

Açık Ocak İşletmeciliğinin Temel Ekonomisi (II)

(The Basic Economies of Open Pit Mining)

J.L. HALLS (*)

ÖZET

Bir açık ocağın ekonomik ömrü, cevheri alabilmek için yapılan örtükazı maliyetinin, cevherin çıkarılıp işlenmesiyle elde edilecek kâra eşit olduğu, zaman sona erer.

Ocak sınırları açısından güvenli ve dik şev açılarının avantajları en geniş anlamıyla bilinmektedir. Şev açısı dikleştirildiğinde, ilave bir miktar cevheri de ekonomik olarak işletme olanağı doğar ve işletmenin ömrü de uzar. Aynı zamanda şevlerin optimumdan daha yatık olduğu durumlarda, şev acısının dikleştirilmesi işletme aşamasında ekonomik yönden de avantajlıdır.

Yazar aynı konuda. Prof. Plewman'ın bildirisini de okuma fırsatı bulmuştur. Plewman'ın bildirisinde ocak sınırları iki varsayılmış model üzerinde başabaş noktası (break - even ; stripping ratio) baz alınarak saptanmış; aynı zamanda şev açılarının ekonomi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu bildiri, Plewman'ın tezini daha da genişleterek planlama, hazırlık ve işletme aşamasında şev açısı diktiğinin, açık ocak işletme ekonomisine etkilerini incelemektedir.

Güvenli dik şev açılarının maden ömrü boyunca önemli ölçüde ekonomik avantajlar

getirdiği açıktır. Kaya mekaniği çatışmalarından elde edilen optimum şev açıları, madenin ömrünün büyük kısmında uygun çalışma alanı sağlama gibi nedenlerle, çok ender olarak uygulanabilmesine karşın, uygun bir uzlaşma yine de bulunabilir.

İlk başlarda geliştirilecek olan, şev dengegesizliklerini zamanında uyaracak bir kontrol sistemi, işletme sırasındaki şevlerin dikleştirilmesine yönelik şev duraylılığı araştırmalarında önemli bir araç olarak görülür.

1. GİRİŞ

Bu sempozyum — şev duraylılığına da ağırlık vererek — açık ocak planlaması ve ekonomisine tahsis edilmiştir. Güvenli ve iyi hesaplanmış şevlerin avantajları herkesçe bilinir. Güvenli ve kesintisiz bir cevher üretimi sağlamak için, duraylı şevler gereklidir. Ek olarak, Örtükazı maliyetinin en aza indirilmesi ve işletmede kâr maksimizasyonu yapılabilmesi için de, dik şevler gerekir. Ne yazık ki, en fazla duraylılık ve maksimum diklik birbiriyle ters orantılıdır; bir yatay iken, diğeri diktir. Bu yüzden, bu ikisi arasında en uyumlu şekli bulmak ekonomik bir zorunluluktur. Madenlerin çoğunda kayaçların mukavemeti çok değişken olduğu halde, şevler dengelidir. Bu değişkenlik nedeniyle, genel uygulamada şevler, gerektiğinden daha yatık tutulur ve bu gibi durumlarda örtükazı maliyetini azaltma şansını ortadan kaldırır.

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

Kennecott Copper Corp. 1962'den beri Nevada, Ely, yakınlarında Kimbley İşletmesinde, şev denge araştırmalarında 20 000 adam - saat'den fazla mesaj ve birkaç milyon dolar harcamıştır. Diğer madencilik firmaları ve  nlveşitel sr de ^m dgnygdq, benzer araştırmalar' l v önemli  l de para harcamaktadırlar. Araştırmaların amacı, sürdürülmekte olan istetme giderlerinin azaltılması çabalarına yardım etmektir. Dik şevler örtükazı oranını azaltır ve böylece daha derindeki cevheri kârlı yapabildiği için, hem maden ömrü uzar ve hem de  şietmento ekonomisine olumlu katkı yapar.

Sempozyumdaki birçok yazar, şev denge araştırmalarının bugünkü durumunu belirtmektedir. BU bildiri is , tipik bir porfiri bakır yatağı  şletmesinin ekonomisini, değerlendirme aşamasından madenin ömrü sonuna kadar inceleyerek, bu araştırmaların ana hedefini tekrar gözden geçirmektedir. Dik şevlerin potansiyel ekonomisi ve uygulanabilirliği her evrede incelenmiştin Görülmektedir ki, 38"lik bir şev açısı verimli bir çalışma için uygun alan yaratmakla kalmamış, ortalama sağlamlıktaki kayaelarda daha yaygın olarak kullanılan 25"lik şevlere oranla önemli  l de tasarruf sağlanmıştır.

Prof. Plewman'ın bildirisi aynı konuyla ilgili olmakla birlikte, iki varsayılmış cevher yatağı için ocak sınırlarının saptanmasını temel olarak incelemektedir; bunlardan birincisi, düşey slindrlrik cevher yatağı ve ikincisi ise az eğimli tabular cevher yatağıdır. Pt wman matematiksel olarak, düzgün ve tenor dağılımı eşit olan yataklarda, sınır örtükazı oranı baz alındığında, her türlü nihai şev açısında (pit limit slope) ocak sınırlarının yüzeyi kestiği yerin aynı olduğunu göstermiştir. Bu, boyutları düzgün ve tenor dağılımı birbicimli olan bir yatak için doğrudur ve bilgisayarla da aynı sonuçlar alınabilir. Bilgisayar tenor dağılımı, derinliği ve biçimi değerşebilen düzgün olmayan yataklarla ilgili işlemler de yapılabildiğinden, bu bildiride bir bilgisayar yönteminin ana hatları da verilmiştir.

Bu bildiri, güvenli dik şevlerin yalnız ocak sınırları açısından değil, aynı zamanda ocağın hazırlık aşamasından maden ömrü sonuna kadar yarattığı ekonomik ve pratik etkilerini hesaba katması açısından da Prof. Plewman'ın bildirisini tamamlayıcı niteliktedir.

2. MADEN DEğerLENDİRME AşAMASINDA OCAK şEVİNİN ÖNEMİ

Yenibulunan bir cevher yatağında, değerlendirme çalışması, ilk jeolojik etüdlerle başlar; jeofizik ve jeokimyasal çalışmalar ve bir sondaj programının çeşitli aşamalarından geçer ve potansiyel hakkında ayrıntılı değerlendirme çalışması yapabilmek için gerekli tüm verilerin sağlanmasına kadar devam eder. Buradaki örnekte, porfiri bakır yatağının nitelik ve niceliği birbirine yakın birçok elmaslı sohda|!arla belirlenmiştir. Yüzey topoğrafik haritası hazırlanmış ve sondaj kuyularının sapmaları incelenmiştir. Her sondaj karotu, düzenli aralıklarla mineralojik olarak incelenmiş, toplam ve sülfit olmayan bakır ve diğer metal analizleri ve kapalı devre metalurjtk testler yapılmıştır.

Bu durumda, değerlendirmenin ilk aşaması olan mineralizasyon envanteri ile, yatağın ortaya çıkarılması için gereksinim duyulan tüm bilgiler hazırdır.

2.1. Mineralizasyon Envanteri

Bilgisayarla mineralizasyon envanteri küçük, düzgün şekilli bloklardan oluşur; blok boyutları genellikle 200 ft²X40 ft olup; bu 40 ft, işletme için düşünülen muhtemel basamak y kseklidir. Her bloğu boşlukta tanımlayabilmek için koordinatları ve y seklikleri belirlenir. Cevheri posadan ayıran her türlü karakteristik (kayaç tipi, metalurjtk randımanlar ve konsantre tenörü gibi) tahmini metal içeriği ile birlikte bloklara işlenir.

Bilgisayarda girdi verileri olarak  stenenler şunlardır :

1 — Yüzeyin topoğrafik haritası.

2 — Sondaj fokasyonları ve sondajların sapmaları.

3 — Jeolojik türleri ana hatlarıyla ayıran ve cevherli bölümleri belirten tüm sondajların loğları.

4 — Cevherli karotların her bölümünün metal içeriği ve öngörülen endüstriyel metalurjik randımanlar.

5 — Sondaj kuyuları arasında, mineralleşme süreksizlik yaratan fay ve dayk gibi jeolojik özellikler.

Cevherli karotların her bölümünde, metal içeriği bir geilr temelinde bakır eşdeğerine çevrilir ve böylece kazanılabilen diğer metaller de hesaba katılmış olur. Örneğin, % 0,4 bakır ve bir miktar da altın, gümüş ve molibden içeren cevher, gelirler itibarıyla % 0,5 bakıra eşdeğer olabilir. Bakır eşdeğeri rakamları ve bunların metalurjik kazanım randımanları, komşu sondaj verilerinin enterpolasyonu yoluyla her bloka işlenir. Her bir blokta değerler, metalurjik randıman, cevher cinsi v.b. tüm bilgileri gösteren seviye hartiaları hazırlanır. Her seviyedeki mineralleşme zonunun toplam metal içeriği ile birlikte, metal içeriklerine göre sınıflandırılmış bir tona) özeti de, hazırlanır.

Bu mineralizasyon envanterinin hazırlanmasında hiçbir ekonomik parametre dahil edilmez. Bu nedenle, bakır eşdeğeri hesaplanmasında, söz konusu çeşitli metallerin fiyatlarıyla bakır fiyatı arasındaki oran sabit kaldığı sürece, envanter hesabı herhangi bir metal fiyatı, işletme giderleri v.b. için geçerlidir. Bu koşullarda mineralleşme envanteri, herhangi bir zamanda, istenen herhangi bir sınır - tenöre dayanan, ya da belirli özelliklerin ve her bir bloğun fonksiyonu olarak, cevher ve paşayı belirleyen herhangi bir ölçüte göre, cevher rezervi hesaplanmasında kullanılabilir.

2.2. Ocak Sınırları

Bundan sonraki aşama —eldeki var olan bilgilere göre— ocak sınırlarını saptayarak (madencilik için sona ereceği, işletmenin durdurulacağı tahmin edilen yer) envante-

rin cevher içeriğinin, hesaplanmasıdır. Ocak sınırındaki son dilim; bu dilim üzerindeki paşanın kazı maliyetinin, bu cevher diliminin kazılıp işletilmesiyle elde edilecek kâra eşit olduğu dilimdir.

Ocak sınırının saptanması için gerekli bilgiler aşağıda belirtilmiştir :

1 — Sınır tenörü (cut - off - grade) : Bloğun kazı ve satılincaya kadarki işletme maliyetlerini, metal satışlarından sağlanacak getire eşit kılan, yüzeydeki bir cevher bloğunun tenorudur. Derindeki cevher, üstündeki paşanın kaldırılması için gerekli harcamaları da karşılayabilmek için, sınır tenöründen yeteri kadar daha yüksek tenörde olmalıdır. Cevher tenörüne bağımlı olan örtükazı oranlarını kullanma kavramı, değişken örtükazı oranı tekniği olarak bilinir. Şekil 1'de tipik bir ocak sınır dilimleri görülmektedir.

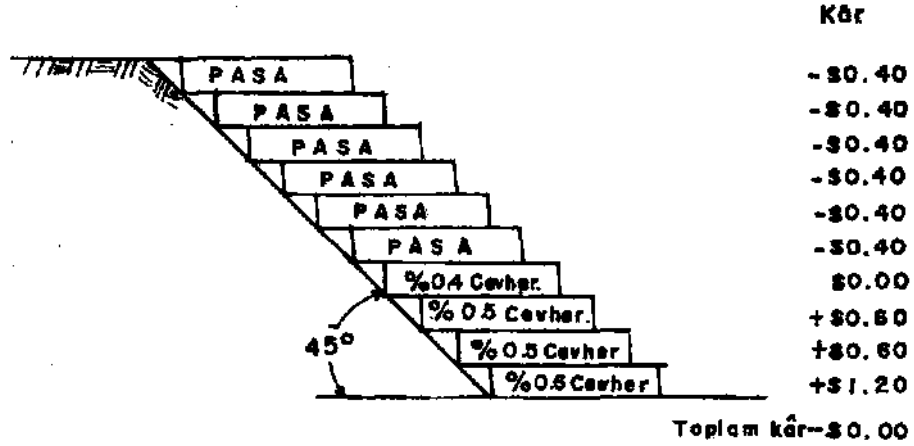
2 — Cevher üstündeki paşanın kazma ve atıklama maliyeti,

3 — Ocağın her bölümünde, dikkatle hesaplanmış en dik güvenli şev açısı. Ne yazık ki, şev duraylılığı öngörülerinde temel önermelerden biri olan, yapı hakkındaki örnekleme ile bilgi sahibi olma, değerlendirme evresinde, yalnız oriente edilmiş karotlarla mümkün olabilmektedir. İlk başlarda yapılan ocak şev açıları tahminleri, bu nedenle, raslantıların etkisi altındadır.

2.3. Ocak Sınır Tenörü

Sınır tenörü saptanmasındaki sorun, maliyetlere katılacak etmenlerin yorumlanmasındadır. Prof. Plewman, genellikle, sınır tenörü hesabında sermaye maliyeti için bir pay ayrılmadığını ve minimum kâr etmeninin dikkate alınmadığını, belirtmiştir. Herhangi bir harcanmış paraya bakılmaksızın, birim cevher kazısıyla bir nakit akımı oluşturulduğu sürece, cevher kazı işleminin devam edeceği benimsenmektedir. Fakat, bu yolla geliştirilen cevher rezervlerinin benimsenip kullanılmasında, anlamı özümlememe gibi gerçek bir tehlike vardır. Rezerv hesaplamada en küçük nakit akımını yaratan herhangi bir birim cevher!, bilgisayar, rezerve dahil eder. Bu du-

Cevher Sınır TenÖrtU % 0.4 Cu

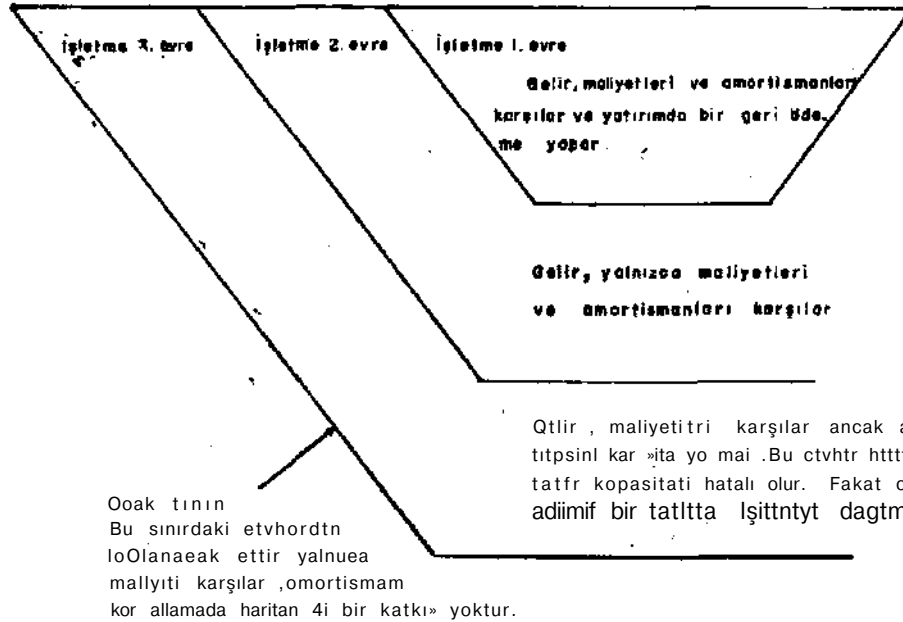


% 0.4 Cu dan daha yaktık tenörlü 3 bloktan
ağlanan kâr, 6 pata b l Ofunun kazısını karşılayacaktır

Şekil 1. Değişken örtükazı oranı örneği.

rumda, kurulan tesislerin amortismanını karşılayamayan ve bu nedenle yatırımda bir geri ödeme yapamayan, bilinmeyen miktarda marjinal cevher olacaktır. Tanımı gereği, ancak bir kârla çıkarılıp işletilebilen mineralleşmiş malzemeler, cevher olarak

kabul edildiğinden, bu marjinal cevher, ancak tesislerin bütünüyle amorti edildiği ve yeni hiçbir yatırımın gerekmediği zaman, cevher olmaktadır. Bu nedenle, bir değerlendirmede, tesis kapasitesi saptanırken, bu rezervler gözönüne alınmaz (Şekil 2).



Şekil 21 Karlılığın ocak sınırlarına doğru azaldığını gösteren şematik cevher kazı oranı

Yukarıdaki risk gözönünde bulundurularak, rezerv hesaplarında ihtiyat derecelerine göre, aşağıda belirtilen çeşitli sınır saptama yolları vardır :

1. İşletme giderlerine amortismanı karşılayacak bir miktar eklenir. Bu yaklaşım biraz mantıklıdır. Belirli bir zamandan sonra konsantratör, izabehane, ambar, büro gibi yerüstü tesislerinin bütünüyle amorti edilmiş olacağı düşünülebilir. Bunun yanında, kısa ömürlü ve sürekli amortisman faktörü olan, ocak İşletmesi ile ilgili başka kalemler de vardır. Bunlar üretim sürecinde sık sık yenilenmesi gerekli kalemlerdir (kamyon, delici, araba v.b.). Bunların amortismanını ya da yenileme yatırımları tutarı, kabaca, ton - malzeme başına 0,3 - 0,4 dolar dolayındadır.
2. Makina ekipman harcamalarının yatırım olarak kabul edilmesi, ve bu yatırımların geri ödenmesi istenir. Çeşitli kalemlerin ortalama ömrü kullanılarak ve bu yatırımdaki iç kârlılığın % 12 olması istendiğinde, ton - malzeme başına 0,1 dolarlık bir miktar, cevher ve Örtükazı maliyetlerine eklenmelidir.
- (1) ya da (2)'nin madencilik birim maliyetlerine eklenmesi, sınır tenorunu biraz yükseltir ve ancak daha yüksek tenörlü cevherin karşılayabileceği örtükazı miktarını önemli ölçüde azaltır.
3. Her bloktan bir minimum kâr istenir ve bu, amortismanı da içeren işletme giderine eklenir. Bu yöntemin bir yolu. İstenen minimum kârın amortismanlardan vergilerin çıkarılması ile kalan kısmın bir yüzdesi olarak, maliyetlere eklenmesidir. Diğer bir yol ise, İşletme sermayesi ve madenin hurda değerinden beklenen nakit akımının maliyete eklenmesidir.
4. Mühendisin yapacağı en uygun akıl yürütmeye göre, cevherin değerine bakılmaksızın, sınır örtükazı oranına rastgele bir üst sınır konur. Bunun yararı biraz kuşkuludur; çünkü bu yöntemde daha büyük bir örtükazı oranı sağla-

yabilecek olan yüksek tenörlü cevher, gözönüne alınmamıştır.

5. Taşıma giderleri] ocak derinleştikçe artar. Bugünkü ekipmanlar kullanıldığında, taşıma giderleri, taşıma uzaklığı ile birlikte kuşkusuz artacaktır. Yıllar geçtikçe, taşıma gideri, kamyon kapasitelerinin artması nedeniyle, daha düşük bir hızda yükselir. Bant konveyörlerin kullanımında, son yıllardaki teknolojik gelişmeler, ileride taşıma giderlerinin daha da azalacağını göstermektedir. Taşıma giderleri, ortalama bir ocakta, madencilik maliyetinin kabaca %40'ını oluşturduğundan, derinlikle birlikte artan taşıma maliyetine dikkat edilmelidir.

Yukarıdaki yöntemlerden herhangi birinin ya da birkaçının birlikte uygulanmasının, sınır tenöründe çok az bir etkisi vardır. Sınır tenörü genellikle en yakın % 0,1 Cu'a tamamlanarak hesaplanır. % 0,1 bakır içeren 1 ton cevherden yaklaşık 1,6 lb bakır kazanılır ve bu da bugünün bakır fiyatlarıyla 0,96 dolarlık bir gelir sağlar. Bu, tipik bir açık işletmede, işletme giderlerinin kabaca % 20 - 40'ı kadardır. Bu nedenle, sınır tenorunun % 0,1 yükseltilmesi için, İşletme giderlerine önemli bir miktar eklemek gerekecektir.

20 -30 yıl gibi sürelerde kullanılacak sınır tenorunun saptanması, aslında, olanaksız bir iştir; çok duyarlı hesaplamalar yapmanın da garantisi yoktur. Fakat yine de, rezerv hesaplamalarında sınır tenörü için bir rakam saptanmalıdır. Bunun için, gelirleri, satışa kadarki tüm işletme giderlerine eşitleyerek sınır tenörü hesaplayan basit yöntem tercih edilir. Yenileme ya da tevsii yatırımları için karar vermede, bu tür rezervlerin kullanımında en önemli koşul, nakit akımların hesaplanmasında üretim planlarının kullanılması gereğidir. Ekonomik değerlendirmelerde pozitif nakit akımının durması, düşünülen bir tesis kapasitesi için, cevher yatağındaki ekonomik cevher miktarını açıkça gösterecektir.

2.4. Rezervler

Yukarıdaki bilgilerin ışığı altında (sınır tenoru ve şev açısı) bilgisayar, mineralizasyon envanterinin ortasından, kenarlara doğru işlem yapmaya başlar. Ocak sınırına ulaşıncaya kadar her birbim, değişken örtükazı oranı tekniği kullanılarak, kârlılık yönünden incelenir.

Rezerv rakamları, tesis sınır tenörüne karşılık örtükazı oranı cinsinden, hem tüm yatak için ve hem de seviyelere göre verilir. Mineralleşme envanterindeki gibi, fakat ocak sınırlarını da gösteren seviye haritaları hazırlanır.

2.5. İşletme Planı

Gelecekte sağlanacak kârların bugünkü değerinin maksimum olması için cevher kazısı, cevher rezervinin en fazla nakit akım yaratacak kısmından başlar ve daha az nakit akım yaratan kısımlardan geçerek, ocak sınırlarına kadar devam eder. En fazla nakit akım sağlayan kısımların, en düşük örtükazı oranına sahip olması da şart değildir. Örneğin 4:1'lik bir örtükazı oranına sahip % 2'lik bir bakır cevheri, 1:1'lik örtükazı oranına sahip % 6'lık bir bakır cevherlerden çok daha kârlıdır.

Bugünkü değeri maksimum kılan cevher kazı planını saptamada, birkaç yöntem vardır. Yazarın yeğlediği yöntem, rasgele sınır tenörleri kullanarak ve değişken örtü - kazı oranı tekniğini uygulayarak, bir dizi ocağın cevher içeriğini belirlemektir. Örneğin, ocak sınırını saptamak için bulunan sınır tenoru % 0,3 Cu olsun. İşletme sırasını saptamak için % 0,3 Cu'dan daha yüksek, örneğin, 0,3'den 0,8'e kadar 0,1'lik artışlarla rasgele sınır tenörler kullanarak, ocaklar geliştirilir. Her ocağın geliştirilmesinde (% 0,3'lük ocak hariç) elverişli geçici şev açıları (operating slope angle) kullanılır. % 0,3'lük ocak sınırları, nihai şev açısı ile hazırlanır. Her bir durum için, değişken örtü - kazı oranı uygulanır. Burada, %0,8Cu sınır tenöründe geliştirilen ocak, incelenenlerin içinde en fazla nakit akımı yaratan ocaktır.

Seçilmiş herhangi bir zenginleştirme sınır tenorunun üstündeki cevheri zenginleştirmek (karşılık gelen örtü - kazı oranında), bu serinin herhangi bir ocağındaki aynı zenginleştirme sınır tenörüü cevherin zenginleştirilmesinden daha fazla nakit akımı sağlar.

Geliştirilen seri ocaklar, Şekil 3'te gösterildiği gibi, aynı merkezli olacaktırlar. Hata kontroiundan sonra bu ocaklar işletme planının temelini oluşturur. İşletme % 0,8 Cu ocağından başlar, daha sonra % 0,7 Cu ocağına ve giderek ocak sınırına kadar devam eder.

Rezerv hesabında olduğu gibi, bilgisayarla her ocaktaki cevher miktarı % 0,1'lik değişimleriyle ortaya çıkarılabilir.

2.6. Zenginleştirme Sınır Tenörü

Değerlendirme aşamasında en önemli sorunlardan biri de optimum tesis kapasitesi ve buna bağlı olarak zenginleştirme sınır tenorunun saptanmasıdır. Yazar, bu saptamalarda iki ilke uygulamaktadır:

1. Yatırımın her bölümü geri ödenmeli, en azından sermayenin artan maliyetleri karşılanmalıdır.
2. Kaynakların korunması açısından, ekonomik olarak işlenebilecek en düşük tenörüü cevher, istenmelidir.

Birinci ilke genel uygulama olup, büyüklükleri değişebilen her türlü yatırım projelerinin analizlerinde kullanılmaktadır. İkinci ilke, mantık olarak doğru görülebilir; ancak, burada cevherin en düşük tenörü, tesisin bütünüyle amorti edilmesine kadar tüm işletme giderleri ile başabaş kılınmasına (break - even) dayanan sınır tenor değildir. Tesisin yatırımını gerekli kılacak cevherin en düşük tenörü, en azından yatırımın artan maliyetine eşit miktarda bir yeri ödeme sağlamalıdır.

Prof. Plewman, zenginleştirme için Soderberg ve Rausch¹ tarafından geliştirilen iki sınır tenorunu kullanmaktadır. Alt sınır tenor, gelirin satışa kadarki işletme giderlerine eşitlenmesiyle bulunur, işletme gider-

feri, yalnız cevher kazısını içermektedir. Üst sınır tenor, malzemenin ocaktan nasılsa çıkartılacağı temel önermesine dayanıp, cevher kazı maliyeti dışlanarak, benzer şekilde bulunur. Plewman daha sonra alt sınır tenorun kullanılmasıyla, ele alınan malzemenin bir biriminden elde edilen kârın maksimize edildiğini kanıtlar. Bu, herhangi bir birim için doğrudur, ancak sınır tenoru, işletme giderleriyle başabaş noktasına dayandığından, yatırımların geri ödenmesi ihmal edilmiş olmaktadır. Yineleyecek olursak, bir kâr sağlamayan sınır tenörler, yalnız tesislerin bütünüyle amorti edilmesinden sonra kullanılabilir; Örneğin, ocak sınırı ya da yakınlarında.

Bazı ülkelerdeki vergiden muaf dönemler, tüketilme payları, amortisman ve vergilendirme konularındaki farklı yöntemlerden doğan karmaşıklık nedeniyle, zenginleştirme sınır tenoru ya da optimum tesis kapasitesini önceden saptamak, olanaksızdır. Burada uygulanabilecek tek yöntem yineleme olup; birkaç tesis kapasitesi çeşitli zenginleştirme sınır tenöründe değerlendirilir. Bu konuda bir makale de yayımlanmış olup³ kısa bir özeti aşağıdadır.

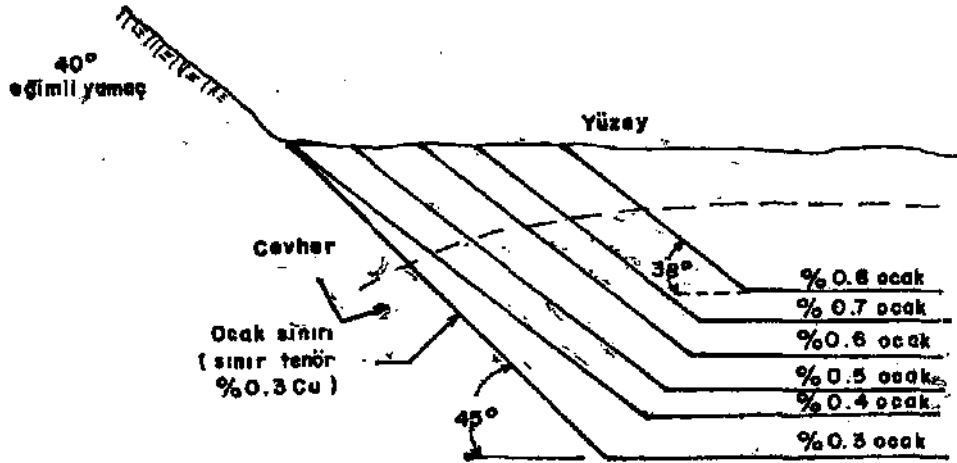
Cevher rezervinin en yüksek nakit akımı sağlayacak kısmından başlayarak, giderek azalan nakit akımlarıyla ocak sınırına ulaşan bir İşletme sıralaması saptamak için, bilgisayar kullanılır. Böylece geliştirilen plan, daha sonra ocağın çeşitli evrelerin-

deki yolların da saptanmasıyla elle revlze edilir. Uygulanabilecek çeşitli tesis kapasiteleri için işletme ve yatırım giderleri hesaplanır. Daha sonra, her tesis kapasitesi ve değişik zenginleştirme sınır tenörleri için nakit akımları, vergi yükünü en fazla azaltacak amortisman yöntemi kullanılarak hesaplanır. Zenginleştirme sınır tenorunun tüm işletme ömrü boyunca her durumda sabit kalması gerekmez. Sermayenin artan maliyetinin faiz oranına eşit bir faiz oranıyla indirildiği zaman, en fazla net bugünkü değeri veren seçenek optimumdur; ve yatırımın her bir birim artışı, en azından artan paranın maliyetini karşılayacağını ve en düşük ekonomik tenördeki cevherin İşletilip zenginleştirildiğini gösterir.

Yukarıda görüldüğü gibi, zenginleştirme sınır tenörleri, oluşturulan nakit akımlardan saptanmakta olup, önceden hesap yoluyla bulunamamaktadır.

2.7. Nihai Şevlerin Değerlendirmelere Etkisi

Maden yatağı büyükse ve uzun bir ömrü varsa, değerlendirme aşamasında saptanan şev açısının genellikle fazla bir etkisi olmaz. Plewman'm da belirttiği gibi, daha dik şev açısı, işletilebilir cevher miktarını ve dolayısıyla madenin ömrünü arttırır. Uzun bir süre sonra elde edilecek kârların, net bugünkü değere etkisi yok gibidir. An-



Şekil 3. Rastffele seçilen sınır tenor leriyle saptanan İşletme sırası.

çak, cevher yatağının kaderinin, oluşturulacak güvenli şev açısına bağımlı olduğu durumlar da vardır. Şekli 3'te, dik bir yamacın örtükazı oranını ve ekonomik cevher miktarını etkilediği böyle bir cevher yatağı görülmektedir. 35°'lik bir şev açısında alınacak cevher miktarı ocağı kurtarmaz; fakat 45°'lik şev durumunda ise, derinde ocağı önemli kılacak kadar çok cevher alma durumu vardır ve kaya mekaniği çalışmalarının gerekliliği ortaya çıkar.

Bu sıradan görüleceği gibi, hazırlık döneminde ve işletmenin ilk yıllarında, daha dik geçici şevlerle çatışma, özellikle derin yataklarda, işletme ekonomisini önemli ölçüde etkiler. Bir değerlendirmede, geçici güvenli şevlerin çok dikkatle hesaplanmış olması gereklidir.

Plewman, daha kârlı bir yeraltı işletmesi yapılabildiği durumda, açık ocak sınırına ulaşıldığını belirtmiştir. Geçmişte bu çok geçerli bir uygulama olup, sınır örtükazı oranı = 5 : 1 olarak — bu sınırın ötesinde yeraltı işletmesinin daha kârlı olabileceğine dayanarak— sınırlandırılmıştır. Bugün ABD'de bu görüş, pratikten çok kuramsal olarak kabul edilmektedir. Bir Örtükazı oranı (örneğin 5:1) ve bir yeraltı işletmesi arasında bir başabaş noktasında, ancak, çok iyi düzenlenmiş blok göçertme gibi düşük maliyetli ve büyük kapasiteli madencilik işlemleri uygulanabilir. Blok göçertme yöntemi, yalnız masif cevher yataklarına uygulanabilir. Cevher içinde steril zonların da bulunduğu yataklarda, daha seçimli bir yeraltı işletme yöntemini gerektirebilmektedir, ki bu da, işletme giderlerini arttırır ve çok daha yüksek örtükazı oranlarında açık ocak daha çekici olabilir. Ayrıca, sorunu olmayan ve işçisi eğitilmiş bir açık ocak işletmesinden, kalifiye işçisini bulmanın zor olacağı bir yeraltı işletme yöntemine geçmek, son derece zordur. Açık ocak işletmesinin, yeraltı işletmesine çevrilmesi kararını destekleyecek başabaş noktasından başka, kârlılık yönünden çok daha esaslı farklar gerekmektedir.

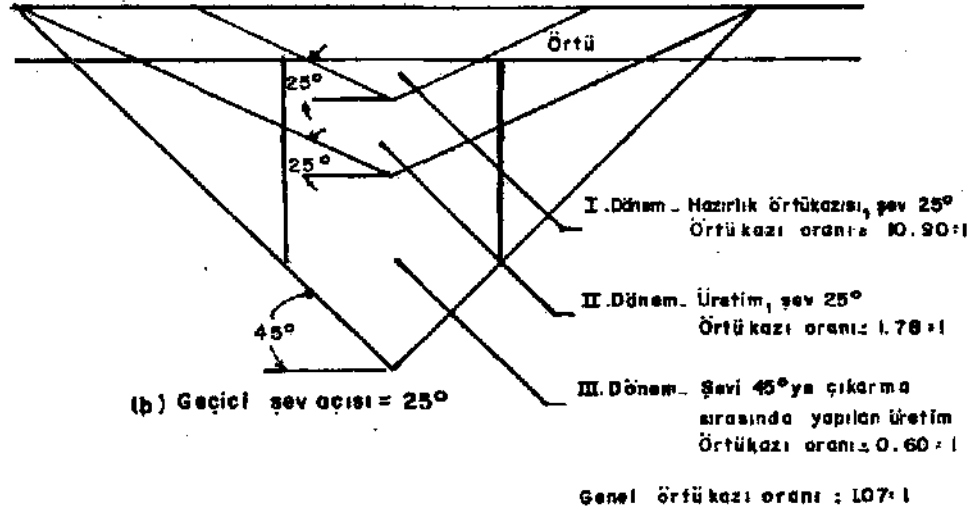
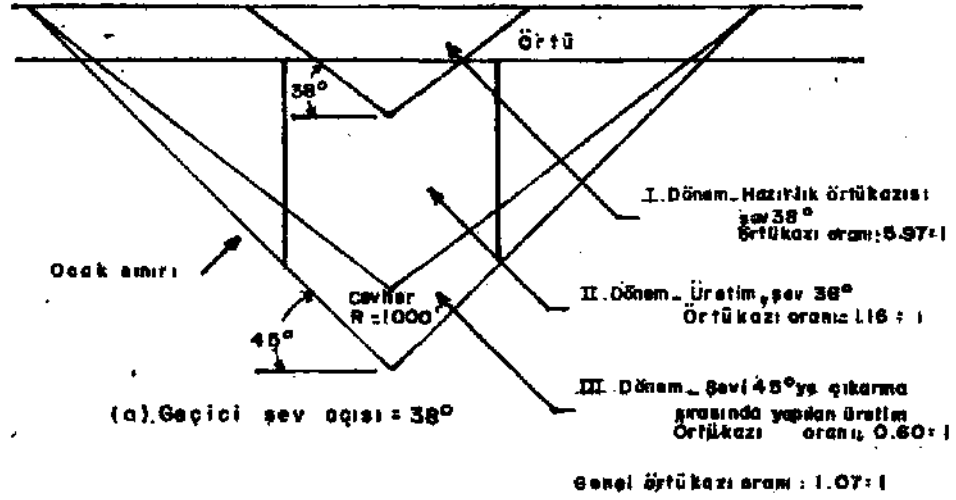
3. İŞLETME DÖNEMİNDE ŞEV EKONOMİSİ

Değerlendirme, yatağın önemli olduğunu gösterdiğinde ve işletme kararı alındığında, ayrıntılı tesis tasarımı ve ek sondajlar için parasal kaynak gerekecektir. Yakın aralıklı bu sondajlar, cevher kazısının başlayacağı yerlerde yapılacaktır; ve işletmenin ilk yıllarında üretilecek cevherin tenorunu ve zenginleştirme verimini daha duyarlı olarak saptama, ocak tasarımı hakkında daha fazla bilgi toplama, hazırlık dönemindeki örtükazı miktarını belirleme gibi amaçlara yöneliktir. Bir başka deyişle, söz konusu dönemdeki nakit akımlarını kesinleştirmeyi amaçlamaktadır.

İşletme döneminde, daha dik şevlerin ekonomiye etkilerini belirlemek için, 240 ft'lik bir biçimli örtünün altında, varsayılmış silindirik bir cevher yatağı düşünelim (Şekil 4). Bu şekil, çoğu porfiri bakır yataklarının tipik bir şekli olup, ocak sınırlarını, azalan değer ve artan örtükazı oranının bileşimi belirler. Değişken örtükazı oranına ve 45°'lik nihai şev açısına göre, yatak rezervinin 210 000 000 ton olduğu varsayılmıştır. Ocak bir biçimli ters bir koni şeklindedir. İstenen günlük üretim miktarı 30 000 ton olup, yılda 350 gün çalışacaktır. Daha dik şevlerin ekonomisi, ocak ömründe 3 ayrı dönemde incelenmiştir.

- I. Dönem — İşletme öncesi cevher Üretimi. İşletmeye almadan önce, konsantratöre 3 aylık stok sağlamak amacıyla 2 625 000 ton cevher üretilmesi gerekmektedir.
- II. Dönem — Üretim dönemi. Konsantratörün işletmeye alınmasından, yüzeydeki ocak sınırına ulaşıncaya kadar yapılan üretimdir.
- III. Dönem — Nihai şev açısı olan 45°'ye ulaşıncaya kadar, şevin dikleştirilmesi sırasında yapılan üretim.

İşletmede iki tane geçici şev açısı (38° ve 25°) gözönüne alınmıştır (Şekil 4).



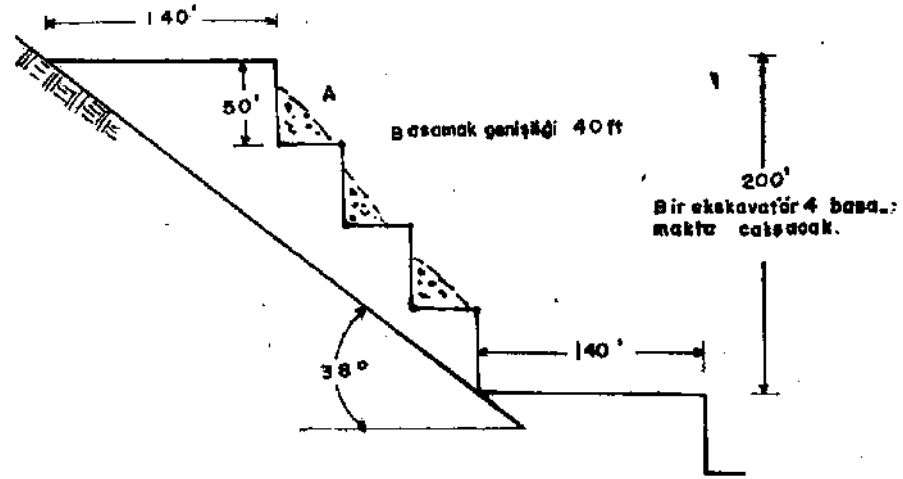
Şekil 4. 38° ve 25°'lik şevlerde üretim yapılan, varsayılmış bir ocak kesiti (Dairesel cevher yatağı, yarıçap 1000 ft).

3.1. I. Dönem - İşletme Öncesi Cevher Üretimi

İşletme öncesi cevher üretiminde, parasal kaynak gerekil olduğundan cevher üretimi. İstenen stok miktarı ile uyumlu olarak, minimumda tutulması gereklidir. Şekil 5'de bir ekskavatör için ayrılan bir ocak kesiti görülmektedir. Buradan görülebileceği gibi, 38°'lik geçici şev açısı uygun olmaktadır. Her ekskavatörün 50'şer ft. yüksekliğinde 4 basamakta çalışması is-

tenmektedir. Yükleme, A basamağından başlar ve 40 ft. olan basamak genişliğini, 140ft'e genişleterek, iki kamyonu, ekskavatörün çalışmasına ve delmeye uygun alan sağlar.

Başlangıçta, ocak şekil ters bir konidir. 38°'lik bir şev açısı ve, cevher ve yantaş için ayrı yoğunluk kullanıldığında (12 ft³/ton), hazırlik örtü kazısı döneminde, 15 658 800 ton pasa ve 2 625 000 ton cevher kazılacaktır. Ortalama örtü kazı oranı



Şekil 5. Bir ekskavatörün 4 basamakta çalışması durumunda, 38°'lik şevin uygun olduğunu göstermektedir.

5,97:1 dir (Tablo I). Şev açısı olarak 25° seçilirse, 28 616747 ton pаса ve yine 2 625 000 ton cevher kazılacaktır. Bu du-

rumda ise ortalama örtükazı oranı 10,90:1 dir.

TABLO 1 : OCAK İLE İLGİLİ BİLGİLER

a) Ocağın Yüzey Sınırına Ulaşana Kadar, Şev Açısı 38° Olarak Korunduğunda

-	Cevher (ton)	Pasa (ton)	Örtükazı Oranı	Üretim süresi (Yıl)
I. Dönem	2 625 000	15 658 800	5,965	—
II. Dönem	147683400	174 035117	1,178	14,065
III. Dönem	59 691600	35559985	0,596	5,685
Toplam	210 000 000	225 253 902	1,073	19,750

b) Ocağın Yüzey Sınırına Ulaşana Kadar Şev Açısı 25° Olarak Korunduğunda

	Cevher (ton)	Pasa (ton)	Örtükazı Oranı	Üretim Süresi (Yıl)
I. Dönem	2 625 000	28 616747	10,902	—
II. Dönem	61834000	109906909	1,777	5,889
III. Dönem	145 541000	86 730246	0,596	13,861
Toplam	210000 000	225 259902	1,073	19,750

Daha dik şevlerin üretim öncesi harcamalara etkisi önemlidir. 0,4 dolar/ton'luk bir örtükazı maliyetinde, 38 ve 25 derecelik şevlerde, maliyet farkı 5183 000 dolar olmaktadır. Bu miktarın 20 yılda % 8 bileşik faiz oranıyla amorti edilmesi, işletme giderinde, 0,05 dolar/ton - cevher'lik bir ek maliyete eşittir. Ayrıca, üretim başladığında enstantane örtükazı oranı (incremental stripping ratio, Plewman'ın bildirisindeki R), 38°'lik şevde 2,64:1, 25°'lik şevde 4,22:1 olup, ton başına 0,63 dolarlık bir tasarruf sağlar.

3.2. II. Dönem - Konsantratörün İşletmeye Alınmasından, Ocağın Yüzey Sınırına Ulaşıncaya Kadar Yapılan Üretim

Hazırlık örtükazısı kuramsal olarak, konsantratörün işletmeye alınma zamanında tamamlanacak şekilde başlayacaktır. Uygulamada ekipmanın gelişi, işçi problemleri gibi nedenler, programlamayı genellikle aksatır.

Bu noktada, satın alınacak makina - ekipman miktarına da değinmek yerinde olur. Üretim genellikle bir yıl temelinde planlanır; ve konsantratöre verilecek günlük miktara çevrilir. Metalürji mühendisleri, ekipman büyüklüklerini saptamada, pilot deneyler sonucu saptanan bazı parametrelerin (öğütülebilirlik, metalurjik verimler, flotasyon süresi v.b. gibi) değişimlerini de gözönünde tutarak, tesis tasarımından sorumludur. Konsantratör, günde belirli bir miktar cevheri işlemek için tasarlanır; ancak çoğu kez uzun bir süre için, günlük üretim miktarında çok fazla değişimler beklenilebilir.

Bu dalgalanmalara karşı yedek bir kapasitenin kurulması, çoğu kez pahalı ve olanaksızdır. Örnek olarak. Batı Kanada'daki bir molibden madenini gösterebiliriz. Metal, hornfels ve porfiri olarak iki ayrı ka-

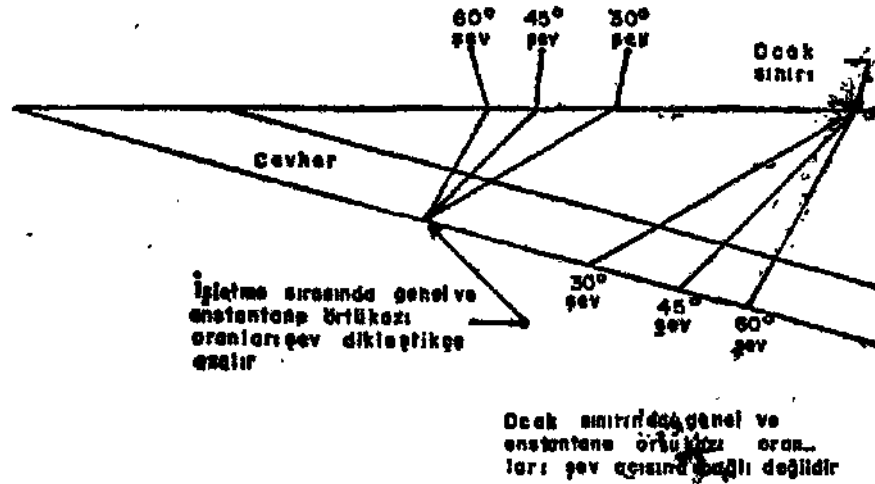
yaçta bulunmaktadır. Üretim günlük olarak hornfelste 4 500 tondan, porfiride 9 000 tona kadar değişmekte olup, bir yıldaki ortalaması 6 300 ton/gün'dür. Şiddetli kış aylarında, bloksu yapısı nedeniyle, hornfelste işlenmesi yeğlenmektedir. Çünkü, porfirinin yapışkan hale dönüşmesi nedeniyle, kırma ünitelerindeki elekleri tıkamakta ve, parça ve toz cevher silolarında donma eğilimi taşımaktadır. Tesisin nominal kapasitesi 6 000 ton/gün olmasına ve tüm ekonomik hesaplar buna dayanmasına karşın, uygun koşullarda, günde 9000 ton yumuşak cevheri işleyebilecek ek bir kapasiteye sahiptir. Maden İş makineleri da, bu fazla cevher miktarını ve bunun için gerekli örtükazıyı uzun bir süre gerçekleştirebilecek kapasitede olmalıdırlar.

Yeni bir işletmenin ilk yıllarında, maksimum üretim çok önemlidir. Eğer ocak ekipman - makina miktarları konsantratörün ortalama günlük kapasitesini, ocakta üç vardiya çalışmayı esas aldıysa; ve makina kullanımı randımanları, diğer kurulu tesislerden alındı ise; konsantratörün olası yedek kapasitesinden yararlanma şansı ortadan kalkmaktadır. Ayrıca, uzman bir bakım kadrosunun oluşturulmasında güçlüklükler, ek makina ve yedeklerinin getirilmesindeki gecikmeler eklendiğinde, erişilemeyecek kadar yüksek kullanım randımanlarına dayandırılan maden iş mavnalarının harcamalarında yapılacak kuramsal bir tasarrufun bedeli çok yüksek olabilir. Ocak üretime hazır duruma geldiğinde, maden ömrü boyunca daha dik şevlerin ekonomisinin de ele alınma zamanı gelmiştir. Varsayılmış ters koni şeklindeki ocağa tekrar dönecek olursak (Şekil 4), üretimin başlangıcında 38°'lik şevde örtükazı oranı 2,64:1 ve 25°'lik şevde 4,22 : T'dir. Ocağın yüzey sınırına ulaşıncaya kadar, bu açılardan sabit tutulacağını düşünelim. Bu süreç içerisinde aşağıdaki miktarlarda kazı yapılacaktır.

Ocak Şev!	Cevher (ton)	Pasa (ton)	Örtükazı Oranı
38°	147 683 400	174035117	1.18:1
25°	61834000	109906909	1.78:1

38°Hk şev açısı kullanıldığında, 25°'ye göre daha düşük örtükazı oranı nedeniyle. İşletme giderleri 0,24 dolar/ton - cevher kadar azalacaktır. Farklı şev açlarına bağımlı olarak örtükazı oranlarındaki değişimler, Piewman'ın ifadesi ile çelişkilidir (Plowman, genel örtükazı oranının şev açısından bağımsız olduğunu ve enstantane örtükazı

oranının da, şev açısına bağımlı olmadığını belirtmiştir). Piewman'ın görüşü ancak, ocağın yüzey sınırının önceden belli olması ve şev açısının her noktada değişebileceği sınırlı durumlar için doğrudur. İşletmede enstantane ve ortalama örtükazı oranları, şev açısıyla çok bağımlıdır (Şekil 6).



Şekil 6 — İşletme sırasında ve ocak sınırında genel ve enstantane örtükazı oranı.

Çalışabilme yönünden 38°'lik bir şev, çoğu ocaklarda uygundur. Bu durumda ekskavatörün çalışması, kamyon beklemesi ve delme için de uygun bir alan sağlanmış olur; ve daha yatık şevler ancak fay. kayaç, yapısı ve yeraltı suyu gibi duraylılığı etkileyen etmenlerin varlığında önerilebilir. Ocak şevlerinin olması gerekenden (ekonomik yönden) daha yatık yapılmasının nedenleri şunlardır :

1. Üretimi engelleyecek büyük kayma endişesi. Düzeltici önlemleri alabilecek kadar öncesinde şev dengesizliklerini

kesin olarak bildirecek bir aygıt geliştirilinceye değin, ocak şevlerini dikleştirmeye yönelik büyük bir atılım yapılamaz.

2. İnsanların, cevheri daha geniş bir alanda görme isteği.

3.3. III. Dönem - Şevi, Nihai Şev Açısına (45°) Dikleştirme

Varsayılmış açık ocakta, şevin, nihai şeve dikleştirilmesinde üretilecek cevher miktarları :

Şev Acısı	Cevher (ton)	Pasa (ton)	örtükazı Oranı
38°	59691600	35559985	0,60:1
25°	145 541000	86730246	0,60:1

Şevi direktirdiğimizde. Önemli miktarda cevherin düşük örtükazı oranı ile alınabileceği dikkat çekmektedir.

Bir ocak ömrünün sonuna yaklaşıldığında, kayaçlardaki çatlak düzlemlerinin durumu, önemli fayların varlığı ve yeraltı suyunun miktarı hakkında önemli ölçüde veri toplanmış olacaktır, Jeomekanik uzmanları bu verileri kullanarak, kayacın dayanabileceği en dik güvenli şev acısını kabul edilebilir bir doğruluk derecesinde saptayabilirler.

Prof. Plewman'ın, tenor dağılımı birbçimli bir yatakta, ocağın yüzey sınırlarının şev açısından bağımsız olduğu ve bu sınırın başabaş noktası ile saptandığı yolundaki görüşü, doğrudur. Plewman bu görüşünü daha sonra tüm yardımcı işlemlerde de kullanmıştır. Burada Plewman, bu sonuçlar ancak; başabaş örtükazı oranının artması durumunda yanlış olacaktır temel önermesine dayanmaktadır ki, bu da, maliyetlerin fiyatlardan daha hızlı arttığı bir dünyada, pek olası görülmyen bir olaydır. Bunun doğruluğunu söylemek çok güçtür; zira, geçmişte geliştirilen teknolojiler, madencilik maliyetlerinde enflasyonun etkilerini oldukça azaltmıştır; ve rekabete dayanan bugünün piyasasında bu böyle olmaya devam edecektir. Son yıllarda işletmeye alınan birçok düşük tenörlü bakır yatağı, birkaç yıl öncesine kadar pasa olarak nitelendiriliyordu. Bakır gibi metallerin belirli Özellikleri nedeniyle taleplerinin sürekli artış göstereceği ve fiyat/maliyet oranının olumsuz etkilenmeyeceği söylenebilir.

Ocağın yüzey sınırının, şev açısına bağımlı olmadığı ve başabaş örtükazı oranına bağımlı olduğu görüşü, ne yazık ki, yalnız

akademik bir görüş olarak kalmaktadır. Ocak sınırları, maden Ömrü boyunca değişen ekonomik koşullarla birlikte revlze edilirler. Başlangıçta saptanan ocak sınırlarına göre atık alanlarını seçmek, mlneralizasyonun ocak sınırları dışında da devam etme durumunda sakıncalıdır. Atık alanları altında; görünür, muhtemel ve hatta mümkün rezetv bulunmamalı; ve bu cevherlerin İşletilme durumunda, gerekebilecek Örtükazı etki alanı dışında bulunmalıdır. Ambar, ofis v.b. binalar, belirli bir maliyetle başka yerlere taşınabilirler, bu nedenle, binaların yerleşiminde belirli bir risk göze alınabilir.

3.4. Üretim Sırasında Nihai Şevin Ekonomisi

I. Dönem (işletme öncesi üretim dönemi) için daha dik şevlerin, 3 aylık stok için yapılan üretimde, 25°'lik şev yerine 38°'lik bir şev ile çalışılırsa, maliyetlerde 5 000 000 dolarlık bir tasarruf sağlanmaktadır.

Her iki ocak şevinin, üretim dönemindeki ekonomik kıyaslamasını yapmak için, paranın zaman değerini hesaba katmak gereklidir. Tablo II'de, daha dik şev kullanılmasıyla yapılacak tasarrufların bugünkü değerinin (vergiden önce) 4 537 340 dolar oiduğu görülmektedir. Daha önemlisi, üretimin İlk 5 yılında, yılda 2,5 milyon dolarlık bir tasarruf sözkonusudur. Bu dönemdeki yüksek amortisman, sarf malzemeleri harcamaları ile birlikte, bu tasarruftaki verginin etkisini azaltır. Bu nedenle, daha dik şevler, geri ödeme sûresinin azaltılmasında katkıda bulunur.

TABLO II : ÖRTÜKAZI HARCAMALARINDAKİ TASARRUFLARIN BUGÜNKÜ DEĞERLERİ

Yıllar	Yıllık örtükazı miktarları (ton)		Örtükazı farkı (ton)	Yıllık tasarruf, 0,4 dolar/ton'a göre (dolar)	Tasarrufların bugünkü değeri (dolar)
	38° şev	25° şev			
1-5	12373 631	18 663 402	6289 771	2 515908	9069345
6	12 337 631	17 285 067	4 911436	1964574	995253
7-14	12337 631	6257142	-6116 489	-2446596	-5498 339
15	6 652 865	6 257142	- 395 723	- 158 289	- 28919
16 ve sonrası	6255165	6257142	—	.—	—

Toplam bugünkü değer : 4 537 340

(indirgeme faiz oranı, bileşik olarak % 12 alınmıştır.)

4. SONUÇLAR

Daha dik şevler kullanıldığında, örtükazı oranı düşer ve dolayısıyla madencilik maliyeti azalır. İşletmenin değerlendirilmesinde daha dik şevlerin en büyük etkisi, işletme öncesi üretim döneminde ve işletmenin ilk yıllarında görülür. Çoğu durumda, işletilmekte olan ocaklarda işletme randımanı düşürülmeden, şev acısı dikleştirilerek işletme giderleri azaltılabilir. Ancak, gerçek madencilikte bu tür dikleştirmeler, şevdeki

dengezsizlikleri önceden haber verebilecek cihazlar geliştirilmeden yapılamaz.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. SODERBERG, A., and RAUSCH, D., «Pit planning and layout.» Surface Mining, Ed. Eugene P. Pflieder, Chap. IV.
2. HALLS, J. L., BELLUM, D. P., and LEWIS, C. K., «Determination of optimum ore reserves and plant size by incremental financial analysis». Trans. Inst. Min. Met., London, 78,746, Jan., 1969, p. A20 - 26