

HAVZA JEOTERMAL SAHASINDA YAPILAN SH-5 VE DİĞER SONDAJLARIN GENEL DEĞERLENDİRMESİ

Evaluation of Sh-5 and other Drillings Operation in Havza Geothermal Field

Bülent TOKA (*)
Mehmet ŞAHİN (**)

ÖZET

Bir sahadaki sondaj çalışmalarının başarısı, sahada yapılmış olan daha önceki çalışmaların incelenmesi, bölge yeri tespiti, uygun makine ve ekipmanın seçilmesi, kuyu tasarımının yapılması, yeterli ve eğitilmiş personelin görevlendirilmesi ve en uygun sondaj sıvısı seçimi gibi teknik detaylar bağlıdır.

Samsun-Havza jeotermal sahasında 1983–2004 yılları arasında sıcak su aramalarına yönelik olarak 9 adet sondaj yapılmıştır. Bunlardan sadece dört kuyu (SH-1/C, SH-3, SH-4 ve SH-5) sondaj tekniği ve kuyu verimi açısından başarı ile tamamlanabilmiştir.

Havza jeotermal sahasında 1986 yılında açılan SH-1/C kuyusunun kuyubaşı basıncı 50 kg/cm² ve artezyen debisi 45 lt/sn iken; 2004 yılında bu kuyudan 33 metre uzakta açılan SH-5 kuyusunda sıcak suyun statik seviyesi 78 metre ve debisi 17,4 lt/sn olarak ölçülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Samsun-Havza Jeotermal Sahası, Sondaj Tekniği, Sondaj çamuru, Jeotermal Enerji

ABSTRACT

Success of drilling operation depends on technical details like the evaluation of earlier drilling operations on the same field, determination of drilling location, selection of suitable rig and equipment, proper well design, experienced personnel as well as finding the most drilling fluid type.

Although nine exploration wells were drilled in Samsun-Havza geothermal field in the period of 1983-2004, only the four of them (SH-1/C, SH-3, SH-4 and SH-5) were completed successfully for production.

While well head pressures and fluid production rates were measured 50 kg/cm² and 45 l/s for well SH-1/C in an artesian flow in 1986, the newest wellbore SH-5 (only 33 m away from SH-1/C) drilled in 2004 has a static level 78 m and a flow rate of 17,4 l/s with a pump.

Keywords: Samsun-Havza Geothermal Field, Drilling Technology, Drilling Mud, Geothermal Energy

(*) Maden Yük. Müh., MTA Genel.Müdürlüğü Sondaj Dairesi / Ankara, bulent@mta.gov.tr

(**) Maden Müh., MTA Genel Müdürlüğü Sondaj Dairesi / Ankara, msahin@mta.gov.tr

1. GİRİŞ

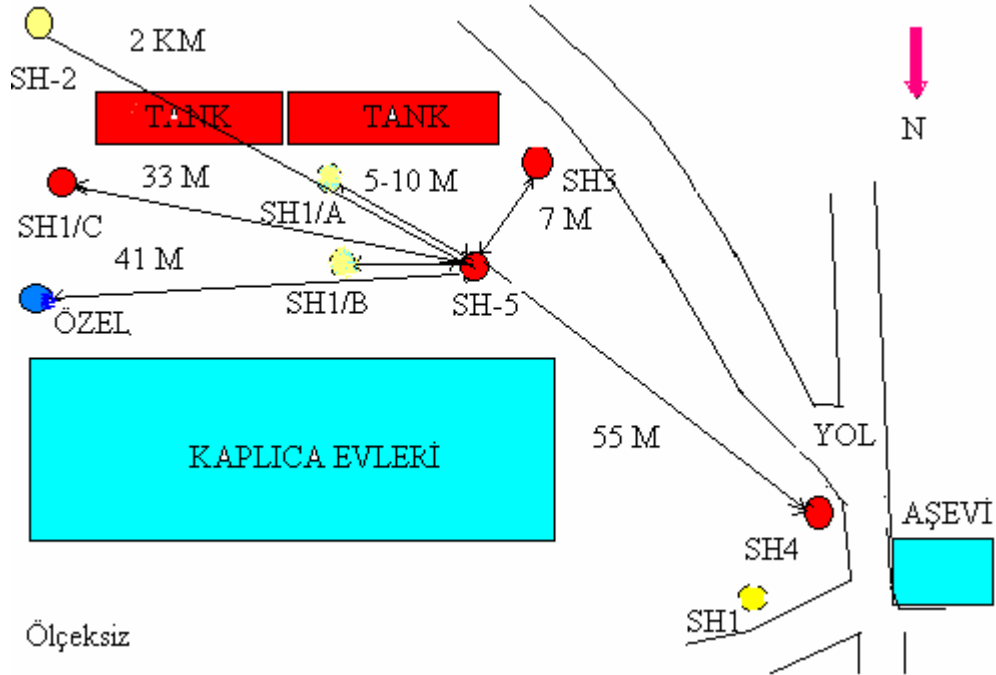
Samsun-Havza jeotermal sahasında, sıcak su araştırmalarına yönelik sondaj çalışmaları 1983 yılında başlamış ve 2004 yılı sonuna kadar değişik tarihlerde MTA Genel Müdürlüğü tarafından 8 adet ve bir özel şirket tarafından 1 adet olmak üzere toplam 9 adet araştırma ve üretim sondajı yapılmıştır. Kaplıcalara 2 km uzaklıktaki SH-2 kuyusu dışında açılan diğer 8 kuyu, Şekil 1 de görüleceği üzere kaplıcalar mevkiinde SH-5 kuyusuna göre 5 ile 55 m uzaklıkta açılmıştır. Bu kuyuların dar bir alan içinde açılmasının nedeni; sahanın topoğrafik yapısı, jeotermal alanın sınırlı olması ve jeotermal sahanın yerleşim alanı içerisinde olmasıdır.

Kaplıcalar mevkiinde açılan 8 kuyudan sadece dört kuyu (SH-1/C, SH-3, SH-4 ve SH-5) sondaj tekniği ve kuyu verimi açısından başarı ile tamamlanabilmiş ve bugün bu kuyulardan 3'ü kullanılabilir durumdadır. Bu üç kuyu, açıldığında

artezyen yapan fakat şimdi 170 m'den kompresörle üretim yapılan ve dar çaplı olan (6 5/8") SH-3 ve SH-4 kuyuları ile 6" lik pompa ile üretim yapmak için diğerlerine göre geniş çaplı (8 5/8") açılan SH-5 kuyusudur.

2. SAHANIN JEOLJİSİ

Sahada görülen en yaşlı birim Jura-Kratase yaşlı kireçtaşlarıdır. Kompakt kalkerler üzerine kratase yaşlı marnlı kireçtaşları gelir. Bu birimi diskordan olarak volkanik-sedimenter kayalar örter. Bütün bu birimleri ise Neojen yaşlı çökeller diskordan olarak örter. Neojen, tabanda konglomera, ortalarda kil bantlı konglomera, üstte de yer yer konglomera bantlı killerden oluşmuştur. Konglomeralar genellikle kalker ve volkanik çakıllı olup merceksi ve çok zayıf çimentoludur. Killer yumuşak olup, yer yer kömür bantı içerirler. Neojenin toplam kalınlığı 500 m'yi bulmaktadır (Keskin, 1984).



Şekil 1. Havza kaplıcalar mevkiinde açılan sondajların yer krokisi. (SH-1, SH-1/A, SH-1/B lokasyon yerleri belli olmadığı için ilgililerin tarifi üzerine tahmini olarak çizilmiştir).

3. HAVZA JEOTERMAL SAHASINDA ÖNCEKİ YILLARDA YAPILAN SONDAJ ÇALIŞMALARI

1983 yılında SH-1 kuyusunda CF-2000 sondaj makinesi ile sondaja başlanmış ve 56 metreye kondüktör borusu indirilerek 7 3/8" matkapla 418 m'ye kadar ilerlenmiştir. Bu derinlikte pompanın verimli çalışmaması üzerine daha güçlü olan 2PN-100 pompası kampa getirilerek 533,50 m'ye kadar ilerlenmiş ve bu metrelerde kuyudan gaz gelişi başlamıştır. 1,30 gr/cm³ yoğunlukta çamur hazırlanarak hidrostatik denge sağlanmış ve ilerlemeye geçilmiş fakat 418-448 m'ler arasındaki yıkıntıdan dolayı kuyu tabanı bulunamamıştır. Bu metreler arasında 2 aylık çalışma süresi içinde kuyudan yaklaşık 600 m³ sondaj kırıntısı gelişi olmuştur. Bunun üzerine 270 m'ye 8 5/8" muhafaza borusu indirilmiş ve 7 3/8" matkap ile ilerlemeye geçilmiştir. Yıkıntı yapan seviyelerde ilerleme sırasında yıkıntıyı önlemek ve gaz gelişini durdurmak için çamur yoğunluğu kademeli olarak 1,55 gr/cm³'e çıkarıldığı halde başarılı olunamamıştır. Bunun üzerine 320 metrelerde su var düşüncesiyle 412 m'ye kadar 6 5/8" filtreli boru indirilmiştir. Yapılan kuyu geliştirme çalışmaları sonunda kuyunun verimsiz olduğu görülmüş ve kuyu terk edilmiştir (Anon (a), 1983).

SH-1 kuyusunun başarısız olması üzerine SH-1/A kuyusuna başlanmış ve 68,50 m'ye kondüktör borusu indirilmiştir. Su kaybı düşük (2-3 cc/7,5 dak) lignosülfanat çamuru ile delinen SH-1/A kuyusunda, 257 m'de 28 °C'de 2 lt/sn debide su gelişi nedeni ile çamur yoğunluğu 1,30 gr/cm³'e çıkarılarak 437,75 m'ye kadar ilerleme yapılmıştır. Bu derinlikten sonra ilerleme yapılamamıştır ve yeterli kuyu hidroliği sağlamak ve üst seviyeleri boru arkasına almak düşüncesi ile 422,37 m'ye 6 5/8" muhafaza boruları indirilmiştir. Kil seviyelerindeki şişmeler nedeni ile muhafaza boruları istenen seviyeye indirilememiştir. Borulamadan sonra 5 1/2" balık kuyruğu matkap ile ilerlemeye geçilmiş ve boru ağzı (422,37 m) ile 452 m'ler arasındaki kömür bantlı killi seviyelerin yıkılması ve şişmesi sonucu takım sıkışması meydana gelmiştir. Takımı kurtarmak için yapılan tahlisiye ve kuyu saptırma çalışmaları sonuç vermeyince bu kuyu da terk edilmiştir (Anon(b), 1983).

Bu iki kuyuda karşılaşılan problemler değerlendirildiğinde; SH-1 kuyusunda çamurun hidrostatik basıncının artırılmasına rağmen kuyuda yıkıntının devam ettiği, eleğe gelen

büyük parçalar (5-7 cm) nedeniyle yıkıntının bloklar halinde olduğu tahmin edilmiştir. Buna karşın SH-1/A kuyusunda 422,37-452,00 m'ler arası eleğe gelen numunelerin çok küçük boyutta olduğu ve junk-basket ile alınan örnekten de bu seviyelerin plastik bir özellikte olduğu raporlarda belirtilmiştir (Anon (c), 1984).

Problem yaratan seviyelerden alınan numuneler MTA Genel Müdürlüğünde analiz edilmiştir. MBT (metilen Mavis Testi) sonucuna göre numunenin 35,5 lb bentonit eşdeğeri/100 lb şeyl olduğu belirlenmiş ve diferansiyel termik analize göre de bu şeyl numunesinin montmorillonit, kaolin ve az miktarda organik maddeden oluştuğu anlaşılmıştır. A sınıfı bir şeyl olan bu killerin su ile temasında yüksek şişme özelliğine sahip olduğu da belirtilmiştir. Bu iki sondaj deneyiminden sonra bu sahada yapılacak sondajlarda polimer ve potasyum klorür çamurlarının kullanılması ve yapılacak üçüncü bir kuyunun bu iki lokasyondan mümkün olduğunca uzakta açılması tavsiye edilmiştir (Anon (c), 1984).

İlk iki araştırma kuyusundan sonra Belediye başkanlığının talebi üzerine, SH-1/A kuyusunda 257 m'de rastlanan 28 °C sıcaklığında 2 lt/sn debideki sıcak su hedeflenmiş ve sondaj makinesi 5 m kuzeye doğru kaydırılarak SH-1/B kuyusu açılmıştır. 1984 Mayıs ayında başlanan sondajda, 43,50 m 11 3/4" kondüktör borusu indirilmiştir. Boru indirmeyi takiben matkapla ilerleme sırasında 251,76 m'de kuyudan su gelişi nedeniyle çamur yoğunluğu 1,34 gr/cm³'e çıkarılarak kuyuda hidrostatik denge sağlanmıştır. 294,29 m'ye kadar ilerlenerek kuyu 8 5/8" kapalı (0-97,65 m) ve 6 5/8" kapalı ve filtreli borularla (97,65-280 m) teçhiz edilmiştir. Kuyu başı yapımını takiben kuyu üretime açılmış ve yapılan kuyu geliştirme çalışmalarına rağmen kuyudan yeterli debi ve sıcaklıkta su gelişi olmamış ve kuyu terk edilmiştir (İnce, 1984).

Daha önce açılan kuyulardan 2 km uzaklıkta 1985 yılında açılan SH-2 kuyusunda, 28 m'ye 11 3/4" kondüktör borusu indirilmiş ve 6 1/4" matkapla 600,60 m'ye kadar ilerlenmiştir. Yapılan sıcaklık ve debi ölçüm testlerinin olumsuz olması üzerine kuyu terk edilmiştir (Kızılkuş, 1986).

1986 yılında SH-1, SH-1/A ve SH-1/B kuyularının bulunduğu bölgede potasyum klorür çamuru ile yapılan SH-1/C kuyusu 525 m'de tamamlanmıştır. 11 3/4" borular 63,65 m'ye inilmiş ve bu derinlikten sonra KCl'ü çamur hazırlanarak 502,75 m'ye kadar ilerlenmiştir.

İlerleme sırasında değişik derinliklerde yıkılma ve şişme olayları ile karşılaşmıştır. Bu metreler arasında çamur yoğunluğu $1,30 \text{ gr/cm}^3$ ve potasyum klorür miktarı %17 civarında tutulmuştur. $8 \frac{5}{8}$ " (48,58 m) ve $6 \frac{5}{8}$ " (445,70 m) muhafaza boruları ile 494,28 m'ye kadar kuyu teçhiz edilmiştir. Borulama sonrası $1,94 \text{ gr/cm}^3$ lük çamur ile ilerleme yapılarak 525,00 m'de kuyu durdurulmuş ve 93,52 m uzunluğundaki $4 \frac{1}{2}$ " lik borular kuyu dibine liner olarak bırakılmıştır. Kuyu üretime açıldığında, yapılan kuyu testlerinde; kuyu başı basıncı: 50 kg/cm^2 , debi: 45 lt/sn , kuyu başı sıcaklığı: $55 \text{ }^\circ\text{C}$ ölçülmüştür (Dağtekin, 1986).

Alınan akışkan numunesinin Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'nda yapılan 16 Ekim 1986 bileşim analiz sonuç raporuna göre de gaz içeriği %97.17 N_2 , % 0,46 C_1 ve %2.37 CO_2 olarak ölçülmüştür (Anon (d), 1986).

Havza jeotermal sahasında sıcak suyun yönetimine yönelik bir düzenlemenin olmaması nedeniyle bulunan bu sıcak su, ilgililerce aşağıda anlatılan nedenlerden dolayı yeteri kadar verimli olarak kullanılamamıştır.

- Ana vananın kapatılması durumunda suyun geri kaçacağı gibi bir inanışla aylarca sıcak su sokaklardan gelişigüzel akıtılmıştır,
- Her işletmeye ve kuruma bir hat ile kontrolsüz olarak sıcak su dağıtılmıştır,
- Soğuk su deposuna bir hatla bağlanarak evlerin çeşmelerine sıcak su verilmiştir.

Kontrolsüz olarak kullanılan sıcak suyun zamanından önce azalması üzerine 1989 yılında SH-3 kuyusu açılmış ve kuyu 572 m'de tamamlanmıştır. Kondüktör kuyuda $13 \frac{3}{8}$ " borular $46,68 \text{ m'ye}$, yüzey kuyuda $9 \frac{5}{8}$ " borular $305,24 \text{ m'ye}$, ara kuyuda $6 \frac{5}{8}$ " borular 481 m'ye indirilerek boru arkası çimentolanmıştır. $46,68\text{-}502,60 \text{ m'ler}$ arasında KCl'lü çamur kullanılmıştır. Çamur yoğunluğu $1,20\text{-}1,30 \text{ gr/cm}^3$ ve potasyum miktarı % 9-14 arasında tutulmuştur. Yüzey kuyuda 260 m'de ve ara kuyuda $411,70\text{-}502,60 \text{ m'ler}$ arasında takım çekme sırasında takımın yük aldığı gözlenmiştir. Borulamadan sonra rezervuar seviyelerinde $1,40 \text{ gr/cm}^3$ lük çamur yoğunluğu ile kuyuda hidrostatik denge sağlanarak ilerlemeye devam edilmiştir. 572 m'de kuyu durdurulmuş ve $467,75\text{-}502,00 \text{ m'ler}$ arası HW (4") muhafaza boruları ($32,25 \text{ m'si}$ kapalı- $72,00 \text{ m'si}$ filtreli) ile teçhiz edilmiştir. Üretime açıldığında kuyunun 7 lt/sn ve $53 \text{ }^\circ\text{C'de}$ artezyen yaptığı gözlenmiştir (Zenger, 1990).

1993 yılında açılan SH-4 kuyusu 555 m'de tamamlanmıştır. Kondüktör kuyuda $13 \frac{3}{8}$ " borular $56,00 \text{ m'ye}$, yüzey kuyu da $9 \frac{5}{8}$ " borular 266 m'ye , ara kuyuda $6 \frac{5}{8}$ " borular $475,10 \text{ m'ye}$ indirilerek boru arkaları çimentolanmıştır. Kondüktör borudan sonra KCl' lü çamur kullanılmıştır. $50\text{-}300 \text{ m'ler}$ arası çamur yoğunluğu $1,15 \text{ gr/cm}^3$ ve potasyum yüzdesi 14'dür . $406\text{-}491 \text{ metreler}$ arasında çamur yoğunluğu $1,52 \text{ gr/cm}^3$ e çıkarılmış ve potasyum miktarı %17-20 arasında tutulmuştur. $194\text{-}220$, $274,50\text{-}294$, $442,50\text{-}462,90 \text{ m'ler}$ arasında takım çekme sırasında formasyondaki yıkıntı ve şişmeden dolayı takım sıkışma problemleri ile karşılaşmıştır. $1,40 \text{ gr/cm}^3$ lük çamur ile rezervuar seviyelerinde kuyuda hidrostatik denge sağlanarak $475,10\text{-}555 \text{ m'ler}$ arası $5 \frac{5}{8}$ " matkapla delinmiş ve çıplak kuyu (open hole) olarak bırakılmıştır. Üretim testlerinde kuyunun 70 lt/sn ve $55 \text{ }^\circ\text{C'de}$ artezyen yaptığı ve kuyu başı basıncının düşük olduğu belirtilmiştir (Akıllı, 1993).

1994 yılında SH-4 kuyusunun debisinin 9 lt/sn'ye düşmesi üzerine, kuyu 1995 yılının ortalarında temizlenerek 50 m daha derinleştirilmiştir. Temizlik ve derinleştirme çalışmaları sonucu yapılan üretim testlerinde $31\text{-}32 \text{ lt/sn}$ debi ve $56 \text{ }^\circ\text{C'de}$ akışkan üretimi tespit edilmiştir (Öznel, 1995).

SH-4 kuyusunun temizliğinden 3 ay sonra 1.8.1995-8.8.1995 tarihleri arasında Havza'da MTA yetkilerince yapılan incelemeye göre SH-3 kuyusunun debisi 0.3 lt/sn ve SH/4 kuyusunun debisi ise 30 lt/sn olarak tespit edilmiştir. Bu kuyuların debisinin mevcut tesisler için yeterli olduğu belirtilmiştir. Daha fazla üretim için kompresörle üretim yapmanın, kuyulara zarar vereceği düşünülmüş ve mevcut kuyuların uygun pompa indirmek için çaplarının dar olması nedeni ile pompa ile su çekilebilecek geniş çaplı yeni bir kuyunun açılması önerilmiştir (Polat,1995).

1997 yılının mayıs ayında MTA yetkilerince hazırlanan raporda da 1.5 yıldır SH-3 ile SH-4 kuyularından kompresörle üretim yapıldığı belirtilmiş ve SH-3 Kuyusunun debisinin 6 litre/sn ve SH-4 kuyusunun debisinin ise 13 lt/sn olduğu bildirilmiştir. Bu rapora göre SH-3 ve SH-4 kuyuları dengeye ulaştığından bu kuyulardan fazla su çekilmesinin mümkün olmadığı ve dalgıç pompanın indirilebileceği genişlikte yeni bir kuyunun açılmasının gerekli olduğu belirtilmiştir (Akıllı, 1997).

2002 yılında özel bir şirket tarafından SH-1/C kuyusuna 7 m mesafede açılan kuyu 535 m'de tamamlanmıştır. Bu kuyuya başlayan ilk şirket 477 m'ye 12 3/4" (0-247) ve 10 3/4" (247-477 m) boruları teleskopik olarak inmiş ve boru arkasından 60 m'ye indirdiği hortumla çimentolama işlemi yapmıştır. Bu işlemden sonra 9 5/8" matkapla 518 m'de ilerleme yapılırken takım sıkışmıştır. Tahlisiye işlemleri sırasında tijler 268 m'den çözülmüştür. Bu şirketin kuyuyu terk etmesinden sonra gelen diğer şirket, yanlış çimentolama sistemi nedeniyle muhafaza borusunun 248,50 m'den koptuğunu tespit etmiştir. Bu problemler sonucu kuyu 240 m'de saptırılmış ve 240-475 m'ler arasında 7" lik borular liner olarak indirilmiş ve bu boruların üzerine sol dış aparatı ile bağlanan tijler vasıtası ile boru arkası çimentolanmıştır. Çimentolamadan 2 saat sonra tijler borudan çözülerek dışarı alınmıştır. Çimentonun kesilmesini takiben ilerleme

sırasında 535 m'de kuyunun kısmi kaçak (7 m³) yapması üzerine kuyu durdurularak filtreli borularla teçhiz edilmiş ve kuyu üretime açılmıştır. Yapılan testlerde 2 lt/sn üretimin ve 28-32 °C arasında değişen sıcaklığın çok düşük olması sebebi ile krom lignosülfanat ve OMC 106-T ile kuyu geliştirme çalışmaları yapılmış fakat çalışmalar başarısız olmuştur (Baltacı, 2002). Bu sondaj işlemi ve kuyu geliştirme çalışmaları sırasında, kompresörle 4 lt/sn üretim yapan SH-1/C kuyusunun etkilendiği ve bu kuyuda üretimin durduğu yetkililerce belirtilmiştir. Daha sonra SH-1/C de yapılan kuyu temizleme ve geliştirme işlemleri de başarısız olmuştur.

2004 yılına kadar Samsun Havza jeotermal sahasında açılan tüm kuyuların üretim değerlerine ait ilk bilgiler Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Samsun Havza jeotermal sahasında açılan kuyuların üretim değerlerine ait ilk bilgiler

Kuyu Adı	Yıl	Derinlik (m)	Sıcaklık(°C)	Debi (lt/sn)	Açıklama
SH-1	1983	533,00			Şişme ve yıkıntı problemi
SH-1/A	1983	452,00			Şişme ve yıkıntı problemi
SH-1/B	1983	294,29			Kuru kuyu
SH-2	1985	600,00			Kuru kuyu
SH-1/C	1986	525,00	54	45	Artezyen
SH-3	1990	572,00	53	7	Artezyen
SH-4	1993	555,00	56	70	Artezyen
SH-5	2004	544,20	53	17,4	Pompa ile üretim
Özel	2002	535,00	28-32	2	Kuyu teçhizi problemi

4. SH-5 LOKASYONUNDA SONDAJ ÇALIŞMALARI

Havza Belediyesi Başkanlığı'nın Nisan 2004 tarihindeki talebi üzerine sahada yapılan incelemede sadece SH-3 ve SH-4 kuyusunda 170 m'den kompresörle hava basılarak üretim yapıldığı ve debilerinin sırası ile 4 ve 12 lt/sn olduğu tespit edilmiştir (Burçak, 2004). Tesisler için bu debilerin yetersiz olması sebebiyle SH-3 kuyusundan 7 metre uzaklıkta 6" lik bir pompa indirilebilecek şekilde geniş çapta yeni bir kuyu açılmasına MTA yetkililerince karar verilmiştir.

10.09.2004 tarihinde SH-5 kuyusunu açma çalışmalarına başlanmış ve 29.09.2004 tarihinde 13 3/8" borular 226 m'ye indirilerek boru arkası çimentolanmıştır. Bu metreler arasında normal bentonit çamuru kullanılmıştır. Fakat boru indirme sırasında problem yaşanmaması için 17

1/2" matkap ile genişleme sırasında 168,50 m'de yüzde 10'luk KCl'ü çamur hazırlanmıştır. Bu derinlikten sonra ilerleme sırasında bozulan KCl'ü çamuru iyileştirme amaçlıyla su ve kimyasal maddeler kullanılmış ve azalan çamuru tamamlamak için de yeni çamur eklenmiştir. Bu durumda çamura yeni KCl eklenmediğinden çamurdaki potasyum miktarı %0.5'e kadar düşmüştür. 226 m'ye kadar yapılan kuyu işlemleri (ilerleme ve genişleme) sırasında, boru indirmeyi engelleyecek şekilde önemli miktarda formasyonda şişme ve yıkılma olmadığı gözlemlenmiştir.

Boru içerisindeki çimento kesimini takiben %10'luk yeni potasyum klorür çamuru hazırlanarak 03.10.2004 tarihinde 12 1/4" matkapla ilerlemeye başlanmış ve 226 m'den 400 m'ye kadar ilerlenmiştir. 400 m'ye kadar olan ilerleme sırasında 260-300 m'ler arasındaki

kısmi şişmeler dışında hiçbir problemle karşılaşılmaştır. 226-400 m'ler arası kullanılan çamur; yoğunluk: 1,17-1,18 gr/cm³, KCl: %9-11, huni viskozitesi: 38-53 sn/quart, pH: 9-12, su kaybı: 36-45 cc, sıva kalınlığı: 3-6 mm özelliğindedir.

Kömür bantlı killi seviyelerde (400 m'den sonra) diğer kuyularda karşılaşılan problemler göz önüne alınmış, dolayısıyla şeyli formasyonların çok hızlı bir şekilde delinmesi gerektiğinden 8 1/2" matkap (0-300 m'ler arasına 8 5/8" ve 300-500 m'ler arasına 6 5/8" muhafaza borularının teleskopik indirilmesi planlanmıştır) ile ilerlemeye geçilmiştir. 8 1/2" matkap ile ilerleme sırasında değişik metrelerde matkabın kafa yapması ve pompa arızaları gibi nedenlerle matkabın kuyu dışına manevrası sırasında takım yük almıştır. Matkap tekrar kuyuya indirildiğinde şişme ve yıkıntının başladığı metrelerde (400-415 m'ler arası) matkabın oturmasından dolayı taban her seferinde taranarak bulunmuştur. Sondaj hidroliği göz önüne alınarak çamur yoğunluğu 1,30 gr/cm³'e çıkarılmış ve 8 1/2" matkap ile 502 m'ye kadar ilerlenmiştir. 502 metreden takımın kuyu dışına alınması sırasında karşılaşılan formasyondaki şişme ve yıkılma nedeni ile 6 5/8" boruların bu metreye kadar indirilmesinde problem yaşanacağı düşüncesiyle 10 5/8" matkap ile genişlemeye karar verilmiştir. 10 5/8" matkap ile 502 m'ye kadar ilerlenmiş. Fakat bu matkapla da ilerleme sırasında takım inme ve çekme sırasında, kuyudaki 410-480 m'ler arasındaki yıkıntı ve şişmeler nedeni ile takım her seferinde yük almıştır. 502 m'ye kadar ilerlendikten sonra takım çekme sırasında takımın 485'den 400 m'ye kadar yük ile çekilmesi boru indirme sırasında bu metreler arasında problem yaşanacağını düşündürmüş ve 8 1/2" matkabın kuyu tabanına takılmadan inip inmeyeceği test edilmek istenmiştir. 8 1/2" matkabın 410 m'den aşağıya inmemesi bu metrenin aşağısına 6 5/8" muhafaza borularının inilemeyeceğini göstermiştir. Bunun üzerine kuyunun daha güçlü bir pompa (2PN-340), etkin bir çamur sistemi ve 12 1/4" matkap ile açılmasına karar verilmiştir. 2PN-340 pompa gelinceye kadar mevcut pompalar ile 12 1/4" matkap ile çamur içerisindeki potasyum klorür yüzdesi 17-19 a çıkarılmış ve çamur yoğunluğu 1,30-1,35 g/cm³ arasına çıkarılarak ilerleme yapılmıştır. Fakat 450 m'den sonra matkabın sık sık kafa yapması üzerine kampa gelen 2PN-340 pompanın montajından sonra delme işlemine devam edilmesine karar verilmiştir. 2PN-340 pompanın çamur hattına bağlanmasından sonra

12 1/4" matkabın ilerleme sırasında tekrar kafa yapması neticesinde 11 5/8" kanatlı matkap (Resim 1) temin edilerek ve çamurun yoğunluğu 1,55 gr/cm³'e çıkarılarak sondaj işlemine devam edilmiştir. 492 m'de kanatlı matkabın kireçtaşlarında ilerleyememesi üzerine takım çekilerek kuyunun 8 5/8" (304,92 m) ve 6 5/8" borularla (187,08 m) teçhiz edilmesine karar verilmiştir (Şekil 2). Boru indirme öncesi çamur özellikleri şu şekildedir; KCl: %9, yoğunluk: 1,48 gr/cm³, huni viskozitesi: 67, su kaybı: 18 cc, sıva kalınlığı: 3 mm'dir.

Boru teçhizi ve çimentolama sonrası 5 5/8" matkapla ilerlemeye geçilmiştir. Kuyu 511 metrede tam kaçağa girmiş ve tam kaçaklı olarak su ile 544,20 m'ye kadar ilerlenmiştir. Bu metreler arasında ilerleme hızı yüksek olmuş ve 30-40 cm boşluklar geçilmiştir. 3 1/2" kapalı ve filtreli borular 486-544,20 metre arasına liner olarak indirilerek kuyu tamamlanmıştır.

Yapılan pompa testinde sıcaklık 53 °C ve kritik debi 17,4 lt/sn olarak tespit edilmiştir. Kuyudaki suyun statik seviyesi 78 m olarak ölçülmüştür.



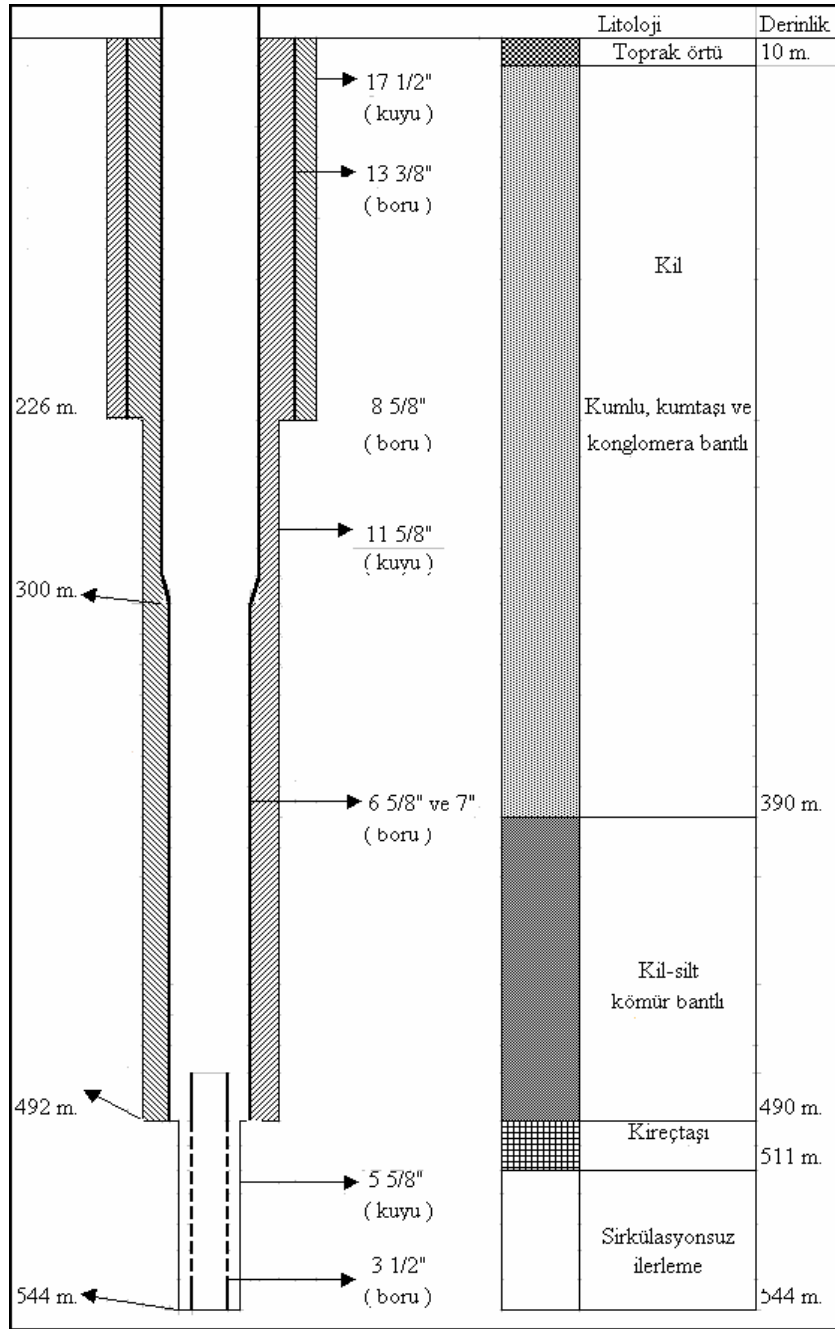
Resim 1. SH-5 kuyusunda kullanılan 11 5/8" kanatlı matkap.

5. ÇAMUR PROGRAMI

SH-1 ve SH-1/A kuyularında 400 m'den sonra kömür bantlı montmorillonit killerde görülen şişme, akma ve yıkılma problemlerine karşı önerilen potasyum klorürlü (KCl) çamurun diğer

kuyularda başarılı olması üzerine SH-5 kuyusunda da bu çamur kullanılmıştır. Sondaj alanının dar olması sebebiyle onbeşer metreküplük iki adet havuz hazırlanmıştır. Bu havuzlardan biri ilerleme sırasında sirkülasyon havuzu olarak kullanılmıştır. Çamur kaçakları nedeniyle çamur eksildiğinde çamur takviyesi yapmak için ise diğer havuz bentonitin, su ile hidrasyonu (prehydrated) sağlamak amaçlı kullanılmıştır. Hazırlanan 1 m³ çamur için 86 kg

bentonit, 11 kg krom lignosülfanat ve 3 kg kostik soda kullanılmıştır. Bu çamurun şişmesi (hidrate olması) için en az 24 saat bekletilmiştir. 1/3 oranında hazırlanan bu çamura 2/3 oranında hazırlanan KCl karışımı eklenmiştir. Potasyum klorürlü çamur hazırlamak için istenilen yüzdeye göre gerekli KCl miktarı Çizelge 2'de verilmiştir. Su kaybını azaltmak için 3-6 kg/ m³ CMC kullanılmıştır.



Şekil 2. SH-5 kuyusu teçhiz planı ve litolojisi

Çizelge 2. 1 m³ su için gerekli KCl miktarı

KCl (%)	1	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
KCl (kg)	11,5	40,6	64,5	85,6	110,3	135,4	164,3	190,4	221,0	248,5	280,6	316,6

KCl'ü su ile karıştırmak için 3 m³'lük bir tank özel olarak kampta hazırlanmıştır. Tankın içerisinde su ile potasyumu basınçlı bir şekilde karışmak için santrifüj pompa takın içerisindeki delikli ince bir boruya bağlanmıştır.

Yüzey borusu indirilmesi düşünülen 226 metreye kadar normal bentonit çamuruyla ilerleme yapılmıştır. 13 3/8" boruların bu metreye indirilmesi sırasında hiçbir problemle karşılaşılması ve diğer kuyulardaki

deneyimlerin de göz önüne alınması durumunda bu derinliklere kadar normal bentonit çamuru kullanılmasında bir sorun gözükmemektedir.

226-400 m'ler arasında %10'luk KCl kullanılmış olup kuyuda herhangi bir ciddi problemle karşılaşılması. Sadece 260-300 m'ler arasında yer yer killerde şişme gözlenmiştir. Bu metrajlar arasında kullanılan çamurun özellikleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. 226.00-400 metreler arasındaki çamur reolojik özellikleri.

Çamur Özellikleri	Huni Vis. Quart/sn	KCl %	Yoğunluk gr/cm ³	Plastik Vis. Cp	Y. Point Lb/100 ft ²	Su Kaybı cc/7.5 dak
Değerler	37-43	8-11	1,08-1,17	15-20	20-40	37-40

400 m'den sonra killi formasyonların şişmesi, yıkılması ve kuyu içine akması ile birlikte matkabın kille sarılması, kuyu problemlerine neden olmuştur. Killerin şişmesini ve yıkılmasını önlemek için değişik çamur teknikleri denenmiştir. Herhangi bir nedenle (matkabın kafa yapması gibi) takımın kuyu dışında alınıp tekrar kuyu içerisine inilmesi durumunda çamurun özellikleri tamamen değişmektedir. Örneğin çamurun huni viskozitesi 150 sn/ quart kadar çıkmaktadır. Yapılan bu çalışmalarda KCl %'si 20 lere kadar çıkarılmış fakat herhangi bir fayda sağlanamamıştır.

Formasyonun yıkılmasına karşı çamur yoğunluğu 1,35 gr/cm³'e kadar çıkartılmış fakat sondaj pompasının (FY-FXX) verimli çalışmaması üzerine daha güçlü pompa olan 2PN-340 pompası kampımıza nakledilerek

montajı yapılmıştır. Çamur yoğunluğu 1,55 gr/cm³'e çıkarılarak bu pompa ile kuyu, başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

Bu bölümün birinci paragrafında önerilen oranlarda hazırlanan çamurda su kaybı (40 cc/7,5 dak) yüksek olduğu için 400-492 metreler arasındaki ilerleme sırasında, KCl yüzdesinin artırılması gerektiğinde veya yeni çamur eklendiğinde, KCl su ile çözündürülmeden çamur karıştırma jetlerinden (hopper) çamura direk olarak eklenmiştir. KCl'nin su ile çözündürülmeden çamura katılması ve çamurun reolojik özelliklerinin hiç su kullanılmadan sadece kostik soda ve lignosülfanatla kontrol edilmesi neticesinde su kayıpları 7,5 dakikada 17-25 cc'ye kadar düşmüştür. Son kullanılan çamurun özellikleri Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. 492 metredeki son çamurun reolojik özellikleri

Ç. Özellikleri	Huni Vis Quart/sn	KCl %	Yoğunluk gr/cm ³	P. Vis Cp	Y. Point Lb/100 ft ²	Su Kaybı cc/7.5 dak
Değerler	60	9	1,48	25	40	18

Ayrıca 400 metreden sonra oluşan problemleri çözmek için polimerli (partially hydrolyzed polyacrylamide-PHPA) çamur kullanılması düşünülmüştür. Bir firma (SONTEK) tarafından

kampımıza getirilen kimyasal maddelerle Çizelge 5'de verilen oranlarda yeni çamur yapılması ve kuyudaki çamurun tamamen dışarı atılması istenmiştir.

Çizelge 5. Önerilen KCl/Polimer çamur oranları

Kimyasal Madde	Önerilen Oranlar kg/m ³
Swell Gel	15-20
KCl	70-100
Pac HV	2,5
Argipol (PHPA)	7,5

Fakat eski çamurun atılarak yeni çamur yapılması, çamur masraflarını artıracığı düşüncesiyle uygun görülmemiştir. Gelen polimerlerin (Argipol) eski çamura eklenmesi durumunda reolojik özelliklerindeki değişimin takibi için değişik oranlardaki polimer, kuyudan alınan çamur numunelerine eklenerek test edilmiştir. Önerilen miktarın 40 da biri kadar kullanıldığında bile çamur viskozitesi ölçülemeyecek şekilde artmıştır. Fakat polimerler yeni bir çamura önerilen oranlarda eklendiğinde herhangi bir problemle karşılaşılacaktır. Bu yüzden çamur havuzunda eksilen çamur için yapılan 5 m³'lük yeni çamura önerilen miktarda (0,5 kg/m³) argipol eklenerek kuyudaki çamura karıştırılmıştır.

Ayrıca kilin matkaba yapışmasını önlemek için getirilen 30 kg kimyasal (modidet) 1 kg/m³ oranında çamura eklenmiştir. Bu kimyasal maddenin çamura eklenmesinden sonra takım çekildiğinde matkap üzerine yapışan killerin daha önceki çalışmalarda matkaba yapışan killere göre çok az miktarda olduğu ve takım kuyu dışına alındığında matkaba sarılan killerin matkaptan çok kolay bir şekilde ayrıldığı görülmüştür.

6. SONDAJ HİDROLİĞİ

Açılan tüm kuyuların farklı derinlik ve değişik özellikte bir formasyona sahip olması ve bunlara bağlı olarak farklı şekillerde teçhiz edilmesi nedeniyle yeterli sondaj hidroliği sağlayabilmek için pompa seçimi önem taşımaktadır. Bu sahada açılan SH-1 ve SH-4 kuyularında 400 metrelerden sonra sondaj makinesinin üzerindeki pompanın, sondaj için gerekli hidrolik değerleri sağlamada yeterli olmaması üzerine daha güçlü

ikinci bir pompa kullanılmıştır. KCl'ü çamur kullanılmayan SH-1 kuyusunda çamurun yoğunluğunun artırılmasına (1,55 gr/cm³) rağmen bu kuyu başarı ile tamamlanamamıştır. Fakat SH-1 kuyusunun yakınında açılan SH-4 kuyusu KCl'ü yoğun çamur ile başarı bir şekilde tamamlanmıştır. SH-1 kuyusundaki 400 m'den sonraki yıkıntılar nedeni ile yaklaşık 600 m³ malzemenin (sondaj kırıntısı) dışarı atılması çok yakınında açılan SH-4 kuyusundaki formasyonun stabilitesini etkilemesi kaçınılmazdır.

SH-5 kuyusundaki çalışmalarda killerin şişme ve yıkıntı yapması durumunda çıkacak problemin çözülmesi için KCl çamurun yeterli olacağı düşünülmüştür. Fakat 400 metreden sonra killerin yıkıntı ve şişmesi KCl çamuru ile önlenememiştir. 7 metre uzaklıkta açılan SH-3 kuyusu ile 5-10 metre yakınlarında SH-1/A ve SH-1/B kuyularının (lokasyon yeri belli olmadığından ilgililerin anlatımına göre tahmin edilmektedir) arasında açılan SH-5 kuyusundaki yıkıntıların nedenlerinden birinin de bu kuyular olduğu sanılmaktadır. Diğer bir ifade ile SH-5 kuyusundaki stabilitenin bozukluğuna, killerden dolayı yıkıntının yanında, bu kuyuların arasında açılmasının etkili olduğu düşünülmektedir.

400 metrelerden sonra sondaj makinesinin güvertesinde bulunan FY-FXX pompanın (Çizelge 6) ilerleme sırasında yeterli hidrolik gücü sağlayamaması üzerine çamur yapımı ve ıslahı için çalıştırılan FD-FXX yedek pompa ile birlikte kuyuya bağlanmıştır. Fakat çamurun pompalardan biri ile ıslah edilmek zorunda olması, pompaların sık sık arızalanmaları, çamur kaçaklarından dolayı yeni çamur yapma ihtiyacının doğması gibi sebeplerle yeterli verim sağlanamamıştır.

Çizelge 6. FY-FXX pompanın normal çalışma değerleri

Gömlek Çapı	Debi (GPM)	Debi (%80, GPM)	Mak. Basınç (psi)	Verim HP	Strok Sayısı
7 1/2"	378	302	182	47,2	70
7"	328	262	209		
6"	239	191	284		
5 1/2"	200	160	338		
5"	164	131	409		

Çizelge 7. 2 PN- 340 pompanın normal çalışma değerleri

Gömlek Çapı	Debi (GPM)	Debi (%80,GPM)	Mak. Basınç (psi)	Verim HP	Strok Sayısı
7 1/4"	575	460	853	340	70
6 3/4"	490	392	995		
5 3/4"	343	275	1350		
5"	248	198	1848		

Çizelge 8. SH-5 kuyusunun 500 metredeki hidrolik değerleri.

Kuyu çapı	12 1/4"				
Kuyu derinliği	500 metre				
DP Boyu	457 metre				
DP Çapı	3 1/2" (iç çap:2 11/16)				
DC Boyu	43 metre				
DC çapı	4 3/4" (iç çap: 2")				
Casing derinliği ve çapı	226 metre- 13 3/8"				
Plastik viskozite	15 cp (ortalama değer)				
Yield point	40 lb/ft ² (ortalama değer)				
	1	2	3	4	5
Pompa	FY-FXX	FY-FXX	FY-FXX	FY-FXX	2PN-340
Gömlek çapı (inç)	6	6	6	6	7 1/4
Kuyu çapı (inç)	8 1/2	12 1/4	12 1/4	12 1/4	12 1/4
Debi (GPM)	183	195	175	168	330
Çamur yoğunluğu (gr/cm ³)	1,16	1,16	1,50	1,50	1,50
Plastik viskozite	15	15	15	15	15
Yield point lb/ft ²	40	40	40	60	40
Anülüs hızı (m/dak)	23	10,5	9,4	9,1	17,9
Tav. Edilen Anülüs hızı (m/d)	43	30	23	23	23
Toplam basınç kaybı (psi)	285	283	284	284	791
Mak. Pompa basıncı (psi)	284	284	284	284	853

Çizelge 8'deki hesaplamalardan da görüleceği üzere kuyu çapının geniş olması ve çamurun yoğunluğunun artırılması durumunda Çizelge 7'de çalışma değerleri verilen 2PN-340 pompanın kullanılmasını kaçınılmaz hale getirmiştir.

Çizelge 8, 500 metre derinlikte kullanılan çamur özelliklerine ve farklı pompalara göre hidrolik güçteki değişimleri göstermektedir. Bu hesaplamalara göre çamurun reolojik

özelliklerindeki değişimler kuyunun hidroliğini önemli ölçüde değiştirmektedir. Çizelge 8'deki 3. ve 4. kolondan görüleceği üzere çamur özelliklerinin değişmesi durumunda (örneğin ilerleme sırasında yield point 40 dan 60 lb/ft²'ye çıkmaktadır) anülüs hızı azalmaktadır. İlerleme sırasında çamur özelliklerinin devamlı değişmesi sondaj hidroliğini etkilediğinden çamur kontrolünün önemini bir kez daha ortaya çıkarmaktadır.

2PN-340 pompanın kullanılması durumunda ise, aynı çamur özelliklerinde FY-FXX pompaya göre, anulüs hızı 9,3 m/dak dan 17,9 m/dak çıkmakta ve dolayısıyla anulüs hızı %90 civarında artmaktadır. Bu sahadaki çalışmalar, kuyu programların yapılırken, en kötü kuyu şartları göz önüne alınarak, en iyi hidroliği sağlayacak pompanın seçilmesinin önemini göstermiştir.

7. SONUÇ VE ÖNERLER

- a- SH-5 kuyusunun lokasyon seçiminden de görüleceği üzere açılacak kuyunun SH-3 kuyusuna 7 metre uzakta ve iptal edilen SH-1/A ve SH-1/B kuyularının çok yakınında (5-10 m) olmasının sondaj problemlerini artırması kaçınılmazdır. Bu nedenle sondaj operasyonuna başlamadan önce aşağıda belirtilen önerilere dikkat edilmelidir.
- A: Jeotermal saha ve daha önce yapılan sondajlar hakkında bilgi toplayarak en uygun arama yöntemini belirleyip karşılaşılabilecek problemlere çözüm önerileri sunmak.
- B: Lokasyon ve litolojiye bağlı olarak en uygun makine ve ekipmanı seçmek.
- C: Kuyu derinliğine ve jeotermal akışkanın potansiyeline uygun kuyu dizaynı belirlemek.
- b- Çamur programı yönünden ise 250 metreye kadar normal bentonit çamuru kullanılmasında bir problem gözükmemektedir. Fakat kömür bantlı killerin üzerindeki seviyelerde az miktarda şişen seviyeler bulunmaktadır. Killerde şişmenin başladığı derinliklerden itibaren %5-10 arasında değişen oranlarda KCl çamuru kullanılmasında fayda vardır. Fakat sadece KCl çamuru kullanıldığında çok fazla miktarda su kaybı (7,5 dakikada 40 cc) olmaktadır. Bu nedenle polimerlerle birlikte KCl'ü çamur kullanılmalıdır. Yıkıntı ve şişme yapan kömür bantlı killi seviyelerde ise polimerli, %8-10 KCl'ü (problem olması durumunda yüzdesi artırılabilir) ve yoğunlaştırılmış (1,40-1,50 gr/cm³) çamur kullanılmalıdır.
- c- Yumuşak formasyon matkaplarının sık sık kafa yapması durumunda balta veya kanatlı matkapların kullanılması daha etkin ilerleme sağlamaktadır. Ayrıca bu matkaplar takım çekme ve inme sırasında kuyu içerisinde ani basınç düşme ve yükselme olaylarını

azaltacağından kuyunun yıkılmasını önleyecektir.

- d- Jeotermal kuyularda çıkacak problemleri en aza indirmenin ve sondajın başarı ile tamamlanmasının en iyi yolu çamur ve sondaj mühendisliği konusunda yeterli eğitim ve tecrübeye sahip personelin sondaj çalışmalarında görevlendirilmesidir.
- e- Sahada, başarılı olan üç kuyunun ilk açıldıklarında kuyu başı basınçlarının yüksek olduğu ve zamanla rezervuardaki gazın azalması nedeni ile üretimlerinin azaldığı ve statik su seviyesinin 70 metrelerin altına düştüğü bilinmektedir. Kuyu debilerinin ve kuyu başı basıncının ne kadar zaman içinde azaldığı ve ne şekilde üretim yapıldığı konusunda kesin bilgi olmamasından dolayı rezervuarla ilgili bir değerlendirme yapmak zordur. Fakat bu sahadaki jeotermal akışkanın debisinin gereğinden fazla miktarda su çekme nedeniyle zamanından önce hızlı bir şekilde azaldığı ortadadır. Diğer sahalarda görülen ve Havza sahasında da ortaya çıkan jeotermal kaynakların yönetimine uygun bölgesel planlarının olmaması bu doğal kaynaklarımızın bilinçsiz olarak kullanılmasına sebep olmaktadır. Jeotermal sahaların verimli gelişmesi için ilgili bölgedeki sorumlu belediye veya özel idarelerin jeotermal kaynakların kullanımına yönelik jeotermal kaynak yönetim planları oluşturmada fayda vardır.
- f- Bu saha da 1986 yılında yapılan S-1/C veya 1995 yılında yapılan SH-4 kuyularının ilk andaki verimlerine göre yatırım yapılmış olsaydı 10 yıl içinde bir çok tesis kullanılmama aşamasına gelecekti. Bu nedenle bir sahanın jeotermal potansiyelinin değerlendirilmesi için sahanın yapısına bağlı olarak uzun zamanlı gözlem ve test aşamasına gereksinim vardır.

KAYNAKLAR

- Akıllı, M., Ölmez E., 1995, "Samsun-Havza Sıcaksu Kuyularında Yapılan İnceleme Raporu", MTA Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi, Yayınlanmamış.
- Akıllı Y., 1993, "Havza SH-4 Sıcak Su Sondaj Raporu", MTA Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi, Yayınlanmamış.

Anon(a), 1983, "Havza-1 Sondaj Raporu", MTA Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi, Yayınlanmamış.

Anon(b), 1983, "Havza-1/A Sondaj Raporu", MTA Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi, Yayınlanmamış.

Anon(c), 1984, "Havza-1 ve 1/A Kuyuları ile İlgili Rapor", MTA Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi, Yayınlanmamış.

Anon(d), 1986, "Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Gaz Numunesi Bileşim Analiz Raporu", Yayınlanmamış.

Baltacı, İ., 2002, "Sondaj Bitirme Raporu", Elit Sondaj Ltd. Şti. Yayınlanmamış.

Burçak, M., 2004, "Havza (Samsun) Sahasında Yapılan İncelemeye İlişkin Not", MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Dairesi, Yayınlanmamış.

Dağtekin, M. S., 1986 "Havza SH-1/C Sıcak Su Sondaj Raporu", MTA Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi, Yayınlanmamış.

İnce C., 1984, "Havza SH-1/B Sondaj Raporu", MTA Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi, Yayınlanmamış.

Keskin B., 1984, "Havza Sıcak Su Sondajları Hakkında Rapor", MTA Genel Müdürlüğü, Yayınlanmamış.

Kızılkuş İ. 1986 "Havza SH-2 Sıcak Su Sondaj Raporu", MTA Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi, Yayınlanmamış.

Öznel, İ., 1995, "SH-4 Sondaj Bitirme Raporu", MTA Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi, Yayınlanmamış.

Polat, A., 1995, "Samsun-Havza Sıcaksu Kuyuları ile İlgili Çalışma Raporu", MTA Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi, Yayınlanmamış.

Zenger İ., Güney A., 1990 "Havza SH-3 Sıcak Su Sondaj Raporu", MTA Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi, Yayınlanmamış.