

## **BİLDİRİLER**



Sondaj Sempozyumu'96 , Izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Atatürk Barajında Gerçekleştirilen Galeri, Sondaj ve Enjeksiyon Çalışmaları**

Y. Özbayoğlu

*Ata inşaat*

### **1. GİRİŞ**

84,5 milyar m<sup>3</sup> lük dolgu hacmi ile Dünya' nın en büyük 6. cı barajı olma özelliğine sahip olan atatürk barajı; 1,200,000 m<sup>2</sup> lik Ana Enjeksiyon Perdesi alam yaklaşık 6,5 yıllık bir süre içinde gerçekleştirilmiş bulunulan toplam 2,080,000 m. sondaj ve 187,000 ton çimento enjeksiyonu ile Dünya'mn en büyük boyutlu enjeksiyon perdesi olma özelliğine sahiptir.

Ana Enjeksiyon Perdesi tamamen yeraltında açılmış olan enjeksiyon galerilerinden yapılmış (bakınız Şekil 1), yalnızca yeraltında enjeksiyon perdesini oluşturmak ve galeri çevrelerinin konsolidasyonunu sağlamak amacıyla yapılan sondaj miktarı 1,723,000 m, enjeksiyon miktarı ise 162,000 ton çimento olmuştur. Tablo-1'de Ülkemiz'deki ve Dünya'daki bazı büyük barajların enjeksiyon perdeleri, Atatürk Barajı ile birlikte kıyaslamak üzere yer almaktadır.

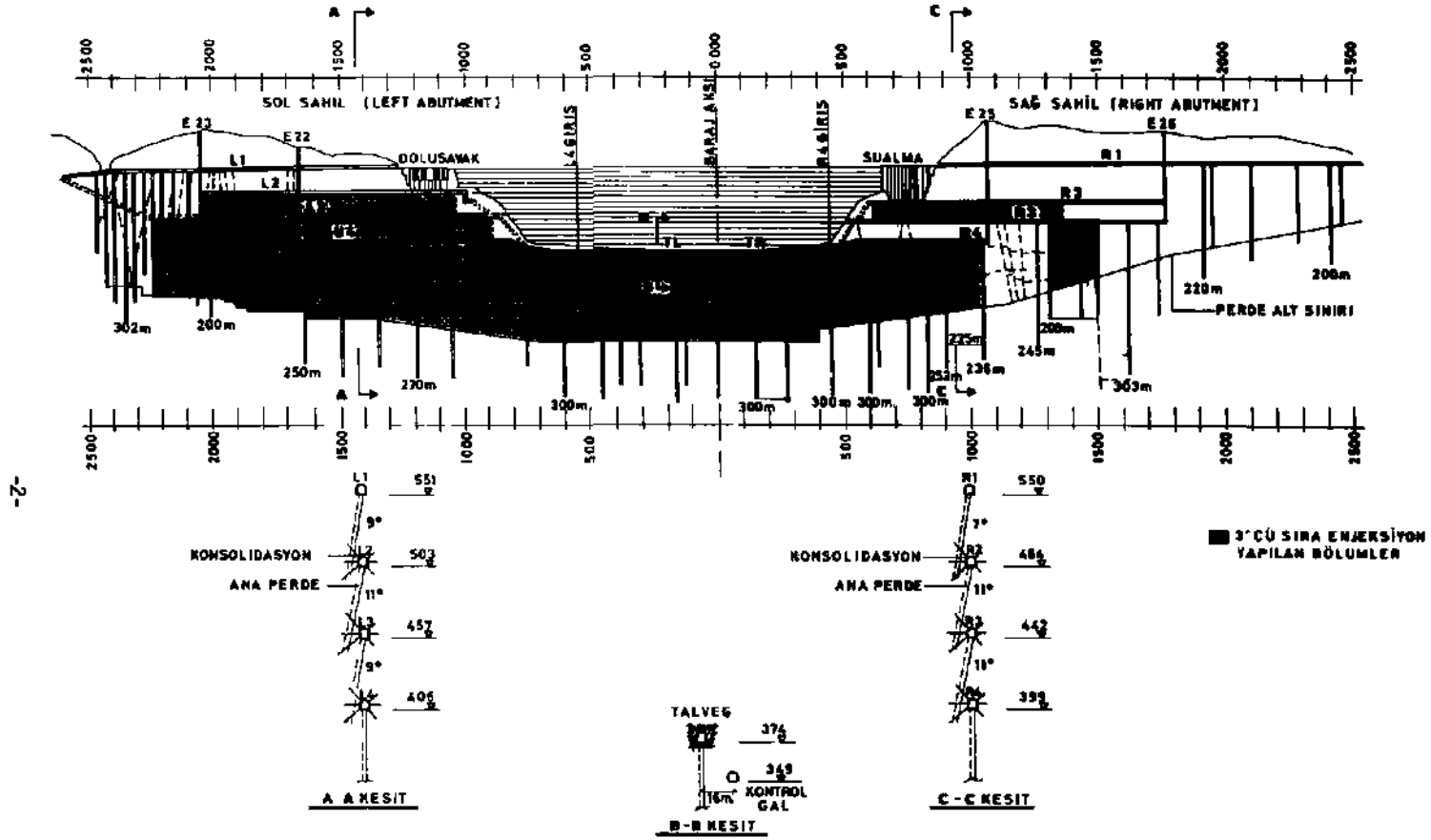
Aşağıdaki bölümlerde, Projede yapılan Galeri hafriyatları ile Sondaj faaliyetleri ayrı bölümler halinde özetlenmektedir.

### **2. ENJEKSİYON GALERİLERİ**

Perde enjeksiyonları, Şekil 1. de de görüldüğü gibi tümüyle, toplam uzunluğu 11,615m. olan enjeksiyon galerilerinden yapılmış olup, bu galerilerin Yaklaşımlarala birlikte toplam uzunluğu 13,417m.yi bulmaktadır. Yaklaşık 50

şer metre kot farklı 4 galeri sağ sahilde ve 4 galeride sol sahilde yer almakta olup, bunlar yamaç içlerinde Eğik bağlantı Gaferileriyle birbirlerine birleştirilmişlerdir. Talveg'te ise, açık hafriyatla kazısı yapıp daha sonra betonlanan Cut and Cover galerisi yer almaktadır. Bu galerinin yaklaşık 20m.daha aşğısında ise kontrol galerisi bulunmaktadır. Tablo 2. de detayı verilen bu galerilerin tümünün hafriyatları yaklaşık 2,5 yılda tamamlanmış olup, bilahare betonlanması tamamlanan en alt kottaki galerilerden başlanmak suretiyle enjeksiyon faaliyetlerine başlanmıştır. Daha sonraları üst galerilerde betonlama işlemleri biten galerilere girilerek enjeksiyon faaliyetleri genişletilmiştir.

Ayna ilerlemeleri normal patlatma yöntemiyle ve göbekte 4 adet 76 mm.lik boş delik delinerek (Burn-cut) gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.de genel atım paterni, görülen patlamalarda; 6 veya 7 değişik gecikmelerde, 30 mili saniyelik kapsüller ve MKE jelatinit dinamit kullanılmıştır. Delik sayısı ve kullanılan şarj miktarı formasyon özelliklerine göre zaman zaman değiştirilmişse de, ortalama 50 adet 38 mm delik ve 50 kg dinamit lmlanılmıştır. Delik boylan 3 m. olup atım sonrası, genellikle 2.80 m. lik ilerlemeler elde edilmiştir. Şekil 3. de görüldüğü gibi hafriyat kesit alam 18.9 m<sup>2</sup> (B-hattı) olup, özgül şarj miktarı ortalama 0.9 kg/toP ile 1,1 kg/m-' olarak gerçekleştirilmiştir.



Sekil-1 Atatürk Barajı enjeksiyon galerileri ve enjeksiyon perdesinin şematik kesiti.

TABLO -1 ATATÜRK BARAJI ve DİĞER BAZI BARAJLARIN ENJEKSİYON PERDELERİ					
BARAJ ADI	ÜLKESİ	ENJEKSİYON PERDESİ SONDAJ MİKTARI	ENJEKSİYON PERDE ALANI	ENJEKSİYON MİKTARI	YAPILMA YILI
GURİ	VENEZÜELLA	100 000 m.	60000m <sup>2</sup>		1977-1978
GRAND MAISON	FRANSA	70.000 m.	100.000 m <sup>3</sup>		1980-1984
CARACOL	MEKSİKA	79.000 m.	400.000 m <sup>1</sup>		1983-1985
AİT CHOUARİT	FAS	98.000 m.	80 000 m <sup>3</sup>		1984-1987
YACYRETA	ARJANTİN	510.000 m.	500.000 m <sup>4</sup>		1985 -1992
PIEDRA DEL AGUILA	ARJANTİN	120.000 m.	120.000 m <sup>1</sup>	38.000m	1969-1993
MANANTALİ	MALİ	300.000 m.	400.000 m <sup>3</sup>		1983- 1987
AOULOZ	FAS	117.000 m.	140.000 m <sup>2</sup>	16.400m	1989-1990
ASWAN	MISIR	335.000 m.	62.000 m <sup>4</sup>		1964-1970
EL CEJON	HONDURAS	535.000 m.	560.000 m <sup>1</sup>	95.000 Ton	1980-1985
KHAO LAEM	TAYLAND	559.000 m	580 000 m <sup>1</sup>	64 000 Ton	1981 -1984
SANTA GIUSTINA	İTALYA	105.000 m.	60.000 m <sup>2</sup>	8.000 Ton	1976-1982
ASLANTAŞ	TÜRKİYE	28.400 m.	40 600 m <sup>2</sup>	1.400 Ton	1975-1984
KEBAN	TÜRKİYE	338.000 m.	300 000 m <sup>1</sup>	135.000 Ton	1965-1975
ALTINKAYA	TÜRKİYE	29.400 m.	35.000 m <sup>2</sup>	1.000 Ton	1982-1987
KARAKAYA	TÜRKİYE	37 500 m.	130000m <sup>2</sup>	1.130 Ton	1976-1987
ATATÜRK	TÜRKİYE	1.723.000 m.	1.200.000 m <sup>1</sup>	162.000 Ton	1986-1992

Tablo - 2 EN3EKSIYON GALERİLERİ HAFRİYAT TABLOSU						
	GALERİ AOI	KOTU	HAFRİYAT		UZUNLUĞU	NOTLAR
			Başla« Tarihi	Bitiş Tarihi		
S O L	L 1	549	05.03.1985	11.10.1985	1137 m.	
	L 2	499	19.11.1985	27.09.1986	838 *.	
	L 3	450	17.06.1986	25.05.1987	1225 **	
	L 4	395	18.11.1985	17.03.1987	1123 «.	fenaya yakın karstik boşluklar geçiştir
S A H 1 L	L 2 - L 3 Bağlantı	499-450	03.11.1986	16.03.1986	136 a.	% 39 eQiali
	L 3 - L 4 Bağlantı	450-395	12.09.1986	21.12.1986	123 «.	X 57 eQiali
	L 2 Ulaşım	499	19.09.1985	19.11.1985	162 *.	
	L 3 Ulaşım	450	06.06.1986	29.10.1966	244 a.	
	L 4 Ulaşım	395	08.04.1986	20.10.1986	460 a.	Aynı <b>umut</b> Vana Oklarına ulaş»
S A S	R 1	549	10.03.1984	13.10.1985	1770 a.	
	R 2	481	10.08.1986	08.09.1987	958 a.	
	R 3	437	05.09.1986	02.05.1987	1261 a.	
	R 4	385	09.11.1985	31.05.1986	625 a.	
S A H 1 L	R 2 - R 3 Bağlantı	4M-437	08.05.1986	10.10.1986	119 «.	X 65 eQiali
	R 3 - R 4 Bağlantı	437-385	05.02.1986	28.04.1986	83 a.	X 80 eQiali
	R 2 Ulaşım	487	20.10.1986	25.04.1987	84 a.	
	R 3 Ulaşım	437	19.06.1986	12.09.1966	344 a.	
	R 4 Ulaşım	387	12.02.1966	11.07.1986	338 a.	
	Kontrol - Ulaşım	387	04.05.1986	20.06.1986	170 a.	
TALVEG	Cut ft Cover	374	06.11.1985	22.11.1986	988 a.	Açık haftıwtla kazılın, betonlanadır.
	Kontrol Galerisi	350	04.12.1986	26.11.1987	1229 a.	
Toplam : 13417 a.						



### **3. SONDAJ ve ENJEKSİYON FAALİYETLERİ**

Atatürk Barajı Projesinin gerçekleştirilmesinde Giriş bölümünde bahsedilen Ana Enjeksiyon Perdesinin dışında, çok değişik amaçlara toplam derinliği 357,000 m. olan sondaj ve 25,000 ton çimento enjeksiyonu yapılmıştır. Başlıca faaliyetler kronolojik bir sıra ile aşağıda özetlenmektedir.

#### **3.1. Mamba Batardosu Tabanı Perde Enjeksiyonları**

Mamba batardosunun tabanından olabilecek sızıntıların önlenilmesi amacıyla; bir bölümü Slurry-trench, bir bölümü de enjeksiyon olmak üzere 15 m. derinlikte bir geçirimsizlik perdesi oluşturulmuştur.

Slurry-trench (bulamaç hendeği) işleminde, Caterpillar 245 paletli ekskavatöre monte edilmiş Casagrande KRC-2 Kelly ile Casagrande Jet-250 bentonit-çimento hazırlama ünitesi kullanılmıştır. Projede; bir bölümü Santral Binası kazısı ile Şüt Kanalı Dinlendirme Havuzları kazılarına nehirden su gelişini önlemek amacıyla ve bir bölümünde mamba ve mansap batardolarının altında olmak üzere, toplam 13,500 m<sup>3</sup> slurry-trench yapılmıştır.

Mamba batardosu altında yapılan enjeksiyon perdesine ise; 28.08.1986 tarihinde tamamlanmıştır. Toplam kuyu sayısı 173, toplam delgi miktarı 3,763 m. ve yapılan enjeksiyon miktarı da 439 ton çimentodur.

#### **3.2. Ana Gövde Kil Altı Konsolidasyon Enjeksiyonları**

Kil çekirdeğinin oturacağı zemin, kil dolguya başlamadan önce derinlikleri 10-20 m. arasında değişen 4m.x 4m.paternli sondajlarla ve nisbeten düşük basınçlarda (2-5 bar) yüzeyden enjekte edilmiştir.

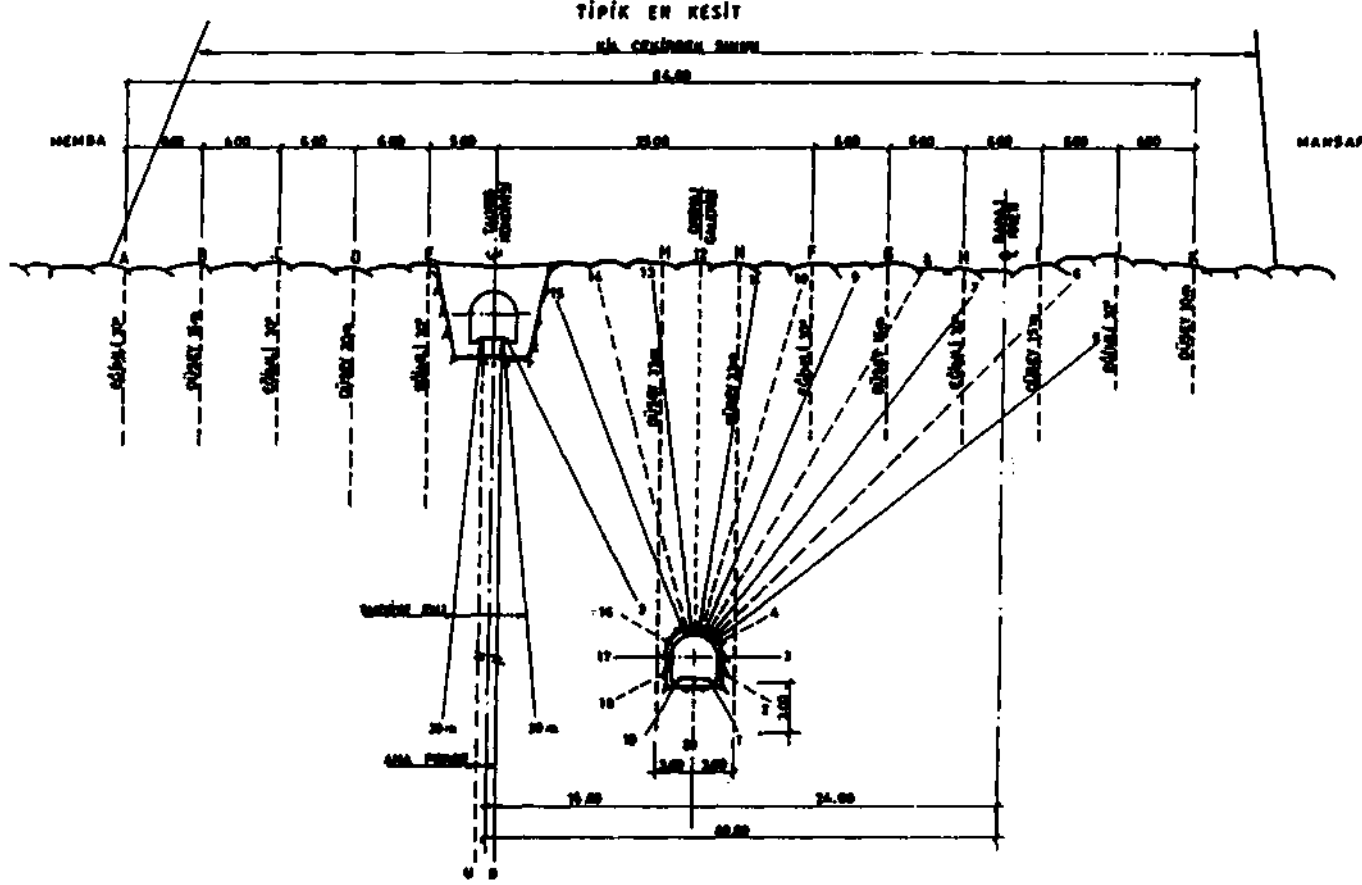
Kil dolgu belli bir yüksekliğe eriştikten sonra ise, kil dolgu altındaki zemin, kontrol galerisinden yapılan fan şeklindeki baş yukarı sondajlarla ve daha yüksek basınçlarda (10-20 bar) enjekte edilerek pekiştirilmiştir. Böylece, zeminden ve kil-kaya kontağından su sızması önlenildiği gibi, kayanın konsolidasyonu da sağlanarak mukavemeti artırılmış ve zemin oturmaları asgariye indirilmiştir. (Bakınız Şekil 4).

Yüzeyden yapılan konsolidasyon enjeksiyonlarına, 02.07.1986 tarihinde başlanmış ve 03.08.1987 tarihinde tamamlanmıştır. Yaklaşık 100,000 m<sup>3</sup> lik bir alanda; toplam miktarı 66,479 m. olan 3,316 adet sondaj yapılmış ve 4,214 ton çimento enjeksiyonu gerçekleştirilmiştir.

#### **3.3. Santral Binası Tabanı Perde ve Konsolidasyon Enjeksiyonu**

Santral Binası kazısı esnasında sağ sahil yamaç tarafından yaklaşık 1.2 m<sup>3</sup>/sn. lik bir su geliş gözlenince; Santral Binasının beton temeli içinde mevcut bulunan galerilerden çepeçevre komple bir dikey perde ile, yüzeyden yapılacak 4m.x4m. paternli sondajlarla da temelin 20m altında 10 m kalınlıkta bir yatay perde oluşturulmasına karar verilmiştir. Böylece, ileride Baraj gölünde toplanacak olan suyun





Şekil-4 Yüzeyden ve galeriden yapılan kil altı konsolidasyon enjeksiyonları.

etkisiyle, bu su gelişi artsa bile; binanın, suyun kaldırma (yüzdürme) etkisiyle herhangi bir hasara uğraması önlenmek istenmiştir. Kibrit kutusu şeklindeki bu kapalı perdenin iç tarafına yine aynı galerilerden yapılan drenaj kuyuları ile de, sızacak sular derene edilerek, basmıç düşürülmesi planlanmıştır. Yapılan çalışma başarılı olmuş, bildirinin hazırlandığı 20 Eylül 1993 tarihinde göl kotu 530.42 ve göldeki suyun derinliği nehir seviyesinden 150 m. yüksekte iken dahi, Santral binasına gelen bu su miktan 1.2 m<sup>3</sup>/sn olarak su tutma öncesi miktarda sabit kalmıştır.

Bu çalışmalara 01.01.1987 tarihinde başlanmış, beton faaliyetlerine bağlı olarak zaman zaman ara verilmek kaydıyla, 07.04.1992 tarihinde tamamlanmıştır. Toplam 18,265 m. derinlikte düşey perde, toplam 16,725 m. derinlikte yatay perde, toplam 3,080 m. derinlikte konsolidasyon ve toplam 1,930 m. derinlikte drenaj delgileri yapılmıştır. Toplam sondaj miktan 40,000 m. olup, yine toplam 2,056 ton çimento enjeksiyonu gerçekleştirilmiştir.

#### **3.4. Su Alma Yapısı ve Dolusavak Eşik Yapısı Tabanları Konsolidasyon Enjeksiyonları**

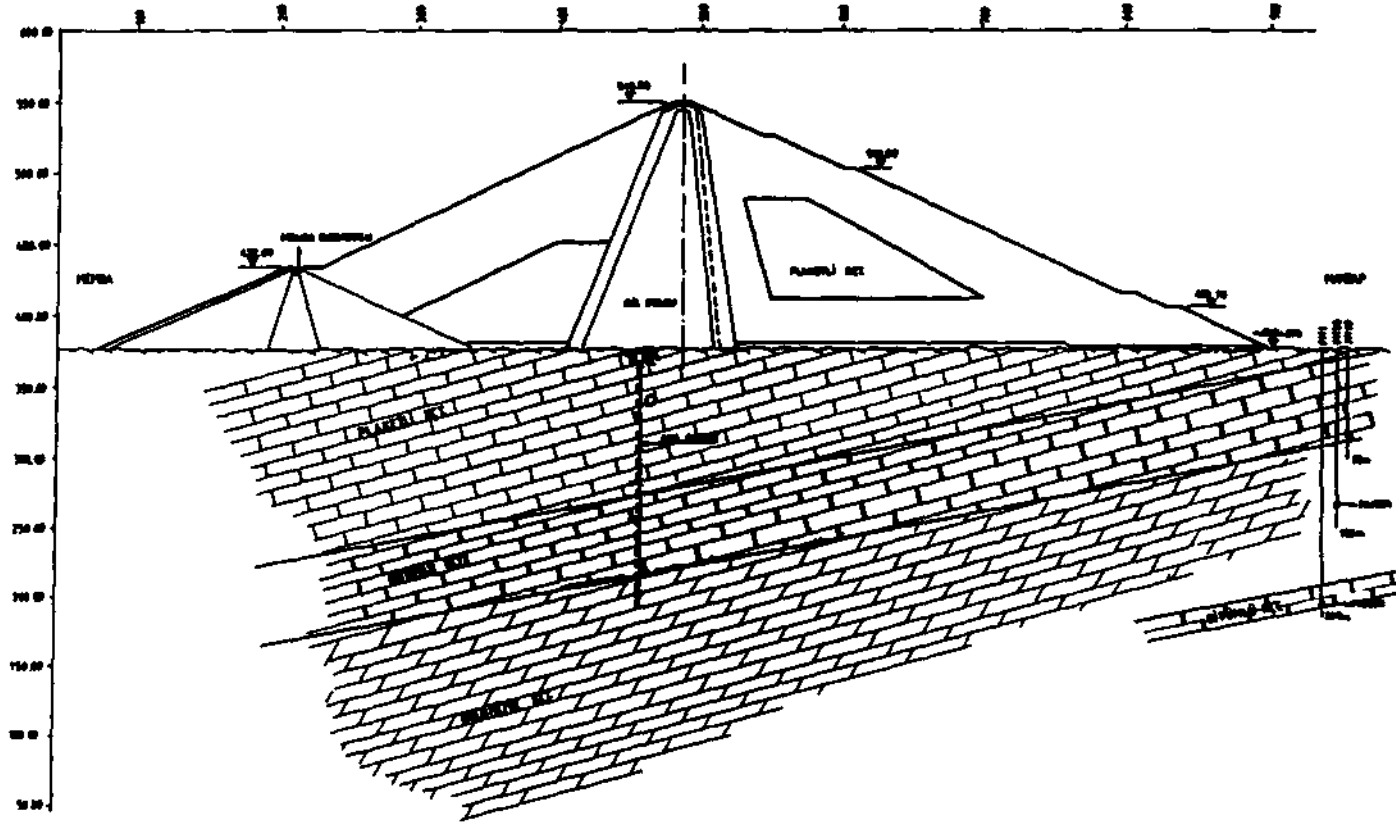
Bu büyük beton yapıların tabanındaki zeminin konsolidasyonun yapılarak, kayaçların taşıma gücünü arttırmak, aynı zamanda da zeminin sızdırmazlığını sağlayarak gölden gelecek suyun etkisini önlemek amacıyla sağ sahildeki Su alma yapısı tabanında 20.12.1988 ile 17.09.1991 tarihleri arasında Beton faaliyetlerine bağlı olarak ve fasılalarla zaman zaman ara verilerek toplam derinliği 12,039 m. olan 695 adet sondaj ve 317 ton çimento enjeksiyonu yapılmıştır.

Aynı şekilde, Sol Sahilde Dolusavak Eşik Yapısı tabanında da 18.05.1987 ile 24.08.1988 tarihleri arasında toplam derinliği 11,300 m. olan 434 adet sondaj ve 1,016 ton çimento enjeksiyonu yapılmıştır.

#### **3.5. Ana Enjeksiyon Perdesi**

Dünya'nın en büyük boyutlu Perdesi olma vasfına sahip bulunan Ana Enjeksiyon Perdesi çalışmalarına 25.11.1986 tarihinde, talvegte yer alan Cut & Cover Galerisinin sağ sahil tarafından başlanmış, diğer galerilerin hafriyat sonrası betonlama işlemleri tamamlandıkça faaliyetler, bu bölümlerde genişletilmiştir.

Başlangıçta en alt galerilerden yapılan sondaj çalışmalarında, tabanda bulunan ilk 50 metrelik plaketli kireç taşıma altında yaklaşık 50 metrelik bir kalınlık gösteren ve çok miktarda bantlar halinde çörtlü seviyeler (kalınlıkları bir kaç santimden 1 metreye kadar değişen) ihtiva eden bitümlü kireç taşıma girilince sondajların ilerletilmesi mümkün olamamıştır. (Şekil 5). Yaklaşık 6 aylık bir süre içinde emprenye elmas kronla yapılan karotlu araştırma sondajlarının haricinde, bu çörtlü seviyelerin enjeksiyon delgisi için karotsuz olarak delinmesi hiç bir şekilde başlanmamıştır. Bu bölümlerin karotlu olmaları ise, gerek ekonomi yönünden çok büyük maliyetlere sebep olması ve gerekse delgi süresi olarak, projenin zamanında bitirilebilmesine imkan vermeyeceğinden, değişik delgi sistemlerinin denenmesine çalışılmıştır. Bu arada zaman kazanmak üzere, kuyuların ilk 50 şer metrelik plaketli kireçtaşında olan kısımları 76 mm, lik çatal matkapla delinerek kademe enjeksiyonları yapılmış, bilahare kuyuların bitümlü-çörtlü seviyelere kadarki bu bölümleri tekrar delinerek



Seki 1-5 Ana gövde kesiti ve tabanda yer alan jeolojik formasyonlar ile enjeksiyon perdesinin konumu.

bentonitle doldurulmuş ve çörtlerde başanmış bir delgi sistemi geliştirilinceye kadar çalışmalara bu şekilde devam edilmesi sağlanmıştır.

Baraj etüd sondajlarında alman karotlarda çok az olarak tesbit edilen çörtlü seviyelerin, işin başlamasından hemen sonra böylesine büyük bir yoğunlukta mevcut oluşu, tüm ilgililer için çok büyük bir sürpriz olmuştur. Herşeye rağmen her türlü matkap ve her türlü teknik denenmiş ve netice de; yaklaşık 6 aylık bir çalışma sonunda 76 mm. delgi çapındaki Zimmerman Almanya firmasının özel olarak imal ettiği yüksek basınçlı Down-the-Hole tabancalarla basan sağlanabilmiştir. Şöyleki, çörtlerin yanısıra, tüm kuyularda çok miktarda artezyen oluşması havalı sondaj sistemleri için çeşitli problemlere sebep olmuşsa da, bizim çalışmalarımızda, 150 m. derinliğe kadar hiç bir sorun olmadan delgi yapılması mümkün olmuştur. Kuyu başlangıcında, kompresör basıncı 12 bar olarak ayarlanmış ve her 20 metrelik delgi sonrası 1 bar arttırılarak artezyen basınçlarının etkisi ortadan kaldırılmıştır. Down-the -Hole çalışmalarda, sondaj devri 25 d/d, matkap yükü ise 200 kg. da sabit tutulmuştur.

Havalı sondajla başarı sağlanmasına paralel olarak hemen hemen aynı tarihte 3" lik button tipi 3 konlu rock bitlerle de çörtlerin geçilmesi mümkün olmuş ve böylece bitümlü kireçtaşındaki bu büyük delgi problemi çözülmüştür. Rock-bit çalışmalarda sondaj devri olarak 100 d/d. ve 3,5 ton matkap yükü uygulanmıştır.

Sırası gelmişken belirtilmesinde yarar gördüğümüz husus; Down the Hole sistemiyle çalışırken özellikle sert-yumuşak tabakaların bulunduğu bölümlerde, rotary sondajlara

nazaran kuyu sapmalarının çok daha az olmasının yanı sıra pek çok kişinin zanettiğinin aksine yanyana yapılan test sondajlarında; paker tutturma problemleri DTH ile çok daha az olduğu gibi, enjeksiyon alımları da rotary sondajla yapılanlara nazaran hissedilir ölçüde fazla olmuştur. Bunun sebebi kanımızca rotary sondajlarda, yumuşaktan serte geçerken, yumuşak bölümün aşırı derecede aşınarak genişlemesidir. DTH ile ise, ilerleme hızının aynen devam etmesi nedeniyle, kuyu çapı tüm kuyu boyunca sabit kalmaktadır.

Tablo-3'de görüldüğü gibi, yukarıda izah olunan delgi probleminin çözülmesini müteakip aylık 35000 ve yıllık 400000 m.'nin üzerinde perde sondajları gerçekleştirilebilmiştir.

Çalışmaların yoğun olduğu yıllarda Ana Enjeksiyon perdesinde 32 adet yeraltı sondaj makinası ile çalışılmış ve 12 saatlik 2 vardiya halinde hiç ara verilmeksizin çalışmalara devam edilmiştir. Projede çalışan makina parkı ve makinaların özellikleri bölüm 5'de verilmektedir. Enjeksiyon perdesinde çalışılan 32 sondaj makinasının yanı sıra, 32 adet triplex sirkülasyon pompası ile 55 adet değişik tip ve özelliklerde enjeksiyon pompası kullanılmıştır.

Enjeksiyon karışımları, 2'si sol sahil L - 4 ulaşım ağı ve L - 1 çıkış ağımda, 2'de sağ sahilde R - 4 ve R-2 ulaşım ağlarında kurulan, Otomatik kontrollü 4 adet Ana Enjeksiyon istasyonunda %3 bentonit ilaveli 1:1 (çimento:su) oranında hazırlanarak, yüksek basınçlı (100 bar ) enjeksiyon pompaları ile 1"lik borulardan çalışma bölümlerine sevk edilmiştir. Çok uzun mesafelerde ise röle istasyonları kurulmuş ve Ana enjeksiyon istasyonundan gelen 1:1 çimento karışımı,

TABLO - 3 ATATÜRK BARAJINDA YAPILAN SONDAJ VE ENJEKSİYON MİKTARLARININ YILLARA DAĞIIMI VE AYUK ORTALAMALARI

Y 1 L L A R	YERALTI ANA PERDE SONDAJ ve ENJEKSİYONLARI				YÜZEY ve DİĞER SONDAJ ve ENJEKSİYONLAR			
	AYLIK ORTALAMA		YILLIK TOPLAM		AYUK ORTALAMA		YILLIK TOPLAM	
	SONDAJ	ENJEKSİYON (ÇİMEMTO)	SONDAJ	ENJEKSİYON (ÇİMEMTO)	SONDAJ	ENJEKSİYON (ÇİMEMTO)	SONDAJ	ENJEKSİYON (ÇİMEMTO)
1986	412 m/Ay	74 ton/Ay	412 m/Ay	74 ton/Ay	6 751 m/Ay	476 ton/Ay	81 012 m/Ay	5 712 ton/Ay
1987	12 832 m/Ay	1 083 ton/Ay	153 984 m/Ay	12 996 ton/Ay	4 221 m/Ay	358 ton/Ay	50 652 m/Ay	4 296 ton/Ay
1988	35 330 m/Ay	2 872 ton/Ay	423 960 m/Ay	34 464 ton/Ay	1384 m/Ay	115 ton/Ay	16 608 m/Ay	1380 ton/Ay
1989	34 940 m/Ay	4 966 ton/Ay	419 280 m/Ay	59 592 ton/Ay	1 598 m/Ay	110 ton/Ay	19 176 m/Ay	1 320 ton/Ay
1990	21 587 m/Ay	2 057 ton/Ay	259 044 m/Ay	24 684 ton/Ay	680 m/Ay	113 ton/Ay	8 160 m/Ay	1 356 ton/Ay
1991	24 979 m/Ay	1513 ton/Ay	299 748 m/Ay	18 156 ton/Ay	224 m/Ay	268 ton/Ay	2 688 m/Ay	3 216 ton/Ay
1992	15 508 m/Ay	1 053 ton/Ay	186 096 m/Ay	12 636 ton/Ay	841 m/Ay	254 ton/Ay	10 092 m/Ay	3 048 ton/Ay
	KÜMÜLATİF TOPLAM		1 742 524 m/Ay	162 602 ton/Ay	KÜMÜLATİF TOPLAM		188 388 m/Ay	20 328 ton/Ay

NOT : Denvasyon Tünelin Dinlendirme Havuzunda yapılan 22 000 m fingenmeli Ankaraj delgisi ile Dolusavak Şut Kanalı Dinlendirme Havuzunda yapılan 128 000 m fingenmeli Ankaraj delgilen ve buralarda yapılmış olan 4 000 ton çimento enjeksiyonları tabloya dahil edilmemiştir  
Yeraltına santral perdesi dahildir

buradaki agitator ve enjeksiyon pompaları ile ortalama 500 metrelik galeri bölümlerinde 1"lik boruların içinde kapalı devre sirküle edilmiştir. Her 30 metrede bir borular üzerinde konulan vanalardan ihtiyacı olan ekip, enjeksiyon karışımını almıştır. Çalışmanın yoğun olduğu yıllarda yaklaşık 25 000 m. uzunluğunda 1"lik boruların içinde 24 saat enjeksiyon karışımı sirküle edilmiştir. İstasyonların, toplam karışım hazırlama kapasitesi 96 m<sup>3</sup>/saat olmuştur

Çalışma sistemi olarak, her sondaj makinasında 1 sondör, muavini ve 2 adet işçi çalıştırılmış, sondajı bitiren ekip deldiği kuyunun enjeksiyonunu yapmakla da görevlendirilmiştir. Bu sebeple de her sondaj makinasının yanına 1 adet seyyar mikser-agitator seti ve 1 adet de enjeksiyon pompası verilmiştir. Delgisini bitiren sondör, 200 lt.'lik mikserde 1:1 oranında karışımı röle istasyonundan sirküle edilen 1"lik enjeksiyon borusundan almış, karışımın inceltilmesi gerekiyor ise mikserde gereken miktarda su veya yine gerekiyorsa katkı maddesi ilave etmiş ve havalı tip pakeler kullanarak kuyuları 5'er metrelik kademeler halinde refii etmiştir. Refii basınçları genellikle 30 bar olmuştur.

Enjeksiyon Perdeleri oluşturulurken 102 700 m. karotlu ve su testli sondaj ;araştırma ve kontrol amacıyla yapılmıştır. Karotlu kuyuların tümünde Longyear NOWL ekipmanlar ve su testleri için de bu firmaya ait özel havalı pakeler kullanılmış, böylece takım dizisini çekmeden su testleri gerçekleştirilerek, fevkalade büyük bir sürat sağlanmıştır.

Çalışmalar esnasında oluşan bazı çarpıcı rakamların belirtilmesinde yarar görülmektedir.

Şöyle ki; sadece ana enjeksiyon perdesinde 1 ayda yapılan en fazla sondaj miktarı önce Kasım 1988'de 45,058 m., daha sonra da Kasım 1989'da 49 798 m. olarak gerçekleştirilmiştir. Bu rakamlar 3-4 yıllık sürelerde tamamlanan Karakaya, Aslantaş ve Altınkaya Barajlarının perde delgilerinden daha fazladır. (Bakınız Tablo-1) 1 ay içinde en çok basılan enjeksiyon miktarı ise; 37 102 m. delginin yapılmış olduğu Mart 1989 ayıdır ve toplam 11 136 ton çimento olarak gerçekleştirilmiştir.

### 3.6. Öngerilmeli Ankraj Çalışmaları

Atatürk Barajı ve HES inşaatı Projesi'nde sondaj ve enjeksiyonla ilgili olarak gerçekleştirilen bir diğer önemli çalışma da, Öngerilmeli Ankraj faaliyetleri olmuştur. Derivasyon tünelleri ile Dolusavak şüt kanalı Dinlendirme havuzlarında ayrı ayrı yapılan bu çalışmaların amacı; çok süratli su akışları neticesinde suyun emme gücüyle oluşabilecek hasarları önlemektir. Hatırlarda kaldığı gibi 1978 yılında Hasn Uğurlu Barajının Dolusavağı çalıştığı zaman, yaklaşık 5000 m<sup>3</sup>/sn. su akışında şüt kanalında 3 metre kalınlıktaki beton bloklar kayadan koparak ayrılmışlar ve çok büyük zararlara sebep olmuşlardır.

Atatürk Barajı'nda ise örneğin Derivasyon tünellerinden (Dipsavak) 2200 m<sup>3</sup>/sn. hızda su geçişleri olmasına rağmen öngerilmeli ankrajların etkisiyle hiç bir olumsuz durum çıkmamıştır.

Atatürk Barajı'nın şüt kanalı Dinlendirme Havuzu Ankrajları ise, 1000 senelik feyzanda 16,500 m<sup>3</sup>/sn. su bırakılacağı varsayılarak projelendirilmiştir

Aşağıdaki bölümlerde bu çalışmalar ayrı ayrı özetlenmektedir.

### **3.6.1. Derivasyon Tünelleri Dinlendirme Havuzu Öngerilmeli Ankraj Çalışmaları**

27.02.1986 ile 04.06.1986 tarihleri arasında ve yaklaşık 4 aylık bir sürede, 1324 adet 36 mm. çapında Dywidag tipi Öngerilmeli ankraj konulmuştur. Ankraj boyları 9 ile 16 m. arasında değişmektedir. 8 5 ton yüke test edilen ankraj lar 70 ton çalışma yüküne bağlanmışlardır. 2 adet Tamrock Tover-Track, 1 adet Diamek 260 ve 5 adet Wirth BO/B1A sondaj makinası ile çalışılmış ve toplam derinliği 21 877 m. olan 90 mm. çapında delgi ve 324 ton çimento enjeksiyonu yapılmıştır.

### **3.6.2. Dolusavak Şüt Kanalı Dinlendirme Havuzu Öngerilmeli Ankraj Çalışmaları**

Bu bölümde yaklaşık 62 330 m<sup>2</sup> lik alanda VSL-İsviçre çok halatlı öngerilmeli ankraj çalışmalarına 18.04.1990 tarihinde tamalanmıştır. 5196 adedi havuz tabanında 1519 adedi de duvarda olmak üzere, toplam 6715 adet arasında değişmiştir. 13 halatlı ankraj lar, 240 ton'luk çalışma yüklerine bağlanmıştır.

Bu faaliyetler esnasında 2 adet Wirth BO Down the Hole makina çalıştırılmış; 150 mm çapında toplam 128 000 m. Down the Hole ile delgi ve 4000 ton çimento enjeksiyonu yapılmıştır.

### **3.7. Çok Geniş Çaplı Delgi Çalışmaları**

Projenin bailangıcından itibaren hemen her safhasında, çok büyük yararlar sağlayan bir çalışma da Wirth B2/B3A ters sirkülasyonlu sondaj makinasıyla yapılan, geniş çaplı delgi

faaliyetleri olmuştur. 620 mm ve 950 mm olmak üzere 2 değişik çapta ve kesici konları yumuşak formasyonlar için dişli (tooth cutter), sert formasyonlar ve özellikle de çörtlü seviyeler için button tipi olmak üzere 2 değişik özellikte matkaplar kullanılmıştır. 1995 yılı içinde ise Yaslıca Sulama istasyonundaki 17 adet 30' ar metre derinlikteki pompaj kuyuları için, kendi atelyemizde orjinal matkapların kesici kon'ları kullanılarak imal edilen 1760 mm çapında matkap ve aynı çapa tadil edilen merkezleyiciler kullanılmıştır. Gerek sistemin özelliğinden ve gerekse takım dizisi içinde kullanılan merkezleyicilerden dolayı, 250 m. derinliğe kadar açılan kuyularda dahi, hiçbir şekilde kuyu sapması oluşmamıştır.

Ekim 1986'dan Temmuz 1995'e kadar çeşitli tarihlerde, değişik maksatlarla toplam derinliği 3122 m. olan 59 adet kuyu açılmıştır. Bunların, 1836 m. lik 18 adedi 620 mm. çapında, 743 m.lik 23 adedi 950 mm çapında ve 543 m. lik 18 adedi de 1760 mm çapında delinmiştir. Bu kuyuların hangi amaçlarla açıldıkları ve projede ne yararlar sağladığı ise, aşağıda kısaca özetlenmektedir.

### **3.7.1. Enjeksiyon Galerileri Havalandırma Şaftları**

2'si sol sahilde E-22 (185 m.) E-23 (156 m ) ve 2'side sağ sahilde E-25 (248 m.), E-26 (186 m.) olmak üzere 4 adet 650 mm. çapında delinen kuyular, Turmag-axital fanlar bağlanmak suretiyle gerek galeri havriyetlan ve betonlama çalışmaları ve gerekse tüm enjeksiyon çalışmaları süresince hiç bir aksaklığa sebep olmadan hizmet görmüşlerdir. Şaft sondajının delgisinden önce her birinin çevresinde tüm kuyu boyunca açılan 3'er adet 76 mm. çapındaki

sondaj kuyularından kademe enjeksiyonu yapılarak;hem formasyonun delgi öncesi sağlamaştırılması ve hem'de ileride oluşabilecek su gelişlerinin önlenmesi amaçlanmıştır.

### **3.7.2. Dolusavak ve Sualma Yapısı Pendulum Şaftları**

Ters Pendulum ölçüm aletlerinin yerleştirilmesi amacıyla 2'si Dolusavak Beton Yapısı tabanında (30,50'şer m.) ve 2'side Sualma Beton Yapısı tabanında olmak üzere (31 ve 32 m derinliklerinde) 4 adet 650 mm. çapında kuyu açılmıştır.Daha önceki baraj inşaatlarında kademeli olarak kuyuların taranarak genişletilmesi suretiyle açılan bu tip kuyuların, ilk defâ Atatürk Barajı'nda tek kadema de açılmış olması gerek maliyet ve sürat yönünden gerekse betonlama faaliyetlerinin önünü keserek aksatmaması açısından çok büyük bir fayda sağlamıştır.

### **3.7.3. Dip Savak Havalandırma Şaftları Pilot Delgileri**

Daha önceden hafriyatı tamamlanmış olan Vana Odalarına; yüzeyden 63 m., 83,50 m. ve 103,50 m derinlikte ve bilahare projede yer alan 3 adet 5 m. çapındaki Dip Savak Havalandırma Şaftlarının hafriyetleri ;yukarıdan aşğıya doğru patlatma yapılp, paşanın pilot kuyuların içinden Vana odalarına dökülmesi sağlanmış ve bu şaftların rekor bir sürede bitirilmesi temin edilmiştir

### **3.7.4. Hidrolojik Gözlem Kuyular**

Barajın mansap topuğunda, su tutma sonrası yeraltı su hareketlerini ve özelliklerini

incelemek amacıyla 2 adet 620 mm. çapında 10'ar m.lik ve 3 adet de 950 mm. çapında 60'ar m.lik hidrolojik gözlem kuyuları açılmıştır.Bu geniş çaptaki kuyuların içine konulan flayt pompalarla 6 ay süresince devamlı olarak su çekilmiş ve çıkan suların sıcaklık, elektriksel ve kimyasal özellikleri kontrol edilerek; bu suların mansapta mevcut bulunan karstik özellikteki sular olduğu ve enjeksiyon perdesini geçerek, baraj gölünden gelmediği kesin olarak saptanmıştır.

### **3.7.5. Drenaj Galerileri ve Yaslıca Sulama Tüneli Havalandırma Şaftları**

Sağ sahilde Cebri boruları, sol sahilde ise Dolusavak Şüt kanalını; baraj mansabında inşaat öncesinde mevcut olmasına rağmen baraj gölünün etkisi ile basıncı yükselen karstik orijinli yeraltı suyunun kaldırma etkisinden zarar görmesini önlemek üzere açılan toplam 3560 m uzunluğundaki Drenaj galerilerinin havalandırılması amacıyla; 60 m, 72 m. 81 m. 110 m. ve 239 m derinliklerde 620 mm. çapında 5 adet kuyu açılmıştır.

Aynı şekilde, 1503 m. uzunluğundaki Yaslıca Sulama Tünelinde de 620 mm.çapında 62 m. ve 63 m. derinliklerinde 2 adet havalandırma bacası oluşturulmuştur.

### **3.7.6. Yaslıca Pompa İstasyonu Pompaj Kuyuları**

Pompaların yüzeyden Pompaj Holü'ne indirilebilmesi amacıyla ortalama derinlikleri 1760 mm. çapında 17 adet sondaj yapılması gerekmiştir.Tüm kuyular önce; 950 mm.çapta tabana kadar delinmiş ve daha sonra Pompa Holü'nün hafriyatı gerçekleştirilerek, kuyu



tabanlarının açığa çıkması sağlanmıştır. Bilahare daha önce de belirtildiği gibi, kendi olanaklarımızla imal ettiğimiz 1760 mm. çapındaki matkabın ön tarafına yine kendi imalatımız olan 950 mm. çapında bilya yataklı bir klavu merkezleyici bağlanmış ve nihayet matkabın hemen üstüne 1760 mm. çapında bilya yataklı olan ve Drill Collara bağlanmış bulunan 2 ci bir merkezleyici takılarak, kuyularda hiç bir sapma oluşturmaksızın yukarıdan aşağı doğru taranarak ve oluşan sadımanların Pompa Holü'ne dökülmesi sağlanarak kuyuların açılması işlemleri tamamlanmıştır.

#### 4.SONDAJ-ENJEKSİYON MAKİNA PARKI VE GÖREVLENDİRİLEN PERSONEL

##### 4.1. Projede Kullanılan Sondaj ve Enjeksiyon Makinaları

Enjeksiyon çalışmalarında kullanılan tüm makina ve ekipmanlar 1985 yılımda satın alınmış olup; başhcaların adet ve özellikleri aşağıda sıralanmaktadır.

Sıra No	Adı ve Özellikleri	Adedi
1.	Wirth (Almanya) B2A/B3A Şaft Sondaj Makinası.Kamypna Monte. 650 mm ve 950 mm. çapta 500 m. derinlik kapasiteli. Ters Sirkülasyonla	1
2.	Wirth (Almanya) Bo/BIA Rotary Sondaj Makinası.Paletli.30 kw elektrik motorlu. Wire-line Vinçli. N-Çapta 400 m derinlik kapasiteli. Tam hidrolik	10
3.	Wirth(Almanya) BO/BOA Down the hole Modifikasyonlu Sondaj Makinası Paletli. 30 kw. elektrik motorlu. Tam hidrolik.	5
4.	Wirth (Almanya) BO Drifter Sondaj Makinası. Paletli Tamrock HRL 438 L Tabanca ile mücehez 37kw.	5
5.	Cralius (isveç) Diamec-260 tam hidrolik Rotary Sondaj Makinası. Treylere monte. Wire-line Vinçli. 30 kw. elektrik motorlu. N-Çapta (76 mm.) 350 m derinlik kapasiteli.	20
6.	Craelius (isveç) Trido-140 EG (John Bean 535 RO ) Triplax 4 vitesli Sirkülasyon Pompası. Minimum 32.5 lt/dak. ve maksimum 37.5 lt/ dak. kapasiteli. 35 bar çalışma basınçlı. 15 kw elektrik motorlu Treylere monte.	32
7.	Wirth (Almanya) Type 4"x 12"x 3 1/2" AS tam hidrolik Enjeksiyon Pompası. 22 kw. elektrik motorlu. 100 bar basınçta 6 m3 /saat kapasiteli. Ana enjeksiyon istasyonunda kullanılmıştır.	16
8.	Wirth (Almanya)Type 4" x 12" x 3 1/2" Atam hidrolik Enjeksiyon Pompası. 11 kw. elektrik motorlu. 65 bar basınçta 6 m3/saat kapasiteli. Treylere monte. Yeraltı enjeksiyon istasyonlarında kullanılmıştır.	14
9.	Craelius (isveç) ZBE tam hidrolik Enjeksiyon Pompası 100 bar basınçta 5.4 m3/saat kapasiteli. 7.5 kw elektrik motorlu. Treylere monte. Yeraltı enjeksiyon istasyonlarında kullanılmıştır.	10
10.	Hany (isviçre) HPU 725 tam hidrolik Enjeksiyon Pompası. 50 bar basınçta 9.9 m3/saat kapasiteli. 9.5 kw elektrik motorlu. Treylere monte. Yeraltı enjeksiyon istasyonlarında kullanılmıştır.	5
11.	Hany (İsviçre) HCM 500 E Kolloidal Mikser. 450 lt . kapasiteli. 5.5 kw elektrik motorlu. Ana enjeksiyon istasyonlarında kullanılmıştır.	12
12.	Hany (isviçre) HRW 800 E Agitator. 800 lt kapasiteli 0.55 kw elektrik motorlu Ana enjeksiyon istasyonlarında kullanılmıştır.	8
13.	Hany (isviçre) HCM 200 E Kolloidal Mikser (200 lt kapasiteli ve 5.5 kw elektrik motorlu) üe HRW 350 E Agitator seti (350 lt. kapasiteli 0.55 kw elektrik motorlu). Aynı treylere monte. Yeraltı enjeksiyon istasyonlarında kullanılmıştır.	32
14.	Atlas Copco (isveç) GR 1520 PEW 2 kademe Vidalı yük basınçlı Kompresör. 20 bar basınçta 19.7 m3 /dak kapasiteli 200 kw. elektrik motorlu. Down the Hole çalışmalarda kullanılmıştır.	3

#### 4.2. Personel

Çalışmaların yoğun olduğu yıllarda Sondaj-Enjeksiyon çalışmalarında 820 eleman görev yapmıştır. Bunların unvan ve adetleri aşağıdaki gibidir.

Mühendis (Çeşitli mesleklerden)	30
Formen ve Formen Yardımcıları	44
Sondör ve Sondör Yardımcıları	40
Enjeksiyon Ekip Şefleri	18
Makina Atölyesi	74
Elektrik Atölyesi	24
Çeşitli Sınıftan işçi	490
<b>Toplam</b>	<b>820</b>

#### 4.KAYNAKLAR

Durak,S.,Erkan,B., Aksoy, N. "Calcite Removal From Wellbores At Kızıldere Geothermal Field, Turkey", **Proceedings 15 th NZ Geothermal Workshop**, New Zealand, 1993, s:11-15

.....,"**Practical Casing Design**", Halliburton Company, Part 1,1976

Sutton, F.M.,"**Pressure-Temperature Curves For A Two-Phase Mixture Of Water And Corbon Dioxide**", N.Z.J. Sei., s:333-337

#### Semboller:

$P_{wh}$	Kuyubaşı basıncı, MPa
$P_R$	Rezervuar basıncı, MPa
$f_s$	Sürtünmeden meydana gelen basınç kayıpları,MPa
$P_h$	Hidrostatik basıncı, MPa
$\Delta t$	Sıcaklık farkı, °C
$c$	Termal uzama katsayısı (Çelik için $c= 11 \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ C^{-1}$ )
$A$	Borunun kesit alanı, m <sup>2</sup>
$F$	Kuvvet, N
$E$	Elastisite Modülü, (Çelik için $E=2.1 \cdot 10^{11} N/m^2$ )
$P_c$	CO <sub>2</sub> , nin kısmi basıncı, Pa
$N_c$	CO nin mol oranı
$L$	uzunluk, m

Sondaj Sempozyumu'96 . Izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

**Farklı Yeraltısuyu Taşıyan Formasyonların Tek Kuyu He Nitel Açıdan Ayrı Ayrı Arakat Tecrübelerinin Yapılması**

**Examining Separately The Formation Including Diffrent Ground Waters In One Well.**

E.Babiir

*DSİ II Bolge Md, YAS Şube Müdürlüğü, Bornova/İZMİR*

**ÖZET :** BİR sahada, birden fazla akifer bulunuyorsa bunların sayısı kadar sondaj yapılarak akiferlerin ayrı ayrı hidrolik ve kimyasal açıdan tanımlanmaları gerekir. Anlatılan test yöntemiyle, kazılan bir su kuyusuna boru indirilmeden, geçilen bir veya daha çok akiferden ayrı ayrı su alınabilmekte ve akiferlerin piezometrik düzeyleri saptanabilmektedir.

Ekipmanın en önemli elemanı packerdir Packer 6 1/2" çapında, şişirilebilir ve tekrar kullanılabilir tipte, piyasada yaptırılmıştır. Diğer parçalar DSİ 2. Bölge Müdürlüğü Sondaj Şube Müdürlüğü atelyesinde yapılmıştır. Yöntemin hızlı, ekonomik bilgi edinme gibi yararları yanında doğal olarak riskleri de vardır. Sondajı yalından izlemek ve iyi bir sondaj çamuru dizaynıyla bu riskler en aza indirilebilir.

**ABSTRACT :** If there are more than one aquifers in an area by being drilled the equal numbers of aquifers it is necessary to be defined separately Interms of chemically and hydraulically. It can be extracted water from one or more aquifers drilled and it can be defined the piezometric surface of aquifers without by the method of test which belongs to this paper without being installed any casing and screen into a water well.

Packer is the most important element of the equipment. The packer of which the diameter is 6 1/2" and which is inflatable and retrieveable, has been produced specially in Turkey. The other elements of the equipment are made of by Department of Drilling Directorate of DSI 2nd Regional Directorate. Of course this method has a lot of advantages like getting information rapidly and economically, it has also naturally some risks. The risks can be minimized by the way of observing the drilling operation personally and designing a good drilling mud.

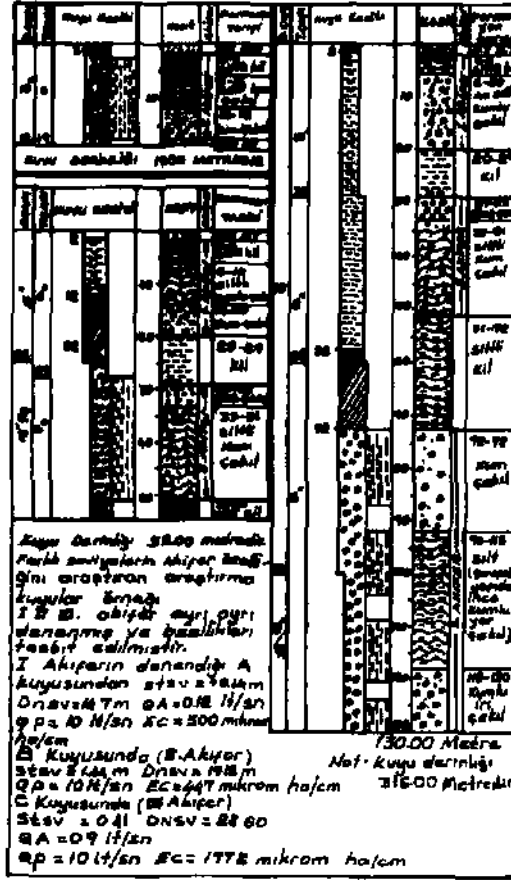
## 1. GİRİŞ

Bir hidrojeolojik etüdün amacı, sözkonusu sahadaki yeraltısuyunun nerelerde, hangi derinlikte, ne kadar ve hangi kalitede olduğunu

saptamaktır. Bunun için ilk önce jeolojik, hidrolojik ve jeofizik, ardından da sondaj çalışması yapılır. Böylece su veren formasyonların su verimi ve kalitesi hakkında

bilgi edinilir. Ardından gereksinmemize göre saha işletilerek su tüketime sunulur.

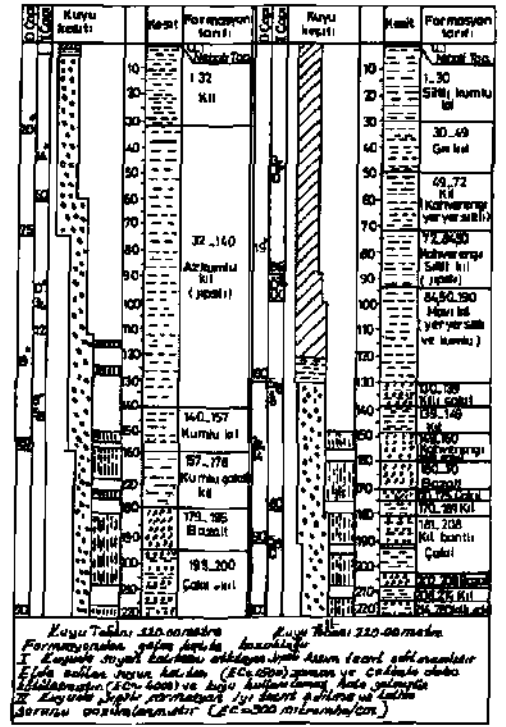
akiferlerden bir tanesi su kalitesinin bozuk olması dolayısıyla tüm kuyunun suyunu bozabilecektir, (Şekil 2), (Çuhadar vd. 1988).



Şekil 1. Farklı Akiferlerin Araştırılması

Sondaj aşamasında ; farklı akiferler içeren bir sahadan, bilgi almak amacıyla her akifer için ayrı sondaj yapmak gerekir, (Şekil 1), (Çuhadar vd., 1988).

Eğer bir su kuyusunu çeşitli akiferler katedecek ve hepsinden birden su alacak biçimde tamamlarsak, o an için istemlerimize yanıt alabiliyor olsak bile, akiferler ayrı ayrı tanımlanmamış olduğundan eksik bir çalışma yapılmış olunacaktır. Kaldı ki bu farklı



Şekil 2. Tanımlanmamış Akiferin Zaran

**Belli bir zaman ve para kaybına neden olan bu bilinmezlikler, kuyu kaulırken, tamamlanmadan herhangi bir yöntemle bilinir hale getirilebilir mi ?**

Bunun için kuyularda bir test uygulanmaktadır. Yazının başlığından anlaşılabilineceği gibi, anlatılacak test yöntemi bir veya daha fazla akiferi kateden su kuyularında kazı sırasında uygulanabilir ve çok özel şartlar dışında akifer özellikleri bir engel oluşturmaz. Bu yöntem özellikle petrol kuyuların için geliştirilen bir testin su kuyularına uygulanmasıdır.

## 2. GENELDE PETROL KUYULARINDA KULLANILAN BİR REZERVUAR TESTİ YÖNTEMİ, DRILL STEM TEST ( DST )

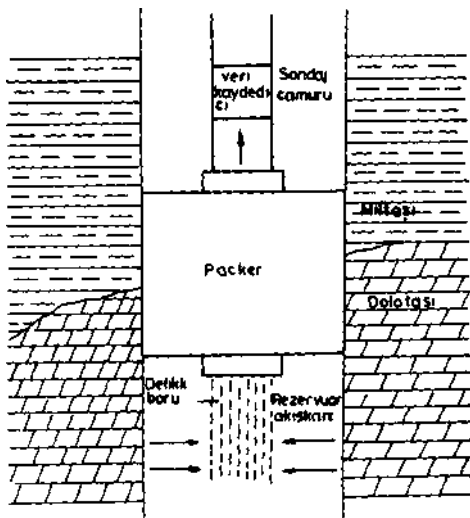
Bu testin uygulanmasıyla araştırma ve üretim kuyularında petrol vermesi olası zonlardan, kuyu kazılırken, boru indirilmeden bilgi edinilebilmektedir (Earlougher ve Robert, 1977). Test ekipmanı ve kullanımı basitleştirilmiş olarak (Şekil 3)' te görülmektedir.

Bu testle ;

Formasyon akışkanlarından laboratuvar çalışmaları için örnek alınmakta,

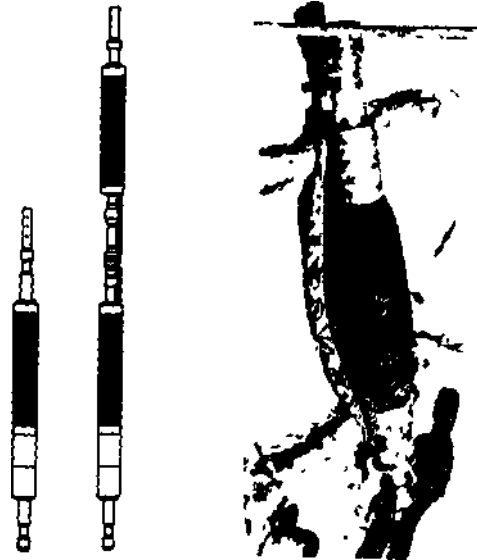
- Test edilen zonun formasyon basıncı ölçülmekte,

- Formasyon akışkanının rezervi, kuyunun üretimi ve bu düzeyin ekonomik değerini araştırmak için gerekli bilgiler toplanmaktadır (Sereda ve Solovyov, 1977)



Söz konusu testle, örneğin kömür yataklarındaki metan gazı ile ilgili parametreler de saptanabilmektedir. (J.Mavor ve McBane, 1993). Hemen her firmanın ayrı dizaynları varsa da ilke aynıdır. Ekipmanın en önemli parçası packer'dır (Şekil 4) (Composite Catalog, 1994-1995) (Resim 1). Test tek packerla yapılabildiği gibi iki packerla da yapılabilir (straddle yöntem) (Earlougher ve Robert, 1977). İki packerlı sistemin göreceli riskli ve su kuyularında kullanılabilirliği az olacağı düşüncesiyle burada tek packerlı yöntem anlatılacaktır.

Kuyu kazılırken rezervuar olması olası bir bölgeye girildiğinde kazı işlemine ara verilir.



Sondaj dizisi çekilerek test ekipmanı boş DP lerin ucunda istenilen derinliğe indirilir. Bilgi almak istediğimiz zonun hemen üstünde packer açılarak kuyu iki bölgeye ayrılır (Şekil 3). Kuyu içinde, packerın üstündeki bölüme üst kuyu bölgesi, altındaki bölüme de alt kuyu bölgesi

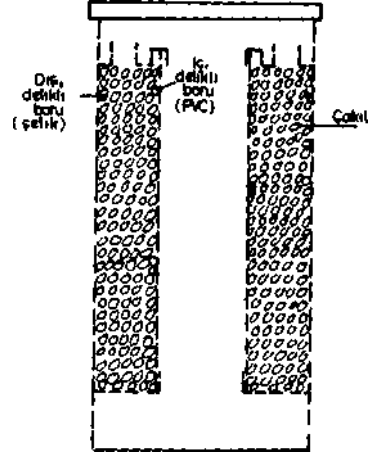
diyelim. Eğer alt kuyu bölgesindeki formasyon herhangi bir akışkan içeriyorsa, o bölgede stabiliteyi sağlayan çamur hidrostatik basıncı açılan packer aracılığıyla kaldırılmış olduğundan, akışkan packerm altındaki delikli borudan DP' lere dolar. Bu işlem boyunca üst kuyu bölgesi çamur hidrostatik basıncı altında olduğundan stabil kalır. Bu arada ekipmanın üzerindeki yazıcı tarafından zamana bağlı olarak çeşitli değerler kaydedilir ve packer söndürülüp ekipman kuyudan çıkarılır. Sonra duruma göre, o bölgenin bilgileri elimizde olacak şekilde kuyuyu derinleştirmeye devam edebiliriz ve karşılaşılabileceğimiz olası yeni bir rezervuarda aynı işlemi tekrarlama şansımızı koruruz.

### 3. YÖNTEMİN SU KUYUSUNA UYARLANMASI

Anlatılan test işleminin uygulandığı formasyonlarla, su amaçlı kuyuların kazıldığı göreceli sığ kuyuların formasyonları arasında bazı farklar vardır. Birinciler daha derinlerde yer aldığından -genelde- daha pekişmişlerdir ve rezervuar basınçları daha yüksektir. Ters olarak -genelde- su kuyuları gevşek, kohezyonsuz ve/veya düşük kohezyonlu formasyonlarda ve göreceli düşük basıncılı formasyonlarda kazılmaktadır.

Yukarıda anlatılan yöntemin su kuyularına uygulanabilirliği için ekipmanda bazı değişiklikler yapılmıştır. Test işlemi boyunca packerm altındaki kuyu bölgesinden akiferdeki suyu üretirken, bu bölgede stabiliteyi sağlayan çamur hidrostatik basıncının kalkmasıyla formasyonun (olasılıkla) yıkılması sorun oluşturabilir. Test işlemi bittikten sonra packer söndürüp test takımını yukarıya alırken, sürtünme kuvveti oluşturacak bu olay sonucu ekipmanı kuyudan çıkarmama durumuyla

karşılaşabiliriz (özellikle alüvyon akiferlerde). Bunun için packer altındaki boru boyu, su alımı için akiferi olanaklar elverdiğince katedecek ve karşıt olarak, bu olası yıkılma sonucunda kurtarılabilecek uzunlukta olmalıdır. Ayrıca akiferin içerebileceği kum boyutundaki malzemeler, su alım borunun deliklerini tıkayarak yanlış bilgiler alınmasına neden olabilir. Bu sorunu aşmak için önceden çakılanmış boru sistemi (prepacked screen) yapılmıştır (Şekil 5).

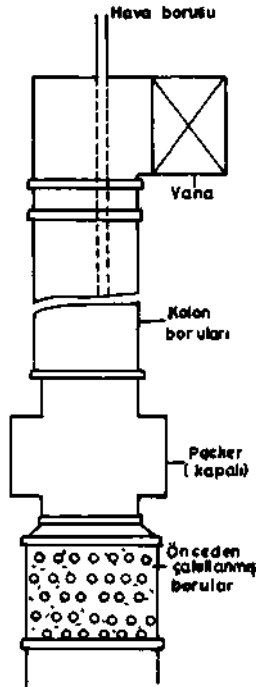


Şekil 5. Önceden Çakılanmış Boru

Akiferin S.S.S. ve üretime bağlı D.S.S.'ni ölçmek için bir su düzeyi ölçme borusu (ucu packerm altındaki bölgeye bakan bu boru şekilleri karıştırmamak için çizimlerde gösterilmemiştir. Bu boru isteğe bağlı olarak işlem sırasında kullanılmayabilir) ve suyu üretmek için bir hava borusuyla sistem tamam olur. Tüm ekipman (Şekil 6)'da görülmektedir.

işlemlerle ilgili düzeneği gördükten sonra, işlem sırasında kuyuda bulunacak çamur özelliklerinden de söz edelim. Kuyu kazılırken geçilen formasyonlar çok iyi tanımlanmalı,

kuyudan yıkıntı ve döküntüye izin vermeyecek bir çamur ağırlığıyla çalışmalıdır. Su sondajlarında genellikle düşük katı oranlı tatlı su bentonit çamuru kullanıldığından, kullandığımız çamura duyarlı, şişebilen kil düzeyleri iyi gözlenmeli, gerekiyorsa bu kilin aktiflik değerindeki aktifliğe sahip çamur kullanılmalıdır. Çamurun su kaybı API 10-20 cc/30 dk, kek kalınlığı 2 mm civarında olmalıdır. Çamurun bu özellikleri çok önemlidir. Su kaybı yüksek bir çamurla kazılan gözenekli bir akiferde kaim çamur keki oluşacağından, packenn şişirilmesi ve amaçlanan bölgeden su alınmaya başlamasıyla bu kek kalınlığı su gelimine büyük oranda engel olabilir. Kek kalınlığının gerekenden az olduğu bir çamurla çalışılması da packenn - üstündeki kuyu bölgesinde uzun süreli stabiliteyi sağlamakta sorun yaratabilir.



Şekil 6. Test Ekipmanının Toplu Görünümü

#### 4. UYGULAMA

Test ekipmanı, İzmir-Bergama-Çamköy Sulama Kooperatifi 41968 Nolu kuyuda denenmiştir (24.7.1991). Kuyu 0 - 30 m arasında 12 1/4", 30-46 arasında 9 5/8" kazılmıştır. 0-46 m arasındaki formasyon tanımlaması şöyledir.

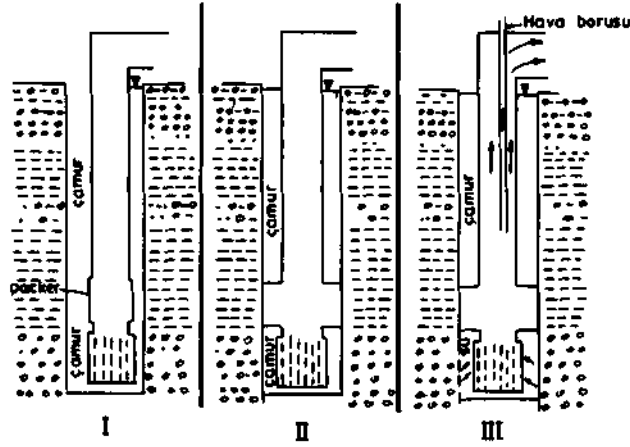
##### m Tanımlama

0-1	Bitkisel toprak
1-4	Kumlu ince çakıl (Volkanik elemanlı)
4-12	Az killi çakıl
12-21	Az killi iri çakıl
21-27	Az kumlu killi çakıl "
27-42	Az killi çakıl
42-46	Az çakıllı kumlu kil "

Kazı işlemi bitirildiğindeki çamur özellikleri (test boyunca kuyuda bulunan çamur), ağırlık 1.15 gr/cm<sup>3</sup>, viskozite 47 s/Q' dır. Packenn geçirimsiz bir düzeyde şişirmek gerektiği halde bu işe uygun düzey bulunmadığından, risk gözönüne alınarak packer 32. metreye indirilmiş ve şişirilmiştir (Şekil 7). Ardından 26. metreye 1" hava borulan, kolon borularının içine indirilerek önce su sonra hava verilmeye başlanmıştır. Toplam 30 dakika hava verilerek alt kuyu bölgesinden yaklaşık 5-6 l/s su alınmıştır.

Yukandan dikkatle gözlenen en üstteki çamur düzeyinde bir alçalma, hareket olmamıştır. Sonra hava basılması kesilerek kolon boruları çamurla doldurulmuş ve packer söndürülerek test takımı herhangi bir zorlukla karşılaşmadan yukarıya alınmıştır.

Yukanda packenn gözlenmesi sonucu yapım hatasından kaynaklanan bazı hasarlar tesbit edilmiştir. Bundan dolayı alüvyon altındaki andezitten su almak amacıyla bir daha test yapmak mümkün olmamıştır. Sonra kuyu 60 m' ye kadar çakıl-kum-kil karmaşığında ilerlemiş



Şekil 7. Su Kuyusunda Testin Uygulanması

ve andezite girmiştir. Kuyu 100 m' de bitirilmiş ve teçhiz edilmiştir. Kuyu değerleri S.S.S=17.10 m, Q =17 l/s, D.S.S =41.25 m' dir.

## 5. SONUÇ

Doğası gereği her eylemin olumlu ve olumsuz yanları olacaktır.

### 5.1. Olumlu Yanları

- Bir veya birden fazla akifer içeren yerlerde bu testin uygulanmasıyla; tek sondajla, her akifer için su kimyası ve su düzeyi hakkında kesin, hidrolik açıdan göreceli bilgiler elde edilebilir.
- Klasik yöntemle oranla (araştırma kuyularıyla, her akiferi ayrı ayrı test etmek amacıyla kazılan kuyularla) daha ekonomik olan bu test sayesinde

araştırma amaçlı bir kuyu direkt üretim amaçlı da kullanılabilir (kuyu dizaynı için gereken hidrolik bilgilere göreceli olarak bile olsa önceden sahip olacağımız düşüncesiyle)

- Jeolojik açıdan sorunlu yerlerdeki üretim kuyularında da bu testin uygulanmasıyla büyük ekonomi sağlanabilecektir. Test sonucu olumsuz görülen lokasyonlar en az giderle terk edilebilecektir.

- Deniz kenarlarında açılan su kuyularında genelde kuyu derinleştikçe su tuzlanır. Eğer packerm tutturulacağı uygun yerler bulunabilirse su kalitesi, debi optimizasyonu kuyu teçhiz edilmeden bilinebilir.



## 5.2. Olumsuz Yanları

- Packerin şişirileceği, tutturulacağı birim geçirimsiz olmalıdır. Bu şartlar sağlanmamışsa alt kuyu bölgesinden su üretilmesi sırasında, basıncı düşen bu bölgeye üst kuyu bölgesinden çamur girmesi olabilir. Bunun sonucu işlemin güvenliği, üst kuyu bölgesinin stabilitesi bozulabileceğinden tehlikeye girer. Böyle durumlarda packer tutturulmamalı, başka bir yer aranmalıdır.

- Packerin şişirilmesi ve test işlemine geçilmesinin ardından alt kuyu bölgesinde -özellikle alüvyonda- yıkılan formasyonun delikli boruları veya packer sıkıştırması sonucu sistem aşağıda kalabilir ve bir kurtarma işlemi gerekebilir.

- Test ekipmanında bulunan delikli boruların uzunluğu -zorunluluktan dolayı- kısa tutulduğundan ve göreceli kısa test süresi nedeniyle akiferi hidrolik olarak tanımlamamız olanaklı görülmemektedir. Bu konuda, test sonucu ancak bir yaklaşım getirebilecektir.

- Bitirilen ve teçhiz edilen bir su kuyusunda, çeşitli kuyu geliştirme işlemleriyle kuyunun çeperlerindeki çamur keki etkisi büyük oranda giderilebilmektedir. Fakat bu testte kuyu geliştirilmesi eşdeğeri işlem kompresörle kuyu geliştirilmesi boyutundadır. Bunun yanında ince olmasına rağmen (38 mm = 1 1/2") önceden hazırlanan çakıl zarfı tamamen bizim kontrolümüzde. laboratuvar koşullarında yapıldığından olumsuzlukları daha azdır.

## 6. KAYNAKLAR

CEarlougher, Jr.Robert, 1977, *Advances In Well Test Analysis*, AIME, New York - DALLAS, S.90-103.

Çuhadar G., Sural A..U. ve Akgün M., 1988, *Yeraltısu Sondaj Kuyularında Teçhiz ve Tecritin Önemi*, Jeoteknik Seminer , DSİ, Cevizli-Istanbul, S.293-321.

Matthew J.Mavor ve Richard A.Mc Bane, 1993, *Western Cretaceous Coal Seam Project, Quarterly Review of Methane From Coal Seams Technology*, Gas Research Institute, Chicago , Cilt 10 , Sayı 3 , Şubat 1993, S. 14-16.

N.G. Sereda, E.M. Soloyov, 1977, *Drilling of Oil And Gas Wells* , MIR , Moskova , S.429-439.

TAM International 1994, TAM-SD.LD and HD Inflatable Packers For Hydrological and Geotechnical Applications, Composite Catalog, Gulf Publishing Company, Houston. 1994-1995, S. 2824.



Sondaj Sempozyumu'96 , Izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Jeotermal Sistemlerde ve Soğuk Su Sondajlarında Korunma ve Kullanma Alanları**

### **The Protected And Production Fields In Geothermal Systems And Ground Water Drillings.**

I.H.Karamanderesi

*MTA Ege Bölge Müdürlüğü, istanbul Cad No 62 35042 Bornova-izmir*

**ÖZET:** Günümüz insanları doğal kaynakları ihtiyaçları nispetinde kullanmaktadırlar. Son yıllardaki gelişimler, insanların sıcak su ve soğuk su sistemlerini aşın şekilde soğuracaklarını göstermiştir. Bu bildiride insanların bu ihtiyaçlarını karşılarken , karşılaştıkları olayları ve bu olaylar karşısında insanların davranış şekilleri hakkında bazı sorunları sergilemek ve bu sorunların çözümünde kullanılması gerekli yöntemleri önermektedir.

Soğuk su sistemleri çok eski yıllardan beri çok yoğun kullanımda oldukları için bunlar hakkında belirlenmiş standartlar tüm dünyada olduğu gibi yurdumuzda da oldukça yerleşmiş veya bazı standartlar yeterince yerleşmiştir. Sıcak su veya jeotermal enerji sistemlerinde ise bu konuda henüz hiçbir çalışma ve /veya standart yoktur. Jeotermal enerji arama ve araştırmaları günümüze kadar MTA Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmüş, bu konudaki standartlar dünya literatüründen derlenmiş veriler ve yayınlardan elde edilen bilgiler ışığında standartlar oluşturulmuştur. Son yıllardaki gelişmeler yurdumuzda özel sektörün de bu konulara hızla girdiği veya gireceği konusunda bazı işaretler vermeye başlamıştır. Bu nedenle uygulamalara yönelik yakın gelecekte karşılaşılabilecek sorunlar ve bu konularda ki çözüm önerileri burada yer imkanları nispetinde sergilenmeye çalışılacaktır.

**ABSTRACT:** The studies in the recent years have shown that the potential of thermal and groundwater have been used in extensive limits by the people. In this paper some case histories between the police of groundwater usage, and the people reactions were given. As applied in other countries there are definite groundwater used standart in our country too. But there is no thermal water standards in Turkey. There are only some standards by the international studies MTA. Bearing in mind the private sector activities in thermal areas a national standard are needed in our country.

## GİRİŞ

Doğrusöz (1991) Sular Hukuku kitabında Türkiye'de su kaynakları ve bunların kullanımı hakkında bir bölüm açarak sularla ilgili kanunların tarihçesini vermiştir. Tabii bu verilen tarihçe suların kullanım şekilleri olan içme, sulama, enerji, ulaşım, su ürünleri avcılığı, turizm, dinlenme, su kıyılarındaki kum ve çakıllardan ve kaplıcalardan faydalanma şeklinde belirlenmiş olan kullanım sorunlarının yarattığı problemlerin oluşturduğu hukuk felsefesi içinde çözüm yollarını önermiştir.

Demirel, Z. (1988) 'de Yeraltısulan ve Şifalı suların korunma alanlarının belirlenmesi hususunda kullanılacak olan hidrojeolojik kriterlerin tespiti için bir çalışma yapmıştır. Eminim ki suların çok yönlü kullanımı ve insanların değişik davranışları yeraltısulanın kirlenmesine neden olur. Yeraltısuyuna, tadım bozan, insan sağlığına zararlı herhangi bir madde karışımı var ise kirlenmeden söz edilir. Ağırıklı kirlenmeler organizmalar (virüsler, bakteriler vs.) ile böcek yumurtalarıyla ortaya çıkar.

Şifalı suların da kirlenmelerden korunmaları gerekir. Şifalı sular en azından içmesuyu kalitesinde olmalıdır, içmesuyu korunma alanlarından farklı olarak, şifalı sularda kalitatif ve kantitatif korunma alanları belirlenir. Kantitatif korunma alanlarının amacı, normal yeraltısulanından kimyasal bileşimleri, fiziksel özellikleri, oluşumları, gaz içerikleri ve sıcaklıkları ile ayrılan şifalı suların bu özelliklerinin değişmemesi içindir. Kantitatif korunma alanları ise hijyenik açıdan korunmayı sağlamak amacıyla belirlenir.

M.T.A. Genel Müdürlüğü 'nce yapılmakta olan kaplıca, içmece ve maden suyu etüdlerinde, kaynak ve kuyular için korunma alanları tayini gerektiğinden bu tip çalışmalarda kullanılan kaynakça Dr. Esat Başkan tarafından (1973) de hazırlanmış olan bir nottur. Başkan 'm notlarından anlaşılan "Korunma alanları tayininde en önemli faktör, kaynak ve kuyuların bulunduğu sahanın jeolojik-hidrojeolojik özellikleridir. Jeolojik-hidrojeolojik etüdlere, örtü tabakasının kalınlığı, niteliği ve akiferin geçirimsizliği, süzme özelliği ayrıca yeraltısuyunun akım yönü bilhassa dikkat edilmesi gerekli hususlardır." der. Başkan çalışmasında bütün kaynaklar için geçerli olan fakat tüm kaynaklar için standart bir tipi olmayacağı önceden belirlenmiş bir öneri not olarak karşımıza çıkmaktadır.

927 sayılı Sıcak ve Soğuk Maden Sularının İstisman ile Kaplıca Tesisi Hakkında Kanun ve 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu ile ilgili diğer kanunlar ile ilgili olarak Sağlık Bakanlığı tarafından bir yönetmelik hazırlanmış ve bu yönetmelikte Maden sularının korunması hakkında uyulacak ilkeler belirlenmiştir. Yine aynı kanunda Maden sularının tarif, tanım ve genel özellikleri verilmiştir.

1968 Yılından beri yoğun jeotermal enerji araştırmaları yapılmasına rağmen devamlı ve yoğun bir işletme olmadığından jeotermal enerji kuyularında korunma ve kullanımları hakkında kapsamlı bir çalışma maalesef yoktur. Araştırmacıların yoğun tecrübesi sonucunda oluşturmuş olan deneyimler ile literatürden elde edilen bilgiler ışığında jeotermal enerji sahalarında karşılaşacağımız olayları ve bu olaylar sonucu çıkacak problemlerin çözüm önerilerini içeren bu çalışma hazırlanmıştır.

## **KORUNMA ALANLARI , KULLANMA ALANLARI, TARİFLER VE TANIMLAR**

**KORUNMA ALANLARI:** 18060 sayılı Turizm Yatırım ve İşletmeleri Nitelikleri Yönetmeliği (1983) 'nde Madde 114 'de sağlık tesislerinin gerçekleştirileceği kaplıca ve içme merkezlerinde yapılaşmanın Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü 'nce hazırlanmış veya onaylanmış hidrojeolojik raporlarda belirtilen kaynak koruma alanlarına ilişkin yasaklara uyulması ve koruma alanlarının vaziyet planlarında gösterilmesi gerekir. Yukarıda gösterilen bir madde ile devlet kontrolünde önceki bölümlerde verilmiş açıklamaların ışığında korunma alanları soğuk ve mineralli sular için verilmiş olan kaynaklardaki ilkelere göre belirlenir.

**KULLANMA ALANLARI:** Bu yazımda kullanılan, kullanma alanları tanım karmaşası yaratsa bile işletme sahalarında özellikle jeotermal enerji üretim sahalarında üretim aşamasında üretim kuyularındaki kuyu başı ekipmanları , kuyularda yapılacak periyodik bakım çalışmaları için ihtiyaç duyulan çalışma alanlarını tanımlamak için kullanılmıştır. Jeotermal enerjinin kullanım alanları sıcaklıklara göre yararlanma sıcaklıkları ve bu sıcaklıklara göre kullanım alanları Lindal (1973) tarafından detaylı olarak tanımlanmıştır.

**JEOTERMAL ENERJİ :** İhtiyaç duyulan yörelerde (yerli), ihtiyaçların hepsini karşılayabilen (yeterli), ekonomik, doğal veya yerin sığ derinliklerinden üretilebilen, orta ve yüksek sıcaklıklı SU-BUHAR-GAZ veya bunların karışımı olan ısı taşıyıcıların taşıdığı yer ısı enerjisi JEOTERMAL ENERJİ denir (Karamandere ve Özgüler, 1988).

**KUYU TEÇHİZLERİ :** Soğuksu , Maden suyu ve Jeotermal enerji üretim ile sığ kuyularda, kuyuların korunması üretimin devamı için sağlanması amacı ile kuyulara indirilmiş bulunan filtreli ve kapalı borular ile bu boruların indiriliş şekillerine kuyu teçhizi denmiştir. Kuyu teçhizi genelde soğuksu kuyularında kapalı ve filtreli borular tüm olarak bir bütün halinde indirilir. Jeotermal kuyularda ise kapalı borular kuyubaşı emniyetini sağlamak, kuyuyu yüksek basınç ve yüzey suları ile kuyulara soğuksu girişini önleyecek şekilde muhafaza borusu olarak indirilir. Muhafaza boruları üretim zonu üzerine kadar indirilir. İndirilmiş olan muhafaza boruları standart olarak iyi kalite çimento ile çimentoların-. Daha sonra kuyu üretim zonu karakteristiklerine göre filtreli veya açık bırakılır.

**GİRİŞİM :** Soğuksu hazneleri ile sıcak su hazneleri arasında doğal veya insanlar tarafından sağlanmış yollarla soğuksu ve sıcak su girişimi olan bölgelerdeki olaylara girişim denmiştir. Bu tip olaylar aşırı üretim, teçhiz hataları, veya bunların karışımı olaylar sonucu olabilir. Girişim olayları sonucu soğuksu haznelerinde zamanla ısınma, kimyasal kirlenme olayları en çok karşılaşılan olaylardır. Sıcak su haznelerinde zamanla soğuma, üretim düşüşü, üretilen akışkanda kimyasal kompozisyon bozulmaları ve üretim sorunları ortaya çıkabilir.

**GERİBASIM :** Jeotermal sahalarda özellikle yüksek entalpili sahalarda üretilen jeotermal akışkan sıcaklık, basınç , ve kimyasal şartların gereği olarak çok fazla kimyasal çözelti taşır. Jeotermal akışkanın taşımış olduğu bu kimyasal çözeltiler çoğunlukla B, F, Cl, SiO<sub>2</sub>, Ca, Li, Na, K, Mg, Mn, Fe, Rb, Sr, Cs, SO<sub>4</sub>, HC0<sub>3</sub>,

vs. Bu çözeltilerin yüzeyde akarsulara (serbest su tablasma ) verilmesi çok zaman sorun yaratır. Bu sorunların çözülmesi için kesin ve en yaygın uygulama üretilen hazneye geri verilmesidir, bu operasyona geribasım (reenjection) denmektedir.

#### UYGULAMALAR VEYA ÖRNEKLER

Burada konuya giriş için jeotermal sistemlerin genel semasım tartışarak başlamakta yarar olduğu düşünülerek sistemlerin genel semasım vererek başlanmıştır. Şekil. 1 de görüldüğü gibi jeotermal sistemler ile yeraltısuları arasında ana ilkeler veya hidrolojik dengeler bakımından çok büyük farklılıklar vardır. Bu ilkeler şöyle özetlenebilir.

Sistemleri oluşturan elemanlar ve ilkeleri şöyledir. Ana unsur porozite ve permeabilitesi çok yüksek olan hazne kaya her iki sistemde de aynı görevi üstlenmiştir. Düşük porozite ve perméabilité gösteren örtü kaya her iki sistemde de aynı görevi üstlenmiştir. Jeotermal sistemdeki örtü kaya hem orijin itibariyle örtü kaya olabilir nemde jeotermal sistemin oluşum süreci içinde sıcaklık ve kimyasal dengelerin devreye girmesi sonucu hidrotermal alterasyon dediğimiz kaya bozunması sonucu ikincil oluşumlu olabilir. Jeotermal sistemlerde olup, soğuksu sistemlerinde bulunmayan husus sistemin ısı kaynağı (heat source), ve buna bağlı olarak jeotermal sistemde entalpi, entropi ile bunlara bağlı olarak jeotermal sistemlerde sistemin genel hareket şekli aşağıdan yukarı doğru, soğuk su sistemlerinde ise hidrolik dengeden bahsedilir ve bu dengede hareket yukarıdan aşağı doğrudur. Artezyen basıncılı soğuksu haznelerinde ise ayrıcalıklı olarak sadece artezyen basıncından bahsedilmektedir. Soğuksu sistemlerinde su üretilmesine rağmen

jeotermal sistemlerde sıcaksu, buhar, gaz veya karışımlarında ise su ve buhar üretilmektedir.

Bu çalışmanın konusunu oluşturan uygulamalar geçmiş yıllarda çeşitli amaçlarla açılmış olan kuyulardaki karşılaşılmış olaylardan derlenmiş örneklerin sonuçlarını tartışmaktadır.

1. Aydın ili Ilıcabaşı 'nda açılmış olan kuyular : Aydın ili Ilıcabaşı mevkiinde 1983 yılında DSİ tarafından iki adet tamamen soğuksu kuyu teçhizli olarak iki kuyu açılmıştır. Açılmış olan bu kuyulardaki teçhizler (Şekil.2) 'de gösterildiği gibi kapalı, filtreli, kapalı, filtreli olarak teçhiz edilmiştir. Bu sahadaki sistem soğuksu haznesi ile sıcaksu sistemlerini irtibatlandıran doğal fay zonunda gelişmiş bir jeotermal sistemin üst boşalım zonunda açılmış kuyulardır. Daha sonra M.T.A. tarafından aynı sahada AY-1 ve AY-2 olarak sıcaksu kuyusu teçhizli açılan iki kuyu da aynı sistem içinde açılmış olduğu için farklı teçhizli, farklı amaçlı kuyular olmasına rağmen (Şekil.3) aynı sonucu yaratmıştır. Burada iki farklı sistemin (Soğuksu ve sıcaksu sistemlerinin ) doğal olarak karışım halinde bulunduğu bölge olması nedeni ile açılmış olan kuyular istenen amacı sağlayamamıştır.

2. Sivas ili Sıcakçermik yöresinde açılmış olan Sıcakçermik-1 kuyusu soğuksu teçhizli açılmış olup kuyu bitiminden itibaren kontrolden çıkmıştır. Daha sonra kuyu başı ekipmanları ve kuyu çevresi kullanılamaz duruma gelmiş. Aynı yörede açılan ikinci kuyu doğrudan sıcak su kuyusu olarak teçhiz edilmiş. Halen Sivas ili Sıcakçermik tesisleri aynı kuyu ile beslenmekte ve tesisler bu kuyu ile işletilmektedir.

3. Aydın ili Davutlar beldesi yakınlarında açılmış olan sıcaksu kuyusu sıcaksu amaçlı olmasına rağmen soğuksu teçhizli olması nedeni ile sıcaksu haznesinde ölçülmüş olan 55° C sıcaklığa rağmen işletilmekte olan tesislerin ürettiği sıcaksuyun sıcaklığı 43° C olarak işletilmektedir. Bu yörede sıcaksu haznesine şimdilik soğuksu girişi olduğu için sistemde soğuma olmaktadır.

4. Aydın ili Germencik Ömerbeyli Jeotermal sahasında açılmış olan Dünyanın en sığ jeotermal kuyusunda (ÖB-4) 285 m. derinden 210° C akışkan üretilirken çevredeki sığ soğuksu haznesinden sıcaksu üretim zonuna soğuksu girişi nedeni ile üretim testleri sırasında üretilen jeotermal-akışkanın ısı bir aylık süre sonunda 210° C dan 190° C kadar düşme göstermiştir (Karamandere ve diğerleri, 1986).

5. İzmir ili Balçova jeotermal sahasında Balçova jeotermal sisteminin üst boşalım bölgesinde açılmış olan sığ jeotermal kuyulardan kuyu içi eşanjör sistemleri ile (Şekil.4) yapılan üretimler, 1994 ve 1995 yıllarında açılmış olan iki derin üretim kuyusunun üretime alınması sonucu bu kuyulardan yapılacak aşırı çekim veya oluşacak olan basıncı serbestlemesi sonucu Balçova jeotermal sisteminde üst boşalım yollarının önümüzdeki kış sezonunda yeterli beslenme sağlayamaması nedeniyle kuyucu eşanjör sistemlerinde muhtemelen soğumaların olabileceği beklenebilir.

6. Yüksek sıcaklıklı veya uzun periyotlarda (10-15 yıllık) üretim yapmış sahalardan elde edilen verilerin çok sistematik derlenmesi gereklidir. Bu konuda en iyi örnek

izlanda 'da bazı haznelerde görülen (Şekil.5) soğuma cepheleri ve yıllık soğuma gözlemleri yeni sahalarda geliştirilmesinde çok iyi rehberlik görevi yapmaktadır. Aynı gözlemler Türkiye'de Kızıldere jeotermal sahasında yapılmış. 1984-1995 yılları arasındaki gözlemler sonucu Kızıldere jeotermal sahası için sahanın yeni ömrü hesaplanmış. Kısa süreli yapılan hesaplarla sahanın ömrü çok kısa gösterilmiş olmasına rağmen uzun zaman aralığında yapılan gözlemlerle Kızıldere jeotermal sahasının ömrünün geribasım işlemleri ile iki kat artırılabileceği ortaya konmuştur. Geribasım işlemleri jeotermal akışkanın çevreye yapacağı menfi etkiyi kaldıracığı için ikinci bir avantaj sağlayacağı ortaya konmuştur.

## SONUÇLAR

Jeotermal haznelerinde üretim ve geribasım süreçlerinde devamlı hazne işletim gözlemleri yapılır. Bu gözlemler sonucu haznede gözlenen olaylara göre üretim planlaması veya üretim geliştirilmesi programları oluşturulur. Bu konuda jeotermal işletmelerde hazne mühendisliği (Rezervuar engineering) oluşmuştur. Soğuksu sistemlerinde alçalma konisi ölçülür veya hesaplanır, jeotermal sistemlerde ise girişim cephesi, basıncı serbestlemesi, ısı düşüm periyotları ve buna bağlı olarak jeotermal sahanın üretim potansiyelinin düşümünden bahsedilebilir. Jeotermal sistemlerde sistemin yaşı, genç veya fosil sistem oluşu sistemin üretim kapasitesini belirlerken, soğuksu haznelerinde akiferin kalınlığından, beslenme alan büyüklüğünden , üretim kuyularının kuyu aralığından , üretim kuyularına konmuş olan pompaların debisinden bahsedilmektedir.

Sonuçlardan bir tanesi , jeotermal sistemlerde üretim alanları ile bu alanlara yerleştirilecek üretim kuyularının aralıkları, kuyuların derinlikleri, jeotermal akışkanın sıcaklığı ile ilintili kimyasal kompozisyona bağlı olarak üretim planlanmasında multidisipliner meslek gruplarının müşterek çalışması çok önemlidir. Bu nedenle jeotermal sistemlerin araştırılmasının çok kapsamlı yapılması gereklidir. Bunun sonuçlarında sistemin işletim şekli kullanım şekli ile müşterek planlanmalıdır. Soğuksu sistemlerinde yapılan rasatlara karşılık jeotermal sahalarda çok yönlü hazne gözlemlerine özellikle ihtiyaç vardır.

#### KAYNAKÇA

- Başkan. E. 1973. *Kaynak ve Kuyularda korunma alanları tayini hakkında not*. M.T.A. Genel Müdürlüğü . Ankara.
- Doğrusöz, E.,1991. *Sular hukuku*. (İlgili kanunlar-Tüzükler ve Yargıtay Kararları). 4. Basım Ankara.
- Demirel, Z.,1988. *Korunma alanlarının belirlenmesinde hidrojeoloji kriterleri*. Ulusal 1. Hidrojeoloji simpozyumu Bildiriler. Ankara Üni. Fen Fak. Jeoloji Müh. Böl. Sahife.257-267.
- Franko, J.,1991. *The cooling of the Selfoss Geothermal reservoir in southern Iceland*-UNU Geothermal Training Programme Reykjavik, Iceland. Report 6. p:31.
- Karamanderesi, İ.H., Güner, A., Yilmazer, S., Çiçekli, K., Eşder, T., Üstün, Z., 1986, *Aydın -Germencik-Omerbeyli jeotermal sahası Omerbeyli-4 derin jeotermal sondajı kuyu jeolojisi bitirme raporu*. MTA Derleme rapor no:8271.
- Karamanderesi , İ.H., Özgüler, M.E., 1988, *Menderes ve Gediz Graben sahalari jeotermal enerji alanlarının oluşum mekanizması*. Akdeniz Üniversitesi İsparta Mühendislik Fakültesi dergisi. Sayı:4 Sahife: 196-228.
- Karamanderesi, İ.H., Ölçenoğlu, K., Pekatan, R., Işık, E., Çağlav, F., Yıldırım, N.,1990. *Ayter A.Ş. adına açılmış olan Ayter-I ve Ayter-2 sıcaksu arama kuyuları (Aydın üçabaşı) bitirme raporu*.
- Lindal, B., 1973. *Industrial and other application of geothermal energy in* Armstead, H.C.H. (ed), Geothermal Energy, UNESCO, Paris, France, pp.135-148.
- Maden Suları (Minerali Sular) yönetmeliği*. T.C. Resmi Gazete. Sayı: 19916, 1 Eylül 1988.
- 167 sayılı yeraltı suları hakkında kanun*. Resmi Gazete ile neşir ve ilam: 23 Aralık 1960, sayı: 10688 Kanun no: 167.
- Turizm Yatırım ve İşletme Nitelikleri Yönetmeliği*. T.C. Resmi Gazete 28 Mayıs 1983 Sayı 18060 Sahife:4-21



Sondaj Sempozyumu'96 , Izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Kozlu 20-G, 20-H, 20-K Sondajlarının Değerlendirilmesi**

### **Evaluation of Kozlu 20-G, 20-H, 20-K Boreholes**

E. Kahveci

*MTA Batı Karadeniz Bölge Müdürlüğü, ZONGULDAK*

Y.V. Müftüoğlu

*ZKU, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Müdürlüğü, ZONGULDAK*

**ÖZET** : Bu bildiri, TTK adına Kozlu'da bakir bir sahanın taşkömürü rezervini belirlemek amacıyla MTA tarafından yapılan, (20-G) 1759.10 m, (20-H) 2002.20 m ve (20-K) 1251.65 m karotli sondaj kuyularının yapıları, ve kullanılan HD-55 sondaj makinasının teknik özellikleri açıklanmaktadır. Sondaj esnasında karşılaşılan problemler ve çözümleri, jeolojik yapı, kesilen 0.5 m ve daha kalın damarların kot ve eğimleri, sondajların zaman analizleri, kullanılan sondaj çamurları ve özellikleri anlatılmakta, sondajlarda kullanılan matkapların çalışma koşulları ve yaptıkları metrajlar irdelenmektedir.

**ABSTRACT** : In this paper the completion of diamond drilled 20-G (1759.10 m), 20-H (2002.20 m) and 20-K (1251.65 m) boreholes which were undertaken by the MTA on behalf of the TTK for definition of hardcoal reserves located in the untouched area, is explained and the technical features of drilling machine used are described. The problems encountered during drilling and the solution developed, the geological structure, the level and dip angle of the explored coal seams with a thickness of greater than 0.5 m, time analysis, type and characteristics of the used drill muds, are explained and operation conditions and total penetration of drill bits used are examined

### **1. GİRİŞ**

Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) ile Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) arasında Kozlu Müessesesi sınırları içinde bulunan Fatih Sitesi yerleşim merkezindeki bakir sahanın rezervini belirlemek için 1800±%10 m derinliğinde üç adet sondaj kuyusu sözleşmesi imzalanmıştır. MTA tarafından, 20-G sondaj kuyusu 1759.10 m, 20-H kuyusu 2002.20 m, 20-K kuyusu da 1251.65 m derinliğinde tamamlanarak; Türkiye'nin en derin karotli sondajları olarak literatüre geçmiş bulunmaktadır. Damar isimlendirme ve korelasyonu için sondaj karotlarının kömür damarı,

tavan-taban taşlarından alınan numuneler de TÜBİTAKna gönderilmiş ve sonuçlar beklenmektedir.

### **2. HD-55 SONDAJ MAKİNASININ TEKNİK ÖZELLİKLERİ (Longyear, 1990)**

Hydro 55 (HD-55) sondaj makinası LONGYEAR firması tarafından üretilmiş elmaslı derin sondaj makinasıdır. GMC, Detroit 6.71 Turbo Dizel, 6V, 260 HP, 2100 rpm, su soğutmalı motor tarafından tahrik edilmektedir. Makina tam otomatik ve hidrolik donanıma sahiptir.

Sondaj makinasının tambur kaldırma kapasitesi 122.3 kNT'dur. Üç adet hidrolik pompa mevcut olup; bunlardan; 1. pompa ana vinci çalıştırır ve morseti çevirir. 2. pompa hidrolik morset kafesinin açma kapama pistonlarını morset besleme pistonlarını, morset ileri-geri kızak pistonunu, kule kaldırma pistonlarını, şasi krikolarını ve hidrolik tij açıcıyı besler. 3. pompa ise wire-line vinci ve çamur pompasını çalıştırır.

Çizelge 1. HD-55 Sondaj Makinasının Delme Kapasitesi (Longyear, 1990)

Tij	Tek Halat Sistemi		Çift Halat Sistemi	
	(fi)	H	(fi)	(m)
AO	5000*	1525*	5000*	1525*
BQ	5000*	1525*	5000*	1525*
NO	5100*	1550*	5100*	1550*
HO	3570**	1100**	4400**	1340**
PQ	2670**	815**	3290**	1000**
BCQ	6000*	1830*	6000*	1830*
NCQ	6000*	1830*	6000*	1830*
HCO	4800**	1465**	5900**	1800**
CHD76	4800**	1465**	6160**	1880**
CHD101	3125**	955**	3850**	1175**
CHD134	1900**	550**	2350**	715**

\* Tij dayanım kapasitesi ile sınırlı.

\*\* Morset kaldırma kapasitesi ile sınırlı.

### 2.1. Ana Vinç

Sondaj makinasının ana vinci hidrolik mekanik değişken tiptedir. Tambur boyutları çap-genişlik olarak 330x280 mm'dir. Ayarlanmış tambur çekme kuvveti 123 kN'dur. Maksimum tambur çekme kuvveti ise 245 kN'dur. Boş tambur sanm hızı ise 0-88.5 m/dak arasında değişir.

### 12. Hidrolik Morset

Morset uzunluğu 106.7 cm olup, çift silindirdir. Morset kafası için maksimum baskı kapasitesi 100.5 kN, maksimum kaldırma kapasitesi ise 133.3 kN'dur.

Tam hidrolik olup, kavrayıcı çeneler (slipler) için gerekli basınca göre ayarlanabilir özelliğindedir. Çap kapasitesi : EW tijden HQ tije [1 3/8-3 1/2 " (34.9-88.9mm)]; NW muhafaza borusundan CHD 101 tije [3 1/2-3 45/64" (88.9-94.0 mm)] değişmektedir. 750 psi (5.17 MPa) sistem basıncında çekme ve baskı kapasitesi 102 ve 66.7 kN'dur. Test edilmiş kaldırma kapasitesi ise 198 kN'dur.

### 23. Wireline Vinci

Kızak üzerine monte edilmiş olup, hidrolik motor tahriklidir. Tambur boyundan çap-genişlik olarak 140x460 mm'dir. Tambur hızı ayarlanabilir olup, maksimum 244 m/dakikadır. Halat sanm kapasitesi 8 mm çaplı halat için 2050 m'dir. Maksimum çekme kapasitesi 15.5 kN'dur.

### 14. Otomatik Tij Açıcı

Hidrolik olarak çalışır, tij ve boruları bağlama, çözme, sıkma işlemlerini yapar. Kullanılabilen tij çapı A'dan CHD 101 [1 1/16-3 45/64" (44.5-94.0 mm)], muhafaza borusu çapı Eden NX/NW [1 13/16-3 1/2" (46.0-88.9 mm)] çapa kadardır. Maksimum çözme, bağlama torku 3800 Nm, frenin tutabileceği tij ağırlığı : 44000 lb (20,000 kg)'dir. Çözme bağlama zamanı : 8 saniyedir.

## 3. SONDAJLARIN YAPILIŞI

### 3.1.20-G Sondajın Yapılışı

8 1/2" (215.9 mm) konili matkapla 5.70 m delip 7" (177.8 mm) çaplı kondüktör borusu tabana kadar indirilip çimentolanır (MTA, 1993 a, 1994 a).

4 3/4" (120.65 mm) DC (ağırlık borusu), 2 3/8" (60.33 mm) tij, 6 1/4" (171.45 mm) konili matkapla 5 70-

374.00 m delip, PW muhafaza borusu indirilmiştir (zaman zaman karot alınmıştır).

PQWL takım, PQWL matkapla 374.00 m'den sonra tam karoü ilerlenmiş, ilerlemede 586.00 m'de PW muhafaza borularının koptuğu görülmüş, PQWL takımı HW boru olarak bırakmak amacıyla 640.00 rriye kadar delip, PQWL takım çimentolanmıştır.

HCQWL takım, HQWL matkapla 640.00-1318.75 m tam karothi delip, 1318.00 iriye NW muhafaza borusu indirilmiştir.

NCQWL takım, NQWL matkapla 1318.75 m'den itibaren delmeye başlanmış, 1500.00 m'den sonra N takımın çalışması gereken 8-10 gpm (30-38 lt/dak) debi verildiğinde problemlerle karşılaşmıştır. 1558.00 m'den sonra Polimer çamuru (Modified NaPoryacrylic) kullanılmış gereken özellikler sağlanamamış ve kuyunun dengesi bozulmuştur. Pompayı tahrik eden 3600 rpm hidrolik motorla 10 gpm (38 lt/dak)"nın altına düştüğünde pompa emiş yapmamış, durum yapıcı firma yetkilileri ile görüşülmüş ve gelen yetkili ile birlikte getirilen 3200 rpm ve 2400 rpm hidrolik tahrik motorları ile durum çözülmüştür. 1759.10 m"ye gelindikten sonra takım çekilmiş ve bir daha buraya ulaşamamıştır. TIK yetkilileri ile yapılan görüşme sonucu kuyu bitirilmiştir.

NW boruların 966.70 m'si kesilip alınarak, HW boruların 433.00 m'si ile, PW muhafaza boruların 200.00 m'si sol tahlisiye ile alınmıştır.

### 32.20-H Sondajının Yapılışı

6 1/4" (171.45 mm) çaplı konili matkapla 9.00 m delindikten sonra, 8 5/8" (219.08 mm) ve 10 5/8" (269.88 mm) çaplı konili matkapla taranıp, 7" (177.80 mm) çaplı kondüktör borusu indirilmiştir.

4 3/4" (120.65 mm) ağırlık borusu, 2 7/8" (73.03 mm) tij ve 4 5/8" (117.48 mm) konili matkapla 9.00-154.05 m arası kırmalı olarak ilerlenmiştir. Kireçtaşında 13.80 m'den itibaren kaçakların başlaması ile PW muhafaza boruları geçici olarak konulmuştur. PQWL takımla çamur kaçaklı olarak, 354.00 rriye kadar ilerlenmiş, 154.05'deki PW borular alınıp, 154.05-354.00 m arası 6 1/4" (171.45 mm) taranıp PW muhafaza borusu 354.00 iriye indirilmiştir.

PW muhafaza borusunun da kaçak yapması üzerine 3 kez çimento basılmıştır. PQWL takımla 354.00-504.00 m delinip HW muhafaza borusu indirilmiştir. HCQWL takımla 504.00 m'den itibaren ilerlemede çıplak arazi 700.00 iriyi geçtikten sonra, HCQWL takımın sıkıştığında NW borusu yerine bırakılması düşüncesiyle 1569.00 iriye kadar ilerlenmiş ve takım bu metrede sıkışınca NW muhafaza borusu yerine bırakılmıştır.

NCQWL takımla 1569.00 m'den itibaren ilerlemeye başlanmış, ilerleme esnasında 174420 m'de karotiyerin ah ucundan 10 cm yukarıdan takım kopmuş, kuyuda iç gömlek, karotiyer parçası, portkron ve matkap kalmıştır. NT serisi ile alınmak istenmişse de başarılı olamayınca, gömlek dışı tahlisiye ile; diğerleri de vidyeli matkaplarla kesilerek temizlenmiş ve 200220 m delip, kuyu bitirilmiştir.

Sıkışmış olan HCQWL takım 980.00 m'den kesilerek, HW boruların 300 m'si ile, PW boruların bir kısmı sol tahlisiye ile alınmıştır.

### 3.3.20-K Sondajının Yapılışı

4 3/4" (120.65 mm) ağırlık borusu, 2 7/8" (73.03 mm) tij ve 6 1/4" (171.45 mm) konili matkapla 49.05 m delinmiş, arandan 4 3/4" (120.65 mm) DC, 2 7/8" (73.03 mm) tij ve 4 5/8" (117.48 mm) konili matkapla 204.30 iriye kadar delinmiştir.

49.05-204.30 m arası PQ elmas ve PQ tarayıcı ile taranıp, 204.30-598.95 m ye kadar PQWL takımla delip HW muhafaza borularını indirilmiştir.

HCQWL takımla 598.95-1251.65 m arası delinerek kuyu bitirilmiştir. HCQWL takımla ilerlemede çok fazla yıkıntı ve aşım gaz basıncı ile karşılaşmış, taban bulmada güçlükler çekilmiştir. Bir seferinde 933.00 m'de takım sıkışmış ve porlkron üst bağlantı dışlarından kopmuş, kalan malzemeler vidye takviyeli erkek tahlisiye ile 940.00 iriye kadar sürülüp burada sıkışılıp tutturulmuş ve alınmıştır.

Kuyu bitiminden sonra yaptırılan bıçakla HW muhafaza boruları 350.00 m'den kesilerek, PW muhafaza borularının bir kısmı sol tahlisiye ile çözümlenerek alınmıştır.

Kozludald üç sondajda da PW muhafaza borularının bir kısmının iş bitiminde geri alınması düşüncesiyle tabandan yaklaşık 20-50 irilik kısımları çimentolanmıştır. Ancak PQWL takımın manşonlu olması ve çalışma sırasında manşonların boruya vurması ve boru dişlerinde et kalınlığının fazla olmaması, PW muhafaza borularının kopup, problemler çıkarmasına sebep olmuştur.

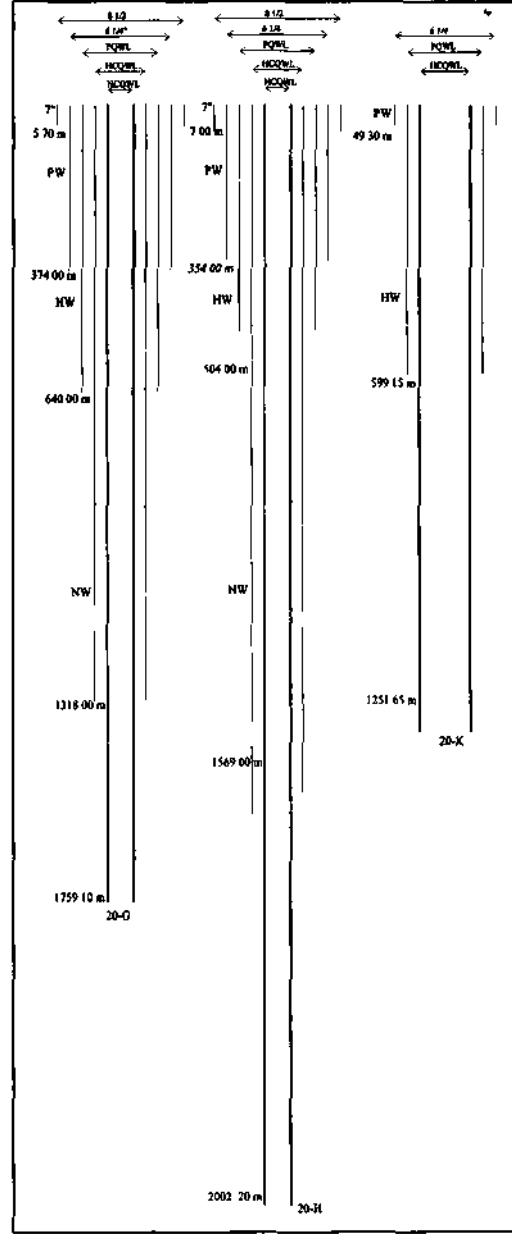
Kozlu sondajlarında kullanılan takım ve muhafaza borusu tipleri Şekil 1'de verilmiştir.

#### 4. SONDAJLARDA KULLANILAN SONDAJ SIVISI VE PARAMETRELERİ

Çalışmalarda kullanılan çamurun ana katkı maddesi montmorillonit grubu killerden olan sodyum bentonitidir. Sondaj esnasında çamura katılan kimyasal maddeler şunlardır (MTA, 1993 a, 1994 a):

1. Viskozite düşürücü olarak krom lignosülfanat,
2. Su kaybı kontrolü için carboxy methyl cellulose (CMC),

3. Ağırlaştırıcı olarak bant,
4. pH kontrolü için kostik soda.



Şekil 1. Kozlu Kuyularında Kullanılan Sondaj Dizisi ve Muhafaza Borusu Çapları.

Sondaj mahallinde bulunan çamur laboratuvar aracılığıyla çamur parametreleri sürekli ölçülerek kontrol altında tutulmuştur. Sondaj sıvısının kan madde oranının kontrolü için de-sander sürekli çalıştırılmıştır. Sondaj çamuruna kanlan maddelerin tür ve miktarları ile oluşan çamurun özellikleri aşağıda verilmiştir

Bentonit	:50kgAn <sup>3</sup>
Krom lignosülfanat	:2kg/m <sup>3</sup> ,
CMC	:4kgfa <sup>3</sup> ,
Kostiksoda	:ö\2-2kgfo <sup>3</sup> .
Viskozite	:4045 sn/quart
Yoğunluk	: 1.04-1.06 gr/cm <sup>3</sup>
Su kaybı	:6-8ml/30 dak.
Plastik viskozite	:10-17cp.
Yenilme noktası	:6-8LB/100 feet <sup>2</sup> .
Kum oranı	:% 02-0.5
Kek kalınlığı	:0.5 mm
pH	:8-9

Kuyularda %100 çamur kaçağı durumlarında su ile çalışılmış; saman ve talaş çamura kanşnılarak kuyuya verilmiş, basan kısmen sağlanabilmiştir. Böyle durumlarda karothi ilerleme anlarında su ile 1 sten (iki tij boyu) ilerlendikten sonra, tij ilavesinden önce çamur verilerek kuyunun rahatlaması ve temizliği sağlanmıştır. Kozlu 20-G, 20-H, 20-K sondajlarında kullanılan çamur parametreleri Çizelge 2'de verilmiştir.

## 5. SONDAJLARIN ZAMAN ANALİZLERİ

Sondajcılıkta mümkün olduğunca zamanın büyük bir kısmının ilerlemede geçmesi istenir. Fakat bu genelde mümkün olmamaktadır. 20-H sondajında zamanın %28'i, 20-K sondajında ise %24'ü ilerlemede geçmiştir, zorunlu kuyu işlemleri (ZKİ; borulama, çimentolama, çimento kesme, vs..) ve beklemenin fazla olmasının nedeni PW muhafaza borularına ablan çimentoda başarılı olunamaması ve aynı yere birkaç kez çimento

atılmasıdır. 20-H ve 20-K kuyularının zaman analizleri Çizelge 3, ve Şekil 23'te verilmiştir.

## 6. SONDAJLARIN JEOLJİK YAPISI VE DAMARLARIN DURUMU

Çalışmalar sırasında jeoloji mühendisleri tarafından kuyuların jeolojik etütleri yapılmıştır. Geçilen birimlerden örnekler alınıp yaş tayinleri yapılmıştır (MTA 1992,1993 b, 1994 b).

Kozlu 20-G sondajı Barremiyen kireçtaşlarından başlayıp, 210.00 m'de kırmızı seri diye nitelendirilen formasyona girdikten sonra, 401.50-803.00 m arasında Karadon Formasyonutiu kesmiş ve 803.00-1759.10 m arasında ise Kozlu Formasyonutiu kesmiştir. Teknik anza nedeniyle durdurulan sondajın 0-50 m'lik bir ilerlemeden sonra, Namuriyen yaşlı Alacaagzı Formasyonuna girmesi muhtemeldi. Bunun için daha sonra yapılan 20-H sondajı Alacaagzı Formasyonu'nda 100 m kadar ilerlemiştir.

Kozlu 20-H sondajı Kretase yaşlı kireçtaşlarından başlamış, 424.70 m'de Karbonifer yaşlı birimlere girmiş, Karadon ve Kozlu Formasyonlarını kesip, 1900.00 m'de Alacaagzı Formasyonuna girmiştir.

20-K sondajı Kretase yaşlı kireçtaşlarından başlayıp, 468.70 m'de Karbonifer yaşlı birimlere girmiş olup, Karadon ve Kozlu Formasyonlarını keserek 1221.60 m'de Alacaagzı Formasyonutia girerek 1251.65 m'de bitirilmiştir.

### 6.1 Kozlu 20-G, 20-H, 20-K Sondajlarında Kesilen Damarların Durumları

Sondajlarda kesilen 0.50 m ve daha üstü kalınlıklardaki damarların durumları Çizelge 4'te verilmiştir. Damar isimlendirme ve korelasyon çalışmalarını yapabilmek için karot alındıktan sonra, kesilen kömür damanyla

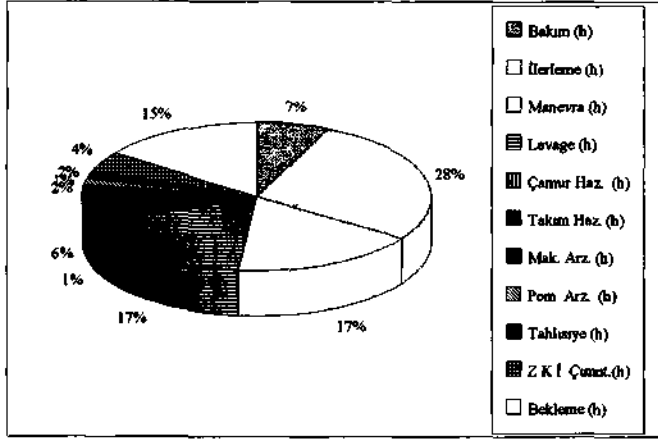
Çizelge 2 Kozlu 20-G, 20-H, 20-K Sondajlarında Kullanılan Çamur Parametreleri

Aralık (m)			Formasyon	Viskozite (sn/quart)			Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )			Su kaybı (cm <sup>3</sup> /30 dak)			Plastik viskozite (cp)			Yenilme noktası (lb/100ft <sup>2</sup> )		
20-G	20-H	20-K		20-G	20-H	20-K	20-G	20-H	20-K	20-G	20-H	20-K	20-G	20-H	20-K	20-G	20-H	20-K
0 00	0 00	0 00	(İncez)															
401 50	424 70	468 70	Kireçtaşı konglomera silttaşı kıltaşı kumtaşı	36	60	45	1	11	1	7	5 5	7	9	13	12	13	18	15
401 50	424 70	468 70	(Karadon)	35	45	40	1	11	11	6	6	5	10	12	10	10	9	8
805 00	715 30	793 05	Kumtaşı konglomera kıltaşı silttaşı komur	40	46	55	1	11	11	8	8	6 5	15	15	18	15	15	12
805 00	715 30	793 05	(Kozlu)															
1759 10	1900 00	1121 60	Kumtaşı silttaşı kıltaşı konglomera kumtaşı kom	35	50	40	1	11	11	6	5	4	13	13	14	3	3	5
				40	38	65	1	11	11	8	7	6 5	6	20	30	10	15	15
	1900 00	1221 60	(Alacağzı)		40	40		11	11		5	4		12	14		5	5
	2002 20	1251 65	Kumtaşı silttaşı komur		38	65		11	11		7	6 5		15	30		6	15
			Polimer Çamuru	30			1			26			4			1		

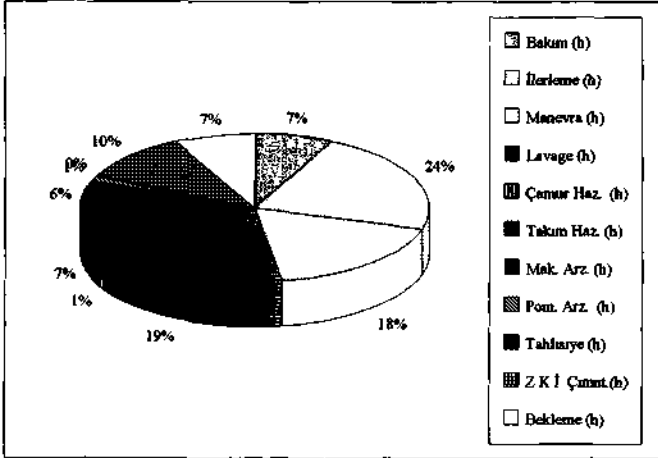
-36-

Çizelge 3 20-H ve 20-K Sondajları Zaman Analizleri

	Aylar	Bakım (h)	İlerleme (h)	Manevra (h)	Lavaj (h)	Çamur Haz (h)	Takım Haz (h)	Mak Arz (h)	Pom Arz (h)	Tahliye (h)	Z K I Çımart (h)	Bekleme (h)	Toplam (h)
20 - H	Mart	38 75	189 50	78 00	34 25	16 25	31 75	23 00	7 50	12 00	81 00	8 00	520 00
	Nisan	30 50	103 75	47 50	45 25	6 00	30 50	0 75	2 50	12 00	82 25	359 00	720 00
	Mayıs	62 50	260 25	125 75	188 50	2 00	63 50	12 25	16 25		4 00	9 00	744 00
	Haziran	54 00	268 25	158 50	113 50	13 50	48 25	3 50	20 50			40 00	720 00
	Temmuz	48 00	158 50	174 75	133 00	8 25	35 50	9 50	3 00	42 00		131 50	744 00
	Ağustos	26 75	79 75	74 75	124 25		26 50	14 50				21 50	368 00
	Toplam	260 50	1060 00	659 25	638 75	46 00	236 00	63 50	49 75	66 00	167 25	569 00	3816 00
20 - K	Eylül	30 00	137 00	20 00	30 00	9 50	11 50	2 00	4 50	3 00	81 50	99 00	428 00
	Ekim	56 50	295 50	98 50	50 00	6 00	66 50				122 00	51 00	746 00
	Kasım	48 50	167 50	106 50	167 00		58 50	172 00					720 00
	Aralık	60 50	45 50	272 50	245 50		56 00	2 00	27 50	7 00		27 50	744 00
	Ocak	19 00	18 50	23 50	72 00		16 50	8 00				97 50	296 00
	Toplam	214 50	664 00	521 00	564 50	15 50	209 00	184 00	32 00	10 00	301 00	218 50	2934 00



Şekil 2 Kozlu 20-H Sondajı Zaman Analizi



Şekil 3 Kozlu 20-K Sondajı Zaman Analizi

Çizelge 4 Kozlu Sondajlarında Kestilen 0.5 m ve Daha Kalın Damarların Durumları (MTA, 1992 b, 1993 b, 1994 b)

20-G				20-H				20-K			
Derinlik (m)	Kot (m)	Kalınlık (m)	Eğim °	Derinlik (m)	Kot (m)	Kalınlık (m)	Eğim °	Derinlik (m)	Kot (m)	Kalınlık (m)	Eğim °
448 00	-288 00	3 45	25-30	525 85	-385 45	0 60	20	473 75	-404 50	0 50	20
461 00	-301 00	1 80	15-20	726 70	-586 30	1 30	80	487 15	-417 90	0 90	10
476 40	-316 40	0 80	30	735 00	-594 60	3 40	80	531 45	-462 20	1 30	10
540 95	-380 95	3 95	7 5	740 30	-599 90	0 80	80	566 45	-497 20	2 90	15
825 25	-665 25	0 80	40	931 55	-791 15	0 50	50	563 75	-494 50	4 65	10
926 85	-766 85	2 50	30	935 60	-795 20	2 45	60	805 85	-736 60	2 00	20
971 45	-811 45	2 70	35	967 30	-826 90	4 50	55	899 50	-830 25	0 50	20
1008 45	-848 45	0 70	30	983 20	-842 80	0 60		917 75	-848 50	0 70	
1068 25	-908 25	0 70	30	1259 15	-1118 75	0 60		922 65	-853 40	0 70	10
1103 15	-943 15	2 00	30	1271 30	-1130 90	0 75		933 00	-863 75	1 10	10
1120 95	-960 95	0 60	30	1276 90	-1136 50	0 80	40	1149 60	-1080 35	0 60	10
1128 75	-968 75	1 90	30	1341 10	-1200 70	5 70	40				
1257 65	-1097 65	1 30		1386 00	-1245 60	2 20	40				
1275 85	-1115 85	1 10		1406 15	-1265 75	0 60	40				
1281 25	-1121 25	0 90		1506 70	-1366 30	0 80					
1324 70	-1164 70	1 50		1519 00	-1378 60	0 75					
1366 00	-1206 00	1 40		1547 05	-1406 65	1 15	45				
1438 90	-1278 90	1 10		1557 45	-1417 05	0 90	45				
1450 70	-1290 70	0 60		1567 30	-1426 90	1 10	40				
1502 20	-1342 20	1 10		1587 60	-1447 20	0 90	40				
1521 20	-1361 20	2 05		1648 50	-1508 10	6 50	20				
1538 55	-1378 55	1 30		1670 00	-1529 60	0 90	20				
1543 80	-1383 80	1 70		1892 75	-1752 35	0 60	40				
1613 40	-1453 40	3 40									

birlikte tavan, taban taşlarından örnekler alınıp TUBUTAK'na gönderilmiş, fakat henüz sonuçlanmamıştır.

## **7. MATKAPLARIN YAPTIKLARI İLERLEMELER**

Konili matkapla çalışmalarda baskı, ağırlık boruları ile sağlanmakta ve düşük devirde çalışılmaktadır. Elmaslı matkaplarla ilerlemede baskı makina tarafından hidrolik olarak verilmekte ve yüksek devirle çalışılmaktadır. Yüzey taşlı elmaslı matkaplarda baskı ve devir matkap spc'sine göre verilirken, emprenye matkaplarda ise çalışılan devir ve ilerleme hızı ilişkisine göre baskı verilir. Emprenye matkaplarda devir daha da yüksektir. Yüzey taşlı matkaplarda ilerleme formasyonun durumuna göre genelde 2-6 inç/dak (5-15 cm/dak) limitlerinde olacak şekilde ayarlanmalıdır (Longyear, 1989).

Emprenye matkaplarda baskı yukarıda sözü edilen devir-ilerleme hızı ilişkisi ise şöyledir. Belirli bir devir için ilerleme hızının dar bir aralıkta kontrol edildiği ve baskının ikincil faktör olduğu bu metod yapıcı firma tarafından önerilmiş ve kendi matkaplarında Kozlu sondaj çalışmalarında uygulanmış ve basan sağlanmıştır. RPI (1 inçlik ilerleme için gerekli olan devir sayısı) veya RPC (1cmlik ilerleme için gerekli olan devir sayısı) maksimum matkap ömrü ve m düşük matkap maliyetinin sağlanmasında önemli rol oynar. Baskı çalışılan devirde önerilen ilerleme hızını sağlayacak şekilde verilir.

Longyear firması kendi matkapları için 80-100 RPI veya 200-250 RPC değerleri arasında çalışılmasını önerir. Kozlu sondajlarında bunun uygulanmasına dikkat edilmiş ve HQ, NQ elmaslı matkaplarda yüksek ilerlemeler sağlanabilmiştir.

Kozlu sondajlarında kullanılan matkapların formasyonlara göre ortalama ilerlemeleri, çalışma koşulları Çizelge 5te, ve kullanılan matkapların performans grafikleri Şekil 4-6'da verilmiştir. Grafiklerdeki ilerleme hızları net ilerleme hızları olmayıp, karot alma öncesi ve sonrası matkabın kuyuda temizlik amacıyla dönme süresini de kapsamaktadır.

## **a SONDAJ ÇALIŞMALARINDA DÜŞÜK METRAJLARIN SEBEPLERİ**

Bunlar kısaca şu şekilde özetlenebilir

-Araziye uygun elmas matkapların bulunmaması.

-Araziye uygun olan bir matkapla çalışırken yumuşak çamurtaşı serisinin fazla kalın olarak kesilmesi. (Örneğin Longyear 6 serisi emprenye matkaplar Karbonifer birimlerinde çok iyi metrajlar yapmakta iken, kalınlığı fazla olan yumuşak çamurtaşımda karot alma sorunları ortaya çıkmaktadır ve Longyear 2 serisi emprenye matkaplar bu seride daha iyi metraj yapmaktadırlar.)

-Sondaj Makinası emprenye almaslar için gerekli olan yüksek devirlerin genelde alt limitlere düşürülmemekte, devir yükseltildiğinde ise torkun fazla artması ve sondörlerin yüksek tork altında çalışmak istememeleri nedenleriyle gerekli ilerlemeler sağlanamamıştır.

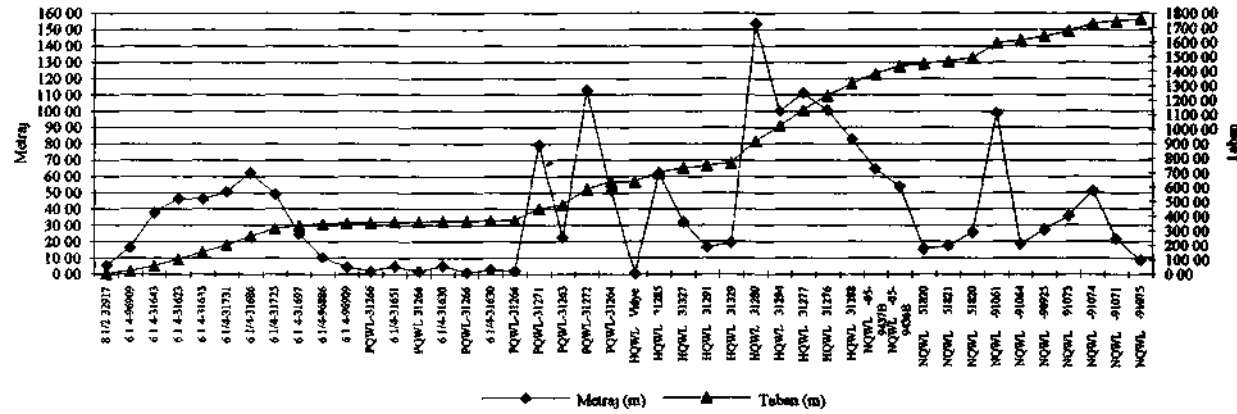
-Bilhassa takım ucu tıkanmalarından sonra yapılan manevralarda kuyu göçükleri oluşmakta ve bu göçükleri temizleme sırasında elmas ömrü azalmaktadır.

-Kuyuya karot düşmelerinde bu katotların gömlek içine alınması veya eritilmesi sırasında elmas iç çaplarında aşınmalar olmaktadır.

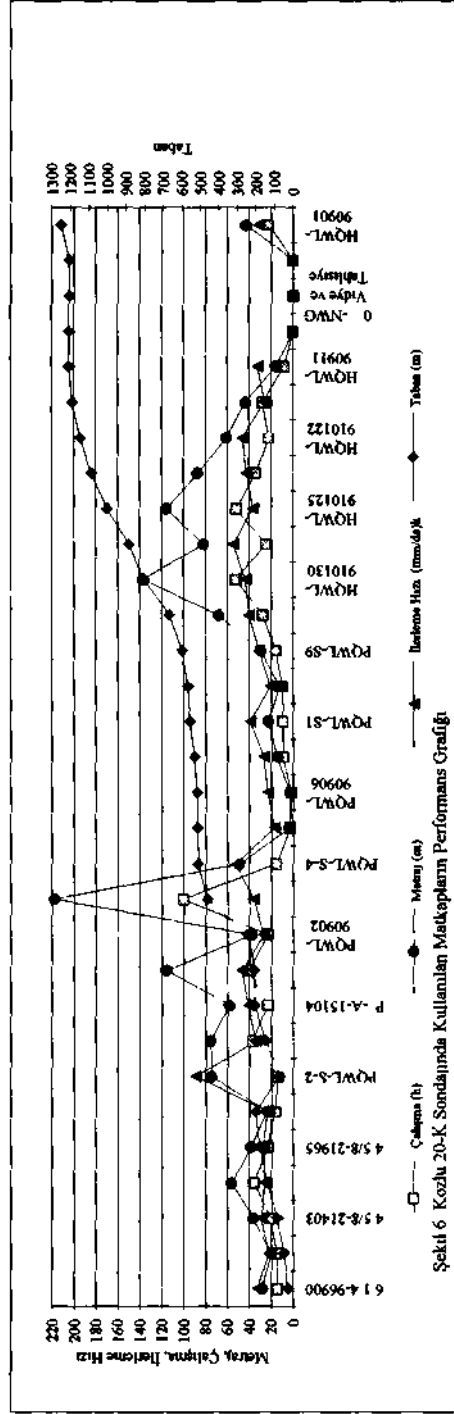
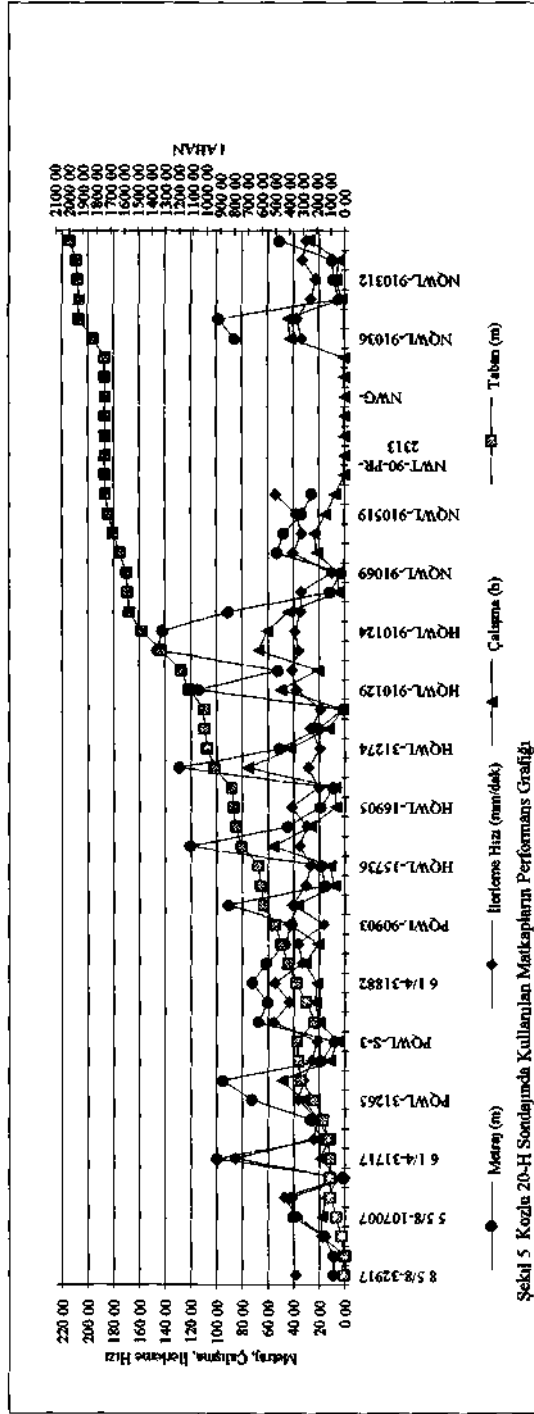


Çizelge 5 Kozlu 20-Hve 20- Sondajlarında Geçilen Formasyonlara Göre Elmaslı Matkapların Çalışma Koşulları

Kuyu	Çap	Üretici Firma	Özellik	Adet	İlerleme (m)	Çalışma (h)	İlerleme hızı (cm/dak)	Baskı (kg)	Devir (devir/dak)	Debi (lit/dak)	Formasyon
20-H	PQWL	Longyear	80 spc	1	89 80	55 73	2 68	2000-3000	300-350	60	Kireçtaşı
20-K	PQWL	Simtes	40-60 spc	2	132 87	46 00	4 81	1000	400	60	Kireçtaşı
20-K	PQWL	Longyear	40-60 spc	1	217 90	100 50	3 61	2000-2500	300	60	Kireçtaşı
20-H	PQWL	Simtes	25-40 spc	2	82 35	40 63	3 38	1500	400-450	60	Konglomera, kumtaşı, kilitaşı, silttaşı
20-H	PQWL	Longyear	80 spc	1	200 20	131 25	2 54	100-2000	350-400	60	Konglomera, kumtaşı, kilitaşı, silttaşı, kömür
20-H	PQWL	Simtes	25-40 spc	1	18 80	7 50	4 18	1500	400	60	Konglomera, kumtaşı, kilitaşı, silttaşı, kömür
20-K	HQWL	Longyear	Seri 6	5	96 49	37 10	4 33	1500-2000	450-500	45	Konglomera, kumtaşı, kilitaşı, silttaşı, kömür
20-H	HQWL	Longyear	Seri 6	3	104 08	46 17	3 76	1500-2000	400-450	45	Konglomera, kumtaşı, kilitaşı, silttaşı, kömür
20-H	HQWL	Polmak	40-60 spc	2	54 70	24 25	3 76	1500-2000	500-600	45	Kumtaşı, silttaşı, kilitaşı
20-K	HQWL	Longyear	Seri 2	2	43 43	25 25	2 87	1500-2000	400-450	45	Kumtaşı, silttaşı, kömür
20-H	NQWL	Longyear	Seri 2	2	91 75	43 25	3 54	1500	450	35	Konglomera, kumtaşı, silttaşı, kilitaşı
20-H	NQWL	Longyear	Seri 6	3	44 92	17 25	4 34	1500	450	35	Konglomera, kumtaşı, silttaşı, kilitaşı, kömür



Şekil 4 Kozlu 20-G Sondajında Kullanılan Matkapların Performans Grafiği



-Çamur pompasının yetersiz kaldığı durumlarda, kesilen kırmaların uzaklaşmaması ve elmasın bu kırıntılar üzerinde öğütme yapması, elmas ömrünü azaltmaktadır.

## 9. SONUÇ VE ÖNERİLER

PW muhafaza boruları tamamen çimentolanmadıklarında kopmakta, kaçakları ödememekte, çalışmalarda problem çıkmaktadır. Bu sebeple PW muhafaza borularının tümünün çimentolanması zorunludur.

Takım ucu ukanmalannda kuyu yıkılmakta ve taban bulmada büyük güçlükler çıkarmaktadır. Taban bulma problemlerinde çıplak araziye girdikten itibaren dönerek ve temizlik yaparak takım bilmelidir.

Sondaj esnasında yumuşak ve kalınlığı fazla olan çamurtaşı serilerinde karot alamama veya karotların incelik dökülmesi problemleri ortaya çıkmakta, matkap kullanımında karşılaşılan bu tür problemlerde Longyear emprenye 2 serisi matkaplar ve dıştan kanallı keçirler haşan sağlamaktadırlar. Diğer birimlerde Longyear 6 serisi emprenye matkaplar iyi performans göstermişlerdir.

Kireçtaşlarındaki kaçakları tıkama için basılan saman talaş gibi malzemelerle başarılı olunamamaktadır. Çimento yapmayı zorunlu kılmakta fakat büyük çatlaklarda veya boşluklarda çimentolama da haşan sağlayamamaktadır. Karbonifer'de kaçak halinde karotlu ilerleme yapmak, geçilen killi formasyonların kontrolünü elden çıkarmaktadır.

ilerlemede geçen zamanın anılması için bakım ve tamirlerin zamanında yapılması, zorunlu yedek parçaların makinada mutlaka bulundurulması gerekmektedir. Derin sondajlarda sondaj çamurunun kontrolü ve takibi önemlidir. Yumuşak çamurtaşı serilerinde çamurun su

kaybının 6-7 cmV30dak değerlerinde olması başarılı ilerlemede etkili olmaktadır.

Karbonifer arazisinde Longyear HQWL ve NQWL emprenye elmas matkapların 6 serileri yüksek performans göstermekte, fakat fazla kalın veya çok sık ardalımalı çamurtaşlarında ise Longyear 2 serisi emprenye elmas matkaplar iyi performans gösterebilmektedirler.

Pompaların gerekli debide basması için gerekli bakım ve kontrollerin sürekli olarak yapılması gerekir.

Kayaç-matkap etkileşiminin daha iyi anlaşılabilmesi; bilinçli matkap seçimi ve çalışma koşullarının optimizasyonuna yönelik bu tür çalışmaların gerçekleştirilmesinde ve ilgili kurumlarca desteklenmesinde; ülkemiz sondaj endüstrisi açısından büyük yarar görülmektedir.

## 10. KAYNAKLAR

- Longyear 1989. *Longyear Products Field Gidide*, USA  
Longyear 1990. *HD-55 Sondaj Makması Katalogu*.  
MTA 1992 b, *Jeolojik Etudier Başmühendisliği Çalışmaları*, MTA Batı Karadeniz Bölge Müdürlüğü, ZONGULDAK.  
MTA 1993 a, *Kozlu 20-H Sondajı Kuyu Bitirme Raporu*, MTA Batı Karadeniz Bölge Müdürlüğü, ZONGULDAK  
MTA 1994 a, *Kozlu 20-K Sondajı Kuyu Bitirme Raporu*, MTA Batı Karadeniz Bölge Müdürlüğü, ZONGULDAK  
MTA 1993 b, *Jeolojik Etudier Başmühendisliği Çalışmaları*, MTA Ban Karadeniz Bölge Müdürlüğü, ZONGULDAK.  
MTA 1994 b, *Jeolojik Etudier Başmühendisliği Çalışmaları*, MTA Batı Karadeniz Bölge Müdürlüğü, ZONGULDAK.



Sondaj Sempozyumu'96 , izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Yeraltısuyu Aramacılığı Kılavuzu**

### **Guide for Groundwater Exploration**

A.Ercan

*LTÜ Miden Fakóltesi Jeofizik MühBölümü Ayazađa/İSTANBUL*

*YERALTIARAMACILIK Bilimsel Araştırma Kuruluşu Beşiktaş/İSTANBUL*

**ÖZET:** En uygun kuyu yeri ve derinliği ile suyun niteliğinin önceden belirlenmesi her aramacının amacıdır. Jeofizik yöntemler, yüzeyden ve kuyu içinden uygulanarak yatak özeUiUerinin delme öncesinde belirlenmesinde yön göstericidir. Hidrojeolojik koşullara göre su yataklaşmasının kestirilmesi, aramada kullanılacak en uygun hidrojeofizik yöntemin ve uygulama biçiminin seçimine yardımcı olur. Aramalar ya doğrudan su yatağım belirleme ya da dolaylı olarak su tutabilecek yapıyı belirlemeye yönelik olarak tasarlanır. Doğrudan aramalarda suyun; yüksek iletkenlik, mıknatıslanmaz, düşük özgül ağırlıklı, yüksek dielektrikli, ses dalgasını yavaşlatır, uğlaşabilir (polarize), sıcak/soğuk, tuzlu/tuzsuz, temiz/kirli olma özelliklerinden yararlanır. Dolaylı aramalarda; jeolojik yapının fiziksel süreksizlik ayrınlıklarının yaratacağı işaretler kullanılır. Yüzey aramalarında önem sırasına göre Doğru Akım Elektrik Özdirenę (R), Elektromanyetik (EM), Yeraltı Radarı (GPR), Doğal Uğlaşma (SP), Yapay Uğlaşma (İP), Uzaktan Algılama (İR), Sismik (S), Gravite (G), Manyetik (M), Radiometri (Ra) yöntemleri kullanılır. Bunlarla; yeraltısuyu varlığı, yatak; biçimi, boyutu, derinliği, yataklar arası bağlantıları, sayısı, göreceli doygunluk, ve göreceli verim gibi niceliksel bilgilerin yanısıra, tuzluluk, sıcaklık, kirlilik gibi niteliksel bilgilerde edinilebilir. Jeofizik Kuyu Loğları ise genelde SP, R, Gamma Ray, Nötron, Hız, Sıcaklık ölçüsü olarak alınır. Bu bilgilerden; kuyunun kestiği yatakların; geręek yerleri (d), geręek kalınlıkları (h), gözenekliği ( $\phi$ ), iletimi (T), geğirgenliği (k), doygunluğu (S), göreceli verimi (Q), sıcaklığı, kirliliği, tuzluluğu kestirilebilir. Böylece hidrojeoloji ile başlıyan gözlemlere, hidrojeofizik ölçülerin eklenmesi ve kuyu içi hidrolik deneylerle yeraltısulanndan en uygun biçimde yararlanması sağlanabilir.

**ABSTRACT:** All explorer's aim is to predetermine location, depth and quality of groundwater. In this manner, geophysical methods guide to determine reservoir characteristics before drilling operation, by means of surface and borehole measurements. Hydrogeologie estimation of reservoir type assists to select most appropriate hydrogeophysical method and application procedure. Exploration target is designed as such either direct or indirect delineation of the reservoir. In direct exploration physical characteristic of water are used which are; higher conductivity, dielectricity, polarizability, and lower magnetization, specific density, sonic wave transmission velocity and also heat/cold, saline/fresh, clean/contaminated properties. In indirect exploration approach; anomalies of

physical discontinuities caused by specific geological structures are sought leading surface exploration methods are given in order as D.C. Electrical Resistivity (R), Electromagnetic (EM), Ground Penetrating Radar (GPR), Self Potential (SP), Induced Polarization (IP), Infrared Imaging (IR), Seismic (S), Gravity (G), Magnetic (M), Radiometry (Ra). Using this surface technics help to have apparent quantitative information about groundwater existence, type of reservoir, its dimension, form, depth, quantity and interconnections, relative saturation and yield as well as apparent qualitative information such as salinity, temperature and contamination. Widely used geophysical well logging measurements are SP, R, Gamma Ray, Neutron, Velocity, Temperature logs. By using cross interpretation following in situ actual quantitative and actual qualitative information of aquifers are estimated such as quantity, depth (d), thickness (h), porosity ( $\phi$ ), transmissibility (T), permeability (k), saturation (S), relative yield (Q), temperature ( $^{\circ}$ C), salinity (EC) and contamination. By using these integrated technics, following with hydrogeophysical measurements and borehole hydraulic experiments lead to precise evaluation of groundwater reservoirs.

## 1. GİRİŞ

Türkiye'de yeraltı suları araştırmaları özel ve kamu kuruluşlarınca yapılmaktadır. Kamu kuruluşları; DSİ, iller Bankası, YSE, İl Su işleri ve Üniversiteler, özel kuruluşlar ise jeofizik ve jeolojik araştırma şirketleri ve bilim dışı çalışan kişisel girişimciler ve delme şirketleridir. Yeraltı suyu araştırmaları izleyen adımlardan tümü yada birinden geçilerek yapılmaktadır.

### A- Arama Çalışmaları

1. Yerbilimsel Çalışmalar
  - a- Yerüstü çalışmalar (jeoloji)
  - b- Yeraltı çalışmalar (jeofizik)
2. Bilim dışı Yöntemler

### B- Delme Çalışmaları

1. Çamurlu delme (rotary)
2. Havalı delme (down to hole)

### C- Çıkartma ve Üretim Çalışmaları

1. Su yatağı hidrolojik özellikleri belirleme
2. Yatak verimi geliştirme

### D- Arıtma ve Dağıtım Çalışmaları

1. Fiziksel, kimyasal, biyolojik arıtma
2. Yeraltı şebekeleri

Arama aşamasında, jeofizik ve jeoloji mühendislerinin yanısıra uzman, meteoroloji, orman, ziraat, mühendisleri yer alır. Delme çalışmalarda, petrol, maden, makina mühendislerinin yanısıra jeoloji ve jeofizik mühendisleri, çıkartma ve üretim artırma aşamasında petrol, jeofizik ve hidrojeoloji mühendisleri, arıtma ve dağıtım işlerinde çevre, kimya, tıp bilimleri, biyologların yanısıra makina, inşaat mühendisleri, mimarlar, kent plancıları, peyzaj mimarları işletmeciler, ekonomistler yer alır. Diğer bir deyimle su işi, geniş bir dallar arası işbirliğini ve dayanışmalı bilgi birikimini gerektirmektedir.

## 2. ARAMA ÇALIŞMALARI

### 2.1. Yerbilimsel Çalışmalar

Yeri oluşturan birimlerin türleri ve fiziksel özelliklerinin araştırılmasına dayanan yöntemlerdir.

**2.1.1. Jeolojik Araştırmalar;** yüzeyde görülen yersel birimlerin türü, yeri dağılımı, sıralanışı, yaş, kalınlık, derinlik, eğim, kırıklık, çatlaklılık, ezilme, bozuşma, evrim, çökelim, başkalaşım, taşırma, aşınma, süreksizlik beslenme ve boşalma, su tutma ve verme, (gözeneklik-geçirgenlik) özelliklerinin araştırılmasını ve haritalanmasını amaçlar. Çalışmalar yüzey gözlemlerine dayanır, yeraltından bilgi edinmek üzere delme ve jeofizik bilgilerinden yararlanır. Beslenme-biriktirme-boşalma ilişkileri için meteorolojik ve jeomorfolojik bilgilere başvurur. Su aramalarında görevi;

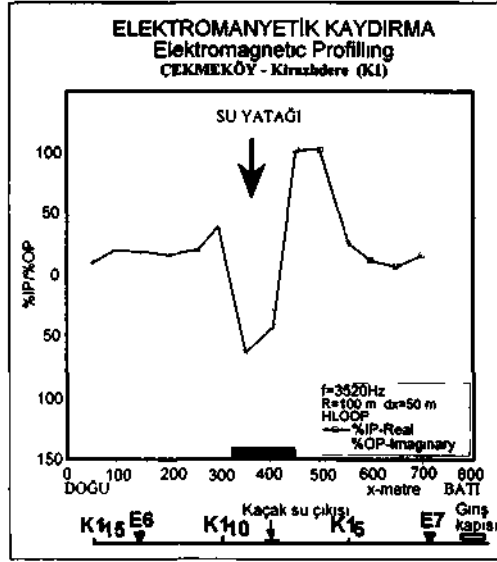
1. O bölgede su yatağı oluşturacak yersel birimlerin varlığını, dağılımını, boyutunu, yaklaşık derinliğini ve yataklaşma özelliklerini belirlemek buna dayanarak hidrojeolojik haritaları oluşturmak.
2. Yersayılama bilgilerini kullanarak hidrolik değişirgenleri (T,k, Qs, Q v.b) kestirmek
3. Buna bağlı olarak bölgesel boyutta su aramaları için hedef alanları belirlemektir.

Bu amaçla çalışmalar ilk olarak MTA tarafından 1940-1950'li yıllardan beri başlatılarak tüm Türkiye için 1/500.000 ölçeğe jeoloji haritaları ve yer yer 1/25000 ölçeğe ayrıntılı haritalar yapılmıştır (MTA, 1964). Bu haritayı kalkış noktası olarak alarak ve bu kez yersel birimleri su biriktirme özelliklerine bağlı olarak yorumlayarak Türkiye su haritası

oluşturulmuştur (DSİ, 1967). Bu haritalarda duyarlık ölçüsü 500 ile 1000 m olduğundan, o bölge üzerine genel bilgi için kılavuz olarak kullanılmakta, delme yeri belirleme için yeterli olmamaktadır. Ne varki, bu haritaya bakılarak, o bölgede genel su durumu, su niteliği ve çokluğu üzerine bilgi edinilebilir. Bunun dışında, Üniversite kamu ve özel kuruluşlarca 1/25.000, 1/10.000, 1/5000 ve 1/1000 boyutunda yapılmış parça parça birçok çalışma tüm Türkiye boyutunda vardır. Ancak, kentler içinde delme yerini duyarlı olarak belirlemek amacıyla bir jeolojik araştırma yapmak olası değildir. Çünkü kentleşme tüm yüzlekleri kapatmıştır. Yerel boyutta haritalama için eskiden yapılmış haritalar, bina temel kazıları, delme bilgileri, yarmalardan yararlanılabilmektedir. Oysa, delme konumu belirlemek için öngörülen jeolojik çalışma ölçeği 1/500 den (5 metre duyarlı) büyük olamaz. Bu duyarlılık ise ancak jeofizik araştırmalarla erişilebilir. Dolayısıyla, özellikle kent içi ve yerel boyutta su araştırmaları yaygın olarak özel jeofizik şirketlerince yapılmaktadır.

**2.1.2. Jeofizik Araştırmalar;** yüzeyden yeraltına sinyal yollayarak ya da yeraltındaki süreksizliğin doğal yoldan oluşturduğu sinyali algılayarak yeraltının jeofiziksel görüntüsünün çıkarılması ve su yatağının işaretinin yakalanması ilkesine dayanır. Eğer bölgesel boyutta araştırma yapılacaksa, jeofizik araştırma yapılacak alanlar, ön bir jeolojik araştırma ile belirlenir. Kent içi yerel araştırmalarda ise araştırma alanları sınırlı olduğundan jeofizik araştırmalar, MTA ve DSİ ya da diğer jeolojik haritaların kılavuzluğunda başlatılır. Ancak, bu haritalar ve yalındaki delme bilgileri, stratigrafi, tektonik (yapısal yer özellikleri), katman oturuş ve doğrultulan gözönünde bulundurulurak,

jeofizik yöntem türü, inceleme derinliği, ölçme doğrultu ve dizilim türü, ölçme duyarlığı, ölçüm aralığı, inceleme alan boyutu saptanır. Yöntem ve uygulama biçimi hidrojeolojik koşullara göre değiştirilir. Nasıl bir hekim her hastalığı değişik analizlerle belirtiyorsa, her jeolojik süreksizlik ve yapı değişik jeofizik yöntemleri uygulayarak belirlenir. Kent içinde yapılacak jeofizik araştırmalarla 1/500 (5 metre duyarlı) ve 1/100 (1 metre duyarlı) delme konumu belirlemek olasıdır.



A- Yüzey ve kuyu içi jeofizik araştırmalarla bulunabilecek su ve yeraltı yapısı üzerine bilgiler aşağıda sıralanmıştır.

1. En uygun delme yeri konumu,
2. Delme derinliği,
3. Su yatağı sayısı kalınlık, giriş ve çıkış derinlikleri
4. Boyutları ve hacimleri
5. Su doygunluk oranları
6. Doygunluk artış yönü
7. Suyun beslenme doğrultusu ve yönü

8. Düşey ve yatay olarak yataklar arası bağlantılar

9. Hidrolik eğim,

10. Tuzlu - tatlı su giriş derinliği ve yayılım

11. Sıcak - soğuk su giriş derinliği ve yayılım

12. Suyun akarmı ya da durgunum olduğu

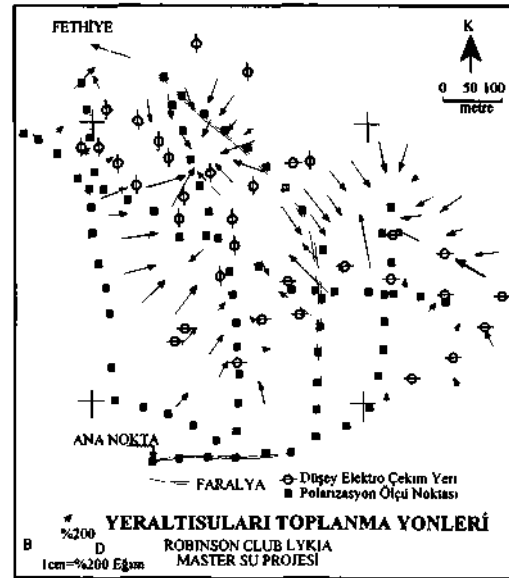
13. Yerinde su yatağı özellikleri

i- Su katman ve katmanlıklarının yerleri,

ii- Gözenektik, geçirgenlik, suya doygunluk,

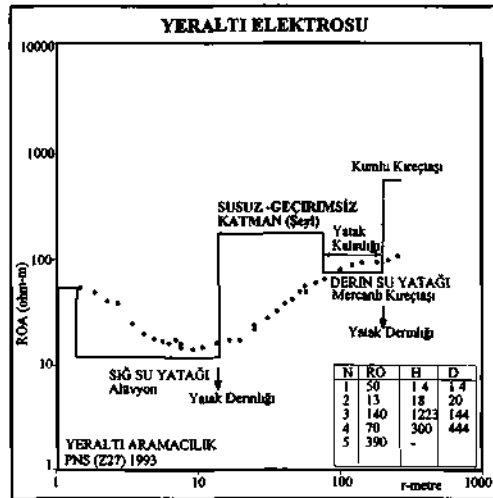
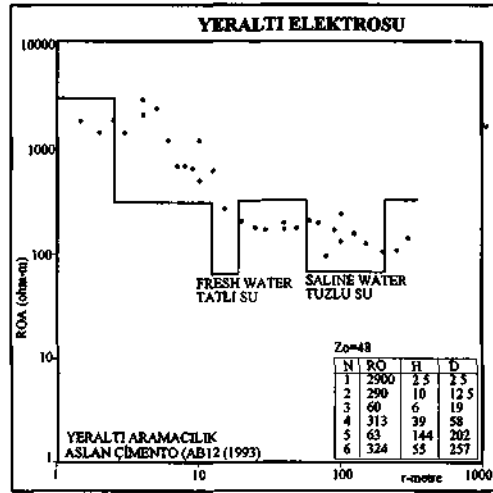
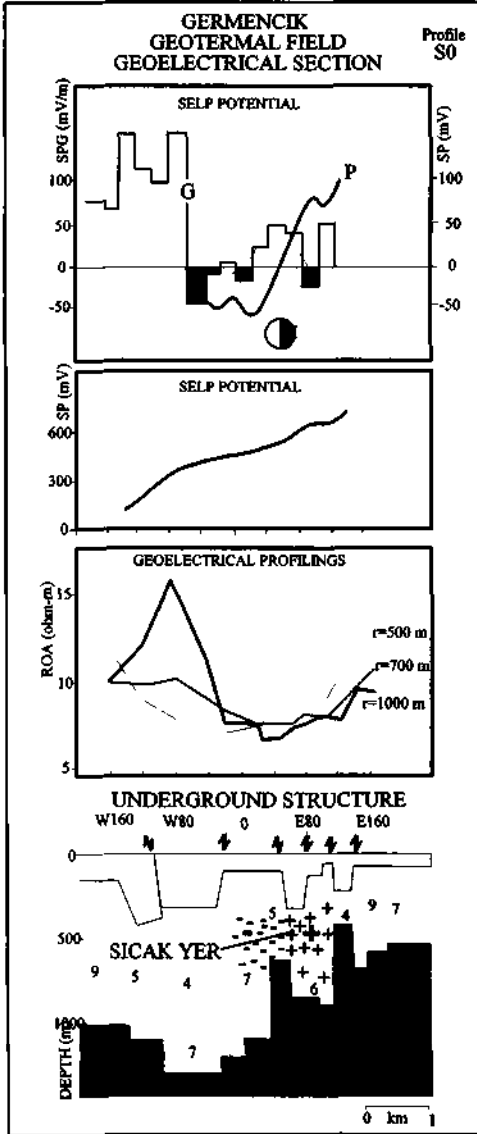
iii- Tuzlu, sıcak, karbonatlı, soğuk, gazlı, kirlı su geliş yerleri,

iv- Yaklaşık verim (Q), iletim (T) ve geçirgenlik (k).



B- Jeofizik çalışmalardan yeraltı yapısı üzerine ise izleyen ana bilgiler edinilir.





1. Katman dizilişleri, duruşu yatımları, sayılan, kalınlık, derinlikleri, ve fiziksel özellikleri.
2. Geçirimli ve geçirimsiz katmanlar
3. Kırık, ezilme kuşakları, düşey ve yanal atımlar, yanal ve düşey süreksizlikler.
4. Temel katman ve yeraltı topografyası gibi sayılabilir.

Bir arazide su aramalarında isabet; jeofizik yöntem seçeneklerine, uygulama biçimine, değerlendirme yorum bilgi ve becerisine bağlıdır. Türkiye kentleri içinde su araması yapılacak alanların %80'i 2000 m<sup>2</sup> den küçük olup, toprak çoğunlukla ya beton ya da asfaltla kaplı olduğundan elektrik yönteminin gereksediği yerle doğrudan temas olasılığı azdır. Bilgi edinme derinliği, alıcı-verici (Rx-Tx) açılımı büyüklüğüne, bağlı olduğundan, elektrik

(resistivity) ve sismik kırılma (refraction) yöntem uygulamaları zordur. Bu koşullarda derine iniş ancak alıcı-verici aralığını durağan tutarak; doğru akım elektromanyetik frekans ve zaman delgisi ve sismik yansıma ya da radar yöntemlerini uygulayarak ulaşılabilir. Ancak, Türkiye'de hertürlü yersel koşulda uygulanabilecek yöntem çoğulluğuna ulaşmış işletme sayısı azdır. Buna karşın, dar teknik olanaklarla yurttan yapılan jeofizik araştırmalar sonucu belirlenen kuyu yerlerinde isabet oranı %85-%89 dolayındadır.

Her jeofizik yöntemin duyarlı olduğu fiziksel özellik ayırdır. Uygulama biçimi ise yataklaşma biçimine ve jeolojik yapıya göre değişir. Hangi jeofizik yöntemin, yeraltısuyunun hangi

özelliklerine duyarlı olduğu ve duyarlılık oranı (Çizelge 1 ve Çizelge 2) de verilmiştir.

Çizelge 1- Jeofizik Yöntemlerin Fiziksel Özellik Değişimlerine Duyarlılığı ve Amaca Göre Yöntem Seçme Kılavuzu.

	İA	SA	SD	BA	KM	KA
Doğru Akım Elektrik özdirenç (DAEÖ)	***	**	**	*	***	*
Elektromanyetik Yöntem (EM)	***	*	***	*	***	-
Yapay Uçlaşma (YU-IP)	**	*	**	*	**	**
Doğal Uçlaşma (DU - SP)	***	***	***	***	***	**
Sismik (S)	-	-	**	-	-	**
Manyetik (M)	-	-	*	-	*	-
Radioaktivite (R)	-	-	-	-	**	-
Gravite(G)	-	-	-	-	-	-
Uzaktan Algılama (UA)	**	***	**	-	***	*
Yeraltı Radarı (GPR)	***	-	***	-	***	*
IA İletkenlik Ayrılığı	KM. Kirlenme ve Mineral Ayrılığı			KA: Kıvam Ayrılığı		
SD - Su Doygunluğu						
BA Basınç Ayrılığı						

Çizelge 2- Aranan yeraltısuyu özelliğine göre en uygun jeofizik yöntem seçimi (Artan yıldız sayısı seçim önceliğini gösterir) (Ercan, 1995).

JEOFİZİK YÖNTEM TÜRÜ	YATAKLAYAN BİRİM			ÖZELLİKLER					
	Kaya Birim	Tutturulmuş Birim	Derinlikler	Doygunluk	Tuzluluk	Sıcaklık	Kalınlık/Say	Gözenekli	Basmç
Elektrik (E)	**		***	**	***	*	+*	+	*
Elektromanyetik (EM)	***	*	**	***	*	*	*	***	*
Doğal Uçlaşma (SP)	***	*	*	**	+	***	-	*	***
Yapay Uçlaşma (IP)	*	***	*	**	***	*	*	-	-
Sismik (S)	*	***	**	*	-	-	**	**	-
Uzaktan Algılama (IR)	**	**	-	-	-	-	-	-	-
Yeraltı Radarı (GPR)	***	**	***	***	*	-	***	-	-
Kuyu Loğu (KL)	*		***	**	***	*	***	*	*
Elektrik	*	*	***	*	***	***	**	*	***
Gamma Ray	*	*	*	-	-	-	-	+	*
Neutron	*	*		***	**	-	+	+	*
Sıcaklık	*	*		-	-	***	*		
Yoğunluk	*	*		***	*	*	*	***	
Sismik	*	*	*	***	-	-		***	**

Suyun en belirgin fiziksel özellikleri; elektrik akımı iyi iletmesi, tuzluluğu ya da kimyasal kirlilik durumunda iletkenliğin çok artması ve uçlaşma (polarizasyon) özelliği kazanması, birim hacim ağırlığının kaya birimlerine göre hafif olması, S- kesme dalga hızını düşürmesi ya da geçirmemesi, ısındığında iletkenliğinin

artması, miknatıslanmaz olması olarak sayılabilir. O nedenle, su aramalarında kullanılan çağdaş jeofizik yöntemler, önem sırasına göre; elektrik, elektromanyetik, polarizasyon, sismik, mikrogravite, manyetik, uzaktan algılama, olarak sayılabilir. Delinmiş kuyular içinde alman (yerinde-in situ) kuyu

loğlarında ise, R, SP, Gamma, Nötron, Yoğunluk, Termik ve hız loğu olarak sıralanır.

Yeryapısal özellikler olarak, jeofizik bakımdan yataklaşma ortamı kaya birimler ya da tutturulmamış birimler içinde olabilir. Yeraltısuyu kaya içinde kırık ezilme kuşaklarında tutturulmamış birimlerde yatay ya da yataya yakın duruşlu kum-çakıl ve kireçtaşı mercikleri içinde birikir. O nedenle, kaya birimlerde en uygun uygulama biçimi jeofizik kaydırma ölçümleri, en uygun yöntemler ise sırası ile, elektromanyetik (EM), doğal uçlaşma (PS), ve elektrik (DC), ve Radar (GPR) dir. Tutturulmamış birimleri üzerinde uygulama önceliği; jeofizik delgi olup, en uygun yöntemler, sırası ile; elektrik delgi, elektromanyetik delgi, sismik yansıma, SP yöntemleri olarak sıralanabilir. Yataklaşma hacimlerinin darlığı ve çizgiselliği nedeniyle, kaya içinde su aramaları merceksele ve büyük boyuttaki tutturulmamışlar içinde su aramalara göre daha zordur.

Jeofizik araştırmalar delme öncesi yerin derinliğinden bilgi getiren tek bilimsel yöntemdir. Jeofizik uygulama olarak; ucuz, çabuk ve kapsamlı yeraltı bilgileri vererek, yeraltısuyunun yerini bulmada delmenin boş çıkmaması ve alandaki en bol suya erişmesine kılavuzluk yaparak hem zaman ve hemde milli servet kaybını önler Örnek olarak 2000 m 'lik bir alanın jeofizik araştırması bugünde, biter ve maliyeti kuyu delme tutarının ancak %10 ile %20 arasındadır. Süre olarak 300 metre derine dek bilgi alma süresi birkaç saniye ile bir saat arasında değişir.

## 2.2. Bilimsel Yöntemler

Bilimsel bir yaklaşımdan uzak deneyim, görgü ve hislerin birleştiği gösterilerdir. Deynek, çatal, çubuk, ibre, şakul tutma gibi uğraşlardan oluşur.

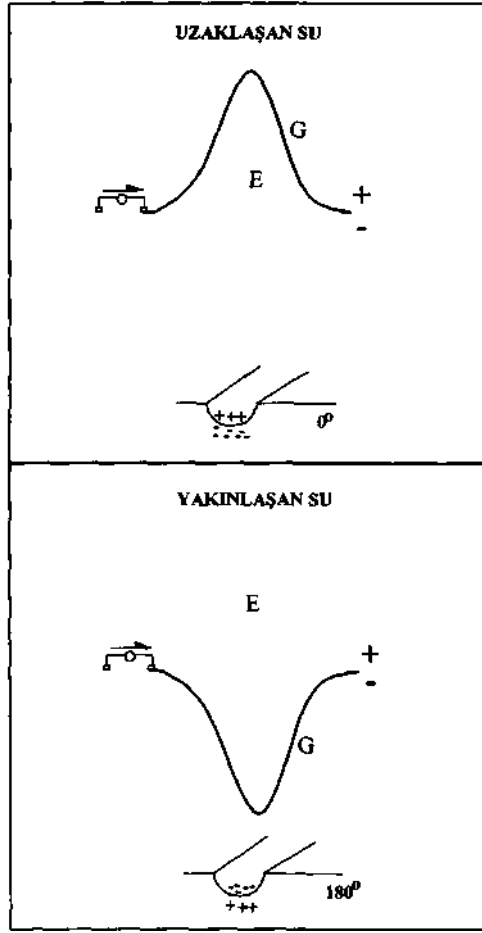
Yeraltında su tek bir nokta altında, düşey bir silindirik boyunca oluşmaz. Dünya çapında yapılan sayılamalara göre, hiç bilginiz yoksa bile bir alanda sulu kesimi bulma şansı %25'tir.

Bilinen alanlarda yapılan deneylerde çatal tutturulduğunda başarı oranı %20-%30 geçmemiştir. Oysa, o bölgedeki su yataklaşması türünü ve olası derinliğini bilen bir deneyimli yerbilimcinin arazide en uygun yeri sadece yüzey gözlemleri ile belirleme başarısı %60-%70 arasındadır. Jeofizik araştırmalar başarı oranını %85-%99'a kadar yükseltir.

Yabancı dilde Duddle bugger ya da Redyostesi diyede adlandırılan çatal-çubuk tutma işinde başarı denk geliştir. Genelde bu tür çatalcılarının sonuçları hak arasında efsanevi olarak abartılarak anlatılmakta, başarısızlıklarına değinilmemektedir. Oysa, bu tür çatalcılarının gösterişte hiç su bulunmayan kuyu sayısı ve milli servet yitimi oldukça fazladır Şu da bir gerçek ki, neresi olursa olsun hemen her yere delindiğinde az çok su çıkar

Bu tür hissi ve aldatmaca uygulamalar, doğru bilgi verse idi, tüm dünyada jeofizik ve jeolojik eğitimi durdurulurdu. Ne varki, yurdumuzda bu tür bilimsel araştırmalar oranı %60 dolayında varmaktadır. Bunun nedeni, kadercilik, ucuzluk ve çabuk hizmettir.

### SU AKIŞ YÖNÜNÜN DOĞAL UÇLAŞMA YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ



### 3. TUZLULAŞMANIN DELME ÖNCESİ BELİRLENMESİ

Bu amaçla delme öncesinde katmanların ya da jeolojik süreksizliklerin eğiminin karaya doğru, kırık-çatlak kuşaklarının doğrultularının denizi kesmesi, gözeneklilik ve geçirgenlik durumları belirlenir. Sonrasında, jeofizik yöntemlerle güzeyden ölçümler alınarak tuzlanma olasılığı, derinliği, tatlı tuzlu su dokunak eğimi, tuzlanma

derecesi ve yayılma kuşağı genişliği belirlenir. Tuzluluk yeraltı suyu elektrik özdirencini 5 ile 25 kez küçültür.

Bunun sonucu olarak delgi eğrileri Q- türü QH türü çıkar, (Ercan, 1991), Elektromanyetik değerler eksi yönde büyür, İP Yapay Uçlaşma -25, -50 ye varan polarizasyon değerlerinde eksi yönde büyümeler verir (Ercan, 1993), SP-Doğal Uçlaşma tuzlu bölgelerde eksi-tatlı sulu bölgelerde artı belirti verir. Sıfır gerilim geçiş sınırını verir (Ercan, 1991). Jeofizik kuyu loğunda ise, tuzlu kuşakta özdirenci küçülür, SP eksi yönde büyür, Neutron-density büyük değerler alır, Gamma loğu küçülür, ayrıca kuyu ağzından çıkan çevrim çamuru iletkenliği artış gösterir.

### 4. KUYU İÇİ ELEKTRİK ÖZDİRENÇ ÖLÇÜMÜ İLE GÖZENEKLİK BULUNMASI

Yeraltı yatağı içinde birikmiş sıvı yada gazın oylumu (V), gözeneklilik ( $\phi$ ) ile doygunluk (S) ve kütle oylumu ( $v$ ) çarpımına eşittir.

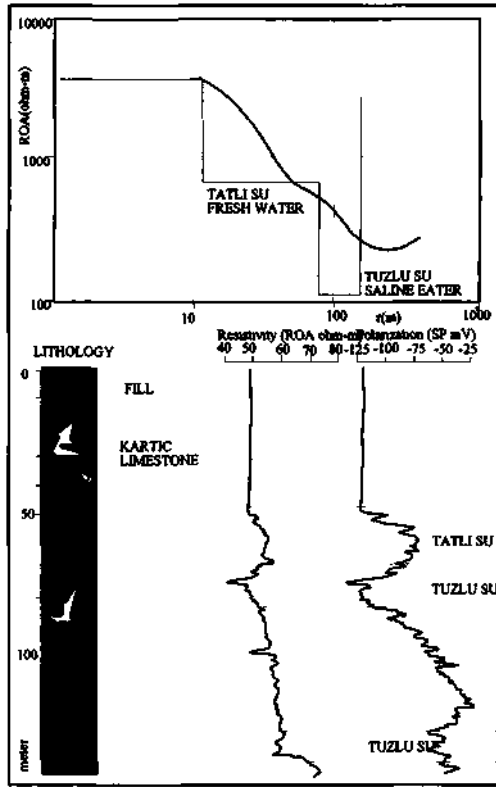
$$V = \phi \cdot S \cdot v$$

Gözeneklilik; birim oylumdaki boşluk oranıdır. Doymunluk; gözeneklerin yeraltı kaynağı ile doldurulma yüzdesidir.

Yatağın üretkenliği, kaynağın (sıvı ya da gaz) gözenekleri içinde akarlığına, bu da sıvının kıvamına ve gözeneklerin birbirleri ile bağlantısı diğer bir deyişle birimin geçirgenliğine bağlıdır.

O nedenle arama ve üretim mühendisliğinde en önemli konu, kuyu içindeki yatağın türü, kalınlığı (h), gözenekliliği ( $\phi$ ), doymunluğu (S) ve

geçirgenliliği (k) nin bilinmesidir. Bu da jeofizik kuyu loğları ile belirlenir.



Gözeneklilik; sonik, yoğunluk; nötron ve elektrik loğları, doygunluk; elektrik loğundan belirlenir. Bu amaçla Archie yasası ve jeofizik kuyu elektrik özdirenc ölçümünden yararlanır ve izleyen adımlardan geçilir.

Archie yasasına taneli bir birim  $RO_{\phi}$  ortalama toplu özdirencine göre F;

$$ROB = a \cdot ROW \cdot \phi^{TMST}$$

Bu bağmtıda a deneysel bir katsayı, m çimentolarıma, ve n doygunluk sayısıdır.

Çeşitli birimler için bu değıştirgenlerin simgesel değeri

	a	m	n -
Ortalama	0.62	2.15	2
Kum	0.81	2	
Sıkı Birimler ve Tebeşirimsi kayalar	1	2	
Sıkı ve Oolıcastik	1	2.2-2.5	
Kayalar			
Oolıcastik	1	3	

$$F = a \cdot \phi^{TMST} \quad (1)$$

ve birim içinde ise F formasyon çarpanı,

$$F = RO_{\phi} / ROW \quad \text{dir.} \quad (2)$$

$$= RO_{\phi} / ROMF$$

Eğer katman hidrokarbon içeriyorsa,

$$F = SX^2 \cdot RO_{\phi} / ROMF \quad \text{alınır.}$$

$RO_{\phi}$  jeofizik kuyu loğundan, ROW ise birim içinden alman su örneğinden belirlenir. ROW için en uygun değer, kuyu geliştirmeye alınır ve birim içinden su çekilmeğe başlanır. Bu sudan örnek alınarak deneylikte, bu suyun ROS değeri elde edilir. Bunun için en duyarlı değer, su örnek alıcısı kullanılarak o katmanın bulunduğu derinlikten su alınır. İletkenlik ölçer ile suyun özdirenci ROW belirlenebilir.

Suyun özdirencini belirleyen NaCl içeriği ise T- suyun çıktığı sıcaklık- ROW ve EC çizelgesi kullanılarak ROW belirlenir.

Üretim öncesi bu durum kabaca çamur EC'sinden, üretim sonrası ise çıkan suyun EC'sinden kestirilebilir. T- birim sıcaklığı,

$$T = D/31^{\circ}C$$

D yatak derinliğinin metre başı yer sıcaklığı düşümü oranına bağlıdır.

$$ROX\phi = F.ROMF / 5X\phi^2$$

$$SX\phi = 1-sh$$

$$ROMF \sim ROM$$

$$SX\phi = \{F.ROMF/ROX\phi\}^{0.5}$$

**Çizelge 3.** 500 m'ye dek derinliği olan NaCl tuzluluğu içeren kuyularda, su yatağı içindeki suyun ROW elektrik özdirenci (Ohm-m).

EC - ppm (nS)	ROW . (ohm-m)
200.000	0.06
100.000	0.11
50.000	0.2
25.000	0.35
12.500	0.66
10.000	0.8
5.000	1.26
4.000	2
3.000	2.6
2.500	3.3
2.000	3.8
1.500	4.8
1.250	5.8
1.000	6.75
900	8
800	8.5
700	11
600	12
500	14
400	18
300	24
200	34

RO $\phi$  değeri için 16 inç { 162 cm) lik özdirenç kütüğünden elde edilen katman özdirenci kullanılabilir. (2) nolu bağıntıdan F bulunduktan sonra 1 nolu bağıntıya geçilir ve  $\phi$  gözenekliliği bulunur.

$$\phi = (F/a)^{1/n}$$

$$\langle \rangle = (F/a)^m$$

a için olağan değer 0.62 ve n için 2.15 olduğuna göre  $\phi$  gözenekliliği yaklaşık olarak

$$\langle \rangle = 1.25 F^{0.46}$$

bağıntısı ile verilir.

## 5. SU YATAĞININ SUYA DOYGUNLUĞU

### 5.1. Tatlı Su Doygunluğu (S<sub>y</sub>)

Su yataklarında suya doygunluk yüzdesi verimin bir ölçüsüdür. Bunun için bağıntı ya da Sch. Chart Sw-2 kullanılabilir.

$$S_w = (RO\langle \rangle / ROT)^{0.5}$$

$$= (F.ROW / ROT)^{0.5}$$

$$S_w = \{ROX\phi / ROT\} / \{ROMF / ROW\}^{5/8}$$

ROT yi belirlemek için 64 inç lik {162.56 cm) elektrik özdirenç algılaması değerlendirme sonucu kullanılabilir. Bu tür bir dizilimde yanal giriş derinliği 50 cm dolayındadır. Birçok durumda bu giriş, yıkanmış bölgenin arkasına sarkar. O nedenle çamurla kirlenmemiş birimi simgeler.

ROX yukarıda anıldığı gibi 16 inç (40.6 cm) lik elektrik algılamadan belirlenebilir. Bununda bilgi getirdiği yanal genişlik 15 cm dolayındadır.

SPR değeri ise (Tek nokta direnci) çoğunlukla yıkanmış bölgenin ve çamur kekinin (R\*,) direncini yansıtır.

### 5.2. Tuzlu Su Doygunluğu (St)

Gözenekler içerisindeki tuzlu su doygunluğu

$$S_t = 1 - S_w$$

bağıntısından bulunur.

Yıkanmış bölgedeki su doygunluğu ise  $S_{x\phi}$

$$S_{x\phi} = (F \cdot ROMF / ROX\phi)^{0.5}$$

bağıntısından belirlenir. SXO çoğunlukla 0.6 ile 0.2 arasında değişir ve deneyimlere göre  $S_w$  gibi bir değere yakındır. ROM çamur elektrik özdirenci, ROX $\phi$  yıkanmış bölgenin elektrik özdirencidir (16 inç) den, bulunabilir.

Çamur Özdirenci (ROM) iki yolla bulunabilir.

- Çamur örneği alınıp deneylikte ROM bulunabilir.
- Duyaç çamur havuzu içine daldırılır, loğdan ölçülür
- Çamur ağırlığı bulunur. Sonra Sch. çizelgelerinden Gen. 7 kullanılarak ROM'dan RMF ve ROM elde edilir.  
ROMC=1.5 ROM  
ROMF= 0.75 ROM
- SP ölçülerinden belirlenir.

### 5.3. Petrol Doygunluğu

Petrol doygunluğu söz konusu olduğunda tuzlu ve tatlı su ayrımı yapılmadan izleyen bağıntı kullanılır.

$$Sp = 1 - Sw,$$

## 6. SONUÇLAR

Jeofizik ölçüler delme öncesi yeraltı kaynaklarının yerini, yatak biçimini ve yatak niteliğini belirtme bakımından önemli bir yönlendirme yapar. Delinen kuyu içinde yapılacak jeofizik ölçülerde ise gözeneklik, yatak kalınlığı, iletim, doygunluk gibi kuyu

üretimini tanımlayacak hidrolik değişirgenler belirlenebilir.

## KATKI

Makalenin yazılması ve çizimlerin düzenlenmesinde yardımları geçen Jeof. Müh. Mehmet YILMAZER ve Saadet ÜLKÜ'ye araştırmayı destekleyen YERALTI ARAMACILIK Bilimsel Araştırma Kuruluşuna teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR

- DSİ, 1967. Türkiye Hidrojeoloji Haritası; DSİ, Ankara.
- Ercan, A. 1990. Çayırova-Yeraltısuyu araştırması; YERALTI ARAMACILIK Yayınları, İstanbul.
- Ercan, A. 1993. Darıca (Aslan Çimento) alanında Tuzluluk Araştırması. YERALTI ARAMACILIK Yayınları, İstanbul.
- Ercan, A. 1990. Silkar Robinson Club Lykia Yeraltısuyu Jeofizik Araştırması; YERALTI ARAMACILIK Yayınları, İstanbul
- Ercan, A. 1995. İstanbul'da Yeraltısuyu Aramacılığı; İstanbul Su Kongresi ve Sergisi, s.21-35
- MTA, 1964, Türkiye Jeoloji Haritası; MTA, Ankara.
- Serpen, Ü., Ercan, A., Alpkaya, E.N., 1995, Su Kuyularında Kuyu Loğu Uygulamaları; İstanbul ve Civarı Su Kaynakları Sempozyumu.
- Serpen, U., Gülgör, A., Alpkaya, E.N., 1995, Kuyu Loğlarının Jeotermal Kuyulardaki Uygulamaları; TJOD, vol.1, no. 1, s.40-48





Sondaj Sempozyumu'96 , İzmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Kızıldere Jeotermal Enerji Sahasındaki Üretim Borusu Çimentolama Sorunları**

### **Production Casing and Cementing Problems at Kızıldere Geothermal Field**

1 2 2  
N.Aksoy , S.Durak , B.Erkan

*1 Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu-İzmir*

*2MTA Genel Müdürlüğü Sondaj Dairesi-Ankara*

**ÖZET:** Jeotermal enerji sondajları diğer sondajlarla büyük benzerlikler göstermesine rağmen kuyu planlama ve tamamlama aşamalarında dikkat edilmesi gereken bazı önemli hususlar vardır. Özellikle sıcaklığın 150°C ve daha fazla olması durumunda çamur, çimentolama, muhafaza borusu tasarımı, kuyu loglan ve kuyu tamamlama da önemli sorunlar çıkmaktadır. Kullanılabilir ve ekonomik bir kuyu açılabilmesi için bu sorunların çözümlenmesi gereklidir. Bu çalışmada, Kızıldere sahasındaki muhafaza borusu ve çimentolama konularında karşılaşılan sorunlar ve çözümleri tartışılmıştır.

**ABSTRACT :** Although geothermal drilling wells resemble that of oil and gas, they shows some important difference their planning and completion. Especially 150 °C and over, mud preparing, cementing, casing design, well logging and well completion could face some important problems. These problems need to solve to dig a useful and economical wells. In this study, the problems had been faced casing setting and cementing at Kızıldere field and their solutions are discussed.

#### **1. ÜRETİM BORUSU SORUNLARI**

Jeotermal kuyularda muhafaza borusu tasarımı göz önünde bulundurulması gereken tasarım faktörlerini şöyle sıralayabiliriz.

- Üretim debisi
- Eksenel yükler
- Dışarıdan içeri muhafaza borusunu çöktürmeye çalışan yükler
- içeriden dışarıya muhafaza borusunu patlatmaya çalışan yükler
- Jeotermal akışkanın sıcaklığı ve kimyasal özelliklerinin etkisi

Kuyu planlama aşamasında yapılan matkap / boru tasarımı uygulamada beklenmedik bazı aksilikler nedeniyle sık sık bozulur. Tahliye, umulmayan yüksek basınçlı veya kaçak zonların varlığı, şişen veya yıklan

formasyonlar kuyuların planlanandan daha farklı bir tipte bitirilmesine neden olur. Özellikle bir sahada açılan ilk arama ve geliştirme kuyularında bu problemlerin olması hemen hemen kaçınılmazdır. Ancak üretim kuyularının açılması aşamasında saha iyice tanınmış olacağı için sorunlu kuyu açılma olasılığı iyice azalacaktır. Kızıldere sahasında bugün üretimde kullanılan 8 kuyudan sadece 3 tanesi üretime yönelik planlanmış ve sorunsuz tamamlanmıştır. Üretimde kullanılan diğer 5 kuyu ise arama ve geliştirme amacıyla açılan 17 kuyu arasından seçilmiştir.

##### **1.1. Üretim Borusu Çapı Ne Olmalıdır ?**

Rezervuardan kuyuya akış düşünüldüğünde kuyu çaplarının üretime olan katkısı ihmal

edilebilecek kadar düşüktür. Ancak rezervuardan yüzeye kadar akışta kuyu çaplarının üretime olan etkisi çok fazladır. Yüksek debilerde kuyu içerisinde akış hızı çok yüksektir. Rezervuarda 200 °C sıcaklıkta bulunan akışkan CO<sub>2</sub> gazının etkisiyle 500-550 metrelerde buharlaşmaya başlayarak, yüzeye kadar iki fazlı akışla akmaya başlar. Yüzeye yaklaştıkça gaz hacmi artacağından hız da artar. Hızın artması nedeniyle kuyularda sürtünme basınç kayıpları artacaktır. Böylece kuyubaşına yansımaları gereken basınç kuyu içerisinde sürtünme kayıpları olarak harcanır.

Rezervuar basıncı sabit kabul edilirse, kuyubaşı basıncını etkileyen en önemli faktör gravitasyondan oluşan hidrostatik yük ve sürtünme kayıplarıdır. Kabuklaşmanın kontrol altında tutulması, separatörlerin belirli basınçlarda çalıştırılmaları gibi zorunluluklar sabit bir kuyubaşı basıncını gerektirebilir. Böyle bir durumda kuyubaşı basıncı eşitlik (1) deki gibidir.

$$P_{wh} = P_R - (f_s + P_h) \quad (1)$$

Görülebileceği gibi, istenilen kuyubaşı basıncını elde edebilmenin tek yolu sürtünme kayıplarının azaltılması ile mümkün olmaktadır. Bunun da iki yolu vardır:

-Debi azaltılabilir

-Üretim borusu çapı geniş seçilebilir

Debinin azaltılması genellikle istenmeyen bir durumdur. Bu durumda yapılacak en önemli şey bu tür kuyular açılırken muhafaza borusu çapının, ilerideki üretim aşamaları da düşünülerek tasarlanmasıdır. Ancak, kule kapasiteleri, sondaj tekniği, maliyetler gibi zorunluluklar nedeniyle her zaman en geniş çapın seçilebilmesi mümkün değildir.

KD-7 ve KD-16 kuyuları üretim borusu çapının önemini en iyi gösteren kuyulardır. Bu kuyular derinlik, sıcaklık ve rezervuar parametreleri açısından birbirlerine çok benzemelerine rağmen KD-7 sahanın en kötü, KD-16 en iyi üretim kuyusudur. Yıllık enerji üretiminin %17'si KD-16 tarafından üretilirken KD-7 sadece %2'sini üretmiştir. Ekonomik olmadığı gerekçesiyle 1993 yılında üretime kapatılmıştır. KD-7 6-5/8" üretim borusu ve open hole, KD-16 ise 11-3/4" üretim borusu ve 7" liner olarak tamamlanmıştır.

Kabuklaşma nedeniyle de geniş çaplı kuyulara ihtiyaç vardır. Kızıldere KD-16 kuyusu kalsit temizlik çalışmalarından sonra 250-300 ton/h debilerde üretime başlamakta ve 12-13 ay sonra üretim debisi kabuklaşmadan dolayı 100 ton/h civarına düşmektedir. KD-7 kuyusu ise kalsit temizliği işlemlerinden sonra 110 ton/h debide üretime başlamakta ancak iki üç ay içerisinde üretim 25 t/h'e düşmektedir (Durak vd, 1993). Go-Devil ve caliper loglarla KD-16 da kuyunun en dar çapının 11-3/4 in. boruda 6 in. civarında kaldığını oysa KD-7 de 2-3 in. kadar olduğunu göstermektedir.

Kızıldere gibi su baskın (water-dominated) sahalarda üretim borusu çapının 9-5/8" olması yukarıda anlatılan sorunlara en optimum çözümü sağlamaktadır. Bilindiği gibi basınç kayıpların çapın 5. kuvveti ile ters ve açış hızının karesi ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Kullanılabilecek enerji açısından, buhar baskın bir sahada bir kuyudaki 40-50 ton/h debidelerdeki üretim, su-baskın sahalarda 250-300 ton/h debide bir üretime denk düşmektedir. Bu nedenle su-baskın sahalarda üretim debisi daha yüksek olmak zorundadır. Bu da kuyu içerisindeki basınç kayıplarını artıracaktır.

## 1.2.Sıcaklığın Yolaçtığı Sorunlar

Muhafaza borusu tasarımında gözönünde bulundurulması gereken diğer bir önemli konu da jeotermal kuyularda sıcaklık ve sıcaklık farklarından dolayı meydana gelen eksenel yüklerdir. Sıcaklıktan dolayı muhafaza borularındaki uzama eşitlik (2) de verilmiştir.

$$\Delta L = \Delta t . c . L \quad (2)$$

Burada sıcaklık farkından dolayı oluşan uzamanın meydana getirdiği eksenel yük eşitlik (3) den hesaplanabilir. Örneğin 100 metresi çimentosuz kalmış 9-5/8 muhafaza borusunun 200 °C sıcaklık farkında 24 cm. uzamaya çalışacağı ve uzayamadığı için boruya gelecek eksenel sıkıştırma yükünün 500 tonu bulacağı eşitlik (2,3) düşünülürse boruların neden bu kadar kolayca göçtüğü anlaşılacaktır. Borunun arkasında kalan suyun kısmi buhar basıncı çökmeyi kolaylaştıracaktır. Tablo 1.

$$\Delta L = \frac{F . L}{A . E} \quad (3)$$

Tablo 1:Değişik Sıcaklıklar İçin Suyun Kısmi Buhar Basıncı:

Sıcaklık °C	Buhar Basıncı MPa
100	0.1
200	1.5
300	8.6

Yukarıda anlatılan duruma benzer bir sorun K.D-7 kuyusunda yaşanmıştır. 9-5/8 üretim borusu 530 metreye indirilip çimentolandıktan sonra üretimler sırasında borunun çöktüğü tesbit edilmiştir. Daha sonra kuyunun onarımı için 597 metreye 6-5/8 boru indirilmek zorunda kalmıştır.

## 2.ÇİMENTOLAMA SORUNLARI

Jeotermal enerji sondaj larında tapalı yöntem de denilen geleneksel çimentolama yöntemi kullanılır. Kuyulardaki yüksek sıcaklıklardan dolayı çimentonun mukavemetini artırmak ve çimentolama sırasında çimentonun erken prizlenmeye başlamasını yada viskozitesinin kısa zamanda yükselerek pompa ile basımın zorlaştırmasını önlemek amacıyla çimento karışımına:

- %30-40 oranlarında silikafLOUR
- %1,5 geciktirici yada çabuklaştırıcı
- %0,5-1,5 su kaybı azaltıcı katılır.

Muhafaza boruları kuyuya indirilmeden önce kuyudaki sapmalar ölçülmeli ve buna göre yeterli miktarda centrizer muhafaza borusuna set edilmelidir. Böylece kuyu ile muhafaza borusu arasında uniform bir açıklık oluşacak ve buralar çimento ile doldurulacaktır.

Çimentolamadan önce kuyu cidandaki çamur kekinin scratcher ve kimyasal maddeler ile bozulması, çimentolama sırasında muhafaza borusunun 1-2 metre aşağı yukarı sürekli hareket ettirilmesi ve 25-30 rpm de döndürülmesi çimentonun muhafaza borusu ile iyi bir bağ yapmasını sağlayacaktır.

Jeotermal kuyularda muhafaza borusunun tamamı çimentolanır. Kuyudaki çap genişlemeleri, küçük kaçaklar vs. düşünülerek %30-50 arasında fazla çimento kullanılır ve çimentonun fazlasının yüzeye gelerek taşması sağlanır.

### 2.1. Çimento Kaçakları Ve Sorunları

Muhafaza borularının çimentolanması sırasında, bazı hallerde çimento yüzeye ulaşamaz ve

yapılan başarısız tamir çimentolarında, boru ile formasyon veya boru ile boru arasında boşluk kaim. Yada çimentolama sırasında karıştırma ünitesinde meydana gelen bir tıkanma sonucu toz çimento akışı durur arızaya hemen müdahale edilmezse kuyuya çok çok düşük yoğunluklu çimento veya su basılır. Bu durumda annülüste iki çimento bloku arasında su kalacaktır. Üretim sırasında bu bölüm çimentosuz olduğu için uzmaya çalışacaktır ve önceki bölümlerde anlatıldığı gibi boru içeri doğru göçecektir.

KD-6 kuyusunda 9-5/8 üretim borusunun çimentolanması sırasında çimento kaçağı nedeniyle çimento yüzeye kadar ulaşamamıştır. Üretim borusunun bir bölümü çimentosuz kalmıştır. Bu nedenle üretim ve enjektivite testleri sırasında kuyubaşının 25 cm. uzayıp, kısaldığı saptanmıştır. Uzama ve kısalmalar nedeniyle kuyubaşındaki üretim donamlarında hasarlar oluşmaktadır. Dahada kötüsü yorulmalar etkisiyle yada kalsit temizliği sırasında matkabin bu kısmı delme olasılığı çok yüksektir. Böyle bir durumda kuyu tamamen kontrolsüz bir şekilde fişkırmaya başlayacak ve kuyu kullanılabilir hale gelecektir. Borudaki uzama miktarı ve üretim/test sıcaklık farkı olan 150 °C kullanılarak denklem (2) den çimentosuz kalan kısmın uzunluğunun 130 m. olduğu hesaplanmıştır.

KD-6 gibi bir kuyuda çimento onarımı nasıl yapılabilir ?

- Kuyubaşında çimentolanan muhafaza borusu ile diğer muhafaza borusunun arası bir flanşla kapatılır ve iki borunun araştırma su basılır Eğer su iki boru arasından gidiyorsa debi ve kuyubaşı basınçları kayıt edilir. Daha sonra aynı hattan kuyuya çimento basılarak çimento onarımı yapılır.



Sekili: KD-6 Kuyusu

- Kuyubaşından basılan su girmiyorsa ve çimento yüzeyi kuyubaşı arasındaki mesafe çok fazla değilse iki boru araştırma indirilecek ince boruların içerisinden çimentolama yapılır. Çimento yüzeyi çok aşağılarda ise, yapılacak en sağlıklı yöntem: CBL ile tesbit edilen sağlam çimento seviyesine bir packer set edilir ve çimentonun iyi olmadığı zayıf zonun en alt ucundan muhafaza boruları perfarötörle delindikten sonra buradan ikinci bir çimentolama yapılabilir.

KD-6 da çimento derinliğinin 130 m. civarında olması iki borunun arasından ince boruların indirilerek onarım çimentosu yapılmasını riskli hale getirmektedir. Burada çimento seviyesi CBL ile tesbit edilmeli sağlam çimento seviyesine bir packer set edildikten sonra çimentonun iyi olmadığı zayıf zonun en alt ucundan muhafaza boruları perfarötörle delinip sonra buradan ikinci bir çimentolama yapılmalıdır.

## 2.2. Gazların Etkisi

Jeotermal sahalarda CO<sub>2</sub> gazı yoğun olarak bulunmaktadır ve rezervuar basıncının CO<sub>2</sub> kısmi basıncının altına düşmesi durumunda rezervuarda sıvı fazda bulunan CO<sub>2</sub> açığa çıkmakta ve tüm kuyu CO<sub>2</sub> ile dolmaktadır. Bu durumda eşitlik (4) den hesaplanacak CO<sub>2</sub> nin kısmi basıncını kuyubaşında okumak mümkündür (Sutton, 1976). Kızıldere sahasında ağırlıkça ortalama %1,5 CO<sub>2</sub> gazı bulunur. Kuyular kapalı iken kuyu içi tamamen gazla dolabilmekte ve kuyubaşı basınçları bazı kuyularda 5 MPa değerine ulaşmaktadır. Bu nedenle bazı kuyularda "O" ringler ve spool vanaları hasar görmüştür. Aynı büyüklükteki basmç muhafaza borusunun tüm kuyu boyunca iç yüzeyine etkiyecektir. Kuyubaşı sistemlerinin ve vanaların tasarımında gaz basınçları dikkate alınmalıdır.

$$P_c = \frac{n_c}{a(t)} \dots \dots \dots (4)$$

$$a(t) = \left[ 5,4 - 3,5 * \left( \frac{T}{100} \right) + 1,2 * \left( \frac{T}{100} \right)^2 \right] * 10^{-9} \dots \dots (4a)$$

$$n_c = \frac{\frac{CO_2}{44}}{\left( \frac{CO_2}{44} + \frac{(100 - CO_2)}{18} \right)} \dots \dots \dots (4b)$$

Gaz içeren sahalarda çimentolamalar sırasında ve çimento prizleninceye kadar geçen zaman çok kritiktir. Bu süre içerisinde çimentonun bünyesine girecek az miktarda gaz çimentoyu prizlenmeden kuyudan atabilir yada çimento boru bağının zayıflamasına yol açar. KD-17

kuyusunda yüzey borunun çimentolanmasında çimento prizlenmeden kuyuya gaz girerek kuyudaki tüm çimentoyu atmış, blow-outa neden olmuş ve sonuçta KD-17 kuyusu terk edilemek zorunda kalmıştır. Bu nedenle bu tür sahalarda çimentoya prizlenmeyi hızlandırıcı katkıları katılmalı ve mümkünse muhafaza borusuna kapatılabilecek annuler preventer kuyubaşına set edilmelidir.

## 3.SONUÇLAR

Jeotermal sahalarda sıcaklık nedeniyle muhafaza borusu ve çimentolamada bazı sorunlarla karşılaşılabilir. Sahadaki maksimum sıcaklık, üretilecek akışkanların fiziksel, kimyasal özellikleri ve debisi muhafaza borusu tasarımında gözönünde bulundurulmalıdır. Eğer jeotermal akışkan gaz içeriyorsa kuyubaşı vana ve diğer donanımlarının en az rezervuar basıncına dayanacak olması ve buna eklenecek emniyet faktörü kadar mukavemette sahip olması gerekir.

Kızıldere gibi su-baskın sahalarda en uygun üretim borusu çapının 9-5/8 in. olmalıdır. Çimentolamanın başarısız olması durumunda, uzamaya çalışan boruda, uzama olmadığı takdirde çökme basmç mukvemeti azalacaktır. Borunun dışımda kalan suyun kısmi buhar basıncında çökmeyi kolaylaştıracaktır. Reenjeksiyon ve kuyu öldürme sırasında muhafaza boruları kısalmaya çalışacağından eksenel yükler artacaktır.

Çimentolamada oluşabilecek başarısızlıklar kuyunun ileride kullanılmasını engelleyebilir. Bazı durumlarda sorunlu çimentolamalar tamir edilebilir.



Sondaj Sempozyumu'96 , Izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

**Türkiye Jeotermal Enerji Gereksinimi ve Ege Bölgesi Jeotermal Enerji Alanlarında Sondaj ve Test Uygulamaları**

**Geothermal Energy Requirements of Turkey and Drilling and Geothermal Test Applications in Geothermal Energy Fields of Aegean Region**

C.Tan

*MTA Trakya Bölge Müdürlüğü, ÇORLU*

**ÖZET:** Bu çalışmada Türkiye deki jeotermal Enerji gereksinimi ve Ege bölgesi jeotermal enerji alanlarında sondaj ve test uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

Jeotermal sondaj kuyularında yapılan test çalışmaları; sondaj sırasında yapılan testler, sondaj bitiminde yapılan kuyu tamamlama testleri, normal sıcaklık ve basıncı testleri, üretim testleri ve diğer kuyu testleridir. Bu testler yardımıyla rezervuar parametreleri ve jeotermal saha hakkında mümkün olan bilgiler elde edilir.

Bugüne kadar Ege Bölgesinde Ömerbeyli-Germencik-Aydın sahasında 9 jeotermal derin kuyu, Kızıldere-Buharkent-Denizli sahasında 24 derin kuyu, Salavathı-Sultanhisar-Aydın 2 derin kuyu, Cumalı-Seferhisar-Izmir sahasında 1 adet derin kuyu yapılmıştır. Bu çalışmada bu sahalar hakkında bilgi verilmiştir.

**ABSTRACT:** In this study geothermal energy requirements of Turkey and Drilling and geothermal test applications in geothermal energy fields of Aegean region are discussed.

Tests during drilling operation, tests after well drilled, temperature and pressure tests, production test and other well tests are performed. All those tests are determining the reservoir parameters and are for obtaining as much information as possible about geothermal fields.

Up to now, in Aegean region 9 geothermal wells in Germencik-Aydın 24 geothermal wells in Kızıldere-Buharkent-Denizli, 2 geothermal wells Salavath-Sultanhisar-Aydın, 1 geothermal wells Cumalı-Seferhisar-Izmir were drilled. The present situation of above fields are also discussed in this study.

## 1.JEOTERMAL ENERJİ TANIMI VE ÖNEMİ

Jeotermal enerji yer kabuğunun derinliklerinde olağandışı birikmiş ısının oluşturduğu bir enerji türüdür. Bu ısı yeryüzüne bazen doğal olarak bazende sondajlarla sıcak su, sıcak-su-buhar veya buhar şeklinde çıkmaktadır.

## 2.KULLANIM ALANLARI

Sıcaksu-buhar ve buhar olarak çıktığında birincil kullanım alanı, buhar santralleri kurularak elektrik enerjisi üretimidir.

Elektrik dışı termal kullanım alanları ise şehir ısıtmacılığı, meyva kurutmacılığı, seracılık, kaplıca turizmi v.b. dir.

## 3.JEOTERMAL ENERJİNİN GÜNÜMÜZ TÜRKİYE'Sİ İÇİN ÖNEMİ VE BELİRLENEN SAHALAR

'962 yılından bu yana MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmalar sonucunda, Türkiye'nin jeotermal enerji yönünden çok zengin olduğu belirlenmiştir. Pilot bölge olarak seçilen Denizli-Kızıldere alanındaki etütler olumlu sonuç vermiş, sonuçta 20 MW gücünde bir elektrik santrali kurulmuştur.

Kızıldere sahasının yanısıra, Aydın-Germencik, Çanakkale-Tuzla. İzmir-Seferhisar, Nemrut-Zılan. Süphan-Tendürek, Nevşehir-Acıgöl havzaları elektrik üretimi yönünden elverişli sahalara olarak belirlenmiştir.

Havza bazında belirlenmemiş olmakla birlikte Türkiye'nin elektrik üretimine elverişli jeotermal enerji potansiyeli 4500 MW olarak tesbit edilmiştir.

Diğer termal kullanımlar için ise yukandaki sahalara ek olarak, İzmir-Balçova ile Afyon-Ömer-Gecek havzaları ümitli sahalardır.

Doğrudan ısı enerjisi belirlenmiş jeotermal potansiyel, toplam 31.100 MW dir.

Son yıllarda Türkiye'de oldukça önem kazanan çevre sorunlarına, maximum düzeyde çözüm olacak bir enerji alternatifidir. Kömür santrallerinin yarattığı çevre sorunları düşünüldüğünde, jeotermal enerjinin Türkiye için ne kadar önemli olduğu sonucu ortaya çıkar.

## 4.EGE BÖLGESİ JEOTERMAL SAHALARINDA MTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ TARAFINDAN YAPILAN ÇALIŞMALARIN ÖZETİ

<u>Saha</u>	<u>Son. Sav. No</u>	<u>Derinlik</u>	<u>Sıcaklık °C</u>	
Ömerbeyli	9	1	1007	
Germencik		2	975.50	
Aydın		3	1196.75	
		4	285	
		5	1302	
		6	1100	196-233
		7	2398	
		8	2000	
		9	1467	



<b>Saha</b>	<b>Son. Sav. No</b>	<b>Derinlik</b>	<b>Sıcaklık °C</b>
Kızıldere	9	KD- 1A403.00	
Buharkent		KD-6 834.00	
Denizli		KD-7 667.50	
		KD-8 576.00	
		KD-9 1161.00	
		KD-13 763.50	196-210
		KD-14 603.50	
		KD-15 506.00	
		KD-16 666.50	
		KD-20 810.00	
		KD-21 897.00	
		KD-22 887.50	

<b>Saha</b>	<b>Son. Sav. No</b>	<b>Derinlik</b>	<b>Sıcaklık °C</b>
Salavath	2	AS İ 1510	167
Sultanhisar		AS-2 960	171.14

<b>Saha</b>	<b>Son. Sav. No</b>	<b>Derinlik</b>	<b>Sıcaklık °C</b>
Cumalı	1	C-1 1417	145
Seferihisar			

## **5.SAHALARDAKİ EN DERİN KUYU OLAN ÖMERBEYLİ-7'DE KUTLLANILAN SONDAJ TEKNİĞİ VE SONDAJ ÖZETİ**

**Kuyunun amacı:** Ömerbeyli Jeotermal sahasının doğu bölümünün gnayslerdeki jeotermal akışkan potansiyelinin araştırılması.

**Kuyu derinliği:** 2398.00 m.

Özet; 28" conductor casing cellar tabanında 1.50 m.ye indirilerek çimentolandı. Yüzeiden 132.00 m.ye 26" Hole Opener ile kuyu açıldı ve 20" yüzey muhafaza boruları aynı m.ye indirilerek çimentolandı.

Yüzey muhafaza boruları içersinden 17 1/2 matkapla kuyu 602.00 m.ye kadar delinerek 13 3/8" ara muhafaza boruları indirilerek çimentolandı.

Ara muhafaza boruları tabanından 1403 m.ye kadar 12 1/4" matkapla delinerek 9 5/8 üretim boruları 1388.26 m.ye inilerek iki kademeli çimentolama yöntemiyle çimentolandı. Açık kuyu, 9 5/8 muhafaza boruları içersinden 2388 m.ye kadar 8 1/2" matkapla delinerek sondaj işlemi tamamlandı.

## **6.JEOTERMAL KUYU TESTLERİ VE JEOTERMAL KUYULARINDA TEST UYGULAMALARI**

### **6.1.Sondaj Sırasında Yapılan Testler**

1.Sondaj akışkanı olarak kullanılan çamurun sıcaklığı kuyu ağzında sürekli olarak ölçülür ve gözlenecek ısı artışlarına göre sıcak bir zona girildiği tespit edilebilir.

Termometre ile alman ölçüler giriş ve çıkış çamur sıcaklığı olarak kayıt edilir.

2.Çamur kayıplan veya artışlarının iyi takip edilmesi;

Bunun için kaçak veya gelişin hangi metrelerde olduğunun ve debi miktarının gözlenmesi, kırıklı, çatlaklı, geçirgen bir zona girildiğinin belirlenmesi ve önlem alınması açısmadan önemlidir.

3.Yukandaki göstergeler varsa, emniyetli durumlarda sondaj operasyonu ve sirkülasyon durdurularak; Kuyunun uzun süre ısınmasına

(Çamurun jelleşme ve pişmesi.) zaman verilmeden istenen derinlikte (Özellikle kuyu tabanında.) belli zaman aralıklarıyla dizi sıcaklık ölçüleri yapılır.

Alman bu çamur sıcaklık değerlerinden gidilerek Horner Plot metodu ile statik kuyu sıcaklığı o seviye için bulunur. Horner metodunda, zaman aralıklarındaki ısı yükselimi grafik olarak elde edilir. Bu iş için semi-Logaritmik kağıt kullanılır.

Belirlenen noktalardan geçirilen doğrunun kesiştiği nokta gerçek statik sıcaklığa yakın bir değer olarak kabul edilir.

$$\log = \frac{t_k + A_t}{A_t}$$

Burada;

$t_k$  Sirkülasyon süresi, saat.

$A_t$  Sirkülasyon kesildikten ölçü alınıncaya kadar geçen zaman, saat.

istenirse dizi ölçüler Amerada sıcaklık aleti ile çeşitli derinliklerde alınarak bu şekilde kuyu statik sıcaklık profili çıkarılabilir.

## **6.2.Sondaj Bitiminde Yapılan Kuyu Tamamlama Testleri (Well Completion)**

Kuyu sondaj işlemleri olarak tamamlandıktan sonra rezervuar niteliği taşıyan zonların tam olarak tespiti ve özellikleri hakkında fikir edinmek için kuyu tamamlama testlerinin yapılması gerekir.

Kuyuda bulunan çamur bertaraf edildikten sonra; ilkönce Amerada aleti ile statik sıcaklık ölçüsü alınmalıdır.

tyi bir ölçü için muhafaza borusu içinde 50 m.de bir sıcaklık elementi durdurularak alınır.

Statik sıcaklık ölçü değerlerinden elde edilen derinlik-Sıcaklık grafiğiyle sıcaklığın fazla olduğu zonlar tespit edilir.

Bundan sonra takip eden su enjeksiyon testleri için, bütün su rezervleri tamamlanır.

### **6.2.1.Water Loss Survey (Su kaybı testi)**

Bunun için yapılan işlemler örnek verilerek sıralanmıştır.

1-Kule pompalan ile en düşük debide temiz su basılır.

2-3 Varil/dk debi ile su pompalanırken Amerada sıcaklık elementi kuyuya indirilip 50 m. aralıklarla tabana kadar 2.sıcaklık ölçüsü alınır.

3-Statik sıcaklık değerlendirmesine göre gerekli direnliklerde 25 m.de bir aralıkla; 6 Varil/dk debi ile su basılırken 3.sıcaklık ölçüsü alınır.

4.Alınan bu sıcaklık ölçüleri değerlendirilerek, gerek görülürse pompa debisi 10 varil/dk ya arttırılarak aynı işlem tekrarlanır.

Sıcaklık ölçüleri sağlıklı şekilde alınmış olmalıdır. Hatalı ise tekrar edilmesi gerekir.

Yukarıda yapılan işlemlerle, değişik debilerde su enjeksiyonu sırasında sıcaklık ölçüleri alınarak, bu değerlerin bir grafik üzerinde korelasyonu ile yüksek permeabiliteye sahip zonların tesbiti amaçlanmaktadır.

Burada en çok suyun kaçtığı kısımlarda maksimum soğuma olacaktır.

### 6.2.2.Injectivity Test

Bu testte, su enjeksiyonu sırasında rezervuardaki basmç değişimi incelenir.

Örnekle, uygulanan işlemler şöyledir;

1-Kule pompalan ile en düşük debide en az kuyu hacmi kadar su basılarak, kuyunun soğuması sağlanır.

2-Water loss Survey sonucu saptanan, suyun en çok girdiği zonun karşısına Amerada basmç elementi indirilir ve indeks edilir.

3-Basınç elementi permeabl zon karşısında iken, örnek olarak belirtilen debi ve zamanlar kadar kuyuya su pompalanacaktır.

DEBİ (Varil/dak)	ZAMAN (dk)	BASILACAK SU MİKTARI (m3)
3	30	14.3
5	30	23.8
7	30	33.4
9	30	42.9
11	30	52.5
Toplam		167

Testin sağlıklı olması için, bu miktar suyun ara verilmeden basılması, dolayısıyla önceden depolanması gerektir.

4-Test süresince pompa strok sayılan, debi değişim zamanları, Amerada elementinin iniş, çıkış zamanları, kuyubaşı basınçları kısa zaman aralıkları ile (1 dk) hassas olarak kaydedilmelidir.

5-En yüksek debide su basımı sonunda Amerada basmç elementi, saati dolunca kuyudan çıkarılır.

Yukandaki işlemlerde aksama olması halinde test yeniden yapılmalıdır.

Testin amacı; Amerada basmç elementi permeabl zon karşısında bekletilirken, değişik ve giderek artan debilerdeki basmç değişiminin, basmç kayıt kartından okunması ve zamana bağlı bu basmç artışlarının semi-logaritmik grafikte değerlendirilerek perméabilité ve üretim hakkında fikir edinilmesidir.

Bununla ilgili değerlendirme örneği ektedir.

### 6.2.3.Injection/Pressure Fall-Off Test

Bu testle enjeksiyondan sonraki basınç değişimi incelenir. Örnek olarak;

1-Seçilen permeabl zon karşısına 12 saatlik Amerada basmç elementi yerleştirilip indeks edilir. (15 dk beklenir.)

2-3 varil/dk debide 3 saat süre ile su enjekte edilir.

3-Su basma işlemi bitince, 3 saat Pressure Fall-off zamanı için beklenir.

4-Aynı işlem 6 ve 9 varil/dk debilerle, basınç elementi yeniden indirilerek tekrarlanır.

Testin amacı; Su enjeksiyonu sırasındaki basınç artışları ve enjeksiyon durduktan sonra kuyu stabil durumu geçerken, belli zamandaki basınç düşümlerinden gidilerek yeni bir önceki testle aynı grafik yolla kuyu kondisyonu ve perméabilité için bilgi alınır.

Kuyu tamamlama testleri böylece sona ermiştir.

#### 6.4. Normal Sıcaklık ve Basınç Testleri

Kuyunun tamamlama testlerinden sonra, bir kaç gün ısınması ve stabil duruma gelmesi için beklenir. İlk üretime açılmadan önce statik olarak, üretim aşamasında ise dinamik basmç ve sıcaklık testleri yapılır.

Dinamik sıcaklık ve basmç testleri, üretim anındaki etkilenmeyi, değişimi görmek bakımından önemlidir.

İlk sıcaklık ölçülerinde prensip olarak önce, kullanılacak Amerada elementinin range'ini (Min.Max. çalışma sınırı.) belirlemek için (yüksek sıcaklık bekleniyorsa.) Maximum termometre indirilir. Bununla aynı zamanda inişin emniyetli oluşu da kontrol edilmiş olur.

Bundan sonraki her üretime açılıştan önce, üretimde ve kapanıştan sonra aynı işlem tekrarlanır.

Uzun süre kapalı kalma durumunda ise statik basınç ve sıcaklık periodik olarak ayda bir alınır.

Statik ve dinamik ölçülerde, ölçü aralığı 50 m.de bir olup, gereken yerlerde bu aralık daha da sıklaştırılır.

Amerada elementi bekletme, metre ve beklenecek zaman programı önceden saat çalışma süresine göre düzenlenir.

Basınç ve sıcaklık elementleri ile alınan ölçüler hassas şekilde kart okunarak değerlendirilip, sonuçları düzenli grafik olarak kaydedilir. Bu testlerle ilgili örnek ekte verilmiştir.

#### 6.5. Üretim Test Sistemleri

Kuyu üretimlerinin ölçülmesi için üretilen akışkanın özelliğine bağlı olarak çeşitli metotlar vardır.

Savak ve orifist (diyafram) sistemleri en çok kullanılanlardır.

Akışkan Buhar + Su şeklinde ise su ve buhar ayrıştırılarak her iki yöntem kullanılabilir.

#### 6.6. Üretim Tipleri

##### 6.6.1. Dikey Üretim

Kuyubâşına bağlanan dikey boru ile yapılır.

James Russell tarafından geliştirilen; Rezervuarda sıcak su ve yüzeyde karışım şeklinde olan akışkanların toplam üretim ölçüleri için bir ampirik formül kullanılır.

$$W = \frac{224000 * P_c^{0.96} * d_c^2}{h^{1.02}}$$

W-Toplam üretim, l b/saat

Pc-Üretim borusu ucundaki manometreden okunan basınç, Psia

dc-Üretim borusu iç çapı, in.

h-Rezervuar sıcaklığında doymuş suyun entalpisi, Btu/lb

h daha önce bahsedilen sıcaklık ölçülerinden bulunan rezervuar sıcaklığına göre buhar tablolarından alınır.

Dikey üretimin amacı, ilk üretimin görülmesi ve kuyu temizlenmesidir. Süresi normalde 24 saattir. Süre sonunda kuyu kapatılır.

## 6.6.2.Yatay Üretim

Bu şekilde üretim için kuyubaşına bir T boru, bağlı olarak iç çapı bilinen 2 yatay boru ve ucuna iç çapı daha küçük olan uç boru düzeneği bağlanır. Önceden gerekli ölçülerin alınması için yatay borular ve uç boru üzerinde manometre bağlantı yerleri yapılır.

Uç boru çıkış karşısına Silencer denilen silindirik ve birbiriyle bağlantılı ünite konulur.

Uç borudan çıkan akışkan dikey olan Silencer iç kısmına çarparak iki yönlü türbülans şeklinde ayrılarak su alttan ve buhar üstten çıkar. Su çıkışma savak yerleştirilir.

Bu sistemin kurulmasıyla üretim testleri için uzun süreli, detaylı ve hassas çalışma imkanı olmaktadır.

Alman ölçüler hassas olup orifist ve savak yöntemleriyle üretim hesabı yapılabilmektedir. Yukarıda ki sistem Ömerbeyli deki kuyulara monte edilmiş ve iki yöntem birlikte uygulanmıştır.

## 6.7.Üretim Testleri

### 6.7.1.Orifist Testi

Testin amacı, toplam üretim-orifist çapı ilişkisini bulmaktır.

Test için çapları sistematik olarak (1.er veya 1/2 inç) küçülen orifistler kullanılır. Orifistler yatay sistemdeki 2 ana boru araşma yerleştirilir. Bu şekilde çeşitli çaplarda toplam üretim görölerek, gelecekte üretimi belli bir değerde tutmak

istendiğinde kullanılacak uygun orifist çapı saptanacaktır.

### 6.7.2.Kapatma Testi

Testin amacı, kuyubaşı basıncı-Üretim, kuyubaşı basıncı-Entalpi ilişkileri, Maximum akış basıncı ve kuyu kapatma basıncını elde etmektir. Teste kuyu tam açık olarak başlanıp, üretimin stabil olması (Basınç değerlerinin sabitleşmesi)gözönüne alınıp üretim kısılr.

Kısma işlemi, kuyubaşı basıncı esas olarak her defasında 3-3,5 Kg/cm2 yükseltılarak yapılır. Kısma işlemlerinden önce stabilleşme beklenir.

## 6.8.Üretim Hesaplama Yöntemleri

Hesaplamalarda James RUSSELL tarafından geliştirilen ampirik formüller kullanılmaktadır.

### 6.8.1.Orifist Yöntemi

Kuyudan çıkan akışkan yatay borulardan ve orifistten geçerken, orifist öncesi (P1), orifist sonrası (P2) ve uç boru ucunda ki (Pc) basınçlarına göre hesaplanır.

P1 ve P2 basıncının alındığı nokta ana boru iç çapının yansı kadar olmalıdır.

Kullanılan Formüller :

$$h_b^{1/2} = 1450 \frac{F_c^{0.96}}{V_p} \left( \frac{d_c}{d_m} \right)^2 \sqrt{1-B^4} \cdot \sqrt{\frac{\left( \frac{h_b - h_f}{L} \right)^{1.5} (V_s - V_f) + V_f}{\phi_p}}$$

Burada ho akış halindeki entalpidir. Yukarıdaki formülden deneme yanılma ile hesaplanan değerdir.

ho-Akış entalpisi, Btu/lb  
Pc-Uç basmç, psia  
YTP-Genişleme faktörü  
dc-Uç boru iç çapı, inch  
dm-Orifist iç çapı, inch

$$B = \frac{dm}{D} \quad D\text{-Yatay boru iç çapı, inch}$$

hf, L- Özgül entalpi, Btu/lb (Pl basmema göre  
BUHAR TABLO'dan)  
Vf,Vg- Özgül hacim, ft<sup>3</sup>/lb (PI basmema göre  
BUHAR TABLO'dan)  
TP= (P1-P2)x55.8 mm Hg, Diferansiyel basmç  
P1-P2- Orifist öncesi ve sonrası basınçlar, psia

Formüldeki YTP- Genişleme faktörü,

$$YTP = r^{2/k} * \sqrt{\left(\frac{k}{k-1}\right) \left(\frac{1-r^{k-1/k}}{1-r}\right) \left(\frac{1-B^4}{1-B^4 r^{2/k}}\right)}$$

k= 1.13 sabit sayı. (Doymuş buhar için.)

YTP yerine konularak, deneme yanılma ile  
bulunan ho Entalpi değeri,

$$W = \frac{224000 * P_c^{0.96} * d_c^2}{h_0^{1.102}}$$

W-Akışkan debisi (l b/saat) cinsinden bulunur. dir.

Buhar miktarı ise,

$$\text{Kuruluk oran } X = \frac{h_0 - h_f}{L}, \text{ den \% olarak hesaplanır.}$$

Görüleceği gibi ho'ın yüksek değerlerinde  
üretim debisi azalmakta, buhar miktarı artmakta,  
düşük değerlerinde ise üretim debisi artmakta  
buhar oranı azalmaktadır.

## 6.8.2.Silencer-Savak Yöntemi

Silencer'de 2 faz ayrılarak buhar üsten çıkar, su  
ise alttan savaka akarak, debisi ölçülür.  
Uygulanan formül ve açıklamaları şöyledir.

$$\frac{W_w}{P_c^{0.96} * d_c^2} = 7.69 * \left(\frac{2675 - h}{h_0^{-1.102}}\right)$$

Kullanılan Ampirik formülde

Ww-Savaktaki su debisi, Kg/sn  
Pc-Uç basınç, Kpa  
Dc-Uç boru çapı, m.  
ho-Entalpi, KJ/Kg

Burada;

$(W_w) * Q = k * b * h^{3/2}$  Savak formülüyle bulunur.

Q-Su debisi, m<sup>3</sup>/dak.

K-Savak ebadı ve geçen su yüksekliği ile  
değişen genişliği, m.

b-Savak genişliği, m.x

h-Savaktan geçen su yüksekliği, m

Savak formülü için (K) değeri.

$$K = 1071 + \frac{0.177}{h} + 14.2 \frac{h}{D} - 27.5 \sqrt{\frac{(B-b)h}{DB}} + 2.04 \sqrt{\frac{B}{D}}$$

(I) de değerler yerine konarak ho,

$$M = \frac{2258W}{2675 - h_0}$$

Formülü ile de toplam üretim hesaplanır

M-Mass flow, Kg/sn

W-Su debisi, Kg/sn

ho-Entalpi, KJ/Kg

M-W=Buhar miktarıdır.

## 6.9.Üretim Sırasında Yapılan Rezervuar Testleri

Rezervuar permeabilitesini bulmak için Jeotermal kuyularda Pressure Build-Up ve Draw-Down testleri uygulanabilir.

Pressure Build-Up testi, belli bir üretim debisi ve zamandan sonra kuyu tamamen kapatılarak, rezervuar basıncının zamana bağlı yükselişi ile bir eğri elde etmek için yapılır.

DrawwDawn testi ise; Build-Up teste ters olarak, kuyu kapalı iken aniden üretime açma şeklinde (Sabir bir debide tutularak) akış sırasında rezervuardaki basmç düşümünü yine zamana bağlı bir eğri şeklinde elde etmek için yapılır. Bu test uygulanış açısından daha güçtür. Testler sonucu elde edilen basınçlar, grafik yöntemlerle değerlendirilir, ve perméabilité (geçirgenlik-kalınlık) bulunur.

Bu tip testlere bir örnek olarak Pressura Build-Up teste ait değerlendirme ve perméabilité hesaplanması ekte verilmiştir.

Testlerin uygulanması sırasında yapılan işlemler şöyledir.

### 6.9.1.Pressure Build-Up Test (Basınc Yükselim Testi)

Kuyu önce ayarlanan sabit bir debide, bir süre çalıştırılır. (2-3 gün)

Süre sonunda, Amerada basmç elementi rezervuar derinliğine indirilerek akış basıncını kaydedecek kadar bekletilir.(15-20 dk)

Daha sonra kısa bir zaman içinde kuyu tamamen akışa kapatılır.

indirilen basmç ölçü aletinin çalışma saati sonuna kadar beklenip, (12-24 saat) bu süre dolmadan alet yüzeyde olacak şekilde çekilir.

Bu işlemler yapılırken;

- 1-Kuyuyu kapatmadan önceki üretim ve kuyubaşı basmıcı,
- 2-Kuyu kapatıldıktan sonra ki kuyubaşı basmç değerleri,
- 3-Basmç elementinin öngörülen derinliğe indiği ve çekilmeye başladığı zamanlar,
- 4-Kuyu kapatma başlangıç ve kapanış zamanları kaydedilmelidir.

### 6.9.2.Draw-Down Test (Basınc düşüm testi)

Teste uygun koşulların elde edilmesi için, Kuyu üretime kapatılarak, rezervuar basmıcı statik hale gelinceye kadar beklenilir.

Amerada basmç ölçü aleti, (12 saatlik) rezervuar derinliğine indirilip, 15-20 dk durularak statik basmçm kaydı sağlanır.

Bundan sonra, kuyu önceden belirlenen sabit bir debide kısa bir zamanda üretime açılır.

Eğer bu debi fazla olursa, akış halinde basmç aletinin yerinde durması hem zor, hem riskli olacaktır.

Kuyu sabit debide üretim yaparken, Amerada basmç aleti çalışma saati sonuna kadar beklenerek süre dolmadan yukarıda olacak şekilde çekilir.

Test yapılırken;

- 1-Üretime açış ve sonrasındaki yüzey basmç değerleri, (kuyubaşı ve diğer)

2-Aletin gereken derinliğe indiği ve çekilmeye başladığı zamanlar,  
3-Kuyunun açılmaya başladığı ve öngörülen üretim değerine ulaştığı zamanlar kaydedilmelidir.

## **6.10.Diğer Testler**

### **6.10.1.İnterferans Testi**

Önceki testlerden elde edilen ilk bilgiler ışığında en son yapılan bu testin amacı saha rezervuar özellikleri hakkında bilgi toplamaktır.

Diğer kuyular açıkken bir kuyudaki statik basıncın gözlenmesi ile kuyular arasındaki girişim tespit edilir. Daha sonra yapılacak kuyular arasında olması gereken uzaklık planlanması, rezervuar potansiyeli ve sistemdeki akış hareketi konularında faydalı olur.

### **6.10.2.Kabuklaşma Testi**

Formasyonun yapısmadan kaynaklanan (SiO<sub>2</sub>, CO<sub>3</sub> içermesi gibi) ve düşük kuyubaşı basıncıyla üretim halinde, flash point noktası derinlere indiğinden (Ki bunu gaz ayrışmasında etkileyebilmektedir.) bazı kuyularda kabuklaşma olabilmektedir.

Kuyu üretimlerini direkt olarak etkilediğinden kabuklaşma kalınlıklarının bilinmesi gereklidir. (Sonraki testler için, yanıtıcı değerlere neden olduğundan üretimin yanlış hesaplanmasına neden olmaktadır.)

Bu en kolay şekilde; Kuyuların üretimde olduğu süre ve üretim şartları (WHP v.s.) göz önüne alınarak, kuyu üretime kapatıldıktan sonra tesbit edilir.

Yüzeydeki kabuklaşma yatay test borularının içinden ve orfist'ten ölçülebilir.

Kuyu içindeki kabuklaşma kalınlığı ise Go-Devil ölçüleriyle alınır.

Bunlar en büyüğünün çapı, kuyudaki üretim borusu iç çapı kadar olacak şekilde, çeşitli çaplarda silindirik, kısa boru şeklinde yatırılmış ağırlıklardır.

Çap sırasıyla kuyuya indirilerek, hangi metreye kadar kabuklaşma kalınlığının ne olduğu anlaşılır.

## **6.11.Kondanse Olmayan Gaz Ölçümleri**

Jeotermal akışkan içerisindeki CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>4</sub> v.s. gibi kondanse olmayan gazlar bulunmaktadır.

Bu gaz % miktarlarının öğrenilmesi için; Üretim sırasında ve istenen bir kuyubaşı basıncında, yatay test borusu üzerindeki orfist öncesi basıncı okunduğu yerden veya kuyubaşı üzerindeki T borudan mini separator yardımı ile kondanse olmayan gaz ölçümleri yapılabilir. Bu ölçümler periyodik olarak ve kuyunun her değişik durumunda alınmaktadır.

Alman su+buhar+gaz karışımı önce bir mini separatörden geçirilir. Bu şekilde su ve buhar - gaz ayrılmış olur.

Buhar+gaz.da bir soğutucudan geçirilerek buhar kondanse edilir, gaz ise atmosfer basıncı altında belli bir hacimde toplanır. Bu sırada sıcaklık ve kondanse su hacmi ölçülebilir.



Belirli şartlar altında yapılan bu ölçme işleminde kaydedilmesi gerekenler; Kuyubaşı basıncı, o andaki atmosferik basınç ve mini separator ayrıştırma basıncıdır.

Kondanse olmıyan gaz ölçüm değerlendirmelerinde şu yol izlenerek gazın buhara veya gazın buhar + gaz toplam karışımına oranı, hacimce ve ağırlıkça yüzde olarak bulunur.

1-Belirli şartlardaki gaz hacmi;

$$V_0 = (V_1 + V_2) * \frac{P_p}{P_0} * \frac{T_0}{T_1}$$

$$P_p = P_a - P_0 \quad V_2 = Q_c * \lambda$$

$$T_1 = T_0 + T \quad Q_c = Q_d - V_1$$

Burada;

VI-Ölçülen gaz hacmi, (cc)

V2-Kondanse suda erimiş gaz hacmi, (cc)

Pp-Kısmi gaz basıncı, mm Hg

Pa-Ölçü anındaki atmosferik basınç, mm Hg

Pc-Doyma basıncı, mm Hg

Po-760 mm Hg

T1-Ölçülen gazın mutlak ısısı.

To-273 oK

T-Toplanma kabındaki sıcaklık, oC

Qc-Yoğunlaşan su hacmi, (cc)

Qd-Kullanılan su hacmi, (cc), (11450)

$\lambda$  -Bunsenic faktör.

V1. V2 formülde yerine konarak

$$V_0 = (Q_d - Q_c + Q_c * \lambda) \left( \frac{P_a - P_c}{760} \right) \left( \frac{273}{273 + T} \right)$$

Değerlerden T,Qc ölçülür. Qd bellidir.  $\lambda$  ve Pc ise tablodan T sıcaklık değeri karşılığı olarak bulunabilir.

2-Belirli şartlardaki buhar hacmi:

$$V_{H_2O} = Q_c * D * \frac{22400}{18}$$

Qc-Yoğunlaşan su hacmi, (cc)

D-Yoğunlaşan su özgül ağırlığı (gm/cm<sup>3</sup>)

Burada D değeri, T sıcaklık karşılığı olarak tablodan bulunur.

3-Buharda kondanse olmıyan gaz.

$$N = \frac{V_0}{V_{H_2O}} * 100, \text{ Hacimce yüzde;}$$

Toplam karışımda ise;

$$N = \frac{V_0}{V_0 + V_{H_2O}} * 100, \text{ Hacimce yüzde;}$$

%N \*2.44- Ağırlıkça yüzde olarak bulunur.

## 6.12.1. Bir Enjektörün Testi ve Değerlendirme

KUYU : ÖB-3

KUYU DERİNLİĞİ : 1196.00 M.

1-Yapılan işlemler:

1.1.-Amerada basınç aleti hazırlanarak 740 m.ye indirildi.

1.2-Kuyu soğutulması için kuyu hacmi kadar ve en düşük debide 5 İt/sn kule pompası ile su basıldı.

1.3-Enjeksiyon işlemine başlanarak, kuyuya yine kule pompası ile 36.42 İt/sn debide su basıldı.

1.4-Amorada basınç elementi çekildi.

1.5-Bunlar yapılırken,

-Amerada saat kurulma zamanı,

-Amerada kuyuya iniş zamanı,

-Amerada <b>740</b> m.ye <b>varış</b> zamanı,	Dakika	Pwf (Psi)	
-Soğutmaya başlama-bitirme zamanı,	1	1200.5	(enjeksiyona başlama)
-Enjeksiyona başlama-bitirme zamanı	2	1202.9	
kaydedilmiştir.	3	1210.4	
	4	1225.2	
2-Kullanılan pompa özelliği, debi, su hacmi ve zamanı:	5	1227.2	
	6	1228.0	
	7	1229.5	
<b><u>SOĞUTMADA</u></b>	8	1230.0	
	9	1231.5	
<b><u>POMPA GÖMLEK ÇAPI DEBİ</u></b>	10	1232.0	
GD-FXZ 5" 5 İt/sn	11	1232.0	
	12	1220.3	
<b><u>BASILAN SU MİKTARI ZAMAN</u></b>	13	1221.5	
37.8 m <sup>3</sup> 120 dk.	14	1231.4	
	15	1235.0	
	16	1220.3	
<b><u>ENJEKSİYONDA</u></b>	17	1217.8	
	18	1218.3	
<b><u>POMPA GÖMLEK ÇAPI DEBİ</u></b>	19	1217.0	
GD-FXZ 7 1/2" 36.42 İt/sn	21	1216.58	
	23	1216.58	
<b><u>BASILAN SU MİKTARI ZAMAN</u></b>		(aynı)	
164 m <sup>3</sup> 75 dk.	75	1216.58	

### 3-Değerlendirme:

Test bitiminde çekilen Amerada basmç aletinden alman basmç kayıt kartı, okuma ünitesinde 1-2 dakika aralıkla okundu.

Basmç kayıt kartı üzerinde, aletin 740 m.ye inip indeks edilmesinden sonra olası beklèmeler, soğutma zamanı ve enjeksiyon zamanını hassas olarak içermektedir.

Bu okumalardan, enjeksiyon başlangıç ve sonu arasındaki ve 740 m.den takip edilen akış basıncı değerleri grafik çizilmek üzere seçilir.

Örneğimizde bu değerler;

Semi-logaritmik kağıda çizim yapıldıktan sonra, birbirine yakın basmç artış değerlerinden bir doğru geçirilir.

Bu doğrunun semi-logaritmik kağıdın bir bölümü (cycle) için karşı gelen basmç farkı (m) bulunur,

$$m = 1232 - 1216.5 \quad m = 15.5 \text{ psi/cycle}$$

$$\text{formül; } kh = \frac{162.9 * c * B * M}{m}$$

k-Geçirgenlik, md

h-Geçirgen zon kalınlığı, ft

q-Enjekte edilen su debisi, Bbl/gün  
 B-Formasyon hacim faktörü, (1)  
 M-Viskosite, cp (0.43 cp)  
 m-Basınç farkı, psi/cycle

Burada;  
 q=20000 varil/gün  
 B=1  
 M=0.43 cp  
 m=15.5 psi/cycle  
 yerine konarak,

$$kh = \frac{162.9 * 20000 * 0.43 * 1}{15.5}$$

kh = 90383 md-ft olarak bulunur.

#### 6.12.2. Bir Pressure Build-Up Test ve Değerlendirme

Kuyu :OB-6  
 Kuyu derinliği : 1100.00 m.

1-Yapılan işlemler;

- 1.1-Kuyu sabit bir debide bir süre üretim yaptırıldı (237 Ton/saat)
- 1.2-Amerada basmç aleti (6 saatlik) 800 m. derinliğe indirilip 15 dakika beklenecek indeks edildi.
- 1.3-Kuyu kısa zaman süresi içinde (3 dk) tamamen üretime kapatıldı.
- 1.4-Amerada basmç elementi; Kuyu kapatıldıktan sonra 2 saat 48 dakika oluşan basınç artışının kaydedilmesi için bekletildi.
- 1.5-Süre sonunda alet kuyudan çekildi.
- 1.6-Üretim, kapatma başlangıç ve sonu, bekleme süresinde ki kuyubaşı basmç değerleri ile zamanlan, ayrıca Amerada çalışmaya başlangıç, öngörülen derinliğe iniş ve çıkış zamanları kaydedildi.

2-Değerlendirme:

Amerada aleti çekildikten sonra alman basmç kayıt kartı okuma ünitesinde değerlendirilerek, bekleme sırasındaki basınçlar; ilk 1 (bir) dakika için 15 saniye bir ve daha sonraki zaman için 1,5 ve 10'ar dakikalık zaman aralıklarıyla okundu.

Tesbit edilen değerler şöyledir.

ZAMAN (saat- dak.-san)	BASEV Ç (Psi)	ZAMAN (saat- dak.-san)	BASINÇ (Psi)
0 00 00	1209.3	0 20	1252.5
0 00 15	1215.5	0 25	1250.0
0 00 30	1221.6	0 30	1250.0
0 00 45	1227.6	0 35	1251.2
0 01	1236.5	0 40	1251.2
0 02	1250.0	0 45	1253.7
0 03	1252.5	0 50	1250.0
0 04	1252.5	1 00	1250.0
0 05	1252.5	1 10	1253.7
0 06	1252.5	1 20	1253.7
0 07	1252.5	1 30	1254.9
0 08	1252.5	1 40	1254.9
0 09	1252.5	1 50	1254.9
0 10	1252.5	2 00	1256.2
0 11	1252.5	2 10	1256.2
0 12	1252.5	2 20	1256.2
0 13	1248.8	2 30	1256.2
0 14	1248.8	2 40	1259.9
0 15	1248.8	2 48	1262.1

Bu değerler semi-logaritmik kağıda işlenerek ekteki gibi zaman basmç grafiği elde edilir. (12.1) deki gibi çizilen doğrunun, semi-logaritmik kağıdın 1 bölümüne (cycle) karşılık olan basmç farkı bulunur, (m)

$$m=1254.8 - 1250.5= 4.3 \text{ psi/cycle}$$

$$kh = \frac{162.6 * q * B * M}{m}$$

k-geçirgenlik, md

h-kahnlık,ft

q-Üretim debisi, Bbl/gün (237/saat'ten bulunur)

B-Formasyon hacim faktörü (1.19)

M-Viskozite,cp(0.12)

yerine konarak;

$$kh = \frac{162.6 * 37656 * 1.19 * 0.12}{4.3}$$

kh= 203336 md-ft olarak bulunur.

7.Kabuklaşma (soaling) problemi gözümü çözümlü için uygulamalar;

20 MW gücünde santral bulunan Kızıldere kuyularının kabuklaşma problemlerinin çözümü için;

1-Mekanik temizlik, (Rotating kontrol head)

2-Asitleme

3-Inhibütör basılması işlemlerinden en iyi sonuç mekanik temizlemeyle alınmıştır.

Asitlemeye gerek duyulmadığından son yıllarda bu uygulamadan vazgeçilmiştir.

Inhibütör borularının kırılma sorunları olduğunda bu yöntem denenmiş, fakat devam edilmemiştir.

Bu çalışmaların örneği henüz Ömerbeyli sahasında bulunmamaktadır.

## 8.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1.Ömerbeyli- Germencik- Aydın jeotermal sahasında enerji santrali kurulması proje aşamasındadır. İlk etapta 25 MW'lık santral kuruluşu yap-işlet-devret modeli ile gerçekleştirilecek ve üç yıllık bir sondaj ve test çalışmasından sonra duruma göre kapasite 50 MW ve daha sonra 100 MW' a yükseltilecektir.

2.Kızıldere'de kurulu olan 20 MW lık santral enerji üretimi devam etmekte olup, sahadaki sorunlar (kabuklaşma v.b.) çözümlenmiş durumdadır. Bu sahada re-enjeksiyon kuyusu yapılacaktır.

3.Bunların dışındaki sahalarda enerji üretimine dönük proje çalışması yoktur.

4.Çevre sorunlarında ülkemizde giderek ağırlık kazandığı bu yıllarda kömür santralleri ile enerji üretimi yerine jeotermal enerji kaynaklarından enerji üretimi daha temiz olup ve ayrıca jeotermal enerjinin yenilenebilir bir enerji kaynağı olması nedeniyle uzun yıllar kullanılabilmesi mümkündür.

Sondaj Sempozyumu'96 , Izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Su Sondajlarında Tuzlanma, Evsel ve Sanayi Kirlenmeler, Alınması Gerekli Önlemler (Tecrit İşlemleri)**

### **İ.Öktem**

*Öktem Sondajcılık, İZMİR*

**ÖZET** : Ülkemizde 1950'li yıllardan itibaren başlayan ve gelişerek devam eden ilkel tarımdan modern ve sulu tarıma geçişin getirdiği sulama suyu ihtiyacına 1960'lı yıllardan itibaren sanayi kullanma suyu ve büyük şehirlere olan insan göçünün, beraberinde getirdiği içme ve kullanma suyu ihtiyacı eklenince, suya olan ihtiyaç çığ gibi büyümüş ve ülkenin en önemli sorunlarından biri haline gelmiştir.

Yeraltı suyundan ve yerüstü depolamalarından (Baraj ve Göletler) güçlükle karşılamaya çalışılan bu ihtiyaca günümüzde aşırı yeraltı suyu çekiminin getirdiği problemlerle, şehirleşme ve sanayi atıklarının beslenme sahası ve rezervuarlarda meydana getirdiği kirlenmeler eklenmiştir. Bildirimiz önümüzdeki yıllarda çok daha büyük problemlerle karşılaşmamak için bazı hususlara dikkat çekmeye çalışmak gayesiyle hazırlanmıştır.

### **1.GENEL BİLGİLER**

Hidrolojik çevrim (Dönüşüm-Dolaşım) bilindiği gibi suyun 3 farklı ortamda dolaşımının, kapsamaktadır. Bu ortamlar Atmosfer, Yeryüzeyi ve Yeraltıdır. Bunun sonucunda 3 ayrı fakat birbirine bağımlı su sistemi oluşmaktadır.

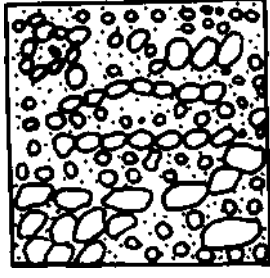
- 1- Atmosferik Sular (Bulutlar-Yağış)
- 2- Yüzey Suları (Akarsu, Göl, Deniz )
- 3- Yeraltı Suları

Yeryüzüne düşen yağmur, kar, dolu, kırağı, çığ, v.b. yoluyla oluşan sular ya yeryüzünden akarken buharlaşır ya da bitkiler tarafından alınır ve sonra tekrar bitkilerin yeşil kısımlarından terleme ile dışarıya atılır, yani

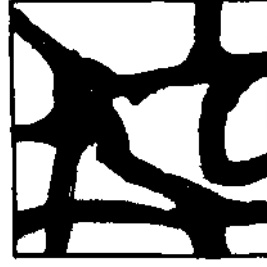
buharlaşır. Bu suyun "kısa dolaşım" yapması ve yağışın tekrar atmosfere dönmesi olayıdır. Oluşan ve yeryüzüne inen suların bir kısmı ise yüzeyde akan çeşitli akarsuları oluşturur. Diğer bir kısmı da yeraltına sızarak, süzülür ve buralarda birikir, depolanır ve yeraltı suyunu meydana getirir. Suyu depolama görevi gören bu tabakalara Akifer denilmektedir. Akiferler 2 gruba ayrılmaktadır.

1- Alüvyondaki kum-çakıl ve molozların boşluklarını dolduran Alüvyon akiferi ( Şekil-1 ) Bu akiferler meydana geliş şekillerine göre Akarsu yatağı alüvyonları ve Ovalar altındaki alüvyonlardır.

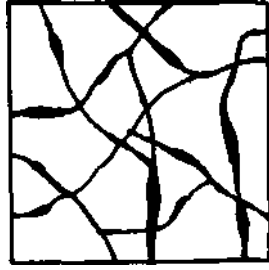
2-Kayaçların çatlak, kırık ve boşluklarını dolduran akifer tipleri (Şekil-2, Şekil-3,Şekil-4).



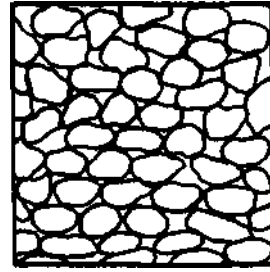
Şekil. 1 Alüvyondaki kum çakıl-moloz akiferi



Şekil. 3 Erime boşluklu kayaç



Şekil. 2 Kırık ve çatlaklı kayaç

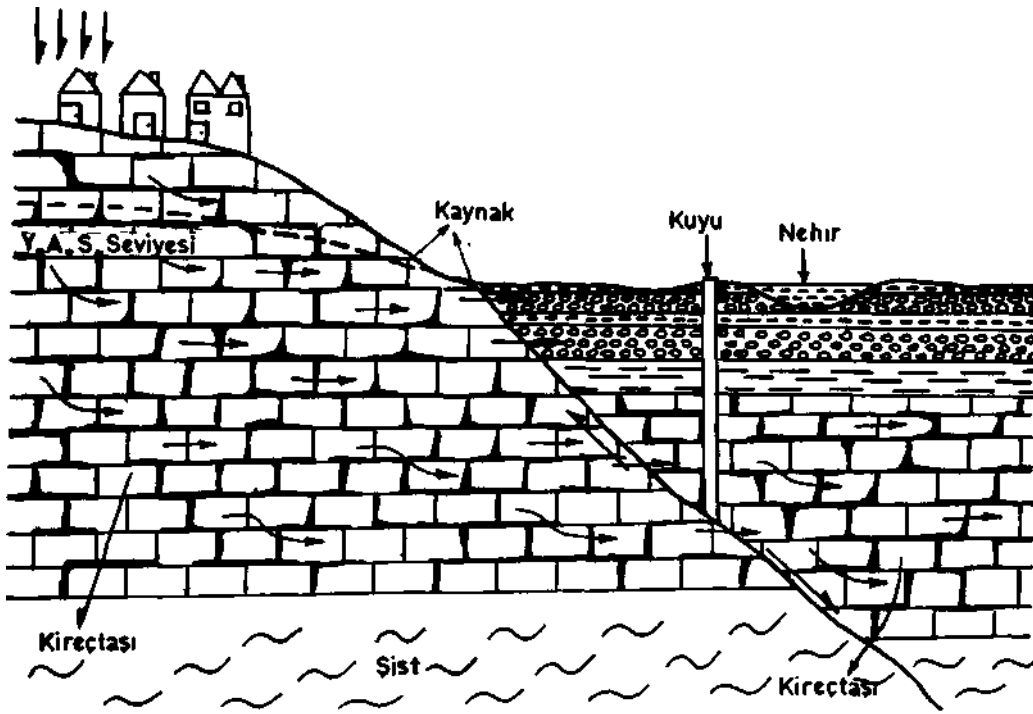


Şekil. 4 Gözenekli kayaç

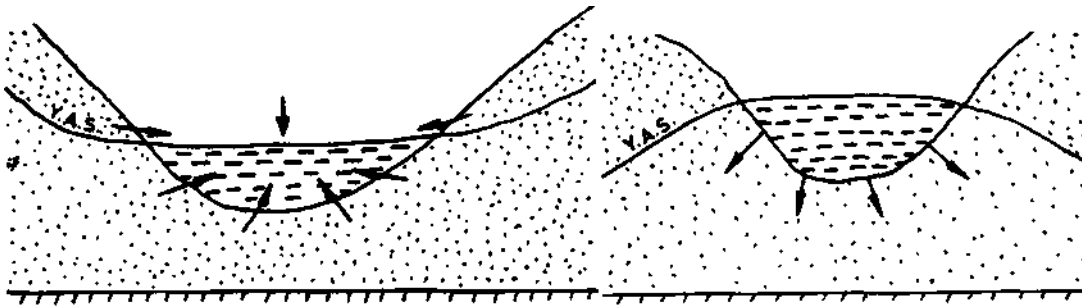
Her akifer bir dolma (Beslenme) ve Boşalma devinimi içindedir. Ya bir vadiye (Şekil-5) yada bir akarsuya (Şekil-6) deniz veya göle boşalım halindedir.

Gerek kum, çakıl veya molozlar arasındaki boşlukların gerekse kayaçların kırık çatlak ve boşluklarının hacimlerinin toplamının tüm akiferin içerisindeki boşlukların hacimlerinin toplamının tüm akiferin hacmine oramdır. Bir akiferde bu oran ne kadar yüksekse alınabilecek su miktarı da o kadar fazladır.

Poroz malzemenin su iletme kapasitesi ise Perméabilité (K) katsayısı ile ifade edilmektedir. Eğer akifer içerisindeki bu boşluklar birbirleri ile irtibatlı ise, su bu kayaç içerisinde belli bir yöne doğru hareket halinde bulunur. Böyle kayaçlara ve tabakalara geçirgen tabakalar denilmektedir. Yararlanılabilen yeraltı suyu böyle geçirgen yani perméabilité (K) katsayısı yüksek olan formasyonlardır. Çok kırıklı ve çatlaklı, boşluklu kireçtaşlarının (K) perméabilité katsayısı 100 m/gün civarındadır.

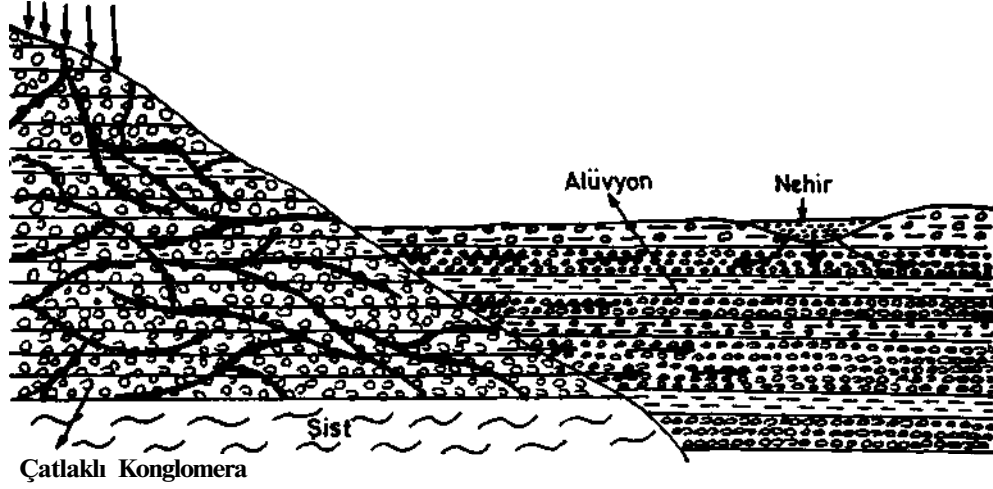


Şekil. 5 Alüvyonun kireçtaşmdan beslenmesi ve fay hattı



Şekil-6. Yeraltı sularının yüzey sularını beslemesi

Şekil-7. Yüzey sularının yeraltı suyunu beslemesi



Şekil. 8 Alüvyonun bir konglomera tarafından beslenmesi

Görüldüğü gibi porozite oran ve K (Perméabilité) katsayısı yüksek olan çok kırıklı ve çatlaklı boşluklu bir kireçtaşında yeraltı suyu günde 100 m civarında bir hızla hareket halindedir. İri ve iyi derecelenmiş kum-çakıl gibi alüvyon akiferlerde ise günde 10 metre civarında hareket halindedir. Yeraltı sularının hareket etmesine neden olan en önemli faktör Hidrolik Eğimdir. Şekil-9 da yaz ve kış mevsimine göre yeraltı su seviyesinin hidrolik eğimi görülmektedir. Kış ve ilkbahar aylarına ait  $t_g(231)$  hidrolik eğimin, sonbahar ve yaz aylarına ait  $t_g(2>2)$  den daha yüksek olduğu görülmektedir.

Hidrolik eğimin yüksek olduğu kış ve bahar aylarında veya yaz ve sonbahar aylarına göre (K) perméabilité katsayısı değişebilmektedir.

Porozite, Perméabilité Katsayısı ve Hidrolik Eğim ile ilgili bu kısa bilgilerden sonra Şekil-5 de kireçtaşında yerleşim merkezinin evsel ve

sanayi atıklarının kaynak oluşumlarında ve alüvyon üzerinde açılan bir sondaj kuyusunda nasıl kirlenmelere neden olabileceği ve beslenme sahalarının neden mutlaka koruma altına alınması gerektiği açıkça görülmektedir. Büyük şehirlerde, sanayinin ve evsel atıkların yeraltı sularının beslenme havzalarında meydana getirdiği kirlenmeler halen artan miktarlarda devam etmektedir. Olay henüz 20-30 senelik bir süreci kapsamaktadır. Bu durum jeolojik zaman süreçlerine göre çok çok küçük bir zaman dilimidir.

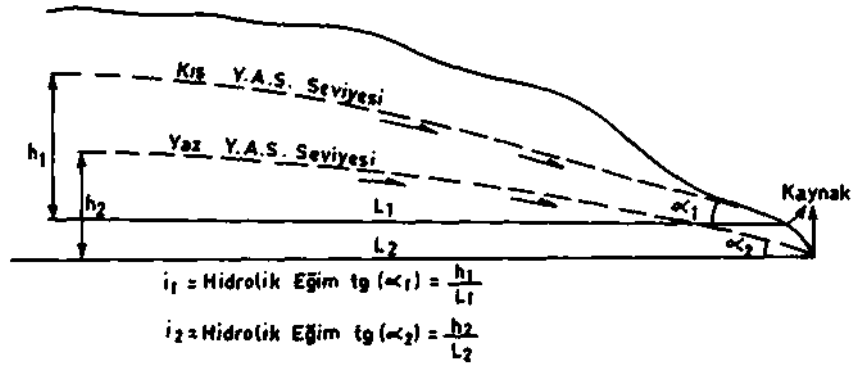
Bazı havzalarda halen devam etmekte olan kirlenmelerin önümüzdeki yıllarda varacağı ve yaratacağı gelişmeler ve boyutlar çok çarpıcı sonuçlarla karşımıza çıktığında korkarım tedbiri almakta çok geç kalmış olacağız.

Yeraltı suyunun kirlenmesi, beslenme sahalarından olduğu gibi yanlış teçhiz ve yanlış inşaa edilme nedeniyle de olabilir. Aynı

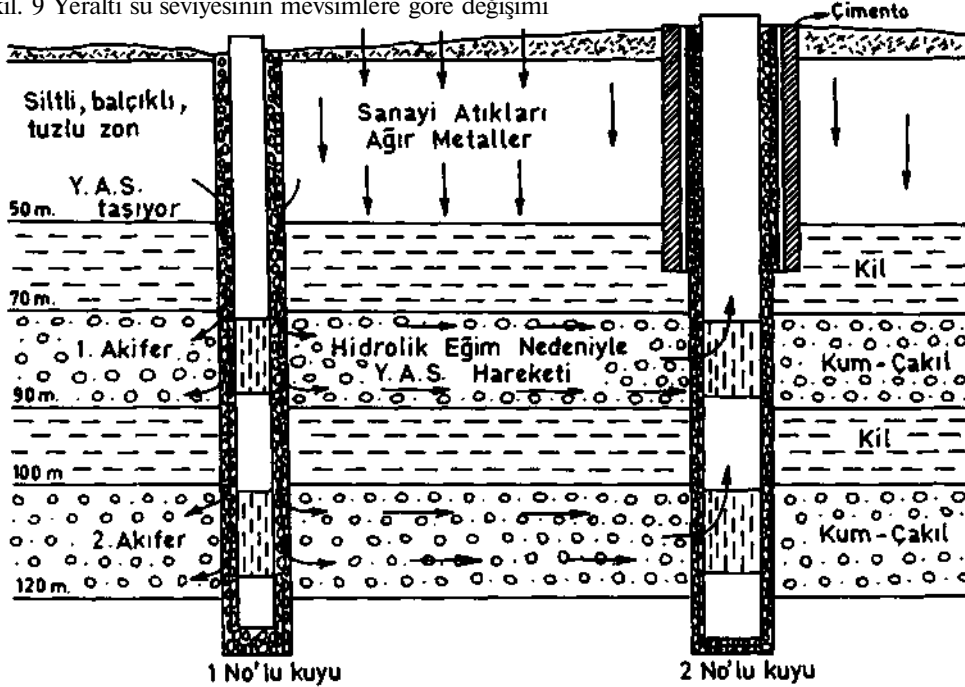


akiferlerden su almak için açılmış 2 adet su sondaj kuyusu Şekil-10 da görülmektedir. 1 No'lu kuyunun 0-50 metreler arasındaki tuzlu zonu gerekli tecrit işlemlerini yapmadığını

veya eksik ve hatalı yaptığını kabul edelim. Üst kısımdaki tuzlu veya sanayi atıkların ile temas halindeki zon içerisindeki yeraltı suyu önce 1. akifere daha sonrada 2. akifere karışabilecektir.



Şekil. 9 Yeraltı su seviyesinin mevsimlere göre değişimi



Şekil. 10 Tecrit yapılmış ve yapılmamış iki farklı kuyu

Olav sadece 1 No'lu kuyunun kirlenmesi veya tuzlanması değilse, görüldüğü gibi 1. akifer ve

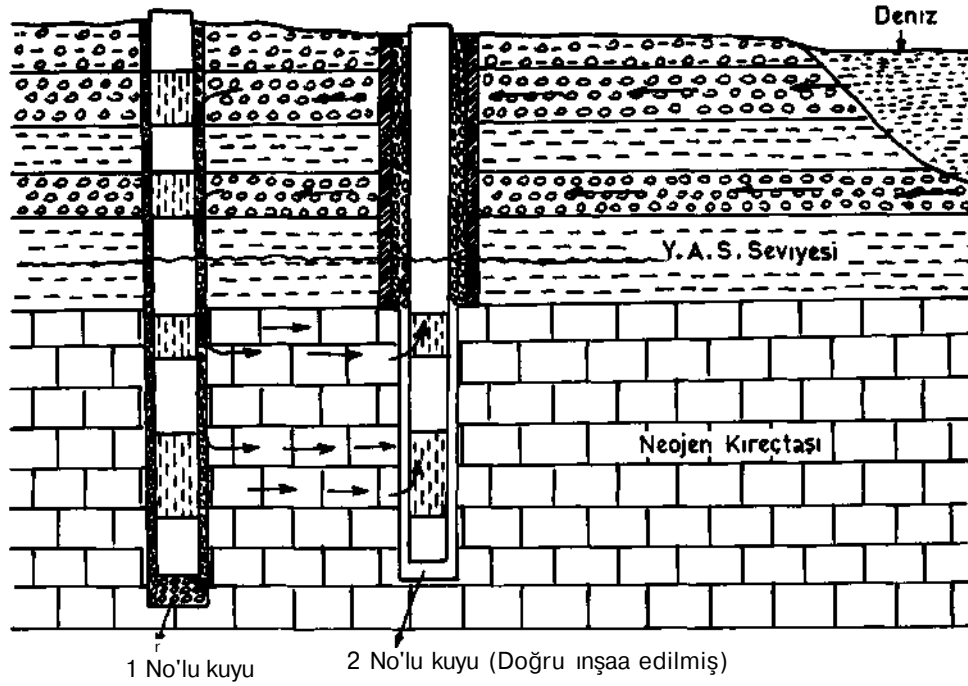
2. akifer de kirlenmeden nasibini almaktadır. Kirlenen akiferde açılmış, hatta gerekli bütün

tedbirleri alınmış 2 nolu masum kuyunun yapabileceği birşey kalmamıştır. O da zaman içerisinde aym akibete uğrayacaktır, kirlenecek veya hızlanacaktır.

## 2.TUZLANMA

Deniz suyu girişimi altındaki alüvyonda açılmış 2 kuyu düşünelim. 1 No'lu kuyu tuzlu su girişimine karşı tecrit yapılmayarak alüvyonda kapatılmamış bir kuyu olduğu için zamanla

tuzlulukla hiç ilgisi olmayan Neojen kireçtaşı yeraltı suyununda tuzlanmasma neden olacaktır. Üst kısımdan tuzlanmaya karşı tüm emniyetlerini almış olan 2 No'lu kuyu görüldüğü gibi zaman içerisinde tuzlanacaktır. Ancak bu tuzlanma üst kısımdan değil kireçtaşından almakta olduğu temiz sulu akifelerin tuzlanması nedeniyle olacaktır. Böylece yanlış açılmış bir kuyu veya kuyular sahanın zaman içerisinde tuzlanmasma ve elden çıkmasma neden olacaktır.



Şekil. 11 Alüvyon kısmı tuzlanmış, ancak alttaki kireçtaşı henüz temiz olan bir akiferin tuzlanma sürecine girmesi

### 3.TECRTT

Su sondaj kuyularında tecrit (Aynına) şu maksatlarla yapılmaktadır.

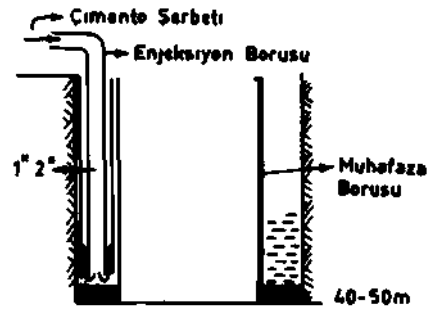
1. Satıhtaki kötü kaliteli, tuzlu, sanayi atıklı veya ne sebeple olursa olsun zararlı oldukları anlaşılan suların kuyunun içine girmesine mani olmak.
2. Farklı hidrolik özelliklerdeki akiferleri birbirlerinden ayırmak.
3. Artezyen akıtlere ait suyu kontrol ederek diğer formasyonlara kaçışım veya kontrolsüz satha çıkışını mani olmak.

Kısaca yeraltı suyunun her türlü kirlenmesine kalite değiştirmesine maruz kalmasını önlemek ve kontrol altında tutulmasını sağlamak gayesiyle boru, beton, kaim kil veya çimento şerbetiyle kapatılmasına tecrit denilmektedir.

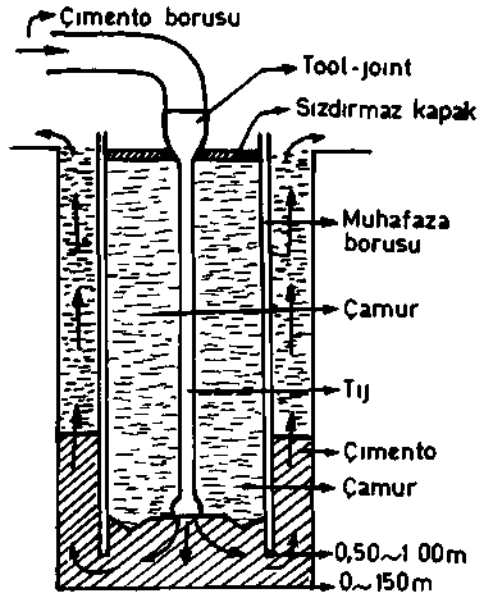
Tecrit kuyunun açılması sırasında yahut kuyunun delinmesi tamamlandıktan sonra yapılan ve kuyu inşasının en önemli amelelerinden biridir. Daha önceki verdiğimiz şekilli örneklerde bu ameliyenin yapılmamasının veya eksik ve hatalı yapılmasının nelere mal olabileceği açıkça görülmektedir.

Satıhtan 0-50 metreler arasmda yapılacak tecrit en basit ve en kolay olan tecrittir. 2 türlü yapılması mümkündür;

1. Muhafaza borulu ve cidan çimento enjeksiyonu yapılan tecrit (Şekil-12)
2. Sadece çimento enjeksiyonu ile tecrit (Şekil -13)



Şekil. 12 Muhafaza borulu tecrit



Şekil. 13 Çimento enjeksiyonu ile tecrit

Şekil-12'de yapılan ve basit olduğu için çok yaygın olarak kullanılan tecrit şekli daha derin (50-100m) yapılamamaktadır. Diğer yandan çimento şerbeti yoğunluğuna yalan olan koyu bir çamur ortamında çimento şerbeti çamur kütlelerini istediğimiz çapta yukarı kaldırıp yerine ikame olamayarak en kolay yolu seçiyor. Enjeksiyon borusunun hemen kenarından satha

doğru dönüyor ve çimentonun istediğimiz hacmi kaplamasına mani olabiliyor. O bakımdan bu hususa dikkat edilerek enjeksiyon yapılması gerekiyor.

Şekil-13'de görülen enjeksiyon şekli daha garanti ve ideale yakın bir sistemdir.

Muhafaza borusu borunun oturtulacağı derinliğin 0.50-1.00 m yukarısında askıda tutuluyor ve boruya kuyu ağzındaki özel bağlantı yapılıyor. Basılan çimento şerbeti bu çamur sütununu sıkıştırarak bir miktar boru içerisine girsede daha sonra matkapla delinip temizleneceği için bir mahsur teşkil etmiyor. Ancak kuyu tabanından itibaren tüm çap ve hacim boyunca çamuru satha doğru boşaltılıyor ve yerini dolduruyor. Satihtan çimento şerbeti geldiğinde de enjeksiyona son veriliyor ve boru yerine oturtuluyor. Bu sistem daha sağlıklı ve garanti bir enjeksiyon ile tecrit yöntemidir.

Bu satırların yazan 1972-1975 yılları arasında izmir içme Suyu Projesi için Manisa-Muradiye-Göksu Kaynaklarında 2,2 Atmosfer kuyu ağzı basıncı ve debisi Q:500~550 İt/sn olan basınçlı (Artezyen) akifer için üretip tatbik ettiği enjeksiyon yöntemini; üzerinden çok zaman geçmesine rağmen burada anlatmakta fayda mülhaza etmektedir. Sistem 25'e yakın kuyuda basın ile tatbik edilmiş ve çok başarılı sonuçlar alınmıştır. 500-550 İt/sn gibi çok yüksek bir su debisi ve kuyu ağzında 2,2 atmosfer artezyen basıncı olan kuyularda, Mesozoik kireçtaşlarının 125-150 metrelerinde başlayan ve 250-300 metrelere kadar devam eden seviyelerinden alman suyun üst kısmındaki Neojen ve alüvyondaki akiferlere kaçması önlenmiş kuyu ağzında da vana ile %100 kontrolü mümkün olabilmektedir.

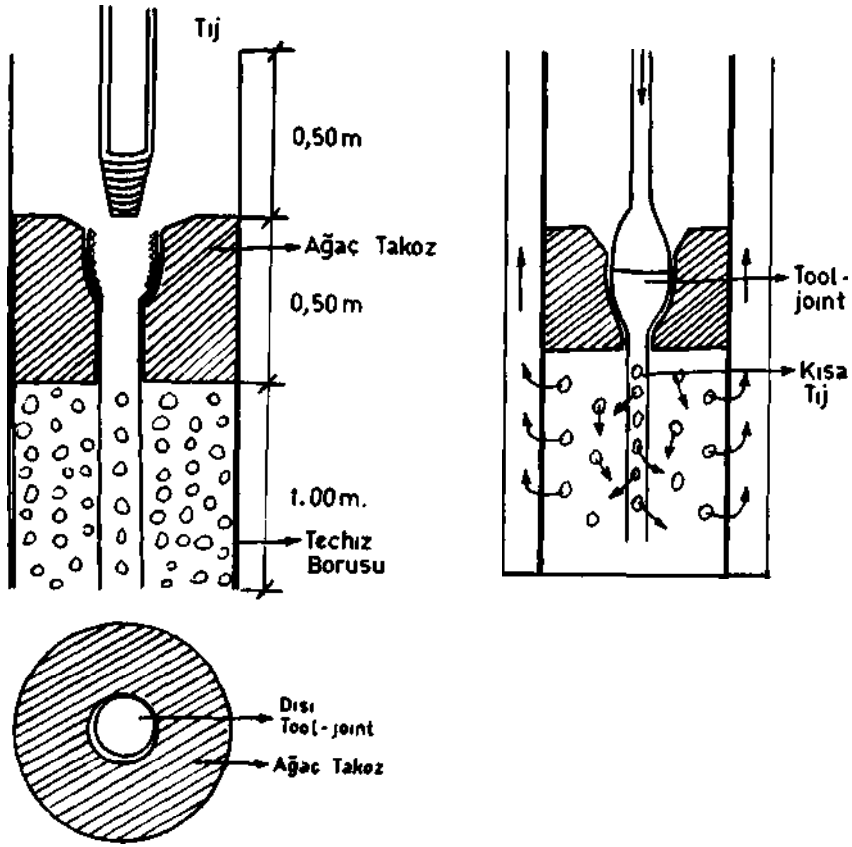
Şekil-14'de görüldüğü gibi bir 50-60 cm'lik ahşap takoz daha önceden inilecek teçhiz boru içerisine dişi tool-joint'li bir tijle birlikte yerleştiriliyor. Boru iniliyor. Daha sonra boru içerisinden indirilen tijler birbirleriyle irtibatlandırılıyor. Önce çamur devir daimi sağlanıyor. Çamur bir miktar inceltiliyor. Daha sonra da hazırlanan çimento şerbeti sisteme basılıyor ve kuyu ağzından gelene kadar işleme devam ediliyor. Burada unutulmaması gereken bir husus, çimento basılan sistemde bir vananın bulunması ve enjeksiyon sonunda vananın kapatılması gerektiğidir.

Böylece çimentonun oturması esnasında oluşacak basıncın tijler içerisinden gelmesine (Sifon yapmama) mani olunmasıdır. Dikkat edilecek bir diğer husus, çimento ilk prizini aldıktan sonra (vana ile de kontrolü mümkün) boru içindeki tijlerin yukarı çekilmesidir. Daha sonra daha uzun zamanlı bir priz için beklenebilir.

Boru içerisindeki takozun delinmesi çok kolay olmakta ve bir problem teşkil etmektedir.

Tecrit işleminde kullanılacak çimento şerbeti şu oranlarda hazırlanabilir :

50 kg (1 Torba ) Çimento + 25-30 kg su + 750 gr (%1-2) bentonit (toz) +750 gr (%1-2) Kalsiyum klorür (CaCl<sub>2</sub>). Karışımında bentonit kullanılması, hem çimento şerbetinin akıcılığını artırır , hem de priz sonucu meydana gelmesi muhtemel (Rötre) çatlak ve çatlakları önlemektedir. CaCl<sub>2</sub> prizi çabuklaştırır. Buna rağmen en az 48~72 saat oranında bir beklemeden sonra (Formasyon içinde priz müddetinin yeryüzündekine nazaran daha geç ve yavaş olduğu görülüyor) çalışmalara tekrar başlamak daha faydalı olacaktır.



Şekil 14 Muhafaza borulu ve ağaç takozlu tecrit



Sondaj Sempozyumu'96 , Izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Türkiyedeki Su Sondaj Faaliyetlerinin Dünyü-Bugünü-Yarını**

### **Yesterday-Today-Tomorrow of Water Drilling Projects in Turkey**

#### **£. Gümüşay**

*DSI Gn Md Jeoteknik Hız ve Yeraltısular Daire Başkanlığı, Su Sondajları Şube Md, ANKARA*

**ÖZET** : Bu çalışmada aşağıdaki konular ele alınmıştır. 1) Türkiyede su sondajlarının başlatılması. 2) Sondaj çalışmalarının talebe bağılı olarak artışı ve gelişmeleri ile sosyal patlamaların devlet tekelindeki su sondaj çalışmalarına etkisi. 3) Su sondajlarının şu andaki durumu ile önümüzdeki yıllarda olabilecek yapısal gelişmeler. 4) Yapılması gereken çalışmalar ve su sondaj cılığının gelecekteki hedefleri. 5) Özel sektörün su sondaj cılığındaki yeri ve beklentiler.

**ABSTRACT** : The subjects covered in this study are outlined as follows. 1) Beginning of water drilling in Turkey. 2) Increase of water drilling due to the increasing demand and socioeconomic changes and its impact on government controlled water drilling operations. 3) Current status of water drilling and its expected structural evolution in the following years. 4) Studies that need to be undertaken and future goals of water drilling. 5) The place of private sector in water drilling and expectations.

#### **GİRİŞ**

Bir ülkenin zenginliğini yeraltındaki ve yerüstündeki tabii kaynakları belirler. Yeraltındaki madenlerin en değerlisi yeraltısuyudur.

Bilindiğı gibi su olmazsa yaşam olmaz, her canlının hava ve suya ihtiyacı altm, gümüş ve elmas gibi değerli madenlerden önce gelir.

Yerüstü ve yeraltı su kaynakları, o ülkenin yaşamında ve beslenmesindeki doğal zenginliğidir. Akarsular ve göller yerüstünde doğanın yapışmın izin verdiği yerlerde

bulunduğı gibi kirlenmeye açıktır. Yeraltısuyu ise akarsu ve yerüstü suyu imkanı olmayan yerlerde yaşamı kolaylaştıran ve yerleşimi sağlayan en önemli faktörlerden biridir. Veciz bir söz vardır : "Gidemediğın yer senin değıldir." Vatanın her yerinde yaşamı sağlayan unsurları temin ederek yerleşimi yurt sathına yayarak ülkemize sahip çıkmalıyız.

#### **TÜRKİYEDEKİ SU SONDAJ ÇALIŞMALARI**

Bilindiğı gibi sondajcılık çok geniş bir kavram olup çalışma alanları çeşitlidir. Su sondaj çalışmalarının ülkemizdeki sondaj cılıhta aynı bir

yeri vardır. Nüfus artışına paralel olarak ekilen alanların artışı yanında sulu ziraatin önemi en üst düzeye çıkmıştır. Ziraatle uğraşan kesimin su talebi nedeniyle su sondajındaki gelişme de büyümüştür.

1945 yılı unci Dünya Savaşı sonrası tarımsal çalışmaya yönelen gruplar öncelikle suya ihtiyaçlarının olduğunu görmüşlerdir. Artan nüfusa göre tarımla uğraşan kesimin su ihtiyacının artacağına anlaşılmıştır. Ülkemizde bu çalışmaları koordineli bir şekilde yürütebilecek üniteler kurulmuştur (1923-1939 Sular Fen Heyeti Umum Müdürlüğü, 1939-1953 Su İşleri Reisliği).

1954 yılında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü bünyesinde kurulan Yeraltısulan Dairesi Başkanlığınca 1954 yılında Türkiye genelinde su sondaj çalışmalarına başlanmıştır.

Devlet Su İşleri 1954-1956 yıllarında Franks ve Failing marka rotary (döner) tip sondaj makinelerinden ithal ederek Türkiye genelinde yeraltısuyu araştırması amacı ile sondaj çalışmalarında çok büyük aşamalar kaydetmiştir.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 1964 yılından itibaren "Sulama Kooperatifleri" kurularak tarımla uğraşanları teşvik etmiş ve sulama gayeli su sondajlarını başlatmıştır. Sulama gayeli su sondajlarının yanında yeraltısuyu araştırmaları birlikte yürütülmüş ve planlama kademesinde hidrojeolojik etüdler yapılmıştır. Bu araştırmaların %95'i tamamlanmış ve hizmete sunulmuştur.

1964 yılında başlayan sulama kooperatiflerine açılan sondajlar devamlı artış gösterdiğinden,

sulama amaçlı sondaj kuyusu taleplerine yetişilemeyeceği görülmüş ve bu tarihten sonra köy içmesulan ve askeri garnizonlara içme-kullanma amaçlı su sondajlarının açılması Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü bünyesinde kurulan Su Sondaj Grubuna bırakılmıştır. Ayrıca 1963 yılından bu yana belediyelerin içme ve kullanma suyu ihtiyacı İller Bankası bünyesinde kurulan Makina Sondaj ünitesi tarafından yürütülmektedir.

## **TÜRKİYEDEKİ SU SONDAJCILIĞININ GELİŞMESİ**

Türkiyedeki su sondajcılığı 1954 yılından bu yana bir aşama içinde bulunmaktadır.

1956 yılında AID bursu ile Amerika Birleşik Devletleri Minnesota üniversitesinde lisans üstü bursu ile yeraltı suyu kursu gören birçok teknik personel U.S. Geological Survey' deki çalışmaları sonunda Türkiye'ye döndüklerinde gelişmelere büyük katkılarda bulunmuşlardır. Türkiye'nin bugün geldiği noktada, burslu olarak Amerika'da 9 aylık bir kursa katılan personelin katkıları gözardı edilemez.

1954'lü yıllardan sonra sondaj makineleri hergün biraz daha gelişme göstermiş ve Devlet Su İşleri de bu gelişmeleri devamlı izleyerek yeniliklere adapte olmuştur. Türkiye'deki su sondaj makineleri her türlü isteğe cevap verebilecek kapasitede ve özelliindedir. İlk yıllarda darbeli, rotary tablalı ve baskılı makinelerle çalışılmış, bugün ise rotary head dediğimiz kafadan dönmeli ve hidrolik baskılı makinelerle çalışılmaktadır.

Bu makinelerde sirkülasyon sıvısı olarak çamur (bentonit), hava, hava-köpük kullanılmakta ve



dipten darbeli hava çekici ile süratli sondaj yapılabilmektedir. Bu suretle Türkiye'deki su sondaj makina parkı güçlendirilmiş ve dünyadaki gelişmeler yalandan takip edilmiştir. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü olarak, 1995 yılı başında yeraltısuyu rezervlerinin araştırılması, sulama kooperatiflerine sulama suyu temini, içme ve kullanma amaçlı su sondajında ulaşılan nokta 3,000,000 (üç milyon) metrelik su sondajdır. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 40 yıllık çalışması ile su sondajlarında bu metreyi gerçekleştirirken Türkiye'de sondaj sanayiinin doğmasına ve su sondajlarının gelişmesine ortam hazırlamıştır. Şu anda özel sondaj şirketlerinin makina parkı, sondaj kapasitesi devletteki kapasiteyi aşarak sektördeki layık olduğu yerini almıştır. Ekteki tablodan da bu rakamlar görülebilir.

Türkiye'deki özel su sondajcılığının en iyi düzeye ulaşabilmesi için bu aşamada devletin desteğine ve kontrolüne ihtiyacı vardır. Esasen 167 sayılı Yeraltısulan Kanunu ile bu görev Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne verilmiştir. Kanunun genel anlamlarından biri de piyasadaki özel su sondaj firmalarının çalışmalarını kontrol altına almak, gelişmeyi ve rekabeti sağlayarak dengeli bir çalışma ortamı yaratmaktır.

## TÜRKİYE'DEKİ SU SONDAJ KAPASİTESİ

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından başlatılan yeraltısuyu araştırma sondajları ve sulama suyu amaçlı sondajlar halen DSİ Genel Müdürlüğüne gerçekleştirilmekte olup, belediyelerin içme ve kullanma suyu sondajları ise İller Bankası Sondaj Ünitesi'nce gerçekleştirilmekte, köy ve askeri garnizonların içme ve kullanma suyu sondajları ise Köy

Hizmetleri Genel Müdürlüğüne yürütülmektedir.

Anılan bu "üç büyük kuruluşumuz su sondaj çalışmalarına yetişememekte, elindeki sondaj programlarından bir kısmını ihale suretiyle özel sektöre yaptırmaktadır.

(Devlet kuruluşlarımız ve özel sektörün elindeki makina gücü ve kapasitesi ekteki tabloda belirtilmiştir.)

Tabloda da görüldüğü gibi, yurdumuzdaki su sondaj talebi ortalama yıllık 7800 kuyu ve 920,000 metre civarındadır.

Bu durumda ) urdumuzda ortalama

$$920,000 \text{ metre} \times 2,500,000 \frac{\text{TL}}{\text{metre}} = 23 \text{ trilyon TL (1)}$$

lık bir son aj talebi mevcuttur. Kamu kuruluşlarınca bunun senelik gerçekleşme miktarı ise 2, 100 adet 235,000 metredir. Bunun parasal olarak değeri ise

$$235,000 \text{ metre} \times 2,500,000 \frac{\text{TL}}{\text{metre}} = 587.5 \text{ milyar TL (2)}$$

dır.

Özel sektör tarafında gerçekleştirilen kısmı ise

$$400,000 \text{ metre} \times 2,500,000 \frac{\text{TL}}{\text{metre}} = 1 \text{ trilyon TL (3)}$$

dır. Türki>e'de toplam olarak

$$0,6 + 1,0 \wedge 1,6 \text{ trilyon TL (4)}$$

lık su sondajı yapılmaktadır.

Türkiye'deki senelik su sondajı talebinin karşılanan kısmı, kamu ve özel sektörde

$$235,000 + 400,000 = 635,000 \text{ we/re (5)}$$

liktir.

*Talep - Karşılana n = Açık*  
920,000 - 635,000 = 285,000 metre  
lik bir su sondaj açığı vardır. Bunun da parasal değeri

$$285,000 \text{ metre} \times 2,500,000 \frac{\text{TL}}{\text{metre}} = 712.5 \text{ milyar TL} \quad (7)$$

civarındadır.

Bu incelemeden görüldüğü gibi su sondajlarında talebe göre yapılamayan 285,000 metre ve 700 milyar TL'lık bir su sondaj açığı vardır. Devlet küçülmekte, taşeronluk ve müteahhitlik yapmak istememektedir. Zira personel politikası ve diğer problemler her geçen gün büyümektedir.

Devletin görevi kamu hizmeti vermektir. Sondajları özel sektöre bırakarak asli görevine dönecektir, bunu da en kısa zamanda yapmalıdır, bu uygulamayı hiçbir Avrupa ülkesinde görmek mümkün değildir. Zira devletin yaptığı işte maliyet çok yüksektir. Genelde bir metre su sondajında metre maliyet 2-3 milyon TL/metredir. Devlette ise bunun maliyeti 5-10 hatta 20 milyon TL/metreye kadar yükseldiğini görebiliriz. Devlet vatandaştan topladığı vergileri yerinde kullanmak istiyorsa taşeronluktan vazgeçip kontrollük görevine dönmelidir.

Taşeronluk yapacağım diye 167 sayılı kanunla kendisine verilmiş olan yeraltı sularının korunmasını ve kontrolünü yapamamakta, piyasada özel firmaların yaptığı sondajları kontrol edememektedir. Yasak olan yerlerde kuyular açılmakta, yeraltı suyu rezervlerinin bilinçsiz olarak tüketilmesine ve yeraltı suyu depolarının kirlenmesine neden olabilecek çalışmaları engelleyememektedir. Özellikle sahillerde kurulan yazlıklarda ve sitelerde

kontROLSUZ açılan özel kuyular bu sahadaki yeraltı suyunun tuzlanmasına sebep olmakta ve bu güzel yerlere yatırım yapmış vatandaşlarımıza kötülük yapılmaktadır.

KontROLSÜZLÜK bu şekilde devam ettiği takdirde Bodrum, Kuşadası ve birçok sahil sitesine ve yazlıklara dinlenmeye gidenler yanlarında içme ve kullanma suyunu da götürmek durumunda kalacaklar. Neticede bu güzel yörelerimiz birer taş yığı haline gelecek ve sonunda bu güzel beldeler elden çıkacaktır. İşte, bugün geldiğimiz nokta budur.

Devlet olarak taşeronluğun bırakılıp kontrol görevinin yerine getirilmesi halinde piyasadaki 285,000 metrelik sondaj açığına devlet eliyle yapılan 235,000 metrelik sondaj da ilave edilecek ve piyasada 520,000 metrelik bir boşluk olacaktır. Bunun parasal değeri ise  $520,000 \times 2,500,000 = 1,3 \text{ Trilyon TL}$  (8) dır.

## SONUÇ

1- Devlet kuruluşları taşeron gibi çalışmaktan ziyade denetim ile ilgili kamu hizmetlerini yerine getirerek, özel sektördeki su sondaj alığının gelişmesini sağlayarak, sektördeki rekabette dengeyi sağlamalıdır.

2- 167 sayılı kanunla devletin korumasına verilen yeraltı sularının ülke insanlarının yararına kullanılmasını sağlayarak, sorumsuz kişilerce yeraltı sularımıza zarar verilmesini önlemelidir.

SONDAJI YAPAN KURULUŞ	MAKINA ADEDİ	SENELİK SONDAJ KAPASİTESİ		TÜRKİYE GENELİNDE KURULUŞLARA GELEN SENELİK SONDAJ TALEBİ		GERÇEKLEŞME MİKTARI				KURULUŞLARIN ELİNDEKİ MAKİNALAR
		ADET	METRE	ADET	METRE	KURULUŞLARIN AÇTIĞI		KAMU KURULUŞLARININ İHALE İLE AÇTIRDIĞI		
						ADET	METRE	ADET	METRE	
DSİ DEVLET SU İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ	69	1,200	100,000	2,500	250,000	1,200	100,000	200	25,000	FRANKS DAVEY SPEEDSTAR INGERSOLL-RAND DRILLTECH (TAMROCK)
KÖY HİZMETLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ	69	1,200	100,000	2,000	200,000	1,000	100,000	300	30,000	MASARANTI INGERSOLL-RAND FALLING,GARDNER VE YERLİ YAPIM
İLLER BANKASI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ	15	300	35,000	600	70,000	300	35,000	300	30,000	SPEEDSTAR INGERSOLL-RAND BMC(YERLİ)
ÖZEL	247	2,700	400,000	2,700	400,000	2,700	400,000	-	-	
TOPLAM	400	5,400	635,000	7,800	920,000	5,200	635,000	800	85,000	

Çizelge 1. Türkiyedeki Su Sondajı Faaliyetlerinin Dağılımı



Sondaj Sempozyumu'96 , İzmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Zemin Sondaj lardaki Basıncılı Su Deneylerinde Dikkat Edilecek Noktalar ve Lugeon Deneyi**

### **Pressure Water Tests of Ground Drilling Are Careful With, Points And Lugeon Test**

K.Günay

*DSIII-2 Sondaj Şube Mud. Bornova/İZMİR*

**ÖZET :** Genellikle zemin tek başına mühendise zorluk çıkarmaz, fakat zemin suyla beraber olunca durum değişir. Su zeminle birlikte olduğu anda güçlükler başlar. Formasyon içinde hareketli olan, ele avuca sığmayan, her fırsatta kaçabilen bu suyun hareketleri önceden incelenmiş, tahmin ve kontrol edilmemiş sızmalara, borulanmalara, dinamik basımlara artezyene, statik basımlara ve bunlara benzer bir sürü olaylara neden olabilir.

Formasyonda geçirimsizliğin saptanması mühendislik jeolojisinde ve hidrojeolojide önemli bir konu olup her iki uzmanlık dalında da çeşitli arazi deney yöntemleri geliştirilmiştir. Yeraltında yapılan bu testlerde uygulanan yöntem lastik tıkaç kuyular olarak, belirli bir hidrolik basıncı altında, suyun yeraltına enjeksiyonu yine belirli bir zaman tutularak yapılır.

Yeraltında su çekilerek hem geçirgenlik, hemde depolama özelliği hidrojeolojik deney yöntemleriyle de saptanabilir. Su çekimi gözlem kuyularındaki su seviyelerinin değişiminin incelenmesine olanak sağlar.

#### **1.GİRİŞ**

Su hareketini incelemek için yeraltında bir çok deney gerçekleştirilmiştir. Lugeon Deneyi, Dupuit Metodu, Lefranc-Mandel Deneyi, Matsuo Deneyi, Nasberg-Terletska Deneyi gibi.

Bunlar arasında sıkça kullanılan nitelik bildiren ve uygulanışı basit olan Lugeon Deneyi geniş bir uygulama alanına sahiptir.

Yeraltının geçirimsizlik ve depolama özelliklerini jeolojik gözlemlerle saptamak olası değildir. Bunun için arazi deneyleri gerekir.

Yeraltında uygulanan su tecrübe deneyleri çeşitli sorunlar içerir. Lastik tıkaç tipleri ve uzunlukları, deney zonunun uzunluğu, sondaj kuyu çapı, deney süreleri, deney basınçları, akım ve basınç yöntemleri ve sonuçlarının hesaplanması gibi bir çok konuda henüz belirli bir standartlaşmaya gidilememiştir. Yapılan deneylerin çoğunda çelişkili sonuçlar alınmıştır. Pratik gözlemler ve kurumsal yaklaşımlar tek bir

sondaj kuyusunda yapılan deneyin ancak sondaj kuyusunu çevreleyen kayacın çok sınırlı bir parçasının geçirgenliğini ölçebildiğini göstermektedir.

## **2.BASINÇLI SU DENEYİ ÖNCESİNDE VE SONRASINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN İŞLEMLER**

a. Su sayaçları sıkça kontrol edilmeli şüpheli görünenler değiştirilmelidir.

b.Tij manşonları ve yerüstü bağlantı ağızları sıkça bağlanmalı, su kaçırmayı önleyen kontrol edilmelidir.

c.Su deney lastiğinin çatlayıp yıpranmamış olmasına ve lastik boyunun 0.50 m'den kısa olmamasına dikkat edilmelidir.

d.Çektirme yöntemiyle çalışan deney takımlarında lastiği şişirmek için kullanılan krikonun sıkıştırma kolu uzunluğu deney lastiğinin boyunu geçmeyecek şekilde ayarlanmalıdır.

e.İlk kademede deney lastiği kuyu ağzından 2.0 m aşağıda tutularak başlanmalıdır. Yamaç molozu ve alüvyon gibi gevşek malzemelerden ana kayaya girildiğinde lastik gevşek malzeme ile ana kaya kontağının en az 2.0 m altından tutturulmalıdır.

f.Deney sırasında lastik kesinlikle muhafaza borusuna tutturulmamalıdır.

g.Deney öncesinde karotlar incelenmeli, lastik tutturulacak yerin, boşluklu, kırıklı, karot yüzdesi düşük kısma rastlaması durumunda yer

değiştirilerek sağlam yerden tutturmaya çalışmalıyız.

h.Lastiklerin iyice şişirilerek yerlerine oturmalarını sağlamak ve de lastiğin formasyonu tutup tutmadığını kontrol için takım hafifçe aşağıya ve yukarıya oynatılmalıdır.

ı.Basınçlı su deneyi yapılacak zonda delme gücünü yenmek amacıyla çimentolama yapılmamalıdır. Bentonit çamuru kullanılmamalıdır.

İ.Deneye başlamadan önce kuyudaki su seviyesi ölçülerek kaydedilmelidir.

k.Deney sırasında kullanılacak suların temiz olması gerekir.Çamurlu ve bulanık sular depolarda dinlendirilerek ince tanelerin çökmesini sağladıktan sonra deneyde kullanılmalıdır.

m.Pompa kapasitesinin yüksek olması gerekir. Düşük debili pompalar su kaçağı fazla olan zonlarda yeterli olamayacağından kullanılması uygun değildir.

n.Manometreler kuyu ağzına yerleştirilmelidir. Kontrol edilip doğru çalışıp çalışmadığı izlenmelidir.

o.Deney öncesinde manometrenin kuyu ağzından yüksekliği ölçülerek kaydedilmelidir.

ö.Lastik tıkaçın (pacer) boyu en az 0.50 m olmalıdır.

## 2.1.Lugeon Deneyi

Kayaçların geçirirliiliğinin saptanması amacıyla basınç altında kuyuya su enjeksiyonu yapma yöntemidir.Genellikle kayaçlarda açılan araştırma sondajlarında yapılır. Deneyin asası belirli bir basınç altında kayacın emdiği suyun debisini ölçmekten oluşur ilk kez MAURICE LUGEON tarafından uygulandığından Lugeon deneyi olarak isimlendirilmiştir

Lugeon birimi (LU) 10 kg/cm<sup>2</sup> gerçek basınç altında 1 dakika 1 m uzunluğundaki deney zonundan litre olarak kaçan su miktarıdır.

### 2.1.2. Lugeon Deneyinin Uygulanması

Deneye başlamadan önce deney zonu basınçsız su verilerek doldurulur. Suyun verilmeye başlamasından basıncın yükselmeye başladığı ana kadar giden su miktarı kaydedilir.

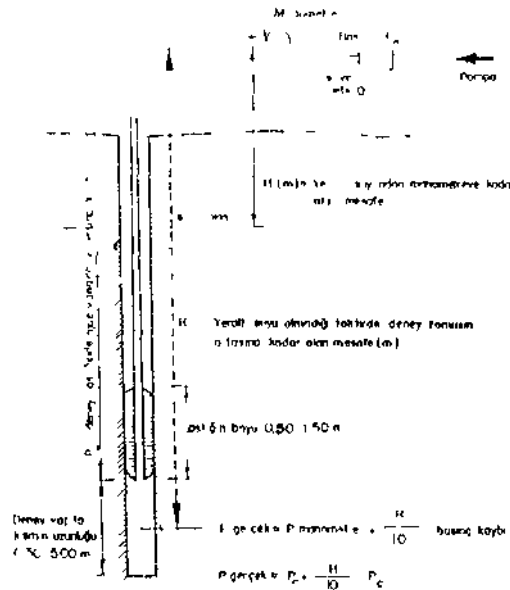
Deney sırasında uygulanan basınçlar projenin ve kayacın özelliklerine göre değişir.Bu konuda belirlenmiş bir standart olmamakla beraber 2.4.6.8.10 kg/cm<sup>2</sup>'lik basınç kademeleri yaygın olarak uygulanmaktadır.

Deney sırasında her basınç kademesinde 10 dakika beklenir. Su kaçaklara beşer dakikalık aralarla kaydedilir.

Deneyde uygulanacak kademe boyunun uzunlukları kayacın fiziksel ve yapısal özelliklerine bağlıdır. Geçirimsiz ve uniform özellikli bir kayaçta 5, hatta 10 m'lik kademeler uygulanabileceği gibi çok geçirimli ve değişken özellikli kayaçlarda kademe boyu 1 metreye kadar düşürülebilir.

Lugeon basınçlı su deneyi ile kayaçların içerdiği boşlukların cinsini ve özelliklerini belirlemek mümkün olabilmektedir.

Bu amaçla çok geçirimli veya su kaçaklarının değişim gösterdiği zonlarda geri dönüşlü basınçlar uygulamak gerekir (X-Y-Z-Y-X)



Şekil 1 .Lugeon Deneyinin Uygulanması

## 2.2.Lugeon Deneyi ile Geçirirliiliğın ve Gerçek Basıncın Deneyi ile Geçirirliiliğın ve Gerçek Basıncın Hesaplanması

Lugeon deneyinde sonucu hesaplıyabilmek için deney sırasında uygulanan gerçek basıncın (Peff) bilinmesi gerekir

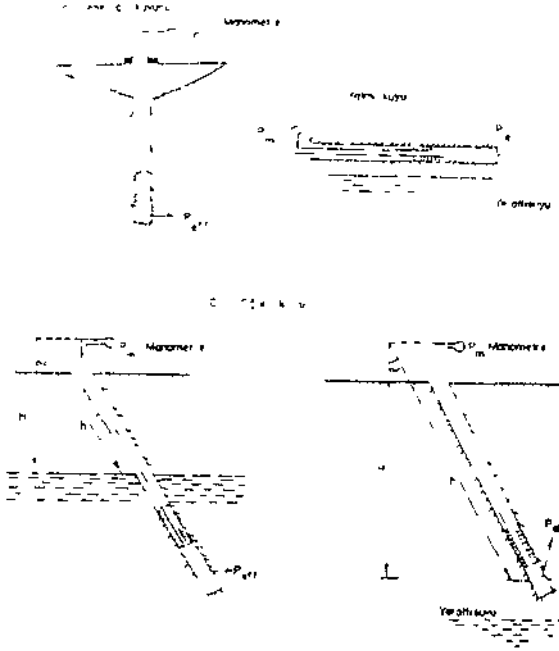
Gerçek basıncın hesaplanması için manometrede okunan basınca (Pm) yeraltı suyu

tablası üzerindeki statik yük (H/10) eklenir. Elde edilen değerden deney kademesi üst kotu ile manometre kotu arasında oluşan yük kaybı (Pc) çıkarılır.

Lugeon deneyi, düşey eğik ve yatay yönde açılan sondajlarda uygulanabilir.

#### A-Düşey kuyularda gerçek basıncın hesaplanması

Şekil 2'de görüldüğü gibi düşey kuyularda gerçek basınç, deney yeraltı suyu tablasının altında yapılıyorsa  $P_{eff} = P_m + H/10 - P_c$  yeraltı suyu tablasının üstünde yapılıyorsa  $P_{eff} = P_m + H/10 - P_c$  formülüne göre hesaplanır.  $P_{eff}$  = Deneyde uygulanan gerçek basınç(kg/cm<sup>2</sup>)



Şekil 2. Lugeon Deneylerinde Gerçek Basıncın Hesaplanması

$P_m$  = Manometrede okunan basınç(kg/cm<sup>2</sup>)

H = Yeraltı suyu tablasından manometreye kadar olan uzaklık(m)

H1 = Yeraltı suyu olmaması durumunda deney kademesinin ortasından manometreye kadar olan uzaklık (m)

$P_c$  = Manometre ile deney kademesinin üst kotu arasındaki tija ve vanalarda, manometreden sonraki borularda meydana gelen yük kaybı (Şekil 3)

#### B-Eğik kuyularda gerçek basıncın hesaplanması

Eğik kuyularda H, kuyu başındaki manometreden deney yapılan kademenin ortasına kadar olan uzaklığın (h) veya ölçülebilmesi durumunda, yeraltı suyu tablasına kadar olan uzaklığın kuyunun eğim açısının (&) cosinüsü ile çarpılması ile bulunur.

$$P_{eff} = P_m + \cos \alpha \cdot h/10 - P_c$$

#### C-Yatay kuyularda gerçek basıncın hesaplanması

Yatay kuyularda H=0 olduğundan  $P_{eff} = P_m - P_c$  şeklinde olmaktadır.

#### 2.2.1.Lugeon Deneyinde Yük Kaybının Bulunması

Basıncı su deneyi sırasında manometre ile deney kademesinin üst kotu arasında kalan tija ve vanalarda ve manometreden sonraki borularda sürtünme veya diğer nedenlerle yük kaybı oluşur. Bu yük kayıpları ampirik yöntemler ve abaklar yardımı ile yaklaşık olarak bulunabilmektedir 100 m

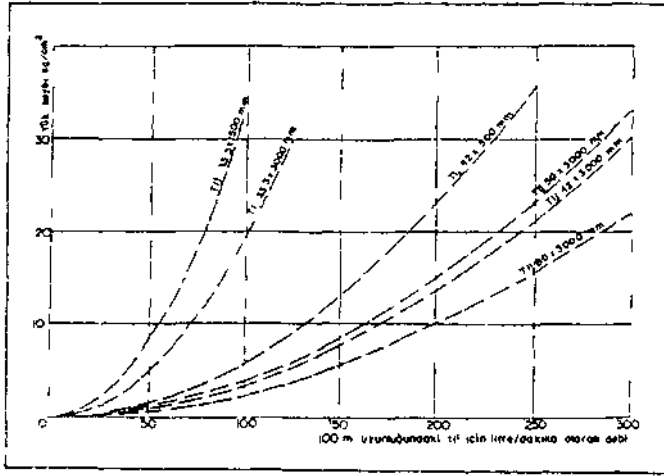


uzunluğundaki tij için deney ile elde edilmiş eğriler çizilir.

Pratikte deney yapılacak ekipmana ait yük kayıplarını bulabilmek için basmçlı su deneyinde kullanılacak tijler birbirine eklenerek 100 m uzunluğunda bir parça oluşturulur. Bu tijlerin bir ucundan belirli bir basınç ile su verilerek diğer ucundan suyun çıkış basmıcı arasındaki fark deneyde kullanılacak ekipmana ait yük kaybıdır.

### 2.2.2.Lugeon Geçirimsizlik Katsayısının Hesaplanması

Basmç su deneyi tamamlandıktan sonra elde edilen değerler deney formuna işlenir. Her deney kademesi için Lugeon eğrisi ayrı ayrı çizilir. Bu eğriler üzerinde 10kg/cm<sup>2</sup> gerçek basınca karşıt gelen emilme katsayısı deney kademesinin Lugeon birimi (LU) olarak geçirimsizliğidir. (Şekil 4)



Şekil 3.Tij ve Mançonlardaki Yük Kaybını Gösterir Abak

Deney sırasında her zaman 10 kg /cm<sup>2</sup> gerçek basınca ulaşmak mümkün olmayabilir. Özellikle küçük boyutlu su yapılarının temel etütlerinde basınç 10kg/cm<sup>2</sup>'ye kadar yükseltmeye gerek görülmemektedir. Bu gibi durumlarda deney sırasında uygulanan en yüksek basınçtan sonra daha yüksek basınçlar için kayacın geçirimsizliğini uniform kabul etmek gerekir.

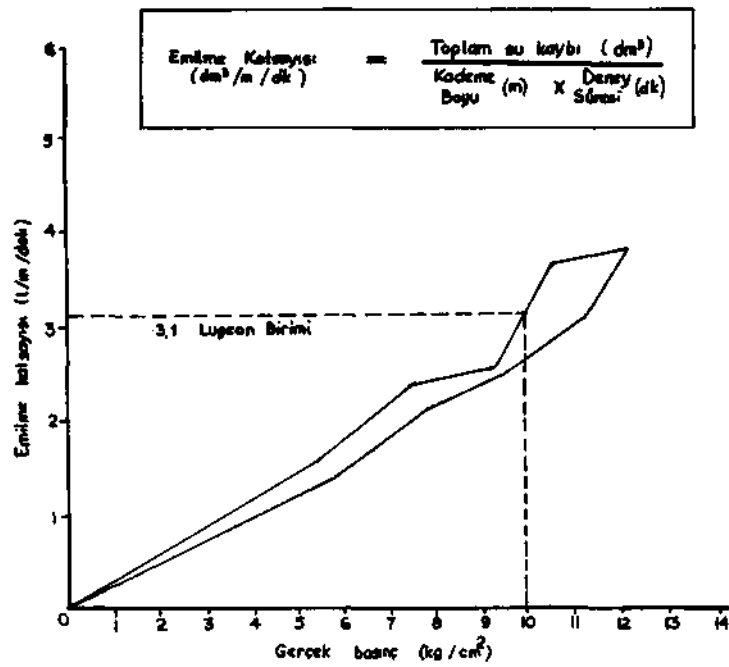
Basınç-emilme katsayısı grafiğinde uygulanan basınçlara göre elde edilen eğri lineer olarak uzatılır.ve kg/cm<sup>2</sup> gerçek basınca karşıt gelen

emilme katsayısı lugeon birimi olarak kabul edilir.

Yapılan denemeler bu yolla elde edilen lugeon değerinin küçük su yapıları için gerçeğe çok yakın olduğunu ve kabul edilebilir hata payı sınırı içinde kaldığını göstermiştir. Ancak bu tür yorumlara zorunlu olmadıkça gidilmemesi özellikle 50m den daha yüksek su yapılarında 10 kg/cm<sup>2</sup> basınca ulaşacak şekilde deney yapılması gerekir.

Deneyden önce manometrinin ve yeraltı suyu seviyesinin hâsi	Pm (kg/cm <sup>2</sup> )	Deney süresi (Dakika)	Toplam su kaybı (l)	H Statik yük (kg/cm <sup>2</sup> )	Pc (kg/cm <sup>2</sup> )	Pc1f Pm+H-Pc (kg/cm <sup>2</sup> )	Emilme katsayısı (l/m/dak)
Kuyu bakımmanometre yükü A = 200,92	2	10	70	3,85	0,12	5,73	1,4
	4	10	104		0,15	7,7	2,08
Kuyu kolu-YAS derinliği B = 174,82	6	10	119		0,42	9,43	2,58
	8	10	154		0,75	11,1	3,08
H = 34,80	10	10	193		1,9	11,95	3,86
	8	10	188		1,4	10,48	3,76
Kuyu kolu 28,42	6	10	128		0,7	9,15	2,56
	4	10	116		0,9	7,35	2,32
	2	10	78		0,2	5,65	1,56

Deney zoru (Derinlik, m) 75,00-80,00



Lugeon deneyi ile geçirimsizliğin hesaplanması

ŞEKİL - 4

### 2.2.4.Lugeon Değerlerinin Geçirimsizlik Yönünden Sınıflandırılması

Lugeon deneyi sonucunda elde edilen değerlere göre kayaçların geçirimsizliği konusunda bir sınıflama yapılmıştır.

1	Lugeondan az	geçirimsiz
1 -5	Lugeon	az geçirimli
5-25	Lugeon	geçirimli
25	Lugeondan çok	çok geçirimlidir.

### 3. LUGEON DENEYİNİN YORUMU

Yıllardan beri bir çok araştırma lugeon deneyine açıklık getirilmesi ve sonuçların yorumlanması için çeşitli yöntemler önermişlerdir. Genel bir deney işleminde (A-B-C-D-E-D-C-B-A) deney zonuna önce artan daha sonra azalan basınçlar (geri dönüşlü) uygulanır.ve her basınç kademesinde oluşan kaçak miktarı ölçülür. Darcy yasasından çıkarılan ve kayacı homojen geçirimsizlikte bir ortam kabul eden varsayım dayandırılan basit yorumlar basınca karşı akım grafiklerini orijinden geçen düz bir eğri şeklinde göstermektedir. Pratikte bu basit sonuç çoğu kez elde edilemez.

Lugeon basınçlı su deneyinde basınç ve debiye bağlı olarak çizilen eğrilerin tiplerine göre kayacın geçirimsizliği ve boşlukların özellikleri konusunda bazı yorumlar yapmak mümkün olabilmektedir.

Yutularda H. Cambefort' un çizdiği bazı eğri tiplerinden yararlanılmaktadır. Debi (Q) düşey ekseninde basınç (P) yatay ekseninde olursa eğrilerin durumuna göre şu tür yorumlar yapılabılır.(Şekil 5)

a- Laminer akım, çatlaklarda tıkanma ve temizleme yok.

b- Türbilanslı rejim, muhtemelen büyük bir çatlak varlığını gösterir.

c- Basınçla çatlaklardaki dolgu malzemesinin yıkanması veya deney lastiğinden kaçak

d- Kuvvetli basınçla çatlakların tıkanması ,doldurulması (Kaçak miktarında azalma olması).

e- Düşük basınçla çatlakların tıkanması, yüksek basınçla çatlakların temizlenmesi.

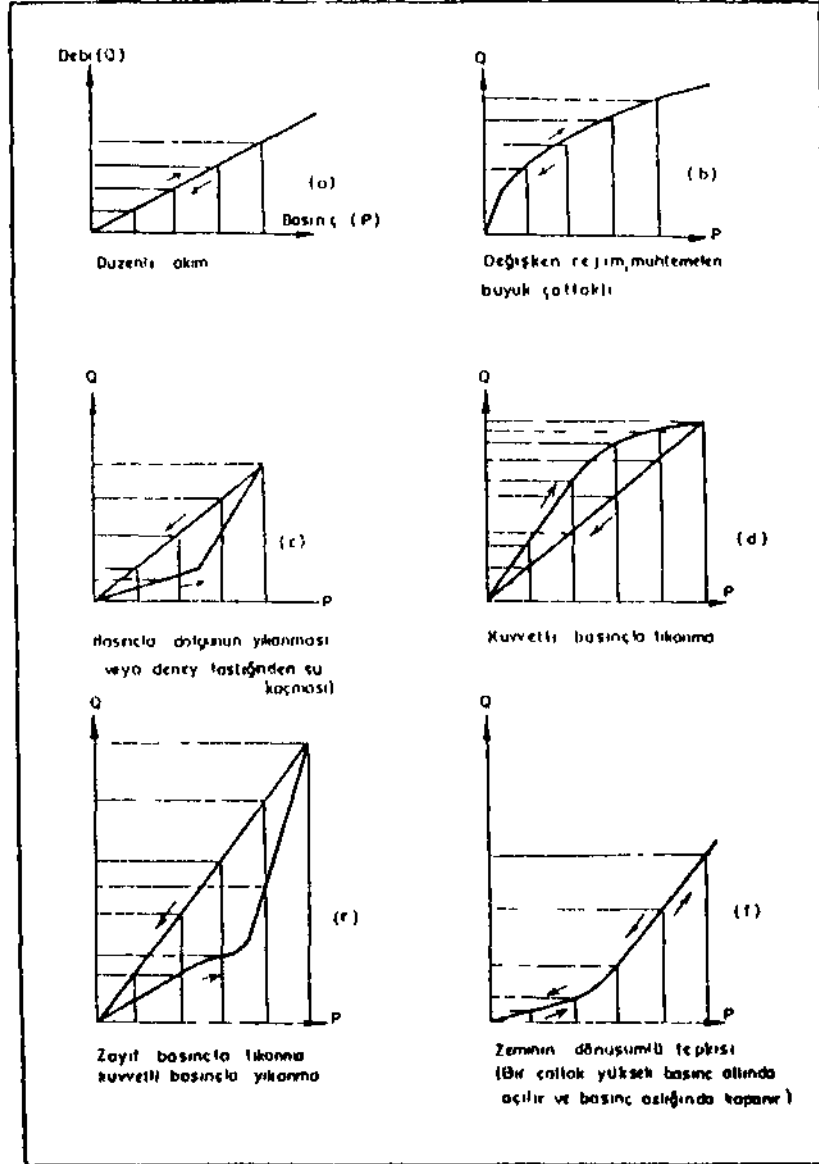
f- Zeminin dönüşümlü tepkisi (Bir çatlak yüksek basınç altında açılır ve basınç azaldığında kapanır.)

### 4 - KAYNAKLAR

Şekercioğlu, E. 1993 Lugeon Basınçlı Su Deneyi ile Kayaçların Geçirimsizliğinin Hesaplanması Sonuçlarının Değerlendirilmesi.

Albayrak, Z. 1975 Temel Sondajlarda Yapılan Perméabilité Testleri Hakkında Genel Bilgiler.

Özaydın, K. 1989 Zemin Mekaniği



Şekil 5. Lugeon eğrilerinin yorumlamaları (H.Carabufurt)

Sondaj Sempozyumu'96 , Izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Jeotermal Kuyularda Teçhiz ve Çimentolama**

### **Casing Design and Cementing in Geothermal Wells**

S.Özüdoğru

*MTA Ege Bölge, Müdürlüğü, Bornova/IZMIR*

**ÖZET:**Yüksek basınç yanısıra jeotermal kuyularda yüksek sıcaklıkta söz konusudur.Bu aşın şartlar kuyu içinde kullanılan muhafaza borusu ve çimento gibi malzemeleri etkiler.Bu nedenle uygun boru ve çimento seçip kullanmak çok önemlidir.

Bu çalışma değişik boru ve çimentoların teknik özellikleri ile klasik bir çimentolama işleminin yapılışından bahsetmektedir.

**ABSTRACT:**Besides of the high pressure,high temperature also present in geothermal wells.These extreme conditions effect the material used in wellbore such as casing and cement.Because of this, it is very important to select and use proper graded casing and cement type.

This study deals with the different casing and cement technical specifications and conventional cement operation.

#### **1.GİRİŞ**

Jeotermal enerji alanında sondaj faaliyetleri devlet sektörü eliyle yürütülürken son yıllarda özel sektör kuruluşlarının konuya yakın ilgi duymaya başladığı izlenmektedir.

Bu duruma neden olan en büyük faktör, jeotermal enerjinin başta konut ısıtmacılığı olmak üzere genel amaçlı kullanımına talebin hızla artmaya başlaması,dolayısıyla sahalarda kapasite tespit ve arttırımı için çok sayıda sondaja ihtiyaç duyulması gösterilebilir.

Jeotermal sondaj malzemelerinin pahalı olup

ancak yurtdışından temin edilebilmesi yanısıra gerek sondaj tekniği gerekse spesifik bazı operasyonlar hakkında dilimizde yayınlanmış yeterli eser bulunmaması sektörün önündeki en büyük güçlükler olarak görünmektedir.

Özellikle yüksek sıcaklıklı sahalarda yapılacak sondaj uygulamaları son derece teknik ve dikkatli çalışmayı gerekli kılmaktadır.

Jeotermal enerji sondajları hakkında bulunabilen başvuru kaynaklarının hemen hemen tamamı ingilizce olduğu için bu yazı içeriğindeki birçok teknik terim ingilizce karşılıkları ile verilmiştir.Bazı malzeme ve terimlerin dilimize

çevrilebilen anlamlı karşılığı olmadığı için de sadece İngilizce'de anıldığı şekliyle belirtilmiştir.(Float Shoe,Float Collar,...gibi)

Jeotermal kuyu planlaması ve dizaynı yapılırken en önemli aşamalardan biri kuyu içinde karşılaşılabilecek maksimum sıcaklık ve basınç gözönüne alınarak uygun teçhiz borusu ve çimento cinsinin tespitidir.

Zira sondaj sırasında ve sondaj bitirilip kuyu üretime açıldığında tüm bu malzeme anılan kuvvetler ile termal ve korrosif ortamın etkisi altında kalacaktır.

## 2.MUHAFAZA BORUSU (CASING)

Jeotermal kuyularda muhafaza boruları,yüzey akiferlerini veya düşük sıcaklıklı akışkan taşıyan zonları kapatmak, formasyonlar arası akışkan geçişini önlemek, kuyu çapını korumak, sondaj sırasında olabilecek kontrolsüz blow-out olaylarını önlemek, kuyu üretiminin sürekli olarak yapılmasını sağlamak gibi amaçlarla indirilir.

Değişik jeotermal sahalarda farklı fiziksel,kimyasal,formasyon (rezervuar) şartları bulunması yanısıra boruların indirileceği derinliklerde farklı olacağından bu borular mikro yapıları,et kalınlıkları,diş ve manşon tipi olarak farklı tiplerde üretilirler.

API (American Petroleum Institute) tarafından sınıflandırılarak standardize edilen borular tanınmaları için değişik kod numaraları ve üzerlerinde farklı renk bantları bulunarak kullanıma sunulurlar.Bunların başlıcaları J55, K55, N80, C75, C95, H40, P110'dur.

## 3.KUYU İÇİNDE BORUYU ETKİLEYEN KUVVETLER

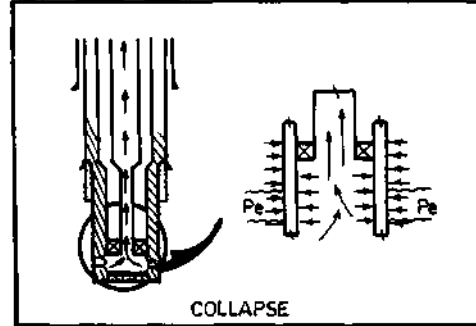
Çimentolanmak üzere kuyuya indirilen boruları kuyu içinde etkileyen birçok kuvvet olup bunların başlıcaları:

- Çökertme Kuvveti (Collapse)
- tç Gerilme Kuvveti (Burst)
- Çekme Kuvveti (Tension)
- Basma Kuvveti (Compression)

Bu kuvvetler haricinde kuyu içindeki boru dizisini etkileyen kuvvetler olarak yüksek sıcaklık ve korrozyon etkili çevresel şartları sayabiliriz.Ayrıca bilinen kuvvetler yanısıra sondaj sırasında kuyuda oluşmuş key hole,dog-leg gibi olumsuzluklar boru üzerindeki yüklerin karmaşık olmasına neden olacaktır.

### 3.1.Çökertme Kuvveti (Collapse)

Boru dizaynında ilk gözönünde bulundurulması gereken faktör olup.boru dışındaki (anülüs) akışkanın boruya dıştan uyguladığı basınç yüküdür.

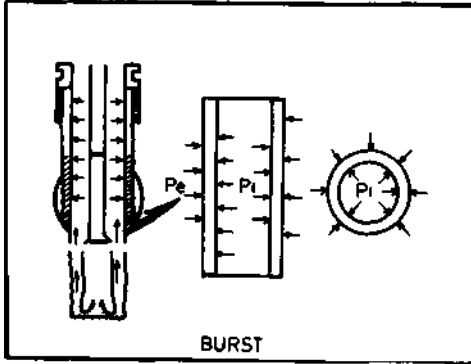


Bu yük boruyu içe doğru çökmeye zorlar.Matematik olarak (Pdış-Piç) olarak ifade

edilebilecek olan bu kuvvetin değeri tabanda maksimum olur. Boru içinin boş olması durumunda ise collapse yükünün boru üzerindeki etkisi daha da fazladır.

### 3.2. İç Gerilme Kuvveti (Burst)

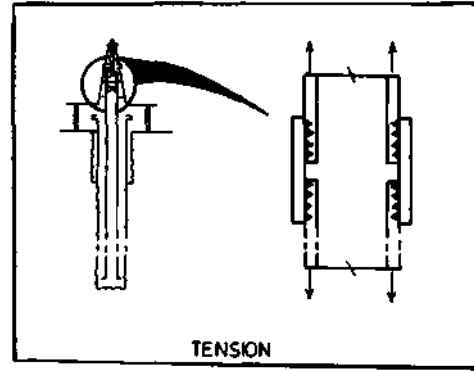
Boru içi basınç ile boru dışı basınç farkı olarak ifade edilebilecek bu kuvvet iç hidrostatik basınçlar, çimentolama basınçları, yoğunluk değişimleri, kuyu üretimi ve kuyu içinde (kuyu başında) gaz birikimleri gibi nedenlerle oluşur. Çimentolama sırasında özellikle öteleme sıvısı basılırken boru dizisinin üst kısmında maksimum değerine ulaşır.



### 3.3. Çekme, Uzatma Kuvveti (Tension)

Boru dizisi üzerinde, borunun kendi ağırlığı ile oluşan kuvvettir ve boruyu uzamaya zorlar. Her bağlantı elemanı (manşon), kendinden sonraki (altındaki) boru dizisinin ağırlığını taşımak zorundadır. Bu nedenle yüzeyde maksimum olup tabana doğru bazı noktalarda ve tabanda sıfıra yaklaşır. Boruların bağlantı elemanları olan manşon ve boru dış tipleri farklı şekil ve ebatlarda üretilirler. API standartlarına göre

manşonlar kısa dişli. STC (Short Thread Coupling), uzun dişli LTC (Long Thread Coupling), diş tipi olarak ise 8 round dişli, Buttress dişli, VAM dişli. Extreme line tiplerinde üretilirler.



### 3.4. Basma, Sıkıştırma Kuvveti (Compression)

Basma kuvveti, içteki daha küçük çaplı boruyu taşıyan boru (özellikle yüzey boru) da oluşan etkidir. Bunun yanısıra üretim borusu iç kısmında hiçbir boruyu taşımadığından herhangi bir basma kuvveti söz konusu değildir.

Herhangi bir metale (örneğin çelik) yavaş yavaş çekme (Tension) veya basma (Compression) uygulandığında metalin boyunda nispi bir uzama veya kısalma gözlenir ki buna elastikiyet haddi veya uzama sınırı (Yield Point) denir.

Kuvvetin sürdürülmesi halinde metalin boyunda elastik ve plastik deformasyonlar ardından kopma veya kırılmalar meydana gelir. Bu nedenle kuyuya indirilen borulara gelecek tüm bu yükler yaklaşık olarak hesaplanmalı ve boru gerekli dayanımı sağlayacak tipte seçilmelidir.

### 3.5. Sıcaklık Etkisi (Thermal Effects)

Jeotermal kuyulardaki kuyu içi yüksek sıcaklık tüm metallerde olduğu gibi özel çelik alaşımlarından oluşan muhafaza boruları üzerinde de etkilidir. Özellikle üretim yapacak rezervuar zonunda ilerleme yapılırken ve üretim sırasında kuyu içi sıcaklığı aşırı derecede artar. Kuyu içinde var olan bu aşırı sıcaklık ortamda bulunan tüm metal malzemeyi genleşme ve uzamaya zorlar. Bu genleşme boruların orijinal dayanım (mukavemet) değerlerini olumsuz yönde etkiler.

Örneğin, API J-55 borular için yapılan testlerde borunun akma dayanımının (Yield Strength), 200 °C de %19, 250 °C de %27, 300 °C de %35 ve 350 °C de %42 azaldığı görülmüştür.

Ayrıca kuyuların açılıp kapatılması, yani kuyu içi sıcaklık değerlerinde büyük oranda değişimler yaratılması da malzemeyi genleşme, büzülme şeklinde çalıştıracığından zamanla malzeme yorgunluğu ve deformasyonlar oluşacaktır.

Kaynama şartlarında, verilen bir basınç değerine tekabül eden bir tek sıcaklık değeri vardır. Dolayısıyla anılan basınç değerine dayanımlı et kalınlığında seçilen borunun, o basınç değerine tekabül eden sıcaklık değerine de dayanması gerekir.

Esasen teçhiz borusu dizaynı gerçek uygulanabilir bir teknik değildir. Bunun nedeni kuyu içindeki gerçek yüklerin saptanmasındaki belirsizlikler ve korrozyon gibi faktörlerin etkisiyle zaman içinde boru özelliklerinin değişmesidir.

Bu tip belirsizlikleri elimine etmek üzere ve boru dizisine beklenenden daha büyük bir yük gelmesi durumunda dizinin gerekli dayanımı gösterebilmesi için bir emniyet faktörü kullanılır.

Sondaj şirketleri özgün kuyu şartlarma göre kendi tespit ettikleri emniyet faktörünü kullanırlar. Bu değerler yıllar süren sondaj ve üretim tecrübeleri sonunda geliştirilmiştir.

Genel olarak kullanılan emniyet faktörleri :

- Çökertme (Collapse) için: 0,85-1,125
- İç Gerilme (Burst) için: 1-1,1
- Çekme (Tensiyon) için: 1,6-1,8

### 4. KULLANILAN BORU ÇAPLARI VE YARDIMCI EKİPMANLAR

Kuyuya boru ile birlikte indirilen malzeme ve yardımcı ekipmanlar boru inişinin rahat yapılmasını, kuyu içinde düzgün pozisyon almasını, çimentonun sorunsuz basılmasını sağlamak gibi işlevleri yerine getirirler.

İnişte boruya kılavuzluk etmek üzere en alttaki borunun ucuna takılan guide shoe veya yine kılavuzluk görevi ile beraber içindeki yaylı bir check-valf sistemiyle anülüsteki akışkanın boru içine girişine (Back Flow) müsaade etmeyen float shoe, alttan ikinci veya üçüncü boruya takılan üzerine tapaların oturtulduğu yine geri akışa müsaade etmeyen float collar, Borunun kuyu içinde merkezlenerek çimento karışımının boruyu çepeçevre düzgün sarmasını (doldurmasını) sağlayacak merkezleyiciler (Centraliser), boru dizisi boyunca herhangi bir seviyede zayıf bir zon var ise buraya çimento



kaçışını önlemek üzere çimento sepeti (Cement Basket),kuyu cidarında bulunan çamur kekini sıyırarak çimentonun boru ve formasyonu sıkıca tutturmasını sağlamak üzere kek sıyırıcı (Wall Cleaner),çimento karışımı ile öteleme sıvışırım birbirine karışımını önlemek üzere alt.üst tapalar ve en üst boruya takılan çimento karışımı ile öteleme sıvışırım içinden basıldığı ve operasyon öncesi içine tapalar konulan çimentolama başlığı (Cement Head), çimentolama başlığının bağlandığı en üst borunun rotary masasında askıya alınması için (Casing Spider) belli başlı yardımcı ekipmanlar olarak sayılabilir.

Bahsedilen tüm bu malzemeler klasik bir çimentolamada kullanılan malzemeler olup,yaklaşık bin metre ve daha derine boru indirilip çimentolanması sırasında oluşan yüksek hidrostatik basıncın formasyonu yutarak buraya çimento kaçabilme riskine karşı kademeli çimento operasyonu uygulanır.Bu uygulamada kaçak yapabilecek zonun hemen üstüne klasik çimentolamada ki float collar yerine kullanılan kademeli çimento aleti (DV veya Multiple Stage Cémenter) takılır.Bu dizaynla kuyu birinci aşamada tabandan DV aletine.bu prizlenmeden sonra ise bu seviyeden yüzeye kadar çimentolanır

Bir diğer boru çimentolama tekniği de boru içinden indirilen takım dizisinin özel olarak imal edilmiş float collara (Stab-in float collar) vira edilerek çimentolamanın bu takım dizisi içinden yapıldığı metottur.

## **5.ÇBMENTO ÇEŞİTLERİ VE KATKI MADDELERİ**

Çimento; kil, şist, kireçtaşı (veya kalsiyum karbonatça zengin diğer maddeler) ve kil ile şistin içinde yeterli miktarda yoksa bazı demir ve alüminyum oksitlerden meydana gelmiştir.

Bu malzemeler çok iyi harmanlanarak uygun oranlarda olmak üzere ya kuru ya da su ile karıştırılır.(Kuru işlem,yaş işlem)

Bu ham karışım;döner,meyilli bir fırının üst tarafına basılır.Fırın 1427-1530 °C 'de yanarken düzenli oranda ve yavaşça alt uca doğru hareket eder.Bu yüksek sıcaklık malzemede bazı kimyasal reaksiyonlara sebep olur ve Klinker dediğimiz malzeme meydana gelir.

Klinker.belirli miktarda alçıtışı ile birlikte Portlant çimentosunu meydana getirir.

API çeşitli amaçlar için üretilen çimentoları sekiz ayrı sınıfta toplamıştır.

### **5.1.API (A,B) Sınıf Çimentolar**

Portland çimentosu olarak bilinen bu çimento bazı özel şartlar söz konusu olmadığı zaman,özellikle petrol kuyuları için yüzeyden 1850 metreye kadar olan çimentolamalar için üretilir.

API tarafından tavsiye edilen su çimento oranı ağırlıkça 0.46 (19.7 İt/torba) dır.

Portland tipi çimentolar jeotermal kuyularda katkısız olarak kullanılamazlar.Çünkü Portland çimentosu belli bir süre 230 °F (110 °C) 'den daha fazla sıcaklığa maruz kalırsa mukavemet

gücünü giderek kaybeder.Bu mukavemet kaybı kimyasal reaksiyonlar nedeniyle çimentonun prizlenmesi sırasında oluşur.

Mukavemet düşümü devam ederken çimentonun yapısında meydana gelen poroz yapıda artar.

### 5.2.API (C) Sınıf Çimento

Bu çimento da petrol kuyularında 1850 metreye kadar olan derinlikler için kullanılır.Portland çimentodan daha fazla Ca,S (Tri-Calcium Silicate) içerir ki bu madde çimento üretiminde fırınlanma sırasında oluşur ve çimentoye basma dayanımı (Compression) dayanımı kazandırır.

Su çimento oranı 0.56 (24 İt/torba) dır.Portland çimentosundan daha pahalı olup aynı test şartlarında pompalanabilme zamanının daha kısa olduğu gözlenmiştir.

Öte yandan kalsiyum kloritli Portland çimentosu,hızlandırıcısız bu tip çimentodan daha fazla dayanıma sahiptir.

### 5.3.API (G,H) Sınıf Çimentolar

Yüzeyden 2400 metreye kadar olan çimentolamalarda kullanılır.Çok değişik sıcaklık şartlarına hitap edebilmeleri için geciktirici veya hızlandırıcılarla modifiye edilirler.

Kimyasal olarak API B sınıf çimentoya benzerdirler.Ancak şiddetli kimyasal ve fiziksel şartlarda yapıları bozulmaz.İlk ürettikleri haliyle hızlandırıcı,geciktirici veya viskozite kontrol edici maddeler içermezler.Bu malzemelerin yüzde olarak miktarları kuyu şartlarına göre katılır.

### 5.4. API (D,E,F) Sınıf Çimentolar

Bu çimentoların bir kısmına bir organik bileşiktir kısmına ise bir kimyasal madde ile geç prizlenme özelliği kazandırılmıştır.En yaygın geciktiriciler lignin tipinde olanlardır.

Portland çimentodan çok daha pahalıdırler. Taşıdıkları özelliklere ihtiyaç duyulmadıkça kullanılmamalıdırler.

Çimentoya değişik amaçlarla bir takım katkı maddeleri ilave edilir.Bu katkı maddeleri esas olarak geciktiriciler ve hızlandırıcıdırler. Bunların yanı sıra hafifleticiler, ağırlaştırıcılar, sürtünme azaltıcılar ve ağırlaştırıcılar sayılabilir.

Hızlandırıcılar,kondüktör ve yüzey kuyuda çimentonun prizlenmesini hızlandırarak aşırı bekleme süresini azaltmak amacıyla kullanılır .En yaygın olanları :

- .HA-5
- Kalsiyum Klorit
- Sodyum Klorit
- Diacel A
- Cal Seal

Geciktiriciler ise çimento karışımının pompalanabilirlik süresini uzatmak üzere derin kuyularda kullanılır.Sıcaklığın yükselmesiyle çimento ve su arasındaki kimyasal reaksiyon hızı artar.Bu ise prizlenme süresini ve pompalanabilirliği azaltır. Yaygın olarak kullanılanlar :

- Kalsiyum Lignosülfanat
- Sodyumcarboxymethylhydroxyethylcellulose türevleri
- Organik Asitli Lignin Malzemelerinin karışımı

Hafifleticiler, anülüste bulunan çimento sütununun yaratacağı hidrostatik basıncı azaltmak üzere kullanılır. Bunlar :

- Bentonit
- Pozzolan
- Diatomaceous Earth
- Şişirilmiş Perlit ve Gibs

Ağırlaştırıcılar ise bentonit çamurunda old"ÖM gibi hematit, barit ve kumdur.

## 6. UYGULAMA TEKNİĞİ

### 6.1. Gerekli Hesaplamalar

Boru iniş ve çimentolama öncesi bir takım hesaplamalarla gerekli sayı ve miktarda malzemenin temini ve hazırlanması için çalışma yapılır.

- indirileceği derinliğe göre boru dizisinin havadaki ve çamur içindeki ağırlığı,
- Borunun tabana indiği kabul edilerek boru üzerine gelecek çökertme, basma, çekme, iç gerilme kuvvetleri hesaplanıp emniyet faktörü ile birlikte bu yüklerle dayanabilecek boru cinsi tespit edilmesi,
- Anülüs ve boru içi hacimlerinin hesaplanması,
- Anülüs ve boru içinde hacimleri istenen yoğunlukta doldurabilmek için gerekli olan çimento, su, eğer kullanılacaksa kimyasal madde miktarları,
- Çimento basımı sonrası, çimentoyu öteleyecek

öteleme sıvısı miktarı ve öteleme sıvısı basılırken oluşacak basıncın hesabı,

- Operasyonun her aşamasının ne kadar süreceğinin yaklaşık olarak hesabı (özellikle kullanılacak geciktiricinin miktarı için çok önemli),

### 6.2. Boru İniş Öncesi Kuyunun Hazırlanması

Jeotermal kuyularda kondüktör ve yüzey boru indirilirken sıcaklık, basınç ve sapma yönüyle boru inişi ve çimentolama büyük özellik arzmezken ara boru ve üretim borusunun indirileceği seviyeler ya boru arkasına alınarak kapatılacak tali rezervuar geçilmesi veya kuyunun üretim yapacağı ana rezervuar zonuna yaklaşılması dolayısıyla sirkülasyon çamurunun ısısının artması, artan bu ısının da çamurun bozulmasına neden olması çimentolamayı en fazla etkileyecek ortamı oluşturur.

Bu nedenle boru iniş öncesi kuyunun aşağıdaki özellikleri taşıyacak şekilde hazırlanması gereklidir.

- Boru inilecek seviyeye kadar kuyu çapı tam ve kuyuda sapma mümkün olduğunca minimum düzeyde olmalıdır. Bu şartları sağlayabilmek, takım dizisi içinde reamer, stabilizer gibi ekipmanlarla yeterli ağırlığı verebilecek drill-collar bulunması ve ilerleme sırasında her üç veya dört tij boyu ilerlemede sapma kontrolü için tatco ölçüsü alınması ile mümkündür.

Çapm düşmesi ve sapmanın aşırı boyutlara ulaşması boru inişini güçleştirecek veya imkansız kılacaktır. Öte yandan yine sapmanın fazlalığı kuyu içinde düz bir şekilde askıda durması gereken boru dizisini kuyunun şeklini

almaya zorlayacağından malzemenin basma, çekme gibi kuvvetlere mukavemeti azalacaktır.

Yine böyle bir kuyuda, sapma nedeni ile oluşan sürtünmeden dolayı, ayrıca sapma açısı nedeniyle dizi üzerine takılması gereken merkezleyici sayısının fazlalığı sebebiyle çimento şerbetinin tüm anülüsü boşluksuz doldurması için yapılması gereken boruyu aşağı yukarı oynatma ve döndürme gibi işlevler yerine getirilemeyecektir.

Çamurun viskozite, yoğunluk, katı madde miktarı gibi özellikleri normal sınırlar içinde olmalı ve sıcaklık mümkün olduğu kadar düşürülmelidir.

Çamurun ısınması, kuyu cidanndaki kek kalınlığını, viskoziteyi, yoğunluğu arttıracak; çimento basımı sonrası öteleme sıvısı olarak bu çamur basılacaksa pompalamada sorunlar yaşanacaktır.

- Pompa üzerindeki gömlek alt tapayı patlatabilecek, öteleme sıvısını rahat basabilecek çapta olmalıdır.

### **6.3. Boru İnişi ve Sirkülasyon**

Çimento prizlendikten sonra boru içindeki çimentonun kesimi sırasında dişlerden çözülme olmaması için float shoe'dan float collar'a kadar olan boru ve ekipman dizi bağlantısı kaynakla sağlamlaştırılır.

Tabandan itibaren ilk boruya ve daha sonra kuyudaki eğim derecesine göre belirli aralıklarla boru üzerine merkezleyiciler takılır.

Borular birbirine vira edilirken dişlerin hasar

görmemesi için üretici firmaların belirttiği sıkma momentlerinde sıkılmalıdırlar

En alt boruya takılan float shoe, check valf veya bilyalı tip ise boru içine kuyudaki çamur giremeyecek ve boru yüzmeye başlayacaktır. Bu nedenle zaman zaman gerekli ağırlığı sağlamak üzere boru içine çamur basılmalıdır.

Aynı malzeme boru inişi sırasında kuyudaki çamuru sıkıştırarak kuyu içindeki basıncı artırır hatta zayıf zonlardan çamur kaçığı oluşmasına neden olur.

Bu nedenle boru iniş hızının 1000 feet/saat ortalamalık bir değeri aşmaması tavsiye edilmektedir.

Son boruda inildikten sonra çimentolama başlığı bağlanarak kuyu sirkülasyona almır. Burada amaç viskozite ve sıcaklığın stabil hale gelmesini sağlamaktır. Çünkü takım çekilmesi ve boru inişi sırasında geçen sürede kuyudaki sıcaklık artarak bu iki değeri arttırmıştır.

Sirkülasyon sırasında eğer mümkünse çamur içindeki kırıntıların köprüleme yapmasını önlemek üzere boru asası yukarı oynatılmalıdır.

### **6.4. Çimentolama**

Sirkülasyon kesildikten sonra kuyuya yaklaşık 3-4 m<sup>^</sup> soğuk su basılır. Burada amaç hem anülüste yoğunluk farkı yardımıyla çamur kekinin sıyırılmasına yardım etmek, hemde çimentonun çamurla karışarak kirlenmesini önlemektir.

Su basımı bittikten sonra başlık içindeki alt tapa

birakılıp çimento karışımı basılmaya başlanır.Alt tapanı float collar'ın üstüne kadar süren çimento,tapa üzerindeki diyaframı basıncı altında patlatarak float shoe'ya gelir ve anülüste yükselmeye başlar.

Çimento basımı bittikten sonra başlık içindeki üst tapa bırakılarak öteleme sıvısı basılmaya başlar.Öteleme sıvısının basılması sırasında çimento anülüste yükselişini sürdüreceğinden pompalama basıncı gittikçe yükselecektir. Basıncın ani yükselmesi üst tapanın alt tapa üzerine oturduğunu gösterir.Başlık üzerindeki vanaların kapatılmasıyla prizlenme için bekleme süresi başlar.

Çimento ve öteleme basımı sırasında bazı önemli hususlar yerine getirilmeli veya gözlenmelidir.

- Alt ve üst tapa çimentolama başlığı içinde mutlaka doğru konulmalıdır,
- Çimento basacak hat mümkünse çelik borulardan oluşmalı ve hattın sızdırmazlığı yüksek basınç ile test edilmelidir,
- Kuyuya basılan su,çimento karışımının yoğunluğu çok sık olarak çamur terazisiyle ölçülüp istenen yoğunluk sağlanmalıdır.Kazara kuyuya bir süre su basılması ve bu su kütlesinin ıki boru arasına yerleşmesi (Water Trap) ileride kuyuda tamiri mümkün olmayan boru çökme olaylarına neden olacaktır,
- Gerek çimento gerekse öteleme sıvısı basılırken pompa debisi mümkün olduğunca sabit tutulmalıdır,
- Çimento anülüste yükselirken hem pompa

basıncı hemde kuyudan gelen çamur miktarı gözlenmelidir.Pompa basıncının sabitlenmesi ve kuyudan gelen akışkan miktarının azalması veya kesilmesi çimentonun formasyonu yırtarak kaçak yarattığını gösterir,

- Operasyon sırasında boru çevresinde köprülmenin önlenmesi için boru aşağı yukarı oynatılmalıdır,
- Jeotermal kuyularda çimentonun anülüsü tamamen doldurması istendiğinden ve bunu mutlaka sağlamak üzere hesaplanan anülüs hacminin %50-100 fazlası alınır .Bu nedenle öteleme sıvısı basılırken anülüsten çimento gelişi gözlenmelidir.
- Geciktirici miktarı çok iyi saptanmalıdır.Gereğinden az kullanılması halinde prizlenme erken başlayıp pompalamada sorunlar yaşanırken,çok kullanılması halinde prizlenme gecikecek ve eğer formasyondan mağmatik gaz sızıntısı var ise çimentonun içinde mikro anülüs oluşup üretim aşamasında iki boru arasından geliş olması gibi tehlikeli bir durum ortaya çıkacaktır.

## **7.GERMENCEK-ÖMERBEYLİ JEOTERMAL SAHASINDA YAPILAN UYGULAMALAR VE YAŞANAN SORUNLAR**

Ülkemizde jeotermal sondaj faaliyeti en geniş kapsamlı olarak Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir.

MTA tarafından bulunan ve 230 °C lik kuyu dibini sıcaklığı ile Türkiye' nin en yüksek entalpili sahası Germencik-Ömerbeyli sahasıdır.

Sahada şimdiye kadar derinlikleri 285-2398 metre arasında değişen dokuz adet kuyu açılmıştır.

Boru cinsi olarak genellikle API K-55 tipi kullanılırken,ÖB-7 kuyusunda ilk kez denenen kademeli çimentolama jeotermal sahalarımızdaki tek örnektir.

Sondajlar sırasında uygulanan boru iniş operasyonlarında çok büyük aksamlar yaşanmamasına rağmen bazı çimentolamalar sırasında problemler yaşanmıştır.

Çimento cinsi olarak A sınıfı Portland çimento %30-40 oranında Silikaflour ile karıştırılarak basılmıştır.Ancak bu karışımın işçi gücüyle tam bir homojenlik sağlayacak şekilde yapıldığı söylenemez.

Çimento pompalayan araçların eski model olmaları nedeniyle sık sık arıza yapmaları operasyonlarda kesintilerin oluşmasına neden olmuş,bu kesintiler anülüse farklı yoğunlukta çimentonun basılmasına neden olmuştur.

Çimento sütununun oluşturduğu yüksek hidrostatik basınç nedeni ile formasyon yırtılması ve kaçak az sayıda kuyuda meydana gelmiştir.

ÖB-2 ve ÖB-4 gibi kuyularda ise yüzey boru dışından formasyonun yırtılarak kuyunun yandan geliş yapması sahada yüzey borunun 150 metre veya daha derine set edilmesi gerektiğini göstermiştir.

Geciktirici olarak kullanılan Tartarik Asit kullanımında bir sorun yaşanmamış pompalanabilirlik operasyonlar boyunca

rahatlıkla sağlanmıştır.

Çimentolama sonrasında kuyudaki çimento seviyesini ve çimento yapısını gösteren loğlar tüm kuyularda alınamamıştır.

Çevre kirliliği problemi nedeniyle sahadaki kuyular uzun süreli olarak üretime açılmamış dolayısıyla çimento ve boru yapılarının zaman içinde ne şekilde etkilendiği konusunda bir gözlem yapılamamıştır.

## 8.SONUÇ

Sondaj, maden arama projelerinin en pahalı aşaması olup birbirine zincirleme bağlı uygulamalar bütünüdür.

Petroljeotermal gibi derinliği fazla dolayısıyla maliyeti çok yüksek olan sondajlarda uygulamanın herhangi bir aşamasında yapılacak hata ya çok daha yüksek maliyete ya da kuyunun terkedilmesine kadar varabilecek kötü sonuçlara neden olabilir.

Jeotermal kuyularda uygulanan teçhiz ve çimentolama bu tip hayati operasyonlardan biridir.

Petrol kuyularından farklı olarak jeotermal kuyularda yüksek sıcaklığın varlığı, hem sondaj hem de üretim sırasında kuyu içine yerleştirilmiş malzemeyi aşırı derecede etkilemeye çalışan daha doğrusu deformasyona doğru zorlayan bir güç olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu nedenle kuyunun boru inişine hazır hale getirilmesinden, uygun tipte boru ve çimento

seçimine, nihai olarak da operasyonun sağlıklı bir şekilde yürütülüp bitirilmesine kadar hata kaldırmayan çok teknik bir çalışma yapılması zorunludur.

## 9.KAYNAKLAR

F.Fabrizi and A.Giovanoni, 1970 "Cement and Cementation in Geothermal Well Drilling",  
Jeotermal Eğitim Kurs Notları, 1987, İzlanda  
Jeotermal Eğitim Kurs Notları, 1989, Fukuoka  
Japonya

Halliburton Company, "Geothermal Cementing"  
Halliburton Company, 1981 "Cementing Table"  
Ugo Cigni, Fulvio Fabri and Anselmo  
Giovanoni, 1975 "Advancement in  
Cementation Techniques in the Italian  
Geothermal Wells"  
Ugo Cigni and Anselmo Giovanoni 1970  
"Planning Methods in Geothermal Drilling"  
William C. Maurer 1975 "Geothermal Drilling  
Technology"

### Çizelge.I. Çeşitli Gradelerde İmal Edilen Borulardaki Kullanılan Malzeme Oranları (%)

Boru Tipi	Üretici	C	Si	Mn	P	S	Mo	Cr
H-40	API	-	-	-	≤ 0.04	≤ 0.06	-	-
H-40	Mannesman (76)	0.181	0.201	0.883	0.0201	0.0163	-	-
H-40	J.D.Thomas (C)	-	-	-	-	-	-	-
J-55	API	-	-	-	≤ 0.04	≤ 0.06	-	-
J-55	Mannesman (70)	0.38	0.30	1.24	0.026	0.017	-	-
J-55	Mannesman (76)	0.36	0.28	1.32	0.016	0.015	-	-
J-55	J.D.Thomas (A)	0.48	-	1.22	0.030	0.035	-	-
J-55	J.D.Thomas (B)	0.46	0.01	1.26	0.011	0.021	-	-
J-55	J.D.Thomas (C)	-	-	-	-	-	-	-
J-55	Rohrwerk Roman	-	-	-	0.020	0.021	-	-
C-75	API	-	-	-	≤ 0.04	≤ 0.06	-	-
C-75	Brit-Steel Co (76)	-	-	-	-	»	-	-
C-75	J.D.Thomas (A)	0.43	0.20	1.55	0.020	0.033	0.18	-
C-75	Tubexport	28-34	<0.35	1.0-1.2	<0.04	<0.06	-	-
C-75	Rohrwerk Roman	0.44	0.27	1.53	0.024	0.020	-	0.03
N-80	API	-	-	-	≤ 0.04	≤ 0.06	-	-
N-80	J.D.Thomas (A)	0.30	0.18	1.08	0.021	0.020	-	-
N-80	J.D.Thomas (B)	0.47	0.22	1.42	0.015	0.015	0.18	0.12
N-80	J.D.Thomas (C)	-	-	-	-	-	-	-
N-80	J.D.Thomas (D1)	0.38	0.20	1.65	0.011	0.016	0.14	0.045
N-80	J.D.Thomas (D2)	0.38	0.24	0.85	0.007	0.025	-	-

Çizelge.2. Boruların İç Basınca Göre Müsaade Edilebilir Sıcaklık Değerleri (°C)

Boru Çapı	Ağırlık(lb/ft)	H-40	J-55	C-75	N-80	P-110
95/8	32.3	275				
95/8	36.0	284	303			
95/8	40.0		313	326	331	
95/8	43.5			333	338	>340
95/8	47.0			339	340	>340
95/8	53.5			340	>340	>340
133/8	48.0	261				
133/8	54.5		288			
133/8	61.0		298			
133/8	68.0		306	322		
133/8	72.0			327	331	>340

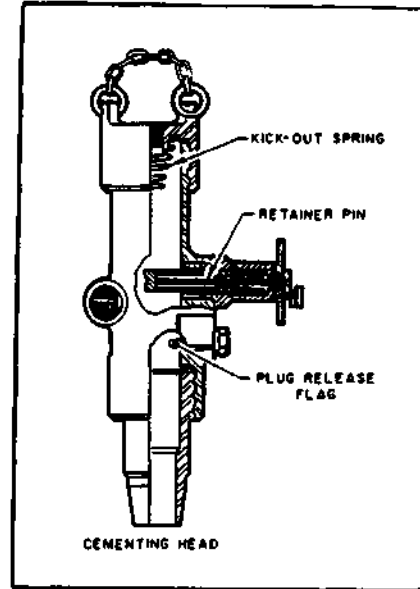
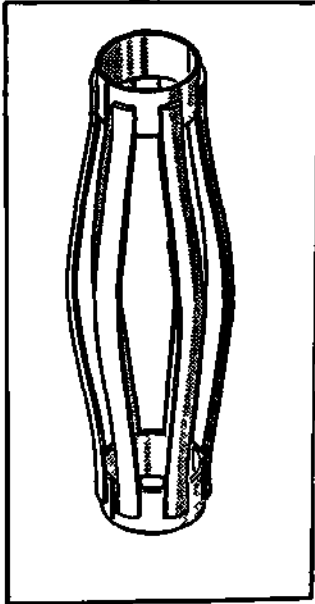
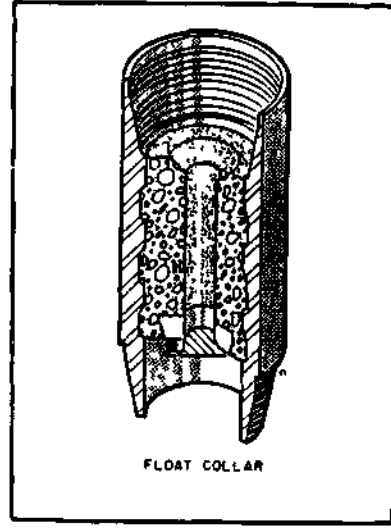
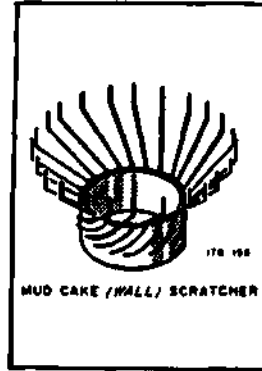
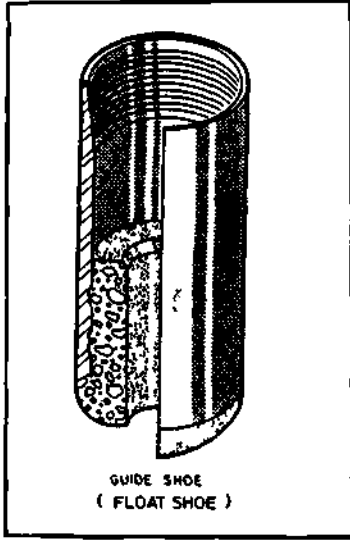
Çizelge.3.20", 13<sup>3/8</sup>", 9<sup>5/8</sup>" ve 7" API Standartlı Boruların Minimum Akma ve Çekme Dayanımları:

Çekme Özelliklen	Birim	H40	J55	K55	C75	N80	C95	P110
Renk Bandı	-	1 siyah	1 yeşil	2 yeşil	1 mavi	1 kırmızı	1 kahve	1 beyaz
Min.Akma Dayanımı	psi	40000	55000	55000	75000	80000	95000	110000
Mak. Akma Dayanımı	psi		80000	80000	90000	110000	110000	140000
Min. Çekme Dayanımı	psi	60000	75000	95000	95000	100000	105000	125000
Uzama (% min) API	psi	29,5	24	19,5	19,5	18,5	18	15

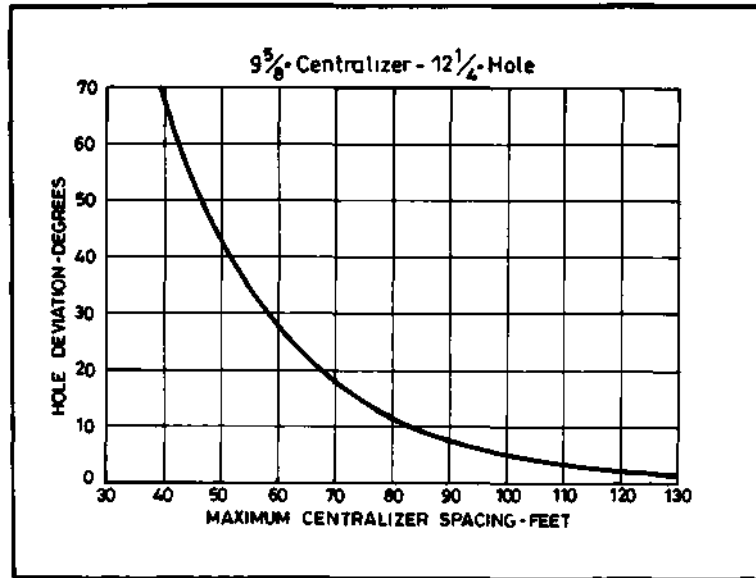
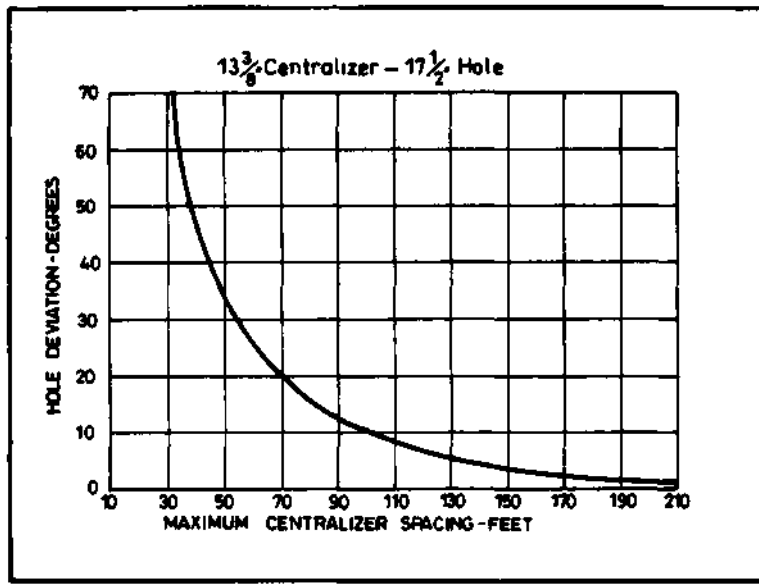
Çizelge.4.Kuyu ve Boru Çapları:

Boru Cinsi	Kuyu Çapı (inch)	Boru Çapı (inch)
Conduktor B.	26	20
Yüzey B.	17 <sup>1/2</sup>	133/8
Üretim B.	12 <sup>1/4</sup>	9 <sup>5/8</sup>
Filtreli	8 <sup>1/2</sup>	7

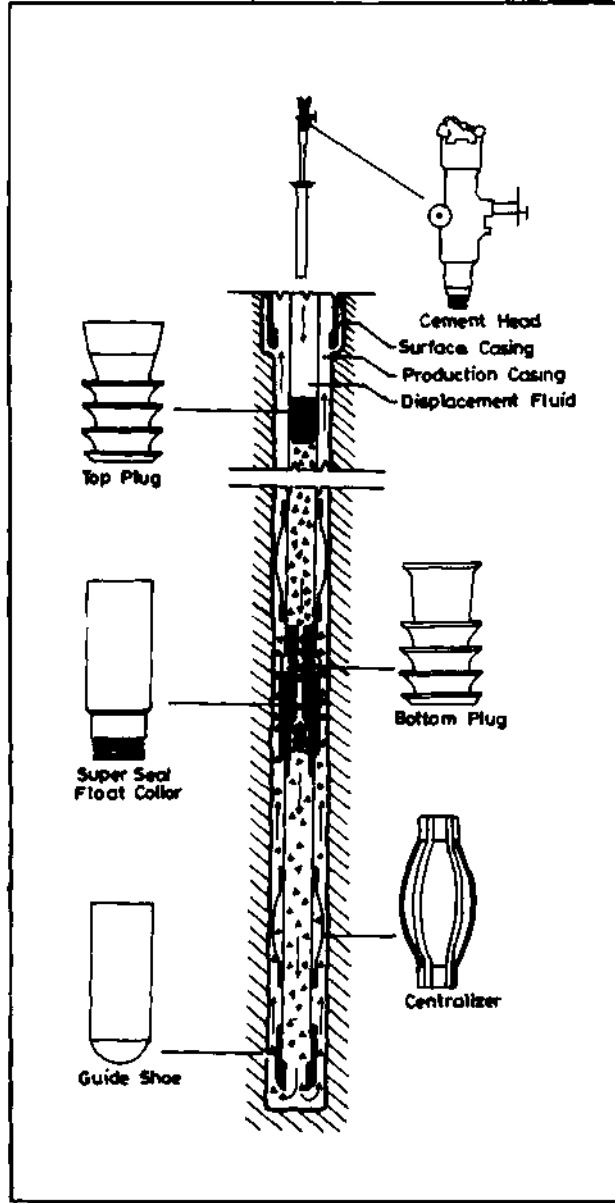




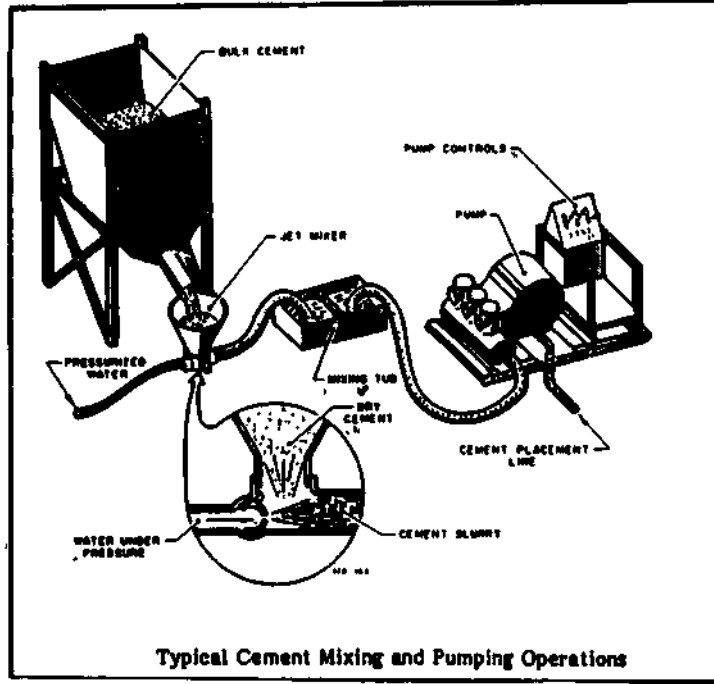
Şekil I Boru Dizisiyle Birlikte Kullanılan Yardımcı Ekipmanlar



Şekil 2 Kuyudaki Sapma Derecesme Gore Takılacak Merkezleyici Aralıklan



Şekil.3.Kuyu içi Boru Dizaynı



ŞekilAÇimento Kaşım ve Kuyuya Basma Ekipmanı

Sondaj Sempozyumu'96 , Izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Kızıldere Jeotermal Sahası'nda Üretim Kuyularının Rotating Control Head Preventer (RCHP) ile Üretim Halinde Temizlenmesi**

S.Durak\*, N.Aksoy\*\*, B.Erkan\*\*\*

*\*Maden Muh, MTA Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi*

*\*\*Petrol Muh, Dokuz Eylül Unv Torbalı Mermencilik ve Sondajcılık Meslek Yüksek Okulu*

*\*\*\*Petrol Muh, MTA Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi*

ÖZET : Kızıldere Jeotermal Santralı ülkemizin ilk ve tek jeotermal santralıdır. Santralin net üretim kapasitesi 17.5 Mwe olup gereksinim duyduğu buhar 8 üretim kuyusundan karşılanmaktadır. Jeotermal akışkanın kimyasal yapısı nedeniyle üretim kuyularında  $\text{CaCO}_3$  çökmesi olmakta ve kuyu çapındaki daralmaya bağlı olarak üretim azalmaktadır. Bu sorunun çözümü için mekanik temizlik, asitleme (HCl) ve inhibitör enjeksiyonu gibi yöntemler denenmiş ve sonuçta maliyetinin düşüklüğü ve uygulanabilirliği gibi nedenlerle mekanik temizliğin en uygun yöntem olduğu belirlenmiştir. Mekanik temizlik esnasında kesilen  $\text{CaCO}_3$  kırıntılarının rezervuara giderek kirliliğe yol açmasını önlemek için kuyular Rotating Control Head Preventer (RCHP) kullanılarak üretim halinde iken temizlenmektedir.

ABSTRACT : The only geothermal power plant of Turkey with a capacity of 17.5 Mwe has been established at Kızıldere Geothermal Field. The plant is fed by 8 wells. The geothermal fluid contains high  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CO}_2$  which causes production decline due to  $\text{CaCO}_3$  deposition in the wellbore. Scale inhibitor injection, acidizing (HCl) and mechanical reaming methods were tried to prevent scaling or to remove scaling from the wellbores. The mechanical reaming appeared as the most economical method. Using mud or water as circulation fluid at mechanical reaming caused formation damage in the reservoir. To eliminate this problem, the wells were reamed while the well was flowing by using Rotating Control Head Preventer (RCHP).



Tablo 1 : Kızıldere Jeotermal Santralının Yıllık Enerji Üretim Değerleri

YEL	ÜRETİM (kWh)	ÇALIŞMA SAATİ	ORT. ÜRETİM (MWh)
1984	22.169.400	3655.5	6.065
1985	5.950.300	1344.5	4.426
1986	43.539.300	7320.5	5.948
1987	57.874.900	8424.0	6.870
1988	68.396.300	6367.5	10.741
1989	62.645.400	7595.5	8.248
1990	80.112.200	8114.5	9.873
1991	81.307.400	7951.0	10.226
1992	69.598.800	7097.0	9.807
1993	77.596.800	7909.0	9.811
1994	79.110.500	7091.0	11.156
1995	85.993.100	8118	10.590

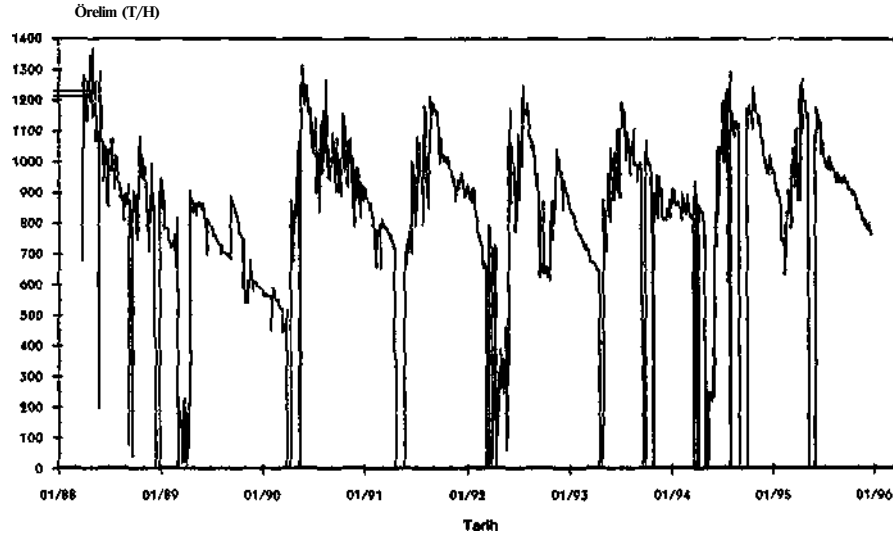
## 2. KABUKLAŞMA VE ÜRETİME ETKİSİ

Kızıldere Sahası 'nda jeotermal akışkan, ağırlıkça % 1-1.5 oranında (buhar içerisinde) CO<sub>2</sub> içermektedir (Şimşek, 1985). Akışkanın kuyu içerisinde yükselmesiyle birlikte basıncı düşümü meydana gelmekte ve akışkan içerisindeki CO<sub>2</sub> açığa çıkmaktadır. Flushing Point olarak adlandırdığımız bu noktadan itibaren (450-500 m.ler) CaCO<sub>3</sub> çökmesi başlamaktadır. Üretim borusunun cidarında biriken CaCO<sub>3</sub>, boru çapında daralmaya ve dolayısıyla üretimin azalmasına neden olmaktadır. Şekil 3, sahanın 1988-1995 yıllarındaki günlük üretim değerlerini göstermektedir.

Grafikte yaklaşık bir yıllık periyotlar halinde izlenebilen çevrimler görülmektedir. Temizlik

sonrasında 1200 t/h değerine ulaşan üretim, zamanla düşmeye başlamakta ve bir yıl içerisinde 650-700 t/h değerine düşmektedir.

Aslında üretim düşüşü grafikte görüldüğü gibi biraz daha hızlı gerçekleşmektedir. Bunun nedeni de kuyubaşı basınçlarında yapılan ayarlamadır. Temizlik sonrasında kuyuların üretim kapasitesi 1400 t/h kapasitesine kadar çıkmakta, ancak, kuyubaşı basıncı yüksek tutularak üretim 1200 t/h değerinde tutulmaktadır. Üretimin çok düştüğü durumda ise kuyubaşı basınçları düşürülerek (vana açılarak) üretim artırılmaktadır.



Şekil 3.Kızıldere Jeotermal Sahasının Günlük Jeotermal Akışkan Üretimi (ton/saat)

### 3. UYGULANAN TEMİZLİK YÖNTEMLERİ

Üretim azalmasına yol açan kabuklaşmanın önlenmesi amacıyla bugüne kadar çeşitli yöntemler denenmiştir. Kuyular mekanik olarak sondaj makinası ile temizlenmiş, asit enjeksiyonu yapılmış ve bazı kuyularda da inhibitor enjeksiyonu yapılmıştır.

#### 3.1. İnhibitör Enjeksiyonu

1987 yılında kuyulardaki kabuklaşmayı önlemek için inhibitor kullanıma olanakların araştırmak amacıyla bir dizi test yapılmıştır. Bu testler sonucunda Sequion 40 Na 30 ve Dequest 2060 inhibitörlerinin kimyasal olarak olumlu sonuç verdiği, yani kabuk oluşumunu önlediği belirlenmiştir. Ancak uygulama esnasında bazı fiziksel sorunlarla karşılaşmıştır. Üretimin yüksek olduğu kuyularda kuyu içi vibrasyon nedeniyle inhibitor borularında kopma

gözlenmiştir. Bu nedenle inhibitor enjeksiyonu sadece üretim değeri düşük olan KD 6 kuyusunda iki yıl süreyle herhangi bir problemle karşılaşmadan uygulanabilmektedir. Diğer kuyularda ise deneme başarısız olmuştur.

#### 3.2. Asitleme

Mekanik temizliğin yanısıra rezervuarda kirlenmenin belirlendiği kuyularda 1987 ve 1992 yıllarında olmak üzere iki kez HCl asit enjeksiyonu ile kuyu temizliği yapılmıştır. 1987'de rezervuarda oluşan ve mekanik temizlikle giderilmesi mümkün olmayan kalsit birikimini temizlemek amacıyla 6 kuyuya asitleme yapılmış ve üretimde büyük oranda artış sağlanmıştır. 1992 yılında da rezervuardaki kirlenme nedeniyle üretim seviyeleri düştüğü belirlenen 5 kuyu tekrar asitlenmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Özellikle KD 15 kuyusu asitleme sonrasında sahanın en iyi kuyularından biri haline gelmiş ve bu performansım bugüne



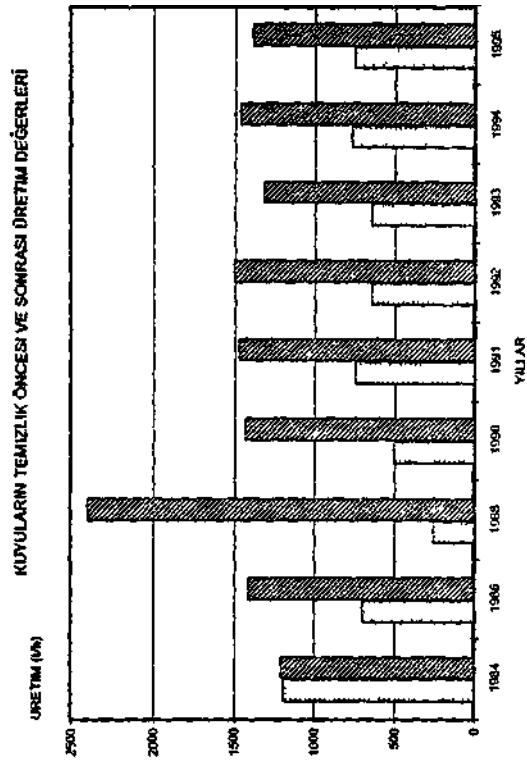
kadar sürdürmüştür. Asitleme işleminde bir kuyu için 40 ton % 28'lik HCl kullanılmaktadır.

### 3.3. Mekanik Temizlik

Kuyular üretime açıldıkları tarihten buyana zaman zaman mekanik olarak temizlenmektedir. Ancak işletme öncesinde ve ilk zamanlarda düzensiz olarak yapılan bu işlem 1990 yılından beri yılda bir kez olmak üzere periyodik olarak yapılmaktadır. Bu süreç içerisinde de kuyulara mekanik temizlenme yönteminde gelişmeler sağlanmıştır. Başlangıçta temizlik esnasında normal sondaj teknikleri kullanılmış ve sondaj sıvısı olarak normal bentonit çamuru kullanılmıştır. Bentonit çamuru, kesilen kırıntıların yüzeye çıkmasında önemli rol oynamasına karşın kuyu cidarında oluşturduğu kek nedeniyle kuyuda kirliliğe yol açmaktadır. Üretimde yeterince artış sağlanamaması, kuyularda hesaplanan yüksek + S (skin effect) ve düşük PI (Prodaktivite Endeksi) değerleri bu kirlenmeyi işaret etmektedir. Bu sakıncayı gidermek amacıyla 1987-88 yılında yapılan temizlik işleminde sondaj sıvısı olarak normal bentonit çamuru yerine su kullanılmıştır. Böylece çamurdan kaynaklanan olumsuzluklar giderilmiştir. Ancak su ile temizlik esnasında iki ayrı problemle karşılaşmıştır. Birinci problem; kesilen kırıntıların kuyu içinde, kuyu çapının daraldığı bir noktada köprü yaparak kuyunun alt kısımlarının su ile soğutulmasını engellemesi ve köprü kesildiği anda kuyunun ani geliş yapmasıdır, ikinci problem ise kuyunun köprü yapmadığı durumda, suyun kaldırma gücünün yetersizliği nedeniyle kesilen kırıntıların kuyu tabanına ve üretim çatlaklarına giderek kuyuda kirlenmeye ve dolayısıyla üretim azalmasına yol açmasıdır.

Gerek çamurla gerekse su ile yapılan temizlikten kaynaklanan bu sorunları gidermek amacıyla RCHP (Rotating Control Head Preventer) ile üretim halinde temizlik yöntemi 1990 yılında deneme amacıyla KD 7 nolu kuyuda ilk kez kullanılmış ve sağlanan başarı üzerine 1991 yılından itibaren bu yöntem tüm kuyularda kullanılmaya başlanmıştır.

Tablo 2 ve Şekil 4'de sahada bugüne dek yapılan temizlik çalışmaları ve sonuçları verilmektedir.



Şekil 4 Kuyuların temizlik öncesi ve sonrası üretim değerleri

Tablo 2 : Kuyularda uygulanan temizlik yöntemleri ve üretime etkileri

YIL	TEMİZLİK YÖNTEMİ	TEMİZLİK ÖNCESİ ÜRETİM (t/h)	TEMİZLİK SONRASI ÜRETİM (t/h)	VERİM (%)	AÇIKLAMA
1984	Çamurla Mekanik Temizlik	1200	1210	-	6 kuyu üretimde
1986	Çamurla Mekanik Temizlik	706	1415	100	6 kuyu üretimde
1987-1988	Suyla Mekanik Temizlik+ Asitleme	264	2405	810	9 kuyu üretimde 7 kuyu asitlendi
1990	Su + RCHP ile Mekanik Temizlik	507	1437	183	Bir kuyu deneme amacıyla RCHP ile temizlendi
1991	RCHP ile Mekanik Temizlik	748	1475	97	9 kuyu RCHP ile temizlendi.
1992	RCHP ile Mekanik Temizlik+ Asitleme	649	1507	132	8 kuyu RCHP ile temizlendi. 5 kuyu asitlendi
1993	RCHP ile Mekanik Temizlik	645	1317	104	8 kuyu RCHP ile temizlendi
1994	RCHP ile Mekanik Temizlik	774	1466	89	8 kuyu RCHP ile temizlendi
1995	RCHP ile Mekanik Temizlik	757	1390	84	8 kuyu RCHP ile temizlendi

#### 4. RCHP İLE ÜRETİM HALİNDE KUYU TEMİZLİĞİ

Temizlik esnasında sirkülasyon sıvısı olarak çamur veya su kullanılarak kaynağından kaynaklanan sakıncaları gidermek amacıyla kuyular RCHP kullanılarak üretim halinde iken temizlenmektedir. Bu yöntemde kuyudan üretilen jeotermal akışkan RCHP kullanılarak kuyubaşından uzak bir noktaya yönlendirilmekte ve sondaj platformunda emniyetli bir çalışma ortamı sağlanmaktadır.

RCHP 5 ana parçadan oluşmaktadır (Şekil 5).

##### 1. Kelly Bushing

Kelly'nin dönme hareketini RCHP içinde yer alan bilyalı yatak ve Stripper Rubber'a aktarır.

##### 2. Yataklanma Sistemi

RCHP içinde yer alan tüm bilyaları ve sızdırmazlık sistemini içerir.

##### 3. Ana Gövde

Yataklanma sistemi ve Stripper Rubber'ı içine alır. Kuyudan gelen jeotermal akışkanı kuyubaşından uzak bir noktaya yönlendiren bir çıkışı ile yataklanma sistemini soğutacak soğuk su için bir girişi vardır. Lastik ve sızdırmazlık sistemini jeotermal akışkandan ve akışkan içerisindeki kırıntılardan korumak amacıyla orijinal dizaynda değişiklik yapılarak çıkış

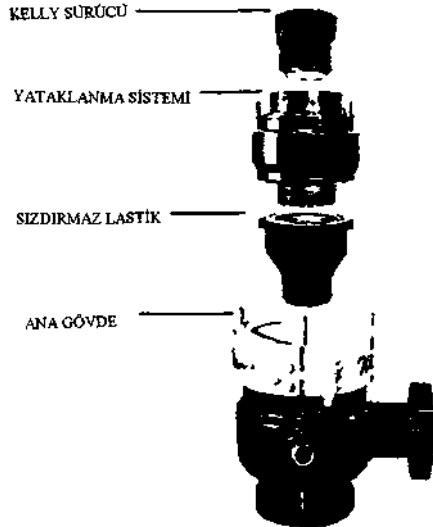
kapatılmış ve RCHP ile BOP arasında yer alan adaptörden çıkış sağlanmıştır (Şekil 6).

#### 4. Stripper Rubber

Yataklanma sistemine viralanan, yüksek sıcaklık ve basınca dayanıklı, yüksek esneme yeteneği olan özel yapım bir lastiktir. Sondaj ve manevra esnasında takım dizisi lastiğin içinden geçer ve lastiğin sağladığı sızdırmazlık nedeniyle jeotermal akışkanın sondaj platformuna gelmesini engeller.

#### 5. Yağlama Sistemi

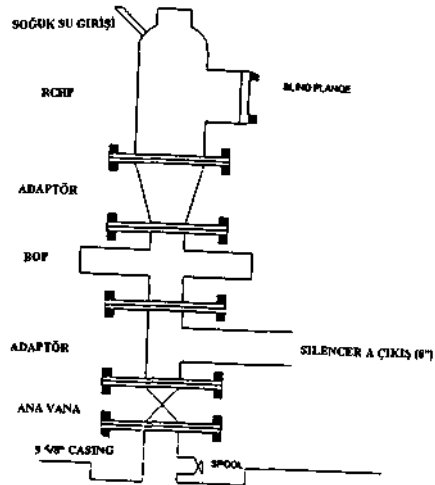
Yataklanma sisteminin sabit basınç altında yağlanmasını sağlayan sistemdir.



Şekil 5 : Rotating Control Head Preventer

Bu sistemde kuyunun ilk metreleri köpükle temizlenmekte ve kuyu üretime geçtikten sonra kuyu üretim halinde iken sondaj makinası ile temizlenmekte, jeotermal akışkan kuyubaşından uzaklaştırılarak bir silencer'a gönderilmektedir.

Kesilen kırıntılar üretilen jeotermal akışkan ile birlikte yüzeye taşınmaktadır. Böylece çamur ve su ile temizlenen kuyularda karşılaşılan en önemli problem olan rezervuarın ve kuyu cidarının kirlenmesi önlenmektedir. Ayrıca rezervuardaki kirliliği, gidermek amacıyla yapılan asitleme işleminin periyodu uzatılmaktadır. Temizlik esnasında kuyubaşı basıncı kuyuya göre değişmekle beraber 7-15 bar, üretim debisi ise 30-70 t/h olarak gerçekleşmektedir. Üretim seviyesinin altında kalan kesimde biriken kırıntılar ise kuyu üretim halinde iken takım içerisinde su vererek temizlenmektedir.



Şekil 6: RCHP kullanıldığında kuyubaşı dizaynı

#### 4.1. Köpükle Temizlik

Kuyuların yüksek kuyubaşı basıncına sahip olmaları nedeniyle üretim halinde iken temizlik, kuyunun ilk metrelerinde uygulanamamaktadır. Bu nedenle temizliğe başlamadan önce kuyu

soğuk su ile öldürülmektedir. Bu metrelerde kesilen kalsitin kuyu tabanına gitmesini önlemek için temizlik esnasında köpük kullanılmaktadır. Köpük temizlikte, kuyu içinde su seviyesine kadar olan bölüm köpük ile doldurulmakta ve köpük sirkülasyonu sağlanmaktadır. Böylece kesilen kırıntılar köpükle birlikte yüze kadar taşınmaktadır. Köpük, havayla birlikte kuyuya verildiğinden takım dizisi su seviyesine ulaştığı zaman kuyuya bir anlamda kompresör ile üretim yaptırılmış olduğundan kuyu üretime geçmektedir. Bu durumda üretim halinde temizliğe devam edilmektedir.

#### 4.2. Taban Temizliği

Kuyu tabanında, ana üretim seviyesinin altında, kuyucu yıkıntılar nedeniyle malzeme birikimi oluşmaktadır. Üretim halinde temizliğin uygulanmadığı yıllarda bu birikim, kesilen kırıntıların da tabana gitmesi nedeniyle büyük boyutlara ulaşırken artık az miktarda bir malzeme birikimi oluşmaktadır. Bu birikim ana üretim seviyesinin altında, tali çatlaklardan da üretim yapan kuyularda üretim miktarını olumsuz olarak etkilemektedir. Bu sakıncayı gidermek ve kuyulardan maksimum verimi elde etmek amacıyla bu seviyelere gelindiğinde kuyu üretim halinde iken takım içerisinde su vererek tabandaki birikintiler üretim seviyesine kadar kaldırılmakta ve buradan itibaren de jeotermal akışkan ile birlikte yüze alınmaktadır.

#### 5. MEKANİK TEMİZLİK VE İNHİBİTÖRÜN MALİYETE ETKİSİ

Mekanik temizlik yılda bir kez yapılmakta ve maliyeti 100.000 \$ civarında olmaktadır. Santralin toplam maliyeti içerisinde % 8 pay almaktadır. Bu maliyete yıl boyunca yapılan testlerin maliyeti dahil edilmiş, asitleme maliyeti ise hariç tutulmuştur. Asitlemenin maliyete etkisi % 5 civarında olup, tüm kuyuların 5 yılda bir asitleneceği varsayılırsa yıllık maliyete etkisi % 1 olacaktır.

8 kuyuda inhibitör uygulandığı ve yıllık jeotermal akışkan miktarının ortalama 6,5 milyon ton olduğu gözönüne alınırsa, 15 ppm inhibitör enjeksiyonu durumunda (inhibitör testleri sonucunda belirlenen optimum debi) 100 ton/yıl inhibitör gerekecektir. Bu durumda inhibitör maliyeti (Allegrini vd., 1989):

Inhibitör	180.000\$
Malzeme amortismanı	45.800 \$
Yedek parça gideri	10.400 \$
işçilik ( 6 kişi)	100.000 \$
Yıllık toplam maliyet	336.200 \$

olmaktadır.

Yukarıdaki rakamlardan görüleceği gibi sadece inhibitör maliyeti bile mekanik temizlik toplam maliyetinin yaklaşık iki katı olmaktadır.

Inhibitör enjeksiyonu kabuklaşmayı tam olarak önlemediğinden mekanik temizlik daha uzun zaman diliminde de olsa yine gerekecektir. Rezervuarda oluşacak kirlenmenin giderilmesi için asitleme de yine gerekecektir.

## 6. SONUÇ

Kızıldere Jeotermal Sahası'nda jeotermal akışkanın kimyasal yapısı nedeniyle üretim kuyuları içerisinde  $\text{CaCO}_3$  çökmesi olmakta ve kuyu çapındaki daralmaya bağlı olarak üretim azalmaktadır. Bu sorunun çözümü için mekanik temizlik, asitleme (HCl) ve inhibitor enjeksiyonu gibi yöntemler denenmiş ve sonuçta maliyetinin düşüklüğü ve uygulanabilirliği gibi nedenlerle mekanik temizliğin en uygun yöntem olduğu belirlenmiştir. Mekanik temizlik esnasında kesilen  $\text{CaCO}_3$  kırıntılarının rezervuara giderek kirliliğe yol açmasını önlemek için (RCHP) Rotating Control Head Preventer kullanılarak kuyular üretim halinde iken temizlenmektedir. Bu sistem yıllardır başarıyla uygulanmakta ve inhibitor enjeksiyonuna oranla çok daha düşük bir maliyetle gerçekleştirilmektedir. Kesilen kırıntıların tabana ve rezervuara gitmesi önlediğinden rezervuara kirlenmesi söz konusu olmamaktadır. Düzenli olarak mekanik temizliğin uygulandığı santralde enerji üretimi 1990 yılından beri yıllık 70-80 milyon kWh seviyesinde gerçekleşmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

- Aksoy, N., Durak, S., Erkan, B. 1991 Kızıldere Jeotermal Sahası Temizlik ve Test Raporu, MTA Sondaj Dairesi Raporu, ANKARA (Yayınlanmamış)
- Aksoy, N., Durak, S., Erkan, B. 1992 Kızıldere Jeotermal Sahası Temizlik ve Test Raporu, MTA Sondaj Dairesi Raporu, ANKARA (Yayınlanmamış)
- Aksoy, N., Durak, S., Erkan, B. 1993 Kızıldere Jeotermal Sahası Temizlik ve Test Raporu, MTA Sondaj Dairesi Raporu, ANKARA (Yayınlanmamış)
- Allegrini, G., Barelli, A., Güven, Y., Özkaya, M. 1989. Results of the Italo-Turkish Cooperation in Reservoir Engineering at Kızıldere, Turkey. Seminar on New Developments in Geothermal Energy. Ankara, Turkey. United Nations Economic Commission for Europe.
- Durak, S., Erkan, B. 1994 Kızıldere Jeotermal Sahası Temizlik ve Test Raporu, MTA Sondaj Dairesi Raporu, ANKARA (Yayınlanmamış)
- Şimşek, Ş. 1985. Geothermal Model of Denizli, Sarayköy-Buldan Area. Geothermics, Vol. 14, No, 2/3, pp. 393-417.
- Tan, E. 1985. Reservoir Characteristic of the Kızıldere Geothermal Field. Geothermics, Vol. 14, No, 2/3, pp. 419-428.



Sondaj Sempozyumu'96 , Izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Deniz'de Sal Üstü Temel Sondajları Uygulamaları**

### **Practical Applications on the Base Drilling on Sea Float**

U.Urcun

*Maden Yüksek Mühendisi, İzmir Temel Sondajcılık San ve Tic Ltd Şti*

B.B.Demiral

*Jeoloji Mühendisi, İzmir Temel Sondajcılık San ve Tic Ltd Şti*

**ÖZET:** Bildiride, sal üstünde yapılan temel sondajlarının, makina ve ekipmanları, etüdlere ışık tutacak batimetri çalışmaları, sondajların ve arazi deneylerinin yapılması, sal'ın su üstünde nakli ve sabitlenmesi konularıyla ilgili pratik bilgiler verilmektedir. Bildirinin sonunda konuyu pekiştireceğine inandığımız bir uygulama özetlenmektedir.

**ABSTRACT:** In this study, some practical applications about the machinery and equipment of base drilling performed on a float are given. Performance of drilling and insitu experiments, method of stabilising and transporting of float on water surface are also discussed. In the last part of the paper, one case studies that reinforce the subject are summarised.

## **1.GİRİŞ**

Ülkemizde sal üstünde temel sondajların uzun yıllardır DSİ tarafından baraj ve gölet etütlerinde yapılmaktadır. Son yıllarda turizmde meydana gelen atılım, sahil kentlerine denizcilik alanında büyük yatırımların yapılmasına neden olmuştur. Bu yatırımlarla birlikte ülkemizde uzun yıllardır önemsiz olmayan temel etüd sondajları gündeme gelmiştir. Artan talep ile birlikte özellikle denizde yapılan temel sondajlarının sayıları hızlı bir şekilde çoğalmaktadır.

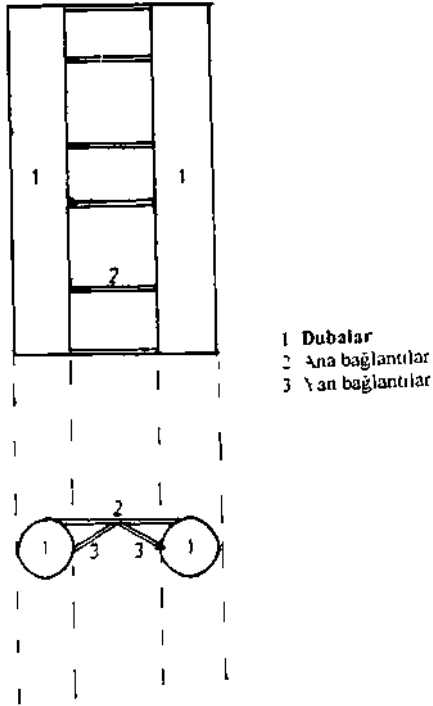
Çalışması özetlenmiş ve konuya örnek olarak anlatılmaya çalışılmıştır. Örneklenen bu çalışma İzmir ili Aliağa ilçesi, Alibey Çiftliği Karaağaç Koyun'da, özel bir petrol şirketine ait yükleme boşaltma yerinin incelenmesidir. Çalışmamızda Sal üstü temel sondajlarında kullanılan makina ekipmanları tanıtılmış, işin başlangıcındaki montajından, iş bitimi demontajına kadar pratiğe yönelik bilgiler anlatılmıştır.

Bu nedenle sondajcılığın değişik bir uygulaması olan denizde sal üstü temel sondajlarının yapılması ile ilgili pratik bilgiler bu bildiri kapsamında verilmeye çalışılmıştır. Ayrıca uygulama bölümünde denizde yapılan bir etüd

## 2. MAKINA ve EKİPMAN

### 2.1. Sal

Çalışmalarımızda kullanılan sal silindirik şeklinde iki adet dubadan oluşmaktadır. Dört adet dubadan oluşan sallarda da mevcuttur. Fakat bunların dört tarafının da kapalı olması dalga ve rüzgar'dan çok daha fazla etkilenmesi nedeniyle tercih edilmemektedir. Kullanılan dubaların çapları İm. boyları ise 6 m, dir. Malzeme olarak 5 mm. kalınlığında sacdan yapılmış olup, içleri boştur.



Şekil 1 Dubaların Bağlantı Şekli

Dubalarda 6 adet ana bağlantı (iki dubayı birbirine bağlar) yeri ve bunlara ilaveten 6 adet yan bağlantı (Ana bağlantıdan dubalara destek verir) mevcuttur. Bağlantılar civata ve somun yardımıyla yapılmaktadır. Dubaların montaj şekli Şekil 1 de verilmektedir.

İki duba, ana ve yan bağlantılar ile birlikte salın ana çatısı oluşturulduktan sonra üzerine sac levhalar yerleştirilir ve civatalanır. Üst saclar için, çalışma sırasında kaymaya meydan vermemek için baklava tipleri seçilmektedir. Bütün bu işlemleri tamamlanmasıyla birlikte Sal platform halinde hazır hale getirilmiş olmaktadır.

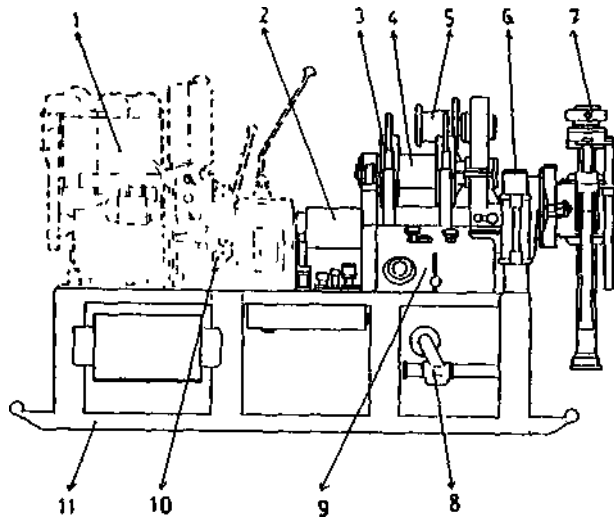
### 2.2. Sondaj Makinası

Çalışmalarda Craleius tipi D 500 rotary sondaj makinası kullanılmıştır. Motor, 32 HP gücünde çift silindirik dizel ve hava soğutmalıdır. Sondaj makinasının şematik görünüşü ve mevcut parçaların isimleri Şekil'2 de verilmektedir.

### 2.3. Çamur Pompası

Kullanılan çamur pompası tek pistonlu, çift tesirli Lister marka pompadır. Pompanın tahrik motoru 9 HP gücünde tek silindirik, dizel ve hava soğutmalıdır. Tahrik motorundan pompaya hareket kayış kasnak sistemiyle iletilmektedir. Kasnak mili üzerinde bulunan küçük dişli, hareketi büyük dişlilere aktarmakta, buradan eksantrik olarak biyel kolları vasıtasıyla hareket pistonu iletilmektedir.





- 1 Motor
- 2 Şali
- 3 Vınc
- 4 Tanbur
- 5 Kedi başı
- 6 Kule babaları
- 7 Morset
- 8 Alt makara
- 9 Gösterge tablosu
- 10 Kavrama ünitesi
- 11 Alt kızak

Şekil 2. Temel Sondaj Makinası

#### 2.4. Takım Dizisi

Çalışmalarda kullanılan takım dizisi ve tipleri aşağıda sıralanmıştır.

Tijler	BW, boyu 3,05 m
Muhafaza	NW, boyu 1.5 m.
Borusu	
Karotiyerler	66,76,86 mm çaplarında Tek veya Çift tüplü
Matkaplar	. 66, 76, 86 mm çaplarında
Şahmerdan	63,5 kg ağırlığında tokmak
Klavuz Takımı	76 cm boyunda, şahmerdanın çalışacağı yol
Sempler	Dış çapı 2" yank tüplü numune alıcı
Shelby tüpü	Örselenmemiş numune tüpü

#### 2.5. Yardımcı Ekipmanlar

Çalışmalar sırasında çelik halat, sıızal halat, emme ve basma hortumları, su başlığı, morset çeneleri, boru anahtarları, Salm sabitlenmesi için çapalar, kıyı ile irtibatı sağlamak için küçük bir kayık yardımcı ekipman olarak kullanılmıştır.

### 3.BATEMETRİ ÇALIŞMALARI

Batımetn çalışmasının amacı, inceleme alanındaki deniz suyu kalınlığını ve su altı topografyasını saptamaktır. Bu bilgiler, yapılacak etüde önemli bir ışık tutmaktadır.

Batımetn ölçümlerinde, kıyı kenar çizgisine paralel bir hat boyunca her 50 m' de bir işaretlenmiş (arazi ve deniz dibi topografyasına göre artırılıp azaltılabilir) bir ip çekilerek, bu ipin işaretli noktalarından 90 derecelik açıyla denize doğru yine 50 m'de bir işaretlenmiş bir ip boyunca hareket eden bir tekne kullanılmaktadır. Ölçümlerde Echo Sounder cihazı ile derinlikler alınmaktadır. Echo Sounder, tekne tabanındaki bir objektif vasıtasıyla aldığı sinyali değerlendirip, feet olarak deniz dibi derinliğini veren bir cihazdır. Echo Sounder ile yapılan ölçümler çeşitli yerlerde, iskandil atılarak kontrol edilmektedir. Deniz dibi topografyasının ani değişim gösterdiği yerlerde ölçüm aralıkları sıklaştırılmalıdır. Su derinliğinin az ve fazla dalga olmayan yerlerde, batımetn ölçümleri küçük bir filikayla iskandil atılarak da yapılabilmektedir.

Batımetri ölçümlerinden alınan sonuçlarla Batımetn haritası hazırlanır. Bu haritalarda, deniz dibi çukur ve tepeleri, derinlikleri çok rahat bir şekilde görülebilmektedir.

### 4. SONDAJLARIN YAPILMASI

#### 4.1. Montaj

Daha önce, sal konusunda dubaların montajının yapılmasının ve sal'ın platform şeklinde hazırlanmasının nasıl olduğu anlatılmıştı. Bu

bölümde de sal, sondaj makinası ve çamur pompasının montajının nasıl yapıldığı anlatılacaktır.

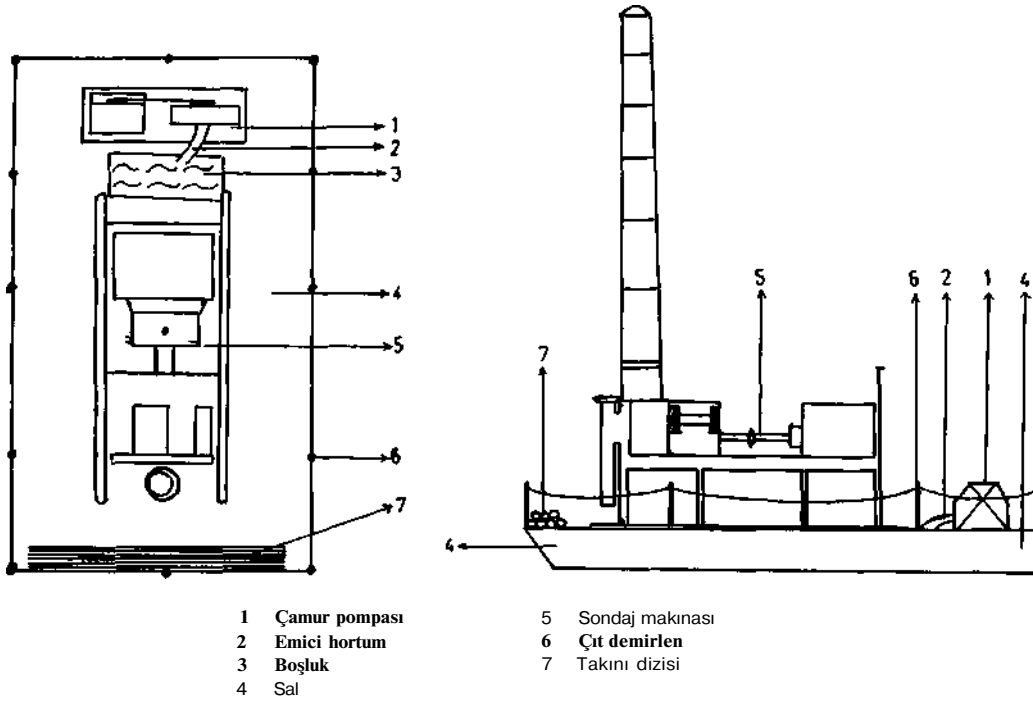
Sondaj makinası sal'ın yaklaşık ortasına gelecek şekilde monte edilmektedir. Sondaj makinasının alt kazağına iki adet (Ana bağlantıların üstünde ve paralel olacak şekilde ) I Profili lamalar konularak, bunlar da ana bağlantılara kelepçelerle sıkıştırılarak makinanın montajı tamamlanmaktadır.

Çamur pompası, sondaj makinasının arkasına gelecek şekilde civata somun ile sal üzerine monte edilmektedir. Makinanın ön tarafına ise sondajla ilgili diğer malzemeler konulmaktadır. Böylece çamur pompasının neden olacağı dengesizlikte önlenmiş olmaktadır. Salın dört tarafına belirli aralıklarla çit demirleri konulmakta bunların aralarına halat çekilerek çalışma emniyeti sağlanmaktadır.

Makina-ekipman ve çamur pompasının sal üstünde montajı yapılmış durumunun üstten ve yandan görünüşleri Şekil 3' de verilmektedir.

#### 4.2. Sal'ın Lokasyon Yerine Nakli ve Sabitlemesi

Sal üstüne makina ve çamur pompasının monte edilmesinden sonra 15-20 ton kapasiteli bir vinç ile suya indirilir. Yörede bu kapasitede vincin bulunamaması durumunda, sadece sal suya indirildikten sonra makina ve çamur pompası sal'm üstüne indirilir ve montaj su üstünde yapılabilmektedir.



Şekil 3. Sal Üstüne Montajı Yapılmış Makina, Çamur Pompası

Sal'm daha önce belirlenmiş sondaj noktasma getirilmesi ya bir tekne ile çekilerek yada sal'ı sabitlemede kullanılacak çapalardan birinin kayık ile ileriye atılması ve sal üstünden çapa ipinin çekilmesi ile gerçekleştirilir.

atma işlemi) sondaja hazu- hale getirilmektedir. Deniz suyu derinliğine göre çapa ipleri ayarlanmalı, çapalar sal'dan mümkün olabildiğince uzağa bırakılmalıdır.

Sondaj noktasma getirilen sal dört köşesinden çapalar yardımıyla sabitlenerek (demirleme

### 4.3. Sondaj İşlemi ve Arazi Deneyleri

Sal kuyu yerine getirilerek sabitlendikten sonra, yapılacak ilk işlem, 114 mm'lik muhafaza boruları darbe ile çakılarak su dibindeki zemine sabitlenmesidir. Bu işlem hem sondaj kuyu ağzım emniyete alacak hemde dalgaların sal'a etkisini azaltacaktır. Daha sonra yapılan delme işlemi, standart penetrasyon testleri ve diğer arazi deneyleri karada yapılan temel sondajlarının aynıdır. Dikkat edilecek husus eğer çalışma alan, dalga almaya müsait mevkiide ise uzun beklemelemlerden kaçınılmalıdır.

### 4.4. Sal Üstü Sondaj Çalışmalarını Etkileyen Faktörler

Çalışmaları etkileyen faktörler olarak su derinliği, dalga boyu, dip akıntıları şeklinde sıralanabilir.

Su derinliğinin artması ilerleme verimini düşürmektedir. Su derinliği arttıkça sal'ın sabitlenmesi zorlaşacak, inilecek muhafaza borusu zamanı artacak her manevra sırasında su derinliği kadar takım dizisi kuyuya inilip, çıkılacak ve büyük ölçüde zaman kaybına neden olacaktır.

Dalga boyunun büyüklüğü kimi zaman çalışmayı imkansız hale getirebilmektedir. Küçük dalgalarda ise dikkat edilmesi gereken husus sal sabitlenirken sal'ın ön kısmı dalga geliş yönüne çevrilerek, dalga etkisi bir miktar azaltılabilir.

Dip akıntıları, muhafaza borularını deniz dibine inerken düşeyden saptırmaktadır. Bu gibi durumlarda muhafaza borularının ortasından iki taraftan bağlanan naylon halatlar ile bu problem çözülebilmektedir.

### 4.5. Demontaj ve Bakım

Sondajların tamamlanmasından sonra sal kıyıya çekilerek yine bir vinç vasıtasıyla karaya alınıp, makina ve çamur pompası sal üzerinden indirildikten sonra sal'ın da demontajı yapılmaktadır.

Karada tüm sondaj ünitesi bol tatlı su ile yıkanmalı, makina ve pompa yağlanmalı, dubalar ve bağlantı parçaları elden geçirilerek boyası dökülmüş yerlerin boyası yeniden yapılmalıdır.

## S. UYGULAMA

izmir ili, Aliğa ilçesi, Alibey çiftliği, Karaağaç Koyun'da özel bir petrol şirketine ait dolun tesislerinin temel etüd sondajları kapsamında,

1. Karada 10 Hektarlık bir alan incelenmiş ve 1/1000 ölçekli jeolojik haritası yapılmıştır.
2. Denizde 38 Hektarlık bir alan incelenmiş batimetri haritası yapılmıştır. Batimetri ölçümlerinde Echo Sounder'li bir tekne kullanılmış, 5 noktada iskandil atılarak ölçüm kontrol edilmiştir.
3. Temel sondajları, karada 6 adet, denizde 5 adet olmak üzere toplam 11 adet'dir. Sondajların yapılması esnasında zemin türü malzemeler içeren kısımlarda ortalama 1.50 m de bir Standart Penetrasyon Testleri (SPT) yapılmış ve bu seviyelerden örselenmiş zemin numuneleri alınmıştır. Kayaçlarda karot örnekleri alınıp, karot yüzdesi ve RQD tespit edilmiştir.

4. Her yapılan sondaj sonunda formasyonları, yeraltı su seviye ölçümlerini, SPT grafiğim karot yüzdesi ve RQD mevcut olduğu sondaj loğu hazırlanmıştır.

5. Alman numuneler cam kavonozlara konarak ağızlan parafinlenmiştir. Daha sonra bu numuneler üzerinde, indis özellikleri ve sınıflandırma parametrelerini, dayanım parametrelerini, sıkışma ve konsolidasyon parametrelerini belirleyen zemin deneyleri yapılmıştır.

## 6.SONUÇ

Deniz ve göl kıyılarında tüm projelerde mutlak suretle temel sondajları yapılma zorunluluğu getirilmelidir. Çünkü karadaki bir proje kapsamında sondajsız etüdlerin yapılması bir ölçüde mümkün olmasına rağmen, su altodaki zeminlerin jeoteknik parametrelerinin saptanması için gözlemsel etüdün yeterli olması mümkün değildir.

Gelişmiş ülkelerde, temel etüd sondajlarına ayrılan pay toplam proje tutan üzerinden %2'ler mertebesinde iken, bu oran Ülkemizde % 0,2 - 0,3 civarındadır. Temel etüd sondajlarına ayrılan paym oran olarak arttırılması durumunda daha titiz çalışmalar yapılacağı kanısındayız.

## 7. KAYNAKLAR

ATLAS COPCO., " Diamond core drill D 500" katalogu, 1971- Stockholm, Sweden

ÖZBAYOGLU, Y., "Elmaslı Sondaj Tekniği " 1983, Ankara

YALÇIN, A., " Sondaj Yöntemleri ve Uygulamaları " 1991, Ankara



Sondaj Sempozyumu'96 , İzmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Tahmin Varyansı Yardımıyla Sondaj Stratejisinin Belirlenmesi**

### **Development of Drilling Strategy With the Aid of Estimation Variance**

**E.Yalçın**

*DEÜMükFak. Maden Mühendisliği Bölümü Bornova/İZMİR*

**ÖZET:** Kömür yataklarında rezerv tahmin ve sınır tesbiti amacıyla mevcut sondajlara ilave olarak yeni sondajların açılması gerekebilir. Yapılacak yeni sondaj sayısının ve yerlerinin tesbitinde Jeostatistik önemi parametrelerinden birisi olan "*Tahmin Varyansı*"ndan yararlanılmaktadır.

Bu çalışmada, tahmin varyansının azaltılması amacıyla yapılması gereken ilave sondaj stratejisinin belirlenmesindeki safhalar örneklerle açıklanmaktadır.

**ABSTRACT:** The opening of new drill holes may be required to estimate the coal reserve and to find out the border line. The one of the important parameters of geostatistics, estimation variance, is used to determine the number and location of new drill holes.

In this study, the steps followed in the development of drilling strategy are explained on the example.

#### **1. GİRİŞ**

Kömür yatakları için yapılan rezerv hesaplarında, sahada açılan sondajların kestiği kömür kalınlıkları kullanılmaktadır. Eldeki mevcut verilerin yetersiz olması durumunda veya sahadaki kömür daman uzanımının sınırlarının tesbiti amacıyla ilave sondajların açılması gerekebilmektedir.

Açılacak olan ilave sondajların sayısının ve yerlerinin tesbiti genellikle rastgele olarak seçilmektedir. Arazide yapılan sondaj maliyeti çok yüksek olduğu için, açılacak sondaj

sayısının ve yerlerinin tesbitinde jeostatistik önemi bir parametresi olan "*Tahmin Varyansı*"ndan faydalanılabilir.

Tahmin varyansı, yapılan tahminin güvenilirliğini gösteren bir parametredir. Tahmin varyansının büyüklüğü tahmini yapılan değişkenin karakteristiğine, tahmin, yapılan blokun büyüklüğüne, sondaj noktaları arasındaki ve sondaj noktaları ile blok merkezi arasındaki uzaklığa ve kullanılan tahmin metoduna bağlıdır. Tahmin varyansı, rezerv tahmininin doğruluğunu ölçmesinin yanısıra, optimum sondaj stratejisinin belirlenmesi için de

kullanılabilir.

Bu makalenin amacı, tahmin varyansının azaltılması amacıyla yapılması gereken ilave sondaj stratejisinin belirlenmesindeki safhaları ve işlemleri örnek bir yatak üzerinde izah etmektir.

## 2. TAHMİN VARYANSI

Jeostatistiksel yöntem ile kömür rezerv hesaplanmasında saha, bloklara ayrılır ve blokların kömür kalınlık tahminleri yapılır. Tahmin edilen kalınlık ile gerçek kalınlık arasındaki farkın varyansı "*Tahmin Varyansı*" olarak adlandırılır. Tahmin varyansı, bilinmeyen kalınlığın tahmininde güven sınırlarının belirlenmesini sağlar (Kim, 1981; Journé ve Huijbregth, 1978).

Tahmin varyansının büyüklüğü aşağıdaki faktörlere bağlıdır (Lonergon, 1981; Armstrong ve Compigny, 1989; Murphy, 1993).

- Cevher mineralleşmesinin karakteristiği,
- Blok boyutu ve şekli,
- Tahminde kullanılan numune sayısı,
- Numunelerin blok merkezine göre pozisyonları,
- Kullanılan tahmin metodu.

## 3. SONDAJ STRATEJİSİNDE TAHMİN VARYANSININ KULLANILMASI

Tahmin edilen kalınlık için güven aralığının daraltılması ve sondaj lokasyonlarının belirlenmesi için tahmin varyansı kullanılmaktadır.

Tahmin varyansı ile optimum sondaj stratejisinin belirlenmesi sırasında, sondajlardan

elde edilen variogram modelinin doğru olduğu ve sonraki sondajlardan elde edilecek değerler ile değişmediği varsayımı yapılmaktadır (Kim, 1982; Bideaux, 1990).

Yöntemde takip edilen safhalar aşağıda verilmiştir:

**1. Safha:** Sahadan elde edilen mevcut bilgiler ile kömür kalınlıklarının istatistiki analizi yapılmakta ve ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmaktadır.

**2. Safha:** Mevcut sondaj sonuçları ile kalınlık variogram modeli çizilmekte ve variogram parametreleri olan Sill, Nugget ve etki mesafesi değerleri bulunmaktadır.

**3. Safha:** Saha bloklara bölünmekte ve blok kömür kalınlıkları, variogram parametre değerleri kullanılarak kriging yöntemi ile tahmin edilmektedir.

**4. Safha:** Tahmin edilen kalınlıklar harita üzerinde bloklara işlenmekte ve eşkalınlık eğrileri çizilmektedir. Üç farklı eşkalınlık eğri haritası hazırlanmaktadır. Bunlar;

- Her blok için tahmin edilen ortalama kalınlık ve kalınlık varyans haritası,
- Ortalama kalınlık + 2 standart sapma haritası (%95 güven katsayısında üst sınır değerleri),
- Kriging standart sapma haritası.

**5. Safha:** Hazırlanan 3 ayrı eşkalınlık haritası detaylı olarak incelendikten sonra; a) Yüksek kömür kalınlığına sahip, b) ve/veya yüksek kriging varyansı nedeniyle belirsizliklerin olduğu, c) ve/veya %95 güven katsayısına göre yüksek üst sınır değerlerine sahip bölgeler tesbit edilir. Bu bölgelerde ilave sondajların açılması, belirsizliklerin azalmasını ve tahmin varyansını



azaltarak yapılan rezerv tahmininin doğruluğunun artmasını sağlamaktadır.

**6. Safha:** Tesbit edilen bölgelerin hangi noktalarında ve kaç tane sondaj yapılacağına karar verilir. Bu safhada, sondaj noktaları ve sayıları için alternatifler hazırlanır ve herbir alternatif için bu noktalara tekabül eden kalınlık değerleri sondaj değeri olarak alınarak ortalama tahmin varyansları hesaplanır. En az sayıda sondaj ile en düşük tahmin varyansını veren alternatif, optimum olarak kabul edilir.

Aynı yöntem, kömür veya cevherin değişik parametreleri (kükürt, kül, nem vb.) için de uygulanabilir.

Aşağıda verilen örnek uygulama yönteminin safhalarını izah etmek amacıyla literatürden aktarılmıştır.

### 3.1 Örnek Uygulama

Örnek sahada kömür kalınlık değerleri içeren 123 sondaj bulunmaktadır. Sahada, 26 ilave sondajın açılması düşünülmekte ve herbir sondajın maliyetinin 10.000 \$ olduğu tahmin edilmektedir, ilave sondaj açmanın 2 nedeni vardır. Bunlardan ilki, tahmin edilen rezervin doğruluk derecesini artırmak için tahmin varyansını azaltmak, ikincisi ise, kömürün içerdiği kükürdün bölgelere göre değişkenliğini belirlemektir. Sahaya ait mevcut sondaj sonuçlarına göre elde edilen istatistiksel bilgiler ve variogram analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Kükürt için elde edilen variogram parametreleri kullanılarak, saha 1000x1000 ft'lik bloklara bölünmüş ve herbir blokun sülfür içeriği Kriging yöntemiyle tahmin edilmiştir. Elde edilen kükürt yüzdeleri plan üzerinde bloklara işlenmiş ve Safha 5'de belirtilen

işlemler yapılmıştır.

Sülfür için sınır tenor %3 olarak kabul edilmiştir. 25 sondajdan oluşan 2 ayrı sondaj alternatifi ile 26 sondajlı şirket alternatifi için hesaplanan tahmin varyanslarının karşılaştırılması Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. İstatistiksel ve Variogram Analiz Sonuçları

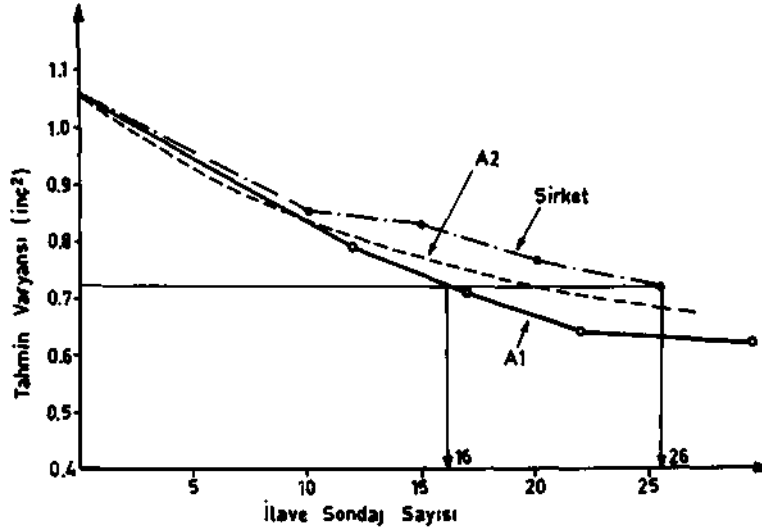
	<b>Kalınlık</b>	<b>Kükürt</b>
Numune Sayısı	123	112
Ortalama	51,02"	% 2,7
Std. Sapma	11,56"	% 1,17
Sili Değeri (C)	95 in <sup>2</sup>	1,16%*
Külçe Değeri (C <sub>0</sub> )	10,0 in'	0,2 % <sup>2</sup>
Etki Mesafesi (a)	8000 ft	6600 ft

Şekilde görüldüğü gibi, sadece kömür rezerv tahmininde güven aralığındaki azalma (tahmin varyansı) gözönüne alınırsa Alternatif 1 en iyi sonucu, şirket alternatifi ise en kötü sonucu vermektedir. Şirket alternatifinde 26 sondajla ulaşılan azalma miktarına, Alternatif 1'de 16 sondaj ile ulaşılmakta ve 100.000 \$ tasarruf sağlanmaktadır.

Çizelge 2'de, Alternatif 1'e göre açılacak ilave sondajlar ile tahmin varyansındaki azalma miktarları verilmektedir.

Çizelge 2. Alternatif 1 ile Elde Edilen Tahmin Varyansları

ilave Sondaj	Tahmin Varyansı	% Azalma
Mevcut	1,0623	0
7	0,9085	14,5
12	0,7941	25,2
17	0,7138	32,8
22	0,6461	39,2
25	0,6359	40,1



Şekil 1. Üç değişik alternatif için tahmin varyansları

Kömür sahasının alanı  $968,12 \times 10^6$  ft<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Kömür yoğunluğunu 25 ft<sup>3</sup>/ton ve ortalama kalınlığı 51,02 inç olarak Çizelge 2'deki tahmin varyansları, kömür kalınlık güven aralığına dönüştürülebilir.

$$\text{Rezerv tahmini} = \frac{968,12 \times 10^6}{25} \times \frac{51,02}{12} = 164,6 \times 10^6 \text{ ton}$$

olarak hesaplanmıştır. 1,0623 inç<sup>2</sup> tahmin varyansında %95 güven katsayısında güven aralığı;

$$= \pm \frac{1,96 \times 968,12 \times 10^6 \times \sqrt{1,0623}}{25 \times 12} = \pm 6,519 \times 10^6 \text{ ton}$$

olarak bulunur. Bu değer toplam tonajla oram ise, tahmin edilen rezervdeki güven aralık yüzdelerini vermektedir.

$$= \frac{\pm 6,519 \times 10^6}{164,6 \times 10^6} \times 100 = \pm \% 4,0$$

Özet olarak, sahadaki rezerv  $164,6 \times 10^6 \pm 6,519 \times 10^6$  Ton ( $164,6 \times 10^6 \pm \%4$ ) olarak bulunmuştur. Benzer hesaplamalar, diğer tahmin varyansları içinde yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir.

#### 4. SONUÇ

Tahmin varyansı, ilave sondaj stratejisinin belirlenmesinde kullanılan önemli parametrelerden birisidir. Tahmin varyansı, ilave edilen her sondaj ile, yapılan tahminlerdeki belirsizlikteki azalma miktarının tesbit edilmesine yardımcı olur ve sondaj maliyetinin azalmasını sağlar. Ayrıca sondaj lokasyonlarının belirlenmesinde de kullanılabilir.

Çizelge 3. İlave Sondaj Sayısının Rezerv  
Tahmin Hatasına Etkisi

ilave Sondaj Sayısı	% 95 Güven Aralığı	Güven Aralık Yüzdesi (±)	% Azalma
0	6.519x10*	4.0	0
7	6.029x10 <sup>6</sup>	3.7	7.5
12	5.637x10 <sup>6</sup>	3.4	13.5
17	5.345x10 <sup>6</sup>	3.2	18.0
22	5.112x10 <sup>6</sup>	3.1	21.6
25	5.044x10 <sup>6</sup>	3.1	22.6

#### KAYNAKLAR

- Kim, Y.C., 1981, *The Role of Estimation Variance in Drilling Strategy Development*, App. of Geo. to Coal Resource Charac. and Mine Plan., ed., Manag. Eng. Inc., U.S. Dep. of Energy, DE82 007882, s. B.1B14.
- Jornel, A.G. ve Huijbregts, C.J., 1978, *Mining Geostatistics*, Academic Press, London, 600s.
- Lonergon, J.E., 1981, *Development Variogram Models of Thickness and Ash Values for the Lucerno No 8 Coal Deposit: A Case Study*, App. of Geo. to Coal Resource Charac. and Mine Plan., ed., Manag. Eng. Inc., U.S. Dep. of Energy, DE82 007882, s. A.1A35.
- Armstrong, M., 1984, *Using Geostatistics to Predict the Characteristics of Washed Coal*, Min. Eng., Vol 36, April, s. 369373.
- Murphy, T.D. ve Brown, K.E., 1993, *Combining Geostatistics and Simulation to Predict Sulphur at a Central Illinois Coal Mine*, Min. Eng., March, s. 284287.
- Bideaux, R.A., 1990, *Ore Reserve Estimation*, Surface Mining, 2. Edition, Soc. for Min., Metal, and Explo. Inc., Colorado, U.S.A., s. 287392.



Sondaj Sempozyumu'96 , İzmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Konili Matkapların Sınıflandırması ve Seçim Kriterleri**

### **The Classification of Roller Cone Bits and Selection Criteria**

S. Kahraman

*Ç.Ü. Mük-MimarlıkFak. Maden Müh. Böl., Balçalı/ADANA*

**ÖZET:** Konili matkapların sondaj endüstrisinde kullanımı oldukça eskiye dayanmaktadır. Hava soğutmalı türlerinin geliştirilmesiyle bu matkaplar açık işletmelerde geniş çaplı patlatma deliklerinin delinmesinde de kullanılmaya başlamış ve hızla yaygınlaşmıştır.

Bu çalışmada, konili matkaplar kısaca tanımlandıktan sonra 1992 IADC(Uluslararası Sondajcılar Birliği) Konili Matkap Sınıflandırması ve matkap seçim kriterleri sunulmuştur.

**ABSTRACT:** Roller cone bits have been used for a long time in drilling industry. After the development of air-cooled types, these bits have also started to be used for drilling large diameter blastholes in open pit mines and rapidly spread.

In this study, after the roller bits are briefly described, The 1992 IADC(International Association of Drilling Contractors) Roller Bit Classification System and bit selection criteria are presented.

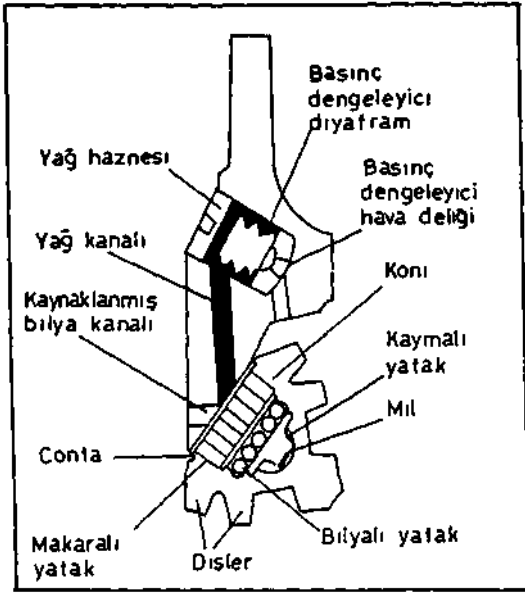
## **1.GİRİŞ**

İlk kez 1909 yılında H.R. Hughes firması tarafından kullanılan konili matkaplar 1946 yılına kadar yavaş gelişmiş, bu tarihten sonra ise hızlı bir gelişim sürecine girmişlerdir(Madigan and Caldwell, 1981; Bobo, 1968). 1951 yılına kadar çelik dişli matkaplar kullanılmış olup, bu yıl içinde sert formasyonlar için ilk TC (Tungsten Karbid) matkap geliştirilmiştir (Grimes and Felderhoff, 1992; Bobo, 1968).

## **2.KONİLİ MATKAPLARIN YAPISI**

Konili matkaplar gövde, koniler ve koni yatakları olmak üzere üç ana birimden oluşur. Şekil 1'de konili matkapın yapısı görülmektedir. Koni sayısı iki, üç , dört olabilir. Hatta özel amaçlı tek konili matkaplar da üretilmektedir. Fakat en yaygın üç konili olanlardır.

Gövde uçlarında koni milleri bulunan bulunan üç bacadan oluşur. Ni-Cr-Mo alaşımlı çelikten imal edilen bu bacaklar birbirine kaynaklanarak gövdeyi meydana getirirler (Moore, 1986).



Şekil 1. Konili Matkap Yapısı (Rabia, 1985).

Ni-Mo alaşımlı çelikten yapılan koniler bir mile geçirilmiş olup, matkap dönerken kendi eksenleri etrafında dönerler. Koniler üzerinde bulunan dişler ya sert çelikten , ya da TC'den imal edilirler. Farklı formasyonlar için çeşitli diş şekilleri vardır.

Koninin mil üzerine bağlanmasını, dönmesini ve yük taşımalarını sağlayan yataklar kaymalı, bilyalı ve makaralı olmak üzere üç adettir. Kaymalı yatak koninin tepesi ile milin uç kısmı arasındaki yatak olup, koninin merkezlenmesini sağlar. Bilyalı yatak , koniyi mile bağlayan yataktır. Koni mil üzerine oturtulup kaymalı yatakla merkezlendikten sonra geri çıkmaması için milin ortasındaki kanaldan bilyalar atılır. Makaralı yatak ise mil üzerindeki yuvalara yerleştirilen silindirik makaralardan oluşur ve matkaba gelen yükü üzerine alır.

Yatakların aşınmalarını önlemek ve ömürlerini uzatmak için yağlanmaları gerekir. Klasik

matkaplarda mil ortasına doldurulan gres yağı yağlama işini yapar. Fakat sondaj esnasında yataklara giren çamur yağın etkisini ortadan kaldırır. Klasik yağlama yöntemi günümüzde sadece yumuşak formasyonlar için imal edilen bazı çelik dişli matkaplarda kullanılmaktadır. 1970 yılında sızdırmaz yataklar geliştirilmiştir. Bu tür matkaplarda Şekil 1'de görüldüğü gibi yağ haznesi bulunmaktadır.

Diziden gelen çamurun kuyu tabanına geçmesi için matkabın ortasında veya çevresinde delikler vardır. Standart matkaplarda çamur çıkışı matkabın ortasındaki geniş bir delikten olur. Jet matkaplar denilen türde ise çamur, koniler arasındaki özel yuvalara yerleştirilen ve "Jet" adı verilen dar kesitli çelik parçaların içinden tabana geçer. Jetler değiştirilebilir özelliğe sahiptirler (Göktekin, 1983; Moore, 1986).

### 3.KONİLİ MATKAPLARIN SINIFLANDIRMASI

1992 IADC konili matkap sınıflandırmasında 4 karakter kullanılır. İlk üç karakter nümerik, 4. karakter ise alfabetiktir. Nümerik karakterler sırayla Seri, Tip ve Yatak/Gövde Koruması'nı, alfabetik karakter ise Diğer Özellikler'i tanımlamaktadır (Çizelge 1) (McGehee vd., 1992).

1.Karakter(Formasyon Serisi): 1'den 8'e kadar olup, genel formasyon özelliklerini tanımlar. İlk üçü çelik dişli matkaplar, geriye kalan dördü ise TC dişli matkaplar içindir. Seri numarası büyüdükçe formasyonun sertliği ve aşındırıcılığı artmaktadır.

2.Karakter(Formasyon Tipi): 1'de 4'e kadardır. Her seri kendi içinde dört sertlik derecesine

bölmüştür. Seri içinde 1 en yumuşak, 4 en sert formasyonu gösterir.

3.Karakter(Yatak/Gövde Koruması): l'de 7'ye kadar olup, yatak dizaynım ve gövde koruması olup olmadığı gösterir.

4.Karakter(Diğer Özellikler): 16 adet alfabetik harf kullanılır. Harflerin ne anlama geldikleri aşağıda açıklanmıştır:

A-Havalı Sondaj: Hava soğutmalı matkabı tanımlar.

B-Özel Sızdırmazlık Elemanı: Özel uygulama avantaj lan(yüksek dönme hızı gibi) sağlayan bir tür sızdırmazlık elemanım ifade eder.

C-Merkezi Jet: Hidrolik enerjinin matkap altında daha uniform dağılmasını sağlamak amacıyla bazı büyük çaplı matkaplarda kullanılır.

D-Sapma Kontrolü: Sondaj sapmasını minimuma indirmek için özel kesici yapı dizaynım gösterir.

E-Uzatılmış Jet: Özellikle yumuşak formasyon matkaplarında daha iyi delik dibi temizliği için kullanılırlar.

G-Yanak ve Gövde Koruması: Jeotermal ve yönlü sondaj için özel yatak ve gövde korumasını tanımlar.

H-Yatay ve Yönlü Sondaj: Özellikle yatay ve yönlü sondaj için dizayn edilmiş matkabı ifade eder.

J-Saptırma Jeti: Yumuşak formasyonlarda sondajı saptırmak için kullanılırlar.

L-Ek Gövde Koruması: Aşındırıcı formasyonlarda ve yönlü sondaj uygulamalarında kullanılacak matkaplar için ilave gövde korumasını gösterir.

M-Delik Dibi Motoru: Delik dibi motorları ile kullanılabilir özelliğe sahip matkap anlamına gelir.

S-Standart Çelik Dişli Matkap

T-İki Konili Matkap: Bazı durumlarda sapma kontrolü için kullanılırlar.

W-Yüzeyi Sertleştirilmiş Kesici Eleman.

X-Kesici Elemanların Çoğu Keski Şekilli TC Diş.

Y-Konik Şekilli TC Diş.

Z-Diğer Şekilli TC Diş

Burada bir kaç tane de sınıflandırma örneği verelim;

124E: Uzun jetli, sızdırmaz yataklı, çelik dişli bir yumuşak formasyon matkabını gösterir.

437X: Keski şekilli TC dişli, sızdırmaz-sürtünmeli yataklı ve gövde korumalı bir yumuşak formasyon matkabım tanımlar.

#### **4.KONİLİ MATKAPLARIN SEÇİM KRİTERLERİ**

Matkap seçimi yapılırken aşağıdaki faktörler gözönünde bulundurulmalıdır:

- Konilerin dizaynı
- Dişlerin dizaynı
- Çamur jetlerinin dizaynı
- Maliyet

Çizelge 1.1992 IADC(Uluslararası Sondajcılar Birliği) Konili Matkap Snuflandırması(McGehee vd., 1992).

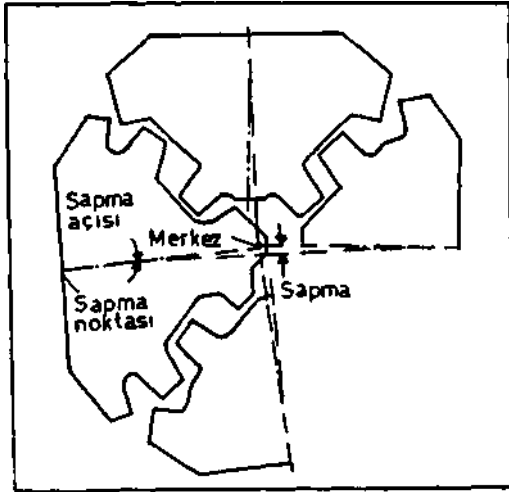
M A T K A P	FORMASYON	S E R İ	T İ P	MATKAP ÖZELLİKLERİ							DİĞER ÖZELLİKLER	
				1	2	3	4	5	6	7		
				Standart Rulmanlı Yatak	Hava Soğutmalı Rulmanlı Yatak	Rulmansız Yatak Yanak Korumalı	Sızdırmaz Rulmanlı Yatak	Sızdırmaz Rulmanlı Yatak Yanak Korumalı	Sızdırmaz Kaymalı Yatak	Sızdırmaz Kaymalı Yatak Yanak Korumalı		
Ç E L İ K	Yumuşak Basınç Dayanımı Düşük Delmebilirlik Yüksek	1	1								A-Hava Soğutmalı	
			2								B-Özel Sızdırmazlık Elemanı	
			3									C-Merkezli Jet
			4									D-Sapma Kontrolü
D İ Ş L İ	Orta-Orta Sert Basınç Dayanımı Yüksek	2	1								E-Uzun Jet	
			2								G-Yanak ve Gövde Koruması	
			3									H-Yatay ve Yemli Sondaj
			4									J-Sapırma Jeti
T U N G S T	Sert Yan Açardıcı ve Açardıcı	3	1								L-Ek Gövde Koruması	
			2								M-Delik Dibi Motor Uygulaması	
			3									S-Standart Çelik Dışı Matkap
			4									T-İki Konili Matkap
K A R B İ	Yumuşak Basınç Dayanımı Düşük Delmebilirlik Yüksek	4	1								W Yüzeyi Serileştirilmiş Dış	
			2								X <sub>3</sub> Yoğun TC Dış	
			3									Y-Konik TC Dış
			4									Z-Diğer Şekli TC Dış
D İ Ş L İ	Orta Sert Basınç Dayanımı Yüksek	6	1									
			2									
			3									
			4									
D İ Ş L İ	Sert Açardıcı ve Yan Açardıcı	7	1									
			2									
			3									
			4									
Ş L İ	Çok Sert Açardıcı	8	1									
			2									
			3									
			4									



#### 4.1.Konilerin Dizaynı

Koni kuyu tabamna oturduğunda yüzeyin tabanla yaptığı açı önemlidir. Bu açı arttıkça uygulanacak döndürme momenti de artar. Sert kayalarda 1° den az alman açı, orta sert kayalarda 2°-3°, yumuşak kayalarda ise 7°-9°'ye kadar çikabilmektedir.

Pratik tecrübeler yumuşak kayaların kazıma etkisiyle kolaylıkla delinebildiğini göstermektedir. Koni üzerindeki belirli bir noktanın yapacağı iş, matkap merkezinden olan uzaklığa bağlıdır. Merkezde sıfır olan iş çevrede maksimumdur. Merkezdeki kayacın kolayca parçalanabilmesi için konilerden birinin ucu çıkıntılı yapılır ve koni eksenleri matkap ekseninden geçmeyecek biçimde saptırılır (Şekil 2).



Şekil 2. Matkaplarda Sapma(Rabia, 1985).

Sapma miktarı delinecek formasyonun basınç dayanımı ile ters orantılıdır. Yumuşak formasyonlarda sapma büyüktür. Kayaç sertliği

arttıkça sapma açısı azalmaktadır. Sert ve aşındırıcı kayalarda kullanılacak matkaplar ise sapmasız yapılırlar. Çünkü, sert kayalarda kazımaya gerek duymadan kayaç, küçük parçacıkların kopması şeklinde parçalanmaktadır. Orta sert kayalar için sapma açısı 2°'ye kadar alınabilmektedir (Göktekin, 1983; Rabia, 1985).

#### 4.2.Dişlerin Dizaynı

Dişler sert çelikten ya da TC'den yapılırlar. Çelik dişli matkaplar genellikle yumuşak formasyonlarda kullanılırlar. Kayacın basınç dayanımına göre önerilen diş şekilleri Şekil 3'de görülmektedir.

Çelik Diş I	Uzun Konik TC Diş II	Kısa Yuvarlak TC Diş III	Küresel TC Diş IV
0 - 1400	1400 - 2100	2100 - 2860	>2860
Kayaç Basınç Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )			

Şekil 3. Basınç Dayanımına Göre Önerilen Diş Şekilleri(Prailet, 1990).

Formasyonlara uygun diş şekilleri ve koni üzerindeki tasarımı şöyle açıklanabilir(Martin vd., 1982);

-Yumuşak formasyon: Uzun kama şekilli çelik diş veya uzun keski şekilli TC diş; diş aralıkları çok geniş.

-Orta yumuşak formasyon: Kısa kama şekilli çelik diş veya keski şekilli TC diş; diş aralıkları orta genişlikte.

-Orta sert formasyon: Konik ya da küresel TC diş; diş aralıkları oldukça kısa.

-Sert formasyon: Küresel TC diş; diş aralıkları çok kısa.

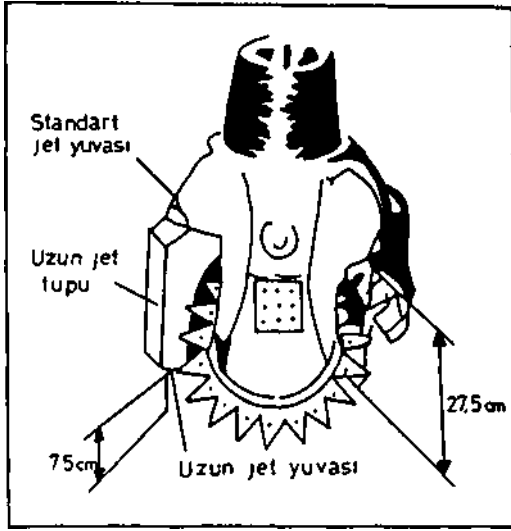
#### 4.3.Çamur Jetlerinin Dizaynı

Beş farklı jet dizaynından bahsedilebilir(Young and Durkee, 1990):

- İki standart jet
- Orta jet ile birlikte üç standart jet
- Orta jet ile birlikte iki uzun jet
- Orta jet ile birlikte üç uzun jet
- Orta jet ile birlikte iki uzun- eğimli jet

##### 4.3.1.Uzun jetler(Extended Nozzles)

Bu jetler Şekil 4' de görüldüğü gibi tabana çok yakın olacak şekilde uzatılmış türdendir. Taban temizliğinin yeterli olmadığı durumlarda kullanılırlar. Tabana olan mesafe kısaldığı için yüksek jet hızı elde edilir ve delik dibi kolay temizlenir(Delafon and Bannerman, 1989).

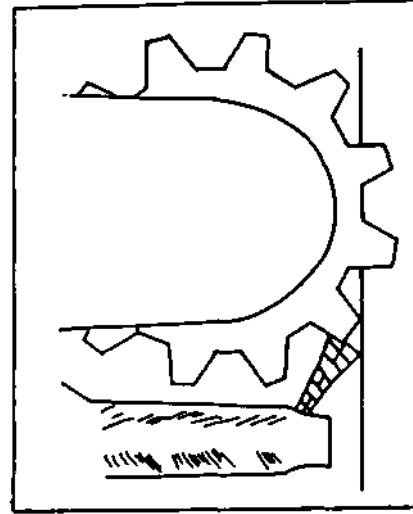


Şekil 4. Uzun Jetli Matkap (Delafon and Bannerman, 1989)

Laboratuar ve saha tecrübeleri göstermiştir ki, uzun jetler delik dibi temizlenme verimini artırmakta ve dolayısıyla delme hızı artmaktadır. Örneğin, delme hızlarında %72'ye varan artışlar görülmüştür. Ayrıca, matkap metrajında %150 kadar artış elde edilmiştir (Young and Durkee, 1990; Delafon and Bannerman, 1989).

##### 4.3.2.Uzun-Eğimli Jetler (Extended Slant Nozzles)

Oldukça yeni bir dizayn olan bu jetlerde çamur, 30° eğimle dişlerin kay açla temas ettiği yere püskürtülür(Şekil 5). Dişin kayaç ile temasından hemen önce yüzey temizlendiği için aşınmalar azalır ve diş ömrü artar. Delme hızlarında artış olduğu ve dolayısıyla maliyetin düştüğü saha tecrübelerinde görülmüştür(Moore, 1986; Young and Durkee, 1990).



Şekil 5. Uzun-Eğimli Jet (Young and Durkee, 1990).

#### 4.4.Maliyet

Delme maliyetinin çoğunu matkap performansı belirler. Matkap performansı ise önce matkap seçimine sonra da matkabın nasıl kullanıldığına bağlıdır. Örneğin, orta sert formasyon matkabı eğer sert formasyonda kullanılacak olursa dişleri kırılabilir veya dökülebilir; dolayısıyla maliyet artar. Delinecek formasyon tam olarak bilinemediği için uygun matkabı seçmek kolay değildir. Ancak, aym formasyonda veya benzer formasyonda yapılan daha önceki sondaj sonuçları ve metre basma maliyet hesabı matkap seçimine yardımcı olur. Tecrübeli personel böylece matkap performansını tahmin edebilir. Bu tahmine göre aşağıdaki bağıntıdan delme maliyeti bulunarak matkaplar karşılaştırılır (Moore, 1986).

$$C_d = \frac{O}{R} + \frac{1}{F_b}(B + T_n \times O) \quad (i)$$

Burada,

- $C_d$  = Delme maliyeti(\$/m)  
 $O$  = Makina çalışma maliyeti(\$/h)  
 $R$  = Delme hızı(m/h)  
 $F_b$  = Matkap metraji(m)  
 $B$  = Matkap fiyatı(\$)  
 $T_n$  = Manevra süresi(h)

Çelik dişli ve TC dişli iki matkabın, tahmin edilen performans verilerine göre karşılaştırması

aşağıda verilmiştir.

Çelik dişli matkap için;  $O=300$ \$/h,  $R=2.6$ m/h,  $F_b=37$ m,  $B=750$ \$,  $T_n=6.5$ h ise,

$$C_d = \frac{300}{2.6} + \frac{1}{37}(750 + 6.5 \times 300) = 188.4 \text{ \$/m}$$

TC dişli matkap için;  $O=300$ \$/h,  $R=2.4$ m/h,  $F_b=354$ m,  $B=3500$ \$,  $T_n=6.5$ h ise,

$$C_d = \frac{300}{2.4} + \frac{1}{354}(3500 + 6.5 \times 300) = 140.4 \text{ \$/m}$$

Bu uygulamada çelik dişli yerine TC dişli matkap kullanıldığında  $188.4 - 140.4 = 48.0$ \$/m tasarruf sağlanmaktadır.

Aşağıda delme maliyeti hesabında kullanılan diğer bir bağıntı verilmiştir (Zaburunov, 1991; Wijk, 1991):

$$C = \frac{V}{M} + \frac{D}{P} \quad (2)$$

Burada,

- $C$  = Delme maliyeti(\$/m)  
 $V$  = Matkap fiyatı(\$)  
 $M$  = Matkap metraji(m)  
 $D$  = Makina çalışma maliyeti(\$/h)  
 $P$  = Delme hızı(m/h)

(2) nolu bağıntıya da bir örnek verelim;

- $V = 5365$ \$  
 $M = 3000$ m  
 $D = 450$ \$/h  
 $P = 25$ m/h, ise

$$C = \frac{5365}{3000} + \frac{450}{25} = 19.788 \text{ \$/m}$$

Eğer delme hızı 27.5m/h olan 6169\$ fiyatında bir matkap kullanılırsa;

$$C = \frac{6169}{3000} + \frac{450}{27.5} = 18.420\$/m \text{ olacaktır.}$$

Görüldüğü gibi, delme hızı 2.5m/h daha fazla olan matkap kullanıldığında, matkap fiyatının artmasına karşılık delme maliyetini 1.368\$/m azaltmıştır.

Verilen örneklerden anlaşılacağı gibi, matkap seçiminin iyi yapılması delme maliyetinde önemli düşüşler sağlamaktadır.

## 5.SONUÇ

Daha önce bahsedildiği gibi delme maliyetini büyük oranda matkap performansı belirler. Matkap performansı da öncelikle formasyona uygun matkap seçimine bağlıdır. Mühendislik çalışmalarında amaç, bir işi en verimli şekilde minimum maliyetle yapmak olduğuna göre, delme maliyetini minimumda tutmada matkap seçiminin ne derece önemli olduğu anlaşılmaktadır.

## 6.KAYNAKLAR

- Bobo, R.A. 1968. Drilling-Three Decades Back One Ahead, JPT, July, pp.700-708.
- Delafon, H. and Bannerman, J. 1989. Extended Nozzles and Gauge Drilling are Keys to Bit Design in Alwyn 17<sup>1/2</sup>, The 1989 IADC/SPE Drilling Conf., Febr.28-March 2, New Orleans pp.114-126.
- Göktekin, A. 1983. Sondaj Tekniği, İTÜ Maden Fakültesi.
- Grimes, R.E.,Felderhoff, F.C. and Brown, H., 1992. Heavy Weight Rock Bits Increase Penetration Rates in Hard Rock, Oil&Gas J., May 18, pp. 76-79.

- Madigan, J.A. and Caldwell, R.H. 1981., Application for Polycrystalline Diamond Compact Bits from Analysis of Carbide Insert and Steel Tooth Bit Performance, JPT, July, pp.1171-1179.
- Martin, J.W., Martin, T.J., Bennet, T.P. and Martin, K.M. 1982. Surface Drilling Equipment, Colorado.
- McGehee, D.Y., Dahlem, J.S., Gieck, J.C., Kost, B., Lafuze, D., Reinsvold, C.H. and Steinkee, S.C. 1992. The IADC Roller Bit Classification System, 1992 IADC/SPE Drilling Conf., Febr. 18-21, New Orleans, pp.801-818.
- Moore, P.L. 1986. Drilling Practices Manuel, Second Edition, Oklahoma.
- Praillet, R. 1990. Blasthole Drilling-Rotary Drilling and The Four Kingdoms, WME, Sept., pp.20-22.
- Rabia, H. 1985. Oil Well Drilling Engineering, London.
- Wijk, G. 1991. Rotary Drilling Prediction, Int. J. Rock Mech. Min. Sci.&Geomech. Abstr., V.28, No.1, pp.35-42.
- Young, T.L. and Durkee, D.L. 1990. The Effect of Extended Nozzles and Crossflow Hydraulics with 17<sup>1/2</sup> in. In Northern Germany, The 1990 IADC/SPE Drilling Conf., Febr.27-March 2, Houston, Texas, pp.67-75.
- Zaburunov, S.A. 1991. Production Drilling Technologies, E&MJ, Febr., pp.29-36.

Sondaj Sempozyumu'96 , Izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Jeotermal Kuyularda Koruma Borusu Tasarımı**

### **Casing Design In Geothermal Wells**

U. Serpen ve U. Yalnız

*İTÜ Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü, Maslak/İSTANBUL*

**ÖZET:** Petrol kuyuları için yapılan koruma borusu tasarımında temel olarak aksel yükler, iç basınç ve göçme basıncı koşulları dikkate alınırken, jeotermal kuyularda sıcaklık ile korozif çevrenin etkileri de bunlara eklenir. Bundan dolayı, aynı derinlik için yapılan jeotermal koruma borusu tasarımı petrol ve gaz kuyularından oldukça farklıdır. Bu çalışmada sıcaklık ve korozyonun jeotermal koruma borusu tasarımına etkisi ayrıntılı olarak araştırılmakta ve sonuçta bunların etkisinin nasıl en aza indirilebileceği veya yok edilebileceği verilmektedir.

**ABSTRACT:** In oil wells, while tubulars are designed for basic tension, burst and collapse conditions, in geothermal wells heat effects, corrosive environment, drilling and cementing problems are taken into consideration in casing design which is significantly different than for oil and gas wells of similar depth. This study investigates in detail heat and corrosion effects on geothermal casing design and gives the solutions to minimize these effects.

#### **1. GİRİŞ**

Jeotermal enerjinin popüler olmaya başladığı 60' lı yıllarda delinen kuyuların derinlik ve sıcaklıkların normal tasarım yöntemleriyle hesaplanan düşük dereceli karbon çeliklerinden imal edilen koruma borularının (H-40, J-55, K-55) kullanımına izin verilmekteydi. İlerleyen yıllarda delinen kuyuların derinleşmesi karşılaşılan sıcaklıkların yükselmesi, tuz ve korozif gaz konsantrasyonlarının artması koruma borusu seçimini zorlaştırmıştır. Bu çalışmada artan derinlik ve ısı gereksinimleri karşılayabilecek ve korozyona dayanabilecek jeotermal kuyulara uygun koruma borusu

cinsleri, API koruma borusu tipleri arasında sıcaklığın ve korozyonun etkileri incelenerek, araştırılacaktır.

#### **2. SICAKLIĞIN ETKİLERİ**

Sıcaklık, koruma borusu çeliği üzerine etki ederek borunun mekanik özelliklerini değiştirmektedir. Şekil-1 ve Şekil-2' de elastisite (Young) modülü ile akma (yield) mukavemetinin sıcaklıkla değişimleri görülmektedir<sup>1</sup>. Hatta aynı cins çeliğe sahip (N-80) fakat farklı ısı işlemleri uygulanmış koruma borularının da değişen sıcaklıklarla farklı

özellikler gösterdiği Çizelge-1' de gösterilmektedir<sup>2</sup>. Bu noktada önemli olan, hangi cins koruma borusu çeliğinin sıcaklıktan dolayı oluşan ısıl gerilmeleri daha iyi absorbe ettiğidir. Çelikte oluşan ısıl gerilmeler aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$S_t = \delta \times E \times \Delta T \quad (1)$$

S, = Isıl gerilme, psi  
 $\delta$  = Isıl genleşme katsayısı,  $6.9 \times 10^{-2}, 1/^{\circ}F$   
 $\Delta T$  = Sıcaklık artışı,  $^{\circ}F$   
E = Elastisite Modülü,  $30 \times 10^6$  psi

Böylece çelikte ısıl gerilme 207 psi/T veya 370 psi/ $^{\circ}C$  olarak hesaplanabilir. Bilindiği gibi dünyada jeotermal kuyularda en yaygın olarak kullanılan koruma borusu cinsi K-55 olup akma mukavemeti 55000 psi' dir. Çelikte oluşan ısıl gerilmeyi (370 psi/ $^{\circ}C$ ) dikkate alırsak K-55 koruma borusunu plastik deformasyona geçirecek sıcaklık farkı sınırı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\Delta T = 55000 \text{ psi} / 370 \text{ psi}/^{\circ}C = 149 \text{ }^{\circ}C.$$

Rezervuar sıcaklığı 215-220 $^{\circ}C$  yi geçen jeotermal sahalardaki kuyuların yeryüzüne yalan üst bölümlerinde, koruma borusu çimentolama ve üretim sırasında 149 $^{\circ}C$  lik bir sıcaklık farkı kolaylıkla oluşabilir. Bundan dolayı, daha sıcak jeotermal sahalarda (>230 $^{\circ}C$ ) artan ısıl ve mekanik gereksinimlerin karşılanması için daha kaliteli çelik cinslerinden birinin seçilmesi gündeme gelmektedir. Bu seçim için kriter de, daha önce bahsi geçen koruma borusu çelik cinslerinin ısıl gerilmelerinin iyi absorbe edilebilme kapasitesidir.

Çeşitli API çelik cinslerinin doğrusal ısıl genleşme katsayılarının aynı olduğunu varsayarsak, bir boru cinsinin belli bir sıcaklık farkını emniyetle absorbe edebilecek göreceli kapasitenin "Isıl Gerilim Mukavemet Oram" ile doğrudan değiştiği aşağıdaki gibi gösterilebilir<sup>3</sup>.

$$R_{\%} = Y/E \quad (2)$$

Y = Akma mukavemeti, psi  
E = Elastisite modülü, psi

Eğer P-110 çelik cinsi için ısıl gerilim dayanıklılık oranının bire eşit olduğunu varsayarsak, diğer çelik cinsleriyle olan karşılaştırması Çizelge-2' de görüldüğü gibi hesaplanabilir.

Çeşitli sıcaklıklar için aynı yöntemle hesaplanan mukavemet oranları Çizelge-3' de verilmektedir. Bu çizelgedeki verilerden de anlaşılacağı gibi normalize edilmiş N-80 koruma borusu çeliği yüksek sıcaklıklarda ısıl gerilmeleri en iyi absorbe eden çelik cinsidir. Daha düşük sıcaklıklarda P-110 çeliğinin N-80' e göre biraz daha iyi olduğu gözlenmektedir. Yalnız bu cins koruma borularının göreceli düşük sıcaklıklarda kullanımı hem korozyon hem de ekonomik açıdan sakıncalıdır. Diğer taraftan 60' lı ve 70' li yıllarda jeotermal bir kuyuda tam sağlıklı bir şekilde tamamen çimentolanan bir koruma borusunun kopmayacağına inanılırdı. Bu nedenle, dünyada rastlanan en yüksek sıcaklıklardan birine sahip (350-370 $^{\circ}C$ ) olan Cerro Prietro sahasında oldukça derin kuyularda (>2000m) K-55 koruma boruları göçme (collapse) basıncı temel alınıp et kalınlıkları büyük seçilerek indirilirdi. Koruma borularında kopmalar olunca bunların nedeninin korozyon olduğu sanılırdı. Koruma borusu iyi

çimentolanmış olsa bile çelik cinsinin iyi seçilmemesi nedeniyle, ısınma sırasında kopabileceği aşağıda gösterilmektedir.

K-55 koruma borusu çimentom olması durumunda ısınmayla oluşan gerilmeler aşağıda verilmektedir.

$$S_s = \Delta T_s \times 207 - \Delta T_c \times 180 \quad (3)$$

$S_s$  = Koruma borusunda oluşan gerilme, psi  
 $\Delta T_s$  = Koruma borusunda sıcaklık değişimi, °F  
 $\Delta T_c$  = Çimento sıcaklık değişimi, °F  
 $C_{pg}$  = Çeliğin özgül ısısı, 0.2Btu/lb/dak.  
 $C_{pc}$  = Çimento özgül ısısı, 0.1166 Btu/lb/dak.

$$\Delta T_c / \Delta T_s = C_{pc} / C_{ps} \quad (4)$$

olduğundan

$$\Delta T_c = \Delta T_s \times (C_{pc} / C_{ps}) \text{ bulunur ve Denklem (3)'}$$

de yerine konulursa

$$S_s = \Delta T_s \times 207 - \Delta T_s \times (C_{pc} / C_{ps}) \times 180$$

basitleştirilirse

$$S_s = \Delta T_s \times (207 - (0.1166/0.2 \times 180))$$

$$S_s = \Delta T_s \times (102)$$

K- 55 için  $S_s = 55000$  psi olduğundan

$$55000 = 102 \times \Delta T_s$$

$$\Delta T_s = 539^\circ\text{F veya } 282^\circ\text{C olur.}$$

Buradan da anlaşılacağı gibi 282°C lik bir sıcaklık farkı ki, Cerro Prietro gibi bir jeotermal sahada oluşabilir, çok yüksek sıcaklıklı sahalarda boruların kopmasının en önemli nedeni olarak ortaya çıkmaktadır.

Isıl gerilmelerin koruma borularım en çok zorladığı yer bağlantılardır (manşonlar). Araştırmacılara göre bağlantıların sıkıştırma gerilmesi altındaki mukavemetleri çekme gerilmesi kadardır<sup>4</sup>; dolayısıyla API çizelgelerindeki değerler burkulma durumu için

de kullanılabilir. Klasik yuvarlak dişli API bağlantıları borunun kendisinden %20-35 daha zayıf olduğu için, boru gövdesi daha akma gerilmesine erişmeden bağlantılar kopmaktadır. Üretim borusu olarak çok kullanılan 9<sup>5/8</sup> in, 40 lb/ft K-55' i örnek olarak alıp, kısa (STC) ve uzun (LTC) manşonlarını inceleyerek aşağıdaki durum ortaya çıkar.

STC manşon mukavemeti : 394 x 10<sup>3</sup> lb

LTC manşon mukavemeti : 453 x 10<sup>3</sup> lb

Boru gövde mukavemeti : 564 x 10<sup>3</sup> lb

$$\text{STC için} = 394 \times 10^3 / 564 \times 10^3 = 0.70$$

$$55000 \times 0.70 = 38500 \text{ psi} < 55000 \text{ psi}$$

$$\text{LTC için} = 453 \times 10^3 / 564 \times 10^3 = 0.80$$

$$55000 \times 0.80 = 44000 \text{ psi} < 55000 \text{ psi}$$

Bundan dolayı bu klasik API bağlantıları jeotermal sahalardan dışlanmış ve en az boru gövdesi kadar dayanımlı olan bağlantı tiplerine yönelinmiştir. Bu bağlantılar da Buttress, VAM, X-line ve Hydrill Super EU" dur.

Isıl gerilmelerin jeotermal kuyularda koruma boruları üzerinde yarattığı diğer bir sakıncası ise burkulma olayıdır. Koruma borularının tamamen çimentolandığı durumlarda böyle bir tehlike yoktur. Yalnız bilinen bir gerçek de jeotermal kuyu koruma borusunun birincil çimentolama sırasında çimento sıvısının sirkülasyon kaçacağı nedeniyle yetersiz kalması ve koruma borusunda bazı kısımların çimentolanamamasıdır. Böyle yerlerde üretim sırasındaki ısınmayla birlikte oluşan ısıl gerilmelerin kritik seviyeyi aşması ve bu noktalarda çap genişlemesiyle karşılaşılması burkulmalara sebep olmaktadır. Sıcaklık artışı borunun uzamasına sebep olmakta ve

çimentosuz kısım yeteri kadar uzun ve kuyu çapı da yeteri kadar genişlemişse koruma borusu burkulmaktadır.

Kolon burkulmasını veren Euler formülü iki tarafı tutulan kolonun burkulmasını hesaplamak için kullanılabilir.

$$S_c = 4 \times (\pi^2) \times E / (L/r_g)^2 \quad (5)$$

$S_c$  = Kolonun burkulması için kritik gerilme, psi

E = Elastisite Modülü, psi

L = Çimentosuz ve desteksiz kolon boyu, in

$r_g$  = Jirasyon yarıçapı, in

$$r_g = (d_o^2 + d_i^2)^{1/2} / 4 \quad (6)$$

Yukarıdaki formülden faydalanarak hesaplanan çeşitli koruma borularının burkulma eğilimini gösteren grafik Şekil-3' de verilmektedir.

Son yıllarda yönlü kuyular jeotermal sahalarda popüler hale gelmiştir. Isıl gerilmeler bu tip kuyularda eğilmeden dolayı zaten varolan eğilme momentinin kritik burkulma seviyesine daha çabuk erişmesini sağlamaktadır. Örneğin, 30 ft boyunda çimentosuz bir borunun iki ucu arasında 1 in' lik düşeyden sapma olduğunu varsayarsak, kuyunun ısınmasıyla üretim sırasında oluşan 80°C lik sıcaklık farkının boruda yarattığı 30000 psi' lik sıkıştırma gerilmesinin, boruya 10000 psi' lik ek bir gerilmeyi eğilme momenti dolayısıyla yüklediği hesaplanmaktadır. Söz konusu 1 in' lik sapma borunun düşeyle sadece 0.16° lik bir açı yaptığını gösterir. Pratikte bu açının 1° olmasına izin verildiğini düşünürsek, eğilme momenti daha da artarak kritik gerilmeyi aşabilir.

### 3. KOROZYONUN ETKİLERİ

Petrol kuyularında tubinglerden yapılan üretimin aksine jeotermal kuyularda üretim çok büyük olduğu için doğrudan koruma borusundan yapılmaktadır. Bu durum koruma borularını korozyonun doğrudan tehdidi altına sokmaktadır. Jeotermal kuyulardan asit gazlar ( $H_2S$ ,  $CO_2$ ) içeren bol miktarda tuzlu su üretildiği dikkate alınırsa sorunun ciddiyeti kolaylıkla anlaşılabilir.

Elektrokimyasal tepkimeler sıcaklıkla arttığından, tuzlar 65-70°C üzerinde koruma borularında korozyona neden olmaktadır.  $H_2S$ , ise 65-85°C sıcaklıkta özellikle yoğunlaşmış buhar bulunan üst tarafı soğumuş kuyulardaki koruma boruları üzerinde hidrojen kınlanılığmdan oluşan, gecikmiş çatlama demlen bir korozyona neden olmaktadır<sup>5</sup>. Bu tip korozyon çelik kalitesi arttıkça (K-55' ten N-80' e ve P-110' a) daha etkili olmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda  $H_2S$  korozyonu, düşük sıcaklıklarda ise tuzların neden olduğu korozyon tehlikesi yoktur. Altmışlı yılların başında yapılan bir çalışma<sup>6</sup> korozyona dikkat çekerek salt akma mukavemeti temeline dayanarak yapılan koruma borusu tasarımının tehlikelerine dikkat çekmiştir.  $H_2S$  korozyonunun etkisini en alt düzeye indirmek için alınacak en önemli tedbir, çelik sertliğinin "Rockwell" sertlik ölçeğinde 22' nin altında olmasıdır. N-80 cinsi koruma borusu çeliklerinden normalize olanlar bu koşula uymaktadırlar. Su verme ve temperleme gibi ısı işlemlere tabi tutulan N-80 cinsi çelikler genelde RC sertliği 22' nin üzerine çıktığından bu tip ve daha kaliteli çelikler (P-105, P-110 gibi)  $H_2S$  korozyonundan etkilenmektedir.  $H_2S$ ' in korozyon etkisi konusunda diğer önemli bir



parametre borunun et kalınlığı olup et kalınlığı arttıkça H<sub>2</sub>S korozyonu etkisini artırmaktadır<sup>6</sup>. Boru kopmalarına neden olan önemli bir olay da devresel yüklerden oluşan yorulmadır. Koruma borularında devresel yükler ise, soğuma ve ısınma periodlarından oluşur. Isınma sırasında sıkıştırma gerilmesi altına giren boru, soğuma dolayısıyla çekme gerilmesi altına girer. Bu konuda N-80 çeliğine benzeyen SAE 4130 normalize edilmiş çelik üzerinde yapılan deneysel çalışmada, devresel olarak çekme ve sıkıştırma gerilmeleri uygulanmıştır<sup>7</sup>. Elde edilen sonuçlar Şekil-4' de K<sub>r</sub> = 1' den 4' e kadar değişik çentik aktörleri için maksimum gerilme S<sup>^</sup>'ın en son çekme mukavemeti S<sub>y</sub>'ye oran cinsinden verilmiştir. Bu eğrilerin uygulaması standart API yuvarlak dişli bağlantıların, 20-40 devre arasında, son tutan dişteki çentik yerinden yorulma nedeniyle koptuğunu göstermektedir. Korozyon yorulması, yukarıdaki devre sayılarını muhtemelen yarıya indirmektedir<sup>6</sup>

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Jeotermal kuyuların artan derinlik ve sıcaklıkları koruma borularında oluşan mekanik ve ısı gerilme gereksinimleri artırmıştır. Artık altmışlı yıllarda kullanılan klasik K-55 çelik bu gereksinimleri karşılayamaz hale gelmiştir. Yapılan incelemelerde yüksek sıcaklıklar dolayısıyla oluşan ısı gerilmeleri en iyi absorbe eden koruma borusunun 260°C ' nin üzerinde N-80 cinsi çelik boru olduğu anlaşılmaktadır. Aslında P-110 ' nun da bu açıdan performansının oldukça iyi olduğu gözlenmektedir. Ancak bu noktada korozyon sorunu işin içine girmektedir. Yine Çizelge-3 ' den gözleneceği gibi P-105 ve P-110 çeliklerinin performansları 205-230°C ' lerde de iyi görünmektedir. Buna rağmen bu çelik

cinslerinin sığ derinliklerde kullanımı ekonomik değildir. Ayrıca bu çelikler H<sub>2</sub>S korozyonuna karşı son derece dayanıksızdır. N-80 cins çeliğin H<sub>2</sub>S korozyonuna karşı çok duyarlı olduğu ve akma mukavemetinin %40 ' m kaybettiği petrol literatüründen<sup>6</sup> ve Yeni Zelanda ' da yapılan bir araştırmadan<sup>5</sup> bilinmektedir. Bundan dolayı tüm dünyada düşük dereceli bir çelik olan K-55, H<sub>2</sub>S korozyonuna karşı dayanıldı olduğu ve akma mukavemetinden çok az kayıp verdiği için kullanılmaktadır. Hatta, Cerro Prieto sahasında 2500 m ' yi aşan derinliklerde ve 350°C ' e varan sıcaklıklarda standart dışı et kalınlığı fazla K-55 boru özel olarak imal ettirilip kullanılmıştır. Sonuçta boru kırılmaları yine önlenememiş sebep olarak da korozyon gösterilmiştir. Asıl neden K-55 cins çeliğin bu derinlik ve sıcaklıklardaki mekanik gereksinimlere cevap verememesi yanında bu çeliğin ısı gerilmeleri absorbe etme kapasitesinin Çizelge-3' de görüldüğü gibi az olmasıdır. Ayrıca artan et kalınlıklarında, çelik daha çok H<sub>2</sub>S korozyonuna maruz kalmaktadır. Altmışlı yıllarda korozyonun değişik çelik cinsleri üzerindeki etkisi konusunda yapılan çalışmalar N-80 cins çeliğin yumuşak olması durumunda (Rockwell <, 22) H<sub>2</sub>S korozyonunun etkisinin azaldığını göstermiştir. Bu noktadan hareketle korozyon kuyular için L-80 çeliği bulunmuştur. Bu çelik N-80 ile aynı mekanik karakteristikleri taşımakta fakat H<sub>2</sub>S korozyonuna karşı daha fazla dayanıklılık göstermektedir. Bundan dolayı da jeotermal kuyuların artan derinlik ve sıcaklıklarından doğan gereksinimleri hem mekanik hem de korozyon yönünden karşılayabilecektir.

## 5. SONUÇLAR

- Yüksek sıcaklıklarda ısıl gerilmeyi en iyi absorbe etme kabiliyetine sahip olan çelik cinsi normalize N-80' dir.
- Koruma borularında bağlantı olarak Buttress, X-Line, Hydrill Super EU gibi boru gövdesinden daha dayanıklı bağlantı tipleri **kullanılmalıdır**.
- Burkulma sorununu ancak düzgün çaplı kuyu delerek ve boruları sağlıklı bir şekilde tamamen çimentolayarak önleyebiliriz.
- N-80 ile aynı mekanik özelliklere sahip Hjs korozyonuna en dayanıklı çelik cinsi ise L-80' dir.
- Seçilen koruma borusu çeliğinin Hjs' den etkilenmemesi için sertliği RC < 22 koşuluna uyması gerekmektedir.

## 6. KAYNAKÇA

- Thomys, P.C. 1967. "High Temperature Tensile Properties of Casing and Tubing" API Division of Production, 1967. Midyear Standardization Conference, San Francisco, California, June 11-16.
- Snyder, R.E. 1979. "Casing Failure Modes in Geothermal Wells" Geoth. Res. Council, Transactions Vol 3.
- Greer, F.C. and Shryock, S.H. 1967. "New Technique Improves Steam Stimulation Completions" 3th Regional Meeting of SPE, Los Angeles, California, Oct. 26-27.
- Varnados, G. 1979. " Report of Workshop on Advanced Geothermal Drilling and Completions Systems" Sandia Lab. Rept. No. 79-1195, Albuquerque, NM.88 pp.
- Marshall, T. and Tomles, A.. 1968. " Delayed Fracture of Geothermal Bore Casing Steels"

9th Annual Conference of Australian Corrosion Ass., Auckland, New Zealand, Nov. 11-15.

Landers, J.E., Mc Glasson, R.L. and Schultz, J.L. March 1963. "Hazards of Yield Strength Designing", Spring Meeting of Southern District API Division of Production.

Dietrich, W.K. and Willhite, G.P. 1966." Design Criteria for Completion of Steam Injection Wells" SPE 41st. Annual Fall Meeting, Dallas, Oct. 2-5.

Çizelge 1. Çeliklerin Çekme Özellikleri<sup>2</sup>.

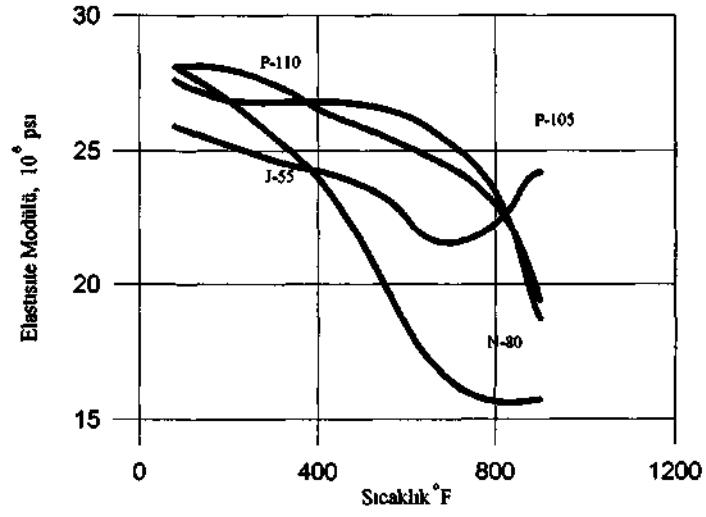
Test Sıcaklığı (°F)	Elastisite Modülü (x10 <sup>6</sup> psi)	Akma Mukavemeti (psi)	Çekme Mukavemeti (psi)	1 in' de Uzama (%)
<b>K-55</b>				
77	30.2	56.3	106.0	23.2
500	28.4	55.8	114.9	12.7
600	27.7	53.9	111.7	20.0
700	27.0	52.0	100.0	21.0
<b>Normalize N-80</b>				
77	30.1	84.4	122.4	18.0
500	28.2	77.4	120.1	20.0
600	27.5	76.4	122.4	25.0
700	26.8	71.0	114.6	27.5
<b>Su Verilmiş ve Temperlenmiş N-80</b>				
77	30.7	91.6	109.1	26.0
500	28.3	76.4	103.4	22.5
600	27.6	73.5	104.8	31.0
700	26.8	70.2	93.4	30.5

Çizelge 2. Karşılaştırmalı Isıl Gerilim Mukavemet Oranları (260°C için)

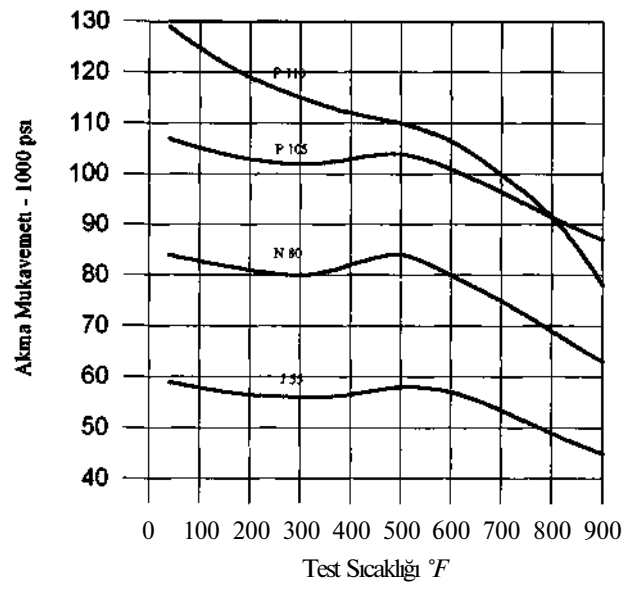
Parametreler	P-1 10	P-105	N-80	K-55
1. Nominal Minimum Akma Mukavemeti, psi	111000	105000	80000	55000
2. 260 <sup>o</sup> C deki Akma Mukavemetinin Nominal Oranı	0.85	0.86	1.00	0.975
3. 260 <sup>o</sup> C' de Minimum Akma Mukavemeti	93500	90300	80000	53600
4. P-1 10'a Göre Oranlar	1.000	0.963	0.856	0.573
5. 260 <sup>o</sup> C de Elastisite Modülü, psi x 10 <sup>6</sup>	25.7	26	221.2	23.75
6 P-1 10' a Göre Elastisite Modülü Oranları	1.000	1.030	0.825	0.927
7 Mukayeseli Isıl Gerilim Mukavemet Oranları (260 ° C de) (4).(6)	1.000	0.935	1.037	0.618

Çizelge 3. Karşılaştırmalı Isıl Gerilim Mukavemet Oranları

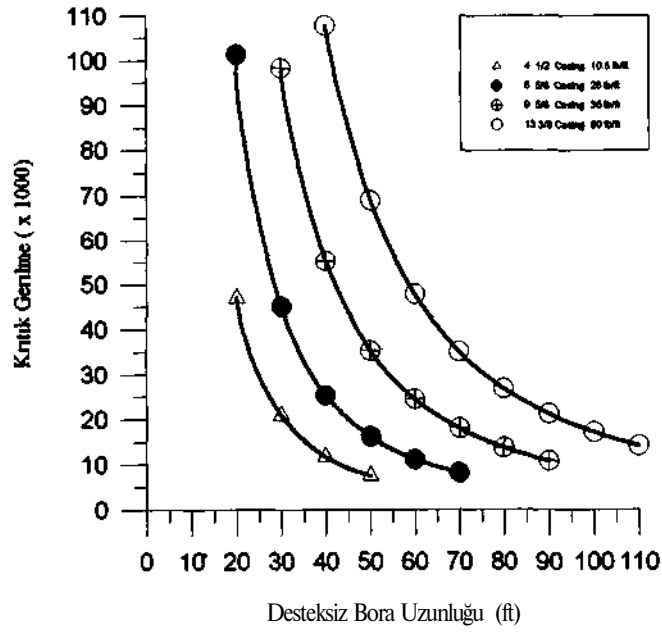
Sıcaklık (°C)	P-1 10	P-105	N-80	K-55
205	1.000	0.966	0.916	0.916
232	1.000	1.037	0.972	0.614
260	1.000	1.050	1.038	0.633
350	1.000	1.042	1.183	0.696



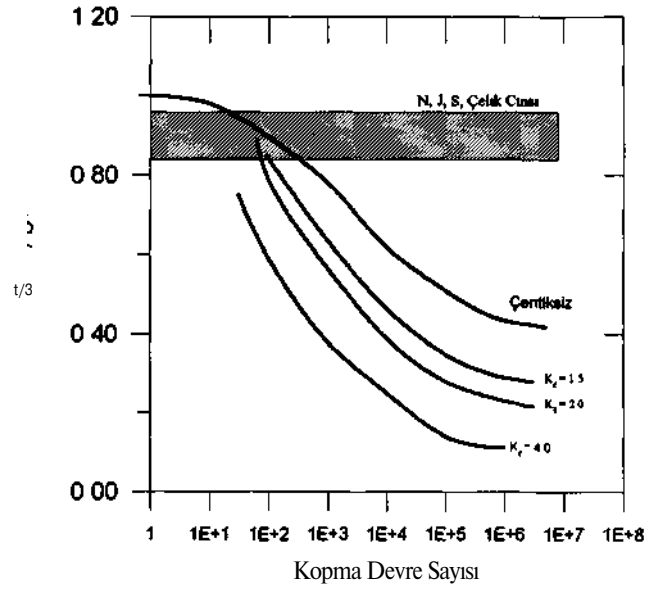
Şekil-1 .Koruma Borusu Elastisite Modülünün Sıcaklıkla Değişimi



Şekil-2.Koruma Borusu Çeliklerinin Akma Mukavemetlerinin Sıcaklıkla Değişimi



Şekil-3. Desteksiz Bora Uzunluğunun Kritik Burkulma Gerilmesine Etkisi



Şekil-4. Devresel Yorulmanın Tahmini için Tasarım Eğrisi



Sondaj Sempozyumu'96 , İzmir-1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Su Sondaj Teknolojileri ve Manisa-Sankız Bölgesindeki Sondaj Kuyulannın İncelenmesi.**

### **Water Drilling Technologies and Reviews of Manisa-Sankız Region s Deep Well.**

YAteşli

*İZSU Genel Müdürlüğü Halkapmar/tZMİR.*

**ÖZET:** Bu Çalışmada Manisa-Sankız Bölgesindeki Sondaj Çalışmaları incelenmiştir.

**ABSTRACT:** This Study reviews of Manisa-Sankız Region's Deep Well Water works and This Region's potential.

#### **1.GİRİŞ**

İzmir Şehri İçme Suyu ihtiyacının bir bölümünün karşılandığı Sankız Kaynakları Manisa İli Saruhanlı İlçesi sınırları içindedir. İlk etüdüleri DSİ'ce yapılan bölgedeki 30 adet kuyudan 24 adedi DSİ'ce açılmış geride kalan 6 adet kuyunun açılması işlemi DSİ'nin bilgileri dahilinde İZSU Genel Müdürlüğünce yapılmıştır.

#### **2.JEOLOJİ**

Bölgenin Genelleştirilmiş Stratigrafik kesiti Şekil 1'de verilmiştir. Bölgenin tabanını Triyas yaşlı Kireçtaşları oluşturur. Triyas Kireçtaşlarının üzerinde Jura Kireçtaşları bulunmaktadır. Kretase Fliş birimi uyumlu olarak Jura yaşlı Kireçtaşlarını üstlemektedir. Tamamı ise Miyosen Kil Marn Kumtaşı ve Konglomera birimiyle uyumsuzluk göstermektedir. En Genç birim olan Pliosen Yaşlı Kil Marn Marn Kireçtaşı ve Kireçtaşı

Sankız Kaynaklarının Kuzeybatısında ve Kuzeyinde Mostra vermektedir. Bütün bu birimleri Kuvarterner Yaşlı Alüvyon üstlemektedir. Bölgede Kretase ile Neojen arasında başka bir formasyona rastlanmayı: Havzanın Üst Kretaseden sonra yükselerek Neojene kadar aşınma safhasında bulunduğunu göstermektedir. Büyük bir kısımda Neojen esnasında su yüzünde kalmıştır. Bölge Post-Hersiniyen ve Alpin hareketlerinin etkisinde kalmış ve bunun sonucunda üst pliosen-alt pleistosen arasında Gediz Grabeni oluşmuştur(Şahinci, 1976).

Bölgede gözlenen kayaçların Hidrojeolojik özellikleri ve Yeraltı Sularının Fizikokimyasal özellikleri gözönünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Sondaj Kuyularından yapılan ölçümlere göre 1978-1991 yıllarına ait su seviyeleri dikkate alınarak su seviye değişim eğrileri çizilmiştir. Yeraltı suyunun beslenme ve boşalım değerleri akım yönleri ve bilançosu hesaplanmıştır.(DSİ-1980)

Kaynak çevresinde yer alan Jeolojik birimler Fiziksel özelliklerine göre geçirindi ve yan geçirimli-geçirimsiz özellikler gösterir. Tektonik hareketlerden meydana gelen kırılma ve faylanmalar sonucunda birimler boşluklu bir yapıya sahip olmuşlardır.

### 3. METEOROLOJİ

Sankız kaynakları ve civarının yağış durumu için Sankız Kaynaklarının 29 km doğusunda ve 443 metre korundaki DSt Kavakalan Yağış İstasyonu verilerine bakıldığında: 1963-1995 yılları arasındaki 32 yıllık verilerden elde edilen ortalama yağış 522.780mm .dir. En az yıllık ortalama yağış 253.2 mm en fazla yıllık ortalama yağış 1024.8 mm.dir. 1982-1995 yılları arasında yağış değerleri incelendiğinde bu yıllar için ortalama yağışın 522.78 mm ile uzun yıllar ortalamasının oldukça altında olduğu ve bu değerler ile 10 yıllık kurak periyot içinde kaldığı görülmektedir. Bu kurak periyotun son sekiz yılma bakıldığında ise ortalama yağış 475.3mm.dir. 1995 toplam yağış ise 640.2 mm dir ve bu aşırı kurak geçen süre Kaynak beslenmelerini olumsuz yönde etkilemiştir

### 4.MEVCUT İŞLETME KUYULARI VE YENİ AÇILAN SU KUYULARI

İzmir Şehrine su sağlayan kaynaklardan birisi olan Sankız Kaynakları için 1983 yılında hazırlanan Fizibilite Raporunda Pompaj Tesisleri için 30 adet işletme kuyusunun açılması planlanmıştır. Bu işletme kuyularından ilk planda 18 adeti açılmıştır. Önceki yıllarda açılmış olan 6 adet araştırma kuyusu ile birlikte toplam 24 adet kuyu pompa montajı yapılarak işletmeye alınmıştır.. İzmir Şehrine emniyetli bir

şekilde verilebilecek su miktarı kaynak akımlarının da alınması halinde 45.6 milyon litre küp/yıl veya 1450 Lt/sn dir. Sankız Kaynakları üç ayrı kaynak grubu olarak çıktığı için üç ayrı grupta açılmıştır. Bunlar sırasıyla:

Memba Kaynağı : 3adet

Göçek Değirmeni Kaynağı : 12 adet

Arpalı Kaynağı : 9adet

TOPLAM: :24 ADET

(Kuyu Yerleri Krokileri için Şekil 2, 3, 4'e bakınız)

Sankız Kuyuları ile ilgili olarak çevrede açılan yeni kuyular ve son yıllardaki yetersiz yağışlardan dolayı su seviyelerinde düşümler meydana gelmiş ayrıca mevcut kuyuların teçhizat durumlarının uygun olmaması nedeniyle su seviyelerinin düştüğü derinliklere Dalgıç pompalar yeterli güvenlikte indirilememiş ve düzgün bir işletme rejimi sağlanamamıştır. Bu nedenle DŞİ'ye Danışılarak uygun görülecek yerlerde yeni işletme kuyularının açılması için müsaade istenmiştir.

DSt tarafından açılmış Sankız Bölgesindeki Derinkuyuların teçhizat planlarına bakıldığında üstten yaklaşık 38-40 m. olan 14 inçlik teçhizat redüksiyon geçişiyle birlikte 10\*3/4 inçlik teçhizata düşmekte ve en alt kısımlarda 8\*5/8 inçlik değere düşerek kuyu tabanına ulaşmaktadır. Son yıllardaki yetersiz yağışlar ve su seviyelerindeki aşırı düşümler nedeniyle Dinamik seviyeler ve Pompa Montaj derinlikleri de değişmektedir.

Kuyuların teçhizat planları dikkate alınırsa seviyelerin düşmesine bağlı olarak kuyulara montajı yapılan pompaların verimleri azalmakta teçhizattan kaynaklanan bir takım problemler nedeniyle pompa montajı esnasında takılmalar



ve zorlanmalar olmakta ve bu da kuyulara küçük çaplı dolayısıyla küçük verimlere sahip pompaların inilmesine neden olmaktadır.

Sonuçta Sankız Bölgesinde işletme kapsamında olan kuyulardan DSİ nin önerdiği 1450 İt/sn lik su temini ancak 24 adet kuyunun çalışması ile temin edilebildiğinden bazı zorluklar çekilmekte ve kuyular dinlendirilmeye alınamamaktadır. Şu anda DSİ den alman izin ile açılan 6 adet İZSU nun elindeki Pompa ekipmanına uygun delgi ve teçhiz çapında ve yeterli derinlikte açılmış yeni işletme kuyulan devreye alınmış ve su seviyesi düşmüş olan kuyularada teçhiz çapına uygun daha küçük çaplı pompalar indirilmiş ve bazıları dinlenmeye alınarak öngörülen yıllık çekim sağlanmış ve emniyetli işletmeye ulaşılmıştır. Yeni açılan 6 adet kuyudan ilk 2 adedi gözlem kuyusu olarak seçilmiş ve bu kuyulardan bir tanesi memba kaynağı bölgesinde diğeri ise Göçek Değirmen bölgesinde açılmıştır. Kuyular için uygun sondaj lokasyonlan saptanmış ve alman sonuçlara göre diğerkuyular DSİ nin daha önce bölgesel olarak planladığı lokasyonlarda açılmıştır. Mema Kaynağında açılan SKİ nolu kuyuda çamur Sirkülasyonlu Rotary Sondaj Sistemi uygulanmıştır. Bunun için uygun çamur havuzlan kazılarak Bentonit Çamuru hazırlanmıştır.

Daha sonra oluşturulan takım dizisi ile delme çalışmalarına başlanılmıştır, ilk metrelerde Neojen Kireçtaşında ilerleme oldukça yavaş seyretmiştir. İlerleme esnasında 13. metrede bir çatlağa girilmiş olup devirdaim kesilmiş daha sonra kuyuya kil basılmış ve koyu bir bentonit çamuru hazırlanarak çatlak kapatılmış ve tekrar devirdaim sağlanarak ilerlemeye geçilmiştir. İlerleme esnasında 17. nci metrede ikinci bir

çatlak geçilmiş devirdaim ile ilerlenerek 35 metreye ulaşıldığında büyük bir çatlağa girilerek, devirdaim kesilmiş devirdaim sağlanamadığından bundan sonraki ilerlemeler temiz su ile devam etmiş ve bu metreden sonra kuyudan numune alınamamıştır.

Temiz su ile ilerleme esnasında geçilen formasyonun sert ve çatklıklı olması ilerleme hızını etkilemiş 91.5m.de takım kesmiştir. Bunun üzerine kuyuda tahlisiye işlemlerine başlanılmış kuyuya indirilen erkek tahlisiye ile çalışmalar sonucunda ağırlık ile ucundaki matkap kurtanmıştır. Daha sonraki ilerlemelerde kuyuda yer yer dolgu birikmeleri olmuş bu dolgu kompresörle alındıktan sonra tekrar temiz su ile ilerleme sağlanarak kuyu 250 metre olarak tamamlanmış kuyudan elektriki log (SP- Rezistivite -Gamma Ray ) değerleri alınmış ve kuyu projesine uygun delme çaplarında taranmıştır. (Şekil 5)

Geçilen formasyon Kireçtaşı ( Neojen Yaşlı) Beyaz san-Gri renkli çatklıklı yer yer kil ve marn bantlıdır.

Elektriki log incelendiğinde yaklaşık 210 uncu metreden sonra kil bantlarının kalınlaştığı arada ince Kireçtaşı bantlarının geçildiği saptanmış olup buradan hareketle bu bölgedeki açılacak diğerkuyuların derinliklerinin 210-220 metreler arasında bırakılmasının uygun olacağı anlaşılmıştır.

Açılan diğerkuyularda da geçilen formasyon izlenmiş her kuyudan alman elektriki log değerlerine göre teçhiz planları oluşturulmuştur. Kuyuların açılması aşamasında her bir metrede kırıntı örnekleri alınarak Litoloji tanımlanmış ve kayıtlara geçirilerek kuyu kütükleri

hazırlanmıştır. Delme şuasında devirdaim suyunun kesilmesine bağlı olarak da çatlak kırık ve kaçak zonların ilerleme hızına bağlı olarak metre itibarıyla notlan alınmış ve bu bilgiler kuyuların teçhiz planlarının oluşturulmasında doğru ve sağlıklı bilgilerin saptanmasında kullanılmışlar ve ayrıca kuyulardan alınan elektrikli log değerleri ile korele edilerek kuyuların teçhiz planları oluşturulmuştur.

Her kuyu bitiminde çalışmalar sırasında yapılan işlemler ve toplanan bilgiler litoloji ve teçhiz bilgileri yapılan test sonucu saptanan akifer ve kuyu ile ilgili parametreler pompaj ve işletme programları kuyuya yerleştirilecek pompa özellikleri tespit edilmiştir. Kuyu derinlikleri geçilen formasyonun özelliklerine ve kuyudan alınan log sonuçlarına göre değerlendirilerek belirlenmiştir.

Kuyulara pompa montajı esnasında kuyunun teçhiz borularından kaynaklanan (boruların ek yerlerindeki kaynak çapakları Redaksiyon geçişlerindeki fazlalıklar ve borulardaki ovallik gibi) birtakım problemler nedeniyle pompaların yeterli ve istenilen derinliğe montajlarının rahatça yapılabilmesi için delme ve teçhiz çapları mümkün olduğunca geniş tutulmuştur.

Ayrıca son yıllardaki yetersiz yağışlar ve beslenmeler gözönünde tutulup su seviyelerinin sürekli düşüm göstermesi dikkate alınarak Sankız Bölgesindeki mevcut kuyuların kot durumları incelenmiş buna göre başlangıç teçhiz çapı geniş tutulmuş ve 80 metre seviyelerine indirilmiştir.

Böylece pompa montaj ve demontajında rahatlık sağlanmış ve kuyulardaki düşümlerin belirli bir seviyeye çekilmesinde buna bağlı olarak da

monte edilen pompaların uzun süre askıda kalmadan çalışabilmesi açısından kolaylık sağlanmıştır. Ayrıca Teçhizin ömrünün uzun olması için boruların et kalınlığı uygun olarak seçilmiş ve kapalı spiral tipi -DSt normlarına uygun saçtan kaynaklı filtreli borular kullanılmıştır.

Sankız Bölgesindeki mevcut kuyuların Litolojik özellikleri dikkate alınmış ve formasyonun göçüntü yapmayacak sert çatlaklı ve boşluklu yapıda olmasından dolayı yeni açılan kuyularda da çakılama işlemi yapılmamış böylece çatlak ve boşluklardan gelen suyun önünde çakıl zarfı engeli olmadan ve suyun hızı kesilmeden daha rahat bir şekilde kuyuya suyun girerek çekilmesine olanak sağlanmıştır.

Kuyularda delme işlemi aşamasında doğruluk ve düşeyliliğin temini amacıyla gerekli önlemler alınmıştır. Ayrıca kuyu ağız betonu kuyuya monte edilecek pompa ve pompa kolon borularının ağırlığının teçhiz borularına oturmaması için uygun dizayn edilmiştir. Kuyuların işletme programlarının sağlıklı olarak saptanmasında kaynak teşkil edecek olan kuyu verim deneyleri (sabit debili düşüm-değişken debili kademeli düşüm )DSİ standartlarına uygun olarak yapılmış ve tecrübe sonuçları değerlendirilerek özgül düşüm kritik debi etki yarıçapı bulunmuş ve akiferin depolama katsayısı hesaplanmıştır. Su tecrübesinin bitiminde Kimyasal Fiziksel ve Bakteriyolojik analizler yaptırılmak üzere su numunesi özel steril şişelerde usulüne uygun olarak alınmış ve analizleri yaptırılmıştır.

Sonuçta 6 adet kuyunun devreye alınmasıyla işletme kapasitesi sürekliliğine erişilmiş yıllık tahsis edilen çekim dengesi kurularak kuyular

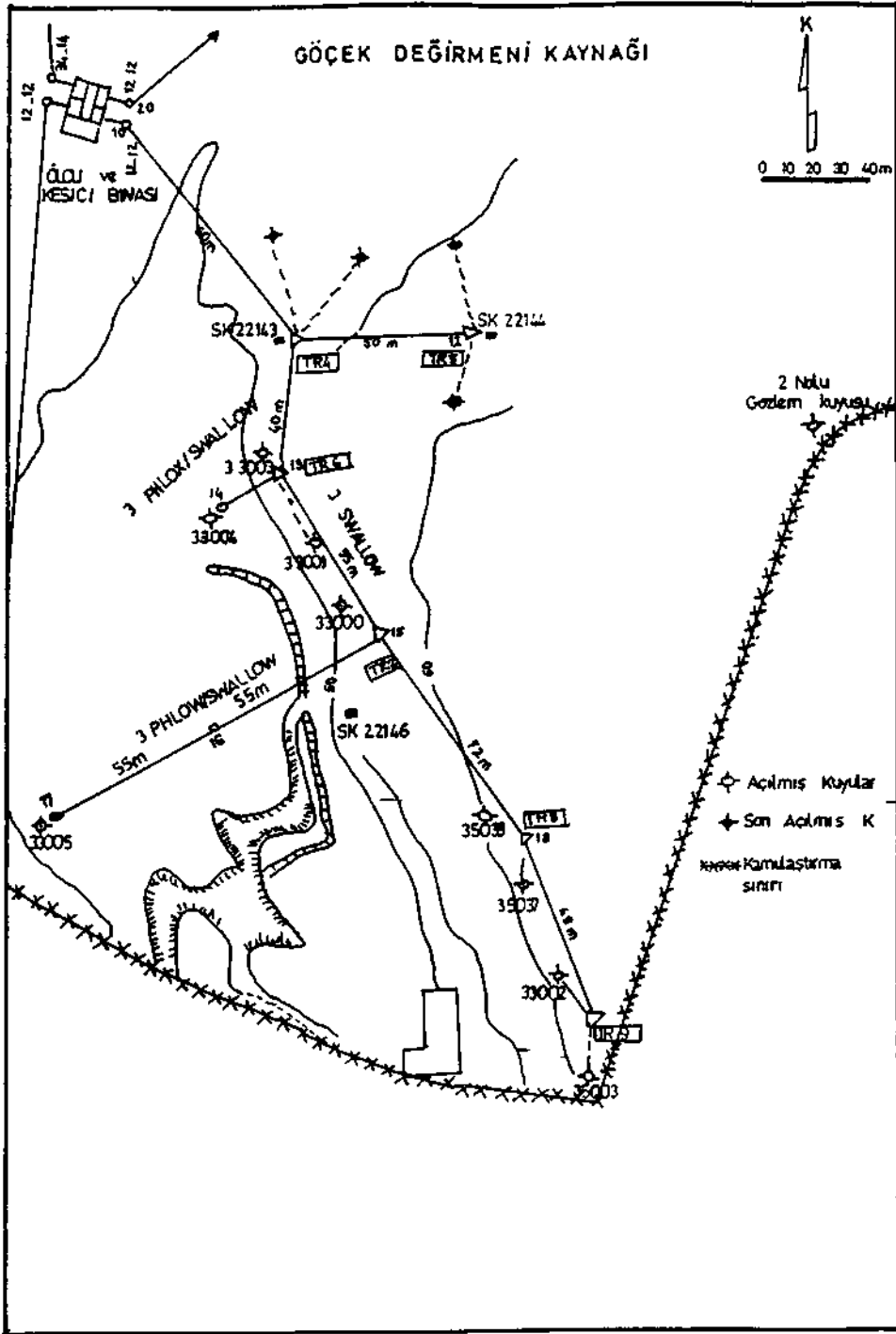
periyodik olarak dinlendirilmeye alınmıştır. Ayrıca üretim dengesi kapsamında çekimler kontrol altında tutulmakta yağışlarla bağlantılı olarak su seviyesi gözlemlenmektedir.

## **5.KAYNAKLAR**

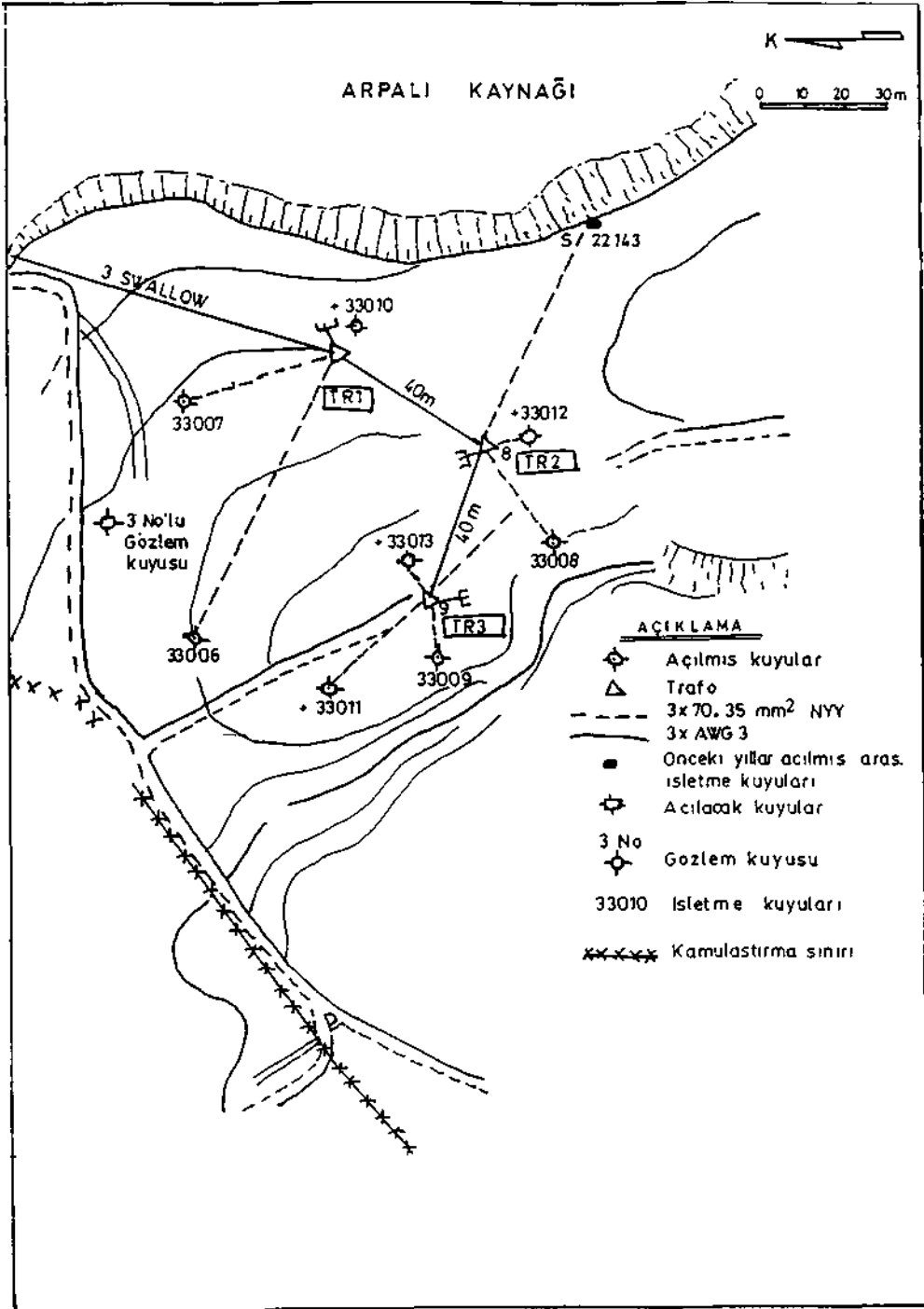
Müşavir Firma:Camp-Harris-Mesera (1971);  
İzmir Projesi Su Temini Master Plan ve  
Fizibilite Raporu.  
B.Congar, C.Günay,N.Atuk, O.Dumlu, M.Sözen  
(1973); İzmir Projesi Manisa Kaynakları  
Manisa-Sarıkkaya Kaynakları Derleme Raporları,  
DSİ-1978  
Manisa-Sarıkkaya Kaynakları Beslenme sahasının  
belirlenmesi, Hidrojeolojik incelenmesi. 1980  
Sarıkkaya Kaynaklarından Emniyetle alınabilecek  
su miktarının tespitine ait rapor,DSİ 1983  
Manisa-Sarıkkaya-Saruhanlı kaynakları







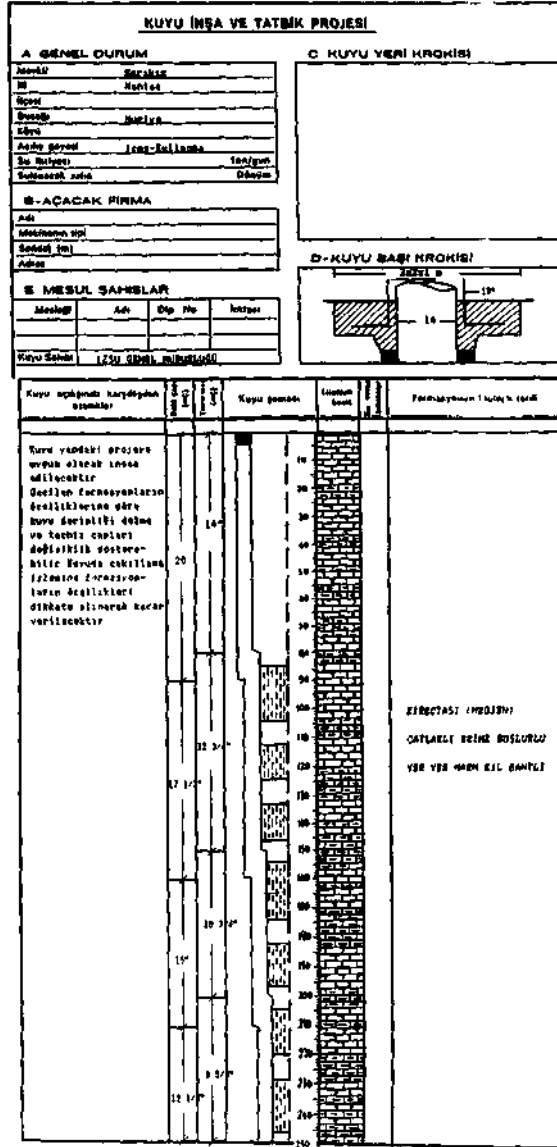
Şekil 3. Göçek Değirmeni Kaynağı



Şekil 4. Arpalı Kaynağı







Şekil 6.SK1 No'lu Kuyu Projesi



Sondaj Sempozyumu'96 , Izmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## Dipten Darbeli Tabancalar ve Değişik Uygulamaları

### Down the Hole Hammers and Various Applications

R.C.Kirtetepe

*Maden Mühendisi, GEMSA General Mahfia San. Ltd. Şti.*

Ö.Y.Erkoç

*Maden Mühendisi, GEMSA General Makina San Ltd. Şti.*

**ÖZET :** Sert kaya yapıların en ekonomik ve hızlı delmek ancak darbeli deliciler ile olasıdır. Geniş çaplı ve derin kuyuları üstten darbeli deliciler ile delmek hemen hemen mümkün değildir. Çözüm dipten Darbeli Tabancalardır. DDT lerin kullanımında optimum verim ve ekonomi için en önemli parametre kullanılan kompresörün verebildiği basınçtır. DDT ler aynı zamanda ters sirkülasyon ve ODS yöntemlerinde de kullanılmaktadır. Günümüzde 610 mm çapında delik delebilecek DDT ler üretilmektedir.

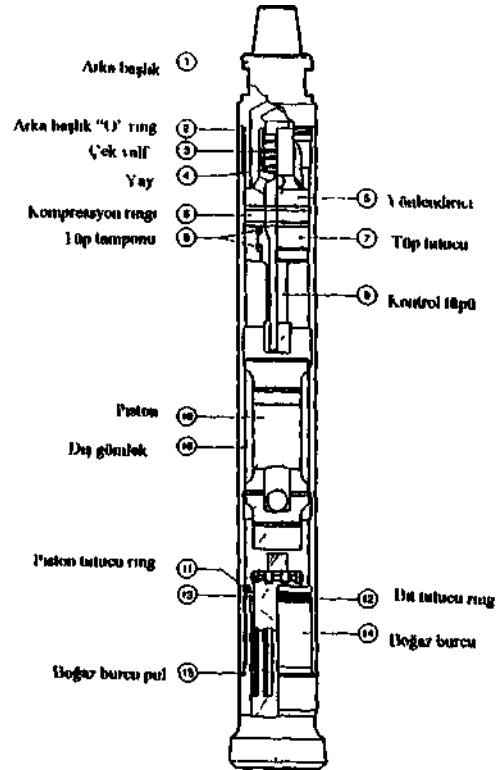
**ABSTRACT:** In drilling hard rock formations, percussion type drilling rigs seem to be the fastest and cheapest. Large diameter and deep holes are almost impossible with top hammer rigs. The solution is the Down the Hole hammers. In using DTH, for optimum cost and efficiency, the most important parameter is the available pressure of the compressor. Down the Hole hammers can be also used for reverse circulation, and ODS applications. Today large hammers drilling as big as 610 mm are available.

## GİRİŞ

Dipten Darbeli Tabancaların sondaj tekniğine uygulanmaya başlaması 1950 li yıllarda gerçekleşmiştir. Kanımızca ilk uygulamalar açık ocak madenlerde patlatma deliğine yönelik olmuştur. ABD de açık ocaklarda büyük çaplı patlatma deliklerine olan gereksinim, ve her kaya yapısının Rotary yöntemle delinmemesi yahut delme hızının çok düşük olması DDT lerin kullanıma verilmesini sağlamıştır.

İlerleyen zamanla, madencilik sektörünün yanı sıra inşaat sektöründe de yeni tekniklerin uygulanması DDT lerin kullanımını yaygınlaştırmıştır.

Başlangıçta, delik içerisinde pahalı bir aygıt olan DDT nin bulunması bu yöntemin pahalı olduğu kanısını uyandırmıştır. Ayrıca DDT lerin uygulandığı delici makinalarda çağdaş elektronik ve hidrolik sistemlerin olmayışı çok sık takım sıkışmasına ve DDT kaybına yol açmıştır. Bu nedenlerle DDT kullanımı son zamanlara kadar pek yaygın olmamıştır.



Şekil 1. DDT nin tipik kesiti

## DDT TANIMI

Dipten Darbeli Tabancalar, darbe veren her pnömatik aygıt gibi, basit olarak, bir silindir, silindirin içerisinde hareketli bir piston ve piston hareketlerini denetliyen valf grubundan oluşurlar. Tabancayı sondaj takımına bağlamak için uygun diş formunda bir arka başlık, ve kayacı delebilmek için pistonun üzerine darbe yaptığı delici uç diğer temel parçalardır. Ayrıca kullanım koşullarına göre çek-valf, üfleme çubuğu gibi parçalarda kullanılabilir. Şekil. 1.

## DDT UYGULAMASINDA VERİM

DDT uygulamasında en önemli handikap tabancanın dolayısı ile piston çapının sınırlı olmasıdır. Basınçlı hava ile darbe yapan aygıtların fizikleri için çok sayıda bağlantı verilmektedir. Bunlardan bir tanesinde Phillips ve Keenan tarafından önerilendir. Kuramsal olarak basınçlı hava ile darbe yapan bir tabancanın gücü;

$$\text{Güç} = \frac{P^{3/2} A^{3/2} S^{1/2}}{W^{1/2}}$$

bağntısı ile verilmektedir. Burada ;

P= piston alanı üzerindeki basınç (bar)

W= piston ağırlığı (Kg)

A = piston alanı (mm<sup>2</sup>)

S= piston strok boyu (mm)

Bu bağlantı şöyle yorumlanabilir;

1) Tabancanın gücü ile, piston boyutları arasında önemli bir bağlantı vardır. Piston efektif alan, dolayısı ile çapı arttıkça tabancanın gücü alanın 1.5 kuvveti kadar artmaktadır. Örneğin;

Çap= 51 mm, Güç= 1 ise

Çap= 64 mm, güç= 1.953 olmaktadır.

Alanın % 57 artması gücü % 95 arttırmaktadır.

2) Pistona uygulanan hava basıncında tabanca gücünü fazlasıyla etkilemektedir. Yine hava basıncı tabanca gücünü 1.5 kuvveti ile etkilemektedir. Örneğin; Diğer değerler değişmez kaldığında

Basınç ~ 7 bar, güç = 1 ise

Basınç = 10.6 bar, güç = 1.984 olmaktadır. Basıncıdaki % 52 lik artış tabanca gücünü yine % 95 arttırmaktadır.

3) Piston ağırlığı tabanca gücünü 0.5 kuvvetinde ve paydada etkilediği için ters orantılı etkin olmaktadır. Örneğin;

Piston ağırlığı- 4 Kg, güç = 1 ise

Piston ağırlığı =6.3 Kg, güç = 0.8 olmaktadır. Görüldüğü gibi piston ağırlığının % 56 artması % 20 oranında güç kaybına yol açmaktadır. •

4) Strok boyu ise doğru oranda etkilemesine karşın 0.5 kuvvetinde etkin olduğu için daha az önemli görülmektedir. Örnekleme gerekirse;

Strok boyu = 51 mm, güç = 1

Strok boyu = 76 mm, güç = 1.224

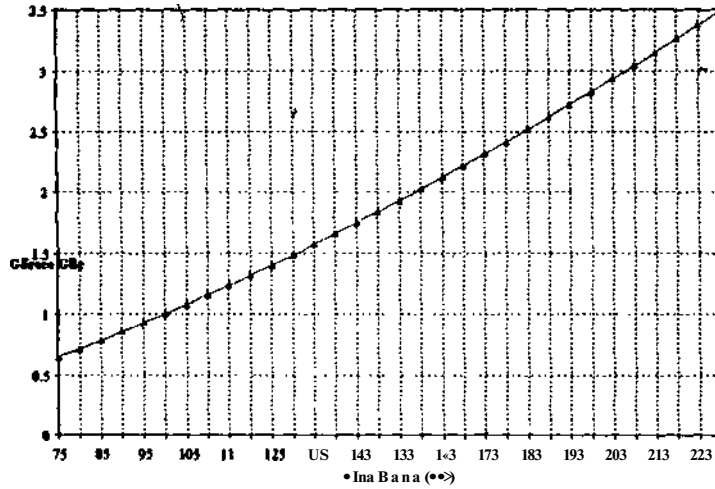
olmaktadır. Burada strok boyu kasıtlı olarak % 56 civarında artırılmış güç artışı % 22 bulunmuştur.

Buraya kadar olan yorum bizlere DDT kullanımı sırasında verimi, diğer bir deyişle delme hızını arttırabilmek için elimizde bazı olanakların olduğunu işaret etmektedir. Yukarıda dört adet parametrenin delme hızında etkili olabildiği açıklanmıştır. Ne varki pratikte elimizde sadece hava basıncı kontrol edilebilecek bir parametre olarak kalmaktadır.

Piston alanı, yani piston çapını genişletmek istediğimizde, tabanca delik içine girmek zorunda olduğu için delik çapında büyütmemiz zorunludur. O zaman DDT nin artan gücü bu büyüyen alana dağılacığı için sonuçta delme hızında bir artış olmayacaktır.

Piston boyutlarında ise DDT nin darbe dinamiği nedeni ile fazla değişiklikler yapılamamaktadır. Dolayısı ile gerek piston ağırlığı ve gerekse strok boyunda fazla değişiklik olası değildir.

Bu durumda geriye sadece hava basıncını denetliyerek delme hızını artırma olanağı kalmaktadır. Yukarıdaki örnek hesaplamalarda yüksek basıncın ne denli önemli olduğu görülmüştür. Hava basıncı ile birlikte gücün ne şekilde arttığı Şekil.2. de verilmektedir.



Şekil.2. Artan hava basıncı ile DDT lerin artan görece gücü.

Buraya kadar açıklanan kuramsal tartışmalar gerçekte arazi uygulamalarında da gözlenmiştir. Gözlemlerden ilki patlatma deliklerinin delinmesinde yapılmıştır. GEMSA HPV 32 modeli bir vagon드릴 üzerine Compair Hollman VOL 301 modeli DDT takılmıştır. Delme sahası KÜM AŞ'in Turan ocağıdır. Delinen formasyon manyezit damarları içeren serpantin olarak belirlenmiştir. Delik boyları 11.5 m olup dört adet boru takıp sökmek gerekmiştir. 100 psi çalışma basıncında bir kompresör ile yapılan delme çalışmalarında ortalama 15.47 m/saat delme hızı saptanmıştır. Kompresör değiştirilmiş ve 170 psi çalışma basıncı uygulanmıştır. Aynı koşullarda ortalama 23.25 m/saat delme hızı ölçülmüştür. Burada kuramsal olarak 2.2 katı hız artışı beklenirken 1.5 kat artış görülmektedir. Nedeni hesaplamalarda net delme hızı yerine, yer değiştirme, boru ekleme ve sökme sürelerinde dahil edilmesidir.

Diğer gözlem ise İstanbul yöresinde çalışan su sondaj firmalarının bildirimleridir. Bilindiği gibi su kuyusuna yönelik sondajlarda mevcut su tablasının oldukça altına inilmektedir. Bu sırada DDT ler su içerisinde çalışmaktadırlar. Kuyu derinleştikçe DDT nin üzerindeki su sütunu basıncında artmaktadır. DDT nin ekzosu üzerinde oluşan bu karşı basınç tabancanın düşük hava

basıncı ile çalışmasına yol açmaktadır. Standard 100-125 psi çalışma basıncı kompresör kullanan firmalar 15- 20 m su sütunundan daha derine inememektedirler. 20 m su sütunu yaklaşık 2 bar basınca karşılık gelmektedir. 7-8 bar olan kompresör basıncı tabancada 5-6 bara düşmektedir. Şekil.2. de görülebileceği gibi 5 bar ( 75 psi) basınçta tabanca gücü neredeyse yarıya inmektedir. Sondaj firmalarının bildirdiklerine göre 5-4 bar basınçlarda zaman zaman DDT ler darbe bile yapmamaktadırlar.

#### DEĞİŞİK DDT UYGULAMALARI.

tik çıkış nedeni olarak geniş çaplı patlatma delikleri delme olduğunu zannettiğimiz DDT ler daha sonraları çok geniş uygulama alanları bulmuşlardır.

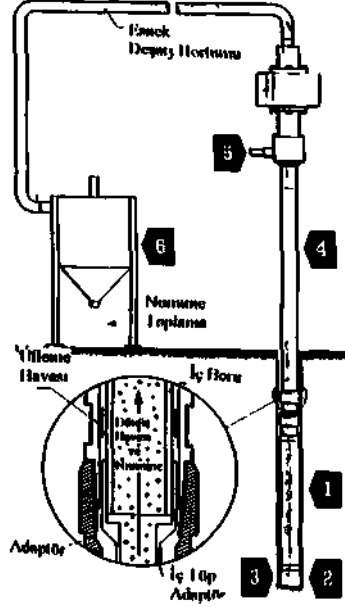
#### A) Numune alma :

Bilindiği gibi jeolojik eksplorasyona yönelik sondajlar genellikle karotlu sondaj ile yapılmaktadır. Ama bir maden işletmesinde, eksplorasyon aşamasından sonra işletme projesine yönelik, cevher yatağının tenor dağılımının detaylı bir şekilde saptanması gerekmektedir.

Bunun örneği ülkemizde krom ve altın madencileri tarafından verilmektedir. Bergama'da çalışma izini bekleyen EUROGOLD

fırması yatağın tenor durumunu saptıyabilmek için çok sık pattemle sondaj yapmıştır. Böylesine bir sondaj programının karotlu sondaj ile ne denli pahallı olacağı ortadadır.

Böylesine durumlarda ekonomik bir seçenek olarak Ters Sirkülasyonlu DDT yöntemi yaygın kabul görmektedir. Bu yöntemde Ters sirkülasyon DDT si ve uygun bir tesisat kullanılmaktadır. Yöntem Şekil.3. de tanımlanmaktadır.



Şekil.3. Ters sirkülasyon tesisatı.

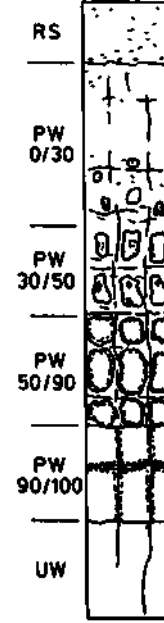
Sistemde\* 1 Numara ile Ters sirkülasyon DDT gösterilmektedir. 2 ve 3 Numaralar bitleri göstermektedir. 4 Numara ile çift cidarlı sondaj boruları, 5 Numara ile svivel ve adaptörler işaret edilmektedir. 6 Numara ise numune toplama siklonudur.

Yöntemin kalbi ise daire içine alınarak detaylandırılan DDT ve boru bağlantı noktasıdır.

Bu yöntem ile derinliği bilinen noktalardan, kanşıklık olmadan numune-alabilme güvencesi olmaktadır.

#### B) Zemin destekleme :

Günümü/de büyük yerleşim yerlerinde inşaat yapmak özel bir sektör durumuna gelmiştir. Binaların yüksek yapılar olması, arsaların çok pahallı olması sonucunda her türlü zeminde inşaat yapmak gerekmektedir. Bu zorunluluk ancak uygun zemin destekleme teknikleri ile çözümlenebilmektedir.

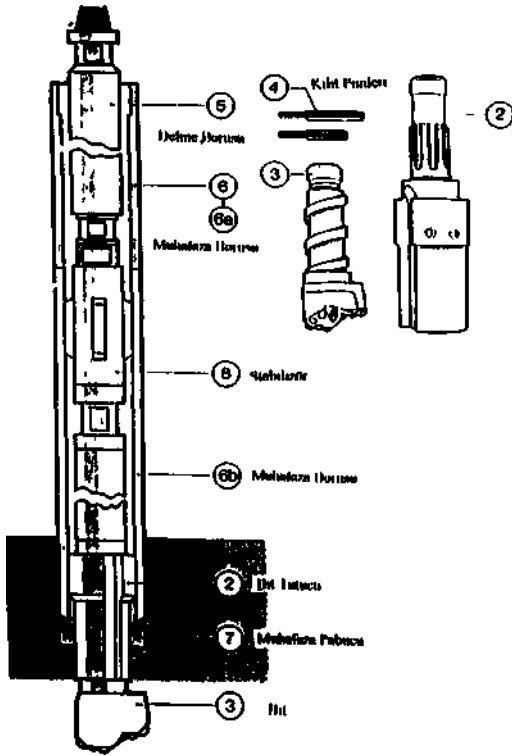


Şeldl.4. Jeolojik katmanların ideal sıralanması.

Jeolojik olarak el değmemiş bir zemin Şekil.4 deki gibi tanımlanabilmektedir. Değişik koşullarda her katmanın derinliğinde farklı olmaktadır. Zaman zaman inşaat ekonomisi açısından taşıma kapasitesi düşük katmanları kazarak sağlama inmekde olası olmamaktadır. Böylesine durumlarda şu teknikler uygulanmaktadır;

i) Taşıma kapasitesi düşük katman kazılmakta ve sağlam zemine kadar inilmektedir. Yer darlığı nedeni ile kazı şevler 90° ye yakın

olmaktadır. Stabilitiyi sağlamak için perde duvarlara ankraj uygulanmaktadır.



Şekil.5. ODS yönteminin elemanları.

ii) Ankrajın çalışmayacağı zeminlerde mini kazık uygulaması ile güvenli bir duvar oluşturulmaktadır.

iii) Ost kottan başlayarak, aşağıda yeterli taşıma kapasitesi olan katmana kadar inen kazıklar çakılmakta ve yapı bunlar üzerine oturtulmaktadır.

Bu tekniklerin sayısı dahada arttırılabilir. Amacımız söz konusu teknikleri detaylandırmak değildir. Bunlara değinmemizin nedeni hemen hemen her teknikte zayıf katmanlardan, sağlam katmanlara doğru deliklerin delinmesi gerektiğini göstermektir.

Sondaj ile uğraşanların en çok zorlandıkları anlar, zayıf katmanları geçerken yaşadıklarıdır. Gerçi günümüz teknolojisinde muhafaza boruları ile bu sorunun üstesinden kolaylıkla gelinmektedir. Ama zemin şeklimizde gösterilen PW 30/50 ,PW 50/90 katmanları içeriyorsa,zorlanmalar başlamaktadır. Böylesine zeminler kendilerini taşıyamayacak kadar zayıf olurlarken, içerdikleri kayaç blokları yüzündende rotary yöntemle delinmeleride zor ve yavaş olmaktadır.

Bu sorunun üstesinden gelebilmek için ODS yöntemi geliştirilmiştir. ODS genelde rotary, üstten darbeli yöntemler ilede çalışabilmektedir. Ama en verimli ve etkin çalışması DDT ler ile olmaktadır. Yöntem Şekil.5. de tanımlanmaktadır. Burada yaşamsal önemde olan parçalar 2 Numara ile gösterilen bit tutucu ve 3 Numara ile gösterilen bit bulunmaktadır. Bitin cksantirik yapısı ve tutucu üzerindeki kanallar nedeni ile normal dönüş yönünde bit dışarıda olmaktadır.

Bitin dışarıdaki konumunda muhafaza borusu çapından biraz büyük delik delinmektedir. Bit ve tabanca delik içerisinde ilerlerken, muhafaza pabucuna dayanan bit tutucu muhafaza borusunuda çekmektedir. Delme işlemi delme borusu ve muhafaza borusu eklenerek istenilen derinliğe kadar devam eder.

Amaçlanan derinliğe inildikten sonra, takıma yarım tur ters dönü verildiğinde bu kez eksantirik bit kapanarak muhafaza borusu içine girecek çapa düşer. Muhafaza borusu yerinde kalmak koşulu ile diğer takımların tümü delik dışına alınabilir. Delik hangi amaçla deliniyor ise gerekli işlem yapıldıktan sonra, örneğin ankraj işinde teçhizat ve beton yerleştirildikten sonra muhafaza borusuda geri çekilebilmektedir.

ODS yöntemi her türlü zemin şartlarında güvenli ve hızlı delik delme yöntemidir.

#### O Büyük çaplı DDT uygulaması:

Zemin destekleme amaçlarını anlatırken bazı koşullarda zayıf katmanlardan sağlam katmanlara beton kazıklar çakıldığı ve yapıların bu kazıklar üzerine oturtulduğuna değinilmişti. Kazıkların yerleştirilmesi sırasında Şekil.4 df

gösterilen PW 30/50 ve PW 50/90 benzeri katmanlarda yeterli gemşlikde kuyular açmak gerekmektedir. Kuyuların içerisine daha sonra demir teçhizat yerleştirilmekte ve beton dökülmektedir.

Söz konusu zeminlerde kuyu açabilmek yine DDT ler ile hızlı ve ekoomik olmaktadır. Buradaki kazık çapları büyük olduğu için DDT ler ve bit çaplarında ona göre olması gerekmektedir. Artık günümüzde 610 nun çapında bitler ve bunları kullanacak büyükJükde DDT ler yapılmaktadır.

Dünyanın değişik yerlerinde uygulanmasına karşın günümüzde Hong Kong da yaygın bir şekilde büyük, çaplı DDT ler kullanılmaktadır.

#### **D) Delik YOnlendirme:**

Zaman zaman, özel uygulamalarda deliklerin yönlerinin kontrol edilmesi gereği doğmaktadır.

En güzel ömeği, yaygın şekilde uygulanan doğal gaz, elektrik, telefon tesisatı döşemeye yönelik yatay sondajlardır. Genelde yerleşim merkezlerinde yapılan bu tür sondajlar ile açık kazı yapmaya gerek kalmadan tesisat döşeme işlemleri yapılmaktadır.

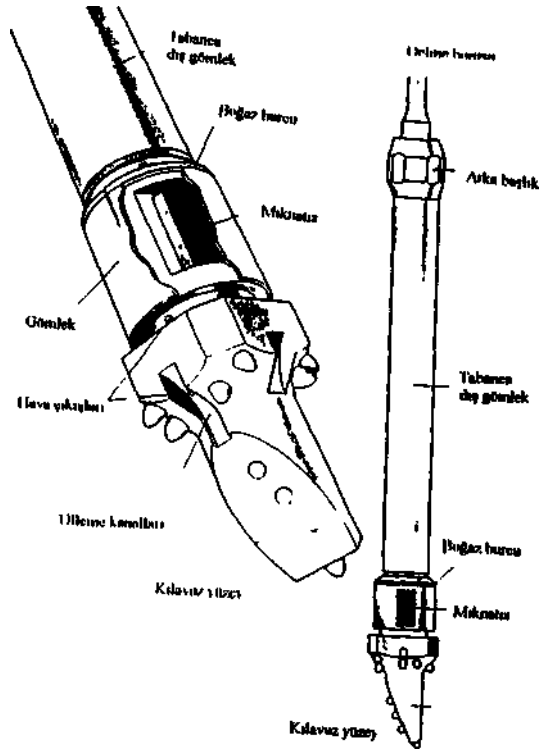
Diğer bir örnekte, yerleşim merkezlerin dışında, yukarıda değinilen tesisatların otoyol, sulama kanalı gibi yapıların altından geçirilmesidir. Burada yine açık kazı yapmadan, yönlendirilebilen delik yöntemi ile tesisatın döşeneceği açıklıklar elde edilmektedir.

Delik yönlendirme Şekil.6. da gösterilen bir bit dizaynı ile gerçekleştirilmektedir. Normal delme işleminde takıma gerekli dönü verilerek ilerleme yapılmaktadır. Yön değiştirileceği zaman takımın dönüşü durdurulmakta, kılavuz yüzey gidilecek yönün aksi konumuna getirilmekte ve sadece darbe ile ilerleme yapılarak amaçlanan yön sağlanmaktadır.

#### **SONUÇ**

Günümüzde sert kaya yapılarında derin ve geniş çaplı sondajlar yapmanın en ekonomik

ve hızlı yolu Dipten Darbeli Tabancalar ile yapılanlardır.



ŞeldL6. Delik yönlendirme bit ve aksesuarları.

Son zamanlardaki teknolojik gelişmeler ile DDT ler değişik amaçlar ilede kullanılmaktadır. Cevher yataklarında Ters sirkülasyonlu DDT ler kullanılarak doğru bir şekilde numuneler hızlı ve ekonomik şekilde alınabilmektedir.

Yine gelişen teknoloji ile birlikte, özellikle zemin destekleme işinde kullanılan ODS yöntemi kullanılmaya başlamıştır. ODS ile her türlü zeminde delik delinebilmekte, diğer



**işlemler bitinceye kadar muhafaza boruları yerinde bırakılmaktadır. ODS özellikle sağlam ve zayıf katmanların ardaşık bir şekilde konumlandığı durumlarda ekonomik ve hızlı delik delinmesini sağlamaktadır.**

Büyük çaplı kazıkları yerleştirmek amacı ile gerek duyulan büyük çaplı kuyuları DDT ile açma olasılığında bulunmaktadır. Günümüzde 610 mm çapına kadar delebilen DDT ler üretilmektedir. Teknolojik ilerleme ile çapın artmasında beklenmektedir.

Böylesine uygulama alanı geniş olan DDT lerin kullanılmasında hız ve verim açısından en önemli eleman kullanılan havanın basıncı olmaktadır. Tabanca verimini etkileyen diğer elemanlar üretim ve dizayn gereği fazla değişmemektedir. Buna karşın doğru kompresör kapasitesi ve basıncı ile DDT lerden daha yüksek verim ve ekonomi elde etmek olasıdır.

#### KAYNAKLAR

Erkoç, Ö.Y. 1992. *TAG Otoyol inşaatı Taş Ocakları etüdleri.* (Yayınlanmamış).

Erkoç, Ö.Y. 1996. *Kaya Patlatma Tekniğinde Delik Delme, Yöntem ve Maliyet Karşılaştırması.* 2. Delme Patlatma Sempozyumu ANKARA.

Kirtetepe, R.C. 1985. *Türkiyede delici makına imalatına yönelik çalışmalar.* (Yayınlanmamış).

Phillips,E.H ve Keenan, A.F. *\96%Jercussion Drilling.* A chapter of Surface Mining, Mudd Series.