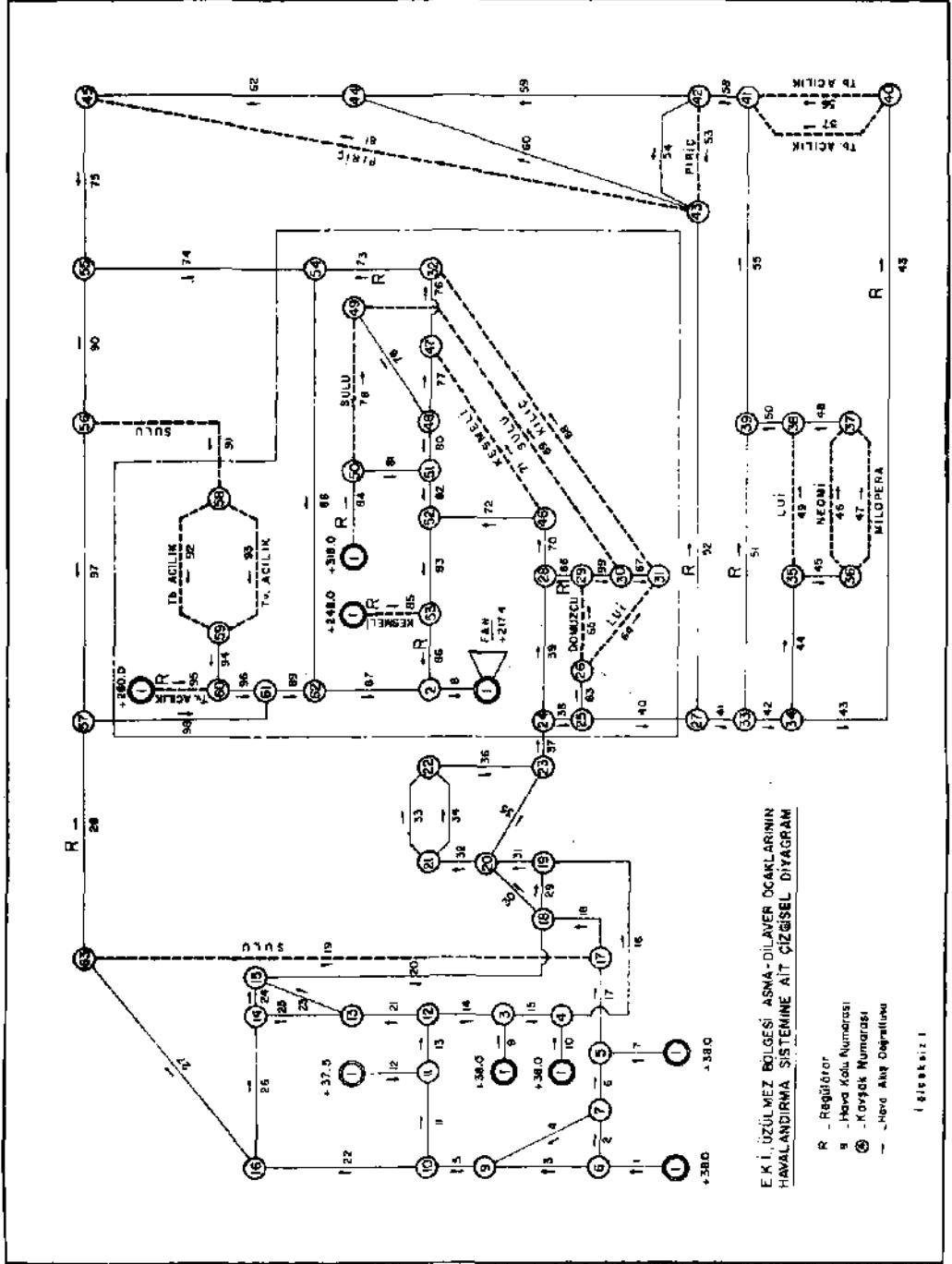
3.2. Yeraltı Havalandırma Ölçmeleri

Asma-Dilâver Ocaklarının havalandırma karakteristiklerinin elde edilmesinde gözlem ve ölçmelerden oluşan hir araştırma yürütülmüştür (10).

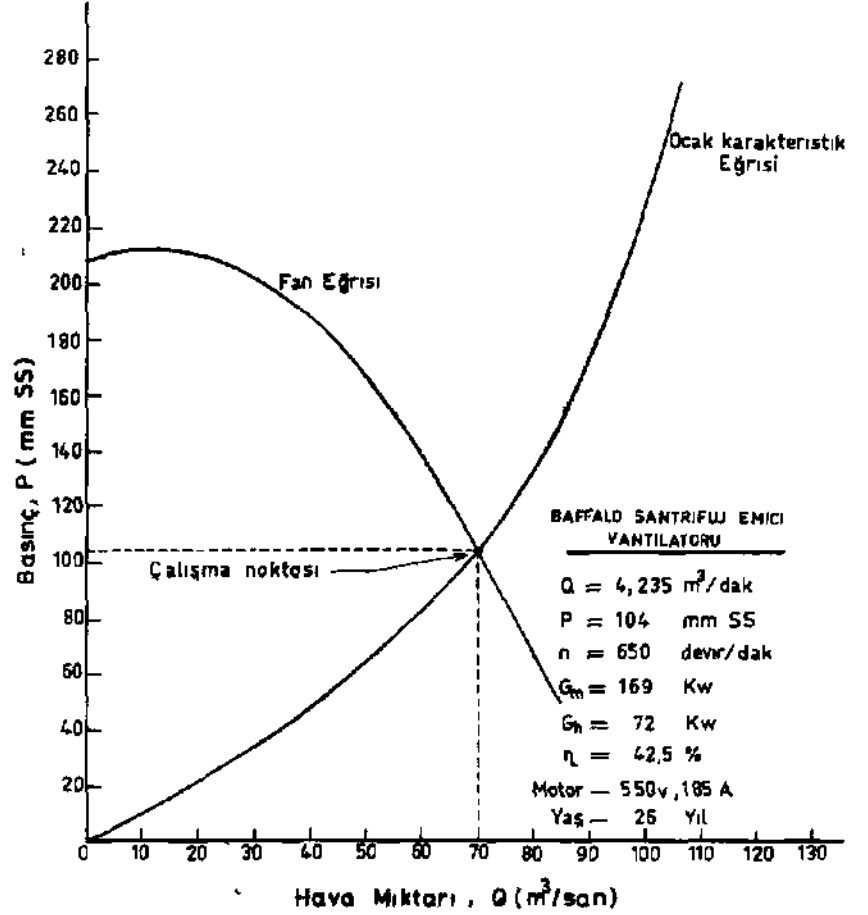
Yeraltı çalışmalarında;

a. iki ölçüm istasyonu arasındaki basınç düşmelerinin saptanmasında Pitot tübü-manometre ikili düzeni,

Çizelge 3 — Asma - Dilâver Ocakları Havalandırma Sisteminin Çizgisel Diyagramı



Çizelge 4 — Ocak ve Ventilator Karakteristik Eğrileri



b. her ölçüm istasyonu kesitinden geçen hava miktarının ölçülmesinde pervaneli elektronik anémomètre,

c. doğal havalandırma ile ocak havasının bağıl rutubet yüzdesinin hesaplanmasında, her ölçüm istasyonunda kuru ve yaş sıcaklık dereceleri ile atmosfer basıncının kaydedilmesinde psikometre ve altimetre,

d. Ölçüm istasyonları, taban yolları, uzun ayak içleri ve dönüş yollarında grizu koşullarının ortaya çıkarılmasında, metan

yoğunluğu yüzdesinin tesbitinde MSA C4 MK. 1 tipi metanometre kullanılmıştır.

Bunlara ek olarak, ölçüm istasyonlarının deniz seviyesine olan yükseklik ve alçaklıkları; hava yolu kesit alanlarının hesaplanmasında gerekli ölçmeler kaydedilmiştir.

Bir hava kolu direncinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır

$$P = \frac{0.001 R Q^3}{1000 P} \quad y \quad a$$
$$R = \frac{1000 P}{Q^3} \quad 2$$

Burada;

R — hava yolunun direnci, m Wb;

P — hava yolunun basınç kaybı, mm SS ;

Q — hava yolundan geçen hava miktarı, m³/saniye-
dir.

Yapılan hesaplamalardan elde edilen sonuçlar Çizelge. 3 de belirtilen çizgisel diyagramın yardımıyla değerlendirilmiş ve kompütere 'ön veriler' olarak verilmek üzere Tablo. 1 de görülen liste hazırlanmıştır.

Tablo 1 — Komputer Ön Veriler Listesi

Kod Numarası	Kavşak Numarası Başlangıç	Numarası Bitiş	Kol Tipi	Kol Direnci m Wb
1	1	6	0	4.83
2	6	7	0	2.96
3	6	9	0	8.80
4	7	9	0	6.70
5	9	10	0	0.78
6	7	5	0	2.08
7	1	5	0	30.00
8	2	1	1	103.89
9	1	3	0	30.00
10	1	4	0	9.90
11	11	10	0	10.00
12	1	11	0	38.90
13	11	12	0	0.78
14	3	12	0	22.70
15	3	4	0	11.30
16	4	19	0	30.56

17	5	17	0	20.70
18	17	18	0	46.80
19	17	63	0	211.50
20	15	18	0	30.20
21	12	13	0	8.00
22	10	16	0	8.50
23	13	15	0	11.30
21	14	15	0	9.40
25	13	14	0	19.70
26	16	14	0	10.70
27	16	63	0	45.30
28	63	57	0	363.00
29	18	19	0	9.40
30	18	20	0	2.60
31	19	20	0	2.20
32	20	21	0	0.86
33	21	22	0	9.80
34	21	22	0	2.90
35	20	23	0	7.00
36	22	23	0	0.65
37	23	24	0	4.50
38	24	25	0	9.00
39	24	28	0	1414.99
40	25	27	0	0.55
41	27	33	0	2.16
42	33	34	0	7.50
43	34	40	0	281.00
44	34	35	0	10.05
45	35	36	0	6.20
46	36	31	0	160.50
47	36	37	0	151.10
48	37	38	0	13.10
49	35	38	0	170.40
50	38	39	0	9.40
51	33	39	0	51.60
52	27	43	0	129.40
53	42	43	0	134.70
54	42	43	0	140.00
55	39	41	0	14.40
56	40	41	0	144.55
57	40	41	0	195.70
58	41	42	0	11.20
59	42	44	0	18.00
60	43	44	0	39.10
61	43	45	0	80.70
62	44	45	0	8.00

63	25	26	0	83.00
64	26	31	0	750.40
65	26	29	0	222.50
66	29	28	0	156.00
67	30	31	0	310.00
68	31	32	0	992.60
69	30	49	0	575.00
70	28	46	0	189.20
71	46	47	0	213.00
72	46	52	0	196.50
73	32	54	0	707.90
74	55	54	0	145.10
75	45	55	0	12.60
76	47	32	0	155.00
77	48	47	0	8.60
78	50	49	0	343.10
7»	49	48	0	60.60
80	48	51	0	11.30
81	50	51	0	213.00
82	51	52	0	14.85
83	52	53	0	10.70
84	1	50	0	679.00
85	1	53	0	1308.90
86	53	2	0	176.20
87	62	2	0	12.22
88	54	62	0	15.90
89	61	62	0	3.00
90	55	56	0	10.00
91	56	58	0	270.60
92	58	59	0	200.00
93	58	59	0	127.00
94	59	60	0	16.80
95	1	60	0	1304.99
96	60	61	0	29.30
97	56	57	0	3.00
98	57	61	0	9.00
99	29	30	0	87.00

4. Sonuç ve Tartışma

Üzülmez Bölgesi Asma-Dilâver Bölümleri havalandırma şebekesi 99 hava kolu, 62 kavşak ve $M = 99 - 62 + 1 = 38$ gözden oluşur. Yüzde 42.5 verimle çalışan santrifüj tipi vantilatör 104 mm SS basınçla 4,235 m³/dakika veya 70.57 m³/saniye ha-

vayı emer. Bu değerlerin dikkate alınması ile saptanan ocak eş-değer açıklığı 2.625 m² dir.

Komputer hesaplamalarından elde edilen göz listesi ve her göze ait doğal havalandırma basınçları Tablo. 2 de verilmiştir. Tablonun incelenmesinden görüldüğü gibi, +38/33,084: desandre ile +225/33,570 galeri ağızları arasında kalan 16 numaralı göze ait doğal havalandırma basıncı 8.89 mm SS olmuştur. Tabloda işareti (—) ile belirtilen değerler mekaniksel havalandırmanın oluşturduğu hava akımına karşıt doğrultuda gelişen doğal havalandırma basınçlarını anlatır.

Tablo 2 — GÖZ Listesi ve Doğal Havalandırma Basınçları

Göz Numarası	Hava Kolları Numaraları										Doğal Havalandırma basıncı, mm SS.	
1	3	4	2									0.00
2	7	6	2	1								—0.11
3	9	15	10									0.00
i	12	11	5	4	2	1						—0.74
5	14	15	13	11	10	5	4	2	1			—0.74
6	16	31	30	20	24	26	10	22	5	4		—0.73
	2	1										
7	18	20	17	24	26	22	5	4	6			0.60
8	19	27	17	22	5	4	6					1.33
9	23	24	26	21	13	11	22					0.00
10	25	26	21	13	11	22						0.00
11	28	27	98	89	87	22	5	4	2	1		5.32
	8											
12	29	31	30									0.00
13	S3	34										0.00
14	35	36	34	32								—0.00
15	39	70	72	83	86	37	36	34	32	30		2.31
	20	24	26	22	5	4	2	1	8			
16	43	56	42	41	40	38	37	36	34	32		
	30	20	58	59	62	75	90	97	98	89		
	87	24	26	22	5	4	2	1	8			
17	46	45	44	42	41	40	38	37	36	34		8.70
	32	30	20	48	50	55	58	59	62	75		
	90	97	98	89	87	24	26	22	5	4		
	2	1	8									

18	47	45	44	42	41	40	38	37	36	34	8.70
	32	30	20	48	50	55	58	59	62	75	
	90	97	98	89	87	24	26	22	5	4	
	2	1	8								
19	49	44	42	41	40	38	37	36	34	32	8.42
	30	20	50	55	58	59	62	75	90	07	
	98	89	87	24	26	22	5	4	2	1	
	8										
20	51	41	40	38	37	36	34	32	30	20	8.03
	55	58	59	62	75	90	97	98	89	87	
	24	26	22	5	4	2	1	8			
21	52	60	40	38	37	36	34	32	30	20	7.00
	62	75	90	97	98	89	87	24	26	22	
	5	4	2	1	8						
22	53	60	59								0.00
23	54	60	59								0.00
24	57	56									0.00
25	61	60	62								0.00
26	64	67	99	66	70	72	83	86	63	38	2.50
	37	36	34	32	30	20	24	26	22	5	
	4	2	1	8							
27	65	66	70	72	83	86	63	38	37	36	2.32
	34	32	30	20	24	26	22	5	4	2	
	1	8									
28	68	67	99	66	70	72	76	77	80	82	0.58
29	69	99	66	70	72	79	80	82			1.38
30	71	72	77	80	82						-0.09
31	73	76	77	80	82	83	86	88	87		-0.07
32	74	88	90	97	98	89					0.42
33	78	81	79	80							-1.03
34	84	81	82	83	86	S					-3.38
35	85	86	8								-1.76
36	91	93	94	96	97	98					1.21
37	92	93									0.00
38	95	96	89	87	8						0.00

4.1. Hava Miktarları

Kompüterden elde edilen havalandırma karakteristikleri tümü ile Tablo. 3 de görülmektedir. Yeraltına sevkedilen hava miktarı 4,235 m³/dakika olduğu halde uzun ayaklara ve benzeri iş sahalarını dolaşan hava miktarı yaklaşık olarak 2,000 m³/dakikadır. Bu sadece tümün %47 si olmaktadır. Arta kalan %53 lük hava vantilatör tesisinde, kapı ve regülatörlerde, ana

havalandırma yollarında, göçertilmiş ve terkedilmiş göçük ve eskilerde, ve uzun ayaklarda oluşan sızma, kaçak ve kısa devrelerle kayıp olarak ortaya çıkmaktadır. Kırık ve çatlaklara kaçan hava nedeniyle ana hava yolları ile kavşaklarda hava miktarının tamamı korunamamakta ve dolayısıyla hava yolları boyunca hava miktarlarında farklılıklar doğmaktadır.

Normal uygulamalarda, hava giriş kuyu ve galerileri genellikle üretim operasyonlarının yürütüldüğü sahalanın ortasına gelecek biçimde açılır. Böylece yeraltına gönderilen temiz atmosfer havası havalandırma şebekesinde lüzumsuz mesafelerde dolaştırılmadan aktif pano ve kartiyelere sevk edilmiş olur. Böyle bir metodun uygulamasına Asma-Dilâver ocakları havalandırma sisteminde yer yoktur. Âsma'dan ocağa giren hava aktif sahalarla ancak 4 Km kadar yeraltı hava yollarını katettikten sonra ulaşabilmektedir. Bundan başka, geleceğin üretimini düzenleyen plânlarda böyle bilinçli bir yöntemin uygulanmasına yer verilmediği gelecek yıllarda hava girişinde kullanılacak Asma Kuyuları I ve II'nin üretim sahalardan çok uzaklarda seçilmiş olmasından anlaşılmaktadır.

Genellikle, ocak havalandırmasının esas gayesi, bütün pano ve kartiyelerdeki uzun ayaklara ve onların taban yollarına yeterli miktarda temiz havanın erişmesini gerçekleştirmektir. Asma-Dilâver Ocaklarında 11 kömür katmanından üretimin yapıldığı 19 uzun ayak vardır. Üretim hiç bir zaman her bir ayarın tam boyunca yürütülmemekte ve ayakların çokluğu nedeniyle hava fazlasıyla bölünmüş hava kollarına ayrılmakta veya daha kötüsü bir hava kolu üzerinde iki ve bazan da üç ayarın tesis edilmesi zorunluğu belirmektedir. Aynı kol üzerindeki ayaklardan birincisinde oluşan ve havaya karışan toz ve grizu diğer ayakları dolaşmakla tehlike potansiyelini bir iş yerinden diğerine sürüklemiş olmaktadır. Bunun açıklığa kavuşturduğu anlam, ocak havalandırmasındaki gayelerin tersine, bütün taban yolları ile uzun ayaklara temiz havanın sevk edilememesidir. Merkezleştirme sistemine gitmek veya ayaklarda üretim faaliyetlerinin yoğunlaştırılması yolunu seçmek suretiyle ayak sayısı düşürülebilir ve böylece (a) ayakların bekletilmesinden doğan tahkimat masrafları en alt düzeye düşürülür; (b) dağı-

Tablo 3 — Kompüterden Sağlanan Veriler

Kol No.	Kol Baş.	Kol Bitiş	Kol Tipi	Direnç R m Wb	Miktar Q m ² /dak.	Başınç P mmSS	Toplam Başınç P mmSS	Güç Kw G	Maliyet TL/yl	Kolların Tanımı
1	1	6	0	4.83	986.	1.30	1.30	0.210	736.	+38/-50/33084 desandre
2	6	7	0	2.96	574.	0.27	0.57	0.025	89.	-50/33129 lâğımı
3	6	9	0	8.80	412.	0.41	1.72	0.028	98.	-50/33129 lağımi, No. 51 bür
4	7	9	0	670	278.	0.14	1.72	0.007	23.	-50 hava yolu
5	9	10	0	0.78	689.	0.10	1.82	0.012	41.	+56 hava yolu
6	7	5	0	2.08	296.	0.05	1.63	0.002	9.	-50/33130 yolu
7	15		0	30 00	442.	1.63	1.63	0.117	411	+38/-170 Asma Kuyu I
8	2		11	103.89	4235.	103.89	0 00	71.889	251900.	+225 Ventilator Galerisi
9	13		0	30.00	421.	1.48	1.48	0.101	355.	+38/33, 150 lâğımı
10	1	4	0	9.90	756	1.57	1.57	0.194	680.	+38/33,180 A lâfımı
11	11	10	0	10.00	7.	0.00	1.82	0.000	0.	+56 yolu
12	1	11	0	38 90	411.	1.82	1.82	0.122	428	+38/33167 ging l&gımı
13	11	12	0	0.78	403.	0.04	1.86	0.002	8	+56 yolu
14	3	12	0	22.70	246.	0.38	1.86	0.015	54.	+56 yolu
15	3	4	0	11.30	175.	0.10	1.57	0.003	10.	+56 yolu
16	4	19	0	30.56	931.	7.36	8.93	1.119	3922.	+50/33180 A lağımi
17	5	17	0	20.70	738.	3.13	4.76	0.378	1324.	-50/33130 Doğu lâğımı
18	17	18	0	46.80	558.	4.04	8.80	0.368	1291.	-50 yolu ve 33130 lâğımı
19	17	63	0	211.50	180.	1.91	6.67	0.056	198.	-50/33133 sulu ayak ve taban yollan
20	15	18	0	30.20	803.	5.41	8.80	0.710	2489.	+ 50/33180 lâğımı
21	12	13	0	8.00	649.	0.94	2.79	0.099	348.	+50/33168 yolu
22	10	16	0	8.50	697.	1.15	2.97	0.131	457.	+5Q/33150 yolu
23	13	15	0	11.30	436.	0.60	3.39	0.043	149.	+56 yolu
24	14	15	0	9.40	367.	0.35	3.39	0.021	74.	+50/33180 yolu
25	13	14	0	19.70	212.	0.25	3.04	0.009	30.	+50/33168 yolu

Kol No.	Kol Baş.	Kol Bittis	Kol Tipi	Dişang m Wb	Miktar m ² /dak.	Basınç mmSİ	Toplam Basınç mmSİ	Güç KW	Maliyet TL/yl	Kolların Tanımı
26	16	14	0	10.70	154.	0.07	3.04	0.002	6.	+50/33168 yolu
27	16	63	0	45.30	543.	3.70	6.67	0.328	1150.	+50/33150 yolu
28	63	57	0	363.00	723.	52.70	59.37	6.226	21816.	+50/33150 yolu (R)
29	18	19	0	9.40	221.	0.13	8.93	0.005	16.	No 55 bür kontuan
30	18	30	0	2.60	1140.	0.94	9.74	0.175	612.	+50/33180 yolu
31	19	20	0	2.20	1152.	0.81	9.74	0.153	535.	+50/33180 A yolu
32	20	21	0	0.86	1411	0.48	10.22	0.110	384.	+56yolu
33	21	22	0	9.80	497.	0.67	10.89	0.055	192.	+56yolu
34	21	22	0	2.90	914.	0.67	10.89	0.101	352.	+56yolu
35	20	23	0	7.00	881.	1.51	11.25	0.217	760.	+56yolu
36	22	23	0	0.65	1411.	0.36	11.25	0.083	290	+56yolu
37	23	24	0	4.50	2291.	6.56	17.81	2.457	8610.	+56yolu
38	24	25	0	9.00	2072.	10.73	28.54	3.633	12728.	+56yolu
39	24	28	0	1415.00	220.	18.99	36.80	0.682	2389.	+50/-140 desandre ve 33197 yolu
40	25	27	0	0.55	1665.	0.42	28.96	0.115	404.	No. 48 bür
41	27	33	0	2.16	1101.	0.73	29.69	0.131	458.	-100/33334 yolu
42	27	34	0	7.50	651.	0.88	30.57	0.094	328.	-100/-150 desandre
43	33	40	0	281.00	236-	4.36	34.94	0.169	591-	-150/33409 lâğımı (R)
44	34	35	0	10.05	414.	0.48	31.05	0.032	113.	-150/33414 lâğımı
45	35	36	0	6.20	261.	0.12	31.17	0.005	18.	-150/33414 lâğımı
46	36	37	0	160.50	128.	0.73	31.90	0.015	54.	Milopera ayak ve taban yollan
47	36	37	0	151.10	133.	0.74	31.91	0.016	56.	Neomi ayak ve taban yollan
48	37	38	0	13.30	261.	0.25	32.16	0.011	38	-100/3334 B lâğımı
49	35	38	0	170.40	153.	1.11	32.16	0.028	97.	Lui ayak ve taban yollan
50	38	39	0	9.40	414.	0.45	32.60	0.030	106.	-100/33334 B lâğımı
51	33	39	0	51.60	450.	2.91	32.60	0.214	750.	-100/33334 lâğımı (R)
52	27	43	0	129.40	564.	11.44	40.40	1054	3694.	-50/33120 lâğımı (R)

Kol No.	Kol Baş.	Kol Bitiş	Kol Tipi	Direnç m Wb F	Miktar ms/dak. E	Basınç mmSS F	Toplam Basınç mmSS F	Güç Kw E	Maliyet TL/yl	Kolların Tanımı
53	42	43	0	134.70	167.	1.05	40.41	0.029	100.	Piriş, ayak ve taban yolları
54	42	43	0	140.00	164.	1.05	40.41	0.028	98.	-100/-50 desandre
55	39	41	0	14.40	865.	2.99	35.59	0.422	1480.	-100/33334 lâğımı
56	40	41	0	144.55	127.	0.65	35.59	0.013	47-	Tb Acılık ayak ve taban yolları
57	40	41	0	195.70	109.	0.65	35.59	0.012	41.	Tb Acılık ayak ve taban yolları
58	41	42	0	11.20	1101.	3.77	39.36	0.678	2376.	-100/33334 lâğımı
59	42	44	0	18.00	770.	2.96	42.33	0.373	1306.	-100/33334 lâğımı
60	43	44	0	39.15	420.	1.92	42.32	0.132	461.	-100/33334 lâğımı
61	43	45	0	80.70	475.	5.06	45.46	0.393	1378.	Piriş ayak ve taban yolları
62	44	45	0	8.00	1190.	3.14	45.47	0.611	2142	+10 desandre
63	25	26	0	83.00	407.	3.82	32.36	0.254	890.	+56 giriş yolu
64	26	31	0	750.40	151.	4.73	37.09	0.116	407	+5633079 lâğımı, Lui ayak
65	26	29	0	222.50	256.	4.06	36.42	0.170	597.	Domuzcu ayak ve taban yolları
66	29	28	0	156.00	92.	0.37	36.79	0.006	20.	+140/33334 lâğımı (R)
67	30	31	0	310.00	9.	0.01	37.08	0.000	0.	+140/33334 lâğımı
68	31	32	0	992.60	160.	7.02	44.10	0.183	641.	Büyük kılıç ayak ve +225/33575 lag.
69	30	49	0	575.00	155.	3.84	40.91	0.097	340.	Sulu ayak ve taban yolları
70	28	46	0	189.20	312.	5.12	41.92	0.261	916.	+ 140/333346 lâğımı
71	46	47	0	213.30	114.	0.76	42.69	0.014	50.	Kesmeli ayak ve taban yolları
72	46	52	0	196.50	199.	2.15	44.07	0.070	245.	+ 140/33364 lâğımı
73	32	54	0	707.90	341.	22.81	66.91	1.269	4447.	+225/33536 lâğımı (R)
74	55	54	0	145.10	540.	11.74	66.90	1.035	3627.	+S6/+225 bür, desandre
75	45	55	0	12.60	1665.	9.70	55.17	2.639	9247.	+10/33050 sol lâğımı
76	47	32	0	155.00	181.	1.41	44.10	0.042	146.	+ 225/33570 lâğımı
77	48	47	0	8.60	67.	0.01	42.68	0.000	0.	+ 225/33570 lâğımı
78	50	49	0	343.10	169.	2.71	40.91	0.075	262.	+320/33766 lâğımı ve sulu ayak
79	49	48	0	60.60	324.	1.76	42.67	0.093	327.	+225/33576 lâğımı

F37

Kol No.	Kol Bağ.	Kol Bitiş	Kol Tipi	Direnç m Wb	Miktar m ² /dak.	Basınç mmSİ	Toplam Basınç mmSİ	Güç Kw	Maliyet TL/yl	Kolların Tanımı
80	48	51		11.30	256.	0.21	42.88	0.009	30.	+ 225/33570 lâğıımı
81	50	51		213.00	281.	4 68	42.88	0.215	754.	+325/+22S kuyu
82	51	52		14.85	538.	1.19	44.07	0.105	367.	+225/33570 lâğıımı
83	52	53		10.70	736.	1.61	45.68	0.194	679.	+225/33570 lâğıımı
84	1	50		679.00	450.	38 20	38.20	2.809	9842.	+320/33766 ayak yolları (R)
85	1	53		1308.90	354.	45.68	45.68	2.646	9271.	+248 kesmeli ayak ve taban yol. (R>
86	53	2		176.20	1091.	58.21	103.89	10.372	36342.	+225/33570 çıkış yolu (R)
87	62	2		12.22	3144.	33.56	103.89	17.244	60425.	+225/33550 çıkış yolu
88	54	62		15.90	880.	3.42	70 33	0.492	1725.	+225/33550 lâğıımı
89	61	62		3.00	2264.	4.27	70.33	1581	5538.	+225/33550 lâğıımı
90	55	56		10.00	1125.	3 52	58.68	0 647	2266	+50/33150 lâğıımı
91	56	58		270.60	214.	3.43	62.11	0.120	420.	Sulu ayak ve taban yolları
92	58	59		200.00	95.	0.50	62.61	0.008	27.	Tb Acılık Ayak ve yolları
93	58	59		127.00	119.	0 50	62.61	0.010	34.	Tv Acılık ayak ve yolları
94	59	60		16.80	214.	0.21	62.82	0.007	26.	+225 ayak yolları
95	1	60		1305.00	416.	62.82	62.82	4.273	14974.	Tv Acılık ve mostra girişi (R)
96	60	61		29.30	630.	3.23	66.05	0.332	1165.	+225 dönüş yolu
97	56	57		3.00	912.	0.69	59.38	0.103	362.	+56 yolu
98	57	61		9.00	1634.	6.68	66.05	1.784	6249.	+56/+160 ve +160/+225 desandre
99	29	30		87.00	164.	0.65	37.07	0.017	61.	+140/33364 lâğıımı
Vantilatör kolu (8) toplamı								71-889	251900.	
Diğer kollar için toplam								71.894	251917.	

nık çalışma operasyonları sistematik bir düzene dönüştürülür; ve (c) ocak emniyeti ve iş güvenliği bakımından önemi olan havanın dağılımı bilinçli bir anlamda yeterli derecede geliştirilmiş olur.

Asma-Düâver yeraltı ocaklarının en kalabalık vardiyasında 1,618 işçi çalışmaktadır. Her bir işçi başına düşen hava 1,256 m³/vardiya veya 2.61 m⁸/dakika olarak hesaplanmıştır. Toplam üretimin 4,750 ton tuvönan kömür olması nedeniyle ton başına isabet eden hava miktarları 1,283 m⁸/gün veya 0.90 m³/dakikadır. Maden Emniyet Yönetmeliklerinde işçi ve üretilen kömürün tonu basma düşen hava miktarları saptanmamıştır, fakat bu değerlerin diğer ülkelere ait verilerle karşılaştırılması daha çok havanın yeraltına sevk edilmesi gereğini ortaya koymaktadır.

Uzun ayakları dolaşan hava miktarları ayrıntıları Üe Tablo. 4 de beÜrtülmüştür. Ayaklara yöneltilen hava miktarları arasında bir bağıntının olmadığı hangi prensiplere bağlı kalarak hava dağılımının yapıldığı tablonun incelenmesinden anlaşılamamaktadır. Asma-Düâver ocaklarındaki grizu emisyonunun genellikle tehlike potansiyeli yaratan koşulları gerçekleştirmediği ve tozlanmaya karşı teknik tedbirlerin alınmadığı hususları dikkate alınırca miktarlar arasındaki farkın hangi sebeplerden oluştuğu saptanamamaktadır.

4.2. Hava Basınçları

Asma-Dilâver ocaklarının toplam statik basınç kaybı 103.89 mm SS dır. Havalandırma şebekesi kapsamına giren yol kesitlerinin havalandırma gayelerine göre saptanmamaları hava kollarının ve dolayısıyla tüm ocak direncinin yüksek olmasına ve bu da basınç kayıplarının artmasına olanak vermektedir. Ayrıca, kollara tesis edilen kapı ve regülatörlerin basınç düşmelerindeki payları büyük olmaktadır. Havalandırma plânında kapı olarak gösterilenlerin tamamı hava sızdırmakta ve regülatör fonksiyonu göstermektedir. Kapı sayısının çokluğu ve devamlı açılıp kapanmaları hava dolanımında dikkati çeken değişimleri yaratmakla basing düşmelerinde dalgalanmaları oluşturmaktadır.

Tablo 4 — Hava Miktarlarının Uzun Ayaklara Dağılımı

Kömürün 1Vçildiği Uzun Ayak	Kol Numarası	Hava Miktarı m³ daklka	Bağlı Olduğu Bölüm
Neomt	46	128	Asma
Milopera	47	133	Asma
Lui	49	153	Asma
Taban Acılık	56	127	Asma
Taban Acılık	57	109	Asma
Piriç	53	167	Asma
Piriç	61	475	Asma
Sulu	19	180	Asma
Sulu	91	214	Asma
Domuzcu	65	256	Dilâver
Lui	61	151	Dilâver
Büyük Kılıç	68	160	Dilâver
Sulu	69	155	Dilâver
Sulu	78	169	Dilâver
Kesmeli	71	114	Dilâver
Kesmeli	85	354	Dilâver
Taban Acılık	92	95	Dilâver
Tavan Acılık	93	119	Dilâver
Tavan Acılık	95	416	Dilâver

Uzun ayak dirençleri oldukça yüksektir. Bunun gerçek sebeplerini özellikle ayak girişlerindeki kesitlerin küçük olmasında aramak gerekir. Uygulanması tartışma konusu olabilecek işletme yöntemleri ve yeteneksiz tahkimat sistemi sonucu zorlukla karşılanan tavan basınçları ayak kesitlerini daraltmaktadır. Bir kişinin sürünerek geçmekte güçlük çektiği uzun ayaklarda direncin fazla olması normal bir husustur. Farklı ayaklarda fiziksel koşulların çeşitli olması üretim metodları ile ayak dirençleri arasında bir bağlantının kurulmasını imkânsız kılmaktadır.

Dönüş taban yollarının periodik bakımı alt taban ve ana nakliyat yolları düzeyinde yapılmamaktadır. Yan ve üst tavan basınçları hava yollarının kesitlerini etkilemekte ve büyük miktarlardaki havanın dolaştığı dönüş yollarında basınç kayıpları da fazla olmaktadır. Bunlara ek olarak, yollardaki boş arabaların durumu, malzeme yığınları, keskin kavisler ve özellikle

kısa mesafelerle kesit alanlarının değişmesi şok kayıplarının nedenleri olmaktadır.

4.3. Grizu Yayılımı ve Problemi

Araştırma bulguları taban ve uzun ayak çevre atmosferindeki metan yoğunluklarının bir tehlike potansiyelini oluşturacak nitelikte olmadığını göstermiştir. Yapılan gözlemlere göre, kömür katmanı ve komşu kayaç tabakalarından oluşan aşırı metan emisyonu yoktur, fakat metanın çoğu kırık ve çatlaklardan yeryüzüne ulaşır. Derinlere inildiğinde bu doğal işlemin gerçekleşmemesi üe bir grizu sorununun gelişmesi mümkündür. Ayak içi ve dönüş yollarında sürdürülen hesaplara göre yaklaşık olarak günde 25.800 m^s ve yılda 9.3 milyon m³ saf metan yeryüzüne çıkmaktadır. Üretülen kömürün tuvönan tonu başına düşen miktar 5.42 m^a metandır.

4.3. Havalandırmanın Ekonomik Yönü

Havalandırmanın yıllık maliyeti, sadece elektrik enerji tüketiminin dikkate alınması ile, 251.898 TL dir. Tablo. 3 her hava koluna düşen elektrik tüketimi üe maliyetini ve Tablo. 5 de regülatör olarak fonksiyon gösteren kapıların maliyetlerini belirtmektedir. Enerji tüketimi maliyetinin %40.1 kapılara düşmektedir. Bunun yanı sıra, en yüksek maliyet 60,425 TL/yıl üe

Tablo 5 — Regülatör Fonksiyonu Gösteren Kapıların Maliyeti

Regulator (Kol nınmarası ile verildiği gibi)	Enerji Maliyeti TL/Yıl
51	75000
52	3 694.00
66	20.00
73	4,447 00
84	9,842 00
85	9,27100
86	36,342 00
95	14,974 00
28	21,816 00
T o p l a m	101,156 00

vantilatör galerisine aittir. Galeri direncinin yüksekliği ve bunun en ergeç nedenidir. Kesitinin artırılması maliyetin düğmesini büyük mikyasta etkileyebilir. Daha önceleri belirtildiği gibi, Asma'da ocağa giren hava ancak 4 Km hava yollarında dolaştıktan sonra aktif üretim sahalarına ulaşmaktadır. Bunun enerji maliyeti yılda 39,286 TL sı olmaktadır.

Daha gerçek bir maliyet analizinin tartışması elektrik tüketimine ek olarak işçilik, amortisman ve sair masrafların dahil edilmesi ile ancak mümkün olur. Bir fikir yaratabilmek için sadece elektrik enerjisi tüketiminin maliyeti söz konusu olmuştur.

5. Sonuç

Yerinde yürütülen gözlem ve araştırma verileri ile bilgisayar bulgularının ışığı altında aşağıdaki genellemeler yapılabilir:

Komputer programlamanın havalandırma şebekelerinin etüdüne uygulanmasının en üginç yönü problemlerin çok büyük bir hızla ve ekonomik anlamda çözümleri yam sıra pek çok alternatifleri ortaya koyabilmesidir. Alternatif düzenlerin denenmesi suretiyle mevcut havalandırma sistemlerinin geliştirilmesi olanakları sağlanmış olur.

Yeraltı gözlem ve araştırmaları Asma-Düâver ocakları havalandırma şebekesinin sistematik bir havalandırma düzenini ortaya koymadığını göstermiştir. Mevcut vantilatör karakteristiklerinin, özellikle veriminin, normal uygulama değerlerinin çok altında kalması, daha iyi havalandırma koşullarının elde edilmesine olanak yaratan bir yenisiyle değiştirilmesini önermektedir. Hava yollarının havalandırma gayelerine hizmet eder biçimde periodik bakıma bağlı tutulmamaları ocak direncinin ve dolayısıyla enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Regülatör fonksiyonu yaratan kapıların kullanılma gayelerini sağlar duruma getirilmeleri gereği vardır.

Halihazırda, kömür katman ve komşu kayaç tabakalarından oluşan grizu bir sorunu yaratmak durumunda değildir. Gelecek yıllarda üretimin derinlere kayması iş sahalarında metan

birikim yoğunluklarının artmasına ve böylece grizu problemlerinin ortaya çıkmasına neden olabilir. Buna toz problemleri de eklenirse, Asma-Dilâver ocaklarının geleceğinde havalandırma şebekesinin öncelikle yeni bir sisteme kavuşturulması gerekmektedir.

Bibliyografik Tanıtım

1. Güney, M. (1967): Underground Operations at Zonguldak Coalfield, Turkey, Trans. Inst. Min. Engrgr (ingiltere), 27, 83-97.
2. Suzuki, T. - Oba, S. ve Siohara, Z. (1964): Methods of Solving Mine Ventilation Problems. Int. J. Rock Mech, Min Sei., 1, s. 127.
3. Cross, H. (1936): Analysis of Flow in Networks of Conduits or Conductors, Bull. IH. Univ. Engng. Exp. Stn. 286, 32 s.
4. Scott, D. R., Hudson, R. F. ve Hinsley, F. B. (1952-1953): A Calculator for the Solution of Ventilation Network Problems, Trans. Instn. Min. Engr, 112, 623-637.
5. McPherson, M. J. (1966) : Ventilation Networks Analysis by Digital Computer, Trans Instn Min Engr., 126, 12-28.
5. Wang, T. J. ve Hartman, H. L. (1964) : Computer Solution of Three-Dimensional Mine Ventilation Problems, Ins. J. Rock Mech. Min. Sei., 4, 129-154.
7. Hashimoto B. (1961): Analysis of Mine Ventilation Distribution Networks by Digital Computer, Waseda, U. Bull. Sei. Eng. Res. Lab., Japonya, 17, s. 17.
8. Wehr, R. ve Henningsen, U. (1970): Stand der Digitalen Rechen-technik auf dem Gebiet der Grubenbewetterung im deutschen steinkohmengergbau, Glückauf 106, No. 13, 641-648.
(Almanya Kömür Ocaklarının Havalandırmasında Sayısal Digital)) Hesaplama Tekniğinin Yeri, Tercüme: H. Hodancı, EKt Etüd-Tesis Kütüphanesi, Zonguldak).
9. Cundall, P. A. (1971): User's Handbook-Ventilation Network Program by Uwe Henningsen, EKt Etüd ve Tesis Müdürtüğü Kütüphanesi, Zonguldak.
10. İğci, O. (1972) : A Study of the Ventilation Network System of the Üzülmöz District, EKt Maden Bölümü, ODTÜ, Master tezi, s. 110.

KOMPUTER PROGRAMLAMANNIN REZERV HESAPLARINA UYGULANMASI

Tevfik GÜYAGÜLER*

Özet

Bu çalışma komputer programlarının üçgen, poligon ve İstatistiksel metodları İle rezerv hesaplamalarına tatbikatım izah eder.

Programların doğru çalıştığını kontrol etmek İçin Çakkaya bakır yatağı örnek problem olarak alınmıştır. Komputer programından alınan neticeler aritmetiksel yolla yapılan hesaplamalardan alınan neticelere çok yakındır.

Bu araştırma, aynı zamanda, komputerden alınan neticelerin daha duyarlı olduğunu göstermiştir.

Duyarlılık ve zaman faktörleri göz önünl alınırsa, rezerve hesaplamalarında komputer programı kullanılması tavsiye edilir.

Abstract

This study describes the applicability of computer programming to the calculation of ore reserves by triangular, polygonal and statistical methods.

In order to check the validity of the programs, Cakkaya copper ore deposit is taken as an example. It was found out that reserve calculations made by computer programs give agreeable results with the reserve calculations made arithmetically.

The investigation also shows that reserve calculation by computer programming yields a more accurate estimate of both tonnage and grade.

By considering accuracy and time factors it is advisable to use computer programs for ore reserve calculations.

(*) Mad. Y. Müh. Asistan O.D.T.Ü. Ankara .

1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

Bütün bir cevher yatağının veya bir blokun ortalama tenor ve tonajını hesaplamak madencilikte süregelen bir problemdir. Rezerv hesaplarında esas sorun tenor ve tonajı mümkün olduğu kadar gerçek değerlerine yakın hesaplayabilmektir. Öte yandan bu hesapların yapılabilmesi için tüketilen zaman da göz önünde bulundurulmalıdır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, rezerv hesaplamasında komputer programı kullanılırsa sonuç daha duyarlı ve hesaplama için tüketilen süre çok daha kısadır.

Bu çalışmada IBM 360 için üçgen, poligon ve istatistik metodları içeren üç program hazırlanmıştır. Burada önemli bir unsur detayların programda istenildiği şekilde verilmesidir.

Örnek problem olarak Çakmakkaya bakır yatağı alınmıştır. Programda kullanılan veriler M.T.A. tarafından hazırlanmış olan Çakmakkaya, Murgul 3268 nolu rapordan alınmıştır. Ayrıca her üç metottan alınan neticeler M.T.A. tarafından yapılan hesaplardan alınan sonuçlarla karşılaştırılmışlar.

2. Maden Yatakları Rezervleri

2.1 Rezervlerin Sınıflandırılması (7)

Rezervler yararlanabilme keyfiyetine göre iki sınıfa ayrılır.

1. Halen yararlanılabilir rezervler,
2. Potansiyel rezervler.

Yukarıdaki her iki rezerv grubu dört ayrı sınıfa ayrılır:

1. Görünür,
3. Belirtili,) Mümkün
4. Tahmini)

2.2. Rezerv Hesaplama Yöntemleri

Bu hesaplamaları yapmada kullanılan başlıca yöntemler şunlardır.

1. Dörtgen Metodu.
2. Ara Kesit Metodu.
3. Poligon Metodu.

4. Üçgen Metodu.
5. İstatistiksel Metot.
6. Komputer programlarını kapsayan diğer metotlar.

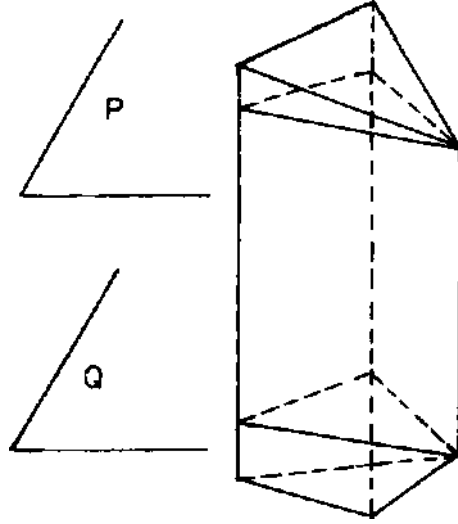
3. Üçgen Metodu

3.1. Yöntem

Bu metod Üe rezerv hesabı yapılmasında ilk etap sondaj kuyuları köşe olan üçgenleri çizmektir. Bu metodun uygulanabilmesi için sondaj kuyularının dik olması gereklidir. İki sondaj kuyusu arasındaki tenor değişimi doğrusal (lineer) kabul edilir. Üçgen temodunda elde edilen sonuçların duyarlılığı tenor değişiminin doğrusal olmasına bağlıdır.

Çizilen üçgenlerin alan hesabı bilinen metodların herhangi biri ile yapılır. Her üçgenin altında bulunan cevher iki paralel düzlem ile kesilir. Şekü 1 de görüldüğü gibi düzlemler cevher içinde üç sondaj kuyusunu da keser ve yatay düzleme paraleldir (1).

Düzlemlerin dışında ve arasında kalan cevher bloklarının rezerv hesapları ayrı ayrı yapılır.



Şekil 1 — Bir üçgenin altında kalan cevherin paralel İki düzlem ile kesilmesi.

3.2. Komputer Programı

3.2.1. Veriler: Programda kullanılan veriler şunlardır.

- üçgen sayısı
- Üçgen köşelerinin koordinatları ve her sondaj kuyusundan alınan numunelerin ortalama özgül ağırlıkları.
- Düzlemler dışındaki rezerv için mesafe ve tenör değerleri ve her sondaj kuyusunda mesafe-tenör değerlerinin sayısı.
- Her düimin kalınlığı dilim sayısı ve her dilimi oluşturan prizmanın köşe tenörleri.
- Sınır üçgenlerinin koordinatları ve özgül ağırlıkları.
- Sınır üçgenleri için tenör, tenör-aralığı değerleri ve bu ikilinin sayısı.

3.2.2. Programda Hesaplama Sırası

tik etapta üçgenlere ve her üçgen prizmasında yatay iki paralel düzlem tarafından üç parçaya bölündüğünü daha önce görmüştük.

Hesaplamalarda öncelikle düzlemlerin dışında kalan kısmın rezerv hesabı yapılır.

$$S = \sum_{i=1}^r G_1(i) \times H_1(i) + \sum_{i=1}^r G_2(i) \times H_2(i) + \sum_{i=1}^r G_3(i) \times H_3(i)$$

$$P = \sum_{i=1}^n H_1(i) + \sum_{i=1}^m H_2(i) + \sum_{i=1}^r H_3(i)$$

Burada n, m, r sayılan her bir sondaj kuyusu için tenör (G), uzaklık (H) sayısını gösterir.

Üçgenin alanı:

$$A = 1/2 \left((x_3 - x_2) y_1 + (x_1 - x_3) y_2 + (x_2 - x_1) y_3 \right)$$

$$\text{Prizmanın Hacmi} = \text{Alan} \times \text{ortalama yükseklik} = \frac{A \times P}{3}$$

$$\text{Tonaj} = \text{Hacmi} \times \text{Özgül Ağırlık}$$

$$\text{Yalın Metal Miktarı} = \text{Tonaj} \times \text{Ortalama tenör}$$

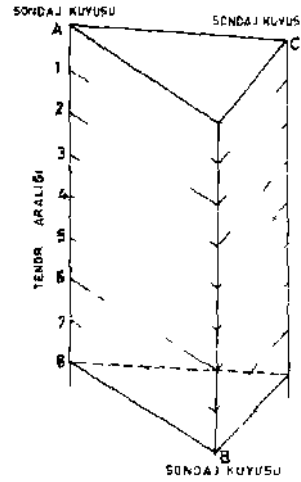
Burada Ortalama tenör S/P dir.

Hesaplamalarda kullanılan özgül ağırlık üç kuyudan alınan numunelerin ortalama değeridir. $(GP1+GP2+GP)/3$

Buraya kadar yapılan hesaplar üstteki düzlemin üst kısmını içine alır. Alttaki düzlemin alt kısmı içinde hesap aynı hesaplamalar yapılır ve sonuçlar toplanır.

Düzlemlerin arasındaki cevherin rezerv hesabında ayrı bir yöntem kullanılır.

Düzlemler arasında kalan üçgen prizmanın rezerv hesabını yapabilmek için P ve Q düzlemleri arasındaki uzaklık bulunur. Bu uzaklık belirli sayıda parçalara ayrılır. Programdaki hesaplamalarda yükseklikleri 5'er metre olan prizmalar çizilmiş ve her prizmanın rezerv hesabı ayrı ayrı yapılmıştır. Bu işlemi bir örnek vererek açıklayalım. P ve Q düzlemleri arasındaki uzaklık 53 metre olsun. Bu mesafeyi yukarıda anlatılan şekilde bölersek 5'er metrelik 10 ve 3 metrelik bir üçgen prizma elde edilir. Yani P ve Q düzlemleri arasına 11 prizma çizilmiş olur (Şekil 2).



Şekil 2 — İki düzlem arasındaki prizmalara bölünmesi

Şimdi bilgisayar programının bir dilim için yaptığı hesaplamaları görelim.

Tabanı ABC üçgeni olan prizmalardan en üsttekini alalım. Bu üçgenin koordinatları (x1, y1), (x2, y2), (x3, y3) ve her köşenin ortalama tenörleri GL, GM, GN olsun (GL < GM < GN)*.

Üçgen alanı = 1/2 ((x3-x2) y1 + (x1-x3) y2 + (x2-x1) y3)

Şekil 3'ten istifade edilerek,

$$\frac{A}{(x_{p_1} - x_L)^2} = \frac{A'}{(x_0 - x_L)^2} \quad \text{burada} \quad x_0 = \frac{(x_N - x_L)(G_M - G_L)}{(G_N - G_L)} + x_L$$

Aynı zamanda A' alanı (12a) ve (a23) üçgenlerinden,

$$\frac{x_0 - x_L}{b} = \frac{x_N - x_0}{b_2}$$

$$A' = 1/2 b_1 h \quad A'' = 1/2 b_2 h$$

$$\frac{h}{2} = \frac{A'}{b_1} = \frac{A''}{b_2} \quad A' = A'' \frac{b_1}{b_2}$$

$$\text{ve} \quad A = A' + A'' = A'' \left(\frac{b_1}{b_2} + 1 \right) = A'' \left(\frac{x_0 - x_L}{x_N - x_0} + 1 \right) = A'' \left(\frac{x_N - x_L}{x_N - x_0} \right)$$

$$A'' = A \left(\frac{x_N - x_0}{x_N - x_L} \right) \quad \text{ve} \quad A' = A - A''$$

$$\frac{A_1}{A'} = \frac{(x_{p_1} - x_L)^2}{(x_0 - x_L)^2} \quad A_1 = A' \frac{(x_{p_1} - x_L)^2}{(x_0 - x_L)^2}$$

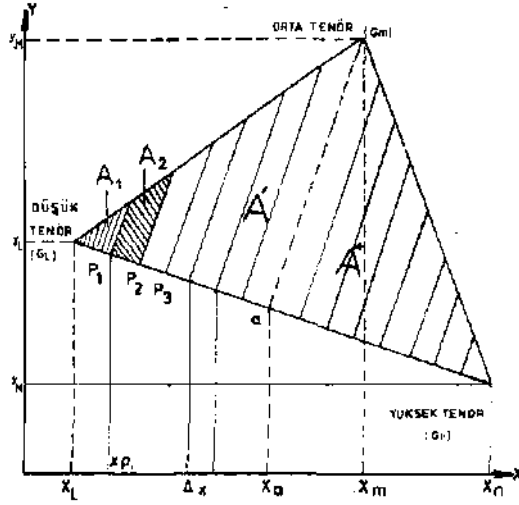
$$A_2 = B - A_1$$

$$B = A' \frac{(x_{p_2} - x_L)^2}{(x_0 - x_L)^2} = A_1 + A_2$$

Böylece A3, A4, A5 A0 bulunabilir (1).

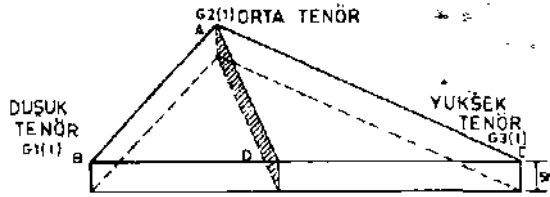
(*) GL, GM ve GN değerleri her prizma için aynı köşelere düşmez; birinci prizmada A köşesinin tenörü GL ise ikinci prizmada aynı köşenin tenörü GN olabilir. Çu durum programlamada dikkate alınmıştır

Yukarıdaki hesaplamalardan şekildeki taranmış üçgenin ve yamukların alanları kolaylıkla hesaplanabilir.

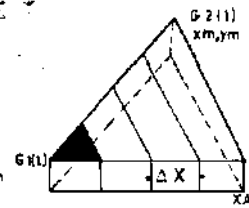


Şekil S — %0.1 tenor aralıklarım gösteren üçgen ve yamuklar.

Şekil 4'te görüldüğü gibi en yüksek tenor C_f orta tenor A ve en düşük tenor B köşesinde. B ve C köşeleri arasında orta tenöre eşit tenörde bir nokta bulunabilir (D noktası). Eğer A ve D noktaları birleştirilirse AD üzerinde her noktanın tenörü orta tenöre eşittir.



Şekil 4 — Bir Dilimin orta tenöre eşit eştenör doğrusu Ue İkiye bölünmesi.



Şekil 5 — Bir dilimin »ol tarafının $f/0.1$ tenor aralığı ile parsalara ayrılması*

ABD üçgeni AD'ye paralel eştenör doğrularla ufak bir üçgene ve yamuklara ayrılır (Şekil 5). Bu eştenör doğrularının

sayısı orta tenor ile en düşük tenor arasındaki farka bağlıdır. Programda görüldüğü gibi eştenör doğru sayısı:

$$B = r (CM-GL) / 0.001$$

Eğer $GM = 0.02$ ve $GL = 0.01$ ise $B = 0.01/0.001 = 10$ olur.

Eştenör doğrularım çizdikten sonra bu dilim için tonaj hesabı şöyle yapılır. Ufak üçgen prizma için:

$T = \text{Üçgen alanı} \times \text{Dilimin yüksekliği} \times \text{Özgül ağırlık} \times \text{Tenor}$.

Bu prizma için: $\text{Tenor} = G_L - j - 0.001$.

Üçgenin yamndaki yamuk prizma için:

$T = \text{Yamuk alanı} \times \text{Dilimin yüksekliği} \times \text{Özgül ağırlık} \times \text{Tenor}$ ($\text{Tenor} = G_L + 0.002$).

Bu işlem diğer yamuk prizmalar için de aynıdır. En son yamuk prizma için tenor, $G_j + B (0.001) = G_M$.

Yukardaki üçgen ve yamuk alanlarının hesabı daha önce izah edümiştir.

Aym işlem ADC üçgeni için tekrarlanır. Bu kısım için eştenör doğru sayısı: $B = (GK-GU) / 0.001$.

Eştenör sayışım bulmak için kullandığımız 0.001 değeri seçilen bir sayıdır. Sonuçların daha duyarlı olması istenirse bu değeri küçültme olanağı vardır.

Eğer $(GM-|GN+GL)/3 < 0.7$ ise aym hesaplamalar yapılır, rezerve miktarı ayrı bir yere toplanır. Sonunda cevher yatağı içinde tenörü $1/0.7$ 'den az olan rezerve miktarı hesaplanır. Bir düim için işlemler bittikten sonra aym işlemler diğer dilimler için de yapılır ve daha önce bulunan neticelere ilâve edilerek üç sondaj kuyusunun oluşturduğu üçgenin altındaki rezerv miktarı hesaplanır. Cevher şuuruları içinde bulunan üçgenlerle ilgili hesaplamalar yukarda anlatılan yöntemle hesaplandıktan sonra sınıra yakın yerlerde rezerv hesabı daha kaba bir şekilde yapılır. Meselâ cevher hududuna yakın yerlerde Öyle üçgenler elde edilebilir ki yukarıda açıklanan metod uygulanamaz.

Şöyle ki; iki sondaj kuyusu arasındaki mesafe çok fazladır ki bu halde doğrusal (lineer) tenor değişmesi kabul edilemez. Hudeduda yakın cevher kısmının rezerve hesabı şöyle yapılır: Üçgenlerin alanları hesap edilir. Her kuyunun ayrı ayrı ortalama tenörleri bulunur (G_M, G_N, G_L). Üçgen prizma için ortalama tenor $(G_M + G_N + G_L)/3$, ortalama özgül ağırlık $(Sp_1 + Sp_2 + Sp_3)/3$ ve prizmanın ortalama yüksekliği bulunur.

Prizmanın hacmi = Üçgen alanı X Ortalama yükseklik.

Tonaj = Prizmanın hacmi X Ortalama özgül ağırlık.

Yahn metal miktarı — Tonaj X Ortalama tenor.

Yukarda yapılan işlemlerin sonuçları program veriminde (output) gösterilmiştir.

3.2.3. Programdan Ahnan Sonuçlar

Programdan ahnan sonuçlar (output) aşağıda gösterilmiştir.

Üçgen sayısı 57

Tenörü %0.7'den yüksek bakır cevheri için:

Toplam hacim	7151069.0000	m ³
Toplam rezerv	18559648.0000	Ton
Toplam yalın metal miktarı	209771.0000	Ton
Ortalama tenor	0.0113	

Tenörü %0.7'den düşük bakır cevheri için.

Toplam hacim	916353.0000	m ³
Toplam rezerv	2340417.0000	Ton
Toplam yalın metal miktarı	13544.7500	Ton
Ortalama tenor	0.0058	

Köşe üçgenlerinde tenörü %0.7'den yüksek bakır cevheri için:

Rezerv	1245559.0000	Ton
Yahn metal miktarı	12131.0000	Ton
Ortalama tenor	0.0097	

Köge üçgenlerinde tenörü %0.7'den düşük bakır cevheri için:

Rezerv	537523.8750	Ton
Yalın metal miktarı	1529.0000	Ton
Ortalama tenor	0.0028	

Cevher sınırında katan ve tenörü %0.7'den yüksek bakır cevheri için.

Rezerv	19805200.0000	Ton
Yahn metal miktarı	221902.6250	Ton
Ortalama tenor	0.0112	

Cevher sınıfı içinde kalan ve tenörü %0.7'den düşük bakır cevheri için:

Rezerv	2877940.0000 Ton
Yalın metal miktarı	15073.7500 Ton
Ortalama tenor	0.0052

Bütün saha için toplam sonuçlar:

Rezerv	22683136.0000 Ton
Yalın metal miktarı	236976.3750 Ton
Ortalama tenor	0.0104

Bunlara ilâveten her üçgenin alan, her üçgen prizmanın, tenörü %0.7'den yüksek ve düşük kısımları için, hacmi, rezervi, yalın metal miktarı ve ortalama tenörü ayrı olarak programda hesaplanmıştır.

4. Poligon Metoda

4.1. Yöntem

Bu metod için hazırlanmış kompüter programı her çeşit kütle cevherin rezerv ve tenor hesabında kullanılabilir.

Poligon metodunda bir sondaj kuyusunun tesir sahası, etrafındaki kuyularla olan mesafelerin yarısına kadar uzandığı kabul edilir. Bu metodla rezerv hesaplarını yapabilmek için sahayı her sondaj merkezde olmak üzere poligonlara bölmek gerekir. Poligonların çiziminde genel bir esas yoktur. Fakat poligon kölelerinin, poligon merkezinde bulunan sondaj kuyusuna eşit mesafelerde olmasına dikkat edilir. Bu poligonları çizmek zor değildir. İlk önce bir sondaj kuyusu etrafındakiler birleştirilir. Bu suretle birtakım üçgenler elde edilir. Eğer bu üçgenlerin kenarlarının orta dikmesi çizilirse bir noktada kesişirler. Bu kesim noktası poligon için bir köşedir. Eğer bu köşe diğer köşe noktalarıyla birleştirilirse poligon elde edilir (Şekil 6).

Çizilen poligonların alanları çeşitli metodlarla hesaplanabilir. Bir poligonun alanı planimetre kullanarak, poligonları üçgenlere bölüp üçgenlerin alanlarını bularak veya poligon alan formülü kullanarak bulunabilir.

Üçgen numarası	Üçgen alanı (m ²)	Hacım (EC / UNEC) (ntf)	Rezerv (EO / UNEC) (Ton)	Yalın metal (EO / UNEC) (Ton)	Ortalama tenor (EO / UNEC) (%)
1	1257 7500	126379.7500 9055.7812	341227.375 24450.629	5092.301 161.553	0.0149 0.0066
2	1349 7500	131165.3125 17506.2344	354149.812 47266.859	4888.293 300.924	0.0138 0.0064
3	1181.0000	124965.5000 17714.9844	337409.250 47830.465	4658.238 287.707	0.0138 0.0060
4	899.7500	101489.0000 9897.2227	263871.437 25732.816	3141.935 162.183	0.0119 0.0063
5	1278 7500	145899.3750 15089.2305	393931.062 40740.926	6179.863 225.204	0.0157 0.0055
53	1211 8750	132312.6250 6059.3711	,-(44018.687 15754.359	3866.651 84.167	0.0112 0.0053
54	1431 8750	156306.8125 14318.7266	422038.500 38660.586	5316.562 223.428	0.0126 0.0058
55	1411 2500	113060.6250 7056.2422	316574.187 19757.473	4362.508 123.912	0.0138 0.0063
56	1230.0000	103788.6250 12299.9727	280230.562 33209.961	2944.502 205.662	0.0105 0.0062
57	1443.7500	136088.2500 0.0	353835.812 0.0	3697.156 0.0	0.0104 0.0

Not. EC = Tenörü %0.07'den yüksek kısımlar,
UNEC = Tenörü %0,7'den düşük kısımlar.

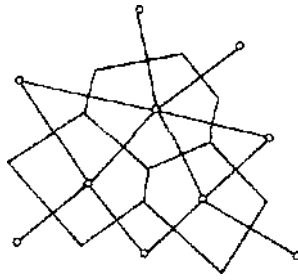
Bu çalışmada poligon alanı, poligon alan formülü kullanarak bulunur. Alan hesaplamaları programa dahildir.

Poligonların meydana getirdiği prizmaların rezerv ve tenor hesapları ayrı ayrı yapılır. Bir poligonal primi anın yüksekliği, sondaj kuyusunun cevher içinde kalan uzunluğudur.

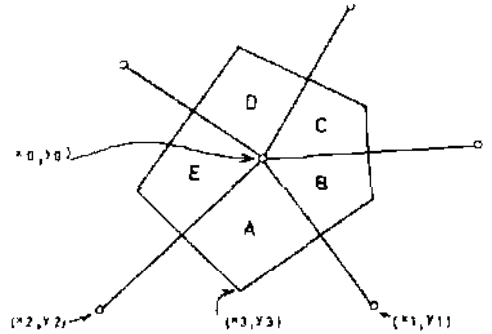
4.2. Poligon Alan Hesabı

Bu metod ile alan hesabında yalnız sondaj kuyuları koordinatlarından yararlanılır (2).

Bu yöntemde poligon, köşe sayısı kadar dörtgene bölünür. Poligonun merkezinde bulunan sondaj kuyusunun koordinatları (X₀, Y₀) olsun. Poligonun köşe koordinatları analitik yoldan bulunduğu gibi grafik kâğıdı üzerinden de çıkartılabilir (Şekil 7).



Şekil 6 — Poligonların çizimi.



Şekil 7 — Poligon alan hesabı için kullanılan koordinatlar.

Aşağıdaki formülden (1) poligon içindeki bir dörtgenin alanı hesaplanır:

$$A = 1/8 \left[\sqrt{[(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2]} \sqrt{[(x_1 - x_0 - 2x_3)^2 + (y_1 + y_0 - 2y_3)^2]} \right. \\ \left. + \sqrt{[(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2]} \sqrt{[(x_2 + x_0 - 2x_3)^2 + (y_2 + y_0 - 2y_3)^2]} \right]$$

Bu formülden hesap edilen alan yalnız (A) dörtgeni içindir. Aynı işlem B, C, D, E,... dörtgenleri için de yapılır ve bulunan alanlar toplanarak poligon alanı bulunur (Şekil 7).

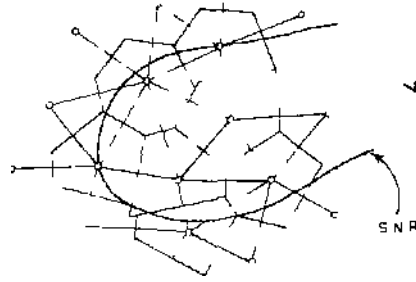
$$\text{Poligon alanı} = A + B + C + \dots - D + E \dots$$

Burada dörtgen sayısı poligon kenar sayısına eşittir.

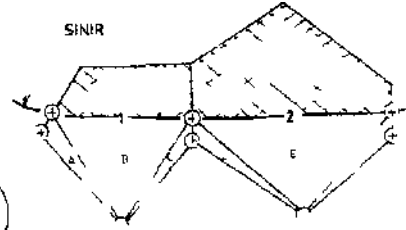
Poligon metodu kullanıldığında cevher sahasının sınırları içine poligonları tam olarak yerleştirmek olanağı yoktur. Bu

güçlüğü yenmek için hayalî sondajlardan ve cevher sahası sınırları civarındaki üçgenlerden istifade edilir (Şekil 8).

Cevher sınırının çizilen poligonlardan birini kestiğini düşünelim (Şekil 9). Poligonun taranmamış kısmı üçgenlere bölünür ve üçgenlerin köşe koordinatları bulunur ve bu kısmın alanı hesaplanır. Poligon alanından, taranmamış alanın çıkartılmasıyla cevher sınırının içine düşen alan hesab edilir (Şekildeki taranmış alan).



Şekil 8 — Sınır çizgisi.



Şekil 9 — Sınırın içinde kalan poligon alanının bulunmasında yardımcı olan üçgenler.

5.3. Komputer Programı

5.3.1. Veriler: Poligon metodu için lâzım olan verilerin hazırlanması üçgen metoduna kıyasla daha kolaydır. Programda kullanılan verilerin listesi aşağıda verilmiştir:

- 1 — Sondaj kuyularının koordinatları (XO, YO) , her sondaj kuyusu için ortalama özgül ağırlık (SG)
- 2 — Poligonun köşe ve köşelere yakın sondaj kuyusunun koordinatları $(X(I), I = 1, N, Y(I); I = 1, N)$
- 3 — Bir kuyudaki %0.7 metalden aşağı olan kısımların tarifi $(NWASTE)$, %0.7'den fazla olan kısımların tarifi (N)
- 4 — Kısım üçte değişkenlere tekabül eden derinlik ve tenor değerleri $(XLENGT(I), I = 1, N)$, $(PER(I), I = 1, N)$

- 5 — Cevher sınırına yakın yerlere çizilmesi gereken üçgenlerin koordinatları (X1, Y1, X2, Y2, X3, Y3)
- 6 — Kısım 5 için gerekli olan derinlik ve tenor değerleri (H(I), G(I), I=1, NM).

4.3.2. Programdaki Hesaplama Yolu: Bir poligonun meydana getirdiği prizmanın rezerv hesapları şöyle yapılır:

Her etapta daha önce açıklandığı gibi poligon alanları bulunur. Eğer XLENGT (I) ve PER (I) sırasıyla cevher içinde belirli bir uzunluk ve o uzunluğa tekabül eden tenor değeri ise;

$$S = \sum_{i=1}^n XLENGT(I) \times PER (I)$$

$$P = \sum_{i=1}^n XLENGT(I)$$

$$\text{Ortalama tenor} = \frac{S}{P}$$

Hacım = Poligon alanı X P (Derinlik)

Tonaj = Hacım X Özgül ağırlık

Rezerve içindeki yalın metal miktarı = Tonaj X Ortalama tenor.

Eğer cevher içinde ortalama tenörü %0.7 Cu'dan daha düşük tenörlü kısım varsa aynı hesaplar tekrar edilir ve sonuç ayrı bir başlık altında toplanır.

Yukarıda anlatılan hesaplamalar bir poligon içindir. Diğer poligonlar için de ayrı işlemler tekrarlanır. Sınıra yakın yerlerde çizilen üçgenlerin alanları ayrıca bulunur. Üç sondaj kuyusundan alınan numunelerin ortalama tenoru ve özgül ağırlıkları bulunur. Bu üçgen prizma için yükseklik uç sondaj kuyusunun cevheri kesen kısımlarının ortalamasıdır.

Hacım = Alan X Yükseklik

Tonaj = Hacım X Ortalama özgül ağırlık

Yalın metal miktarı — Tonaj X Ortalama tenor.

4.3.3. Programdan Alınan Sonuçlar: Programda alınan sonuçlar (output) aşağıda gösterilmiştir:

Poligon sayısı: 32

Tenörü %0.7'den yüksek bakır cevheri için.

Toplam rezerv	16843696.0000 Ton
Toplam yalın metal miktarı	241781.1875 Ton
Ortalama tenor	0.0122

Tenoru %0.7'den düşük bakır cevheri için:

Toplam rezerv	1544600.0000 Ton
Toplam yalın metal miktarı	4549.1211 Ton
Ortalama tenor	0.0029

Köşe üçgenlerinde tenörü %0.7'den yüksek bakır cevheri için:

Rezerv	71367.8750 Ton
Yalın metal miktar	5982.0000 Ton
Ortalama tenor	0.0084

Köşe üçgenlerinde tenörü %0.7'den düşük bakır cevheri için:

Rezerv	671487.8125 Ton
Yalın metal miktar	2108.0000 Ton
Ortalama tenor	0.0031

Cevher sınırın içinde kalan (Poligon ve Üçgen alanları) ve tenörü %0.7'den yüksek bakır cevheri için:

Rezerv	20557152.0000 Ton
Yalın metal miktar	247763.1875 Ton
Ortalama tenor	0.0121

Cevher sınırın içinde kalan (Poligon ve Üçgen alanları) ve tenörü %0.7'den düşük bakır cevheri için:

Rezerv	2216087.0000 Ton
Yalın metal miktarı	6657.1211 Ton
Ortalama tenor	0.0030

Bütün saha için toplam sonuçlar:

Rezerv	22773232.0000 Ton
Yalın metal miktar	254420.2500 Ton
Ortalama tenor	0.0112

Bunlara ilâveten her poligonun alanı, her poligon prizmasının yüksekliği ile tenörü %0.7'den yüksek ve düşük kısımları için rezerv, yalın metal miktarı ve ortalama tenörü ayrı olarak hesaplanmıştır.

Poligon numarası	Poligon alanı	Cevher kalınlığı (EC / UNEC)	Rezerv (EC / UNEC)	Yalın metal (EC / UNEC)	Ortalama tenor (%) (EC / UNEC)
1	2571.81	109.900	791395.062	9857.074	0.0125
2	2970.21	169.450	1258254.000	10761.527	0.0056
3	2515.79	50.600	356435.875	4183.223	0.0117
4	2435.97	79.100	539516.750	8070.922	0.0150
5	3483.68	93.450	911536.062	11448.820	0.0126
29	2150.67	103.300	622057.937	6788.215	0.0109
29	4064.41	83.750	850985.625	8933.512	0.0105
		73.400	745818.750	1471.266	0.0020
30	3915.78	27.000	264315.125	2206.149	0.0083
31	2812.03	105.500	830672.562	13302.770	0.0160
32	2113.59	68.150	462326.250	4530.012	0.0098

Not EC = Tenoru %0.7'den yüksek kısımlar,
UNEC = Tenoru %0.7'den düşük kısımlar

5. İstatistiksel Metod

Bu metod için hazırlanmış program, poligon ve üçgen metodlarında bulunan alanların herbiri için ayrı rezerv hesabı yapar.

5.1. Yöntem

İstatistiksel metodun özelliği bu methodda her sondaj kuyusunun etki sahası diğer sondaj kuyularının etki sahaslarına eşit kabul edilmesidir. Eğer sondaj kuyusunun etki sahası diğerleri ile büyük fark gösteriyorsa üçgen veya poligon metodu kullanmak daha uygun olur.

Sondaj kuyularının etki sahası eşit olduğu kabul edildiğinden tonaj, kalınlık ile orantılıdır. Bundan dolayı cevherin tonaj

hesabı yapılırken tenor aralığının direkt olarak kullanılması mümkündür.

Bu metod için hazırlanmış program başlıca iki kısma ayrılır: Birinci kısımda alan (poligon ve üçgen metodları için); ortalama kalınlık, hacim, ortalama özgül ağırlık, rezerv ve ortalama tenor hesap edilir.

Program ikinci kısmında, numune sayısı, standart sapma (deviation), ortalama (mean), sınır (range), maksimum, minimum, medianı ayrı ayrı hesap eder. Her %0.4 tenor aralığına düşen numune sayışım gösteren tablo makine tarafmdan yapılır (4, 5, 6).

Bu programın ikinci kısmı istatistiksel metodun daha detaylı çalışmasında yardımcı olabilecek niteliktedir.

5.2. Komputer Programı

5.2.1. Veriler: Programda kullanılan verilerin listesi şöyledir:

A. Birinci kısım için:

- 1 — Numune sayısı, poligon sayısı, sondaj kuyu sayısı,
- 2 — Tenor ve tenor aralığı,
- 3 — Poligon alan hesaplamasındaki gerekli koordinatlar,
- 4 — Üçgen sayısı ve üçgen alan hesaplamasındaki gerekli koordinatlar,
- 5 — Her sondaj kuyusu için özgül ağırlık.

B. İkinci kısım için:

- 1 — Maksimum tenor ve delta
Bu programda Delta = %0.4'tür. Bu değer frekans dağılımı (frequency distribution) eğrisini çizerken kullanılmıştır.
- 2 — Her 5 metreye tekabül eden tenor.

5.2.2. Programdaki Hesaplamalar: İstatistiksel metod üe rezerv hesabında ilk olarak alan bulunur. Alan, poligon veya üçgen metodlardan herhangi biri ile yapılabilir. Bu metodlar daha önce anlatılmıştır.

$$\text{Ortalama tenor} = \frac{\sum_{I=1}^n \text{PERNUM}(I) \times \text{PERINT}(I)}{\sum_{I=1}^n \text{PERINT}(I)}$$

PERNUM (I) I = 1 için ilk tenör-arahğındaki tenörü
 PERINT (I) I – 1 ise ilk tenor aralığını verir.

$$\text{Ortalama özgül ağırlık} = \frac{\sum_{I=1}^n \text{MSG}(I)}{\text{NRIL}}$$

I = 1 için SG (1) . . . 1 numaralı kuyunun özgül ağırlığı
 NRÎL Sondaj kuyusu sayısı.

$$\text{Ortalama kalınlık} = \frac{\sum_{I=1}^n \text{PERINT}(I)}{\text{NRIL}}$$

Hacım = Alan X Ortalama kalınlık

Tonaj = Hacmi x Ortalama özgül ağırlık

Yalın metal miktarı = Tonaj X Ortalama tenor.

İki ayrı alan değeri için iki rezerv hesabı yapılır.

5.2.3. Programdan Alınan Sonuçlar: Programdan alınan sonuçlar (output) aşağıda gösterilmiştir:

A. Birinci kısım İçin

Poligon alanları toplamı	87727.56250 mJ
Ortalama tenor (%)	1.06823
Ortalama kalınlık	90.91214 m
Toplam Alan (Poligon ve Üçgen alanları)	97441.31250 m2
Toplam hacim	8858598.00000 m3
Ortalama özgül ağırlık	2.57692 Ton/m3
Rezerv (Alan poligon metodu ile hesabedilmigtir)	228227872.00000 Ton
Yalın metal miktarı	243854.08000 Ton
Toplam alan (Üçgen metodu ile	97828 50000 m?
Toplam hacim	8893798.00000 m3
Rezerv	22918592.00000 Ton
Yalın metal miktarı	244823.20000 Ton

B. ikinci kısım için:

Numune sayısı: 769	
Standart sapma (Deviation)	0.877
Ortalama (Mean)	1.025
Sınır (Range)	9.69
Maksimum	9.70
Minimum	0.010
Median	0.82

Bunlara ilâveten Frekans Dağılımı (Frequency Distribution) eğrisi ve tablosu, 769 numunenin tenor değerlerine göre sıralanmış listesi ayrı olarak programda hesaplanmıştır.

6. Sonuç

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında fazla farklılık göstermedikleri görülür.

	Üçgen raetodu	~~ Poligon metodu	İstatistiksel metod (Polyon, Üçgen alanlarıyla)	M.T.A. hesap- lamaları	
Tonaj (ton)	22.681.136	22.773.232	22.837.972	22.918.592	22.822.938
Tenor	0.0104	0.0112	0.01068	0.01068	0.0109

Poligon metodunda köşe koordinatları analitik yoldan bulunursa, poligon alanı daha duyarlı hesaplanabilir. Eğer poligonlar grafik kâğıdı üzerine çizilip köşe koordinatları grafikten hesaplanırsa sonuçlar biraz değişebilir.

Üçgen metodunda kesinlik iki şekilde artırılabilir: Birincisinde; metodda açıklanan iki paralel düzlem arası daha fazla dilimlere bölünerek (Programda 5 m olarak alınmıştır. Bu 4, 3, 2 ve hattâ 1 m'ye bile indirilebilir).

ikincisinde ise, elde edilen her dilim 0.001 tenor farkı ile küçük bir üçgen prizma ile birçok yamuk prizmalara ayrılmıştır. Bu 0.001 tenor aralığı daha da küçültülerek yamuk prizma sayısı artırılabilir. Meselâ en düşük tenor %1, orta

0.02-0.01

değerli tenor %2 olsun: $\frac{0.001}{0.02-0.01} = 10$. Yani hesaplama-

0.001

lar 10 ayrı prizma üzerinden yapılır. 0.001 rakamı 0.0005 olursa, hesaplamalar 20 prizma üzerinden yapılacağından rezerv hesaplamalarındaki duyarlık böylece arttırılmış olacaktır (Üçgen metoduna bak.).

İstatistiksel metodun birinci kısmında normal yoldan rezerv hesaplan yapılır. İkinci kısmı ise daha detaylı çalışmalara ışık tutabilmesi için faydalı olacaktır. Komputer Programı kullanarak rezerv hesabı yapımında esas problem araziden alınan dataların programda istenildiği gibi hazırlanmasıdır. Bu iş tamamlandıktan sonra hesaplamaların sonucu kısa bir süre içinde alınabilir.

Sonuç olarak rezerv hesaplarında kompüter programının kullanılması, neticelerin duyarlılığı, zamandan kazanç ve ekonomik unsurlar dikkate alınarak tavsiye edilmektedir.

Bibliyografik Tamam

1. Richard F. Hewlett: "Computation Ore Reserves by the Triangular Method Using a Medium Size Digital Computer". BuMines Rept. 6179, 1963, 30 s.
2. Richard F. Hewlett. "Computing Ore Reserves by the Polygonal Method Using a Medium Size Digital Computer". BuMmes Rept. 5952, 1962, 31 s.
3. Daniel B. Suits: "Statistics, An Introduction to Quantitative Economic Research". 1963.
4. Daniel D. McCracken: "A Guide to Fortran IV Programming", 1968, 147 s.
5. R. Klinger ve H. Saka: "Department of Computer Science Control Computing Laboratory Publication". No. 23, Dos. 1970.
6. Richard F. Hewlett: "A Basic Computer Program For Computing Grade and Tonnage of Ore Using Statistical and Polygonal Methods". BuMines Rept. 6292, 1963, 20 s.
7. Melih Tokay ve Erdal Yıldırım* "Maden Yatakları Rezervlerinin Sınıflandırılması Hakkında". MTA Enstitüsü Dergisi No. 69 (Ayrı Baskı), 1962.

BİR MADEN YATAĞINDA, TENOR DAĞILIMININ, MATEMATİKSEL MODELLER KULLANILARAK SAPTANMASI VE REZERV HESAPLARI

Gönül GÜNVARAN* — Turhan ARMUTÇU**

Özet

Bilindiği üzere bir maden yatağında, yapılan sondajlardan ve açılan galerilerden elde edilen tenor verilerinden maden yatağının diğer kısımlarındaki tenor verilerini saptamak için çeşitli metodlar kullanılmaktadır. Tebliğde bu metodlardan biri olan ve son zamanlarda, bilhassa bazı maden yataklarının, tenor dağılımının tespitinde başarıyla uygulanan matematiksel modeller hakkında bilgi verilmektedir.

Abstract

As we know, different techniques are employed to find grade distribution in ore bodies from drilling or channel sampling results. In this article one of these techniques, that of mathematical models, is explained, these having been successfully used in some ore bodies to find grade distribution.

1. Giriş

Maden yatakları oluşumları itibariyle pek çok farklı tipler göstermektedir. Yeni bir maden yatağı bulunduğunda bunun tipi tesbit edilse bile; yatağın içindeki tenor dağılımı kâfi derecede tahmin edilememektedir. Bu bakımdan maden yatağında yapılan sondajlara, galeri ve kuyuların açılmasına ihtiyaç duyulmakta, sonra da buralardan elde edilen numunelerin değerlendirilmesi yapılarak yatağın içindeki tenor dağılımı, dolayısıyla rezervin kalitesi hakkında bilgiler saptanmaktadır.

(*) Yüksek Matematikçi, ALTA. Enstitüsü Plân-Proje Şubesi

(**) Maden Y. Muh, M T. A. Enstitüsü Plân-Proje Şubesi.

Cevher dağılımı yatağın jeolojik yapısıyla çok yakinen alâkalı olduğundan jeolojik yapı ortaya çıkartılarak değerlendirme işlemi tamamlanmaktadır.

Cevher, yatağın içinde, tesadüfi (random) bir dağılım arz ediyorsa ve numuneler de tesadüfi (random) bir şekilde elde edilmişse yatağın rezervinin ve ortalama tenorunun saptanmasında, klâsik istatistiksel metodlar, iyi netice vermektedir.

Yatağın içindeki cevher dağılımı belli bir jeolojik formasyon veya formasyonlar içinde, örneğin dissémine yatak tipinde, bir yönden diğer bir yöne doğru ilerledikçe artan basit bir trend veya yer yer zengin zon, sonra fakir, sonra tekrar zengin zon gibi kompleks bir dağılım gösteriyorsa, eskiden beri bilinen üçgen, poligon ve kesit metodlarından birini uygulayarak genel mânada bir rezerv ve ortalama tenor rakamı saptanmaktadır. Yatağın mineralizasyon trendini saptamak için uygun yataklarda rezerv hesaplarının yapımında eştenör eğrileri metodundan yararlanılmaktadır. Alışlagelmiş teknikler olarak isimlendireceğim bu teknikler, örneğin üçgen, poligon ve kesit metodu kullanımında numunelere belli kıstaslar dahilinde bir tesir hacmi verümemekte veya eştenör eğrilerinde olduğu gibi numune aralarında doğrusal interpolasyona gidilerek tenoru bilinmeyen noktaların tenor tahmini yapılmaktadır. Numunelere tanınan tesir hacmi veya eştenör metodundaki doğrusal interpolasyon kavramları kullanışlı oldukları kadar, belli bir ön kabulü öngördüklerinden, sağladıkları sonuçların bu ön kabullerin yatakla uygunluğu derecesinde sıhhatli olacağı açıkça görülür.

Son yıllarda, klâsik metodların yamsıra, uygun yataklarda matematiksel modeller kullanılarak maden yataklarının sondaj loğları, galeri ve kuyu numune neticelerinden tenor dağılımlarının, ortalama tenor ve rezerv miktarlarının saptanmasına başlanılmış ve elde edilen neticelerle işletme sonunda tesbit edilen neticelerin az bir sapma dahilinde uygunluk gösterdikleri görülmüştür.

Matematiksel modellerin dayandığı ana prensip; yatağın içindeki bir noktanın, daha doğrusu noktamn ifade ettiği hacmin, ortalama tenorunu noktamn koordinat değişkenleriyle

ifade edebilen bir fonksiyonun saptanmasından ve bu fonksiyonun eldeki mevcut verilere ne derecede uygunluk gösterdiğinin analizinden ibarettir.

Matematiksel modeller eskiden beri biliniyordu, fakat bir maden yatağı için uygun olan matematiksel modelin geliştirilmesinde ve kullanılmasında gerekli hesapların elle yapılmasının çok zaman alması nedeniyle pek tercih edilmiyorlardı. Gelişen bilgisayar olanakları matematiksel modellerin uygulanmasında ortaya çıkan matematiksel işlemlerin süratli, sıhhatli ve ucuz olarak çözümlenmelerini sağlamış ve bunların uygulanmalarını pratik bir düzeye ulaştırmıştır.

Matematiksel modellerin kullanılması için yatağın uygun bir tipte olması, cevher dağılımının modellerle ifade edilebilir, devamlılık gösteren basit veya kompleks trende sahip olması ve bu trendlerin, koordinat değişkenlerine bağlı tenor fonksiyonunun katsayılarını saptamak üzere, elde kâfi miktarda, sondaj, kuyu ve galeri numune neticelerinin bulunması gerekmektedir. Teknik, en nihayet, yatağın tenor dağılım trendini, iyi bir şekilde ifade etmese bile, bilinen numune verilerini kullanarak yatağın tenörünü bünmeyen kısımları hakkında birtakım tenor tahminlerinde bulunmaktadır. Bundan da anlaşılacağı üzere, numuneler arasındaki trendin tahmini, tenor fonksiyonunun yatağın tenor dağılımıyla iyi bir uyumluluk gösterdiği sürece, kullanışlı olmakta, fakat bilinen noktaların dışında kalan değerler daha ziyade noktalar arasındaki trendin devamı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu değerler çeşitli maksatlar için kullanılırken çok dikkat etmek gerekmektedir.

2. Örnek

Yukarıda genel mânada bahsedilmeye çalışılan matematiksel modeller tekniği, daha iyi anlaşılması gayesiyle, yurdumuzda tatbikatı olarak yapılan bir çalışmadan örnekler verilerek aşağıda detaylı bir şekilde izah edilmeye çalışılacaktır.

Murgul Çakmakkaya bakır yatağında M.T.A. Enstitüsünün 1972 yılına kadar tamamladığı sondaj neticelerini değerlendirerek yatağın potansiyelini ortaya çıkartmak gayesiyle başla-

nan ön değerlendirmelerde, jeolojik etüdüler ve sondaj loğlarından, stocverk tipi ve dissimine bir bakır yatağı ile uğraşıldığı yargısına varılmıştır. Yataktaki cevherleşmenin oldukça devamlı ve kompleks bir trend gösterdiği yine yapılan ön etüdülerden anlaşılmıştır.

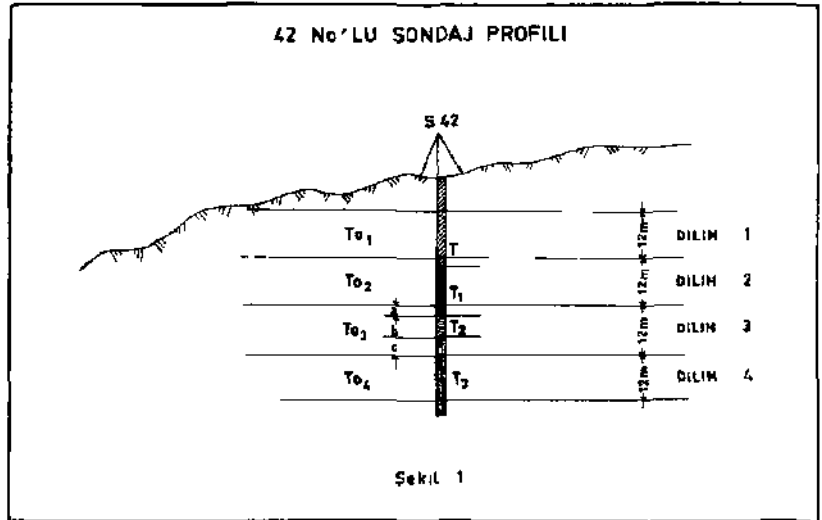
Gerek bu husus ve gerekse elde yeterinden çok fazla sondaj analiz neticesi bulunmuş olması matematiksel modelleri bu yatağa uygulama olanağını bize sağlamıştır.

Yapılan çalışmaların, yatağın işletilmesi sırasında da işletmeciyeye faydalı olması için işletme projesinin ana hatları incelenmiş ve cevher işletme basamaklarının kot ve yükseklikleri tesbit edilerek çalışmalarda bu verilerden istifade edilmiştir.

Tenor dağılımının, her basamak için ayrı ayrı saptanmasına ve buradan basamak rezerv envanterine gidümesine ve daha sonra da yatağın tümünün potansiyel rezerv envanterinin saptanmasına karar verilmiştir.

Bu maksatla, ilk başta, bütün sondajların her işletme basamağında (veya diliminde) ki ortalama tenörleri saptanmıştır.

Örneğin; Şekil 1'de dilim 3 incelenecek olursa 42 no.lu sondajın 3 no.lu dilimdeki ortalama tenörü TO_{dt} genel olarak, he-



saplama prensibi bir ağırlıklı ortalama olan, aşağıdaki eşitlik ile ifade edilebilir:

$$T_{O_3} = \frac{a \times T_1 + b \times T_2 + c \times T_3}{a + b + c}$$

$$a + b + c = 12 \text{ m (dilim veya basamak yüksekliği).}$$

Dilimlere isabet eden sondajların dilim ortalama tenörleri saptandıktan sonra dilimlerdeki tenor dağılımlarım, istenen maksada ve sıhhatliliğe göre ifade edecek matematiksel model seçimine gidilmiş ve neticede 3. dereceli yüzey polinomial denkleminin model olarak seçimine karar verilmiştir. Yapılan çalışmalar da bu seçimin isabetli olduğunu göstermiştir. 3. dereceli yüzey polinomial denklem aşağıda gösterilmiştir:

$$T = A_0 + A_1 x + A_2 y + A_3 x^2 + A_4 xy + A_5 y^2 + A_6 x^3 - A_7 x^2 y + A_8 y^2 + A_9 y^3$$

Denklemden T tenörü, x ve y koordinatları, $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9$ denklemin katsayılarını göstermektedir.

Bu çalışmalar sırasında orijinal sondaj log verülerinden; dilimlerdeki sondajlara ait ortalama tenörlerin saptanmasında ve bu verüere en küçük kareler metodunu uygulayarak dilim içinde tenor dağılımının çoklu doğrusal regresyon analizinin yapımında ve dolayısıyla dilim içindeki tenor dağılım haritalarının çıkartılmasında kullanılmak üzere bir dizi kompüter programı hazırlanmıştır.

Örnek olarak 1032-1020 m dilimini aldığımızda bu dilim için kompüterden elde edilen regresyon sonucu aşağıdadır:

Katsayılar

$$\begin{aligned} A_0 &= 0.38750338E00, & A_1 &= 0.44114707E-03, \\ A_2 &= 0.87769806E-03, & A_3 &= 0.69222342E-05, \\ A_4 &= 0.18188229E-05, & A_5 &= 0.12222844E-04, \\ A_6 &= 0.14569081E-07, & A_7 &= 0.32787306E-08, \\ A_8 &= 0.39199781E-08, & A_9 &= 0.78944264E-08. \end{aligned}$$

Regresyon Değerleri

Çoklu Korelasyon Katsayısı = 0.62465191E00

Standart Hata = 0.23399129E00

Regresyona ait kareler toplamı = 0.77073252E00

Kareler toplamının serbestlik derecesi = 0.90000019E01

Kareler ortalaması = 0.85636943E00

Regresyondan olan fark kareleri toplamı = 0.12045426E01

İregresyondan olan fark karelerine ait serbestlik derecesi
= 0.22000003E02

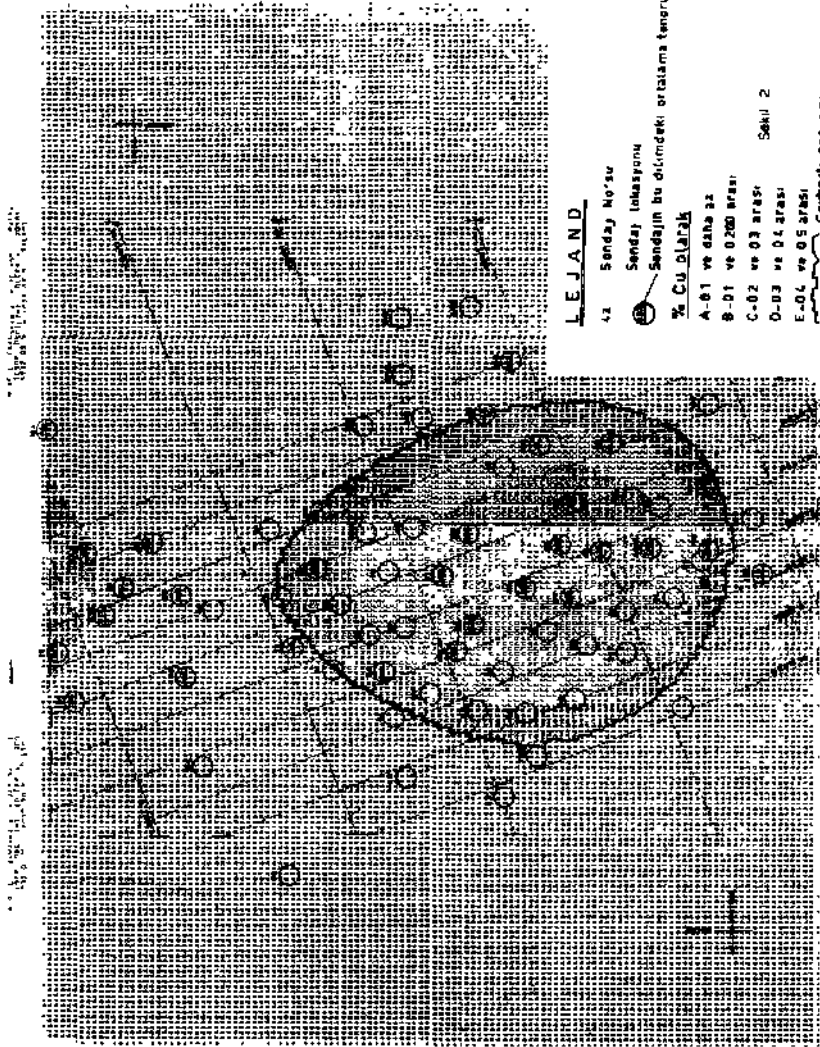
Bu fark karelerinin ortalaması = 0.54751932E01

F değeri = 0.15640900E01.

Yukarıda örnek olarak verilen ve 1032-1020 m dilimine ait olan neticeler; yatağın görünür potansiyel rezervine girecek ve yatağın alt ve üst sınırları arasındaki bütün dilimler için de teker teker kompüter imkânı ile saptanmıştır. Yukardaki örnekte bahsedilen ve her dilim için elde edilen regresyon değerlerinin incelenmesi ile uygulanan matematiksel modelin verilerle ne denli uyumlu olduğu hakkında fikir sahibi olunmuştur.

Sonra da katsayıları bilinen dilim tenor regresyon denkleminde tenörü bulunması istenen noktaların x ve y koordinat değerleri yerlerine konularak o noktanın ifade ettiği blokun T (Tenor) değeri saptanmıştır, örnek çalışmada 1/2.000'lik bir ölçek kullanılmış olup Şekil 2'de alfabetik harflerle gösterilen ve ölçek ayarlaması sebebiyle eni 5.08 m, boyu 6.35 m ve yüksekliği dilim kalınlığına eşit: 12 m olan cevher bloklarının herbirinin orta noktalarının x ve y koordinat değerleri dilim tenor denkleminde yerlerine konulmuş ve sonra da tenor denklemi çözülerek çıkan tenor değeri Şekil 2'de gözükken lejandla mukayese edilmiş, tenor hangi tenor aralığına düşüyorsa, o tenor aralığını ifade eden lejanddaki harf cevher blokunun harita üstündeki yerine basılmış ve böylece dilim tenor dağılım haritası Şekil 2'de görüldüğü gibi elde edilmiştir.

Tonaj faktörü testlerinden cevherin 1 m³ yerinde 2.61 ton olduğu anlaşılmıştır. Bu da dikkate alınarak Şekil 2'deki her alfabetik harfin ifade ettiği cevher blokunun tonajı = 2.61



(tonaj faktörü) X 6.35 (blok eni) X 5.08 (blok boyu) x 1200 (dilim kalınlığı) = 1.010 ton olarak saptanmıştır.

Her dilim için regresyon tenor denklemi dilim içinde bulunan cevher bloklarının ortalama tenörlerini ortaya koyacak şekilde Şekil 2'de görüldüğü gibi saptandıktan sonra rezerv hesaplarına geçilmiştir. Bu maksatla Tablo 1 tanzim edilmiştir. Tablo 1'de örnek dilim olarak aldığımız ve basamak kotları sütununda bulunan 1032-1020 m satırına baktığımızda birinci satırda "basamakta lejanda uyan blok adedi" denilmektedir. Bu, örneğin "D" lejand sütunu için 1011'dir ve Şekil 2'deki cevherli zon sınırı içinde ortalama tenoru % 03-04 Cu arasında olan cevher bloklarının adedinin sayılmasıyla elde edilmiştir. Bu blok sayısı 1010 ton/"cevher bloku" tonaj faktörüyle çarpıldığında elde edilen rakam 1021110 ton, adı geçen tenor aralığına düşen basamaktaki, cevherin tonajım ifade etmektedir. Ters kümülâtif cevher tonajı ise dilim içinde bir tenor aralığının minimum tenorunun örneği D sütunu için %0.3 bakır üstündeki cevher bloklarının toplam tonajlarını vermektedir.

Yukarıda bahsedilen işlemler yatağa potansiyel cevher sınırının örneğin 976 m alt ve 236 m üst sınırları arasındaki bütün dilimler için tekrar edilerek Tablo 1 tamamlanmıştır. Sonra da bütün dilimler için ayrı ayrı elde edilen bu değerler toplanarak her tenor aralığında yatağın toplam görünür potansiyel rezervi saptanmıştır. Tablo 1'in sondan üçüncü satırına baktığımızda bu değerler görülür.

Bütün yatak için ters kümülâtif toplam yapılarak yatağın değişik tenor limitleri üstündeki cevher tonajı hesaplanmıştır. Son satırda ise ters kümülâtif rezervin ortalama tenörü ağırlıklı ortalama metoduna göre saptanarak yazılmıştır. Örneğin: Tablo 1'de bütün basamakların "toplam" cevher miktarı satırına ve J sütununa bakacak olursak 4032960 ton 1236 m kotundan 972 m kotuna kadar yatağın ihtiva ettiği ve ortalama tenörü %0.9-1.0 Cu aralığında olan cevher miktarım ton olarak ifade etmektedir. İkinci rakam (ters kümülâtif satırındaki rakam) 11178680 ise bir önceki K sütunu kümülâtif cevher tonajı olan 7145750 ton ile J sütunundaki cevher tonajı 4032960 tonun toplamı olarak bulunmuştur. Ters kümülâtif ortalama tenörü ise J sütunu için;

$$\frac{7145750 \times 1.269 + 4032960 \times 0.95}{11178680} = \%1.154 \text{ Cu}$$

olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2 ise rezervin metalik bakır cinsinden dilimlerdeki dağılımını göstermektedir. Yine 1032-1020 m dilimindeki basamağa bakacak olursak E sütunundaki 282 ton rakamı Tablo l'deki aynı dilim ve sütuna isabet eden 84840 rakamının "lejand"ın ifade ettiği ortalama tenörle çarpılmasıyla:

$$\frac{84840 \times 0.45}{100} = 382 \text{ ton}$$

metalik bakır olarak bulunmuştur. Eşitlikteki 0.45 lejandın ifade ettiği ortalama tenörü göstermiştir.

Her basamak için ters kümülâtif metalik bakır toplamları ve bütün dilimlerin ihtiva ettiği metalik bakır miktarları toplanarak yatağın toplam rezervinin metalik bakır cinsinden değeri gerek tenor aralıklarına göre ve gerekse ters kümülâtif olarak Tablo 2'de gösterildiği gibi saptanmıştır.

Örnek çalışma neticesinde Çakmakkaya Bakır Yatağına ait elde mevcut sondaj loğlarından, yatağın ihtiva ettiği potansiyel görünür rezervin ve rezervin tenorunun, yatak içinde yatay kutlardaki dağılımını gösteren, örneğin Şekil 2 ve düşey kutlardaki dağılımını özetleyen Tablo 1 ve 2'yi tanzim etmek mümkün olmuştur.

Kanımızca Şekil 2, Tablo 1 ve 2 yatağın optimum bir şekilde işletilmesi ve yatağın rezervinin daha da artırılması için ileride yapılacak çalışmalara çok faydalı olacak detaylı bilgiler verdiği görülmektedir.

Sonuç

Maden yataklarının efektif olarak ekonomik kıymetlendirilebilmeleri, yataktan elde edilecek cevherin özelliklerinden tenor ve tonajının önceden sıhhatlilikle ve detaylı olarak tahmin edilme olanağına bağlıdır. Bu hususun, maden yatağının Ön değerlendirilmesinden başlayarak yatakla ilgili yapılacak gün-

lük ve orta ile uzun vadeli istihsal projeksiyonları yapımı ve günlük istihsal tenor kontrol işlerine kadar geçerli olacağı aşikârdır.

işte yeni, yeni kullanılma olanağı bulan matematiksel modeller tekniği, yatağın tipine, eldeki verüere, tahmin edilecek tenor trendine ve elde edüecek neticenin kullanım maksadına ve sıhhatlüüğine uygun bir şekilde pek gok matematiksel ifade arasından seçilebüceğı ve yukarıda bahsettiğimiz hususlarda neticeler almakta bize sonsuz faydalar sağılyacağı açıkça görülmektedir.

Bibliyografik Tamtam

1. Yegülalp, T., Dikmen S., Armutçu, T. (1972): Murgul - Çakmakkaya Bakır Yatağında Matematik Modellerin ve Bilgisayar (Computer)'in Rezerv Hesaplarına Uygulanması. M.T.A. Enstitüsü Murgul Bakır Raporları, c. 1.
2. Harbough, J. W. and Merriam, D. F. (1968): Computer Applications in Stratigraphic Analysis.
3. Link, R. F. and Gladfelter, G. W. (1964): Computer methods of fitting surfaces to assay and other data by regression analysis. U.S. B.M. Report of Investigations, 6508.
4. Link, R. F., Yabe, N. N. and Koch, G. S. (Jr.) (1966): A Computer Method of Fitting Surfaces to Assay and data in three dimensions by quadratic Regression analysis. U.S.B.M. Report of Investigations, 6876.
5. Gast, A. A. De. and James, R. B. (1972): Valuation of Ore Blocks by Regression Analysis An Aid to the Control of Mine Production Grades. CIM Bulletin, September 1972.
6. Koch, G. S. and Link, R. F. (1971): Statistical Analysis of Geological Data. Volume I and II.

KÖMÜR OCAKLARINDA HAVALANDIRMA ŞEBEKELERİ HESAPLARININ KOMPÜTERLE YAPILMASI

İrfan ERGÜN*

Özet

Hardy Cross'un irdeleme Metodu ile kömür ocaklarında havalandırma şebekelerinin hesaplarının sayısal bilgisayarlar yardımıyla yapılmasının faydaları kısaca özetlenerek:

1. Orta Doğu Teknik Üniversitesinde mevcut ana hafıza büyüklüğü 64 K olan IBM 360 Model 40 bilgisayar ile âzami büyüklüğe 280 kollu havalandırma şebekelerinde tabii havalandırma tesirleri ve devreye 20'ye kadar vantilatör girdiği dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda kullanılan Göz Metodu,

2. T.K.t. - Ereğli Kömürleri İşletmesinde mevcut ana hafıza büyüklüğü 8 K olan IBM 360 Model 20 bilgisayar ile âzami büyüklüğü 66 kollu havalandırma şebekelerinde devreye 7'ye kadar vantilatörün girdiği dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda kullanılan Kavşak Metodu anlatılmıştır.

Abstract

The benefits of solving the problems of mine ventilation networks by the Cross's iterative method using a digital computer is briefly summarized and the description of:

1. The mesh method is given which is employed to analyze the mine ventilation networks containing upto 280 branches and 20 variable pressure fans using the IBM 360 Model 40 Computer with the storage capacity of 64K at the Middle East Technical University.

2. The nodal method is given which is employed to analyze the mine ventilation networks containing upto 66 branches and 7 variable pressure fans using the IBM 360 Model Computer with a storage capacity of 8K at the Ereğli Coal Mines Ltd.

(*) Dr. Maden Y. Mühendisi, E.K.İ. - Zonguldak.

Giriş

Illinois Üniversitesi Profesörlerinden Hardy Cross'un 1936 yılında geliştirdiği, kendi adıyla anılan İrdeleme Metodu, çok sayıda aritmetik işlem gerektirdiğinden, bütün avantajlarına rağmen, sayısal kompüterlerin endüstride kullanılmasına başlandığı 1960'lara kadar fazla rağbet görmemiştir.

Sayısal Kompüterlerin icadı Üe Cross tekniğinin yegâne dezavantajı olan, çok sayıda aritmetik işlem yapılması gereği, artık bir dezavantaj olmaktan çıktı. Çünkü bir kompüter 8 haneli iki sayıyı saniyenin müyonda bir veya ikisi gibi çok kısa bir zamanda yıldırım hızı denilen bir hızla yapabilmektedir.

Bugün hemen hemen bütün üeri ülkelerde çok basit şebeke hesapları hariç, bütün havalandırma hesapları irdeleme Metodu ile ve kompüterlerde yapılmaktadır. Bunun için geliştirilen paket programları ufak tefek farklılıklar göstermekte ise de kullanıcı açısından hemen hemen birbirinin ayıdır. Burada şunu da belirtmek gerekir ki her paket programı belli bir kompüter konfigürasyonu için hazırlanmış olduğundan elde mevcut kompüter imkânlarına uygun olan program paketini kullanmak gerekir. Bazı küçük kapasiteli kompüterler içinde yeniden program paketi geliştirmek mecburiyeti hâlâ vardır.

Tebliğde bahsolunan çalışmalar Türkiye Kömür İşletmelerinin (T.K.İ.) Ereğli Kömürleri İşletmesinin (E.K.İ.) Etüd-Tesis Müdürlüğünce sürdürülmüş olup çalışmaların ana gayesi İşletmemize ait ocakların havalandırma hesaplarını bütün ileri ülkelerde kullanılan Hardy Cross İrdeleme Metodu'na göre kompüterlerle yapılabilmesini sağlamak olmuştur.

Metodu yurdumuza en kısa zamanda kazandırabilmek için İngiltere, Almanya ve A.BJVnde mevcut kuruluşlarla temas kurulduktan sonra Almanya tarafından geliştirilen bir kompüter programı temin edilmiş ve bunu yurdumuzdaki kompüterlere uygulayabilmek için 5 ay süre ile RK.l.'nde çalışmalar yapılmıştır.

Bu süre içinde yapılan çalışmalar sonunda:

1. Orta Doğu Teknik Üniversitesinde mevcut ana hafıza büyüklüğü 64 K olan IBM 360 Model 40 kompüterinde Henning-

sen tarafından geliştirilen program çalıştırılmış ve bu programın kompüter hakkmda hiçbir bilgisi olmayan havalandırma mühendisleri tarafından kolaylıkla kullanabilmeleri için lüzumlu bütün talimatnameler hazırlanmıştır. Çalışır vaziyette olan bu paket programı ile âzami 280 kollu havalandırma şebeke hesapları tabîî havalandırmayı da nazarı itibara alarak şebekede 20'ye kadar vantilatör bulunsa dahi gerekli hesaplamaları yapılabilmektedir. Bu programı kullanarak 200 kol ve 5 vantilatörden meydana gelen E.K.İ. Kozlu Bölgesinin havalandırma şebeke analizi yaklaşık olarak 10 dakikada yapılabilmektedir.

2. E.K.İ. Mekanik Muhasebe kısmında mevcut ana hafıza kapasitesi 8 K olan IBM 360 Model 20 kompüteri için Dr. P. A. Cundall tarafından bir program paketi geliştirilmiştir. Bu sistemde âzami 66 kol ve 7 vantilatörlü havalandırma şebekesi analizleri yapılabilmektedir.

Kullanılan Temel Birimler

Basınç	: mm su sütunu (mmss) Not: 1 mmss = 1 kg/m ^a
Hava miktarı	: m ³ /saniye (m ³ /sn)
Direnç	: Weisbars (Wb) 1 Wb: İki ucu arasında 1 mmss basınç farkı olduğunda 1 m ³ /sn hava geçiren kolun direncidir.
Uzunluk	: metre (m)
Sıcaklık	: santigrat derece (°C)
Güç	: Kilo-watt (Kw)

Henningsen Programı Birimleri

Basınç	: mmss (kg/m ²)
Hava miktarı	: m ³ /dakika
Direnç	: mili-weisbars (mWb)
Uzunluk	: _____
Sıcaklık	: _____
Güç	: Kw

Cundall Programı Birimleri

Basınç	: mmss (kg/m ²)
Hava basıncı	: m ^s /saniye
Direnç	: mWb
Güç	: Kw

Temel Terimler

Havalandırma

- Şebekesi** : Birçok sayıda birbirine bağlı kol, kavşak ve gözlerden meydana gelen havalandırma ağına denir.
- Kol** ; Bir şebekede mevcut iki kavşağın arasında kalan açıklığa kol denir.
- Kavşak** : Bir şebekede iki veya daha fazla kolün birleşme yerlerine kavşak denir.
- Göz** : Belli bir kavşaktan başlayarak, birbirine bağlantılı kolları takiben tekrar aynı kavşağa gelerek tamamlanan birçok sayıda koldan meydana gelen devreye göz denir.

Kol Direnci

Bir havalandırma kolunun direnci, kolu meydana getiren açıklığın uzunluğu, kesiti, cidarlarının pürüzlülüğü, kesitin şekli vs. ile değişirse de belli bir kolün direnci pratikte, sabit olarak kabul edilir. Bir kolün direncinin tesbiti en iyi olarak ölçü ile yapılabilir fakat bazı faallerde çeşitli faktörleri nazarı itibara alarak kol direnci abaklardan da tesbit edüebilir.

Atkinson Kanunu

Bir kolün iki ucu arasındaki basınç farkı (AP) bu kolün resistansı X koldan geçen hava miktarının karesine eşittir. Atkinson kanununun kısaca ifadesi:

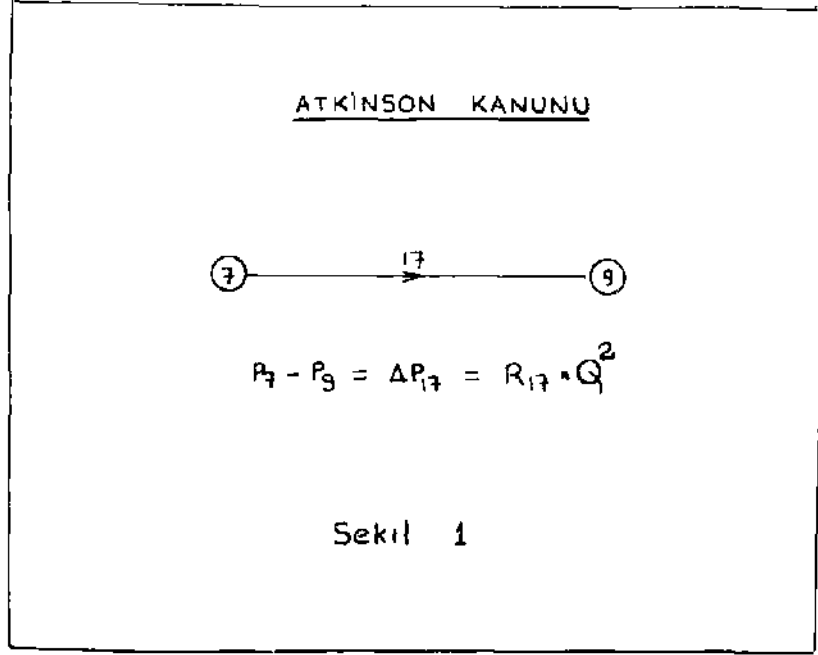
$$P = RQ^2 \quad \dots \quad (2)$$

Burada;

P = Bir kolün iki ucu arasındaki basınç farkını,

R = Kolün resistansı,

Q = Koldan geçen hava miktarını gösterir (Şekil i).



Tabii Havalandırma Basıncı

Bir kolun iki ucu arasındaki yükseklik (h) ve sıcaklık (t) farkları dolayısıyla kolun iki ucu arasında meydana gelen basınç farkına (AP) tabii havalandırma basıncı denir. Belli bir koldaki tabii havalandırma basınç farkı formülü:

$$\Delta P = \frac{\gamma_a + \gamma_b}{2} (h_b - h_a) \quad (3)$$

Burada;

γ_a, γ_b = Başlangıç ve bitiş kavşaklarının hava yoğunluğu,
 h_a, h_b = Başlangıç ve bitiş kavşaklarının kotlarıdır.

Herhangi bir kavşaktaki havanın yoğunluğu (γ) aşağıdaki formüle göre bulunur:

$$\gamma = \frac{10233.0 - 1.25h}{29.4t} \dots \dots \dots (4)$$

Burada;

h = Kavşağın deniz seviyesi itibariyle metre olarak kotu,
t — Kavşağın santigrat cinsinden mutlak sıcaklık derecesidir.

Not: 4 No.lu formüldeki sabitler kullanılan birim sistemine uygun olan sabitler olup hava kavşağı için bu formüldeki 10233.0 yerine 10333.0 değeri alınır.

Vantilatörler

Vantilatörler havalandırma şebekesinin en önemli elemanlarından biridir. Bir vantilatörün karakteristik eğrisi genellikle,

$$\Delta P = A Q^2 + B Q + C \dots \dots \dots (5)$$

parabolik denklemi ile ifade edilebilir (Şekil 4).

Burada;

AP = Vantilatörün giriş ve çıkışı arasındaki basınç farkı,
Q = Vantilatörden geçen hava miktarı,
A, B, C = Vantilatörün mekanik karakteristiklerini yansıtan sabitlerdir.

Havalandırma Şebekeleri

Hesaplamalara başlamadan önce en az hesaplama kadar önemli olan havalandırma şebekesine ait aşağıdaki işlemlerin yapılması gereklidir:

1. Havalandırma plânının yapılması ve plân üzerinde bütün hava giriş ve çıkış yollarının, vantilatörlerin, kapıların vs. gösterilmesi (Şekil 5),
2. Plândaki bilgüerin çizgisel şema haline getirilmesi ve bütün havalandırma kol ve kavşaklarının numaralanması ve yeni numaraların plâna işlenmesi (Şekül 6),
3. Çizgisel şemada gösterilen:
 - a) Bütün kolların dirençlerinin tesbiti,
 - b) Hangi kollarda vantilatör olduğunun ve vantilatörlerin karakteristik eğrilerinin tesbiti,

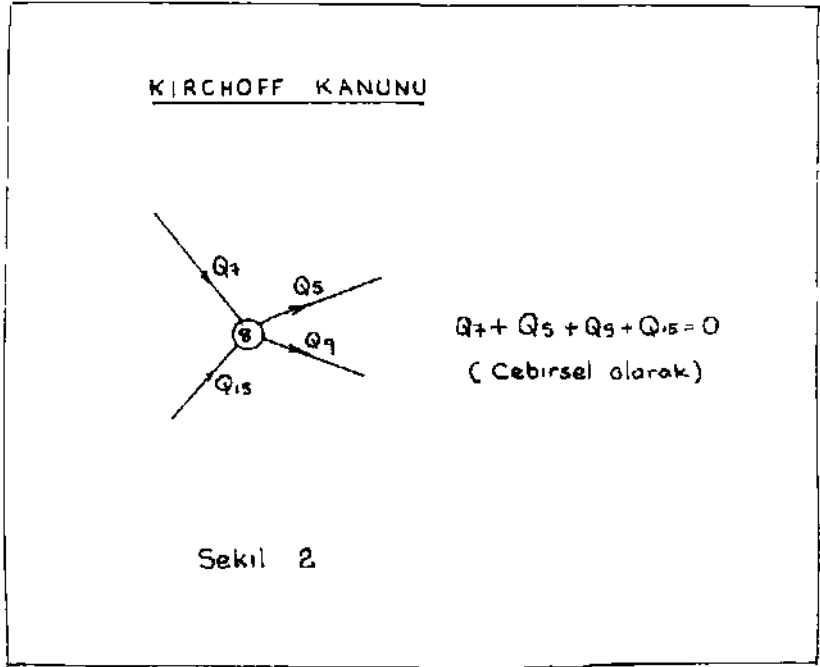
c) Bütün kavşakların kol ve sıcaklık derecelerinin tesbit edilmesi,

4. Çeşitli kollardan geçmesi istenilen hava miktarlarının tesbit edilmesi gereklidir.

Kirchoff Kanunu

Maddenin sakımı kanunu diye de bilinen bu kanuna göre bir kavşağa gelen hava miktarı o kavşaktan giden hava miktarına eşittir. Cebirsel bir ifadeyle Kirchoff Kanunu aşağıdaki biçimde ifade edilir (Şekil 2) :

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = \sum_1^n Q = 0$$



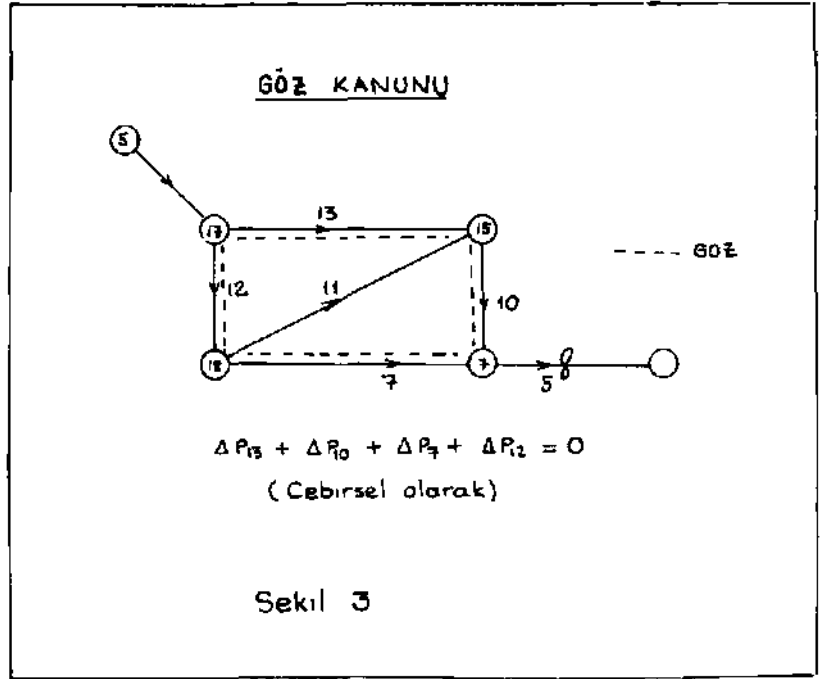
Göz Kanuna

Bir göze dahil bütün kollardaki basınç artış ve azalmalarının cebirsel toplamı sıfırdır. Bunun cebirsel ifadesi:

$$P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum_1^n \Delta P = 0$$

Buradaki her AP terimi gözde bulunan bir koldaki saat yelkovanı istikametindeki basınç düşüş veya artışı gösterir. Bir kolun iki ucu arasındaki basınç farkı ise:

- i. Koldan geçen havaya kolun gösterdiği resistandan doğan basınç farkı,
- ii. Kolda vantilatör varsa vantilatörün yarattığı basınç farkı,
- iii. Tabii havalandırmadan doğan basınç farklarının cebirsel toplamından meydana gelmektedir (Şekil 3).



Şebeke Hesapları

A. Göz Metodu ve Henningsen Programı

Henningsen programının kullandığı göz metodunda hesaplamalar aşağıdaki sıraya göre yapılmaktadır:

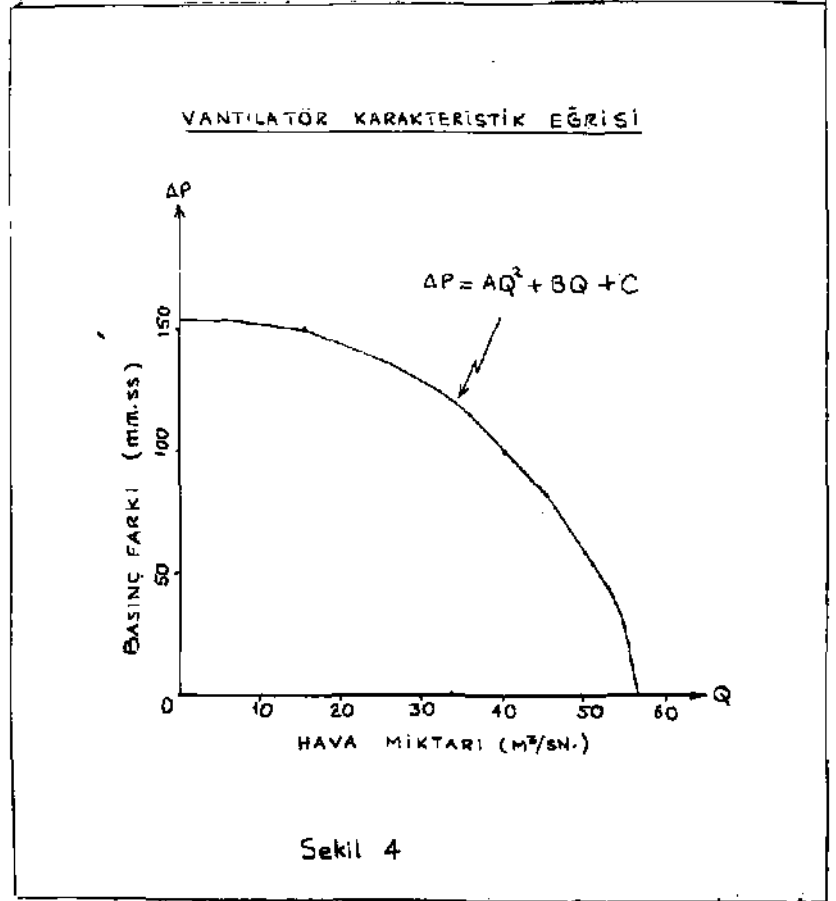
İ — Şebeke hesabı için lüzumlu Ön veriler dönüştürme formlarına yazılır. Ön veriler şunlardır :

- i. Şebekede kaç kol ve kaç kavşak olduğunu belirten kol ve kavşak sayıları bir tek satıra yazılır.
- ü. Şebekedeki her kol için ayrı birer satıra aşağıdaki bilgiler yazılır:
 - a) Kol numarası
 - b) Kolun haşladığı kavşak numarası
 - c) Kolun bittiği kavşak numarası
 - d) Kolun tipi (üzerinde vantilatör varsa — 1 , vantilatör yoksa 0, koldan geçecek hava miktarı önceden tesbit edilmişse 1)
 - e) Kolun resistansı
 - f) Koldan geçen tahminî hava miktarı veya sıfırdan başka herhangi bir sayı.
- iii. Her bir vantilatör için ayrı birer satıra;
 - a) Vantilatörün bulunduğu kol numarası
 - b) Vantilatör kolunun başladığı ve bittiği kavşak numarası
 - c) Vantilatör karakteristik eğrisinin A, B ve C sabitleri yazılır.
- iv. Şebekedeki her kavşak için ayrı birer satıra;
 - a) Kavşak numarası
 - b) Sıcaklık derecesi
 - c) Kofu yazılır.
- v. Bir KWh'in maliyeti ayrı bir satıra yazılır,
- vi. Lüzumu kadar kontrol kartı yazılır.

2 — Dönüştürme formundaki her satırdaki bilgi bir karta delinir ve kompüterce okunur.

3 — Komputer problemin çözümü için lüzumlu sayıda (M) gözü seçer. Çözüm için lüzumlu göz sayısı şebekede bulunan kol sayısı (B) ve kavşak sayısı (J) ile ilgili olup aşağıdaki formülle tesbit edilir:

$$M \sim B - J + 1$$



Komputer ön verilere dayanarak her bir göz için saat yelkovanı istikametindeki hava akımı dengesizliği (XQ) terimini aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$XQ = - \frac{\sum_1^n \Delta P}{2 \sum_1^n |Q|} = \frac{\Delta P_1 + \Delta P_2 + \dots \dots \dots \Delta P_n}{2 [R_1 |Q_1| + R_2 |Q_2| + \dots \dots \dots R_n |Q_n|]}$$

Burada;

n = Gözdeki kol sayısı

AP = Her koldaki;

a) Direnç basınç farkı, $AP = RQIQ1$

b) Vantilatör (varsa) basınç farkı,

$$AP:=AQ^2+BQ+C$$

c) Tabiî havalandırma basınç farklarının cebirsel toplamlarını,

IQI = Hava akımının mutlak değerini gösterir.

4 — Bir göze bağlı her koldan geçen ilk kabul edilen hava miktarına bir göz için yapılan hesaplamada bulunan XQ düzeltme terimi cebirsel olarak ilâve edilir. Bu koldan geçen düzeltilmiş (gerçeğe daha yakın) hava miktarı bulunur.

5 — 4 ve 5'te yapılan işlemlerin tümüne bir irdeleme (iterasyon denir).

6 — Her iterasyon sonunda bütün gözlerdeki XQ değeri 0.001 ilâ -0.001 arasında değilse irdeleme işlemi tekrarlanır. XQ değerleri 0.001 ilâ -0.001 arasında bir değer alınca artık bütün şebekede hava akımı dengelenmiş demektir.

7 — Netice:

a) Komputer havalandırma şebekesinin dengelenmesinden elde ettiği aşağıdaki bğüeri netice olarak birer satır halinde yazar. Her satırda:

i. Kol numarası

ii. Kolun başladığı ve bittiği kavşak numaraları

ni. Kolun tipi (sabit resistans, vantüatör kolu, vs.)

iv. Kol resistansı

v. Koldan geçen hava miktarı (m^3/dak)

vi. Kolun yıllık havalandırma maliyeti.

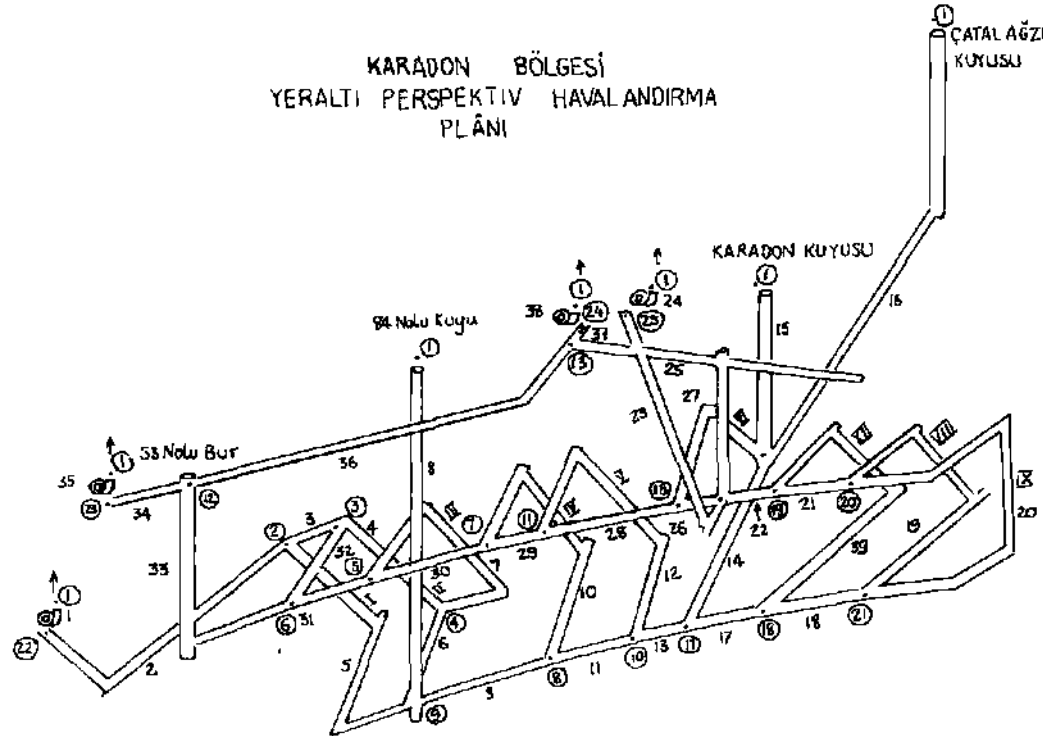
b) Ayrıca hesaplamada kullanılan gözlerdeki kol numaraları, başlık ve diğer giriş bilgileri uygun bir biçimde neticelerle birlikte yazılır.

Elde edilen neticeler ihtiyaca cevap verecek nitelikte ise tatbikata konur, değilse gerekli değişiklikler yapılarak uygun nitelikte bir sonuç alınacağına kadar işleme devam edilir.

B. Kavşak Metodu ve Cundall Programı

Cunda 11 programının kullandığı kavşak metodunda hesaplamalar aşağıdaki sıraya göre yapılmaktadır:

KARADON BÖLGESİ
YERALTI PERSPEKTİF HAVALANDIRMA
PLÂNI



Sekil 5

J. Muh. Nurl. Çetek ten alınmıştır

1 — Şebeke hesabı için lüzumlu ön veriler Tablo 1'de de gösterildiği gibi komputer dönüştürme formuna yazılır. Bu forma yazılan Ön veriler şunlardır:

- i. Bir numaralı satıra ocak ismi,
- ii. İki numaralı satıra şebekede bulunan kol kavşak ve sabit basınçlı kavşak sayıları'
- iii. Şebekede mevcut her kol için kolun başladığı ve bittiği kavşak numaraları ve kolun dirençleri ayrı birer satıra yazılır,
- iv. Şebekede mevcut her sabit basınçlı kavşak ve vantilatör girişi kavşak için, kavşak numarası ve bu koldan geçen hava miktarını gösteren kol numarası ve vantilatör karakteristiğinin A ve C değerleri birer ayrı satıra yazılır.
- v. Her kavşağın numarası ve biliniyorsa gerçek basıncı, bilinmiyorsa sıfırdan farklı tahminî basıncı ayrı birer satıra yazılır.
- vi. En son karta da âzami kaç irdeleme yapılması gerektiğini gösteren iterasyon sayısı yazılır.

2 — Yukarıda yazılan her satırdaki bilgiler birer karta yazılarak kompütere verilir.

3 — Komputer her kavşak için (XP) basınç düzeltme terimini aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$XP = \frac{M_1^n + \sqrt{\frac{\Delta P}{R}}}{M_1^n \frac{1}{2 \sqrt{\Delta P R}}}$$

Burada AP ve R değerleri kavşağa bağlı beher kolun basınç farkı ve dirençlerdir.

4 — Her kavşağın tahminî basıncına basınç düzeltme terimi cebirsel olarak ilâve edilir.

5 — 3 ve 4'te yapılan işlemlerin tümüne bir irdeleme işlemi (iterasyon) denir.

6 — Her kavşaktaki XP değeri 0.001 ilâ -0.001 arasında bir değer olup olmadığı kontrol edilir. Eğer bütün kavşaklar-

daki XP'nin değeri bu iki limit arasında değilse irdeleme işleminde devam edilir, bu iki limit arasında ise artık bütün şebekede hava akımı dengelenmiş demektir ve elde edilen neticeler aşağıdaki formda yazılır.

7 — Netice: Şebeke hesaplamalarının neticesinde şebekenin her kolu için birer satır halinde aşağıdaki bğüer kompüterce verilmektedir (Tablo 2) :

1. Kol numarası
2. Başlangıç ve bitiş kavşaklarının numaraları
3. Kolun resistansı (mWb)
4. Koldan geçen hava miktarı (m^3/sn)
5. Kolun iki ucu arasındaki AP basınç farkı (mmss)
6. Başlangıç ve bitiş kavşaklarının basınçları (mmss)
7. Kolda harcanan güç (KW).

Havalandırma. Hesaplarının Kompüterle Yapılmasının Faydaları

Havalandırma hesaplarının kompüterle yapılmasının en önemli faydaları şunlardır:

- i. Hesaplama sonunda elde edilen neticeler (ön verilerin doğruluğı nisbetinde) şebekedeki gerçek hava akımına %10 gibi bir hata sınırları içinde harfiyen uymaktadır.
- ü. Şebekede mevcut birden fazla sayıda olan vantilatörler ve tabu havalandırma gibi tesirler bir anda nazarı dikkate alınabilmektedir.
- ii. Yangın vukuunda derhal yeni duruma ait hesaplamalar yapılabilmekte, önceden tahmin edilebilen yangın vakaları için yangın vukuundan önce analizler yaparak tedbir alma kolaylaşmaktadır.
- iv. Bütün hesaplamalar doğru olarak 10-15 dakika gibi kısa zamanda yapılabilmektedir.
- v. Şebekede yapılacak değışiklikler kolaylıkla dikkate alınabilmekte, yeni hesaplamalar 1-2 dakika gibi kısa zamanda yapılabilmektedir.

- vi. Şebekeye uygun vantilatör seçimi son derece kolay olarak yapılabilmektedir.
- vii. Havalandırma yollarının ekonomik analizleri, kapıların yer ve önemleri kolayca görülebilmektedir.

Sonuç

1. İleri ülkelerde 1965 yıllarından beri tatbik edilmekte olan kompüterle havalandırma şebekeleri hesaplamaları, yurduzdaki imkânlarla rahatlıkla yapılabilir hale getirilmiş olup lüzumlu bütün paket programları ve bu kullanma talimatnameleri E.K.İ. Etüd-Tesis Kütüphanesinde mevcuttur.

2. Hiçbir metod veya kompüter kendiliğinden bir problemi halletmez. Bunun için kömür ocaklarımızın havalandırma problemlerine, yeni bilgilerle donatılmış, yetkii ve sorumlu bir mühendisler grubunu, uygun bir kuruluş içinde eğilmelerini sağlama zorunluluğu şimdiye kadar olduğu gibi hâlâ da mevcut olduğu kanısındayız. Yetkililerin bu soruna önemli eğilmeleri can ve mal kaybı açısından son derece önemlidir.

3. Son olarak problemin büyüklüğünü hatırlama bakımından yalnızca üç vantilatör sistemi 1971 yılı hesapları ile yurdu muza yatırım olarak tahminen 20 milyon TL.'na mal olmaktadır. E.K.İ.'ne bağlı ocaklarda halen 20 kadar vantilatör sistemi mevcut olup senelik enerji giderleri yaklaşık olarak 5 milyon TL. civarındadır. Bu rakam elektriğin Kwh'i 18 kuruş olduğu varsayısına göre elde edilmiştir.

Bu şebekelerin bilinçli olarak kontrolü neticesinde en azından %20 gibi bir enerji ve yatırım tasarrufuna gidilerek, havayı istenilen yere sevk ederek can ve mal kaybı önleneceği kanısındayız.

4. Tebliğde yer darlığı nedeniyle ancak kullanılan metodların çok kısa bir özeti verilebilmiştir. Daha fazla bilgi için paket programların kullanma talimatnamelerinin veya konu hakkında yazılmış ekte listesi verilen diğer tebliğlerin incelenmesi gereklidir.

Tablo 1 — Havalandırma Şebekesine Ait Kompütereye Verilen Ön-Veriler

Başlık Kartı
Karatton Bölge Karakteristiklerine Uygun Vantilatörler
Şebekedeki

Kol Sayım	Kavşak Sayısı	Sabit Basıncılı Kavşak Sayısı
39	25	5

Şebekede Bulunan Kolların Resistansları

Başlangıç Kavşağı	Bitiş Kavşağı	Resistan»
22	1	1.0
2	22	52.0
3	2	19.5
4	3	46.0
9	2	56.0
9	4	8.5
4	5	93.0
1	9	3.0
9	8	10.4
8	7	75.0
8	10	10.7
10	11	75.0
10	17	12.0
16	17	2.5
1	16	1.5
1	16	8.86
17	18	1.6
18	21	7.7
21	20	30.0
21	20	33.0
20	19	2.4
19	14	0.9
14	25	10.3
25	1	1.0
14	13	6.5
14	15	6.5
16	15	53.0
11	15	32.5
11	7	19.5
7	5	9.75
5	6	10.0
3	6	11.4
6	12	6.27
12	23	7.2

23	1	1.0
13	12	100.0
13	24	2.4
24	1	1.0
IS	19	19.5

Sabit Basınç Kavşak ve Vantilatörlere Ait Bilgiler

Vantilatörün bağlı bulunduğu		Vantilatör sabitleri	
Kavşak	Kol	A	C
22	2	0 041	— 150.0
23	34	0 0243	— 250.0
24	37	0 0142	— 300.0
25	23	0 00825	— 350.0
1	24	00	00

Kavşak Bilgileri

Kavşak numarası	Bilinen veya tahmini basınç
1	0.0
2	-100.0
3	- 75.0
4	- 50.0
5	- 70.0
6	- 75.0
7	-100.0
8	- 25.0
9	- 25.0
10	- 30.0
11	-130.0
12	-120.0
13	-150.0
14	-200.0
15	-170.0
16	- 20.0
17	- 30.0
18	- 50.0
19	-190.0
20	-120.0
21	- 70.0
22	-129.3
23	-169.7
24	-192.2
25	-258.3

ttterasyon sayısı

Tablo % — Karadon Bölgesi Havalandırma Hesabı Neticesi

Kol numarası	Kavşak numarası		Resistan*« B mWb	Hava miktarı Q m' /saniye	Kol basınç farkı Delta-P mm.88	Kavşak Basıncı		Güç (KW)
	Başlangıç	Bitiş				* (D) Başlangıç mm.8S	P («) Bitiş mm.sä	
1	22	1			-125.871	-125.871	0.	Vantila- tör kolu
2	2	22	51.999	24.259	30.602	— 95.269	—125.871	7.782
3	3	2	19.499	— 7.203	1.011	— 96.280	— 95,269	.071
4	4	3	45.999	28.154	36.462	— 59.817	— 96.280	10.070
5	9	2	55.999	31.468	55.454	— 39.814	— 95.269	17.118
6	9	4	8.799	47.676	20.003	— 39.814	— 59.817	9.355
7	4	5	92.999	19.520	35.438	— 59.817	— 95.256	6.786
8	1	9	2.999	115.202	39.814	0.	— 39.814	44.996
9	9	8	10.399	36.056	13.521	— 39.814	— 53.336	4.782
10	8	7	74.999	22.564	38.185	— 53.336	— 91.522	8.452
11	8	10	10.699	13.487	1.946	— 53.336	— 55.282	.257
12	10	11	74.999	22.033	36.412	— 55.282	— 91.694	7.870
13	10	17	11.999	— 8.552	.877	— 55.282	— 54.405	.073
14	16	17	2.500	118.436	35.068	— 19.336	— 54.405	40.744

492

15	1	16	1.499	113.539	19.336	0.	- 19.336	21.537
16	1	16	8.859	46.717	19.336	0.	- 19.336	8.862
17	17	18	1.600	109.880	19.317	- 54.405	- 73.723	20-823
18	18	21	7.699	56.067	24.205	- 73.723	- 97.928	13.313
19	21	20	29.999	28.701	24.713	- 97.928	-122.642	6.958
20	21	20	32.999	27.365	24.713	- 97.928	-122.642	6.634
21	20	19	2.399	56.066	7.544	-122.642	-130.186	4.149
22	19	14	.900	109.870	10.864	-130.186	-141.050	11.709
23	14	25	10.299	106.132	116.020	-141.050	-257.071	120.795
24	25	1			-257.071	-257.971	0.	Vantila- tör kolu
25	14	13	6.499	70.555	32.357	-141.050	-173.408	22.396
26	14	15	6.499	-66.827	29.028	-141.050	-112.022	19.030
27	16	15	52.999	41.818	92.685	- 19.336	-112.022	38.023
28	11	15	32.499	25.009	20.327	- 91.694	-112.022	4.987
29	11	7	19.499	- 2.976	.172	- 91.694	- 91.522	.005
30	7	5	9.749	19.569	3.733	- 91.522	- 95.256	.716
31	5	6	10.000	39.082	15.274	- 95.256	-110.530	5.856
32	3	6	11.399	35.354	14.249	- 96.280	-110.530	4.942
33	6	12	6.269	74.435	34.740	-110.530	-145.270	25.367
34	12	23	7.199	57.659	23.937	-145.270	-169.208	13.540
35	23	1			-169.208	-169.208	0.	Vantila- tör kolu
36	13	12	99.999	-16.774	28.137	-173.408	-145.270	4.630
37	13	24	2.399	87.325	18.301	-173.408	-191.709	15.678
38	24	1			-191.709	-191.709	0.	Vantila- tör kolu
39	18	19	19.499	53.810	56.463	- 73.723	-130.186	29.805

Bibliyografik Tanıtını

1. Cross, Hardy: Analysis of flow In networks of conduits or conductors. Illinois University Engineering Experimental Station, Bulletin 286 (1936).
2. McPherson, M. J.: Ventilation Network Analysis by Digital Computer, The Mining Engineer, October (1966).
3. Wehr, R. und Henningsen, U.: Stand der digitalen Rechentechnik auf dem Gebiet der Grubenbewetterung im deutschen steinkohmengergbau. Glückauf, (Jahrgang, 106-1970).
4. Wehr, R. ve Henningsen, U.: Almanya Kömür Ocaklarının Havalandırılmasında Sayısal (Digital) Hesaplama Tekniğinin Yeri. Dilimize çeviren: Maden Y. Müh. Yakup Hodancı, E.K.I. Etüd-Tesis Kütüphanesi, Zonguldak (1971).
5. Cundall, P. A.: - User's Handbook Ventilation: Network Program by Dipl. Eng. Uwe Henningsen, E.K.t. Etüd-Tesis Kütüphanesi, Zonguldak (1971).
6. Cundall, P. A. - User's Handbook Ventilation: Network Program by Dr. P. A. Cundall, E.K.İ. Etüd-Tesis Kütüphanesi, Zonguldak (1971).
7. Cundall, P. A.: Henningsen Programının kullanma talimata. Dilimize çeviren: Dr. İrfan Ergün, E.K.İ. Etüd-Tesis Kütüphanesi, Zonguldak (1971).
8. National Coal Board (NBC) Computer Services: Vantilation Network Calculations. N.C.B. Publication (1966).
9. Hinsley, F. B.: A Review of the Theory and Practice of Mine Vantilation, The Iron and Coal Trades Review (October, 1948).
10. J W. Bray: Methods of Vantilation Analysis. Mining Magazine (April 1964).

OCAKLARDA EMNİYET VE SAĞLIK SORUNLARI

J A NORTHCOTT*

Özet

Yazar, maden endüstrisinde madenlerde güvenlik ve sağlık konusunun ehemmiyetine dikkat çekmektedir. Güvenlik metodlarının ve sağlığı koruyucu usûlerin tatbikinde idarî makamların rolü ve mes'uliyetleri üzerinde durmaktadır. Resmî kuruluşların madenlerin çevrelerinin ıslahı için yapmaları. İcabeden işler ve bu kuruluşların sanayi ile İşbirliği yapması hususuna da dikkati çekmektedir. Kazaların önlenmesinde faydalı görülen pratik usulleri de anlatmaktadır.

Belli başlı endüstrilerin içinde en tehlikeli olanı ve en çok kaza ihtimali olanı madenciliktir. Bu sebeple, senelerden beri kazalardan korunma problemi üzerinde en fazla duran ve güvenlik mevzuunda en şuurlu çalışan endüstri maden endüstrisi olmuştur. Kaza sebeplerinin yok edilmesi ve maden işçüsünün güvenliğinin temin edilmesi için pek çok araştırma çabası gösterilmiştir. Bunların neticesinde, bu konuda birçok gey yazılmış olduğundan, bu konuda soylieceklerim bir tekrarlama mahiyetinde kalacaktır.

Bu tekrarlama için özür dilemeğe lüzum olmadığı ve bu konuda şimdiki duruma kayıtsız kalmağa imkân olmadığı, bu meslek işçüsünün ölüm, kaza ve hastalıklarına ait istatistiklere bir göz atmakla meydana çıkar.

Zamanımızda dünyanın birçok yerlerindeki güvenlik ve sağlık durumuna bakılırsa umumî endüstri kollarında iş güvenli-

(*) ILO Uzmanı, İŞGÜM, Çalışma Bakanlığı

ği ve sağlığına alâkanın artmakta olduğu gör÷lür. Madencilik bu sahadaki çalışmaların iyi bir misalini teşkil etmektedir. Meselâ, Amerika'da Kömür Madenleri Federal Güvenlik ve Sağlık Nizamnamesinin 1969'da yürürlüğe girmesinin büyük etkisi olmuş ve sanayi üzerinde yaygın etkisi olacaktır. İngiltere'de 1960'larda, Millî Kömür Komitesinin en yüksek salâhiyetlerinin teşviki üe güvenlik ve sağlık standartlarının geliştirilmesi için yoğun araştırmalar yapılmıştır. Bunlar ve benzerleri sadece hükümet ve idareciler tarafından teşvik edilmekle kalmamakta, daha iyi ve güvenli çalışma ortamı isteyen sendikalar ve işçüer tarafından da istenmektedir.

Türkiye'de, sanayide ilerleme, diğer bazı memleketlere nazaran daha geç başlamıştır. Bununla beraber, şurası muhakkaktır ki bu ÷lke sanayileşme yolundadır ve maden endüstrisi ÷lke ekonomisinde önemli bir yer işgal eder ve etmekte de devam edecektir. Kalkınma devam ettikçe, daha iyi şartlar için talepler karşılanmalıdır. Sadece ekonomik sebeplerle bile olsa, kötü çalışma yöntemleri ve kabul edilemeyen çalışma ortamları yüzünden kaynak ve insan gücü kaybının önlenmesi çareleri aranacaktır.

Daha iyi çalışma yöntemi ve kaza önlemesine daha fazla alâka çekme isteğine umumiyetle bazı madenlerde özel durumlarla problemlerin ve bunların düzeltilmesinde imkânsızlıklar yarattığı mazeretiyle cevap verilir. Aynı şartlar altında çalışan madenlerde koruyucu tedbirlerden istifade edilmiş olmaama rağmen, bazı madencüik çevrelerinde, yüksek kaza sayılarına mazeretler gösterilir.

Benim bunlara cevabım, bu görüşün en evvel yok edilmesi icabeden mühim bir durum oluşudur. Madencilğin tehlikeli olmasına sebep yoktur. Zor şartlı ve tehlikeli çevrelerdeki çalışma, doğru yöntemde yapılırsa ve en yüksek makamdaki idareciden madende fiüen çalışan işçiye kadar her kişi, modern çalışma metodları ve en iyi iş yapma usulleriyle teçhiz edilmiş olursa, işin güvenlikle yapılmaması için sebep yoktur.

Güvenlik Prensipleri ve İdarî Sorumluluklar

Kazalar, öldürücü, yaralayıcı ve önemsiz olarak sınıflandırılmaktadır. Genellikle bu tarif kullanılır ve kişinin kazadaki

yara derecesi esas alınır. Ancak kazaların önlenmesi çalışmalarında bu tarifler kifayetsizdir. Birçok hâdiseler yaralanma veya maddî zarara sebebiyet vermeseler bile muhtemel bir tehlikedir. Bazı memleketlerde, böyle durumlar, kişiye zararlı olsa da olmasa da, madencilik endüstrisi için tasnif edilirler. Bazı önemsiz hâdiseler, sık meydana geldikleri halde, lüzumlu alâkayı görmezler. Kaza Önlenmesi bütün bu küçük, büyük kazaların incelenmesini içine almalıdır. Her kaza, en hafifi büe, bir rapor mevzuu olmalıdır. Madenlerdeki güvenlik memurunun ük vazifesi bu raporları tanzim edip idareye vermek olmalıdır.

Güvenlikle çalışma mesuliyeti müdür, müdür muavini ve bütün nezaretçüere aittir. Maden kazalarının sebeplerinin araştırılması ve kazaların Önlenmesi için lüzumlu usullerin tatbiki sadece bir mütehassıs işi değüdir. Emniyet mühendisi idareye teknik işler ve almabüecek tedbirler için rehberlik vazifesi görmelidir, tyi maden işletmesinin güvenli maden işletilmesinden aynlamıyacağı malûmdur, ve bu bütün mesuliyetleri taşıyan idarenin probleimidir. Bu hakikat bügili bir maden idarecisi tarafından kabul edildiğı takdirde kaza istatistiklerinde azalma görülmesiyle arzulanan netice elde edÜebilir.

Büf kazanın madene etkisi, istihsal kaybı bakımından ölçüldüğünde, daima farkedilir ve bu bazan çok büyük de olabilir. Her ne kadar işletmecinin ük gayesi istihsal ise de, bu gayenin aralıksız ve muntazam bir çalışma ile daha kolay elde edüebüeceği de şüphe götürmez. Bununla alâkalı olarak maden kazalarının maliyeti hakkında birçok yazılar yazılmıştır (1). Bu maliyet çoğı zaman gizli kalırsa da, genel maliyet üzerindeki etkisinin büyük olduğı gösterilebilir. Yüksek kaza nisbeti, istihsal veriminin hem yüksek fiyatlardan dolayı hem de azalan verimden dolayı etkiler. İyi bir idare buna hiçbir zaman göz yumamaz.

Kazalar güvenli koşulların gerçekleştirilmediğı bir çevrede çalışmaktan veya kişisel muvaffakiyetsizlikten ileri gelebilir. tki problem de idare tarafından halledilmelidir. İdare, kazaya sebep olabüecek güvensizlik durumların ve tehlikeli fiziksel faktörlerin asgariye indirilmesine çalışmalıdır. Lüzumlu malzeme, araç, makine temin edilmeli, bunların mümkün olduğı kadar emin bir şeküde yapılmış olmaları kontrol edilmeli, daimî

surette bakımlı olmalarını temin eden bir sistem kurulmalıdır. Koruyucu aletlerin ve güvenlik sistemlerinin araştırılması ve kaldırılması teşvik edilmelidir.

"Kişisel faktör" takriben her kazada rol oynamaktadır. Daha emniyetli çalışma elde etmek için çalışma sistemi, aletin çizimi, eğitim, nezaret ve işçinin maden çevresindeki tehlikelere uyumu problemleri hesaplanmalıdır.

Her türlü yer-altı çalışma yöntemlerinin tecrübelerine dayanılarak, her işin en emin ve en iyi nasıl yapılmasına karar verilebilir. Bu metodlar standartlaştırılmak ve her nezaretçi ve her işçi bunlara uymalıdır. Yem maden işçüeri de bunlara göre eğitilmelidir. Hatırlanması icabeden başlıca noktalar şunlardır:

- Her işyerine ve her işe uygun, bilinen, iyi tarif edilmiş bir güvenlik kaidesi olmalıdır,
- idare tarafından âzami güvenliği kapsayan, standart sistem ve metodlar konmalıdır,
- Bütün nezaretçüer ve işçüer bu standart metodlara göre çalışmalıdırlar. Önceden İdareden izin almadan bu usullerden hiçbir sapma yapılmamalıdır. Bu izin de ancak çok özel durumlarda verilmelidir,
- Doğru çalışma yöntemlerinin kabulü ve güvenlik mesuliyetinin uyandırılması, dikkatli iş eğitimi ve kaza önlenmesi propagandası ve güvenlik kampanyaları ile takviye edümelidir.

Yeraltı işçilerinin günlük çalışmalarına tamamiyle yeni metodlar getirilmesi fikrini kabul ettirmek için, yerleşmiş inançları geniş ölçüde değiştirmek lâzımdır. Madenciler inançlarında çok muhafazakâr olurlar. Bir evvelki kuşak için iyi olan şimdiki kuşak için de yeterlidir. Bu inanç işçüerde olduğu kadar idarecüerde de köklüdür. Genç işçilere pahalı ve değerli metodların öğretilmesi, genç mühendisler üniversitelerde ders programlarına modern usullerin konması, çalışma yerlerinde bu öğretilenlere uyulmadığı takdirde ziyan olmuş sayılır. Maden endüstrisini kontrol eden kimseler, bütün endüstride halen değişen bir çalışma şeklinin tatbik edilebileceğini göstermek zorundadırlar. Aynı zamanda bunlar hem sanayün günlük güvenlik problemlerine yeni çarelerin getirilmesine önderlik edecek-

lerini, hem de her işçinin bunları tatbik etmesi için lüzumlu şartları temin ve çalışmayı teşvik edeceklerini göstermelidirler.

Sorumlu Kişilerin Boller

Madencilik sanayii tarihte ilk güvenlik kanunlarının vaz'edüğü sanayidir. Güvenlik ve sağlık işlerini düzeltmek için lüzumlu kanunların hazırlanmasının ehemmiyeti aşikârdır. Ancak bunları hazırlarken ve genel güvenlik ve sağlık kurallarının tatbikini isterken meydana çıkan bazı zorluklar hatırdâ tutulmalıdır.

Birçok memleketlerde güvenlik ve sağlık mevzuatı parça parça meydana gelmiştir. Teknik üerlemelere ve yeni metodlara ayak uydurmak üzere zaman zaman kanun ve nizamnameler birbirini takip ederek çıkartılmıştır. Bunun sonucu olarak mevzuat karmakarışık, anlaşılması zor ve tatbiki imkânsız olmuştur. Yeni bir rapor (2) en iyi güvenlik mevzuatının genel kaideleri açıklıkla, basit bir şekilde anlatacak ve güvenlik ve sağlık kodlarını ayrıntılı olarak bildirecek bir mevzuat olması lüzumunu belirtiyor. Herkes tarafından kolaylıkla anlaşılabilir, ve bilhassa, güvenlik mevzuatı men edici değil yapıcı olmalıdır.

Anlaşma ile kabul edilen standart ve kodların faydası üzerinde de durulmalıdır. Bunlar çoğunlukla muayyen maksatları karşılamaya yeterli olup kanunî mevzuata, mümkün olan yerlerde, tercih edilir.

Bu tip mevzuat önceden alâkalı gruplarla (işveren ve işçi mümessilleri) görüşülerek hazırlanmalıdır. Kararlar kat'ileşmeden bunlara itirazları ve fikirlerini bildirme fırsatı verümelidir. Mahallî durumlardan dolayı karşılanamayacak şartlar ve mevcut teknik üerleme usullerine uymayan durumlar kanunlara ithal edilmemelidir. Tatbikatta bunlara uymama zorunluğu meydana çıktığından, diğer kısımlar da ihmal edilmekte ve bu yüzden genel güvenlik ve sağlık standartları da kullanılmamaktadır.

Müfettişler de menedici değil yapıcı mütalâalarla çalışmalıdır. Esas gayeleri kazaları önlemek ve bögili yönetim üe daha iyi standartları temin etmek olmalıdır. Kanunların tatbiki

bu gayenin sadece bir kısmı olmalıdır. Madenlerdeki müfettişlerin hem yüksek maden mühendisi olması hem de maden işletmesinde teknik ve pratik tecrübesi olması şart olmalıdır. Bu niteliğe sahip olmazlarsa ilk vazifeleri olan güvenlik ve sağlık konusunda müşavirlik yapma imkânları olamaz.

Kaza önleminde ilgili istatistiklerin toplanması ve analizi mühim rol oynar. İyi kullanıldığı takdirde bu istatistikler yardım edici faktörlerin tesbitini ve tetkikini temin eder ve yapılan yeniliklerin kaza tecrübelerine istinad edilerek çalışılmasını sağlar; yeni inkişafın muvaffakiyet veya noksanlarını tesbit eder; gelecekteki araştırma ve tecrübelerine yol açar; mukayeseli şekilde hazırlandığı takdirde de kazaların korunması gayretlerini teşvik edici olur.

Kaza araştırmaları ve tetkiklerinin ehemmiyeti üzerinde durmadan kaza önlenmesi mevzuundaki görüşmeler tamamlanamaz.

Kazaların sebebi bilinmedikçe ve insana en ufak yaralamayı bile meydana getiren kazaların sebebi araştırılmadıkça kazaların önlenmesi için yapılacak az şey vardır, ölümle ve ehemmiyetli yaralanmalarla neticelenen kazalar ilgili Bakanların idaresinde incelenmelidir. Bu araştırmalar Bakan tarafından tayin edilen bir baş müfettiş veya bilirkişi tarafından, ayrıntılı bügilere dayanılarak yapılmalıdır. Araştırma raporları Parlâmentoya takdim edilmelidir (3).

Bu şekül araştırmaların gayesi kazayı meydana getiren durumların bulunması; olmasına yardımcı faktörlerin tesbiti; tekrarlanmasını önleyici tedbirlerin teklifi; lüzumlu düzeltici tedbirlerin alınması için kaza mesulünün bulunmasıdır. Araştırma teknik mahiyette olmalı, teknik ehliyeti olan bir kimse tarafından yürütülmeli, adli mânada suç arayarak, bu araştırmalar sırasında bazı suç delilleri meydana çıksa da, hâkimlik görevi yapmamalıdır.

Bazı memleketlerde bu gibi soruşturmaların yapılma tarzı kanun kapsamına girmektedir. Kazalar kişüere zarar verse de vermese de "overwind" ve benzeri hâdiselerin; meselâ yeraltı yangınları, su baskınları, vs.'nin, maden kuyularında tekerrürü bu kanunların kapsadığı tedbirlerin içine girmelidir.

Bu araştırma raporlarının sonuç ve tavsiyeleriyle birlikte neşredilmeleri çok faydalıdır. Madencilikle ilgili yerlere bol miktarda gönderilmeli ve gelecekteki kazaların önlenmesi konusunda görüşmelere temel teşkil etmelidir.

Salahiyetli idarecileri alâkalandıracak diğer bir saha da sağlık ve güvenliği korumayı geliştirme ve kazaları koruma ile ilgili mevzulardır. Bu nevi incelemeler hükümetin, işverenlerin ve bazan da kaza sigortaları şirketlerinin isteğiyle yapılır. Bu gibi müesseselerin: kaza önlemesi faaliyetlerini teşvik etme, sağlığa zararlı durumları aydınlatma, güvenlik ve sağlık standartlarını inceleme, koruyucular çizme ve kullanmaya hazırlama ve kişisel koruyucular yapmada büyük yardımları olur. Böyle bir müessese Çalışma Bakanlığı tarafından yakın zamanlarda bu memlekette kurulmuş ve faaliyetlerini madencilik sahasına da uzatmıştır.

Sonuç

Madenlerin güvenlikle çalışması mesuliyetinin en yukarı makamlara ait olduğu üzerinde durmağa çalıştım. Bu yazıdaki prensipler şüphesiz maden kazalarının korunması konularında geniş ilerlemelerin yapılmasında; madencilik çevrelerindeki kalkınmalarda; işçilerin sağlığının ve rahatlığının korunmasında yardımcı olacaktır. Neticeleri maden endüstrisine ekonomik bakımdan da faydalı olabilir.

Plânlama ve hareket tarzı, bütün kazalarda hazır olan esas kaza sebeplerinin iyi anlaşılmasına dayanmalıdır. Aynı zamanda kazaların veya tehlikeli durumların meydana gelmeden ortadan kaldırılmasına gayret edilmelidir. Yalnızca kaza olduktan sonra görülen hataların tashihi kâfi değildir. Kazaların aşağıda gösterilenlerle önlenebileceği söylenir:

- Daha iyi "sistem hazırlığı",
- Daha iyi eğitim,
- Daha iyi nezaret,
- İşçinin çalışma koşullarına daha iyi uyumu,
- Bilinen koruyucu araç ve sistemlerin kullanılması,
- Bazı yeni koruyucuların kullanılması, veya
- ilâve mevzuat.

Bütün bu başlıklar üzerinde daha fazla çalışma yapmak mümkündür.

Teknik imkânlar dahilinde güvenli çalışma çevreleri ve fiziksel kaza ihtimalleri yok edilmelidir. Kişisel hareketler derinliğine etüd edilmelidir. Bütün kazaların %90'ı kişilerin yanlış hareketlerinden meydana gelir. Daha iyi eğitim ve nezaret yanında plânlı çalışma sistemi ve standart metod kullanılması kazaların daha seyrek olmasını sağlar. Kişinin günlük çalışması sırasındaki faaliyetleri için güvenlik yöntemleri geliştirilmelidir.

Sözümü İngiltere'de eski bir Baş Maden Müfettişinin yıllık raporunda kullandığı sözlerle bitirmek isterim: "... güvenlik ayrı bir mevzu değildir, istihsal işlemlerinin hepsinde bulunan tabu bir haldir. Kişiler, çalışmak mecburiyetinde olduğu ortamdaki 'atmosfer' ile kendi arasmdaki ilişkinin sonucu olarak ölür veya yaralanır. Binaenaleyh, güvenliği sadece idarecilerin değil, makineleri plânlayan, imâl eden, işlerinde kendilerini eğiten ve nezaret edenlerin de mesuliyetidir. Güvenlik, yöntemler de planlanmalı, makinelerde imal edilmeli ve insana Öğretilmelidir" (5).

Bibliyografik Tanıtım

1. Thoughts on Mine Safety, Presidential Address to the Mining Institute of Scotland - Samson, T. R.; The Mining Engineer, September 1968, p. 699.
2. Safety and Health at Work, Report of the Committee, 1970-72; Command 5034, HMSO, London.
3. Accidents in Mines - Principles of Prevention - Sir Andrew Bryan; paper presented at the National Coal Mining Conference, Edinburgh, June 1961.
4. Safety and Health in the Seventies - J. L. Collinson; Coliery Guardian Annual Review 1971, p. 29.
5. Ministry of Power, Report of H. M. Chief Inspector of Mines and Quarries... for 1966. London, HMSO, 1967, p. 9.

ANÎ DEGAJMAN OLAYLARININ AÇIKLANMASI VE ZONGULDAK HAVZASINDA GÖRÜLEN SON OLAYLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Senai SALTOGIAJ*

özet

Son zamanlarda Zonguldak Kömür Havzasında görülen ani degajman olaylarının değerlendirilmesine geçilmeden önce olayın olugumunu etkileyen faktörler belirtilmiştir. Ani degajmana eğilimli kazı yüzeylelerinin tanınması için tatbik edilen metodlar ile kullanılan aletler hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

Zonguldak Kömür Havzasında 1969 senesinden zamana kadar geçen süre içerisinde görülen olayların kronolojisi yapılmış, olayın meydana geliş nedenleri eleştirilmiş ve azaltılması için yapılması gerekli işlemlerden kısaca bahsedilmiştir.

Abstract

The factors influencing the outbursts are explained before the evaluation of incidents occurred recently in Zonguldak Coal Basin. A short description of methods and instruments are given to detect the faces susceptible to outbursts.

The chronology of incidents, occurred in Zonguldak Coal Basin from 1969 till present are made, the causes of incidents are evaluated, and the steps to diminish them are briefly explained.

1. Giriş

Zonguldak Kömür Havzasındaki damarlarda fazla miktarda metan gazının bulunuşu (5) bazı tehlikelerin meydana çık-

(*) Dr. Maden Y. Müh., t.T.Ü. Maden Fak. Maden işletmesi ve Makinalar Kürsüsü Doçenti.

masına sebep olmaktadır. Bu tehlikelerden biri ve en önemlisi, âni degajman olayıdır. Bu yazıda kullanılan âni degajman deyimini, arıdan basınç altında kömür ve gaz püskürmesi anlamında kullanılmıştır. Havzada âni degajman olayına uzun süreden beri rastlanılmakta olup, burada sadece 1969 yılından günümüze kadar olan olayların anlatımı ve kritiği yapılmıştır. Son yıllarda Zonguldak havzasında derinlere ve bakir sahalara girildikçe bu olayın artmış olduğu görülmektedir. Bu tebliğ konuya bir ön ışık tutması amacıyla hazırlanmış olup, daha derin ve detaylı incelemelerin yapılması zorunludur.

2. Âni Degajman Olayının İzahı

Âni degajman olayı, kömür içerisinde bulunan yüksek gaz basıncı sonucu arının buna mukavemet edemiyerek parçalanması ve fazla miktarda gaz ile birlikte kömür ve yan taşın ocak boşluğunu doldurmasıdır. Olayın meydana gelmesi için aşağıdaki şartların mevcut olması gerekmektedir:

- a) Kömür damarı içerisinde yeterli bir gaz konsantrasyonu ve gaz basıncına sahip olan bir zonunun bulunması;
- b) Kayaç basıncı yardımıyla gaz ve kömür arasındaki bağının kalkması;
- c) Kömür içerisinde bulunan gazın yeterli bir hızla çıkması ve dolayısıyla yeterli bir gaz basıncının meydana gelmesi ;
- d) Meydana gelen yüksek basınç zonuğun yeterli büyüklükteki bir yüzeyden (kazı arım) yeterli bir uzaklıkta bulunmasıdır (7). Bu suretle kayaç ve gaz basınçlarının müşterek etkisi ile kömürün arm direnci yenilmekte, dolayısıyla de âni degajman meydana gelmektedir.

2.1. Âni Degajman Tehlikesi Olan Bir Kömür Damarının Özellikleri

Bir kömür damarında bulunan bazı özellikler âni degajman olayına sebep olduğu gibi olayın şiddetine de etki etmektedir. Bunların başında damarın tektoniği, derinliği, meyli ve kalınlığı gibi hususlar gelir. Tektonizma sonucu meydana gelen faylar, damarın sığıdığı yerler, damar içerisinde âni degajmana yatkın olan kısımlardır. Bunların yanında damar derinliği art-

tıkça olayın fazlalaştığı müşahede edilmektedir. Fakat bu sadece, fazla derinde bulunan damarlarda âni degajmanın olacağı anlamında değildir. Bazı kömür ocaklarında 80 m derinlikte (Polonya) dahi olaya rastlanmıştır. Meyil ise, kolay kırılabilen kömür damarları için önemli olup, fazla meyillerde olayın meydana gelişi hızlanabilir (3).

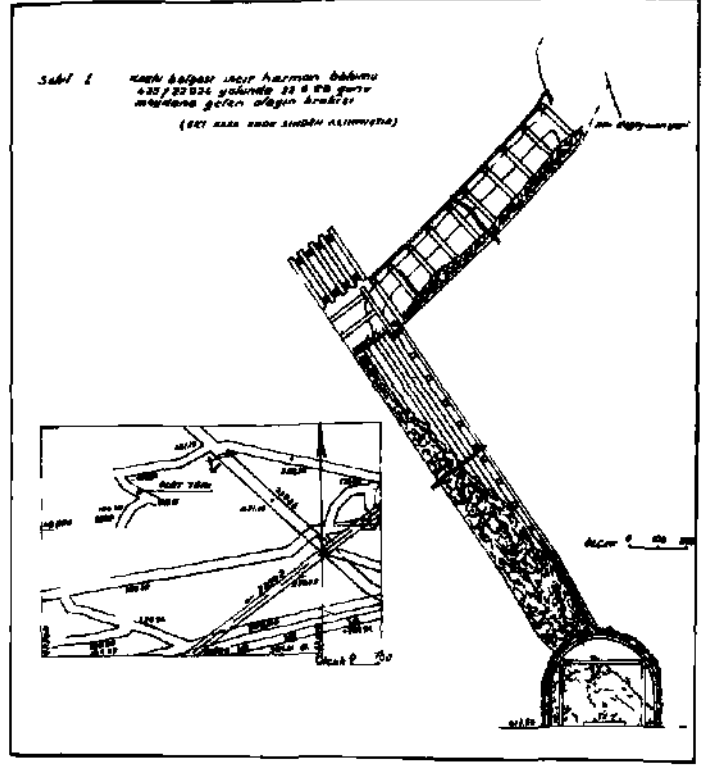
Diğer bir husus, damarın üzerine gelen basınç ve kömürün sertliğidir. En önemli yön ise kömürün strüktürü, bünyesinde bulunan gazın miktarı ve basıncıdır. V₁ ve AP diye gösterilen desorpsiyon karakteristikleri yardımıyla kömür içerisindeki gazın miktarı ve basıncı tayin edilmekte, bulunan değerlere göre de âni degajman tehlikesi belirtilmektedir. Keza kömürdeki mikro çatlaklar gazın migrasyonu için doğal yollar olduğundan bunların sayısının tespiti yapılarak tehlikelilik durumu belirtilmektedir (7).

3. Zonguldak Kömür Havzasında Görülen Âni Degajman Olayları

Zonguldak Kömür Havzasında şüphesiz ki, ocaklar işletmeye başladıktan bu yana pekçok âni degajman olayına sahne olmuştur, incelemenin bu bölümünde, 1969 senesinden beri görülen olayların izahı ve kritiği yapılmıştır. Havzadaki bölgelerden sadece Karadon ve Kozlu bölgesinde âni degajman olaylarına rastlanılmış olup (4), diğer bölgelerde görülmemiştir.

1. Kozlu Bölgesi İncirharman Bölümünde 22.6.1969 günü iki işçinin ölümüyle sonuçlanan kaza —425/22924 Sulu başyukarı arımında, —387 kotunda meydana gelmiştir. Meyili 45° ve damar kalınlığı 1,5-2 m olan başyukarı arımında kömür önceden kazılamıyacak şekilde sert bir yapı arz etmektedir. Olaydan önce yapılan gaz kontrollerinde tehlikeli miktarda gaz tespit edilmemiştir. Olayı takiben yapılan ölçmelerde metan miktarının %6'nın çok üzerine çıktığı ve gelen ince kum gibi ve çok kuru bulunan kömür postasının ise 120 t ağırlıkta olduğu tespit edilmiştir. Keza damarda, arızadan dolayı bir genişleme durumu müşahade edilmiştir.

2. Karadon Bölgesinde 11.9.1969 senesinde görülen ve 13 işçinin ölümüyle neticelenen âni degajman olayı —360/42400



kuzey lâğımında meydana gelmiştir. Ateşlemeden önce ve sonra galeri arınında yapılan ölçmelerde, metan %1'in altında bulunmuştur. Bu ölçüden 55 dakika sonra âni grizu degajmanı olmuş, arın kömürü ufalanarak 18 m² kesitindeki galerinin 3 m'lik kısmını 45⁰'lik açı ile doldurmuştur. Âni degajdan sonra galeri içerisinde ölçülen metan miktarı %10'un üzerinde olmuştur. Âni degajman neticesi galeri içerisine 100 ton kadar ince kömür postası gelmiş, püskürme neticesi arından 10-15 m mesafedeki bağların arına bakan yüzeyleri çok ince kömür tozu ile kaplı olduğu halde, diğer yüzeylerinde hiçbir kömür belirtisi görülmemiştir. Bu da bize, metan gazının yüksek basınç altında arın gerisinde depo edilmiş olduğuna dair bir işarettir. Âni degajman sonucu intişar eden metan, galeriyi yüksek oranda doldurmuş ve dış kaynaktan gelen bir ısının yardımıyla patlayarak 13 işçinin ölümüne sebebiyet vermiştir.

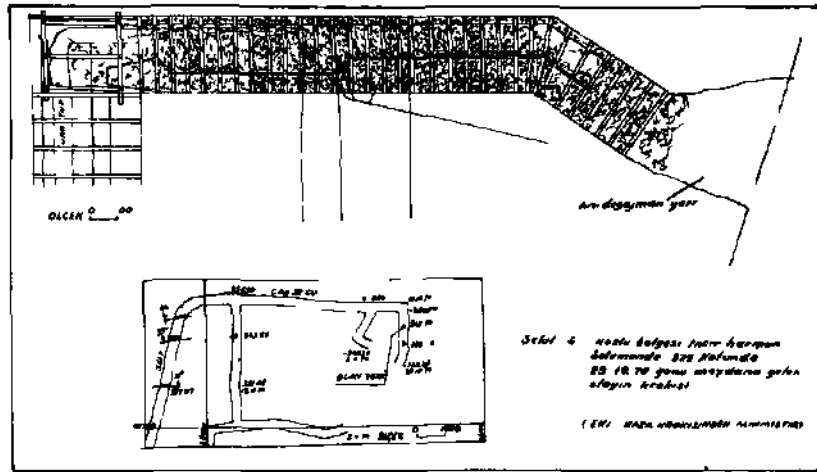
3. Karadon Bölgesinde 16.11.1969 senesinde 2 işçinin ölümüne sebep olan âni degajman olayı —360/42417 Güney lâğımında meydana gelmiştir. Kesilen damar yatay olduğundan galeri 12 m kömür içerisinde gitmiş, buna rağmen kömür pasajı tam sağlanamamıştır. Ateşlemeden önce %1'in altında olarak tespit edilen metan miktarı ateşleme sonucu aniden yükselmiş, —260 kuyu başında %6, kuyu içinde ise %10'u geçmiştir. 130 m uzunlukta olan galeri içerisinde ise olayı müteakip hemen ölçü yapılamamıştır. Ateşleme işi arma delinen üç adet lâğım ile yapılmıştır. Lâğım atılmasını takiben armdan azar azar siyah bir duman (çok ince kömür tozu) çıkmış ve devamlı fakat hafif olan çıtırtılar duyulmuştur. Arkasından âni degaj olayı meydana gelmiştir. —364 kuyu dibinden itibaren 25 metrelik kısımda kömür tozu bulunamamış, buradan itibaren 75 metreye kadar olan kısımda arma doğru yükselerek giden pudra haline gelmiş kömür tozu bulunmuştur. 75 metreden arına kadar olan kısımda ise kömür tozu galeriyi tavanın 30 cm aşağısına kadar tamamen doldurmuştur. Nakledilen kömür miktarı 700 t kadardır.

4. Kozlu Bölgesi Ali Soydaş Bölümünde 26.6.1970 günü 1 işçinin ölümüyle sonuçlanan kaza —360 kotunda Çay Damar içerisinde çıkarılan başyukarıda —345 kotunda meydana gelmiştir. Meyili 45° olan başyukan içerisinde ölçmeler sonucu tehlikeli metan konsantrasyonu tespit edilememiştir. Olayı müteakip gelen toz halindeki kömür postası 226 ton'dur (Şekil 2).

5. Karadon Bölgesi Gelik Bölümünde 23.9.1970 günü 1 işçinin ölümüyle sonuçlanan kaza —50/—150 Acılık başyukarı içerisinde —90 kotunda arının tepmesi sonucu fazla miktarda intişar eden metandan dolayı meydana gelmiştir. Kazı yapılan yerde damar kalınlığı 2.30 m olup, başyukan meyili 46°'dir. Başyukarıyı dolduran toz halindeki kömür miktarı 10 t'u bulmuştur (Şekil 3).

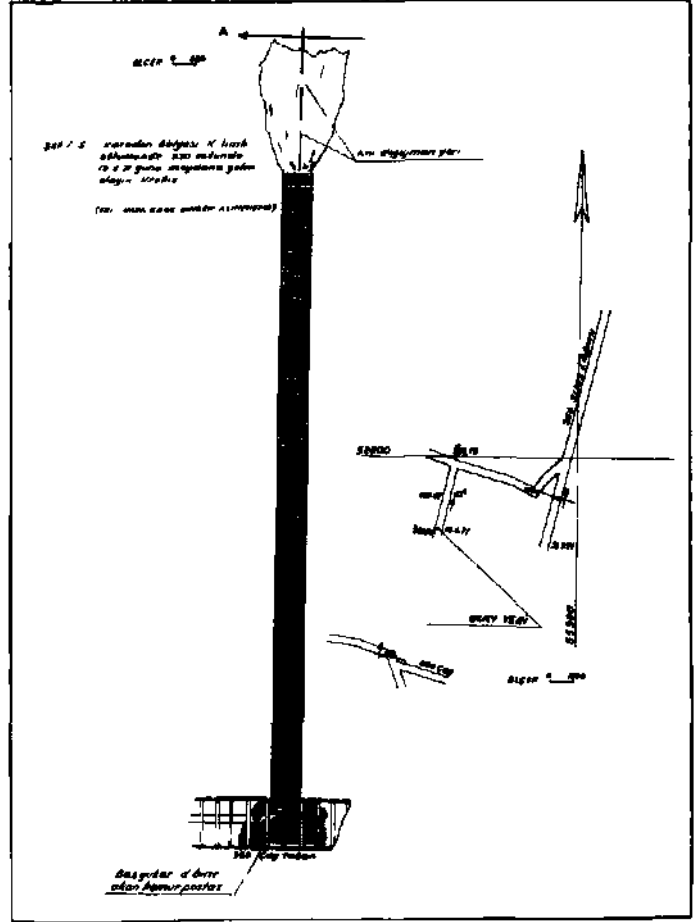
6. Kozlu Bölgesi incir Harman Bölümünde 29.10.1970 günü 3 işçinin ölümüyle sonuçlanan kaza —360/22" 17 galerisinden Çay Damar içerisinde çıkarılan başyukarımn —325 kotunda meydana gelmiştir. Olaydan önce kömür arını çok sert bir yapı arzetymekte ve yapılan gaz ölçmelerinde ise tehlikeli metan

konsantrasyonu tespit edilmemiştir. Arında tahkimat işlemi devam ederken arka arkaya iki kütleme ile arın patlamış, 80 t ağırlığındaki ince kum gibi kömür başyukarıyı doldurmuş ve fazla miktarda metan intişarı olmuştur (Şekil 4).



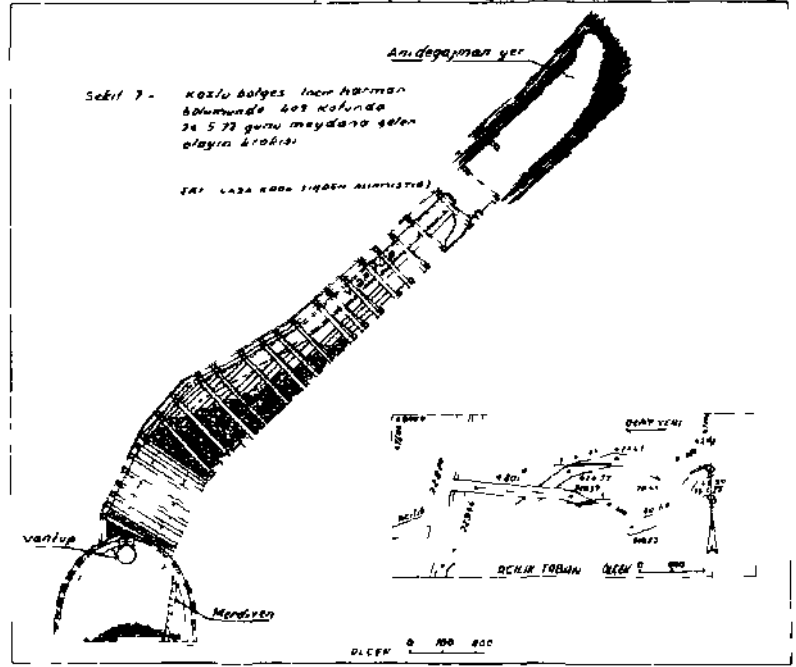
7. Karadon Bölgesi Kilimli Bölümünde 19.6.1971 günü 2 işçinin ölümüyle sonuçlanan kaza —360/51105 Güney lâğımından nefeslik gayesiyle sürülen başyukarının —320 kotunda meydana gelmiştir. Başyukarı meyili 52° ve kalınlığı 2 m olan bu başyukarı arınında kömür gevşek bir yapı arzietmekte, fakat yanlara doğru sertleşmektedir. Yapılan gaz kontrollerinde fazla miktarda metana rastlanmamıştır. Olayı müteakip fazla miktarda metan intişar olmuş ve $\%3,5-4$ 'ün üzermdede değerler ölçülmüştür. Gelen kömür postası çok ince toz ve kum gibi olup, 80 t kadardır (Şekil5).

8. Karadon Bölgesi Karadon Bölümünde 23.5.1972 günü 2 işçinin ölümüyle sonuçlanan kaza —260 Acılık tabanında —232 kotunda meydana gelmiştir. Olayın olduğu yerde başyukarının yüksekliği 1.5 m, meyili ise 35° 'dir. Olayın oluşundan önce gaz kontrolü yapılmış ve metan miktarı $\%0,9$ 'un altında bulunmuştur. Ayrıca yapılan sondajlardan da bir gaz birikimi tespit edilememiştir. Son ölçüden takriben iki saat sonra arındaki kömür pıtırıtı sesleri çıkararak dökülmeye başlamış, bu sı-



ıada yapılan metan Ölçüsü ise aleti silecek kadar yükseklikte tespit edilmiştir. Durumu değerlendirebuen bir madenci işçilerin büyük bir kısmını işyerinden uzaklaştırmıştır. Bunu takiben âni degajman olayı meydana gelmiş ve 70 ton kadar gelen ince kum gibi kömür başyukarıyı doldurmuştur (Şekil 6).

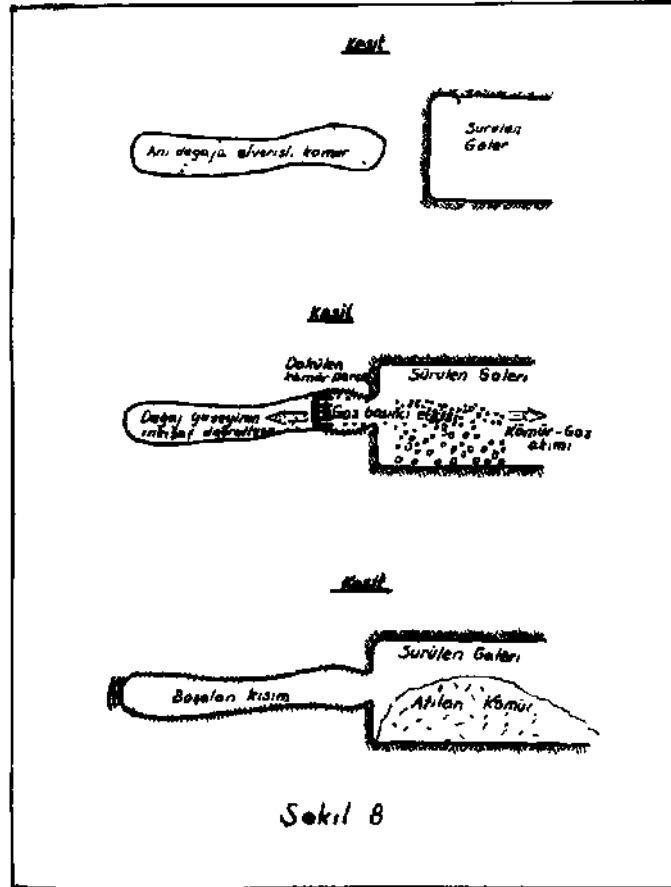
9. Kozlu Bölgesi incir Harman Bölümünde 26.5.1972 günü 1 işçinin ölümüyle sonuçlanan kaza —425/22944 Acılık sağ başyukarısmda —405 kotunda meydana gelmiştir. 60° meyilli başyukarı arınında kömür çok sert bir yapı arz etmektedir. Gaz



makta, hattâ Kazı işini zorlaştıracak kadar mukavemet göstermektedir. Bu suretle, böyle bir arın gerisinde, basınç, altında bulunan gazın çıkması zorlaşmakta, hattâ imkânsız hale gelmektedir. Nitekim, olay meydana gelmeden önce başyukarı içerisinde gaz tespiti için yapılan ölçmelerde genel olarak en fazla %0,8-1 metan bulunmuştur. Olayı takiben yapılan ölçülerde ise %6-10'un çok üzerinde metan tespit edilmiştir. Bu şekilde olan bir kazı arınında ilerleme devam ettikçe, kömür içinde bulunan gaz basıncını karşılayan kısmın kalınlığı azalmakta ve belirli bir kalınlıkta kömür gaz basıncına mukavemet edemiyerek parçalanmaktadır. Ayrıca âni degajman olayının meydana geldiği yerlerde damarın incelmesi, yani kömürün sıkıldığı müşahede edilmiştir. Sıkma olan yerde kömür üzerine gelen basınçtan dolayı bunun geçirgenliği azalmakta ve içerisinde bulunan çatlakların aralıkları kapanmaktadır. Damarın tekrar kahnlaştığı yerde ise dolayısıyla kömür gevşemekte ve karşı gaz basıncını karşılayamayacak derecede zayıflamaktadır.

Şayet böyle zayıflamış bir yerin arkasında ani degaja eğilimli bir kısım mevcut ise, bu şekilde bir damar sıkmanın geçişi esnasında her an ani degajman olayı beklenebilir.

Karadon Bölgesi Kuzey ve Güney lâğımalarında olan âni degajman olaylarında ise durum biraz daha değişik şekilde meydana gelmiştir. Kuzey lâğımında 0,5 - 2 m kalınlıkta 10 adet damar kesilmiş, yalnız 2 m kalınlığındaki 10. damarda fazla metan ölçülmüşse de, yeterli havalandırma ile önlenmiştir. Yatay olarak ilerleyen ve lâğımda olayın meydana gelmesine tek neden, âni degajmana eğilimli büyük bir kayaç zonuna yaklaşılmış olunmasıdır (Şekil 8) (3). Ateşleme sonucu atılan



A blokundan dolayı basınç altında bulunan kömür ve gaz galeri boşluğunu büyük bir hızla doldurmuştur.

Âni degajman olayım karakterize eden diğer bir kriter de, olay sonucu atılan toz ve kum gibi olan kömür kitlesi ile fazla miktarda gaz çıkışıdır. Kayag kitlesinin miktarının tesbiti kolay olmasına karşılık gaz miktarı ve basıncı hakkında tam bir malûmat elde edebilmek zor olmaktadır. Fırlatılan maddelerin büyüklüklerine göre gaz basıncı, dolayısıyla miktarı hakkında teorik yolla hesap yapılabilirse de, şartların değişik olması birçok kabuller yapmak mecburiyetine ihtiyaç gösterir. Fakat, buna rağmen olayı takiben yapılan gaz ölçüleri genel olarak yüksek miktarda (%10'un üzeri) metanın varlığını ortaya koymaktadır. Gaz bileşimi ise tamamen metan olup, karbondioksit rastlanmamıştır. Atılan kömür miktarı 30 - 700 t arasında değişmektedir. Bu kömür çok kuru olarak, pudra gibi çok ince büyüklükten kum tanesi iriliğine kadar tane büyüklüğü göstermektedir. Arından en uzak yerde, pudra gibi olan kömür tozuna; arına yaklaştıkça, daha iri taneli kömür tozuna rastlanılmaktadır.

Zonguldak Havzasında âni degajmanın meydana geldiği kömür damarlarında önemli olan bir husus da, olaydan önce arında tipik seslerin duyulması olmuştur. Bu sesler ya pıtırılı veya gıcırta şeklinde veyahut ıslık şeklindedir. Bunu takiben de kazı anındaki kömür küçük parçacıklar halinde dökülmüştür. Şayet kazı arında böyle durumlarda iyi bir değerlendirebilme yapılırsa can kaybı azaltılabilir.

5. Âni Degajman Olaylarının Azaltılması İçin Tatbik Edilen Metodlar ve Öneriler

Âni degajman olayının izahından anlaşılacağı üzere, olayın azaltılması için ya damar içerisindeki gaz basıncının etkisi küçültülmeli veya arını tutmaya çalışan ve parçalanmasına mâni olan kuvveti büyültmelidir (7).

Âni degajman ile mücadele metodlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz (3) :

- 1) Gaz basıncını hafifletmek için başka bir damarın kazısı,

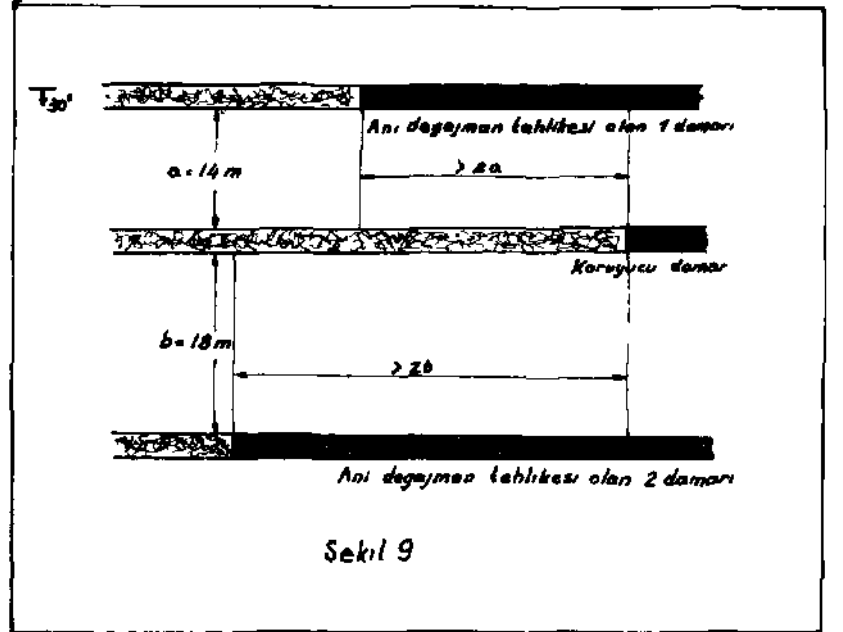
Tablo 1 — Zonguldak Havzasında Meydana Gelen Âni Degajman Olayları

Olay No.	Damarın ismi ve bölgesi	Olay günü	Derinlik	Olayın yeri ve meyili	Damar kalınlığı m	Atılan kömür miktarı	Olbülen gaz CH ₄ %	Ölü sayısı
1	Kozlu - Sulu	22 6.1969	—387	Başyukarı 45°	1,5-2	120 t	> 6	2
2	Karadon - *	11 9.1969	—364	Kuzey lâğımı yatay	7	100 t	>10	13
3	Karadon - ?	16.11.1969	—364	Güney lâğımı yatay	t	700 t	>10	2
4	Kozlu - Çay	26 6.1970	—345	Başyukarı 45°	8-10	226 t	—	1
5	Karadon - Acılık	23.9 1970	— 90	Başyukarı 46°	2,30	50 t	Tehlikeli CH ₄ %'si	1
6	Kozlu - Çay	29.10.1970	—325	Başyukarı 56°	8-10	80 t	Tehlikeli CH [^] %'si	3
7	Karadon - Çay	19 6.1971	—320	Başyukarı 52°	2	80 t	>3-4	2
8	Karadon - Acılık	23.5 1972	—232	Başyukarı 35°	1,5	70 t	> 8	2
9	Kozlu - Acılık	26 5.1972	—405	Başyukarı 60*	1,6	30 t	>10	1

- 2) Gaz basıncı yükünün azaltıldığı ve gazın dışarı çıkışını sağlayan geniş çaplı delikler,
- 3) Kazı hızı,
- 4) Arın içerisine su empenyesi.

5.1. Gaz Basıncını Hafifletmek için Başka Bir Damarın Kazısı (Koruyucu Damar Kazısı)

Âni degajman tehlikesi olan bir damarın taban veya tavan tarafında bulunan başka bir damarın kazısı ile bahis konusu olan damarda gaz yükü bakımından bir hafifleme meydana gelir. Bu suretle de ani degajmana yatkın damarda kazı işi tehlikesizce yürütülür. Kaide olarak, koruyucu damarın kazı arını a , ani degajmana eğilimli damarın kazı arını b arasındaki mesafe, bu iki damar arasındaki kot farkının 2 katından fazla olmalıdır (Şekil 9)



Bu metodun çok fazla kullanılmasına mukabil bazı mahzurlu yönleri vardır. Koruyucu damarın olmaması, iki damar ara-

sımdaki mesafenin fazla olması veya bahis konusu olan Havzadaki bütün damarların ani degajmana yatkın olması, metodun tatbikini kısıtlayan faktörlerdir.

Fakat buna rağmen Havzada bu metodun uygulanışı iyi sonuçlar verebilir. Örneğin; Kozlu serisi içerisinde ani degajman yönünden tehlikeli olan Büyük - Sulu - Acılık - Çay damarlarının üzerindeki ve altındaki İstapan, Piç, Hacımemiş, Leonidas, Piriç, Hacıpetro gibi damarların Şekil 9'a göre kazısı veya damar içerisinde galerilerin sürülmesi, olayın önlenmesi yönünden başarılı olabilir.

Keza Karadon Bölgesinde ani degajman tehlikesi olan Acılık, Çay, Sulu damarlarının üzerindeki ve altındaki Piç, Piriç, Hacıpetro, Hacımemiş, Leonidas damarlarında yukarıda yazılan hususlar uygulanabilir.

5.2. Gaz Basıncı Yükünün Azaltıldığı ve Gazın Çıkışını Sağlayan Geniş Çaplı Delikler

Geniş çaplı deliklerin etkisi iki aşamada olur (7) :

1) Küçük Bir Âni Degajman Olayının Meydana Gelişi: Bd gaye için kullanılan delik çapları 65-140 mm arasında olmaktadır. Matkabın kömür arını içerisine girmesinden ve belirli bir hızla (1 m/dak) ilerlemesinden sonra delik dibinde küçük bir âni degajman olayı için elverişli şartlar meydana gelir. Ayrıca kömür kesintileri de bünyelerindeki gazı dışarı verirler. Tanecik çapı küçüldükçe gaz miktarı da o kadar fazlalaşır. Bu pnömatik enerji yalnız basma kesintileri dışarı atabilecek güçtedir. Şayet çok kırıkü bir kömürde delik deliniyorsa küçük bir âni degajman olayı meydana gelir ve delik ağzından kömür büyük bir hızla dışarı atılır.

2) Damarın Gaz Basıncının Azalması ve Gazın Çıkması: Yukarıda izah edilen delik ağzından fırlatılan kömür, delik hacmine tekabül eden kömür miktarından fazla olmaktadır. Meselâ 115 mm çapındaki bir delik hacmi 10 lt/m'dir. Oysa bazı damarlarda 80 lt/m hacminde kömür miktarının dışarıya atıldığı tespit edilmiştir. Bu suretle, damarın geçirgenliği fazlalaşır gaz çıkışı kolaylaşmaktadır. Neticede gaz basıncı, bunu takiben gaz miktarı azalmakta ve dolayısıyla âni degajman tehlikesi bertaraf edilmektedir.

degaja mani olan yeterli kalınlıkta koruyucu bir baraj temin edilmiş olunur. Bu durum» orta şiddetteki ani degaja yatkın bir uzun ayakta rambeli çalışmadan göçertmeli çalışmaya geçildiği zaman elde edilebilir (7).

5.4. Kömür Arını İçerisine Su Emprenyesi

Kömür arını içerisine su enjekte edildiğinde damara gelen ilâve basınç zonu daha geriye itilmektedir. Buna neden, ara kesmelerin mukavemetinin küçülmesidir. Bu amaç için kullanılan su basıncı 100 - 500 atmosfer arasında değişmektedir (100 - 200 atü ayak ve taban yollarında; 300 atü ayaklarda kısa deliklerde; 500 atü koruyucu damar kazısında) (3).

6. Sonuç

Zonguldak Kömür Havzasında görülen âni degajman olaylarının azaltılması için, tehlike durumu gösteren damarların üzerinde istihsal yapılması veya bu damarların altında sürülecek galerilerle gaz basıncı bakımından damar yükünün hafifletilmesi önerilmiştir. Ayrıca kazı arınında açılacak geniş kesitli delikler, damarın yükünün azaltılması bakımından faydalı görülmüştür.

Bibliyografik Tamam

1. Anziferov, S.: Ergebnisse der Wissenschaftlichen Untersuchungen der Ursachen und der Mechanik plötzlicher Ausbrüche. Bergakademie 12 (1960).
2. Dégagement Instantané de Gaz et Roche. Congrès International. Leipzig 1966.
3. Eckart, D.; Gimm, W.: Plötzliche Ausbrüche von Gestein und Gas im Bergbau. Freiburger Forschungshefte A 409, 1966.
4. E.K.I. Kaza Raporları.
5. Güney, M.: Zonguldak Kömür Havzası Kozlu Bölgesi Kömür Katmanlarının Metan Kapsamı ve Grizu YayıUmu. T.B.T.A.K. Proje No. MAG-215, 1972.
6. Neue Erkenntnisse bei der Erforschung und Bekämpfung von Ausbrüchen im Bergbau. Freiburger Forschungshefte A-493, 1971.
7. Plötzliche Ausbrüche von Grubengas und Kohle. Synthesbericht 1962 - 1969 Gerchar Bergtechnik, Heft Nr. 41.
8. Wood, L.: Experiments Showing the Pressure of Gas in the Solid Coal. Trans. N. England. Ins. Min. Mech. Engrs.

MADENCİNİN MESLEKİ HASTALIĞI: PNÖMOKONYOZ

Tacettin ATAMAN*

özet

PnÖmokonyoz bilhassa kömür madencilerinin tutulabilirlikleri önemli bir meslekî hastalıktır, ince taş ve kömür tozlarının akciğerde alveollere yerleşmesiyle, fiziksel ve kimyasal etkilere sonucu akciğer tahrip etmekte ve hastanın vital kapasitesini büyük ölçüde azaltmakta ve tüberküloz gibi tehlikeli hastalıklarla ihtilâl yaratmaktadır.

işveren müesseselerin bu tehlikeye kargı:

- 1 — İlk işe girişte genç ve sağlam işçileri işe almak,
- 2 — Periyodik radyografik muayenelerle işçilerin sağlıklarını kontrol altında tutmak,
- 3 — Yeraltında tozlarla gerekli mücadeleyi yeterli bir seviyede tutmak suretiyle devam etmek,

gibi tedbirlerle bu meslek hastalığına asgari seviyede tutmak Ödevidir.

Yukarıda sayılan tedbirleri almayan ve uygulamayan bir müessese, bu tedbirleri uygulayan normal bir ocaktaki kaçınılmaz maluliyetin üstündeki maluliyetlerde:

Fült maluliyet - Kaçınılmaz maluliyet farkını, hastaya tazminat olarak ödemek zorundadır. Kaçınılmaz maluliyet kümülâftir, yani zamanla orantılıdır.

Bu prensipler dahilinde maluliyetin işveren sorumluluğundaki kısmı basit bir formülle hesaplanır.

Kaçınılmaz maluliyet ise çalışılan işyerlerinin toz cinsi ve tozluluk derecesine göre tesbit edilmiştir.

Abstract

Simple miners' Pneumocognosis is an occupational disease specially for the coal miners. Fine particles of rock and coal enter into miners' lungs and cumulate in alveoles. They affect the lungs tissue physically and chemically and decrease very

(*) Assoc. Prof. Dr., O.D.T.Ü., Ankara.

rapidly the vital capacity of the men and make complications with tuberculosis and endanger their lives.

The operator of the mine should take the following precautions against this danger:

- 1 — The candidate taking a job underground should be young, healthy and robust.
- 2 — He should be subjected to x-ray examinations periodically.
- 3 — The operator of the mine should fight against rock and coal dust continuously and effectively.

An operator who does not take above cited measures fully, will be responsible of the excess of infirmity caused by this disease, the degree of infirmity being compared with unavoidable degree of infirmity happening to a normal worker, working in anormal coal mine (in which the above cited measures are taken) during 30-32 years,

The unavoidable degree of infirmity depends upon the kind of work done by the worker during his working period.

The indemnity paid by the operator would be related to the difference of actual infirmity-unavoidable infirmity of the worker.

The effect of pneumocognosis is cumulative in lungs and the unavoidable infirmity is a linear function of time; its calculation is easy.

I. Madencinin Mesleki Hastalığı: Pnömokonyoz

1. Konuya Giriş

Madencilik insanlığın yeraltından faydalı taşları çıkarmaya teşebbüs etmesiyle başlar. Çakmak taşının önem kazandığı günlerden bugüne kadar insanlar yeraltından, kendileri için faydalı gördükleri cevherleri çıkarmada çok gayret göstermişlerdir. Taşı, toprağı ve cevherleri kazan madenciler, bunların ince tozlarını taşıyan havayı teneffüs etmek zorunda kalmışlar ve böylece akciğerleri, bu tozların fiziksel ve kimyasal etkilerine maruz kalmış ve içlerinden, bu etkileri yenemiyenler bu madenci hastalığına yani pnömokonyoz'a tutulmuşlardır.

Bilhassa kömür ocaklarında çok miktarda işçi çalıştırılmakta ve bu işçilerin bir kısmı bu hastalık dolayısıyla malûl olmaktadır, işveren müessese bu hastalığı doğuran tozlarla gerektiği kadar mücadele ettiği ve bilhassa genç ve sağlam işçi-

leri işe alıp onları zaman zaman radyografik kontrollerle koruma usullerini uyguladığı takdirde bu hastalığı en düşük bir seviyeye düşürebilecektir. Bu hususları lâyıkıyla uygulamazsa pnömokonyotik işçilerin sayısı artacak ve bu yüzden ölüm vakaları dahi artacaktır. O halde işçilerin yüksek maluliyet derecelerinde işveren müessesesinin bir sorumluluğu vardır, işte, bu inceleme, böyle bir sorumluluğun tâyin yollarını araştırmaktır.

2. PnÖmokonyoz

Bu ad, madencüerin meslekî hastalığına verilen genel bir isimdir. Silis ve silikat tozlarının akciğerlerde yaptığı tahribat sonucu meydana gelen hastalığa silikoz denir. Buna benzer diğer bazı cevher tozlarının meydana getirmiş oldukları hastalıklara da "asbestosis", "aluminosis", "siderosis" ve benzeri isimler verilmektedir. Bunların içinde en önemlisi silikozdur.

3. Silikoz TeorÜeri

3.1. Fiziksel Teoriler*

A) Köşelilik: Kuvars tozlarını meydana getiren parçacıkların köşeli ve keskin kenarlı oluşu bazı araştırmacıları bu yönde araştırmaya zorlamıştır: Zenker (1). Halbuki 1923'te Gardner'in Karborandum tozları ile yaptığı denemeler akciğerde fibröz yapmamıştır.

B) Taze Kırılmış Kuvars Tanecikleri: Bragg 1930 yılında kuvars'ın kristal yapısını inceledi (1). Heffernan 1935'te ve Policard 1947'de yeni kırılmış kuvars kristallerinin taze yüzeylerinin deşarj olmamış elektronlar taşıdığını ve bu nedenle biyolojik faaliyette bulunduğunu ileri sürmüşlerdir. 1936'da Briscoe ve arkadaşları, silikozun taze satıhh kuvars taneciklerinin şimifizik özelliklerinden meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir. 1949'da Weyl, taze kırılmış kuvars parçacıklarının yüzeylerinde atom halindeki oksijenin bu hastahğa sebep olduğunu ileri sürdü (1).

C) Piyezoelektrisite : Velicogna 1946'da ve Evans 1948'de silikoz hastalığının meydana gelmesinde Piyezoelektrik özelliği

(*) Zaidî'nin kitabından iktibas edilmiştir

olan bazı tozların teneffüs edilmesinin müessir olabileceğini ileri sürdüler (1). Buna karşılık Policard 1950'de "Wulfenite" maddesini farelere, Pratt ise 1953'te turmalin tozlarını tavşanlara uyguladılar ve silikoz belirtüeri görmedüer.

D) Negatif Yük: Hounam 1952-1954 yıllarında ilk defa kuvars tozlarının negatif elektriki yüklerinin silikozun meydana gelmesinde âmil olduğunu ileri sürdü. Alveollerin hücrelerinin protoplazmasındaki müsbet yükle reaksiyon yapan bu negatif yükün silikoza sebep olduğuna inanıyordu (1).

E) Kuvars Tozlarının Kristal Şeklinde Olması: Zaidî ve arkadaşları 1956 yılında farelerin kuyruk damarlarına sıra ile eritilmiş silis, kuvars, cristobalite ve tridymite enjekte etmek suretiyle orada fibröz teşekkül ettiğini, ancak eritilmiş silisin en az ve diğerlerinin sıra ile daha çok etken olduğunu tesbit etmişlerdir.

Kuvars ile diğer silis çeşitlerinin aralarındaki ilişkiler şöylece özetlenebilir (1) :

Kuvars 575°C	-Kuvars 870°	-tridymite 1470	-cristobalite
	162°C		1710°C
	↓		↓
	-tridymite 180-270°		erimiş silis
	↓		↓
	117°C		180-270 C
	tridymite		B-Cristobalite

F) Yüzey Adsorplaması: Scheel 1954 ve 1955'te kuvars yüzeylerinin proteini adsorpladığını ve onu tahrip ettiğini ispat etti. Kuvars parçacıklarının diğer bazı maddeler üzerine adsorplandığı hususunun, silikozun teşekkülünde önemli bir rol oynadığını Her 1955'te üeri sürdü. Schcpers 1955'te bunu teyid etti.

3.2. Kimyasal Teoriler

Silikozun kimyasal mahiyetini ilk ortaya koyan Aldridge (1892) oldu. Ona göre silikoz, silis ile akciğer mesci arasındaki kimyasal deaksiyon sonucunda oluşmaktadır.

Haidane 1014'te, Kuvars'ın su içinde çözünmesiyle silisik asidin meydana geldiğini ispatladı. Bu deneyler Aldridge'in buluşunu destekledi.

Mellor 1918'de ilk kez silisik asid'in silikozun oluşmasındaki rolünün önemini ortaya koydu.

A) Eriyebüme Teorisi: Kettle (1926-1934) hayvanlar üzerinde yaptığı deneyler sonucunda eriyebüme teorisini destekleyecek mahiyette neticelere ulaştı. Diğer bazı araştırmacılar da kuvars parçalarının demir oksidi veya alumina Üe kaplandıktan sonra silisik asidin nesic üzerinde etkisinin azalmış olduğunu ispatladılar.

Jotten ve Prefferkorn (1953) kuvars'ın su içinde erimesi konusunu ilk kez elektron mikroskobu ile incelediler. Buldukları sonuca göre: Kuvars tozlarının eriyebilmesi yanında, kuvars'ın başka özelliklerinin de silikozun teşekkülünde rol oynadıkları anlaşıldı. Onlara göre: Kuvars tozlarının eriyebilmesi ile meydana gelen silisik asidin Polimerleşmesi silikozun oluşmasında büyük çapta etken olmaktadır.

B) Diğer Kimyasal Teoriler: Siükatların etkisinin de silisiki kadar önemli olduğu üeri sürüldü. Silis (kuvars) m yapıcının da erimesi kadar etken olduğu ileri sürüldü (1).

4. Kömür Çeşitlerinin Pnömkonyoz Üzerindeki Etkileri

Kömür tozlarının teneffüs edilen havada en çok bulunduğu kömür bacalarında çalışan işçilerin arasında rastlanan Pnömkonyoz, silikozdan farklı bir akciğer hastalığıdır. Kömür madencilerinin Pnömkonyozunun başlıca nedeni, ince kömür tozlarının teneffüs edilmesiyle akciğerlerdeki alveollerde bu tozların birikmesidir. Böylece; bu hastalığa: Kazmacılar, barutçular, tamircüler, taramacılar, tabancılar, nakliyecüler, lavarlarda triyağda ve elekte çalışanlar ve diğer kömür tozlarına maruz kalan işçüler tutulabilirler.

Kömür madencilerinin Pnömkonyozunun belirtileri şunlardır:

- Nefes kesikliği,
- öksürme ve kömür tozu ihtiva eden balgam çıkarma,

- Üeri durumda göğüs bir fiçı şeklini alır,
- Bronşit ve göğüs tıkanıklığı,
- Zayıflama ve en sonra:
- Kalb sektesi veya veremden ölüm.

Akciğerde, kömür tozunun hücreler civarındaki lenf sistemine doğru kaydığı görülür ve akciğerde yer yer kömür tozu toplanmış bere yerleri ve büzülmeler teşekkül eder (1). Akciğerler taze havayı alabilmek için gerekli genişlemeyi yapamaz. Alveollerin duvar nesicileri çizilir ve fibrözler çoğalır. Bronşlarda şişmeler (anfizem) başlar. Yaş ilerledikçe anfizem sayısı artar (Gough, 1940; Hepplaston, 1947).

Kömür madencisi pnömokonyozu bazan kütle halinde akciğer fibrozuna dönebilir. Küçük nodüllerin birleşmesiyle, akciğerin yarısından çoğunu kaphyacak kadar kütleli bir şekil alır. Bu esnada verem mikropları akciğere yerleşince: Pnömo-konyoz - tüberküloz ihtüâtı olur ve hastayı ölüme götürür.

Taş bacalarında (lâğımcılarda ve ince damarların taban yollarında) çalışan işçilerle domuz damcılarda ve ayak arkasını düşürenlerde, daha çok yüksek silis ihtiva eden taşların tozlarını ihtiva eden havayı teneffüs ettikleri için süikoza rastlanır.

Nagel Schmidt'in araştırmalarına göre (1959-1960), kömür tozu pnömokonyozu, silikoz'un başka bir şeklidir. Şöyle ki; kömür tozları kimyasal yönden etkili değildir, ancak kömür tozları arasında bulunan kuvars tozları akciğerlerde fibröz meydana getirir.

Teneffüs edüen havadaki tozların %40'ı kuvars, %60'ı kömür tozları olduğunda, kuvars tozlarının fibröz yaptığı sabit olmuştur.

Nowak (1966) göstermiştir ki kömür tozları, kuvars tozlarının meydana getirmiş olduğu silikozu şiddetlendirmektedir. Böylece "anthrasilicosis" deyimi de bir mâna ifade etmektedir.

Grafit

Grafit üe ilgili bazı sanayide çalışan işçiler, ince grafit tozu ihtiva eden havayı teneffüs etmek zorundadırlar. Bunlar

arasında bazan pnömokonyoz vakalarına rastlanmaktadır. Bu tozların %10 silis ihtiva ettiği görülmüştür (1). Chesno Valley, İtalya grafit ocakları (Parmeggiani, 1950) havasında tozların %56'sının kömür ve %11'inin serbest silis olduğu, %25 silis ihtiva ettiği tesbit edilmiştir. Ancak bu vakalarda tüberküloz ihtilâtına rastlanmamıştır. Rutner, Bovel ve Aufdemaur (1952) bir grafit ügütücüsünün akciğerinde dağınık nodüller ve sonra da kütle halinde şişkinliklere rastlandığını ifade etmişlerdir. Ancak bu grafitte kül yüzdesinin %0.85 olduğu ve bu kütlede de silis bulunmadığı da bilinmektedir.

Vorwald (1960), bir grafit madencisinin akciğer otopsisinde siyah lekeler, geniş ölçüde fibrozlara ve anfizeme rastlandığını beyan etmiştir. Grafitin analizinde serbest silis miktarı %10'dan az olan kül bulunmuştur.

Hayvanlara yapılan grafit tozları enjeksiyonu sonucunda lenf sistemi yakınlarında lezyonların teşekkülü müşahede edilmiştir (Harding ve Oliver, 1949).

Elmas

Hayvanlar üzerinde yapılmış olan deneylerde elmas tozlarının akciğer üzerinde pek etken olmadığı görülmüştür. Kuvars tozları ile karışık elmas tozlarının ise akciğerlerde tahribat yaptığı müşahede edilmiştir.

Linyit

Gross ve Nau (1967), maymunlar ve iri fareler üzerinde linyit tozlarının etkilerini denemişlerdir. Nefes yolu ile verilen tozların %85'i 5u.'dan küçük çaplarda idi. Neticede, diğer kömür cinslerinin tozları gibi basit pnömokonyoz etkilerinin oluştuğu görüldü.

Kömürden Gayri Maddeler

Alüminyum tozları akciğerlerde aluminoz,
Asbest tozları akciğerlerde asbestoz,
Kalay oksidi tozları akciğerlerde stannoz,

Demir oksitleri tozları akciğerlerde sideroz,

Berilyum tozları akciğerlerde berilyoz hastalıklarını meydana getirdikleri hem klinik vakalarda ve hem de deneysel yollarla sabit olmuştur (1).

Yukarıda sayılmış olan elementlerden başka:

Kalsiyum bileşimleri: Çimento tozları, feldspat, jips kal-ker tozlarından ilk ikisi akciğeri etkiler ve son ikisi ise zararsız oldukları anlaşılmıştır.

Baryum bileşimlerinde baritin ince tozları barit madenlerinde çalışan işçilerde pnömokonyoz meydana getirdiği bilinmektedir (1).

Nikel ve Kadmiyum elementleri ve bileşimlerinin ince tozları pnömokonyoza sebep olmaktadır (1).

Zirkon zirkonyum silikatın zararsız olduğu görülmüştür

Titanyum tozları ile **Wolfram karbür** tozlarının uzun zaman teneffüs edilince pnömokonyoza sebep oldukları anlaşılmıştır (1).

Kükürt ve **Manganez** ince tozlarının uzun zaman teneffüs edilmesiyle pnömokonyoz tesbit edilmiştir. Nadir topraklar ile karbonandum (silicon carbide) tozlarının da akciğerlerde pnömokonyoza sebep oldukları anlaşılmıştır (1)

II. Zararlı Tozların Akciğere Girip Yerleşmesi

A. Tozların Havaya Karışması

Maden cevherlerinin istihsalinde ince tozların havaya karışacağı yerler yani ince tozları meydana getiren işlemler aşağıda sıralanmıştır:

- 1 — Cevher veya taşlara delik delinmesi,
- 2 — Cevher veya taşların patlatılması,
- 3 — Kırık cevher veya taşların arabalara veya konveyörlere yüklenmesi,
- 4 — Kırık cevher veya taşların taşınması ve aktarılması,

- 5 — Uzun ayaklarda kömür veya cevherin kazılması, yüklenmesi ve ayak dibindeki araba veya konveyöre aktarılması,
- 6 — Ayak arkalarının göçertilmesi veya rambale ile doldurulması.

Yukarıda sıralanmış olan işlemlerde:

- ince taş tozları,
- İnce kömür tozları,
- İnce taş ve kömür tozları karışımı havaya karışmaktadır.

B. Tozların Havada Askıda Kalması

Çok ince tozlar havada uzun süre askıda kalır. Beş mikrondan küçük çapta olan tozlar uzun zaman havada askıda kalır. Böylece bu ince tozlar, ocaktaki havalandırmanın meydana getirdiği hava akımlarıyla ocakta her bacaya yayılır ve sürüklenir.

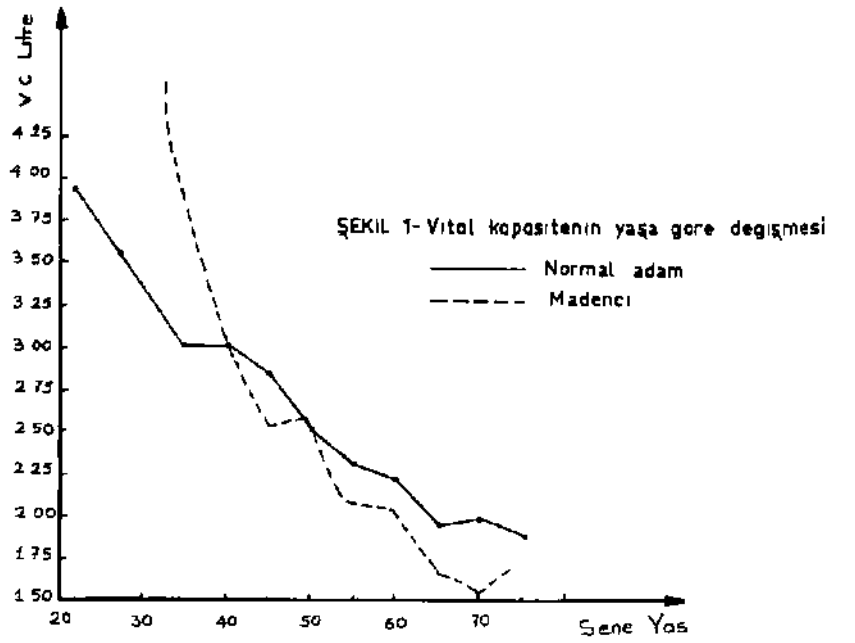
C. Maden Ocaklarında Çalışan İşçiler: Fizik Yönden İnsan

Maden işçilerinin yeraltında çalışmaları, genellikle adeli kuvvete dayanır. İstihsal, nakliye ve tahkimat işleri makineleştikçe bu çalışmaların adeli olması azalmaktadır.

Ortalama olarak, genç bir erkek işçi, istirahatte iken yarım litre/dakika; çalışırken de, çalışmanın ağırlığına göre, 1 -1.5 litre/dakika oksijene muhtaçtır. Normal şartlar altında, havadaki oksijenin sindirilmiş olan her litresi, dokularda sağladığı yakma ile 4.9 - 5 büyük kalori verir. Meydana gelen **bu kalori** miktarı, alınmış olan gıdaya göre az çok değişir. Böylece, sağlam ve sıhhatli bir işçi gençlik devresinde 150-170 watt'lik bir güce sahiptir (2). Bu güç 7-8 saatlik sürekli bir çalışma dönemi için (bir vardiya) ortalama değerdir. Bu gücün elde edilmesinde, alınmış olan gıdaların assimile edilerek kan üe dokulara gitmesi ve orada yine kanın akciğerlerden, alveollerden almış olduğu oksijenle yakılması âmü olmaktadır. O halde, bir işçinin gücü akciğerlerinin alabileceği oksijen miktarına bağlı kal-

maktadır. Böyle bir mekanizmada, akciğer faaliyetinin azalması, dolayısıyla insan gücünün de azalmasına sebep olur.

İnsan gücü, aynı zamanda insan yaşı ile de değişir. Sağlam bir insanın gücünün bir ölçüsü olan derin bir nefes alıp vermede ölçülen hava miktarı: V.C. = vital kapasite ile insan yaşı arasındaki bağıntı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Görülüyor ki: 21 yakındaki genç bir işçide vital kapasite 4 litre iken, 35 yaşında 3 litreye ve 50 yaşında ise 2.3 litreye düşmektedir.

Bu eğri, yeraltında çalışan maden işçileri üzerinde yapılmış olan ölçmelerden elde edilmiştir.

Bu durum karşısında: Mekanize olmayan maden ocaklarında (bilhassa kömür ocaklarında) işçilerin çalışmalarının daha çok adeli güce dayandığı şartlar içinde, 50 yaşma ulaşmış bir işçinin çalışma gücünün %42.5 oranında azalmış olması dolayısıyla, yeraltında bedenen çalışması hem ekonomik olmaz ve hem

de insanı duygulara aykırı düşer. Diğer taraftan, madencilğin kaçınılmaz olan bir miktar maluliyete duçar olan 50 yaşındaki bir işçiyi, isterse tekaüde sevketmek veya tecrübeli ve işe yarar bir durumda ise ve çalışmak da istiyorsa, yerüstünde hafif bir igte çalıştırarak 55 yaşında emekliye ayırmak çok yerinde olur.

D. Kömür Madenlerinde Çalışan İşçilerin Çahşma Çevreleri

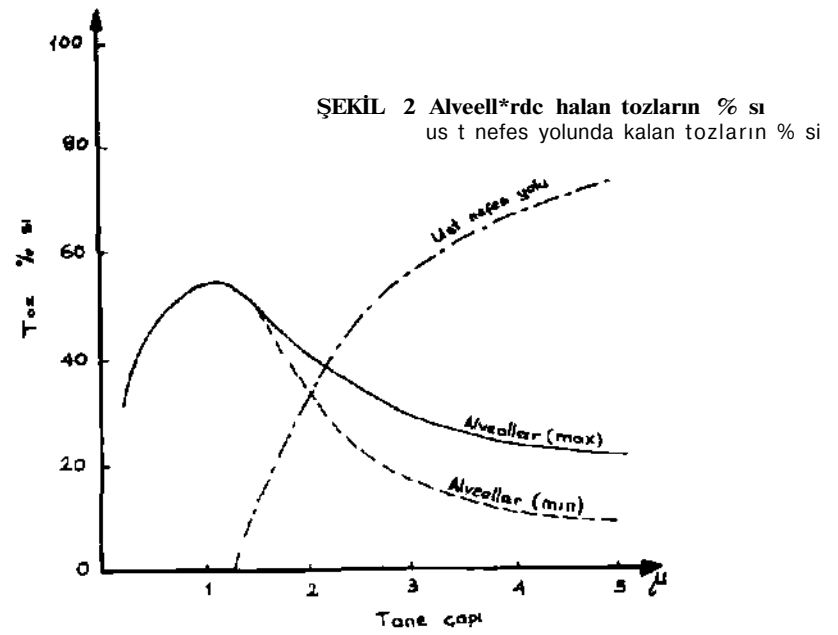
Kömür madenlerinde, yeraltında çalışan işçiler, çalıştıkları yerlerde 7-8 saatlerini geçirirler. Bu zaman zarfında, oradaki havayı teneffüs ederler. Şayet kömür ve taş tozlarıyla müessir ve tam bir mücadele yapılmıyorsa, bu tozlu havanın zararlı etkilerine maruzdurlar. Bu taş ve kömür tozları, işçilerin akciğerlerine yerleşerek, onları vücut ve akciğer yapılarına çahşma yerlerindeki ince toz miktanna ve bu tozların silis yüzdesine göre beş yıldan (hattâ bazı nadir hallerde üç yılda) 20 - 25 yıla kadar olan bir çalışma süresi zarfında, farklı oranlarda malûl kalmaktadırlar. Taş ve kömür tozlarının bu akciğeri tahrip edici etkisine diğer akciğer hastalıkları da ekseriya katılarak tüberküloz, plörezi, müzmin bronşit, anfizem, dolayım yetmezliği gibi hastalıkların meydana gelmeleri hastayı çok ağır durumlara götürür.

E. Taş ve Kömür Tozlarının Akciğer Faaliyeti Üzerinde Yaptığı Etkiler

Yukarıda açıklanmış olan bu etkiler, uzun müddet kömür ocaklarında bilhassa tozlu yerlerde çalışan bazı işçüerde pnömokonyoz belirtüeri başlar. Hastalığın derecesi ve üerleme hızı aşağıdaki faktörlere tabidir:

- 1 — Teneffüs edilen havadaki tozların akciğerde alveollere yerleşen kısmının yüzde miktarları ile bu tozların çapları arasındaki bağıntı (Şekil 2).
- 2 — Havada askıda kalan bu ince tozların silis yüzdesi.
- 3 — İşçinin bu tozlu havada kalma toplam süresi.
- 4 — Taş ve kömür tozlarının akciğer dokusu üzerindeki etkileri.
- 5 — İşçinin akciğer ve vücut sağlamlık derecesi.
- 1 — Toz Miktarı ve Çapları

Bu faktör, çalışılan yere ve bu yerdeki işin farklı safhalarına göre değişir. Örneğin lâğım ve tabanların sürülmesinde, kazma veya martopikör üe kazı yapılmasında, lâğım makinesi ile kuru olarak lâğım deliği delinmesinde ve bu lâğım deliklerinin patlatılmasında ve elde edüen taş veya kömürün arabalara veya konveyörlere yüklenmesinde meydana gelen ince tozların miktarları ve silis yüzdeleri değişir.



Çalışılmakta olan bir ayakta ise kömürün kazılmasında, silis yüzdesinin düşük olması nedeniyle, meydana gelen ince tozların silis muhtevası da düşüktür. Diğer taraftan, arkası göçertilen bir uzun ayakta demir direklerin veya domuz damlarının sökülmesinde, tavan tabakalarının aniden kırılıp düşmesi anında meydana gelen hava üflemesi ile ince tozlar havaya kalkar ve havada askıda kalır. Bu tozlu hava, havalandırma alanı ile, o hava akımı üzerinde bulunan bacalara uğrar ve orada çalışan işçileri etküer. Şekil 2'de, teneffüs edilen hava içindeki ince tozların alveollerde kalan kısmının çaplarına göre yüzdelerini göstermektedir. 1.2p, - 1.5p, çapları arasındaki toz-

lar, alveotlara girecek kadar ufak ve alveollerdeki hava akımının sürükleyemeyeceği kadar da iri oldukları için, maksimum bir yüzde (% 55-56) arzelmekte ve çap büyüdükçe alveollere girme şansı azalmaktadır. 5f'yu aşan çapta olan tozlar alveollere girememekte ve 0.2[μm]/dan küçük tozlar da alveollerdeki hava akımı ile dışarı atılmaktadır.

2 — Tozlardaki Serbest Silis Yüzdeleri

G. Nagelschmidt (4) İngiltere South Wales kömür ocaklarında çalışmış olan işçüerden bir kısmının otopsilerinde, akciğerlerinde bulunmuş olan tozların kimyasal anahz sonuçlarını şöyle özetlemiştir :

Çizelge 1 — Otopsilerde Bulanan Tozların Kimyasal Analizleri

işçiler (%)	Kömür	kuvars (%)	Diğer sili- katlar (%)
Taşta çalışanlar	25	20	55
Kömürde çalışanlar	86	2	12
Ayııklayıcı ve < lekçiler	95	1	4

Görölüyor ki taşta çalışanlarda silis ve silikatlar teknil tozun %75'ini teşkil etmelerme karşılık kömürde çalışanlarda süis ve silikat yüzdesi %14'e ve kırblajda çabşanlarda ise silis ve silikat yüzdesi %5'e düşmektedir.

Zonguldak'ta, taşta çalışan işçilerde kuluçka devri ortalama olarak 9-10 yıl olmasına karşılık, kömürde çalışıp da pnÖ-mokonyoz teşhisi konanlarda bu devrenin 20-21 yıl olması (3) yukardaki çizelge muhtevasına uygun düşmektedir.

Yine, İngütere, South Wales'de sadece pnömokonyozlu 59 işçinin akciğerlerindeki tozların ortalama büesim ve miktarları şöyledir:

Çizelge 2 — Akciğerdeki Tozların Ortalama Bileşim ve Miktarları

Gruplar	İnce- lenen akciğer sayısı	Akciğerde bulunan Homur (gr.)	Silis ve silikat (ST.)	Toplamı toz <gr.)	Silikat- larda silis (%)	Toza ma- ruz kalma süresi (yü)
1	15	16	0.6	22	114	22
2	15	47	1.1	5.8	12.9	29
3	15	10.2	2.1	12.3	13.9	30
4	14	241	2.1	26.2	10.3	32

Çizelge 2'de görülüyor ki, akciğerlerde biriken tozların miktarları toza maruz kalma süresiyle birlikte artmaktadır. Yani akciğerlere tozların yerleşmesi kümülâtiftir (— birikmece) (4).

Ayrıca, çalışma yerlerine göre: Belçika kömür ocaklarında bulunan serbest silis miktarları A. Houbrechts (5) tarafından incelenmiştir.

Belçika kömür ocaklarında (%25 uçucu maddeleri olan taş kömürü), ocak havası dönüş yollarında yapılmış olan numune alma ve analizler sonucunda:

Ocağa girenler		Toz tanesi (ems)	Toz çapı („)
İdareciler**, Mühendisler ve Nezaretçiler		1440'dan az	0.5 - 5
"	%40'ı	650'al	1 - 5
"	%80'i	1900'den az	0.5 - 5
		850'si	1 - 5

tozlara maruz kalmıştır.

Bu tozların ortalama serbest silika muhtevası %4-6'dır.

İşçilerden İse:

Tumbacı, Domuzdamcı,

Rambleci olanların	%20'a1	1250	dane/cm.3	den az
	%50'si	1500	"	den az
	%85'i	2000	"	den az

tozlara maruz kalmıştır. Bu tozlar 0.5 - 5 çaplarında ve \leq S-9 silis ihtiva etmektedir.

İngiltere'de 1939 -1947 yılları arasında görülmüş olan Pnö-mokonyoz vakaları sayısı şöylece dağılmıştır (6) :

Çizelge 3 — İngiltere'de 1939 -1947 Arasında Rastlanan P.C. Yakalarının Dağılışı

Endüstri	Vaka sayısı	Yıllık ortalama	%
Kömür madenciliği	19.166	2.130	91
Diğer endüstriler	1.719	191	9
Toplam	20.885	2.321	100

m. Pnömkonyoz'un Teşhisi ve Değerlendirilmesi

Bugüne kadar uygulanan teşhis ve değerlendirme metodları şunlardır:

- 1 — Radyolojik metodlar,
- 2 — Akciğer fonksiyon testleri.

Kuvars ve kömür tozlarının teneffüs edilmesinden doğan pnömkonyoz ile akciğerlerin çalışma derecesi arasında sıkı bir bağ vardır. Bazı bronş lezyonları, alveollere hava giriş ve çıkışım çok engellediği ve dolayısıyla akciğer faaliyetini çok kısıttığı halde radyolojik olarak tesbit edilmeleri güç olmaktadır. Buna karşılık, radyolojik görüntü bulunmasına rağmen akciğerlerin sağlam kalmış kısımlarının bu fonksiyonu yüklenmesi sebebiyle, fonksiyonun bozulmadığı da görülmektedir.

Bu nedenle, ikinci teşhis yolu, yani akciğer testleri, radyolojik teşhis metodunun zaruri bir tamamlayıcısıdır.

IV. Pnömkonyoz'un Farklı Aşamaları

Radyolojik teşhis ve ifadelerin 1958'de Cenevre'de toplanmış olan Uluslararası İş Bürosunca (I.L.O.) kabul edilmiş olan sınıflandırma ve kabul edilmiş olan semboller şöyledir*:

- O — Pnömkonyoz'un radyolojik belirtisi yok.
- Z — Yapıda artma var (sınıflandırma dışı).
- L, — Çizgi veya ağ halinde struktur artması.
- P — Nokta şeklinde gölgeler: Çapları 1.5 mm'den küçük.

(*) Bu sınıflandırma 1964'te ve 1971'de biraz daha değiştirilmiştir.

M— Mikro-nodüler bölgeler: 1.5-3.00 mm çapta.

N — Nodüler şekilde bölgeler: 3-10 mm çapta.

Kantitatif Sınıflandırma

1 — P, M, N gölgelerin yaygınlık derecesi en çok bir akciğer alanının 1/3'ü kadar yer kaplamaktadır.

2 — P, M, N gölgelerin yaygınlık derecesi orta sayıda ve bir akciğer alanının 1/3 - 2/3'ü kadar yer kaplamaktadır.

3 — P, M, N gölgelerin yaygınlık derecesi, her iki akciğerin tümünü kaplamıştır ve çok sayıda görülmektedir.

A : Gölgenin çapı: 1-5 cm olup müteaddit gölgeler vardır.

B : Gölgelerin çapları bir akciğerin 1/3 alanını geçmeyecek kadar.

C : Gölgelerin çapları bir akciğer alanının 1/3'ünden çok yerinde.

Co : Kalb bölgesinde anomali (küçük dolaşımda yetersizlik)

Cp : Küçük kan dolaşımında yetersizlik belirtileri.

Cv : Kavite, akciğerde oyuk.

di : Distorsiyon: Göğüs içi organlarında yer değiştirme.

em : Açık anfizem.

hi : Hilus anormalliği (radyolojik anormal hilus gölgesi).

Pl : Akciğer zarında her çeşit değişiklikler.

Px : Aktif tüberküloz düşündüren gölgeler.

Not: Genellikle L: çizgi şeklindeki teşhislerde hata oranı çok yüksektir. Bu nedenle, Sosyal Sigortalar Kurumu I.P.C. (eksperler) toplantısında L: sınıflandırma dışı kabul edilmiştir (7).

V. Ocak Havasındaki Tozların Tehlikeli Sınırları

Kömür istihsal eden çeşitli memleketler, tehlikeli toz sayılarını (dane sayısı/cm³) veya miktarlarını mg/m³ kendi ölçülerine göre tesbit etmişlerdir.

KANADA.

300 tane/cm-t	iyi
500 - 800 tane/cm [^]	Orta
1000 tane/cm [^] veya daha çok	Tehlikeli

A.B.D..

Tehl'keli toz yoğunluğu	SiO ₂ yzdesi
175/cnV	50 %
175/cm ³	5 - 50%
1750/cm ³	5 %

JAPONYA

400/cm ³	10%
1000/cm ³	10%

HOLLANDA

X mg/m ³	Silis tozları
Y	Diğer mineraller tozları
Z	Kömür tozları

olursa. $5X+3Y+Z =$ Müessir yüzde olarak hesap edilmektedir.

İNGİLTERE

İş yerleri	Tehlikeli yoğunluk tane/cm ³
Yollar, lâğımlar	
Eskiler	250
Diğer işyerleri	700

tozlarda silis %'sine bakılmaz.

İSVEÇ:

Tehlikeli limit tane/cm ³	SiO ₂ %'si
200	30
400	30

ÇEKOSLOVAKYA

mg/m ⁻³	Tehlikeli yoğunluk limitleri SiO ₂ %
30	< 5
10	5 < < 10
2	> 10

olarak kabul edilmiştir

RUSYA:

Toz boyutları 0.2 - 5 µm olmak üzere;

mg/m ³	SiO ₂ %
2	10
10	10

Görülüyor ki, belli bir toz yoğunluğuna kadar, havadaki toz miktarı normal telâkki edilmektedir. O halde, kömür ocaklarında, bu tehlikeli toz yoğunluklarının altında kalınacak şekilde, tozla mücadele etmek her ocak idaresine düşen bir ödevdir ve bir insanî (ve kanunî) mecburiyettir.

Böyle bir ocağa normal bir ocak gözüyle bakılır. Tozlarla layıkıyla mücadele edilmeyen ocaklarda ise, işçiler yüksek maluliyet dereceleriyle sonuçlanan Pnömonyoz'a maruz bırakılmaktadır.

Normal bir ocakta: 18 yaşında işe giren bir işçi, çalıştığı işyerlerine göre, 50 yaşına kadar çalışınca:

Lâğımıcı, domuz damcı, düşürücü ise	%12
Tobancı, taramacı ise	%11
Kazmacı, nakliyeci, olukçu ise	%10
Yol marangozu vb.	% 9
Nezaretçi, kapıcı, anbarcı ise	% 8

oranlarına kadar malûl olmaları normal sayılmalıdır. Bu maluliyetlere de **kaçınılmaz maluliyet** denir. Bu kaçınılmaz maluliyet tehlikeli limitlerin altında tutulan toz yoğunlukları dolayısıyla, havadaki tozların doğurmuş oldukları tehlikesiz maluliyetlerdir. Yani 1/12 maluliyete duçar olmuş bir lâğımıcı 50 yaşında surfasa çıkarsa veya mütekait olursa, onu tehlikeli hastalıklara sürükleyemez.

VI. Ocak İdaresine Düşen Sorumluluk

V. bahiste açıklanmış olan normal bir ocakta kaçınılmaz maluliyet, tehlikeli sınırların altındaki toz miktarlarını ihtiva eden havayı teneffüs eden ocak işçilerinin çalışmış oldukları süre ile orantılıdır. Çünkü, az da olsa, akciğerlerde ince tozların birikmesi kümülatif olup, bu tozların miktarı zaman ile orantılıdır. Maluliyet derecesi, kaçınılmaz da olsa akciğerde birikmiş olan bu tozların miktarı üe orantılı olmakla, çalışma süresi ile de orantılı olmuş olur. O halde normal bir ocakta çalışan işçilerin çalıştıkları yerlere göre;

İşe girme yaşı	Normal çalışma süresi (Yıl)
18	32
21	31
24	30
27	29
30	28

yukarıda verilmiş bulunan ve işe giriş yaşının bir fonksiyonu olan sürelerde erişecekleri maluliyet dereceleri aşağıdaki grafikte gösterilmiştir. I, II, m, IV ve V ile gösterilen doğruların altında kalan alan, işçilerin ulaşabildikleri maluliyet yüzdelerinin bulunacağı yerdir (Şekü 3).

Bu doğruların üst kısmında kalmış olan alan ise, normal olmayan (tozlarla lâyıkiyle mücadele edilmeyen) ocaklarda çalışan işçüerin ulaşabilecekleri maluliyet yüzdelerinin bulunabilecekleri alandır. I, n, IH, IV ve V rakamları:

I — Lâğımcı, domuzdamcı, düşürücü, barutçu

II — Tabancı, taramacı

III — Kazmacı, olukçu, kâtipler (puvantör)

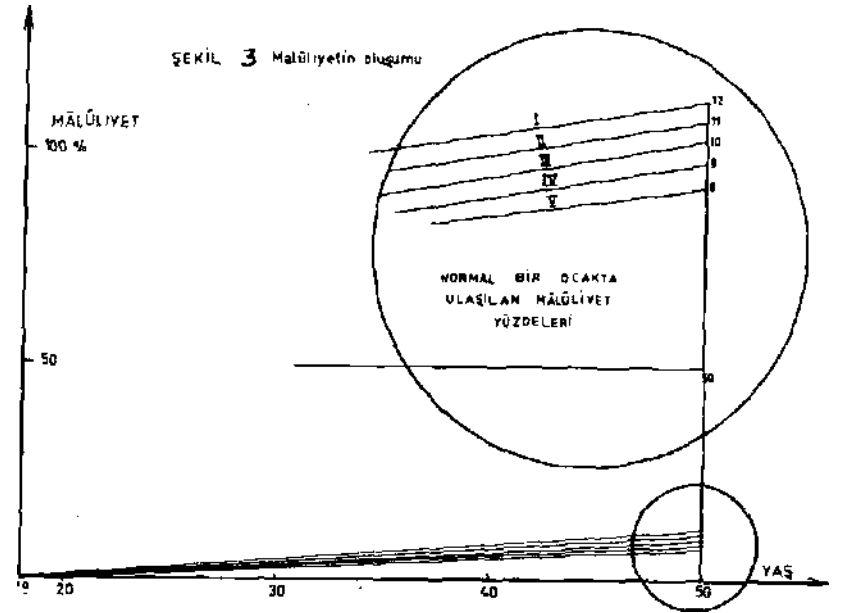
IV — Yol marangozu, nakliyeciler ve sair...

V — Nezaretçüer, kapıcılar, anbarcılar...
gruplarını ifade eder.

iyi organize edilmiş bir toz mücadelesi ve koruyucu hekimliğin uygulandığı (normal ocaklarda 18 yaşından 50 yaşına

kadar yeraltında çalışan ve ilk işe alındıkları zaman sağlam bünyeli ve akciğerleri kuvvetli olan işçilerde en çok %8-12 (çalıştığı yere göre) kadar bir maluliyetin mukadder ve kaçınılmaz olduğu kabul edilebilir. Buna karşılık tozlarla tam bir mücadelenin yapılmadığı ve işçilere koruyucu hekimliğin uygulanmadığı ocaklarda ulaşılan yüksek maluliyet derecelerinde ocak idaresinin sorumlu olduğu maluliyet:

Fiilî maluliyet - Kaçınılmaz maluliyet olacağı aşikârdır. Bunu aşağıdaki grafikte açıkça göstermek mümkündür (Şekil 4).



24 yaşında bir işçi lâğımcı olarak işe girse ve 36 yaşında %60 malûl olsa:

$24 - 18 = 6$; $6/3 = 2$; $32 - 2 = 30$ yü sonra %12 maluliyeti kaçınılmazdır. O halde $24 - 30 = 54$ yaşında %12 malûl olması gerekirken 36 yaşında %60 malûl olmuştur. Bu işçinin kaçınılmaz maluliyeti:

Çalıştığı süre: $36 - 24 = 12$ yü
 $12/30 \times \%12 = \%144/30 = \%4.8$
Ocak idaresinin sorumluluğu = $\%60 - \%4.8 = \%55.2$.

Şayet bir işçi çeşitli işlerde çalışmışsa: Örneğin;

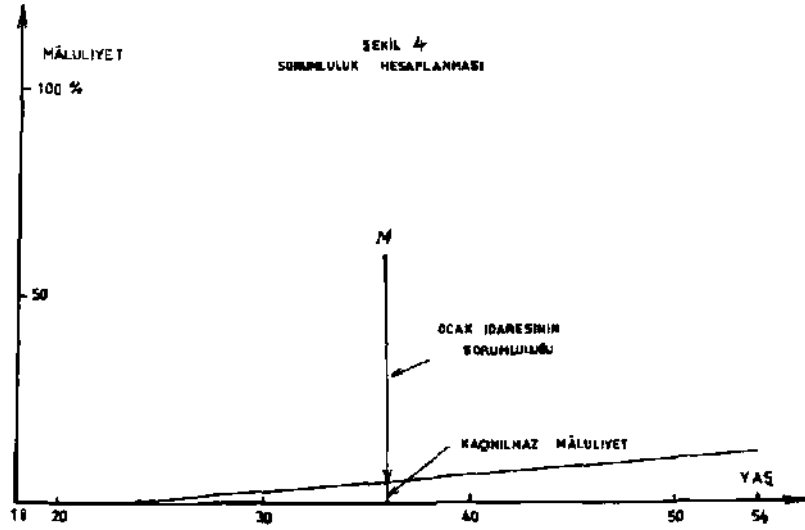
3 yıl lâğımda

10 " tabanda

12 " kazmacı

$$\frac{3 \times 12 + 10 \times 11 + 12 \times 10}{3 + 10 + 12} = \frac{266}{25} = 10.25$$

10.25 nihaî karma kaçınılmaz maluliyeti olur.



VU. Sonuç

Yukarıda Önerilen sistem bir yaklaşım olup mutlak değerde ve kesin bir hesaplama değildir. Esasen çok karmaşık bir konu olan bu sorunun bir mutlak çözümle halline imkân yoktur denebilir.

Bibliyografik Tanıtım

1. Zaidî, S. H.: Experimental Pneumoconiosis. Johns, 1969, Press Baltimore, Maryland.
2. Rogan, J.: P.C. Conference, 338-347, Johannesburg 1959.
3. Nusret Karasu, Kemal Erguvanli, Taeettin Ataman: "E.K.I. Zonguldak Kömür Ocaklarında Rastlanmış Olan Pnömokonyoz ve Bununla İlgili Meslekî Hastalıklara Ait Dâvalar Hakkında Bilirkişiler Raporu". Arkadaşlar Matbaası, 1970, İstanbul.
4. Nagel Schmidt, G.: P.C, Conference, 143-256, 1959, Johannesburg.
5. Houbrechts: P.C. Conference, 359-360, 1959, Johannesburg.
6. Conference: Third international conference of expertise on P.C., Sydney/Australia, 1950.
7. S. S. Kurumu (1965): I.P.C. Eksperler Toplantısı, Zonguldak.
8. Sosyal Sigorta Sağlık İşlemleri Tüzüğü, Başbakanlık Basımevi, 1972, Ankara.

KÖMÜR OCAKLARINDA TOZ PROBLEMİ VE ÇEŞİTLİ TOZ TÂYLN METODLARI

Fütuhat BAYSAL*

özet

Maden işyerlerinde, arazinin yapısına ve teknolojiye bağlı olarak hâsıl olan tozlar, İcabında işçilerin sağlığını tehdit etmekte, meslek hastalıklarına sebep olmakta ve ı. randımanını azaltmaktadır. Toz açısından iş hijyeninin gagesi, toz probleminin olduğu işyerlerinde toz miktarını ve cinaini tesbit ederek, teknolojik ve maddi imkânlar çerçevesinde tozla mücadeledir. Bu cümleden olarak Merkezimiz tSGÜM tarafından, işçi sağlığı yönünden tehlike arzeden işyerlerinden, elimizde bulunan çeşitli aletlerle toz numuneleri alınarak, tozlar daha sonra lâboratuvamızda değerlendirilmektedir

Tebliğde, konunun önemini daha iyi belirtmek amacıyla önce tozun sebep olduğu hastalıklara kısaca değinildikten sonra, kömür ocaklarında toz kaynakları, çeşitli toz numune alma aletleri ve bunlarla elde edilen sonuçların değerlendirilmeleri üzerinde durulacaktır

1. Giriş

Madencilik, yeraltında çalışıldığından diğer mesleklerle mukayese edilemeyecek kadar zordur. Maden işçisinin işyeri şartlarını daha uygun hale getirmek, dolayısıyla işini kolaylaştırmak için çeşitli faktörlerle mücadele etmek gereklidir. Bunlar; karanlık, toz, havada oksijen azlığı, gaz, nem ve yüksek sıcaklıktır. Bu faktörler arasında toz'un önemli bir yeri vardır.

Federal Al man ya'da ki yeraltı işyerleri taşkömürü, linyit, linyit, maden ve tuz ocaklarıdır. Maden işçülerinin çoğunluğu

(*) İş Güvenliği Müfettişi, Y. Kimya Müh., ISGÜM, Çalışma Bakanlığı.

taşkömürü ocaklarında çalışmaktadır. Bunların en büyük düşmanı toz ve sudur. Bu zararlı unsurların bertaraf edilmesi, temel iş hijyeninin en önemli vazifesidir. Arazinin nemli olmadığı her maden ocağında toz husule gelir. Bunlardan en tehlikeli olanı kuvars tozudur. Bu nedenle her kuvars ihtiva eden ^ertaraf edilmesi lüzumludur. Madenlerde silikoz tehlikesinin fâzla oluşu, ekseri faydan maden yataklarının yüksek kuvars ihtiva eden (%30'dan fazla) taş tabakasının arasında bulunmasındandır.

Kristal asidinin diğer şekilleri kristobalit, bilhassa tridmit her ne kadar madenlerde bulunmazsa da, bazı yerüstü işletmelerinde mevcut olup silikoza sebep olmaktadır.

Taş kuvars takımından ne kadar zengin ise silikoz tehlikesi de o kadar fazladır. Bilhassa toz ve zehirli tesirinden dolayı arsenik, berilyum, bakır, kurşun ve uranyum cevherlerinin işlenmesinde ve izabesinde çok dikkat etmek icabeder.

2. Tozun Sebep Olduğu Hastalıklar

Cinsi ve büeşimi ne olursa olsun her toz rahatsız edicidir ve zamanla solunum yollarının tahrişine sebep olur. Tozun hemen hemen yansı burun yoluyla filtre edilir. Ayrıca tane büyüklüğüne göre 30 üâ 40'ı solunum yollarındaki flimmer ve toz dokularıyla dışarı atılır. Tozun geriye kalan kısmı, akciğerler tarafından rezorbe edilip, büeşimine göre ciğer fibrozu, pnömokonyoz ve bunun en çok rastlanan şekli olan silikozu meydana getirir.

Pnömokonyoz kelimesinden belirli tozların akciğere tesiri dolayısıyla husule gelen bütün hastalıklar anlaşılmaktadır. Kelime grekçe Pnoumon: Akciğer ve Konis: Toz kelimelerinden türetilmiştir. Silikoz kuvars tozunun sebep olduğu bir hastalık olup, kelime lâtince Silex: Silisyum kelimesinden gelir. Bu hastalıkta silikoz yumruları meydana gelir. Kömür tozu ile akciğerlerin tozlanmasından antrakoz oluşur. Grekçe Antrakon: kömür anlamına gelir. Sideroza demir tozu sebep olur. Grekçe sideroz: demir olup, suyun mevcudiyeti ile demir hidrokside dönüşür. Aluminoz, alüminyum veya bunun karışımları olan

tozun teneffüsü ile meydana gelir. Asbestoza asbest tozları sebep olur. Bisinosis ise pamuk tozlarının teneffüsü ile oluşan bir pnömokonyozdur.

3. Kömür Ocaklarında. Kömür ve Kuvars Tozunun Tesiri

Kömürün bühasa zor okside olan tipleri kolayca tozlanmaya elverişli olup, bu akciğerlerde sıvılarla çözülemez ve büyük miktarda toplanır, silikoza benzer tesirleri meydana getirir. Kömür madenlerinde kuvars tozu mevcut olduğundan kömür işçisinde silikoz ve antrakoza beraberce rastlanır.

Genel olarak kömür işçilerinin hastalanması, kuvars ihtiva eden cevherlerde çalışan işçilere nazaran daha yavaş olmaktadır. Mahzurlu durumlar uzun zamandan sonra meydana çıkmaktadır, şikâyetler 15-20 sene sonra görülmektedir. Buna rağmen silikoz seyrinin bazı metal madenlerine nazaran daha fazla olduğu kömür madenleri mevcuttur. Bu bilhassa eski, fazla kömürleşme olan ve tozdan ayrı olarak kuvars ihtiva eden taşkömürü madenlerinde görülür.

Kömür işletmelerinde çalışan İşçilerde silikozdan zarar gördüğünden dolayı, kuvars tozunun nereden meydana geldiğinin araştırılması icabeder. Bunların bir kısmı, kömür damarlarının teşekkül ettiği yerler olan bataklık ve çamurlardan, bir kısmı ise civardaki rüzgâr ve sudan gelmişlerdir. Bunlar çok ince toz olup, havada süspansiyon halinde bulunurlar. Bu nedenle de kolayca su üe taşınmışlardır. Kömür işçüsündeki silikozun menşei bu olmaktadır.

4. Ocaklarda Toz Kaynakları

Maden ocaklarında toz her yerde, bilhassa yumuşak ve gevşek maden yataklarında meydana gelir. Tozların hangi durumlarda teşekkül ettiklerine ait birkaç örnek şöyle ki;

- Delik delme işlerinde,
- Patlayıcı maddenin kullanıldığı işlerde,
- Lâğım atmadan sonra tabanın temizlenmesinde,

- İstihsalde, örneğin; martopikör, kazıcı ve kesici istihsal makinaları ile çalışmada,
- İşçilerin galeride yürümelerinden.

Primer ve sekonder olmak üzere iki çeşit toz kaynağı mevcuttur. Primer toz kaynağı, taşın ve minerallerin parçalanmasından, sekonder toz kaynağı ise çökmüş olan tozun tekrar gir-daplanmasıyla meydana gelir.

Çeşitli ocaklarda toz meydana geliş farklı olmaktadır. Aynı bir ocakta bu toz miktarı şantiyeden şantiyeye farklıdır. Bu vardiyaya göre de değişir. Buna bağlı olarak tozun meydana geliş de değişik olur. Diğer taraftan delik delme gibi belirli çalışmalarda eşit şartlar ve çalışma metodları altında daima aynı toz miktarı meydana gelir.

Hava akımı üe toz, bütün ocak bölümlerine taşınır ve bir kısmı tabanda, tahkimatın üstünde ve yanlarında çöker. Bunlar daha sonra hava akımı ile tekrar havalanır ve tekrar çökerler.

5. Toz Tâyin Metodları ve Kullanılan Çeşitli Aletler

5.1. Toz Tâyin Metodları

Havanın toz miktarını içindeki katı tanecikler teşkil eder ve bu miktar toz konsantrasyonu olarak ifade edilir. Mezkûr konsantrasyonu iki şekilde belirtmek mümkündür:

Birincisi gravimetrik olarak: Burada esas olan tozun ağırlığıdır. Toz konsantrasyonu, belirli hacimdeki toz ağırlığı olarak belirtilir ve metreküp havada bulunan miligram toz cinsinden ifade edilir (mg/m^3).

İkincisi nümerik olarak: Burada esas olan ise tane adedir. Toz konsantrasyonu, belirli hacimdeki toz adedi olarak belirtilir ve santimetreküp havada bulunan toz sayısı cinsinden ifade edilir (T/cm^3).

Son zamanlarda gravimetrik metod önem kazanmış olup birçok milletler tarafından kabul edilmiştir.

Havadaki toz daima deęişik Őekilde daęılıő haldedir yani deęişik bűyűklűklerde bulunur. Daęılmayı, ortalama tane bűyűklűęi ile ifade etmek çok zaman yeterli deęildir. Őzellikle toz taneciklerinin bűyűklűklerine gűre daęılıőı tesbit edilmelidir. Bűylece elde edilen toz daęılma eęrileri, numunedeki çeőitli bűyűklűkteki taneciklerin nűmerik ve gravimetrik olarak daęılıőını gűsterir.

Őekildeki daęılma diyagramında $f(d)$ eęrisi nűmerik ve $g(d)$ eęrisi de gravimetrik daęılıőı gűstermektedir. Absise tim cinsinden tane bűyűklűęi ve ordinata toz miktarının yűzdesi geçirilmiőtir. Bunlardan bir eęri biliniyorsa, dięerini buna gűre tűyin etmek műmkűndűr. Fonksiyondan da anlaőılacaęı űzere gravimetrik tűyinde bűyűk taneler aęır basmaktadır. Her iki eęri ayrı műtalűa edilmeűdir. Tozun nűmerik tűyinde daęılma için esas olan tanecik adededir. Gravimetrik metoda gűre tűyinde ise aęırlıktır.

Toz ayırıcıların ayırma yeteneği, tozun ağırlığım esas alır. Belirli bir toz cinsine gűre uygun toplayıcıyı, gravimetrik dağılma eğrisine dayanarak Őemelidir.

Toz miktarının kesin olarak tűyini, metod olarak zor bir problemdir. Hiçbir metodun naműtenahi tatbik sahası yoktur. Bazı metodların, belirli sahalarda ve belirli ereve içinde uygulanması műmkűndűr. Bunların toz toplama yetenekleri farklıdır ki bu da iŐyerindeki toz miktarına baęlıdır. Çeőitli metodların uygulanmasında birlięe varmak hususundaki gűrűŐler farklıdır, Őyle ki birçok memleketlerde aynı iŐyerinde toz miktarının tűyinde farklı metodlar uygulanmaktadır. Bu Őekilde elde edilen neticeleri karŐılaŐtırmak zordur. Metodların farklı oluŐu nedeniyle, tűyin edilen toz miktarının yanısıra uygulanan metodu da belirtmelidir. Bu husus, bilhassa toz konsantrasyonuna gűre toz tűyinde önemlidir. Uygulanacak metoda karar kılmada gűzűnűne alınması lűzım gelen faktűrler arasında tozun cinsi, miktarı, numune alınan yerle űgili çeőitli hususlar ve numunenin lűboratuvarda ne Őekilde inceleneceęi baŐhcalandır.

5.2. Toz Tűyinde Kullanılan eőitli Aletler

iŐyerlerinden toz numuneleri almak ve űlűmler yapmak için çeőitli aletler kullanılır. Bunlar deęişik fizik prensiplerini

esas alır ve bazılarında bu prensiplerin birkaçım kombine edilmiş halde görmek mümkündür. Örneğin;

- Konimetre ve impaktometreler,
- Sedimentasyon esasına dayanan aletler,
- Impingerlar,
- Santrifugal prensibini esas alanlar,
- Filtreler,
- Optik temele dayanan aletler,
- Elektrostatik çökelticiler.

Mevzuun geçmiş olması nedeniyle, iş hijyeni sahasında çok kullanılanlar ele alınacaktır.

Konimetre: Doğu Almanya, Avusturya, İsveç ve bilhassa Güney Afrika Birliği memleketlerinde çok kullanılmaktadır. Batı Almanya'da, taş kömürü ocakları hariç diğer işyerlerinde çok az kullanılmaktadır. Taş kömürü ocaklarında bu alet yalnız askıda olan tozdaki taş miktarını tesbitte kullanılır.

Konimetreler arasında Zeiss ve Sartorius firmalarının yaptıkları en tanınmışlarıdır ve aşağıdaki prensibe göre çalışırlar: Tozlu hava pompa üe emilir ve ince bir delikten 0,5 mm uzaklıktaki, daha önce prepare edilmiş bir yüzeye üflenir. Toz taneleri 180° dönmüş olan hava akımından ayrılarak buraya tutunurlar. Tozların tutunma yüzeyi olarak, 36 numune için öngörölmüş ve eksenî etrafında döndüröleböen bir lamel kullanılır. Emici pompa 2,5 veya 5 santimetreküpe göre ayarlanabilir.

Maden kömürü ocaklarında göröldüğü gibi yüksek toz konsantrasyonlarında memenin tıkanmasını önlemek ve ince tane-ciklerin irileri tarafından kapatılmasını önlemek için Sartorius firması tarafından Dr. Breuer'in patentine göre, sedimentasyon çam ile donatılmış olan **Maden-Konimetresi** imal edilmiştir. Numune alınmadan önce iri tozlar çan içerisinde sedimentasyona maruz bırakılmakta ve böylece ince toz karışımı emilmiş olmaktadır.

Konimetre ile alman numuneler daha sonra lâboratuvarda mikroskop altında incelenir. Bu iş için projeksiyon mikroskobu da kullanılabilir.

Kaskaden İmpaktometri: Çalışması konimetrede olduğu gibidir. Tozlu hava, arka arkaya bağlanmış çeşitli kanallardan geçer ve büyüklüklerine göre ayrılarak lamelde toplanırlar.

İmpenger: A. B. Devletleri'nde havadaki toz miktarının bulunması için ekseriya impenger kullanılır. Bu alette, sıvı içinde bulunan toz tanelerine atalet kuvvetinin etkisinden faydalanmıştır. İmpenger, kömür tozu için elverişli değildir. Bu aletin prensibine uygun olarak Freiberg'deki Maden Akademisine bağlı "Ocak Emniyeti Enstitüsü" tarafından bir gravimetre icadedilmiştir.

Termal Çökeltici: Birkaç sene öncesine kadar İngiltere'de toz ölçümleri için kullanılan standart alet termal çökeltici idi. Eğer tozlu hava kızgın bir telden geçirilirse, tozlar sıcaklık farkı nedeniyle soğuk yüzeylere doğru itilir. Termal çökeltici ile numune almada bu prensibe dayanır.

Tindaloskop: Bir ışık kaynağı, siyah ışık emme özelliği bulunan cam yüzeylerle çevrili hücreye, paralel ışıklardan müteşekkül bir ışın demeti gönderir. Hücrede toz bulunması halinde, dağınmış ışın meydana gelir. Bu dağınmış ışığın şiddeti, toz konsantrasyonuna, tane büyüklüğü dağılımına ve tozun cinsine bağlıdır.

Filtre metodu Ue çalışan aletler: Tozlu hava filtreden geçirilerek emilir ve bu esnada tozlar fütrede toplanır. Membran, mikrozorban veya kâğıt fütrelere kullanılır. Bu aletler arasında en çok kullanılanları "İnce Toz Numune Alma Aletleri" olup bunlar arasında en tanınmış olanları, SFI-Dräger, BAT I ve Hexlet aletleridir.

6. Tozun Serbest Krist. SiO₂ Miktarının Tâyini

Bunun için çeşitli kimyasal ve mineralojik analiz metodları mevcuttur. Kimyasal metod, çok miktarda numuneye ihtiyaç gösterir ve fazla zaman alır. Diğerleri ise Röntgen-Işınları, Enfraruj-Spektrofotometre, Mikroskopik Zıt Faz ve Diferensiyal-Termo-Analiz metodlarıdır. Bunlar arasında ilk iki metod, ileri memleketlerde en yaygın olanlarıdır.

