

Karotlu sondajlarda kuyu püskürmesi ve kontrolü

Bülent TOKA¹, Bülent TOSUN², Hayati ÖZKAYA³ ve Gökhan SARIKAYA¹

Öz

Sondaj, yer yapısını araştırmak (genellikle maden, su, jeotermal, doğalgaz ve petrol aramaları) amacıyla özel yapı kule, makine ve donanımlarının (döner masalı, elmaslı gibi) yardımı ile yüzeyden arzın derinliklerine doğru değişik çaplarda dairesel şekilde yapılan kazı işlemidir. Genellikle kömür, altın, uranyum ve bakır gibi maden araştırmalarında elmaslı sondaj makineleri kullanılır ve bu makinelerin çalışma sistemi yüzeyden itibaren karot (numune) alma prensibine dayanır.

Elmaslı sondaj çalışmalarında rezervuar akışkanlarıyla (soğuk su, sıcak su, gaz) karşılaşma olasılığı çoğunlukla göz önüne alınmadığından kuyu kontrolüne yönelik herhangi bir önlem alınmaz. Fakat bilinmeyen ve tektonik aktivitenin yüksek olduğu sahalarda yapılan sondajlarda, özellikle kömür araştırmalarında, formasyon akışkanı ile karşılaşma olasılığı yüksektir. Yüksek basınç ve yüksek sıcaklığa sahip formasyon akışkanı ile karşılaşılması durumunda kuyunun kontrol altına alınması zor bir süreçtir. Bu sürecin zorluğunun nedeni kuyu kontrolüne yönelik kuyu tasarımı yapılmaması ve arazi personelinin genellikle yeterli bilgi ve deneyime sahip olmamasıdır.

Bu çalışmada MTA Genel Müdürlüğü kömür arama çalışmaları kapsamında; Çorum-Sungurlu-Yörüklü yöresinde yapılan kömür arama sondajında, karşılaşılan yüksek basınçlı sıcak suyun kontrol altına alınmasında; uygulanan yöntem, gözlemlenen olgular, yapılan işlemler ve alınan önlemler bir bütün olarak değerlendirilerek öneriler sunulmuştur.

1. Giriş

Sondaj yöntemleri ve sınıflama sistemleri çok farklılık içermektedir. Sondajlar; lokasyon yerine, kesici uçlara, derinliğe, dolaşım sıvısına, kazı tekniğine, sondaj kule tipine ve maden cinsine göre sınıflandırılır. Kazı yöntemi ve kesici uça göre yapılan sınıflamalardan biri de elmaslı (karotlu) sondaj tekniğidir. Elmaslı sondaj tekniği; yer altı yapısını

incelemek amacıyla yüzeyden itibaren hedeflenen derinliğe kadar formasyondan örnek numune (karot) alma prensibine dayanır. Genellikle elmaslı sondaj makineleri maden (kömür, krom, demir, bakır gibi) aramalarına yöneliktir. Derin sondajlarda (>1500) karot alma işlemine PQ çapta başlanır ve sırasıyla HQ, NQ ve BQ çaplarındaki takım dizisi ile hedeflenen derinliğe ulaşılmaya çalışılır. Kuyunun koruma borusu tasarımı da kule kapasitesine ve olası kuyu problemlerine (formasyon akıntıları ve çamur kaçakları gibi) göre belirlenir. Koruma borusu olarak sırasıyla PW, HW, NW ve BW çaplarındaki borular kuyuya indirilir ve kuyu içerisinde askıda bırakılır. İlerleme sırasında takım dizisi sıkışır ve kurtarılamaz ise PQ, HQ ve NQ çaplarındaki takım dizisi koruma borusu olarak kuyuda kalır ve içerisinden bir düşük çaptaki takım dizisi ile karot alma işlemine devam edilir. Örneğin HQ takım dizisi sıkıştığında içerisinden NQ takım dizisi ile devam etmek mümkündür. Kuyuya indirilen koruma boruları sondaj tamamlandığında kuyu içerisinden alınarak tekrar kullanılabilir, bu yüzden de boruların arkasına çimento şerbeti zorunlu olmadıkça basılmaz.

Elmaslı sondaj aramalarında kuyu püskürmesi ve kontrolüne yönelik genellikle herhangi bir önlem alınmaz. Diğer bir deyişle, kuyu başında akış önleyici vanalar (preventer, kör vana, dairesel vana veya kesici vana gibi (Akman, 2014) kuyu kontrol donanımları kullanılmamaktadır. Zaten koruma borularının da arkasına çimento şerbeti basılmadığından bu tür vanaları kullanmanın da bir anlamı olmaz. Genellikle de sondaj çamur malzemeleri içerisinde çamur ağırlaştırma maddeleri de (barit, kalsit gibi) yoktur. Ayrıca kuyu püskürme belirtileri de (sıcaklık değişimi, tank seviyeleri, çamur özellikleri) (Grace,1994) dikkatli bir şekilde takip edilmez.

Geleneksel elmaslı sondajlarda kuyudan düşük oranda gaz gelişi olduğunda kuyu olduğu gibi bırakılarak, gaz gelişini önlemek için kuyunun çökmesi umulur. Düşük basınçlı soğuk su veya düşük entalpili sıcak su gelişlerinde ise kuyuyu kontrol altına almak için barit veya kalsit içeren ağır çamur kuyu içerisine takım dizisi içinden basılır. Fakat geleneksel yöntemler ile açılan kuyularda yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklığa sahip formasyon akışkanı püskürmesini kontrol altına almak zordur.

¹MTA Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi Başkanlığı, Ankara.

²MTA Genel Müdürlüğü, Doğu Karadeniz Bölge Müdürlüğü, Trabzon.

³MTA Genel Müdürlüğü, Batı Karadeniz Bölge Müdürlüğü, Zonguldak.

Elmaslı sondajlarda kuyu püskürmesi gerçekleştiğinde kuyu başı kontrol üniteleri bulunmadığından geleneksel kuyu kontrol yöntemlerini de (sondör yöntemi, bekle ve ağırlaştır yöntemi, hacimsel yöntem, çamuru kademeli ağırlaştırma ve geri itme yöntemi) (Well Control, 2002) uygulamak imkânsızdır. Geleneksel yöntemlerle açılan kuyularda akışkan püskürmesini kontrol altına almak için bu yöntemler içerisinde sadece geri itme yöntemine benzer şekilde çamuru ağırlaştırıp takım dizisi içerisinde kuyuya basma yöntemi uygulanabilir gözükmemektedir.

Tektonik aktivitelerin yüksek olduğu sahalarda, özellikle kömür arama sondajlarında, soğuk su, jeotermal akışkan ve gaz (CH_4 , H_2S gibi) ile karşılaşma olasılığı yüksektir. Formasyon akışkanları yüksek basınç ve yüksek sıcaklığa (HP/HT) sahip olabilirler. Maden aramaları yapılması planlanan sahalarda; HP/HT'ye sahip formasyon akışkanları içinde ayrıca çalışma (jeolojik etüt, jeokimya ve jeofizik) yapılmasına gereksinim vardır. Bu çalışmalarda belirlenen detaylı kuyu loglarına göre yapılacak koruma borusu ve çamur kompozisyonu tasarımı, deneyimli personel seçimi ve jeolojik kuyu takibi sondajların sağlıklı ve güvenli olarak tamamlanmasına yardımcı olacaktır.

2. Yörüklü Sondajında Kuyu Püskürmesi ve Kontrolü

Çorum-Sungurlu-Yörüklü sahasında kömür aramalarına yönelik yapılan karotlu sondajda 761,60 m'ye kadar ilerleme gerçekleşmiştir. Koruma borusu tasarımı Çizelge 1'de verilmiştir. Sirkülasyon için anülüs daraltmak ve HQ tijlerin çalışma sırasında vibrasyon yapmasını önlemek için PW koruma borularının içerisinde HW koruma boruları 428,45 m'ye indirilmiştir. Şekil 1'de görüleceği üzere 00,00-427,45 m arası formasyon kırılğan çamurtaşlarıdır.

HW koruma borusu içerisinde HQ tij ile çamurtaşlarında yapılan ilerlemede 761,60 m' de kuyudan sıcak su gelişi yaşanmıştır (Şekil 2). Bu metreler arası 1,03-1,10 gr/cm^3 yoğunluğa sahip düşük katı içerikli polimerli çamur kompozisyonu (bentonit + LV CMC + HV CMC) kullanılmıştır. Kuyunun gelişi yapması üzerine kampta bulunan kalsit ve barit ile 1,40 gr/cm^3 yoğunlukta çamur hazırlanarak kuyu içerisine basılmıştır. Fakat pompanın sürekli arıza yapması ve dolayısıyla hazırlanan yoğun çamurun sürekli basılamaması nedeniyle kuyudan formasyon akışkanını gelişi önlenememiştir.



Şekil 1- Kırılğan çamurtaşları.

Çizelge 1- Yörüklü kuyusu tasarım planı.

Kuyu çapı ve koruma borusu çapı	Derinlik (m)
6 ¼" çaplı matkap	427,45
PW	427,00
HW (anülüs alanını daraltmak için)	428,45

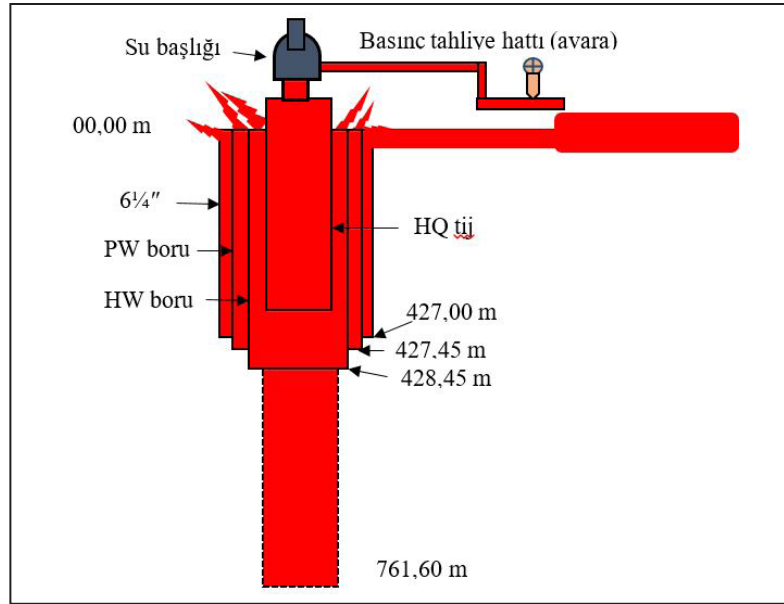
Kuyudan geliş devam ederken son karotu görmek için iç tüp kuyu dışına alınmış ve alınan numunede çamurtaşının altında temel olarak kabul edilen kireçtaşı görülmüştür ve ilerleme durdurulmuştur. Son karota göre, sıcak suyun, çamurtaşı ile kireçtaşı kontağından geldiği düşünülmektedir.

Sondaj mahallinde bulunan tüm baritin tükenmesi nedeniyle kampa yeniden barit gelinceye kadar kuyu içerisinde bulunan HQ tijlerin (4") kırılğan (pekişmemiş) yapıya sahip olan çamurtaşlarından kuyuya düşebilecek parçalar nedeniyle sıkışabileceği düşünülmüş ve takım dizisinin boru içerisine çekilmesine karar verilmiştir. Takım dizisi boru içerisine alındığında (350,00 m) sıcak suyun gelişi artmıştır. Tijler kuyudan manevra başlığı ile çekildiğinden, su başlığını takım dizisine bağlamak için manevra başlığı takım dizisinden ayrıldığında yüksek basınçlı akışkan gelişi su başlığının bağlanmasına izin vermemiştir (Şekil 3a). Sıcak suyun yüksek basınca sahip olduğunun tahmin edilememesi ve takım dizisinin su başlığı yerine manevra başlığı ile çekilmesi hataydı. Su başlığını bağlamak için üç eylem gerçekleştirilmiştir. Birincisinde Şekil 3b'de görüleceği üzere, su başlığı ve ucunda tij olan düzeneği takım dizisine yanaştırmak için takım dizisinin en üstünde bulunan tije geçirilen 4" çapındaki hortum ile akışkanın akış yönü değiştirilmiştir.

İkincisinde su başlığına bağlanan tijin içerisine daha düşük çapta kılavuzluk yapacak bir boru kaynak edilmiş ve bu boru vasıtasıyla takım dizisinin en üstündeki tijin içerisine girildikten sonra tijler, birbirine morset vasıtasıyla bağlanmıştır (Şekil 4a). Tijleri birbirine bağlama sırasında yüksek basınçlı akışkanın su başlığına yapacağı basıncı azaltmak için avara (çamur tahliye hattı) açılarak takım içinden püsküren akışkan avara hattına (Şekil 4b) yönlendirilmiştir. Şekil 5’de ise formasyon parçaları görülmektedir.

Avara hattı kapatıldığında, hat üzerinde bulunan basınç göstergesinden formasyon akışkanının basıncı 12 bar ölçülmüştür. Fakat bu değer ölçülürken boruların arasından ve lokasyon betonu etrafından akışkan gelişi de devam etmekteydi. Eşdeğer çamur ağırlığı Eşitlik 1’den (Toka, 2017) 12 bar basınca göre hesaplandığında;

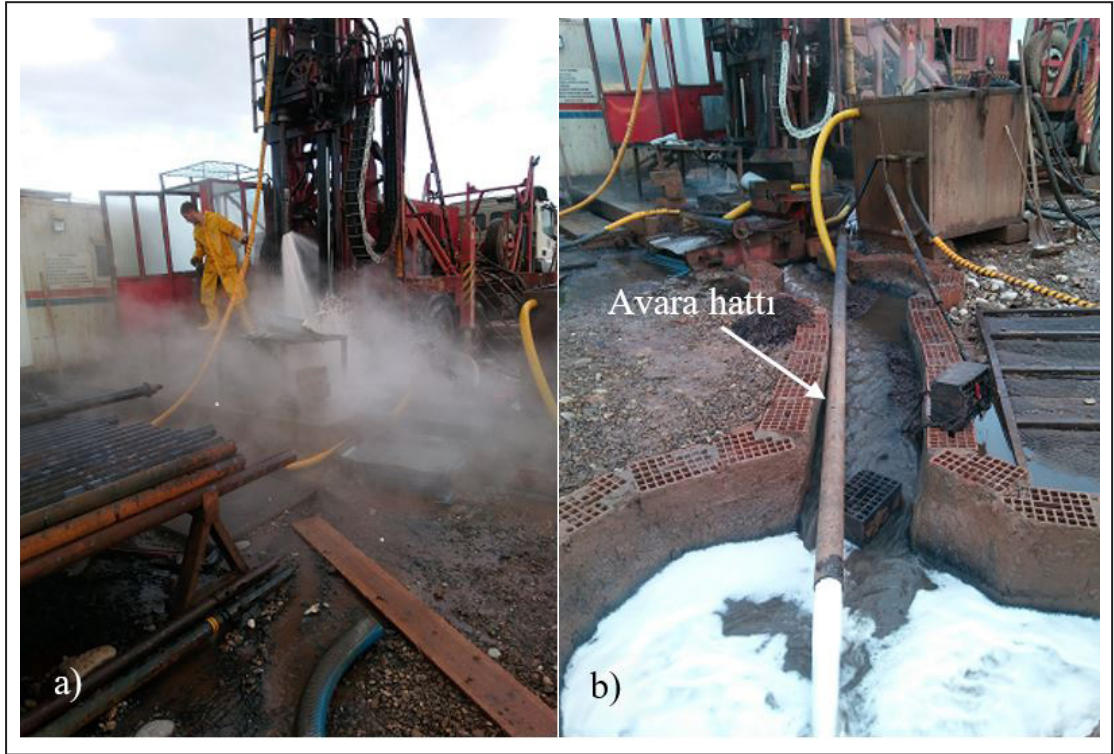
$$\rho_{mk} = \rho_m + \frac{P_{DP}}{0,098 * TVD} + \rho_{ok}$$



Şekil 2- Yörüklü sondajı kuyu tasarımı ve formasyon akışkanı püskürmesi.



Şekil 3- a) Manevra başlığının sökülmesi sonucu formasyon akışkanı püskürmesi, b) Su başlığını bağlamadan önce akışkanın akış yönünün plastik hortumla yönlendirilmesi.



Şekil 4- a) Su başlığının altında bağlanan kılavuzlu tijin takım dizisine eklenmesi, b) Operasyon sırasında formasyon akışkanının avara hattından boşaltılması.



Şekil 5- Formasyon parçaları.

ρ_{mk} = ağırlaştırılmış (eşdeğer) çamur yoğunluğu (g/cm^3)

ρ_m = mevcut çamur veya suyun yoğunluğu (g/cm^3)

PDP = tij kapama basıncı (bar)

ρ_{ok} = çamur ağırlaştırma için güvenlik etkeni (g/cm^3). Genellikle $0,05 g/cm^3$ alınır.

$$\rho_{mk} = 1 + \frac{12}{0,098 * 761} + 0,05 = 1,21 g/cm^3$$

Eşdeğer çamur ağırlığı kabaca $1,21 g/cm^3$ iken kuyuyu susturmak için bentonit ve barit karışımından

oluşan çamurun yoğunluğu $1,60 g/cm^3$ olarak hazırlanmıştır. Bunun nedeni kuyu başı kontrol donanımlarının olmaması ve daha önce $1,40 g/cm^3$ olarak kuyuya aralıklı basılan çamur ile kuyunun kontrol altına alınamamasıdır.

Ağır çamurun basılması sırasında öncelikle HQ tij ile HW boru arasından ve peşinden sırası ile HW ve PW boru arasından, PW boru ve $6 \frac{1}{4}$ " arasından ve en sonunda lokasyon betonu çevresinden formasyon akışkanının gelişi durmuştur. Bu operasyon sırasında kuyuya basılan ağır çamurun, boruların arasından yüzeye gelişi de gözlenmiştir. Kuyunun hacmi

tahminen 10-11 m³ iken kuyuyu kontrol altına alma işlemi için yaklaşık 16 m³ ağır çamur kuyuya basılmıştır.

Kuyu tamamen susturulduktan sonra kuyunun tekrar geliş yapma tehlikesine karşı takım dizisine geri akış kontrol valfi (check-valf) bağlanarak takım dizisi 550 m'ye indirilmiş ve 600 l hacminde 1,75 gr/cm³ yoğunluğa sahip çimento şerbeti kuyuya basılmıştır. Kuyu çapı ve HQ arası anülüs çok dar olduğu için çimento şerbeti boru içinden 525 m'ye kadar ötelenmiştir. Öteleme sonrası takım dizisi boru içerisine (375 m) alınmış ve boru içerisinde kalan çimento şerbeti kalıntıları temizlemek için sondaj çamuru ile sirkülasyon yapılmıştır. Çimentonun donmasını takiben çimento yükselme seviyesi kontrol edilmiş ve çimento şerbetinin 508 m'ye kadar yükseldiği görülmüştür. Kuyuda bulunan borular çekildikten sonra ek emniyet olarak kuyu başına da çimento-kum karışımı dökülerek kuyu tamamlanmıştır.

3. Sonuçlar

Maden sahalarında yapılan ön arama çalışmalarında (jeolojik, jeokimyasal ve jeofizik çalışmalar) olası kuyu püskürmesi yaşanabilecek formasyonlar için de çalışma yapılmalıdır. Bu çalışmalara göre belirlenen olası akışkan püskürmesi yaşanabilecek sahalarda sondaj kazısı öncesi gerekli tedbir ve önlemler alınmalı, çalışanların can güvenliği tehlikeye atılmamalı ve çevresel (doğal) yapı korunmalıdır.

Bilinmeyen sahalarda, özellikle kömür aramalarında, 6⁵/₈" çapında boruların sağlam formasyona indirilmesi, boru arkasının çimentolanması ve kuyu başı donanımlarının bağlanması istenmeyen kuyu püskürmelerine karşı emniyetli bir çalışma ortamı sağlayacaktır.

Kuyu püskürmesi beklenen sahalarda çamur sıcaklığının ve kuyuya gaz girişinin takibi yapılmalı ve lokasyon alanında kuyu kontrolü için yeterli ekipman ve çamur malzemesi bulundurulmalıdır.

Kuyubaşı donanımı bulunmayan sondajlarda; boru arkasından ve lokasyon etrafından formasyon akışkan gelişini önlemek için personel eğitilmeli, kuyu kontrolüne ilişkin yazılı talimatlar hazırlanmalı ve uygulanmasına yönelik pratikler geliştirilmelidir.

Değerilen Belgeler

- Akman, H. 2014. Uygulamalı Kuyu Kontrolü, Beşinci Baskı, TPAO Eğitim Yayınları No:28, Ankara, Türkiye.
- Grace, D. R. 1994. Advanced Blowout and Well Control, Texas, USA.
- Toka, B. 2017. Sondaj Mühendisliği, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara.
- Well Control, 2002. Aberdeen Drilling Schools and Well Control Training Centre, Scotland, U.K.