

# Keşif Çalışmaları ve Madencilikte Kalite Güvence-Kalite Kontrol

## DMT

Hakan Arden Kahraman  
Teknik Direktör, DMT-Türkiye  
Hakan.Arden@dm-t-group.com  
Olçay Özbay  
Proje Jeoloğu, DMT-Türkiye  
Olçay.Ozbay@dm-t-group.com

Bu makale, özellikle örneklerin kalitesi ve maden yataklarının değerlendirilmesinde örneklerin uygunluğuyla ilgili veri üretiminin yönetimini sağlamak için kullanılan ve genellikle "KG-KK" kısaltmasıyla ve "Kalite Güvence - Kalite Kontrol" adıyla anılan modern ilke ve tekniklere vurgu yapmaktadır. Genel

olarak KG-KK ilkeleri, verilerin ve analitik sonuçların doğruluğunun ve kesinliğinin izlenmesini, olası örnek kirlenmesinin denetlenmesini, örnek alma ve örnek analiz hatalarının zamanında tanımlanmasını, hata kaynaklarının belirlenmesini ve bu verilerden yola çıkarak cevher yataklarının teknik ve ekonomik açıdan değerlendirilmesini sağlayan veri tabanına kesin kabulünü içerir. Bu aynı zamanda, dünyanın değişik coğrafyalarına dağılmış yetki alanlarındaki keşif sonuçlarının, mineral kaynaklarının ve cevher rezervlerinin kamuya açıklanması için asgari standartları, önerileri ve yönergeleri belirleyen ulusal kodların da (UMREK, JORC, PERC, SAMREC vb.) temel parçasıdır. Bu kodlar, temel olarak, bir projenin finansmana hak kazanıp kazanmamasına ilişkin yatırım kararlarında yatırımcı güvenini artırmak için tasarlanmıştır.

## Doğruluk ("Accuracy") Denetimleri

Bu uygulama, örnek yanlışlığının ("bias") saptama/tanımlama ölçütlerini belirler ve bunların olası nedenlerini tanımlayarak niceelik örnek doğruluğu için uygulanan yaygın istatistiksel tekniklere özel bir vurgu yapar. Örneklerin doğruluğu genellikle analiz edilen örnek kümesine tenörleri bilinen örnekler katılarak izlenir. Tenörü önceden bilinen örnekler "standart örnekler" ya da basitçe "standartlar" denir. Bu örnekler, uygun prosedürlerle titizlikle hazırlanarak analiz edilmiş ve sonuçları istatistiksel olarak onaylanarak

belgelendirilmiş ticari laboratuvarlardan sağlanabilir. En iyi endüstriyel uygulamalar, araştırması yapılan mineralleşmeye mineralojik olarak benzer malzemelerden standartlar hazırlamayı içerir ve bunlara "matris uyumlu standartlar" denir.

Doğruluk için başka bir adım, laboratuvarında kirlenme olmadığından emin olmak için örnek kümelerine boş ("blank") örnekler eklemektir. Boş örnekler, ilgilenilen bir element tenörünün ihmal edilebilecek kadar düşük olduğu, genellikle ilgili laboratuvarında saptama sınırının altında olan örneklerdir. Boş örnekler için cevhersiz kuvars kullanmak yaygın bir uygulamadır.

Standart örnekler, örnek hazırlamanın farklı aşamalarında ortaya çıkan 'yanlılıkları' tek başına

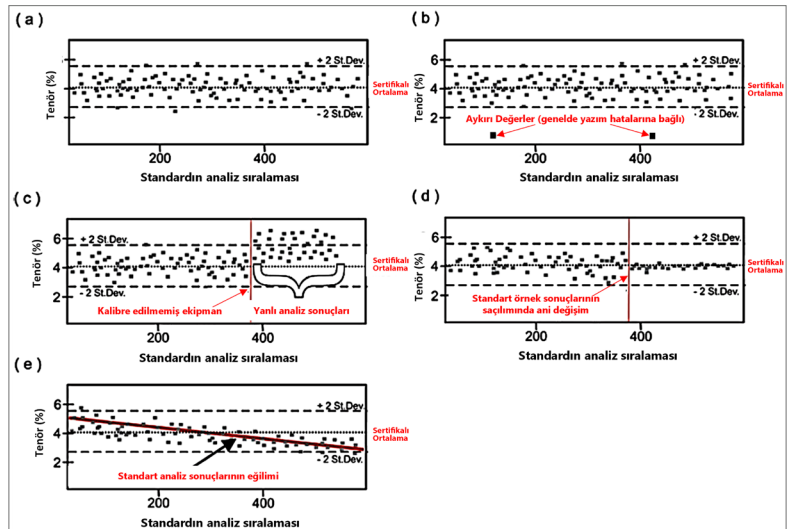
tanımlayamaz. Bu nedenle, örnek doğruluğu için ek bir adım, örnek "eşlerinin" ("duplicates") bağımsız bir denetçi olarak hareket etme yetkisine sahip dış bir laboratuvarında analiz edilmesidir. Bu, örnek hazırlama aşamasında ortaya çıkan ve genellikle referans standartların kullanımıyla fark edilemeyen hataların bulunmasını sağlar. Ögütülerek toz haline getirilmiş eş örnekler ve kaba taneli artmış örnekler ("rejects") de dahil olmak üzere analiz edilen toplam eş örneklerin en az %5'inin saygın bir dış laboratuvarında analiz edilmesi, bir en iyi endüstriyel uygulamadır.

Laboratuvar analizlerinin doğruluğu, büyük ölçüde onaylanmış bir standardın tekrarlanan analizlerinin aritmetik ortalamasının onaylanmış ortalamasıyla karşılaştırılmasına dayanan istatistiksel testlerle değerlendirilir. Analitik verilerdeki yanlışlık, saygın bir dış laboratuvarında analiz edilen eş örnekler kullanılarak tahmin edilebilir.

## Tanımlama Şemaları: Kalıp Tanıma Yöntemi

Diğer bir adım, belirli analitik problem türlerinin özel şema türleri üzerinde tanımlanabilir kalıplara sahip olduğu gerçeğine dayanan, sertifikalı standartlara uygulanan kalıp tanıma ("pattern recognition") yöntemidir. Analitik sonuçların farklı dağılım kalıpları, hata kaynaklarının ve türlerinin göstergesidir.

Sertifikalı standartların analiz edilen değerleri şemaya küme/zaman bazında çizilir (Şekil 1, Abzalov, 2008). İyi nitelikteki analizler, veri noktalarının bu şemadaki onaylanmış ortalama değer etrafında rastgele dağılımı ile karakterize edilerek (Şekil 1a), veri noktalarının %95'i, ortalamanın iki standart sapması içinde yer aldığı ve analizlerin yalnızca %5'i ortalamadan iki standart sapma aralığının dışında kalabileceği görülecektir. Yaklaşık aynı sayıda örneğin ortalamasının üstünde ve altında olması esastır.





Boş örnek analizleri, genel tenör ve analiz sırası şemasında sergilenerek laboratuvar ekipmanının yeterince temizlenmemesinden kaynaklanan olası bir kirlenmeye karşı laboratuvarı izlemek için standart örneklerin analizleriyle aynı şekilde düzenlenir. Boş örnekler genellikle yüksek tenörlü mineralleşmeye sahip örneklerden sonra eklenir ve ekipman düzgün bir şekilde temizlenmediyse, boş örnekler ilgilenilen elementin artan tenörlerini göstererek kolayca saptanır.

## Kesinlik ("Precision") Denetimleri

Örneklerin analitik sonuçlarının kesinliği, eşleşen örnek çiftleri kullanılarak izlenir. Bunlar, karşılaştırma analizlerine olanak sağlayan, benzer şekilde hazırlanan örnek çiftleridir. Örneğin analiz edilen örneğin değeri ile eşi arasındaki farklar, örnek hazırlama ve analiz edilme ile ilgili hatalardan kaynaklanır. Kesinlik hatası, eşleşen veri çiftleri arasındaki farklardan matematiksel olarak çıkarılır ve genellikle, karşılık gelen veri çiftlerinin ortalamalarına göre normalleştirilmiş analiz edilen değerlerin değişimi olarak temsil edilir. Örnek eşleri, eşleşen veri çiftlerinin en yaygın türünü temsil eder ve yalnızca aynı yerden toplanan ve ilk (orijinal) örneği toplamak için kullanılanla aynı kuralları izleyen başka bir örnektir. Bu, madencilik endüstrisinde örnek sonuçlarının duyarlılığını izlemek için kullanılan temel bir yaklaşımdır. Bunlar, öğütülmüş malzeme uygun bir örnek indirgeme aracı kullanılarak bölümdükten ya da çok ince toz durumuna getirilmiş ("pulp") artan örneklerden ("rejects") toplanan temsili ikincil alt küme ("aliquot") miktarından sonraki kaba taneli örnekleri içerir.

Eş örnek orijinaliyle aynı laboratuvarında analiz edilebilir ya da laboratuvarlar arası denetim için farklı laboratuvara gönderilebilir. Eşler, orijinal örneklerin analiz edildiği aynı laboratuvarında analiz edildiğinde, sonuçların değişimleri, belirli bir eş örnek ile temsil edilen örnek alma protokolünün belirli aşamasında ortaya çıkan kesinlik hatalarının tahmin edilmesini sağlar. Eş örnekler farklı bir laboratuvarında işlendiğinde, kalitesi denetlenmiş ve onaylanmış uluslararası kabul görmüş bir laboratuvarın seçilmesi yaygın bir uygulamadır. Bu durumda, eş örneklerin laboratuvarlar arası analizi, test edilen laboratuvarında analiz edilen örneklerin hem kesinlik hem de doğruluk hatalarının değerlendirilmesine olanak sağlar.

Kesinlik hatası, örnekleme ve analitik hatalar ile tahlil edilen elementlerin konsantrasyonu arasındaki doğrusal ilişkilerin varsayımına dayanarak, veri noktalarının dağılımının orijinal ve eş karşılaştırma çizgisinden ( $y=x$ ) sapmaları için, düzeltmelerle değerlendirilmesi yoluyla eşleştirilen verilerden ölçülür.

## Örnekleme Programlarının Optimizasyonuna Yönelik Yönergeler

Önyargılı/yanlı ya da başka bir şekilde doğru olmayan veriler, veri tabanına kabul edildiğinde, madencilik projesinin yanlış değerlendirilmesine ve maliyetli sonuçlara yol açabileceği için, proje değerlendirmesinin ilk aşamasında optimum örnek alma ve kalite denetim sistemlerinin uygulanması önemle tavsiye edilir. Pek çok ön fizibilite ya da fizibilite projesi, zayıf ya da hiç olmayan KG-KK prosedürleri nedeniyle finansman kurumların-



### Yapabiliriz. Neyi yapabiliriz? Madencilik için her şeyi.

1737'den beri madencilikte ustalaşmadığımız hiçbir konu kalmadı. Ne tür bir hammadde olduğu, ne tür bir maden olduğu ya da dünyanın neresinde bulunduğu bizim için önemli değil! Hangi arama, geliştirme ve madencilik şirketi, banka ve yatırımcı, hükümet ya da sigorta şirketi olduğu da önemli değil! DMT GROUP, temel mühendislik danışmanlığından sürekli maliyetlendirmeye kadar madencilik yaşam döngüsü boyunca tüm teknik hizmet yelpazesinde uzmandır.

#### Size şu konularda destek sunuyoruz:

- Keşif ve kaynak/rezerv kestirimi (UMREK, JORC, CIM, SAMREC, ESMA, PERC, NI 43-101, SK-1300)
- Bankalara uygun fizibilite çalışmaları ve ayrıntılı maden ve zenginleştirme tesisi tasarımı
- Hidrojeolojik ve jeoteknik modelleme
- Şaft, galeri ve desandre tasarımı
- Maden kurulumu denetimi ve proje yönetimi (İşveren'in Mühendisi ve Kredi Kurumları Bağımsız Mühendisi)
- Mühendislik danışmanlığı, maden optimizasyonu ve teknik eğitim
- Durum Saptama, Şirket Birleşmesi ve Satın Alma Desteği, Borsalarda İlk Halka Arz Desteği ve finans ve sigorta sektörleri için Değerleme
- Mühendislik Destek Aygıtları (Ancorelog, CoreScan3, Gyromat, Shaft Scanner)

#### Sizin için hangi soruları yanıtlayabiliriz?

DMT TÜRKİYE - Kozyatağı Mah. Şehit Mehmet Fatih Öngül Sk. Odak Plaza Blok No: 5 İç Kapı No: 4 TR 34742, Kadıköy, İstanbul  
İletişim: +902163612698 / +905352067175 - Mail: turkey@dm-group.com

dm-group.com



ca ya da yatırımcılarca reddedilebilir ya da önceki sondaj sonuçlarını doğrulamak için gereken ek çalışmalar nedeniyle bu çalışmalarda gecikmeler oluşabilir.

“Temel Örnekleme Hatası” biçimindeki bazı denetim yönergeleri, hedef mineralleşmeye uygun bir örnek hazırlama protokolünün belirlenmesini içerebilir. Bu yaklaşım, ilk örneğin ağırlığı, her öğütme aşamasından sonra tane boyutları ve indirgenmiş örneklerin boyutları gibi parametrelerin optimize edilmesini sağlar. Örnek hazırlama için ekipman seçerken bu parametrelerin dikkate alınması gerekir. Özellikle, ekipman kapasitesinin önerilen protokole uygun olduğundan emin olunması gerekir.

Bir sonraki adım, standart örnekleri ve boş örnekleri gizlemek için yönergeler de dahil olmak üzere, örnek kümelerine kaç eş, standart, boş örnek ekleneceğini belirleyecek kalite denetim yönergelerini eklemektir.

Önerilen kalite kontrol standartları, mineralleşme türüne, madencilik projesinin konumuna ve proje değerlendirme aşamasına bağlı olarak %5 ile %20 arasında değişmektedir. Genel olarak, örnek kesinliğinin güvenilir denetimi, saha eş örneklerinin yaklaşık %5-10'u ve öğütülerek çok ince toz haline getirilmiş eş örneklerin %3-5'i kullanılarak elde edilir. İdeal olarak, eş örnekler birincil laboratuvarlarda hazırlanmalı ve analiz edilmelidir. Belirli bir analitik kümedeki eş örneklerin konumu, orijinal örneklerinden hemen sonra olmamalı ve sistematik olarak bunlarla ilişkilendirilmemelidir. Orijinal örneklerin ve eş örneklerin aynı analitik kümeye katılması önemlidir, bu da bunların küme içi kesinlik çalışmalarında kullanılmasına olanak verecektir.

Analitik sonuçlardaki yanlışlığı saptamak için, her örnek kümesine %3-5 oranında standart malzeme katmak gerekir. En iyi endüstriyel uygulamalar projeye ait örneklerdeki pratik tenör aralığını kapsayacak birden fazla standart kullanmayı gerektirir. Öğütülerek toz haline getirilmiş eş örnekler ve artırılmış kaba taneli örnekler de olmak üzere toplam analiz edilen eş örneklerin en az %5'inin saygın ve akredite bir dış laboratuvar da analiz edilmesi önerilir.

Uygulanmasından ve denetiminden sorumlu personel de dahil olmak üzere, oluşturulan örnek alma yönergelerinin her aşamasının hem grafiksel (örneğin bir örnek hazırlama akış şeması şeklinde) hem de yazısal olarak belgelenip korunması gerekir.

Madende çalışan ya da bir projeyi geliştiren jeoloji ekibinin, örnekleme hatalarını zamanında tanımlaması için KG-KK sonuçlarını düzenli olarak gözden geçirmesi gerekir. Tutulması gereken aylık raporlar, standartların izlenebilir sonuçlarını gösteren şemaları ve hesaplanan kesinlik değişimlerini kabul edilebilir düzeyleriyle vurgulayan eş örneklerin sonuçlarını içermelidir. Kabul edilebilir kesinlik hataları ve standartların sertifikalandırılmış değerlerinden sapma düzeyleri, KG-KK yönergelerinin bir parçası olarak açıkça belirlenmeli ve belgelenmelidir.

## Veri Girişi ve Yönetimi

Projenin çeşitli bölümlerinden koordinat, kuyu ağı yüksekliği, sondaj derinliği, örnek alma aralığı vb. gibi veriler toplandıktan sonra, verilerin doğru formatta olup olmadığı ve olağanın dışında değerleri içerip içermediği denetlenerek güvenilirliği sağlandıktan sonra sisteme girilmesi oldukça önemlidir. Bu, kullanılan birimleri de içermelidir [ör. m, kg/m<sup>3</sup>, kcal/kg, % (ör. kuru baz, orijinal baz gibi)]. Denetimler boşluklara, tirelere, harf durumlarına, yanlış yazımlara, virgüllere ve sayılarda tam noktalara ve diğer metin girişlerine dek genişletilebilir. Verileri, özellikle görülür aykırı değerleri doğrulamak için grafikler, haritalar, kesitler kullanmak da önemlidir. Veri yönetimi ayrıca elektronik çizelgelerin ve veri giriş sütunlarının planlanmasını da içermelidir. Ayrıca ilişkisiz verileri sık kullanılan veri tabanından ayırtmak da önemlidir. Veri girişi sırasında yapılan işler sık sık kaydedilmeli ve düzenli olarak yedekleri alınmalıdır. Yalnızca seçilmiş ya da atanmış, sınırlı sayıdaki kullanıcı, veri tabanına girip erişilebilir, değiştirebilir ve sistem eksik/kayıp dosyalar için kurtarma işlemine izin verebilmelidir. Veri saklanması dış kaynaklıysa, dış kaynak sağlayıcı verileri “SOC Düzey 2” (“Service Organisation Control”) ilkelere işleyebilmelidir.

## Sonuçlar

Dünya madenciliğinde şu anda en iyi endüstriyel uygulamalar çerçevesinde kullanılan KG-KK ilkeleri ve teknikleri, özellikle örneklerin kalitesi ve maden yataklarının değerlendirilmesine uygunluğu konusunda veri üretiminin saydam bir şekilde yönetimini sağlar. Güçlü bir KG-KK sistemi, analitik sonuçların doğruluğunu ve kesinliğini izlemeyi, olası örnek kirlenmesinin denetlenmesini, örnek alma ve örnek analiz sonuçlarındaki hataları zamanında tanımlamayı ve verilerin ana veri tabanına kesin kabulünden önce hata kaynaklarının tanımlanmasını sağlayabilmelidir. Bu ayrıca, bir projenin finansmana hak kazanıp kazanmamasına ilişkin yatırım kararlarında yatırımcının güvenini artırmak için ulusal standartların ve borsa düzenlemelerinin (UMREK, JORC, PERC, SAMREC, ESMA, NI43-101, SK-1300 vb.) temel bir parçasıdır. Bu kodlar, sonuçların ve değerlendirmelerin güvenilir ve inanılır olmasını sağlamak için veri üretimindeki KG-KK'nin kilit unsur olduğu üç ana ölçüte dayanmaktadır: saydamlık, somutluk ve yetkinlik.

DMT'nin dünyanın dört bir yanındaki keşif ve madencilik projelerinde KG-KK'ye yaklaşımı, yetkin DMT uzmanları tarafından yıllar boyunca geliştirilen bir dizi güçlü standart operasyonel yönergeleri kullanarak en iyi endüstriyel uygulamaları izlemekte ve önderlik etmektedir. Bu, projelerin özellikle yatırım kararı aşamasında üçüncü taraflarca değerlendirilebilmesini sağlamak içindir.

DMT yurt dışında edindiği üç asırlık proje değerlendirme çalışmalarıyla hizmet vermeyi sürdürmektedir. Konuyla ilgili bilgiler ve benzer hizmet/ürünlerle ilgili iletişim için:

**mailto:turkey@dm-tgroup.com (Tel: +90 216 361 26 98).**

### Kaynaklar

1. Abzalov MZ 2008. Quality control of assay data: a review of procedures for measuring and monitoring precision and accuracy. *Exp Min Geol J* 17(3-4):131-144.