

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 m³ lük dolgu hacmi ile Dünya' nın en büyük 6. cı barajı olma özelliğine sahip olan atatürk barajı; 1,200,000 m² 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.

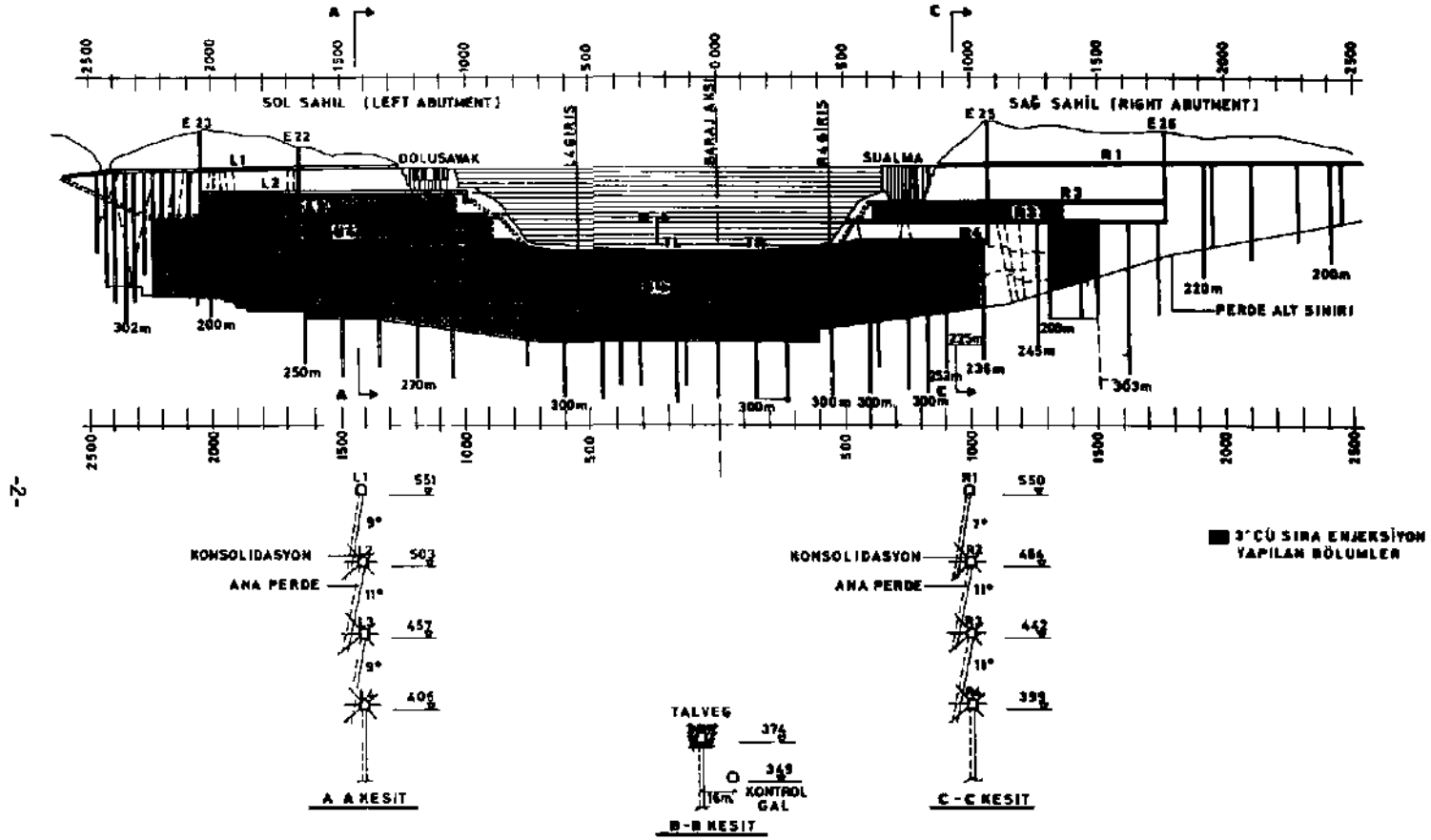
Aşağıdaki bölümlerde, Projede yapılan Galeri hafriyatları ile Sondaj faaliyetleri ayrı bölümler halinde özetlenmektedir.

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.

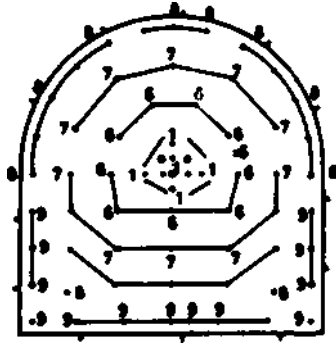
Ayna ilerlemeleri normal patlatma yöntemiyle ve göbekte 4 adet 76 mm.lik boş delik delinerek (Burn-cut) gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.de genel atım paterni, görülen patlamalarda; 6 veya 7 değişik gecikmelerde, 30 mili saniyelik kapsüller ve MKE jelatinit dinamit kullanılmıştır. Delik sayısı ve kullanılan 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 m² (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 ²		1977-1978
GRAND MAISON	FRANSA	70.000 m.	100.000 m ³		1980-1984
CARACOL	MEKSİKA	79.000 m.	400.000 m ¹		1983-1985
AİT CHOUARİT	FAS	98.000 m.	80 000 m ³		1984-1987
YACYRETA	ARJANTİN	510.000 m.	500.000 m ⁴		1985 -1992
PIEDRA DEL AGUILA	ARJANTİN	120.000 m.	120.000 m ¹	38.000m	1969-1993
MANANTALİ	MALİ	300.000 m.	400.000 m ³		1983- 1987
AOULOZ	FAS	117.000 m.	140.000 m ²	16.400m	1989-1990
ASWAN	MISIR	335.000 m.	62.000 m ⁴		1964-1970
EL CEJON	HONDURAS	535.000 m.	560.000 m ¹	95.000 Ton	1980-1985
KHAO LAEM	TAYLAND	559.000 m	580 000 m ¹	64 000 Ton	1981 -1984
SANTA GIUSTINA	İTALYA	105.000 m.	60.000 m ²	8.000 Ton	1976-1982
ASLANTAŞ	TÜRKİYE	28.400 m.	40 600 m ²	1.400 Ton	1975-1984
KEBAN	TÜRKİYE	338.000 m.	300 000 m ¹	135.000 Ton	1965-1975
ALTINKAYA	TÜRKİYE	29.400 m.	35.000 m ²	1.000 Ton	1982-1987
KARAKAYA	TÜRKİYE	37 500 m.	130000m ²	1.130 Ton	1976-1987
ATATÜRK	TÜRKİYE	1.723.000 m.	1.200.000 m ¹	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 umut 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 ! 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.						

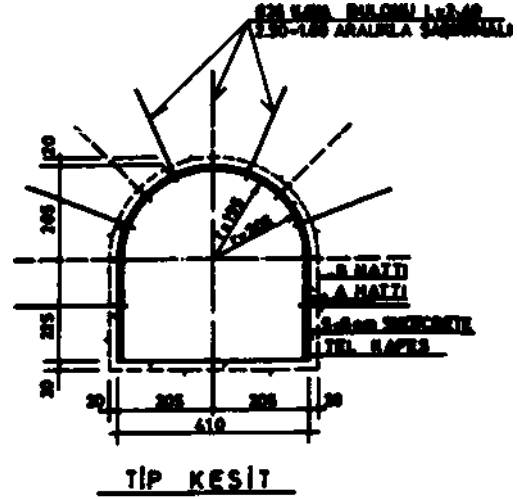


Şekil 2. Ayna Atım Paterai

Galeri hafriyatlarında 8 saatlik, 3 vardiya olarak çalışılmış ve normal şartlarda; 2 vardiya ayna ilerlemesi, 1 vardiya galeri desteklemesi şeklinde devam edilmiştir. Destekleme, önce kaya yüzeyine 5 cm lik shotcrete daha sonra hasır çelik ve 26 lık tor çelikten 2.40 m.lik kaya bulonu yerleştirilmesi ve nihayet tekrar 5 cm lik kalınlıkta shotcrete kaplanması şeklinde gerçekleştirilmiştir. (Şekil 3). Zemin özelliğine bağlı olarak Dipten Genişlemeli (Expandet Shell Type) bulonlar kullanıldığı gibi, genellikle bulonlar tüm kuyu boyunca çimento ile enjekte edilmiştir. Zeminin çok bozuk olduğu bölümlerde ise, I 160'lık profil demirden yapılan iksalar kullanılmıştır.

Delgi işlemlerinde 9 adet M-DH 107 L Tamrock Jumbo Tünel Delicileri, hafriyatlar da ise; 5 adet Eimko 913 LHD Lastik tekerlekli kepçe (1.3m³ kapasiteli) ve 10 adet Eimco 985 T 15 Kamyon (12 ton kapasiteli) kullanılmıştır. Bulon delgisi ve yerleştirilmesinde ise mevcut 2 adet Tamrock Robolt bulonlama makinası çok büyük bir sürat

sağlamıştır. Shotcrete kaplamalarında ise 22 adet 260 ve 280 Model Aliva makinaları kullanılmıştır.



Şekil 3. Galerî Tahkimat Sistemi

Galerilerin beton kaplamaları; raylar üzerinde hareket eden, hidrolik tahrikli 22 adet kayar-saç kalıpla yapılmış; toplam sayısı 13 adet olan Putzmeister BRA 140 GE ve BRA 2100 HE modeli beton pompaları kullanılmıştır. Beton karışımlarının, santrallardan yeraltı nakillerinde ise, 7 adet Normet PK 4000 transmikser kullanılmıştır.

Yeri gelmişken belirtilmesinde yarar gördüğümüz bir konu, Enjeksiyon Galerileri hafriyatların da, tek bir ölümcül kazanın dahi vuku bulmamış olmasıdır.

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 nehir suyunu geliştiren su girişini önlemek amacıyla ve bir bölümünde mamba ve mansap batardolarının altında olmak üzere, toplam 13,500 m³ 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 önlenmiş gibi, kayanın konsolidasyonu da sağlanarak mukavemeti artırılmış ve zemin oturumları asgariye indirilmiştir. (Bakınız Şekil 4).

Yüzeyden yapılan konsolidasyon enjeksiyonlarına, 02.07.1986 tarihinde başlanmış ve 03.08.1987 tarihinde tamamlanmıştır. Yaklaşık 100,000 m³ 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 m³/sn. lik bir su gelişi 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

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 m³/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

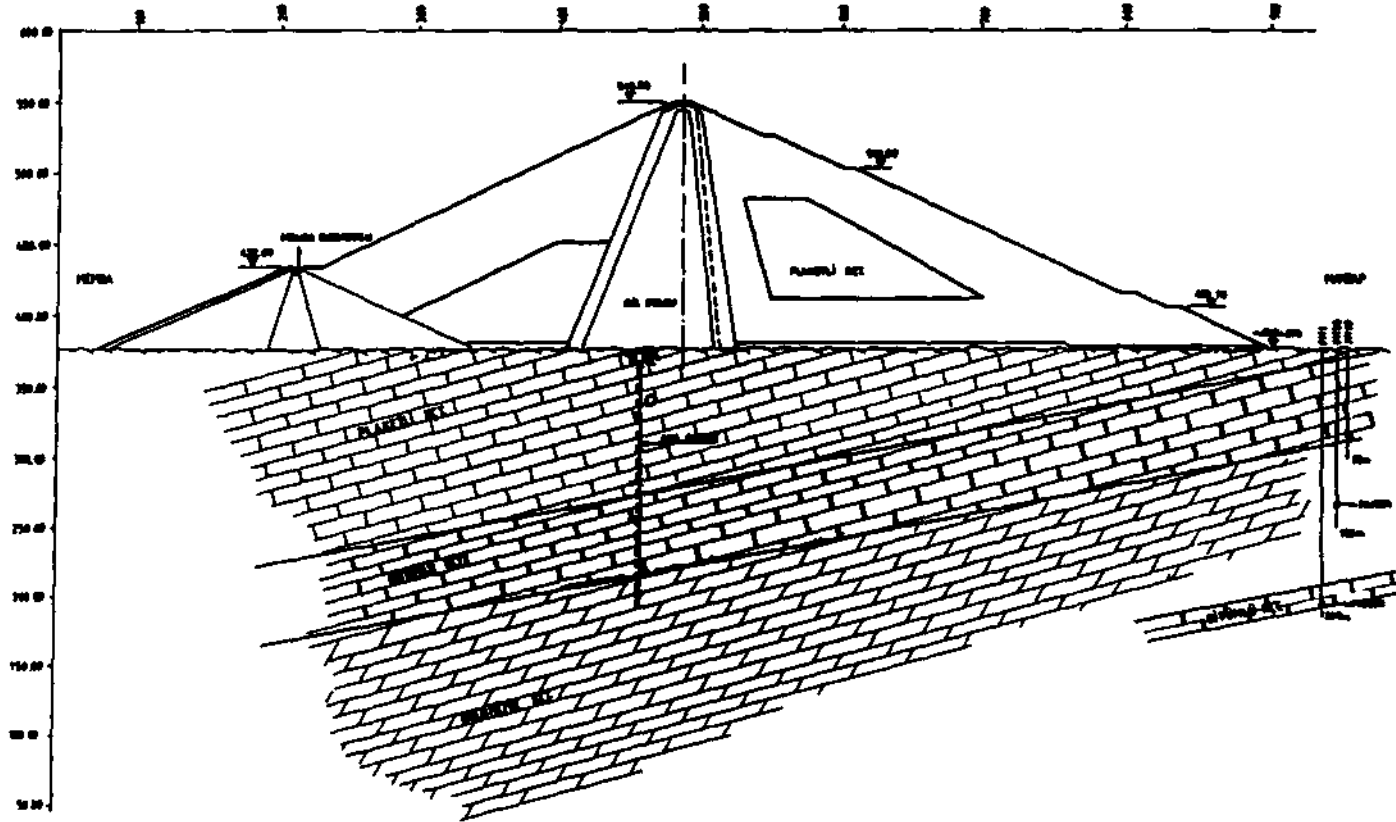
Bu büyük beton yapıların tabanındaki zeminin konsolidasyonun yapılarak, kayaçların taşıma gücünü arttırmak, aynı zamanda da zeminin sızdırmazlığını sağlayarak gölden gelecek suyun etkisini önlemek amacıyla sağ sahildeki Su alma yapısı tabanında 20.12.1988 ile 17.09.1991 tarihleri arasında Beton faaliyetlerine 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 m³/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 m³/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 m³/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 m³/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 m² 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 buton 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 adeti 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 yapıp, 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 Yaslca 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 Yaslca Sulama Tünelinde de 620 mm.çapında 62 m. ve 63 m. derinliklerinde 2 adet havalandırma bacası oluşturulmuştur.

3.7.6. Yaslca 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
Toplam	820

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
Δt	Sıcaklık farkı, °C
c	Termal uzama katsayısı (Çelik için $c= 11 \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ C^{-1}$)
A	Borunun kesit alanı, m ²
F	Kuvvet, N
E	Elastisite Modülü, (Çelik için $E=2.1 \cdot 10^{11} N/m^2$)
P_c	CO ₂ nin kısmi basıncı, Pa
N_c	CO nin mol oranı
L	uzunluk, m