

# Madencilik Operasyonlarında Uygun Ekipman Seçimi

**Hakan Arden Kahraman**

Teknik Direktör, DMT-Türkiye  
Hakan.Arden@dm-t-group.com

**Yusuf Ağdere**

Makine/Elektrik Proje Mühendisi,  
DMT-Almanya  
Yusuf.Agdere@dm-t-group.com

Kuşkusuz dünyanın en zorlu endüstrilerinden biri olan madencilik, maliyet yönetimini ve kârlılığı korumayı en önemli öncelik haline getiren endüstrilerin de başında gelir.

Bu hedefe giderken, zorlu jeolojik ve madencilik koşullarına uygun, çalışma alanlarındaki çevresel kısıtlara uyumlu, yüksek standarta iş sağlığı ve güvenliğinin sürdürülmesi de dahil olmak üzere güvenilir ekipmanın seçilmesi çok önemli bir rol oynamaktadır.

Genel anlamıyla madencilik için ekipman seçimi tam olarak iyi tanımlanmamış bir süreç olsa da cevher yataklarının teknik anlamda en ekonomik şekilde incelendiği ön fizibilite ve/ya da bankalara uygun fizibilite çalışmaları, uygun ekipman seçimi de dahil olmak üzere maden tasarımının tüm aşamaları için başlangıçtan itibaren teknik personele rehberlik eden en önemli öğelerdir. Ön fizibilite çalışmalarında maliyet doğruluğu tahmini  $\pm\%20-30$  olurken, bankalara uygun fizibilite çalışmalarında maliyet doğruluğu tahmin aralığı  $\pm\%10-15$ 'tir.

Bu tür teknik çalışmalar, operasyonlara uygun ekipmanın kullanılabilirliği için hem jeolojik hem de jeoteknik açıdan erişilen malzemenin temel ilkelerini en iyi şekilde ortaya koymalıdır. Bu sistematik yaklaşım, öncelikle, en iyi konumsal tasarımın belirlenmesine yardımcı olmak için, ilgili boyutlandırma, kullanım ve maliyet verileriyle birlikte dikkate alınacak jeolojik özellikleri, günlük ilerleme - üretim oranları gözetilerek cevher kütlesine erişim yöntemini içermektedir. Bu aynı zamanda, verimliliği ve çıktılarının yanı sıra, tahmini üretkenliği artırmak için de yapılır.

İdeal olarak, ön fizibilite ve bankalara uygun fizibilite çalışmalarıyla ekipmanları seçerken, her ekipmanın amacı ve hedefi, boyut ve kapasite, çalışma döngü süresi, dönüş yarıçapı / çalışma yarıçapı, bir operasyon için gereken parça sayısı ve tedarigi, pratikliği, kullanım kolaylığı ve işçi sağlığı ve güvenliği başlıkları dikkate alınarak incelenmelidir.

Teknik çalışmalar (Ön fizibilite ve bankalara uygun fizibilite çalışmaları) yoluyla maden tasarımı ve üretiminde dikkate alınan tüm ekipman parçaları, ekipman satın almadan ya da kiralama öncesi sermaye maliyetleri, işletme maliyetleri, teknik özellikler, kullanılabilirlik, performans ve hizmet ömrü temelinde de karşılaştırılmalıdır. Seçim ölçütleri, sırasıyla maksimum nakliye aracı boyutunu, su tedarigi ve kamyon güvenli çalışma alanlarını ve araç hızlarını etkileyebileceğinden, ekipman özelliklerini belirlerken mevcut yol genişlikleri, eğimler, dönemeçler, yarıçaplar vb. gibi temel teknik kriterleri de içermelidir. Teknik ekip ayrıca kısa ve uzun dönemli mobil ekipmanların uygunluğunu da gözden geçirmelidir.

Çalışan bir madendeki alışlagelmiş ekipmanlar, yük boşaltma/yükleme makinelerini (YBM), nakliye kamyonlarını, ayna sondaj makinelerini, derin sondaj makinelerini, kaya saplama makinelerini, kırıcıları, elekleri ve diğer yardımcı ekipmanları içeren bir dizi mobil üretim ekipmanı filolarını kapsamakta ve bunlar üretim hedeflerine, madencilik yöntemlerine ve tasarımı yapılmış madencilik boşluk boyutlarına göre seçilmektedir.

Bu seçim, yalnızca genel işletmeyi ve maden verimliliğini, madencilik yapılan yer altı maden boşluklarının taban ve tavan özelliklerini, yer altı havalandırma gerekliliklerini, açık ocaklardaki çalışma aynalarının ve basamaklarının şev stabilitesini ve tüm madencilik operasyonunun bakım konularını etkilemez, aynı zamanda diğer finansal sonuçları ele alması gereken genel proje ekonomisiyle (CAPEX, OPEX, NPV vb) bağlantılı duruma getirir

Temel olarak tüm ilgili jeolojik, hidrojeolojik, jeoteknik ve metalurjik verilerin toplanması ve analizi, ilgili performans ölçütlerinin kullanımı ve ilintili çalışmalar sayesinde, maden planlamacıları, verimliliği ve ekipman ömrünü en üst düzeye çıkarmak için en uygun maliyetli fırsatları belirleyebilir ve genel maliyeti düşürür. Bunu uygularken, ekipman filosunun yalnızca uyumlu olmasını değil, aynı zamanda tüm sistemin ayrılmaz bir parçası olarak birbirleriyle etkili ve verimli bir şekilde etkileşime girebilmesini sağlamak için bireysel ekipman parçaları etkileşimli bir geliştirme ya da üretim sisteminin parçası olarak da düşünülmelidir. "Dijital Madencilik 4.0"ın zaten bizimle birlikte olduğunu göz önünde bulundurarak, üretkenliği optimize etmek için tüm sürecin ayrılmaz bir parçası olarak görülmelidir.

Örneğin, kesme tamburu çapından daha ince bir kömür damarı için büyük boyutlu bir "continuous miner" seçimi, yüksek oranda seyreltilmiş malzemede kömür üretimine neden olacak ve bu da kömürde yüksek kül içeriğiyle sonuçlanacaktır. Bu aynı zamanda, satılabilir kömürdeki kül içeriğini azaltmak için kömür yıkama tesisinin verimliliği ve işletme maliyeti üzerinde de önemli bir etkiye sahip olacaktır.

Diğer bir örnek de YBM'nin kovanının kamyonlardaki damper yüksekliğine ulaşip verimli bir şekilde yüklemesini sağlamak için malzemenin yükleneceği kamyonların boyutuna göre bir YBM seçimidir. Kamyonun boyutu ve YBM iyi eşleşmezse, genel üretim programında gecikmelere neden olabilir. Ayrıca kamyon ve yükleyici filosunun, operasyonun toplam işletme maliyetlerinin %55'ine dek sorumlu olduğu düşünülmekte ve bu da bu kilit sorunu çok önemli hale getirmektedir. Bunun nedeni, maden kamyonlarının taşıma kapasitelerinin boyutları ve işletme maliyetleriyle doğrudan ilişkiliyken, kapasitelerinin de maksimum hızlarıyla ters orantılı olmasıdır.

Benzer şekilde, bir yerüstü madeni için doğru yükleyiciyi seçmek, çıkarılacak mineralin türüne ve ortamın özelliklerine bağlıdır. Ekipmanlar seçilirken diğer unsurlar, özellikle de yükleyicilerin seçilen kamyon filolarıyla birlikte ne denli verimli çalışacağı dikkate alınmalıdır. Yükleme ve taşıma makineleri, yükleyicilerin ya da kepçelerin dolgu özelliklerine ve geometrisine göre seçilir. Kamyonların performansını kepçe seçiminden çok yükleyici seçimi belirlediğinden hem yükleyiciler hem de kepçeler kamyonlardan önce seçilmelidir.

Benzer konsept, elektrikle çalışan makineler için de geçerlidir. Çünkü hepsi aynı elektrik besleme voltajından çalışması gerekir. Filo ve bireysel ekipman boyutları ve kapasiteleri genellikle çalışma alanı kısıtları ile sınırlıdır. Bu nedenle, uygun makine konfigürasyonunun entegre edilmesi, optimum güvenlik, güvenilirlik ve sürdürülebilirliğin elde edilmesine yardımcı olabilir.

Ekipman eşleştirme, gerekli olan mobil filoyu belirlemek için genel karar verme sürecinde önemli bir adımdır. Mobil ekipmanın risk değerlendirmesi de işveren tarafından gözden geçirilmeli ve denetimlerle maruziyet riskleri azaltılmalıdır.

Ön fizibilite ve bankalara uygun fizibilite çalışmaları aracılığıyla madencilik koşulları iyi bir şekilde tanımlandıktan sonra, ekipman üreticileri de seçilecek ekipmanın ne denli uyumlu olduğu ve gerekli ekipman modifikasyonları konusunda yardımcı olabilir.

Ayrıca DMT, dünya çapında maden tasarımı ve maden planlamasında uzun yıllara dayanan deneyimi sayesinde madencilik operas-

yonunuz için yetkin ve güvenilir bir ortaktır. DMT, üç asırlık danışmanlık deneyimiyle, çok sayıda hammadde için hem açık hem de yer altı madenciliği olmak üzere neredeyse tüm madencilik yöntemlerini kullanabilir, tüm teknik çalışmalar (Ön fizibilite ve bankalara uygun fizibilite), maden planlama süreci, jeoteknik ve hidrojeolojik yönleri dikkate alarak madencilik yöntemi seçimi ve tasarımı, ekipman tasarımı ve seçimi, lojistik ve tesis tasarımı boyunca destek ve tavsiye sunabilir. Bunun yanı sıra DMT, madencilik süreçleri için optimizasyon gerekiyorsa, müşterilerinin optimum çözümü bulmaları için bir plan geliştirebilir ve yeni süreçler tasarlayabilir.

DMT yurt dışında edindiği üç asırlık proje değerlendirme çalışmalarısıyla hizmete devam etmektedir. Konuyla ilgili bilgiler ve benzer ürünlerle ilgili iletişim için [turkey@dm-group.com](mailto:turkey@dm-group.com) (Tel: +90 216 361 26 98).

#### Kaynaklar

1. Ağdere Y. & Kahraman Arden H. 2022. Akıllı Madencilik Elektrik Sistemleri ve Makineleri için Durum İzleme. Madencilik Türkiye Dergisi. s. 66-68. Mart Sayısı.
2. Arden H & Besir E. 2019. Madencilikte Kullanılan Teknik Çalışmalar: Kavramsal, Kapsamsal, Ön-Fizibilite ve Fizibilite Çalışmaları. Madencilik Türkiye Dergisi, Ocak Sayısı, No. 76, pp 70-72.
3. Kahraman Arden H, Klötzer C., Katapotis, M. 2022. Hammadde ve Madencilik Endüstrisinde "Dijital Devrim 4.0". 27. Uluslararası Türkiye Madencilik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, s. 233-245. ISBN: 978-605-01-1494-2.
4. Burt, C.N and Caccetta, L. (2018). Equipment Selection for Mining: With Case Studies Introduction. In Burt, C. & Caccetta, L. (Eds.) (pp. 3-9). Springer International Publishing AG. doi:10.1007/978-3-319-76255-5\_1.



## Türkiye Doğal Kaynaklar Sektörünün Hizmetinde

### Jeoloji-Maden Mühendisliği ve Danışmanlık

- Kaynak ve Rezerv Bilgilerinin CRIRSCO Kodlarına Göre Değerlendirilmesi (UMREK, JORC, NI 43-101 vs)
- Cevher Keşif ve Modellemesi
- Bankalarca Geçerli Yatırım Araştırmaları (Saha Araştırması, Ön-Fizibilite ve Fizibilite Çalışmaları)
- Durum Tespiti (Due Diligence)
- Bilirkişi ve Cevher Uzmanı Raporları
- Bakir Sahalarda Maden Planlaması ve Geliştirme
- Maden Üretim Planlaması ve Tasarımı
- Keşif Jeofiziği
- Hidrojeoloji ve Su Kontrolü
- Jeotermal Enerji
- Güvenlik ve Çalışma Eğitimi
- Kömür Madenlerinde Güvenlik
- Kömür Madenlerinde Gaz Kontrolü
- Uluslararası Standartlara Uygun Yangın Testleri (Konveyör Bant, Hidrolik Sıvılar, Plastikler)
- Soğutma ve Isıtma Kontrol Sistemleri
- Havalandırma Sistemleri Mühendisliği

#### DMT GmbH & Co. KG

##### Merkezi Almanya İstanbul Merkez Şubesi

Kozyatağı Mah. Şehit Mehmet Fatih Öngül Sk. Odak Plaza

Blok No: 5 İç Kapı No: 4 TR 34742 Kadıköy/İstanbul

Phone +90 216 361 26 98 Mail [turkey@dm-group.com](mailto:turkey@dm-group.com)

Mobil +90 535 206 71 75