

**AMBARLI ARAKATLI GÖÇERTME YÖNTEMİ VE PULPINAR KROM  
CEVHERİNE UYGULANABİLİRLİĞİ****Sublevel Shrinkage Caving Method Considered for Pulpmar Chromite Ore Body**

Ali KAHRİMAN<sup>^</sup>  
Atilla CEYLANOĞLU <\*>  
Ahmet DEMİRCİ<sup>^''\*</sup>  
Ercan ARPAZ (\*>

**Anahtar Sözcükler** : Ambarlı Arakatlı Göçertme, Pulpınar Krom Cevheri, Deneme İşletmesi

**ÖZET**

Günümüzde ekonomik ve teknik koşullar, yeraltı ocaklarında tüvenan cevher üretim artışını zorunlu kılmaktadır. Bu yüksek üretim hızını sağlayabilecek en önemli yöntemlerden biri de arakatlı göçertme yöntemi ve versiyonlarıdır.

Bu makalede, ambarlı arakatlı göçertme yöntemi tanıtılmış, Kayseri-Pulpınar krom cevherine uygulanabilirlik koşulları incelenmiş ve tartışılmıştır.

**ABSTRACT**

Nowadays, economical and technical conditions have necessitated increased production the of run of mine ore production in underground mines. One of the most important method able to provide high production rate is the sublevel caving method and its versions.

In this paper, sublevel shrinkage caving method was described and the possibility of application for Kayseri-Pulpınar chromite ore was investigated and discussed.

" ) Yrd.Doç.Dr.I.U. Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, 34850 Avcılar-İstanbul

<\*> Doç.Dr.C.Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, 58140 Sivas .

• • "i Prof. Dr.C.Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, 58140 Sivas

<\*> Araş. Gör. C.Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Bölümü, 58140 Sivas

## 1. GİRİŞ

Günümüzde yeraltı üretim kapasitelerinin ve randımanın belirgin bir düzeyde artırılması teknolojik ve ekonomik nedenlerle zorunlu hale gelmiştir. Bu artışın gerçekleştirilebilmesine izin veren yöntemler arasında, özellikle göçertmeli olanları öne çıkmaktadır. Ancak, göçertmeli yöntemlerin uygulanmasında seyrelme ; ve . cevher kazanımı gözönüne alınması gereken iki önemli unsur olmaktadır. Bu ikileme uygun çözümler bulmak, işletmecilerin temel arayışları arasındadır. Bu amaçla, bugüne kadar diğer parametreleri de (cevher modeli, cevher ve yankayaçların sağlamlık dereceleri, mekanizasyon vs.) gözönüne alan çok değişik göçertmeli yöntem versiyonları uygulanmaya gelmiştir. Bu yöntemlerden biri de arakatlı göçertme yönteminin Kiirunavaara madeninde denenmiş olan ambarlı versiyonudur (Heden ve ark., 1982).

Bu çalışma kapsamında, ambarlı arakatlı göçertme yöntemi tanıtılmış ve Kayseri Pınarbaşı-Pulpınar krom cevherine uygulanabilirlik koşulları incelenmiştir.

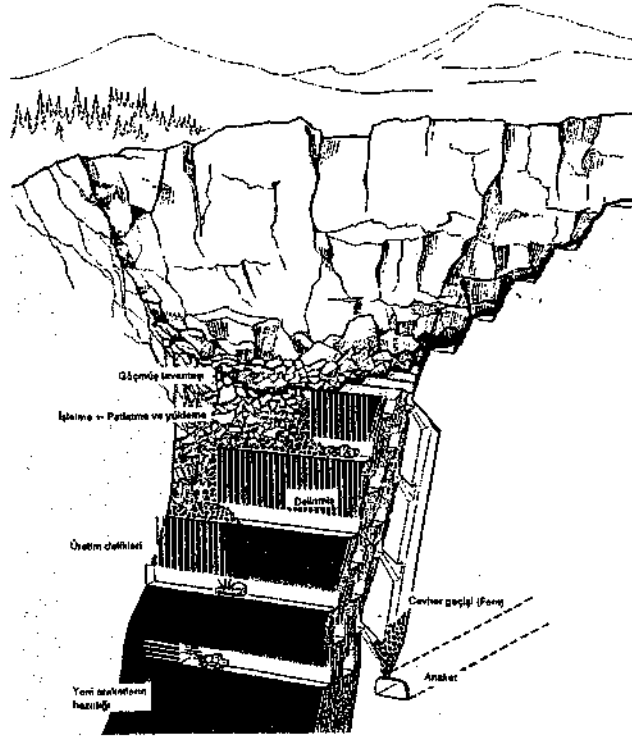
## 2. AMBARLI ARAKATLI GÖÇERTME YÖNTEMİ

### 2.1. Genel Bilgiler

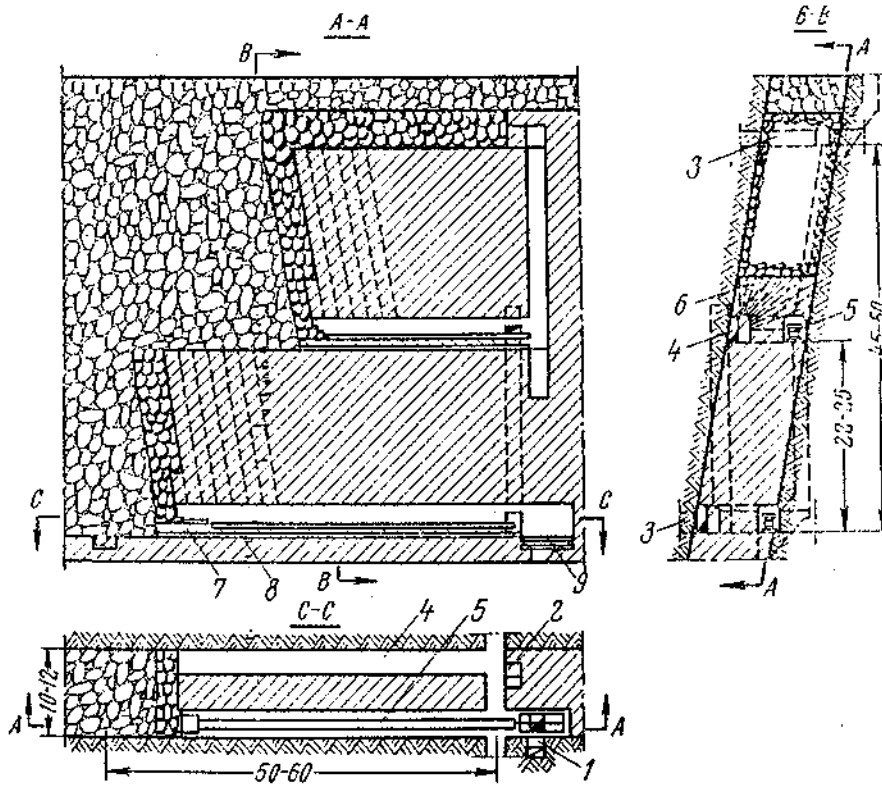
Tüm göçertmeli yöntemler; az yada çok kontrollü koşullar altında cevher ve yankayaçın kırılmasına dayanmaktadır. Cevher alındıktan sonra parçalanan malzeme, boşluğu doldurarak üst kısımda göçük bir alan oluşturmaktadır. Yeraltında açılan büyük boşluklar ani göçmeyle işletmeye önemli zararlar verebileceğinden, tümüyle Ve sürekli göçmenin sağlanması esas olmaktadır. Bu nedenle örtü tabakası ve tavantaşının kolay göçer nitelikte olması istenmektedir. Ayrıca tavantaşının göçme sırasında cevherden daha büyük boyutta kırılması seyrelmenin en aza indirilmesi bakımından önem taşımaktadır. Delme ve patlatma teknolojisindeki gelişmeler bu yöntemlerin nisbeten sert ve sağlam cevher yataklarına da uygulanabilirliğini gündeme getirmiştir. Bu yöntemlerden en yaygın olanı

ise özellikle metal madencilğinde uygulanan arakatlı göçertme yöntemi ve versiyonlarıdır. Bilindiği gibi, arakatlı göçertme yönteminde damar birbirine oldukça yakın dikey dilimler halinde normal olarak 8-10 m. arasında değişen arakatlara bölünmektedir. Bu yöntemin kalın ve dik damarlardaki genel uygulaması Şekil 1'de gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği gibi kalınlık nedeniyle arakatlarda birden fazla galeri sürülebilmektedir. Dar damarlar için ortada sürülen tek galeri yeterli olabilmektedir. Arakatlarda delme-patlatma ve yükleme işlemleri ile üretilen cevher, arakatlar arasında oluşturulan fereler vasıtasıyla ana nakliye sistemine verilmektedir. Bu koşullar; LHD (yükleme-taşıma-boşaltma aracı) uygulamasını bu yöntemde oldukça avantajlı kılmaktadır. Arakatlı göçertme yönteminde, arakat hazırlığı (genel olarak %20'ye kadar üretimin de yapılabildiği), üretim deliklerinin delinmesi ve yükleme işlemi birbirinden bağımsız olarak ayrı katlarda aynı anda sürdürülebilmektedir. Bu durum operasyonlar için çalışma arını sayısını artırmakta, dolayısıyla üretim kapasitesini olumlu yönde etkilemektedir. Bu yöntemin kontrolsüz uygulamalarında (özellikle delme-patlatma) seyrelme ve cevher kaybı diğer yöntemlere göre daha fazla olabilmektedir. Genel olarak seyrelme % 10-35 arasında değişirken cevher kaybı % 10-20 arasında olabilmektedir.

Günümüzde arakatlı göçertme yönteminin çok sayıda farklı uygulamaları kullanılmaktadır. Şekil 2'de verilen örnek varyasyonun plan ve kesit görünüşlerinde 50 m boyunda, 45-50 m yüksekliğindeki cevher bloğu 22-25 m yükseklikte iki benzer arakata bölünmektedir. Damar kalınlığı 10-12 m arasında ve doğrultu yönünde oluşturulan bu örnekte tüm operasyonların mekanizasyonu mümkün olabilmektedir. Şekil 3 a cevherin, yatay delikler kullanılarak, yatay dilimler halinde üretildiği arakatlı göçertme yönteminin başka bir uygulamasını göstermektedir. Burada 24\*32m'lik bir alanda cevher bloğu yatay dilimlere bölünerek üretilmektedir. Şekil 3b'de ise 2.5-3 m'lik dikey dilimlerin uygulandığı farklı bir örnek gösterilmektedir.

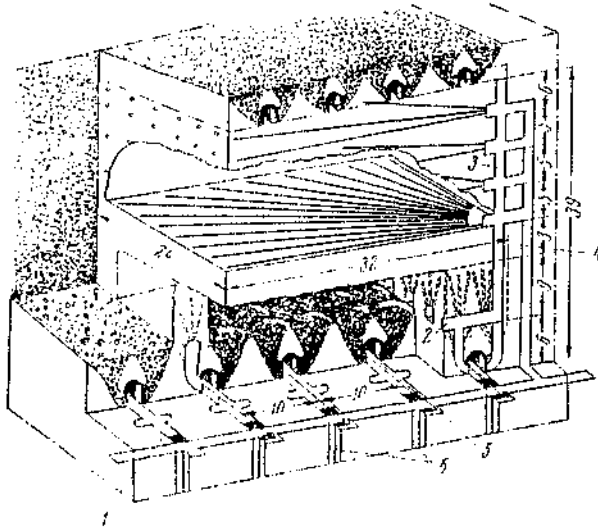


Şekil 1. Arakatlı göçertme yöntemi (Hustrulid, 1982)



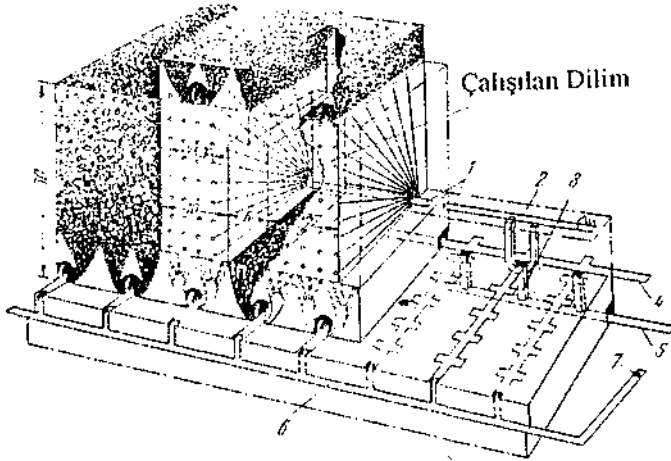
- |                         |                             |                         |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1. Cevher geçişi (Fere) | 4. Klanız (Delme)           | 7. Sarsıntılı besleyici |
| 2. Servis yolu (Fere)   | 5. Klavü./ (Yükieme-Taşıma) | 8. Jigli konveyör       |
| 3. Rekup galerisi       | 6. Üretim delikleri         | 9. Sarsıntılı elek      |

Şekil 2. Arakatlı göçertme yönteminin farklı bir uygulaması (Tarasov, 1973)



1. İlk kat rekup galerisi
2. İkinci kat
3. Delme başyukarısı
4. Servis başyukarısı
5. Scraper rekup galerisi
6. Cevher geçişi (Fere)

a. Yatay dilimli



1. Delme rekup galerisi
2. Cevher geçişi (Fere)
3. Servis yolu (Fere)
4. Scraper galerisi
5. Nakliyat galerisi
6. Havalandırma galerisi
7. Havalandırma başyukarıları

b. Dikey dilimli

Şekil 3. Arakatlı göçertme yönteminin değişik uygulama şekilleri(Tarasov, 1973)

Ancak bu uygulamaların hemen hemen hepsinde cevher kaybı ve seyrelmede arzu edilen sonuçlara ulaşamamaktadır. Bu nedenle son yıllarda bu soruna çözüm aranmasına yönelik olarak ambarlı arakatlı göçertme yöntemi geliştirilmiş ve Kirunavaara madeninde uygulanmıştır (Heden ve ark., 1982).

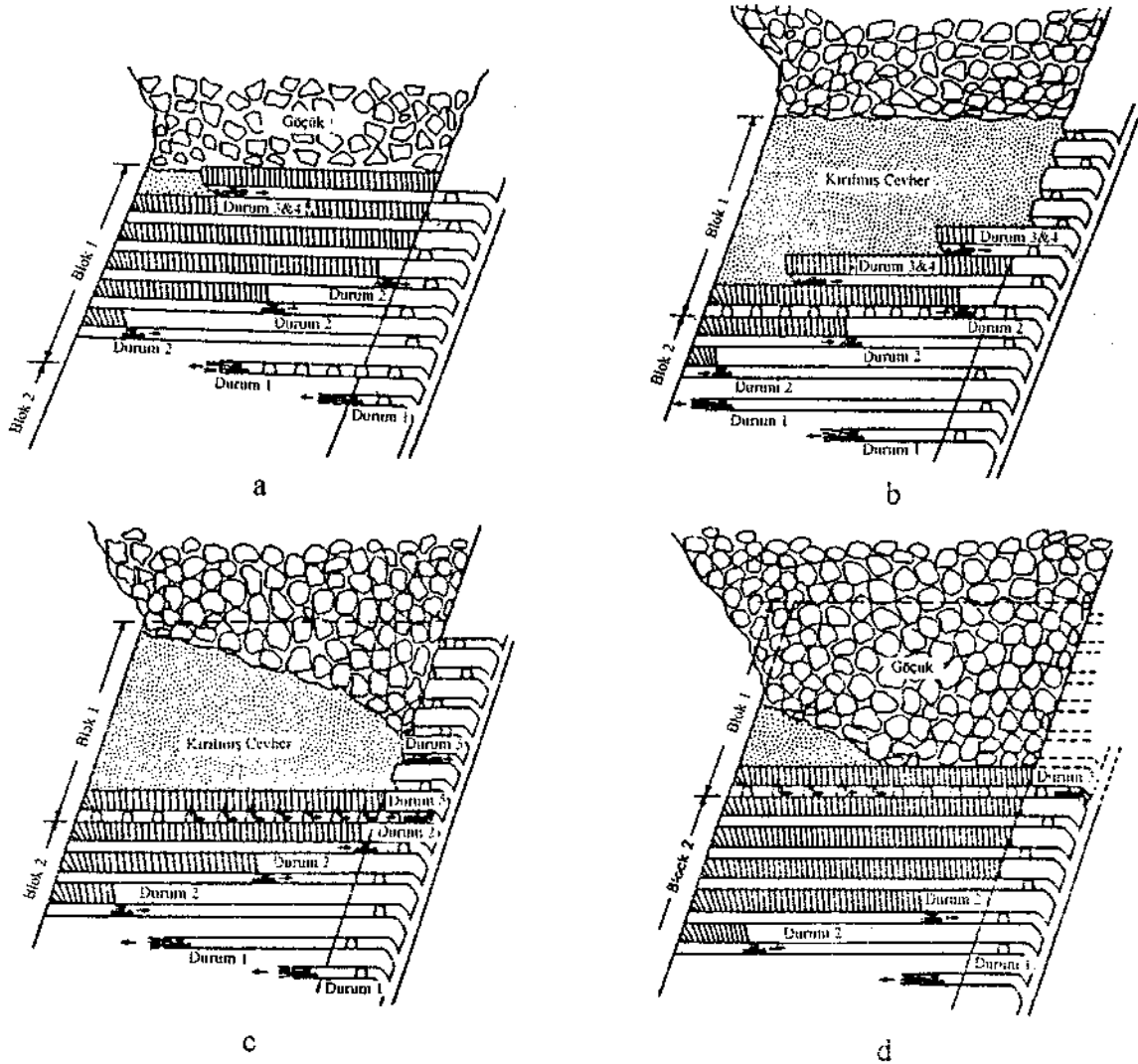
## 2.2. Ambarlı Arakatlı Göçertme Yöntemi

Ambarlı arakatlı göçertme yönteminin genel uygulaması Şekil 4'de ifade edilmektedir. Burada cevher öncelikle yedişer dilimli bloklara bölünmüştür. Bu yöntemin klasik yöntemden en önemli farklılığı, yapılan

delme-patlatma uygulamasıyla cevher gevşetirken aynı zamanda artan kabaran kısmın üretilmesi, kalan kısmın ise ambarlanarak daha sonra kazanılmasıdır. Dilimlerdeki gevşetme işlemi klasik yöntemin benzeri olmaktadır. Ancak cevher kazanımı operasyonuna kabaran kısım ferelerden alındıktan sonra ara verilmekte ve cevherin büyük bir kısmı ambarlanarak bırakılmaktadır. Bloğun tamamı, gevşetme ve ambarlama işlemlerinden sonra tek bir yükleme noktasından kontrollü ve hızlı bir şekilde aşağı doğru çekilmektedir. Buradaki asıl amaç cevher ve göçüğün karışmasına engel olmaktır. Bu uygulamada dilimli kalınlık yönünde oluşturulmuştur. Bu durum

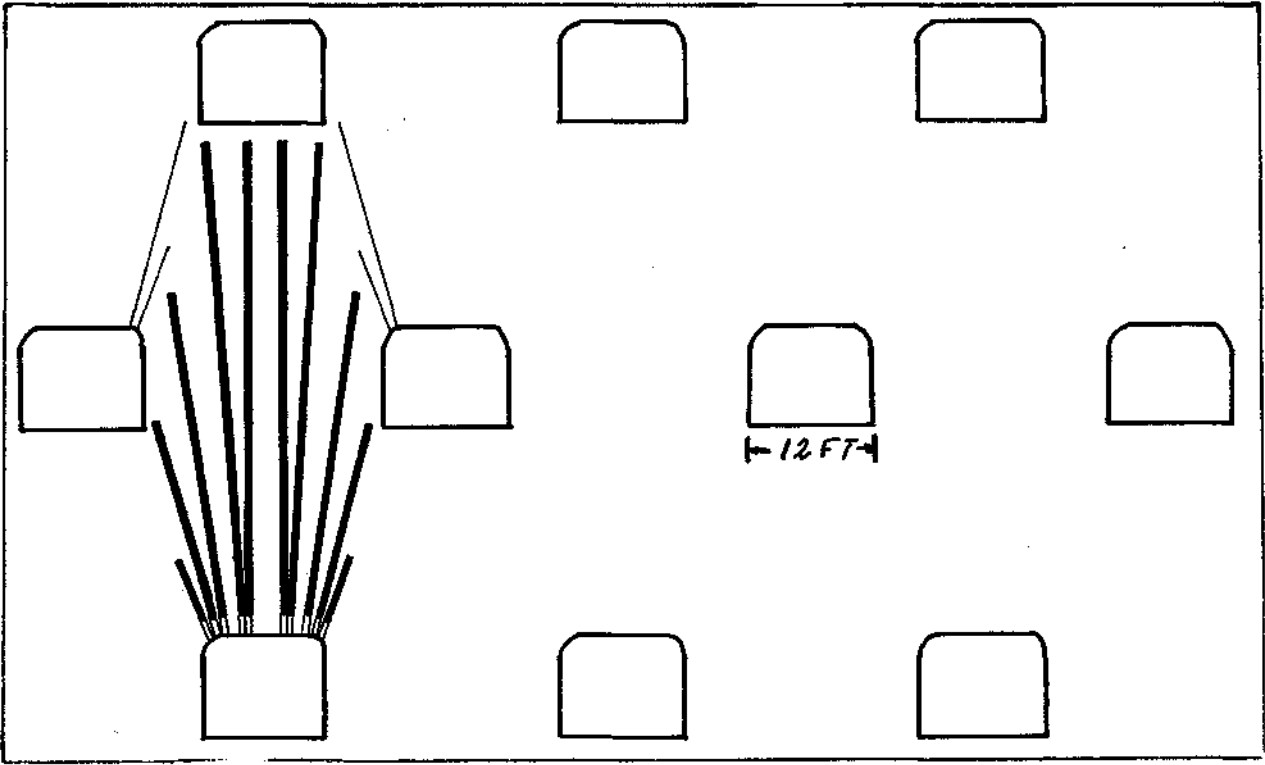
tektonik düzensizliklerin etkisini azaltması bakımından tercih edilmektedir. Ancak tektonizmanın az olduğu durumlarda cevher doğrultusunda da dilimlerin oluşturulması mümkün gözükmemektedir. Kalınlık yönünde oluşturulan dilimlerde galerilerin eşbeş düzeninde oluşturulması cevherde homojen bir boyut dağılımı açısından önem taşımaktadır(Şekil 5). Ayrıca Şekil 5'de

görüldüğü üzere gerek patlatma deliklerinin delinmesinde gerekse şarjında kontrollü ve mekanize bir uygulama zorunlu olmaktadır. Bu durum, dilim kalınlıklarının tayininde gözönüne alınmakta, seyrelme ve cevher kazanımını da etkilemektedir. Başarılı bir uygulama sonucunda seyrelme ve cevher kaybının %5 düzeylerine çekilebileceği ifade edilmektedir (Heden ve ark., 1982).



- Durum 1 : Arakat galerilerinin sürülmesi
- Durum 2 : Dilimlerde deliklerin delinmesi
- Durum 3 & 4 : Patlatma, ambarlama ve kısmen cevher kazanımı
- Durum 5 : Ambarlanmış cevherin ka/anımı

Şekil 4 Ambarlı arakatlı göçerime yöntemi (Heden ve ark, 1982)



Şekil 5. Üretim galerileri ve delik düzeni (Baase ve ark., 1982)

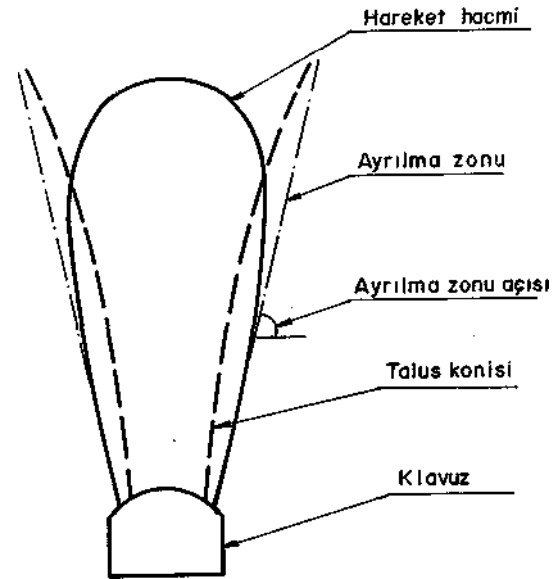
### 2.3. Yöntemin Uygulanmasında Dikkat Edilecek Hususlar

Arakatlı göçertme yönteminin genel ve/veya ambarlı versiyonunun uygulamasında başarılı sonuçlar elde edebilmek için (minimum seyrelme ve maksimum cevher kazanımı) dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda maddeler halinde özetlenmektedir.

i. Seyrelme ve cevher kazanımının istenen seviyelerde gerçekleştirilebilmesi için, en önemli unsurlardan biri olan delme ve patlatma işlemlerinde, cevher ve yantaşın durumunu gözönünde tutan ayrıntılı mühendislik tasarım ve uygulaması yapılmalıdır.

ii. Gerek cevher, gerekse yantaşın kontrollü göçertilmesinde özellikle (delme-patlatma) etkili olan üç temel unsur; hareket hacmi, ayrılma zonu açısı ve Talus konisi iyi analiz edilmelidir (Şekil 6).

iii. Arakat kılavuzlarının şekli ve boyutları, (hareket halindeki malzeme hacmine bağlı olarak) kendi kendine akma bakımından büyük önem taşımaktadır. Şekil 7 çeşitli galeri şekil ve boyutlarının kendiliğinden akışa olan etkilerini göstermektedir.



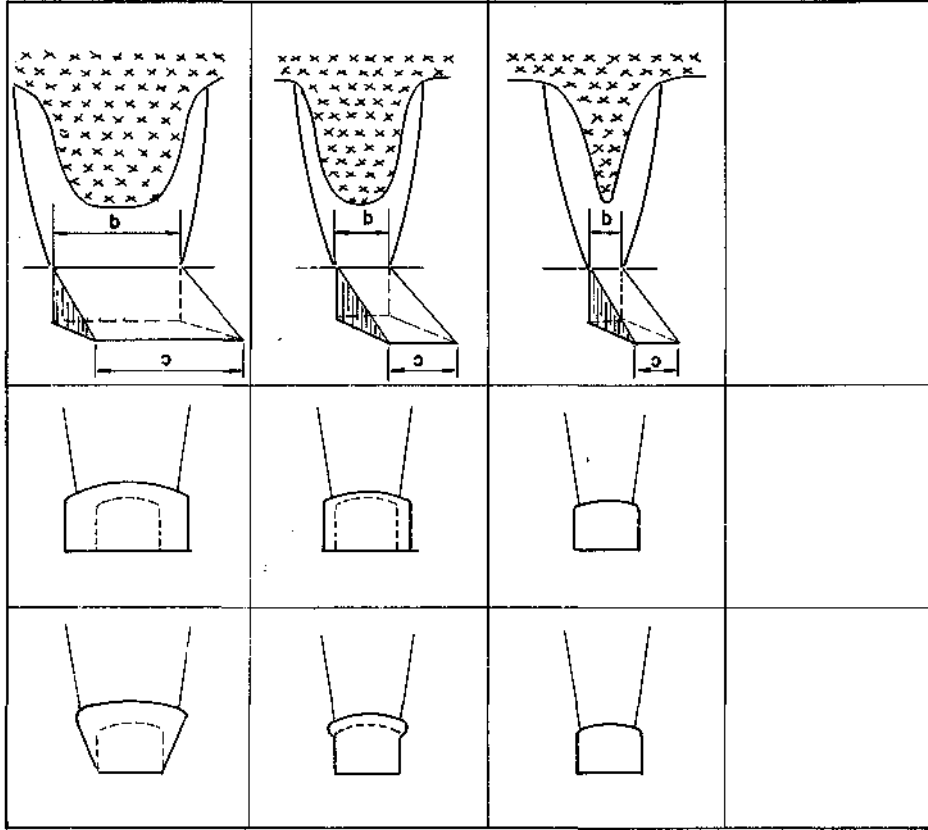
Şekil 6. Kontrollü göçertmede etken olan parametreler (Janelid, 1975)

iv. Cevher kazanımı ve seyrelme üzerinde etkili olan ayrılma zonu açısı; cevher ve yankayacın parçalanma derecesine, hareket hacmine, kırılmış kayacın basınç koşullarına, yükleyicinin erişim derinliğine ve yükleme yöntemine bağlı olmaktadır. Uygulama sırasında koşullara en uygun açı sağlanmalıdır.

v. Yükleme ve taşıma mekanizasyonunda LHD kullanımının getireceği avantajlar gibi delmenin daha hızlı ve daha ekonomik olması açısından delme işleminde de mekanizasyon gereklidir. Bu gereklilik cevher ve yankayacın kontakt durumunu dikkate alan kontrollü delme operasyonunda da önem taşımaktadır. Bu kapsamda, gerek yatırım hacminin düşüklüğü gerekse

Yatağın şekli, geometrisi, cevher ve yankayaçların sağlamlık dereceleri aşağıda özetlenmiştir (Demirci ve ark., 1994).

- i. Eğim: 55°-65°, ortalama 60°, SE
- ii. Kalınlık: 3-10 m, ortalama 6 m
- iii. Uzanım: Ortalama 170 m (N75°E)
- iv. Geometrik şekli: Filon-damar
- v. Cevher - yantaş kontakt durumu : Az



Şekil 7. Kılavuz şekil ve boyutlarının kendiliğinden akışa etkisi (Janelid, 1975)

uygulama kolaylığı nedeniyle teknolojinin sağladığı yeni elektrikli yada dizel delicilerin kullanılması yöntemin başarısı için gereklidir.

vi. Özellikle ambarlı yöntemde cevher çekimi ve tavanın hareketi fevkalade önem taşımaktadır. Bu hususta başarı sağlandığında çekme galerileri daha aşağılara kaydırılarak kat aralıkları artırılabilir.

### 3. YÖNTEMİN PULPINAR KROM CEVHERİNE UYGULANABİLİRLİĞİ

#### 3.1. Pulpınar Krom Sahası (4 No'lu Kuyu) Koşulları ve Yöntem Seçimi

miktarda dalgalı

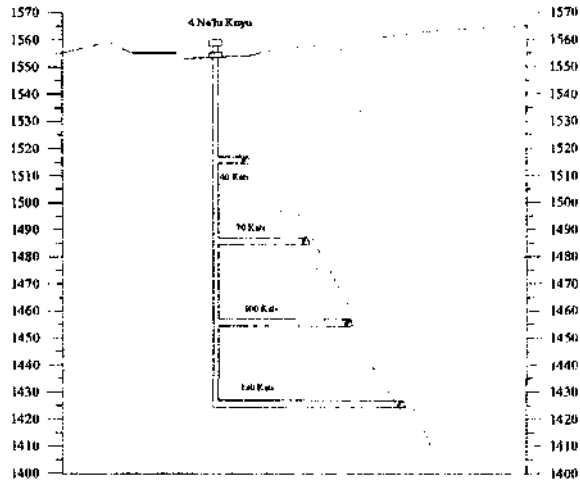
- vi. Sağlamlık dereceleri: Tavantaşı: Sağlam; Cevher: Orta; Tabantaşı: Sağlam
- vii. Tenor: Üniforma yakın (% 42-48)
- viii. Derinlik: Sığ
- ix. Yeryüzü koşulları: Tasman yönünden kısıt yok.,

Kahrıman ve Arkadaşları (1996) tarafından sahaya uygun üretim yöntemi seçimine yönelik olarak yapılan sistematik bir çalışmada; bu saha için (4 No'lu Kuyu), özellikle tavantaşının belirgin bir sağlamlık göstermesi ve diğer parametrelerin uygunluğu nedeniyle ambarlı arakath göçerime yöntemi önerilmiştir. Bu sahada

deneme mahiyetinde uygulaması önerilen bu yöntemin ayrıntılı açıklaması ve tartışılması verilmektedir.

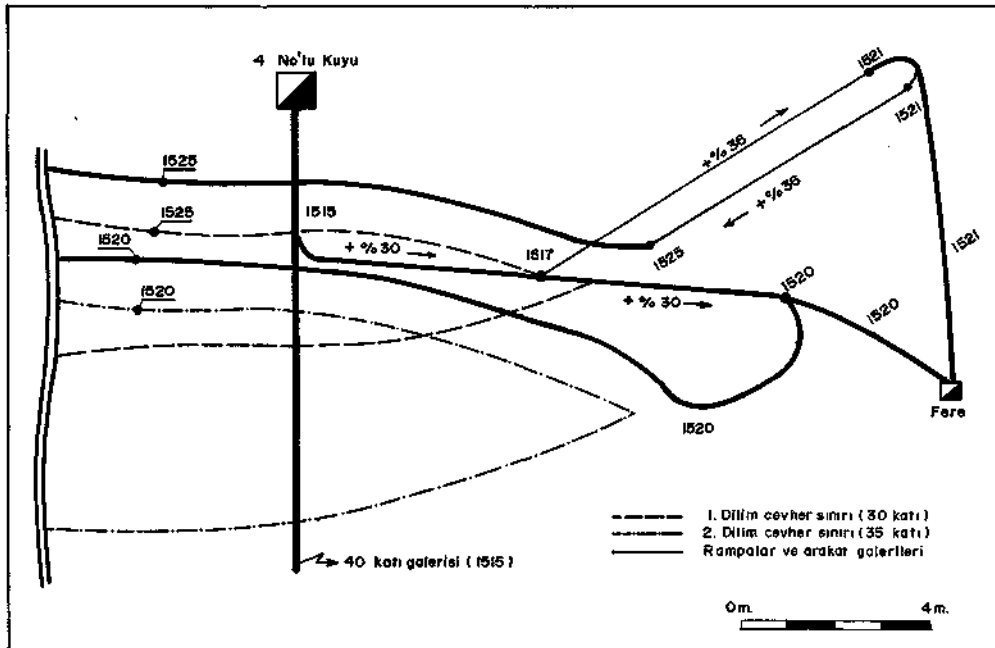
### 3.2. Deneme İşletmesi

Mevcut hazırlık çalışmaları Şekil 8'de verilen sözkonusu sahada; ambarlı arakatlı göçertme yönteminin deneme mahiyetindeki uygulaması mevcut sistemden farklılığı, beklenmedik problemlere çözüm bulabilmek ve çalışanların uyumunu sağlamak amacıyla 40 katı üzerindeki rezerv için önerilmiştir (Kahrıman ark., 1996; Demirci ark., 1994).



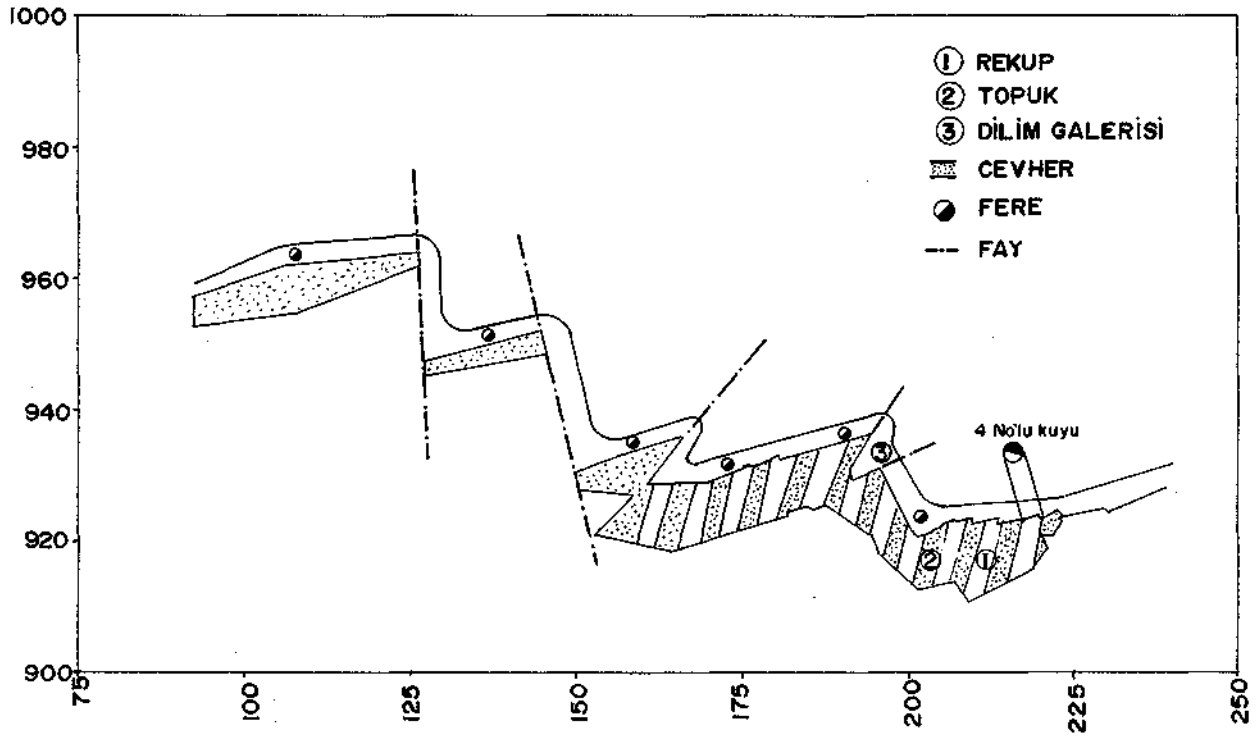
Şekil 8 Mevcut hazırlık çalışmaları

Bu deneme işletmesi öngörüldüğünde, 40 katı üzerinde yaklaşık 15 m cevher varlığı kabul edilmiştir. 40 katı üzerindeki cevher bloğunun, mevcut ekipman durumu da gözönünde tutularak 3 dilim halinde kazanılması planlanmıştır. Şekil 9'da bu çalışma için öngörülen hazırlık çalışmaları verilmektedir. Şekil 9'dan da görüleceği üzere dilimlere LHD ulaşımı 40 katındaki kat galerisinden ayrılacak % 30 ve % 36 eğimli rampalar vasıtasıyla sağlanacaktır. Bu rampaların kuyunun doğu kesimine yönelerek cevherleşmenin bitim noktasına ulaşması planlanmıştır. Ayrıca, her dilimde cevher-taban taşı kontaklarını izleyen bir galeri doğrultu boyunca sürülmektedir. Bu galerilerden itibaren kalınlık yönünde üretim ve gevşetme amaçlı rekup galerileri sürülmektedir. Bu durum özellikle tektonik yapıya uyum sağlamak ve üretim kayıplarını minimize etmek amacıyla öngörülmektedir. Şekil 10'da konu ile ilgili ayrıntılı bilgiler sunulmaktadır. Galeri genişlikleri (3 m) kadar topuk bırakılmakta ve dilimlerde eşleşmiş düzeni sağlanmaktadır. Diğer yandan kısmen üretilen cevher (kabaran kısım kadar) belirli aralıklarda (15-20 m) açılan fereler vasıtasıyla 40 katına indirilirken gevşetilen üst kısımlar ambarlanmaktadır. Çalışma harmonisi Şekil 10.c'de verilmektedir.

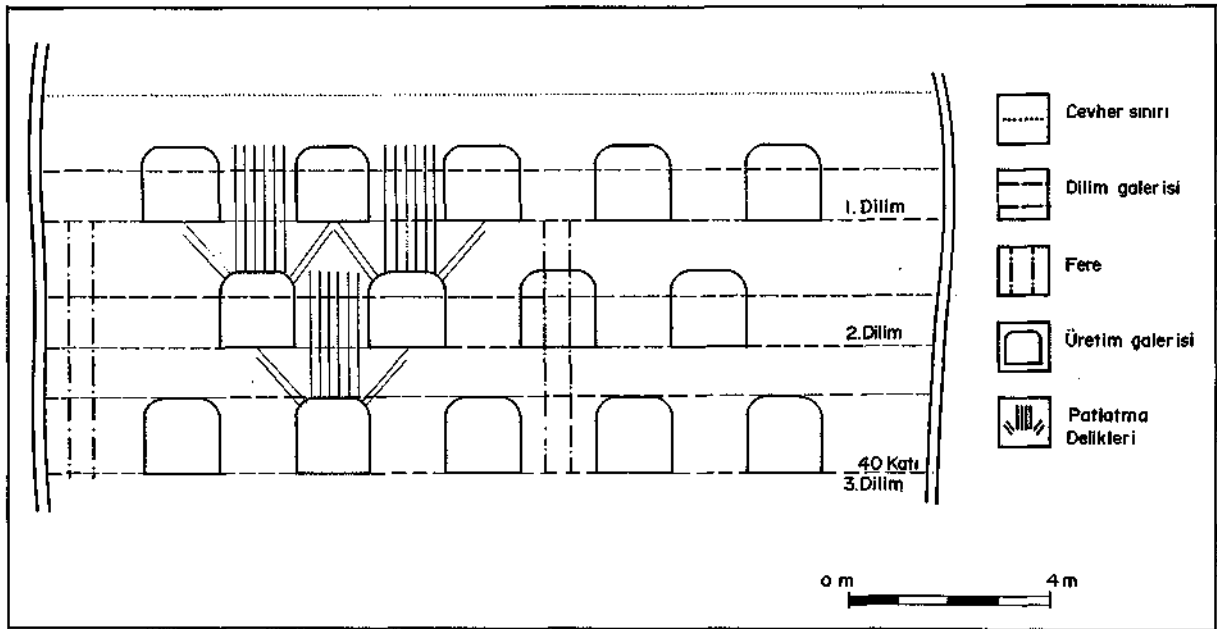


Şekil 9) Deneme işletmesi için öngörülen hazırlık çalışmaları

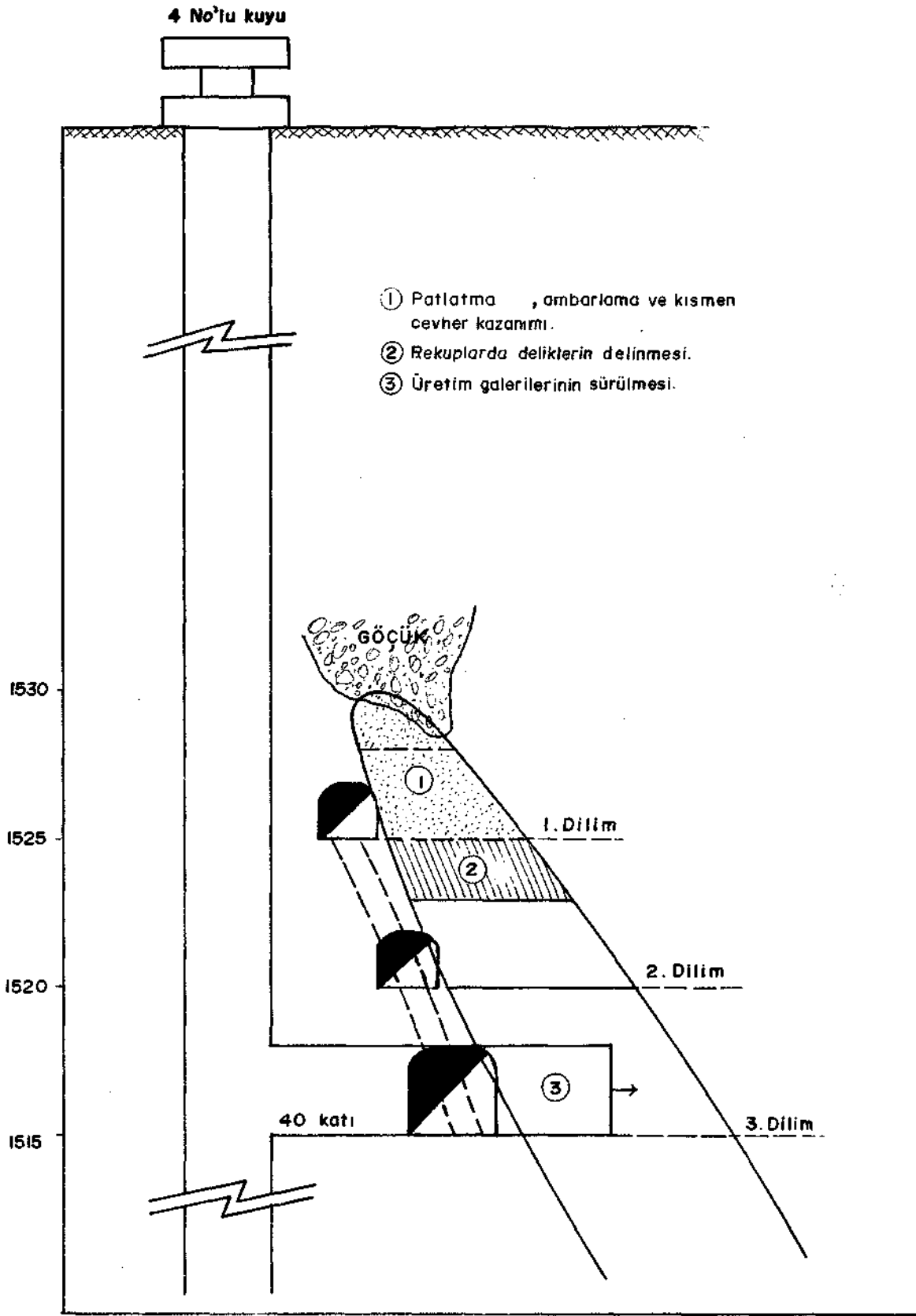




a. Dilimlerde üretim (Plan)



b. Üretim galerileri ve delik düzeni (Doğrultu yönündeki kesit)



c. Çalışma harmonisi (Kalınlık yönündeki kesit)

Şekil 10. Deneme işletmesi

Bloğun tamamında ambarlama işlemleri bitirildikten sonra 40 katındaki dilim galerisine bağlantılı oluklardan (ambarlı yöntem benzeri) çekilecektir. Bu yöntemde dilimlerde aynı anda birden fazla noktada üretim yapma şansı mevcut olduğundan üretim hızı, ana nakliyat sisteminin izin verdiği ölçüde, kolaylıkla artırılabilir. Bu çalışma kapsamında, ana nakliyat sisteminin mevcut şekliyle (kat galerilerinde vagon ve kuyu kafes sistemi) kullanılması öngörülmüştür.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Arakatlı göçertme yönteminin yeni bir versiyonu olan ambarlı arakatlı göçertme yöntemi; her ne kadar yaygın bir şekilde uygulanmamakta ise de, gerek üretim hızının artırılması gerekse seyrelme ve cevher kaybında arzulanan hedeflere ulaşma olanağı sunabilmesi bakımından önem taşımaktadır. Bu nedenle bu yöntemin, Pulpınar 4 No'lu Kuyu krom cevherine deneme mahiyetinde uygulaması planlanmıştır. Bu uygulamanın başarı ile sonuçlanması metal madencilğine önemli katkılar sağlayabilecektir.

Öngörülen bu yöntemin uygulanmasında yapılacak hazırlıklar açısından ek bir çalışmaya gerek duyulmayacaktır. Bu deneme çalışmasında 300 ton/gün üretim kapasitesi düşünülmüş ve yaklaşık 16.000 ton cevher üretilebileceği belirlenmiştir. Deneme çalışmasında istenen sonuçların sağlanamaması durumunda; aynı işletmenin Rıfat Kuyusu sahasında uygulanmakta olan yöntem (Travers ayak) dönüş sorun yaratmayacaktır. Önerilen bu yöntemin başarılı olması için özellikle delme ve patlatma operasyonlarının gerek tasarımında gerekse uygulanmasında ayrıntılı mühendislik çalışmalarına gereksinim duyulacaktır. Deneme işletmesi sırasında ortaya çıkabilecek beklenmedik sorunlar, gözlemlenebilecek ve çözüm arama şansı olacaktır. Bu çalışmanın olumlu sonuçlar vermesi durumunda rezervin tümünün bu yöntemle üretilmesini esas alan nihai fizibilite projesi hazırlanmalı ve uygulamada dikkat

edilmesi gerekli hususlar mutlaka gözönünde tutulmalıdır.

#### KAYNAKLAR

BAASE, R.A., DIMENT, W.D., PETRINA, A.J., 1982; "Sublevel Caving at Craigmont Mines Ltd", Underground Mining Methods Handbook, SME, USA

DEMİRCİ, A., CEYLANOĞLU, A., KAHRİMAN, A., 1994; "Kayseri Pınarbaşı-Pulpınar Krom Yeraltı Maden İşletmesinde (4 No'lu Kuyu) Optimum Üretim Yönteminin Belirlenmesi ve Projelendirilmesi Çalışmaları", C.Ü. Maden Müh. Böl., Nihai Rapor, Sivas, 122 s.

HEDEN, H., LIDIN, K., MALMSTRÖM, 1982; "Sublevel Caving at LKAB's Kiirunavaara Mine", Underground Mining Methods Handbook, SME, USA

HUSTRULID, W.A., 1982; "Underground Mining Methods Handbook" SME, USA

KAHRİMAN, A., CEYLANOĞLU, A., DEMİRCİ A., ARPAZ, E., UYSAL, Ö., 1996 ; "Kayseri Pınarbaşı-Pulpınar Krom Cevheri İçin Optimum Yeraltı Üretim Yöntemi Seçimi", TMMOB Maden Mühendisleri Odası Madencilik Dergisi, Aralık 1996, Cilt XXXV, Sayı 4, s.27-42, Ankara

JANELID, I., 1975; "Sublevel Caving" Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden

TARASOV, L., 1973; "Mining Practice", Moscow

