



# ATTILA YALÇIN SONDAJ ÇALIŞTAYI

31 Ekim - 2 Kasım 2011, İSTANBUL

Editörler

Erdoğan YÜZER

Tolga YALÇIN

A. Ekrem YÜCE



İTÜ  
Maden Fakültesi



TMMOB  
Maden Mühendisleri Odası



Türkiye  
Madenciler Derneği



Yurt Madenciliğini  
Geliştirme Vakfı



# ATTİLA YALÇIN

## SONDAJ ÇALIŞTAYI



### Anılar / Bildiriler Kitabı



*İTÜ Maden Fakültesi Dekanlığı  
TMMOB Maden Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi  
Türkiye Madenciler Derneği  
Yurt Madencilikini Geliştirme Vakfı*



### Editörler

**Erdoğan Yüzer  
Tolga Yalçın  
A.Ekrem Yüce**



**31 Ekim – 2 Kasım 2011  
İSTANBUL**

## **ÇALIŞTAY DÜZENLEME KURULU**

|                      |                                     |
|----------------------|-------------------------------------|
| Dr. H. İlyas ÇAĞLAR, | İTÜ Maden Fakültesi                 |
| Mehmet TORUN,        | TMMOB, Maden Müh. Odası             |
| Mustafa SÖNMEZ,      | Türkiye Madenciler Derneği          |
| Dr.Güven ÖNAL,       | Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı |

## **ÇALIŞTAY YÜRÜTME KURULU**

|                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| Başkan            | : Dr. Erdoğan YÜZER |
| Sekreter (Teknik) | : Dr.Tolga YALÇIN   |
| Sekreter (Sosyal) | : Dr.A.Ekrem YÜCE   |
| Üyeler            | : Dr Mahir VARDAR   |
|                   | Dr. Remzi KARAGÜZEL |
|                   | Dr. Nijat GÜRSOY    |
|                   | Dr. Şafak G. ÖZKAN  |
|                   | M. Atılğan SÖKMEN   |
|                   | A.Bora YALÇIN       |
|                   | Tayfun MATER        |
|                   | Zeynep AKTUNA       |

©Tüm hakları saklıdır. TMMOB Maden Mühendisleri Odası'nın yazılı izni olmaksızın bu kitap ya da kitabın bir kısmı herhangi bir biçimde çoğaltılamaz, yayınlanamaz.

ISBN : 978-605-01-0187-4

Basım Yeri : Dinç Ofset Matbaacılık San. ve Tic. Ltd.Şti.

### **TMMOB Maden Mühendisleri Odası**

Selanik Cad. No: 19/4 06650 Kızılay – Ankara  
Tel : + 90 (312) 425 10 80 Fax: +90 (312) 417 59 90  
Web: www.maden.org.tr E-posta: maden@maden.org.tr

### **TMMOB Maden Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi**

Büyükdere Cad. Çınar Apt. No: 95 Kat:8 Daire:31  
Mecidiyeköy – İstanbul  
Tel: +90 (212) 356 74 10 Fax: +90 (212) 356 74 12



## **DANIŞMA / BİLİMSEL KURUL**

**Melih ALGAN  
Niyazi AKSOY  
Ergin ARIOĞLU  
Sinan ASLAN  
Özdoğan AMBAR  
Sinan BİBEROĞLU  
Nuh BİLGİN  
Faruk ÇALAPKULU  
Nevin ÇEKİRGE  
Behiç ÇONGAR  
Serkan DAĞLIOĞLU  
Vedat DOYURAN  
Tufan DURGUNOĞLU  
Turan DURGUNOĞLU  
Yücel ERDEM  
Mustafa ERDOĞAN  
İsmail ERİŞ  
Bayram ERKAN  
Okay EROSKAY  
Bahadır ERGENER  
İlker ERTEM  
Abdullah GÜLGÖR  
Ali Malik GÖZÜBOL  
Hasan HACİFAZLIOĞLU  
Mete İNCECİK  
Ali KAHRİMAN  
Çetin KARA  
Hüseyin KARABULUT  
A.Kadir KARADOĞAN**

**Ahmet KAYA  
Alaettin KILIÇ  
Halil KUMSAR  
Yılmaz MAHMUTOĞLU  
Mahmut MUTLUTÜRK  
Mücahit NAMLI  
Serdar ORAN  
Akın ÖNALP  
Tahir ÖNGÜR  
Kutay ÖZAYDIN  
Evren ÖZBAYOĞLU  
Işık ÖZPEKER  
Ümit ÖZER  
Turgut ÖZTAŞ  
Dündar RENDA  
Ümran SERPEN  
Bekir Sami SEZGİN  
Şakir ŞİMŞEK  
Erhan TİMUR  
Tamer TOPAL  
Atiye TUĞRUL  
Güngör TUNCER  
Murat TURAN  
Necdet TÜRK  
Mehmet TÜRKÖVER  
Reşat ULUSOY  
Mustafa YILDIRIM  
Öner YILMAZ**

## ÖNSÖZ

Bu çalıştay, 47 yıllık meslek yaşamının büyük bir bölümünü sondaj uygulamalarına adayan, 2008 yılında yitirdiğimiz Maden Yüksek Mühendisi Attila YALÇIN anısına, uzun yıllar emek verdiği TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Yurt Madencilik Geliştirme Vakfı ve Türkiye Madenciler Derneği tarafından, İTÜ Maden Fakültesi ev sahipliğinde gerçekleştirilmiştir.

Çeşitli mühendislik uygulamalarında sondajlardan elde edilen verilerin, yürütülen projelerin güvenliğinde, maliyet ve yapım süresi üzerinde oluşturduğu olumlu etkileri giderek daha iyi algılanmakta ve değerlendirilmektedir.

Bu çalıştayın ana amacı, maden ve su aramaları ile temel araştırmaları için yapılan sondajlarla gerçekleştirilen modelleme, çağdaş uygulama yöntemleri ve teknolojideki gelişmeleri sergilemektedir.

Bu çalıştayın gerçekleşmesinde sunumları ile katkı koyan tüm konuşmacılara, destek sağlayan kurum ve kuruluşlara teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Çalıştay Düzenleme Kurulu

Ekim 2011 / İstanbul

## TEŞEKKÜR

İTÜ Maden Fakültesi  
TMMOB Maden Mühendisleri Odası  
Türkiye Madenciler Derneği  
Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı  
İTÜ Vakfı  
İş-Koray  
Zemin Etüt ve Tasarım A.Ş.  
Soma Madencilik  
Zemin Teknolojileri Merkezi  
Tecniwell  
Geodata  
Atlas Copco

*“Çalıştay’a Katkılarından Dolayı Teşekkürlerimizle”*

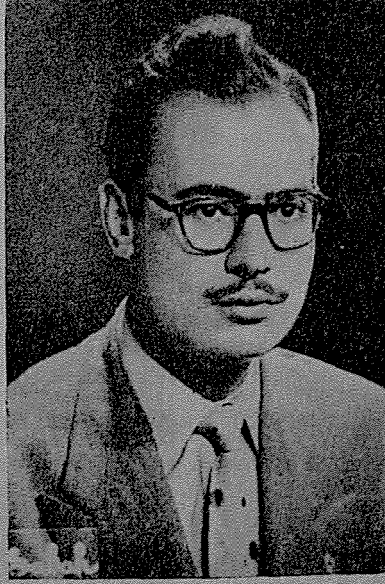


## **İÇİNDEKİLER**

|                                                                                                                                                                             | <b><u>Sayfa</u></b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| ÖNSÖZ.....                                                                                                                                                                  | iv                  |
| Anılar.....                                                                                                                                                                 | 1                   |
| Bildiriler.....                                                                                                                                                             | 32                  |
| Temel Tasarımında Zemin Etüd Kapsam ve Kalitesinin Önemi<br><i>Turan Durgunoğlu</i> .....                                                                                   | 33                  |
| Spesifik Enerji Kavramı ve Sondaj Verilerinden Tünel Açma Makinalarının<br>Seçim ve Performans Tahminine Geçiş<br><i>Nuh Bilgin, Cemal Balcı, Haneî Çopur</i> .....         | 47                  |
| Son Yarım Yüzyılda Jeotermal Sondajların Gelişimi<br><i>Umrın Serpen</i> .....                                                                                              | 59                  |
| İstanbulda Bazı Boru İtme Uygulamaları<br><i>Mücahit Namlı, Erol Güler</i> .....                                                                                            | 71                  |
| Tuzlu ve Jipsli Sahalarda Yapılan Jeotermal Amaçlı Derin Sondajlara Bir<br>Örnek: Çankırı Balıbağı Jeotermal Araştırma Sondajı<br><i>Sinan Sarp</i> .....                   | 79                  |
| F-2500 Sondaj Makinaları İçin Jeotermal Sondajlarda Kuyu Dizaynı ve<br>Takım Dizisi Seçimi<br><i>Bülent Toka</i> .....                                                      | 91                  |
| İstanbul Boğaziçi (SP-7) Tünelinde Kılavuz Delgi Kontrollü Kazı Yönetimi<br><i>Aydın Bakır, İsmail Eriş, Serkan Dağlıoğlu</i> .....                                         | 107                 |
| Yeraltı Suyu Ölçümlerinin Mühendislik Projelerinde Önem ve Etkileri<br><i>Niyazi Şennazlı</i> .....                                                                         | 120                 |
| Sondajcılıkta İleri Teknolojiler- PREDATOR™ Delme Sistemi<br><i>Çetin Kara</i> .....                                                                                        | 125                 |
| The “U.W.A” Under Water Anchoring System<br><i>Cesare Melegari</i> .....                                                                                                    | 129                 |
| miniJET® System<br><i>Cesare Melegari</i> .....                                                                                                                             | 145                 |
| Kadıköy-Kartal Metro Projesi Tünellerinde Bir Mühendislik Sorunu ve<br>Araştırma-İyileştirme Sürecinde Uygulanan Farklı Sondaj Uygulamaları<br><i>Sinan Biberöğlu</i> ..... | 159                 |







I. T. Ü. Telebe Birliği Başkanı

AHİLÂ YALÇIN

(1958-59)

ANILAR...

# Attila YALÇIN'ın Yaşam Kütüğü

## (1935-2008)



Meslek yaşamının (1961-2008) neredeyse tümünü 'sondaj'a başka bir deyişle yeraltının bilinmezliğine, onları günışığına çıkarıp, 'kütüğü'nü (log) hazırlamaya adanmış aziz dostumun , sevgili arkadaşımın, sırdaşımın ardından onun 'yaşam kütüğü'nü araştırıp, yazacağımı hiç düşünmezdim!

Kırklareli kökenli bir aileden gelen **Attila YALÇIN**, asker olan babasının görev yeri nedeni ile **Kars** ilinde, ailenin üçüncü ve en küçük çocuğu olarak doğmuş, ilk öğrenimini Türkiye'nin çeşitli illerinde, orta öğrenimini İstanbul'da Vefa Lisesi'nde tamamladıktan sonra, Üniversite öğrenimine önce İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi'nde başlamış, daha sonra girdiği **İTÜ Maden Fakültesi**'nden 1961 yılında **Yüksek Maden Mühendisi** olarak mezun olmuştur.

Kendisini 1958-59 yılları arasında **İTÜ Öğrenci Birliği Başkanı** iken asistanlığımın ilk yıllarında tanıdım. **Attila YALÇIN**'ın Taşkışla'dan Maçka'daki tarihi binamıza geçtiğimiz 1961 yılı ilkbaharının bir gününde rahmetli **ERGUVANLI** hocanın odasındaki buluşması hala gözlerimin önünde canlılığını koruyor. Diploma travayı konusunu, kendisi maden bölümünde olmasına rağmen, o yıl kurulan **Jeoloji Mühendisliği Bölümü Tatbiki Jeoloji Kürsüsü** profesörü **ERGUVANLI** Hoca'nın yönetiminde yapmayı istiyordu! Çalışma alanın da o yılların en gözde yeraltı suyu havzası olan **Bakırköy** dolaylı olması konuşuluyordu! Çok şaşırmıştım! Daha sonra **ERGUVANLI** hoca ile **Devlet Su İşleri**'nin yeraltı suyu ve sondaj çalışmalarına çok önem verdiğini ve yetenekli genç mühendislerle acele ihtiyacı olduğunu, bu nedenle Attila ile temasa geçtiğini öğrendim!

İşte bu karar sevgili **YALÇIN**'ın yaşamında bir dönüm noktası oldu ve 1961 yılındaki mezuniyetini parlak bir travayla tamamlayıp, izleyen yıllar, sürekli yeraltı suyu ve sondaj araştırmaları ile geçti!

1961-62 yılları arasında **DSİ**'nin **Erzurum** bölgesinde çalıştıktan sonra, **AID** bursu ile gittiği **ABD Alabama Üniversitesi**'nde ve **Geological Survey**'de (USGS) yeraltısuları ve sondaj konusundaki bilgi ve görgüsünü arttırdı. Bu arada, 1963 yılında **Gülbiz** hanımla evlendi ve 1965 yılında ilk oğlu olan **Tolga** ve 1970'de de **Bora** dünyaya geldi.

**ABD**'den göreve döndüğü **DSİ Yeraltı Suları Dairesi**'nde, **Baş Mühendislik, Fen İşleri Müdürlüğü** ve **Daire Başkan Yardımcılığı** görevlerinde bulundu. Öğrenciliğinde **İTÜ Talebe Birliği** Başkanı olarak gösterdiği başarıyı, daha sonraki yıllarda (1961-1974) **Maden Mühendisleri Odası**'nda **yönetim kurulu üyesi** ve **Genel Sekreter** olarak da sürdürdü. Devlet Su İşleri'nde 10 yıllık kamu görevinden sonra, 1971 yılında Türkiye'nin ilk özel sondajcılık şirketi olan **DATA**'yı kurdu ve bu şirketin **genel müdürlüğünü** yaptı. 1980'li yılların başında **Devlet Su İşleri**'nin **Libya**'daki yeraltısuyu projelerinin koordinatörlüğünü (1980-1983 üstlendikten sonra, aynı ülkede **özel müteahhitlik** (1983-1984) yaptı.

Attila **YALÇIN** ile yoğun birlikteliğimiz ve kendisini yakından tanıma fırsatı bulduğum dönem 1980'li yıllarda başlar. Maden Fakültesi yönetiminde bulunduğum yıllarda yapageldiğimiz **'ERGUVANLI PİKNİKLERİ'**nin birinde (1984) bir araya gelen mezunlarımızın uzun soluklu bir 'çatı' altında toplanmamız isteği **'Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı'**nın kurulması düşüncesini doğurdu. 1984-1986 yılları arasında, **Maçka Maden Fakültesi**'nin görkemli dekanlık odasının oval masasının etrafında çok sık aralarla toplanarak, sağlıklı ve uzun ömürlü bir vakfın kurulması için günler geçirdik. Bu özverili birliktelikler, vakfın biz kurucularına, pekişmiş dostluklar ve unutulmaz anılar kazandırdı. Bunların en değerlilerinden biri, Attila **YALÇIN**'ı değişik yönleri ile daha yakından tanıma fırsatımın olmasıdır. Konuları yönlendirmedeki titizliğinin, dirayetinin ve ustalığının yakından tanığı oldum. Bu arada, yüzündeki muzipçe beliren mimikleri ile sürdürdüğü şakalarını, rahmetli Cahit **ÖZDEN** ile sevgili Güven **ÖNAL**'ı kapıştırmalarını(!) seyrederken aldığımız, dostlara özgü gerçek hazzı ve hoşgörüyü hiç unutamıyorum.

1986-1992 yılları arasında Attila **YALÇIN** ile Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı başkanlığını paylaştık.

2008 Kasım ayındaki ayrılığımıza kadar **‘Reis Attila’** Yurt Madencilikini Geliştirme Vakfı **Mütevelli Heyetleri’nin** tatlı-sert! **‘Değişmez Başkanı’** olmuştur. Halen babalarının kurucuları arasında olduğu bu vakıfta sevgili oğulları bayrağı bırakmadan görevlerini sürdürüyorlar!

1985 yılında, İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğrencilerine **‘Sondaj Tekniği’** dersinin verilmesi ile ilgili önerimizin **YALÇIN** tarafından kabulü bizler ve öğrencilerimiz için bir lütuf ve şans, kendisi için ise yıllar önce mezun olduğu fakültesine **‘Öğretim Görevlisi’** unvanı ile hizmet etmesi için bir **‘fırsat’**tı! Öğrencilerimize yıllar boyunca sondaj, özellikle yeraltı suları sondajlarında elde ettiği birikimini ve deneyimini aktarması, İTÜ’de ve daha sonra İÜ bünyesinde kurulan ve kurucuları arasında bulunduğu Maden Mühendisliği bölümündeki sondaj eğitimi hala takdirle anılmaktadır. Öğrencilerle olan bu yakınlaşma ve bizlerin ısrarları, günümüzde de Türkiye’nin en çok okunan **‘Sondaj Tekniği ve Uygulamaları’** kitabı (1992) ve izleyen (5 baskı) baskılarında süregeldi. TMMOB Maden Mühendisleri Odası tarafından üstlenilen bu basım hizmetini de takdir ile karşılıyoruz.

Attila **YALÇIN** 1990-1992 yılları arasında Namık **ESMER** hocadan devir aldığı **‘Türkiye Madenciler Derneği Başkanlığı’** görevini de öncekiler gibi dirayetle sürdürdü.

1990’lı yılların ilk yarısı **İstanbul Büyükşehir Belediyesi’**ndeki yönetim görevlerinin sosyal demokrat bir kadroya teslim edildiği bir dönemdi. İşte bu dönemde, Attila **YALÇIN**, kendisi gibi İTÜ’lü olan iki yönetici arkadaşı, Tuğrul **ERKİN** (Genel Sekreter) ve Mete **TAPAN** (Genel Sekreter Yardımcısı) ile birlikte İstanbul Belediyesi’nin üst düzey yönetimini paylaştı. Bu yıllarda ivme kazanan belediye yatırımlarında, özellikle **İstanbul Metrosunun** kazılmasını başarı ile yürütülmesi, temelinde **‘Maden Mühendisliği’** nosyonu bulunan Attila **YALÇIN’ın**, şimdilerde daha da anlam kazanan, mutlaka takdir edilmesi gerekli, üstün hizmetleridir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi’ndeki görevi tamamlandıktan sonra tekrar yuvaya, İTÜ’ye dönüş yılları başladı.

1994-2000 yılları arasında rahmetli rektörümüz Prof. Dr. Kemal **KAFALI** hocanın yönetimindeki İTÜ **Vakfı’nın genel sekreterliği** görevini üstlendi. Başarı ile yürüttüğü bu görev İTÜ’deki yönetim görevi değişikliğinden sonra **İŞ-KORAY’** da **genel müdür** olarak devam etti. Çok sayıda İTÜ kökenli mühendis ve mimarların görev aldığı **İŞ-KORAY** topluluğunda 40 yıllık bilgi ve yönetim birikimi ile pratik çözümler üreten yaklaşımları ile başarılarını sürdürdü.

**2002** yılı sonunda **Amman**'a Suudi Arabistan sınırındaki çöldeki **fosil yeraltı suyunun** çıkartılıp, ulaştırılması konusunda **Ürdün**'de bir haftalık arazi incelememiz olmuştu. Geçmiş yılları ayrıntısı ile anma fırsatını bulduğumuz bu unutulmaz beraberlikte bir eski mezunumuzun klavuzluğu ile gezdiğimiz **Ölü Denizi** ve dolayındaki doğal güzellikleri, ilerleyen günlerde sıkça dile getirmiştik!

**1980**'li yıllarda **Tolga** (1981), gelini **Pervin** (1983) ve **Bora**'nın (1986) babalarının **ömür ve gönül** verdiği uğraşı alanını benimseyerek **İTÜ**'de Jeoloji Mühendisliği öğrenimlerine başlamaları, bir baba için en büyük '**mükafat**' olmalıydı! Nitekim kendisi bunun kadrini bildiğini, her zaman heyecan ve şükranla dile getirmiştir. Kitabının önsözündeki '**nasihat**' niteliğindeki cümleler bunun kanıtıdır!

Ve nihayet **1 Kasım 2008 Cumartesi** gününün akşamüstü vaktinde **Tolga YALÇIN**'ın '**... hocam babamı kaybettik!**' diye telefonda iletği inanılmaz haberi ile '**Attila YALÇIN**' yaşam sondajı kuyusunun kütüğü (logu) tamamlandı!

**73** yıllık yaşamı boyunca **arkadaş canlısı, dürüstlük, dostluk, iyi bir eş ve şefkatli bir baba** kavramlarının bulunmaz örneği **Attila YALÇIN**'nın yokluğunu, bu çalıştayda olduğu gibi, daima içimizde duyumsayarak özleyeceğiz!

**Ruhu Şad Olsun!**

**Erdoğan YÜZER**

**Ekim 2011**

# Attila Yalçın anısına...

## İyi bir mühendis, iyi bir insan ve büyük bir yurtseveri anıyoruz.



Attila ile 55 yıla yakın bir dostluğumuz vardı. İkimizin hayatında unutulmayacak pek çok mücadelenin birlikte içinde olduk. Korkularımızı, endişelerimizi, sevinçlerimizi birbirimizle paylaştık. Ülkemizin karanlık günlerinde birlikte çözüm aradık. Başımız dertte ise birlikte çözdük.

Tam bir görev insanı idi. Üstlendiği bütün görevleri eksiksiz ve hayret edilecek bir hızla yerine getirirdi. Üstlendiği görevleri yerine getirirken bir gün olsun sızlandığını, başkalarına yıktığını görmedim. Tam tersi başkalarının tamamlamamış işleri de çok kez o üstlenmiştir.

İ.T.Ü. Maden Fakültesine benden 1 yıl önce girmişti. O dönem yönetmelikten kaynaklanan bir haksız uygulama sonucunda 1. sınıfların yarısı daha ilk yılda bir yıl kayba uğruyorlar ve 2. Yıla devam edemiyorlardı. O boş geçen süre içinde Attila öğrenci derneklerinde yer aldı. TMTF delegasyonlarında İTÜ'yü temsil etti. Üstün yetenekleri ile temayüz etti.



Onunla ilk birlikteliğimiz Yönetmeliğin düzeltilmesi amacıyla oldu. Ben de Maden Fakültesi Talebe Cemiyeti'nde çalıştım ve bir süre sonra Cemiyet Başkanı oldum. Attila da ilk kez Maden Fakültesi öğrencisi olarak İ.T.Ü.T.B. İstanbul Teknik Üniversitesi Talebe Birliği başkanı seçildi. O dönemler talebe birlikleri çok güçlü ve saygın idi. Üniversitede öğrencilere hizmet veren bütün işletmeler ve birimler talebe birliği yönetiminde idi. 2500 kişiye yemek veren aş ocağı, satın alma birimi, yemek pişirme, yemek servisi TB tarafından yapılıyordu. Meyve ve sebzelerimiz kendi araçlarımızla halden satın alınıyordu.

Kızılay'ın desteği ile yemekler ucuza veriliyordu. Üniversitenin bütün binalarında kantinler vardı. Üniversitede hocaların anlattığı derslerin notları çoğaltılıp (teksir ile) öğrencilere dağıtılıyordu. Öğrencilerin en büyük sorunlarından biri olan staj yerlerini Birlik hakkaniyetle dağıtıyordu. Birliğe güven o kadar fazla idi ki öğrenci kimliklerini Birlik kendi mührüyle dağıtıyordu. Bu yalnız İTÜTB'ye verilmiş bir ayrıcalıktı.

Her öğretim yılının ilk günü yapılan açılış törenlerinde Rektörden önce Birlik Başkanı konuşuyordu. Attila sözünü sakınmaz iyi bir konuşmacı idi. Sorunlarımızı cesaretle duyuruyordu. Yukarıda ayrıntılarını vermeye çalıştığım büyük görevi Attila başarı ile yaptı. Bazı hocalarımız bile Attila'ya artık Reis diyorlardı.

Bütün bu ağır yükün altından kalkarken iyi bir öğrenci niteliğini de koruyordu. Aynı dönemin sonunda ben de önce Maden Fakültesi Talebe Cemiyeti Başkanlığına bir yıl sonra da İTÜTB Başkanlığına seçildim. Ortak çalışmalarımız arttı.

Biz bu dönemleri geçirirken Türkiye'de işler iyi gitmiyordu. Her ürüne devamlı zam yapılıyor ve yurtdışından gelen en gerekli ihtiyaç malları bile piyasada bulunmuyordu. Örneğin resim kağıdı ve aydinger bulamıyorduk. Kasap kağıdı ve yağlı kağıt kullanmaya çalışıyorduk. İyi bir kurşun kalem bile yoktu. Yabancı mühendislik kitapları devalüasyondan sonra gelmez olmuştu. Hükümet bu krize çözüm bulamadıkça toplumdaki huzursuzluklar büyüyordu. Aydın ve yurtsever insanlar yetiştiren üniversitelerde huzursuzluk ve yönetim karışıklığı artıyordu. Çözüm yolu bulunamadıkça baskılar artıyordu. Sonuçta bu baskılar 27 Mayıs darbesini getirdi. Bu dönemde bizler de çeşitli yollarla tepkilerimizi koymaya gayret gösterdik.



Hür basın ve ilerici yazarlar en büyük desteğimizdi. Biz de onları destekliyorduk. Hatta bazılarını başımıza taç yapıyorduk. Mitingler, el ilanları, toplantılarla hoşnutsuzluğumuzu gösteriyorduk. Talebe birliklerinin üstünde Türk Milli Talebe Birliği en büyük gücümüzdü. Onun kongresine hazırlanıyorduk. Ancak bu gücün kendi ellerine geçmesini hedefleyenler genel kurulda çıkardıkları bir adayın seçilmesi için her türlü baskıyı uyguluyordu ama bir türlü gerekli oyu sağlayamıyor, İTÜTB delegasyonunu aşamıyordu. Bu direnişin başında Attila vardı. Attila bizim adayımızdı. Seçim turları uzadıkça baskılar artıyordu. Nitekim sonuçta Attila'nın genel kurula gelmesi önlendi ve kongreyi Polis tatil etti. Kısa bir süre sonunda da olağanüstü hal (örfi idare) ilan edildi. Kimimiz tutuklandık, kimimiz saklandık. Attila cesur yüreğiyle inandıklarını daima savundu ve hiçbir zaman Laik, Kemalist bir Cumhuriyet evladı olmak yolundaki çabalarını aksatmıyordu.

27 Mayıs sonrasında mezun olduk ama iş bulma imkânımız yoktu. Ben yurtdışına gittim. Attila ise burslu olduğu için şanslı idi, DSI'de çalışmaya başladı.

Kısa süre içinde Yer altı Suları Dairesi'nin en başarılı elemanı oldu. Eğitim için ABD'ye gönderildi, özellikle sondaj teknikleri alanında büyük bir bilgi birikimi ile Türkiye'ye döndü. Kısa bir süre sonra Başkan Yardımcılığına atandı. Yazmış olduğu sondaj tekniği kitabı hala önde gelen referans kitabıdır. O dönemde mesleki gruplaşmalar çok kuvvetli idi. TKİ ve Etibank Maden Mühendislerinin, DSI ve Karayolları İnşaat Mühendislerinin, MKE ise Kimya Mühendislerinin yönetiminde idi. Attila ilk kez loncasal yapıya karşı çıktı ve bu mesleki oligarşiyi yıktı. Daha sonra pek çok maden ve jeoloji mühendisi DSI'de başarılı hizmetler verdi ve vermektedir.

Bizim haksızlığına inandığımız bir başka yapı da mühendis odalarındaki oligarşi idi. Oda başkanları daima genel müdürlerden seçiliyordu. Dolayısıyla hükümetin yanlış ve sakıncalı uygulamalarına karşı çıkamıyorlardı.

O yıllarda Maden Mühendislerinin %90'ı kamuda çalışıyordu ve pek çok sorunları vardı. Ancak hükümete meclise (T.B.M.M.) yansıtamıyordu. Bazı güvenilir arkadaşlarımızla bu yolun çözümünün oda yönetimini ele geçirmek olduğu kanısına vardık. Ben Attila'yı aday gösterdim, Attila beni aday gösterdi. Sonuçta benim adaylığım kabul edildi ve seçimlere bu liste ile girdik.

Sloganlarımızın başında anayasamızın öngördüğü, doğal kaynaklar milletimizin ortak servetidir. Devletin hüküm ve tasarrufundadır hükmü vardı. Bu yüzden ağabeylerimizin bazılarının büyük tepkilerine rağmen büyük farkla kazandık. Ben başkan oldum, Attila da genel sekreterimizdi. O güne kadar odalarda yaşanmamış bir coşku ile sabahlara kadar çalıştık. Gece yarısında görüşlerimiz berraklık kazanır, gözlerimiz ise kapanırken Attila “hadi siz gidin ben sabaha kadar çalışırım ve bitiririm” derdi ve de bitirirdi.

Başarımız diğer odalara da örnek oldu ve tek tek hepsi bizdeki gibi radikal bir değişiklik gerçekleştirdiler.

Böylece odalar bağımsızlığa kavuştu ve o güne kadar akla bile getirilmeyen pek çok sorun gündeme geldi ve oturdu.

Görev süremiz bitince artık ayrılmak istedim. Attila kazanımlarımızı kaybetmememiz için göreve devam etmemi istiyordu. O ise diğer mühendis odaları ile birlikte güç birliği oluşturmak hayalinde idi.

Seçime tekrar girdik ve büyük farkla kazandık.

Bu arada yeni bir personel kanununun hazırlığı vardı. Tasarı özellikle teknik personelin sahip olduğu hakların hemen hepsini geri alıyordu. Maaşlarımız yarı yarıya azalıyor, o güne kadar edindiğimiz kazanımları kaybediyorduk.

Bunun sonucunda kamuda görevli yetişkin elemanların hepsinin başka görevlere kaçacakları ortada idi. Nitekim öyle oldu ve Kamu İşletmeleri bir çöküş dönemine girdi. Dolayısıyla konu bizim yalnız daha az para kazanmamız değil ülkenin geleceğini de korumaktı.

Aynı yapıda olduğumuz 7 oda bir birlik oluşturduk. Attila genel sekreterliğe getirildi. Büyük bir mücadele başladı. Milletvekilleri ve Parti Başkanları ziyaret ediliyor, ilerici basın ve akademisyenlerin destekleri sağlanıyordu. Ancak her şeye rağmen kanun teklifi yürüyordu. Son çare olarak elimizde toplu iş bırakma seçeneği kaldı. Bu yola girebilmek için Ankara’da spor salonunda

toplanarak katılımcı bir karar almak yolunu seçtik. Bunun için bir çağrıda bulunmak gerekiyordu. Ancak bu çağrı ve toplantının çok riskli olduğunu biliyorduk.

Gazetelere duyuru metni hazırlandı, sıra altına Attila'ca imzada idi. Attila birliğin Genel Sekreteri olarak bu riski üstlenmek istedi. Kendisine mani olmak istedim, "olmaz" dedi. "Madem genel sekreter benim bu riski de ben üstlenmeliyim". Toplantıyı onun davetiyle binlerce mühendis katılımıyla yaptık ve ittifakla 3 gün işlerimizi bırakma (boykot) kararı aldık. Nitekim ülkenin her yerinde 27000 mühendis 3 gün süre ile büyük bir disiplinle işlerini bıraktılar. Bu olay yaşanan en büyük Teknik Personel Hareketidir.

Ancak bütün bu karşı koymalara rağmen yasa çıkarıldı. Attila ile ben protesto amacıyla kamudaki işlerimizden İSTİFA ederek ayrıldık.

Ben Ankara'da kaldım. Attila, birlikte kurduğumuz bir sondaj şirketinin başına geçti ve kiraladığı ufak bir sondaj makinesi ile çalışmaya başladı. Kısa süre içinde Trakya'da çok iyi bir isim yaptı. Yeni bir sondaj makinesi sipariş ettiği günü hiç unutamam. Bana telefon etti, birlikte sevindik, kutladık. Artık Trakya'da suya ihtiyaç duyanların kurtarıcısı idi.

Türkiye'de siyasi değişimler hiç durmuyor, her değişiklikte de insanların kaderi değişiyordu.

12 Mart darbesi sonrası da benim kaderim değişti. Enerji ve Tabii Kaynaklar Başkanlığı'na atanan Milli Petrol Önderi Dr. İhsan Topaloğlu'nun önerisi ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na atandım.

İlk işim Attila'yı aramak oldu. Onun da Ankara'da önemli bir göreve gelmesini istiyordum. Ancak İstanbul'da verdiği sözler ve bağlantıları vardı. O çok güç yıllar onun desteği olmadan çalıştım. O da İstanbul'da çeşitli mesleki kuruluşlarda muhtelif görevlerde bulunuyordu.

1982 yılında ben de İstanbul'a döndüm Attila'yla buluşmuş olduk. Ben İTÜ Vakfı Yönetim Kurulu Üyesi, Attila da Genel Sekreterdi. Yetiştigi üniversitesine hizmet etmekten mutluluk duyuyordu. Arı rozeti yakasından hiç çıkmazdı.

1991 yılında gene bazı dostların ısrar ve desteği ile İSTANBUL Büyük Şehir Belediyesi Genel Sekreterliğine atandım. Belediye Başkanımız gençlik yıllarından tanıdığım büyük mücadele adamı Prof. N. Sözen idi. Görev süresinin 2 yılı tamamlanmıştı, ancak yapılacak çok iş vardı. Attila'dan başkası böyle bir yükün altına girmezdi. Teklifi Başkan Dr. Sözen memnuniyetle karşıladı ve Attila Genel Sekreter Yardımcılığına atandı. Diğer 2 yardımcım ile birlikte (Prof. M. Tapan, Mehmet Danışman) büyük bir özveri ve inançla çalıştık. Attila ile gene Maden Müh. Odasındaki günlerimize dönmüştük. Her gün sabahlara kadar çalışıyorduk. Bir proje tamamlandığında büyük mutluluk duyuyor, çocuklar gibi seviniyorduk. Aksaray-Sirkeci Hızlı Tramvay Hattı, Aksaray-Merter Hızlı Tramvay Hattı, Sahil parkları, Haliç'in Temizlenme Projesi, Lütfü Kırdar Spor Salonu'nun kongre merkezine dönüştürülmesi, Muhsin Ertuğrul Tiyatrosu'nun yenilenmesi gibi dev projeleri Attila ve Mete'nin üstün çabalarıyla tamamladık ve başlattık.

Önümüzde 100 yıllık rüya İSTANBUL Metrosu vardı. Mevcut projeyi makul ve erişilebilir büyüklüğe indirerek, Taksim'de kazıya başladık. Mühendislik ve Jeoloji biliminin bütün imkânlarını kullandık ve bu projelerde pek çok meslektaşımızın görev almasını sağladık. Attila projeyi yakından izliyor, iyi bir gelişme olursa beni de inşaata götürüyordu.

Devasa metro tünelleri Türk mühendisleri ve firmaları tarafından Ülkemizde ilk kez açılıyordu. Burada atılan tohum tutmuş ve dünyanın her ülkesinde metro tünellerini açabilen bir kadro yetişmişti. Attila ile son dönem sevinçle andığımız metro çalışmalarındaki anılardır.

Yerel seçimlerden sonra, ben belediyeden ayrıldım. Attila ise bazı kritik projeleri tamamlamak için bir süre daha görevde kaldı ve zamanı gelince o da ayrıldı.

Bundan sonraki birlikteliğimiz gene İTÜ çatısı altında yürüdü. Attila her yükü üstlendi. Bugün kendimi çok yalnız hissediyorum. Onun gibi meseleleri sessizce ve abartmadan çözen kişilikte bir başka dost bulmak artık bu yaştan sonra imkânsız.

Onun niteliklerini belirten bir anımı anlatarak yazımı tamamlamak istiyorum.

Belediyedeki görevimiz tamamlandıktan sonra peşpeşe bazı soruşturma dosyaları ortaya çıktı ve hakkımızda “lüzumu muhakkemat” kararı alındı. Bu politik amaçlı ve insafsız dosyalar 200’ü geçiyordu. Her biri yüzlerce sayfa idi. Bizlere bu dosyalar en küçük rütbeli elemanımızdan başlayarak 7-8 imza ile geliyordu. Bizler de gerekli olanları onaylıyorduk. Hepimizi büyük maddi ve manevi yükler altında bırakan, çoğu saçma sapan, kasıtlı, politik amaçlı dosyaların temizlenmesi, cevaplanması ve izlenmesi gerekiyordu. Belediyeden ayrıldığımız için elimizde hiçbir belge ve dosya yoktu. Avukatlara verecek böyle bir paramız da yoktu. Attila işe el koydu ve bir ofis odası kiraladık. Dosyalar sıralandı. Hukukçu arkadaşlarımızın yardımlarıyla bütün dosyalar incelendi ve cevaplandı. İlk itirazımız Danıştay’da haklı görüldü. Daha sonra birer birer bütün davaları kazandık. Hak yerine geldi, kâbus bitti, dünyalar bizim oldu.

Bu mucizeyi Attila gerçekleştirdi.

Böyle bir değerli insanı son kez hastanede gördüm. Şakacı ve muzip tavrı hala sürüyordu. Sevgili eşi Gülbiz bana işaretle durumun kritik olduğunu anlattı. Maalesef 2-3 gün sonra Attila’yı kaybettik. Eşi Gülbiz, evlatları Tolga ve Bora’nın kayıpları çok büyük oldu.

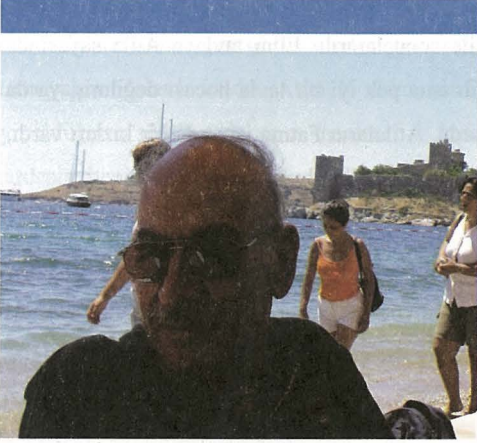
Ama lütfen buna inansınlar, memleketimizin kaybı daha büyüktür.

**Eylül 2011**

**Y. Müh.**

**Tuğrul Erkin**

# Sevgili Kardeşim Attila



1955 yılında İ.T.Ü. Maden Fakültesinde öğrenime başladım ve ilk haftalarda Atilla ile tanıştık, bu arkadaşlık Atilla'nın vefatına kadar sürdü, 2 Kasım 2008 den bu yana da benim beynimde ve kalbimde bütün canlılığı ile devam ediyor, her an bir yerlerden çıkıp gelecek gibi hissediyorum, onunla yakınlığımızın, kardeşliğimizin sıcaklığını unutamıyorum.

Atilla, çalışkan, zeki, akıllı, dürüst, namuslu, güvenilir bir arkadaş, çok iyi bir aile babası, işinde temayüz etmiş, başarılı bir yönetici idi. Sevdığı ve güvendiği arkadaşlarına son derece bağlıydı, onlar için yapamayacağı fedakarlık yoktu, güvenilir bir dost idi. Takım çalışmasına inanan lider ruhlu bir insan idi. Girdiği her ortamda yakın arkadaşlarını toplayıp birlikte çalışmaktan büyük zevk alırdı.

Öğrencilik hayatımızda Maden Fakültesi Talebe Cemiyetinde, İ.T.Ü. Talebe Birliğinde, Türkiye Milli Talebe Federasyonunda hep birlikte olduk daha sonra İ.T.Ü. Vakfında, Argem A.Ş.de beraber çalıştık, Yurt Madencilik Geliştirme Vakfını birlikte kurduk ve vefatına kadar birlikte çalıştık, 53 yıllık arkadaşlığımızda hemen hemen bütün sosyal faaliyetlerimizde hep aynı doğrultuda olduk, birlikte çalıştık aynı siyasi görüşleri paylaştık.

Bunun dışında özel hayatımızda da çok iyi iki dost idik. Ben öğrenciliğimde Şehzadebaşı'nda Site öğrenci yurdunda kalıyordum, Atila'ların evi Fatih'te idi, zaman zaman ders çalışmak için Atila'ların evine giderdim, rahmetli annesi beni sever, ben de kendisine büyük saygı duyardım, Allah rahmet eylesin çok muhterem bir insandı, Atila ve ağabeylerini büyük fedakarlıklarla yetiştirmiş idi.

Ders çalışmamız ya tavlâ ile veya çilingir sofrası ile sonuçlanırdı. Elim tavlâya Atila sayesinde değdi, kendisi tavlâ öğretmenimdir, tavlâyı iyi oynardı ama pek iyi bir tavlâ hocası değilmiş, ya da öğrencide iş yokmuş. Bazen da çilingir sofrası kurulurdu. Atılların Fatma isminde bir kızları vardı, bize meze hazırlardı, en çok da Atila'nın pek sevdiği patlıcan ve biber kızartması yapardı.

Zaman zaman da hafta sonu partileri yapılır, organizatör Atila, ev sahibi Ayhan Toker olurdu. Ben hiç oynamadım ama en büyük zevklerinden biri langırt oynamaktı, en yakın langırt arkadaşları hatırladığım kadarı ile Erman Tuglar, rahmetli Saip Altuğ, Selçuk Tekbaş, A. Bekir Sami Yangın, Işık Özpeker idi.

Bir başka zevki de Taşkışla'da 111 numaralı anfinin arkasında veya üst katın aynı bölgesinde top oynamak, diğeri de sınıftan kalabalık gruplarla sinemaya gitmekti, Rock'n Roll salgını günlerinde 25-30 kişilik bir grupla Yeni Melek sinemasına Elvis Presley'in filmine gitmiş idik, aramızda iki kişinin bileti yoktu ama araya kaynayıp onlar da girmişlerdi, bizim sınıf o kadar şamata yaptı ki ertesi günü gazetelerde resimlerimiz çıkmıştı.

Atilla İ.T.Ü. Talebe Birliği başkanlığı yaptı ve çok başarılı oldu, iyi mücadele verdi, çok sevdiğimiz rahmetli hocalarımız Galip Sağıroğlu ve Namık Esmer ona hep Reis diye hitap ederlerdi ve bu yüzden bir ara adı reise çıkmış idi.

Atila dostlarına çok bağlı ve vefalı idi. Kendisinin İ.T.Ü. Talebe Birliği başkanlığından bir süre sonra bana başkan olmam için çok ısrar etti. Ben sene kaybederim korkusu ile çekiniyordum o ısrarını sürdürüyordu, bunun üzerine ben Maden Fakültesi delegasyonunun tamamı kabul ederse aday olurum dedim, 20 kişilik delegasyondan bir kişi çıkıp ben kabul etmiyorum dedi, Atila o kadar kızdı ki kalktı bunu söyleyene iki tokat attı, sıra bana gelir diye oradan zor kaçtım, sonra da bana epey söylenmiş



idi.

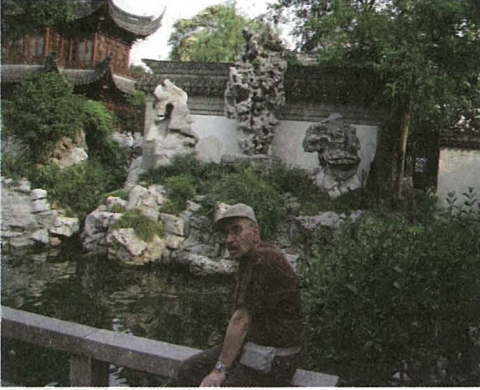
Ama kısaca değinebildiğim bu güzel anılar çok erken ve acı bir şekilde son buldu. 18 ekim 2008 günü eşim ve ben arabayla Bodrum'dan İstanbul'a dönüyorduk, yolda bir arkadaş telefon etti ve Atila'nın Amerikan hastanesinde ameliyat olmakta olduğunu bildirdi, yoldayım dönüyorum, telefonla ararım, İstanbul'a gelince de hastaneye giderim dedim ama bu konuşmadan 1-2 saat sonra yolda bir kaza geçirdik, eşim Nursel'de bir kırık oldu, geceyi Balıkesir'de geçirmek zorunda kaldık, Balıkesir'de tedavi imkanı olmadığını görünce ertesi gün İstanbul'a gittik ve Amerikan hastanesinde Atila ile aynı katta yakın odalarda kaldık, Atila 26 ekim, biz 27 günü hastaneden ayrıldık, devamlı görüşüyorduk, iyi olduğunu söylüyordu ama maalesef 1 kasım günü acı haberle yıkıldık. Çok sevdiğim, can kardeşim hepimizi bırakıp gitti.

Yeri doldurulamaz dostumu kaybettim, onun toplum için yapabileceği çok şey vardı ama ecel izin vermedi, **ruhu şad olsun.**

NİJAT GÜRSOY



# Napalım Aga!?



55 yılının,sonbaharında,6-7 eylül olaylarının siyasal ve sosyal açıdan çalkantılı ortamın da, yağmurlu bir eylül sonu günü, başladık İTÜ'ye.

Kısa sürede kaynaştık birbirimizle...Nedenini hala bilemem ama, hep “Yahudi Sınıfı” olarak anıldık, bizden önce ve bizden sonra gelenlerce. Giderek azalsak da hala öyle anılıyoruz.

İşte, böyle başladık, Atilla YALÇIN'la meslek ve yaşam çığırımızı aç maya, aynı sıralarda, aynı ortamda, kol kola, yürek yüreğe.

Ağır ders yükümlülüğümüz yanın da, toplumsal sorumluluğumuzun da bilincindeydik. O zaman öğrencilerin, yasal olarak, güçlü örgütleri vardı. İTÜ Öğrenci Birliği”, “Türkiye Talebe Federasyonu” üyesiydi, diğer kuruluş “Milli Türk Talebe Birliği” idi. Aralarında görüş ayrılığı olsa da ilişkiler uygar ortamda yürütülürdü. Atilla YALÇIN, Federasyonda etkin çaba gösteriyordu.

Tuhaftır, o zaman da, çoğunluğu elinde tutan siyasal güç, demokrasiyi çoğunluk sultanı gibi algılama eğilimindeydi, bu günkü gibi. Ne acı!

Öğrencilerin, çoğunluğu bu eğilime karşı, yasal çerçevede, direniyor, toplantılar yapıyor, bildiriler yayınlıyor, giderek halkın desteğini kazanıyordu. Öğretim üyeleri de öğrencileri ile bütünleşiyor, halkı ve öğrencileri coşturan bildiriler yayınlıyordu.

Mezuniyetten sonra yollarımız ayrılıyor, ben İTÜ de çıırımı kazmaya devam ediyorum. Atilla ise önce DSİ de çalışıyor, sonra bir şirket kurarak, Libya'da sondaj işlerine giriyor.

Tekrar görüşmemiz yıllar sonra, Libya dönüşü, bir hastane odasında, gerçekleşiyor. Güleç yüzü, gülen gözleri, bıyık altı müstehzi tebessümüyle bakışları, bakışlarım, bir sevgi seliyle kucaklaşıyor. Ne hazin rastlantı ki son görüşmemiz de yine bir hastane odasında aynı duygularla oluyor. İkimiz de bilemezdik son olduğunu...

Birlikte yakın çalışmalarımız, önce YMGV da, daha sonra, vakfın kurucu üyelerinden, sevgili hocamız, rahmetli Namık Esmer'in ısrarı ile kurulmasında büyük emeğinin geçtiği "Türkiye Madenciler Derneği'ne" üye olduktan sonra, yapılan seçim sonucunda da "Yönetim Kuruluna" seçilmemiz ve ilk toplantıda Atilla Yalçın'ın Başkan, benim 2.Bşk. olarak göreve başlamamızla yoğunlaşmıştır. Türkiye Madenciler Derneği'nin bugün ki güçlü yapısına ulaşmasında Atilla YALÇIN'ın büyük emeği vardır.

Sonraki çalışmalarımız, onun Ana Kent Belediye Bşk. Sekreter Yrd.lığı görevini üstlenmesiyle sürmüştür. İlk girişimimiz "Haliç'in Temizlenmesi Projesi" idi. İnşaat Fakültesi ile birlikte iki tasarı taslağı hazırladık. İlkinde, Kâğıthane Deresini Karadeniz'e birleştirerek, maden ve taş ocakları çukurluklarını gölleştirmek, Karadeniz'in taze sularını Haliç'e akıtarak zaman içinde Haliç'in temizlenmesini sağlamak; ikincisi ise Haliç'in taban çamurlarını madencilik faaliyetlerinden doğan çukurları, izole ettikten sonra, pompalayarak bu çamurla doldurmak ve yeşillendirmektir. Her iki tasarı taslağıyla ilişkin geniş katılımlı tartışmalar, kısır çekişmelerle sonuçlandırılmadı. Konuyla ilişkin bir araya geldiğimizde, güleç bir yüzle "Napalım aga, beceremedik" derken yüzünde yeni bir atılımın umudu vardı...

İkinci önerisi, sürmekte olan metroyu (ki çok büyük emeği vardır açılmasında) İTÜ alanı altına kadar uzatarak, vagon değişim, park ve dağılım merkezi istasyonu kurmaktı, İnşaat fakültesi ilgililerince hazırlanan tasar taslağı o zamanki İTÜ Yönetimince benimsenmemesi üzerine, yine güleç yüzüyle, "Napalım aga yine beceremedik."

İnsanlar kendilerini ananlar var oldukça yaşamaya devam ederler. Ne mutlu sana ki seni ananların sayısı çok. İ nanıyorum ki yaptıklarınla, yapmayı isteyip de yapamadıklarınla, baki kalan bu gök kubbede bir tını olarak kalacaksın.

SEVGİYLE ANIYORUM.

IŞIK ÖZPEKER

## Yıl 1955:



Türkiye'nin değişik liselerinden İTÜ sınavlarını kazanarak mühendis olmak için gelen gençlerin ilk karşılaşmaları. En büyük tutkuları kendilerine mühendislik yakıştırmayı yapacak T cetvelini (Cetvelin boyutu büyüdükçe daha büyük mühendis olunacağı fikri) almakla işe başladılar. Taşkılla'nın 1. ve 2. Katlarındaki birkaç sınıf onları birbirine daha fazla kenetledi; öyle ki bütün günleri birlikte geçiyordu (ders, sinema, langırt v.s.). İlk staj Zonguldak Kozlu bölgesi ve 2. Yıl stajı Ergani (Maden) Bakır İşletmeleri'ndeydi. Uzun bir tren yolculuğu gençleri birbirine daha da kenetlemişti. Ergani bölge mühendisinden çadır olarak Hazer Gölü kenarına kurmak, Selçuk'un şahane sesi ve kayık sefaları büyük bir zevkti. Çadırdaki akreple ilk karşılaşma sonu muhtarın evinde konaklamak Hazer Gölü sefasının sonu olmuştur. Elazığ'a hareket ve Harput üzerinden meşhur Buzluk'u keşfetmek (Buzluk'a araba ile gitmek için istenen 150 lirayı ödeyemeyince) büyük bir zevkti. Guleman'da futbol karşılaşmaları santrafor Attila. Atılan gole ofsayt itirazları Reis'in ben topa dokunmadım, topun üzerinden atladım müdafaası ile kabul edilmemiştir. Kazım Ergin hocamız Attila'ya Reis Bey derdi. Fenerbahçeli idi. Fakat aramızda Galatasaray-Fenerbahçe-Beşiktaş ayrımı yoktu. Maçlara beraber gider ve iyi oynayan takımı alkışlardık. Küçüküsu'da ders çalışır, oyun oynar ve birbirimizi her yönden desteklerdik. Ailelerimizle geçirdiğimiz zamanın fazlasını bir arada geçiren sonradan olma kardeşlerdik. Attila talebe cemiyeti seçimlerine katılıp öğrencilerin teksirlerinin basılmasını üstlenmişti. Her zaman toplayıcı bir özelliği vardı. Daha sonra İTÜ Talebe Birliği başkanı oldu. 1957 seçimlerinden birkaç gün önce madenci, makineci arkadaşlarla Çengelköy'de yemek yemiş ve



hazmedebilmek amacı ile Kadıköy'e kadar yürümüştük. Seçimle direkt ilgimiz yoktu. GS-Fenerbahçe ve Beşiktaş sloganları ile yürürken polisler tarafından çevrildik. Bir vatandaş DP lehine slogan attığımızı söyleyerek şikayette bulunmuş (DP iktidarda). Kazara CHP sloganı atıyor deseydi, yanıştık. Hepimiz farklı kürsülerde bitirme ödevi yapıyorduk. Attila Tatbiki Jeoloji Kürsüsü'nde çalışıyordu. Bu dönemde en fazla asistan bizim sınıftan çıkmıştı. Attila ile Amerika'da Denver Colorado School of Mines'ta karşılaştık. Attila Amerika'daki tetkikleri ve çalışmaları sonunda Türkiye'ye ilk matematiksel incelemeyi getiren bir mühendistir. Reis oldu. Libya'da DATA ile çalıştı. Ta ki kalp krizi geçirip Amerikan Hastanesi'nde tedavi görene kadar Libya'da çalıştı. Daha sonraları İTÜ Vakfı Genel Sekreterliği dönemi başladı. Değişik rektörlerle birlikte çalıştı. Her zaman çözüm üretmeyi hedefliyordu ve bütün arkadaşlarını bir araya getirme yeteneğine sahipti. İstanbul Belediyesi Genel Sekreter Yardımcılığı sırasında gene sınıf arkadaşlarını bir araya getirip iyi işler yaptı. İyi bir yönetici olduğunu son görevi sırasında ispat etmişti. Madenciler Gecesi'nde bütün arkadaşlarını bir araya getirmeyi hedef olarak belirlemişti. Evinde son yemeği sırasında çocuklarının ev sorununu çözmüş ve hayata gözlerini yummuştu. Attila Yalçın iyi bir eş, iyi bir baba, iyi bir yönetici, iyi bir arkadaş ve vatanını seven iyi bir mühendisti.

**Allah gani gani rahmet eylesin.**

Prof. Dr. Erman TULGAR

# Atıla Ağbım



Fakülte üçüncü sınıfta idim. Sanıyorum ilkbahar günleri idi. Atıla Aği, Sapanca'ya gideceğimizi ve orada bir öğrenci toplantısı yapılacağını söyledi. Bu bizim, sosyal faaliyetlere dönük ilk temasımız idi. Göl kenarında bir otelde Talebe Birliği Genel Kurulu varmış. Tuğrul Ağbi (Erkin) ve Atıla Ağbi (Yalçın) yönetime seçildiler. Böylece beni de bu tür faaliyetlere bulaştırmış oldular.

Atıla Ağbi, mezun olduktan sonra DSİ'de göreve başlamıştı. Ben de Fakülteden sonra Ankara'da Maden Dairesinde görevliydim. 1966 yılında, Atıla Ağbi yine yanında Tuğrul Ağbi ile beni buldular. Bu defa Maden Mühendisleri Odası ile ilgileniyorlardı. DSİ'de görev yapan meslektaşlarımız, nedense kendi gruplarına yaşarlar. Oysa Atıla Ağbi, diğer madencilik kuruluşlarındaki meslektaşları ile de ilişkisini devamlı tutmuştur.

1970 yılında ben resmi görevden ayrılıp İstanbul'a gelmiştim. Aynı günlerde Atıla Ağbi de, DSİ'den ayrılıp özel bir sondajcılık şirketi kurmuştu. 1978 yılı ortalarında, İran'da su sondajlarının gündemde olduğunu, bu işle ilgili hareket edip edemeyeceğimizi sordu. Çünkü, Emel Sayın'ın İran konserleri sırasında, gerek Tahran Büyükelçimiz, gerekse İran Aristokrasisi ile yakın ilişkilerimin olduğunu biliyordu. Konuştuk, anlaştık ve Tahran'ın yolunu tuttuk. O günkü Büyükelçimiz Sayın Rahmi

Gümrükçüoğlu bizimle çok yakından ilgilendi ve bazı birkaç gidiş gelişten sonra Kraliçe Farah Diba'nın dayısı ile iş ortağı olduk.

Tahran günlerinde çok ilginç olaylar yaşadık. Bu olayların, İran'da geleceğin birer habercisi olduğunu sonradan anlayabilecektik.

Sondaj işleri ile ilgili olarak çeşitli resmi kurumlara girip çıkıyoruz. Bir müddet sonra Atila Ağbi, bu İranlıların, müziğe ne kadar düşkün olduklarını sık sık tekrarlamaya başladı. Çünkü her resmi kurumda ilk önce bir piyano ile karşılaşılıyordu.

Bir akşam aynı şey tekrarlanınca sevgili Büyükelçimiz Gümrükçüoğlu gülmeye başladı ve olayı bize açıkladı. Meğer, İran Radyo Televizyon Kurumu, stüdyoları için on adet kuyruklu piyano alımına çıkmış, bu işi de yine Şah'ın yakınlarından biri üstlenmiş, ancak on adet piyano alımı onun için küçük bir iş olarak görüldüğünden yüz adet piyano getirmiş, Radyo Televizyon Kurumu ne yapsın, itiraz edecek hali yok, kendi ihtiyacı dışındakileri de resmi kurumlara dağıtmış. Bu nedenle Gümrük Bakanlığı girişte bile, girişte hemen bir kuyruklu piyano ile karşılaşabiliyormuşuz.

Yine bir gün, Atila Ağbi eşine bir hediye almak istediğini, nereyi tavsiye edebileceğini Büyükelçimize sordu. O da bu işin paramızın miktarına bağlı olduğunu, çünkü Tahran'da şah için bile pahalı gelen kuyumcular bulunduğunu söyledi ve güldü. Israrımız karşısında hikayeyi anlattı.

İran Şahı ve Kraliçe, bir ülkeyi ziyaret edecekmiş. Seyahat yaklaşıncı Kraliçe Farah, gideceği ülkenin başkan eşine bir hediye almak için sıklıkla tercih ettiği kuyumcusuna gitmiş ve bir hediye seçmiş. Ancak Şah, bu hediyeyi pahalı bularak, başka bir şey bakmasını Kraliçe'den istemiş. Araya bazı meşgaleler girince seyahat günü gelmiş ve Şah, pahalı da olsa seçtiği hediyeyi alabileceğini Kraliçe'ye söylemiş. Ne var ki, kuyumcu o hediyein satıldığı cevabını vermiş.

Bu durum Şah'ın merakını çekmiş. Kendisinin pahalı bulduğu bir şeyi Tahran 'da kim almış olabilir ki diye soruşturma yaptırmış.

Sonuç, hediyeı günün Deniz Kuvvetleri Komutanı, eşine ya  günü hediyesi olarak almış. Soruşturma derinle mi  ve ortaya çıkmış ki, Deniz Kuvvetleri be  kruvazör satın almış ancak donanmada  c adet varmış. Diğer ikisinin parası  denmi  ancak alınmamış. Bir anlamda Komutan, iki kruvazörü satmı .  u anda hapiste imiş.

Bütün bunlardan bir şeyler çıkarmak hiç aklımıza gelmedi ve biz Kraliçe'nin dayısı ile sözleşme imzaladık ve o da, İran Devleti ile bizim verdiğimiz fiyatın üstüne (birkaç misli) kendi fiyatını ilave ederek mukavele yapacaktı. Belirli bir avans ödenmesi ve makinaların yola çıkarılması için İstanbul'da buluşmak üzere Tahran'dan ayrıldık.

Süre uzadı ve İran karı maya ba ladı. Dayı beyle biz bulu amadan Ocak 1979'da  ah Tahran'ı terk etti. Atila A bi ile, bu olayın şans mı,  anssızlık mı olduğunu çok konuştuk. Sonuçta  ans olduğuna karar verdik. Eğer  ah ailesinin ortağı olarak İran'da yeni rejim ile kar ıla sak, ba ımıza neler gelirdi. Allah Bilir, dedik.

Bu maceradan bize hoş bir deyim tek kazanç olarak kaldı.

Aylar süren görüşmelerde, Dayı tarafını temsilen bize sık sık muhatap olan kişi son derece sevimli ve düzgün bir insan olan Azer Beydi. Tebriz doğumlu ve Ermeni asıllı dostumuz, kar ıla tı ımız farklı kişileri şöyle tanımlardı:

'Adam var, adamların nah ıdır.

Adam var, e  e i ondan yah ıdır.'

Sonraki yıllarda Atila A bi ile sivil toplum faaliyetlerinde hep beraber olduk. Türkiye Madenciler Derneği'nde, O Başkan ben ise yardımcısı idim. Yine hep beraber Vakıf Kurucusu olduk.

Yoklu una hiç inanmadım. Onu hep aramızda hissediyorum.

 smet Kasapoğlu

 T  Maden Fakültesi 1958 – 1963



# Sevgili Attila Yalçın ile anılarım



Sevgili Attila'yı öğrenci temsilciliği yıllarında tanıdım. Benden 2 sınıf öndeydi. 1983 yılındaki İTÜ Maden Fakültesi'nin, 30. Yıl kutlamaları komitesinde birlikte olduğumuzda samimiyetimiz arttı ve kutlamalar sonrasında, oluşan fikir ile 1984 yılında başladığımız Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı kurma çalışmalarını, diğer 14 arkadaşımızla birlikte, tamamlayarak 1986 yılında, Vakfı kurduk. Bu yıldan sonra sürekli birlikte olduk ve değişik projeler ürettik. Bunlar arasında, Haliç'in Temizlenmesi ve İçindeki Değerlerin Kazanılması projesinde üniversitedeki ekibin kurulması görevini bana vermişti.

Sevgili Attila'nın, Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı'nın ve Türkiye Madenciler Derneği'nin gelişmesinde çok büyük katkıları olmuştur. Ayrıca İTÜ Vakfı'nda yıllarca, genel sekreter, yönetim kurulu üyesi ve başkan yardımcısı olarak görev yapmıştır. İTÜ Vakfı'nca yürütülen Madencilik Eğitim Galerisi projesinin gerçekleşmesinde büyük desteği ve katkıları olmuştur.

Çok yönlü bir insan olan ve dostluğundan büyük zevk aldığım sevgili Attila nur içinde yatsın.

Prof. Dr. Güven ÖNAL

# Atilla Yalçın



Hepimizin yaşamında örnek oluşturanlardan vardır. Onları diğerlerinden ayıran bir şey, kimisinde çok şeyler vardır. Kimilerinde bu farklılaştıran özelliği, niteliği hemen söylersiniz. Çok belirgindir. Örneğin bilgilidir. Sistematik düşünür, iyi kurgular, özenle kurar ve titizlikle yürütür. Kimisinin sebatı, kararlılığı ve takipçiliği öne çıkar. Bazısı atılımcıdır, girişkendir. Kimisi iyi konuşur, yalnızca iyi konuşmakla da kalmaz, nerede nasıl konuşacağını da bilir. Yöneticidir, amaç ve hedef odaklı olarak çalışırken insanı baş tacı eder, nerede, ne zaman, nasıl olunacağını da bilir. Bunlara özenirsiniz, davranışlarını örnek alırsınız. Kimileri güzel giyinir, temiz kokar. Bakışları sevecendir, içtendir, dostçadır, daha bir kardeşçedir kimilerinin. Onlarla olunca kendinizi güvende hissedersiniz, bulunduğunuz ortam sınısıcak olur. Kimilerinden her zaman bir şeyler yakalayabilirsiniz. Bazen bilgi, bazen görgü, bazen de deneyimlerinden aktardığı uçurtmacalardır bunlar.

Atilla Yalçın kişiliği, aile yaşamı ve meziyetleri ile onların her biridir benim için...

Yetmişliğindeki özen ve meslek yaşamındaki ciddiyet, birkaç devlet kurumu içine hapsedilmiş sondajcılığı örnek uygulamalar ve hizmetlerle özellerin dünyasına açmıştır. Benim için bilimsel sondajcılığın abidesi olmuştur. Kendisinden pek çok şeyi, doğrusuyla öğrendim. Fakültemizde

vermekte olduğu Sondaj Tekniği Dersini idari nedenlerle bırakmak zorunda kalınca ben üslenmiştim. İlk yıldan sonra sevgili Tolga baba geleneğini sürdürecektir ve aratmayacak şekilde bu dersi devraldı.

Atilla Yalçın Ağabeyim bir sabah beni aramıştı. Vaktin varsa görüşebilir miyiz demişti. Telefonla ender görüşürdük. Meraklandım, uçarcasına gittim. Maçka'da buluştuk. Elindeki dosyada metrolara, yeraltı ulaşım sistemlerine ilişkin bilgiler derlenmişti. Saatlerce söyleştik. Kendisi pek konuşmadı, kısa sorularla araya girdi, dikkatlice dinledi. Düşüncelerimi, görüşlerimi sordu, kısa kısa notlar aldı, bazılarının altını birkaç kez çizdi, bazılarını çemberlerle çevirdi. Bir sohbetten öteydi bu konuşmalar, fazla ciddi idi. Sorgulanıyor gibiydim. Kazı ve ankraj uygulamalarının ayrıntısına kadar iniliyor, falanca caddenin altındaki kayalarla kadar soruluyordu... O güne kadar hiç görmemiş olduğum kadar bilgilenmede ısrarcı ve heyecanlıydı. Çıkarabildiğim kadarıyla biran önce İstanbul Metrosunun yapılmasına gönül koymuştu. Yaşamına daha da anlam katacak yepyeni bir hedefe odaklanmıştı. Toplumcu bakışları toplu taşıma ulaşımında buluşmuştu. Sanırım İstanbul Büyükşehir Belediyesindeki görevini öncelikle bu nedenle istemiş ve kabul etmiştir.

Her fırsatta birlikte olmaktan keyif almış ve onur duymuş olduğum bu çok değerli insanı saygı ve sevgi dolu duygularıyla hep anımsıyor, anıyor ve özlemle arıyorum.

Mahir Vardar



## Dostum Attila YALÇIN



İnsanın yaşamında bazı dostlar, uzun yıllar kardeşliğin bir sonucu olarak kurulur, bazı dostluklar da yaşamın çok kısa bir bölümünde, kısa bir sürede oluşur... Rahmetli Attila ile arkadaşlığım, 1991'in son aylarında, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ndeki görevlerimizle başlamıştı... Önce ben, daha sonra da o genel sekreter yardımcısı olarak Belediye'de İstanbul için çalışmaya soyunmuştuk. Teknik eleman olarak birbirimizden hem kuvvet hem de akıl alıyorduk... Kuşkusuz İstanbul gibi dünya metropolünde görev almayı ne o, ne de ben o güne dek aklımızdan geçirmiştik... Geçmişimizde beraberliğimiz o günlere dek olmamış, ayrıca eğitimlerimiz de birbirinden çok farklı dallardaydı... Ben mimarlık okumuş, o ise maden mühendisiydi... Tek ortak yanımız, ikimiz de İstanbul Teknik Üniversitesi'nde öğretim elemanı olarak çalışıyorduk. O Maden Fakültesi'nde, ben ise Mimarlık Fakültesi'nde hocaydık...

Belki, ikimizin ortak olan bu hocalık yanı, ikimizi birbirine bağladı, güçlü bir birlikteliğin nedeni oldu... Çalışkan, güven veren ve çözüm üreten Attila'nın Belediye'de çalışmaya başlamasıyla, Belediye hizmet ve yatırımları büyük bir ivme kazandı. Başta Metro çalışmaları olmak üzere Attila'nın 1992'den sonra yapılan çalışmalarda İstanbul'a büyük katkısı olduğunu, yakın bir mesai arkadaşı olarak belirtmek isterim...

Bilimsel yaklaşımlarıyla sorunlara çözüm ararken, Yalçın'ın uygulama ve yönetici yönündeki başarılarına değinmemek de olası değildir. Attila gerçek anlamda iyi bir yöneticiydi. Ast ve üst ilişkisini en mükemmel bir biçimde kurarak her zaman Belediye çalışanlarının takdir ve sevgisini kazanmıştı. Onun yokluğunda ben, benim yokluğunda o ita amirleri olarak milyonların altına imza attık, birbirimize sonuna kadar güvendik... Bu güven duygusu kuşkusuz dostluğumuzu daha da güçlendirdi.

Belediye sonrası da dostluğumuz devam etti. Attila İ.T.Ü Vakfı'nda genel sekreterlik ve yine İş-Koray şirketinde çalışırken zaman zaman beraber oluyor ve fikir alış verişinde bulunuyorduk...

Berberliğimiz kısa olmakla beraber, yaşamımda iz bırakan dostlarımdan biri olan Attila'yı maalesef erken kaybetmenin acısını her zaman hissetmekteyim.

Onun adına düzenlenen bu çalıştayın sonuçlarını yansıtan belge de onun arkadaşı olmam nedeniyle bana da duygularımı sunma fırsatı veren çalıştay düzenleyicilerine içtenlikle teşekkür ederim...

Saygılarımla

Prof. Dr. Mete TAPAN

# Sevgili Başkanımız Attila Yalçın'ın Anısına



Madencilik camiasında çok sevilip sayılan, sevgi ve güler yüzlü yaklaşımı ile çevresindekilere hep pozitif enerji yaratmış ve sektörde idol bir kişiliğe ulaşmış, nadir insanlardan biri idi sevgili başkanımız, Attila Yalçın.

Mesleğine ve meslektaşlarına olan saygı ve sevgisiyle camiada hep sevilip, aranan, birleştirici, uzlaşmacı kişiliği, ona dönemdaşlarının REİS unvanını vermesi, bizlerin ise ATTİLA Abisi olarak anılması onu, yaptıklarını, bizlere bıraktıklarını tanımlamaya yeter mi acaba.

Attila Yalçın, yaşamı boyunca işlerinde hep en iyiyi yapmayı, deneyimlerini paylaşmayı, sosyal ve örgütlü gücün mesleğe katkısını ön planda tutarak, bizlere ve gelecek kuşaklara örnek bir meslek büyüğü mirasını bırakmıştır.

Mesleğinin önemli bir süresinde kazandığı deneyimlerini biriktirdiği, Sondaj Yöntemleri ve Uygulamaları kitabının; hem eğitimi verdiği İTÜ Maden Fakültesinde hem diğer üniversitelerde



ders kitabı olarak okutulması ve pratikte madencilerin başvurduğu değerli bir kaynak olması yanında, hiçbir telif hakkı istemeden kitabın tüm haklarını Maden Mühendisleri Odasına bırakması, Attila Yalçın'ın eğitime verdiği önemin somut bir kanıtıdır.

Attila Yalçın, duruşundaki kararlılık, güvenilir ve sevilen kişiliği ile sektörde hep birleştirici toparlayıcı olmuş, bu özellikleri de onu, hizmet verdiği, başta TMMOB, Maden Mühendisleri Odası, Yurt Madencilik Geliştirme Vakfı, Türkiye Madenciler Derneği ve diğer meslek örgütlerinde hep ön plana çıkartmıştır.

Eğer, sektörde bir genel kurul, mütevelli heyet, danışma kurulu veya benzeri bir toplantı varsa, Divan başkanlığı konusu hiç endişelenmeye gerek duyulmaksızın Attila Yalçın'la çözülmüştür. O, toplantının gündemine uygun olarak yürütmesi için gereken yaklaşımları bularak, şahsına özgü esprileriyle katılımcıların mutlu ayrıldığı bir etkinlik olmasını hep başarabilmiştir.

Üstlendiği her görevde, bizlere bıraktığı saygıdeğer eserler yanında, Türkiye Madenciler Derneğine ve dolayısıyla da madencilik sektörüne yaptığı önemli katkılarından ötürü kendisini minnet ve şükranla anıyoruz.

Derneğimize çok uzun yıllar emek veren ve kalıcı eserler bırakan meslek büyüklerimiz rahmetli, Sıtkı Koçman ve değerli hocamız Namık Esmer, 1990 yılı başlarında, artık yaşlandıkları ve derneğin yeniden yapılanması, üye profilinin yeniden şekillenmesi amacıyla genel kurulda yönetimi genç dinamik ve mesleğe hizmet etmeyi seven kişilere devretmeyi arzu ettiklerini beyan etmişlerdi. Yeniden yapılanmada akla gelen ilk isim, Attila Yalçın olmuştur. Bu yapılanmada, Attila Yalçın'ın yanında, uzun yıllar dernek başkanlığı yapan İsmet Kasapoğlu, Fikret Özbilgin, rahmetli Münip Çoker, Murat Turan, Mustafa Sönmez ile Üniversitelerden ve sektörden çok değerli madenci firmalar ve şahısların katkıları ile 03 Mart 1990 tarihinde yapılan genel kurulun divan başkanı da yine Attila Yalçın'dı. Genel kurulda yönetime yeni seçilen 7 kişi içinde yapılan görev bölümünde de Attila Yalçın yine teklifsiz yönetim kurulu başkanlığına seçilmişti.

Derneğimizde, bir dönem yönetim kurulu başkanlığı yapan Attila Yalçın, yönetim ve denetim kurullarındaki arkadaşları ile uyumluluğu ve öncelikle derneğin yeniden yapılanması çalışmaları

yanında, sektörel birliğin oluşturulması için meslek odaları ile sektördeki diğer sivil kitle örgütleri, vakıf ve derneklerle kalıcı bağların kurulmasında da örnek bir başkanlık duruşu sergilemiştir.

İstanbul Belediyesi Genel Sekreter Yardımcılığı teklifi üzerine dernek başkanlığı görevi sona eren sevgili başkanımız Attila Yalçın, gerek belediyedeki görevi süresinde, gerekse İ T Ü Vakfı Genel Sekreterliği ve de özel sektördeki çalışmaları süresinde, üniversite sanayi işbirliğine olan katkıları, meslektaşlarının İstanbul Metrosu yeraltı çalışmalarında iş bulabilme yollarının açılmasındaki ilkeli davranışı, meslek örgütlerimizin uyumlu çalışmaları için yol göstericiliğini sürdürmesi de her kesimin takdirini kazanmıştır.

Yaşadıkları ve yaptıklarıyla bizlere çok anlamlı ve değerli eserler bırakan sevgili Attila Yalçın'ın anısına İ T Ü Maden Fakültesinin ev sahipliğini yaptığı, ailesi ve hizmet verdiği kurumlarca düzenlenen Attila Yalçın Sondaj Çalıştay'ın da, görev almaktan ve başkanımızın anısının yaşatılmasına katkı koymaktan büyük onur duyduğumuzu özellikle belirtmek isteriz.

Ruhun şad olsun, Sevgili Başkanımız, Sevgili Attila Abimiz.

Mustafa SÖNMEZ

Türkiye Madenciler Derneği

Yönetim Kurulu Başkanı

*BİLDİRİLER*

## **TEMEL TASARIMINDA ZEMİN ETÜD KAPSAM VE KALİTESİNİN ÖNEMİ**

**Turan DURGUNOĞLU, Ph.D, P.E., D. GE, F. ASCE**

Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Zemin Etüt ve Tasarım A.Ş.  
durgunoglut@zetas.com.tr

### **ÖZET**

Temel tasarımı, zemin etüd, kapsam, veri bankası kalitesinin önemi ortaya konmuştur. Tasarımda yeralan, planlanan yapı, geoteknik risk grupları, zemin etüdün kapsamı, zemin şartlarının değişkenliği, ortaya çıkabilecek geoteknik sorunların boyutları, zemin etüdlерinin güvenilirliği ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Temel tasarımı esas, yapı performans kriterleri, analizler ve tasarıma yönelik algoritma geliştirilmiş bir derin kazı iksası tasarımı örnek olarak sunulmuştur.

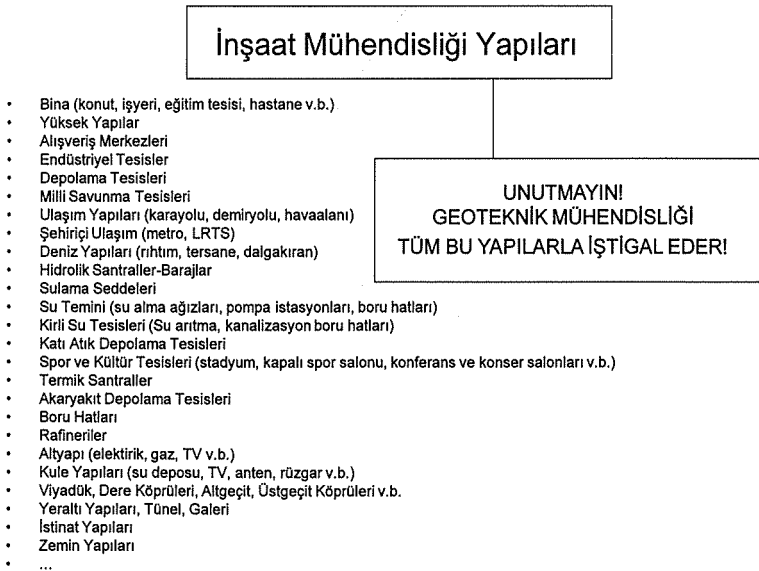
### **1.GİRİŞ**

İnşaat mühendisliğinin iştigal ettiği yapılar Çizelge 1’de listelendiği üzere çok geniş bir spektrum göstermektedir. 19. Yüzyılda mühendislik “military engineering – askeri mühendislik” olarak gelişmiş, endüstrileşmeye ve bununla beraber oluşan şehirleşmeye paralel olarak da “civil engineering – sivil mühendislik- inşaat mühendisliği” 19. yüzyılın ikinci yarısı ve 20. yüzyılda uygulamada yerini almıştır. Çok çeşitli bu inşaat yapıları incelendiğinde hepsinde ortak olan husus, herbirinin sivilizasyonun yani medeniyetin gerçekleşmesi için duyulan gereksinimlere cevap veriyor olmasıdır. İnsanların barınması için konut, sağlık hizmetleri için hastahane, su gereksinimi için barajlar, boru hatları, enerji gereksinimi için santraller, depolama tesisleri, ulaşım gereksinimleri için karayolları, demiryolları ve havayolları vb. İnşaat mühendisliği yapılarının tamamında yeralan diğer bir müşterek husus ise bu yapıların Çizelge 2’de görüldüğü gibi, yeryüzeyinin üzerinde, kısmen yeraltında veya tamamen yeraltında inşa edildiği hususudur. Her üç durumda da yapı ile zemin bir etkileşim halinde olup, bu etkileşimin fiziki ve mekanik anlamda modellenmesi için yapının üzerinde veya içinde yer aldığı zeminin fiziki ve mekanik olarak modellenmesi gerekmektedir. İnşaat mühendisliğinde, zemin ve kayanın bambaşka bir rol aldığı yapı cinsleri ise, yine Çizelge 2’de

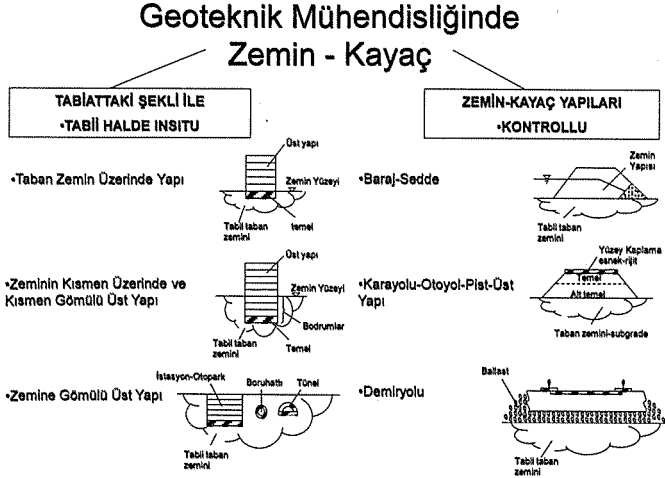
görüldüğü gibi bunların, yapının bir parçası veya bütününi teşkil etmesidir, toprak-kaya dolgu baraj, sedde, toprak istinat yapısı vb. örneklerinde olduğu gibi. Bu ikinci grup problemlerde de yapının tasarlanabilmesi ve projelendirilebilmesi için yine yapıda yeralan farklı zemin ve/veya kayaç birimlerinin fiziki ve mekanik özelliklerinin belirlenerek, malzeme olarak modellenmeleri gerekmektedir.

Yukarıda açıklanan bir inşaat mühendisliği yapısının tasarlanabilmesi için Çizelge 3’de gösterildiği gibi çok çeşitli mühendislik disiplinlerinin ayrı ayrı ve müştereken çalışmalarına gereksinim duyulmaktadır. Bu disiplinler, inşaat mühendisliği bünyesinde yer aldığı gibi, mimari, mekanik, elektrik, mekanik gibi diğer mühendislik konularını da içermektedir.

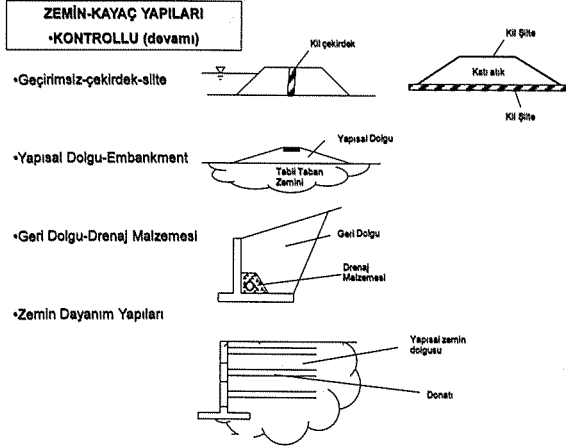
*Çizelge 1. İnşaat Mühendisliğinde Yapı Çeşitleri*



Çizelge 2a. Geoteknik Mühendisliğinde Yapı ve Zemin-Kayaç İlişkisi



Çizelge 2b. Geoteknik Mühendisliğinde Yapı ve Zemin-Kayaç İlişkisi (devamı)





### Çizelge 3. Tasarımda İlgili Disiplinler

#### TASARIMDA İLGİLİ DİSİPLİNLER

|                                            |                                                                                                                       |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| •Harita Mühendisliği                       | Topoğrafya, Metraj, Aplikasyon                                                                                        |
| •Mimari                                    | Fikir, Ön Uygulama Projeleri Ve Detaylar, Plan+Kesit                                                                  |
| •Üst yapı                                  | Statik Sistem Seçimi, Analiz ve Tasarım                                                                               |
| •Malzeme Seçimi                            | Tasarım+Uygulama, Malzeme Mühendisliği                                                                                |
| •Depremsellik                              | Yerel Şartnameler<br>Özel Yapılar – Detay Çalışmalar<br>Deprem Mühendisliği                                           |
| •Zemin – Temeller – Geoteknik Mühendisliği | Jeomorfoloji, jeoloji<br>Jeofizik Mühendisliği, Mühendislik Jeolojisi<br>Zemin ve Kaya Mekaniği<br>Temel Mühendisliği |

#### Özel Projeler

Ulaşım Projeler – Yol, Demiryolu, Havaalanı, Rıhtım vb.  
Teknolojik Üniteler – Teknolojik Projeler Tasarım Ve Uygulama Kriterleri.  
Su Yapıları – Hidrolik  
Çevre Mühendisliği Yapıları - Çevre

4

## 2. PLANLANAN YAPI

Yukarıda açıklandığı şekilde, aslında bir inşaat mühendisliği yapısı için ilk etap Çizelge-4’de özetlendiği gibi zemin dışında yer alan öğelerin yani planlanan yapının tariflenmesidir. Yapının tarifi yapılmakla, zemin yüzeyi ile fiziki ilişkisi de belirlenmiş olur.

### Çizelge 4. Planlanan Yapı

#### • PLANLANAN YAPININ TARİFİ

YERLEŞİM

BOYUTLAR

KOTLAR

TOPOĞRAFYA

YAPININ FONKSİYONU

YÜKLER

YAPISAL STRÜKTÜR VE MALZEME

ÖZEL TASARIM KRİTERLERİ

İlgili disiplinler :

- MİMAR
- UZMAN İNŞAAT MÜHENDİSİ(ÜSTYAPI)

### 3. GEOTEKNİK RİSK GRUPLARI

Bu safhada, tasarımda geoteknik mühendisin görevi Çizelge 5’de sıralanan zemin öğelerinin planlanan yapı ile olan ilişkilerinin kurulması ve tarifiyenmesidir. Bu ilişkiler içerisinde en önemli husus, mevcut zemin şartlarına ve yapının yerine, fonksiyonuna bağlı olarak tanımlanabilecek Çizelge-6’da özetlenen geoteknik risk gruplarının tarifiyenmesidir. Bu risk grupları içerisinde zemin odaklı olanlar “problemlı zeminler” başlığı altında Çizelge 7’de özetlenmiştir.

*Çizelge 5. Planlama (Temel Mühendisliğı)*

#### Planlama (Temel Mühendisliğı)

- RİSK GRUPLARI TANIMLAMASI
- TARİFLENEN YAPI İLE İLİŞKİSİ
- MEVCUT ALTYAPI VE KOMŞU YAPILARLA İLİŞKİSİ
  - TASARIM İLE İLİŞKİSİ
- UYGULAMA İLE İLİŞKİSİ

İlgili disiplinler :  
•UZMAN İNŞAAT MÜHENDİSİ(GEOTEKNİK)

*Çizelge 6. Geoteknik Risklerin Tarifi*

#### Geoteknik Risklerin Tarifi

- HEYELAN, STABİLİTE BOZUKLUĞU
  - PROBLEMLİ ZEMİNLER
    - TAŞIMA GÜCÜ
- OTURMALAR VE YATAY DEPLASMANLAR
- AKTİF FAYLANMA - TEKTONİK HAREKETLER
  - ZEMİN SIVILAŞMASI
  - ZEMİN BÜYÜTMESİ

### Problemlı Zeminler

- KONTROLSUZ DOLGULAR
- ÇÖKEBİLEN ZEMİNLER
- ŞİŞEBİLEN ZEMİNLER
- ORGANİK ZEMİNLER
- SIKIŞABİLİR ZEMİNLER
- GEVŞEK VE ZAYIF ZEMİNLER

#### 4. ZEMİN ETÜDÜNÜN KAPSAMI

Diğer bir deyişle, herhangi bir inşaat mühendisliği yapısının tasarımı ile ilgili olarak tanımlanması gerekli fiziki ve mekanik zemin modelinin belirlenmesi için gereken etüdün kapsam ve çeşitli öğeleri, her bir yapının geometrisi, boyutları, inşa edileceği yer, yapının fonksiyonu, yapı içinde yer alabilecek diğer ünitelerin fonksiyonu ve yapı ile etkileşimi, vb. gibi bir dizi faktöre bağlı olarak programlanmalı ve gerçekleştirilmelidir. Bunun doğal bir sonucu olarak, “zemin etüdü” Çizelge 8’de özetlenen birbiri ile ilişkili 4 (dört) aşamada gerçekleştirilmektedir. Yapının fonksiyonu ve ihtiyaç duyulan fiziki ve mekanik zemin modellemesine bağlı olarak, zemin etüdü içinde yer alan ve kapsamı belirleyen farklı etüd ve ölçüm metotları ise Çizelge 9a ve 9b’de özetlenmiştir. Genellemek gerekirse, zemin etüdüleri sondajlar, numune alma, laboratuvar deneyleri, sondaj kuyusu içinde ve dışında yapılan arazi deneyleri olmak üzere gruplandırılabilir. Planlanan yapı yerinde geoteknik bir risk grubunun yer alıp yer almadığı- “problemlı zeminlerin varlığı” Çizelge 10’da özetlenen abak kullanılarak değerlendirilmelidir. Bu abakta problemlı zemin gruplarının ortaya çıkarabileceği geoteknik riskler de özetlenmiştir. Örneğin, bir sahada aşırı konsolide killeri yer alıyorsa, bu tip zeminlerde ortaya çıkabilecek en önemli sorun, kazı şevlerinin uzun vadeli stabilitesidir. Geoteknik risklerin Çizelge 10 ile tanımı yapıldıktan sonra, bu risk grubu (temel sorunu) için güvenli ve ekonomik bir temel mühendisliği tasarımı oluşturulabilmesi için hangi mekanik zemin özelliğine ihtiyaç duyulduğu ise Çizelge 11a ve 11b’de özetlenmiştir. Özetle, yukarıda verilen bu abaklar

kullanılmak suretiyle zemin etüdünün planlama ve kapsam belirleme safhasında hangi zemin parametrelerinin belirlenmesi gerekliliği ortaya konmuş olmaktadır.

Çizelge 8. Zemin Etüdü Aşamaları

### Zemin Etüdü

- Zemin Etüdü Kapsam ve Programı
- Zemin Etüdünün Uygulaması
- Zemin Etüdünün Uygulamasının Denetlenmesi
- Zemin Etüdü Raporlanması-Factual Report

Çizelge 9. Zemin Etüdü Kapsamı

### ZEMİN ETÜDÜ KAPSAMI

- KAPSAM
- YER
- ADET
- DERİNLİK
- ŞARTNAMELER
- SONDAJ
- NUMUNE ALMAK
  - Temsili – indeks özellikler
  - Örselenmemiş – mekanik özellikler
- LABORATUVAR DENEYLERİ
  - İndeks özellikler
    - » Dane dağılımı
    - » Atterberg limitleri
    - » Sınıflandırma
    - » Sıkıştırma – kompaksiyon
  - Mekanik özellikler
    - » Kayma mukavemeti
    - » Sıkışabilirlik
    - » Hidrolik iletkenlik
- ARAZİ DENEYLERİ
  - SONDAJ KUYUSU İÇİNDE
    - SPT, Standard Penetrasyon Deneyi, N
    - PT, Menard Presiyometre Deneyi, Ep, Pi
    - DLT, Marchetti Dilatometri Deneyi, ED, ID
    - VT, Vane kanatlı kesme deneyi, tfu
    - Lefranc, permeabilite, k
    - Lugeon, Basınçlı su deneyi, k, Lv
    - Jeofizik, vp, vs, dalga hızları
  - SONDAJ KUYUSU DIŞINDA
    - CPT, Statik Penetrasyon Deneyi, qc, fs, FR
    - Plaka yükleme deneyi, (q – s) bağıntısı
    - Pompaj deneyi – permeabilite, k
    - Jeofizik deneyler, vp, vs ve vR = f(derinlik)

Çizelge 10. Problemlı Zeminler

PROBLEMLİ ZEMİNLER

- SUYA DOYGUN, YUMUŞAK KİLLER,
  - Düşük Taşıma gücü
  - Yüksek Şırıışabilirlik
  - Kazı Taban göçmesi
  - Genel Stabilite
  - Sıvılaşma Düşük Plastisite  $I_p < 12$
- SUYA DOYGUN GEVŞEK KUMLAR VE NP SİLTLER
  - Sıvılaşma
- YARI DOYGUN YÜKSEK PLASTİSİTELİ KİLLER
  - Yüksek hacim değıştirme, şişme ve büzülme
- AŞIRI KONSOLİDE KİLLER
  - Uzun vadeli stabilite
- NP SİLTLER
  - Basınç altında su ile temasta aşırı deplasman, hydrocompression
  - Dona karşı yüksek hacim değıştirme
- NP DISPERSİF SİLT VE KİLLER
  - Borulanma ve yıkanma
- ORGANİK ZEMİNLER
  - Zamana bağılı oturma

Çizelge 11a. Geoteknik Riskler – Sorunlar Zemin İlişkisi

GEOTEKNİK RİSKLER-SORUNLAR ZEMİN İLİŞKİSİ

| ZEMİN                           | GEOTEKNİK PARAMETRE                                                                                                                                                                                                                                                                 | TEMEL SORUNU                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| YUMUŞAK NORMAL KONSOLİDE KİLLER | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Drenajsız kayma mukavemeti, <math>s_u</math></li> <li>•Kompresibilite, <math>C_c</math></li> <li>•Konsolidasyon katsayısı, <math>C_v</math>, <math>C_h</math></li> <li>•Hidrolik geçirgenlik, <math>k_v</math>, <math>k_h</math></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Taşıma gücü</li> <li>•Oturma</li> <li>•Stabilite</li> <li>•Taban göçmesi</li> <li>•Plastik deformasyonlar</li> <li>•Kazıklar üzerinde negatif sürtünme</li> </ul> |
| YÜKSEK PLASTİSİTELİ KİLLER      | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Atterberg limitleri, LL, PL, <math>I_p = LL - PL</math>, <math>w_s</math></li> <li>•Aktivite, A (kil yüzdesi)</li> </ul>                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Yüksek hacim değıştirme potansiyeli</li> <li>•Şişme ve büzülme</li> <li>•Hafif yapılar ?</li> </ul>                                                               |
| AŞIRI KONSOLİDE KİLLER          | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Drenajlı kayma mukavemeti, <math>(c', \phi') - (c'_d - \phi'_d)</math></li> <li>•Residüel kayma mukavemeti, <math>c'_r</math>, <math>\phi'_r</math></li> </ul>                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Uzun vadeli şev stabilitesi</li> </ul>                                                                                                                            |

**GEOTEKNİK RİSKLER-SORUNLAR ZEMİN İLİŞKİSİ (devam)**

| <b>ZEMİN</b>                   | <b>GEOTEKNİK PARAMETRE</b>                                                                                                                                                                             | <b>GEOTEKNİK SORUN</b>                                                                                                                           |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LÖSS ZEMİN                     | <ul style="list-style-type: none"><li>•Birim hacim ağırlığı</li><li>•Boşluk oranı</li><li>•Özel odometre deneyinde suya boğulma halindeki düşey deplasman</li></ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"><li>•İslanmadan doğan oturma ve farklı oturmalar</li><li>•Kazıklar üzerinde negatif çeper sürtünmesi</li></ul> |
| GEVŞEK SİLTİ VE KUMLU ZEMİNLER | <ul style="list-style-type: none"><li>•SPT darbe sayısı, <math>N_{1,60}</math>-SPT</li><li>• penetrasyon uç mukavemeti, <math>q_{c1}</math> CPT</li><li>•Sürtünme oranı, <math>FR(\%)</math></li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>•Sıvılaşma</li></ul>                                                                                       |
| KALIN ALÜVYON                  | <ul style="list-style-type: none"><li>•Jeofizik ölçümler, <math>V_p</math>, <math>V_s</math>, <math>V_R</math> dalga hızları derinlikle değişimi</li></ul>                                             | <ul style="list-style-type: none"><li>•Zemin Büyütmesi</li></ul>                                                                                 |

#### 4.ZEMİN ŞARTLARININ DEĞİŞKENLİĞİ

Planlanan yapı için, zemin etüdü kapsamı seçilirken, gözönünde bulundurulması gereken en önemli hususlardan birisi de o yapı sahasında yeralan zemin şartlarının değişkenliğidir. Dolayısıyla, bu hususta güvenilir bir karar verebilmek için planlanan sahanın mühendislik jeolojisi değerlendirmeleri ile zemin katmanlarının oluşumu, sahanın tektoniğinin bilinmesinin büyük önemi vardır. İşte bu nedenlerdir ki, bir inşaat mühendisliği yapısının temel mühendisliği tasarımında tecrübeli jeoloji mühendislerinin de yeralması büyük önem arz etmektedir.

#### 5. ORTAYA ÇIKABİLECEK SORUNLARIN BOYUTLARI

Zemin etüdü ve temel mühendisliği tasarımında diğer önemli bir diğer öge ise planlanan yapıyla ilgili olarak zemin şartlarının ortaya çıkarabileceği sorunların boyutlarıdır. Bu sorunlar ne derece de büyük ve sonuçları taşınamaz riskleri içeriyor ise zemin etüdlerinin kapsamı o derece geniş tutulmak zorundadır.



## 6.ZEMİN ETÜDLERİNİN GÜVENİRLİLİĞİ

Zemin etüdlerinin sonuçları, genel olarak tasarıma esas zemin veri bankasını teşkil edeceğine göre bu etüdlerin ş arnamelere uygun olarak yapılması ve özellikle de kontrol edilmiş olmaları büyük bir önem arz etmektedir. Diğer bir deyişle, temel mühendisliği tasarımında zemin etüdünün kapsamı kadar zemin etüdünün kalitesi diğer bir deyişle zemin veri bankasının güvenilirliği büyük önem arz etmektedir. Örneğin sondajlarda alınacak örselenmemiş zemin nümünelerinin kalitesi, bu nümüneler üzerinde laboratuarda tayin edilen mekanik parametreleri direk olarak etkilemektedir. Özetle kısmen örselenmiş bir normal konsolide kil zemin üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi sonucu ortaya çıkan odometre eğrisinde zeminin geçmişteki hafızasının belirgenliği zedelandığı gibi zemin ilave yükler altında daha az sıkışabilirmiş gibi bir sonuç ile karşılaşılacaktır. Benzer zemin üzerinde yapılan üç eksenli kesme deneyi sonucu ölçülen drenajsız kayma mukavemeti ise örselenme sonucu zeminin hassaslık derecesine bağlı olarak gerçek degerinden daha düşük olarak ölçülebilmektedir.

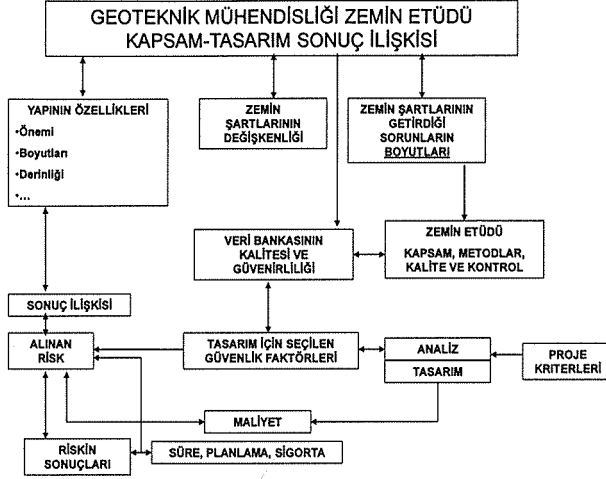
Konuyu daha açıkça ortaya koyabilmek amacı ile temel mühendisliğinde zemin etüdü kapsamı, veri bankası güvenilirliği ve sonuç ilişkisi Çizelge 12’de özetlenmiştir. Burada açıkça görüldüğü gibi tasarımda seçilen güvenlik faktörleri, zemin etüdünün kapsamı, kalite ve güvenilirliği ile direk olarak ilişkilendirilebilmektedir. Diğer bir deyişle, tasarımdan sorumlu geoteknik mühendisi dar kapsamlı, kalitesiz ve kontrolsüz bir zemin etüdü güvenilirliği tartışılır bir veri bankası oluşturduğu için temel tasarımında çok daha gayri ekonomik sonuçlar doğuracak gereğinden daha büyük güvenlik sayıları ile çalışmak zorundadır. Sonuçta, eksik ve/veya kalitesiz zemin etüdünün işverene maliyeti çok daha büyük olmaktadır.

## 7. YAPI PERFORMANS KRİTERLERİ

Yapının boyutları, komşu yapı ve altyapılar ile ilişkileri , sahanın depremselliği, yükler, geoteknik riskler ve zemin etüdleri sonuçlarından yararlanılarak geliştirilen geoteknik modelin belirlenmesinden sonra temel tasarımına geçebilmek için proje veya yapı performans kriterlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kriterler, çok değişik faktörlere bağlı olmakla, genelde yapının fonksiyonuna ve üst yapının taşıyıcı sistemine, bağlı olarak tanımlanabilmektedir. Temel tasarımında geoteknik mühendisinden beklenen, tasarım sonucu seçilen temel boyut ve yerleşimleri ile yapının emniyetli bir

şekilde inşa edilebilmesi ve yapı ömrü boyunca istenen performans kriterlerinin sağlandığını gösterilmesidir.

Çizelge 12. Geoteknik Mühendisliği Zemin Etüdü Kapsam-Tasarım Sonuç İlişkisi



## 8. TEMEL TASARIMINA ESAS ANALİZLER

Bu kriterlerin belirlenmesine paralel olarak, yapı yükleri altında geoteknik mühendisinin gerçekleştirmesi gerekli analizler, yapının hangi kademe ve aşamalarda yapılacağını da gözönüne alarak, sahanın depremselliği altında oluşabilecek, geodinamik riskleri de hesaplayarak, Çizelge 13a, 13b ve 13c'de özetlenen geoteknik analizlerin yapılmasıdır.

## 9. TEMEL TASARIMI

Bu analizler sonucu, Çizelge 12'de görüldüğü gibi temel tasarımına geçilebilecektir. Tasarım sırasında çeşitli alternatif çözümler oluşturulabilmekte her bir alternatif için farklı risk boyutları, alınan risklerin sonuçları, süre, ve maliyet önemli öğeler olarak devreye girmektedir.

Çizelge 13a. Geoteknik Analiz Zemin ve Temel Mühendisliği Değerlendirmesi

Geoteknik Analiz  
Zemin ve Temel Mühendisliği Değerlendirmesi

- ☐ Geoteknik Modelleme
- ☐ Depremsellik
- ☐ Zemin Büyütmesi
- ☐ Zemin Sıvılaşması
- ☐ Problemlı Zemin Şartlarının Değerlendirilmesi

Çizelge 13b. Geoteknik Analiz Zemin ve Temel Mühendisliği Değerlendirmesi (devamı)

Geoteknik Analiz  
Zemin ve Temel Mühendisliği Değerlendirmesi (devamı-2)

- ☐ Yapı Yüzeysel Temel Tipi, Derinliği, Boyutları
- ☐ Taşıma gücü – Zemin Emniyet Gerilmesi
- ☐ Oturmalar, Farklı Oturmalar
- ☐ Zemin Emniyet Gerilmesi
- ☐ Zemin İslahı ve kuvvetlendirilmesi, Yöntemi, Maksadı, Boyutları ve Zamanlama
- ☐ Yüzeysel sıkıştırma (kompaksiyon), geosentetikler, derin sıkıştırma (dinamik kompaksiyon), vibrofilotation, vibroreplacement, yüksek modüllü kolonlar (jetgrout, deepmix), enjeksiyon(grouting), compensated grouting

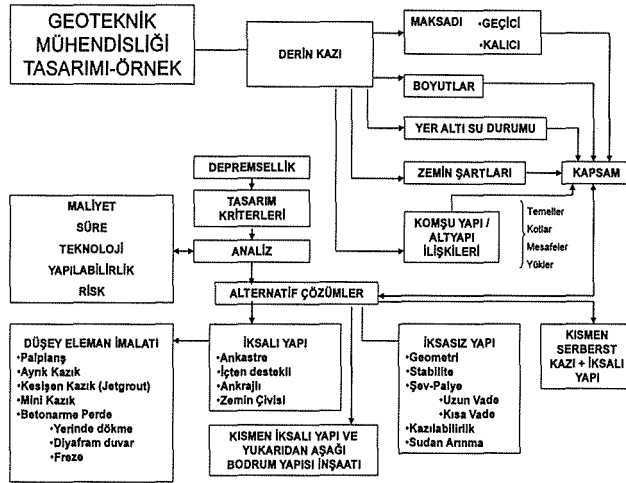
**Geoteknik Analiz**  
**Zemin ve Temel Mühendisliği Değerlendirmesi (devamı-3)**

- ☐ Toprak İşleri,
- ☐ Derin Temeller, Düşey ve Yatay Kapasite, Grup Faktörü, Düşey ve Yatay Deplasman
- ☐ Kazı ve Dolgu, Kısa ve Uzun Vadeli Stabilité
- ☐ Dolgular Altında Oturma Miktarı ve Zamanlaması
- ☐ Kazı ve Dolguda İksa Sistemlerine İlişkin Değerlendirmeler, Tipleri (Klasik, ankastre, öngermeli ankrajlı, zemin çivili vb.)
- ☐ Drenaj ve İzolasyon
- ☐ Malzeme Kriterleri ve Teknik Şartnameler
- ☐ Tasarım Kriterleri ve Analiz Sonuçlarının Kriterlerle Mukayesesi
- ☐ Alternatif Çözüm Örnekleri, Tartışılması
- ☐ Geoteknik Mühendislik Tasarımı, Geoteknik Analizler, Alternatifler ve tüm değerlendirmelerin tasarım paftalarının hazırlanması (Avan-Uygulama)

## 10. ÖRNEK TASARIM

Yukarıda, tasarlanan yapıdan başlayarak temel tasarımına giden süreçte ortaya çıkan önemli hususlar, ve doğurabileceği sonuçlar tartışılmıştır. İzlenen bu algoritmaya bir örnek olmak üzere derin bir kazı için tasarlanacak iksa sistemi Çizelge 14’de ele alınmıştır. Görüldüğü gibi kazının geçici mi yoksa kalıcı mı olduğundan başlayarak, boyutlarını, yeraltı suyu durumunu sahanın depremsellliğini, ve zemin şartlarını, komşu yapı ve altyapılar ile olan ilişkilerini içeren bir algoritma izlenmektedir. Bu şartlar altında belirlenen zemin etüd kapsamı da tasarıma bir öge olarak dahil edilmektedir. Belirlenen tasarım kriterlerini sağlayabilecek alternatif çözümler geliştirilmekte, bu alternatifler arasında dört ayrı sistem irdelenmektedir. Sırası ile a. İksasız yapı, b. Kısmen serbest kazı ve iksalı yapı kombinasyonu, c. İksalı yapı, ve d. Kısmen İksalı yapı ve yukarıdan aşağı inşa metodu. Bu alternatiflerden şartlara en uygunu seçildikten sonra ise her bir alternatif için farklı çözüm olanakları değerlendirilmektedir. Örneğin iksalı yapı alternatifinde iksa sisteminin, ankastre, içten destekli, ankrajlı veya zemin çivili olarak teşkil edilebilmeleri ihtimalleri tek tek değerlendirilmektedir. Bu alternatif çözümler için gereken analizler belirlenen şartlarda ve zemin modeli kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Tüm bu analiz sonuçları, maliyet, süre ve teknolojik yapılabilirlik yönünden değerlendirilerek şartlara en uygun iksa sistemi tasarımı sonlandırılmaktadır.

Çizelge 14. Örnek Geoteknik Tasarımı



## 11. SONUÇ

Yukarıda açıklandığı üzere, inşaat mühendisliği yapılarında temel tasarımı, zemin etüdleri sonucu belirlenen zemin (geoteknik) modeli de içeren birçok değişik faktöre bağlı olarak geliştirilmektedir. Yapıdan beklenen fonksiyon ve performans kriterleri, inşa süresi, mevcut zeminin değişkenliği, zemin etüdlerinin kapsam ve kalitesi, problemlı zeminlerin varlığı, sahanın depremselliği, alınan risklerin doğuracağı sonuçlar ve neticede işin maliyeti gibi faktörler tasarımda rol oynamaktadır. Sonuçta inşaat mühendisliğinde temel tasarımı, gerek zemin davranışı ve gerekse temel inşaatı konusundaki bilgi birikimi ve tecrübelerin tartışmasız esas ve gerekli olduğu çok kompleks bir süreçtir.

## TEŞEKKÜR

Bu makale çok kıymeli hocam ve meslektaşım Sayın Prof.Dr. Erdoğan Yüzer'in vaki davetleri üzerine hazırlanmıştır. Kıymetli meslekdaşımız bir dönem İstanbul Büyükşehir Belediyesi Genel Sekreter Yardımcısı ve vefatından önce İş-Koray A.Ş. Genel Müdürü, İTÜ 1960 yılı mezunu Maden Y. Müh. Atilla Yalçın'ın kaybının hatırasına ithaf olmak üzere Atilla Yalçın Sondaj Çalıştayı organize edilmiştir. 31 Ekim – 2 Kasım 2011 tarihlerindeki bu çalıştay, İTÜ Maden Fakültesinin evsahipliğinde TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Türkiye Madenciler Derneği ve Yurt Madencilik Geliştirme Vakfı'nın müşterek katkıları ile gerçekleştirilmektedir. Bu özel günde yer almamı sağlayan Sayın Prof. Dr. Yüzer'e ve organizasyonu gerçekleştiren yukarıda sıralanan tüm kuruluşlara teşekkür ederim.

## **SPESİFİK ENERJİ KAVRAMI VE SONDAJ VERİLERİNDEN TÜNEL AÇMA MAKİNELERİNİN SEÇİM VE PERFORMANS TAHMİNİNE GEÇİŞ**

**Nuh BİLGİN, Cemal BALCI, Hanefi ÇOPUR**

İTÜ Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü  
bilgin@itu.edu.tr

### **ÖZET**

Bu çalışmada yazarlar, birim hacimdeki kayacın kesilmesi veya delinmesi için harcanan enerji olarak tarif edilen spesifik enerjinin nasıl hesaplandığını anlatmışlar ve Türkiye’de kullanılan tünel açma makineleri uygulamalarında spesifik enerjinin hangi parametrelere bağlı olarak nasıl değiştiğini örneklerle açıklamışlardır. Yazarlar ayrıca, geçmişte geniş çaplı rotari delicilerle değişik kayaç formasyonlarında yaptıkları çalışmalarda spesifik enerjinin hangi parametrelere bağlı olarak değiştiğini tekrar ele almışlar ve sondaj verilerinden hareketle tünel açma makinelerini doğru seçimlerini ve performans tahminlerinin nasıl yapılabileceği konusunu irdemişlerdir.

### **1.GİRİŞ**

Tünel açma makinelerinin Türkiye’de kullanımı gittikçe artmaktadır. Bugün İstanbul’da açılmakta olan ve yakın tarihte açılacak olan tünellerin maliyeti 20 Milyar Avro civarındadır, (Bilgin vd, 2011). Tünel açma makinelerinin ilk yatırım ve işletme maliyetleri oldukça pahalı olması nedeni ile ihale safhasında jeoteknik etütlerin ve detaylı kesilebilirlik deneylerinin yapılması kaçınılmaz olmaktadır (Balcı 2009; Bilgin vd, 2006, 2008; Copur vd, 2001). Bu çalışmalar bazen uzun zaman almakta ve bazen de projeye yüklü maliyetler getirmektedir. Ön bilgi edinilmesi açısından sondaj verilerinden elde edilen spesifik enerji değerlerinin karar verme mekanizmasında kullanılması uzun zamandır araştırmacıları meşgul etmiştir (Bilgin 1983).

Spesifik enerji birim hacimdeki kayacı kesmek veya delmek için harcanan enerji olarak tanımlanmakta ve MJ/m<sup>3</sup> veya kW/m<sup>3</sup> olarak ifade edilmektedir. Makine tasarımında ve işletim sırasında en önemli hususlardan biri, spesifik enerjiyi en aza indirecek, dolayısı ile kazı performansını

maksimize edecek parametrelerin kullanılmasıdır. Spesifik enerji aynı zamanda makinelerin performans tahminlerinde de kullanılan önemli bir parametredir (Copur vd, 1997; Bilgin vd, 2006).

Delicilerin delme hızlarında hareket ederek spesifik enerjinin ve dolaylı olarak kollu galeri açma makinelerinin performanslarının tahmin edilmesi ilk olarak Bilgin tarafından ortaya koyulmuş ve bu tarihten sonra çalışmalar devam etmiştir, Bilgin 1983. Celada vd, 2009, yaptığı bir çalışmada sondaj verilerinden elde edilen verilerden hesaplanan spesifik enerjinin doğrudan delinen formasyonları jeomekanik özellikleri, jeolojik süreksizliklerin sıklığı ile ilgili olduğu ve bu değerlerden tünel açma makinelerinin performanslarının tahmin edilebileceğini ileri sürmüştür.

## 2. TÜRKİYE’DE KULLANILAN BAZI TÜNEL AÇMA MAKİNELERİ (TBM) VE PERFORMANSLARI

İstanbul’da son yıllarda bazı tünellerde kullanılan TBM’ler ve performansları, genel fikir edindirmek açısından Çizelge 1a ve 1b’de özetlenmiştir.

Çizelge 1a ve 1b’de göze çarpan en önemli husus, en iyi ilerleme hızları ve ana gecikmeler dahil ilerleme hızları arasında büyük farkların olduğudur. Bu da formasyonların jeolojik süreksizlikler dahil, jeoteknik özelliklerin kazı verimi/performansı üzerinde ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. Bu özelliklerin sondaj sırasında elde edilen veriler yardımıyla kestirilmesi şüphesiz ki çok önemlidir. İşte bu yazının amacı bu hususlara değinmek ve ileriki çalışmalar için bazı önerilerde bulunmaktır.

## 3. TİPİK TÜNEL AÇMA MAKİNELERİ UYGULAMALARINDA SPESİFİK ENERJİ VE DEĞİŞİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Tünel Açma makinelerinin uygulandığı bazı projelerde tünel çapları, spesifik enerji, anlık ilerleme hızları, ve bu noktadaki formasyonların basınç dayanım değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Spesifik enerji aşağıdaki bağıntıdan hesap edilmiştir:

$$SE = 2 \cdot \pi \cdot N \cdot T / NÜH$$

$$SE = \text{Spesifik enerji, MJ/m}^3$$

N = Kesici kafa dönme hızı, devir/saniye

T = Makine torku (MN.m), bu değer makinenin veri iletişim sisteminden alınmaktadır.

NÜH = Makinenin net ilerleme (üretim) hızı.



Çizelge 1a. İstanbul'da bazı tünellerde kullanılan TBM'ler ve performansları (Bilgin vd, 2011)

| Proje                       | Metro Tüneli                                                                      | Metro Tüneli                                                                      | Metro Tüneli                                                                      | Marmaray                                                                           |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| TBM Kesici Kafa             |  |  |  |  |
| Hat                         | Kozyatağı-Kadıköy                                                                 | Otogar-Kirazlı                                                                    | Başakşehir-İkitelli                                                               | Ay. Çeş-Üsk.                                                                       |
| Jeoloji                     | Kartal Form.                                                                      | Güngören For.                                                                     | Güngören Form.                                                                    | Trakya                                                                             |
| TBM                         | 2 Herrenknecht                                                                    | Herre.+Lovat                                                                      | 2 Lovat                                                                           | 2 Hitachi-Zozem                                                                    |
| TBM, Çapı, m                | 6,57                                                                              | 6,5-6,5                                                                           | 6,5-6,5                                                                           | 7,85                                                                               |
| Toplam Güç, kW              | 2000                                                                              | 963-1622                                                                          | 1400-2100                                                                         | -                                                                                  |
| TBM Kesici Kafa Gücü, kW    | 1260                                                                              | 630-900                                                                           | 900-1124                                                                          | 2000-                                                                              |
| Maks. Baskı, kN             | 42575                                                                             | 35000-54000                                                                       |                                                                                   | 75000                                                                              |
| En iyi, m/gün               | 19,6-16,6                                                                         | 24-25                                                                             | 24-29                                                                             | 13,7-15,0                                                                          |
| En iyi, m/hafta             | 102,80                                                                            | 119-102                                                                           | 131,0                                                                             | 57-63                                                                              |
| En iyi, m/ay                | 363,291                                                                           | 419-416                                                                           | 437 435                                                                           | 230-240                                                                            |
| Ana gecikmeler dâhil, m/gün | 5,3-6,1                                                                           | 5,4-5,6                                                                           | -                                                                                 | 3,5-4,6                                                                            |
| Ana gecikmeler hariç, m/gün | 7,2-7,7                                                                           | 11,3-11,1                                                                         | -                                                                                 | --                                                                                 |

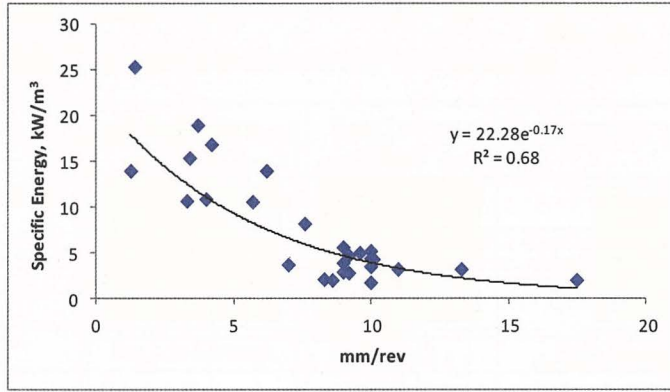
Çizelge 1b. İstanbul'da bazı tünellerde kullanılan TBM'ler ve performansları (Bilgin vd, 2011)

| Proje                       | Kanalizasyon Tüneli                                                               | Kanalizasyon Tüneli                                                               | Kanalizasyon Tüneli                                                               |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| TBM Kesici Kafa             |  |  |  |
| Hat                         | Beykoz-Kavacık                                                                    | Ambarlı                                                                           | Baltalimanı-Sarıyer                                                               |
| Jeoloji                     | Gözdağ-Dolayoba-Kartal                                                            | Sedimanlar, Çamurtaşı                                                             | Dolayoba-Tuzla-Trakya Form.                                                       |
| TBM                         | Robbins                                                                           | Herrenknecht                                                                      | Herrenknecht                                                                      |
| TBM Çapı, m                 | 3,175                                                                             | 4,6                                                                               | 2,915                                                                             |
| Toplam Güç, kW              | 400                                                                               | --                                                                                | 620                                                                               |
| TBM Kesici Kafa Gücü, kW    | 250                                                                               | 400                                                                               | --                                                                                |
| Maks. Baskı, kN             | 9950                                                                              | 16625                                                                             | 3750                                                                              |
| En iyi, m/gün               | 23                                                                                | 28                                                                                | 24,8                                                                              |
| En iyi, m/haftalık          | 100                                                                               | 155                                                                               | --                                                                                |
| En iyi, m/ay                | 365                                                                               | 571                                                                               | 531                                                                               |
| Ana gecikmeler dâhil, m/gün | 7                                                                                 | 13,7                                                                              | 11,5                                                                              |

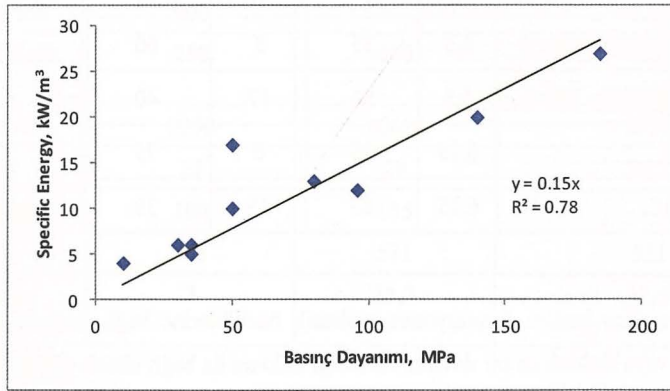
Çizelge 2. Tünel Açma makinelerinin uygulandığı bazı projelerde spesifik enerjinin değişimi (Bilgin vd, 2011; Güçlücan vd, 2007, 2008, 2009)

| Tünel Projesi                   | TBM Çapı (m) | Basınç Dayanımı, (MPa) | Spesifik Enerji, (kW/m <sup>3</sup> ) | Net Üretim Hızı, (m <sup>3</sup> /h) |
|---------------------------------|--------------|------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Beykoz, atık su tüneli          | 3,175        | 185                    | 27                                    | 5                                    |
| Beykoz, atık su tüneli          | 3,175        | 140                    | 20                                    | 20                                   |
| Uluabat, hidroelektrik santrali | 5,2          | 10                     | 4                                     | 80                                   |
| Uluabat, hidroelektrik santrali | 5,2          | 96                     | 12                                    | 40                                   |
| Kartal-Kadıköy Metro Tüneli     | 6,57         | 35                     | 6                                     | 60                                   |
| Kartal-Kadıköy Metro Tüneli     | 6,57         | 50                     | 10                                    | 40                                   |
| Pendik-Kaynarca Metro Tüneli    | 6,5          | 35                     | 5                                     | 60                                   |
| Pendik-Kaynarca Metro Tüneli    | 6,5          | 50                     | 17                                    | 40                                   |
| Melen, su tüneli                | 6.15         | 30                     | 6                                     | 75                                   |
| Melen, su tüneli                | 6.15         | 80                     | 13                                    | 30                                   |

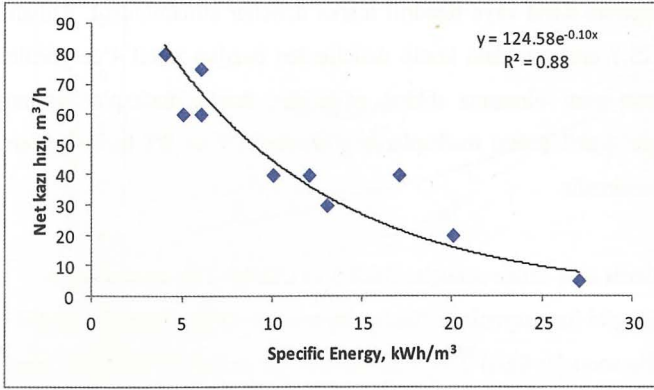
Spesifik enerji sadece kesilen formasyonun mekanik özelliklerine bağlı değildir. Aynı zamanda kesme derinliği veya makinenin bir devirde ilerlediği miktara da bağlı olarak değişmektedir, Şekil 1. Her disk kesicinin belirli bir yatak kapasitesi vardır ve bu da kesme derinliğini doğrudan etkilemektedir. Operatör makinenin bir devirdeki ilerlemesini disklerin yatak kapasitesine bağlı olarak diğer anlamda kesilen formasyonun basınç dayanımına göre ayarlamaktadır. Çizelge 2’de verilen spesifik enerji değerleri, operatörün kesilen formasyonda uygulayabileceği optimum tork değerleri içindir. Şekil 2’de kesilen formasyonun basınç dayanımına bağlı olarak spesifik enerjinin nasıl değiştiği, Şekil 3’de ise net kazı hızının nasıl değiştiği görülmektedir. Bu çizelge ve şekiller, eğer sondaj parametrelerinden spesifik enerjiyi tahmin edebilirsek, yerinde yapılan ölçümlere bağlı olarak verilen proje için makine seçimini ve performans tahminini önceden kestirebiliriz anlamına gelmektedir.



Şekil 1. Kesme derinliği veya tünel açma makinesinin bir devrinde ilerleme miktarı ile spesifik enerji arasındaki ilişki



Şekil 2. Tünel açma makinesi uygulamalarında basınç dayanımı ve spesifik enerji arasındaki ilişki



Şekil 3. Tünel açma makinesi uygulamalarında spesifik enerji ile anlık ilerleme hızı arasındaki ilişki.

#### 4. GENİŞ ÇAPLI ROTARİ DELİCİ UYGULAMALARINDA SPESİFİK ENERJİ VE DEĞİŞİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Delme ve kesme spesifik enerjileri arasında ne gibi bir ilişki olduğunu araştırmak için daha önce TKİ (Türkiye Kömür İşletmeleri) için yapılan bir projeden elde edilen değerler kullanılmıştır (Eskikaya, 1993; Kahraman vd, 2000, 2003).

Yerinde ölçülen değerler aşağıda verilen spesifik enerji bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır (Teale, 1965):

$$SE = FT/A + 2.\pi.N.T/A.\dot{I}H$$

Yukarıdaki bağıntıda,

$$SE = \text{Spesifik enerji, MJ/m}^3$$

$$FT = \text{Matkaba uygulanan dikey (baskı) kuvvet, MN}$$

$$A = \text{Delik alanı, m}^2$$

$$N = \text{Matkabın dönme hızı, devir/saniye}$$

$$T = \text{Matkabın döndürme momenti veya torku, MN.m}$$

$$\dot{I}H = \text{Matkabın net ilerleme hızı, m/h}$$

Matkap torku ölçülemediği zaman baskı kuvveti yardımı ile aşağıdaki bağıntıdan hesap edilebilir:

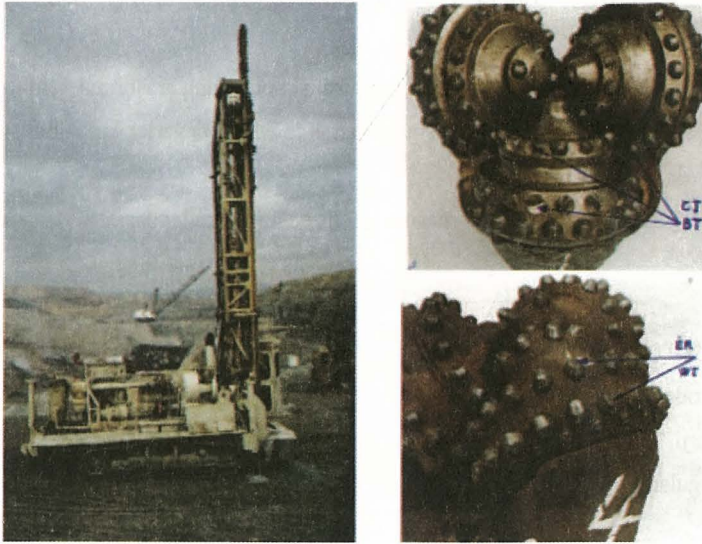
$$\text{Tork (kN.m)} = 0.0408 FT \text{ (kN)} + 1.01$$



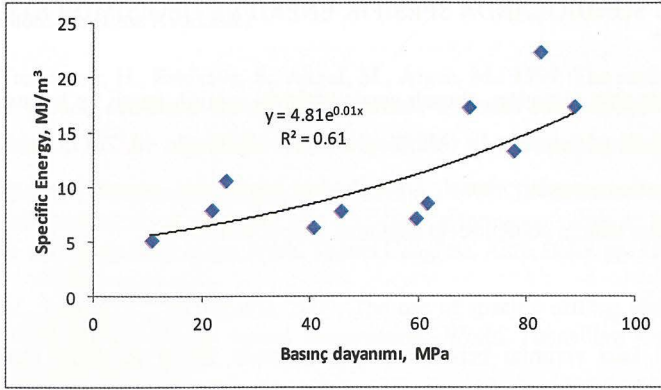
Tüm ölçümlerde Ingersol Rand veya Reedrill marka deliciler kullanılmıştır. Kullanılan delicilerden biri ve kullanılan 25,1 cm çapındaki konili delicilerden bazıları Şekil 4’de görülmektedir. Ölçüm sırasında matkapların yeni olmasına dikkat edilmiştir, konili matkaplar aşınmış ise ölçümler değerlendirilmemiştir. Şekil 4’deki matkaplarda gösterilen CT ve BT kırılan uçları ve ER ile WT aşınan uçları göstermektedir.

Değişik formasyonlarda elde edilen sonuçlar Şekil 5 ve Çizelge 3’de özetlenmiştir.

Şekil 5 de görüldüğü gibi formasyonların basınç dayanımı ve delme spesifik enerjisi arasında anlamlı bir bağıntı vardır. Bu sonuçlar Şekil 2 ve 3 ile beraber yorumlandığında delme spesifik enerjisinden hareket edilerek kesme spesifik enerjisinin kestirilebileceği anlamına gelmektedir.



Şekil 4. Ölçümler sırasında TKİ Orhaneli İşletmesi’nde kullanılan Ingersol Rand marka rotari delici ve konili matkaplar.



Şekil 5. Basınç dayanımı ve rotari delicilerde elde edilen spesifik enerji arasındaki ilişki

Çizelge 3. Türkiye Kömür İşletmeleri'nin değişik müesseselerinde kullanılan delicilerle ilgili elde edilen sonuçların özeti

| Lokasyon                                                                                                                                    | Formasyon      | Basınç Dayanımı MPa | Baskı kN | rpm | Net De.Hızı m/h | SE MJ/m <sup>3</sup> | SE kWh/m <sup>3</sup> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|----------|-----|-----------------|----------------------|-----------------------|
| <b>ELİ</b><br>Işıklar                                                                                                                       | Marn           | 88.7                | 50.3     | 119 | 44.1            | 62.5                 | 17.4                  |
| Işıklar                                                                                                                                     | Kalker         | 77.5                | 50.3     | 119 | 58.2            | 47.7                 | 13.3                  |
| Sarıkaya                                                                                                                                    | Marn           | 69.2                | 42.6     | 118 | 39.9            | 62.2                 | 17.3                  |
| Kısrakdere                                                                                                                                  | Marn           | 82.4                | 54.2     | 120 | 36.6            | 80.4                 | 22.4                  |
| <b>GELİ</b><br>Sekköy                                                                                                                       | Marn           | 21.6                | 38.7     | 118 | 80.8            | 29                   | 7.9                   |
| Tınaz                                                                                                                                       | Marn-Kireçtaşı | 59.4                | 34.1     | 118 | 85.5            | 25.4                 | 7.1                   |
| <b>MLİ</b><br>Orhaneli                                                                                                                      | Tüfit          | 24.2                | 54,2     | 118 | 76.8            | 38                   | 10.6                  |
| Orhaneli                                                                                                                                    | Marn           | 45.4                | 46.4     | 118 | 93.9            | 28.1                 | 7.8                   |
| Orhaneli                                                                                                                                    | Marn           | 40.4                | 46.4     | 119 | 118.8           | 22.5                 | 6.3                   |
| Keles                                                                                                                                       | Marn-Kireçtaşı | 61.5                | 50.3     | 119 | 91.2            | 30.6                 | 8.5                   |
| <b>SLİ</b>                                                                                                                                  | Marn           | 10.5                | 50.3     | 118 | 153             | 18.5                 | 5.1                   |
| ELİ: Ege Linyitleri İşletmesi, GELİ: Güney Ege Linyitleri İşletmesi, MLİ: Marmara Linyitleri İşletmesi, SLİ: Seyitömer Linyitleri İşletmesi |                |                     |          |     |                 |                      |                       |

#### 4. KAROTLU SONDAJLARDA SPESİFİK ENERJİ VE DEĞİŞİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Birçok araştırmacının sonuçları, elmaslı sondajlarda da spesifik enerji ile basınç dayanımı arasında ilişki bulunduğunu göstermektedir (Müftüoğlu, 1987; Müftüoğlu vd, 2011; Rabia, 1982; Huangl ve Wang, 1977). Bu sonuçlar elmaslı sondajlardan da hareket ederek tünel açma makinelerinin performanslarının tahmin edilebileceği anlamına gelmektedir.

#### 5. SONUÇLAR

Spesifik enerji kazı verimini belirleyen, aynı zamanda kazıcı ve delici makinelerin seçim ve performans tahminlerinde önemli rol oynayan bir parametredir. Bu bildiride değişik projelerden alınan veriler ışığında tünel açma makinelerinden elde edilen spesifik enerji değerleri ile delici makinelerden elde edilen spesifik enerji arasında anlamlı ilişkilerin bulunduğu gösterilmiştir. Bu da tünel projeleri başlamadan evvel yapılan sondaj sırasında baskı, tork, dönme hızı ve ilerleme hızı kontrollü bir şekilde kayıt edildiğinde, spesifik enerji dahil delinen formasyonların birçok jeoteknik parametrelerin anlamlı bir şekilde tahmin edilebileceğini göstermiştir. Bunun yanında bu tür çalışmalar başlangıç aşamasındadır. Detaylı araştırmalar sonucunda geliştirilen kavramların proje karar verme mekanizmasında yardımcı olabilecek niteliktedir.

#### 6. KAYNAKLAR

Balci, C., 2009. Correlation of rock cutting tests with field performance of a TBM in a highly fractured rock formation: A case study in Kozyatagi-Kadikoy Metro Tunnel, Turkey. *Tunnelling and Underground Space Technology* 24, 423-435.

Bilgin, N., 1983. Prediction of roadheader performance from penetration rates of percussive drills: some application to coalfields. *Eurock 83*, Basle, Switzerland, pp. 111-114.

Bilgin, N., Feridunoglu, C., Tumac, D., Cinar, M., Ozyol, L., 2006. TBM cutting performance in Istanbul Tunnels. *Tunneling Int*, February; 17-19.

Bilgin, N., Copur, H., Balci, C., Tumac, D., Avunduk, E., 2011. Experience gained in mechanized tunnelling in Istanbul and some recommendations for Mining Industry. *World Mining Congress, Proceedings*, Editor: Ş. Eskikaya, v.2, pp. 155-159.

Bilgin, N., Demircin, M.A., Copur, H., Balci, C., Tuncdemir, H., Akcin, N., 2006. Dominant rock properties affecting the performance of conical picks and the comparison of some experimental and theoretical results. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 43 (2006) 139-156.



Bilgin, N., Copur, H., Balci, C. 2011. Effect of replacing disc cutters with chisel tools on performance of a TBM in difficult ground conditions". Tunnelling and Underground Space Technology, DOI: 10.1016/j.tust.2011.06.006. (On-Line Available)

Bilgin, N., Balci, C., Tuncdemir, H., Eskikaya, S., Akgul, M., Algan, M., 1999. The performance prediction of a TBM in difficult ground condition. In: AFTES, Journees d'Etudes Internationales de Paris, 25-28 October, pp. 115-121.

Bilgin, N., Copur, H., Balci, C., Tumac, D., Akgul, M., Yuksel, A., 2008. The selection of a TBM using full scale laboratory tests and comparison of measured and predicted performance values in Istanbul Kozyatagi-Kadikoy Metro Tunnels. In: Proceedings of the World Tunnel Congress, Akra, India, pp. 1509-1517.

Celada, B., Galera, J.M., Munoz, C., Tardaguilla, 2009. The use of specific drilling energy for rock mass characterization and TBM driving during tunnel construction. World Tunnelling Congress, Budapest, Proceedings, 9.05-06.

Copur, H., Tuncdemir, H., Bilgin, N., Dincer, T., 2001. Specific energy as a criterion for use of rapid excavation systems in Turkish mines, Trans. Inst. Min. Metall. Section A, vol. 110, 2001, pp. A149-157.

Copur, H., Rostami, J., Ozdemir, L., Bilgin, N., 1997. Studies on performance prediction of roadheaders based on field data in mining and tunneling projects. Proc. the 4th Int. Symp. on Mine Mechanization and Automation, Brisbane, Queensland, Australia, Editors: H. Gurgenci and M. Hood, July 6-9, Published in Cooperative Research Centre for Mining Technology and Equipment (CMTE), Vol. 1, pp. A4-1~A4-7.

Eskikaya, Ş., Bilgin, N., Dincer, T., Kahraman, S., 1993. TKİ için yapılan delinebilirlik ve optimum matkap kullanım etüdü, İTÜ Maden Fakültesi, 200 s.

GucLucan, Z., Meric, S., Gursay, C., Algan, M., Bilgin, N., Balci, C., Tumac, D., 2007. The use of a TBM in difficult ground conditions. In: Proceedings of the 2nd Symposium on Underground Excavations for Transportation, Istanbul, Turkey, pp. 83-91. (in Turkish)

GucLucan, Z., Meric, S., Algan, M., Palakci, Y., Bilgin, N., Bilgin, A.R., Balci, C., Tumac, D., 2008. The use of a TBM in difficult ground conditions in Beykoz – Kavacik Sewerage Tunnel. In: Proceedings of the World Tunnelling Congress, Underground Facilities for Better Environment and Safety, Agra, India, pp. 1630-1638.

GucLucan, Z., Meric, S., Palakci, Y., Bilgin, N., Balci, C., Copur, H., Namli, M., Bilgin, A.R., Kandemir, E., 2009. The use of theoretical rock cutting concepts in explaining the cutting performance of a TBM using different cutter types in different rock formations and some recommendations. In: Proceedings of World Tunnelling Congress, Safe Tunnelling for the City and for the Environment, Budapest, Hungary, pp. 487-489.

Huangl; S.L., Wang, Z.W., 1977. The mechanics of diamond core drilling of rocks. Int. J. Rock Mech Min Sci, v.34, pp. 3-4.

Kahraman, S., Balci, C., Yazıcı, S., Bilgin, N., 2000. Prediction of the penetration rate of rotary blast hole drills using a new drillability index. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol 37/5.

Kahraman, S., Bilgi, N., Feridunoglu, C., 2003. Dominant rock properties affecting the penetration rate of percussive drills. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 40, Issue 5, pp. 711-723.

Müftüoğlu, Y., Ünlü, Y., Yılmaz, Ö., 2011. Delme parametreleri ve madencilikte uygulamaları. 3. Maden Makinaları Sempozyumu, İzmir, ss. 41-54.

Müftüoğlu, Y., 1987. Delme parametrelerinin otomatik kayıt yöntemleri ve uygulamaları. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 10. Kongresi, Ankara, ss. 253-270.

Rabia, H., 1982. Specific energy as a criteria for drill performance prediction. Int. J. Rock Mech Min Sci and Geomech Abstr, v.19, pp.39-42.

Teale, R., 1965. The concept of specific energy in rock drilling. Int J Rock Mech Min Sci, v.2, pp. 57-73.

## **SON YARIM YÜZYILDA JEOTERMAL SONDAJLARIN GELİŞİMİ**

**Umrans SERPEN**

NTU Jeotermal

serpen@itu.edu.tr

### **ÖZET**

Bu bildiride jeotermal sondajların son yarım yüzyıldaki serüveni anlatılırken, bu zaman süreci içinde uygulanan teknoloji sunularak teknik olarak geri kalmamızın nedenleri araştırılmıştır. Gelecekte ülkemizde daha hızlı, daha sağlıklı ve daha ekonomik jeotermal sondajlar yapabilmek için öneriler de sunulmuştur.

### **1. GİRİŞ**

Jeotermal enerji kullanımı yirminci yüzyıl başlangıcından itibaren başladığından, enerji gereksinimini karşılamak amacıyla, jeotermal kuyular da delinmiştir. Buna paralel olarak, jeotermal sondaj teknolojisi gereksinimi doğmuştur. Başlangıçta, genel olarak petrol endüstrisinde kullanılan sondaj tekniklerinden faydalanılmıştır ve ilk sondajlarda delme tekniği ile kullanılan malzemeler petrol endüstrisindekilerle aynıdır. Jeotermal kuyu delme tekniklerinin gelişimi 1960'lı yılların ortasından itibaren başlamıştır. Başlangıçta, jeotermal kuyu delme tekniklerinin gelişimi, yine petrol sondajlarında karşılaşılan benzer sorunların çözümünden aktarma yoluyla olmuştur. Örneğin, sıcaklığın neden olduğu sorunlar, benzer sıcaklıkların bulunduğu derin petrol kuyularında (4000-6000 m), ya da buhar enjeksiyonu yapılan petrol kuyularında uygulanan tekniklerin jeotermale adaptasyonu ile çözümlenmeye çalışılmıştır. Yine benzer olarak, anormal düşük basınçlı ve çok sert formasyonlarda karşılaşılan problemler petrol sondajlarında da sıkça rastlanan türden olduğu için, benzer çözümler üretilmiştir.

Ülkemizde son 10 yıldır jeotermal enerjinin kullanımı yönünde çalışmalar artmış olup, bunların daha da hızlanacağı gözlenmektedir. Bu gelişime paralel olarak, jeotermal sondaj sayısının da önemli ölçüde artmıştır. Son 40 yıl içinde delinen jeotermal kuyuların büyük bir kısmı, MTA tarafından yapılmıştır. MTA'nın 1960'lı yılların ortasından itibaren ve 1980'li yıllara kadar deldiği kuyularda

uygulanan teknoloji, çağa yakındır. MTA'nın Enstitü'den Genel Md.'lüğe dönüşme sonrası, bedel karşılığı yaptığı sondajlarda ekonomik olma kaygısı sezilmektedir. Ancak, yapılan tüm jeotermal sondajların sağlıklı olanların önemli bir kesiminin, yine MTA tarafından yapıldığı söylenebilir. Birkaçı dışında, geçmişte özel sektör tarafından yapılan sondajlar için, aynı yargıya varmak zordur. Bu sondajların büyük bir çoğunluğunu yapan şirketler, gerekli makine, donanım ve "know-how" 'dan yoksun olarak çalıştıklarından, yaptıkları kuyuların önemli bir kısmı kısa dönemde, diğerleri de uzun dönemde sorun yaratmışlardır. Bu nedenle, bazı kuyularda kontrolsüz akışlarla (blow-out) karşılaşmıştır ve bazılarında yeraltı suyunun kirlendiği belirlenmiştir (Serpén, 2001).

Öte yandan, son 5 yıldır TPIC ve Güney Yıldızı şirketlerinin jeotermal sondaj işine girmeleri, delme ve kuyu tamamlama perspektifinde yeni ufukların açılmasına neden olmuştur. Öncelikle, derin kuyular daha hızlı delinir olmuştur ve bu hızlanma günlük tarife üzerinden çalışılmasına rağmen oluşmuştur. Bu şirketler, operatörlerin hazırladığı programları uygulamışlar ve uluslararası sondaj pratiklerini uygulamışlardır. Daha önceleri, MTA yüklenici olarak yaptığı kuyularda, kendi usul ve esaslarına (!) göre delmeyi şiar edinmişti.

Bu bildirinin amacı, ülkemiz sondajcılarına jeotermal kuyuların kazılmasında kullanılan makine, donanım, uygulanan pratikler ve gelecekteki gelişmeler hakkında bilgiler sunmaktır.

## 2. JEOTERMAL SONDAJLARIN GENEL SORUNLARI VE ÇÖZÜMLERİ

### 2.1. Sert ve Aşındırıcı Kayaçlar

Jeotermal sondajlar, jeotermal enerjinin daha yaygın olarak bulunduğu çok sert kayaçları içeren anormal düşük basınçlı ve yüksek sıcaklıklı tektonizma ve volkanizmanın yoğun olduğu sahalarda yapılmaktadır. Karşılaşılan sert kayaçlar, matkapların çok çabuk aşınmasına, sondaj dizisinde oluşan aşırı titreşimler yüzünden yorulma ve kırılmalara, çok daha fazla ağırlık gereksinimi ve dolayısıyla, matkaplar daha büyük yükler altında kalmaktadır. Yüksek sıcaklık, matkapların metalik aksamlarına zarar verirken lastik aksamlarını tamamen tahrip etmektedir. Öte yandan, kuyuya giren korozif akışkanlar da matkap ömrünü iyice azaltmaktadır. Bundan ötürü, delici uçlarda oluşabilecek sorunlar aşağıdaki gibi gruplandırılabilir (Serpén, 1990):

- Formasyonun aşındırıcı olması dolayısıyla matkap çapı azalması,
- Aynı sebepten aşırı diş ve yatak aşınmaları,
- Yüksek sıcaklık dolayısıyla lastik aksamların kısa zamanda bozularak işlevlerini yitirmesi,

Jeotermal sahalarda karşılaşılan bu tip formasyonların delme açısından tipik karakteristikleri sert aşındırıcı, kırıklı çatlaklı ve sıcak olmalarıdır. Matkap çapının aşınma dolayısıyla azalması sorunu matkap konilerinin dış çeperlerinde “insert” ’lerin kullanılmasıyla, aşırı diş aşınmaları tungsten-karbit dişli matkapların kullanılmasıyla (gauge protection), aşırı yatak aşınması da sürtünmeli tip yatakların (journal bearing) kullanılmasıyla, kısmen çözümlenmiştir. Bundan ötürü, tüm bu sorunları önlemek için, sert kayalarda yapılan jeotermal sondajlarda sürtünme yataklı (frictional bearing), yatakları kendiliğinden yağlanabilen “insert” tip delici veya kesici uçları “tungsten carbide” ’ten yapılmış matkaplar kullanılmaya başlanmıştır (Serpen, 1990). Ayrıca, 288°C’a kadar stabil kalabilen lastik aksam “elastomer” ve yağ yapılmış olup, bunların 300°C üzerinde de stabil kalmalarını sağlamak üzere çalışmalar yürütülmektedir (Hendrickson, 1980).

Döner konili matkaplar uzun zaman jeotermal sondajlarda kullanılmışlardır, fakat sızdırmazlık elemanları ile yataklar yüksek sıcaklıklarda bozulmaktadırlar. Bunun yanında, döner konili matkaplar sert formasyonlarda yavaş ilerleme hızları dolayısıyla, bir handikapa sahiptirler. Bu konudaki çözüm, yakın geçmişte teknolojisi geliştirilen “polycrystalline diamond compact”, ya da PDC matkaplardır. Son yıllarda kullanılmaya başlanan PDC tip matkaplar jeotermal sahalardaki sert ve aşındırıcı formasyonlar için en uygun çözüm gibi görünmektedir. Bu matkaplar sürtünme ile çalışan tür olduklarından, dönen yatakları yoktur ve bu özellikleri dolayısıyla, sert ve sıcak jeotermal ortamlarda kullanılmaya uygun görünmektedirler. Sert kayalar delici uçlarda aşırı aşınmaya neden olmakta ve aşırı vibrasyon sonucunda oluşan darbeler dolayısıyla da kırılmalar olmaktadır. PDC matkaplar orijinal olarak yumuşak formasyonlarda kullanılmak üzere geliştirilmelerine rağmen, daha sonra sağlanan gelişmelerle sert formasyonlar için de üretilmeye başlanmıştır (Bennett, 2001).

## 2.2. Yüksek Sıcaklıktan Kaynaklanan Sorunlar ve Çözümler

Jeotermal kuyularda bulunan yüksek sıcaklık dolayısıyla sondaj çamuru, çimentolama işlemi, çimentonun kendisi ve kullanılan koruma boruları etkilenirler. Aşağıda bu etkilerin herbiri ayrı ayrı incelenmektedir.

### Jeotermal Kuyularda Çamur

Tatlı su bentonit çamurlarında kullanılan Na-bentonit 175<sup>0</sup>C sıcaklığının üzerinde buharlaşma ve bentonit yapısındaki değişiklikler (dehidratasyon) nedeniyle, sondaj çamurları jelleşirler. Bu sebeple, sirkülasyon sırasında çamuru soğutmak için bir soğutma kulesi kullanılması ve çamuru kuleden çıkış sıcaklığının en fazla 55-60<sup>0</sup>C civarında tutulması gerekmektedir. Sirkülasyon sırasında bu sorunun çözülmesine rağmen, herhangi bir problem dolayısıyla duraklamalar olduğunda, yukarıdaki sıcaklığı aşan çamur jelleşmekte ve değiştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, kuyuya amerada gibi ölçme aletlerinin veya kuyu logu enstrümanlarının indirilmesi de bir sorun hale gelmektedir.

Yüksek sıcaklıklarda jel kuvvetini kontrol eden diğer bir faktör de katı madde miktarıdır. Bunun için katı madde miktarı mutlaka %5-6 arasında tutulmalıdır (Weintritt, 1973). Bunu sağlamak içinde iyi tasarımlanmış bir katı madde ayırıcı sistemine gereksinim vardır. Ayrıca çamura diesel oil ilave etmek, inceltici olarak lignosulfonat ve/veya işlenmiş linyit (carbonox vb.) kullanmak jeli azaltma yönünde etki etmektedir.

Yüksek sıcaklığın sondaj çamurunu jelleştirmesi yüzünden, yüksek entalpili sahalarda yapılan sondajlarda sepiolit bazlı çamurlara yönelinebilir. Na-bentonit yerine koloidal madde olarak sepiolit kullanılmaktadır. Bu tip çamurlarla 260<sup>0</sup>C' ye kadar olan sıcaklıklarda problemsiz çalışılabilir. Sepiolit bazlı çamurların bir avantajı da, üretim zonuna kaçan çamurların katılaşmaması dolayısıyla, formasyona verilen hasarın (formation damage) önlenmesidir. Diğer taraftan, bu tip çamurların hazırlanmasında, sepiolit hidratasyonu zor olduğundan, çamur sistemi karıştırma esnasında daha çok "shear" verebilecek şekilde tasarımlanmalıdır (Serpén, 2000 ve Altun ve Serpén, 2005).

Düşük basınçlı jeotermal sahalarda yapılan sondajlarda çamur sirkülasyon kayıpları büyük bir sorun olduğu için, kullanılan sirkülasyon sıvısının yoğunluğunun düşürülmesi düşünülmüş ve bu amaçla havalandırılmış akışkanlar, hatta sadece buharın bulunduğu uygun yerlerde hava kullanılması öngörülmüştür. Düşük basınçla jeotermal rezervuarlarda sondaj yapabilmek için ya hava, ya da havalandırılmış su kullanılmaktadır. Özellikle kuru buhar sahalarında örneğin, ABD’de The Geysers ve İtalya’da Larderello sahalarında uygulama pratiği, havayla sondajdır. Buradaki amaç, çok düşük basınçlı rezervuarlara delinen kuyulardaki kırıntıları yeryüzüne sirkülasyonu sağlayarak çıkarmak ve çamurun yaratabileceği formasyon hasarını önlemektir. Öte yandan, kuru buhar sahalarına göre rezervuar basınçları daha yüksek, ancak, yine de anormal düşük basınçlı jeotermal sahalarda havalandırılmış sirkülasyon akışkanı kullanılır. Amaç, hafifletilen sirkülasyon sıvısının basıncının rezervuar basıncına eşitleyerek, bu sıvının formasyona girerek hasar vermesini önlemektir. Havalandırılmış akışkanla yapılan sondajda, sirkülasyon dengesini sağlamak oldukça güçtür (Dareing and Kelsey, 1981). Bundan ötürü, her boru eklemede bu sorun ortaya çıkmaktadır. Bu durumu hafifletmek için, “rotary masası” yerine “Top Drive” denilen döndürme sistemi kullanılmaktadır. Son zamanlarda çok popüler hale gelen bu sistem, ayrıca pompa hızından bağımsız ve düzgün bir dönme momenti uyguladığından, oldukça faydalıdır.

#### Jeotermal Kuyularda Çimentolama

Jeotermal kuyuların çimentolanmasında yüksek sıcaklığın çimento mukavemetini azaltmasını önlemek için, silika unu çimento bileşimine karıştırılmakta ve düşük formasyon basınçları dolayısıyla çimento sirkülasyon kayıplarını elimine etmek için de, hafif çimentolara yönelinmektedir (Serpén 1990).

Jeotermal kuyularda çimentonun en büyük sorunu yüksek sıcaklıklarda çimento mukavemetinin kaybolmasıdır. Bunu önlemek için çimentoya %35 oranında silika unu katılmaktadır. Bilinen çimento bileşimleri yüksek sıcaklıkta mineral dönüşümleri dolayısıyla, çimento özelliğini ve mukavemetlerini yitirirler. Çimentoya katılan silika unu, sıcaklığın yükselmesiyle çimento içinde var olan minerallerle tepkimeye girerek, Tobermorit, Truskotit ve Ksonolit gibi sıcaklığa dayanıklı yeni minerallerin oluşumunu sağlar (Serpén 2000). Böylece oluşan yeni bileşim, yüksek sıcaklıklı ortamlarda çimentonun bozulmasına engel olur.



Jeotermal kuyu çimentolamasında ikinci büyük sorun, düşük formasyon basınçlarıdır. Koruma borularının genişmesini ve yeraltı sularının yüzeye ulaşmasını önlemek amacıyla koruma borularının yüzeye kadar tamamen çimentolanması gerektiğinden, koruma borusu ile formasyon arasında iyi bir bağ oluşturmaları ve en yüksek sıkıştırma mukavemeti sağlaması için kullanılması gereken normal çimento yoğunluğuyla (15-16 lb/gal), bu işlemi başarıyla tamamlamak olanak dışıdır. Başlangıçta, çimento yoğunluğunu düşürmek için katkı maddesi olarak genişlemiş perlit katarak çimento yoğunluğunu ancak 12 lb/gal düşürmek mümkün olmuştur. Genleştirilmiş perlit çeşitli oranlarda çimento ile karıştırılarak çimentonun yoğunluğu düşürülebilir. En popüler karışım, perlit ve çimentonun %50-%50 oranlarda karıştırılarak elde edilenidir. Perlit katkısı dolayısıyla çimento mukavemetinde azalma olduğundan, çimento yoğunluğunu düşürmek amacıyla aşağıda bahsedilen değişik çözümler aranmıştır (Serpen 1990):

- *HSMS*: Katkı maddesi olarak kullanılan minik, yüksek mukavemetli içi boş bilyalardır. Bunlarla 9.5–10 lb/gal ağırlığında çimento yapmak mümkündür. Elde edilen çimentonun geçirgenliği çok düşük, sıkıştırma mukavemeti 1500 psi civarında olup, maliyeti oldukça yüksektir.
- *Köpük Çimento*: Bu tip çimento, bileşime azot gazının karıştırılıp köpük haline getirilmesiyle elde edilmektedir. Bu çimentolarda yoğunluğu 6 lb/gal'a kadar düşürmek mümkün olup, geçirgenliği *HSMS*'ye göre daha fazla, fakat maliyeti *HSMS* çimentoya göre daha az ve perlitli çimentoya göre daha fazladır.

Öte yandan, sirkülasyon akışkanı olarak kullanılan suyun bile kaçtığı, bazı anormal düşük basınçlı jeotermal sahalarda koruma borusu çimentolama işlemleri sırasında çimentonun formasyonlara kaçması kaçınılmazdır. Bu nedenle, bir yandan çimentonun yoğunluğu en az 1000 psi'lık sıkıştırma mukavemeti sağlayacak bir seviyeye düşürülürken, operasyonel olarak yapılabilecek diğer bir işlem, kademeli çimentolama uygulamasıdır. Bu işlem, koruma borusu uzunluğuna bağlı olarak iki veya üç kademede gerçekleştirilebilir.

Koruma borusu çimentolamada diğer önemli bir konu, çimentolama sonunda çimento yüzeye gelse bile, donmadan önce yüksek yoğunluğun etkisiyle çimento seviyesinin aşağıya inmesidir. Bazen çimento son anda kaçır ve seviye bilinmeyen bir derinliğe iner. Burada önemli olan olay, boruların yüzeye kadar çimentolanmasıdır. Bu nedenle bazı sondajcılar, yüzeyde itibaren bu kısmı doldururlar.

Bu son derece tehlikeli bir yaklaşım olup, yüzey ve üretim koruma boruları arasında kalan bir su kesiminin üretim sırasında sıcaklığın artmasıyla, genişerek üretim koruma borusunu göçertmesi (collapse) muhtemeldir. Uygulanması gereken işlem, iki boru arasında kalan anülüsten birkaç dizi küçük çaplı ( $\frac{1}{2}$ " ,  $\frac{3}{4}$ " veya 1") borularla çimentonun tavanına inip, oradan itibaren boş kalan kuyuyu çimento ile doldurmaktır.

#### Jeotermal Kuyularda Koruma Borusu Tasarımı

Bu tip kuyularda, normal koruma borusu tasarımı yapıldıktan sonra, aşağıdaki faktörler göz önüne alınarak yeni bir tasarım yapılır (Serpen, 1996):

- Sıcaklık
- Korozyon
- Çökelme Eğilimli Akışkanlar

Tasarımı etkileyen yukarıdaki faktörlerden en önemlileri sıcaklık ve korozyondur. Sıcaklık ısııl genişmeye ve dolayısıyla gerilmelere sebep olur ve gerilme de aşağıdaki gibi hesaplanır (Serpen, 1996).

Sıcaklık artışı dolayısıyla oluşan gerilme,  $1^{\circ}\text{C}$  için 370 psi olarak hesaplanır. Bu durumda ortalama sıcaklıktaki  $149^{\circ}\text{C}$ 'lık bir değişme, K-55 cins koruma borusunu akma noktasına (yield point) getirecektir. Düşük dereceli bir çelik cinsi olan K-55,  $\text{H}_2\text{S}$ 'in yarattığı hidrojen kırılabilirliği denilen korozyona dayanıklı olduğu için, jeotermal sahalarda yaygın olarak kullanılmakta idi. Fakat, bu cins çeliğin termal gerilmeler açısından kritik durumda olduğu bilinmektedir. Kızıldere'deki R-1 kuyusunda ( $240^{\circ}\text{C}$ )  $9^{5/8}$ " K-55 cins koruma borusu bu nedenle kırılmıştır. Bundan ötürü, rezervuar sıcaklığı  $250^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerinde olan sahalarda hem korozyona dayanıklı, hem de daha iyi mekanik özelliklere sahip olan L-80 cins koruma boruları kullanılmaya başlanmıştır (Serpen, 1996).

Eğer daha kaliteli çelik cinsine sahip koruma boruları kullanılamıyorsa, çare koruma borusuna ön-gerilme verilerek, borulardaki oluşabilecek muhtemel hasarın önlenmesidir. Kademeli çimentolama, ısınma sırasında koruma borularının en fazla zarar gören üst kesimlerine ön gerilme verilerek, ısınma sürecinde bu kesimde oluşabilecek aşırı sıkıştırma gerilmesinin bir kısmını telafi edip, koruma borularının akma noktalarının aşıl原因 olarak çeliğin plastik deformasyona uğramasını engeller.

Jeotermal kuyularda koruma borusu tasarımında dikkate alınması gereken bir husus, üretim koruma borusu göçme basıncının (collapse), yüzey koruma borusu içten patlama (burst) basıncından fazla olmasıdır. Böylece, kazaen anülüslerinde su kalan ve üstü çimento ile doldurulan kuyularda üretim koruma borusunun ısınma sürecinde göçmesi önlenabilir. Doğal olarak bu işlem göçmenin önlenmesini garantilemez, fakat hafifletir. Sebebi de, yüzey koruma borusu etrafındaki çimentonun sağladığı desteğin, sayısal olarak ifade edilememesidir.

Jeotermal kuyularda koruma borusu tasarımında dikkate alınması gereken diğer bir husus ta, yüzey koruma borusu ayağındaki üst tabaka basıncının üretim koruma borusu ayağındaki derinliklerde karşılaşılabilecek sıcaklığa karşı gelen doymuşluk basıncından büyük olmasıdır. Aksi taktirde, sondaj sırasında bir kontrolsüz akış (blow-out) olduğunda jeotermal akışkanlar yüzeye kadar ulaşma olanağına kavuşurlar.

### 3. JEOTERMAL SONDAJLARIN ÜLKEMİZDEKİ SORUNLARI VE ÇÖZÜMLERİ

#### 3.1. Delme Sorunları

Ülkemizde özellikle Menderes Masifi civarında yapılan sondajlarda Kuvaterner ve Miyosen yaşlı kumtaşı, kıltaşı ve çakıltaşı, vb sedimanter formasyonlar ile daha derinde şistler, gnays ve mermerler gibi metamorfikler kesilmektedir. Bunlara bakıldığında, sedimanter formasyonlar yumuşak ve orta sertlikte; mermer, kalkışit ve özellikle kuvarsit şist gibi metamorfikler ise, çok sert ve aşındırıcı formasyonlardır.

Ülkemiz sondajcıları “insert” matkap kullanmayı çok sevmektedirler, ya da o matkaplarla daha iyi ilerleme sağlayacaklarına inanmaktadırlar. Halbuki, bu sedimanter formasyonları çelik dişli matkapla delmek, matkap sarmasını engelleyerek, hem ilerlemeyi hızlandıracak, hem de matkap metre maliyetini düşürecektir. Gözlediğimiz kadarıyla, matkap metre maliyetini hesaplayıp, dikkate alan pek yoktur. Bunun da en büyük nedeni, bazı iş sahiplerinin kendi mühendislerine yüklenici maliyetlerini açıklamak konusunda isteksiz olmalarıdır.

Öte yandan, bazı sondajcıların “insert” matkapların hepsinin sert formasyon için tasarlandığına inandığını gözlüyoruz. Halbuki 4 be 5 serisi matkaplar, yumuşak ve orta sertlikte formasyonlar için tasarlanmış “insert” matkaplardır. Bu tip matkapların yaygın olarak sert metamorfiklerin

delinmesinde kullanıldığını görüyoruz. Bu da bu matkapların aşırı derecede erozyona uğramasına ve bir sonraki matkabı tarama yapmaya mecbur ederek erken ömür tüketmelerine neden olmaktadır.

Metamorfik formasyonlardan özellikle kuvarsit şistler, aşırı derecede erozyona neden olmaktadırlar. Matkaplar, stabilizerler, DC ve DP'lar bu erozyondan zarar görmektedirler. Bu bakımdan matkaplarda “gauge protection” a, diğer bir deyişle çap korunmasına ve stabilizer “sleeve” lerinin kaliteli olmasına dikkat etmek gerekiyor. Bunun yanında, daha kaliteli ve daha pahalı imalatçıların matkaplarını kullanmak, bu tür aşınma sorunlarını ve dolayısıyla, sondaj maliyetini düşürebilir.

### 3.2. Çamur-Çimento Sorunları

Aslında, Menderes Masifi'nde sedimanter kısımları delerken, katı madde miktarı kontrol edildikten sonra, herhangi bir çamur sorunu yoktur. Metamorfikleri de delerken kuyu stabilitesi açısından sorun yaşanmamaktadır. Bilindiği gibi bentonit çamuru yüksek sıcaklıklı rezervuarları delerken, çatlaklara kaçtığı ve oralarda jelleşip, katılaştığı zaman, formasyon hasarına neden olmaktadır. Bazı firmalar, petrolde şeyl stabilitesini korumak amaçlı kullanılan polimer çamurlarını kullanmaktadırlar. Amaç, çatlakları tıkayan bentonit yerine kullanılan bu polimer esaslı çamurla formasyon hasarını engellemek olmakla beraber, yüksek sıcaklıkta bozulan polimerler sonucunda bu çamurun da bazı sahalarda ciddi formasyon hasarı yarattığı gözlenmiştir. Polimerlerin bozulduğu kuyulardan sürekli olarak gelen gazdan anlaşılmaktadır. Yaklaşık 6000 bbl kaçak olan ve 2.5 m boşluk geçilen bir kuyuda geçirgenliğin neredeyse sıfırlandığı gözlenmiştir. Polimer esaslı çamurlar şeyl kesilirken kuyu stabilitesini sağlayacak şekilde tasarlanmışlardır. Halbuki, ülkemizde jeotermal rezervuarların olduğu metamorfiklerde (ki, bunlar sağlam formasyonlardır) kuyu stabilitesi sorunu yoktur.

Koruma borusu çimentolamasına gelince, giderek derinleşen jeotermal kuyularda çok derinlere indirilip çimentolanması gereken üretim koruma borularının tamamen çimentolanması sorun yaratmaktadır. Problem, basılan çimentonun yüzeye ulaşmamasıyla ortaya çıkmaktadır. Bu çimentolama sırasında çimentonun formasyona kaçmasından ziyade, kuyu çapının genişlemesi dolayısıyla, kullanılan çimento hacminin yetersiz kalmasından kaynaklanmaktadır. Aslında, 2 kademeli çimentolama uzun koruma borusu dizilerinin çimentolanmasına çare olarak kullanılırken, çap genişlemesi yine sorun yaratabilmektedir. İkinci kademe çimentolama yapılmadan önce koruma borusunun bu kısmına ön-gerilme verilmesi, borunun bütünlüğünü sağlamada çok yararlı olacaktır.

#### 4. TÜRK JEOTERMAL SONDAJ SEKTÖRÜNDE GELECEKTE NELER YAPILMALI

Ashında, burada bahsedeceğimiz eksikliklerden bazıları ülkemizdeki diğer sondaj sektörleri için de geçerlidir. Jeotermal sektörde en göze batan eksiklikleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

- Yönlü ve “multilateral” sondaj
- “underbalance” sondaj,
- Makine ve ekipman

##### Yönlü ve “multilateral” sondaj

Yönlü sondaj jeotermal endüstrisine 1970’li yılların ortasından itibaren girmiştir. Bu tekniğin uygulanmasında amaç düşeye yakın fayların kuyunun yönlendirilmesiyle kesilerek yeterli üretim sağlanmasıdır. Bu tür yönlü sondajların Filipinler’de yaygın olarak uygulandığını 1980 yılında gözlemledik. Bugünlerde Endonezya’da yine yaygın olarak son 10-15 yıldır uygulandığını biliyoruz. Latin Amerika ülkelerinde de çok kullanıldığını takip ediyoruz. Ülkemizde de özellikle graben sistemlerinde rastlanan bu tür fayların kesilmesiyle daha fazla üretim sağlanması mümkündür. Ülkemizde jeotermal sondajlar Filipinler ile eş zamanlı ve diğer ülkelere çok önce başlamasına rağmen bu konuda geç kalınması üzüntü vericidir. Bu konuda çok geç kalındığını bile söyleyebiliriz. “Multilateral” kuyulara gelince, bunlar özellikle geçirgenliğin sorun olduğu yerlerde daha geçirgen zonlar aramak ve rezervuar basıncının çok düştüğü Geyser gibi buhar sahalarında “infill” (ara) sondaj yerine, aynı kuyudan birçok delik delerek üretimi arttırmak amaçlı kazılmaktadırlar. Geçirgenliğin sorunlu gözüktüğü Gediz graben’inde bu tür kuyular delinerek üretim sorunu çözülebilir.

##### “Underbalance” sondaj

“Underbalance” sondaj da TPAO tarafından kullanılmakla beraber, ülkemizde yaygın bir şekilde uygulanmamakta ve hele jeotermal sondajlarda hiç kullanılmamaktadır. Jeotermal sahalarında bu teknik, sondaj yapılmaksızın, kuyu temizlemede kullanılmaktadır. Bu tekniğin uygulanabilmesi için rezervuar basıncının kuyu içi hidrostatik basınçtan düşük olması gerekir. Ülkemizdeki jeotermal rezervuarların basınçları hidrostatik basınçlardan az daha yüksek olduğundan her yerde kullanılamaz. Bu teknik üretim yaparak, buhar sahalarında havayla sondajda kullanılmaktadır. Üretim yapmaksızın, havalandırılmış sıvılarla (su veya çamur) formasyon basıncını dengede tutarak, uygulama yapmak mümkündür. Amaç, formasyon hasarını önlemek ve kırıntıları yüzeye taşımaktır. Sağlam formasyonlarda su havalandırılabilir, yıkılabilir formasyonlarda ise çamur havalandırılarak bu teknik

uygulanabilir. Bu tür sondajı gerçekleştirebilmek için hava sondaj donanımları (kompresör, booster, vb) kullanılması gerekir. Bunlar da sondaj maliyetini arttırmırlar.

#### Makine ve ekipman

Yukarıdaki teknikleri uygulamaya koyabilmek için makine ve donanımların zenginleştirilmesi gerekmektedir. Örneğin, “underbalance” sondaj için kullanılan kompresör, booster, vb., hava sondaj donanımları yanında “top drive” donanımının kullanılması operasyonun performansını arttırmaktadır. “Top drive” donanımı yönlü sondajda da performansı arttırmaktadır.

### 5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Ülkemizde uygulanan jeotermal sondaj teknikleri, sondaj derinlikleri son yıllarda 3000 m’yi geçmesine rağmen, son 50 yılda pek gelişmiş denemez. Yukarıda bahsedilen yeni tekniklerin ve yeni makine ve donanımların kullanılmamasına rağmen, sondaj maliyetleri (550-1000 \$/m) uluslararası maliyetlere göre oldukça düşük sayılır. Çeşitli nedenlerle bu maliyetler uluslararası düzeyin hep altında kalmıştır. Jeotermal sondajlarımızın performansını arttırmak ve onunla birlikte maliyeti daha da düşürmek için önerilerimiz aşağıda verilmektedir:

- PDC matkapların kullanılması.
- “Top drive” düzeneğinin kullanılması.
- Hava sondajı ekipmanlarıyla birlikte bu işi yapan servis firmalarının istihdam edilmesi.
- Yönlü ve multilateral sondaj yanında underbalance sondajın uygulanması.

### 6. KAYNAKLAR

Altun, G., Serpen, U., Investigating Improved Rheological and Fluid Loss Performance of Sepiolite Muds under Elevated Temperatures, Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey, 24-29 April 2005.

Bennett, K., Gwilliam, W., Gahan, B., Radke, B., Fracture Resistant TSP Diamond Cutters for Drill Bits. Geothermal Technologies, Vol. 6, Issue 2, July/August 2001, pp.3-5.

Dareing, D.W. and Kelsey, J.R., Balanced Pressure Techniques Applied to Geothermal Drilling. GRC Transactions Vol. 5, Oct. 1981, pp. 233-236.

Hendrickson, R.R., Development and Testing of Seals and Lubricants for Geothermal Rock Bits. GRC Transactions Vol. 4, Sept., 1980.

Serpen, U., Jeotermal Enerji Ders Notları. 2000.

Serpen U., Jeotermal Sondaj Özellikleri. Ankomak Sondaj Sempozyumu, Ankara, Nisan 1990.

Serpen, U., "Jeotermal Kuyu Çimentolamasındaki Son Gelişmeler", Türkiye 8. Petrol Kongresi, Ankara, 16-20 Nisan1990.

Serpen ,U., Yalnız, U., Jeotermal Kuyularda Koruma Borusu Tasarımı. Sondaj Sempozyumu'96, İzmir 21-22 mart 1996, s. 145-153.

Serpen, U., Investigation on Geothermal Drilling Muds with High Temperature Stability. Proceedings WGC2000, Kyushu-Tohuku, Japan, May 28-June 10, 2000.

Serpen, U., Control of Blown-Out Geothermal Well in Bursa-Çekirge. Proceedings of 13<sup>th</sup> International Petroleum Congress and Exhibition of Turkey, June 4-6, 2001, pp. 523-530.

Weintritt, D.J. and Hughes, R.G., Factors Involved in High-Temperature Drilling Fluids. SPE Reprint Series 6a, 1973 Revision, pp. 231-240.

## **İSTANBUL'DA BAZI BORU İTME UYGULAMALARI**

**<sup>1</sup>Mücahit NAMLI , <sup>2</sup>Erol GÜLER**

<sup>1</sup>İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Müdürlüğü

<sup>2</sup>Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü  
mucahit.namli@ibb.gov.tr

### **ÖZET**

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) İstanbul Büyükşehir Belediyesine bağlı, içme suyunun temini, atık suların uygun şekilde uzaklaştırılmasından sorumlu bir kurumdur. İstanbul'da 1994 yılından 2011'ye kadar İSKİ tarafından yürütülen altyapı çalışmaları kapsamında yaklaşık 40 km atık su kolektörü boru itme yöntemi ile yapılmıştır. Boru itme (pipe-jacking) yöntemi küçük çaplı tünellerin yapımı için kullanılan boruların bir itme odasından başlanarak pistonlarla çıkış odasına kadar itilmesi yöntemidir. Bu yöntemde kazı, eskiden konvansiyonel yöntemle yapılırken artık slurry sistemle çalışan makinelerle yapılmakta ve böylece yeraltı su seviyesinin değişmesi gibi çevrede hasara sebep olabilecek durumlar önlenmektedir. Bu yöntem sayesinde alt yapının ve trafiğin çok yoğun olduğu şehir merkezlerinde trafik akışını kesintiye uğratmadan çalışmalar yapılabilir. Bu bildiride şehir merkezlerinde alternatif bir kazısız teknoloji yöntemi olarak boru itme yönteminin avantajları ve dezavantajları özetlenmekte olup özellikle kum zeminde bentonit enjeksiyonunun boru itme kuvvetleri üzerine etkisi bu yöntemin kullanıldığı uygulamaların birkaç tanesinde örnek olarak bahsedilecektir.

### **1. BORU İTME YÖNTEMİ**

Boru itme (pipe-jacking) yöntemi bir itme odasından aynadaki kazıya eş zamanlı olarak boruların pistonlarla itilerek çıkış bacasına kadar sürülmesi yöntemidir. Bu yöntemde kazı, eskiden konvansiyonel yöntemle yapılırken artık slurry sistemle çalışan makinelerle yapılmakta ve böylece yeraltı su seviyesinin değişmesi gibi çevrede hasara sebep olabilecek değişiklikler önlenmektedir. Bu yöntem sayesinde alt yapının ve trafiğinin çok yoğun olduğu şehir merkezlerinde trafik akışı kesintiye uğratılmadan çalışmalar yapılabilir (Najafi and Gokhale, 2005).

#### **1.1 Boru İtme Yönteminin Avantajları**



1. Geniş bir zemin ve yer altı su seviyesi aralığında çalışma yapmaya imkan sağlar.
2. Kazı derinliğinin artmasına paralel, boru itme yöntemi açık kazı yöntemine göre maliyet açısından daha avantajlı bir hale gelmektedir. Özellikle kazı derinliğinin 4 metreyi geçtiği ve emniyetli bir kazı için paplanj ile iksa yapılmasının zorunlu olduğu zemin koşullarında boru itme yöntemi açık kazı yöntemine göre daha ekonomik, güvenli ve hızlı bir çözüm haline gelmektedir.
3. Boru itme yönteminde; kazı fazlasının (overcut) segmentli tünel açma yöntemine göre daha az olması ve kazı ile eş zamanlı olarak borunun sürülmesi esnasında, boru etrafının bentonit enjeksiyonu ile doldurulabilmesi sebebiyle zemindeki oturmalar minimuma inmektedir.
4. Sosyal hayatı ve trafiği, açık kazıdaki gibi kesintiye uğratmamaktadır.
5. Bu yöntemde sadece boru kesiti kadar kazı yapıldığından açık kazı yöntemindeki kazı malzemesine oranla çok az kazı malzemesi nakledilmektedir.
6. Uzaktan kumanda ve görüntüleme ile imalat yapıldığından iş ve işçi güvenliği açısından açık kazı yöntemine göre çok daha güvenli bir yöntemdir.
7. Konvansiyonel veya segmentli tünel açma yöntemlerinde kazı sonrasında işletme açısından ikinci bir kaplamaya ihtiyaç duyulduğu halde bu yöntemde ikinci kaplamaya ihtiyaç olmadığından daha kısa zamanda imalat tamamlanmış olmaktadır.
8. Boru itme yönteminde itme basıncına dayanabilmesi için itme boruları çapa bağlı olarak 3000 ton yüke dayanabilecek şekilde üretiltiğinden açık kazı yönteminde döşenen borulara göre daha dayanıklı ve uzun ömürlü olmakta ve sızdırmazlık da daha iyi sağlamaktadır.

#### 1.2 Boru İtme Yönteminin Dezavantajları

1. Bu yöntemle itme güzergahında ani değişiklikler yapılamamaktadır. Segmentli sisteme göre çok kısıtlı kurp yapma olanağı bulunmaktadır.

2. Yüksek plastisiteli kil zeminlerde uzun süreli beklemelemlerde oluşan yüksek çevre sürtünmesinden dolayı sistem bloke olabilmektedir.

3. 90 cm altındaki iç çaplarda boru itme mesafesi, itme borusunun basınç dayanımına bağlı olarak kısıtlanmaktadır

## 2. İSTANBUL'DA BORU İTME UYGULAMALARI

1980'li yıllarda Avrupa'da özellikle Oxford Üniversitesi bünyesinde yapılan bilimsel araştırmalar ve makine teknolojisinde sağlanan gelişmelere paralel olarak yaygınca kullanılmaya başlanan boru itme teknolojisi ülkemizde de 1990 yıllarının başlarından itibaren uygulama alanı bulmuştur.

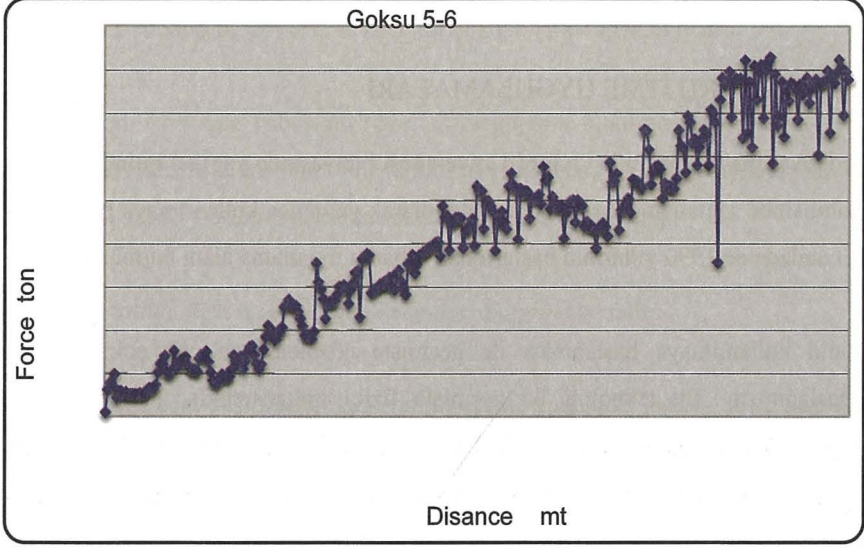
Bu teknolojinin kullanılmaya başlanması ile geçmişte çözülemeyen pek çok altyapı problemi çözülmeye başlanmıştır. Bu teknoloji ile geçmişte fiziki imkansızlıklar nedeniyle yapılamayan karayolu, otoyolu, dere vb geçişler artık çok kolay şekilde geçilerek geçmişten günümüze taşınan pek çok problem çözümlerek yerleşim yerleri ve sanayi tesisleri sağlıklı bir altyapıya kavuşmuş ve kavuşturulmaktadır.

Aşağıda son dönemde İstanbul Anadolu Yakasında boru itme yöntemiyle tamamlanan belli başlı projeler hakkında bilgi verilmiştir.

### 2.1 Göksu Deresi Atıksu Toplayıcıları İnşaatı Projesi

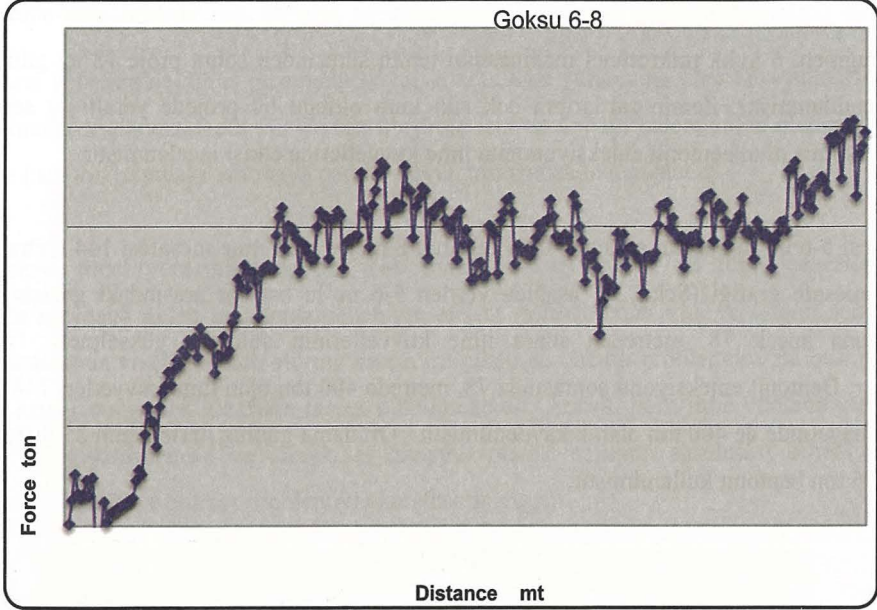
Göksu Deresi Atıksu Toplayıcıları İnşaatı Projesi, Küçüküsu ve Göksu Derelerinden İstanbul Boğazı'na akmakta olan atıksuları toplayarak Küçüküsu Atıksu Arıtma Tesisine aktarılmasını sağlamak amacıyla planlanmış bir mikrotünel projesidir. Örtü kalınlığının 3 ila 4 metre arasında değiştii bu proje, yeraltı su seviyesinin altında ve alüvyal kum zemin ortamında gerçekleştirilmiştir. Boğaz sahil yolunda trafiğin aksamaması için mikrotünel olarak planlanmış olan bu projede 1400 mm iç çapında betonarme borular kullanılmıştır.

Bu makalede Göksu Projesi'nde kullanılmış olan bentonit enjeksiyonunun boru itme (mikrotünel) kuvvetlerine etkisi incelenmiştir. Bu proje kapsamında yapılmış olan 5-6 no'lu bacalar arasındaki 63 metre uzunluğundaki itme kuvveti – mesafe grafiği aşağıdaki şekilde ( Şekil 1) görülmektedir. 5-6 no'lu bacalar arasındaki geçiş 400 tonluk bir kuvvetle tamamlanabilmıştır.



Şekil 1. Göksu Deresi 5-6 nolu boru itme geçişi

Yine bu proje kapsamında yapımı tamamlanmış olan 6-8 no'lu bacalar arasındaki 55 metre uzunluğundaki geçişte kaydedilen itme kuvveti - mesafe grafiği aşağıda görülmektedir (Şekil 2). 6-8 no'lu bacalar arasında 22. metreden sonra bentonit enjeksiyonu yapılmaya başlanmıştır. 6-8 no'lu geçiş toplam 200 tonluk itme kuvvetiyle tamamlanmıştır. Şekil 2 dikkatli bir şekilde incelendiğinde bentonit enjeksiyon sonrasında itme kuvvetlerindeki düşüş görülecektir. Eğer 22. metreden sonra bentonit enjeksiyonu yapılmısaydı grafiğin trendi bu projenin de yaklaşık 400 tonluk bir kuvvetle tamamlanacağını göstermektedir.



Şekil 2. Göksu Deresi 6 - 8 nolu boru itme geçişi

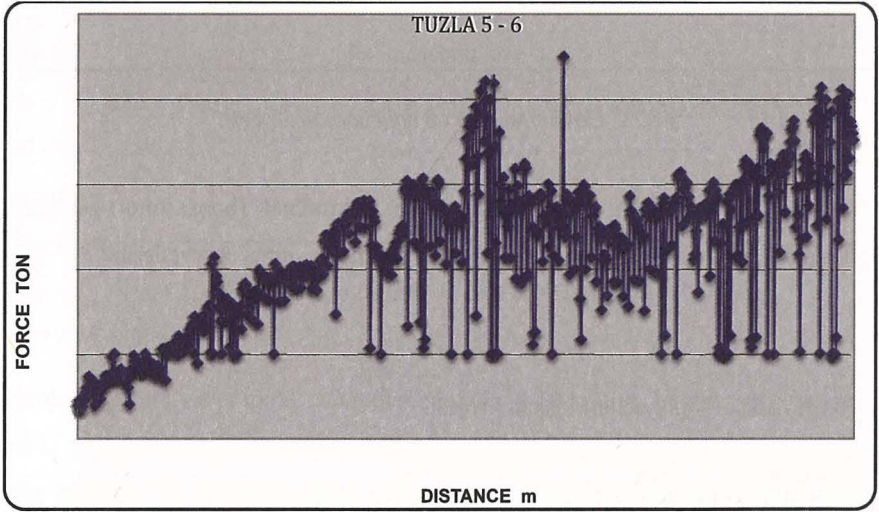
Netice olarak 5-6 ve 6-8 no'lu bacalar arasındaki mikrotünel (boru itme) geçişleri birlikte değerlendirildiğinde bentonit enjeksiyonunun kum zeminde itme kuvvetlerini % 50 azalttığı söylenebilir.

## 2.2. Tuzla Deresi Atıksu Toplayıcıları İnşaatı Projesi

Tuzla Deresi Atıksu Toplayıcıları İnşaatı Projesi, Tuzla Deresi'nden Marmara Denizi'ne akmakta olan atıksuların toplanarak Tuzla Atıksu Arıtma Tesisi'ne aktarılması amacıyla planlanmıştır. Örtü kalınlığının 5-15 metre arasında değiştiği 5 km uzunluğundaki bu proje ilk başta tünel olarak planlanmışsa da projenin aciliyeti ve işin daha kısa sürede tamamlanabilmesi için mikrotünel (boru itme) olarak yapılması kararlaştırılmıştır. Zira mikrotünel (boru itme) olarak yapılmasına karar verilen projede, diğer tünel inşaatlarındaki gibi kazı sonrasında yapılan ikinci kaplama gibi ikinci bir kaplamaya gerek kalmamaktadır.

1400 mm iç çapında betonarme boruların kullanıldığı bu projede işin tamamlanma süresi 36 ay olmasına rağmen, 6 aylık mikrotünel makinesinin temin süresinden sonra proje 18 ay gibi kısa bir sürede tamamlanmıştır. Zemin şartlarının çok sıkı kum olduğu bu projede yeraltı su seviyesinin üstünde çalışılmış olup bentonit enjeksiyonunun itme kuvvetlerine etkisi incelenmiştir.

Tuzla Projesi 5-6 no'lu bacalar arasında örtü kalınlığı 8 metre olup itme mesafesi 144 metredir. İtme kuvveti – mesafe grafiği (Şekil 3) aşağıda verilen 5-6 no'lu bacalar arasındaki geçişte bentonit enjeksiyonuna ancak 78. metreden sonra itme kuvvetlerinin aniden yükselmesi sebebiyle başlanmıştır. Bentonit enjeksiyonu sonrasında 78. metrede 400 ton olan itme kuvvetleri 144 metrelik projenin nihayetinde de 400 ton olarak kaydedilmiştir. Ortalama günlük ilerlemenin 25 metre olduğu bu projede 5 ton bentonit kullanılmıştır.



Şekil 3. Tuzla Deresi 5-6 nolu boru itme geçişi

Netice olarak Tuzla Projesi 5-6 no'lu bacalar arasındaki mikrotünel (boru itme) geçişinde bentonit enjeksiyonu neticesinde itme kuvvetlerinde yaklaşık % 50 azalma olmuştur. İtme kuvvetlerinin azaltılmasıyla ara itme istasyonuna ihtiyaç duyulmadan bir seferde 233 metre uzunluğunda geçişler yapılabilmektedir. Bu sayede 36 ayda tamamlanması öngörülen proje 24 ayda tamamlanarak projenin toplam maliyetinde % 30 mertebesinde bir ekonomi sağlanmıştır.



### 3. SONUÇLAR

1. Boru itme yönteminde, tünel güzergahı boyunca açık kazı yöntemine göre kazı miktarında %70'e varan azalmalar sağlanmaktadır. Bu sayede bir proje için en önemli kalemlerden olan kazı nakliyesi kaleminde kazı miktarındaki azalmaya paralel büyük tasarruf sağlanmaktadır.

2. Geleneksel tünel yöntemlerinde pek çok durumda kazı aynası ve tünel çeperlerinde kazı neticesinde meydana gelen rahatlama sebebiyle efektif gerilmelerde artış ve bunun sonucunda da tünel güzergahında ve çevresinde oturma karşımıza çıkan en önemli problemidir. Bu oturmalar çevre binalarda azımsanmayacak zararlara neden olabilmektedir. Ancak, boru itme yönteminde yeraltı su seviyesinin değiştirilmemesi ve kazıya eş zamanlı olarak borunun sürülmesi sebebiyle yapılan uygulamalarda ciddi bir oturma problemiyle karşılaşılmamıştır.

3. Boru itme yöntemi özellikle, açık kazı yapılamayan, konvansiyonel tünel açma yöntemleriyle yapımı yüksek risk arz eden ve segmentli tünel makineleriyle yapımının efektif olmayacağı, 200-300 m uzunluğa kadar farklı bölgelerde yapılması gereken karayolu, demiryolu, dere vb geçişlerin yapılmasında efektif sonuçlar veren alternatif bir kazısız teknoloji yöntemi olarak ön plana çıkmaktadır.

4. Kum zeminde bentonit enjeksiyonu sayesinde itme kuvvetlerinde % 50 azalma sağlanabilmektedir.

5 -Bentonit enjeksiyonun sayesinde itme mesafesinin uzayabilmesi, itme odası sayısının azalması hem baca maliyetinin düşmesine hem de bacalar arası mobilizasyon süresinin azalmasına sebep olmakta ve böylece toplam maliyette yaklaşık % 30 ekonomi sağlanabilmektedir.

### 4. KAYNAKLAR

Najafi, M, Gokhale, S, 2005. *Trenchless Technology*, Mc Graw-Hill Profesional, Newyork,

Copur H., Akkaya B., Aktan A., Erciyes H. "Analyses of Microtunnelling Costs", *Proceedings of the 2nd Symposium on Underground Transportation, Chamber of Mining Engineers , Publication No.. ITU Ayazaga Campus, SDKM, Istanbul, Editors: N. Bilgin, H. Çopur, C. Balci, A.E. Yüce. ISBN 978-9944-89-400-5. 15-17 November 2007, pp.139-149., 2007*

Namlı M., Guler E., Torun Y., " Pipe Jacking Method as an Alternative Method of Trenchless Technology and Some Applications in Istanbul ", *International No-Dig 2011 29th International Conference and Exhibition*, Berlin, 2011

## **TUZLU VE JİPSLİ SAHALARDA YAPILAN JEOTERMAL AMAÇLI DERİN SONDAJLARA BİR ÖRNEK; ÇANKIRI BALIBAĞI JEOTERMAL ARAŞTIRMA SONDAJI**

**Sinan SARP**

MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi  
sarp@mta.gov.tr

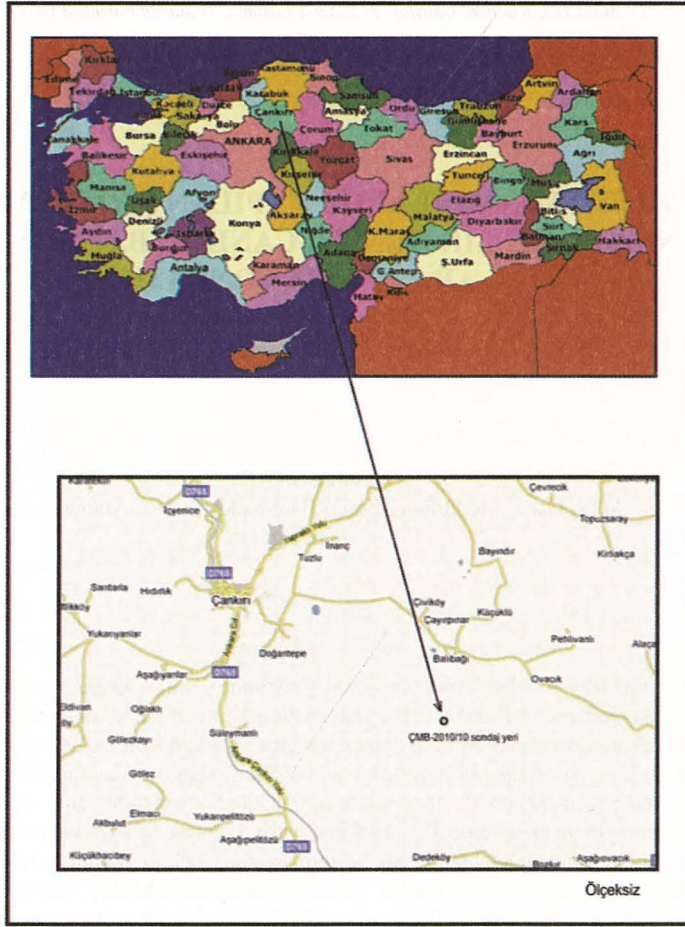
### **ÖZET**

İnceleme alanı Kuzey Anadolu Fay Kuşağı'nın güneyinde yer almaktadır. Çalışılan yer Çankırı - Çorum havzası içerisinde bulunmakta olup havza derinliğinin 8 km'ye ulaşacağı belirtilmektedir. Jeolojik olarak çalışma alanı sınırları içinde görülen en alttaki birim Üst Eosen–Alt Miyosen yaşlı İncik formasyonu olup çakıltası, kumtaşı ve kilaşından meydana gelmektedir. Yine aynı yaştaki Bayındır formasyonu ile İncik formasyonu düşey geçişlidir. Jips ve marndan oluşan Bayındır formasyonunun üzerine Üst Miyosen yaşlı kumtaşı, kilaşı ve çakıltısından oluşan Kızılırmak formasyonu gelmektedir. Bu birimin üzerine yaygın şekilde izlenen Üst Miyosen yaşlı genelde jipslerden oluşan Bozkır formasyonu bulunmaktadır. Alanda Kuvaterner ise alüvyon ve eski alüvyon (taraça) ile temsil edilmektedir. Sondaj çalışmaları esnasında kesilen formasyonların yoğun killi olması birimin kuyu içine yıkılmasına neden olmuş, jipsli ve tuzlu seviyelerin bulunması çamurun kısa sürede bozulmasına yol açmıştır. Bu problemler çıkarmış değişik metotlarla çözümlenmiştir. Sondaj sonucunda kuyu 1099,10 m derinlikte tamamlanmıştır. Kuyudan 49°C sıcaklıkta, kompresörle 37 l/s debide akışkan elde edilmiştir. Ayrıca kuyu artezyen de yapmaktadır.

### **1. GİRİŞ**

MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığının Çankırı ve Civarı Jeotermal Enerji Aramaları Projesi kapsamında yapılan bu çalışmada Çankırı-Balıbağı yöresinin jeotermal enerji potansiyelini belirlemeye yönelik yapılan jeoloji, jeofizik ve jeokimya çalışmaları sonucuna göre tespit edilen lokasyonda sondaj açılması işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



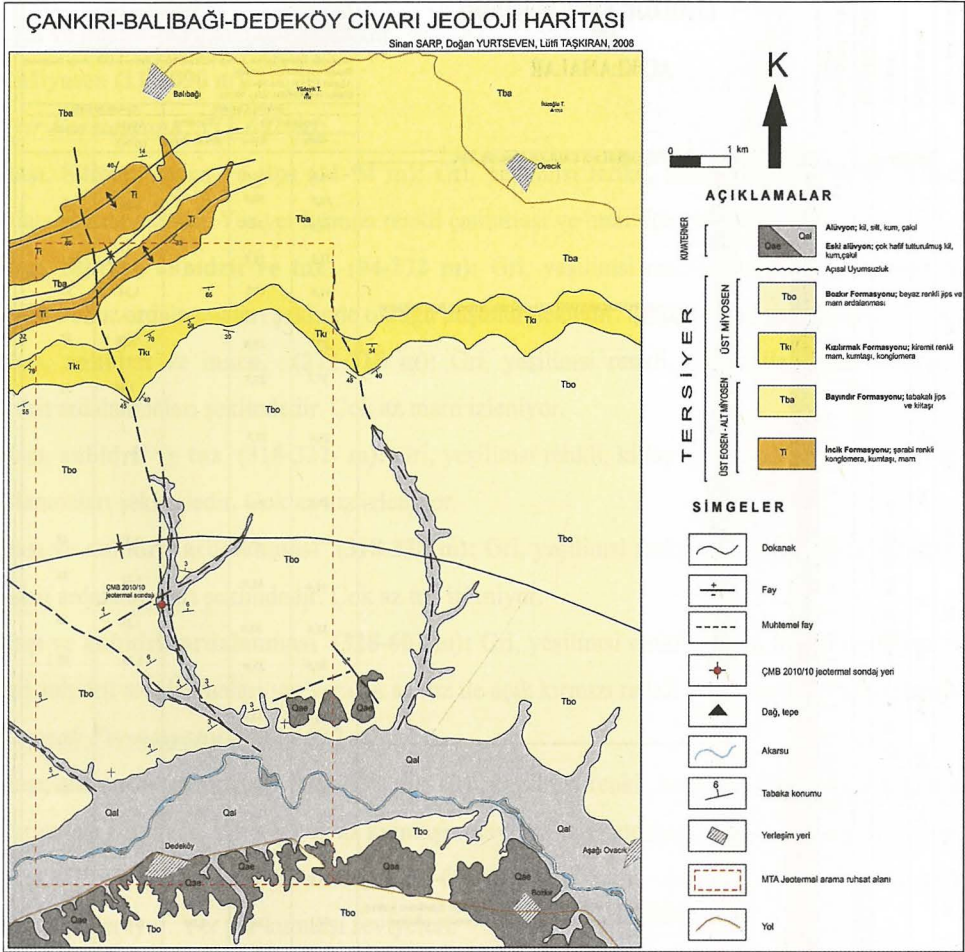


Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

## 2. JEOLojİ

İnceleme alanı Kuzey Anadolu Fay Kuşağı'nın güneyinde yer almaktadır. Çalışılan yer Çankırı - Çorum havzası içerisinde bulunmakta olup havza derinliğinin 8 km'ye ulaşacağı belirtilmektedir. Jeolojik olarak çalışma alanı sınırları içinde görülen en alttaki birim Üst Eosen–Alt Miyosen yaşlı İncik formasyonu olup çakıltası, kumtaşı ve kiltaşından meydana gelmektedir. Yine aynı yaştaki Bayındır formasyonu ile İncik formasyonu düşey geçişlidir. Jips ve marndan oluşan Bayındır formasyonunun üzerine Üst Miyosen yaşlı kumtaşı, kiltası ve çakıltaşından oluşan Kızılırmak formasyonu gelmektedir. Bu birimin üzerine yaygın şekilde izlenen Üst Miyosen yaşlı genelde

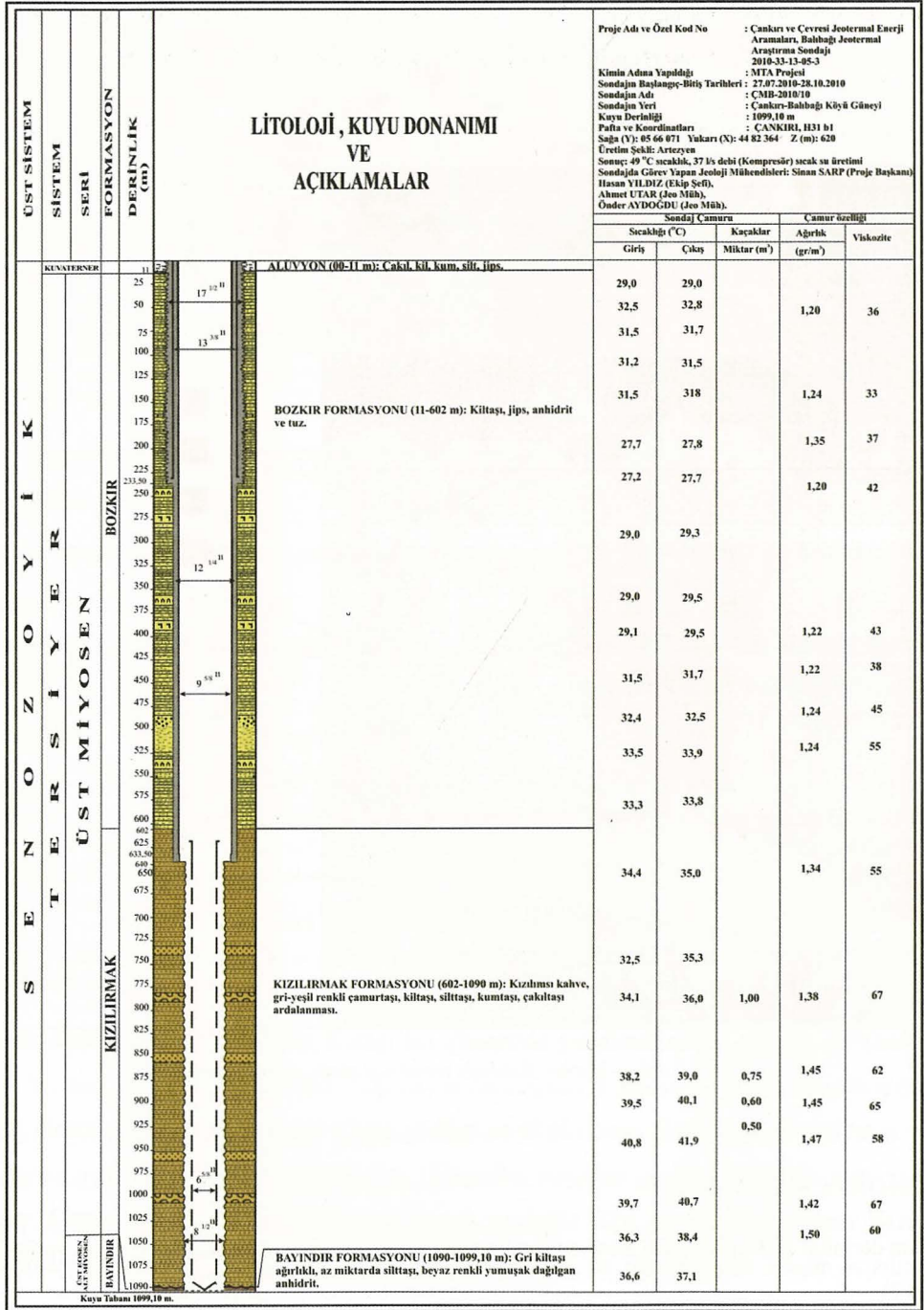
jipslerden oluşan Bozkır formasyonu bulunmaktadır. Alanda Kuvaterner ise alüvyon ve eski alüvyon (taraça) ile temsil edilmektedir (Birgili vd 1975; Sarp vd 2010, Ünalın 1975) (Şekil 2).



Şekil 2. Çankırı-Merkez-Balıbağı jeotermal alanı jeolojisi haritası

### 3. SONDAJ ÇALIŞMALARI

Toplam derinliği 1099,10 m olan sıcak su sondajında kesilen litolojilere ait bilgiler aşağıda verilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Çankırı-Merkez-Balıbağı jeotermal sondajına ait kuyu logu ve teçhiz planı



### **Kuvaterner (0-11 m)**

**Alüvyon (0-11 m):** Çalışma alanında genellikle akarsu yatakları boyunca dar mostralarda izlenen alüvyon çökelleri, bu sondajında 11 m kesilmiştir. Alüvyonlar; gri, yeşil ve kahve renkli çakıl, kum, silt, kil ve jips tanelerinden oluşmaktadır.

### **Üst Miyosen (11-1090 m)**

#### **Bozkır Formasyonu, (11-602 m):**

**Kiltaşı, Silttaşı, marn ve jips (11-94 m):** Gri, yeşilimsi renkli, kiltası. Ara seviyeler halinde jips bantları bulunmaktadır. Yer yer kırmızı renkli çamurtaşı ve marn içermektedir.

**Kiltaşı, Silttaşı, anhidrit ve tuz (94-272 m):** Gri, yeşilimsi renkli, kiltası ara seviyeler halinde anhidrit ve tuz aralanmaları şeklinde olduğu düşünülmektedir. Çok az marn yer alıyor.

**Kiltaşı, anhidrit ve marn, (272-318 m):** Gri, yeşilimsi renkli, kiltası ile beyaz sarımsı renkli anhidrit aralanmaları şeklindedir. Çok az marn izleniyor.

**Kiltaşı, anhidrit ve tuz (318-322- m):** Gri, yeşilimsi renkli, kiltası ile beyaz sarımsı renkli anhidrit aralanmaları şeklindedir. Çok az tuz izleniyor.

**Kiltaşı ve anhidrit aralanması (318-328 m):** Gri, yeşilimsi renkli kiltası ile beyaz sarımsı renkli anhidrit aralanmaları şeklindedir. Çok az tuz izleniyor.

**Kiltaşı ve anhidrit aralanması (328-602 m):** Gri, yeşilimsi renkli kiltası, kiltası ile beyaz sarımsı renkli anhidrit aralanmaları yer yer çok az tuz ile açık kırmızı renkli çamurtaşı şeklinde izleniyor.

#### **Kızılırmak Formasyonu ( 602-1090 m)**

**Kiltaşı, silttaşı ve çamurtaşı (602-650 m):** Gri, yeşilimsi renkli lamine kiltası, kızıl renkli silttaşı ve çamurtaşı izleniyor. Yer yer çok az kumtaşı seviyeleri izlenmektedir.

**Kiltaşı, silttaşı, çamurtaşı ve kumtaşı (650-698 m):** Açık kahve renkli kiltası, kızıl renkli silttaşı ve çamurtaşı izleniyor. Yer yer kumtaşı seviyeleri.

**Kumtaşı kiltası, silttaşı ve çamurtaşı (698-710m):** Açık gri renkli kumtaşı, açık kahve ve gri renkli kiltası, kızıl renkli silttaşı ve çamurtaşı izleniyor. Yer yer çok az çakıltaşı.

**Kumtaşı kiltası, silttaşı, çamurtaşı ve çakıltaşı aralanması (710- 1090 m):** Genel olarak açık gri, sarımsı renkli kumtaşı, açık kahve, gri renkli ve yeşilimsi renkli kiltası, kızıl renkli silttaşı ve çamurtaşı ve açık kahve renkli çakıltaşı aralanması izleniyor. Yer yer bu birimlerin ağırlıklı olarak arttığı seviyeler izlenmekte olup az gaz gelişi görülmektedir. Çakıltaşları; silis, kiltası, silttaşı, ofiyolit tanelerinden oluşmaktadır. Yer yer kırıntılarda kömür izlerine de rastlanmaktadır. Bazı yerlerde çok az pirit oluşumları da izlenmiştir.

Formasyon içerisinde bulunan çakıltası ve kumtaşı seviyeleri ile fay ve çatlaklı bölümleri sıcak akışkan içermekte olup hazne kaya özeliği göstermektedir. Bu nedenle Kızılırmak formasyonunun büyük bölümü filtre ile teçhiz edilmiştir.

#### **Üst Eosen- Alt Miyosen ( 1090-1099,10 m)**

##### **Bayındır Formasyonu( 1090-1093 m):**

Genel olarak gri renkli kiltası ağırlıklı az miktarda kıvı-kahve renkli silttaşı beyaz renkli yumuşak dağılgan anhidrit kırıntıları izleniyor.

1093 metreden 1099,10 metreye kadar üç kez karot alınmak için ilerleme yapılmış ancak her denemede de karot alınamamıştır. Bu metreler arası da Bayındır formasyonu olarak yorumlanmıştır.

##### **Çankırı-Merkez-Balıbağı Sondajı Çamur Kaçak Zonları:**

Çankırı-Merkez-Balıbağı ÇMB-2010/10 sondajında toplam 2,85 m<sup>3</sup> çamur kaçağı olmuştur (Çizelge 1). Kaçaklar ilk olarak 742 metrede başlamış ve bu metreden 962 metreye kadar kısmi olarak devam etmiştir.

Çizelge 1. Çankırı-Merkez-Balıbağı ÇMB-2010/10 sondajına ait çamur kaçak seviye ve miktarları.

| <b>Kaçak Seviyesi (m)</b> | <b>Kaçak miktarı (m<sup>3</sup>)</b> |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 792,00-802,00             | 0,5                                  |
| 804,00-808,00             | 0,5                                  |
| 886,00-896,00             | 0,75                                 |
| 928,00-938,00             | 0,6                                  |
| 958,00-962,00             | 0,5                                  |

Sondaj çalışmaları esnasında kesilen formasyonların yoğun killi olması birimin kuyu içine yıkılmasına neden olmuş, jipsli ve tuzlu seviyelerin bulunması çamurun kısa sürede bozulmasına yol açmıştır.

Önceleri tatlı su ile yapılan bentonitli sondaj çamuru kısa süre içinde formasyondan kaynaklanan jips ve tuz katılımı sebebiyle çamur özelliklerinin bozulmasına yol açmıştır. Bu durumda çamur hazırlama işlemleri saha içinde akan acı suyu (tuzlu ve jipsli) bulunan dere suyu kullanılarak yapılmış bu

şekilde ilerleme daha sağlıklı şekilde sürdürülmüştür. Formasyonların yoğun killi olması sebebiyle çabuk bozulan bentonitli çamurun yerine çeşitli kimyasallar katılarak hazırlanan polimerli çamur kullanılarak çamurun ağırlık ve viskozitesinin stabil olması sağlanarak kuyu kazılması işlemi tamamlanmıştır.

Tuzlu su polimer çamurunun hazırlanmasına bir örnek verecek olursak;

1-Doymuş %26'lık 1 varil(159 lt) tuzlu suyun hazırlanması:

Su=141 lt 'ya Tuz=50 kg katılır.

2-SODA KÜLÜ : 0.25 lb/varil (1 lb=0.454kg)

3-PACR: 1 lb/varil

4-XC polimer: 1 lb/varil

5-Sıvı polimer 1 lb/varil

6-Sıvı Kostik soda(1.5kg/10 lt suya)

Bu polimer karışımı, kil stabilizasyonunu sağlar, kuyu temizliğine yardım eder. Çamurun pH=8.5-9.5 olmasını, Viskozite 50-60 sn/quart civarında bulunmasını sağlar.

Çamurun Yield-Point inin 20-25 civarında olmasını sağlar. Kesilen kırıntıların çamurun Yield-Point'tini düşürmesi nedeniyle, çamurun ıslahı için, sıvı polimer ilave edilir. Tuzluluk oranı düşerse, sisteme tuz ilave edilir. Çamura günlük bakımında, viskozite müsaade ettiği müddetçe PACR ilave edilir. Çamurun ağırlığı=1.25gr/cm<sup>3</sup> olmaktadır. İlerleme esnasında 1.45 gr/cm<sup>3</sup> çıkmaktadır.

#### 4. SU KİMYASI

Çankırı sıcak su kuyusunda kuyu başında, MTA Genel Müdürlüğü Mobil Su Kimyası laboratuvarı ile kimyasal analizler yapılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de belirtilmiştir.

Çizelge 2. Çankırı Balıbağı sıcak su kuyusunda kuyu başında yapılan analiz sonucu

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
|  <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; text-align: left;"> <p>T.C.<br/>ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI<br/>MADEN TETKİK VE ARAMA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ<br/>Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı<br/>Eskişehir Yolu Üzeri 7.km 06520-Balgat-ANKARA</p> </div> |                |
| <p><b>KAYNAKBAŞI ANALİZ SONUÇLARI</b></p> <p><b><u>NUMUNENİN İŞARETİ</u></b></p> <p>Çankırı Sondaj</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                |
| pH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 7,49           |
| Spesifik Kondaktivite                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 194700 µmho/cm |
| Sıcaklık (t) °C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 47,1 °C        |
| % <sub>90</sub> NaCl                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 110            |
| Toplam Sertlik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 485,13 A°      |
| Gecici Sertlik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 442,64 A°      |
| Kalıcı Sertlik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 42,49 A°       |

|                              | mg/l  | meq/l   |
|------------------------------|-------|---------|
| K <sup>+</sup>               | 210   | 5,38    |
| Na <sup>+</sup>              | 57700 | 2508,70 |
| Ca <sup>2+</sup>             | 3600  | 151,00  |
| Mg <sup>2+</sup>             | 408   | 22,17   |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 85    |         |
| B                            | 12,8  |         |
| SiO <sub>2</sub>             | 24,2  |         |
| I                            | 0,67  |         |
| Fe <sup>2+</sup>             | 0,61  |         |
| Mn                           | 2,16  |         |
| Pb                           | <0,10 |         |
| Zn                           | <0,10 |         |
| Cu                           | <0,10 |         |
| Ni                           | 1,16  |         |
| Al                           | <0,10 |         |

|                               | mg/l   | meq/l   |
|-------------------------------|--------|---------|
| CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> | <10    |         |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 9638   | 158,00  |
| Cl <sup>-</sup>               | 74300  | 2092,96 |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | 5100   | 106,25  |
| F <sup>-</sup>                | 0,20   |         |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | 0,12   |         |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 33,1   |         |
| PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> | 0,1    |         |
| CN                            |        |         |
| COD                           |        |         |
| Ba                            | 4      |         |
| Li                            | 12     |         |
| Cd                            | <0,010 |         |
| Mo                            | <0,02  |         |
| Cr                            | <0,05  |         |

|                             |                   |
|-----------------------------|-------------------|
| <p><b>Analizi Yapan</b></p> |                   |
| <p>Murat AKAR</p>           | <p>Hasan ÜNAL</p> |



#### 4.1. Hidrojeokimya

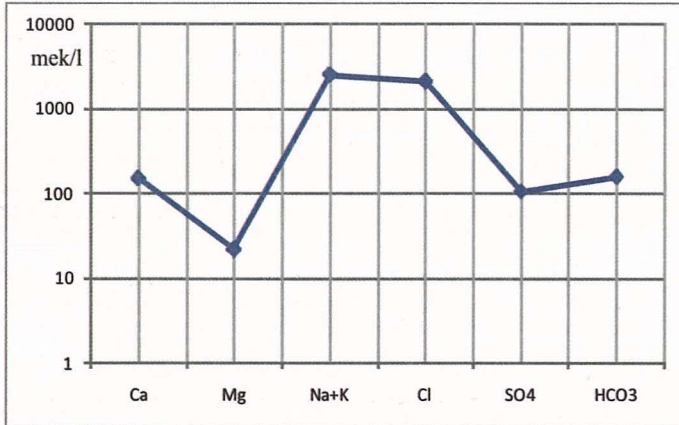
Çankırı Balıbağı sondajından elde edilen akışkanın kimyasal analizleri kuyu başında MTA Genel Müdürlüğü Mobil Su Kimyası Laboratuvarında yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre bu veriler değerlendirilmiştir.

Suların Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (AIH) sınıflaması esas alınarak yapılan genel sınıflamasında, major element analiz değerlerinin miliekivalen cinsinden yüzdeleri hesaplanmış ve bu değerlerde % 20'yi geçen değerler göz önünde tutularak sular sınıflandırılmıştır. Buna göre; Çankırı Balıbağı sondaj suyu, sodyumlu, klorürlü sıcak ve mineralli su sınıfına girmektedir. Suyun pH değeri 7,49 olup, akışkanın nötr karakterde olduğunu göstermektedir. İnceleme alanından alınan su yarı logaritmik Schoeller diyagramında değerlendirildiğinde, suda hakim katyon Na iken hakim anyon Cl'dur. Bu da bize bu suyun NaCl'lü sular sınıfında olduğunu göstermektedir. Ca ve SO<sub>4</sub>'de yüksek değerlerde olduğu dikkate değer olarak izlenmektedir. Suyun katyon ve anyon dizilimi aşağıdaki şekildedir.

Katyon :  $r(\text{Na}+\text{K}) > r\text{Ca} > r\text{Mg}$

Anyon :  $r\text{Cl} > r(\text{CO}_3+\text{HCO}_3) > r\text{SO}_4$

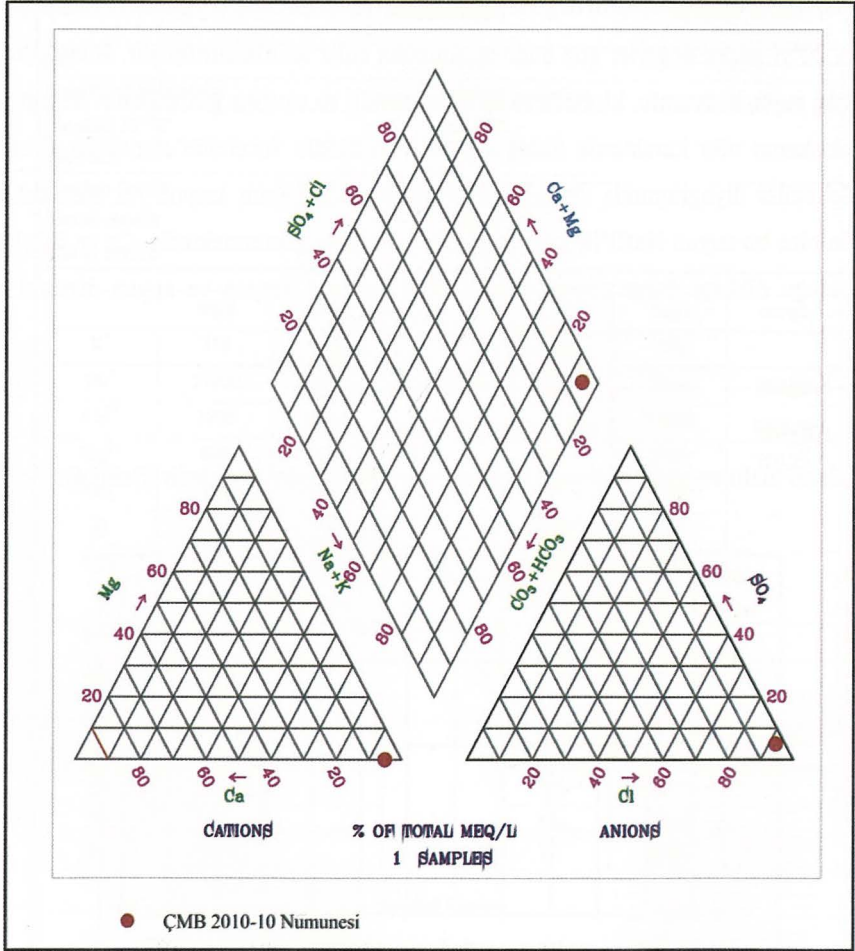
Buna göre suların tuzlu ve jipsli formasyonlardan beslendiği düşünülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Çankırı Balıbağı numunesinin yarı logaritmik Schoeller diyagramı.



Sular Piper diyagramına göre de değerlendirilmiştir (Şekil 5). Piper diyagramına göre bu suda  $\text{Na}+\text{K} > \text{Ca}+\text{Mg}$  olup bu su tuzlu ve sodalı sudur. Ayrıca bu suda  $\text{Cl}+\text{SO}_4 > \text{HCO}_3+\text{CO}_3$  lı su olup karbonat olmayan alkalinite karbonat alkalinitesinden fazladır.  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ve  $\text{KCl}$  lü sular ve karbonat olmayan alkalinitesi %50 den fazla olan sular sınıfındadır ve böyle sularda alkaliler ve güçlü asitler egemendir.



Şekil 5. Çankırı Balıbağı numunesinin Piper diyagramı.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çankırı, Merkez, Balıbağı jeotermal alanında yapılan çalışmalardan elde edilen veriler ışığında sahanın geliştirme potansiyelinin belirlenebilmesi için araştırma sondajı yapılmasında yarar görülmüş ve bir adet araştırma sondajı açılmıştır.

Sondajda yukarıdan aşağıya doğru 0-11 m arasında alüvyon, 11-602 m arasında Bozkır formasyonu, 602- 1090 m arasında Kızılırmak formasyonu 1090- 1099,10 m arasında Bayındır formasyonu kesilmiştir.

Sondaj kuyusu; 0-233,50 m arasına 13 <sup>3/8</sup>" casing ve arkası çimentolu, 0-633,50 m ya kadar 9 <sup>5/8</sup>" casing ve arkası çimentolu, 619-1099 m ya kadar 6 <sup>5/8</sup>" lineer üretim borusu; (619.00-649.00 (30 m kapalı kaynaklı boru), 649.00-1087.00 (438 m filtreli kaynaklı boru), 1087.00-1099.00 (12 m kapalı kaynaklı boru) şeklinde dizayn edilmiştir.

Kuyu teçhizinden sonra temiz su ile yıkanarak jetleme işlemi yapılmıştır. Bu işlemden sonra yaklaşık 23 saat kademeli kompresör testi yapılarak kuyu geliştirme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Kuyu su örneği, Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH) sınıflamasına göre, “sodyumlu, klorürlü sıcak ve mineralli sular” sınıfına girmektedir.

Yapılan sondaj 1099,10 m derinliğinde açılmış olup kuyudan kompresörle 220 m derinlikten yapılan kuyu geliştirme ve üretim testleri sonucunda ilk kuyu verilere göre 49 °C sıcaklık ve 37 l/s debide sıcak su elde edilmiştir. Ayrıca kuyu artezyen de yapmaktadır. Kuyuya pompa inilerek üretim testi yapılmalıdır. Pompa ile üretim durumunda sıcaklık ve debinin bir miktar daha artabileceği düşünülmektedir.

Elde edilen sıcak su sıcaklık ve kimyasal bileşimi itibari ile termal turizmde kullanmaya uygun özelliktedir. İçme ve şifa konusunun (tıbbi amaçlı kullanım için) Sağlık Bakanlığı’nın ilgili laboratuvarlarında yapılacak analiz sonucuna göre belirlenmesi önerilir.

## 6. KAYNAKLAR

Birgili, Ş., Yoldaş., R., Ünal, G., 1975, Çankırı-Çorum Havzası Jeolojisi ve Petrol Olanakları Rapor No: 5621, Ankara.

Sarp, S., Bekar, K., Taşkiran, L., Yurtseven, D., Ünal, H., Kılınç, O., 2010, Çankırı-Balıbağı-Dedeköy ile Kırıkkale- Sulakyurt Çevresi Jeotermal Enerji Aramaları Jeoloji ve Jeofizik Etüt Raporu: MTA Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: incelemede, Ankara.

Ünal, G., 1975, Çankırı-Çorum Havzası Tüney –Tilkiköy ve Sulakyurt Yöresinin Jeolojisi ve Petrol Olanakları, MTA Raporu, Derleme No: 5464 (3076), Ankara.

## **F-2500 SONDAJ MAKİNELERİ İÇİN JEOTERMAL SONDAJLARDA KUYU DİZAYNI VE TAKIM DİZİSİ SEÇİMİ**

**Bülent Toka**

MTA Sondaj Dairesi, Ankara  
tokabulent@yahoo.com

### **ÖZET**

Bu çalışmada; dar çaplı kömür sondajlarına uygun olarak üretilen Failing 2500 (762 metre kapasiteli) sondaj makinesinin geniş çapta açılan jeotermal sondajlarda ki performansı değerlendirilmiş ve kuyu dizaynına uygun takım dizisi seçimi üzerinde durulmuştur.

### **1. GİRİŞ**

Nüfus artışı ve ekonomik gelişimle birlikte gelişmekte olan toplumların enerji kaynaklarına olan ihtiyaçları hızlı bir şekilde artarken, ülkemizde de yenilenebilir enerji kaynakları arasında gösterilen jeotermal enerjiye yönelik araştırma ve arama çalışmaları hızlanmıştır.

Yerin farklı derinliklerinde bulunan jeotermal enerjinin aranması ve jeotermal akışkan üretimi için yüzeyden rezervuara kadar açılan sondajlardan yararlanılır. Jeotermal akışkan yapısı gereği farklı derinliklerde bulunur ve bulundukları derinliklere göre de sondajlar aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir;

|                           |              |
|---------------------------|--------------|
| Sığ derinlikli sondajlar  | :>750 m      |
| Orta derinlikli sondajlar | :750-2000 m  |
| Derin sondajlar           | :2000-4000 m |
| Ultra derin sondajlar     | :≥4000 m     |

Jeotermal akışkanın bulunduğu derinlik ve kuyu çapı, sondaj ünitesinin (kule, motor, pompa gibi) gücünün belirlenmesine yardımcı olur. Orta derinliğin üzerindeki sondajlarda kullanılan sondaj makineleri petrol ve doğal gaz sondajlarında kullanılan makinelerdir. Dolayısıyla bu makineler derin ve geniş çaplı açılan jeotermal sondajlarda da sorunsuz olarak kullanılır. Fakat ülkemizde sığ jeotermal sondajlar için kullanılan makineler, soğuk su, maden ve kömür sondajlarına uygun olarak üretilmiştir. Diğer bir ifade ile bu makinelerin kule ve kanca çekme kapasiteleri ve pompa güçleri dar çapta açılan sondaj kuyuları için uygundur. Bu makineler jeotermal sondajlarda kullanıldığında, kuyu dizaynına uygun takım dizisinin seçimi önem taşır.

## 2. 2500 ft DERİNLİK İÇİN MUHAFAZA BORULARININ DİZAYNI

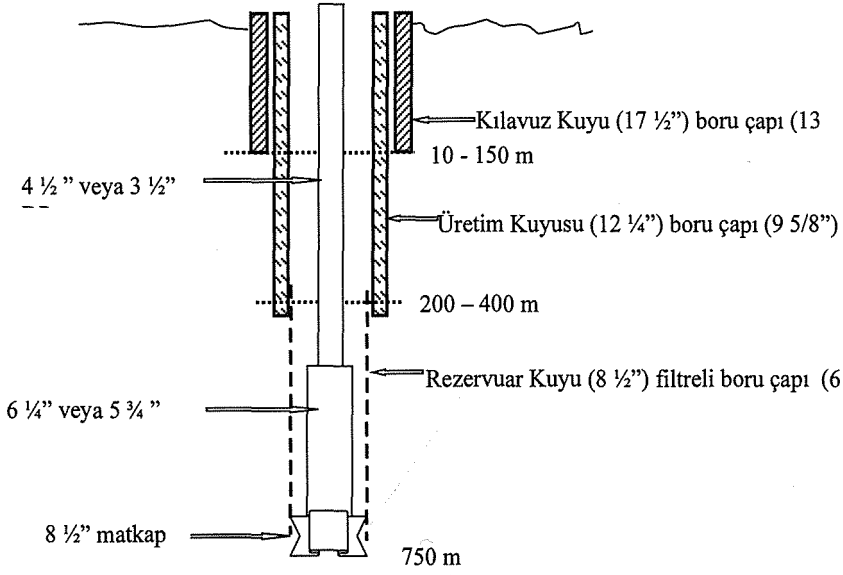
Sondaj operasyonu ve yeraltından akışkan üretimi sırasında rezervuar üzerindeki tabakalar (zayıf, çatlaklı, gevşek ve şişen formasyonlar) kuyu problemlerine neden olurlar. Sondajın istenilen çapta ve derinlikte olması ve problemsiz akışkan üretimi için bu tür sorunlu formasyonların muhafaza boruları ile kontrol altına alınması gerekir. Kuyunun başlangıcında geniş çaplı muhafaza boruları kullanılırken kuyu derinleştikçe muhafaza borusunun çapları kademe kademe küçülür. Kuyu kapalı borularla teçhiz edildikten sonra, borunun indirildiği derinlikten itibaren yüzeye kadar boru arkası çimentolanır.

Jeotermal kuyularda tercih edilen muhafaza borusu çapları, kuyu derinliğine ve akışkanın fiziksel özelliklerine bağlı olarak ülkeden ülkeye değişiklik gösterir. Ülkemizde sığ sondajlar için kullanılan kuyu dizaynı Şekil 1 de gösterilmiştir.

### 2.1 Kılavuz Boru

Jeotermal kuyuların muhafaza borusu dizaynında, kuyu başlangıcında kullanılan en dıştaki ilk boru kılavuz (Conductor) boru olarak adlandırılır. Bu boru, yüzeyde sağlam olmayan jeolojik tabaka (formasyon) oluşumlarının (alüvyon, kumtaşı, çakıltası gibi) ilerleme sırasında kuyu içerisine akmasını, dökülmesini ve düşmesini önlemek amacıyla kullanılır. Kılavuz boru biraz daha pekişmiş formasyona (kil, marn, kireçtaşı) kadar indirilerek boru arkası çimentolanır. Bu boru aynı zamanda; (i) Sondajın ileri aşamalarında kullanılacak muhafaza borularının ve kuyubaşında kullanılacak ekipmanların (vana, preventer) desteklenmesine olanak sağlar, (ii) Bu borudan sonra yapılan ilerleme sırasında ortaya çıkacak kuyu problemlerinin daha kolay bir şekilde çözülmesine olanak sağlar, (iii)

Kılavuz borudan sonra çamur ile ilerlenmesi durumunda çamurun içerdiği kimyasal maddeler nedeniyle yüzey akiferlerinde bulunan tatlı su ile karışmasını önler. Yeraltı tatlı sularının kirlenmemesi için bazı sahalarda bu borunun kullanılması zorunlu tutulur (iv) Yüzeye yakın kısımlarda gaz veya jeotermal akışkan varsa akışkanın kılavuz boru içerisinden akışını sağlar ve sondaj makinesinin zarar görmesini engeller (v) Bu borudan sonra kullanılacak boruların korozyonunu önler.



Şekil 1. Sığ jeotermal sondajlar için örnek kuyu dizaynı

Kılavuz borudan sonra ilerleme yapılırken akışkanın kontrolsüz geliş yapması durumunda kılavuz boru açık tutulur, yani preventer kapatılmaz. Preventerin kapatılması durumunda; basınçlı akışkan boru arkasında pekişmemiş halde bulunan alüvyon, çakıltı gibi formasyonları yırtarak sondaj makinesine zarar verir.

Kılavuz borular 10-150 metre derinliğe kadar indirilir. Sığ sondajlarda 17 1/2" matkap ile açılan kuyuya 13 3/4 inç çapındaki kapalı borular indirilir ve boru arkası çimentolanır. Çimento şerbetinin prizlenmesinden sonra 12 1/4" matkap ile kılavuz borunu içerisinden ilerlemeye geçilir.

## 2.2. Üretim Borusu

Üretim borusu, alüvyonlarının altında ve rezervuarın üstünde bulunan kil, marn, silt, şeyl, kireçtaşı gibi formasyonları kontrol altına almak için kullanılır. Bu formasyonların altında bulunan daha sert formasyonlara (örneğin mermer, sağlam kireçtaşları) indirilerek boru arkası yüzeye kadar çimentolanır.

Üretim borusu rezervuarın (üretim zonunun) üst seviyesine indirilerek boru arkası çimentolanır. Genellikle rezervuar basıncına dayanacak şekilde dizayn edilir. Sığ derinlikli hidrotermal sistemlerde, üretim borusu olarak genellikle 9 5/8 inç muhafaza boruları kullanılır. İçerisinden 8 ½" matkap ile ilerleme yapılır.

Sığ sondajlarda üretim borusundan önce yüzey boru ve ara boru kullanılmaz. Şayet formasyondan ve akışkandan kaynaklanan problemler olursa, üretim borusu olarak planlanan bu boru ara boru olarak kullanılır. Tabi ki böyle istenmeyen bir durum da üretim borusunun çapı (7") düşer.

## 2.3 Astar Boru (Liner)

Delikli olan astar boru yüzeye kadar yükselmez üretim borusunun içerisinde 5-10 metre yükselecek (sığ derinlikli sondajlarda) şekilde kuyu dibine bırakılır. Üretim zonun yıkıntı yapan özellikte olması durumunda kullanılır. Akışkan üretilen formasyon sağlam ise üretim zonuna boru indirilmez, çıplak olarak bırakılır.

## 3. F-2500 SONDAJ MAKİNESİ İÇİN TAKIM DİZİSİNİN SEÇİMİ

Sığ jeotermal sondaj çalışmalarında kullanılan makinelerin kanca kapasitesi, kule çekme kapasitesi ve pompa gücü jeotermal sondajlar için yetersiz olduğundan makineye uygun takım dizisinin seçimi önem taşır. Genellikle üretim zonlarının sondajı 8 ½" matkap ile tamamlanır. Bu matkap üzerine de takım dizisi olarak 6 ¼" DC (ağırlık borusu) ve 4 ½" DP (tij)'ler bağlanır. Fakat sığ derinlikli sondaj makineleri için bu takım dizisini kullanmak mümkün olmayabilir. Bunun nedeni; matkabın üzerine verilmesi gereken yükün kulenin kanca çekme kapasitesine ve delme için gerekli olan hidrolik gücün pompa kapasitesine uygun olmamasıdır.



Örneğin MTA tarafından jeotermal sondajlarda kullanılan F-2500 sondaj makinesinin orijinal kanca kapasitesi 45000 lb iken kule çekme kapasitesi 60000 lb'dir (Çizelge 1). Bu durumda seçilecek takım dizisinin kanca çekme kapasitesini geçmemesi gerekir.

*Çizelge1. F-2500 Sondaj Makinesinin Teknik Özellikleri*

|                               |                   |
|-------------------------------|-------------------|
| Kule Çekme kapasitesi         | 60000 lb (27 ton) |
| Normal kanca çekme kapasitesi | 45000 lb (20 ton) |
| Toplam motor Gücü             | 2*180=360 HP      |
| Halat çapı                    | 19 mm             |
| Takım çekme hızı              | 0,1-1,1 m/sn      |
| Döner masa devir sayısı       | 25-200 devir/dak  |
| Döner masa açıklık çapı       | 18" (457 mm)      |

F-2500 sondaj makinesinin Ş ekil 1'de gösterilen jeotermal kuyu dizaynına uygun 2500 ft sondaj yapabilmesi için; matkap üzerine verilecek minimum yük seçtikten sonra kanca kapasitesine ve pompanın ürettiği maksimum hidrolik güce uygun DP seçilmesi gerekmektedir.

DP seçiminde göz önüne alınan kriterler; (i) Kuyu derinliği (ii) Matkap çapı (iii) Makinenin kule ve kanca çekme yükü, (iv) Hidrolik güç. Bu nedenle seçilen DP'nin kanca çekme kapasitesini aşmayan en az birim ağırlığa ve pompanın ürettiği hidrolik güçten maksimum faydayı sağlayan en geniş iç çapa sahip olması gerekmektedir. Çizelge 2a ve 2b'de sondajlarda kullanılan API standartlarına uygun yeni ve kullanılmış DP'lerin özellikleri verilmiştir. Çizelge 2a ve 2b'de verilen yeni ve kullanılmış DP'lerin boru gövdesinin akma yükü yönünden incelendiğinde; F-2500 sondaj makinesinin kule çekme kapasitesinin (60000 lb) çok üstünde olması her kalitedeki DP'lerin bu makinede rahatlıkla kullanılabileceğini gösterir.

Çizelge 2.a Yeni DP (API RP 07G, 1998) Özellikleri

| Dış çap | İç çap | Ağırlık lb/ft | Boru gövdesi akma yükü, lb |        |        |        |
|---------|--------|---------------|----------------------------|--------|--------|--------|
|         |        |               | E75                        | X95    | G105   | S135   |
| 2 7/8   | 2,441  | 6,85          | 135902                     | 172143 | 190263 | 244624 |
| 2 7/8   | 2,151  | 10,40         | 214344                     | 271503 | 300082 | 385820 |
| 3 1/2   | 2,992  | 9,50          | 194264                     | 246068 | 371920 | 349676 |
| 3 1/2   | 2,764  | 13,30         | 271569                     | 343988 | 380197 | 488825 |
| 3 1/2   | 2,602  | 15,50         | 322775                     | 408848 | 451885 | 580995 |
| 4       | 3,476  | 11,85         | 230755                     | 292290 | 323057 | 415360 |
| 4 1/2   | 3,958  | 13,75         | 270034                     | 342043 | 378047 | 486061 |

Çizelge 2.b Kullanılmış DP (API RP 07G, 1998) Özellikleri

| Dış çap | İç çap | Ağırlık lb/ft | Boru gövdesi akma yükü, lb |        |        |        |
|---------|--------|---------------|----------------------------|--------|--------|--------|
|         |        |               | E75                        | X95    | G105   | S135   |
| 2 7/8   | 2,441  | 6,85          | 106946                     | 135465 | 149725 | 192503 |
| 2 7/8   | 2,151  | 10,40         | 166535                     | 210945 | 233149 | 299764 |
| 3 1/2   | 2,992  | 9,50          | 152979                     | 193774 | 214171 | 275363 |
| 3 1/2   | 2,764  | 13,30         | 212150                     | 268723 | 297010 | 381870 |
| 3 1/2   | 2,602  | 15,50         | 250620                     | 317452 | 350868 | 451115 |
| 4       | 3,476  | 11,85         | 182016                     | 230554 | 254823 | 327630 |
| 4 1/2   | 3,958  | 13,75         | 213258                     | 270127 | 298561 | 383864 |

### 3.1. F-2500 Sondaj Makinesinin Kanca Kapasitesine Göre DP Seçimi

Makinelerin kanca kapasitesi, sondajın derinlik ve çapına göre uygun DP seçimini belirler. DP seçiminin başlangıç noktası, matkap üzerine verilecek yükün seçimidir. F-2500 sondaj makineleriyle geniş çaplı sondaj yaparken matkap üzerine verilecek yük, makinenin kanca kapasitesinin sınırlı olması nedeniyle maksimum olarak seçilemez. Bu yüzden matkabın üzerine verilecek minimum yüke göre hesaplama yapılır.

#### 3.1.1 Matkap üzerine verilecek azami yükün, DC ve DP uzunluğunun hesabı

Matkap üzerine verilecek yük, DC ve DP uzunluğunun hesabı aşağıdaki formüllere göre belirlenir.

|                            |                                                                                                  |   |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Matkaba verilen toplam yük | $WOB (lb) = Dm(in\check{c}) * P (lb/in\check{c})$                                                | 1 |
| DC uzunluğu                | $Ldc = \frac{WOB}{NP * BF * Wdc} \quad BF = 1 - \frac{\rho_{\text{çamur}}}{\rho_{\text{çelik}}}$ | 2 |
| DP uzunluğu                | $Ldp = \frac{HL - (Ldc * Wdc)}{Wdp}$                                                             | 3 |

|     |                                                                 |                       |                                |
|-----|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| WOB | Matkaba verilen toplam yük, lb                                  | $\rho_{\text{çamur}}$ | Çamurun yoğunluğu              |
| Dm  | Matkap çapı, inç                                                | $\rho_{\text{çelik}}$ | Çeliğin yoğunluğu, 65,5 lb/gal |
| P   | Birim matkap çapı üzerine verilmesi gereken yük miktarı, lb/inç | Wdc                   | DC'nin birim ağırlığı (lb/ft)  |
| Lcd | DC uzunluğu (ft)                                                | Ldp                   | DP uzunluğu (ft)               |
| NP  | Nötr nokta (güvenlik faktörü)                                   | HL                    | Maksimum kanca yükü (lb)       |
| BF  | Yüzdürme katsayısı                                              | Wdp                   | DP'nin birim ağırlığı (lb/ft)  |

Örnek 1. Tablo 1'de teknik özellikleri verilen F-2500 sondaj makinesi ile Ş ekil 1'de verilen kuyu dizaynına göre sondaj yapılacaktır. Çizelge 2'de teknik özellikleri verilen DP'lerle yapılabilecek maksimum derinlikleri belirleyiniz? Bu kuyuda dış çapı (OD) 5 ¾"- iç çapı (ID) 2,81" ve birim ağırlığı 67,9 lb/ft olan DC kullanıldığı ve çamurun yoğunluğunun 10 lb/gal (1,20 gr/cm<sup>3</sup>) olduğunu varsayalım.

Çözüm; matkap üzerine verilmesi gereken minimum yükün 2000 lb/inç olduğunu farz edersek 8 ½" matkap üzerine verilmesi gereken toplam yük 1. eşitlikten;

$$WOB = 8 \frac{1}{2} \text{ inç} * 2000 \text{ lb/inç}$$

$$WOB = 17000 \text{ lb}$$

olarak bulunur.

Bu durumda 5 ¾" DC için gerekli olan DC uzunluğu 2. eşitlikten

$$Ldc = \frac{17000}{0.85 * 0.847 * 67,9} = 348 \text{ ft} \approx 360 \text{ ft}$$

olarak hesaplanır.

Burada NP= Nötr nokta (güvenlik faktörü). Matkap üzerindeki DC'lerin ağırlıklarının maksimum % kaçının matkap üzerine verileceğini gösterir. Örneğin 0.85 değeri, nötr noktanın

matkaptan itibaren DC uzunluğunun (ağırlığının) %85'ine eşit gelir. Bu hesaplamada nötr nokta 0.85 olarak alınmıştır.

$$BF = \text{Yüzdürme katsayısı ise } BF = 1 - \frac{\rho_{\text{çamur}}}{\rho_{\text{çelik}}} = 1 - \frac{10}{65,5} = 0.847$$

Dış çapı (OD) 3 ½"- iç çapı (ID) 2,992"- ve birim ağırlığı 9,50 lb/ft (Tablo 2a) olan DP'nin uzunluğu 3. eşitlikten;

$$DP \text{ uzunluğu (ft)} = \frac{45000 - 24440}{9,50 \text{ (lb/ft)}} = 2164 \text{ ft}$$

olarak hesaplanır.

Bu hesaplama Çizelge 2a'da verilen diğer DP'lere göre de yapılmış ve bu DP'lerle yapılabilecek maksimum derinlikler Çizelge 3'de verilmiştir.

*Çizelge 3 F-2500 Sondaj Makinesinin Kanca Kapasitesine Göre DP'lerin Kullanılabileceği En Son Derinlikler*

| DP tipi             | Birim Ağır. lb/ft | DC Uzun. (ft) | DP Uzun. (ft) | T. Derinlik (ft)    |
|---------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------------|
| 2 7/8" -2,441"      | 6,85              | 360           | 3000          | 3360 (1024 m)       |
| 2 7/8" -2,151"      | 10,40             | 360           | 1976          | 2326 (712 m)        |
| <b>3 ½" -2,992"</b> | <b>9,50</b>       | <b>360</b>    | <b>2164</b>   | <b>2524 (769 m)</b> |
| 3 ½" -2,764"        | 13,30             | 360           | 1545          | 1905 (580 m)        |
| 3 ½" -2,602"        | 15,50             | 360           | 1326          | 1626 (514 m)        |
| 4" -3,476           | 11,85             | 360           | 1735          | 2095 (639 m)        |
| 4 ½" -3,958         | 13,75             | 360           | 1495          | 1855 (565 m)        |

Tablo 3 den görüleceği üzere 3 ½" çapında ve 2,992" iç çapında 9,50 lb/ft özelliğindeki DP'lerle 2524 ft sondaj yapabilirken aynı dış çapa sahip (3 ½" ) farklı iç çapa (2,602") ve farklı birim ağırlığa (15,50 lb/ft) sahip DP ile ancak 1626 ft sondaj yapılabilmektedir. Burada 2 7/8 inç dış çapında, 2,441" iç çapında ve 6,85 lb/ft birim ağırlığındaki tij ile daha derin sondaj yapılabildiği görülmektedir. Fakat bu DP'nin jeotermal sondajlarda kullanılabilmesine karar vermeden önce pompanın hidrolik güç hesabı da göz önüne alınmalıdır.

### 3.1.2 Sondaj Makinesi için Gerekli Drawworks/Motor Gücünün ve Harcanan Yakıt Miktarının Hesabı

Manevra sırasında kanca yükünün Drawworks ve drawworks'e hareket veren güç ünitesi tarafından karşılanması lazımdır. Makine için istenen manevra hızına göre gerekli Drawworks/motor gücü ve yakıt harcama hızı aşağıdaki formüllere göre hesaplanır.

|                            |                                                                                   |   |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---|
| Drawworks gücü             | $HP_{dw} = \frac{HL * Vf}{EF * 33000}$ , $EF = \frac{K * (1 - K^N)}{N * (1 - K)}$ | 4 |
| Motor gücü                 | $HP_m = \frac{HP_{dw}}{\text{Mekanik verim}}$                                     | 5 |
| Yakıt harcama hızı lb/saat | $Qf = \frac{2545 * HP_m}{H}$                                                      | 6 |

|    |                             |
|----|-----------------------------|
| HL | Maksimum kanca yükü (lb)    |
| Vf | Takım çekme hızı (ft/dak)   |
| EF | Halat verim faktörü         |
| Qf | yakıt harcama hızı, lb/saat |

|   |                                                 |
|---|-------------------------------------------------|
| H | yakıt ısı değeri, dizel yakıt için 19000 BTU/lb |
| K | sabit sayı, 0,9615                              |
| N | hareketli makara halat sarım sayısı             |

Örnek 2. Kanca yükü 45,000 lb olan F-2500 sondaj makinesinin takım çekme (manevra) hızının 100 ft/dak olmasını durumunda gerekli olan drawworks ve motor gücü ne olmalıdır? Motor giriş gücüne göre yakıt harcama hızı ne kadardır?

Çözüm; Drawwork gücü eşitlik 4'den

$$\text{Draw-works gücü } HP_{dw} = \frac{45000 * 100}{0,9074 * 33000} = 150 \text{ HP}$$

olarak hesaplanır. Burada halat verim faktörü (EF);

$$EF = \frac{0,9615 * (1 - 0,9615^4)}{4 * (1 - 0,9615)} = 0,9074$$

N=F-2500 sondaj makinelerinde hareketli makara halat sarım sayısı 4'dür.

Drawworks'ı çalıştırmak için gerekli olan motor gücünün hesabı eşitlik 5'den;

$$\text{Gerekli Motor gücü} = HP_m = \frac{150}{0,85} = 176 \text{ HP olur}$$

Not; mekanik verim %85 olarak kabul edilmiştir.

2500 ft derinlikte F-2500 sondaj makinesi ile 8 ½" çapında bir jeotermal kuyu açmak için **150 HP gücünde bir Draw-works ve 176 HP gücünde bir motor** gereklidir. Güverte üzerinde bulunan 2\*180 HP gücündeki iki motorun 2500 ft sondaj yapmak için yeterli olduğu görülmektedir.

Bu motor gücüne göre yakıt tüketiminin hesabı eşitlik 6'dan;

$$Q_f = \frac{2545 \cdot 176}{19000} = 23,6 \text{ lb/saat}$$

$\rho$  = dizel yakıtının yoğunluğu, 0,830 kg/lit olarak kabul edersek

$$Q_f = \frac{23,6 \text{ lb/saat} \cdot 0,4536 \text{ kg/lb}}{0,830 \text{ kg/lit}} = 12,9 \text{ lt/saat}$$

olarak hesaplanır.

Yukarıdaki örnekten faydalanarak 2500 ft sondaj yapmak için değişik çap ve ağırlıktaki DP'leri kullandığımızda takım ağırlığının ne kadar olacağını ve bu ağırlığı taşımak için ne kadar bir motor gücü gerektiği ve gücü sağlamak için ne kadar yakıt tüketimi olacağı Çizelge 4'de verilmiştir.

*Çizelge 4 Farklı DP tiplerine göre 2500 ft (360 ft DC+2140 ft DP) sondaj için gerekli motor gücü ve yakıt tüketiminin hesabı*

| DP tipi       | Birim Ağırlık, lb/ft | Takım ağırlığı lb | Motor gücü HP | Yakıt Tüketimi lt/saat | Yakıt tüketimindeki % değişim |
|---------------|----------------------|-------------------|---------------|------------------------|-------------------------------|
| 2 7/8"-2,441" | 6,85                 | 39103             | 154           | 11,2                   | 87,3                          |
| 2 7/8"-2,151  | 10,40                | 46700             | 184           | 13,4                   | 104,3                         |
| 3 ½"-2,992"   | 9,50                 | 44774             | 176           | 12,9                   | 100                           |
| 3 ½"-2,764"   | 13,30                | 52906             | 208           | 15,2                   | 118,2                         |
| 3 ½"-2,602"   | 15,50                | 57614             | 226           | 16,6                   | 128,7                         |
| 4"-3,476"     | 11,85                | 49803             | 196           | 14,3                   | 111,2                         |
| 4 ½"-3,958"   | 13,75                | 53869             | 212           | 15,5                   | 120,3                         |

Not: Bu hesaplamalar F-2500 sondaj makinesinin teknik özelliklerine göre yapılmamıştır.

Örnek 1'de seçtiğimiz DP nin (3 ½"-2,992") yakıt tüketimini 100 olarak kabul edersek, aynı dış çapa sahip (3 ½") diğer DP'lerle sondaj yapılması durumunda harcanan yakıt tüketimi %28,7'a kadar artmaktadır. Çizelge 4'ten görüleceği üzere yakıt tüketimi yönünden de 3 ½" dış çapında, 2,992" iç çapında ve 9,50 lb/ft birim ağırlıkta DP'ler seçilmesi daha uygun gözükmemektedir. Neticede 2500 ft için uygun olan bir tijden daha ağır bir tij kullanıldığında; makine delme kapasitesi düşer ve yakıt tüketimi artar. Ayrıca bu olumsuzlukların yanında uygun tijler kullanılmadığında; çelik halatta aşırı aşınma, drawworks frenlerinde ısınma, güç ünitelerinde ve döner masa aktarma organlarında sık sık arıza gibi problemler artar ve sondaj maliyeti olumsuz olarak etkilenir.

### 3.2 F-2500 Makinesinin Pompa Gücüne Göre DP Seçimi

F-2500 sondaj makinelerinde FY-FXX güverte çamur pompaları kullanılmaktadır. Dar çaplı kömür sondajlarına uygun dizayn edilen bu pompanın özellikleri Çizelge 5 de verilmiştir.

Çizelge 5. FY-FXX pompanın normal çalışma değerleri

| Gömlek Çapı | Debi (GPM) | Debi (%80, GPM) | Mak. Basınç (psi) | Pompa giriş gücü (HP) | Strok Sayısı |
|-------------|------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------|
| 7 ½"        | 378        | 302             | 182               | 47,2                  | 63           |
| 7"          | 328        | 262             | 209               |                       |              |
| 6 ½"        | 282        | 226             | 242               |                       |              |
| 6"          | 239        | 191             | 284               |                       |              |
| 5 ½"        | 200        | 160             | 338               |                       |              |
| 5"          | 164        | 131             | 409               |                       |              |

Sondaj çamurunun (akışkanının) bingham plastik modele göre davranış gösterdiğini kabul edersek hidrolik gücün (takım dizisi ve kuyu içindeki basınç kayıpları, pompa ve motor gücü) hesaplanması için gerekli formüller aşağıda verilmiştir.

| 1. Yüzey donanımlarındaki basınç kaybı |                                                                                                                           |    |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|                                        | $P_i = E * \rho^{0,8} * Q^{1,8} * PV^{0,2}$                                                                               | 7  |
| 2. Boru İçi Basınç Kayıplarının Hesabı |                                                                                                                           |    |
| DP boru içi sıvı akış hızı             | $Vdp_{id} = \frac{Q}{2,448 * Dp_{id}^2}$                                                                                  | 8  |
| DC boru içi sıvı akış hızı             | $Vdc_{id} = \frac{Q}{2,448 * Dc_{id}^2}$                                                                                  | 9  |
|                                        | Laminer ve Türbilans akışta kritik hız                                                                                    |    |
| DP boru içi kritik hız                 | $Vcdp_{id} = \frac{1,08 * PV + PV * \sqrt{PV^2 + 12,34 * Dp_{id}^2 * \rho * YP}}{\rho * Dp_{id}}$                         | 10 |
| DC boru içi kritik hız                 | $Vcdc_{id} = \frac{1,08 * PV * +PV * \sqrt{PV^2 + 12,34 * Dc_{id}^2 * \rho * YP}}{\rho * Dc_{id}}$                        | 11 |
|                                        | $Vdp_{id} < Vcdp_{id}$ veya $Vdp_{id} < Vcdc_{id}$ ise laminer akıştır. Bu durumda kullanılacak basınç kaybı formülleri   |    |
| DP boru içi basınç kaybı               | $Pdp_{id} = \frac{PV * Ldp * Vdp_{id} + YP * Ldp}{1500 * Dp_{id}^2} + \frac{YP * Ldc}{225 * Dp_{id}}$                     | 12 |
| DC boru içi basınç kaybı               | $Pdc_{id} = \frac{PV * Ldc * Vdc_{id} + YP * Ldc}{1500 * Dc_{id}^2} + \frac{YP * Ldp}{225 * Dc_{id}}$                     | 13 |
|                                        | $Vdp_{id} > Vcdp_{id}$ veya $Vdp_{id} > Vcdc_{id}$ ise türbilans akıştır. Bu durumda kullanılacak basınç kaybı formülleri |    |
| DP boru içi basınç kaybı               | $Pdp_{id} = \frac{\rho^{0,75} * Vdp_{id}^{1,75} * PV^{0,25} * Ldp}{1800 * Dp_{id}^{1,25}}$                                | 14 |
| DC boru içi basınç kaybı               | $Pdc_{id} = \frac{\rho^{0,75} * Vdc_{id}^{1,75} * PV^{0,25} * Ldc}{1800 * Dc_{id}^{1,25}}$                                | 15 |



| 3. Anülüs basınç kayıplarının hesabı                                                                                                                                                           |                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| DP-muhafaza borusu arası akış hızı                                                                                                                                                             | $Vdp_{mb} = \frac{Q}{2,448 * (Dmb_h^2 - Dp_{od}^2)}$                                                                   | 16 |
| DP-kuyu arası akış hızı                                                                                                                                                                        | $Vdp_a = \frac{Q}{2,448 * (Dh^2 - Dp_{od}^2)}$                                                                         | 17 |
| DC-kuyu arası sıvı akış hızı                                                                                                                                                                   | $Vdc_a = \frac{Q}{2,448 * (Dh^2 - Dc_{od}^2)}$                                                                         | 18 |
| Laminer ve Türbilans akışta kritik hız                                                                                                                                                         |                                                                                                                        |    |
| DP-Muhafaza borusu arası kritik hız                                                                                                                                                            | $Vcdp_{mb} = \frac{1,08 * PV + 1,08 * \sqrt{PV^2 + 9,26 * (Dmb_h - Dp_{od})^2 * \rho * YP}}{\rho * (Dmb_h - Dp_{od})}$ | 19 |
| DP- kuyu arası kritik hız                                                                                                                                                                      | $Vcdp_a = \frac{1,08 * PV + 1,08 * \sqrt{PV^2 + 9,26 * (Dh - Dp_{od})^2 * \rho * YP}}{\rho * (Dh - Dp_{od})}$          | 20 |
| DC- kuyu arası içi kritik hız                                                                                                                                                                  | $Vcdc_a = \frac{1,08 * PV + 1,08 * \sqrt{PV^2 + 9,26 * (Dh - Dc_{od})^2 * \rho * YP}}{\rho * (Dh - Dc_{od})}$          | 21 |
| Vdp <sub>mb</sub> < Vcdp <sub>mb</sub> veya Vdp <sub>a</sub> < Vcdp <sub>a</sub> Vdc <sub>a</sub> < Vcdc <sub>a</sub> ise laminer akıştır. Bu durumda kullanılacak basınç kaybı formülleri     |                                                                                                                        |    |
| DP- Muhafaza borusu arası basınç kaybı                                                                                                                                                         | $Pdp_{mb} = \frac{PV * Lmb * Vdp_{mb}}{1000 * (Dmb_h - Dp_{od})^2} + \frac{YP * Lmb}{200 * (Dmb_h - Dp_{od})}$         | 22 |
| DP- kuyu arası basınç kaybı                                                                                                                                                                    | $Pdp_a = \frac{PV * (Ldp - Lmb) * Vdp_a}{1000 * (Dh - Dp_{od})^2} + \frac{YP * (Ldp - Lmb)}{200 * (Dh - Dp_{od})}$     | 23 |
| DC- kuyu arası basınç kaybı                                                                                                                                                                    | $Pdc_a = \frac{PV * Ldc * Vdc_a}{1000 * (Dh - Dc_{od})^2} + \frac{YP * Ldc}{200 * (Dh - Dc_{od})}$                     | 24 |
| Vdp <sub>mb</sub> > Vcdp <sub>mb</sub> , Vdp <sub>a</sub> > Vcdp <sub>a</sub> veya Vdp <sub>a</sub> > Vcdp <sub>a</sub> ise türbülans akıştır. Bu durumda kullanılacak basınç kaybı formülleri |                                                                                                                        |    |
| DP-Muhafaza borusu arası basınç kaybı                                                                                                                                                          | $Pdp_{mb} = \frac{\rho^{0,75} * Vdp_{mb}^{1,75} * PV^{0,25} * Lmb}{1396 * (Dmb_h - Dp_{od})^{1,25}}$                   | 25 |
| DP- kuyu arası basınç kaybı                                                                                                                                                                    | $Pdp_a = \frac{\rho^{0,75} * Vdp_a^{1,75} * PV^{0,25} * (Ldp - Lmb)}{1396 * (Dh - Dp_{od})^{1,25}}$                    | 26 |
| DC- kuyu arası basınç kaybı                                                                                                                                                                    | $Pdc_a = \frac{\rho^{0,75} * Vdc_a^{1,75} * PV^{0,25} * Ldc}{1396 * (Dh - Dc_{od})^{1,25}}$                            | 27 |
| 4. Matkapta oluşan basınç kayıpları                                                                                                                                                            |                                                                                                                        |    |
|                                                                                                                                                                                                | $P_m = \frac{\rho * Q^2}{10858 * (\pi * d_b)^2}$                                                                       | 28 |
| Toplam basınç Kaybı                                                                                                                                                                            | $Pt = P_i + Pdp_{id} + Pdc_{id} + Pdm_b + Pdp_a + Pdc_a + P_m$                                                         | 29 |
| 5. Hidrolik ve Pompa Güç Ünitesinin hesabı                                                                                                                                                     |                                                                                                                        |    |
| Pompa hidrolik gücü                                                                                                                                                                            | $Hhp = \frac{Q \text{ (gal/dak)} * Pt \text{ (psi)}}{1713,6}$                                                          | 30 |
| Pompa mekanik gücü                                                                                                                                                                             | $Mhp = \frac{Hhp}{\text{Mekanik verim}}$                                                                               | 31 |
| Pompa motor gücü                                                                                                                                                                               | $HPm = \frac{Mhp}{\text{Mekanik verim}}$                                                                               | 32 |

|                    |                                             |
|--------------------|---------------------------------------------|
| Vdp <sub>id</sub>  | DP içi sondaj sıvısı akış hızı (ft/sn)      |
| Vdc <sub>id</sub>  | DC içi sondaj sıvısı akış hızı (ft/sn)      |
| Q                  | Pompa debisi (gal/dak)                      |
| Dp <sub>id</sub>   | DP iç çapı (inç)                            |
| Dc <sub>id</sub>   | DC iç çapı (inç)                            |
| Vcdp <sub>id</sub> | DP içi kritik hız (ft/sn)                   |
| Vcdc <sub>id</sub> | DC içi kritik hız (ft/sn)                   |
| ρ                  | Çamur yoğunluğu (lb/gal)                    |
| PV                 | Plastik viskozite (cp)                      |
| YP                 | Akma noktası (lb/100ft <sup>2</sup> )       |
| Pdp <sub>id</sub>  | DP içerisindeki basınç kaybı (psi)          |
| Pdc <sub>id</sub>  | DC içerisindeki basınç kaybı (psi)          |
| Ldp                | DP uzunluğu (ft)                            |
| Ldc                | DC uzunluğu (ft)                            |
| Vdp <sub>a</sub>   | DP-Kuyu arası akış hızı (ft/sn)             |
| Vdp <sub>c</sub>   | DP-Muhafaza borusu arası akış hızı (ft/sn)  |
| Vdc <sub>a</sub>   | DC-Kuyu arası akış hızı (ft/sn)             |
| Dh                 | Kuyu çapı (inç)                             |
| Dmb <sub>h</sub>   | Muhafaza borusu iç çapı (inç)               |
| Lmb                | Muhafaza borusu uzunluğu (ft)               |
| Dp <sub>od</sub>   | DP dış çapı (inç)                           |
| Dc <sub>od</sub>   | DC dış çapı (inç)                           |
| Vdp <sub>mb</sub>  | DP-Muhafaza borusu arası hız (ft/sn)        |
| Vdp <sub>a</sub>   | DP-Kuyu arası hız (ft/sn)                   |
| Vdc <sub>a</sub>   | DC-Kuyu arası hız (ft/sn)                   |
| Vcdp <sub>c</sub>  | DP-Muhafaza borusu arası kritik hız (ft/sn) |
| Vcdp <sub>a</sub>  | DP-Kuyu arası kritik hız (ft/sn)            |
| Vcdc <sub>a</sub>  | DC-Kuyu arası kritik hız (ft/sn)            |
| Pdp <sub>mb</sub>  | DP-Muhafaza borusu arası basınç kaybı (psi) |
| Pdp <sub>a</sub>   | DP-kuyu arası basınç kaybı (psi)            |
| Pdc <sub>a</sub>   | DC kuyu arası basınç kaybı (psi)            |
| P <sub>i</sub>     | Yüzey ekipmanlarındaki basınç kaybı (psi)   |
| P <sub>m</sub>     | Matkaptaki basınç kaybı (psi)               |
| P <sub>t</sub>     | Toplam Basınç Kaybı (psi)                   |
| Hhp                | Pompa hidrolik gücü                         |
| Mhp                | Pompa mekanik gücü                          |
| HPm                | Pompa motor gücü                            |

Örnek 3. Sondaj makinesinin güvertesinde bulunan FY-FXX pompanın 6 ½” gömleği ile 2500 ft sondaj yaptığımızda pompanın mekanik gücü ve pompaya hareket veren motorun gücü ne olur? 6 ½” gömlekle 200 g/dak. bir debi ile çalıştığımızı farz edelim. Çamur özellikleri; çamur yoğunluğu:10 gal/dak; plastik viskozite (PV):15 cp; yield point: 15 cp. Pompanın mekanik verimi ise %85 dir.

Muhafaza borusu dış çapı 9 5/8” ve iç çapı 9” indirildiği derinlik 984 ft (300 m)’dir  
DP uzunluğu 2140 ft - DC uzunluğu 360 ft.

Çözüm 3 Aşağıda yapılan hesaplamalara göre 2500 ft sondaj yapabilmemiz için FYY-FXX pompanın 6 1/2” çapındaki gömleği ile çalıştığımızda üretilen 200 g/dak’lık bir debinin sondajın verimli olarak tamamlanmasında yeterli olduğu görülmektedir.

| 1. Yüzey donanımlarındaki basınç kaybı                                                                                           |                                                                                                                               |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|                                                                                                                                  | $P_i = 0,000042 * 10^{0,8} * 200^{1,8} * 15^{0,2} = 6,3 \text{ psi}$                                                          | 7  |
| 2. Boru İçi Basınç Kayıplarının Hesabı                                                                                           |                                                                                                                               |    |
| DP boru içi sıvı akış hızı                                                                                                       | $V_{dp_{id}} = \frac{200}{2,448 * 2,992^2} = 9,13 \text{ ft/sn}$                                                              | 8  |
| DC boru içi sıvı akış hızı                                                                                                       | $V_{dc_{id}} = \frac{200}{2,448 * 2,81^2} = 10,35 \text{ ft/sn}$                                                              | 9  |
| Laminer ve Türbilans akışta kritik hız                                                                                           |                                                                                                                               |    |
| DP boru içi kritik hız                                                                                                           | $V_{cdp_{id}} = \frac{1,08 * 15 + 1,08 * \sqrt{15^2 + 12,34 * 21992^2 * 10 * 15}}{10 * 2,992} = 5,21 \text{ ft/sn}$           | 10 |
| DC boru içi kritik hız                                                                                                           | $V_{cdc_{id}} = \frac{1,08 * 15 + 1,08 * \sqrt{15^2 + 12,34 * 2,81^2 * 10 * 15}}{10 * 2,81} = 5,25 \text{ ft/sn}$             | 11 |
| $V_{dp_{id}} > V_{cdp_{id}}$ veya $V_{dp_{id}} > V_{cdc_{id}}$ ise türbilans akıştır. Bu durumda basınç kayıpları                |                                                                                                                               |    |
| DP boru içi basınç kaybı                                                                                                         | $P_{dp_{id}} = \frac{10^{0,75} * 9,13^{1,75} * 15^{0,25} * 2140}{1800 * 2,992^{1,25}} = 160 \text{ psi}$                      | 14 |
| DC boru içi basınç kaybı                                                                                                         | $P_{dc_{id}} = \frac{10^{0,75} * 10,35^{1,75} * 15^{0,25} * 360}{1800 * 2,81^{1,25}} = 36,4 \text{ psi}$                      | 15 |
| 3. Anülüs basınç kayıplarının hesabı                                                                                             |                                                                                                                               |    |
| DP-muhafaza borusu arası akış hızı                                                                                               | $V_{dp_{mb}} = \frac{200}{2,448 * (9^2 - 3,5^2)} = 1,19 \text{ ft/sn}$                                                        | 16 |
| DP-kuyu arası akış hızı                                                                                                          | $V_{dp_a} = \frac{200}{2,448 * (8,5^2 - 3,5^2)} = 1,36 \text{ ft/sn}$                                                         | 17 |
| DC-kuyu arası sıvı akış hızı                                                                                                     | $V_{dc_a} = \frac{200}{2,448 * (8,5^2 - 5,75^2)} = 2,08 \text{ ft/sn}$                                                        | 18 |
| Laminer ve Türbilans akışta kritik hız                                                                                           |                                                                                                                               |    |
| DP-Muhafaza borusu arası kritik hız                                                                                              | $V_{cdp_{mb}} = \frac{1,08 * 15 + 1,08 * \sqrt{15^2 + 9,26 * (9 - 3,5)^2 * 10 * 15}}{10 * (9 - 3,5)} = 4,33 \text{ ft/sn}$    | 19 |
| DP- kuyu arası kritik hız                                                                                                        | $V_{cdp_a} = \frac{1,08 * 15 + 1,08 * \sqrt{15^2 + 9,26 * (8,5 - 3,5)^2 * 10 * 15}}{10 * (8,5 - 3,5)} = 4,36 \text{ ft/sn}$   | 20 |
| DC- kuyu arası içi kritik hız                                                                                                    | $V_{cdc_a} = \frac{1,08 * 15 + 1,08 * \sqrt{PV^2 + 9,26 * (8,5 - 5,75)^2 * 10 * 15}}{10 * (8,5 - 5,75)} = 4,65 \text{ ft/sn}$ | 21 |
| $V_{dp_{mb}} < V_{cdp_{mb}}$ veya $V_{dp_a} < V_{cdp_a}$ $V_{dc_a} < V_{cdc_a}$ ise laminer akıştır. Bu durumda basınç kayıpları |                                                                                                                               |    |

|                                                   |                                                                                                                                    |    |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| DP- Muhafaza borusu arası basınç kaybı            | $P_{dpm} = \frac{15 * 984 * 4,33}{1000 * (9 - 3,5)^2} + \frac{15 * 984}{200 * (9 - 3,5)} = 12,3 \text{ psi}$                       | 22 |
| DP- kuyu arası basınç kaybı                       | $P_{dpa} = \frac{15 * (2140 - 984) * 4,36}{1000 * (8,5 - 3,5)^2} + \frac{15 * (2140 - 984)}{200 * (8,5 - 3,5)} = 18,3 \text{ psi}$ | 23 |
| DC- kuyu arası basınç kaybı                       | $P_{dca} = \frac{15 * 360 * 4,65}{1000 * (9 - 5,75)^2} + \frac{15 * 360}{200 * (9 - 5,75)} = 11,3$                                 | 24 |
| <b>4. Matkapta oluşan basınç kayıpları</b>        |                                                                                                                                    |    |
|                                                   | $P_m = \frac{10 * 200^2}{10858 * (\pi * 9/4)^2} = 0,8 \text{ psi}$                                                                 | 28 |
| Toplam basınç Kaybı                               | $P_t = 6,3 + 160 + 36,4 + 12,3 + 18,3 + 11,3 + 0,8 = 245,4 \text{ psi}$                                                            | 29 |
| <b>5. Hidrolik ve Pompa Güç Ünitesinin hesabı</b> |                                                                                                                                    |    |
| Pompa hidrolik gücü                               | $Hhp = \frac{200 \text{ (gal/dak)} * 245,4 \text{ (psi)}}{1713,6} = 28,7 \text{ HP}$                                               | 30 |
| Pompa mekanik gücü                                | $Mhp = \frac{28,7}{0,85} = 33,7 \text{ HP}$                                                                                        | 31 |
| Pompa motor gücü                                  | $HPm = \frac{Mhp}{\text{Mekanik verim}} = 39,7 \text{ HP}$                                                                         | 32 |
| Yakıt tüketimi                                    | $Q_f = \frac{2545 * 39,7}{19000} = 5,3 \text{ lb/saat} = 2,9 \text{ lt/saat}$                                                      | 6  |

Örnek 4. Farklı DP tiplerine göre 2500 ft sondaj için 200 g/dak'lık bir debi ile;

- Takım dizisi uzunluğu ve debi değişmeden basınç kaybının, motor gücünün ve yakıt tüketiminin değişimini değerlendirin?
- Takım dizisi uzunluğu ve basınç kaybı değişmeden debi ve anülüs hızındaki değişimi değerlendirin?

Çözüm 4 a- Farklı DP tiplerine göre 2500 ft (360 ft DC+2140 ft DP) sondaj için gerekli pompa gücü ve yakıt tüketiminin hesabı aşağıda verilmiştir. Tekrar 3 ½" (OD)\*2,992" (ID) DP'yi baz alarak değerlendirirsek aynı çaptaki DP'lerin ve 2 7/8 inç DP'lerin yakıt tüketim oranlarında büyük bir artışın olduğu, 4"\* 3,476" ve 4 ½"\*3,958" çapındaki DP'lerle sondaj yapıldığında daha az yakıt tüketimi sahip olduğu görülmektedir. Fakat örnek 1'de belirtildiği gibi 4" ve 4 ½" takım dizisi ile F-2500 sondajın kanca kapasitesine göre sırasıyla 2095 ve 1855 ft derinlikte sondaj yapılabilirdiğinden makinenin delme kapasitesini olumsuz etkilemektedir.

|                                                                     | 2 7/8-2,441 | 2 7/8- 2,151 | 3 ½-2,992 | 3 ½"-2,764 | 3 ½"-2,602 | 4-3,476 | 4 ½-3,958 |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|-----------|------------|------------|---------|-----------|
| Takım dizisi uzunluğu ve debi sabit (200 gpm), değişen basınç kaybı |             |              |           |            |            |         |           |
| Toplam basınç kaybı                                                 | 504         | 851          | 246       | 319        | 397        | 168     | 136       |
| Pompa mekanik gücü                                                  | 69,2        | 116,9        | 33,7      | 43,8       | 54,5       | 23,0    | 18,6      |
| Motor gücü                                                          | 81,4        | 137,5        | 39,7      | 51,5       | 64,5       | 27,1    | 21,9      |
| Yakıt tüketimi lt/saat                                              | 6,0         | 10,1         | 2,9       | 3,8        | 4,7        | 2,0     | 1,6       |
| Yakıt tüketimindeki % değişim                                       | 205         | 346          | 100       | 129,8      | 161,5      | 68,2    | 55,3      |

Çözüm 4-b Takım dizisi ve basınç kaybını sabit tuttuğumuzda debi ve anülüs hızındaki değişim aşağıda hesaplanmıştır. Aşağıdaki tabloda görüleceği üzere 3 ½" (OD)\*2,992" (ID) çapındaki DP ye göre değerlendirme yapıldığında 2 7/8" DP' ler kullanıldığında anülüs hızının yarıya kadar düşmesi ilerleme hızında düşmeye ve matkapta aşınmaya neden olmaktadır.

|                                                                                    | 2 7/8-2,441 | 2 7/8- 2,151 | 3 ½-2,992 | 3 ½"-2,764 | 3 ½"-2,602 | 4-3,476 | 4 ½-3,958 |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|-----------|------------|------------|---------|-----------|
| Takım dizisi uzunluğu ve basınç kaybı sabit (246 psi), değişen debi ve anülüs hızı |             |              |           |            |            |         |           |
| Debi                                                                               | 127         | 92           | 200       | 168        | 146        | 265     | 317       |
| DP-Kuyu arası<br>anülüs hızı, ft/dak                                               | 48,3        | 35           | 81,7      | 68,6       | 59,6       | 115,5   | 149,4     |
| Anülüs hızında %<br>değişim                                                        | 59,1        | 42,8         | 100       | 84         | 73         | 141,3   | 182,9     |

Genel olarak değerlendirildiğinde 3 ½" (OD)\*2,992" (ID) çapındaki ve 9,50 lb/ft birim ağırlığındaki DP'ler, F-2500 sondaj makineleriyle 2500 ft sondaj yapmak için en uygun olanıdır.

#### 4. SONUÇLAR

Bir sondaj için seçilecek takım dizisi sondaj makinesinin kapasitesinin ve sondaj birim maliyetinin belirlenmesinde önemli rol oynar. Gereğinden fazla birim ağırlığa sahip DP'ler makine kapasitesinin düşmesine ve yakıt tüketiminin artmasına sebep olurlar. Gereğinden daha dar iç çapa sahip DP'ler ise pompa verimin düşmesine, yakıt tüketiminin artmasına ve ilerleme hızının düşmesine neden olur.

Jeotermal sondajlarda; 3 ½" (OD)\*2,992" (ID) çapında ve 9,50 lb/ft birim ağırlığında olan DP'ler F-2500 makineler için en uygun seçimdir.

#### 5. KAYNAK

API 7G (1998) Recommended Practice for Drill Stem Design and Operating Limits, Sixteenth Edition, August 1998.

## **İSTANBUL BOĞAZIÇI (SP-7) TÜNELİNDE KLAVUZ DELGİ KONTROLLÜ KAZI YÖNTEMİ**

**<sup>1</sup>Aydın BAKIR, <sup>1</sup>İsmail ERİŞ, <sup>2</sup>Serkan DAĞLIOĞLU**

<sup>1</sup>Moskovskiy Metrostroy Açık A.Ş.

<sup>2</sup>DSİ XIV. Bölge Müdürlüğü

aydinbakir75@gmail.com

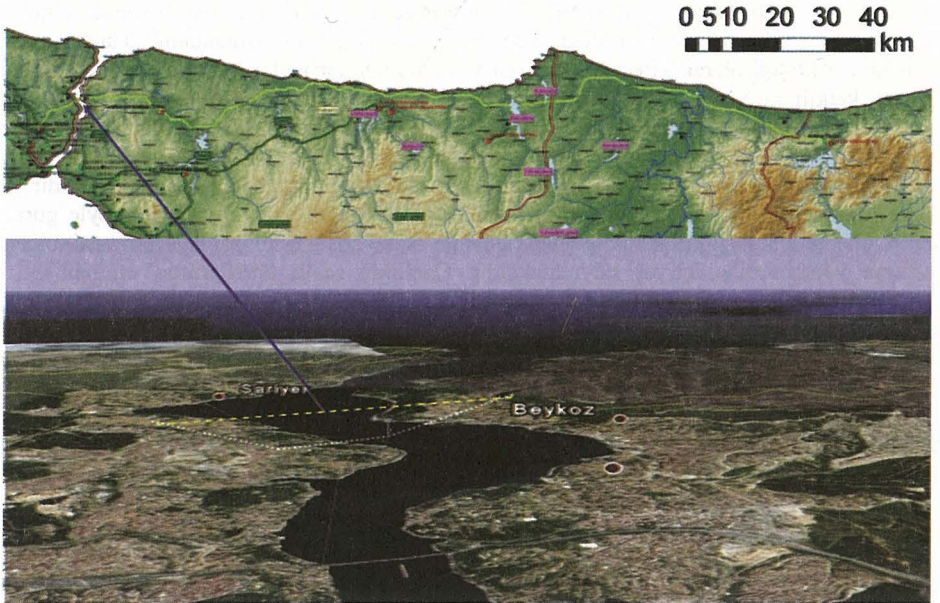
### **ÖZET**

Bu çalışma; **İstanbul İçmesuyu II. Merhale Projesi Melen Sistemi**'nin İstanbul Boğazı geçişini oluşturan **İstinye-Beykoz** arasındaki '**SP-7 nolu Boğaziçi Tüneli**'nin kazısı sırasında açılmış olan ön araştırma (Kılavuz) dalgilerden elde edilen bulguları kapsamaktadır. Tünel güzergâhı boyunca ana litoloji olarak kireçtaşı, kumtaşı ve çamurtaşı tabakaları ile temsil edilen **Kartal** ve şeyl ara katlı kireçtaşı, resifal kireçtaşı katmanlarından oluşmuş **Dolayoba** formasyonu yer almaktadır. Bu birimler, faylı, kıvrımlı ve diyabaz daykları ile kesilmiş durumdadır. Boğaz altında tünel örtü kalınlığının en az olduğu kritik kesimde, tünel kotu üzerinde yaklaşık 30 metre kalınlığında alüvyon, bunun altında ise yaklaşık 35 metre kalınlığında kaya bulunmaktadır. Tünel Delme Makineleri (TDM) ile açılan tünellerde kazı sırasında, kazı aynasını tümüyle görme ve sürekli izleme olanağı bulunmadığından, güvenli kazı koşullarını sağlayacak yeni ölçme ve araştırma yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle sualtı tünellerinde, en tehlikeli olan durum **ani su geliri**dir. Bu tür bölgelerde zayıf zemin koşulları veya fay ve ezilme zonları yoğun olarak izleniyor ise tehlikenin boyutları daha da artmaktadır. İstanbul boğazı gibi (deniz, göl, akarsu) su altı geçişlerinde Tünel Delme Makinelerinin (TDM) kullanılması zaman, maliyet ve güvenlik açısından tercih edilmektedir. Makinanın kesici kafası önünde tünel eksenine paralel açılan dalgiler ile kazı aynası önündeki yaklaşık 40m. lik zonda su geliri ve zemin koşulları belirlenebilmekte, kaya sertliği ile fay ve ezilme zonlarına ilişkin detaylı bilgiler elde edilmektedir. Yatay dalgiler karotsuz olarak açılmaktadır. Gerekirse karot da alınabilmektedir. Delme sırasında uygulanan uç baskı ve dönme kuvveti (tork) ile ilerleme hızı, su basınç değişimleri birer santimetre ara ile kayıt edilmektedir. Kayıt edilen bu verilerin değerlendirilmesi ile tünel düzeyi mühendislik jeolojisi modeli ve TDM kazı performansı belirlenebilmektedir.

## 1. GİRİŞ

Melen Projesi, 38,5 metreküp/saniye ile İstanbul şehrinin su ihtiyacının yaklaşık % 50'sini karşılayacaktır. Projenin en önemli kesimi ise boğaz geçişini oluşturan, '**SP-7 Boğaziçi Tüneli**'dir.

**SP-7 Boğaziçi Tüneli;** İstanbul'un Avrupa yakasında İstinye Dereiçi şantiyesinde Tünel Delme Makinesinin (TDM) kazıya başlayacağı noktaya ulaşmak için 7,5m çapında ve 220 m uzunluğunda konvansiyonel metotla açılmış yaklaşım tüneli ile başlamıştır. Bu noktadan Anadolu Yakası Beykoz Şaftı'na ulaşmak üzere 6,15m kazı çapında, %7,4 eğimli 2005m tünel kazılmıştır. Bu metreden sonra, 600m yarıçaplı kurb ve %0,14 eğimli 1140m tünel kazısına devam edilmiş, 143m derinliğindeki Beykoz Şaftı'na ulaşılmıştır (Şekil 1.). Tünelin kazıldığı ortam; kireçtaşı, çamurtaşı, şeyl ve bunları kesen diyabaz dayklarından oluşmuştur. Kazı çalışmaları, ortalama 40m uzunluğunda, yatay araştırma delgilerine göre sürdürülmüştür. Bu delgilerden elde edilen verilere göre ortam koşulları ve su geliri belirlenmiş, gerekli yerlerde çimento ve kimyasal enjeksiyonlar yapılmıştır. Fay zonlarından ve çatlaklı diyabaz dayklarından yer yer 120 l/dak yı aşan tuzlu su gelişi olmuştur. Tünel kazısı, kazasız ve olaysız bir şekilde, zamanında tamamlanmıştır.

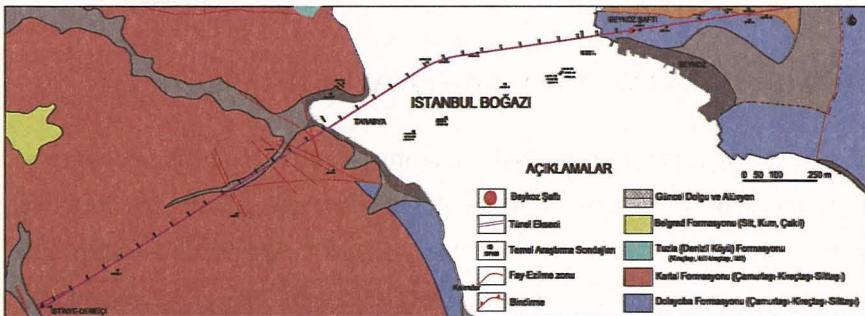


Şekil 1. Melen Sistemi ve Boğaz Geçiş Tüneli yer bulduru haritası

## 2. TÜNEL GÜZERGAHI JEOLojİSİ

İstinye-Beykoz arasında, İstanbul Boğazının her iki yakası ile Boğazın altında, anakaya olarak Paleozoyik yaşlı birimler yer almaktadır. Bunlar; mavimsi gri, siyahımsı gri renkli farklı tabaka kalınlıklı ve farklı fasiyeslerdeki kireçtaşlarından oluşan Dolayoba Formasyonu ile bunun üzerinde gri, açık kahve renkli silttaş-kumtaşı ara düzeyli, lamine çamurtaşları (Şeyl), grimsi siyah renkli bol fosilli karbonatlı-lamine çamurtaşlarından (karbonatlı şeyl) oluşan Kartal Formasyonu'dur. Bu kaya birimleri, içersinde bir kaç santimetreden onlarca metreyi aşan kalınlıkta ve farklı özellikte, çok sayıda volkanik kökenli diyabaz dayk ve silleri ile kesilmiş durumdadır. Bu birimler boğaz altında gevşek çökeller ile örtülüdür.

Dolayoba ve Kartal Formasyonlarını kesen volkanik kayaların yüzeydeki çıkmaları genelde ileri derecede ayrılmıştır. Çeşit olarak; ince dokulu sarımsı kahverengi damarların yanında, yeşilimsi gri renkli, porfirik dokulu ayrışmamış, sert ve sağlam diyabaz ve iri plajiyoklas kristalli andezit daykları da görülür. Damar kayaları çoğunlukla, egemen eklem takımlarına koşut gelişmiştir. Bunun yanında sil şeklinde olanlar, tansiyon faylarına yerleşmiş olanlar da yaygındır. Taze olanları yüksek dayanımlı, sert, çok sert, aşındırıcı özelliği yüksek kaya niteliğindedir. Belirgin üç süreksizlik takımı içerir. Süreksizlikler sık, devamlı ve kil-FeO-kuvars, kalsit dolguludur. Bu dayklardan biri İstanbul metrosu Şişli-Levent arasında Şişli mezarlığı altında yaklaşık 120 metre olarak kesilmiştir. Boğaziçi tüneline ise; geçilen en kalın diyabaz dayk 70 metredir. Damar kayalarının Üst Kretase yaşlı volkanizma ürünü olduğu düşünülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. 'SP-7 Boğaziçi Tüneli güzergah jeolojisi



## 2.1. Birimlerin Mühendislik Özellikleri

Tünel güzergahı boyunca yer alan Dolayoba ve Kartal Formasyonları ile Diyabaz Dayklarının, bölgede daha önce yapılmış olan araştırmalardan, Büyük Melen Projesi temel araştırma amaçlı sondaj ve deneysel çalışmalarından elde edilen Dayanım ve Deformasyon Özellikleri aşağıda verilmiştir.

### 2.1.1. Dolayoba Formasyonu Dayanım ve Deformasyon Özellikleri

Tünelin boğaz altında kalan kesiminde Dolayoba formasyonun mikritik kireçtaşları ile resifal kireçtaşları geçilmiştir. Mikritik kireçtaşlarının ortalama **Basınç Direnci ( $\sigma_u$ ) 65MPa; Kohezyonu (c) 7,3 MPa; İçsel sürtünme Açısı ( $\Phi$ ) 63°; Elastisite Modülü ( $E_s$ ) 15,3 GPa; Poisson Sayısı ( $\nu$ ) 0,28** olarak belirlenmiştir. Resifal kireçtaşlarının ortalama **Basınç Direnci ( $\sigma_u$ ) 61MPa; Kohezyonu (c) 10,5 MPa; İçsel Sürtünme Açısı ( $\Phi$ ) 61°; Elastisite Modülü ( $E_s$ ) 14 GPa; Poisson Sayısı ( $\nu$ ) 0,25** dir.

### 2.1.2. Kartal Formasyonu Dayanım ve Deformasyon Özellikleri

Karbonatlı şeyl ve çamurtaşlarından oluşmuş Kartal formasyonunun ortalama Basınç Direnci ( $\sigma_u$ ) 32MPa; Kohezyonu (c) 4,5MPa; İçsel Sürtünme Açısı ( $\Phi$ ) 56°; Elastisite Modülü ( $E_s$ ) 5,3GPa; Poisson Sayısı ( $\nu$ ) 0,32 dir.

### 2.1.3. Diyabaz Daykların Dayanım ve Deformasyon Özellikleri

Daha önce yapılmış olan çalışmalarda elde edilen verilere göre, diyabaz dayklarının ortalama Basınç Direnci ( $\sigma_u$ ) 46 MPa; Kohezyonu (c) 5,7 MPa; İçsel Sürtünme Açısı ( $\Phi$ ) 52°; Elastisite Modülü ( $E_s$ ) 4,6 GPa; Poisson Sayısı ( $\nu$ ) 0,36 dir.

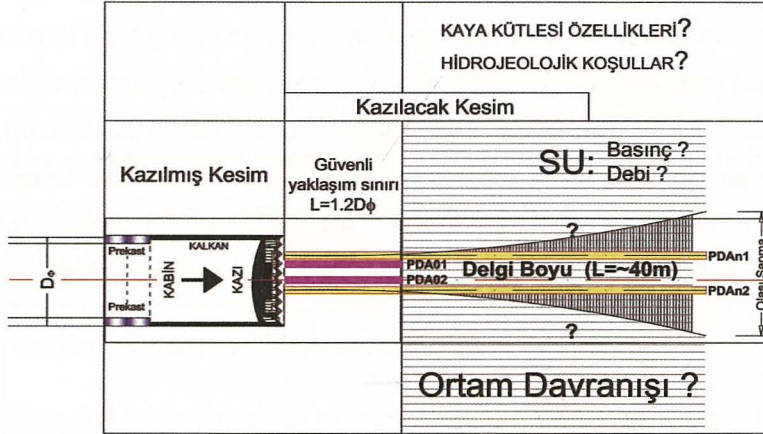
## 3. KAZI AYNASI ÖNÜ ARAŞTIRMALARI (KILAVUZ DELGİLER)

Tünellerde, yüzeysel ve sondaja dayalı yapılan araştırmalar, tünel açımı sırasında karşılaşılması olası problemleri tanımlamaya ve bunların yaklaşık yerlerini belirlemeye yönelik çok önemli bilgiler sunar. Ancak yapılan çalışmaların ayrıntısı ve yoğunluğu zamana ve ekonomik koşullara göre şekillenir. Kazı öncesi elde edilen bulgular ve varılan sonuçlar teknik, ekonomik, morfolojik ve jeolojik nedenlerle mühendislik yaklaşımının gereği olarak sınırlı tutulmaktadır. Çoğunlukla araştırma



Delme işlemine başlamadan önce ve delme işlemi sırasında;

- Sondaj operatörünün adı ve soyadı,
- Kılavuz delgi numarası,
- Deligin konumu, koordinatları ve uzunluğu,
- Kılavuz delgi bitinin tipi ve çapı,
- Kılavuz delgisinin başlangıç ve bitiş saati,
- Delme hızı, tork, baskı, su basıncı değişimlerinin gözlemsel kayıtları tutulmuş,
- Suyun veya gelen çamurun delme işlemi sırasındaki renk değişimleri izlenmiş,
- Delme işlemi sırasında geçilen zonların özellikleri ile ilgili yorumlar yapılmış,
- Olası boşlukların, çatlakların, yumşak veya ezilmiş zonların geçildiği yerler kayıt edilmiştir.
- Delme hızı, yatay baskı, tork ve verilen suyun basınç değişimlerinin derinliğe bağlı dijital kayıtları tutulmuştur.
- Kılavuz delgisi bitiminde gelen su miktarı ve basıncı, pH, EC ve T (sıcaklık) ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 4. Boğaziçi Tünelinde uygulanan kılavuz delgi bindirme zonu ve beklenen sapmalar

### 3. 1. Kılavuz Delgisi Verilerinin Analizi

Delme işlemi sırasında dijital olarak elde edilen delme hızı, baskı, tork, su basıncı değişimleri analiz edilmiş, grafikleri çizilmiştir.

Örnek olarak verilen delme hızı (a), baskı (b), ve tork (c) ve su basıncı (d) değişim grafikleri incelendiğinde, farklı özelliklere sahip üç ayrı kaya ortamının geçildiği açıkça görülmektedir (Şekil 5).

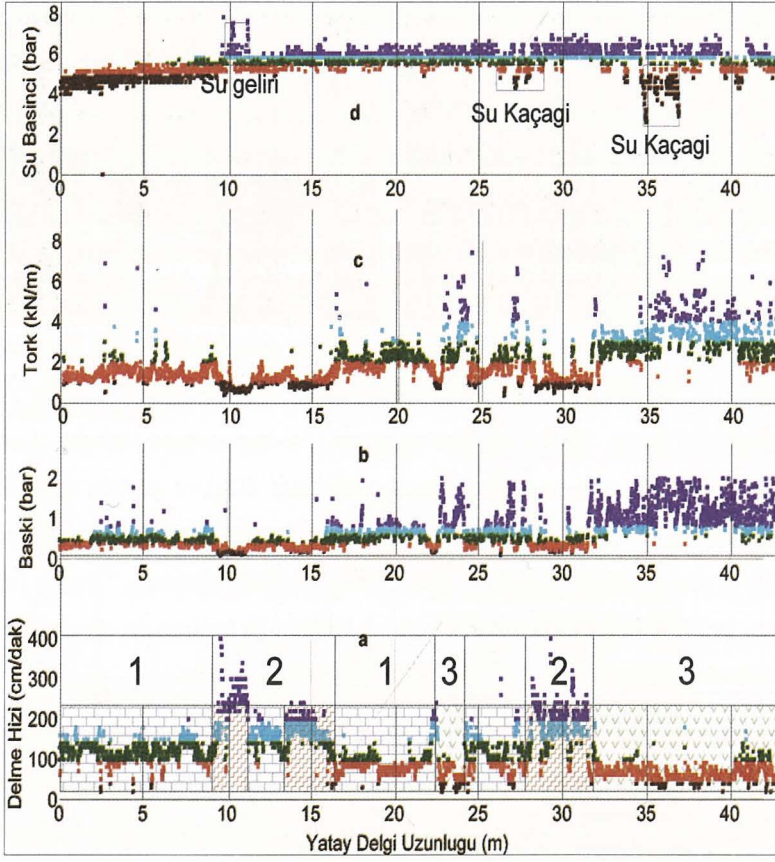


Aynı grafikte üç ayrı noktada verilen suyun basıncında önemli değişikliklerin meydana geldiği, 9-11m. ler arasından sisteme yeraltısuyu katılımının olduğu, 26-28 ve 34-37 m.ler arasında ise su kaçaklarının gerçekleştiği anlaşılmaktadır (Şekil 5’de su basıncı). Kılavuz delgilerinde ayrırtlanan farklı ortamların, hangi kaya türünü temsil ettiğini belirlemek ve su gelirinin beklendiği noktalarda suyun gelip gelmediğini saptamak amacıyla; kazının yapılmadığı zamanlarda, kazı aynası önü belgeleme (Foto,Video çekimleri) çalışmaları, prekast montajı sırasında her 1.2m aralıkla konveyörden çıkan kazı malzemesi denetimleri ve örnek alımı çalışmaları yapılmıştır (Şekil.6). Böylece delgide geçilen farkı ortamların litolojik karşılıkları tanımlanabilmiştir. Bu şekilde tünel kazı aynası önündeki 40m lik zonda, kaya sertliği ilgili bilgiler elde edilmiştir. Ezilmiş ya da ayrılmış kesimler ile yumuşak zemin ve fay zonlarının yerleri ile kazı aynası önünde oluşan göçüklerin ve/veya doğal boşlukların yerleri ve boyutları saptanabilmiştir. Böylece güvenli kazı yada enjeksiyon kararının alınması sağlanmıştır. Tünelde hangi noktalardan yeraltı suyu gelişinin olduğu, gelen suyun yaklaşık miktarı ve suyun basıncı hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir. Tünelin İstanbul Boğazı altında kalan (km:2+550-km:3+500 arasında) yaklaşık 1000m. lik kesiminde, tünele gelen suyun tuzlu olduğu, bu suyun zaman zaman yer altı suyu ile karıştığı belirlenmiştir.

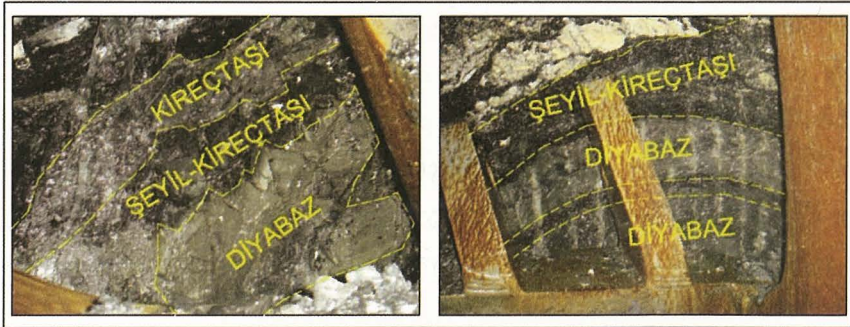
Daha önce yapılan kazılardan ve bir önceki kılavuz delgilerinden elde edilen veriler, mevcut olan jeolojik bilgilerle beraber, değerlendirilerek tünelin ilerisindeki zeminin kalitesi ve su durumunun belirlenmesinde önemli rol oynamıştır. Tüm bulgular değerlendirilerek güvenli kazı yada enjeksiyon kararının alınması sağlanmıştır.

#### 4. KAZI SONRASI MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ MODELİ

Elde edilen tüm verilerin ve bilgilerin değerlendirilmesi ile yapısal modeller oluşturulmuş, bu modellerden hareketle zonların istatistik analizleri yapılarak, perimetrik haritalar üretilmiştir. Ortalama her 40 metre için oluşturulan bu harita parçaları tünel eksenine esas alınarak ait olduğu yere yerleştirilmiştir. Aynı yerde en az iki delginin açılması ile oluşturulan yapısal modeller güvenilir - sağlıklı modeller olmuştur (Şekil 7). Özellikle fay zonlarının ve aşırı su gelirinin olduğu bölgelerde en az üç delgi yapılmış, böylece enjeksiyon yapılacak zonun yeri ve konumu net bir şekilde belirlenebilmiştir (Şekil 8).

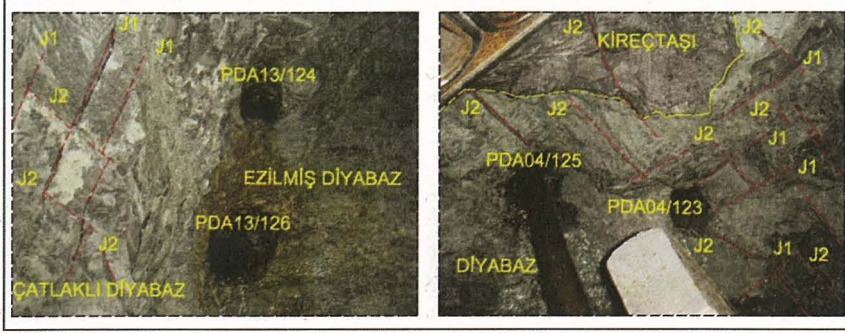


Şekil 5. Boğaziçi Tünelinde PDA-015 nolu delgide gerçekleşen ilerleme hızı (a), baskı (b), tork (c) ve su basıncı (d) değişimi ve farklı kaya ortamların ayırtlanması (1;2;3)

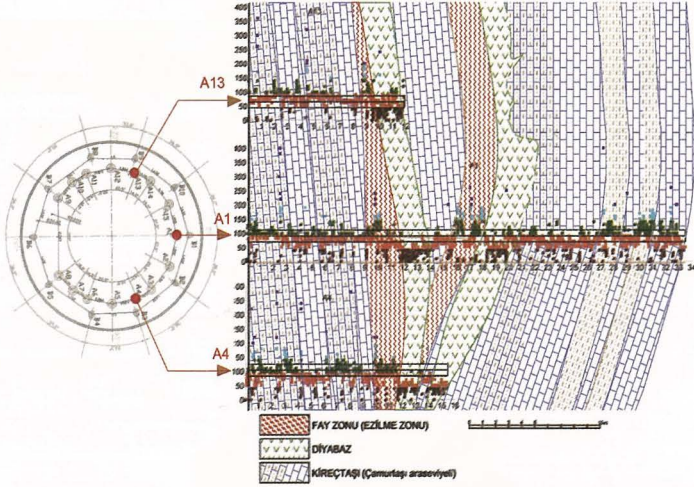


Şekil 6. Tünel kazı aynasında görülen, kalsit damarlı gri siyah renkli kireçtaşı-seyil tabakalarının kıvrımlı yapısı (Dolayoba Formasyonu) ve diyabaz daykı





Şekil 7. Kılavuz delgilerinde gerçekleşen sapmalar ve bir önceki delgi ile bir sonraki delginin bindirme zonundaki konumu



Şekil 8. Kılavuz delgilerinden elde edilen verilere göre enjeksiyon alanının belirlenmesi

Tünel kazı kotundaki mühendislik jeolojisi modelinin oluşturulması aşamasında, bölgede daha önce yapılmış olan araştırmalardan, tünel güzergahı boyunca yapılmış olan temel araştırma amaçlı sondaj ve deneysel çalışmalardan, kazı öncesi hazırlanmış olan tünel jeoteknik boy kesiti verilerinden ve ortalama 40 metre derinliğindeki, yaklaşık tünel çapı kadar bindirmeli, tünel eksenine paralel konumlu ileri araştırma delgilerinden yararlanılmıştır. Özellikle TBM in kesici kafası ile kazı duvarı arasındaki 1,2 metrelik kesimde ortalama her 40 metrede tekrarlanan ayrıntılı belgeleme çalışmalarının (foto, video, ölçümler) çok faydası olmuştur (Şekil 9).

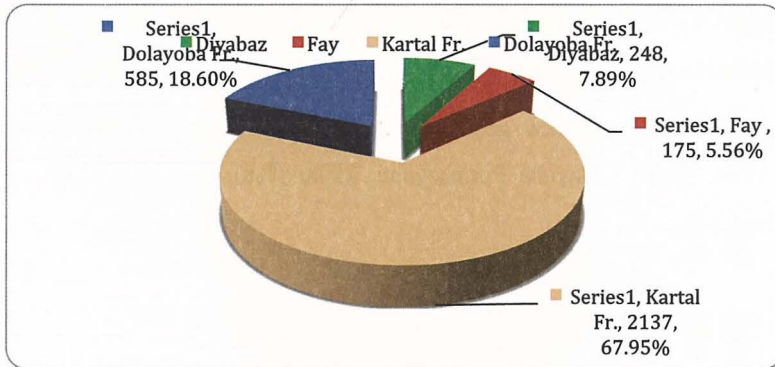
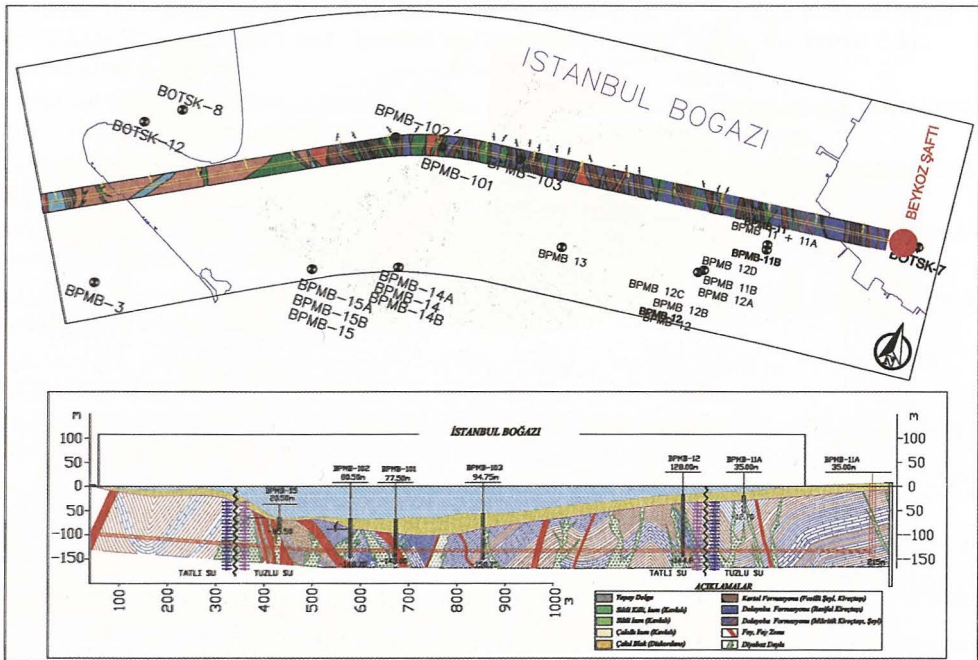


Şekil 9: Tünel kazı odasında yapılan detay çalışmalar. Tünel kazı aynasının bazı kesimlerinde görülen kireçtaşı, diyabaz daykı ve kalsit-kuvars dolgulu sistematik çatlaklar (Tb:Tabaka; Tn: Tabaka normali; J1;J2:Sistematik Çatlaklar)

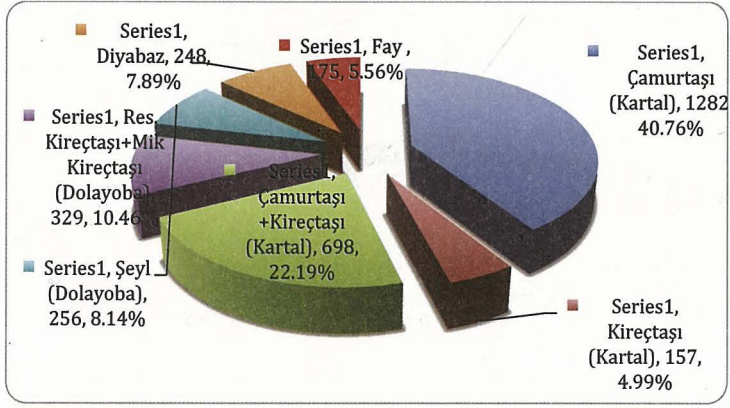
Kılavuz delgiler sırasında aynı anda bir (1) santimetre ara ile otomatik olarak kaydedilen baskı, tork, su basıncı ve gerçekleşen ilerleme hızı kayıtlarından tünel kırmızı kotuna endeksli (x;y;z) veriler elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak farklı özellikteki zonlar için istatistik analizler yapılmıştır. Bu analizler, yukarıda sözü edilen ve kazı aynasında yapılan gözlem ve ölçümlerle karşılaştırılmış, ilerleme hızı, baskı, tork ve su basıncı değişimleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Böylece farklı litolojiler ve fay zonları için ilerleme hızı, baskı ve torkun maksimum; minimum ve ortalama değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmalarda Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yaklaşımı kullanılmıştır (Şekil 10, Şekil 11).

#### 4.1. Tünel Kazısında Geçilen Birimlerin Litolojik Dağılımı

Boğaz Geçişi Tüneli kazısında Dolayoba ile Kartal Formasyonlarına ait litolojiler ile bu formasyonları keserek yerleşmiş olan diyabaz daykları ve fay zonları geçilmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yaklaşımı kullanılarak hazırlanmış olan tünel açılımdaki litolojilerin tünel eksenı boyunca uzunlukları hesaplanarak pay diyagramları çizilmiştir. Buna göre toplam 3145m lik tünel boyunca 2138 m (%68) Kartal Formasyonu, 598m (%19) Dolayoba Formasyonu, 250m (%8) Diyabaz ve yaklaşık 160m (%6) Fay Zonu geçilmiştir (Şekil 12). Tünel boyunca formasyon ayrımı yapılmaksızın geçilen litolojilerin dağılımı (Şekil 13) da görülmektedir.







Şekil 13. Tünel kazısında geçilen birimlerin % dağılımı.

## 5. VARILAN SONUÇLAR

İnceleme alanında, Erken Silüriyen – Devoniyen yaşlı İstanbul Zonuna ait kireçtaşları (Dolayoba formasyonu) ile yer yer kireçtaşı arakatlı şeyller (Kartal formasyonu) bulunmaktadır. Bu formasyonlar yer yer diyabaz dayk ve silleri ile kesilmiş durumdadır. Birimler aşırı kıvrımlı, kırıklı ve faylanmış durumdadır. Formasyonlar arası dokanaklar genelde tektoniktir. Tünel kazısı sırasında pek çok kıvrım, fay, ezilme zonu ve diyabaz daykları ile karşılaşmıştır.

Tünelin İstanbul boğazı altında kalan (km:2+550-km:3+500) arasında yaklaşık 1000m lik kesiminde tünele gelen suyun tuzlu olduğu, gelen suyun yeraltı suyu ile karıştığı debinin 50lt/dak civarında olduğu belirlenmiştir.

Toplam 3145m lik tünel boyunca geçilen litolojilerin % dağılımları: 2138 m (%68) Kartal Formasyonu, 598m (%19) Dolayoba Formasyonu, 250m (%8) Diyabaz ve 160m (%6) fay zonu olarak gerçekleşmiştir.

## 6. Kaynaklar

- Devlet Su İşleri, 2005. Melen Projesi Deniz Geçisi Jeoteknik Veri Raporu,- İstanbul  
 Devlet Su İşleri, 2005. Büyük İstanbul İçme Suyu 2. Merhale Sözleşme Paketi, Melen Müh. ve Müsavirlik O.G., Yayınlanmamış.-İstanbul  
 Devlet Su İşleri, 2006. İçme Suyu Temini Faaliyetleri, <http://www.dsi.gov.tr>  
 Eriş, İ.. 2009. Kadıköy Kartal Metrosu; Pendik Kaynaraca Uzantısı, Jeolojik-Jeoteknik Araştırma Raporu (SIAL - Yayınlanmamış). İstanbul

- Eriş, İ., Bakır, A., Tsalagov, K., Dağlıoğlu, S., 2009. İstanbul Boğaziçi (Sp-7) Tünelinde Kılavuz Delgisi Kontrollü Kazı Yöntemi (poster sunu) - İstanbul'un Yüzey Ve Yüzealtı Jeoloji Verilerinin Etkin Paylaşımı Çalıştayı. İstanbul.
- İMP (İstanbul Metropolitan Planlama), 2007. İstanbul Büyükşehir Alanı Yerbilimleri Araştırmaları Sentez ve Önerileri. 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı. İstanbul
- Oktay, F.Y., ve Sakınç, M., 1993. Geç Kuvaterner'de İstanbul Boğazı'nın oluşumuna neden olan tektonik hareketler. Türkiye Kuvaterneri Çalıştay Bildiri Özleri, 69-72.
- Oktay, F., Eren, R.H., 1994. İstanbul Megapol Alanının Jeolojisi. Basılmamış rapor, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Daire Başkanlığı, Şehir Planlama Müdürlüğü, 32s.
- Özgül, N.(Düzenleyen), Öner, K. vd., 2005. İstanbul İli Temel Jeolojik Özellikleri, İBB Planlama ve İmar Dairesi Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü, İstanbul.
- Öztürk, H., 1998, Beykoz (İstanbul-Türkiye) Civarının Jeolojisi ve İstanbul Boğazının Gelişimine Bir Yaklaşım: Yerbilimleri Derg. İ.Ü., 11,1,1-10.
- Yüzer, E., Eriş, İ., Bakır, A., Aydoğan, S., 2007. İstanbul'un Heyelanları, İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu III, JMO. İstanbul.
- Yüzer, E., Eriş, İ., Bakır, A., Aydoğan, S., Küçükmehtetoğlu, M., 2007. Water Resources Of Metropolitan City Of Istanbul And Their Protection, International Workshop The Importance Of Ecological Belts Surrounding Metropolitan Cities. İstanbul
- Yüzer, E., Eriş, İ., Bakır, A., Aydoğan, S., 2008, Bölgesel Ve Kentsel Planlamada Yerbilimi Çalışmalarının Önemi, Eroskay Uygulamalı Jeoloji Kolokiyumu, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Yüzer, E., Eriş, İ., Bakır, A., 2009, Türk – Kore Ortak Girişimi (TKJV) Kazlıçeşme-Göztepe arası Boğaz altı Tünelli kesim ile Karayolu Güzergâhı ve Dolayında Yapılmış Olan Jeolojik-Jeoteknik Araştırmaların Ön Değerlendirme Raporu (yayınlanmamış), İstanbul

## **YERALTISUYU ÖLÇÜMLERİNİN MÜHENDİSLİK PROJELERİNDE ÖNEM VE ETKİLERİ**

**Niyazi Şennazlı**

Fugro Sial Yerbilimleri Müşavirlik ve Mühendislik Ltd. Şti.  
n.sennazli@fugrosial.com.tr

### **ÖZET**

Mühendislik projelerinde araştırma çalışmalarının önemi tartışılmaz. Bu araştırma çalışmalardan elde edilen veriler ışığında, avan düzeyinden başlayıp detay seviyeye kadar projeler hazırlanmaktadır. Araştırma çalışmalarının önemli bileşenlerinden biri de araştırma sondajlarıdır. Araştırma-saha sondajları, Zemin-Kaya ortam koşulları için jeoloji yapısı-modelini belirlemek, eş zamanlı-yerinde yapılan deneyler ve temsil edici örneklerin laboratuvar deney sonuçları ile bir bütünlük-uyum içinde gerçekleşir. Araştırma sondajlarında en önemli veri tabanından birisi de elbette yer altı suyu potansiyeli ve konumudur. Yerinde ve laboratuvar çalışmaları ile elde edilen her türlü jeomekanik büyüklükler, boyutlandırma ve tasarım aşamasında ancak yeraltısuyu varlığına göre kullanılabilir. Araştırma sondajları ve temsil edici örneklerin deney sonuçları ne kadar önemli ise, yeraltısuyu potansiyel ve konumunun doğru belirlenmesi o kadar önemlidir. Elde edilen bütün diğer jeomekanik büyüklükler ancak yeraltısuyu varlığının doğru belirlenebilmesi ile gerçek durumu yansıtabilir.

### **1. GİRİŞ**

En basit bir bina inşasından en karmaşık bir baraj projesine kadar, bütün mühendislik projelerinin inşasından önce mutlak surette bir araştırma programı yeralmaktadır. Bu araştırma programlarının içerikleri projenin büyüklüğüne-özelliğine göre değişmektedir.

Mühendislik jeolojisi araştırma programları; genel jeoloji-mühendislik jeolojisi haritalama işleri, jeofizik etütler, temel sondajı-zemin araştırma sondajları, yerinde (insitu) arazi deneyleri ve laboratuvar çalışmaları gibi parçalardan oluşmaktadır. Her ne çeşit bir araştırma programı olursa olsun, temel sondajı-zemin araştırma sondajları bu programların en önemli bileşenidir. Araştırma kuyularından elde edilmesi en önemli bir konuda yer altı suyu potansiyeli ve konumudur.

Bu yazı kapsamında, araştırma sondajları çeşitleri ve yer altı suyu durumunun, bir jeoteknik projedeki önemi anlatılmıştır.

## 2. ARAŞTIRMA SONDAJ TEKNİKLERİ, YER ALTI SU ÖLÇÜMLERİ VE TASARIMA ETKİLERİ

Araştırma sondajları darbeli sondaj veya rotary-döner sondaj tekniği ile yapılmaktadır. Darbeli sondaj tekniğinde, boşaltma (kazılan malzemenin kuyu dışına taşınma) işlemi için mekanik temizleyiciler (kova) kullanılsa bile, az bir miktarda da olsa kuyu içerine ilave bir su dökülmektedir. Rotary-döner sondaj tekniğinde ise, boşaltma işlemi için su veya özel kimyasallar gibi sıvı temizleyiciler veya basınçlı hava kullanılmaktadır.

Basınçlı hava sirkülasyonlu sondaj tekniği haricindeki diğer boşaltım sistemleriyle açılan araştırma sondajlarında, kuyu içerisine ilave bir sıvı-su verildiği için kuyuda rastlanabilecek yer altı su durumunu anında anlayabilmek imkansızdır. Ama hava sirkülasyonlu sondaj tekniğinde ve döner burğu (auger) ile açılan kuyularda, yer altı su seviyesine girildiği anda bunu tespit etmek mümkündür. Bir araştırma kuyusu açılması sırasında sabah-akşam yer altı su gözlemleri yapılmaktadır. Fakat su devirdaimli-sirkülasyonlu bir sondajda, yer altı suyu ile kuyuya verilen devirdaim suyu karışmaktadır. Yer altı su ölçümlerinde bu iki suyu birbirinden ayırmamız gereklidir. Ölçümlerde, yapılan yanlışlık, ayrılması gereken iki su beraber ölçülerek olağandan daha yüksek veya olmayan bir yer altı su seviyesi ölçülmektedir.

Halbuki, sondaj delgi çalışması devam ettiği sürece, her akşam bailer kovası, basınçlı hava veya basit bir tulumba (ucunda check-valf bulunan bir boru) sistemi ile sondaj kuyusundaki su boşaltılmalı ölçülerek kayda alınmalı ve ertesi sabah sondaj başlamadan kuyudaki su seviyesi tekrar ölçülmelidir. Bu işlem, sondaj sırasındaki yer altı su seviyesinin kısa dönem ölçümü için gerekli bir uygulamadır. Bu işleme bir uygun bir sondaj logu örneği Şekil 1'de verilmiştir.

Kısa dönem yer altı suyu seviyesi ölçmek yerine uzun dönem yer altı su seviyesini rasat edebilmek için araştırma sondaj kuyuları gözlem kuyusuna çevrilmektedir. Bir rasat kuyusunun nasıl tesis edileceği uluslararası norm ve standartlarda tariflenmiş ve örnek bir tip kesit Şekil 2'de verilmiştir.



Fakat böyle bir rasat kuyusunun tesisinde de sondaj sıvısı-suyu kuyudan temizlenmeden kuyu teçhiz yapılmakta ve sonrasında yine yanlış ya da olmayan yer altı suyu ölçülmektedir.

Yer altı suyunun potansiyeli-konumu;

- tünel iksa-destek sistemi,
- aç&kapa yapıları destek sistemi
- kaya-zemin şev duraylılığı, istinat duvarı hesaplamaları,
- baraj projelerinde permeabilite hesapları,
- sıvılaşma hesaplarında,
- drenaj sistemi tesisi,
- karayolu, demiryolu ve havaalanı projeleri temel zemini tasarımı
- bina temel boyutlandırılması,

hesaplarında, kullanılan her çeşit formülde ve paket program yazılımlarında doğrudan girdi (input) parametresi olarak kullanılmaktadır.

Yanlış olarak tespit edilmiş yer altı su seviyesi:

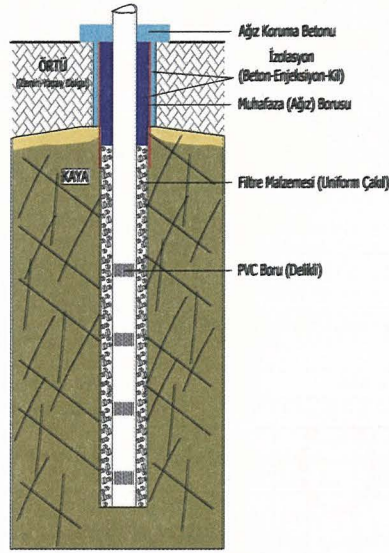
- Konvansiyonel NATM tünellerinde;
  - püskürtme beton kalınlığı, bulon boyu ve sayısını
  - kalıcı tünel kaplama kalınlığını
- TBM (tünel delme makinası) tünellerinde;
  - makine seçimini,
  - precast eleman kalınlığını
- Aç&Kapa yapılarda
  - kazı-destek sistemi tipini, kalınlığını
- Kaya-zemin şev duraylılığı, istinat duvarı hesaplamaları
  - şev açısını
  - istinat duvarı tipi ve kalınlığını
- Baraj projeleri permeabilite hesaplarında
  - enjeksiyon paternlerini
- Sıvılaşma hesaplarında
  - zemin iyileştirme çeşitlerini, sıklığını
- Drenaj sistemi tesisi
  - drenaj sistemi boyutlarını
- Karayolu, Demiryolu ve Havaalanı projelerinde
  - temel zemini tasarımını
  - temel sistemini

- alınacak önlem ve çeşitlerini
- Bina projelerinde
- temel boyutları ve drenaj sistemini

etkilemekte, bu da, proje maliyet ve zamanına tesir etmektedir.

| LOCATION : DREYÜP AKSOY STREET, MC01 A AND MC01 B VIADUCTS |      |                    |      |    |                  |                 |       |       |       | BOREHOLE NO: BH179A                              |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
|------------------------------------------------------------|------|--------------------|------|----|------------------|-----------------|-------|-------|-------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|
| EQUIPMENT : WIRTH II                                       |      |                    |      |    |                  |                 |       |       |       | GROUND LEVEL : 9.37 m. C.D.                      |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| BORING METHOD : ROTARY from 0.00 to 12.00m.                |      |                    |      |    |                  |                 |       |       |       | COORDS. : N : 4 541 059.24 E : 418 447.92        |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| BOREHOLE DIAMETER : from 0.00 to 12.00m - 66mm.            |      |                    |      |    |                  |                 |       |       |       | STARTED ON : 23/10/2004 FINISHED ON : 26/10/2004 |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| SAMPLES AND IN SITU TESTS                                  |      | S.P.T. blows in cm |      |    | Casing Depth (m) | Water Depth (m) | TCR % | RQD % | SCR % | Depth (m)                                        | DESCRIPTION OF STRATA                                                                                                                                                                                                     | C.D. (m) | LEGEND |
| DEPTH (M)                                                  | TYPE | 15                 | 15   | 15 | 23/10/2004       |                 |       |       |       |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
|                                                            |      |                    |      |    | 0.40             |                 |       |       |       |                                                  | CONCRETE.                                                                                                                                                                                                                 | 8.97     |        |
| 1.00-1.20                                                  | B01  |                    |      |    |                  |                 |       |       |       |                                                  | MADE GROUND.                                                                                                                                                                                                              |          |        |
| 2.00                                                       | D1   | 4                  | 5    | 9  | 1.60             | 0.90            |       |       |       |                                                  | Clayey Sand (SC) / Sandy Lean Clay (CL) -                                                                                                                                                                                 |          |        |
| 2.45                                                       |      |                    |      |    | 23/10            | 1.00            |       |       |       |                                                  | With Pieces of Brick.                                                                                                                                                                                                     | 5.62     |        |
| 3.00                                                       | U1   |                    |      |    |                  |                 |       |       |       |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| 3.38                                                       |      |                    |      |    |                  |                 |       |       |       |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| 4.00                                                       | D2   | 9                  | 10   | 14 |                  |                 |       |       |       |                                                  | Sandy Lean CLAY (CL) - 65-61% fines with medium plasticity, medium dry strength, slow dilatancy, low roughness; 35-36% fine to coarse sand; 3-1% fine, hard subrounded gravel, brown to yellowish brown; dry, very stiff. |          |        |
| 4.45                                                       |      |                    |      |    |                  |                 |       |       |       |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| 5.00                                                       | D3   | 10                 | 10   | 16 |                  |                 |       |       |       |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| 5.45                                                       |      |                    |      |    |                  |                 |       |       |       |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| 6.00                                                       | D4   | 11                 | 14   | 22 |                  |                 |       |       |       |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| 6.45                                                       |      |                    |      |    |                  |                 |       |       |       |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| 7.00                                                       | D5   | 45                 | 50/8 | -  | 6.40             | 4.60            |       |       |       |                                                  | Extremely weak, yellowish brown to dark grey, completely weathered MUDSTONE.                                                                                                                                              | 2.37     |        |
| 7.18                                                       |      |                    |      |    | 25.10            | 3.25            |       |       |       |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| 8.00                                                       |      |                    |      |    |                  |                 | 76    | 0     | 0     |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| 8.50                                                       |      |                    |      |    |                  |                 | 72    | 0     | 0     |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| 9.00                                                       |      |                    |      |    |                  |                 | 60    | 0     | 0     |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| 10.00                                                      |      |                    |      |    |                  |                 | 68    | 0     | 0     |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| 10.50                                                      |      |                    |      |    |                  |                 | 78    | 0     | 6     |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| 11.25                                                      |      |                    |      |    |                  |                 | 79    | 0     | 0     |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
| 12.00                                                      |      |                    |      |    | 7.90             | 1.50            | 100   | 0     | 3     |                                                  |                                                                                                                                                                                                                           |          |        |
|                                                            |      |                    |      |    | 26.10            | 3.05            |       |       |       |                                                  | END OF BOREHOLE                                                                                                                                                                                                           | -2.63    |        |

Şekil 1. Kısa dönem yer altı su ölçümüne örnek bir sondaj logu



Şekil 2. Rasat Kuyusu Tip kesiti

Bu kadar önemli bir tasarım girdi değeri olmasına rağmen yer altı su seviyesi ölçümlerine yeteri kadar değer verilmediğini bilmekteyiz. Araştırma sondaj çalışmaları sırasında, gerekli derinliklerden örselenmiş-örselenmemiş numune alımına, kuyu içi deneyleri yapımına gerektiği kadar önem gösterilirken, sondaj kuyusunun açılması sırasında ve sonrasında yer altı su ölçümleri bir o kadar geçleştirilmektedir. Yer altı suyu ölçümlerine önem verilmemesinin sebebi belki saha araştırmasını idare edenlerin bu konuda eğitilmemesi ile açıklanabilir.

Halbuki, tasarım girdi (input) büyüklüğü olan jeomekanik tasarım parametreleri, laboratuvar ve yerinde yapılan (insitu) deney sonuçları ile varlığı doğru belirlenmiş yer altı su potansiyeli ile beraber düşünülmektedir.

### 3. SONUÇ

Bu yazı kapsamında, çok basit bir yer altı su ölçümünün proje maliyet ve zamanını nasıl etkileyebileceği anlatılmaya çalışılmıştır.



## **SONDAJCILIKTA İLERİ TEKNOLOJİLER – PREDATOR™ DELME SİSTEMİ**

**Çetin KARA**

Atlas Copco Makinaları İmalat A.Ş.  
[www.atlascopco.com/predator](http://www.atlascopco.com/predator)

### **ÖZET**

Predator™ delme sistemi Atlas Copco ürün portföyüne yeni katılan ve petrol ve gaz endüstrisine yönelik üretilen yeni nesil bir delme makinasıdır. Bu yenilikçi sistem üç ana bileşenden oluşur : Mobil delici, platform ve boru yönetim sistemi.

### **1. GİRİŞ**

Bu sınıftaki sondaj makinaları genellikle zamanının yarısından azı bir süreyi delme işlemi için harcamaktadır, kalan süre daha çok mobilizasyon, kurulum, boru ekleme / sökme ve diğer işlemlerin tamamlanmasını beklemek ile geçer. Delme dışı zamanı en aza indirmek, delme maliyetini düşürmek, enerji verimliliğini ve emniyeti arttırmak üzere tasarlanmış Predator™ delme sistemi, 200,000 lb (90,719 kg) çekme kapasitesinde dikey, yönlü ve yatay sondajlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır.



El değmeden çalışan otomatik boru ekleme ve sökme sistemi, delme işlemi sırasında kule yanında durması gereken operator müdahalesini ortadan kaldırmaktadır.

Platform Predator™ delme sisteminin ayrılmaz bir parçası olup, platformu kontrol eden hidrolik vinç destekli kaldırma sistemi mobil delicinin kurulma ve delme işlemini yine insan müdahalesini ortadan kaldırarak kolaylaştırmaktadır. Diğer mobil delicilerin aksine, delgi tablası, ana burç, hidrolik kayar elemanlar ve boru tutma sökme çeneleri platformun parçası olup, nakliye sırasında birlikte taşınır. BOP dizisi platform ile birlikte taşınabilir, yüzey muhafaza işlemi bittikten sonra BOP özel bir düzenek yardımıyla yerleştirilebilir. Ana hava ve çamur manifoldlarında platform içine yerleştirilmiş olup, hızlı bir şekilde bağlantı imkanı sağlar.



Hidrostatik sürüş özellikli taşıyıcısı, sürüş kolaylığı ve güç açısından geleneksel bir kamyon veya sondaj makinası düşünülerek tasarlanmış olmasına karşın, 950 HP (708 kW) güçlü tek motorla hem yürüyüş hemde sondaj işlemi için gereken gücü hidrolik bir sistemle elde etme olanağı sunar, bu yolla çekicinin ağırlığı azalır, ikinci bir motor ve aktarma organları olmamasından dolayı bakım ve tamir masrafları düşer.

Boru yönetim sistemi mobil sondaj makinası ve platformla uyumlu çalışacak şekilde dizayn edilmiş yekpare yapıdadır. Range II (30ft – 9m) veya Range III (40ft – 12m) petrol sondaj borularını ve 24 inch çapa kadar muhafaza borularını kullanma olanağı sağlar.



## 2. SİSTEMİN TEMEL AVANTAJLARI VE KULLANICIYA GETİRDİĞİ FAYDALAR

### 1) Delme dışı zamanın en aza indirilmesi :

- Mobilizasyon süresi ve maliyetinin kontrolü
  - Az sayıda hareketli yük – Mobil delici ve iki adet ilave yük
  - Bağımsız olarak çalışan ve deliciyi destekleyen platform
- Delicinin kurulumu ve maliyetini düşürmek
  - Elle yapılan işlerin azaltılması – Hidrolik güçten faydalanılması
  - Bileşenlerin çoğu delici kurulmadan önce delme işlemine hazır halde olması
- Boru ekleme sökme zamanını ve maliyetini düşürmek
  - Range II (9m) ve Range III (12 m) boru ve teçhiz borusu kullanımı – değişim süresinin azaltılması
  - El değmeden çözme ve ekleme ile verimlilikte artış
- Delme işlemi sırasında kayıp zamanı en aza indirmek
  - Yüksek performanslı hidrolik sistem ile hızlı delme işlemi
  - CANbus kontrol sistemiyle Sondör performansının artırılması

## 2) Delme performansının artırılması

- Güç = üretkenlik
  - 708 kW en zorlu sondaj şartlarında gereken gücü sağlar
  - İhtiyaç kadar güç “Power-on-demand” özelliği ile performans iyileştirmesi
- Predator sondörü destekler, yardımcı olur
  - Kuyu ve delici ile ilgili bilgileri sağlar, karar aşamalarında yardımcı olur
  - Bazı temel işlevleri otomasyon ile gerçekleştirir
    - Akışkan sıcaklıklarını kontrol eder
    - Hidrolik fonksiyonlar üzerindeki aşırı basıncı kontrol eder
- Sondör delme işlemine odaklanır

## 3) İşletme maliyetinin düşürülmesi

- Yüksek verimli mekanik ve hidrolik dizayn
  - Geniş makara ve rulman yataklı taşıyıcı kızak sistemi
  - Üstten rotasyon (Top Head) ile düşük yakıt ihtiyacı
  - Geniş hortumlar, kayıpsız valfler ile çalışma performansında artış ve güç tasarrufu
- Takviye sistem “Replenisher” ile 30 kW ‘a kadar tasarruf
  - Kızak silindirlerinin çalışmayan bölümünden aldığı güçle hidrolik soğutma fanlarına güç sağlar

## 4) Emniyetin artırılması

- El değmeden boru sökme ve ekleme
- Ayarlanabilir hidrolik boru çözme ve tork anahtarı
- Geniş çalışma alanı ile sondör ve ekip için iyi bir görüş alanı
- ISO / SAE standartlarında yürüme platformları, merdivenler
- Gelişmiş sondaj kontrol sistemi
- Platform ve boru ekleme sistemi için uzaktan kumanda ile çalışma imkanı
- Vincin kabloşuz olarak kontrolü, operatöre daha iyi bir görüş imkanı sunar
- Kızak silindirlerindeki kilit valfler sayesinde hidrolik sistem veya hortumda meydana gelebilecek problemlerde rotasyon başlığının aşağıya hareket etmesi önlenir.



## THE “U.W.A.” UNDER WATER ANCHORING SYSTEM

**Cesare Melegari**

Tecniwell srl

Via I°Maggio, 61 29027 Podenzano (PC) ITALY  
twcomm@tecniwell.com, info@tecniwell.com

### ABSTRACT

The new frontier for the harbour restoring by means of the “Under Water Anchoring” technology. The worldwide increases in utilization of large ships for transportation has created an urgent need of deepening the seabed within port areas and consequently the rehabilitation of its wharfs. To date, traditional techniques to excavate near and reinforce seawalls have resulted in numerous and, at times, unsolved problems. The “U.W.A.” Under Water Anchoring System was developed to solve some of the above problems. The original idea, and in some ways the simplest, was to install, through the use of the MINIJET® technique, sub-horizontal anchors below sea level. Sub-horizontal anchor installation is the most efficient way to support wall loads and miniJET® because it is the fastest and simplest way to install anchors in difficult conditions. The technique foresees that the underwater anchors are installed by operations directed from the surface using special drilling equipment positioned in the yard behind the wharf. The drilling/injection operation is carried-out at the designed depth and controlled remotely with continuous remote monitoring of the operations and of the injection parameters. With this technique the sub-horizontal anchors are positioned exactly where maximum are the loads applied to the wall of the warves.

### 1. INTRODUCTION

The worldwide increases in utilization of large ships for transportation (minerals, beans, etc) has created an urgent need of deepening the seabed within port areas and consequently the rehabilitation of its wharfs. To date, traditional techniques to excavate near and reinforce seawalls have resulted in numerous and, at times, unsolved problems.

## 2. UNDER WATER ANCHORING SYSTEM

The "U.W.A." Under Water Anchoring System was created to solve some of the above-mentioned problems. The "simple" part was to come out with the idea of installing sub-horizontal anchors below sea level with the utilization of the miniJET® technique. Sub-horizontal anchor installation is the most efficient way to support wall loads and miniJET® because it is the fastest and simplest way to install anchors in difficult conditions. The "complicated" part was to design and produce a drill rig capable of installing the anchors from the top of the wharf.

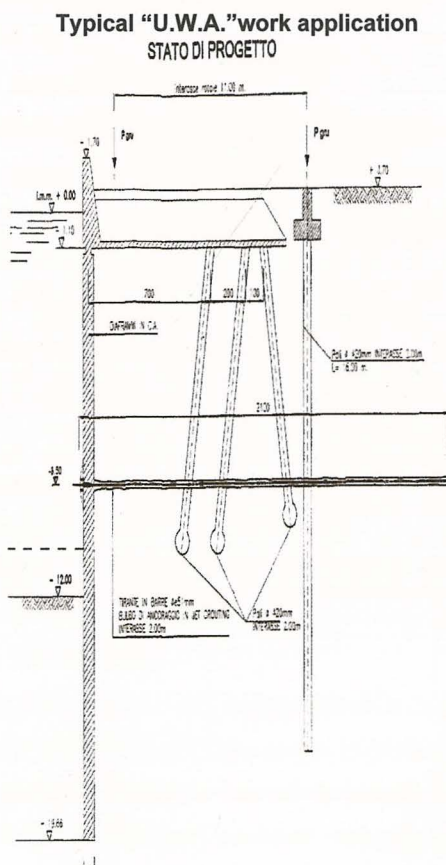


Fig. 1 Typical "UWA" work application

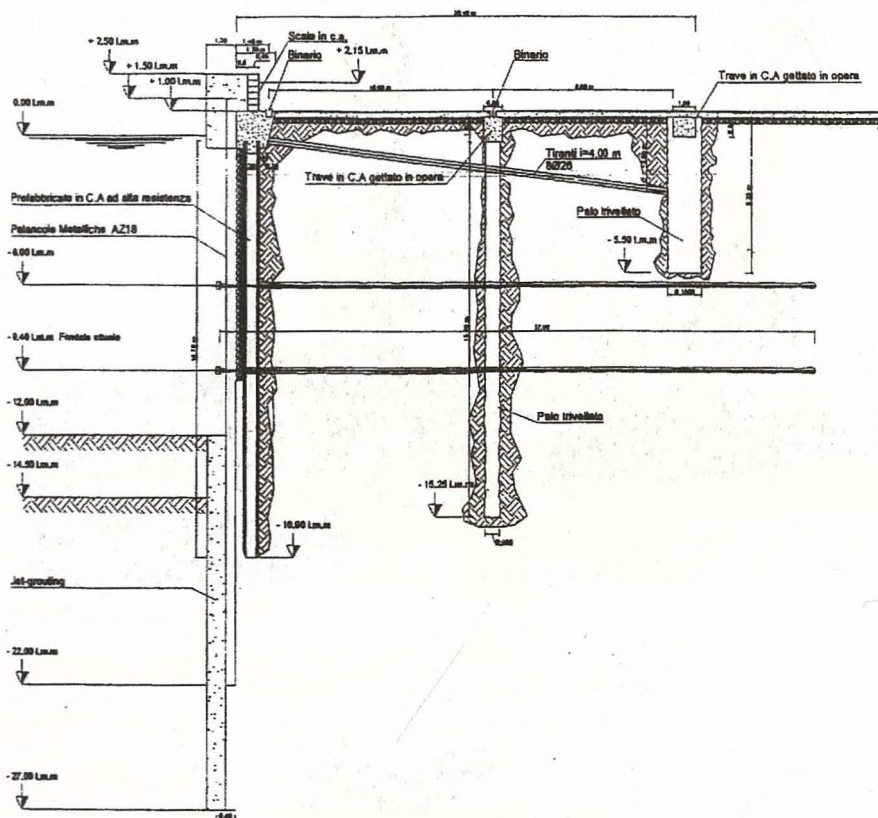


Fig.2. "UNDER WATER ANCHOR" Remote Controlled Drilling Unit



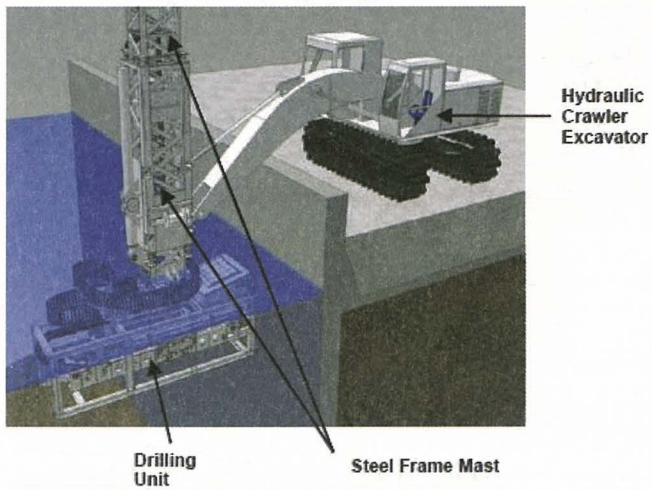


Fig.3. "Under Water Anchor" drilling system

As shown above, the “U.W.A.”drilling system consists of three main parts:

- 1)Hydraulic Crawler Excavator
- 2)Steel Frame Mast
- 3)Drilling Unit

### **60 Ton Hydraulic Crawler Excavator**

Excavator supports the mast/drilling unit and moves the drill rig along the wharf and provides hydraulic power to all drilling operations.

The drill rig has a total of 2 control cabins:

**A)**from the left side cabin, the operator moves and sets up the hydraulic crawler excavator (fig. 2)over the drilling point.

**B)**from the right side cabin, the operator manages (fig: 3a, 3b, 3c)the final positioning and the drilling operations. This control cabin is equipped with several sensors and advanced, computerized drilling instrumentation:

**I.**Two monitors show the images from the 4 (four) cameras installedat strategic points of the Drilling Unit to visually verify the operations of drilling and rod loading.

**II.**The control panel and one “15”TOUCH SCREEN”displays all operations that the machine is performing in real time.



**Left Side Cabin**

**Drilling Unit Control Cabin**



**Control Panel and 15" touch screen monitor**

Thanks to a dedicated software the main computer of the U.W.A. is preset to record all the main parameters related to anchor installation and obtain a specific report for each anchor executed (Fig. 4).

### U.W.A. Job Report

| Codice tirante        | Data Lavoro               | Ora Inizio                  | Ora Fine            | Lunghezza Tirante [m]   | Profondità Tirante [m] |
|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|
| COL160                | 26/05/2011                | 00:08                       | 00:58               | 18                      | n.a.                   |
| Durata Lavoro [hh:mm] | Durata Carotaggio [hh:mm] | Durata Perforazione [hh:mm] | Cemento totale [m3] | Cemento per metro [U/m] | Quota Banchina sim [m] |
| 0:49                  | 0:06                      | 0:24                        | n.a.                | n.a.                    | n.a.                   |

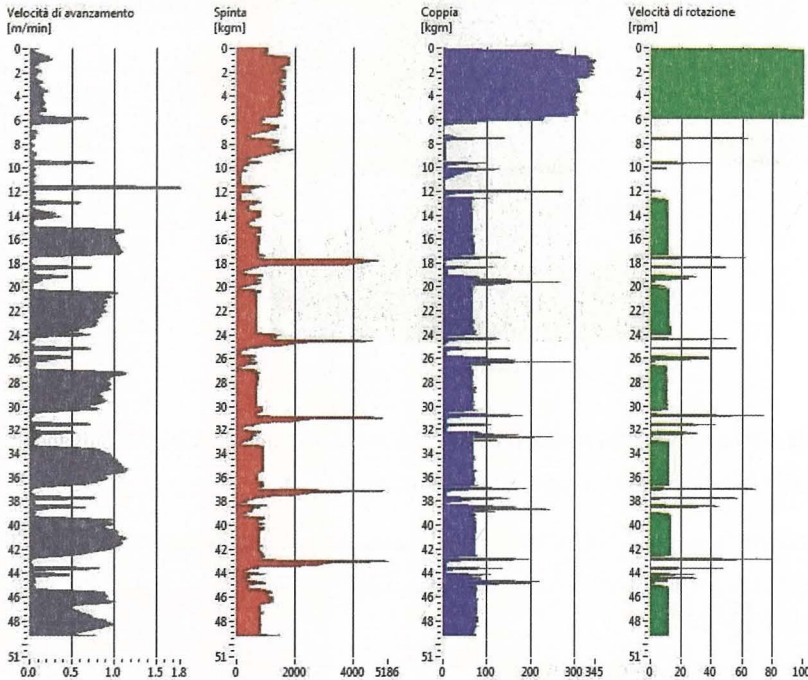
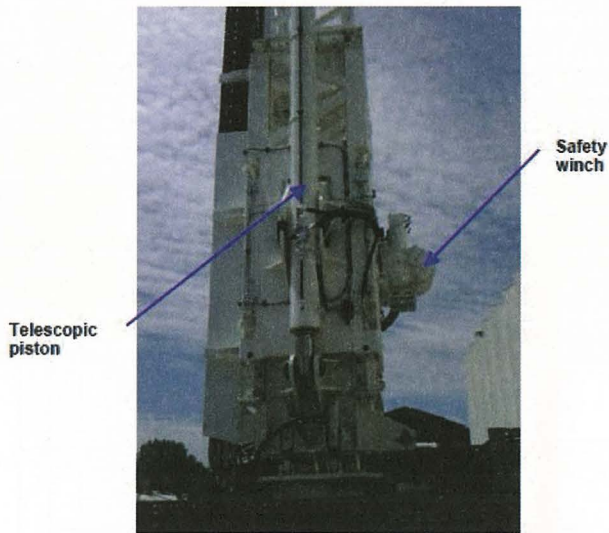


Fig.4. Anchor report

Vertical movement of the internal “Mast” and of the attached “Drilling Unit” is accomplished with a 3 phase electric telescopic hydraulic piston (Fig. 5). Within the “Steel Frame Mast”, 8 (eight) angular blocks are installed which function to stiff the entire structure and to enable locking of the internal “Mast”/“Drilling Unit” at the pre-set depth. A safety winch holds the internal “Mast” in the event of failure of the hydraulic piston.

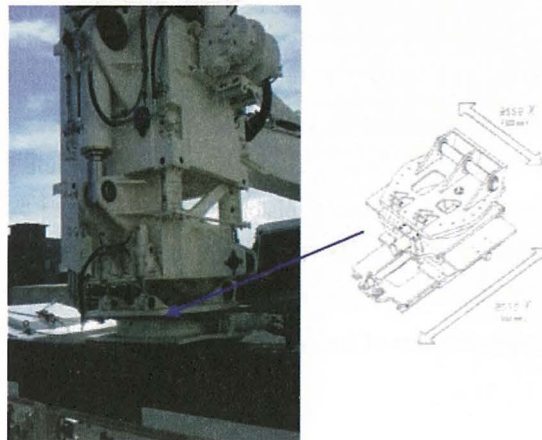




*Fig. 5 –Telescopic piston and safety winch*

On the hydraulic crawler main arm is mounted the “Mast Steel Frame“, which can advance the internal movable “Mast” and the Drilling Unit to the required depth.

At the lower end of the internal “Mast”is mounted a two axis sliding system (Fig. 6), for the final positioning of the Drilling Unit onto the chosen drilling point.



*Fig.6. Positioning System of the Drilling Unit*

## DRILLING UNIT MOVEMENTS

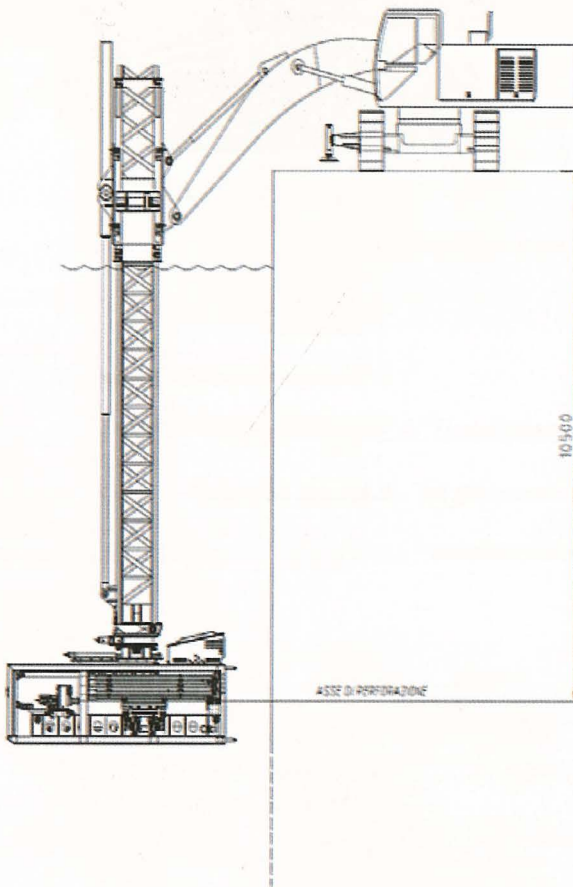
Drilling Unit"rotation on the horizontal plane (perpendicular to the main "Mast"):  $95^{\circ} + 10^{\circ}$

Drilling Unit"translation along the (x) axis (perpendicular to the drilling mast): **500 mm**

Drilling Unit"translation along the (y) axis (parallel to the drilling mast): **1.000 mm**

Pitch movement of the Drilling Unit on the (x) axis:  $+5^{\circ} / -5^{\circ}$

The internal sliding "Mast" system allows set-up of the "Drilling Unit" at various levels below working level. The actual maximum drilling depth is: **-10,50 m** (Fig. 7).



*Fig. 7 –Maximum drilling depth*

## The Drilling Unit

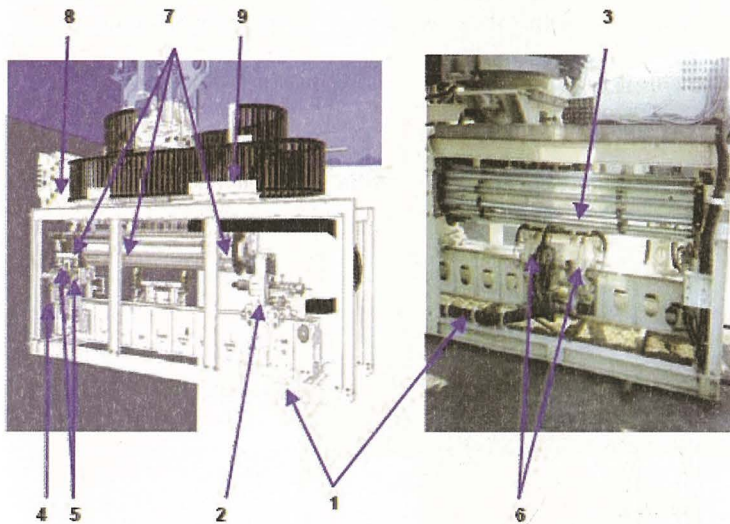


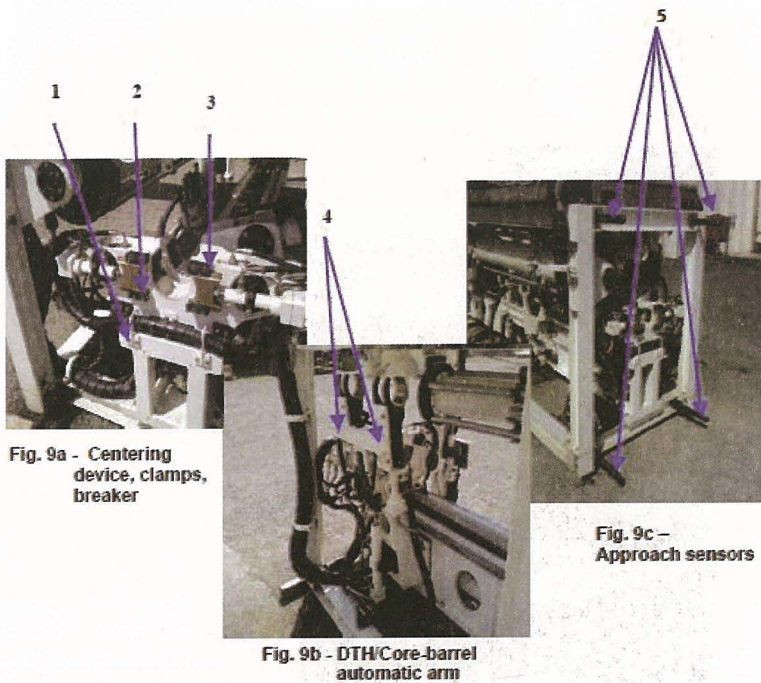
Fig. 8 – Drilling Unit Details

- |                                                     |                                           |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1. Drilling mast                                    | 6. miniJET® rebar mechanical manipulator  |
| 2. Rotary head                                      | 7. Video cameras and lighting system      |
| 3. Carousel for miniJET® rebars                     | 8. Box housing hydraulic valves and logic |
| 4. Centering device-clamps-breaker (Fig. 9a)        | 9. Hydraulic hoses holder                 |
| 5. DTH/Core-barrel mechanical manipulator (Fig. 9b) |                                           |

### Centering device, clamps, rod breaker and approach sensors (FIG. 9a/b/c):

- |                     |                                 |
|---------------------|---------------------------------|
| 1) Centering device | 4) DTH/corebarrel automatic arm |
| 2) Clamps           | 5) Approach sensors             |
| 3) Rod Breaker      |                                 |





### miniJET® "U.W.A." Installation

#### **Main Equipment List:**

- "U.W.A." Drilling Unit

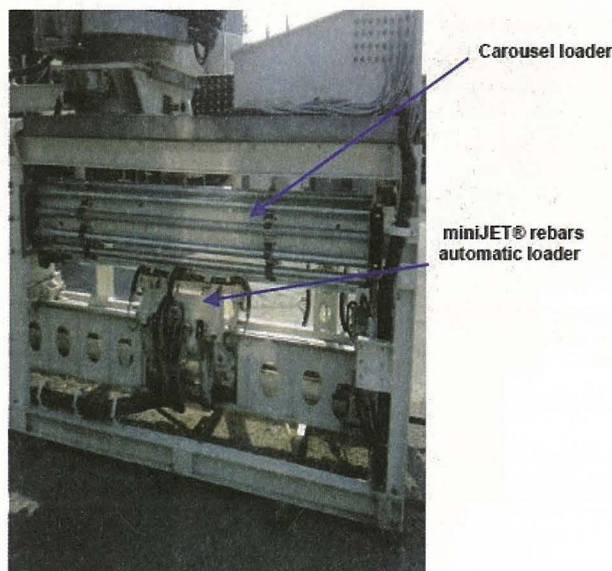
- High Pressure Pump

- Automatic Mixing Unit

- Cement Silo

### ***Loading of the MINIJET®rebars on the carousel loader***

Maximum capacity of the carousel loader (Fig. 10): n. 10 miniJET®rebars 3.0 m



*Fig 10. Carousel loader*

### **Lowering of the internal “Mast”and “Drilling Unit”**

The operator, after moving the “UWA”Drilling Unit to the horizontal design anchor location, lowers the excavator arm and slides the internal “Mast”and “Drilling Unit”to the design drilling depth.

### **Final Positioning**

The operator, from the control cabin, provides input to the electronic management system to complete the final approach of the machine to the wharf wall. This operation is automatically performed and checked by mean of four proximity sensors (Fig. 11) located on the front side of the “Drilling Unit”steel frame.

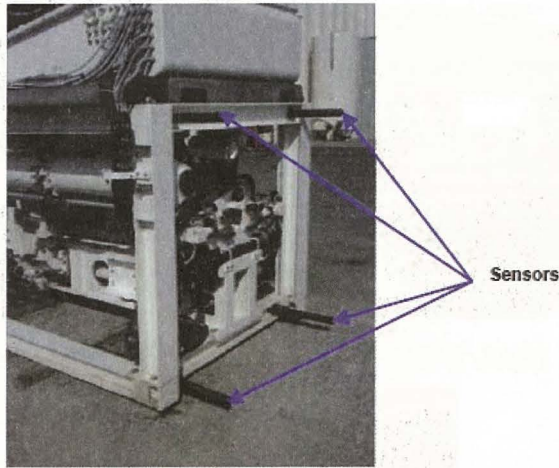


Fig. 11. Wall proximity sensors

### ***Coring/Drilling through the concrete/steel sheet wharf wall***

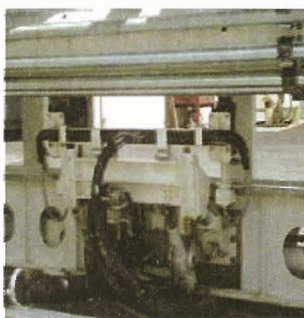
An approximately 100 mm diameter drill hole through the concrete/steel sheeting is required to allow the installation of the miniJET®anchors. This drilling operation can be performed using a diamond core bit or DTH waterhammer. The loading/unloading operation of the DTH/Core-barrel is performed automatically with a hydraulic arm located on the left side of the centralizer/clamps of the drilling mast.

### ***Installation of a miniJET®underwater anchor***

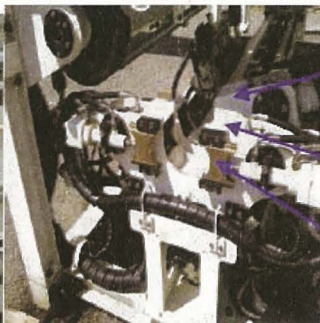
The miniJET®anchor has the following main components:-Drill bit with 2 high pressure grout injection nozzles threaded on the 1st miniJET®rebar. -Threaded rebar/rebar couplers with high pressure sealing system at the ends of each miniJET®rebar.-miniJET®hollow rebars.

### ***“U.W.A.” Anchor installation***

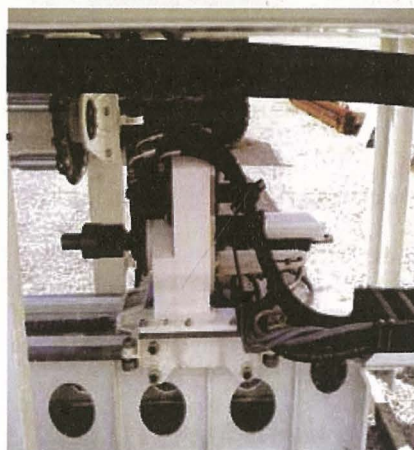
- a. The initial miniJET®rebar is automatically unloaded from the carousel and positioned at the drilling axis of the rotary head and clamps by a hydraulically operated mechanical arm (Fig.12, 13,14)
- b. Simultaneously with the drilling operation, a cement grout mixture is injected at high pressure (30-40 MPa) with the “Jetting-in”method
- c. After the drilling/injection of the initial miniJET®rebar, the rotary head is retracted back to the “starting position”and the steps a.and b.are repeated until the designed depth is reached.



*Fig. 12. Minijet Rebar Load*



*Fig. 13. Centralizer, clamps, breaker*



*Fig. 14. Rotary Head*

### “Under Water Anchor” case history

**DATE:** March-in progress 2011

**CONTRACTOR:** P.A.C. S.p.a.

**JOB-SITE LOCATION:** Ravenna (Italy)

**TYPE OF WORK:** Under water anchors

### **TECHNICAL REPORT**



For the work of deepening of the Ravenna harbour the Port Authority in preference to reconstruction of the wharves with longer and heavier sheet piling or other equal system, they identified the structural reinforcement of the existing wharves by means of deep underwater horizontal anchors as a new technical solution with important economical savings.

The whole project of anchoring has been divided in two lots of about 16.000 m/each; the first one is still in progress and will be terminated within the end of this year.

Each designed anchor has a length of 18,0 m so the total number of anchors of the first lot is about 890.

The underground soils are mainly constituted of marine sand with silty/clayely layers.

The news of the job-site is represented by the fact that to realize the above-mentioned anchors have been employed an innovative drilling system named "U.W.A." (Under Water Anchors) for the automatic installation of horizontal anchors following the miniJET® technique.

The miniJET ® anchor consist of a miniJET ® column, with nominal diameter of about 400 mm, endowed of a steel reinforcement consisting of: self-drilling hollow bar type R51, high pressure couplers and sacrificial drill bit with nozzle for the high pressure injection. They were subjected to various tests to ascertain the real interaction between the steel reinforcement and the miniJET ® soilcrete and also between the miniJET ® soilcrete and the surrounding natural soil; all of this to ensure compatibility of the adopted technique with future working loads applied on the anchors in question.

After the Under Water Anchors installation, the design foresees to complete the anchors with n. 1 steel plate for a better distribution of the applied loads, n. 1 nut and a plastic protection cap. The mentioned horizontal anchors will be all pre-tensioned at a load of 100 kN.



|                                                    |                                                                               |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| miniJET @anchors N.                                | 890                                                                           |
| Average miniJET@anchor unit length                 | 18,00 m                                                                       |
| Type of soil treated with the miniJET@technique    | Marine sands with silty/clayly layers                                         |
| Water level                                        | Sea level                                                                     |
| miniJET @column minimum diameter                   | 400 mm                                                                        |
| miniJET@injection pressure                         | 400 Bars                                                                      |
| Material used on the miniJET@job-site              | Self-drilling rods type R51 (Ultimate load: 800 kN; yeld load: 630 kN; max.); |
| Pre-tensioning load applied on each miniJET@anchor | 100 kN                                                                        |





## **miniJET®System**

**Cesare Melegari**

Tecniwell srl

Via I°Maggio, 61 29027 Podenzano (PC) ITALY  
twcomm@tecniwell.com, info@tecniwell.com

### **ABSTRACT**

The typical construction procedure for installing jet-grouted columns involves the following main operations:

- Drilling a 75/100mm hole with jetting drill string to the designed depth;
- Injection of a water/cement mixture at high pressure (400/500 Bars) through nozzles located on a “monitor” directly above the drill bit;
- Timed incremental lifting and simultaneous rotation of the drill string during pressure injection to the designed level.

Where the jet-grouted column requires steel reinforcing, the common process is to re-drill in of the centre of the column, insert the reinforce and grout. All of these operations are time consuming, significantly reduce production, and don't guarantee the centralization of the reinforcing and the integrity of the soilcrete column. The miniJET® technique overcomes all these problems and substantially increases production. High strength hollow threaded rebar, bit/monitor and couplers with specialized internal seals designed for high pressure injection are used as sacrificial drilling/injecting rods and left in place after the jetting operations.

### **1. INTRODUCTION: The JET-GROUTING technique**

In the field of civil engineering is often required the soil consolidation for the construction of new infractuctures or for the restoration of existing ones.

The main fields of application of jet grouting technique are:

- a) Soil improvement: this is carried-out through the creation of columnar elements whose function is to improve the natural soil conditions and

therefore the bearing capacity of the soil itself (Main soil improvement works: building of sewage treatment tanks; tunneling in loose soil; the volume of soil improved subjected to loads transmitted by road, railways and river embankments; construction of water-resistant bottom plugs; prevention of soil liquefaction by seismic actions, etc.).

- b) Realization of structural elements: these consist of jet-grouting columns eventually endowed of steel reinforcement (Construction of shallow and deep foundations for new facilities: civil and industrial buildings, piers and abutments of bridges, etc.; creation of underpinning of existing structures; construction of underground structures such as access shaft of tunnels, parking lots, etc.).

The typical construction procedure for installing jet-grouted columns involves the following main operations:

- I. Drilling a 75/100mm hole with jetting drill string to the designed depth;
- II. Injection of a water/cement mixture at high pressure (400/500 Bars) through nozzles
- III. Timed incremental lifting and simultaneous rotation of the drill string during high pressure injection to the designed level.

With these three steps is created a columnar volume by the mixing of the cement grout with the natural soil. In the event that the column should fulfilling the function of structural element it will have to be endowed with a steel reinforcement; for this operation it's usually possible to proceed in two ways:

- 1) Installation of the steel reinforcement in the "fresh" column (This is a very common practice that still does not guarantee a perfect positioning of steel reinforcement in the center of the column itself);
- 2) Re-drilling of the center of the column, installation of the steel reinforcement and/or the anchor and its subsequent cementation.

It's obvious that despite their simplicity, these operations take time, significantly reduce the production and consequently increase the job-site costs.

## 2. miniJET® TECHNIQUE

The miniJET® technique overcomes all these problems and substantially increases production. High strength hollow threaded rebar, bit/monitor and couplers with specialized internal seals designed for high pressure injection (Up to 400 Bar) are used as sacrificial drilling/injecting rods and left in place after the jetting operations.

With this technique it's possible the realization of soilcrete columns with diameters between 300 mm and

900 mm in function of the design needs and following the geological/geotechnical context where they are executed.

The two main factors that have to be carefully analyzed during the design phase are:

1. The interaction soilcrete column/natural soil
2. The interaction soilcrete-column/steel reinforcement

The critical element is represented by the interaction soilcrete column/steel reinforcement

Based on the above technical considerations, it is clear that the miniJet ® technology can be considered as the synthesis of various operative techniques (Jet-grouting and self-drilling systems) through the optimization of the job-site working times and the design solutions, defining, in particular in the field of the tie-downs and of the post-tensioned anchors, the better technical ratio between applied loads and the bond-zone diameter that for the above mentioned reasons will fall, in almost all the cases, in a range between 300 and 600 mm.



*Fig.1. miniJET® Bond-zone*

In place of the usual jet-grouting drill string is provided the use a sacrificial drilling/injection system consisting of:

1. Drill bit with 2 nozzles

The nozzles are threaded directly to a sacrificial “monitor/drill bit”.

The first nozzle points down with a  $30\div 45^\circ$  angle relative to the drilling axis, and is located in proximity to the tip of the drill bit; this jet cuts the natural soil and eases the drilling process.

The second nozzle is located a few centimeters above the first nozzle, at  $90^\circ$  to the drilling axis; this jet cuts and mixes the soil with the grout mixture to form the soilcrete column.

The miniJET® drill bits are typically the wing bit type (with 2 or 3 blades) and can also be fitted with carbide inserts for difficult soil conditions.



## 2. Hollow continuously threaded steel re-bars

Manufactured with high quality steel, the typical re-bar OD is from 32 to 103 mm 3÷6 m depending from the application and from the rebar size. To ensure a suitable seal between bars, the re-bars must be machined on both sides.

v

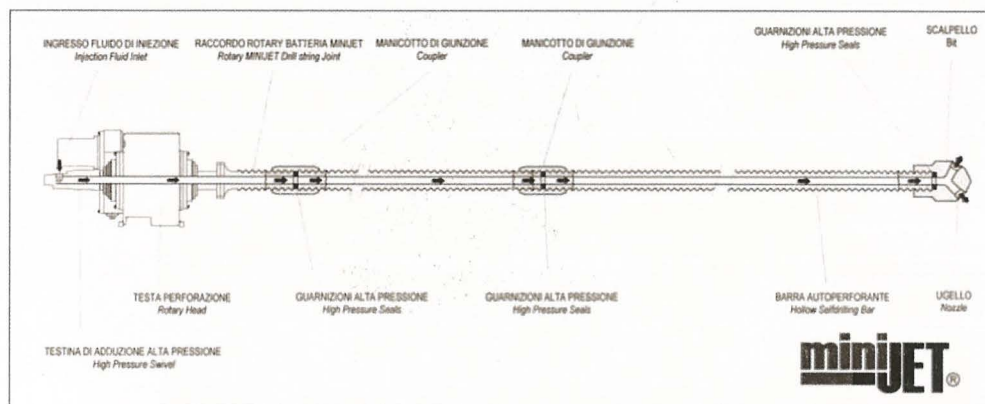
## 3. Rod-rod steel coupling

The couplers are machined and are equipped with a specialized high pressure metallic sealing system to grant the perfect sealing during the injection phase.

## 4. Swivel head

The swivel head is a standard high pressure swivel head and is located above the rotary drill head; it's the unique not sacrificial element of the miniJET® drill string.





### miniJET® DRILL STRING

### miniJET® Self Drilling Re-bar

| Technical features     | U.M.                                          | Rm32/15 | Rm38/16 | Rm51/29 | Rm76/48S | T103S |
|------------------------|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|----------|-------|
| Outside diameter       | mm                                            | 32      | 38      | 51      | 76       | 103   |
| Average Inner diameter | mm                                            | 14      | 16      | 28      | 48       | 59    |
| Ultimate load          | kN                                            | 415     | 540     | 840     | 1800     | 3780  |
| Yield load             | kN                                            | 350     | 450     | 700     | 1450     | 2730  |
| Suggested working load | kN                                            | 230     | 300     | 450     | 970      | 1820  |
| Weight                 | Kg/ml                                         | 4,5     | 6,2     | 9,5     | 20,5     | 41,8  |
| Delivery lengths       | 1,0 m – 1,5 m – 2,0 m – 3,0 m – 4,0 m – 6,0 m |         |         |         |          |       |

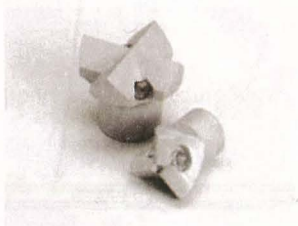




**miniJET® Hollow rebar**



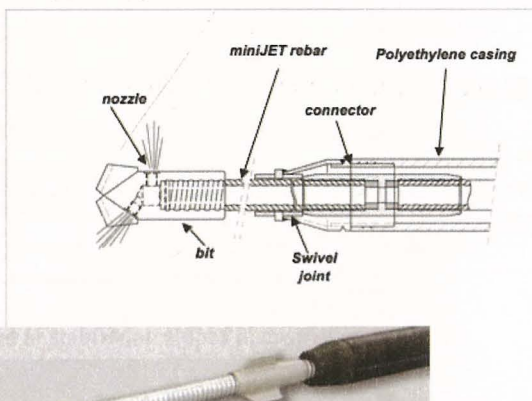
**Rebar-rebar coupling**



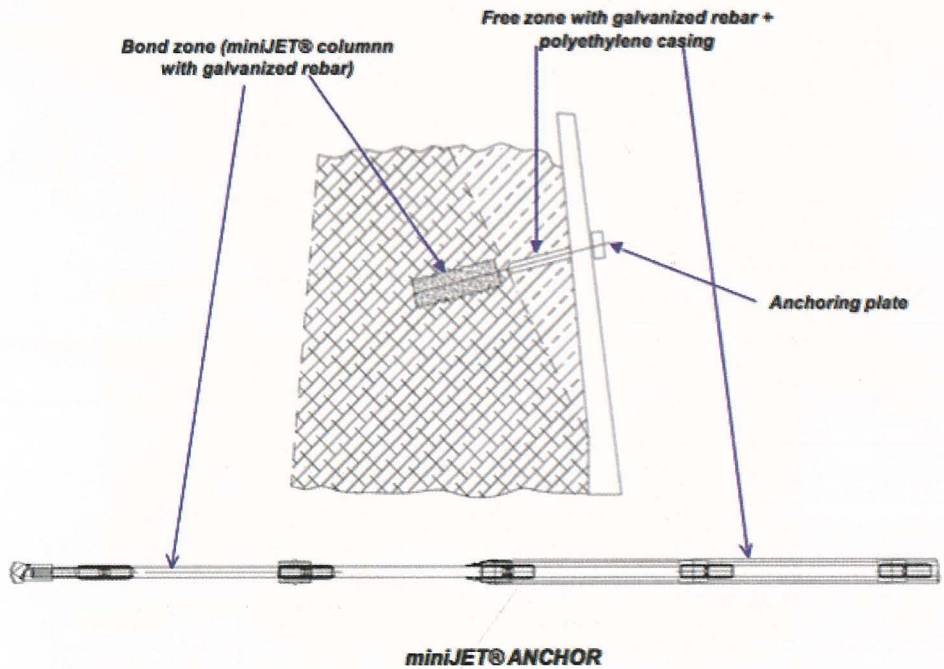
**Drill bit with injection nozzles**



**Nuts and anchoring plate**

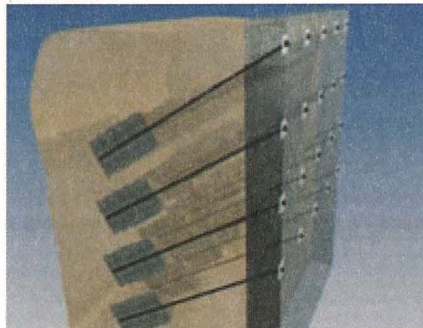


**miniJET® PERMANENT ANCHOR**  
with galvanized coating treatment and polyethylene casing (for free zone)

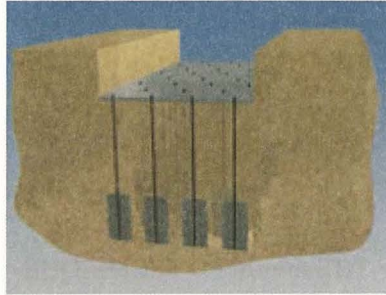


### 3. MAIN FIELDS OF APPLICATION OF THE miniJet ® TECHNIQUE

- bond zones for anchoring used in temporary or permanent retaining structures, such as excavation retaining bulkheads obtained by means of micropiles, piles or concrete diaphragm walls



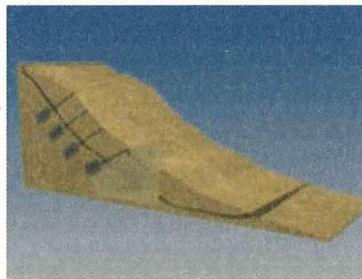
- anchoring elements used for stabilizing foundations subject to hydrostatic pressures, in particular base "slabs" for underground structures



- micropiles to support new or existing buildings or for increasing the embankments load capacity



- foundation interventions aimed at minimizing settlement phenomena
- soil-nailing interventions aimed at stabilizing slopes in case of slip surfaces



- nailing and stabilizing elements for excavation walls



#### 4. MAIN ADVANTAGES OF THE miniJET® TECHNIQUE

1. Since the high pressure injection is done contemporaneously with the drilling, known as “Jetting-in”, when the designed depth is reached, the hollow rebar/couplers/monitor/bit are left in place and become the permanent steel reinforcement of the soilcrete column.
2. No need to re-drill and to insert and grout the reinforcement in the soilcrete column, thus reduces the related job-site costs.
3. The reinforced soilcrete column completed with the miniJET® technique can be used as a competitive alternate to several conventional applications, including mini-piles, anchors, soil nailing, etc..
4. The miniJET® high pressure injection is performed going downward (jetting-in) and thus substantially reduces the potential for “over-pressure” problems that can occur in cohesive soils.
5. The hollow re-bar is continuously threaded and allows for enhanced flexibility in determining the appropriate quantities for the job.

#### 5. miniJET® EQUIPMENT

##### miniJET® UNIT

**High Pressure Triplex Pump Model TW 100:** three plungers (2¼“ diameter); DEUTZ diesel engine with 190 HP at 2000 RPM located in a sound-proofed area; five speed gear box; pneumatic operated mechanical clutch; forced lubrication system with oil tank. 50 KVA electric generator. (*Max pressure: 400 Bar – Max flow rate: 100 lt/min*)



**Automatic Mixing Unit Model TWM 5:** 200 lt capacity mixer tank with open impeller pump capable of 700 lt/min at 1 bar, with vertical shaft driven by 5.5 KW electric motor; electronic weight scale with three load cells; 500 lt agitator tank driven by a 0,75 KW electric motor. Max. hourly mixing capacity about 8 m<sup>3</sup> (water/cement ratio 1/1). The mixer is powered by the 50KVA generator located in the pump diesel engine area.

**Control cabin:** with centralized operating controls for pumping and mixing.

**20' standard Container:** reinforced steel structure to support up to 40 tons, such as a horizontal cement silo Model TW Silo 25T.

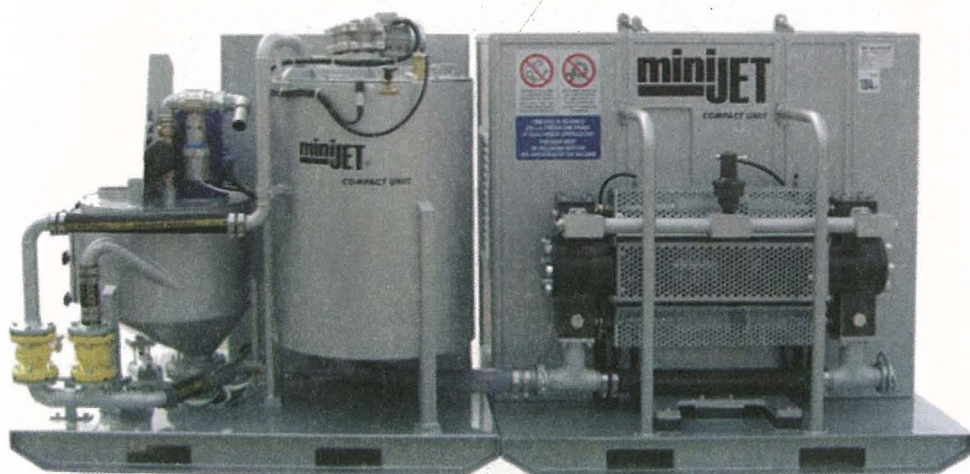


**miniJET® UNIT + 30 Ton HORIZONTAL CEMENT SILO**

## **miniJET® COMPACT UNIT on skid**

**Grout Pump Model TWG 11:** 2 plungers ( $\varnothing 2 \frac{1}{2}$ " – stroke 8"); electric hydraulic power pack with variable delivery; air/oil cooling system for hydraulic oil. Plunger lubrication with oil forced circulation by gear pump. Control panel with stroke counter, hand grips for regulation of pressure and flow rate, main electrical switch, on/off or automatic button, emergency stop button, pressure gauge for hydraulic and lubrication oil and grout. (*Max pressure: 250 Bar – Max flow rate: 60 lt/min*)

**Automatic Mixing Unit Type TWM 5:** 200 lt capacity mixer tank with open impeller pump capable of 700 lt/min at 1 bar, with vertical shaft driven by 5.5 KW electric motor; load cells and electronic weighing scale; agitator tank with 500 lt max working capacity and 0,75 KW electric motor. Max. hourly mixing capacity about 8 m<sup>3</sup> (water/cement ratio 1/1).



**miniJET® COMPACT UNIT on skid**



## 6. miniJET® MAIN CASE HISTORIES

The subject building that required underpinning is located in the historical downtown of Modena. The need to transfer to the soil the new loads due to the transformation of the building into a University library complex required consolidation of the old foundation utilizing a series of miniJET® columns. The subsurface conditions mainly consist of a layer of heterogeneous fill materials underlain by strata of organic clay and clay. In these geological and structural conditions, a series of miniJET® columns were installed. The columns were constructed with steel reinforcement constituted of continuously threaded, hollow self-drilling rods (Type R32) and related couplings.

The miniJET® columns have been satisfactory tested up to a capacity of 30 Tons to verify the required interactions between the steel rod and the miniJET® soilcrete column, and between the miniJET® soilcrete column and the surrounding soil.



**Modena - Italy**

|                                                  |                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Total no. of miniJET® columns                    | 300                                                                                                                                  |
| miniJET® column unit length                      | 10,00 m                                                                                                                              |
| Type of soil treated with the miniJET® technique | filling materials and below of it strata of muddy-clay and clay                                                                      |
| Water level                                      | About -2,0 m from ground surface                                                                                                     |
| miniJET® column minimum diameter                 | 300 mm                                                                                                                               |
| miniJET® injection pressure                      | 300 Bars                                                                                                                             |
| Material used on the miniJET® job-site           | Self-drilling rods type R32, L= 1.500 mm/each (Ultimate load: 54 tons.; yield load: 46 tons.; max. suggested working load: 30 tons.) |
| Max. working load for each miniJET® column       | 8,0 tons.                                                                                                                            |



|                                                            |                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Total no. of miniJET® temporary active anchor (Field test) | 3                                                                                                                                       |
| miniJET® active anchor unit length                         | 24,00 m (Free zone: 9,0 m; bond zone: 15,0 m)                                                                                           |
| Type of soil treated with the miniJET® technique           | sandy gravel and sandy silt                                                                                                             |
| Water level                                                | not defined (water in pressure)                                                                                                         |
| Bond zone minimum diameter (miniJET® column)               | 300 mm                                                                                                                                  |
| miniJET® injection pressure                                | 300 Bars                                                                                                                                |
| Material used on the miniJET® job-site                     | Self-drilling rods type R32, L= 1.500 mm/each<br>(Ultimate load: 54 tons.; yield load: 46 tons.; max. suggested working load: 30 tons.) |
| Max. working load                                          |                                                                                                                                         |



|                                                  |                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Total no. miniJET® temporary active anchors      | 45                                                                                                                                                                       |
| miniJET® temporary active anchors unit length    | 12,00 m (Free zone: 4,00 m; bond zone: 8,00 m)                                                                                                                           |
| Type of soil treated with the miniJET® technique | Marine sands                                                                                                                                                             |
| Water level                                      | About - 0,5 m from ground surface                                                                                                                                        |
| Bond zone minimum diameter (miniJET® column)     | 400 mm                                                                                                                                                                   |
| miniJET® injection pressure                      | 350 Bars                                                                                                                                                                 |
| Material used on the miniJET® job-site           | Self-drilling rods type R38, L= 3.000 mm/each<br>(Ultimate load: 58 tons.; yield load: 48 tons.; max. suggested working load: 32 tons.); free zone protection PVC sleeve |
| Working load applied on each active anchor       | 20 tons.                                                                                                                                                                 |



## **KADIKÖY-KARTAL METRO PROJESİ TÜNELLERİNDE BİR MÜHENDİSLİK SORUNU VE ARAŞTIRMA-İYİLEŞTİRME SÜRECİNDE UYGULANAN FARKLI SONDAJ UYGULAMALARI**

**Sinan BİBEROĞLU**

### **ÖZET**

Kadıköy-Kartal Metro projesinin ikinci aşaması ağırlıklı olarak Kozyatağı-Kartal arasında TBM ve NATM ile planlanan tünel-istasyon kazı+destek ve inşaat işlerini kapsar. Özellikle işe başlama süreci NATM tünelleri için çok farklı noktalarından ardışık olarak çok sayıda shaft kazıları ile tünel çalışmalarının da başlama sürecidir. Shaftlar ve ilgili tüneller için ilk aşama bir önceki yüklenici tarafından hazırlanan araştırma çalışmaları ve raporların titizlikle inceleme-değerlendirmesi ile başlamış olası eksik araştırma sonuçları nedeni ile ek sondaj programı temelinde tamamlayıcı çalışmalar başlatılmıştır. Bu çalışmaların değerlendirilmesi sürecinde özellikle del+patlat ağırlıklı yürütülen NATM çalışmalarında çok önemli boyutlarda risk oluşturacak karstlaşmanın etkin olduğu bir alan çok dikkatimizi çekmiştir. Güzergâhın Soğanlık bölgesi Tugay Dere bölümünde ve D-100 karayolunun da hemen altındaki yaklaşık 200m lik bölüm tünel kazı+destek çalışmaları sırasında anlık-çok hızla gelişecek stabilite riski ve kent içi - şehirlerarası çok etkin D-100 karayolunu doğrudan etkileyecek konumdadır. İzleyen süreçte bu öngörü ile ilgili bölgede ek önlemler ile yürütülen NATM tünel kazı+destek çalışmaları sırasında tünel içinden ve özellikle riskin boyutları da şekillenmeye başladığında yüzeyden farklı delgi (sondaj) yöntemleri kullanılarak alansal iyileştirme yapılmış ve riskli alan kısmi zaman kaybı ile zararsız-hasarsız geçilerek tamamlanmıştır. Bu alandaki delgi (sondaj) uygulamaları ayrıntıda; **a)** Tünel içinden farklı aç-böylarda TH ve DTH (hava ya da su devir daimli rotary + darbeli) ön araştırma – uygulama delgileri, **b)** Yüzeyden ise farklı çaplarda TDH ve su devir daimli araştırma-uygulama delgileri ile özellikle çok sınırlı miktarda auger ile “soil mix” çalışmaları olarak gerçekleştirilmiştir.





## TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI

**Merkez** : Selanik Cad. Yeşim Apt. No:19/4 06650 Kızılay ANKARA  
Tel : 0312 425 1080 / 0312 418 3657 - Faks: 0312 417 5290  
Cep : 0505 899 5600 / 0533 747 2904  
Web : [www.maden.org.tr](http://www.maden.org.tr)  
E-posta : [maden@maden.org.tr](mailto:maden@maden.org.tr)

**Zonguldak Şube** : Liman Cad. No:25 Merkez ZONGULDAK  
Tel : 0372 251 1355 - Faks: 0372 253 1080  
Cep : 0505 899 5608  
E-posta : [zonguldak@maden.org.tr](mailto:zonguldak@maden.org.tr)

**İstanbul Şube** : Büyükdere Cad. Çınar Apt. No:95 K:8 D:31 Mecidiyeköy İSTANBUL  
Tel : 0212 356 7410 - Faks: 0212 356 7412  
Cep : 0505 899 5610  
E-posta : [istanbul@maden.org.tr](mailto:istanbul@maden.org.tr)

**İzmir Şube** : 154. Sok. Ufuk Apt. No:6 Daire:1 Bornova İZMİR  
Tel : 0232 388 0520 - Faks: 0232 339 4064  
Cep : 0505 899 5612  
E-posta : [izmir@maden.org.tr](mailto:izmir@maden.org.tr)

**Adana Şube** : Çınarlı Mah. 16. Sok. Ademoğlu Apt. No:2/5 Seyhan ADANA  
Tel : 0322 459 9760 - Faks: 0322 459 9761  
Cep : 0505 899 5614  
E-posta : [adana@maden.org.tr](mailto:adana@maden.org.tr)

**Diyarbakır Şube** : Ekinciler Cad. Kışla Sok. Kısmet 2 Apt. No:5 Ofis-Yenişehir DİYARBAKIR  
Tel : 0412 228 8164 - Faks: 0412 228 8164  
Cep : 0532 630 4775  
E-posta : [diyarbakir@maden.org.tr](mailto:diyarbakir@maden.org.tr)





## **TÜRKİYE MADENCİLER DERNEĞİ**

### **YÖNETİM KURULU**

1. Mustafa SÖNMEZ (Başkan)
2. M. Atılğan SÖKMEN (2. Başkan)
3. A. Safder İPLİKÇİOĞLU ( Genel Sekreter)
4. B. Benjamin PINTO (Sayman)
5. Şeyda ÇAĞLAYAN
6. H. Can ÇOKER
7. Y. Süha NİZAMOĞLU
8. İhya KANGAL
9. Alican AKPINAR

### **DENETLEME KURULU**

1. Melih TURAN
2. Dündar RENDA
3. Ahmet ALTINTIĞ

Türkiye Madenciler Derneği; Madencilik Sektörü Başkanlar Konseyi Birliği ve Euromines (Avrupa Maden Endüstrileri Birliği) Üyesidir.

**Adres:** İstiklal Caddesi Tunca Apt. No: 233-1/1 Beyoğlu Tünel-İSTANBUL/TÜRKİYE

**Tel:** 0212 245 15 03

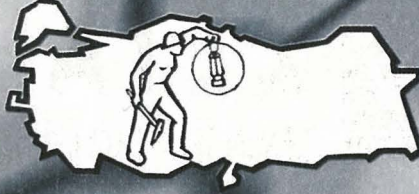
**Faks:** 0212 293 83 55

**E-mail:** [info@turkiyemadencilerdernegi.org.tr](mailto:info@turkiyemadencilerdernegi.org.tr)

**Web:** [www.turkiyemadencilerdernegi.org.tr](http://www.turkiyemadencilerdernegi.org.tr)



# yurt madenciliğini geliştirme vakfı



Yurt madenlerinin ve yeraltı zenginliklerinin çağdaş teknolojilerle değerlendirilmesini sağlayarak, ülke ekonomisine katma değer kazandırmayı kendine ana amaç seçen Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı, madencilik faaliyetlerini geliştirici, üretim maliyetlerini düşürücü, yol gösterici hizmetlerini de madencilik sektörüne sunmaktadır.

## GERÇEKLEŞEN FAALİYETLER

- 1. ve 2. Madencilik Şurası
- 3., 4., 5., 6. ve 7. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu
- 1., 2., 3. ve 4. 5. Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri
- Meslekiçi Eğitim Seminerleri
- Çok sayıda öğrenciye eğitim bursu

## GENEL KURUL ÜYELİĞİNE DAVET

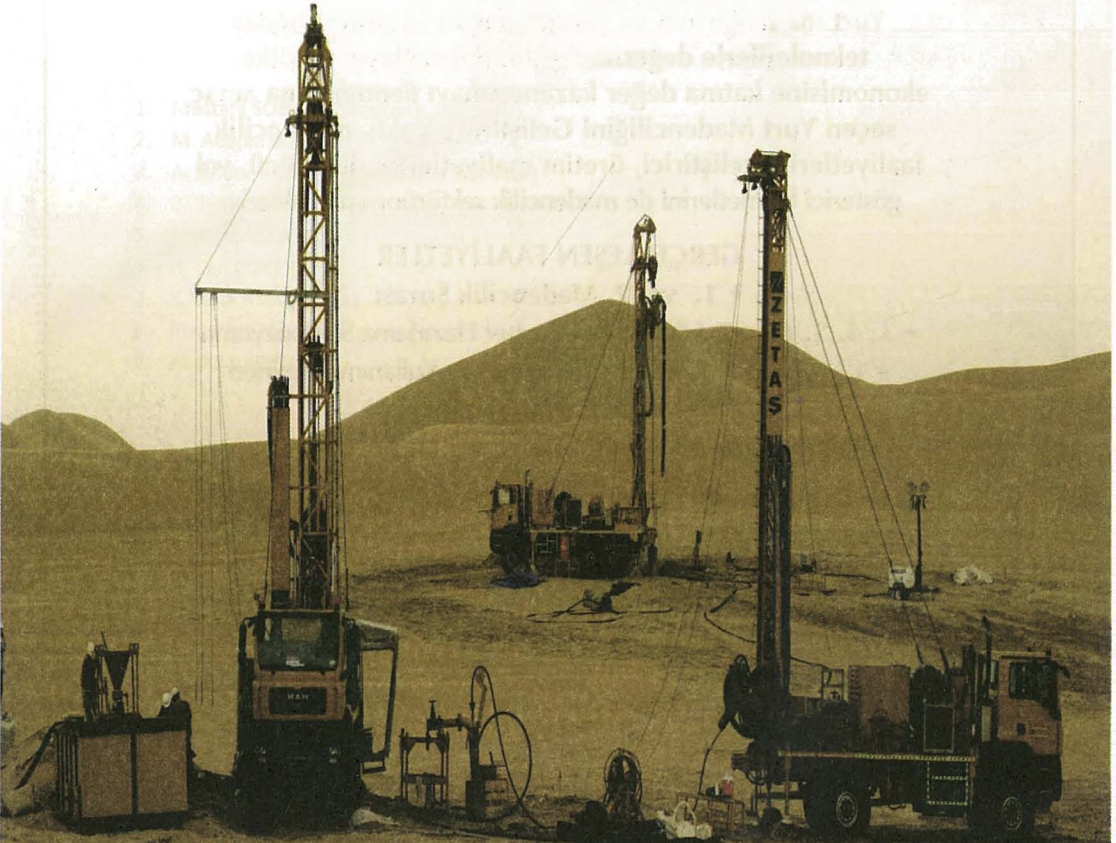
YMGV'nin daha da güçlenmesi amacıyla tüm madencilik camiasını Genel Kurul üyeliğine çağırıyoruz.

Cumhuriyet Cad. İtir Ap. No.: 179/10 Kat. 5 Harbiye, İSTANBUL  
Tel: (0 212) 246 20 81 Fax: (0 212) 247 51 11  
e-mail: [ymgv@ymgv.org.tr](mailto:ymgv@ymgv.org.tr) <http://www.ymgv.org.tr>

## BİR BURS, BİR IŞIK

YMGV, kuruluşundan bu yana üniversitelerin Maden, Jeoloji, Jeofizik, Metalurji ve Petrol Mühendisliği öğrencilerine burs vermektedir. Vakfımıza yapacağınız şartlı bağışla, şahsınız veya şirketiniz adına, bir veya birkaç öğrenciye burs vererek, onların eğitimine katkı sağlayabilir, geleceklerini aydınlatacak bir ışık olabilirsiniz.

 **ZETAŞ®**  
ZEMİN TEKNOLOJİSİ A.Ş.  
**SU KAYNAKLARI BÖLÜMÜ**



**STRATEGIC WATER STORAGE / RECOVERY PROJECT LIWA (ASR) ABU DHABI  
BİRLEŞİK ARAP EMİRLİKLERİ**

**MERKEZ MAH. REŞADİYE CAD. NO:69/A ALEMDAĞ ÇEKMEKÖY İSTANBUL TÜRKİYE**  
**TEL +90.216.484 4170 FAX +90.216.484 4174 [www.zetas.com.tr](http://www.zetas.com.tr)**



# GEODATA

Yerbilimleri İnşaat ve Ticaret Ltd. Şti.

*“ Zemin Problemlerinde Çözüm Ortağınız ”*



- . Jet Grout
- . Fore Kazık
- . Mini Kazık
- . Derin Temel İksa Sistemleri
- . Ankraj
- . Enjeksiyon
- . Zemin Etüdü

Yıldız Posta Cad. Ayyıldız Sitesi A Blok No: 30/26 Gayrettepe - Beşiktaş - İstanbul  
Tel : 212 347 62 88 Fax: 212 347 63 61 Email: info@geodata.com.tr

[www.geodata.com.tr](http://www.geodata.com.tr)





# tecniwell

JET-GROUTING, GROUTING AND DRILLING EQUIPMENT

## U.W.A. Under Water Anchor

### **AUTOMATIZED REMOTE CONTROLLED DRILLING SYSTEM**

The worldwide increases in utilization of large ships for transportation has created an urgent need of deepening the seabed within port areas and consequently the rehabilitation of its wharves.

To date, traditional techniques to excavate near and reinforce seawalls have resulted in numerous and, at times, unsolved problems.

**The "U.W.A." System** was developed to solve some of the above problems.

The original idea, and in some ways the simplest, was to install, through the use of the **miniJET®** technique, sub-horizontal anchors below sea level. Sub-horizontal anchor installation is the most efficient way to support wall loads and **miniJET®** because it is the fastest and simplest way to install anchors in difficult conditions.

The technique foresees that the underwater anchors are installed by operations directed from the surface using a special drilling equipment positioned in the yard behind the wharf.

The drilling/injection operation are carried-out at the designed depth and controlled remotely with continuous remote monitoring of the operations and of the injection parameters.

With this technique the sub-horizontal anchors are positioned exactly where maximum are the loads applied to the wall of the wharves.

### **Tecniwell S.r.l.**

Via 1° Maggio, 61  
29027 Podenzano (Piacenza) Italy  
Ph. +39.0523.524086 r.a.  
twcomm@tecniwell.com  
www.tecniwell.com



# PREDATOR® SONDAJ SİSTEMİ



## Verimlilik artışı ilginizi çekiyor mu ?

Predator® yeni nesil sondaj sistemi: alt platform, lastik tekerlekli taşıyıcı üzerine monte edilmiş sondaj kulesi ve boru yükleme sisteminden oluşur. Geleneksel sondaj makinalarıyla karşılaştırıldığında, gelişmiş bir otomasyon ile el değmeden daha verimli bir şekilde boru yükleme olanağı sunar. 3 parçalı Predator sistemi için kurulum sadece iki saat sürer, hava veya çamur ekipmanları, boru rafları, vb. tüm yardımcı sistemlerde yerinde olduğunda 4-6 saat içinde kurulum tamamlanır. Daha küçük bir ekip ile etkili ve verimli bir çalışma olanağı sunar. Bakım kolaylığı Predator Sondaj Sistemini doğru bir seçim haline getirir.

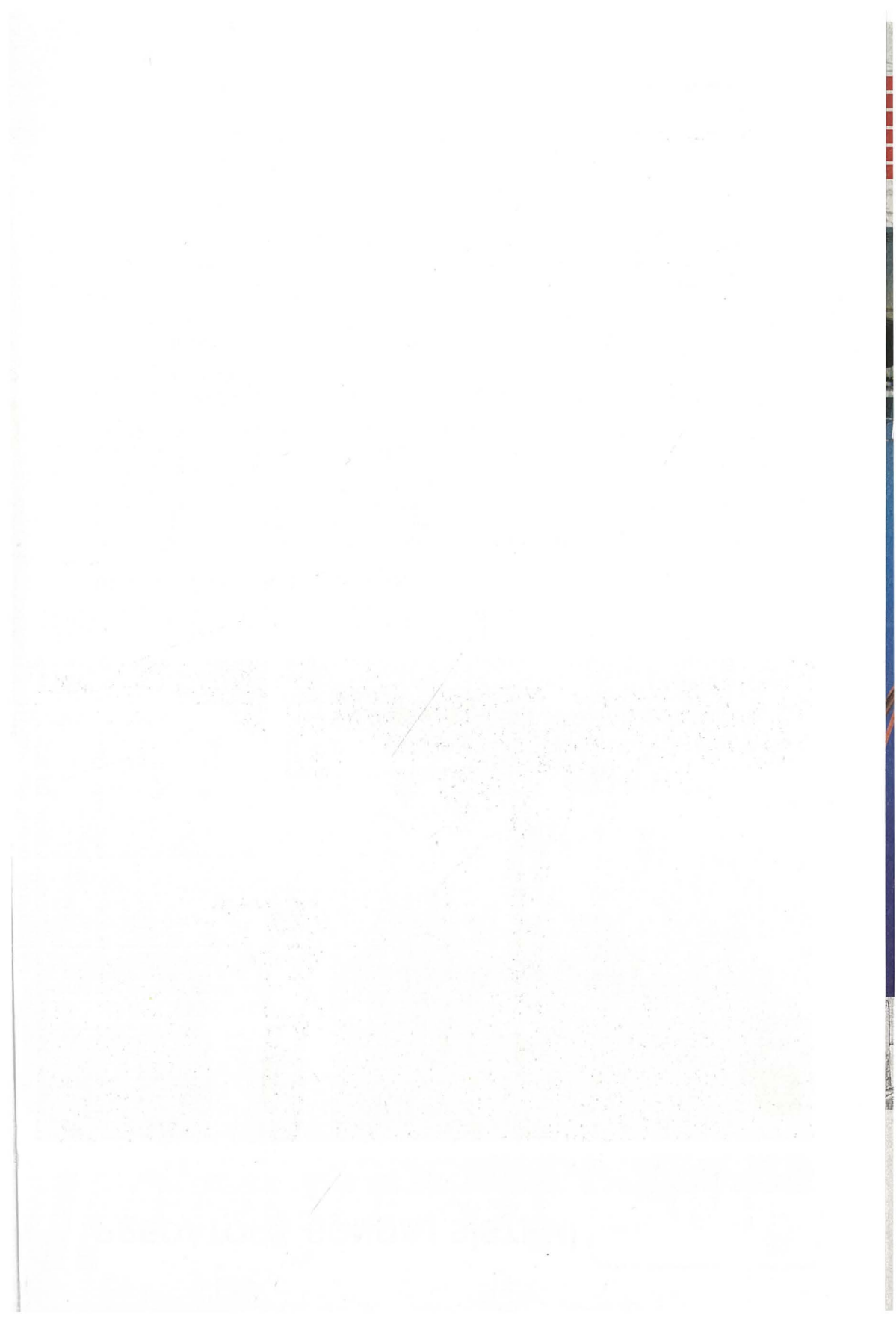
Predator® Amerikan Petrol Enstitüsünden ürün geliştirme ve kalitesinin kanıtı olarak API 4F lisansı kazanmıştır.

|                   |                                                                                                                     |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Çekme kapasitesi  | : 200,000 lbs ( 100 ton)                                                                                            |
| Baskı kapasitesi  | : 23 ton                                                                                                            |
| Motor gücü        | : 950 HP ( 708 kW)                                                                                                  |
| Derinlik          | : 1800 - 3000 m                                                                                                     |
| Kullanım alanları | : Arama ve üretim kuyuları, klasik petrol, gaz , jeotermal, metan sondajları, yatay, dikey ve yönlü delme işlemleri |

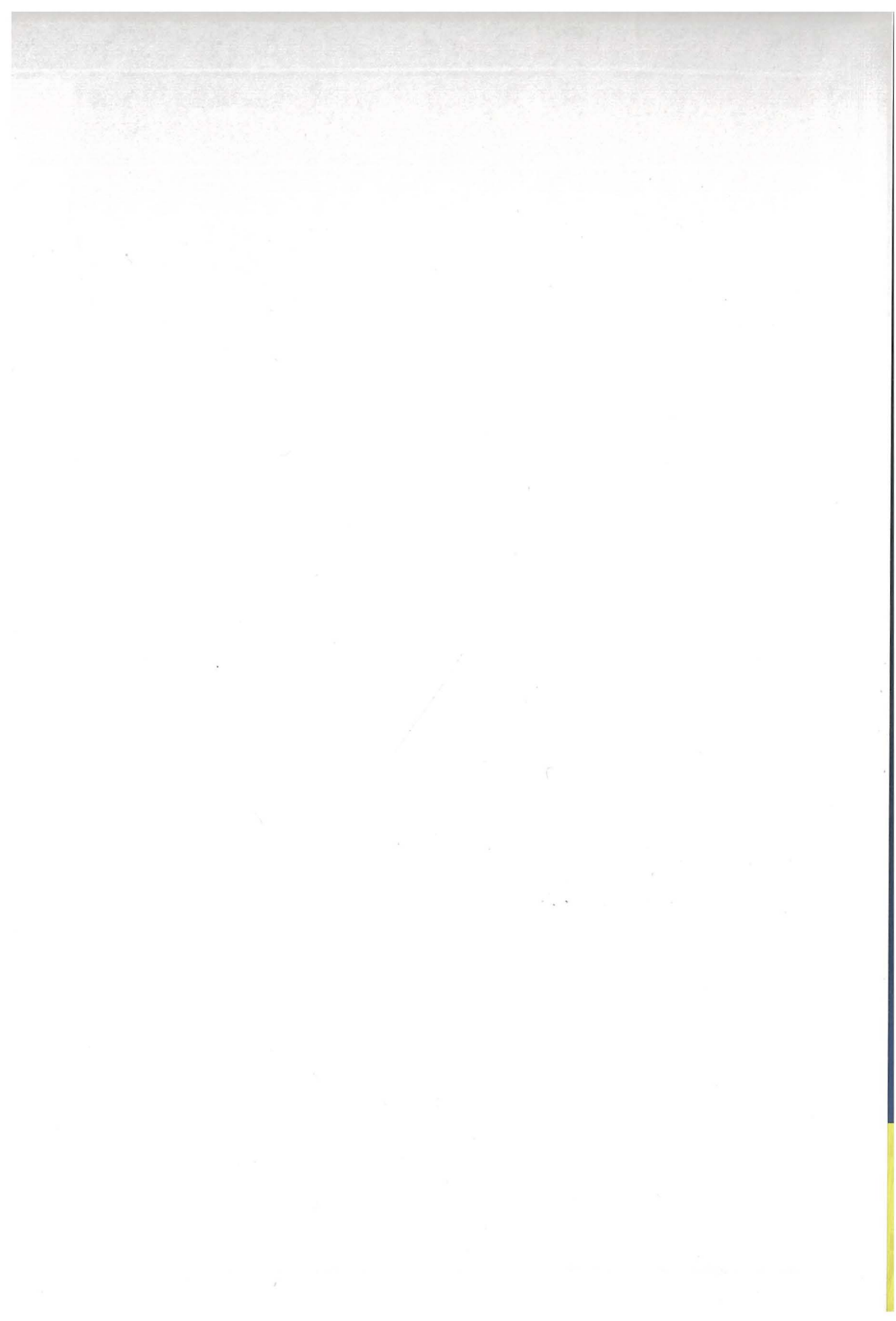
[www.atlascopco.com/predator](http://www.atlascopco.com/predator)

*Sürdürülebilir Verimlilik*

**Atlas Copco**









Çalışma Yerleri:

1961  
1961-1962  
1963-1964  
ITÜ Maden Fakültesi'nden Mezuniyet  
DSİ Erzurum Bölgesi'nde Mühendis  
ABD'de AID Akademik Bursu ile : Alabama Üniversitesi'nde  
Yeraltı Suyu ve Sondaj Eğitimi, USGS'te Hidroloji Eğitimi,  
Michigan State Üniversitesi'nde Yöneticilik Eğitimi  
DSİ Yeraltı Suları Dairesi'nde Başmühendislik  
İzmir Ulaştırma Okulu'nda askerlik görevi  
DSİ'de Sondaj Fen Heyeti Müdürü  
DSİ'de Yeraltı Suları Daire Başkanı Yardımcısı  
Özel Sektörde Genel Müdür (DATA)  
DSİ Libya Projeleri Koordinatörü  
Libya'da Özel Mütteahhit  
ITÜ Maden Fakültesi'nde Öğretim Görevlisi  
Danışman Mühendis

1964-1971

1992-1994  
1995-1999  
1995-2008  
2000-2008  
Özel Sektörde Genel Müdür (İŞ-KORAY)

Sosyal Çalışmaları:

1958-1959

İstanbul Teknik Üniversitesi Öğrenci Birliği Başkanı  
TMTF Yönetim Kurulu Üyesi  
Maden Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu Üyesi  
Maden Mühendisleri Odası Genel Sekreteri  
Odalararası Kurul Genel Sekreteri  
Yurt Madencilik Geliştirme Vakfı Başkan Yardımcısı  
Türkiye Madencilik Derneği Başkanı

1985-1992  
1990-1992

Bilimsel Çalışmaları:

DSİ Yayını 4 Mesleki Kitap  
Çok Sayıda Bilimsel Makale ve Kongre Tebliği  
Halen Üniversitelerde Ders Kitabı Olarak Yaratılan TMMOB Maden Mühendisleri  
Odası Yayını (Genişletilmiş 5. Baskı) "Sondaj Yöntemleri ve Uygulamaları" isimli Teknik  
Kitap  
"İstanbul Metrosu 1992-1993 Dönemi Çalışmaları" isimli Teknik Kitap