

Açık Ocak İşletmeciliğinin Temel Ekonomisi İle İlgili Tartışmalar

(Contributions to discussion of: «The basic economics of open pit mining»)

R.P. PLEWMAN (J.L. Halls'ın ek bildirisine yanıt)

Halls tarafından yapılan değerli eklentide, özellikle Daniel ve Pryor tarafından da eleştirilen İki nokta üzerinde durmak istiyorum. Optimum ocak sınırlarının bir dizi

parametrelerden (ki en önemlisi R_b 'dir. Pryor'un eklentisine bak.) saptandığı görüşüne tamamen katılıyorum; ancak, bugünün koşullarında saptanan ocak sınırlarının her zaman için geçerli olduğunu belirtmek niyetim yoktu. Parametreler değiştikçe ve yeni bilgiler geldikçe, yeniden analiz etme zorunluluğu doğaldır. Düzgün şekilli bir cevher yatağı ile tipik bir ocağın analizinden, her türlü cevher yatağını incelemekte yararlı olabilecek kimi ilkeler üretmeye çalıştım. Burada görülen en önemli bulgular şunlardır: (a) Açık ocağın gelişmesindeki her evrede, olası en dik şevler, gelirlerin net bugünkü değerini maksimize etmektedir; (b) daha dik bir nihai şev, aynı miktardaki cevherin maliyetini düşürmez, ancak ekonomik örtü kazı oranına ulaşılmış bulunulduğundan, işletme durdurulmadan önce daha fazla miktarda cevherin işletilmesini sağlar; (c) değişik şev açılımlarına göre nihai ocak sınırları verilen bir dizi parametreler için, sondaj verilerinden doğrudan çıkarılabilir.

Halls'un savı ile ilgili ikinci nokta da, tesis amortismanlarının, sınır tenorun (cut off

limit) saptanmasında hesaba katılması gereğidir. Benim ve Halls'un görüşleri arasında sadece kelime farklılıkları vardır. Burada iki ayrı sorun vardır: Cevher yatağı ekonomik bir değere sahip midir (diğer bir deyişle, işletmeyi finanse edebilir mi?) Öyle ise, cevher yatağının ne kadarı işletilmelidir? Birinci sorunun cevabı, tüm maliyetleri, vergileri vb. de hesaba katarak, sağlayabilecek kadar yüksek tenörlü cevherin miktarını saptamakla elde edilebilir. İkinci sorunun cevabı ise, kâr'a katkısı olan tüm cevherin işletilmesidir. Şekil A.7 (Derginin 30. sayfa sı)'de de görüldüğü gibi, bir açık ocak aynasındaki herhangi bir cevher diliminden elde edilecek kâr, sadece içerileri dolaysız maliyetleri dikkate alan sınır tenor kullanılarak, maksimize edilir.

Bu demek değildir ki, tüm cevheri hemen çıkartmakla işletmenin kon maksimize edilir. Yüksek tenörlü cevherin çıkartılmasında ek maliyetin, bu cevherden gelecek ek kazançtan daha az olması durumunda, daha derinlerdeki yüksek tenörlü cevher, sınır tenördeki (ya da buna yakın tenördeki) cevhere tercih edilebilir; ki bu gibi durumlarda, mühendisin yapması gereken de budur. Uygulamada, ek maliyeti ve gerekli ek yatırımı hesaplamak; ve bunu bir genel değerlendirme içine katmak mümkün

olmalıdır. Burada tartıştığımız konu sınır tenor olmayıp, İşletme stratejisinin optimizasyondur. Sınır tenördeki cevherin hemen mi, daha sonra mı tesise besleneceği — benim bildirimde hesaplandığı gibi — cevher yatağındaki değer dağılımına ve maliyet ile sermayenin yapısına bağlıdır; fakat, cevherin sınır tenöre yakın olan ve kazılmak zorunda olan bölümü, doğaldır ki, sonradan işlenmek üzere stoklanmalıdır. Halls'un görüşü benimsemiş olduğunda, herhangi bir zamanda kâra katkısı olabilecek bilinmeyen miktarda cevher (maliyet - gelir ilişkisinde olumsuz gelişme olmadığı varsayıldığında) paşaya dökülecektir.

H.J.STUCKE*

Prof. Plewman'ın bildirisindeki tabular cevher yatağı, sabit bir yatay kesite sahiptir ve «alanların oranı» kuralı uygulandığında :

$$\bar{R} = \frac{\text{Pasa alanı}}{\text{Cevher alanı}}$$

$$\frac{C-B}{B} = \frac{C}{B}$$

yada

$$C = B(R + 1) \quad \text{olur} \quad (2)$$

Burada :

C = ocağın plan alanı

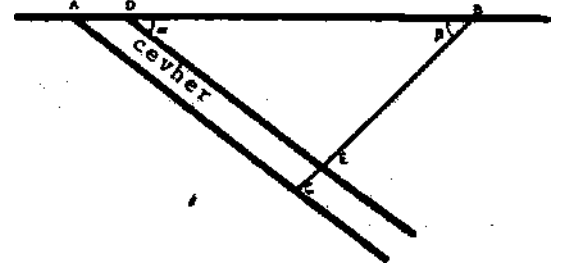
B = cevherin yatay kesit alanı

Plewman'ın R ifadesi (1) eşitliğinden türetilebilir; fakat, bu eşitliğin daha temel bir formül ile ilişkisini gözlemek daha ilginçtir (Şekil 1).

Eğimli tabular yataklar için enstantane örtü kazı oranını veren temel formül şöyle ifade edilir :

$$\bar{R} = \frac{\text{Pasa alanı}}{\text{Cevher alanı}}$$

(*) İşletme Müdürü, Associated Mines (Malaya)



Şekil. Eğimli tabular cevher yatağı

$$L\{a+h\cot\theta+h\cot\alpha\} - La.$$

$$\sim \frac{La}{a} \left(\cot^2 \theta + \cot^2 \alpha - w \right) \quad (3)$$

Steffen ve arkadaşları¹, ocak tabanında «b» genişliğinde bir pasa dilimini gündeme getirmiş olduğundan, eşitlik şöyle de yazılabilir² :

$$R = \frac{b + hC\cot\theta + e\cot\alpha}{a} \quad (4)$$

(3) ve (4) noiu eşitliklerin her ikisi de doğrultu uzunluğundan bağımsızdır.

Plewman 3 ek koşul daha getirmektedir : (a) Yüzeydeki sabit bir doğrultu boyu (ki bunun etkisi doğrultu uzunluğunu belirten bir terimi eşitliğe katmış olmaktadır) Plewman'ın 'A' terimi ile gösterilmiştir. Steffen'in modelinde olduğu gibi, doğrultu boyu

terimi, R denklemine, sadece doğrultu boyunun, cevher yatağı ya da ocak planlamasında kısıtlama getirdiği durumlarda» formüle girer.

(b) Ocak derinliği bir yatay tabana kadar değil, ocak kenarlarının kesişme noktasına kadar ölçülür. Bu da Plewman'ın K faktörünü gündeme getirir. K, (3) noiu eşitlikteki «h»nin, plewman'ın ocak derinliği olan «h»*e oranının bir fonksiyonudur*

$$\begin{array}{ccc} h & QU & K \\ h_i & QX & K+1 \end{array}$$

i. Bhd.

Burada, K'nın kullanımı, yalnız bu tip ocaklar için gereklidir.

(c) Cevher yatağının taban kayacı, ocağın bir kenarını oluşturur; a = pı olmak da, bunun formüller üzerine bir etkisi yoktur.

Bu üç ek koşul ile birlikte, (3) Ooü formülü şu duruma gelir :

$$R = \frac{nIT(L+hIT\tan\phi)}{a(L+a\tan\phi)} - 1 \quad (5)$$

Burada :

$$T = cota + cotfj$$

ve

L = Açığa çıkartılan doğrultu boyu'dur.

Plewman'in terminolojisinde ise :

$$L = a A \tan \phi$$

$$hIT = a (K+1)$$

$$a = AD$$

Bu ifadelerin (5) nolu eşitlikte yerine konmasıyla, Plewman'in formülü elde edilir:

$$\bar{R} = \frac{AK+K^2+2K}{A+1} \quad (6)$$

Prof. Plewman, önermesindeki özel ocak şekillerini ele almada oldukça özlü bir yöntem getiren. A ve K gibi iki parametre seçmiştir; fakat bu da, basit görünmesine karşın iki geometrik «karışıklık» içerir. (5)

nolu eşitlik gibi, R'yi ifade eden eşitlikler, kendi aralarında sınırlı bir pratik değer taşırlar. Bunların asıl değeri, (1) nolu eşitliğin belirli bir cevher yatağı için doğruluğunu kanıtlaması, ya da (1)'in uygulanabilmesi için gerekli düzeltme faktörünün saptanmasında yatmaktadır.

(5) ve (6) nolu formüller, belirtilen ilk ilkelere ya da (1) nolu formülden türetilebilir ve dolayısıyla bu cevher yatağı için geçerlidir.

(2) nolu formül, ekonomik nihai ocak alanı (C_B) için hazır çözüm getirmektedir:

$$C_B = B(R_E - i - 1) \quad (7)$$

C_E bilindiğinde, nihai ocak sınırları kolaylıkla hesaplanabilir.

KAYNAKLAR

1. STEFFEN, O. K. H., HOLT, W. and SYMONS, V. R. «Optimizing open pit geometry and operational procedures (Bu sayımızda da yer alan bildiri Ç. N.)

2. STUCKE, H. J. Daha önce belirtilen bildiri.

A. MacG. ROBERTSON (*)

DEĞİŞEN ŞEV ACILARININ BİR OCAĞIN EKONOMİK DERİNLİĞİNE ETKİSİ

ÖZET

Bir açık ocağın işletilmesi sırasında, şev dışında meydana gelebilecek küçük değişiklikler, enstantane örtü kazı oranı

(R)** üzerinde önemli etkiler yapar. Ulaşılabilecek minimum örtü kazı oranı, ekonomik örtü kazı oranını (R_B)**'yi aştığında genellikle işletme durdurulduğundan; derinlik ve ocağın uzanımı, işletme dönemindeki şev açıları (geçici şev açılan) ve bunların derinlikle değişiminden etkilenir.

1. GİRİŞ

Bir açık ocağın boyut ve sınırları, çok sayıda teknik ve ekonomik etmene¹ bağlı olmakla birlikte, gözönünde bulundurulacak en önemli şey, cevheri açığa çıkarabilmek için kaldırılması gerektiği pasaya hacmidir. Şu hacim, cevher yatağı geometrisi ve ocak şev açısının bir fonksiyonudur.

Ocak sınırlarının saptanmasında yararlı

bir kavram, «enstantane örtü kazı oranı» R¹ olup, bir birim cevheri açığa çıkartmak için kazılması gerektiği pasaya miktarı olarak

(*) Tasarım müh., FranHpfle S.A. (pty.) Ltd.
(**) Plewman'in bildirisinde tanımladığı biçimiyle

tanımlanabilir. Eğer R_E açık işletmenin durdurulduğu andaki enstantane örtü kazı branı olarak tanımlanırsa, tanım gereği, madencilik işlemleri aşağıdaki eşitlik gerçekleştiğinde durur.

R - R_E

H)

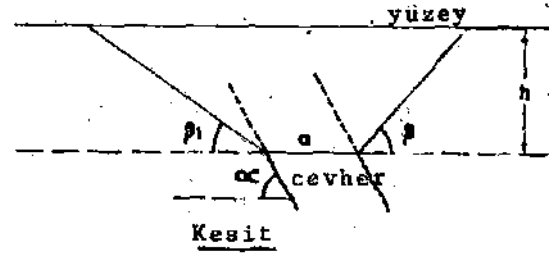
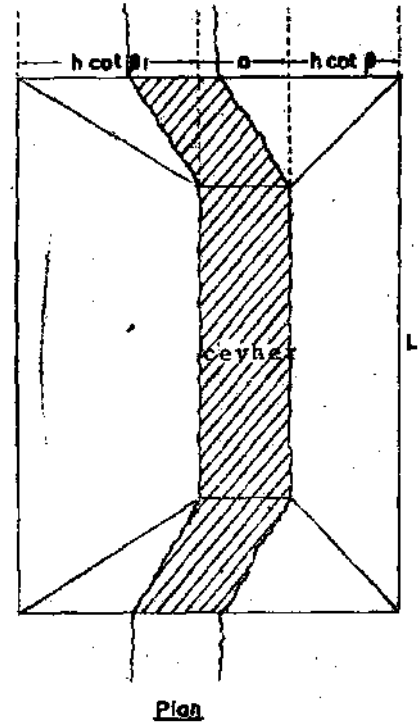
R'riin saptanmasında, her bir derinlik artışındaki şev açısının sabit varsayıldığı çeşitli yöntemler önerilmiştir. (1,2,3,4) Örneğin Plewman¹. idealize edilmiş tabular bir yatak için (Şekil 1) enstantane örtü kazı oranının, kazı aynasındaki cevher ve paşanın görece uzunluklarıyla orantılı olduğunu göstermiştir. Böylece :

EC AD

Burada B, herhangi bir değen alabilir. Bu eşitlik, kazı işleminin her bir ilerlemede, sabit genişlikte bir dilimin kaldırıldığı durumda geçerlidir. Eş deyişle, p'nin sabit olduğu durumlarda, bu eşitlik geçerlidir.

Plewman¹ ayrıca, maksimum Bugünkü Değerin sağlanması için, önde giden örtü kazının en azda tutulmasını; ve bunun da ideal olarak ancak, bir sonraki birim cevherin işletilebileceği minimum R hızında yapılmasıyla sağlanabileceğini de göstermiştir. Bu da ancak, ocağın hem güvenlik ve hem de madencilik işlemlerinin izin verdiği en dik şev açısında çalışmakla mümkündür. Maksimum şev açısı şev duraylılığı ile belirlendiğinde, p açısı, şevlerdeki toprak ya da kayaçların Özellikleri ve şev yüksekliği tarafından belirlenecektir. Homojen sağlamlıktaki gerek toprak⁵ ve gerekse de kayaçta⁶, (3'nin şev yüksekliği ile değiştiği gösterilmiştir. Şev malzemesinin homojen olmadığı durumlarda, p'da daha büyük değişimler beklenebilir; ve bir ocak için güvenli şev açıları, ocak derinleştikçe çok ender olarak sabit kalacaktır.

Bu nedenle, her ocak derinliği için güvenli şev açıları hesaplanırsa, çeşitli p açılarına göre işletme yapıldığında, net bugünkü değer maksimize edilebilir. 8 £ (birim de-



Şekil 1. İdealize edilmiş tabular cevher yatağı kesiti (Plewman'dan aktarılmıştır.)

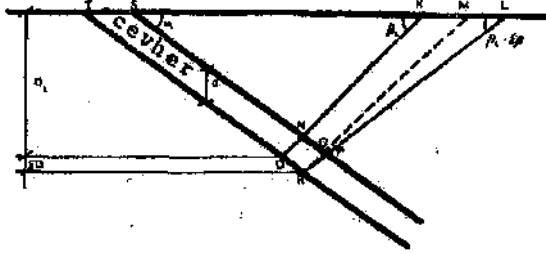
rinetik değişiminde 0'daki değişim) sıfır olmadığından, R için uygun formüller geliştirilebilir.

2. İDEALİZE EDİLMİŞ TABULAR CEVHER

YATAĞI İÇİN 8 £ * O DURUMUNDA R

Şekil 2'de jff'nin derinlikle değiştiği (yani, 3 = f (DJ) bir programa göre işletilecek olan, bir tabular cevher yatağı görülmektedir. Di derinliğinde, şev açısı jfl,dlr. İşletmede derinliğin \$ 0 kadar küçük bir miktar artması, şev açısında S jff kadar bir değişiklik yaratır. B/deki R değeri, tanım gereği, şöyle hesaplanabilir ;

$$R_1(S_0^*O) = \frac{\text{TLR alanı} - \text{TKQ alanı} - \text{NPRQ alanı}}{\text{NPRQ alanı}} \quad (3)$$



Şekil 2. Derinlik deviminde 8 filin sıfır olmadığı bir ocakla işletilen, idealize edilmiş bir tabalar cevher yafafe kesiti.

3. R (50=0) İLE R (8j8 ^ OJ'İN KİYASLANMASI

Değişken şev açısının R üzerindeki etkisini göstermek için iki örnek seçilmiştir. Her iki örnekte de, O'nın D ile ilişkisi doğrusal olarak kabul edilmiştir.

$$B = c + mD \quad (4)$$

Birinci örnekte (S3 artı), derinliği 200ft ve şev açısı 60° olan bir ocak düşünülmüştür. Ocak derinliği 600 ft'e ulaştığında, şev açısı 35°'ye indirilmiştir. Bu nedenle;

$$j_0 = (72,5 - 0,0625 D) \text{ derece} \quad (5)$$

ya da derinliğin her 100ft'i için yaklaşık 6°'lik bir açı azaltması olmuştur. Böyle bir işletme için hesaplanan R (83=0) ve R (Sfi^O) değerleri Şekil 3'de gösterilmiştir. Örneğin, bu özel ocak için ekonomik örtü kazı oranı 30 idi. R (S3^0) eğrisinden saptandığı gibi, işletme sınırı (derinliği) 455 ft olacaktır. Bu sınır R (83=0) eğrisinden saptanmış olsaydı, işletme 515 ft'de durdurulacak ve son 60 metre, ekonomik olmayan bir R değeriyle yapılacaktı. R (83^0) = 30 olan derinliğe kadarki ger-

çek cevher rezervi, R (8 £=0) eğrisinden saptanan rezervden % 12 daha azdır; ve işletmenin her aşamasında R'nin ulaşabilecek en düşük değerleri, R (8j9=0) değerinden büyük olduğundan, böylesi bir madenin bugünkü değeri, R (8j8=0) eğrisinden hesaplanan bugünkü değerden oldukça düşüktür.

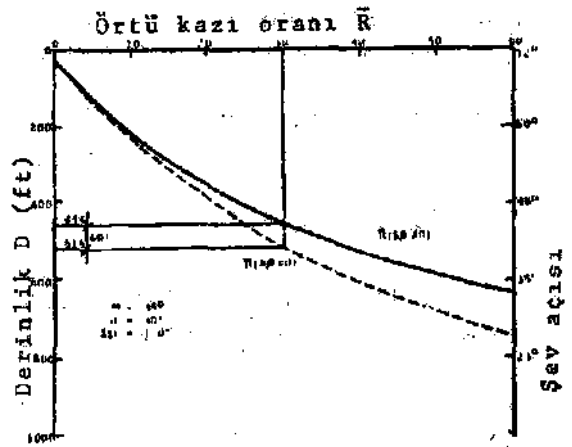
İkinci örnek (S/i eksi), toprak ve kayaç sağlamlığının derinlikle arttığı ve 3'nin ocak derinliğinin her 100ft'i için yaklaşık 3 derece arttırıldığı bir ocaktan elde edilen

R (sp^O) ve R (8,8=0) değerlerini göstermektedir (Şekil 4).

Burada;

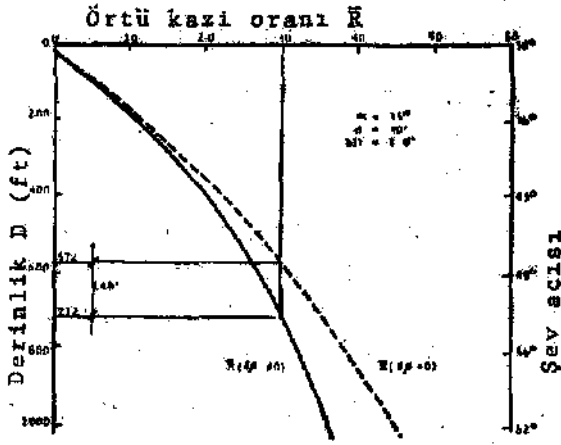
$$3 = (30 + 0,0325 D) \text{ derece} \quad (6)$$

(Şekil 4)'de açıkça görülmektedir ki, R_E=30 için ekonomik derinlik R (80=^0) eğrisin-



Şekil 3. Derinleştikçe gtv açısı (dışarı) olan bir ocakta, R (53=0) ve R (frp&Oim) kıyaslanması.

den saptanan) 712 ft olup, R ($S_f=0$) eğrisinden saptanan derinlikten 140 ft daha derindir; bu durumda, cevher rezervi % 24 oranında fazla olup, bugünkü değer de R ($S_f=0$)'ın belirttiği bugünkü değerden oldukça yüksektir.



Şekil 4. Derinleştikçe sev açısı büyütülen bir ocakta, İ ($S = 0$) w B (S_{faOYm}) kıyaslanması.

4. İŞLETME SIRASINDA S_3 'NİN İŞARETİNİN DEĞİŞİMİNİN ETKİLERİ

Şekil 5'de, 470 ft derinliğe kadar (5) nolu eşitliğe göre saptanan, daha derim ise (6) nolu eşitliğe göre saptanan (\hat{i} değişiklikleri ile işletilen bir ocakın, R ($S_f \neq 0$) eğrisi görülmektedir. Bu özel ocak için, $R=30$ olduğunu varsayalım.

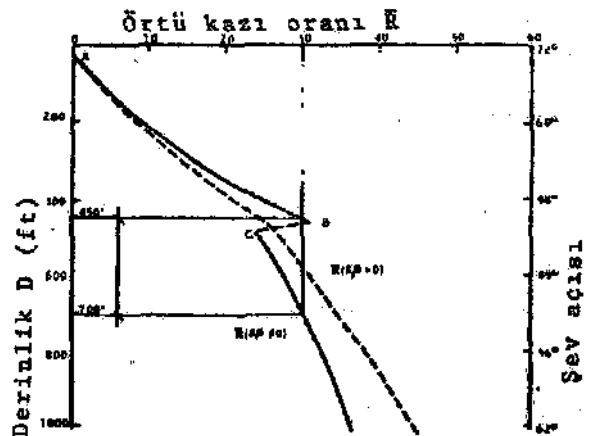
Eğer R , ilk 450 ft derinlik için, kazılan cevher ve paşadan saptansaydı AB eğrisi elde edilecekti; ve 450 ft derinlikte $R = R_b$ olduğundan bu derinliğin, ekonomik İşletmenin sınırı olduğu sonucuna varılabilecekti.

Ancak R (S_f/MO) eğrisinden açıkça görülmektedir ki derfnlik, şevin dikleştirilebile-

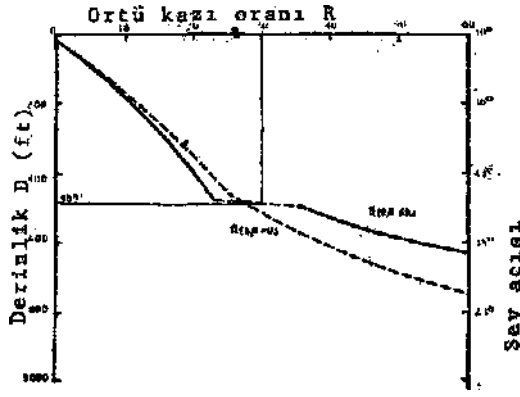
ceği kısma indirildiğinde, R , R_E 'nin altına düşer ve ekonomik işletme 700 ft derinliğe kadar inebilir.

$R_E=28$ olduğunda, derindeki ekonomik koşullara ulaşıncaya kadar yapılması gereken ekonomik olmayan kazı miktarında artma olurken, az kârlı bölgedeki cevher hacminde azalma olacaktır. Bu koşullarda, bu az kârlı bölgenin işletilmesinin ekonomik olup olmayacağını saptamak için, bugünkü değer hesapları yapılmalıdır.

Şekil 6'da, ilk 470 ft için p açısı (6) nolu eşitlikten saptanan (dikleştirme), daha sonrası (5) nolu eşitlikten saptanan (azaltma) bir ocakın R ($S_0=0$) eğrisi görülmektedir. Eğriden görüldüğü gibi, 470 ft derinliğe yaklaştıkça R s 23 olmasına karşın, şevin bu derinlikte azaltılmaya başlama gereği, R 'yi yaklaşık 36'ya yükseltmektedir; ve bu nedenle $R = 30$ olduğunda, işletmenin 470 ft derinlikte çok belirgin bir ekonomik sınırı olmaktadır.



Şekil 5. 470 ft derinliğe kadar yatırılan, sonrasında dikleştirilen şevle çalışılan hit ocakta R



Şekil 6, 470 ft derinliğe kadar düdestirilen, sonrasında yatırılan şevle çalışan bir ocakta R

p acısında anı ve büyük değişikliklerin olmadığını; anılan değişimlerin miktarı her 100 ft de, yatıklaştırmada yaklaşık 6°, dikleştirilmede 3° olduğunu; p değerinde herhangi bir süreksizlik olmadığını belirtmek gerekir, p'da ani ve hızlı değişim olduğunda (ocak alanındaki jeolojik nedenlerle),

bunun R üzerine etkisi önemli olacaktır.

5. SONUÇLAR

Güvenli şev açısının (3) derinlikte değiştiği acık ocaklarda, bugünkü değeri maksimize etmek amacıyla mümkün olan en dik şev açısıyla çalışmak istendiğinde, aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilir :

1. İşletmenin bugünkü değeri, cevher rezervinin hacmi ve sınırlayıcı derinliğin gerçekçi olarak saptanabilmesi için R'rtln belirlenmesinde S 3 s^O'nin etkisinin gözönünde tutulması gerekir.

2. S 3 ve f'nin herhangi bir değişimi, değişim noktalarında R üzerinde ve dolayısıyla da derinlik, rezerv ve bugünkü değer üzerinde önemli etkiler yapar.

3. Bir açık maden ocağının kârlılığının gerçekçi olarak saptanması istenirse, ocağın çeşitli derinliklerindeki maksimum şev açısının gerçekçi bir biçimde tahmin edilmesi gereklidir.

4. Jeofizik araştırma ve analiz maliyetleri, işletme maliyetlerine oranla çok az olduğundan, ocak planlama programına geniş bir jeofizik etüd koymak çoğu kez ekonomik olmaktadır,

KAYNAKLAR

1. FLEWMAN, R. F. «The basic economics of open pit mining». This Symposium.
2. STEFFAN, O.K.H., HOLT, W. and SYMONS, v; ft. 'Optimising open pit geometry and operational procedure' This Symposium.
3. LOFTUS, W. K. B., STUCKE, H. J. and RANKIN, D. 'Mining and treatment plant practice at the Finsch Mine, De Beers, Consolidated- Mines, Ltd' J. SAIT. last. Min. and Metali., 69, August, 1989.
4. SODERBURG, A. and RAUSCH, D. 'Pit planning ana layout'. Surface Mining Ed. Eugene p. Pfeider, Ch IV.
5. TAYLOR, D. 'W. Fundamentals of soil mechanics.' John Wiley & Sons, p 459.
6. HOEK, E. 'Rock slope stability in open cast mining.' Impérial College Rock Mechanics Progress Reprot No. 2, July, 1969, p 22.

EK 1

S 3 = 0 olması durumunda, idealize edilmiş tabular bir cevher yatağında R'yi hesaplamak için eşitlikler :

Şekil 2'den;

$$QR = \frac{6D}{\sin a}$$

$$NO = QR$$

$$QN = \frac{d \cdot \sin (90 - a)}{\sin (ft + a)}$$

$$RO = QN$$

$$RP = \frac{d \sin (90 - a)}{\sin (31 - 80 + « j}$$

$$\frac{OP}{\sin Stf} = \frac{RP}{\sin (180 - ft - a)}$$

$$OP = \frac{d \cdot \cos a \cdot \sin \theta}{\sin (\theta - \alpha + \beta) \cdot \sin (\theta - \alpha)}$$

$$KQ = \frac{KT \cdot D}{\sin (\alpha + \beta) \cdot \sin \theta} \cdot \frac{D \cdot \sin (\alpha + \beta)}{KT \cdot \sin \theta}$$

$$TL = \frac{\sin (a + k - S_3) \cdot \sin a \cdot \sin (Wt - zp)}{(D_i + SD_j) \cdot \sin (a + 3_i - S_3) \cdot \sin a \cdot \sin (3_i - S_3)}$$

Bu nedenle :

$$TLR \text{ alanı} = \frac{(D_i + SD_j) \cdot \sin (\alpha + \beta) \cdot \sin \theta}{\sin a \cdot \sin (3_i - S_3)}$$

$$TKQ \text{ alanı} = \frac{D_i \cdot \sin (\alpha + 3_i) \cdot D_t}{\sin a \cdot \sin \theta} \cdot \frac{D_t}{2}$$

$$NPRQ \text{ alanı} = \frac{SD \cdot 1}{2} \cdot \left(\frac{1}{\cos a} \cdot \sin S_3 \right) > \alpha \cdot \cos a$$

3'i'deki R değeri tanım gereği;

$$R_1 = \frac{TLR \text{ alanı} - TKQ \text{ alanı} - NPRQ \text{ alanı}}{NPRQ \text{ alanı}}$$

olacaktır.

EK 2

83 = 0 olması durumunda, idealize edilmiş

tabular bir cevher yatağında R'yi hesaplamak için eşitlikler : Şekil 2'den ;

(2) nolu formüle göre jVde R;

$$\bar{R} = \frac{KN}{NQ} \cdot \frac{KQ - NQ}{NQ} \cdot \frac{D \cdot \sin S + d \cdot \cos a}{\sin (B + a)} \cdot \frac{d \cdot \cos a}{\sin (3 + a)}$$

R. P. PLEWMAN (Yanıt)

Şev acısının değişiminin, enstantane örtü kazı oranı (R) üzerine etkisini konu alan bu eklenti, geliştirilen kurama değerli bir katkıdır; ve bugünkü değer tipi bir değerlendirme kullanıldığında, şev değişiminin genel kârlılığa etkisi, işletme politikasında dikkate alınması gereken bir konudur.

R.N.PRYOR*

Prof. Plewman, düzgün şekilli cevher yataklarının temel ekonomisini kuramsal açıdan, özellikle ocak sınırları açısından incelemiştir. Çıkan sonuçların kimileri çok ilgi çekicidir. Mr. Halls tüm açık ocak planlamasını ele almış ve genellikle ben onun söyledikleriyle hem fikirim.

Benim dö katıldığım birçok planlama çalışmalarında, sorunlara çözüm bulmak amacıyla, değişik yöntemler geliştirmiştik ki, bunların kimileri Plewman'm söylediklerine ters düşmektedir; bunun en Önemli nedeni, belki de, üzerinde çalıştığımız yatakların düzensiz şekilli, masif ve homojen r'*nayan dissémine cevher yataklartoluşu-

(*) Profesör, Royal School of Mines, Londra.

Düşüncelerimin çıkış noktası, ekonomik örtükazı oranı ya da endeksin temel değişken olarak ele alınışı ve yıllar öncesinden sabit kabul edilmeşi idi. Bu varsayım özellikle aynı cevher yatağının, acrk ve yeraltı istemesi ile alındığı yataklar loin doğrudur.

Nihal ocak sınırlarını, örtü kazı oranı için statik bir ekonomik sınır kullanarak, yıllar öncesinden düzenleyen herhangi bir acık ocak planı, geleceği tehlikeye atma sakıncasını taşıyacaktır.

Planlama mühendisinin en önemli somnu, yatırımı çekiöi kılan bir plan üretmektir. Esnek bir plan, optimum fakat katı bir plandan daha iyidir.

Optimum bir planı seçmek için birkaç ölçüt kullanılabilir (ki aslında hepsi kullanılmalıdır); örneğin, maksimum kâr, maksimum bugünkü değer, maksimum İndirgenmiş nakit akımları, maksimum gerf ödeme, kaynakların optimum kullanımı gibi. Bunların hiç biri tek başına tüm görüntüyü yansıtamaz. Mali planlamacılar çekici olan yatırım tipini belirleyebilirler İşe, bu, planlama mühendisine yardımcı olur.

Yol gösterici bir politikanın yokluğunda, planlama mühendisine, orta vadeli bir yatırıma (10-15 yıl gibi) yönelmesi tavsiye edilebilir ki bu, yaklaşık her 5 yılda bir yatırımların yeniden gözden geçirilmesi olanak sağlar. Planlamanın kapsamını cevher rezervi, piyasa koşulları, uygun üretim maliyetleri ve anapara bulunabilirliği belirler.

Oldukça düzensiz nesnelere uğraşmak durumunda olduğumuzdan, İlk önce dikkatimizi Jeolojik verilere çevirmek durumundayız. Çoğunlukta, yüzlerce sondaj ve onblnllerce analiz işin içindedir. Mr. Stücke'nin ikinci oturumda belirttiği gibi, projelendirme sürdürülürken yeni sonda) verilerinin geldiği durumlar da oldukça yaygındır; bu nedenle, rezerv bilgilerinin hemen revizyonu, uygulamada büyük yarar sağlar.

Royal Madencilik okulunda, sondaj verilerini alacak ve sondalarla araştırılan bütün hacim için tüm oiası sınır tenörlerinde cevher rezervi matriksini bloklara göre kodlayacak bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.' 'Bfok boyutları ve sondaj aralıkları jeololi ile ilgili ödin kritik etmenlerdir. Bu konuda daha fazla konuşmak için zaman yeterli değildin. Şu kadarını söylemek yeterli olur kir [eplofik yorum çok önemli olup, deneyirnU b|r maden jeologu tarafından elle yapılacak rezerv hesapları, perl. yodik kontrol lar için gereklidir. Olası her sınır tenöründe kl cevher kaybı veseyrelmeler için düzeltme faktörleri maden mühendieinçe uyguianmairdiç.

Daha sonra, Mr. Stücke'nin yaptığı gibi, tabandan başlayarak çok sayıda ocak planladık. Burada taban, cevher tabanı olabildiği gibi, yeraltı işletmesinin daha uygun görüldüğü ya da sadece 10-15 yıl içinde ulaşacağımızı düşündüğümüz herhangi bir taban olabilir. Fiziki bfr model bu aşamada çok zaman tasarrufu sağlar. Bu taban, tabanın konikleştirilmesi ya da daha fazla kazılarak tekne şekline dönüştürülmesiyle kazanılan cevher rezervini hesaba katmamaktadır,. [2. bildirinin yazar> tan buna taban eşinmesi (pig rooting) adını takmışlardır.].

Bilgisayar programı, kayac cinsine göre seçilen herhangi bir nihai şev açısı ve tüm olası sinir tenöründeki pasa tonajı ile cevherin tonajını ve tenorunu çıktı olarak verecektir. Bu yüzden bizler kısa bir süre içinde büyük, küçük, ddr, köre, yuvarlak ya da herhangi bir diğer biçimdeki çok sayıda açık ocağı kısa zamanda inceleme olanağını buluruz.

Bilgisayar çıktıları, proje mühendisine farklı ocak geometrisinin görece rakamlarını bir bakışta görme ve bunların arasından, kendisinin genel amacına en İyi uyacak gibi görünen birkaç tahesml seçme olanağını sağlar.

Bu aşamada, değişkenler, aşağıdaki konularla sınırlanır ;

1. Jeolojik nedenler ve yorumlar, sınır tenörü, seyrelme;
2. Nihal şevler;
3. Ocak şekil ve nihai taban.

Maliyet, piyasa ve cevher işleme sorunları daha sonra ele alınır.

Bu ocak planları, gelecekteki planlama için anahtardır, Bunlar, mühendise çeşitli sınır tenörü ve şev açıları için değişik totröffar vermekte olup, kendi amacına en uygun olanını seçme olanağını sağlar. Birbiri ardısıra büyüyen ocaklar arasındaki fark enstantane örtü kazı oranım verecektir ve doğaldır ki bu da, incelenmelidir. Daha kolay uygulanabilir İse, bu enstantane örtü kazı endeksine kolaylıkla çevrile* bilir,

Bundan sonraki adım, işletmenin sıraya konmasıdır ki bu da, oldukça zordur ve bu zamana kadar biz bunu bilgisayar için programlamayı başaramadık. Bizim isteğimiz, yukarıda anılan «çıktı»ya benzer bir çıktı olup ancak basamaklara göre rakamlar değil yıllara ya da evrelere göre sonuçlardır.

Bu işlemi doğru olarak yapabilmek için geçici şev ve optimum işletme sırasının hesaba katılması gerekmektedir. Bay Halls'un bildirisinde de belirttiği gibi, bu konu, bu zamanda, en çok dikkat isteyen konudur. Benim kanımca çoğu durumda, elle yapılan basit yöntemlerle planın 2'ye, 4'e, daha sonra da 8'e bölünmesiyle cevher ve pasa. miktarlaq da S eşit döneme dağıtılması (istenirse İO'aj uygun bir yol olarak görülür. Ön örtü kazının yapıldığı bir hazırlık dönemi oluşturmak, belki de gerekli olacaktır ki; bu dönem içerisinde kaldırılan cevher en az tutulurken, kazılan toplam hacmi giderek büyüyecektir, Bu açık işletme programları piyasa koşulları ve cevher İşleme tesis kapasiteleriyim de uyumlu olmalıdır.

Bundan sonra yatırım ve işletme giderleri hesaplan yapılabilir. Bu, planlama aşamasının en usandırıcı ve zaman alıcı işlemi olduğundan, en -uygun: planların bir ön seçiminden sonra yapılır.

Eğer hâlâ ortada birkaç plan kalmış İse, hepsi, için de maliyetler hesaplanmalıdır. Her bir plan ayrıca çeşitli (yıllık) üretim miktarlarına karşı da duyarlı olabilir ve bunun da maliyetlendirilmesi gerekecektir. Aslında, üretim kapasitesinin arttırılmasıyla, maliyetteki azalmanın derecesi, nihai seçimdeki en kritik etmenlerden bir tanesi olabilmektedir.

Kimi kişiler, açık ocak plânını en uygun kılabilmek için, gerektiğinde hesapları yineleyecek, maliyetlerin on girdi Verilerinin bir bölümünü oluşturduğu, bilgisayar programları yapmaya çalışmaktadırlar. Tedbirli uygulandığında yararlı bir araç olduğunu yadsıyamam; ancak, nihai ocak sınırlarını ve örtü kazı oranlarını saptamada ön maliyet tahminleri kullanıldığında yanlış yerlere götürecek sonuçların üretilme tehlikesi de vardır.

Özet olarak, açık ocak planlaması şu sırayı İzlemelidir :

- İşletilecek rezervin saptanması,
- Basamaklara göre işletme planı,
- Evrelere göre İşletme planı,
- İşletme planının pazara ve İşleme tesisine uydurulması.
- Çalışma hızı (Birim zamandaki üretim miktarı),
- *— Maliyet hesaplan.

En iyi plan, orta vadede iyi bir geri ödeme yapabilen plan olarak gözükmektedir; ancak, 5 ile 10'cu yıllar arasında tekrar yatırım olanakları açık tutulmalıdır. Sadece Net Bugünkü Değer ve İndirgenmiş Nakit Akımları yöntemleriyle optimize edilmiş planlamalar, 5 yıl içerisinde geçerliliklerini yitirirler.

Son olarak Bay Halls'un bildirisindeki Önemli bir sonucun, geçici şevin arttırılmasının, üzerinde- durmak istiyorum. Bay Halis, nihai şevde hiç bir değişiklik yapmadan geçici şevi arttırarak, önemi! maddi tasarruflar sağlanabileceğini açık bir şekilde göstermiştir. /

Bay Halis tarafından önerilen 38°İlk açığı, sadece ekskavatörler arasında 4 basamak

birakılabildiği durumlar için geçerlidir. Her basamakta ekskavatör çalışması istenirse 25°'yı geçmek oldukça zordur; gerçek açı, kullanılan makina - ekipmanın boyutlarına bağlıdır.

R. DANIEL*

Bay Halis ve Prof. Plewman'm bildirisinde sınır tenorun türetilmesi konusunda kimi farklılıklar var gibi görülmektedir. Sunun ayrıntılı olarak incelenmesi mümkün müdür?

İlgi çeken bir nokta da, prof. Pryor'un İspanya'deki pratik deneyime dayanan düşüncesinin prof. Plowman ile çelişkili olduğudur.

Pryor, R_E'nin sabit olmadığını, tersine açık ocak tasarımıdaki en büyük değişken olduğunu belirtmektedir. Bunun gelecekte çok büyük tartışmalara yol açacağından eminim.

Bay Halis, ön örtü kazının kuramsal olarak bitişi, konsantratörün işletmeye alınma zamanıyla çıkışacak şekilde başlatılacağını söylemiştir. Ancak uygulamada ekipmanın testim alma tarihleri, işçi sorunları, gibi nedenlerin, genellikle, programı aksattığını da belirtmiştir.

Dr. M.D.G. SALAMON**

Oturum süresince şev açısının değişiminin ekonomik Önemi üzerinde yoğun tartışmalar yapıldı. Şev açısının bir derece gibi küçük bir¹ miktar artırılması durumunda bite, oldukça yüklü bir para tasarrufu yapılabileceğine işaret edildi. Açık ocak sorunları ile yeni karşılaşmış bir kişi olarak, muhtemel tasarrufların bir kısmının şevlerin sağfamlaşılmasına (takviyesine) tahsis edilerek, işletme ekonomisinin geliştirilmesinin mümkün olup olmayacağını merak etmekteyim. Yazarların ya da diğer uzmanların bu konuyu aydınlatmalarını

dilemekteyim. Ayhca bir şevin, ne zaman dik sayıldığını da bilmek İstiyorum. Örneğin 38° dik bir şev midir?

C.D. BROADBENT**»

Şevlerin takviyesi bugün için ekonomik bulunmamaktadır. Şev dikliğine gelince; 38°'deki fazlası öfütlenmemekle birlikte, kimi işletmelerde, çok daha dik şevler uygulanmaktadır,

D. RANKIN****

Dr. Salomon şu anda Kimberley'deki De Beers madeninde yürütülmekte olan çalışmalara belki ilgi duyarlar. Bu işletme, eski bir ocak olup, 1964'de yeniden işletmeye açılmıştır; üretimde uygulanan yöntem, blok göçertme yöntemidir. Ek olarak. 1966'dan 1968'e kadar yan kayaçların açık ocak işletmesiyle kazılma işlemleri yapılmıştır. BU işlemin nedeni, yan kayaçların göçerek açık ocak içine dolmasının yol açacağı seyreلمeyi önlemek ve yeraltı ocağının üstündeki aşırı yükün önlenmesidir.

Kayma ve kırılmaların tahmini nihaî sınırları içine Güney Afrika demiryolu da girmektedir. Bu nedenle, doğal şevin dikleştirilmesi için girişimde bulunmak gerekmektedir. Açık ocak aşamasında oluşturulan basamaklar, duraylılık sağlanacak alana gidış için olanak sağlamıştır. Alınan koruyuşu önlemler şunları içermektedir :

- Hareketin herhangi bir belirtisini vermesi için, doğru olarak ölçülüp yerleştirilen, geniş bir işaret karelağı.
- En üstteki dolerit basamağında, demiryolu alanının altına bir serf 100 ft*İlk sondajlar yapıldı, çelik halatlar yerleştirildi ve 70 tonluk bir kuvvette gerdirildi.
- Şev gerisinde bir tünel açıldı. Tünelde, yukarıya, 50 ft aralıklarla, 180 ft.

(*) MÖşavir Müh., Anglo American Corp. of South Africa Limited.

(**) Collieries Araştırma Laboratuvarı Direktörü, Chamber of Mines of South Africa.

(***) Maden Müh., Kennecott Copper Corp., Salt Lake City.

(****) Genel Md. Yard., De Beets Consolidated Mines Limited.

uzunluğunda delikler delindi. Şev genişliğinde bir su basıncının oluşmasını önlemek amacıyla, bir perde oluşacak şekilde, bu sondajlar hidrolik olarak çatlatıldı.

d) Yukarıdaki önlemlere karşın, yüzey aşınmalarının şev kaymalarına yoi açtığı anlaşıldı. Etki alanındaki dole-rit şapkanın altındaki seyide, 1100-ft uzunluktaki bir bölümün korunması gerekmektedir; ve şimdilerde çalışmaları sürmektedir. Bu çalışmanın ayrıntıları aşağıda belirtilmiştir :

- (I) Aynalar sağlamaştırıldı.
- (ii) Dike yakın basamak aynalarına =P3 inç kalınlığında koruyucu bir temel tabaka sürüldü. Şeyi, pirit içerdiğinden, bu temel tabakada kullanılan çimentonun, sülfatlara dayanıklı olması gerekmektedir.
- (iii) Kayaçları yüzey sularından korumak için, bu temel tabakanın üzerine (T 1/8 İnç kalınlığında su geçirmez hale getirilmiş bitüm püskürtüldü.
- (iv) Bitümü, mekanik tahrip ve ultraviyole ışınlarından korumak amacıyla, en üste, az takviyeli İkinci bir koruyucu tabaka püskürtüldü.

Bunlara ek olarak, belirli bir basamak seviyesinden, üst basamak seviyesindeki sondajlarla çakışacak şekilde, yukarı doğru, bir sıra 90 ft'lik (24 ft.aralıklarla) delikler delindi. Sevideki yüksek yatay geçirgenlik nedeniyle, bu sistem, uygun bir drenaj sağlamaktadır. Son olarak da, söz konusu 3 basamakta, 3 ya da 4 sıra (8 ft aralıklarla) tavan civataları yerleştirilmektedir. Civata uzunlukları, basamak topuk hizasından 15 ft öteye, sağlam kayaca girecek şekildeceftir.

Aynı yolla, basamak tabanları da betonlandı. Kullanılan beton, su geçirmez bir plastik tabakayı da içermektedir.

(İkinci oturumda D.S. MüllerMn eklentilerine de bakılabilir.)

R.M.STEWART*

Amerika'da Anaconda firmasınınca gerçekleştirilen, blok göçertmeden açık ocağa geçiş konusunda bilgi vermem R Daniel tarafından istendi,

Montana'daki Butte, yaklaşık 100 yıllık bir madencilik merkezidir. Bölgede çok sayıda büyük damar var olup, başlangıçta altın, daha sonraları gümüş ve şimdi de bakır için İşletilmektedir. 1950 yılında, kimi damarlarda % 1 bakır içeren zonların blok göçertme yöntemi ile alınması için, proje hazırlanmıştır. Kelley kuyusu 2000 ft katına kadar açılmış; 600, 1300 ve 2000 katlarında taşıma yolları hazırlanmıştır. Kelley ocağı, uzun yıllardan beri, günde 15.000 ton % 1 bakır tenörtü cevheri başarıyla üretmektedir. Yakınlarda, 4600 ft'e derinleştirilerek, bölge için merkezi bir nakliye ve pompa tesis görevi üstlenmiştir.

Cevher zonlarının çoğu, pasa ya da düşük tenörlü kayaçlarla çevrilidir. 600 ft yüksekliğindeki bloklarda seyrelme, çoğu zamanlarda % 15-25 olmaktadır. Seyrelme, sadece tenörü düşürmekle kalmıyor, aynı zamanda, kuyu dibi yükleme tesisinde sorunlara neden olmaktadır*

Açık işletme yönteminin ve makina - ekipmanın denemesi, blok göçertme ile birlikte yürütüldü. Göçertme sistemi başladığında, sadece 15 tonluk kamyonlar bulunabiliyordu. 25-35 tonluk kamyonlar da* ha proje aşamasındaydı. Buna karşın açık işletme, blok göçertme üretimine takviye olarak başlatıldı. 1950'lerin ortalarında, 35 ton kapasiteli kamyonlardan bir filo edildi; ve 6 yd³'lük ekskavatör ve 0 inçlik rotari delicilerle birlikte kullanılmaya başlandı. 1960'l arda bu filo yerini, 65-70 tonluk dizel kamyonlara bıraktı. 1965'de ise, ilk 85 tonluk dizel - elektrik kamyonları, 15 y³'lük ekskavatörlerle birlikte kullanılmaya başlandı. Bu filo da bugün hemen bü-

(*) Madencilik Araştırma Direktörü, The Anaconda Company, Salt Lake City.

tünüye yerlerini 100 tonluk kamyonlara bırakmıştır. Bugün Berkeley ocağında, bu kapasitede, 100'ü aşkın kamyon vardır.

Şimdi cevher üretimi, günlük 55.000 ton olup, tenor % 0,75 Cu ve örtü kazı oranı 4:1 dir. Diğer bir deyişle, günde 250.000 tondan fazla kazı yapılmaktadır. Cevher metallurjik olarak kompleks olup, çok dikkatli bir ayırım ve harmanlama gerektirmektedir. Düşük tenörler Üç ya da diğer işlemler için stoklanır.

Acık ocak işletmeciliği, blok göçertmeye kıyasla günlük üretimde ve cevher seçiminde büyük esneklik sağlamaktadır. Jeolojik ve patlatma deliği numuneleri üst basamak verileri ile kıyaslanarak, istenilen cevher harmanlaması için, uygun bir ekskavatör üretim programı hazırlanmıştır.

Anaconda firmasının Şili'deki El Salvador madeninde günde 30.000 ton cevher, blok göçertme yöntemiyle alınmaktadır. Uygulanan yöntem> oldukça homojen tenörü cevher yatağı için uygun bir yöntem olup, acık ocak işletmeciliği için oldukça yüksek bir örtü kazı oranı vardır. Doğaldır ki, işletme yöntemi her ocağın kendi özelliklerine göre seçilmelidir.

B.A. KENNEDY*

Pryor, Stücker gibi kimi delegeler, 2 konu üzerinde sorular yönelttiler : Bu sorular; (1) açık ocaklarda dik şevlerin ekonomisi; ve (2) bilgisayarla ocak tasarımında zaman faktörü idi. Bugün kullanılan şevlerden daha dik şev acısıyla çalışmak, kimi işletmelerde kesinlikle ekonomiktir; ancak, şev yükseltme işlemi tercihen nihai ocak sınırına ulaşıldığında yapılmalıdır. Yine de, işletme ömrü boyunca ve nihai ocak sınırına ulaşmadan önce, düşük bir geçici şev uygulaması yeğlenir. Gerçek geçici şev açısını belirleyen etmenler : Makina - ekipman boyutları, yol genişliği, güvenli basamak genişliği, basamağa ulaşım yollarının bakımı vb.'dir. Dik şev ve ocak tasarımı konusunda bir örnek;

Compania Minera de Cahanea, S.A. de C.V.'nin, Meksika Cananea'da yaptığı çalışmadır. Burada, yeraltı çalışma verileri ve sondaj verilerinden başlayarak, tüm açık ocak tasarımı bilgisayarla yapılmıştır. Bu verilerin enterpolasyonu ve ekstrapolasyonu ile bloklar oluşturulmuş ve rezerv hesabı yapılmıştır. Bunu ocak tasarımı, programlama ve mail analizler izlemiştir. Ocağın kuzey kenarındaki şev 60°, 65° ya da 70°; tabandan yüzeye düşey yükseklik 1400 ft'dir. Bu üç şev açısının hangisinin kullanılacağı konusundaki nihai karar, diğer karmaşık analizler tamamlandığında verilecektir.

İkinci nokta; bilgisayarla ocak tasarımında harcanacak zaman konusu olup; bu da doğaldır ki, madenden madene değişmektedir. Birleşik Devletler'de bir Kanada madencilik kuruluşu için, 36 seçeneikli ocak tasarımı geçenlerde, 14 günde yapılmıştır. Yapılan çalışma tüm rezerv hesapları, basamak planları, kesitler, mali analizler, üretim planları vb'ni kapsamaktadır. Bu işte sonuçlar, mümkün olduğunca çabuk istenmişti. Daha makul bir ortalama zaman, sondaj verilerinden başlayan tüm bir ocak tasarımı için 3 aydır ki, bu da, cevher yatağının boyutları, jeolojinin karmaşıklığı vb. etkenlere bağlıdır.

R.P. PLEWMAN (Yanıt)

Stücker'nin genelleştirici formülü yararlı bir katkı olup, bildirisinde basit olarak gösterdiği gibi, sondaj verilerinden direkt olarak çeşitli şev açılarından ocak kontuna n çizebilecek şekilde geliştirilebilir. Pryor'un «taban» kavramı, bana göre* bir mühendisin gözönüne alabileceği her türlü durum için uygun ve basit bir yöntemdir.

Salamon'un sorusu ise, Broadbent ve Kennedy'nin katkıları ile yanıtlandı sanırım. Bu gerçek bir ekonomi sorunudur. Geçici bir şevin tahkim maliyeti, üretilecek ek cevher değeri ile dengelenmelidir; ve bu nedenle, genel bir yanıt vermek olanaksızdır.

<*) Madencilik Araştırma Uzman Müh., The Anaconda Company, Salt Lake City, Utah, ABD.