

EPCM Projeleri İçin Tam Ölçekli Sistematik Adımlar

“

Örnek Proje: Arama, kaynak tahmini, kapsam belirleme, fizibilite ve bankalarca geçerli fizibilite çalışmasından *1EPCM'e uzanan bir süreç: İvrindi Altın ve Gümüş Madeni Projesi

”



DAMA Engineering Co.

DAMA Mühendislik, maden arama ve maden geliştirme alanında ülke içinde ve dışında mühendislik hizmetleri sunmak üzere 2005 yılında kurulmuş; temel hedefi, uluslararası standartlarda hizmet üretmek olan bağımsız bir mühendislik şirketidir. Temel mühendislik seviyesinden üretime geçen aşağıdaki projeler, DAMA'nın önemli çalışmaları arasında yer almaktadır:

- Bolkardağ Altın Madeni, Merrill Crowe Tesisi Yapım İş, EPCM,
- Azerbaycan (Chowdar), Yiğın Liçi, 4 Aşamalı Kırma Tesisi Optimizasyonu, EPCM,
- İnlice Altın Madeni, Yiğın Liçi ve ADR Tesisi Yapım İş, EPCM,
- Lapseki Altın ve Gümüş Madeni, Tank Liçi, Kapsam (Scoping) Çalışması, ADR Tesisi Yapım İş, EPC,
- İvrindi Altın ve Gümüş Madeni, Yiğın Liçi, Kapsam (Scoping) Çalışması, Fizibilite Raporu, NI 43-101 Fizibilite Raporu, ADR Tesisi Yapım İş, EPC.

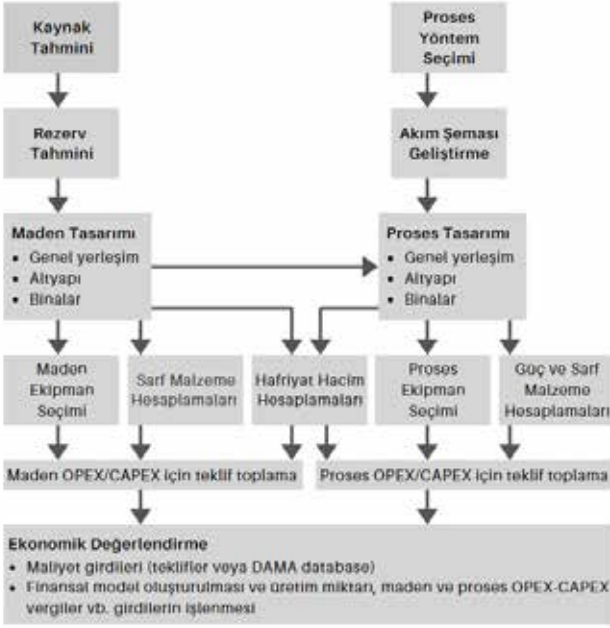
Kapsam belirleme (Scoping Study) çalışmasından, ADR tesisinin kurulumu ve devreye alınmasına kadar tüm süreçleri DAMA&KCA (Kappes, Cassidy & Associates) iş birliği ile ta-

mamlanan TÜMAD Madencilik AŞ'ye ait İvrindi Altın ve Gümüş Madeni Projesi örnek proje olarak bu yazıya konu edilmiştir.

DAMA, İvrindi Projesi için toplamda 4 yıl süren kapsamlı çalışmalar yürütmüştür. Kaynak tahmini ile başlayan bu çalışmalar kapsam (Scoping) çalışması ve kaynak tahmini güncellemeleri ile devam etmiştir. NI43-101 standartlarında yapılan kaynak tahmini çalışmasının ardından bankalarca geçerli fizibilite çalışması da son aşama olarak tamamlanmıştır. Belirtilen aşamaların ardından proje için işveren tarafından yatırım kararı alınmıştır. Yatırım kararı alındıktan sonra DAMA&KCA, altın üretim tesisi ADR'nin EPC olarak anahtar teslim yapımını ve devreye almasını gerçekleştirmiştir. Yazının devamında, altın dökümüne kadar olan süreç, farklı düzeyde mühendislik çalışmaları açıklanmış, mevcut verilere ve projenin farklı aşamalarına göre üretilen çıktılar gösterilmiştir. Örneğin, kapsam belirleme (Scoping) çalışmasında yapılan teknik hesaplamalar ve ekonomik karşılaştırmalar sonucunda üçüncül kırma devresi için konvansiyonel ünitelerle HPGR arasında seçim yapılarak HPGR kırıcısı önerilmiştir. Zorlu topografya için optimum genel yerleşim planları oluşturulmuştur. Sonraki hesaplar ise kapsam belirleme (scoping) çalışmasında belirlenen yol haritası üzerine kurgulanmıştır. DAMA'nın maden ve tesis tasarımı süreçlerinde takip ettiği başlıca adımlar aşağıdaki gibidir.



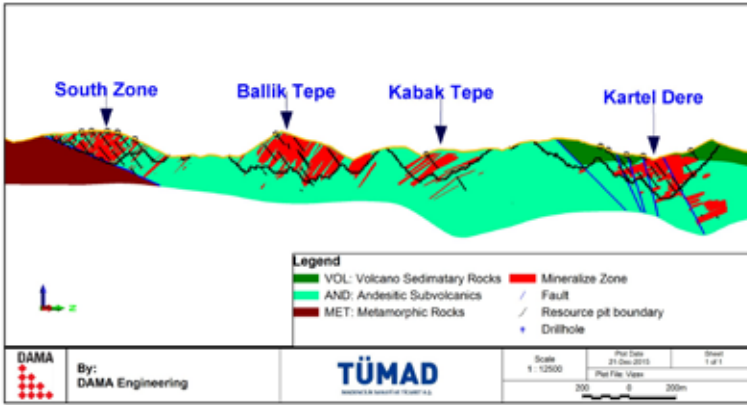
*1 EPCM: Engineering, Procurement, Construction, Management (Mühendislik, Tedarik, İnşaat, Yönetim)



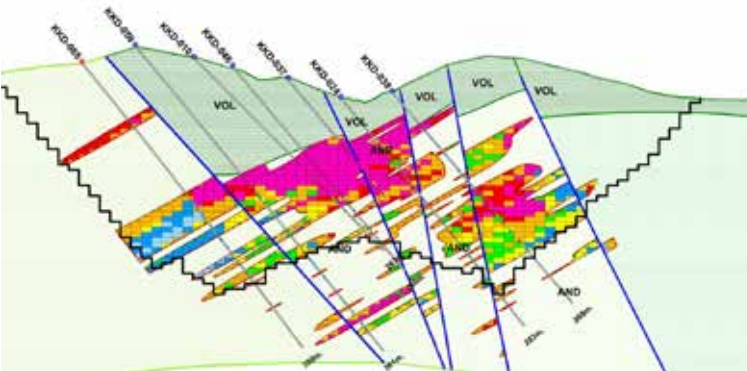
Şekil 1 – Maden ve Tesis Tasarım Süreci

Kaynak Tahmini

DAMA, 2014 yılının sonlarında elde edilen sondaj verileri doğrultusunda kaynak tahmin çalışması yürütmüştür. Bu çalışma kapsamında geliştirilen konsept jeolojik model örneği aşağıda Şekil 2’de ki gibidir. Jeolojik model doğrultusunda litoloji ve fay yapıları modellenmiştir. NI43-101 standartları gereği kaynak ocak sınırları Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 2 – Konsept Jeolojik Model



Şekil 3 – Tenör Dağılım ve Ocak Sınırlarını Gösteren Blok Model

Kaynak tenörü ve miktarının tespit edilmesinden sonraki tüm aşamalar (madencilik, proses vb.) bu çalışmalar doğrultusunda devam etmiştir. Devam eden 3 yıl boyunca kaynak kategorisinin güvenilirliğini artırmak (mümkün kaynaktan ölçülmüş kaynak kategorisine) veya kaynak miktarı artışını değerlendirmek üzere kaynak tahmin çalışması güncellemeleri yapılmıştır.

“Bankalarca geçerli fizibilite raporundaki tasarım ve maliyet hesapları uluslararası finansman kuruluşları tarafından hızlı bir şekilde kabul gördü ve proje finansman süreçlerine önemli bir katkı sağladı.” Hasan Yücel, Genel Müdür, TUMAD Madencilik AŞ

Kapsam (Scoping) Çalışması

Proje geliştirme alternatiflerinin tanımlandığı bu çalışmada, açık ocak madencililiği, üç aşamalı kırma ve HPGR üniteleri, aglomerasyon, yığın liçi ve ADR tesisi değerlendirmeleri yapılmıştır. Hazırlanan jeolojik blok model üzerinden yıllık maden üretim planları yine bu aşamada oluşturulmuştur. Ocak tasarımları, yol, altyapı planları ve çizimleri gibi detayların daha çok fizibilite seviyesi detayları olmasına rağmen DAMA bu çalışmaları ilk seviyede detaylandırarak endüstri standartlarından çok daha düşük sapma değerlerinde bir çalışma yürütmüştür.

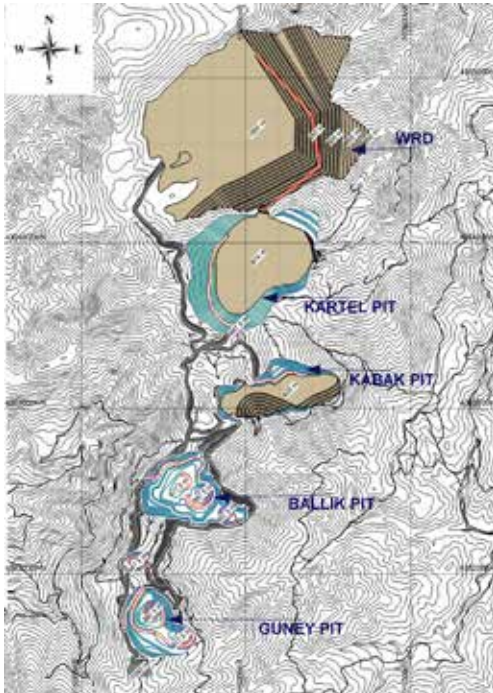
İvrindi maden sahası oldukça dik ve zorlu bir topografyada bulunmaktadır. Bu nedenle, tesisin genel yerleşim tasarımı, işletme ve proje ekonomisi açısından kritiktir. Kırma tesisinin yerleşimi ve ekipmanların seçimi için birkaç farklı senaryo üzerinde çalışılmıştır. En uygun yerleşim konseptini belirlemek için kazı-dolgu miktarları, bant eğimleri ve ara stok boyut ve konumları tek tek değerlendirilip optimize edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerin ardından bu senaryolardan en uygun olan konseptin fizibilite seviyesinde detaylandırılmasına karar verilmiştir. Son aşama kırıcı ekipmanı tercihi ise İvrindi cevherine uygunluğu, oluşturduğu çatlak tipleri ve bu çatlakların malzeme içerisinde yayılma hacimleri dolaşısıyla HPGR’in geleneksel boyut küçültme teknolojileri karşısında avantajlı olduğu anlaşılmıştır. Boyuta karşın yığın liçi randıman testleri yapıldıktan sonra HPGR seçilmiştir. Cevherde oluşturulan hasarlı parçacık yüzdesi, konvansiyonel yöntemlere kıyasla HPGR’da 3 ila 5 kat kadar daha yüksek olabilmektedir. Bu devre konvansiyonel devrelere göre liçi randımanını birkaç puan artırmaktadır. ▶

Kırma Yöntemi	Hasar Miktarı (% Çatlak)	
	Oksitli Bakır Cevheri	Sülfürlü Bakır Cevheri
Besleme	14	20
Çeneli Kırıcı	14	23
HPGR (Düşük)	37	51
HPGR (Orta)	44	69
HPGR (Yüksek)	79	84

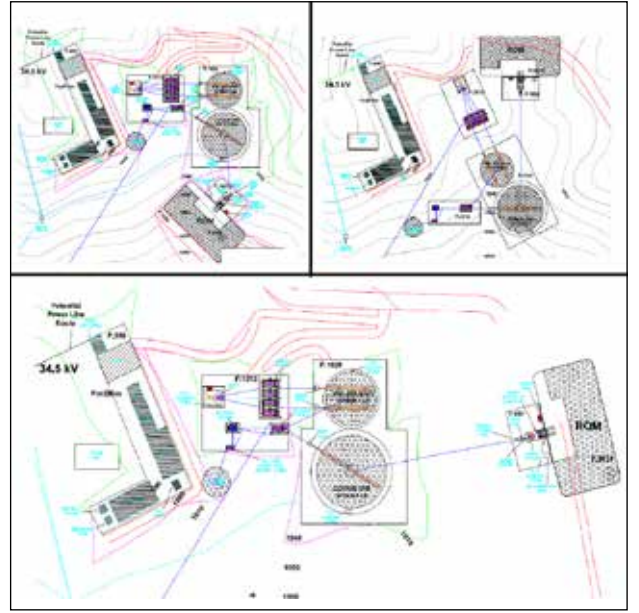
Tablo 1 – Farklı Kırma Yöntemlerinde Hasarlı Parçacık Yüzdeleri (Miller, 2010)



Şekil 4 – Çatlak Hacmi ve Yayılma, Çeneli Kırıcı (Sol), HPGR (Sağ) (Lin ve Miller, 2010)



Şekil 5 – Genel Maden Planı Örneği



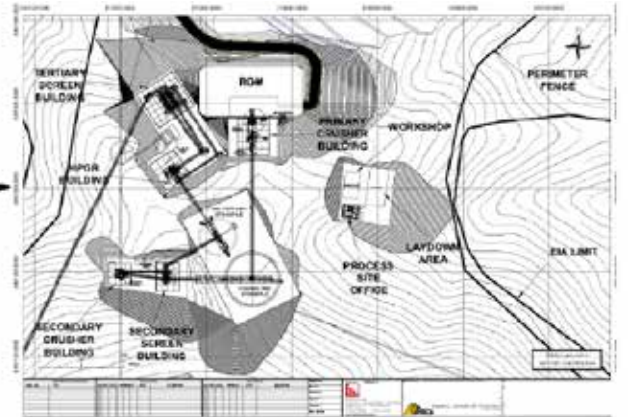
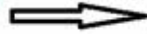
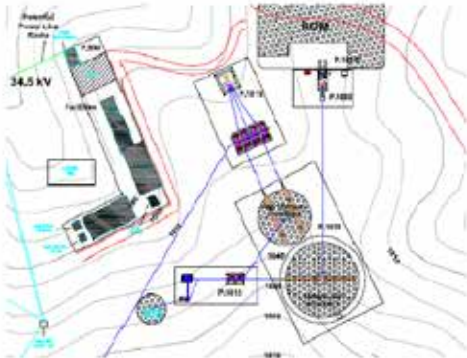
Şekil 6 – Kırma Tesisi Yerleşim Senaryoları

"Kaynak ve Rezerv Tahmini çalışmalarındaki hassas yaklaşımlar proje riskleri açısından güvenilir bir öngörülebilirlik sağladı. Mevcut maden üretim değerlerinin yapılan tahminlere oldukça yakın olması üretim planlama süreçlerimizi kolaylaştırmaktadır." Hakan Aslan, Genel Müdür Yardımcısı (Jeoloji), TÜMAD Madencilik AŞ

Fizibilite Çalışması

Fizibilite çalışmasında daha önceki aşamalarda kullanılan girdiler ve deney çalışmaları detaylandırılmıştır. 27 ana başlıktan oluşan fizibilite raporunda temelde kapsam çalışmasındaki adımlar takip edilmiştir. Fizibilite raporunda yer alan ve bu aşamaya kadarki kısımlarda olmayan bazı önemli unsurlar aşağıdaki gibidir:

- Farklı cevher zonları için nihai kolon testleri,
- Farklı cevher zonları için kırılabilirlik ve HPGR testleri,
- Hidrojeoloji ve ölçüm istasyonları verilerinin kullandığı nihai su dengiği hesaplamaları, (yığın ve havuzlar için),
- Jeoteknik rapora göre hazırlanan nihai maden tasarımı,
- Nihai maden üretimi planları, ▶



Şekil 7 – Kırma Devresi Genel Yerleşim Planı Karşılaştırması (Scoping ve Fizibilite Çalışması)

DAMA



MADEN ARAMA, GELİŞTİRME VE MİNERAL PROSESİNDE ULUSLARARASI DÜZEYDE YEREL TECRÜBE

JEOLOJİ

- Maden Sahası Değerlendirme
- Arama Projeleri Tasarımı
- Arama Projeleri Yönetimi
- Kaynak Tahmini
- Maden Sahalarına Değer Takdiri

MADEN

- Ocak Optimizasyonu ve Tasarımı
- Zamansal Cevher Üretim Planları
- Makine Ekipman Seçimi
- Maden Genel Yerleşim Planları
- Yeraltı Üretim Yöntem Seçimi ve Tasarımı
- Jeoteknik, Hidrojeoloi ve AKD Yönetimi

CEVHER HAZIRLAMA

- Metalürjik Test Numune Seçim Tasarımı ve Yönetimi
- Deneysel Veri Analizi
- Akım Şeması Geliştirme
- Ekipman Boyutlandırma
- Genel Yerleşim
- Modelleme & Simülasyon
- CAPEX, OPEX, Ekonomik Analiz

TEKNİK RAPOR

- Jeolojik Veri Doğrulama ve QA/QC
- Teknik İnceleme ve Durum Tespiti
- Kapsam Çalışması
- Ön fizibilite
- Fizibilite Çalışması

EPCM

- Temel, Detay Mühendislik
- Teklif Toplama, Satın Alma
- İmalat, Kurulum, İnşaat
- Devreye Alma
- Yedek Parça Tedariği
- Performans, Güvence, Garanti



- Nihai genel yerleşim, bina ve altyapı tasarımları,
- Ekonomik model için fiyat girdisinin 3 üreticiden alınan maliyetler ile oluşturulması.

Aşağıdaki görselde, scoping (başlangıç) seviyesi ile fizibilite arasındaki teknik detay, hesap ve dolayısıyla, çalışmanın çözünürlük farkı örneklenmiştir.

Bankalar/Kredi Kuruluşlarınca Geçerli Fizibilite Çalışması (NI43-101)

Fizibilite çalışması ile NI43-101 standartlarında yapılan bir fizibilite çalışmasının temel farkı kaynak ve devamında cevher rezerv kategorilerinin tanımıdır. Nihai pit sınırları içerisinde bulunan tüm maden kaynakları, ölçülmüş (measured) ve gösterilmiş (indicated) kaynak kategorilerine göre görünür (proved) ve muhtemel (probable) rezerv kategorisi olarak tanımlanmalıdır.

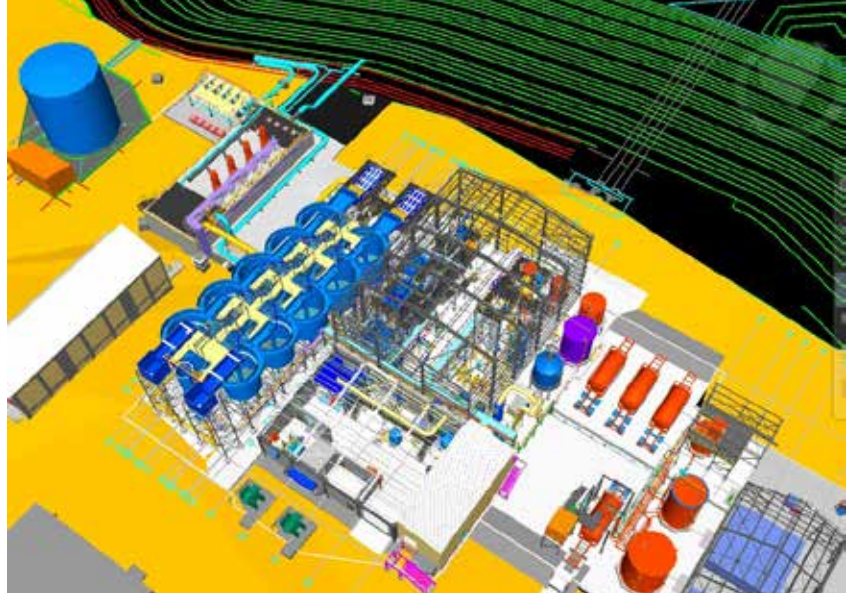
İvrindi Projesi'nde rezervin daha iyi tanımlanabilmesi için kirlenme (dilution) ve kayıp yöntemleri uygulanmıştır. Cevherin ana kayaçla temasından kaynaklanan kirlenmeler (contact dilution) cevher kayıplarının (loss) artırılması ile azaltılabileceği gibi bunun tersi de mümkündür. Madencilik üretimlerinde bilindiği üzere kirlenme veya cevher kaybı olmadan üretim yapılması mümkün değildir. Bu kirlenme ve kayıplar yatak tipine, kullanılan ekipmanlara, patlatma tasarımlarına ve pit geometrisine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. DAMA maden tasarım çalışmalarında kirlenme ve kayıpları en iyi şekilde tahmin etmek için aşağıda belirtilen iki ana unsur göz önünde bulundurulmuştur:

1. Muhtemel kirlenme ve kayıp zonlarının belirlenmesi için temas yüzeyi kontrol algoritması geliştirmek,
2. Taşıma ve kamyon kasalarından kaynaklı cevher kayıpları belirlemek.

Temas yüzeyi kontrol aşamasında jeolojik blok model kullanılarak milyonlarca cevher bloğunun cut-off değerinin altında olan veya herhangi bir tenör değeri bulunmayan bloklar ile temas edip etmediği kontrol edilmiştir. Milyonlarca blok komşuluk ilişkilerine göre kontrol edildikten sonra temaslardan, kamyon kasalarından ve operasyonel nedenlerden dolayı oluşabilecek tüm kirlenme ve kayıplar belirli formülasyonlar kullanılarak hesaplanmıştır. Proje için toplam kirlenme %3, kayıp ise %4 olarak hesaplanmıştır.

EPCM

Temel mühendislik ve finansman için gerekli rapor çalışmalarının tamamlanmasının akabinde DAMA Mühendislik & KCA (Kappes, Cassidy & Associates) iş birliğiyle İvrindi Projesi ADR



Şekil 8 - ADR Tesis 3-Boyutlu Model (DAMA&KCA)

"DAMA ve KCA'nın tesis tasarımındaki etkili mühendislik yöntemleri ve yapım sürecindeki hızlı ve stratejik planlamaları tesisten istenilen performansın alınmasında etkili oldu. Tesisin operasyonel kolaylığı ve verimliliğinden memnunuz." Ali Burak Aktaş, Genel Müdür Yardımcısı, TÜMAD Madencilik A.Ş

tesisi için EPCM süreci başlamıştır. 3.200 metreküp/saat yüklü solüsyon ve 7 ton karbon sıyırma kapasitesine sahip tesis Avrupa'nın en yüksek kapasiteli ADR tesislerinden bir tanesidir.

Temel mühendislik üzerine yapılan detay mühendislik kapsamında; akım şemaları, P&ID, betonarme, yapısal çelik, mimari ve borulama gibi detay mühendislik çalışmaları tamamlanmıştır. Eş zamanlı olarak tedarik termin süresi uzun olan (5-6 ay) bazı ekipmanların (Cıva ve karbon fırınları, indüksiyon ısıtma ocakları vb.) satın alma süreçleri tamamlanmıştır. Yine aynı dönemde tanklar, şutlar, kazanlar ve diğer çelik ürünlerin imalat ve sevkiyat süreçleri DAMA tarafından yönetilerek proje sahasında montaj işleri başlamıştır. Betonarme, yapısal çelik, platform ve mekanik ekipmanların montajı birbirlerine göre konumları göz önünde bulundurularak eş zamanlı olarak belirli bir iş planı doğrultusunda tamamlanmıştır.

Yapım ve montaj işlerinin tamamlanmasının akabinde tesis öncelikle kuru olarak (su, solüsyon, pulp vs. olmadan) test edilmiştir. Tüm ekipman ve sistemlerin kuru testleri tamamlandıktan sonra bu ekipmanlar su ile test edilerek tüm tesis operasyonlarının canlandırması yapılmıştır. Mekanik stabilitenin korunduğundan emin olunduktan sonra tesis gerçek akışkan, solüsyon ve malzemeler ile kullanıma hazır hale getirilerek ilk altın dökümü gerçekleştirilmiştir.►

Kısa bir süre sonra mekanik olarak stabil çalışan tesis proses olarak da tam kapasite, kararlı ve stabil çalışmaya başlamıştır.

EPC üzerine bir not: Bir tank üretim sürecinin dahi; detay üretim çizimi, malzeme siparişi, punta kaynak, detay kaynak, kumlama, temizleme, boyama gerekli hidrostatik, hasarsız testler gibi aşamalardan geçtiği düşünülürse, buradaki bilginin özeti özeti olduğu okuyucunun takdirine bırakılmaktadır.

Sonuç

Yukarıda detayları aktarılan proje bir madencilik yatırımının kaynak tahmininden üretime geçene kadarki 4 yıllık süreçte başarıyla tamamlanan aşamalarını göstermektedir. Her bir farklı çalışma/aşama için rezerv tespiti, alternatif proses ve genel yerleşim senaryoların değerlendirilmesi, kirlenme ve kayıplar gibi farklılıklar özellikle belirtilmiştir. Proje için hazırlanan mühendislik raporlarının ana hatları birbirine çok yakın olsa da veri kaliteleri ve hassasiyetleri farklıdır. Projelerin planlandığı şekilde hayata geçmesi için en önemli unsurlardan biri olan hesap hassasiyetlerinin artırılması ancak yukarıda açıklanan adımları takip ederek mümkün olmaktadır.●



Şekil 9 - ADR Tesisi Nihai Genel Görünüm

Kaynaklar

1. DAMA, 2015, Kaynak Tahmini Raporu, İvrindi Altın ve Gümüş Madeni Projesi
2. DAMA, 2013, Chowdar Altın Madeni, Kıрма Tesisi Optimizasyon Raporu
3. KCA/DAMA, 2015, Kapsam Çalışması (Scoping Study), İvrindi Altın ve Gümüş Madeni Projesi
4. KCA/DAMA, 2016, Bankaca Geçerli Fizibilite Raporu, İvrindi Altın ve Gümüş Madeni Projesi
5. Lin, Chen.; Miller, 2010, Particle Damage During Breakage Using High Resolution X-ray Micro CT, SME 2010
6. Miller, 2010, Characterization, Analysis, and Simulation of Multiphase Particulate Systems Using High Resolution X-ray Micro Tomography (HRXMT), IMPC

dama-muhendislik.com

Madencilik Türkiye®

www.madencilikturkiye.com

Madencilik Türkiye Dergisi;
Türk Maden Endüstrisini takip edebileceğiniz
en detaylı kaynak...
Abonelik için;
www.mtmagaza.com

