

**ZEMİN İNCELEMELERİNDE  
STANDART PENETRASYON DENEYİ İLE  
KONİ PENETRASYON DENEYİ  
DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**Ekrem GÜNEŞ**

**Yüksek Lisans Tezi  
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Danışman: Yrd.Doç.Dr. İ.Feda ARAL  
2013**

T.C.  
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZEMİN İNCELEMELERİNDE STANDART PENETRASYON DENEYİ İLE  
KONİ PENETRASYON DENEYİ DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ekrem GÜNEŞ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: Yrd.Doç.Dr. İ.Feda ARAL

TEKİRDAĞ  
Çorlu, 2013

Yrd.Doç.Dr. İ.Feda ARAL danışmanlığında, İnşaat Mühendisi Ekrem GÜNEŞ tarafından hazırlanan “Zemin İncelemelerinde Standart Penetrasyon Deneyi ile Koni Penetrasyon Deneyi Değerlerinin Karşılaştırılması” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof.Dr.Mustafa Hilmi ACAR İmza :

Üye : Yrd.Doç.Dr. İ.Feda ARAL İmza :

Üye : Yrd.Doç.Dr.Perihan BİÇER İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof.Dr.Fatih KONUKCU

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ZEMİN İNCELEMELERİNDE STANDART PENETRASYON DENEYİ İLE KONİ PENETRASYON DENEYİ DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ekrem GÜNEŞ

Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr. İ.Feda ARAL

Geoteknik Mühendisliğinde, zemin kesitinde yer alan tabakaların ve zeminin mühendislik özelliklerinin belirli bir derinliğe kadar bilinmesi gerekmektedir. Bu özellikler, laboratuarda ve arazide yapılan deneyler ile belirlenebilmektedir.

Sondajlı zemin incelemesinde sıkça uygulanan Standart Penetrasyon Deneyinde (SPT) sonuçlarını etkileyen faktörlerin çokluğu, uygulama ve yorum yanlışlıkları, bunun yanında tüp içine alınan ve örselenmemiş tabir edilen numunelerin laboratuvar denemelerinde doğal durumundan büyük oranda farklı durumda olduğu gerçeği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle Geoteknik tasarımda ve zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabilmesi için SPT düzeltmeleri yapılmalıdır.

Bunun yanında Koni Penetrasyon Deneyi (CPT), insan müdahalesi olmadan yapılan sürekli ölçüm sayesinde zemin mukavemet değerlerini ayrıntılı ve gerçeğe en yakın şekilde elde edilmesine imkân vermektedir.

Bu çalışmada Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçişindeki kavşak düzenlemesine yönelik zemin özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan SPT ile CPT değerleri ile literatürdeki değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** arazi deneyi, standart penetrasyon, koni penetrasyon.

2013, 106 sayfa



## **ABSTRACT**

MSc. Thesis

### **COMPARISON OF STANDARD PENETRATION TEST AND CONE PENETRATION TEST VALUES FOR GROUND INVESTIGATIONS**

**Ekrem GÜNEŞ**

Namık Kemal University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Main Sciences Division of Civil Engineering

Supervisor: Assist. Prof.Dr. İ.Feda ARAL

The standard penetration test, the most commonly used one in Türkiye, help to identify the strength and deformation characteristic of granular soils, the relative density, the ultimate bearing capacity of sand and silty soils and give the possibility to determine some indications of the shear strength of cohesive soils. The test equipment is simple, inexpensive and rugged, giving disturbed samples but representative results.

In the cone penetration test, a cone at the end of a rod series is pushed into the ground at a constant rate while continuous measurement of the resistance to penetration of the cone and of the outer surface on the resistance of a surface sleeve is being performed.

There have been a number of empirical correlations between cone tip resistance and SPT blowcount. The "qc/N" ratio has been believed to vary depending on soil type and test apparatus and procedure. It can be seen that the ratio of cone tip resistance to SPT blowcount decreases by the reduction of fine content or by increasing the mean grain size.

In this study soil tests had been performed to identify the ground characteristics of study field by the comparison of SPT and CPT values with literatures values

**Keywords :** soil test, standard penetration, cone penetration.

**2013, 106 pages**

## SİMGELER VE KISALTMALAR

SPT	Standart Penetrasyon Deneyi
CPT	Koni Penetrasyon Deneyi
DMT	Dilatometre Deneyi
PMT	Presiyometre Deneyi
FVT	Veyn Deneyi
UC	Serbest Basınç Deneyi
UU	Üç eksenli konsolidasyonsuz-Drenajsız Kesme Deneyi
ASTM D 1586	Amerika Birleşik devletlerinde SPT ile ilgili standart
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
USBR	United States of Brueau of Reclamation
N, SPT-N	Zeminin penetrasyon direnci değeri
$N_{arazi}$	Arazide ölçülen darbe sayısı
$N_{60}$	Teorik serbest düşme, tokmak enerjisinin%60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı
$N_{1,60}$	Teorik serbest düşme tokmak enerjisinin % 60'ına ve efektif jeolojik basıncı 100 kPa olarak düzeltilmiş vuruş sayısı,
$C_N$	Jeolojik yük düzeltme faktörü
$C_E$	Enerji düzeltme faktörü
$C_R$	Tij uzunluğu düzeltme faktörü
$C_B$	Sondaj çapı düzeltme faktörü
$C_S$	Numune alıcı kılıf (liner) düzeltme faktörü
$C_A$	Çakma başlığı düzeltme faktörü
$C_{BF}$	Tokmak düşürülme sıklığı (hızı) düzeltme faktörü
$C_C$	Tokmak yastığı düzeltme faktörü
ER	63,5 kg tokmağın 76 cm'den düşürülmesiyle tijlerde oluşan enerjinin, teorik enerjiye yüzde olarak ifade edilen oranı
$E_{teorik}$	63,5 kg tokmağın 76 cm'den düşürülmesiyle tijlerde oluşması gereken potansiyel enerji
$E_{ölçülen}$	63,5 kg tokmağın 76 cm'den düşürülmesiyle tijlere aktarılan ölçülen enerji

$\sigma_v'$	Efektif düşey gerilme
$\sigma_{vo}'$	Arazideki jeolojik efektif gerilme
$\phi^\circ$	Efektif kayma mukavemeti açısı
$D_r$	İzafi sıkılık
$s_r$	Drenajsız rezidüel kayma mukavemeti
$V_s$	Kayma dalgası hızı
$M_c$	Sıkışma modülü
$m_v$	Hacimsel sıkışma katsayısı
$E, E_s$	Elastisite modülü
$G_s$	Dinamik kayma modülü
$q_u$	Serbest basınç mukavemeti
$c_u$	Drenajsız kayma mukavemeti

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
TABLolar LİSTESİ .....	x
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. STANDARD PENETRASYON DENEYİ (SPT) .....</b>	<b>3</b>
2.1 SPT ve Önemi .....	3
2.2 Amaç ve Kapsam .....	5
2.3 Deneyin Özellikleri .....	6
2.3.1. SPT için ASTM Standartı Ayrıntıları .....	9
2.4. SPT için Prosedür ve Ekipman Ayrıntıları .....	11
2.4.1 Sondaj Metodları .....	11
2.4.1.1 Rotary Sulu Sondaj .....	12
2.4.1.2 İçi Boş Burgular (İBB) .....	13
2.4.2 Prosedür Değişkenler .....	13
2.4.2.1 Deney Aralığı .....	13
2.4.2.2 Tokmak Düşürülme Oranı .....	13
2.4.2.3 Vuruş Sayılarının Sınırlandırılması .....	13
2.4.3 SPT Kaşığındaki Değişkenler .....	14
2.4.3.1 Numune Alıcı Tüp .....	14
2.4.3.2 Çarık .....	14
2.4.3.3 Numune Tutucular .....	15
2.4.3.4 Numune Tüp Kılıfları .....	15
2.4.3.5 Numune Alıcı Uzunluğu .....	16
2.4.3.6 Havalandırma Delikleri .....	16
2.4.4 SPT Ekipman Değişkenleri: Tokmaklar, Çakma Başlıkları ve Tijler-Enerji İlişkileri.....	17
2.4.4.1 Tokmaklar ve Tokmak Düşürülme Şekilleri .....	18
2.4.4.1.1 Güvenli Tokmaklar (Safety Hammers) .....	18

2.4.4.1.2 Halka Tokmaklar (Donut Hammer) .....	19
2.4.4.1.3 Otomatik Tokmaklar (Automatic Hammers) .....	20
2.4.4.2 Tijler ve Tij Uzunlukları .....	20
2.4.4.3 Operatör Etkileri .....	22
2.4.5 SPT’de Numunenin Çıkarılması, Etiketlenmesi ve Sonuçlarının Rapor Edilmesi .....	22
2.5 SPT’nin Sonucunu Etkileyen Faktörler ve SPT- $N_{arazi}$ Değerinin Düzeltilmesi .....	23
2.5.1 SPT-N Değerini Etkileyen Faktörler ve Değişkenler .....	23
2.5.2 Ölçülen SPT- $N_{arazi}$ Değerlerinin Düzeltilmesi .....	29
2.5.2.1 Jeolojik Yük Düzeltme Faktörleri ( $C_N$ ) .....	30
2.5.2.2 Enerji Düzeltme Faktörleri ( $C_E$ ) .....	31
2.5.2.3 Tij Uzunluğu Düzeltme Faktörleri ( $C_R$ ) .....	33
2.5.2.4 Sondaj Çapı Düzeltme Faktörleri ( $C_B$ ) .....	33
2.5.2.5 Kılıf Düzeltme Faktörleri ( $C_S$ ) .....	33
2.5.2.6 Çakma Başlığı Düzeltme Faktörleri ( $C_A$ ) .....	34
2.5.2.7 Tokmak Yastığı Düzeltme Faktörleri ( $C_C$ ) .....	34
2.5.2.8 Vuruş Sayısı Sıklığı Düzeltme Faktörleri ( $C_{BF}$ ) .....	35
2.5.2.9 Yer Altı Su Seviyesi İçin Düzeltmeler .....	35
<b>3. KONİ PENETRASYON DENEYİ (CPT) .....</b>	<b>36</b>
3.1 CPT ve Önemi .....	36
3.2 CPT Yapılışı ve Donatımı .....	37
3.2.1 Deneyin Amacı .....	37
3.2.2 Koni Penetrasyon Ekipmanları .....	38
3.3 Deneyin Yapılışı .....	39
3.3.1. CPT’nin Sonlandırılması İçin Kriterler .....	40
3.3.2. CPT’nin Uygulandığı Zeminler .....	40
3.3.3. CPT’nin Uygulanabilir Derinliği .....	40
3.3.4. CPT İle Ölçülen Değerler .....	40
3.3.4.1 Koni Uç Direnci $q_c$ ( $q_T$ ) .....	41
3.3.4.2 Çevre Sürtünme Direnci $f_s$ ( $f_T$ ) .....	41
3.3.4.3 Sürtünme Oranı $R_f$ .....	42
3.3.4.4 Arazi Boşluk Suyu Basıncı $u_o$ (kPa) .....	42
3.3.4.5 Ölçülmüş Boşluk Suyu Basıncı $u$ (kPa) .....	42

3.3.4.6 Boşluk Suyu Basıncında Değişim .....	42
3.3.5. CPT Deney Sonuçları ile Zemin Özelliklerinin Bulunması .....	43
3.3.5.1. CPT İle Zemin Sınıflandırma Prensibi .....	43
3.3.5.2. Yumuşak Killerde Drenajsız Kayma Direnci .....	44
<b>4. SPT-CPT KORELASYONLARI .....</b>	<b>47</b>
4.1 Ana Hatları ile CPT-SPT Korelasyonu .....	47
4.2 SPT Darbe Sayısı (N) - CPT üç Direnci ( $q_c$ ) Korelasyonları .....	47
4.3 CPT ( $q_c$ ) / SPT (N) ve Ortalama Dane Boyutu ( $D_{50}$ ) Arasındaki ilişkiler .....	54
4.4 Koni uç Direnci ( $q_c$ ) - Rölatif Sıkılık ( $D_r$ ) İlişkisi .....	56
4.5 Koni Uç Direnci ( $q_c$ ) ile Çevre Sürtünmesi ( $f_s$ ) Arasındaki ilişkiler .....	57
4.6 Koni üç Direnci ( $q_c$ ) ile Sürtünme Oranı ( $f_t$ ) İlişkisi .....	59
<b>5 TEKİRDAĞ ÇEVREYOLU DOĞU GEÇİŞİNE AİT GEOTEKNİK ARAŞTIRMA SONUÇLARINA DAYANARAK SPT VE CPT VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ</b>	<b>62</b>
5.1 Çevreyolu Doğu Geçişinin Konumu ve İnceleme Alanına ait Geoteknik Değerlendirmeler .....	62
5.2 Yerinde Yapılan Çalışmalar .....	62
5.2.1 Zemin Türlerinin Jeoteknik Özellikleri .....	62
5.2.1.1 Sondaj Çalışmaları ve SPT Deneyleri .....	62
5.2.1.2 CPT Çalışmaları ve Laboratuvar Deneyleri .....	65
5.2.2 Yerüstü ve Yeraltı Suyu Durumu .....	68
5.3 Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçişine Ait SPT CPT Sonuçları ve Laboratuvar Çalışmalarının Değerlendirilmesi .....	69
<b>6. SONUÇLAR .....</b>	<b>82</b>
<b>7. KAYNAKLAR .....</b>	<b>84</b>
EKLER .....	88
EK-1 .....	89
EK-2 .....	97
EK-3 .....	105
ÖZGEÇMİŞ .....	106

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1	SPT'nin yapılışı .....	7
Şekil 2.2	Otomatik CME tokmak sistemi (Farrar, Chitwood, 1999) .....	7
Şekil 2.3	Tokmak tipleri (Coduto, 1994 ve Bowles, 1996) .....	8
Şekil 2.4	Tetik Tokmak Düşürme Tipi ( Skempton,1986 ) .....	8
Şekil 2.5	Standart penetrasyon kaşığı (numune alıcı) (ASTM, 1997) .....	12
Şekil 2.6	Avrupa standart penetrasyon kaşığı (Nixon, 1982) .....	12
Şekil 2.7	Numune alıcıya takılabilen kapaklar (Bowles, 1996) .....	15
Şekil 2.8	Numune alıcı içindeki kılıf durumu (Al-Khafaji ve Andersland, 1992) .....	16
Şekil 2.9	Halatın sarım devir sayısı ve açısının tanımları (Kovacs, 1980) .....	19
Şekil 3.1.	(a) Konik penetrasyon düzeneğinin şematik gösterimi, (b) Deneyin uygulanması ....	36
Şekil 3.2.	Kablosuz CPT sistemi .....	38
Şekil 3.3.	Koni penetrasyon deney cihazı .....	38
Şekil 3.4.	Koni ve sürtünme gömleği .....	39
Şekil 3.5.	Koni Penetrasyon Aletinin Taşınması ve Ankrajlarla Zemine Sabitlenmesi .....	40
Şekil 3.6.	CPT ile Bilgisayar Ekranından Gerçek Zamanlı Data Okumaları .....	43
Şekil 3.7.	Robertson 1990'a Göre Zemin Cinsleri .....	45
Şekil 3.8.	Eslami-Fellenius Sınıflandırması .....	46
Şekil 4.1	$q_c$ -N İlişkisi (Sanglerat, G.,1965) .....	49
Şekil 4.2	Siltli Orta Sıkı Kumlardaki N ve $q_c$ Korelasyonları İçin Veriler (Fourth International Geotechnical Seminar,1986) .....	51
Şekil 4.3	$q_c$ -N İlişkisi (Ataoğlu, T.,1989) .....	52
Şekil 4.4	CPT ve SPT Arasındaki İlişki (Schultze, E. and Melzer, K.,1965) .....	55
Şekil 4.5	CPT ve SPT Arasındaki ilişki (Schmertmann, J.H., 1970) .....	55
Şekil 4.6	$q_c$ -Dr ilişkisi (Schultze ve Melzer,1965) .....	57
Şekil 4.7	$q_c$ - $f_s$ ilişkisi (Clayton, C.R.I., Simons, N.E., and Matthews, M.C.,1975) .....	58
Şekil 4.8	$q_c$ - $f_R$ ilişkisi (Schmertmann, J.H.,1970) .....	60
Şekil 4.9	Kumlar, Siltler ve Killer için Sınıflandırma (Navfac,1982) .....	61
Şekil 5.1	CH Killi Zeminler İçin $q_c/N_{60}$ arasındaki ilişki .....	71
Şekil 5.2	CI Killi Zeminler İçin $q_c/N_{60}$ arasındaki ilişki .....	72
Şekil 5.3	Killi Zeminler İçin $q_c/N_{60}$ arasındaki ilişki .....	73
Şekil 5.4	SC SM ve SP Kum yoğunluklu zeminler için $q_c/N_{60}$ arasındaki ilişki .....	74

Şekil 5.5	$q_c/N_{60}$ - $f_s$ arasındaki ilişki .....	75
Şekil 5.6	$f_s/N_{60}$ arasındaki ilişki .....	76
Şekil 5.7	$q_c/f_s$ arasındaki ilişki .....	77
Şekil 5.8	$q_c-N_{60}$ ile WL arasındaki ilişkiler .....	79
Şekil 5.9	$q_c-N_{60}$ ile $W_p$ arasındaki ilişkiler .....	81



## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1	SPT Deneyi İçin ASTM Standardının zeti (ASTM D 1586) .....	10
Tablo 2.2	Delgi Tij Boyutları (McGregor and Duncan, 1998) .....	21
Tablo 2.3	lülen Penetrasyon Direncini Etkileyebilen Faktörler (Navfac, 1982) .....	24
Tablo 2.4	çeşitli faktörler sebebiyle SPT-N <sub>arazi</sub> değerindeki değişimin tahmini aralığı (Broms and Flodin, 1988) .....	27
Tablo 2.5	çeşitli faktörler sebebiyle SPT-N <sub>arazi</sub> değerindeki değişimin tahmini aralığı (Tokimatsu, 1988) .....	28
Tablo 2.6	Standart olmayan prosedür ve hatalı ekipman yüzünden SPT-N <sub>arazi</sub> değerlerindeki değişimler (Decourt, 1990) .....	28
Tablo 2.7	çeşitli faktörler yüzünden SPT-N <sub>arazi</sub> değerlerindeki değişimler (Kulhawy and Trautmann, 1996) .....	29
Tablo 2.8	Jeolojik Yük düzeltme faktörleri (C <sub>N</sub> ) .....	31
Tablo 2.9	ülkelere göre enerji düzeltme faktörü (Clayton, 1990) .....	32
Tablo 2.10	C <sub>E</sub> 'nin değişim aralığı .....	32
Tablo 2.11	Tij uzunluğu düzeltme faktörleri .....	33
Tablo 2.12	Sondaj apı düzeltme faktörleri (Skempton, 1986) .....	33
Tablo 2.13	Kılıf düzeltme faktörleri .....	34
Tablo 2.14	akma başlığı düzeltme faktörleri (Tokimatsu, 1988) .....	34
Tablo 2.15	Yastık blok düzeltme faktörleri (C <sub>C</sub> ) (Decourt, 1990) .....	34
Tablo 2.16	Vuruş sayısı sıklığı düzeltme faktörleri (Decourt, 1990).....	35
Tablo 3.1	CPT ile Zemin Sınıflandırma Prensibi .....	44
Tablo 4.1	Tipik q <sub>c</sub> /N oranları (Sanglerat, G.,1965) .....	48
Tablo 4.2	q <sub>c</sub> /N ilişkişi (Meigh, A.C., and Nixon, I.K.,1961) .....	48
Tablo 4.3	Zemin Cinsi-q <sub>c</sub> /N İlişkişi (Schmertmann, J.H.,1976) .....	49
Tablo 4.4	Zemin Cinsi-CPT (q <sub>c</sub> ) ve SPT(N) İlişkişi (Fourth International Geotechnical Seminar, 1986) .....	50
Tablo 4.5	Tipik q <sub>c</sub> /N Oranları (Schmertmann, J.H., 1970) .....	50
Tablo 4.6	Şekil 4.3 'deki Teçhizatın Aynısını Kullanarak SPT Datasından f <sub>R</sub> 'yi Tahmin Etmek için Metod (Ataoğlu, T.,1989) .....	52
Tablo 4.7	SPT - CPT Arasındaki Karşılaştırma (Burland, J.B., and Burbridge, M.C. ,1985)....	53
Tablo 4.8	q <sub>c</sub> /N <sub>30</sub> ile ilgili Tipik Değerler (Burland, J.B., and Burbridge, M.C., 1985) .....	53
Tablo 4.9	SPT-CPT Karşılaştırması (Burland, J.B., and Burbridge, M.C., 1985) .....	53
Tablo 4.10	CPT(q <sub>c</sub> ) - SPT (N) ilişkileri (Marr, S.L.,1981) .....	54
Tablo 4.11	q <sub>c</sub> -Dr İlişkisi (Muromachi, T.,1981) .....	56

Tablo 4.12 İnce Kumların Rölatif Sıklığı, SPT(N) ,CPT( $q_c$ ) ve $\phi^\circ$ Arasındaki Bağını (Sanglerat, G.,(1965) .....	56
Tablo 4.13 Uç Direncinin Fonksiyonu Olan Çevre Sürtünmesi Değerleri (Sanglerat, G., Nhiem, T.V. , Selourne, M., and Andina,R.,1979) .....	58
Tablo 4.14 Uç Direnci ve Çevre Sürtünmesine Göre Zeminlerin Sınıflandırılması (Sanglerat, G., 1965) .....	58
Tablo 4.15 Sürtünme Oranından Faydalanarak Zeminlerin Sınıflandırılması (Sanglerat, G., 1965) .....	59
Tablo 4.16 $q_c$ - $f_R$ İlişkisi (Schmertmann, J.H.,1976) .....	60
Tablo 5.1 SPT Deney Sonuçları (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2007) .....	63
Tablo 5.2 Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçişi Deney Sonuçları (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2007) .....	66
Tablo 5.3 Yeraltı Su Seviyeleri .....	68

## 1. GİRİŞ

İnşaat mühendisliğinde zeminler, hem yapı malzemesi olarak, hem de her türlü mühendislik yapılarının temellerini taşıyan mühendislik malzemeleri olarak statik ve dinamik yüklerin etkisi altında kalmaktadırlar. Bu yükler altında, zemin ile ilgili problemlerin çözümünde zemin parametrelerinin gerekli derinliğe kadar bilinmesi gerekmektedir. Zemin parametreleri ise, laboratuvar ve arazi deneyleri ile belirlenebilmektedir.

Geoteknik incelemelerde, Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) oldukça yaygın bir şekilde kullanılan arazi deneylerinin başında gelmektedir. Ülkemizde SPT, hemen hemen her zemin inceleme programının ana parçalarından birini oluşturmaktadır. SPT, araziden numune alma imkânı sunan bir yöntemdir. Ancak kohezyonlu zeminlerde numune alma işlemi, daha kolay bir şekilde yapılabilmekle birlikte, numune alma yöntemi ne kadar gelişmiş olursa olsun, alınan numunenin gerilme durumunun değişmesi yüzünden tam örselenmemiş sayılamayacağı bilinmektedir. Ayrıca numune alma işlemi sırasında, çeşitli fiziksel etkiler nedeniyle az veya çok bir örselenme meydana gelmektedir. Kohezyonsuz zeminlerde ise örselenmemiş numune alınması bazı özel tekniklerle mümkün olsa bile oldukça zor ve pahalıdır. Ayrıca SPT’de Sondaj metodu, sondaj çapı ve stabilizasyonu, tij tipi ve uzunluğu, tokmak tipi ve düşürülme şekli, enerji oranı, numune alıcı tipi, tokmak düşürülme hızı ve deney uygulama yöntemi gibi birçok değişken SPT’nin sonuçlarını etkilemektedir. Geoteknik tasarımda ve zeminlerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabilmesi için SPT düzeltmeleri yapılmalıdır. Bu düzeltmeler yapılırken, zemin tipi ve yeraltı su seviyesine bağlı olarak, jeolojik yük düzeltmesi ( $C_N$ ), yeraltı su seviyesi düzeltmesi ve çakma hızı düzeltmesi ( $C_{BF}$ ) faktörleri, deneyde kullanılan aletsel detaylar ve deney uygulama yöntemine bağlı olarak enerji düzeltmesi ( $C_E$ ), tij uzunluğu düzeltmesi ( $C_R$ ), sondaj çapı düzeltmesi ( $C_B$ ), numune alıcı kılıf düzeltmesi ( $C_S$ ), çakma başlığı düzeltmesi ( $C_A$ ), tokmak yastığı düzeltmesi ( $C_C$ ) faktörleri kullanılmalıdır.

Koni Penetrasyon Deneyi (CPT), geoteknik mühendisliği uygulamalarında zemin özelliklerini yerinde belirlemek için giderek artan sıklıkla kullanılan ve ince taneli (kohezyonlu) zeminlerde faydalı sonuçlar veren bir (in situ) deneydir. Deney, standart ölçülere sahip bir konik ucun zemine sabit hızla batırılması esnasında zeminin koni ucuna yansıttığı direncin ölçülmesi esasına dayanır. Deneyde  $10 \text{ cm}^2$  yüzey alanı ve  $60^\circ$  uç açısı bulunan bir konik ucun hidrolik güç ile sabit hızla ( $2 \text{ cm/sn}$ ) zemin içine itilir. Zeminin sonda

ucuna gösterdiği direnç ve sondanın yanal yüzeyinde oluşan sürtünme kuvvetinin ölçümü yapılır. İtme hızı, tüm deneylerde ve tüm zemin türlerinde deney süresince sabit ve  $20 \pm 5$  mm/sn'dir. CPT uygulaması ile ölçülen konik uç direnci ( $q_c$ ) ve çeper sürtünmesi değerleri ( $f_s$ ), mühendislik yapıların ve özellikle kazık projelendirilmesi yapılan temel mühendisliği uygulamalarında zemin sınıflandırması, zemin taşıma gücü, zemin oturması, kazık/grup kazık ucu taşıma gücü hesapları gibi statik analizlerde ve sıvılaşma gibi dinamik analizlerde yaygın kullanılmaktadır.

Bu çalışmada; Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından, Sedaş İnşaat A.Ş.'ne yaptırılan TCK Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçişindeki kavşak düzenlemesi amacıyla aynı noktalardan elde edilen SPT ve CPT verileri ile sondaj çukurlarından alınan numunelerin laboratuvar deney sonuçları kullanılmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar ile SPT ile CPT arasında korelasyonlar oluşturulmuş ve bu korelasyonların literatürdeki çalışmalar ile mukayesesi yapılmıştır.

## 2. STANDARD PENETRASYON DENEYİ

### 2.1 SPT ve Önemi

Bazı arazi deneyleri 40 - 50 yıldan beri yaygın bir şekilde kullanıla gelmiştir. Bazıları teknoloji ile birlikte gelişmekte ve ortaya çıkmaktadır. Bu deneylerin birçoğu mühendislik uygulamalarında daha yaygın olarak kullanılmaktadır. SPT geoteknik mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan arazi deneylerinden biridir.

Diğer arazi deneyleri ile karşılaştırıldığında SPT'nin üstünlükleri bulunmaktadır. Bu deneyde kullanılan mekanik ekipman (tij, numune alıcı, tokmak vs.) genel olarak daha basit ve dayanıklıdır. SPT, sondaj işlemi sırasında kuyu içinde kolayca uygulanabildiğinden maliyeti daha düşüktür. Deneyin önemli üstünlüklerinden biri de numune alınmasına izin vermesidir. Ayrıca bu deney tekniği, bütün zemin gruplarında ve yeraltı su seviyesi altında uygulanabilmektedir. Bahsedilen avantajlarının tümünü, başka bir arazi deneyinde bulmak mümkün değildir (Nixon, 1982).

SPT oldukça kapsamlı şekilde Kuzey ve Güney Amerika, Büyük Britanya ve Japonya'da kullanılmaktadır. Kuzey Amerika'da SPT zemin incelemelerinde anahtarbaşı olmuş ve olmaya da devam etmektedir (Horn, 1979). Mori (1979)'ye göre Japonya'da ön inceleme aşamasında sondajların % 90 dan fazlası SPT ile birlikte yapılmaktadır.

SPT dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi Türkiye'de de geoteknik incelemelerinde yaygın şekilde kullanılan bir arazi deneyidir (Emrem ve Durgunoğlu, 2000). SPT, ülkemizde sıklıkla karşılaşılan zeminler aşırı konsolide olmuş katı-sert killer, kumlar ve çakıllı kumlar olduğu için hemen hemen her zemin inceleme programının ana öğelerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Durgunoğlu ve Toğrol, 1974).

SPT, dinamik olarak 76 cm yükseklikten 63.5 kg ağırlığındaki bir tokmağın düşürülerek standart bir numune alıcının zemine 30 cm girmesi için gerekli darbe sayısının bulunması şeklinde uygulanmaktadır. Bu deney, yumuşak killer ve gevşek kumlardan, sert killer ve çok sıkı kumlara kadar çeşitli zemin türlerinde uygulanabilmektedir. Zeminin penetrasyon direncinin vuruş sayısı, SPT-N, yoluyla ölçülmesine, sınıflandırma ve indeks deneylerinde kullanılabilen temsili örselenmiş numuneler alınmasına imkân sağlamaktadır.

SPT, zeminin ön incelemeler ve tasarım aşamasında kullanılmaktadır. SPT-N ile zemin

özellikleri, temel tasarımı ve sıvılaşma riski arasında birçok yararlı korelasyonlar bulunmaktadır. Son yıllarda bazı mühendisler, ölçülen SPT- $N_{arazi}$  değerleri için, farklı tipteki tokmaları kullanmanın etkileri, jeolojik gerilme etkileri, tij tipi ve boyu, sondaj kuyusu gibi etkisi daha az olan diğer faktörleri açıklamak için çeşitli “düzeltmeler” geliştirmişlerdir. SPT’de uygulanan enerjinin miktarı ve tokmanın düşürülme biçimi gibi işlemler sırasında oluşabilecek hatalar, farklı değerlendirmelere sebep olabilmektedir. Bu yüzden çakma sırasında tokmanın tipi ve düşürülme yöntemine bağlı olarak üretilen enerji miktarının standart hale getirilmesi gerekmektedir. SPT-N ile zeminlerin çeşitli özellikleri arasındaki korelasyonların kullanılmasında, düzeltilmiş veya düzeltilmemiş SPT-N değerlerinin dikkate alınması hususu karmaşıklığa neden olmaktadır. Aslında bu çalışmanın ana amaçlarından birisi de pratik uygulamalarda karşılaşılan bu karmaşıklığı ortadan kaldırmak olacaktır.

SPT, temiz ince-orta kumlar, çok ince çakıllı kumlar ve az siltli kumların mühendislik özelliklerinin tahmini için yararlı olan bir deney türü olup bu zeminlerde daha uygun sonuçlar verirken, zemindeki kaba dane oranı arttıkça, özellikle iri çakıl bulunması durumunda elde edilen sonuçlar yanıltıcı olabilmektedir. Bununla beraber, silt ve killerin mühendislik özelliklerinin tahmininde de kullanılmaktadır. Bu korelasyonlar yaklaşık ifadelerdir ve onlardan tahmin edilen zemin parametrelerinin kullanımı mühendislik tecrübesi ve yorum gerektirmektedir.

Örselenmemiş numuneler almanın zorluğu yüzünden SPT, kohezyonsuz zeminlerin özelliklerini tahmin etmede yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. SPT, kumlar ve siltler için arazideki efektif kayma mukavemeti açısını ( $\phi^\circ$ ), rölatif sıklığını ( $D_r$ ) ve rezidüel drenajsız kayma mukavemetini ( $s_r$ ) tahmin etmede kullanılabilir. Kohezyonlu zeminlerde ise SPT-N ile serbest basınç mukavemeti ( $q_u$ ), drenajsız kayma mukavemeti ( $c_u$ ), hacimsel sıkışma katsayısı ( $m_v$ ) arasında ilişkiler geliştirilmiştir. Çeşitli zeminler için dinamik kayma modülü ( $G_s$ ), elastisite modülü ( $E_s$ ) ve kayma dalgası hızını ( $V_s$ ) veren korelasyonlar mevcuttur. Ayrıca SPT, kaba daneli zeminlerin sıvılaşma potansiyelini, sığ ve derin temellerin taşıma gücünü ve oturmalarını tahmin etmekte kullanılmaktadır. Hem oturma hem de taşıma gücü doğrudan SPT direncine bağlı olarak tahmin edilebilir. SPT-N değerine dayanarak sert killerdeki sürtünme kazıklarının taşıma kapasitesi hakkında kabaca fikir edinmek mümkündür. SPT ile tahmin edilen kilin kayma mukavemetinden statik kazık formülleri ile kil zeminlerdeki sürtünme kazıklarının birim uç mukavemeti ve birim çevre sürtünmesi tayin edilebilir.

## 2.2 Amaç ve Kapsam

SPT ve sonuçları üzerine yapılan literatür çalışmasında, SPT ile zemin özelliklerinin belirlenmesi ve Türkiye’de uygulaması üzerine, ülkemizde bu konuda önemli bir eksiklik olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada Türkiye’nin muhtelif yerlerinde önemli kamu kurumu ve özel şirketlerden kohezyonlu zeminlere ait SPT-N değerlerini içeren sondaj logları ve deney sonuçlarını kapsayan dokümanlar ile aynı loglarda SPT-N değerini gerçekleştiren ekipman ve deney prosedürünü içeren bir anket çalışması yapılmıştır. Dolayısıyla SPT-N ile zemin parametreleri arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi ve SPT-N değerini etkileyen faktörlerin gösterilmesi amaçlanmıştır. SPT kullanılarak, serbest basınç mukavemeti ( $q_u$ ), drenajsız kayma mukavemeti ( $c_u$ ) gibi zemin özellikleri büyük bir doğrulukla belirlenebileceği, buna karşılık hacimsel sıkışma katsayısı ( $m_v$ ) ve sıkışma modülü ( $M_c$ ) gibi zemin özelliklerinin belirlenmesinin doğru olmayacağı hipotezi kabul edilmiştir.

Bu bağlamda;

1. Türkiye’de kullanılan SPT ekipmanı ve uygulama yöntemlerinin belirlenmesi için yapılan anketlerin sonuçlarının değerlendirilmesi,
2. SPT-N değerleri üzerinde yapılan ve yapılmayan düzeltmelerin kohezyonlu zemin parametreleri üzerindeki etkisi ve hangi durumlarda nasıl kullanılması gerektiği,
3. Zemin cinslerini ve kıvam limitlerini dikkate alarak cep penetrometresi ve serbest basınç deneyinden elde edilen  $q_u$  ile SPT-N arasındaki ilişkileri,
4. Zemin cinslerini ve kıvam limitlerini dikkate alarak UC, UU ve FV deneylerinden elde edilen  $c_u$  ile SPT-N arasındaki ilişkileri,
5. Zemin cinslerini ve kıvam limitlerini dikkate alarak odömetre deneyinden elde edilen  $m_v$  ile SPT-N arasındaki ilişkileri,
6. Daha önceden yapılan araştırmalarda, araştırmacılar tarafından önerilen bağıntılarla, bu çalışmada bulunan korelasyonların karşılaştırılması, yapılmıştır. (Sivrikaya,2004)

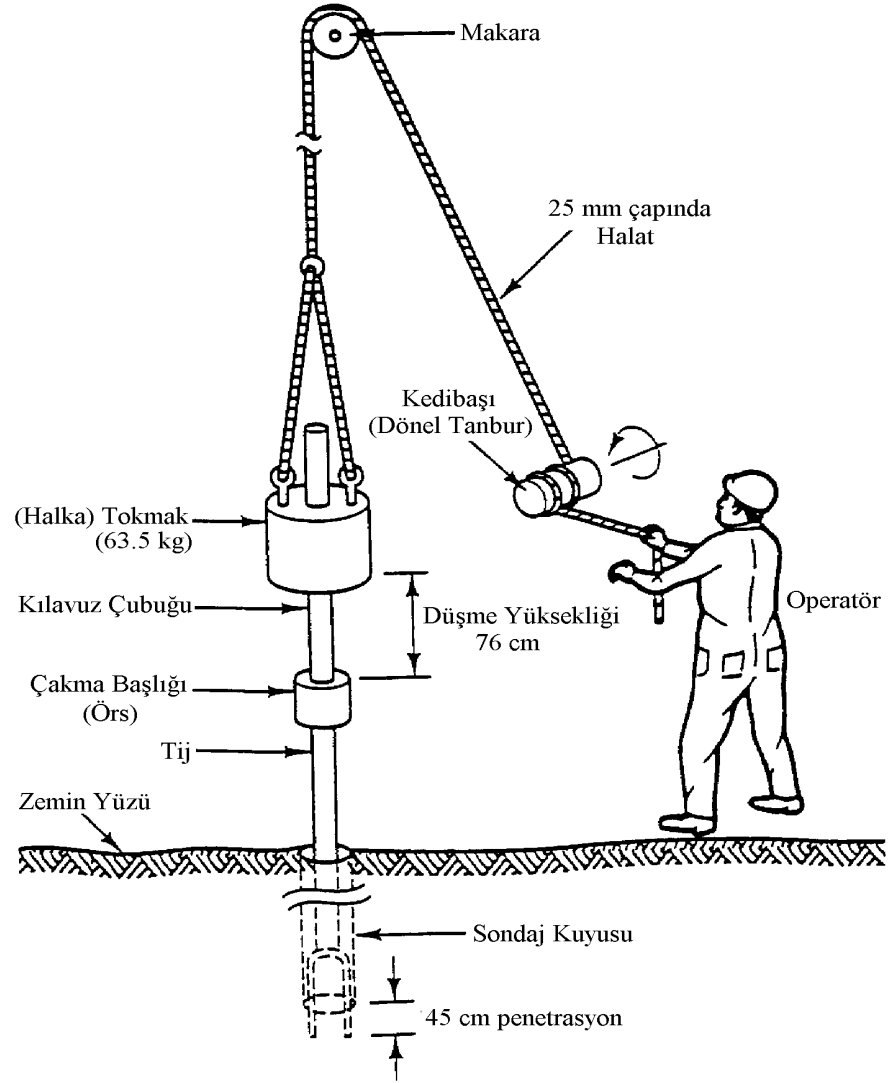
### 2.3 Deneyin Özellikleri

Dinamik karakterli SPT deneyinin en önemli özelliği kumlu zemine girişine gösterilen direnci ölçme yanında olumlu yanı örselenmemiş numune vermesidir. Deney 63.5 kg ağırlıkta tokmağın 762 mm yükseklikten düşürülerek ucu sertleştirilmiş çelikten kaşığı zemine 305 mm çakmak için gereken vuruşların (N) sayılmasıdır. Deney Türkiye’de en çok uygulanan tür olarak ön plana çıkmış olmakla birlikte önemli hatalara açıktır. Bu hatalar arasında düşüşün gerekli enerjiyi sağlamayacak biçimde yapılması, penetrasyon kaşığının çarığının hasarlı olması, operatör ön yargılarının sayıma yansması gösterilebilir. Deney simit tipi şahmerdan (donut) ile yapılmamışsa bu husus sondaj kaydına geçirilmelidir. Kumlar için geliştirilmiş bu deney kilerde zemin özelliklerini ölçmede kullanılmamalı, sadece zemin kıvamı hakkında bilgi edinmek için her 1.5m de yapılmalıdır. Sondaj çubuklarının ağırlığının aşırı artması nedeni ile deney uygulama derinliği 30 m, tercihen 20 m yi geçmemelidir.

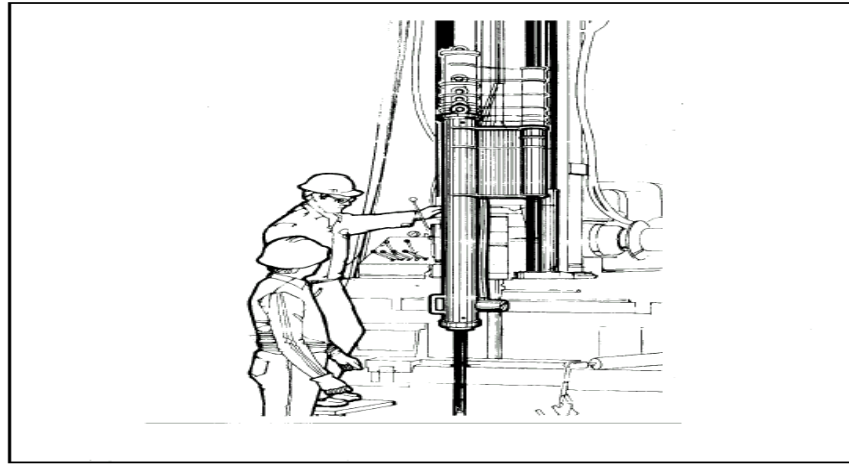
Deneyin en sakıncalı yanı ise ortalama çapı 20 mm den büyük çakıllı veya taş içeren zeminlerde uygulanması durumunda doğar. Tümüyle yanıltıcı sonuçlar verebilen bu uygulamadan kaçınmak gerekir.

SPT-N değeri ile kumun kayma direnci açısı  $\phi^\circ$  arasında güvenilir bir bağıntı vardır. Kumların sıvılaşma yeteneği ve TS1500/2000’de S simgesi taşıyan zeminler üzerine oturacak temellerin ani oturmaları ve güvenli taşıma gücü  $\sigma_{em}$  de bu deneyle sağlıklı olarak tayin edilebilir. Bu amaçla vuruş sayımı/numune alma aralığı 0.75 veya 1.5 m aralıklı olmalı ve çıkan tüm numuneler deneye tabi tutulmalıdır.

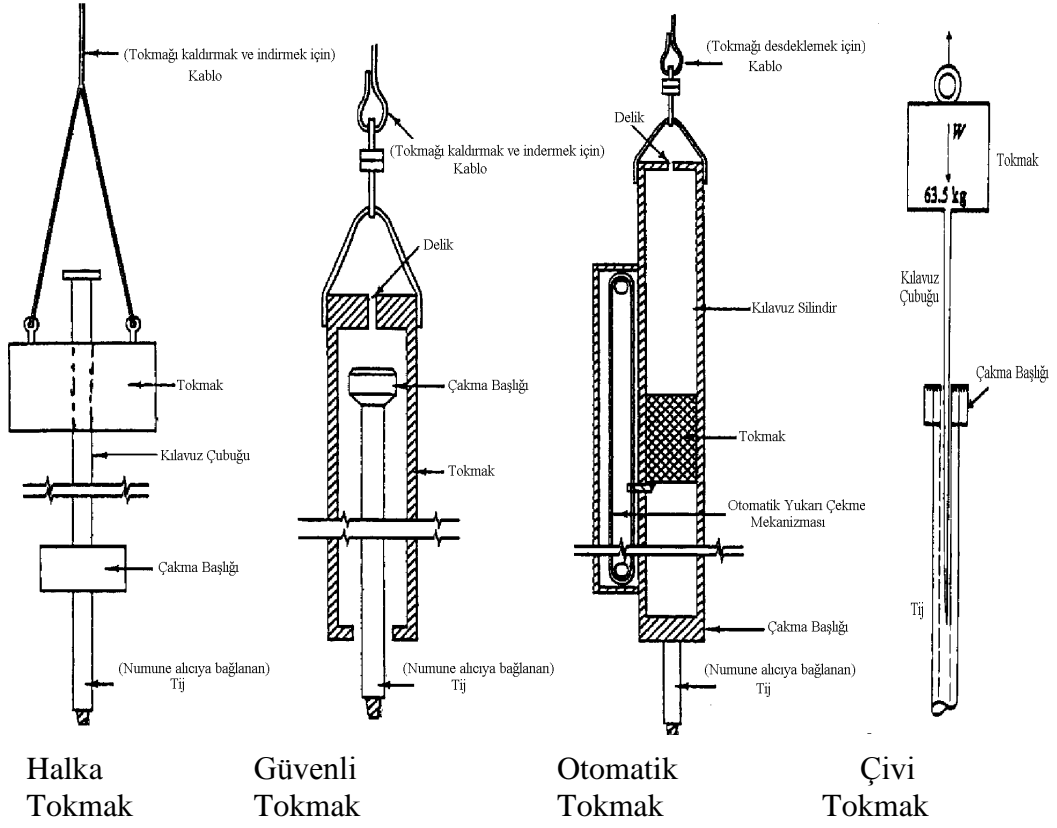




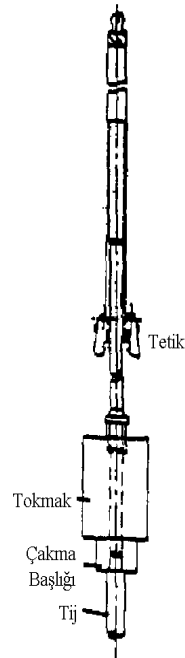
Şekil 2.1 SPT'nin yapılışı (Coduto, 1994).



Şekil 2.2 Otomatik CME tokmak sistemi (Farrar, Chitwood, 1999).



Şekil 2.3 Tokmak tipleri (Coduto, 1994 ve Bowles, 1996).



Şekil 2.4 Tetik Tokmak Düşürme Tipi ( Skempton,1986 )

Halka veya güvenli tokmağın kaldırılması ve bırakılmasının en yaygın metodu, halat ve kedibaşı yöntemidir (Şekil 2.1). Kedibaşına sarılı halat, tokmağı kaldırıp düşürmek için

kullanılır. Böylece tokmak çakma başlığına çarpar ve numune alıcı zemine çakılır. Tijler, 15 cm artımlarla üç kez işaretlenir. Numune alıcı çakıldığında, numune alıcının her 15 cm çakılması için gereken tokmak düşme sayısı kaydedilir. Son iki 15 cm'lik penetrasyonun toplamı için gereken vuruş sayısı, standart penetrasyon direnci, yani SPT-N değeri olarak alınır. Çakma işleminin tamamlanması üzerine numune alıcı sondaj kuyusundan çıkarılır. Yarık numune alıcı açılır ve temsili zemin numunesi alınır. (Sivrikaya, 2004)

### **2.3.1. SPT için ASTM Standartı Ayrıntıları**

Standart penetrasyon deneyi için “Standart” prosedür, ASTM D 1586 tarafından belirlenmiştir. Bu standart “Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils” başlığı altında detaylı bir şekilde verilmiştir. Bu standartın içeriği, zeminin numune alıcının penetrasyonuna karşı gösterdiği direncin ölçülmesi için yarık numune alıcının çakılması ve çakılan zemine ait numunenin elde edilmesi, genellikle SPT olarak bilinen, prosedürü anlatmaktadır.

ASTM D 1586, sondaj kuyusu açılması prosedürleri ve ekipman, numune alıcı, tokmak, çakma başlığı, tokmağı düşürme sistemi, sondaj kuyusu boyutları, numune alma ve test prosedürü hakkında bilgi vermektedir. Bu konulardaki ASTM gereksinimleri kısaca Tablo 2.1’de özetlenmiştir.

1982’de penetrasyon deneyleri üzerine yapılan İkinci Avrupa Sempozyumunda (ESOPT), Avrupada SPT’nin standartlaşması için oluşturulan alt komisyon tarafından önerilen yeni Avrupa standartına göre (Nixon, 1982), ASTM D 1586’dan farklı olarak;

1. Çakıllı zeminlerde SPT çarığı yerine masif çelik konik uç (Şekil 2.6) takılarak deney tatbik edilir.

2. Tokmak ağırlığı  $63.5 \pm 0.5$  kg (ASTM D 1586’a göre  $63.5 \pm 1$  kg), tokmağın düşürülme yüksekliği  $76 \pm 2$  cm (ASTM D 1586’a göre  $76 \pm 2.5$  cm) dir.

3. Sondaj çapı 60 ile 200 mm arasında olmalıdır

4. Tokmak düşürülme hızı 30 vuruş/dakika’yı geçmemelidir.

Tablo 2.1 SPT Deneyi İçin ASTM Standardının Özeti (ASTM D 1586)

Parça	Standart
Sondaj prosedürü	Numune alıcı sondaj kuyusuna sokulmadan önce temiz olacak şekilde, sağlam sondaj deliği sağlayan sondaj delgi ekipmanı kullanılmalı ve tamamen örselenmemiş zeminde penetrasyon deneyi yapılmalı.
Delgi tijler	Aynı hizada bağlantı çelik, rijitlik $\geq$ "A" tij rijitlik. Delgi tij gösterim listesi için Tablo 2.2'e bakınız.
Numune alıcı	İç çapı 1.5 in yarık numune alıcı. Boyutlar için Şekil 2.5'e bakınız. Sert çelikten yapılmış çarık kullanın. Numune alıcı içine kılıf (Şekil 2.8) ve/veya kapaklar (Şekil 2.7) izin verilir fakat kullanıldığı not edilmelidir.
Tokmak	$63.5 \pm 1$ kg ağırlığında içi dolu sağlam metalik kütle
Tokmak düşme sistemi	Halat kedi başı, tetik, yarı otomatik ve otomatik tokmak düşürme sistemleri (Şekil 2.1, 2.2 ve 2.4) kullanılabilir. Serbest düşmeye izin veren tokmak kılavuzu kullanılmalıdır. Tokmak $76 \pm 2.5$ cm yükseklikten düşürülmeli.
Sondaj kuyusu	Sondaj kuyusu çapı 56 - 162 mm olmalıdır.
Çakma başlığı	Çakma başlığın ve tokmağın temas ettiği kısımlar çelik olmalı.
Numunenin alınması ve Deney prosedürü	<p>Sondaj kuyusundan çıkan zemini uzaklaştır. Delgi tijleri ve numune alıcıyı sondaj deliğine indir. Örselenmiş kısmı geçmek için ilk çakma kısmı uygulanır. Delgi tijleri üzerinde ard arda üç 15 cm artımları işaretle. Numune alıcıyı tokmak vuruşuyla çak ve aşağıdakilerden biri meydana gelinceye kadar her bir 15 cm artımda uygulanan vuruş sayılarını say:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Üç 15 cm artımların herhangi biri esnasında, toplam 50 vuruş sayısı olması durumunda</li> <li>• 30 cm için toplam 100 vuruş sayısı olması durumunda</li> <li>• Ard arda 10 vuruşun uygulanması sırasında, numune alıcının ilerlemesinin gözlenmemesi durumunda</li> <li>• Numune alıcı 45 cm ilerlemesi durumunda</li> </ul> <p>Herbir 15 cm artım için vuruş sayılarını kaydet. "N" değeri ikinci ve üçüncü 15 cm penetrasyonun toplam değeridir. Numune alma tamamlandıktan sonra numune alıcıyı sondaj kuyusundan çıkar. Elde edilen zemin numuneleri bileşimi, rengi, tabakalanma ve durum hali tanımlanmalıdır. Her bir örnek numune parçaları, su muhtevası kaybını önleyen kabın içine koyulmalıdır ve uygun şekilde etiketlenmelidir.</p>

5. Numune alıcı 2 aşamada çakılır. Örselenmiş numuneyi geçmek için ilk önce 15 cm, ikinci aşamada 30 cm çakılır. İlk aşamada 15 cm için çakma sayısı 50'yi geçerse, ikinci aşamada 30 cm için 50 vuruş sayısı kabul edilir. Ayrıca ikinci 30 cm'de, 50 vuruş sayısı geçilemezse (konik ucun takılması halinde 100 vuruş sayısı) deney durdurulur. Tüm çakma işlemi bitirilmeden önce 1. ve 2. aşama sona erdirilirse vuruş sayısı olarak, 50 kabul edilmelidir.

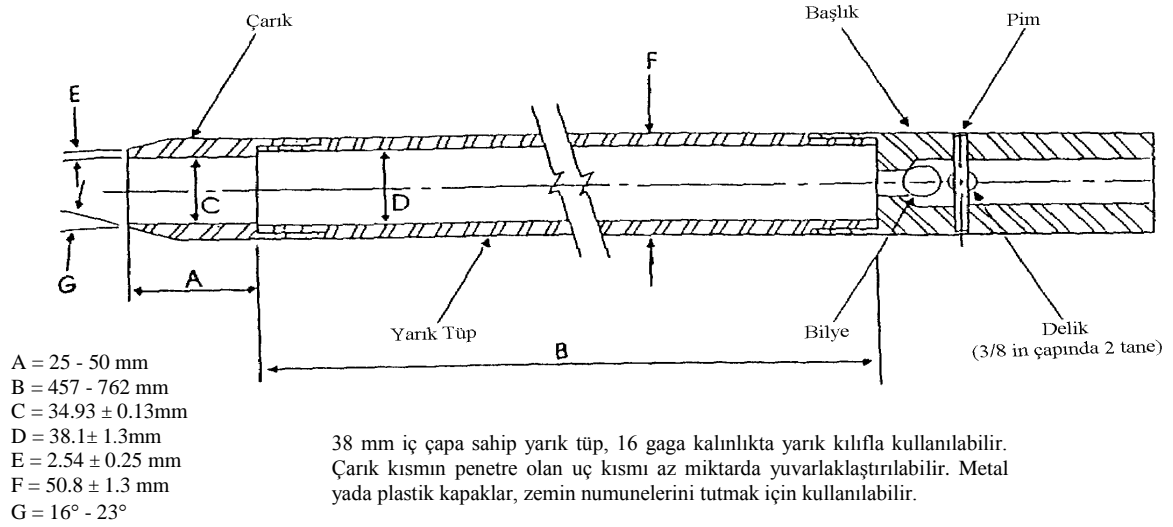
## **2.4. SPT için Prosedür ve Ekipman Ayrıntıları**

SPT, deneyde kullanılan ekipman ve prosedür konusunda günümüze kadar standartlaşma evresi geçirmiştir. Buna rağmen hala yoruma açık çeşitli bilinmeyen hususları içermektedir. SPT ve kullanılan ekipman hususunda, hala bir çok yanlış anlama vardır. Bu çalışmada, farklı yaklaşım ve yorumlara dikkat çekilmiş ve aşağıdaki bölümlerde önemli noktalar ele alınmıştır.

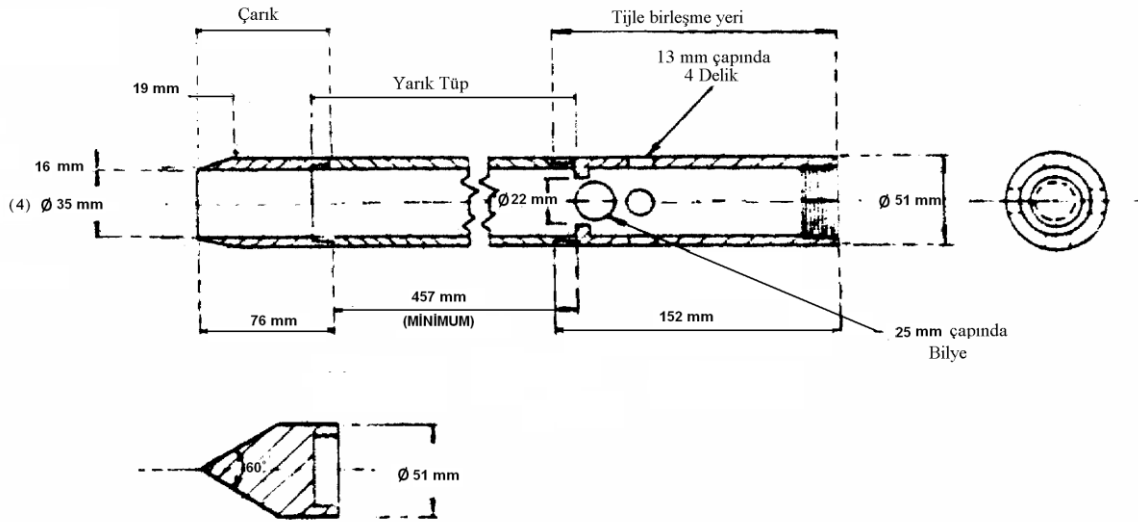
### **2.4.1 Sondaj Metodları**

İyi sondaj tekniği; SPT'den önce zemini örselemediğini doğrulayan yaklaşımdır. Gevşek kum zeminler sondaj yapılabilecek en zor zeminlerden biridir.

Deneyden önce, sondaj kuyusu dikkatli bir şekilde temizlenmelidir. Bu işlemi yaparken sondaj kuyusunun tabanının örselenmemesine dikkat edilmelidir. Sondajdaki su seviyesi, daima yeraltı su seviyesinde veya daha yukarıda tutulmalıdır. Sondaj deliği içerisinde yeterince hidrostatik basınç sağlanmalıdır. Sondaj deliği içerisindeki yeraltı su seviyesi yüksekliği, en az kum zemin içerisindeki piyezometrik basınca eşit olmalıdır. Aksi halde, akıcı kum durumu ortaya çıkar ve düşük N sayıları elde edilir. Deney yapılacak tabaka(lar) daki yeraltı su seviyesi hakkında bilgi kaydedilmelidir. Delgi aleti, deney kesitindeki zeminin gevşemesini önlemek için yavaş bir şekilde çekilmelidir. Zeminde sondaj işlemi yapıldığında, kendini tutamayan zeminlerde kaplama borusu ya da sondaj çamuru kullanılmalıdır. Kaplama kullanıldığı yerde, kaplama borusu deneyin başlayacağı düzeyin altına çakılmamalıdır.



Şekil 2.5 Standart penetrasyon kaşığı (numune alıcı) (ASTM, 1997).



Şekil 2.6 Avrupa standart penetrasyon kaşığı (Nixon, 1982).

Burada, sıkça kullanılan sondaj türlerine kısaca değinilecektir. Detaylı bilgi için ASTM D 1586 veya ESOPT'e önerilen yeni Avrupa standardına (Nixon, 1982) müracaat edilebilir.

#### 2.4.1.1 Rotary Sulu Sondaj

SPT'nin ilk yapıldığı yıllardaki veriler, temiz su ile yapılan rotari sondajdan elde edilen SPT-N değerinin, sondaj çamuru kullanılandan çok düşük olduğunu göstermektedir. Gevşek doygun kumlarda sondaj yapmak için en iyi yol bentonit veya polimerle artırılan sondaj suyu ve fişkırtma ile oluşacak örselenmeyi önleyecek sondaj uçları kullanmaktır. Sulu rotary metod,

doygun kumlarda SPT-N deęerini belirleme için dūřunūlen en iyi yōntemdir (Farrar, 1999).

#### **2.4.1.2 İçi Boş Burgular**

Bu metod, suya doygun gevşek kumlarda başarılı bir şekilde kullanılabilir. İBB kullanırken ana problem, burguların, kumu gevşetip kabartmasıdır.

#### **2.4.2 Prosedūr Deęiřkenleri**

##### **2.4.2.1 Deney Aralığı**

USBR 7015'ye gōre SPT prosedūri, deney için en yakın aralığın 76 cm olduğunu sōylemektedir. Tavsiye edilen bu aralığın, bir sonraki deney için tabakanın ōrselenmedięi kabulūdur. Bu ōzellikle kumlu zeminlerde geçerlidir. Dięer silt, kil ve çakıl gibi zeminlerde SPT yapılır fakat bu zeminlerdeki deney aralığı azaltmak gerekemeyebilir (Farrar, 1999).

##### **2.4.2.2 Tokmak Dūřūrölme Oranı**

Henūz, dakikada 50 ve 15 vuruř ile yapılması halinde deneyden elde edilen SPT-N deęerleri arasında fark olup olmadıęı tam olarak bilinmemektedir. Tokmak dūřūrme oranı (hızı), drenajın dikkate alınması gereken durumlarda ōnemlidir. Temiz kumlarda, tokmakların dūřūrölme sonucunda oluřan tekrarlı yūklere altında meydana gelen bořluk suyu basınçları, kolayca sōnūmlenebileceęi için, vuruř sayıları yūksektir. Alūvyon temiz kumlar için, tipik vuruř sayısı, dakikada 20 vuruřtur. Siltli kumlar (SM) gibi % 30 ince dane içeren zeminlerde drenaj meydana gelemmez ve çakma sayısı dūřer. Alūvyon kirli kumlardaki tipik vuruř sayısı, dakikada 20, daha dūřuk drenaja sahip yumuřak killerde 5 veya 10 olabilmektedir. Çoęu SPT standartlarında dakikada 20 - 40 vuruř ōnerilmektedir. Dūřme oranını yani sayısını kontrol eden tokmaklar kullanılıyor ise, dakikada 20 ile 40 arasında vuruř saęlanmaya alıřmalldır. Bununla beraber CME otomatik tokmak (řekil 2.2) gibi, daha hızlı oranda tokmak vuruřları saęlayan tokmak sistemleri mevcuttur (Farrar, 1999).

##### **2.4.2.3 Vuruş Sayılarının Sınırlandırılması**

ASTM D-1586'ya gōre, 100 vuruş sayısından sonra çakma işlemi sona erdirildiğinden dolayı çoğu firmalar SPT-N değeri 100 olduğunda çakma işlemini bırakır. USBR (Farrar, 2001)'ye gōre, ise 50 vuruş sayısında çakma işlemine son verilir. Bu, ōzellikle ekipmanın zarar gōrmesini ōnlemek için yapılmaktadır. akıllı zeminlerde, çakma vuruşu yapıldığında

penetrasyon miktarı kaydedilmektedir. Her vuruş için penetrasyonun kaydedilmesinin sebebi, mühendisin kumlu veya killi tabakayı arıyor olmasıdır. ABD’de “Earth manual” (Farrar, 1999)’de prosedür her 3 cm için, vuruş sayısı dikkate alınır.

### **2.4.3 SPT Kaşığındaki Değişkenler**

Standart penetrasyon kaşığı, çarık, numune alıcı tüp ve başlıktan oluşmaktadır. Çarık, çok sert çelik olmalıdır. Çarık önemli derecede hasar aldığı anda, biçimi bozulduğunda ve çarpıklaştığında değiştirilmelidir. Numune alıcının, merkezi kısmı çelik ve numunelerin kolay çıkarılmasına ve incelenmesine izin veren yarık tüp şeklinde olması gerekmektedir. Numune alıcı, havalandırma deliğine ve havalandırma deliğinin altında çelik bilye (yaklaşık 25 mm çapında)’ye sahip olmalıdır. SPT kaşığındaki değişkenler, ASTM D 1586 ve Avrupa Standartlarında Şekil 2.6’da gösterilen boyutlara sahiptir.

#### **2.4.3.1 Numune Alıcı Tüp**

Standart numune tüpün dış çapı, 50.8 mm’dir. Amerika’da, özel endüstride 63.5 ve 76.2 mm dış çapındaki tüp sıkça kullanılmaktadır. Bu farkın SPT-N üzerindeki etkisi bilinmemektedir. Yalnızca Farrar (1999) tarafından elde edilen verilerde, gevşek kum ve kumlu dolgu malzemelerinde çok büyük farkın olmadığı görülmüştür. Burada, çakıllı zeminlerde 76.2 mm’lik tüp - beklendiği gibi - 63.5 mm’lik tüpten daha düşük SPT-N değerleri vermektedir. Sondajın tabanındaki sıkı kumlarda ise, 63.5 mm’lik numune alıcı, sürtünmeden dolayı 76.2 mm’lik numune alıcıdan daha düşük SPT-N değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Bu sonuca göre, daha geniş numune alıcı tüpün etkisi, killi zeminlerde SPT-N değerini etkilemezken, orta sıkı kumlarda bir miktar artma meydana getirdiği kabul edilebilir (Farrar, 1999).

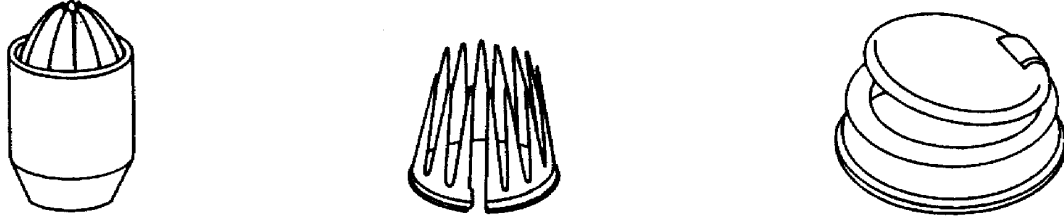
#### **2.4.3.2 Çarık**

USBR’a göre, numune alıcı çarığın boyutları standartlaştırılmış olup ASTM D 1586 ile uyumludur (Şekil 2.5). Çarığın çapı sabit olup 34.9 mm’dir. Çarığın iç yüzeyi pürüzsüz, sert, gevrek çelikten yapılmış olmalıdır. SPT, çakıllı zeminlerde genellikle güvenilir SPT-N değeri vermez. Çakıllı zeminlerin sıklığını tesbit etmek için daha geniş numune alıcı ve tokmaklar kullanan diğer metodlar vardır. Çakıllı alanlarda yaygın olarak “Becker Penetrasyon Deneyi, (BPT)” kullanılmaktadır. Bununla beraber, EPRI’de (Nixon, 1982) çakıllı zeminlerde çarık yerine solid koni uç takılarak çakma işlemi yapılmaktadır.



### 2.4.3.3 Numune Tutucular

Numune tutucuların (kapaklar) kullanımının etkisini gösteren kontrollü bir çalışma yapılmadığından numune tutucuların kullanılmasının etkileri bilinmemektedir (Farrar, 1999). Numune alıcı tüpün içini daraltacağı için, SPT-N değerinde çok az büyümeye sebep olabilir.



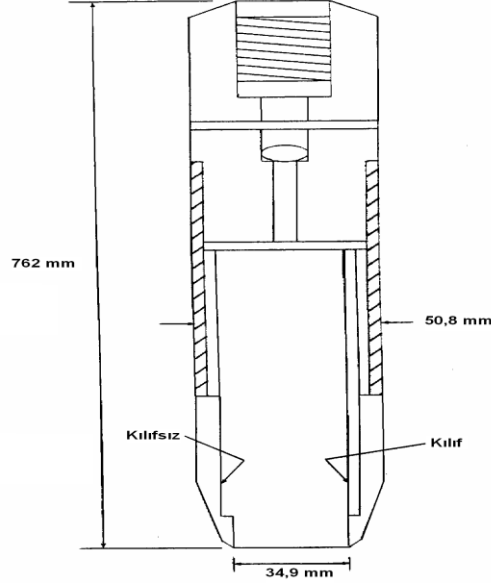
Şekil 2.7 Numune alıcıya takılabilen kapaklar (Bowles, 1996).

Bir çok tip numune tutucu kapaklar mevcut olup bazı tipleri diğerlerinden daha avantajlıdır. (Şekil 2.7). SPT yapılacak zeminin cinsine göre, kapaklar seçilir.

### 2.4.3.4 Numune Tüp Kılıfları

ABD’de SPT’lerin çoğu, kılıfları içerisine konulmak üzere yapılan numune alıcı ile yapılır (Şekil 2.8). Fakat kılıf genellikle içine konulmaz, ihmal edilir. Numune alıcı kılıfsız kullanılmışsa not edilir. Numune alıcının kılıfsız olup olmadığı, parmak çarığının içerisine sokularak tüpün içerisinde hareket ettirmek suretiyle anlaşılır. SPT’nin ilk geliştirildiği yıllarda, kılıflar sıkça kullanılmıştır. Fakat ABD’de bu kullanım azalarak, 1960 yıllarında terk edilmiştir.

Şimdilerde tüm SPT ekipman üreticilerinin çoğu tüpün içine kılıf girecekmiş gibi üretim yapmaktadır. Aynı zamanda ABD dışındaki ülkelerin hepsi iç çapı sabit olan numune alıcı tüpü kullanmaktadırlar.



Şekil 2.8 Numune alıcı içindeki kılıf durumu (Al-Khafaji ve Andersland, 1992).

SPT yapılan zeminlerde, genişletilmiş ve sabit çaplı tüpler arasındaki SPT-N değerindeki fark net değildir. Japonya’da yapılan bir çalışmaya göre killi zeminlerde farklar % 10’a; kumlarda ise % 25’e kadardır. Gevşek kirli kumlarda, sabit iç çapa sahip tüp, yalnızca 1 veya 2 sayı kadar artabilir. Temiz kumlarda ise, fark 4 veya 5 vuruş sayısı kadar olabilmektedir (Farrar, 1999).

#### 2.4.3.5 Numune Alıcı Uzunluğu

1992’de yeniden revize edilen ASTM D 1586 - 84 ve EPRI (1982)’ye göre standartlaşmış tüp uzunluğu Şekil 2.5 ve 2.6’da gösterilmiştir. Her iki standatta minimum uzunluk 457 mm olarak önerilmiştir. USBR ise 609.6 mm yarık tüp kullanmaktadır. Ekstra uzunluk kullanmanın amacı, bilya deliğini tıkamaksızın çamura yer sağlamaktır.

#### 2.4.3.6 Havalandırma Delikleri

Sondaj çamuru ile sondaj yapıldığında, ASTM ve USBR’ye göre SPT prosedürlerindeki numune alıcı başlığı için istenen havalandırma delikleri yetersiz kalmaktadır. ASTM standardı, bilye üzerinde iki adet 9.5 mm çapında delik, EPRI standardı ise dört tane 13 mm çapında delik önermektedir (Şekil 2.6). Özellikle bilyenin yerine iyi oturup oturmadığı kontrol edilmelidir. Aksi takdirde numuneyi dışarı itmeye çalışan büyük bir sondaj çamuru baskısı ile karşı karşıya kalınılabılır.

#### 2.4.4 SPT Ekipman Değişkenleri: Tokmaklar, Çakma Başlıkları ve Tijler-Enerji İlişkileri

Son 30 yılda mühendisler SPT'nin mekanik yönünü incelemeye başladılar. İlk önceleri tokmağın düşme yüksekliği ve hızı ölçüldü. Bu ölçümler, tokmak enerjisi üzerinde kedibaşına sarılan halatın sarım sayısı gibi değişkenlerin etkilerini gösterdi.

Enerji aktarımındaki değişkenler; tokmak tipi, tokmak düşürülme yüksekliği, tokmak düşerken oluşan sürtünme, çakma başlığına çarpmada oluşan enerji kayıpları ve tijlerdeki enerji kayıplarıdır. Numune alıcı tüpe aktarılan enerjinin ne olduğunu bilmememiz gerektiğinden, enerjiyi ölçmek için en mantıklı yer, numune alıcının hemen üzerindeki tijler olarak gözükmemektedir. Bu çok olası ve makul değıldir. Bu yüzden ölçümler, çakma başlığının hemen altındaki delgi tijlerinin baş kısmında yapılmıştır. Bu enerji ölçümleri kolay değıldir. Önceleri farklı kuvvet transduserleri (force transducers) kullanılarak, 1990'larda ise akselerometre (accelerometers) kullanılarak yapılan ölçmelerden bazıları birbirleriyle çelişmektedir. Şimdilerde mühendisler, kafalarını kurcalayan bu durumu çözmek için çalışmalarını sürdürmektedirler (Farrar, 1999). Tokmağın düşürülmesi sonucunda, delgi tijlerindeki enerji oranı, ER,

$$ER = E_{ölçülen} / E_{teorik} * 100 \quad (2.1)$$

olarak gösterilmektedir. Delgi tijleri üzerindeki enerji ölçümleri ( $E_{ölçülen}$ ) 1980'lerde yapılmaya başlanmıştır. Bu ölçümler gösterdi ki, geniş çakma başlığına sahip bazı tokmaklar, özellikle halka tokmaklar, 76.2 cm'den düşürülen 63.5 kg ağırlığındaki tokmağın toplam potansiyel enerjisinin % 50 mertebesinde çok düşük enerjiyi aktarmaktadır. Farklı tokmalardan elde edilen SPT-N değerlerini karşılaştırmak amacıyla çalışmalar yapıldı. Bu çalışmalar sonucunda SPT-N değeri, aktarılan enerji ile orantılı olup, belirli bir ortak enerjiye göre düzenlendiği anlaşılmıştır. Kullanılan güncel uygulama, SPT-N değerini % 60 sondaj tij enerjisine (ER) göre normalize etmektir.

Numune alıcıya aktarılan enerji, bir vuruş için teorik olarak maksimum enerjinin, ( $E_{teorik} = 475 \text{ J}$ ), % 60'ı 285 J olmalıdır. Bu, güvenli tokmak tarafından aktarılan enerjidir. Güvenli tokmaktan başka bir tokmak kullanılırsa, arazide ölçülen vuruş sayısı ( $SPT-N_{arazi}$ ), teorik enerjinin % 60'ı olan uygun bir enerjiye düzeltilmesi gerekmektedir. Enerji düzeltme faktörleri detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

#### **2.4.4.1 Tokmaklar ve Tokmak Düşürülme Şekilleri**

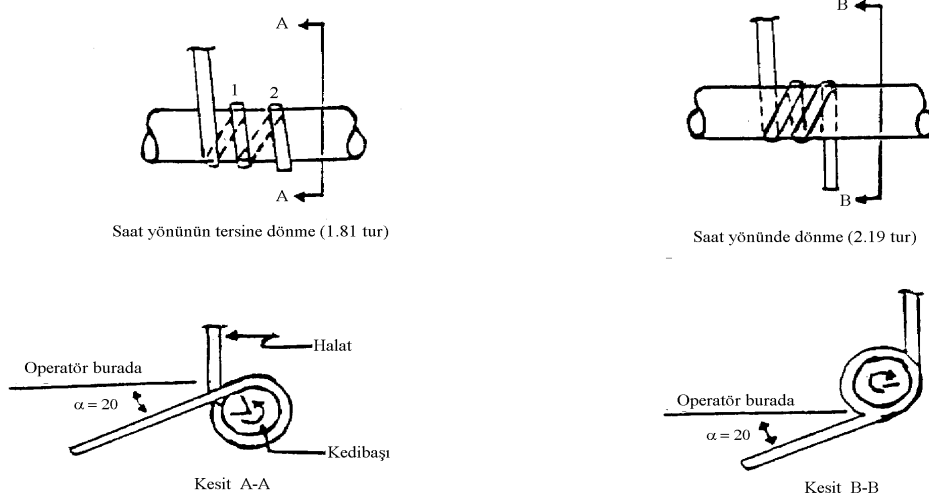
Bir çok türde, SPT tokmakları ve düşürülme mekanizmaları (Şekil 2.1, 2.2 ve 2.4.) mevcuttur. Şekil 2.3'de halka, çivi, güvenli ve otomatik tokmaklar görülmektedir. İlk zamanlarda çivi ve halka tipi tokmaklar kullanılmıştır. ABD'de halka tokmak, kapalı çakma başlığına sahip güvenli tokmağa göre kullanılabilirliğini yitirmiştir. Artık numune alıcı tüpe aktarılan enerji tekrarlılığını geliştirmeye yardımcı olan yeni otomatik tokmaklar (Şekil 2.2) da kullanılmaktadır.

##### **2.4.4.1.1 Güvenli Tokmaklar (Safety Hammers)**

Bu tür tokmaklar, SPT'nin yapılmasında ekonomik ve güvenlidir. Kapalı çakma başlığı, küçük metal parçalarının fırlamasından ve operatörün çakma yüzeyine ellerinin gelmesinden doğacak tehlikeyi ortadan kaldırır. Güvenli tokmakta, deney kurallara uygun ve sürekli olarak yönetildiği sürece, doğal geometrisinden dolayı, enerji aktarımı yalnızca yaklaşık % 20'e kadar değişmektedir.

Güvenli tokmaklar, yaklaşık 81.3 cm toplam vuruşa göre dizayn edilmelidir. Operatörün 76.2 cm düşüşü görebilmesi için kılavuz çubuğu üzerine işaret konmalıdır (Farrar, 1999).

Güvenli tokmakların en kullanışlı durumu, kedibaşına 2 sarımla (Şekil 2.9) uygulanan tokmak düşürülmesi sonucu oluşan enerjinin % 60'ını aktardığının kabul edilmesidir. Gerçekte tokmaklar, tasarımlarına bağlı olarak numune alıcıya enerjinin yaklaşık % 60 - 75'ini aktarırlar. Enerji aktarımını etkileyen bir faktör de kılavuz çubuğudur. Bazı güvenli tokmaklar ile içi dolu tijler kullanılırken, bazen de içi boş AW tipi tijler kullanılmaktadır. İçi dolu kılavuz çubuğuna sahip güvenli tokmak, içi boş kılavuz çubuğuna sahip güvenli tokmaktan daha az enerji aktarımı sağlamaktadır. Bununla beraber, bu farklar önemli farklar değildirler (Farrar, 1999).



Şekil 2.9 Halatın sarım devir sayısı ve açısının tanımları (Kovacs, 1980).

#### 2.4.4.1.2 Halka Tokmaklar (Donut Hammer)

Bu tokmaklar tavsiye edilmemektedirler. Ancak özel durumlarda halka tokmaklar kullanmak zorunda kalınabilir. Eğer, deney sıvılaştırma analizi için ise, kullanılan halka tokmağın enerjisinin ölçülmesi gerekmektedir.

Halka tokmakların kullanımının verimsiz olduğu düşünülmektedir. Fakat tokmak küçük çakma başlığına sahipse, güvenli tokmağa yakın verimliliğe sahip olabilir. Geniş çakma başlığı çakma enerjisinin bir bölümünü absorbe etmektedir.

Çoğu SPT, halat ve kedibaşı yöntemi kullanılarak yapılır. Bu metotta tokmak, makaraya giden kedibaşına sarılı halat tarafından kaldırılır. ASTM ve USBR standartları kedibaşına sarılı halatın 2 devir olmasını istemektedir (Şekil 2.9). Halat 76 cm düşürülme yüksekliğine kaldırıldıktan sonra, mümkün olduğu ölçüde tokmağın serbest düşmesine izin veren kedibaşına sarılı halat serbest bırakılır. Halat-kedibaşı yöntemi kullanıldığında, kedibaşına oldukça yakın olmaktan kaçınılması gerekmektedir. Kedibaşında halat sarım sayısı arttıkça sürtünme artacağından aktarılan enerji daha az olacağı için SPT-N değeri artacaktır. Ayrıca halat eski, aşınmış ve kirli olursa, kedibaşında ve makarada daha çok sürtünme meydana gelir.

Ayrıca yarı otomatik yahut da Japonya ve İngiltere’de oldukça kullanılan “tetikleme” (trigger) yöntemleriyle de tokmakların düşürülmesi yapılabilmektedir (Şekil 2.4). Düşme ağırlığının enerjisinin, kılavuz çubuğu ile çakma ağırlığı arasındaki sürtünme tarafından azaltılmadığına emin olacak özel önlemler alınmalıdır. Burada kendi tetikleme

mekanizmasına sahip (self-triggering hammer) tokmak tavsiye edilmektedir. Serbest düşmeyle bırakılan tokmak, tekrar elde edilebilir sonuçlar vermekte ve sürtünme vincine bağlı kenevir halatın çekilip bırakılması sonucu düşürülen tokmaktan daha düşük SPT-N değerleri vermektedir.

#### **2.4.4.1.3 Otomatik Tokmaklar (Automatic Hammers)**

Otomatik tokmaklar, genellikle daha güvenli ve uygulamasında tekrarlanabilme imkânı sağlamaktadırlar. İlk otomatik tokmak tipi, CME (Central Mine Equipment) firması tarafından yapılmıştır (Şekil 2.2). Otomatik tokmağın başka bir tipi, “Foremost Mobile Drilling Company” tarafından üretilmiştir. Fakat tokmağın düşürülme mekanizması sabit hızlı değildir. Bu tokmağın diğer bir problemi de oldukça gürültü çıkarmasıdır.

Otomatik tokmakların bazılarının enerji transferi, halat-kedibaşı tokmaklarla yapılan uygulamalardan önemli derecede yüksektir. CME otomatik tokmak sabit hız ayarlı (örneğin dakikada 50 vuruş gibi) olup, numune alıcıya yaklaşık % 60 - 90 arasında değişen enerji aktarmaktadır. Otomatik CME tokmak sistemi, imalat yönetmeliğine göre uygulandığında, halat-kedibaşı ve güvenli tokmak sistemlerinden elde edilen SPT-N değerlerinden 1.5 kata kadar daha düşük sonuçlar vermektedir. Mobile tokmak ise, iki büyük parça çakma başlığı yüzünden, daha düşük hız ve verimliliğe sahiptir. Otomatik tokmak kullanılıyorsa, zemin inceleme tutanağına otomatik tokmak kullanıldığını belirtmek ve diğer detaylı bilgileri rapor etmek, unutulmamalıdır.

#### **2.4.4.2 Tijler ve Tij Uzunlukları**

Standart numune alıcının çakılması için kullanılan tijler, AW delgi tijlerindeki rijitliğe eşit ya da daha büyük olmalıdır. 15 m’den daha derin sondajlar için rijitliği tip BW delgi tijine eşit ya da daha büyük tijler kullanılmalıdır. Deney esnasında kullanılan tijin rijitliğinin penetrasyon direncini etkilediğine inanılmaktadır. Özellikle hafif tijler tokmağın düşürülmesiyle ezilir. Tijler sıkı biçimde birbirine takılmalıdır.

SPT için AW tij tipinden NW tij tipine (Tablo 2.2) kadar tijler, deney için kabul edilmektedir. 22.86 m’den daha büyük derinliklerde daha küçük AW tipi tijlerin eğilmesi, bükülmesi veya burkulması hakkında bazı endişe ve kaygılar vardır. Bu durumlarda BW tipi veya daha geniş tijler kullanılması tavsiye edilmektedir. Burkulmadan oluşan, enerji transferi kaybını gösteren kesin bir çalışma yapılmamıştır. AW ile NW tip tijler arasındaki enerji

transferinde, büyük bir fark yoktur. Farklar % 10 enerji oranından daha düşüktür. Fakat birinin diğerine göre daha verimli tij olduğunu gösteren herhangi, kesin bir çalışma yoktur. Günümüzdeki çalışmalar bu etkinin daha da düşük olabileceğini göstermektedir (Farrar, 1999).

Çok kısa tijler kullanıldığında numune alıcıya varacak enerji girişi, yansıyan dalgalar yüzünden erken sona erer. Gerçekte enerjinin erken sona ermesi 9 m derinliklere kadar bir problemdir. Fakat düzeltme küçük olup sıkça dikkate alınmaz. Enerjinin sönümlenmesi aynı zamanda delgi tijlerinin boyutunun bir fonksiyonudur. Sığ derinliklerde SPT-N değerleri daha yüksektir. 30 m'den daha büyük delgi tijlerde, bazı kayıplar olacağı için, düzeltme yapılmalıdır. Yapılan çalışmalarda 30 m'den 60 m'ye kadar enerjideki azalma % 10 civarındadır (Farrar, 1999).

Schmertmann ve Palacios (1979) yapmış oldukları çalışmalarda, 30 m'den daha düşük tij uzunlukları için enerji kaybının ihmal edilebilir olduğunu göstermişlerdir. Genellikle NW tip tijler kullanılmalı ve sondaj logunda belirtilmelidir. Kısa tij uzunlukları için düzeltmeye (Hall, 1982, Schertmann ve Palacios, 1979, Yokel, 1982) gereksinim olduğu için, tij uzunluğunun 14 m'den düşük olduğu yerlerde her çakma için tij uzunluğu kaydedilmelidir. Kısa tij uzunlukları için aktarılan düşük enerjinin düzeltilmesi için yaygın ve güncel uygulama, 3 m'den daha düşük sondaj derinlikleri içerisinde ölçülen SPT-N değerleri 0.75 faktörü ile çarpılır (U.S. Dept. of the Army, 1988). Bir başka yöntemde ise SPT-N değerlerini elde etmek için, ölçülen SPT-N değerleri ASTM D 4633-86 da listelenen K2 değerlerine bölünür.

Tablo 2.2 Delgi Tij Boyutları (McGregor and Duncan, 1998).

Boyut	Dış çap		İç çap		1 in'deYiv sayısı	Ağırlık (kg/m)
	in.	mm	in.	mm		
E	1-15/16	49.2	7/8	22.2	3	4.0
EW	1-3/8	34.9	15/16	23.8	3	4.2
A	1-5/8	41.3	1-1/8	28.6	3	5.7
AW	1-3/4	44.5	1-1/4	31.8	3	6.4
B	1-7/8	47.6	1-1/4	31.8	5	5.4
BW	2-1/8	54	1-3/4	44.5	3	6.4
N	2-3/8	60.3	2	50.8	4	7.4
NW	2-5/8	66.7	2-1/4	57.2	3	8.2
HW	3-1/2	88.9	3-1/16	77.8	3	13.1

### **2.4.4.3 Operatör Etkileri**

SPT, yüksek oranda sondaj ekibinin, özellikle sonderin, eğitimine yani tecrübesine, profesyonelliğine ve dikkatine bağlıdır. Aynı zamanda o günkü tutum ve davranışı çok önemlidir. SPT bir takım işidir. Mümkün olan en kaliteli verileri elde etmek için, mühendis ile sondajda çalışanların takım halinde çalışması önemlidir.

### **2.4.5 SPT’de Numunenin Çıkarılması, Etiketlenmesi ve Sonuçlarının Rapor Edilmesi**

Deneyden sonra numune alıcı yüzeye çekilir ve açılır. Zemine ait örnek numune veya numuneler hava geçirimsiz kap içine konmalıdır.

SPT numune alma yarık tüpünden elde edilen numune, sınıflandırma için kullanılır. Numune, deformasyon veya mukavemet özelliklerinin belirlenmesi noktasından bakıldığında, örselenmiş kabul edilir.

Arazi ismi, sondaj kuyusu numarası, numunenin sayısı, penetrasyonun derinliği, elde edilen numune uzunluğu, numune alma tarihi bilgilerini içeren etiketler, hava geçirimsiz kavanoz veya naylon torbalar üzerine yapıştırılmalıdır.

Aşağıdaki bilgiler SPT’nin sonuçlarında rapor edilmelidir:

1. Penetrasyon kaydı (SPT-N)
2. Deneyin yapıldığı derinlik
3. Yeraltı su seviyesi ve her deneyin başlangıcında sondaj kuyusundaki su seviyesi üzerine bilgiler
4. Numuneden tanımlanan zeminin cinsi ve türü (veriler buna izin verirse sondaj kuyusunun zemin profili ile birlikte)

Aşağıdaki bilgiler de bu raporla birlikte verilmelidir:

1. Sondaj tarihi
2. Sondaj kuyusu numarası



3. Sondaj yöntemi ve kullanılan kaplama borusu cinsi
4. Penetrasyon deneyi için kullanılan tijlerin ağırlığı ve boyutu
5. Tokmak ve çakma başlığı tipi ( Sivrikaya , 2003 )

## **2.5 SPT'nin Sonucunu Etkileyen Faktörler ve SPT-N<sub>arazi</sub> Değerinin Düzeltilmesi**

### **2.5.1 SPT-N Değerini Etkileyen Faktörler ve Değişkenler**

SPT'nin sonuçlarını doğru bir şekilde yorumlamak için, deneyde kullanılan aletlerin ve deneyin nasıl yapıldığının tamamen bilinmesi gerekmektedir. SPT için kullanılan aletler, ülkeden ülkeye, statik penetrometre aletinden daha fazla değişiklik arz etmektedir (Sanglerat, 1972).

Birçok faktör ve değişkenler SPT sonuçlarının geçerliliğini ve kullanılabilirliğini etkilemektedir. Ölçülen penetrasyon direnci (SPT-N<sub>arazi</sub>), bu faktörlerin sonucu olarak çok aşırı yüksek veya çok aşırı düşük olabilmektedir. Aşırı yüksek olarak ölçülen SPT-N<sub>arazi</sub> değeri, zeminin özellikleri ve taşıma gücü hakkında güvenli olmayan tahminler yapılmasına sebep olmaktadır. Aşırı düşük olarak ölçülen SPT-N<sub>arazi</sub> değeri ise, aşırı güvenli sonuçlara sebep olmaktadır. ASTM standardı, deneyin yapılışı ile ilgili fazla detay belirlemediği için, belirli bir deneyden elde edilen sonuçlar “yanlış” olmayabilir. Fakat bunların, geoteknik tasarımda faydalı olabilmesi için düzeltilmeleri gerekmektedir. Birçok yazar SPT sonuçlarını etkileyen faktörleri, aşağıdaki bölümlerde özetlendiği gibi, tanımlamışlardır. Çeşitli araştırmacılar özel faktörlerle bağlantılı SPT-N değerlerindeki değişimi sayısal olarak tahmin etmişlerdir. Diğerleri ise, bu faktörler yüzünden standart penetrasyon direncindeki değişimi “artma” veya “azalma” şeklinde olarak belirtmişlerdir. Bu faktörler ve değişkenler bu bölümde özetlenmiştir.

SPT sonuçlarını etkileyen faktörler, yanlış sondaj metotları, yanlış sondaj deliği stabilizasyonu, yanlış deney prosedürü, standart olmayan veya hatalı aletlerin kullanımı ve sonuçların doğru olarak kaydedilmemesini içermektedir. Bu bölüm, bu faktörlerin ölçülen penetrasyon direnci üzerindeki etkilerini hem sayısal ve hem de tanımlayıcı tahminleri içermektedir.

Tablo 2.3 Ölçülen Penetrasyon Direncini Etkileyebilen Faktörler (Navfac, 1982)

Prosedür	Yorumlar
Sondaj deliğinin yeterince temizlenmemesi.	SPT yalnızca örselenmemiş zeminde yapılır. Numune alıcıya çamur girer ve numune alıcı çakıldığında sıkışır. Bunun sonucu olarak vuruş sayısının artışına sebep olur.
Numune alıcının örselenmemiş zemine oturmaması.	Doğru olmayan SPT-N değerleri elde edilir.
Numune alıcının, kaplama borusunun alt ucundan daha yukarıdaki bir seviyeden zemine çakılması.	Kum zeminlerde SPT-N sayıları artar, kil zeminlerde ise azalır.
Sondaj deliği içerisinde yeterince hidrostatik basınç sağlanmaması.	Sondaj deliği içerisindeki yeraltı su seviyesi yüksekliği en azından kum zemin içerisindeki piyezometrik basınca eşit olmalıdır. Aksi takdirde sondaj deliği dibindeki kum gevşek duruma dönüşür.
Operatörün tutumu	Aynı numune alıcıyı kullanarak aynı zemin için vuruş sayıları, operatörün kim olduğuna, hatta operatörün ruh haline ve sondaj açma zamanına bağlı olarak değişebilmektedir.
Numune alıcının çakılla tıkanması durumu	Numune alıcı ağızına iri çakıl veya taş rastlayıp tıkadığında daha büyük SPT-N sayıları oluşur. Gevşek kumun direnci gerçeğinden daha büyük tahmin edilir.
Kaplamanın tıkanması	Numune yeraltı su seviyesinin altında alındığında gevşek kumlar için yüksek SPT-N değerleri kaydedilebilir. Hidrostatik basınç kumun yükselmesine ve kaplamayı tıkamasına sebep olur.
Kaplama borusunun ilerisinin aşırı yıkanması	Sıkı kum için, aşırı yıkanmasından dolayı kum gevşeyeceği için, düşük SPT-N değeri meydana gelebilir.
Sondaj açma metodu	Sondaj açma tekniği (kaplama borusu veya çamurla stabilize) aynı zemin için farklı SPT-N değerleri meydana getirebilir.
Tokmağın serbest düşmesinin engellenmesi	Tambur çevresine 1.5 defadan fazla sarılı halatın ve/veya çelik halatın kullanılması, tokmağın serbest düşümünü engelleyecektir. Dolayısıyla yüksek SPT-N sayıları elde edilecektir.
Doğru tokmak ağırlığı kullanılmaması	Tokmağının ağırlığı standarttan 4.5 kg kadar değişebilmektedir.
Tokmağın çakma başlığına merkezi olarak çarpmaması.	Çarpma enerjisi azalır, dolayısıyla SPT-N sayıları artar.
Kılavuz çubuğunun kullanılmaması.	Doğru olmayan SPT-N sayıları elde edilir.
Numune alıcı ucunda hasar görmüş çarık kullanılması.	Çarık ucu hasara uğrarsa ve çarık boşluğu azalır veya uç alanı artarsa SPT-N değeri artabilir.
Standarttan daha ağır tijlerin kullanılması	Daha ağır tijlerle daha çok enerji absorbe edileceğinden, SPT-N değerlerinde artmaya sebep olur
SPT-N sayısı ve penetrasyonu kayıtlarının düzenli ve doğru bir şekilde alınmaması	Doğru olmayan SPT-N değerleri elde edilir.
Doğru olmayan sondaj açma prosedürü	SPT ilk olarak yıkamalı sondaj tekniğinden geliştirilmiştir. Zemini ciddi manada örseleyen sondaj açma prosedürleri SPT-N değerini etkileyecektir.
Çok geniş sondaj deliği çapı kullanılması	102 mm (4 in) çapından daha büyük sondaj delikleri tavsiye edilmemektedir. Daha geniş çapların kullanımı SPT-N değerinde azalmalar meydana getirebilir.

Çok yüksek kapasiteli pompa kullanmak	Çok yüksek kapasiteli pompa, sondajın tabanında zemini gevşetecektir. Dolayısıyla da SPT-N sayısında azalmaya sebep olur.
Zemin numunelerinin yanlış tanımlanması	Numuneyi doğru bir şekilde tanımlamamak.
Yetersiz denetim	Numune alıcı ağızı zaman zaman, SPT-N sayılarının ani olarak artmasına sebep olabilen iri çakıl, kaya veya blok parçalarına rastlayabilmektedir. Tecrübesiz bir gözlemcinin bunun farkına varması imkânsızdır. Delgi, numune alma ve derinlik kayıtlarının doğru kaydedilmesi daima düzenli bir şekilde yapılmalıdır.

Navfac (1982), ölçülen penetrasyon direncini etkileyen birçok faktörü incelemiştir. Tablo 2.3’de sıralanan faktörler, standart olmayan prosedürlerin ve hatalı ekipmanların sonuçlarıdır. Sağlamer (1979), Amerikan ASTM D 1586 ve Kanada standartlarını Türkçe olarak özetlemiştir.

Fletcher (1965), birçok değişkenlerin ve faktörlerin SPT sonuçlarını etkileyebildiğini vurgulamıştır. Bunlar şunlardır:

1. Sondaj kuyusunun yetersiz temizliği.
2. Sondaj kuyusunda yetersiz hidrostatik yüksekliğin olması.
3. Tokmağın tam 76.2 cm’den düşürülmemesinden doğan değişimler.
4. 25.4 mm’lik daha ağır boru veya A tipi tijlerden daha ağır tijlerin kullanılması.
5. Delgi tijlerinin aşırı uzun olması (53.34 m’den fazla).
6. Tokmağın herhangi bir sebepten dolayı, serbest düşüşünün sağlanamaması.
7. Sert tahta yatak, blok veya kılavuz çubuksuz 63.5 kg ağırlığında tokmağın kullanılması.
8. Çakma başlığına eksantrik bir şekilde çarparak kayan tokmağın kullanılması.
9. Numune alıcının ucundaki çarığının deforme olması.
10. Çakma sayısında önce numune alıcının zemine fazla girmesi.
11. Örselenmemiş zemin üzerine, numune kaşığının oturtulmaması.
12. Kaplama tabanının yukarısında numune alma kaşığının çakılması.

13. Penetrasyonun ölçülmesi ve vuruş sayılarının sayılmasındaki dikkatsizlikler.

Fletcher, SPT'nin yaklaşık 43 m derinliklere kadar kullanılabileceğini, 61 m'den büyük derinliklerde ise SPT sonuçlarının çok yüksek ve güvenilir olmayan sonuç verdiği yorumunda bulunmuştur. Bunun başlıca sebebi, delgi tijleri boyunca enerji kayıpları ortaya çıkmasıdır. Farrar ve diğ. (1998), 30 m'den daha derinliklerde her 3 m tij uzunluğu için, enerjide % 1 azalma düzeltmesini önermiştir. Bu düzeltmeyle 43 m'den daha büyük derinliklerde SPT yapmak mümkün olabilir.

SPT, yeraltı su seviyesinin üstündeki çok ince kumlarda ve inorganik siltlerde yanlış sonuçlara yöneltebilir. Böyle zeminlerde sondaj sıvısı olarak su kullanılırsa, deneyin yapılacağı ve numunenin alınacağı zemin kütlesi yumuşayabilir ya da gevşeyebilir. Dolayısıyla hatalı şekilde düşük SPT-N değerleri elde edilebilir.

Broms ve Flodin (1988) aşağıdakileri, SPT sonuçlarını etkileyen değişkenler olarak belirtmiştir:

1. Numune alıcının boyutları ülkeden ülkeye değişebilmektedir. Kuzey Amerika'da numune alıcının iç çapı çarığın çapından 3 mm daha geniştir. Asya ve Avrupa'da bu çaplar aynıdır. Bu çaplardaki fark, SPT-N değerlerini % 10 - 30 kadar etkileyebilmektedir.

2. Britanya ve Avustralya'da içi dolu koni (Şekil 2.4) çakıllı veya taşlı zeminlerde kullanılabilir. İçi dolu koni ile elde edilen penetrasyon dirençleri, içi boş yarık numune alıcı ile elde edilen penetrasyon dirençlerinden çok farklı olacaktır.

3. Su yerine sondaj çamuru kullanımı, penetrasyon direncini önemli derecede artırabilir.

4. Penetrasyon direnci, kullanılan delgi tijlerinin ağırlığı ve boyutlarından önemli derecede etkilenmez.

5. İçi boş gövdeli burgular kullanıldığında penetrasyon direnci, sondaj kuyusunun tabanındaki gevşeyen zeminden etkilenebilir.

6. SPT'lerinde kumlardaki yaşlanma (ageing) etkileri izafi sıklığın aşırı yüksek tahmin edilmesine sebep olabilmektedir.

Broms ve Flodin (1988) ve Tokimatsu (1988), SPT-N değerindeki değişimlere sebep olan faktörleri sayısal (yüzde) olarak ifade etmişlerdir. Burada “+”, ölçülen SPT-N değerinin çok yüksek “-” ise, ölçülen SPT-N değerinin çok düşük olduğunu göstermektedir (Tablo 2.4 ve 2.5).

Tablo 2.4 Çeşitli faktörler sebebiyle SPT-N<sub>arazi</sub> değerindeki değişimin tahmini aralığı  
(Broms and Flodin, 1988)

Nedenler		SPT-N değerinin % olarak değişimi	
Temel	Detaylı		
Sondaj kuyusu dibindeki efektif gerilmeler (Kumlarda)	Kaplama ve suya karşı sondaj çamuru kullanımı	+ % 100	
	Kaplama ve suya karşı içi boş gövde burgu kullanımı	± % 100	
	Geniş çapa karşı küçük çap sondaj deliği kullanımı	+ % 50	
Numune alıcıya ulaşan dinamik enerji (Tüm zeminler)	Ser. düşmeye karşı kedibaşının 2-3 devir halat sarımı	+ % 100	
	Küçük çakma başlığına karşı büyük çakma başlığı kullanılması	+ % 50	
	Tijlerin uzunluğu	< 3 m	+ % 50
		9 – 24 m	% 0
		> 30 m	+ % 10
	Düşme yüksekliğindeki değişimler	± % 10	
NW tipi tijlerine karşı A tipi tijler kullanılması	± % 10		
Numune alıcının tasarımı	Numune alıcı içindeki kılıf için daha geniş iç çaplı ise	- % 10 (kumlar)	
	Numune alıcı içinde kılıf yok ise	- % 30 (hassas olmayan killer)	
Penetrasyon aralığı	N <sub>15 - 45</sub> cm yerine N <sub>0 - 30</sub> cm	- % 15 (kumlar)	
		- % 30 (hassas olmayan killer)	
	N <sub>15 - 45</sub> cm yerine N <sub>30 - 60</sub> cm	+ % 15 (kumlar)	
		+ % 30 (hassas olmayan killer)	

Tablo 2.5 Çeşitli faktörler sebebiyle SPT-N<sub>arazi</sub> değerindeki değişimin tahmini aralığı (Tokimatsu, 1988)

Nedenler		SPT-N değerinin % olarak değişimi
Temel	Detaylı	
Sondaj kuyusu dibindeki efektif gerilmeler	Sondaj çamuruna karşı kaplama ve suyun kullanımı	- % 50
	Kaplama ve suya karşı içi boş gövde burgu kullanımı	± % 100
	Küçük çaplı sondaja karşı geniş çaplı sondaj kullanımı	- % 35
Numune alıcıya ulaşan dinamik enerji	Serbest düşmeye karşı kedibaşının halat sarımı	+ % 100
	Küçük çakma başlığına karşı büyük çakma başlığı kullanılması	+ % 50
	Uzun tije karşı kısa tij kullanımı	+ % 30
Numune alıcının tasarımı	Numune alıcı içerisinde kılıf için daha geniş iç çap	± % 10
	Standarta karşı numune alıcı içerisinde kılıf yok	- % 20
Vuruş sayısı hızı	Standarta karşı yavaş olursa	+ % 10
Penetrasyon direnci sayısı	15 - 45 cm yerine 0 - 30 cm	- % 15
	15 - 45 cm yerine 30 - 60 cm	+ % 15

Decourt (1990) ve Kulhawy ve Trautmann (1996), SPT'deki değişkenlerin etkilerini incelemiştir. Burada SPT-N üzerindeki etkiler, Decourt (1990) tarafından “artma”, “azalma”, “artma veya azalma” şeklinde tanımlanırken, Kulhawy ve Trautmann (1996) ise deney sonuçları üzerindeki rölatif etkileri ise, “çok az önemli”, “orta” ve “orta-önemli”, “önemli”, “çok az önemli-önemli” şeklinde göstermiştir (Tablo 2.6 ve Tablo 2.7).

Tablo 2.6 Standart olmayan prosedür ve hatalı ekipman yüzünden SPT-N<sub>arazi</sub> değerlerindeki değişimler (Decourt, 1990).

Faktör	SPT-N değeri üzerindeki etki
Tokmağın 76 cm olan düşme yüksekliğindeki değişimler	Artma veya azalma
Delginin, ip üzerindeki gerginliği tamamen serbest bırakamaması	Artma
Halattan ziyade kablo telinin kullanılması	Artma
Makaranın yeterince yağlanmaması	Artma
Operatörün tutumu	Artma veya azalma
Doğru tokmak ağırlığının kullanılması	Artma veya azalma
Tokmağın çakma başlığına merkezi olarak çarpmaması	Artma
Çakma sayılarının doğru bir şekilde okunmaması veya kaydedilmemesi	Artma veya azalma
Yeterli hidrolik su basıncının sağlanamaması	Azalma
15 cm'den daha büyük sondaj kuyusu çapının olması	Azalma
Çok yüksek kapasiteli sondaj pompası kullanılması	Artma

Kaplama yerine sondaj çamuru kullanılması (kumlarda)		Artma
Deforme olmuş numune alıcının kullanılması		Artma
Kaplama tabanının yukarisına numune alıcının çakılması (kumlarda)		Artma
Çakıl ile numune alıcının ağzının tıkanması		Artma
Penetrasyon aralığı	15 - 45 cm yerine 0 - 30 cm	Azalma
	15 - 45 cm yerine 30 - 60 cm	Artma

### 2.5.2 Ölçülen SPT- $N_{arazi}$ Değerlerinin Düzeltilmesi

Verilen bir zemin tabaka için SPT sonuçlarında, geniş bir değişim aralığına sebep olan bir çok faktör mevcuttur. Bu değişim veya deneyin tekrarlanabilirliğinin düşük olması, SPT sonuçlarının yorumlanmasında ve geçmiş verilerin güvenle kullanılmasında zorluklara sebep olmaktadır. Son zamanlarda özellikle SPT tokmakların arazideki enerjilerinin ölçülmesi ve SPT'nin dinamiği (Schmertmann ve Palacios, 1979; Kovacs ve diğ., 1981; Clayton, 1990; Farrar, 1999) üzerine mevcut araştırmalar, SPT ve sonuçlarına ait bilgileri önemli derecede geliştirmiştir. Bunun sonucu olarak deneydeki değişimler azaltılabilir.

Tablo 2.7 Çeşitli faktörler yüzünden SPT- $N_{arazi}$  değerlerindeki değişimler (Kulhawy and Trautmann, 1996).

SPT Değişken		Deney sonuçları üzerinde Rölatif etki
Grup	Parça	
Aletler	Standart olmayan numune alıcı	Orta
	Deforme olmuş veya hasarlı numune alıcı	Orta
	Tij çapı / ağırlığı	En az
	Tij uzunluğu	En az
	Deforme olmuş delgi tijler	En az
	Tokmak tipi	Orta-önemli
	Tokmak düşürülme sistemi	Önemli
	Tokmak ağırlığı	En az
	Çakma başlığı boyutu	Orta-önemli
	Sondaj kulesi tipi	En az
Prosedür / Operatör	Sondaj kuyusu boyutu	Orta
	Sondaj deliği stabilizasyon metodu	En az-önemli
	Sondaj kuyusunun temizlenmesi	Orta-önemli
	Yetersiz hidrostatik su basıncı	Orta-önemli
	Numune alıcının zemin üzerine oturtulması	Orta-önemli
	Tokmak düşürülme metodu	Orta-önemli
	Vuruşların sayımındaki hata	En az

SPT esnasında mevcut enerji ölçülürse, SPT üzerindeki bir çok faktörün etkisi ortadan kaldırılıp en aza indirgenebilir. Özellikle zeminin sismik stabilite analizlerinde, projede kullanılacak SPT sonuçları için, tijlere aktarılan enerji ( $E_{ölçülen}$ ) ölçümleri yapılmalı ya da

deneyin prosüdü ve detayları sondaj loglarına yazılmalıdır.

Geoteknik mühendisliği uygulamalarında kullanılacak arazide ölçülen vuruş sayılarında (SPT- $N_{arazi}$ ); tokmak enerjisi, jeolojik basınç ve - bazı durumlarda - sonuçları etkileyen çeşitli diğer etkiler için düzeltme yapılmalıdır. Ölçülen vuruş sayıları (SPT-N),  $N_{60}$  veya  $N_{1,60}$  şeklinde normalize edilebilir.  $N_{60}$  veya  $N_{1,60}$  için en genel formül aşağıdaki gibidir:

$$N_{60} = N_{arazi} * C_E * C_R * C_B * C_S * C_A * C_{BF} * C_C \quad (2.2)$$

$$N_{1,60} = N_{60} * C_N \quad (2.3)$$

Burada  $N_{60}$  = teorik serbest düşme tokmak enerjisinin % 60'ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı,  $N_{1,60}$  = teorik serbest düşme tokmak enerjisinin % 60'ına ve efektif jeolojik basıncı 100 kPa olarak düzeltilmiş vuruş sayısı,  $N_{arazi}$  = arazide ölçülen darbe sayısı,  $C_N$  = jeolojik yük düzeltme faktörü,  $C_E$  = enerji düzeltme faktörü,  $C_R$  = tij uzunluğu düzeltme faktörü,  $C_B$  = sondaj çapı düzeltme faktörü,  $C_S$  = numune alıcı kılıf (liner) düzeltme faktörü,  $C_A$  = çakma başlığı düzeltme faktörü,  $C_{BF}$  = tokmak düşürülme sıklığı (hızı) düzeltme faktörü,  $C_C$  = tokmak yastığı düzeltme faktörüdür.

Geoteknik mühendisliğinde çoğunlukla yukarıda sıralanan son altı düzeltme faktörü kullanılmamaktadır. Ancak bazı durumlarda, bunlar daha iyi veri sağlamak için kullanılabilir. Bir çok durumda,  $N_{60}$  ve  $N_{1,60}$  aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$N_{60} = N_{arazi} * C_E \quad (2.4)$$

$$N_{1,60} = N_{60} * C_N \quad (2.5)$$

### 2.5.2.1 Jeolojik Yük Düzeltme Faktörleri ( $C_N$ )

Farklı derinliklerde ölçülen SPT-N değerlerini karşılaştırmak için, ölçülen SPT-N değeri 100 kPa'lık standart üst tabaka gerilmesine ( $\sigma_{v0}$ ) göre uyarlanmalıdır. Kohezyonsuz malzemelerin (kum) penetrasyon direnci, fazlasıyla çevre basıncına bağlıdır. Aynı kum için sığ derinlikte yapılan bir SPT, daha derinde yapılan SPT'den daha düşük SPT-N değerine sahip olacaktır.  $N_{arazi}$ ,  $C_N$  ile çarpılarak çevre basıncı etkileri telafi edilir (karşılır).  $C_N$ 'nin çeşitli araştırmacılar tarafından tavsiye edilen ampirik denklemler Tablo 2.8'de özetlenmiştir.



### 2.5.2.2 Enerji Düzeltme Faktörleri (C<sub>E</sub>)

SPT-N<sub>arazi</sub> değerinde yapılacak en önemli düzeltmelerden biri, çelik tijlere aktarılan enerji düzeltmesidir (C<sub>E</sub>). Tokmaktan tij çubuklara aktarılan enerji, tokmağın tipi ve serbest düşürülme yöntemine bağlıdır. Bir çok farklı tokmak türü ve tokmak düşürülme şekli, yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 2.1, 2.2 2.3 ve 2.4). Bunların hiçbiri % 100 randımanlı değildir. Tokmak verimliliği, tokmak tipi ve düşürülme şekline bağlı olarak değişmektedir.

Tablo 2.8 Jeolojik Yük düzeltme faktörleri (C<sub>N</sub>)

Referans	Düzeltilme faktörü (C <sub>N</sub> )
Teng (1962)	$C_N = 50 / (10 + 0.145\sigma_v')$
Bazaraa (1967)	$C_N = 4 / (1 + 0.04\sigma_v')$ $\sigma_v' \leq 72$
	$C_N = 4 / (3.25 + 0.01\sigma_v')$ $\sigma_v' > 72$
Peck et al. (1974)	$C_N = 0.77 \log_{10}^{2000/\sigma_v'}$
Seed (1976)	$C_N = 1 - 1.25 \log_{10}^{0.01\sigma_v'}$
Tokimatsu ve Yoshimi (1983)	$C_N = 1.7 / (0.7 + 0.01\sigma_v')$
Liao ve Whitman (1986)	$C_N = (1 / 0.01\sigma_v')^{0.5}$
Skempton (1986)	$C_N = 2 / (1 + 0.01\sigma_v')$ orta sıkılıkta ince kumlar
	$C_N = 3 / (2 + 0.01\sigma_v')$ normal konsolide sıkı kaba kumlar
	$C_N = 1.7 / (0.7 + 0.01\sigma_v')$ aşırı konsolide ince kumlar

SPT-N'le ilgili korelasyonların çoğu, yaklaşık % 60 verimliliğe sahip tokmaklar kullanılarak geliştirilmiştir. Teorik enerji (E<sub>teorik</sub>), 63.5 kg (140 lb) tokmağın 76 cm (30 in.) yükseklikten düşürülmesi ile 475 J (4200in-lbs) meydana gelir. Enerji kayıplar nedeniyle (sürtünme, serbest düşme eksikliği) çelik tijlere aktarılan gerçek enerji, 475 J'den daha düşüktür. Enerji düzeltme faktörü uygulanmasının amacı, teorik enerjinin % 60'ını veren bir tokmak deneyde kullanılmamışsa, ölçülmüş olan SPT-N değerini uyarlamak, düzeltmektir. Düzeltme faktörü (C<sub>E</sub>) aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$ER = E_{ölçülen} / E_{teorik} * 100 \quad (2.6)$$

$$C_E = ER / 60 \quad (2.7)$$

Burada ER, 63.5 kg tokmağın 76 cm'den düşürülmesiyle tijlerde oluşan enerjinin (E<sub>ölçülen</sub>), teorik enerjiye (E<sub>teorik</sub> = 475 J) yüzde olarak oranını; C<sub>E</sub>, tokmak enerji düzeltme

faktörünü göstermektedir. Çeşitli ülkelerde yapılan SPT’lerde karşılaşılan ER ve  $C_E$ ’nin değişimi Tablo 2.9’da gösterilmiştir.

Tablo 2.9 Ülkelere göre enerji düzeltme faktörü (Clayton, 1990)

Ülke	Tokmak tipi	Tokmak düşürülme tipi	ER (%)	$C_E$
Arjantin	Halka	Kedibaşı	45	0.75
Brezilya	Çivi	Serbest elle düşürme	72	1.20
Çin	Otomatik	Tetikleme (trip)	60	1.00
	Halka	Elle düşürme	55	0.92
	Halka	Kedibaşı	50	0.83
Kolombiya	Halka	Kedibaşı	50	0.83
Japonya	Halka	(Tombi trigger)	78-85	1.30-1.42
	Halka	Kedibaşı 2 devir+ özel düşürme	65-67	1.08-1.12
Britanya	Otomatik	Tetikleme	73	1.22
Amerika	Güvenli	Kedibaşında 2 devir	55-60	0.92-1.00
	Halka	Kedibaşında 2 devir	45	0.75
Venezüella	Halka	Kedibaşı	43	0.72

Tablo 2.10  $C_E$ ’nin değişim aralığı

Referans	Tokmak tipi	ER (%)	$C_E$
Seed ve diğ. (1984)	Otomatik	78	1.3
	Güvenli	60	1.0
	Halka	45	0.75
Seed ve diğ. (1985)	Halka	45	0.75
	Güvenli	60	1.00
	Trip	100	1.67
Youd ve Idriss (1997)	Halka	30-60	0.50-1.00
	Güvenli	42-72	0.7-1.20
	Otomatik-trip halka	48-78	0.80-1.30
Durgunoğlu ve diğ. (2000)	Güvenli	52-60	0.87-1.00

Ayrıca çeşitli araştırmacılar tokmağın tipine ve düşürülme şekline göre enerji düzeltme faktörünün değişimini araştırmışlardır.  $C_E$  değerleri topluca Tablo 2.10’da gösterilmiştir. Tablo 2.10’da görüldüğü gibi tokmağın her bir türü, bir  $C_E$  değerine sahipken Seed ve diğ. (1985) ve Youd ve Idriss (1997), sondaj ve deney ekipmanındaki değişiklikler yüzünden her bir tokmak için  $C_E$  aralığını önermiştir. Türkiye’de ise Durgunoğlu ve diğ. (2000), yapmış oldukları çalışmalarında, özel aletler kullanılarak her derinlikteki tij çubuğa aktarılan enerjiyi ölçerek enerji oranını belirlemişlerdir. Alternatif olarak, enerji oranı, doğrudan ASTM D 6066-96’da belirtildiği şekilde ölçülerek belirlenebilir.

### 2.5.2.3 Tij Uzunluğu Düzeltme Faktörleri ( $C_R$ )

Numune alıcıya (SPT kaşığı) aktarılan enerji, tijin uzunluğuna bağlı olarak, belli bir dereceye kadar etkilenir ve ölçülen SPT-N değerleri bazen bu faktör için düzeltilir. Tablo 2.11’de, Seed et al. (1985), Skempton (1986) ve Youd and Idriss (1997) tarafından önerilen  $C_R$  değerleri özetlenmiştir.

Tablo 2.11 Tij uzunluğu düzeltme faktörleri.

Tij uzunluğu	$C_R$		
	Seed ve diğ. (1985)	Skempton (1986)	Youd ve Idriss (1997)
< 3 m	0.75	-	-
3 - 4 m	1.0	0.75	0.75
4 - 6 m	1.0	0.85	0.85
6 - 9 m	1.0	0.95	0.95
> 9 m	1.0	1.0	-
9 - 30 m	-	-	1.0
> 30 m	-	-	< 1.0

### 2.5.2.4 Sondaj Çapı Düzeltme Faktörleri ( $C_B$ )

Sondaj çapının 114 mm (4.5 in)’den büyük olduğu durumlarda yapılan deneylerde, ölçülen SPT-N değerlerinde düzeltilmeler yapılmalıdır. Sondaj kuyuları 114 mm’den büyük olduğunda gerilme boşalması meydana gelir ve ölçülen SPT-N değerlerinin daha küçük çaptaki delik için ölçülen SPT-N değerinden daha düşük olduğu görülür. Bu etki, kumlarda önemli olabilir fakat kohezyonlu zeminlerde ihmal edilebilir (Sanglerat ve Sanglerat, 1982). Tablo 2.12 sondaj çapı düzeltme faktörünün ( $C_B$ ) değerlerini göstermektedir.

Tablo 2.12 Sondaj çapı düzeltme faktörleri (Skempton, 1986)

Sondaj kuyu çapı	$C_B$
65-115 mm	1.00
150 mm	1.05
200 mm	1.15

### 2.5.2.5 Kılıf Düzeltme Faktörleri ( $C_S$ )

SPT, numune alıcı içerisinde kılıf kullanılarak veya kılıfsız yapılabilir. Numune alıcı içindeki kılıf Şekil 2.13’de gösterilmiştir. Uygulamalarda kılıflar sıkça ihmal edilir. Dolayısıyla da numune alma tüpünün iç çapı 35 mm (1-3/8 in)’den 38 mm (1-1/2 in) artar. İç

çaptaki artma, numune alıcının içerisindeki sürtünmeyi azaltır ve zeminin ölçülen penetrasyon direncini azaltır. Skempton (1986) ve Youd ve Idriss (1997), iç kaplamanın olup olmaması durumunda düzeltme faktörlerinin aralığını Tablo 2.13’de özetlendiği gibi vermişlerdir.

Tablo 2.13 Kılıf düzeltme faktörleri

Numune alıcı şekli	$C_s$	
	Youd ve Idriss (1997)	Skempton (1986)
Kılıflı (Standart)	1.00	1.00
Kılıfsız (Amerika)	1.10-1.30	1.20

#### 2.5.2.6 Çakma Başlığı Düzeltme Faktörleri ( $C_A$ )

SPT sırasında tokmak düşürüldüğünde, tij çubuk sistemine tutturulmuş çakma başlığına çarpar (Şekil 2.1). Çakma başlığı genellikle metal olup ağırlığı, boyutu ve şekli değişebilmektedir. Çelik tijlere aktarılan enerjinin miktarı, çakma başlığının ağırlığına bağlıdır (Tokimatsu, 1988). Tablo 2.14, çakma başlığı ağırlığı ve tokmak tipine bağlı SPT- $N_{arazi}$  değerlerinin düzeltme faktörlerini göstermektedir.

Tablo 2.14 Çakma başlığı düzeltme faktörleri (Tokimatsu, 1988).

Tokmak	Çakma başlığı	$C_A$
Halka	Küçük, 2 kg	0.85
	Büyük, 12 kg	0.70
Güvenli	2.5 kg	0.90

Tablo 2.14’de  $C_A=1.00$  değerinin olmadığına dikkat edilmelidir. Bununla beraber, güvenli tokmaklar için yaygın olarak  $C_A=1.00$  kullanılmaktadır.

#### 2.5.2.7 Tokmak Yastığı Düzeltme Faktörleri ( $C_C$ )

Tokmaklar düşürülürken, çakma başlığı yüzeyinde bazen sert odun yastık blok kullanılmaktadır. Blok enerjii absorbe etmekte ve ölçülen SPT- $N_{arazi}$  değerini artırmaktadır. Bu durumda SPT- $N_{arazi}$  değerleri, Tablo 2.15’de gösterilen faktörlerle düzeltilmelidir.

Tablo 2.15 Yastık blok düzeltme faktörleri ( $C_C$ ) (Decourt, 1990).

Odun yastık blok türü	$C_C$
Olmayan	1.00
Yeni	0.95
Eski	0.90

### 2.5.2.8 Vuruş Sayısı Sıklığı Düzeltme Faktörleri ( $C_{BF}$ )

Bu durum yalnızca yeraltı su seviyesinin altındaki kumlar için geçerlidir. Tij çubuklara uygulanan çakma hızı (sıklığı), ölçülen SPT- $N_{arazi}$  değerini etkileyebilmektedir. Düzeltme faktörü ( $C_{BF}$ ), yeraltı su seviyesi altındaki kumlarda oluşan boşluksuyu basıncı etkilerini gidermek için kullanılmaktadır.  $C_{BF}$ 'nin değeri  $N_{1,60}$  değerine bağlıdır. Tablo 2.16 vuruş sayısı sıklığı düzeltme faktörlerini göstermektedir. Tokmak vuruş sıklığı dakikada 30-40 vuruş ise (30-40 vuruş/dak.),  $C_{BF}= 1.00$  olarak kullanılabilir.

Tablo 2.16 Vuruş sayısı sıklığı düzeltme faktörleri (Decourt, 1990).

$N_{1,60}$	Tokmak vuruş sıklığı (vuruş/dak.)	$C_{BF}$
< 20	10 - 20	0.95
> 20	10 - 20	1.05

### 2.5.2.9 Yer Altı Su Seviyesi İçin Düzeltmeler

SPT sırasında suya doymun gevşek çok ince veya siltli kumlar için zeminde, yükün dinamik şekilde uygulanması ve zeminin düşük geçirimsizliği yüzünden pozitif boşluk suyu basıncı oluşur. Bu pozitif boşluksuyu basınçları, numune kaşığının penetrasyonuna karşı koyan zeminin kayma dayanımını azaltır. Böylece, böyle gevşek zeminlerin SPT-N değeri azalır. Bunun yanında suya doymun sıkı, çok ince veya siltli kumlarda penetrasyon deneyi, penetrasyon direncini artıran negatif boşluksuyu basınçları meydana getirebilir ve böylece SPT-N değerini arttırabilir.

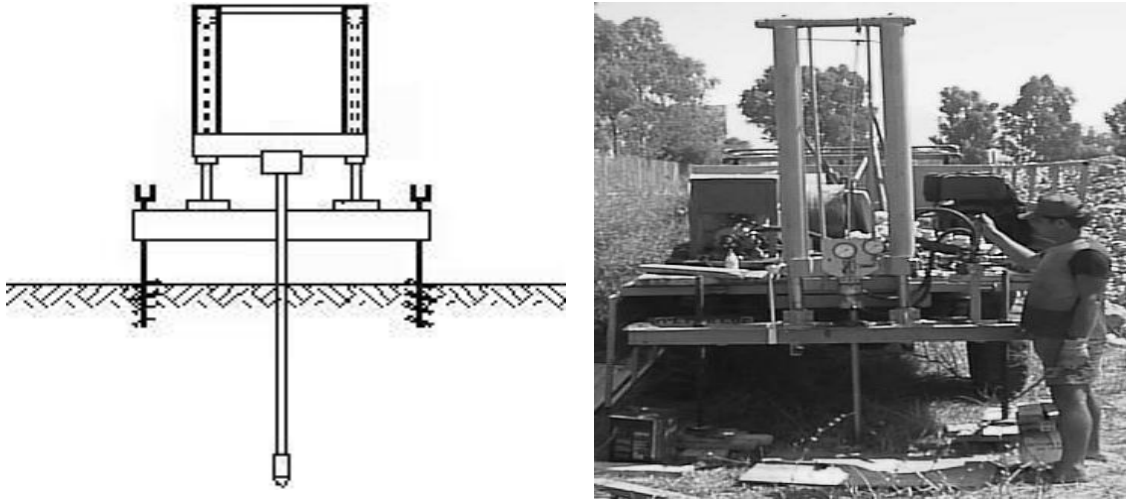
SPT suya doymun çok ince veya siltli kumlarda yapıldığında, ölçülen SPT- $N_{arazi}$  değerleri, dinamik boşluk suyu basıncı etkileri için düzeltilmeye ihtiyaç duyulmaktadır (Meyerhof, 1956). Düzeltme yalnızca ölçülen SPT- $N_{arazi}$  değerlerinin 15'den büyük olduğu durumlar için gerekmektedir.

$$N = 15 + (N_{arazi} - 15)/2 \quad N_{arazi} > 15 \quad (2.8)$$

Bu düzeltme yapılmazsa, suya doymun orta sıkı, çok ince kum ve siltli kumun izafi sıklığı, SPT sonuçlarından aşırı yüksek tahmin edilebilir (Terzaghi ve Peck, 1967).

### 3. KONİ PENETRASYON DENEYİ

Konik bir penetrometrenin tijler aracılığı ile zemine sokulması prensibine dayanan CPT'nin, ilk deney yöntemleri 20. yüzyılın başlarında kullanılmıştır. Bugünkü anlamda CPT ise İsveç Demiryolları İşletmesi tarafından 1917 de geliştirilmiştir. CPT, 1927 de Danimarka'da, 1934 den sonra da Hollanda'da geliştirilerek kullanılmıştır. Hollanda'daki yumuşak delta çökelleri için uygunluğu nedeni ile bu ülkede gelişme olanağı bulmuş ve kuma çakma kazıkların kazık kapasitesinin dolaysız hesaplanmasında kullanılmıştır. 1950 li yıllardan sonra Avrupa kıta'sından İngiltere, ABD ve dünyanın diğer bölgelerine yayılmıştır. Türkiye'de 1970'li yıllarda kullanılmaya başlamış (Durgunoğlu, H.T., Toğrol, E., 1974) ve 1990 lı yıllarda yaygınlaşmıştır (Dipova, N., Cangir, B., 2005). CPT ekipmanı bir yükleme ünitesi, penetrometre, tijler ve ölçme-kaydetme aygıtlarından oluşur (Şekil 3.1). Yük kapasitelerine göre; hafif, orta ve ağır olmak üzere 3 kategoriye ayrılır. Hafif modeller 2,0-2,5 ton, orta modeller 5-10 ton ve ağır modeller 17,5-20,0 ton yükleme kapasitesine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3.1 (a) Konik penetrasyon düzeneğinin şematik gösterimi, (b) Deneyin uygulanması.

#### 3.1 CPT ve Önemi

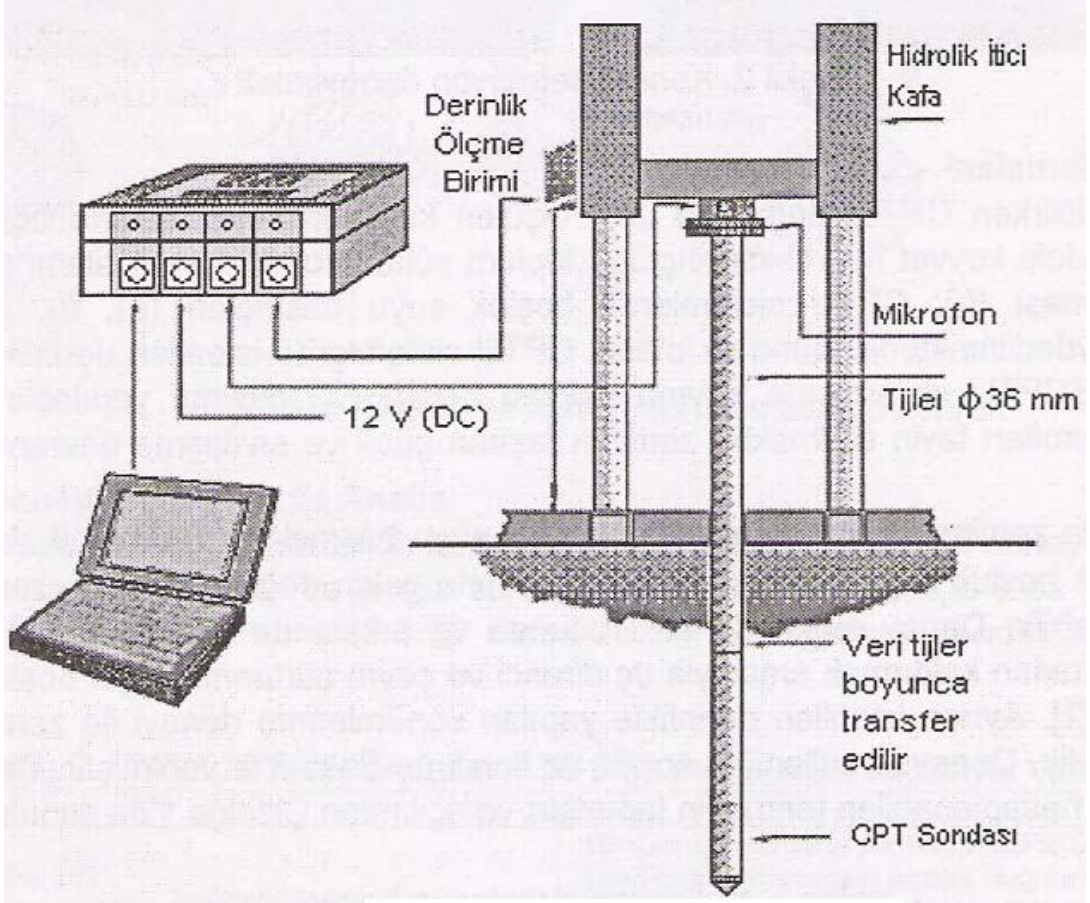
CPT, sondaj-örnek alma-laboratuvar testi dizgesinden oluşan klasik etüd yöntemleri ile karşılaştırıldığında, CPT tatbik hızı ve düzenli veri elde etme özellikleri ile tercih edilmektedir. Özellikle kohezyonsuz zeminlerde, aşırı konsolide ve yumuşak killerde örnek alınması sırasında oluşan örselenme, laboratuvarda kayma dayanımı ve sıkışma parametrelerinin elde edilmesini güçleştirmektedir. CPT ile yerinde ölçüm bu tür sorunları

ortadan kaldırmaktadır. CPT nin bir diğ er avantajı ise çeşitli temel tasarımlarının dolaysız yoldan yapılmasına olanak tanınmasıdır.

## **3.2 CPT Yapılışı ve Donatımı**

### **3.2.1 Deneyin Amacı**

Deneyin temel amacı zemin profilinin tanımlanması, zemin tabakalarının geoteknik özelliklerinin ve tasarıma yönelik parametrelerin ölüm sonuçlarından belirlenmesidir. CPT deneyinde, kesit alanı  $10 \text{ cm}^2$ , konik uç açısı  $60^\circ$  olan silindir şeklinde bir sonda 20 mm/s sabit hızla zemine itilmektedir. Bu işlem esnasında koni ucunda oluşan direnç ( $q_c$ ), silindirik g mlekte oluşan sürtünme direnci ( $f_s$ ) ve konik ucun farklı kısımlarında penetrasyon sırasında meydana gelen boşluk suyu basınçları ( $u$ ) elektronik olarak  l lerek zemin kesiti ve zemin sınıfları elde edilmektedir (Bol, E.,  zocak, A., Sert, S., Arel, E., 2004). Ayrıca istenilen derinliklerde penetrasyon durdurulduğunda boşluk suyu basınçlarının sönümlenmesi izlenerek zeminin geçirimsizlik özellikleri hakkında bilgi edinilebilmekte, aynı zamanda statik boşluk suyu basınçları da belirlenebilmektedir. Son yıllarda geliştirilen kablosuz (akustik) CPT sisteminde,  l len değerler bir mikro işlemci tarafından ses sinyaline  vrilerek y zeyeye yollanmaktadır. Bu sinyal sondanın bağlandığı mikrofon tarafından algılanarak ara bağlantısı yapılmış veri toplayıcıya aktarılmaktadır (şekil 3.2). Veri toplayıcıda ayrıca sinyallerin gönderildiği derinliğin kaydı da yapılmaktadır ( zocak, A., Sert, S.,  nalp, A., 2006).



Şekil 3.2. Kablosuz CPT sistemi

### 3.2.2 Koni Penetrasyon Ekipmanları

Konik penetrasyon deney düzeni; konik sonda, itme boruları ve itme sistemi kısımlarından oluşur (Şekil 3.3 ve 3.4) (Durgunoğlu, H.T., Toğrol, E., 1974).



Şekil 3.3. Koni penetrasyon deney cihazı





Şekil 3.4. Koni ve sürtünme gömleği

### 3.3. Deneyin Yapılışı

Koni penetrasyon aleti paletli bir araca ya da özel kamyonuna bindirilmiş olarak taşınmaktadır (Mayne, P.W., Dejong, J., Christopher, B.R., 2001). Deneyin yapılacağı alana getirilen araç burgulu ankrajları vasıtasıyla zemine sabitlendikten sonra sonda zemine itilmeye başlanır (Şekil 3.5). Penetrometre, konik uçlu, uç açısı  $60^\circ$ , Kesit alanı  $10 \text{ cm}^2$ , çapı 35.5 mm, sürtünme çevre yüksekliği 134 mm olan direnç ölçerdir. Sondaya bağlanan sondaj çubuk (tij) boyları 1m olup inilecek derinlik zeminin gösterdiği dirence ve makinenin kapasitesine göre değişir. Sonda ve sondaya bağlanan borular hidrolik itme sistemi ile zemine sokulmaya başlanır. Deney okumaları genellikle her 20 cm de bir yapılmakla birlikte, herhangi bir derinlikte okuma yapmak mümkündür. İtme sisteminin bir çubuk boyundan fazla bir mesafe ile değişmez bir hızda itme özelliği olması, bu sırada penetrometre ucundaki gerekli itme kuvvetinin değişiminden etkilenmemesi gerekir. Derin sondalamalarda gerekli itme kuvveti 10 kN - 200 kN dolayında değişir. Deneylerde mekanik ve elektronik penetrometre kullanılabilir. Mekanik penetrometre kullanımında yük değerleri operatör tarafından manometreden okunur. Elektronik tipte ise cihaz yük değerlerini direkt olarak okur ve bir bilgisayara kaydeder. Bu işlem sırasında koni ucunda oluşan direnç ( $q_c$ ) silindirik yüzeyde oluşan sürtünme kuvveti ( $f_s$ ) ve penetrasyon sırasında meydana gelen boşluk suyu basınçları ( $u_w$ ) bulunur (Şekil 3.6). Ayrıca istenen derinlikte penetrasyonu durdurarak boşluk suyu basınçlarının ölçümü, bunu izleyerek de zeminin geçirimsizlik ve sıkışabilirlik özellikleri hakkında bilgi edinebilme ve arazi boşluk suyu basınçları ( $u_0$ ) bulunabilmektedir (Öner, E., 2003).



Şekil 3.5. Koni Penetrasyon Aletinin Taşınması ve Ankrajlarla Zemine Sabitlenmesi

### 3.3.1. CPT'nin Sonlandırılması İçin Kriterler

Uç Drenci 50 Mpa'ı geçmemelidir. Uç direnci yüksek olduğunda ankrajlar sökülür ve kamyon havaya kalkar. Çevre sürtünmesi 0,5 Mpa, boşluk suyu basıncı 2,5 Mpa'ı gördüğünde deneye son verilir.

### 3.3.2. CPT'nin Uygulandığı Zeminler

CPT, özellikle yumuşak/gevşek ince taneli zeminlerden çakıl boyutundaki iri taneli zeminlere kadar kesit boyunca karşılaşılan zemin tabakalarında zemin özelliklerinin örselenme olmaksızın yerinde belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır (Özocak, A., Sert, S., Önalp, A., 2006). CPT yüksek yoğunluklu zeminlere sahip arazilerde uygulanamaz. CPT'nin konsolide olmamış karışıma sahip zeminlerde kullanılması uygundur. Öte yandan iri kayalar ve çimentolaşmış katmanlara sahip zeminlerde penetrasyon uygulaması oldukça zordur.

### 3.3.3. CPT'nin Uygulanabilir Derinliği

CPT genellikle 150 feet derinliğe kadar uygulanır. Ama 300 feet derinliğe kadar uygulamak mümkündür.

### 3.3.4. CPT İle Ölçülen Değerler

- a. Uç Drenci

b. Çevre Sürtünmesi/Yapışması

c. Boşluk Suyu Basıncı

Bu değerler kullanılarak; Zemin Sınıflandırılması, Kayma Direnci Tayini, Bağıl Birim Hacim Ağırlık, OCR (Aşırı Konsolidasyon Oranı), Sıvılaşma Analizi, Hidrolik İletkenlik, Kazık Boyutlandırılması yapılabilmektedir.

### 3.3.4.1 Koni Uç Direnci $q_c$ ( $q_T$ )

Koni direnci  $q_c$ , koni ucundaki toplam eksenel gücün, alan faktörüne bölünmesiyle bulunur. Boşluk suyu basıncı ölçümü dışında CPT için  $q_c$  kullanılır. Ölçümde konik uca göre boşluk suyu basıncı için  $q_T$  kullanılır. Çünkü konide dengesiz boşluk suyu basınçları tarafından, ölçüm gücü değişebilir. Yüksek boşluk suyu basınçları nedeniyle yanlış ölçüm yapılabilir. Sonuç olarak:

$$q_T = \frac{\text{Koni ucunda toplam eksenel güç}}{\text{Alan Faktörü}}$$

$$q_c = \frac{\text{Koni ucunda toplam eksenel gücün düzeltilmemiş ölçüm sonucu}}{\text{Alan Faktörü}}$$

Uç direnci  $q_c$ , kPa veya MPa olarak ölçülür.

### 3.3.4.2 Çevre Sürtünme Direnci $f_s$ ( $f_T$ )

Sürtünme kuvveti, toplam sürtünme kuvvetinin yüzey alanı sürtünmesine bölünmesiyle bulunur. Çevre sürtünmesi değerleri, dengesiz su basıncından dolayı oluşan yüzeydeki sürtünmedir. Toplam yüzey sürtünme değerinin bulunmasında, boşluk suyu basıncının düzeltilmiş değerleri kullanılır.

$$f_T = \frac{\text{Toplam çevre sürtünmesi}}{\text{Yüzey Alanı sürtünmesi}}$$

$$f_s = \frac{\text{Çevre sürtünmesinin düzeltilmemiş ölçüm sonucu}}{\text{Yüzey alanı sürtünmesi}}$$

### 3.3.4.3 Sürtünme Oranı $R_f$

Sürtünme oranı  $R_f$ , çevre sürtünmesi ve koni direnci arasındaki oran olarak tariflenir.

$$R_f = \frac{f_T}{q_T} \cdot 100(\%)$$

Benzer olarak

$$I_f = \frac{q_T}{f_T}$$

kullanılır

### 3.3.4.4 Arazi Boşluk Suyu Basıncı $u_0$ (kPa)

Zeminde belirli seviyelerde arazi boşluk suyu basıncının hakim olduğu görülür. Yeraltı suyu seviyesinin bulunduğu ortamlarda boşluk suyu basıncı derinlikle genelde lineer değişim gösterir.  $U_0$  penetrasyon işlemi sistemin dengeye gelmesinden sonra ölçülen boşluk suyu basıncıdır.

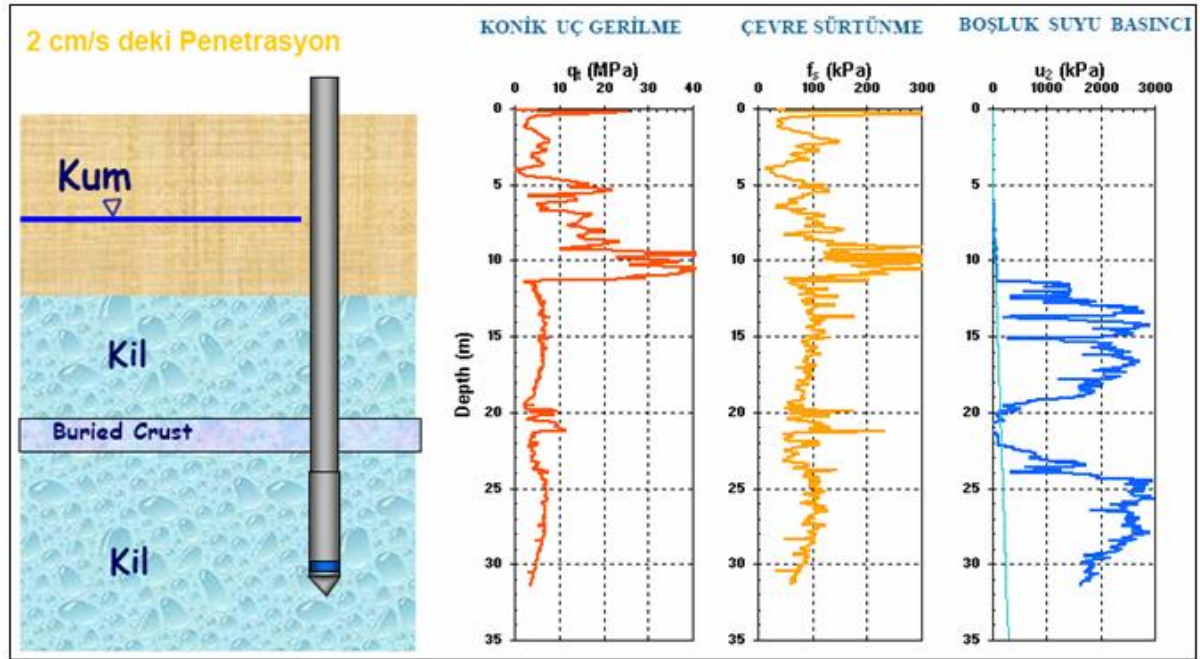
### 3.3.4.5 Ölçülmüş Boşluk Suyu Basıncı $u$ (kPa)

Penetrasyon deneyi sırasında kaydedilmiş boşluk suyu basıncıdır ( $u = u_0 + \Delta u$ ). Konik ucun üstünde, normal filtre konumlarındaki boşluk suyu basınçları için kullanılır. Konik ucun ortasında alternatif filtre pozisyonunda boşluk suyu basıncı ölçülebilir ve tanımlanmasında  $u_{yüzey}$  kullanılır.

### 3.3.4.6 Boşluk Suyu Basıncında Değişim

Penetrasyon yönteminden meydana gelen boşluk suyu basıncı değişimidir ( $u - u_0$ ). Meydana gelen boşluk suyu basıncı, zeminde negatif veya pozitif olabilir. Farklı filtre konumlarında meydana gelen boşluk suyu basıncı;

$\Delta u_{yüzey} = u_{yüzey} - u_0$ , olabilir.



Şekil 3.6. CPT ile Bilgisayar Ekranından Gerçek Zamanlı Data Okumaları

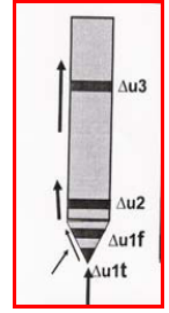
### 3.3.5. CPT Sonuçları ile Zemin Özelliklerinin Bulunması

#### 3.3.5.1. CPT İle Zemin Sınıflandırma Prensibi

Çeşitli araştırmacılar tarafından, farklı değişkenler yardımıyla sınıflandırma haritaları elde edilmiştir. Burada Robertson ve Eslami-Fellenius Sınıflandırması Şekil 3.7 ve 3.8 de verilmektedir (Robertson, P. K., 1990). Çevre sürtünmesi ölçümlerinde güvenilir olmayan  $q_T$  ve  $u$  görülebilir. Derinliğin artmasıyla koni direncinde zemin tabakalarından dolayı artış olabilir. Buna bağlı olarak zemin sınıfları değişiklik gösterebilir. Zeminlerde  $q_T$  ve  $R_f$  kullanarak çizilen sınıflandırma haritalarında kimi zaman problemler olmuştur. Örtü yükü basıncı artışıyla bulunan  $u$ ,  $f_s$ ,  $q_T$  değerlerinde gerçek artışlar görülür. Örnek olarak kalın birikimlerde, normal konsolide killerin koni derinci  $q_c$ , derinlikle değişiminde CPT sınıflamasında kolay anlaşılır değişiklikler meydana getirir. Sonuç olarak  $R_f$  ve  $q_T$  zemin sınıflamasında kullanılır:

Tablo 3.1. CPT ile Zemin Sınıflandırma Prensipleri

Zemin Tipi	Koni Drenci (qc)	Sürtünme Oranı (fs/qc)	Boşluk Suyu (u <sub>0</sub> +Δu)
Kum	Yüksek	Düşük	Ani Δu Sönümlenmesi
Kil	Düşük	Yüksek	Uzun Sürede Δu Sönümlenmesi



Δu<sub>1</sub> > Δu<sub>2</sub> > Δu<sub>3</sub> (N.C)

Δu<sub>1</sub> >> Δu<sub>2</sub> >> Δu<sub>3</sub> (O.C)

### 3.3.5.2. Yumuşak Killerde Drenajsız Kayma Direnci

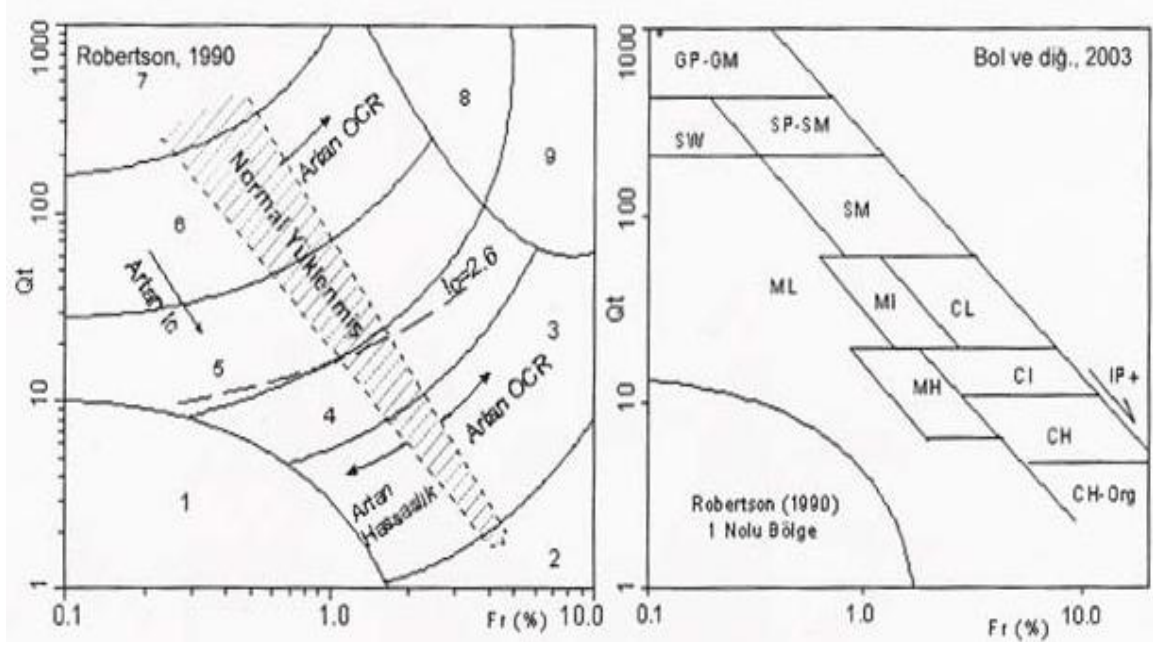
CPT deneyi ilk yıllarda killerin drenajsız kayma mukavemetinin belirlenmesine yönelik çalışmalar için kullanılmıştır. Normal konsolide killer üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Değerlendirmeler teorik ve ampirik olarak iki farklı yaklaşımla yapılmaktadır. Drenajsız kayma direnci S değeri aşağıdaki gibi bulunmaktadır (Lunne, T., Robertson, P. K., Powell, J.J.M., 1997).

$$S_u = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{N_K}$$

N<sub>K</sub> = Boyutsuz Ampirik koni faktörü

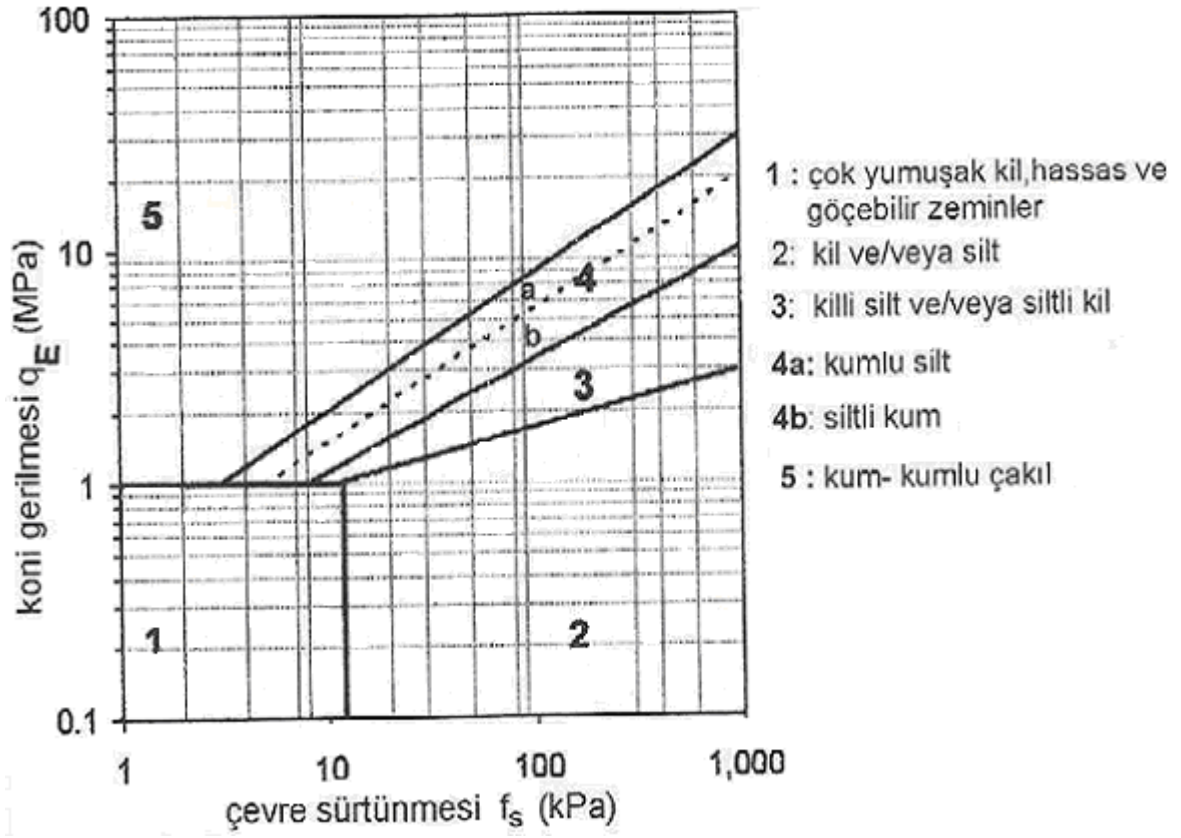
σ<sub>v0</sub> = Toplam jeolojik yük değeri

N<sub>K</sub> koni faktörü 11 ile 19 arasında değişmekte olup ortalama olarak 15 alınabilir ve değeri aşırı konsolidasyon oranı, duyarlılık, silt yüzdesi, test tipi, jeolojik yük gibi faktörlerden etkilenir.



Bölge	Zemin Cinsi	Bölge	Zemin Cinsi
1	Hassas ince daneli	6	Kumlar; temiz kum-siltli kum
2	Organik zemin-turba	7	Çakıllı kum-kum
3	Killer; kil-siltli kil	8	Çok sıkı kum-killi kum
4	Siltli karışımlar; killi silt-siltli kil	9	Çok sert ince daneli
5	Kumlu karışımlar; siltli kum-kumlu silt		

Şekil 3.7. Robertson 1990'a Göre Zemin Cinsleri



Şekil 3.8. Eslami-Fellenius Sınıflandırması



## 4. CPT - SPT KORELÂSYONLARI

### 4.1 Ana Hatları ile CPT-SPT Korelasyonu

SPT ve CPT arasındaki korelasyonların belirlenmesi gerekliliği her iki deneyin de günümüzde birçok ülke tarafından uygulanması ve kabul edilmesi temeline dayanır. Uygulama tekniğinden doğacak hatalar ve operatör faktörü göz önüne alındığında bu deneylerden özellikle SPT deneyi önemli tartışmalara sebep olmuştur. Diğer yandan CPT deneyi özellikle yumuşak killi zeminlerde ve gevsek kumlarda gittikçe yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Koni uç mukavemeti ( $q_c$ ) değerleri ile SPT değerlerinden elde edilen darbe sayıları (N) arasındaki bağıntının içeriğini araştıran geoteknikçiler,  $q_c/N$  oranının SPT deneyinde kullanılan çekiç tipi ile zemin dane boyutu, diğer bir deyişle birim hacim ağırlığı ile değiştiğini göstermişlerdir (Sanglerat, G.,1972). Ayrıca yapılan araştırmalar zemin kohezyonunun  $q_c/N$  oranı ile ters orantılı olduğunu ortaya koymuştur.

SPT ve CPT deneyleri arasında daha güvenilir bir korelasyon yapılması gerekliliğini dikkate alan Schmertmann, N değerleri ile CPT deneylerinden elde edilen sürtünme direnci ( $f_s$ ) arasında bir korelasyon oluşturmuş, bunun da daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür (Schmertmann, J.H., 1970). Schmertmann'ın yaptığı diğer araştırmalar SPT sırasında oluşan titreşim ve enerji kayıpları göz önünde bulundurulduğunda,  $q_c/N$  oranının, SPT deneyinde kullanılan çubuklara iletilen enerji - koni uç direnci büyüklüğü ve sürtünme oranı ile değiştiğini göstermiştir (Schmertmann, J.H., 1970).

### 4.2 SPT Darbe Sayısı (N) - CPT üç Direnci ( $q_c$ ) Korelasyonları

N, 0,3 m penetrasyon derinliği için gerekli SPT darbe sayısı;  $q_c$  ise  $MN/m^2$  cinsinden koni uç direnci olmak üzere.  $q_c/N$  ilişkisi Meyerhof (1986) tarafından

$$q_c = 0.4 N \quad (4.1)$$

olarak verilmiştir. Bu bağıntı SPT(N)-CPT( $q_c$ ) korelasyonlarını belirlemek amacıyla önerilen ilk bağıntılardan biridir. Daha sonra birçok araştırmacı bu konuyu incelemiş ve aşağıda da belirtileceği gibi değişik korelasyonlar ortaya çıkmıştır.

1. Farklı zemin tipleri için araştırmacılar tarafından önerilen  $q_c/N$  oranları Tablo 4.1 de verilmiştir.

Tablo 4.1 - Tipik  $q_c/N$  oranları (Sanglerat, G.,(1965))

Zemin Cinsi	$q_c / N$ (MN/m <sup>2</sup> )
Kil, siltli kil, killi silt	0,35
Kumlu kil, siltli kum	0.20
Kumlu silt	0,35
İnce kum	1,60
Kum	1.00

2. Meigh ve Nixon (1961)'a göre  $q_c/N$  oranı, siltli ince kumlar için 0.25, kaba çakıllar için 1,2 veya daha büyük değerler almaktadır (Cassan, M., 1988).

3. Zemin cinslerine göre bir başka araştırma da Sanglerat (1965) tarafından önerilmiş ve Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2 -  $q_c / N$  ilişkisi (Meigh, A.C., and Nixon, I.K., 1961).

Zemin Cinsi	$q_c / N$ (MN/m <sup>2</sup> )
Killi kum	0,6
Siltli kum	0.5
Kumlu kil	0,4
Siltli kil	0,3

4. Arazi deneylerinin ardından yapılan bir diğer araştırma da

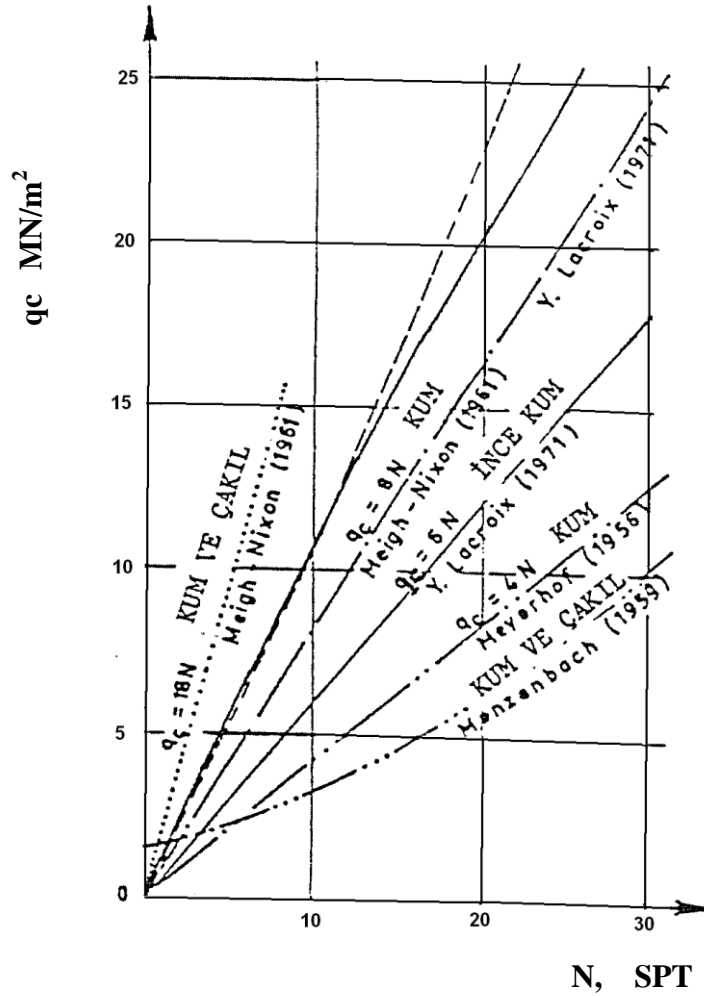
$$\log q_c = 0.882 \log N (+) 1.028 + 0.102 \quad (4.2)$$

$$\log N = 0.856 \log q_c - 0.714 (+) 0.096 \quad (4.3)$$

bağıntıları bulunmuştur (Sanglerat, G.,(1965)).

5. Dane çapının etkisini araştırmak için yapılan deneylerde ise farklı kum çeşitleri kullanılarak Şekil 4.1 de görölen sonuçlar elde edilmiştir (Sanglerat, G.,1965).

6. Zemin cinslerine göre bir başka " $q_c/N$ " sınıflaması, Amerika'nın çeşitli bölgelerinde yapılan çalışmalar sonucunda elde edilmiş ve Tablo 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1-  $q_c$ -N İlişkisi (Sanglerat, G.,(1965).

Tablo 4.3 - Zemin Cinsi- $q_c/N$  İlişkisi (Schmertmann, J.H.,1976)

Zemin Cinsi	$q_c / N$ (MN/m <sup>2</sup> )
Dunkerque kumu	0,5
Siltler ve killi siltler	0,2
Flanders kili	0,1
Louville kili	0,1-0,2

7. Schmertmann (1976) tarafından verilen zemin cinsi  $q_c/N$  ilişkisi ise Tablo 4.4'de belirtilmiştir.

Tablo 4.4 - Zemin Cinsi-CPT ( $q_c$ ) ve SPT(N) İlişkisi (Schmertmann (1976)).

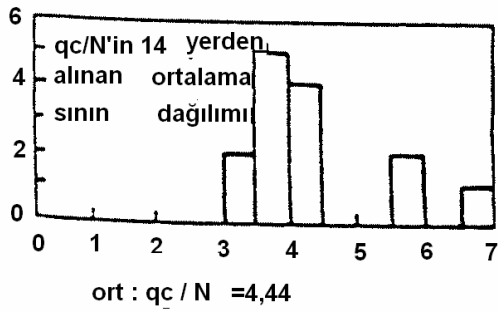
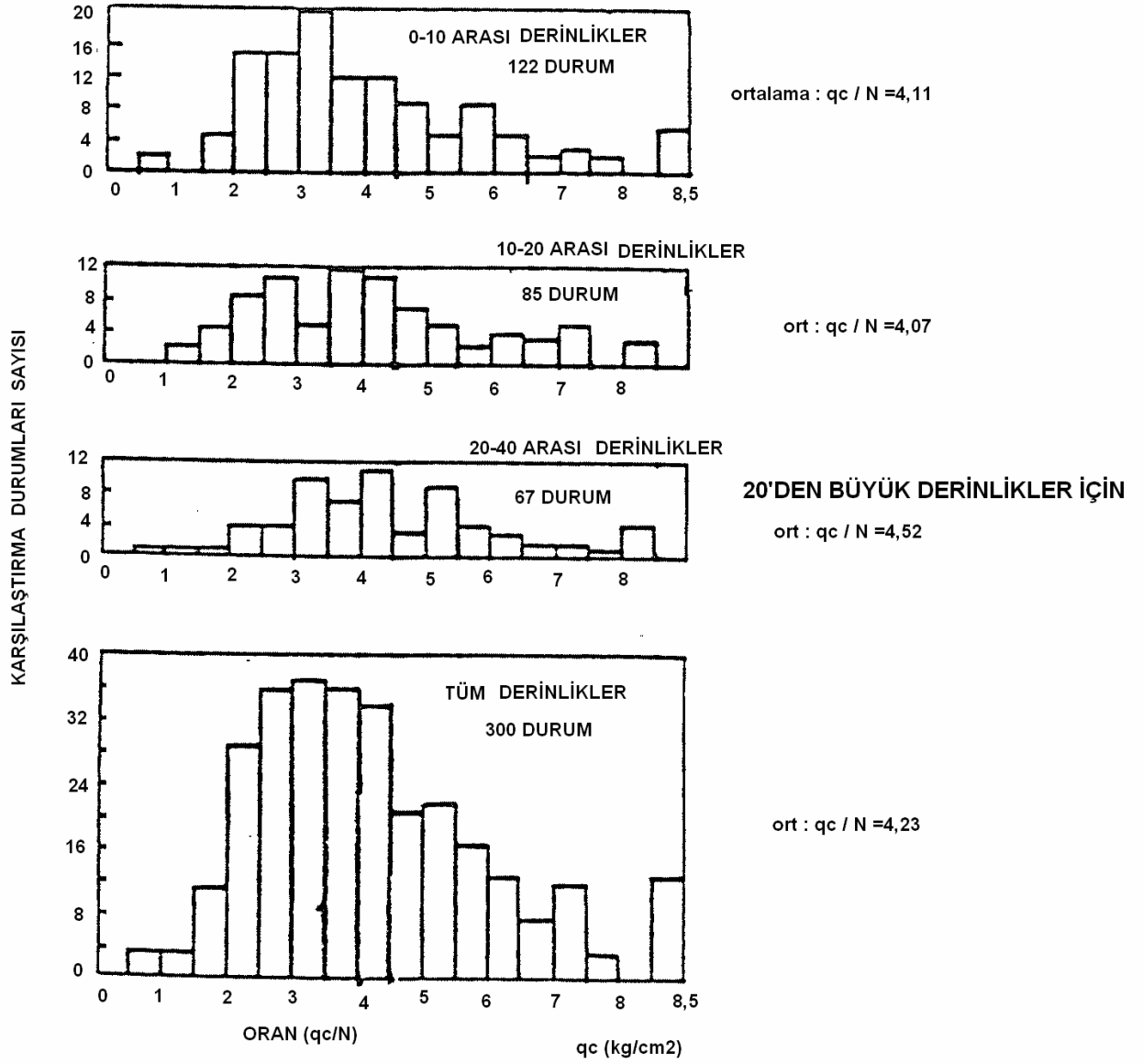
Zemin Cinsi	$q_c / N(MN/m^2)$
Silt, kumlu silt ve az kohezyonlu silt kum karışımı	0,20
Temiz, ince-orta kumlar ve az siltli kumlar	0.30-0,40
Kaba kumlar ve az çakıllı kumlar	0,50-0,60
Kumlu çakıl ve çakıllar	0,80-1,00

8. Schmertmann (1970) diğer bir araştırmasında  $q_c/N$  ilişkisi için Tablo 4.5'deki değerleri önermiştir.

Tablo 4.5 - Tipik  $q_c/N$  Oranları (Schmertmann, J.H., 1970).

Zemin Cinsi	$q_c/N (MN / m^2)$	
	Fugro Tipi Uç	Delft Tipi Mekanik Uç
Kum ve çakıl karışımı	0.80	0.60
Kum	0.50	0.40
Kumlu silt	0.40	0.30
Kil-silt-kum karışımı	0.20	0.20
Hassas olmayan killer	0.20	0.15
Hassas Killer	$N \rightarrow 0$ olduğundan oranlar yüksek	$N \rightarrow 0$ olduğundan oranlar yüksek

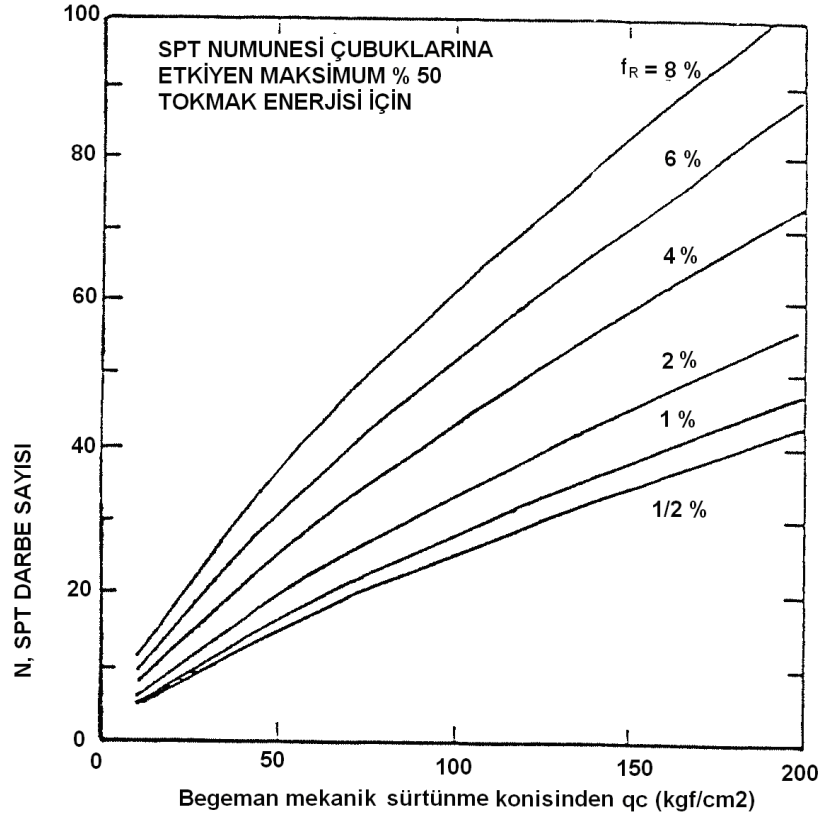
Schmertmann (1976) tarafından önerilen değerler ile ilgili ayrıntılı korelasyon Sekil 4.2'de gösterilmektedir.



SPT N DEGERİ BÜYÜKLÜĞÜNÜN ETKİSİ

Etki Aralığı	En küçük kareler metodu	Korel katsayısı
$0 < N < 10$	$qc=4,88$	0.43
$0 < N < 30$	$qc=4,13$	0.72
TÜM N	$qc=18,3+2,9N$	0.80

Şekil 4.2 Siltli Orta Sıkı Kumlardaki N ve  $qc$  Korelasyonları İçin Veriler (Schmertmann 1976. Fourth International Geotechnical Seminar,1986).



Şekil 4.3 - qc-N ilişkisi (Ataoglu, T.,1989).

Şekil 4.3 ise % 50 enerji seviyesi için değişkenler arasındaki yarı teorik korelasyonu ifade etmektedir.

Yalnızca SPT datalarının mevcut olması durumunda ( $N_{15-30}$  cm/ $N_{30-45}$  cm) veya ( $N_{0-15}$  cm/ $N_{30-45}$  cm) oranlarında  $f_s$  (sürtünme oranı) nın ölçümü sağlanabilir. Değişik  $f_s$ 'ler için buradaki oranların teorik değerleri liste halinde Tablo 4.6'da verilmektedir.

Tablo 4.6 - Şekil 4.3 'deki Teçhizatın Aynısını Kullanarak SPT Datasından  $f_R$ 'yi Tahmin Etmek için Metod (Ataoglu, T.,1989).

$f_R$ %	$\Delta N_{0-15} \text{ cm} / \Delta N_{30-45} \text{ cm}$	$\Delta N_{15-30} \text{ cm} / \Delta N_{30-45} \text{ cm}$
1 / 2	0.85	0.93
1	0.76	0.88
2	0.65	0.83
4	0.53	0.77
6	0.46	0.73
8	0.425	0.71

9. SPT ve CPT arasındaki bir diğer karşılaştırma da Tablo 4.7'de gösterilmiştir.

Tablo 4.7 SPT - CPT Arasındaki Karşılaştırma (Burland, J.B., and Burbridge, M.C.,1985).

	Çok Gevşek	Gevşek	Orta Sıkı	Sıkı	Çok Sıkı
SPT, $N_{30}$	$\leq 4$	4-10	10-30	30-50	$\geq 50$
CPT, $q_c$ , (MPa)	$\leq 5$	5-10	10-15	15-20	$\geq 20$
Dr, (%)	$\leq 15$	15-30	35-65	65-85	$\geq 85$
$\phi^\circ$ , (derece)	$\leq 30$	30-32	32-35	35-38	$\geq 38$

10. Diğer bir araştırma sonucunda elde edilen  $q_c/N_{30}$  oranı ile ilgili olarak Tablo 5.8'deki değerler önerilmiştir.

Tablo 4.8  $q_c/N_{30}$  ile ilgili Tipik Değerler (Burland, J.B., and Burbridge, M.C., 1985).

Zemin Cinsi	$q_c/N_{30}$ (MN/m <sup>2</sup> )
Siltli veya kumlu kil	0,2
Kumlu silt	0,3
İnce kum	0,4
İnce-orta kum	0,5
Orta kaba kum	0,8
Kaba kum	1,0
Çakıllı kum	0,8 - 1,8
Kumlu çakıl	1,2 - 1,8

11. Tablo 4.9 SPT ve CPT deneyleri arasında verilen bir diğer ilişkiyi göstermektedir.

Tablo 4.9 SPT-CPT Karşılaştırması (Burland, J.B., and Burbridge, M.C., 1985)

Rölatif Sıklık	CPT, ( $q_c$ ) (MPa)	SPT N
Çok gevşek	$\leq 2.5$	$\geq 4$
Gevşek	2,5-5,0	4-10
Orta sıkı	5,0-10,0	10-30
Sıkı	10-20	30-50
Çok sıkı	$\geq 20$	$\geq 50$

12. Çeşitli araştırmacıların SPT-N ve CPT- $q_c$  arasında zemin cinsine göre önerdikleri değerler Tablo 4.10 da toplu halde gösterilmiştir.

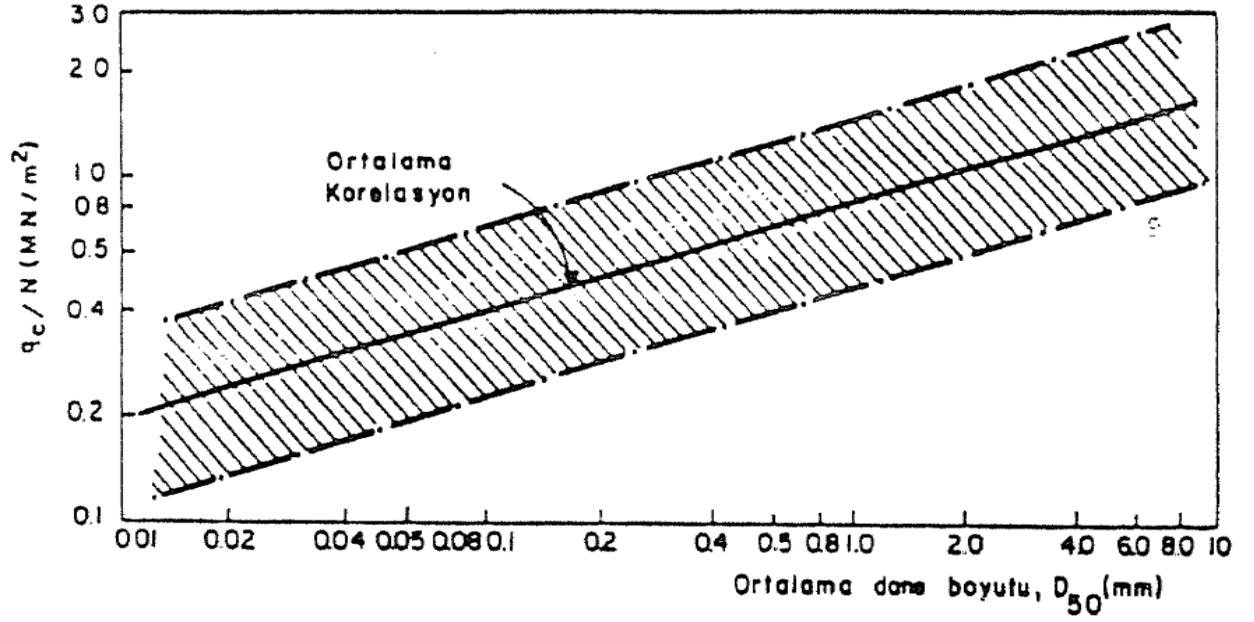
Tablo 4.10 CPT( $q_c$ ) - SPT (N) ilişkileri (Marr, S.L.,1981).

Zemin Cinsi	Araştırmacı	$q_c$ (MN/m <sup>2</sup> )/N	
Kil	Campanella (1979)	0.13	
	Kruizinga (1982)	0.13	
	Withmann (1982)	0.074	
Siltli Kil	Dezfulian (1982)	0.18	
	Douglas (1982)	0.10	
Killi Silt	Nixon (1982)	0.20	
	Muromachi (1982)	0.20	
Siltli Kum	Meyerhof (1956)	0.4	
	De A.Velloso (1959)	0.2	
	Heigh-Nixon (1961)	0.4	
	Rodin (1961)	0.5	
	Schmertmann (1970)	0.2 – 0.5	
	Sutherland (1974)	0.25	
	Thorburn (1981)	0.22 – 0.42	
	Killi Kum	Ishihara (1981)	0.55
		Douglas (1982)	0.22 – 0.42
		Nixon (1982)	0.30 – 0.50
Goe1 (1982)		0.5	
Killi Kum	Dezfulian (1982)	0.35 – 0.60	
	Kruizinga (1982)	0.45	
	Laing (1983)	0.43	

### 4.3 CPT ( $q_c$ ) / SPT (N) ve Ortalama Dane Boyutu (D50) Arasındaki ilişkiler

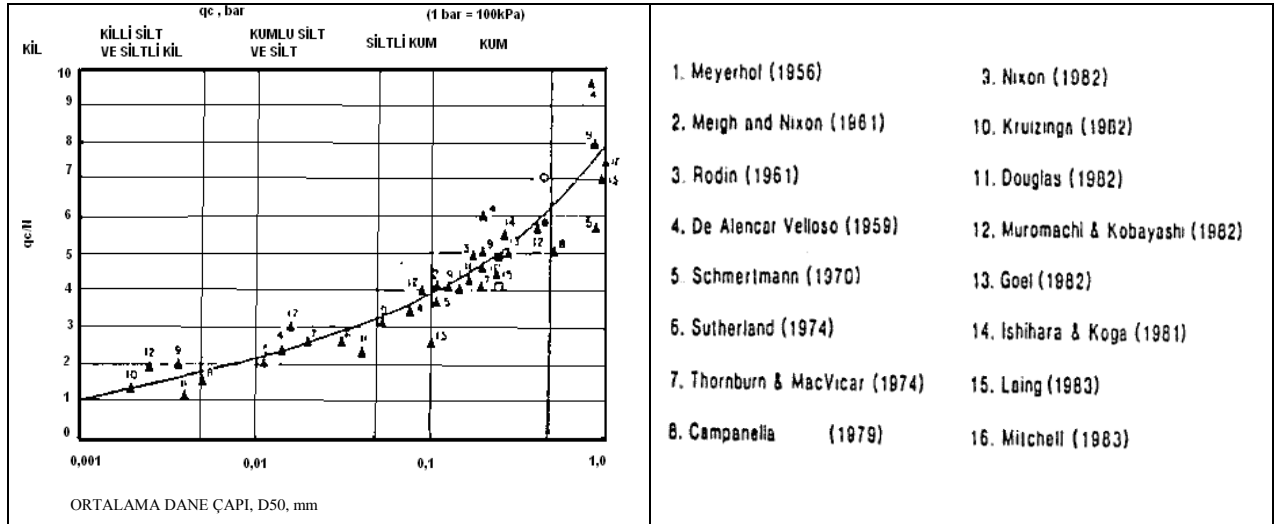
Koni penetrasyon direnci ( $q_c$ ) - SPT darbe sayısı (N) değerleri ile dane boyutu arasındaki ilişki birçok araştırmacıya konu olmuş, bunlardan Burbridge (1985), kohezyonsuz zeminler için  $q_c/N$  ortalama dane boyutu (D50) ilişkisini içeren verileri bir araya getirmiştir. Sekil 4.4 bu şekilde bulunan korelasyonu göstermektedir.





ORTA	KABA	İNCE	ORTA	KABA	İNCE	ORTA
SİLT			KUM			ÇAKIL

Şekil 4.4-  $q_c/N_{60}$ - $D_{50}$  Arasındaki İlişki (Schultze, E. and Melzer, K.,1965).



Şekil 4.5-  $q_c/N_{60}$ -Dane Çapı Arasındaki ilişki (Schmertmann, J.H., 1970).

Robertson (1983)'un dane çapı 0.001-1 mm arasında değişen zeminler için önerdiği  $q_c/N_{60}$ - $D_{50}$  ilişkisi Şekil 4.5'de gösterilmiştir.

#### 4.4 Koni uç Direnci ( $q_c$ ) - Rölatif Sıklık (Dr) İlişkisi

CPT sonuçlarından zeminin arazideki rölatif sıklığının belirlenmesi ve buradan hareketle sürtünme açılarının tahmini söz konusudur. Tablo 4.11  $q_c$ -Dr arasındaki tipik korelasyonu göstermektedir.

Tablo 4.11-  $q_c$ -Dr İlişkisi (Muromachi, T.,1981).

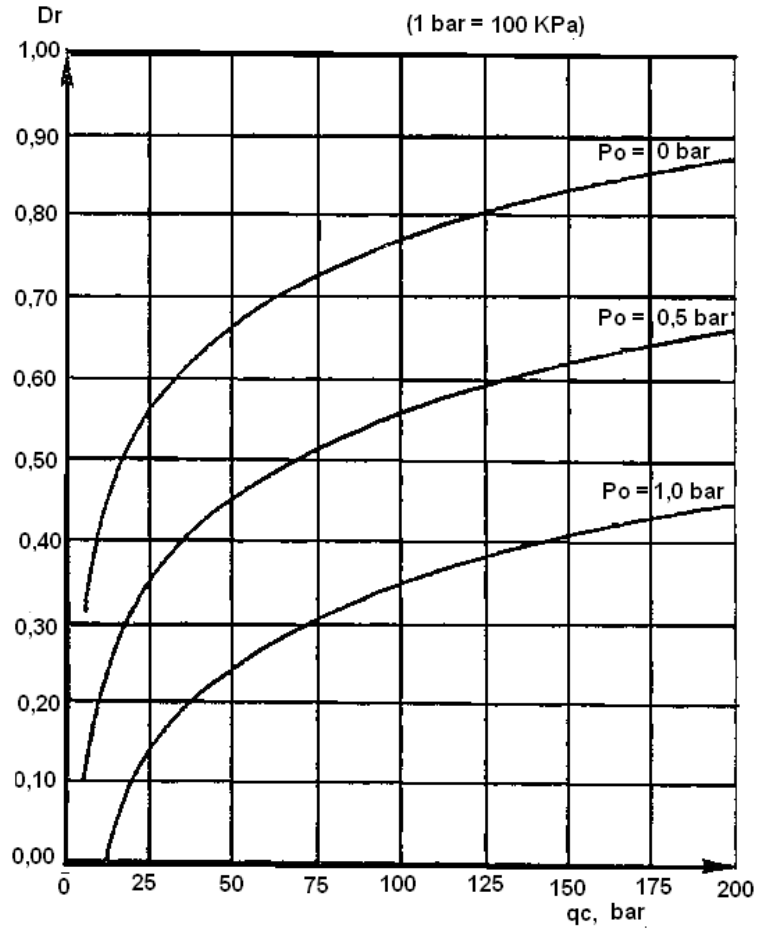
Sıklık	Koni Uc Direnci $q_c$ (MN / m <sup>2</sup> )	Rölatif Sıklık Dr (%)
Gevşek	<4	0 – 35
Orta	4 – 12	35 – 65
Sıkı	12 – 20	65 – 85
Çok sıkı	>20	85 – 100

Dr- $q_c$  arasındaki diğer bir sınıflandırma ise Tablo 4.12' de görüldüğü gibidir.

Tablo 4.12 - İnce Kumların Rölatif Sıklığı, SPT(N) ,CPT( $q_c$ ) ve  $\phi^\circ$  Arasındaki Bağını (Sanglerat, G.,1965).

Sıklık	Dr (%)	N	$q_c$ (MPa)	$\phi^\circ$
Çok gevşek	< 20	<4	< 2	< 30
Gevşek	20-40	4-10	2-4	30-35
Orta	40-60	10-30	4-12	35-40
Sıkı	60-80	30-50	12-20	40-45
Çok sıkı	80-100	> 50	> 20	45

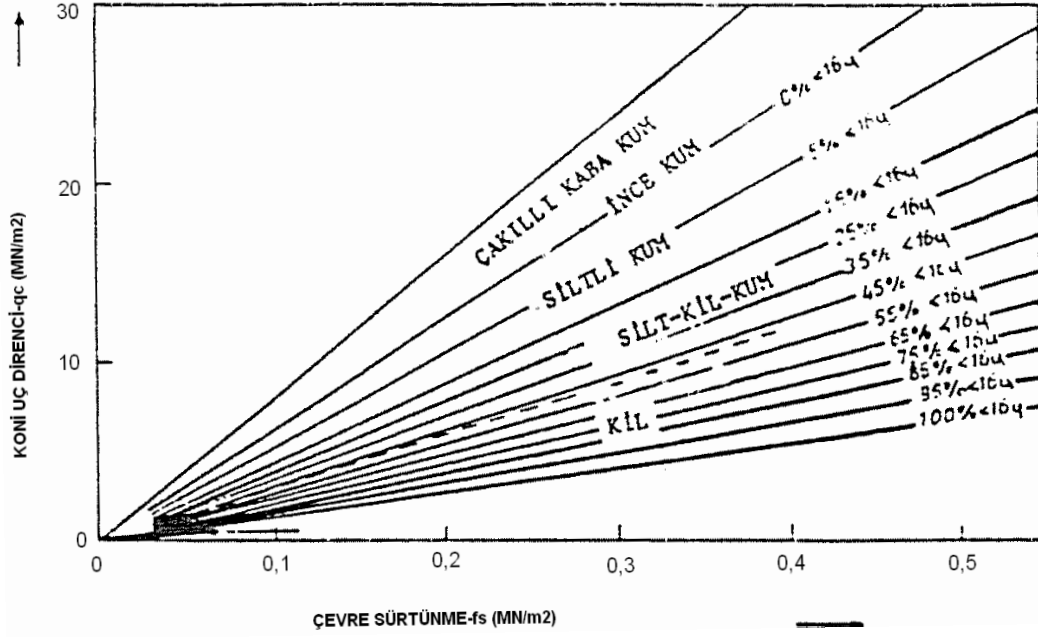
Schultze ve Melzer ( 1965), jeolojik yükü ( $P_o$ ) de hesaba katarak  $q_c$ - $D_r$  arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6.  $q_c$ - $D_r$  ilişkisi (Schultze ve Melzer,1965)

#### 4.5 Koni Uç Direnci ( $q_c$ ) ile Çevre Sürtünmesi ( $f_s$ ) Arasındaki ilişkiler

Su seviyesi altındaki örselenmemiş zeminler için, 0.016 mm den küçük danelerin yüzdesi, zemin tipi, çevre sürtünmesi ve uç direnci arasında oluşturduğu korelasyon Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7- qc-fs İlişkisi (Clayton, C.R.I., Simons, N.E., and Matthews, M.C.,1975).

Çeşitli zemin tipleri için Fransa'da yapılan araştırmalar Tablo 4.13'deki gibi özetlenebilir.

Andina Statik - Dinamik Penetrometresi sonuçlarına dayanan bir sınıflandırma da Tablo 4.14'de özetlenmektedir.

Tablo 4.13- Uç Direncinin Fonksiyonu Olan Çevre Sürtünmesi Değerleri (Sanglerat, G., Nhiem, T.V. , Selourne, M., and Andina,R.,1979).

Killer ve Turbalar ( $q_c < 10$ )	$q_c / 30 < f_s < q_c / 10$
Killer	$q_c / 25 < f_s < 2q_c / 25$
Killer, Siltler, Kumlar	$q_c / 100 < f_s < q_c / 25$
Kumlar	$q_c / 150 < f_s < 2q_c / 100$
Kaba Kumlar ve Çakıllar	$f_s < q_c / 150$

Tablo 4.14- Uç Direnci ve Çevre Sürtünmesine Göre Zeminlerin Sınıflandırılması (Sanglerat, G., 1965).

Uç Direnci $q_c$ , MN/m <sup>2</sup>	Çevre Sürtünmesi $f_s$ , MN/ m <sup>2</sup>	Zemin Cinsi
0.6	0.015 - 0.040	Turba, Çok yumuşak kil
1.0	0.020	Gevşek siltli kumlar, Çok gevşek dolgular
	0.020 - 0.060	Yumuşak veya siltli killer
1.0 – 3.0	0.01	Gevşek çakıl dolgular

	0.01 - 0.04	Gevşek kum veya lösler
	0.04 - 0.08	Orta sertlikte killer ve siltli killer
	0.08 - 0.20	Orta sertlikte killer
3.0 – 6.0	0.10	Orta sıklıkta siltli kumlar ve temiz kumlar
	0.10 - 0.30	Sert killer veya sert siltli killer
6.0 – 15.0	Düşük Sürtünme Direnci 0.10	Az gevşek ince kum içeren temiz çakıllar
	Orta Sürtünme Direnci 0.10 - 0.30	Sıkı kumlar veya sıkı kum karışımları, silt veya killer
	Yüksek Sürtünme Direnci 0.30	Sıkı killi kum karışımları içinde bulunan çakıllar, çok sert killer
15.0 - 30.0	0.10 - 0.20	Sıkı kum ve çakıl karışımları
	0.20	Kaba kumlar veya çok sıkı siltli Kumlar

#### 4.6 Koni Uç Direnci ( $q_c$ ) ile Sürtünme Oranı ( $f_R$ ) İlişkisi

Sanglerat (1972) uç direnci ve sürtünme oranı arasındaki ilişkiye dayanarak Tablo 4.15'deki sınıflandırmayı önermiştir.

Tablo 4.15- Sürtünme Oranından Faydalanarak Zeminlerin Sınıflandırılması (Sanglerat, G.,1965).

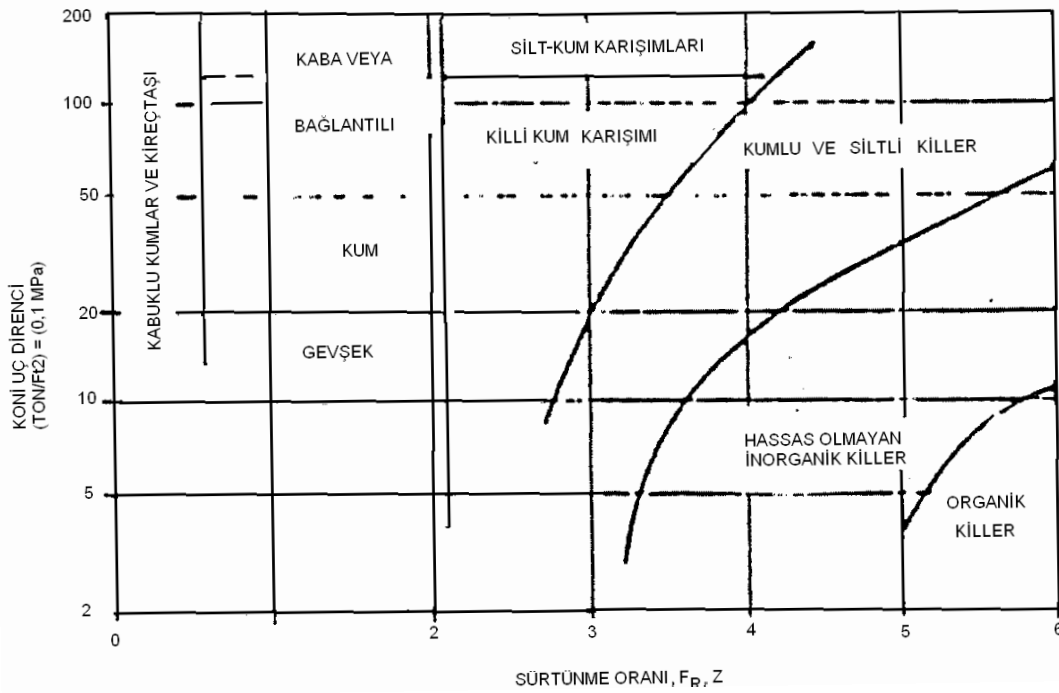
Uç Direnci $q_c$ , MPa	Sürtünme Oranı $f_R$ ( $f_s / q_c$ ), %	Zemin Sınıfı
<3	<0.1	Gevşek çakıl dolgular
>3	<0.6	Ayrışmış kayaç, kabuklu kum
>3	0.6 – 2.0	Kum ve çakıllar
>3	2.0 – 4.0	Silt-kum, killi kum ve siltli killer
>3	4.0 – 8.0	Killer
$\leq 6$	>6.0	Organik killer, turba ve çamurlar

Fransa'da yapılan araştırmalar sonucunda Tablo 4.16'da gösterilen değerler elde edilmiştir.

Tablo 4.16  $q_c$ - $f_R$  İlişkisi (Schmertmann, J.H.,1976).

Zemin Cinsi	$q_c$ , (MPa)	$f_R = f_s / q_c$ , (%)
Killer	<0.8	>3
Kumlu siltler	0.4 – 3.0	1.0 – 7.0
Siltler	0.7 – 2.0	1.5 – 5.0
Killi siltler	0.4 – 5.0	1.0 – 2.5
Kumlar	>1.5	<2.5
Killi kumlar	0.8 – 4.0	1.0 – 5.0
Killi kum lar	0.3 – 6.0	0.5 – 8.0
Siltli çakıllar	>2.0	<2
Killi çakıllar	>1.0	<5

Schmertmann tarafından önerilen, zemin sınıflandırması değişik olan ve zemin kıvamlarını da içeren sistem Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 -  $q_c$ - $f_R$  İlişkisi (Schmertmann, J.H.,1970).

Sanglerat (1982) kum, silt veya kil içeren zeminler için Sekil 4.9'da görülen sistemi oluşturmuştur.



Şekil 4.9 - Kumlar, Siltler ve Killer için Sınıflandırma (Sanglerat 1982. Navfac,1982)

## **5. TEKİRDAĞ ÇEVREYOLU DOĞU GEÇİŞİNE AİT GEOTEKNİK ARAŞTIRMA SONUÇLARINA DAYANARAK SPT VE CPT VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

### **5.1 Çevreyolu Doğu Geçişinin Konumu ve İnceleme Alanına ait Geoteknik Değerlendirmeler.**

Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından, Sedaş İnşaat A.Ş.'ne yaptırılan TCK Tekirdağ Çevreyolu doğu geçişinde yapılacak kavşak için zemin koşullarının değerlendirilmesi amacıyla bir rapor hazırlanmıştır (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2007).

Kavşak-Köprü ayaklarının konumlanacağı alan kil içerikli birimlerle çevrili eski dere yatağının zaman içerisinde çevredeki killi birimlerin sürüklenmesiyle doldurulması, içeriği ağırlıklı olarak kil ve çok seyrek kum mercceklerinden oluşan alüvyonel birimler yer almaktadır. Bunların altında kil, şeyl, silttaşı içerikli Osmancık formasyonuna girilmektedir.

Köprülü kavşak yapılması öngörülen bölgede yapılan 8 adet sondaj ve 8 adet CPT verilerinden zeminin genel olarak kil birikimi hakim görülmektedir. Çok seyrek görülen gevşek kum-silt kil karışımları içeren mercceklerde yer almaktadır.

Burada yer alan alüvyonların köprü ayakları için taşıma gücü problemleri oluşturması ve yaklaşım dolgularında yüksek ve uzun zamanlı oturma problemleri doğurması olasıdır.

### **5.2 Yerinde Yapılan Çalışmalar**

Burada toplam 8 adet dönel sondaj ve 8 adet koni penetrasyon deneyi uygulanmıştır. Buradan alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler Bakanlık 44 No yetki belgeli, İstanbul Kültür Üniversitesi Geoteknik Laboratuvarında TS1900/2006'ya göre deneylere tabi tutulmuştur. Gelen arazi deney bilgileri ve laboratuvar sonuçları sondaj logları ile birlikte değerlendirilerek hazırlanmıştır.

#### **5.2.1 Zemin Türlerinin Jeoteknik Özellikleri**

##### **5.2.1.1 Sondaj Çalışmaları ve SPT Deneyleri**

Çalışma alanında SK-2; 20,00 m, SK-3; 20,00 m, SK-4; 24,50 m, SK-5; 17,00 m, SK-9; 24,00 m, SK-10; 18,00 m, SK-11; 24,00 m, SK-12; 24,00 m derinliğinde olmak üzere 8 adet



sondaj yapılmıştır. Sondaj sırasında yapılan SPT deneylerinin sonuçları Tablo 5.1’de, sondaj logları EK-1’de sunulmuştur.

Tablo 5.1 SPT Deneysel Sonuçları (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2007)

(a)

Sıra No	Sondaj No	Derinlik (m)	Zemin Cinsi	SPT Darbe Sayıları	N <sub>arazi</sub>	N <sub>60</sub>
1	SK-2	1,50	Alüvyon	8/7/10	17	10
2	SK-2	3,00	Alüvyon	2/3/2	5	3
3	SK-2	6,00	Alüvyon	2/2/2	4	2
4	SK-2	7,50	Alüvyon	3/3/4	7	4
5	SK-2	9,00	Alüvyon	10/11/10	21	12
6	SK-2	10,50	Alüvyon	14/13/10	23	13
7	SK-2	13,50	Kil	32/38/47	>50	28
8	SK-2	15,00	Kil	50/10/-/-	>50	28
9	SK-2	16,50	Kil	50/7/-/-	>50	28
10	SK-2	18,00	Kil	50/5/-/-	>50	28
11	SK-2	19,50	Kil	50/4/-/-	>50	28

(b)

Sıra No	Sondaj No	Derinlik (m)	Zemin Cinsi	SPT Darbe Sayıları	N <sub>arazi</sub>	N <sub>60</sub>
1	SK-3	1,50	Alüvyon	2/3/3	6	3
2	SK-3	3,50	Alüvyon	1/2/2	4	2
3	SK-3	4,50	Alüvyon	2/2/3	5	3
4	SK-3	6,50	Alüvyon	5/7/8	15	8
5	SK-3	7,50	Alüvyon	7/5/11	16	9
6	SK-3	9,00	Alüvyon	6/9/10	19	11
7	SK-3	10,50	Alüvyon	5/8/12	20	11
8	SK-3	12,00	Alüvyon	4/3/5	8	5
9	SK-3	13,50	Alüvyon	3/2/2	4	2
10	SK-3	15,00	Alüvyon	25/34/38	>50	28
11	SK-3	16,50	Kil	50/12/-/-	>50	28
12	SK-3	18,00	Kil	50/7/-/-	>50	28
13	SK-3	19,50	Kil	50/4/-/-	>50	28

(c)

Sıra No	Sondaj No	Derinlik (m)	Zemin Cinsi	SPT Darbe Sayıları	N	N <sub>60</sub>
1	SK-4	1,50	Alüvyon	3/3/4	7	4
2	SK-4	3,50	Alüvyon	4/6/8	14	8
3	SK-4	4,50	Alüvyon	4/5/5	10	6
4	SK-4	6,50	Alüvyon	3/4/7	11	6
5	SK-4	7,50	Alüvyon	2/1/3	4	2
6	SK-4	9,00	Alüvyon	3/2/3	5	3
7	SK-4	10,50	Alüvyon	4/4/5	9	5

8	SK-4	12,50	Alüvyon	4/5/7	12	7
9	SK-4	13,50	Alüvyon	5/4/7	11	6
10	SK-4	15,00	Alüvyon	6/7/8	15	8
11	SK-4	16,50	Alüvyon	12/8/8	16	9
12	SK-4	18,00	Alüvyon	14/8/10	18	10
13	SK-4	19,50	Alüvyon	8/9/11	20	11
14	SK-4	21,50	Alüvyon	9/11/13	24	14
15	SK-4	22,50	Alüvyon	8/11/14	25	14
16	SK-4	24,00	Alüvyon	10/13/17	30	17

(ç)

Sıra No	Sondaj No	Derinlik (m)	Zemin Cinsi	SPT Darbe Sayıları	N <sub>arazi</sub>	N <sub>60</sub>
1	SK-5	1,50	Alüvyon	5/10/14	24	14
2	SK-5	3,50	Alüvyon	5/6/7	13	7
3	SK-5	4,50	Alüvyon	4/7/7	14	8
4	SK-5	6,50	Alüvyon	5/7/9	16	9
5	SK-5	7,50	Alüvyon	5/6/8	14	8
6	SK-5	9,00	Alüvyon	6/7/10	17	10
7	SK-5	10,50	Alüvyon	8/10/12	22	12
8	SK-5	12,50	Kil	24/32/40	>50	28
9	SK-5	13,50	Kil	22/23/28	>50	28
10	SK-5	15,00	Kil	35/50/50/10	>50	28
11	SK-5	16,50	Kil	50/10/-/-	>50	28

(d)

Sıra No	Sondaj No	Derinlik (m)	Zemin Cinsi	SPT Darbe Sayıları	N	N <sub>60</sub>
1	SK-9	1,50	Dolgu	8/16/24	40	23
2	SK-9	3,00	Dolgu	10/18/29	47	26
3	SK-9	4,50	Alüvyon	3/4/5	9	5
4	SK-9	6,00	Alüvyon	3/4/4	8	5
5	SK-9	7,50	Alüvyon	4/4/6	10	6
6	SK-9	9,00	Alüvyon	8/7/12	19	11
7	SK-9	10,50	Alüvyon	6/7/10	17	10
8	SK-9	12,00	Alüvyon	7/8/10	18	10
9	SK-9	13,50	Alüvyon	5/9/11	20	11
10	SK-9	15,00	Kil	6/9/13	22	12
11	SK-9	18,00	Kil	50/12/-/-	>50	28
12	SK-9	21,00	Kil	50/10/-/-	>50	28
13	SK-9	23,50	Kil	50/12/-/-	>50	28

(e)

Sıra No	Sondaj No	Derinlik (m)	Zemin Cinsi	SPT Darbe Sayıları	N <sub>arazi</sub>	N <sub>60</sub>
1	SK-10	1,50	Alüvyon	7/9/16	25	14
2	SK-10	3,00	Alüvyon	8/8/13	21	12

3	SK-10	4,50	Alüvyon	6/6/9	15	8
4	SK-10	6,00	Alüvyon	7/8/10	18	10
5	SK-10	7,50	Alüvyon	13/14/15	29	16
6	SK-10	9,00	Kil	11/18/27	45	25
7	SK-10	10,50	Kil	30/50/7/-	>50	28
8	SK-10	12,00	Kil	50/13/-/-	>50	28
9	SK-10	13,50	Kil	50/8/-/-	>50	28
10	SK-10	15,00	Kil	50/9/-/-	>50	28
11	SK-10	17,00	Kil	50/8/-/-	>50	28

(f)

Sıra No	Sondaj No	Derinlik (m)	Zemin Cinsi	SPT Darbe Sayıları	N <sub>arazi</sub>	N <sub>60</sub>
1	SK-11	1,50	Dolgu	11/8/13	21	12
2	SK-11	3,50	Alüvyon	6/7/8	15	8
3	SK-11	4,50	Alüvyon	5/6/6	12	7
4	SK-11	6,50	Alüvyon	5/6/7	13	7
5	SK-11	7,50	Alüvyon	8/5/9	14	8
6	SK-11	9,50	Alüvyon	8/7/9	16	9
7	SK-11	10,50	Alüvyon	9/10/11	21	12
8	SK-11	12,00	Kil	13/17/22	39	22
9	SK-11	13,50	Kil	22/38/44	>50	28
10	SK-11	15,00	Kil	26/44/50/8	>50	28
11	SK-11	16,50	Kil	50/10/-/-	>50	28
12	SK-11	18,00	Kil	50/8/-/-	>50	28

(g)

Sıra No	Sondaj No	Derinlik (m)	Zemin Cinsi	SPT Darbe Sayıları	N <sub>arazi</sub>	N <sub>60</sub>
1	SK-12	1,50	Dolgu	6/9/11	20	11
2	SK-12	3,50	Alüvyon	8/8/10	18	10
3	SK-12	4,50	Alüvyon	6/8/9	17	10
4	SK-12	6,50	Alüvyon	5/6/8	14	8
5	SK-12	7,50	Alüvyon	3/4/7	11	6
6	SK-12	9,00	Alüvyon	4/5/7	12	7
7	SK-12	10,50	Alüvyon	5/7/10	17	10
8	SK-12	12,50	Kil	10/12/17	29	16
9	SK-12	13,50	Kil	15/16/24	40	23
10	SK-12	15,00	Kil	28/39/46	>50	28
11	SK-12	16,50	Kıltaşı	50/14	>50	28
12	SK-12	18,00	Kıltaşı	50/11	>50	28

### 5.2.1.2 CPT Çalışmaları ve Laboratuvar Deneyleri

200 kN kapasiteli CPT ile arazide 8 farklı lokasyonda CPT yapılmıştır. Deneyler her kuyuda 2 cm/sn hızla zemin içerisinde ilerlenerek yapılmış, elde edilen veriler eş zamanlı

olarak bilgisayara aktarılarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanında yapılan sondajlardan alınan numuneler T.C. Kültür Üniversitesi Geoteknik Laboratuvarında deneylere tabi tutulmuştur. Alınan sonuçlar Tablo 5.2’de, CPT logları EK-2’de ve lokasyonları gösteren Vaziyet Planı EK-3’de sunulmuştur.

Tablo 5.2 Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçışı Deney Sonuçları (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2007)

(a)

Sıra No	SK	Z(m)	RENK	WL %	Wp %	Wn %	IL	İNCE	SINIF	p kN/m <sup>3</sup>	Sr %	E %	cu	P kPa	N <sub>arazi</sub>	N <sub>60</sub>	qc
1	2	1,50							BT							10	1,8
2	2	3,00							CH							3	1,7
3	2	4,50	Y	61	18	35	0,38	99	CH	18,02	82	0,88	43	105	5	3	2
4	2	6,00	kY	37	12	31	0,76	30	GC						4	2	1,8
5	2	7,50							CH							4	3,0
6	2	9,00	kY	44	14	24	0,34	82	CI						21	12	2
7	2	10,50							CI							13	1,9
8	2	12,00	K	24	13	17	0,41	36	SC	19,74	85	0,63	123	170	38	21	10
9	2	13,50	K	NP	NP	14	--	25	SM						R	28	
10	2	18,00	Y	38	16	14	-0,08	94	CI						R	28	

(b)

Sıra No	SK	Z(m)	RENK	WL %	Wp %	Wn %	IL	İNCE	SINIF	p kN/m <sup>3</sup>	Sr %	E %	cu	P kPa	N <sub>arazi</sub>	N <sub>60</sub>	qc
1	3	1,50							BT							3	1,1
2	3	3,00	Y	36	13	24	0,50	53	CI	18,58	80	0,75	22	60	5	3	1
3	3	3,50							CI							2	1
4	3	4,50							CI							3	1
5	3	6,00	kG	51	15	26	0,30	53	CH	19,02	92	0,80	32	85	12	7	1,5
6	3	6,50							CH							8	2
7	3	7,50							CH							9	1
8	3	9,00	Y	23	14	21	0,79	45	SC						19	11	2,2
9	3	10,50							SC							11	6
10	3	12,00							SC							5	14
11	3	13,50	Y	18	NP	18	0,96	21	SM						4	2	

(c)

Sıra No	SK	Z(m)	RENK	WL %	Wp %	Wn %	IL	İNCE	SINIF	p kN/m <sup>3</sup>	Sr %	e %	cu	P kPa	N <sub>arazi</sub>	N <sub>60</sub>	qc
1	4	1,50							BT							4	1,7
2	4	3,00	G	74	21	25	0,07	98	CH	18,58	80	0,75	64	60	11	6	1,5

3	4	3,50							CH							8	1
4	4	4,50							CH							6	1
5	4	6,00	G	79	24	30	0,12	99	CH	21,30	100	0,57	39	95	10	6	1
6	4	6,50							CH							6	1
7	4	7,50							CH							2	0,9
8	4	9,00							CH							3	0,6
9	4	10,50							CH							5	0,6
10	4	12,50							CH							7	0,7
11	4	13,50							CH							6	0,8
12	4	15,00							CH							8	0,7
13	4	16,50							CH							9	0,7
14	4	18,00							CH							10	1,4
15	4	19,50							CH							11	1,7
16	4	21,00	Y	37	16	22	0,31	86	CI	20,12	100	0,66	22	70	23	13	2
17	4	21,50							CI							14	1,5
18	4	22,50							CI							14	1,9
19	4	24,00	Y	23	14	21	0,79	25	SC						30	17	2

(ç)

Sıra No	SK	Z(m)	RENK	WL %	Wp %	Wn %	IL	İNCE	SINIF	P kN/m <sup>3</sup>	Sr %	e %	cu	P kPa	N <sub>arazi</sub>	N <sub>60</sub>	qc
1	5	1,50							BT							14	5,5
2	5	3,00	kK	40	14	18	0,17	68	CI	20,60	93	0,53	147	360	15	8	3,5
3	5	3,50							CI							7	2,0
4	5	4,50							CI							8	2,1
5	5	6,00	K	51	16	21	0,14	86	CH	20,55	100	0,54	**	250	14	8	2
6	5	6,50							CH							9	1,8
7	5	7,50							CH							8	1,8
8	5	9,00							CH							10	1,1
9	5	10,50							CH							12	1,9
10	5	12,00	K	NP	NP	23	--	12	SM						42	24	15
11	5	12,50	K	NP	NP	19	--	7	SP-SM						R	28	

(d)

Sıra No	SK	Z(m)	RENK	WL %	Wp %	Wn %	IL	İNCE	SINIF	P kN/m <sup>3</sup>	Sr %	e %	cu	P kPa	N <sub>arazi</sub>	N <sub>60</sub>	qc
1	9	1,50							BT							23	6
2	9	3,00							BT							26	17
3	9	3,50	K	59	17	23	0,14	87	CH	20,18	99	0,60	83	200	35	20	
4	9	4,50	YK	53	16	23	0,18	82	CH						9	5	1
5	9	6,00							CH							5	0,5
6	9	7,50	Y	30	13	23	0,60	66	CL						10	6	
7	9	9,00							CL							11	1,3
8	9	10,50							CL							10	1,7
9	9	12,00							CL							10	1,0
10	9	15,00	Y	31	16	22	0,43	56	CL						22	12	

11	9	18,00	Y	NP	NP	4	--	5	GWGM							R	28	
----	---	-------	---	----	----	---	----	---	------	--	--	--	--	--	--	---	----	--

(e)

Sıra No	SK	Z(m)	RENK	WL %	Wp %	Wn %	IL	İNCE	SINIF	P kN/m <sup>3</sup>	Sr %	e %	cu	P kPa	N <sub>arazi</sub>	N <sub>60</sub>	qc
1	10	1,50							CH							14	2,7
2	10	3,00							CH							12	1,2
3	10	4,50							CH							8	2,6
4	10	6,00							CH							10	1,8
5	10	9,00	YK	57	25	23	0,05	93	CH						45	25	
6	10	13,50	kY	31	20	13	0,70	82	CL						R	28	

Y:Yeşil, K: Kahve P: Cep Penetrometresi

### 5.2.2 Yerüstü ve Yeraltı Suyu Durumu

Akdeniz etkisinde kalan Marmara ikliminin hüküm sürdüğü bölgede, yazlar kurak olmamakla birlikte sıcak, kışlar ise genellikle ılık ve yağışlı geçer. Yağışlar çoğu kez yağmur zaman zaman ise kar şeklindedir. Florya gözlem istasyonu verilerine göre ortalama yıllık yağış toplamı 649,00 mm'dir. İnceleme alanında Aralık – Nisan ayları arasındaki dönemde su fazlası bulunmaktadır. Dolayısı ile bu dönemde yüzeysel sellenme oluşabilmektedir.

İnceleme alanındaki sondajlarda SK-2; 3,00 m, SK-3; 2,00 m, SK-4; 1,50 m, SK-5; 3,00 m, SK-9; 3,00 m, SK-10; 3,00 m, SK-11; 2,50 m ve SK-12; 2,50 m'de yeraltı suyuna rastlanmıştır.

Yapılan Dönel Sondaj ve CPT kuyularında görülen su sevipleri Tablo 5.3'de sunulmuştur.

Tablo 5.3 Yeraltı Su Seviyeleri

SK	2	3	4	-	9	-	11	12	5	10
SPT-Derinlik (m)	2,3	2,0	1,5		3,0		2,5	2,5	3,0	3,0
CPT-Derinlik (m)	3,5	3,1	3,0	3,3 (CPT-8)	3,2	3,6 (CPT-7)				

Kaydedilen yeraltı su seviyesi kayıtları kuyuda sondaj suyu kalması nedeniyle dönel sondajlarda su kullanılmayan CPT delgilerine oranla %50'ye kadar yüksek çıkmıştır. Genel değerlendirmede YASS'nin -3 m'de olduğu kabulünün yapılabileceği görülmektedir.

### 5.3 Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçişine Ait SPT CPT Sonuçları ve Laboratuvar Çalışmalarının Değerlendirilmesi

Bu değerlendirme, Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçışı amacıyla SPT ve CPT deneylerinden elde edilen veriler yardımıyla yapılan bir korelasyon çalışmasını içermektedir. Söz konusu verilerin incelenmesi, zemin gruplarının oluşturulmasında yalnızca aynı noktalar denebilecek şekilde yakınlıktaki SPT ve CPT verileri kullanılarak yapılmıştır.

Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçışı sırasında yapılan sondajlar, çizilen zemin kesitleri ve sondaj logları yardımıyla değerlendirmeye alınan zeminler kil (yüksek plastisiteli-orta plastisiteli-düşük plastisiteli), killi-siltli-uniform kum, kil-kum zeminler olmak üzere 5 grupta incelenmiştir. Değerlendirmeye tabi tutulan SPT ve CPT deneyleri aynı noktalardan denebilecek mesafelerdekiler alınmış, sondajlar dahilinde yapılan SPT deneylerine karşılık gelen CPT deneylerinin aynı derinlikteki sonuçları dikkate alınmıştır. Sondaj çukurları içerisinde yaklaşık 1.50 m'lik aralıklarla yapılan SPT deneyleri için göz önüne alınan okumalar, örselenme etkisini ortadan kaldırabilmek amacıyla son 30 cm'lik giriş için saptanan darbe sayıları alınmıştır.

SPT değerlerinde birçok değişken; sondaj metodları, tij tipleri, sondaj kuyusu ebatları ve stabilizasyonu, numune alıcı tip, vuruş sıklığı, tokmak tipi ve düşürülmesine bağlı enerji, deney prosedürü SPT sonuçlarının geçerliliğini ve kullanılabilirliğini etkilemektedir. (Sağlamer,1979; Nixon, 1982; Coduto, 1994) Bu değişkenlere bağlı olarak, ölçülen penetrasyon direnci ( $SPT-N_{arazi}$ ) çok aşırı yüksek veya çok aşırı düşük olabilmektedir. Aşırı yüksek olarak ölçülen  $SPT-N_{arazi}$  değeri, zeminin özelliklerinin ve taşıma gücünün güvenli olmayan tahminlerine sebep olmaktadır. Aşırı düşük ölçülen  $SPT-N_{arazi}$  değeri ise, ekonomik olmayan aşırı güvenli sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Daha kullanılabilir, faydalı ve karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmek için düzeltmeler uygulanmalıdır. Bu düzeltmeler:

1.  $C_N$  jeolojik yük düzeltmesi,
2.  $C_E$  Enerji düzeltmesi,
3.  $C_R$  Tij uzunluğu düzeltmesi,
4.  $C_B$  sondaj çapı düzeltmesi,
5.  $C_S$  Numune alıcı kılıf düzeltmesi,
6.  $C_A$  çakma başlığı düzeltmesi,

7.  $C_{BF}$  tokmak vuruş sıklığı düzeltmesi,

8.  $C_C$  tokmak yastığı düzeltmesi, şeklindedir (McGregor ve Duncan, 1998).

Tüm düzeltmeler ayırık daneli zeminlerde kullanılırken, jeolojik yük ( $C_N$ ) ve tokmak vuruş sıklığı ( $C_{BF}$ ) düzeltmeleri ince daneli zeminlerde pratikte yapılmaz. (McGregor ve Duncan, 1998).

Böylece ince daneli zeminler için genel düzeltmeleri içeren denklem:

$$N_{60}=(C_E C_R C_B C_S C_A C_C)N_{arazi} \quad (5.1)$$

şeklini alır. Türkiye'deki uygulama sonuçlarına bakılarak SPT düzeltme faktörleri  $C_E=0.75$ ,  $C_B=1$ ,  $C_S=1.2$ ,  $C_A=0.85$ ,  $C_C=1$  olarak alınabilir. Ülkemizde ince daneli zeminler için tüm düzeltmeleri içeren oldukça aynı sonucu veren

$$SPT-N_{60}=0,75*C_R N_{arazi} \quad (5.2)$$

ifadesi kullanılabilir (Sivrikaya ve Toğrol, 2003).  $T_{ij}$  uzunluğuna bağlı olarak,  $C_R=0.75, 0.85, 0.95, 1.00$  olarak kabul edilmiştir (Skempton, 1986). Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçişinde  $t_{ij}$  uzunluğu etkisi derinliğe bağlı olarak  $C_R=0.80$  olarak alınmıştır.

Sonuç itibariyle denklem;

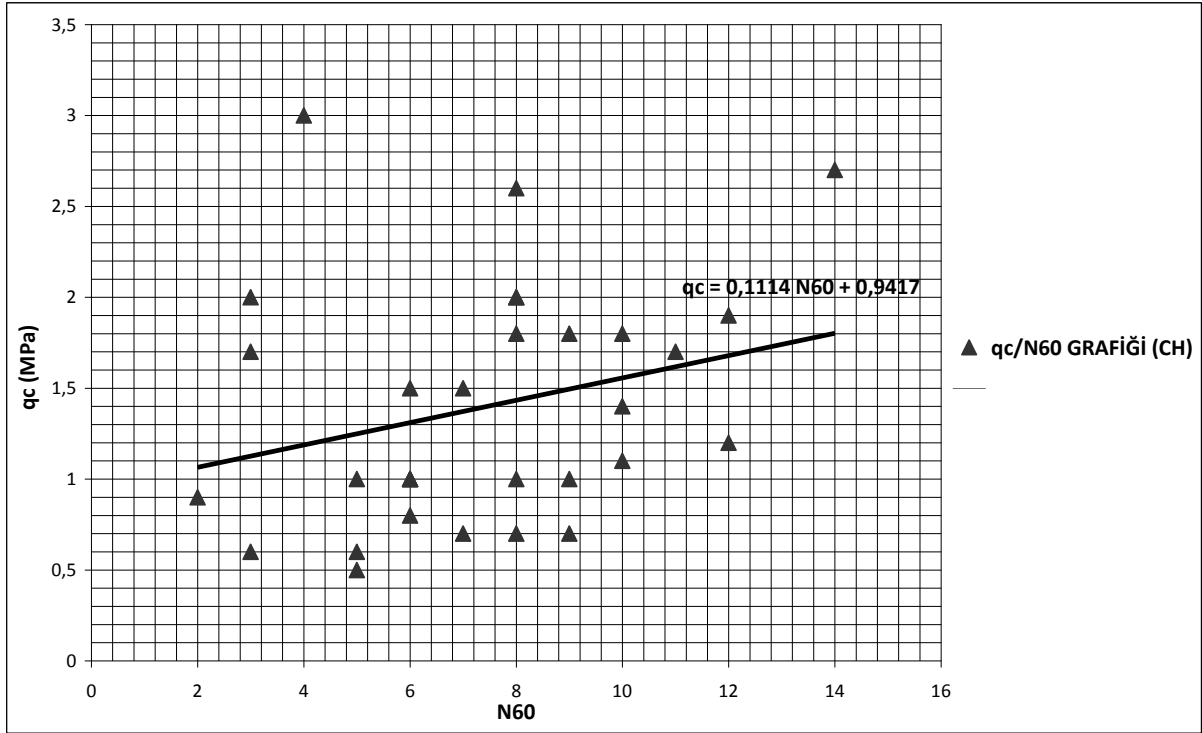
$$SPT-N_{60}=0.60*N_{arazi} \quad (5.3)$$

olarak alınmış ve değerlendirilmiştir.



1. Killi zeminlerden elde edilen koni uç direnci  $q_c$  ve SPT darbe sayısı  $N_{60}$  arasındaki ilişki araştırılmıştır. Mevcut bağıntılardan, killi zeminler için  $q_c/N_{60}$  oranının 0,10-0,15 ( $MN/m^2$ ) arasında değiştiği bilinmektedir.

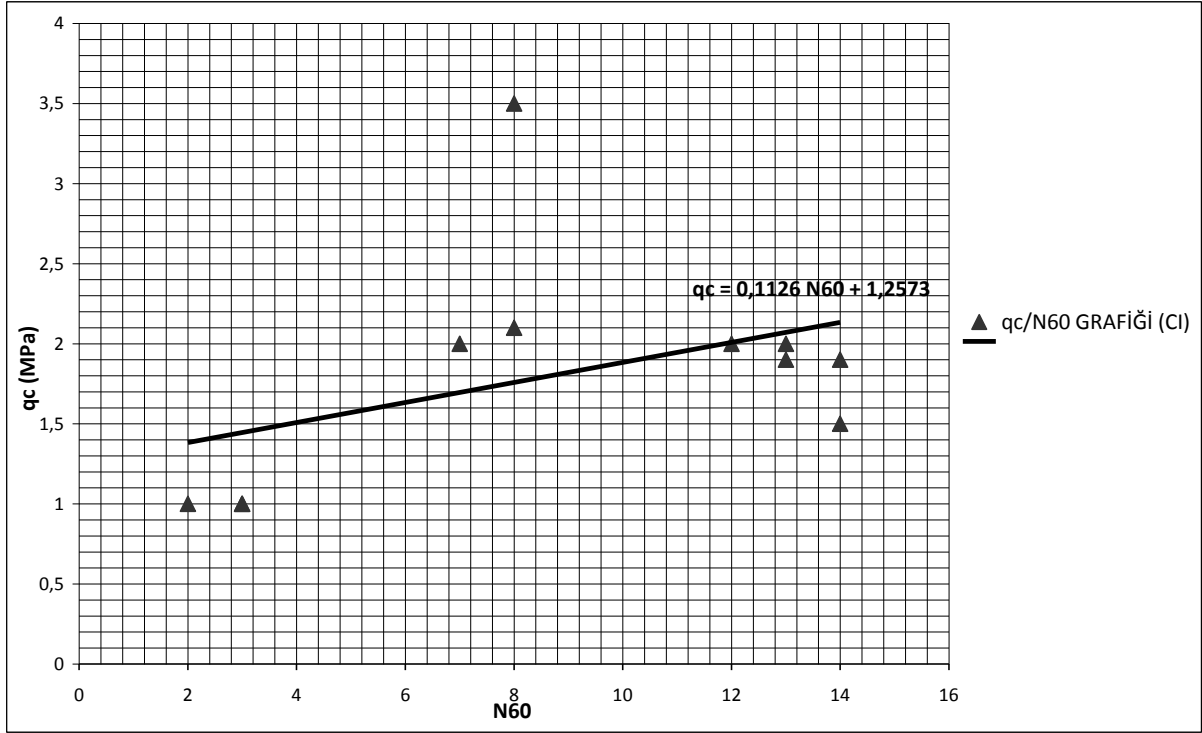
a. Zemin gruplarından yüksek plastisiteli kil (CH) zeminler üzerinde yapılan SPT deneylerinden elde edilen  $N_{60}$  darbe sayıları ile CPT deneyleri ile saptanan  $q_c$  uç dirençleri arasındaki ilişki Şekil 5.1’de gösterilmektedir.



Şekil 5.1 CH Killi Zeminler İçin  $q_c/N_{60}$  arasındaki ilişki

Burada yüksek plastisiteli kil (CH) zeminler için elde edilen  $q_c/N_{60} = 0,111$  değeri mevcut bağıntılar arasında kalmaktadır.

b. Zemin gruplarından orta plastisiteli kil (CI) zeminler üzerinde yapılan SPT deneylerinden elde edilen  $N_{60}$  darbe sayıları ile CPT deneyleri ile saptanan  $q_c$  uç dirençleri arasındaki ilişki Şekil 5.2’de gösterilmektedir.

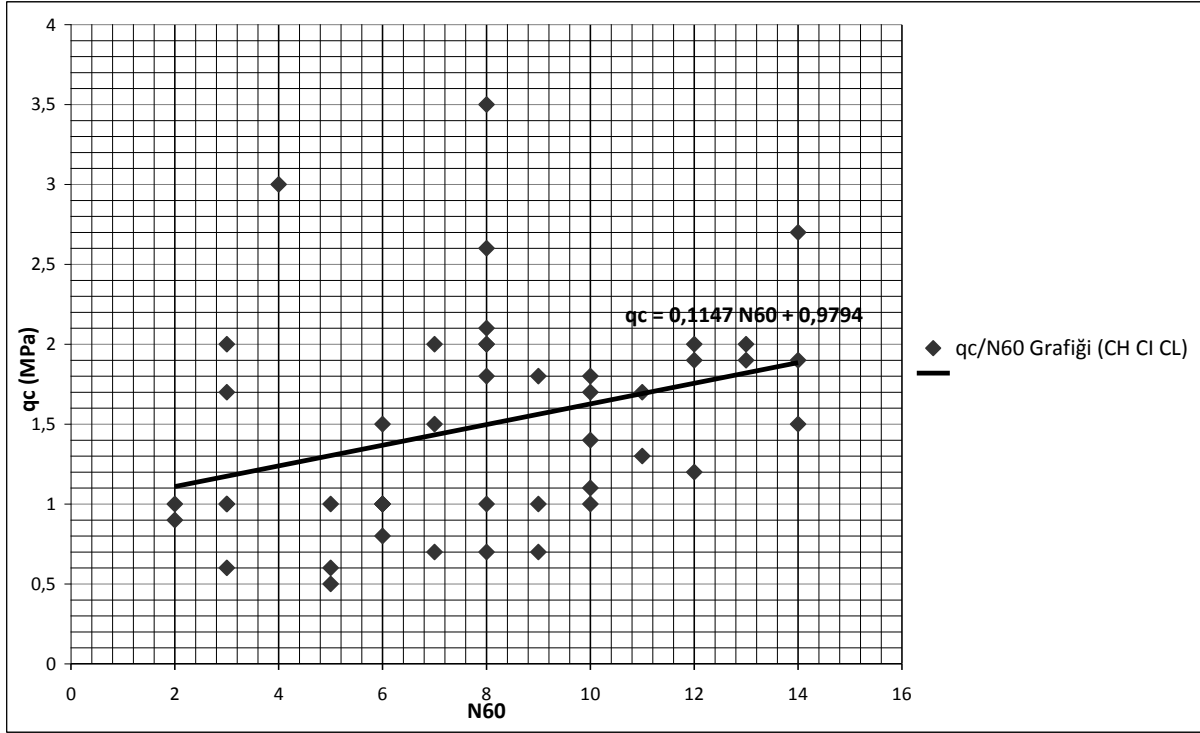


Şekil 5.2 CI Killi Zeminler İçin  $q_c/N_{60}$  arasındaki ilişki

Burada orta plastisiteli kil (CI) zeminler için elde edilen  $q_c/N_{60} = 0,112$  değeri mevcut bağıntılar arasında kalmaktadır.

c. Zemin gruplarından düşük plastisiteli kil (CL) zeminler üzerinde yapılan SPT deneylerinden elde edilen  $N_{60}$  darbe sayıları ile CPT deneyleri ile saptanan  $q_c$  uç dirençleri yeterli veri olmaması nedeniyle sonuçların gerçeği yansıtmayabileceğinden değerlendirilmemiştir.

ç. Kavşak için killi zeminlerden elde edilen koni uç direnci  $q_c$  ve SPT darbe sayısı  $N_{60}$  arasındaki ilişki mevcut bağıntıları olan  $q_c/N_{60}$  oranı 0,10-0,15 (MN/m<sup>2</sup>) ile SPT ve CPT deneylerinden elde edilen  $q_c/N_{60}$  oranı Şekil 5.3'te gösterilmiştir.

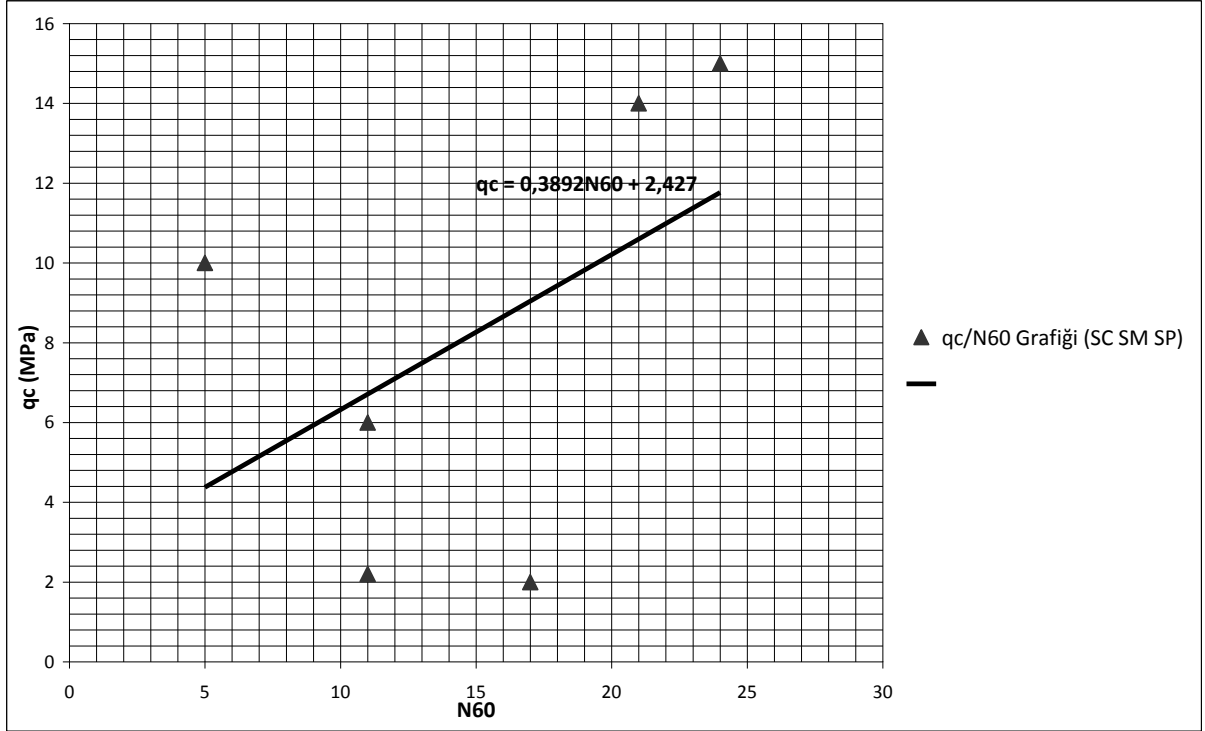


Şekil 5.3 Killi Zeminler İçin  $q_c/N_{60}$  arasındaki ilişki

Burada killi zeminler için elde edilen  $q_c/N_{60}=0,114$  değeri mevcut bağıntılar arasında kalmaktadır.

2. Killi-siltli-uniform kum zeminlerden elde edilen koni uç direnci  $q_c$  ve SPT darbe sayısı  $N_{60}$  arasındaki ilişki araştırılmıştır. Mevcut bağıntılardan, Killi-siltli-uniform kum zeminler için  $q_c/N_{60}$  oranının 0,20-0,55 (MN/m<sup>2</sup>) arasında değiştiği bilinmektedir.

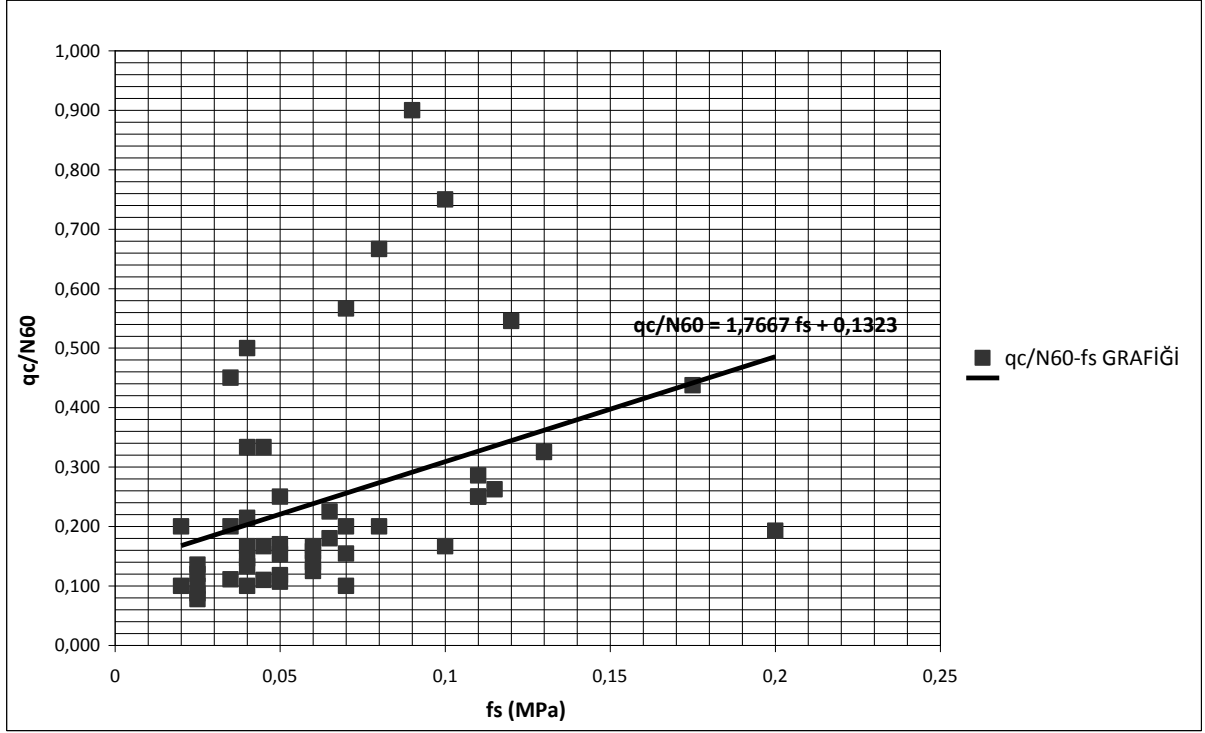
İncelenen zemin gruplarından killi-siltli-uniform kum zeminler üzerinde yapılan SPT deneylerinden elde edilen  $N_{60}$  darbe sayıları ile CPT deneyleri ile saptanan  $q_c$  uç dirençleri arasındaki ilişki Şekil 5.4'te gösterilmektedir.



Şekil 5.4 SC SM ve SP Kum yoğunluklu zeminler için  $q_c/N_{60}$  arasındaki ilişki

Killi-siltli-uniform (SC SM ve SP) kum yoğunluklu zeminler için  $q_c/N_{60}=0,389$  MN/m<sup>2</sup> değeri mevcut bağıntılar arasında kalmaktadır.

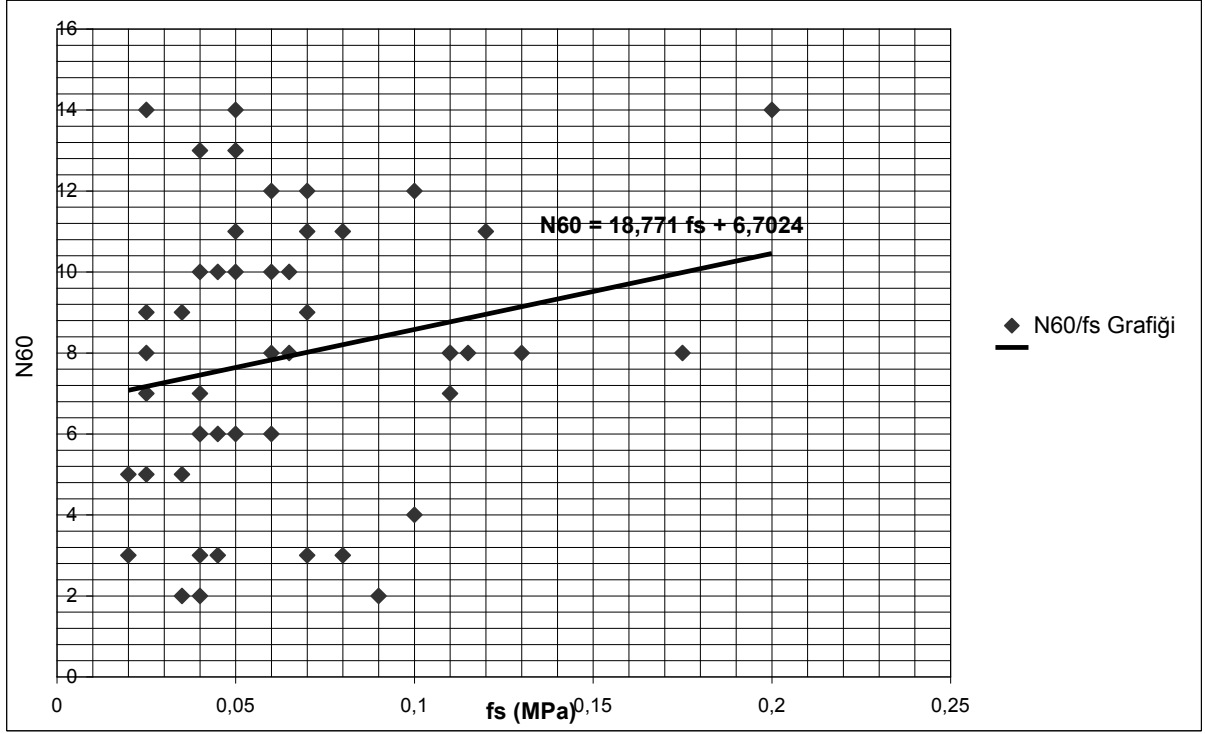
3. Elde edilen verilere bağılı olarak incelenen zemin gruplarında CPT uç direncinin ( $q_c$ )  $N_{60}$  darbe sayısına oranı, çevre sürtünme kuvveti  $f_s$  ile karşılaştırılmıştır. CPT parametreleri olan  $q_c$  ve  $f_s$  değerleri, deneyin yapılış yöntemine bağılı olarak, sıklıkla ve doğru olarak tespit edilebilir. Yapılan düzeltmeler ile  $N_{60}$  darbe sayısındaki hatalar da azaltılabilmektedir. Şekil 5.5'te bu durum gösterilmektedir.



Şekil 5.5  $q_c/N_{60}$ - $f_s$  arasındaki ilişki

İncelenen zemin gruplarında noktaların daha yakın kümelendiği görülmektedir. Bu nedenle  $Q_c/N_{60}$ - $f_s$  karşılaştırmasının doğruya yakın sonuçlar verebildiği söylenebilir.

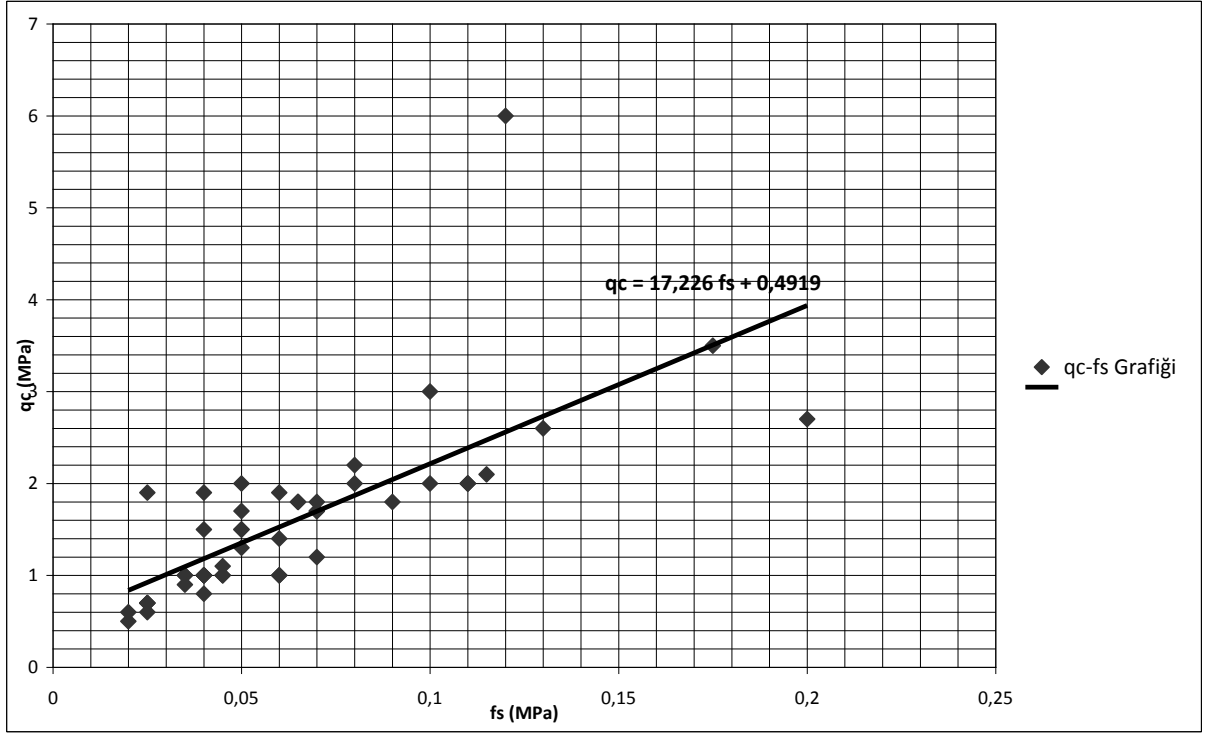
4. İncelemesi yapılan zeminlerde oluşan  $N_{60}$  darbe sayısının, yüzeysel sürtünme direncine oranı arasındaki ilişki araştırılmış ve Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.6  $f_s/N_{60}$  arasındaki ilişki

SPT deneyinde  $N_{60}$  darbe sayıları,  $f_s$  yüzeysel sürtünme direnci ile orantılı olarak arttığı görülmektedir. Bu durum beklendiği gibi darbe sayılarının artışı ile  $f_s$  yüzeysel sürtünmenin de arttığı anlamına gelmektedir.

5. İncelemesi yapılan zeminlerde oluşan CPT uç direncinin, yüzeysel sürtünme direncine arasındaki ilişki araştırılmış ve Şekil 5.7’de gösterilmiştir.

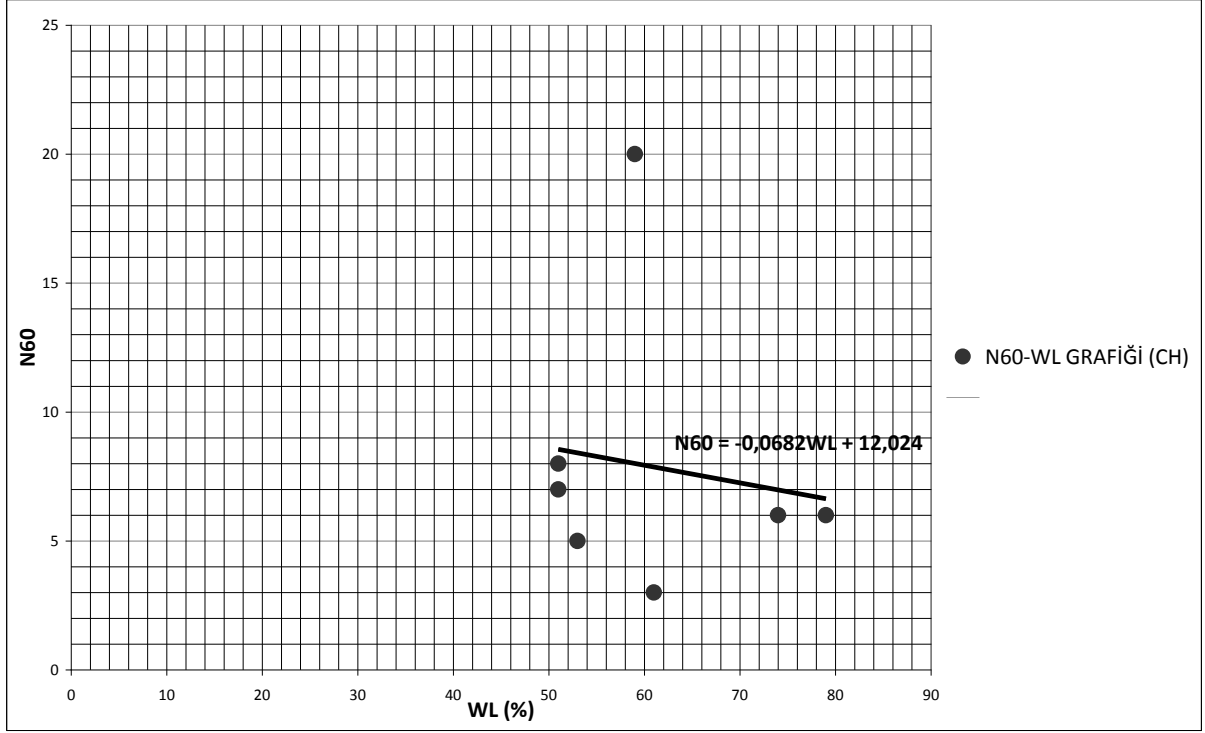


Şekil 5.7  $q_c/f_s$  arasındaki ilişki

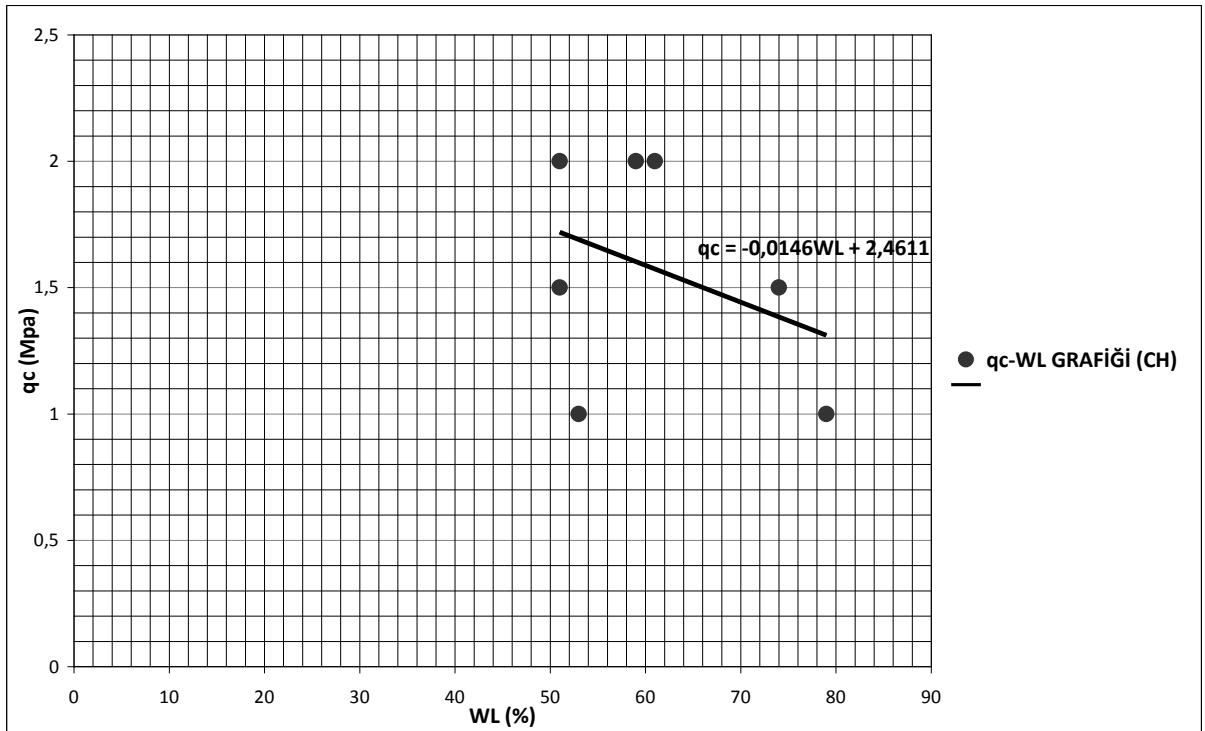
$q_c$  uç direnci ile  $f_s$  yüzeysel sürtünme direnci doğrusal olup derinlik arttıkça ve/veya uç direnci arttıkça beklenen şekilde yüzeysel sürtünme direnci de artmaktadır.

6. İncelemesi yapılan zeminlerde oluşan  $q_c$  koni uç direnci ve SPT darbe sayısı  $N_{60}$  değerleri ile likit limit (WL) arasındaki ilişki araştırılmış ve Şekil 5.8’de gösterilmiştir.

(a)

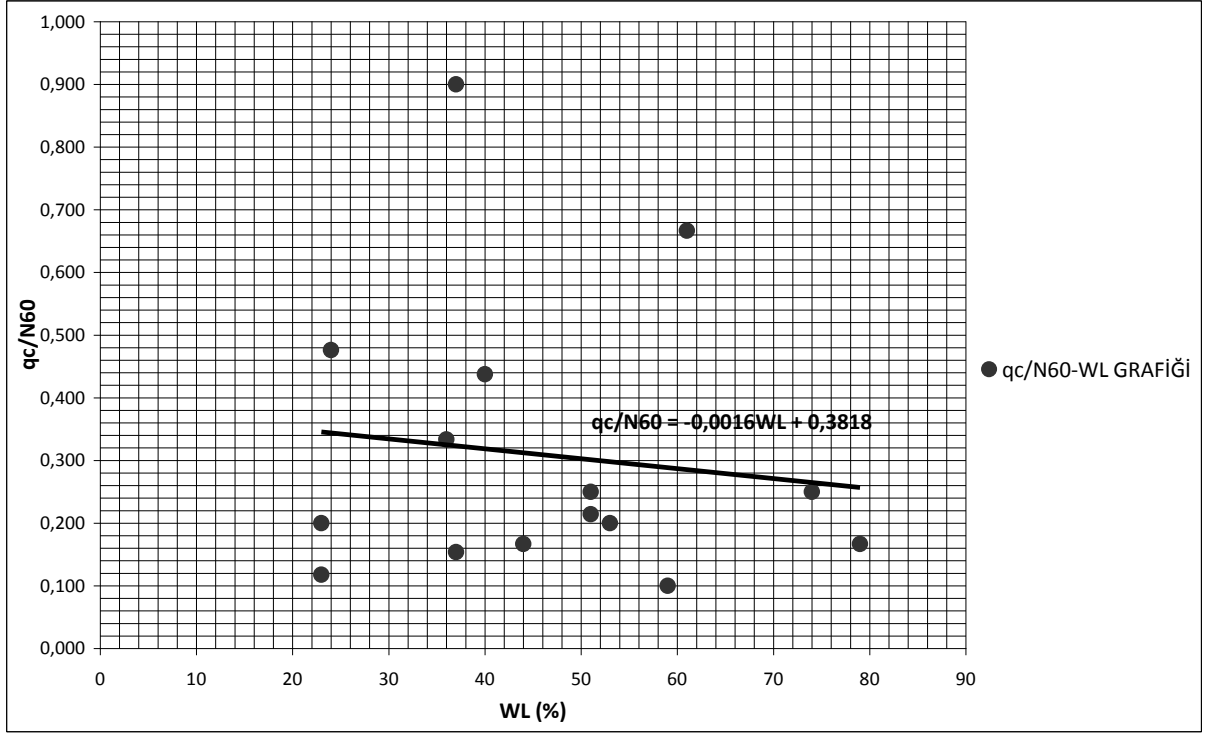


(b)





(c)

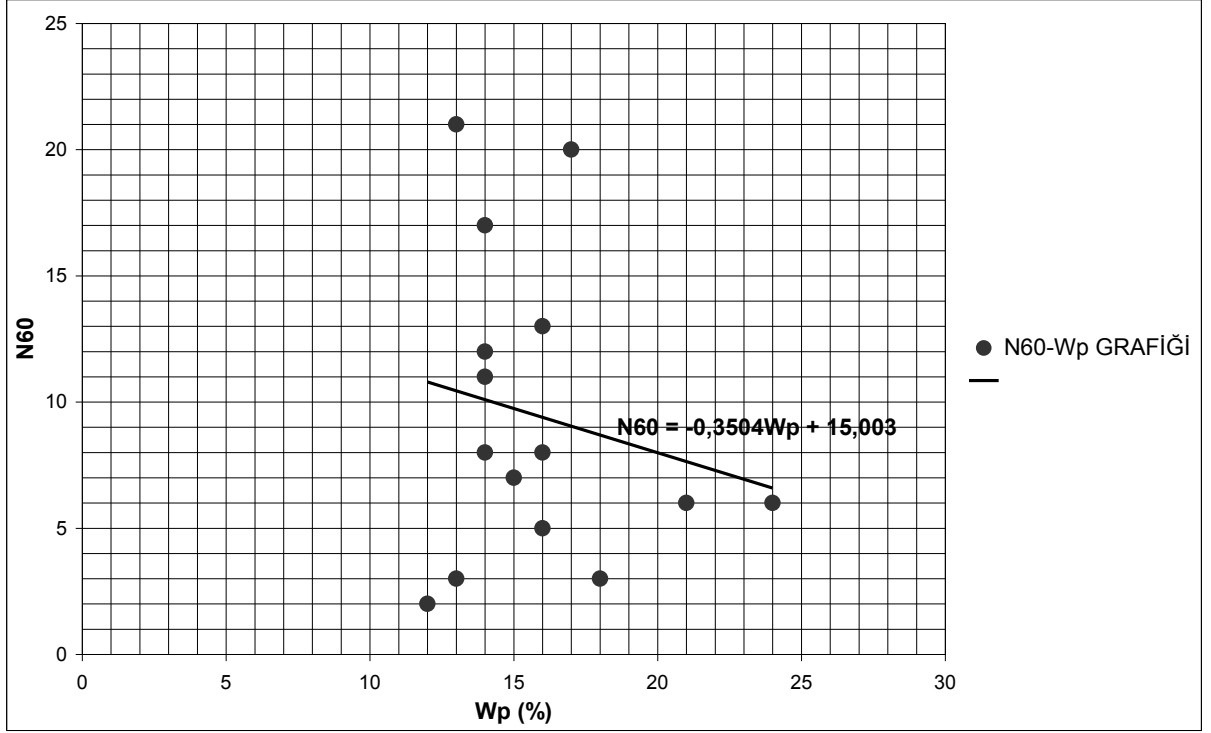


Şekil 5.8  $q_c$  - N60 ile WL arasındaki ilişkiler

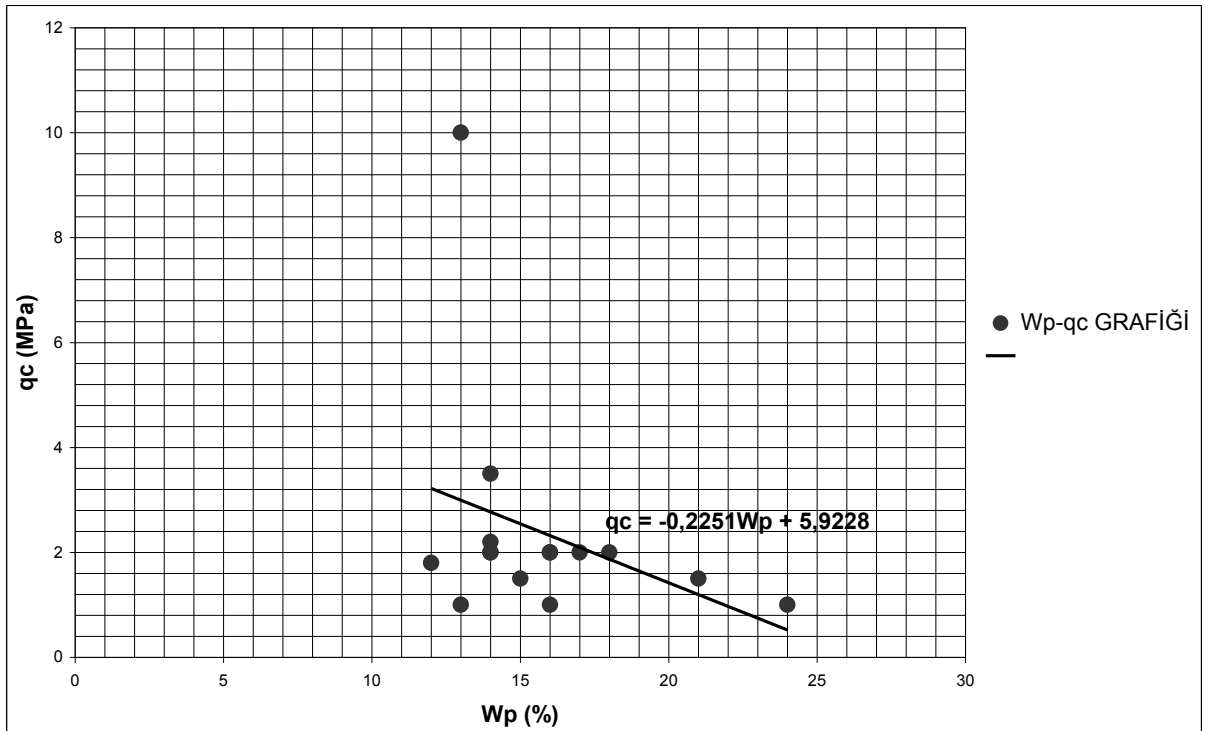
İncelenen zeminler göstermektedir ki; zeminin likit limit yüzdesi değerinin artması halinde CPT koni uç direnci  $q_c$  ve SPT darbe sayısı N60 değerleri azalma eğilimindedir. Likit limit yüzdesi değerlerinin artması zeminin direncini düşürmektedir.

7. İncelemesi yapılan zeminlerde oluşan  $q_c$  koni uç direnci ve SPT darbe sayısı  $N_{60}$  değerleri ile plastik limit ( $W_p$ ) arasındaki ilişki araştırılmış ve Şekil 5.9'da gösterilmiştir.

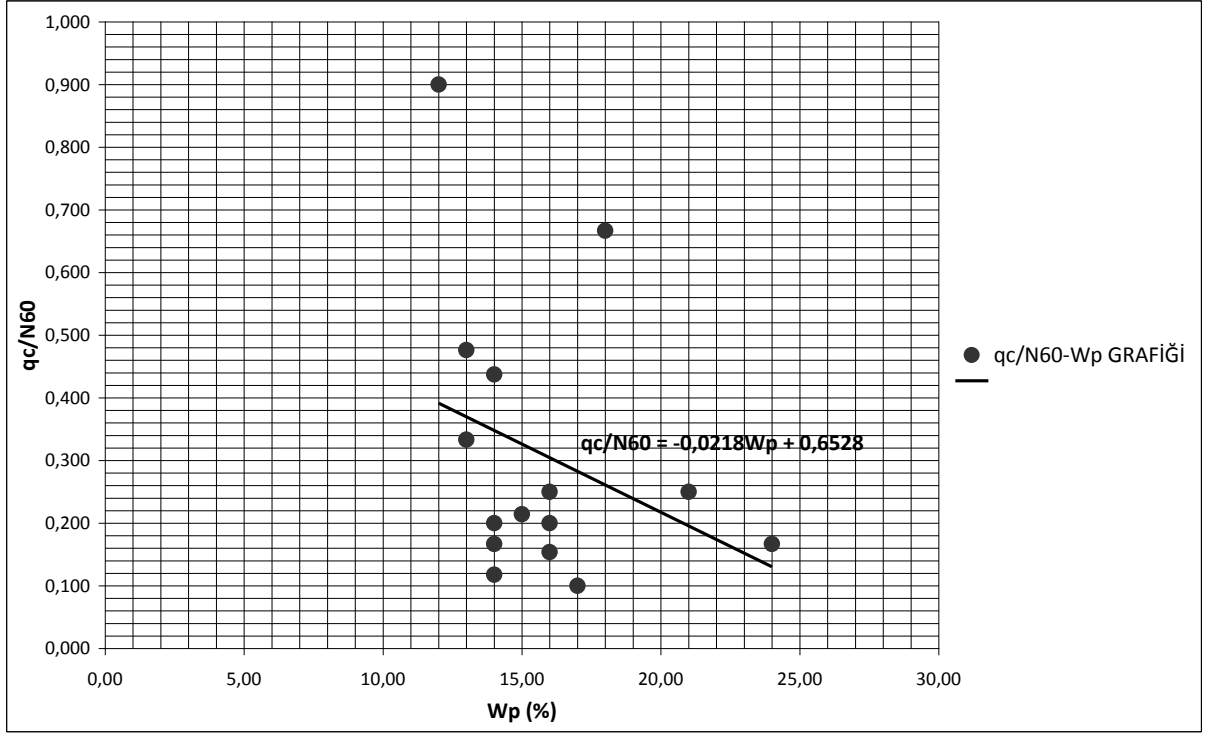
(a)



(b)



(c)



Şekil 5.9  $q_c$  - N60 ile WL arasındaki ilişkiler

Aynı şekilde zeminin plastik limit yüzdesi değerinin artması halinde de CPT koni uç direnci  $q_c$  ve SPT darbe sayısı N60 değerleri azalma eğilimindedir. Plastik limit yüzdesi değerlerinin artması zeminin direncini düşürmektedir.

## 6. SONUÇLAR

Tekirdağ Doğu Geçişi Kavşak düzenlemesi amacıyla yapılan ve yalnızca aynı noktalardan elde edilen SPT ve CPT verileri kullanılmıştır. Burada beklenen korelasyonlar, literatürdeki değerler ile uyumlu olmasını gerektirmektedir. Burada yapılan çalışmada görüleceği üzere SPT ve CPT arasında oluşturulan korelasyonların, literatürde yapılmış kil ve kum içerikli zemin gruplarında yapılmış korelasyonlardan elde edilen değerlerin birbiri ile uyumlu olduğu teyit edilmiştir;

a. Killi zeminlerden elde edilen koni uç direnci  $q_c$  ve SPT darbe sayısı arasında literatürde yapılan ilişki  $0,10-0,15$  ( $\text{MN}/\text{m}^2$ ) olarak belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada elde edilen;

Yüksek plastisiteli kil (CH) zeminler için  $q_c/N_{60} = 0,111$  değeri,

Orta plastisiteli kil (CI) zeminler için  $q_c/N_{60} = 0,112$  değeri,

Kavşak için CH,CI ve CL killi zeminlerden elde edilen koni uç direnci  $q_c$  ve SPT darbe sayısı  $N_{60}$  arasındaki ilişki  $q_c/N_{60} = 0,114$  değeri bulunmuştur.

b. Killi-siltli-uniform kum zeminlerden elde edilen koni uç direnci  $q_c$  ve SPT darbe sayısı arasında literatürde yapılan ilişki  $0,20-0,55$  ( $\text{MN}/\text{m}^2$ ) olarak belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada elde edilen; Killi-siltli-uniform kum SC SM ve SP Kum Yoğunluklu Zeminler İçin  $q_c/N_{60} = 0,389$   $\text{MN}/\text{m}^2$  değeri önceki çalışmalar ile arasında kalmıştır.

c. CPT uç direnci ( $q_c$ ) ve  $N_{60}$  darbe sayısı oranı olan  $q_c/N_{60}$ , çevre sürtünme kuvveti  $f_s$  ile karşılaştırılmıştır. CPT parametreleri deneyin yapılış yöntemine bağlı olarak, sıklıkla ve doğru olarak tespit edilebilmektedir. Yapılan düzeltmeler ile  $N_{60}$  darbe sayısındaki hatalar da azaltılabilmektedir. İncelenen zemin gruplarında noktaların daha yakın kümelendiği görülmektedir. Bu nedenle  $q_c/N_{60}$  - $f_s$  karşılaştırmasının doğruya yakın sonuçlar verdiği belirtilebilir.

SPT deneyinde  $N_{60}$  darbe sayıları ile  $f_s$  yüzeysel sürtünme direnci doğrusal bir etkide bulunduğu, bu durumun beklenildiği gibi darbe sayılarının artışı ile  $f_s$  yüzeysel sürtünmenin arttığı anlamına gelmektedir.

$q_c$  uç direnci ile  $f_s$  yüzeysel sürtünme direnci doğrusal olup derinlik arttıkça ve/veya uç direnci arttıkça beklenen şekilde yüzeysel sürtünme direncinin de arttığı belirlenmiştir.

ç. İncelenen zeminin CPT koni uç direnci  $q_c$  ve SPT darbe sayısı  $N_{60}$  değerleri, likit limit yüzdesi (WL) ve plastik limit yüzdesi (Wp) değerlerinin artması halinde azalmakta, diğer bir ifadeyle likit limit ve plastik limit yüzdesi değerlerinin yükselmesi zeminin direncini azaltmaktadır.

## 7. KAYNAKLAR

- Al-Khafaji, A.W. and Anderland, O.B., 1992. Geotechnical Engineering and Soil Testing, Sounders College Publishing, Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, Fort Worth, TX.
- ASTM D1586-84, 1997. Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of soils, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- Ataoglu, T., A Correlation Study Between Standard Penetration Test and Static Cone Penetration Test Results, M.S. Thesis, METU, Dept. of Civil Eng. (1989).
- Bazaraa, A.R.S., 1967. Use of Standard penetration test for estimating settlements of shallow foundations on sand, PhD Thesis, Department of Civil Engineering, University of Illinois, Illinois.
- Bol, E., Özocak, A., Sert, S., Arel, E., 2004. "Geyve İlçesi (Sakarya) Zemin İnceleme Raporu", Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, s:20,
- Bowles, E.J., 1968. Foundation Analysis and Design, McGraw-Hill, New York.
- Broms, B.B. and Flodin, N., 1988. History of soil penetration testing, Proceedings of the 1st International Symposium on Penetration Testing, Orlando, USA, March 1988, 157-220, Eds. J. De Ruiter, Penetration Testing 1988 ISOPT-1, Balkema Publishers, Brookfield.
- Burland, J.B., and Burbridge, M.C., Settlement of Foundations on Sand and Gravel., Proc. Institution of Civil Engineers, December, 78 (Part 1), 1325-1381, (1985).
- Cassan, M., Les Essais in Situ En Mécanique Des Sols réalisation et Interprétation, (1988).
- Clayton, C.R.I., 1990. SPT Energy Transmission: Theory, Measurement and Significance, Ground Engineering, 23(10), 35-43.
- Coduto, D.P., 1994. Foundation Design Principles and Practices, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Decourt, I., 1971. The Standard Penetration Test: State-of-the-Art-Report, Norwegian Geotechnical Institute Publication, 179, Oslo, Norway.
- Dipova, N., Cangir, B., 2005. "Antalya zeminlerinde CPT (Konik Penetrasyon Deneyi) Uygulamaları", Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya.
- Durgunoğlu, H.T., Toğrol, E., 1974. Penetration testing in Turkey: State-of-the-art report, proceedings of the European Symposium on Penetration Testing, Stockholm, Sweden, June 1974, p.137
- Durgunoğlu, H.T., Sancio, R.B., Bray, J.D., Karadayılar, T. ve Önalp, A., 2000. Sıvılaşmış Zeminlerde Zemin Davranışı Modellemesinde Kullanılan Zemin Araştırma Yöntemleri- Adapazarı Örneği, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Sekizinci Ulusal Kongresi, İTÜ, İstanbul, 26-27 Ekim, s.391-398.

- Ermem, C., Durgunoğlu, T. H., 2000. "Türkiye CPT Veri Tabanı ve Mevcut Ampirik Bağıntılar İle Karşılaştırma", Zemin Mekanığı ve Temel Mühendisliği Sekizinci Ulusal Kongresi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Ekim 2000, s. 173-181.
- Farrar, J.A., Nickell, J., Alien, M.G., Goble, G., and Berger, J., 1998. Energy loss in long rod penetration testing: Terminus Dam Liquefaction Investigation, Proceedings of the ASCE Specialty Conference on Geotechnical, August 1998, ASCE Geotechnical Special Publication, 75, p.554-567.
- Farrar, J.A., and Chitwood, D., 1999. CME Automatic Hammer Operations, U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation Earth Sciences and Research Laboratory, Dam Safety Office, DSO-99-03, November 1999.
- Farrar, J.A., 1999. Bulletin Standard Penetration Test Driller's/Operator's Guide, U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation Earth Sciences and Research Laboratory, Dam Safety Office, DSO-98-17, May 1999.
- Fletcher, G.F.A., 1965. Standard penetration test: Its uses and abuses ASCE Journal of Geotechnical Engineering, 91(4), 67-75.
- Fourth International Geotechnical Seminar. Field Instrumentation and In-Situ Measurements Nanyang Technological Institute-Singapore, (1986).
- Hall, J.R., 1982. Drill rod energy as a basis for correlation of SPT data, Proceedings of the 2nd European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam, Netherlands, May 1982, 57-60.
- Karayolları Genel Müdürlüğü, 2007, "Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçışı KM 5+570-5+980 arasında köprü yaklaşım dolguları geoteknik projesi" 81 s, Karayolları 1.Blg.Md. İstanbul.
- Kovacs, W.D., Salomone, L.A., and Yokel, F.Y., 1982. Energy measurement in the Standard Penetration Test, U.S. Department of Commerce and National Bureau of Standards. Washington, DC.
- Kovacs, W.D., 1980. What constitutes a turn?, Geotechnical Testing Journal, ASTM, 3, 127-130
- Kulhawy, F.H. and Trautmann, C.H., 1996. Estimation of in-situ test uncertainty. Proceedings of the ASCE Specialty Conference on Uncertainty in the Geologic Environment, Madison, WI, August 1996, ASCE Geotechnical Special Publication, 58, 269-286.
- Liao, S.S. and Whitman, R.V., 1986. Overburden correction factors for SPT in sand, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 112(3), 373-377.
- Lunne, T., Robertson, P. K., Powell, J.J.M., 1997. "Cone Penetration Testing in Geotechnical Engineering", E&FN Spon.
- Marr, S.L., Offshore Applications of the Cone Penetrometer, (in Cone Penetration Testing and Experience, Edited by G.M. Norris and R.D. Holtz). Proc. Session Sponsored by Geotechnical Division at ASCE, National Convention St Louis (Missouri), 456-476, 1981).
- Mayne, P.W., Dejong, J., Christopher, B.R., 2001. "Manual on Subsurface Investigations", Federal Highway Administration, Washington.

- McGregor, J.A. and Duncan, J.M., 1998. Performance and use of the standard penetration test in geotechnical engineering practice, A Report of a study performed by Virginia Tech Center for Geotechnical Practice and Research, Virginia Polytechnic Institute and State University, October 1998.
- Meigh, A.C., and Nixon, I.K., Comparison of in-situ tests for granular soils. Proc. 5th. Int. Conf. on - Soil.Mechanics and Foundation Engineering, Paris, Vol.1, 499-507.,1961).
- Meyerhof, G.G., 1956. Penetration tests and bearing capacity of cohesionless soils, Sanglerat, G.,
- Muromachi, T., Cone Penetration Testing in Japan, (in Cone Penetration Testing and Experience, Edited by G.M. Norris and R.D. Holtz). Proc. Session Sponsored by Geotechnical Division at ASCE National Convention, St. Louis (Missouri), 49-71, (1981).
- Navfac, Design Manual DM-7.1, Soil Mechanics, Naval Facilities Engineering Command, Alexandria, Va, May, (1982)
- Nixon, I.K., 1982. Standard penetration test: State-of-the-art report, Proceeding of the 2nd European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam, Netherlands, May 1982, 3-21.
- Öner, E., 2003. "Alüviyal Ortamlarda SPT ve CPT Deneylelerinin Karşılaştırılması", Sakarya Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sayı:2.
- Özocak, A., Sert, S., Önalp, A., 2006. "Zemin İncelemelerine Çağdaş Yaklaşım : Koni Penetrasyon Deneyi, GAP V. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, Şanlıurfa, 2:1026-1033. 7. Sert, S., Önalp, A., Arel, E., 2007, "Koni Penetrasyon Deneyi ile Kazık Kapasitesinin Belirlenmesi", 2. Geoteknik Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, s: 117-127, Seyhan Otel, Adana.
- Peck, R.B., Hanson, W.E., and Thornburn, T.H., 1974. Foundation Engineering.2nd Edition. John Wiley and Sons, New York.
- Robertson, P. K., 1990. "Soil Classification Using the Cone Penetration Test", Canadian Geotechnical Journal, Vol.27 (1), 151-158.
- Sağlamer, A., 1979. Standart Penetrasyon Deneyi Nedir-Ne Değildir, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Türk Milli Komitesi Bülteni, 1(4), 267-271.
- Sanglerat, G., Le pénétromètre et la Reconnaissance des Sols. Dunod, (1965).
- Sanglerat, G., The Penetrometer and Soil Exploration, Elsevier Publishincr Company, New York,(1972).
- Sanglerat, G. and Sangterat, T.R.A., 1982. Pitfalls of the SPT, Proceeding of the 2nd European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam, Netherlands, May 1982, 1, 143-145.
- Sanglerat, G., Nhiem, T.V. , Sejourne, M., and Andina, R., Direct Soil Classification by Static Penetrometers, with Special Friction Sleeve, Proc. Eur. Symp. on Penetration Testing, Stockholm, Vol.2.2., pp.337-344, June, (1979).
- Sanglerat, G., 1972. The Penetrometer and Soil Exploration, Elsevier Publishing Co., Amsterdam.



- Schmertmann, J.H., Predicting the  $q/N$  Ratio Interpreting the Dynamics of the Standard Penetration Test. University of Florida Final Report, Project D-636, to the Florida Dept. of Transportation, 34 pp.38 Figures., (1976).
- Schmertmann, J.H., Static Cone to Compute Static Settlement Over Sand, ASCE, J-SM and FID, Vol.96, SM3, pp.1011-1043, (1970).
- Schmertmann, J.H. and Palacios, A., 1979. Energy Dynamics of SPT, Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 105(GT8), 909-926.
- Schultze, E. and Melzer, K., The Determination of the Density and the Modulus of Compressibility of Non-Cohesive Soils by Soundings, Proc., Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng. 6 th, Montreal, 1:354-358 (1965).
- Seed, H.B., Tokimatsu, K., Harder, L. and Chung, R.M., 1985. Influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations, ASCE Journal of Geotechnical Engineering, 111(12), 1425-1445.
- Seed, H.B., 1976. Evaluation of soil liquefaction effects on level ground during earthquakes, Liquefaction Problems in Geotechnical Engineering: ASCE Special Session, Preprint 2752, ASCE National Convention, September-October 1976, 1-105.
- Sivrikaya, O., 2003. Standard Penetrasyon Deneyi ile Zemin Özelliklerinin Belirlenmesi ve Türkiye'deki Uygulaması, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi 169 s, İstanbul.
- Skempton, A.W., 1986. Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, aging and overconsolidation, Geotechnique, 36(3), 425-447.
- Teng, W.C., 1962. Foundation Design, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Terzaghi, K. and Peck, R.B., 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley, New York.
- Tokimatsu, K. and Yoshimi, Y., 1983. Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on SPT-N value and Fine Content, Soils and Foundations, 23(4), 56-74.
- Tokimatsu, K., 1988. Penetration tests for dynamics problems, Proceedings of the 1st International Symposium on Penetration Testing, Orlando, USA, March 1988, 117-136, Eds.J. De Ruiter, Penetration Testing !988 ISOPT-1, Balkema Publishers, Brookfield.
- Tomlinson, M.J., Pile Design and Construction Practice, Viewpoint Publication, London (1981).
- U.S. Dept. of the Army, 1988. Engineering and Design: Standard Penetration Test, ETL 1110-1-138, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC.
- Yokel, F.Y., 1982. Energy Transfer in Standard Penetration Test, Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 108(GT9), 1197-1201.
- Youd, T.L. and Idriss, I.M., 1997. Summary Report, Proceedings of the NCEER workshop on evaluation of liquefaction resistance of soils, NCEER 97-0022, Salt Lake City, Utah, December 1997.

## **E K L E R**



ZEMİN TEKNİKOJİLERİ MERKEZİ YER MÜHÜRÜ İÇLİK HİZMETLERİ  
THE CENTER OF SOIL TECHNOLOGY CONSULTING ENGINEERS

# TEMEL SONDAJ LOGU

## BORING LOG

SAYFA/Sheet No : 1 / 1

TARİH/ Tarih : 14.08.2007

SONDAJ KUYU NO : SK-2  
Boring Number

PROJE ADI / Project Name: Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçişi Geoteknik İncelemesi

PAFTA:- ADA:- PARSEL:- KOORDİNAT / Coordinate Y (N-S) : 548.370.303

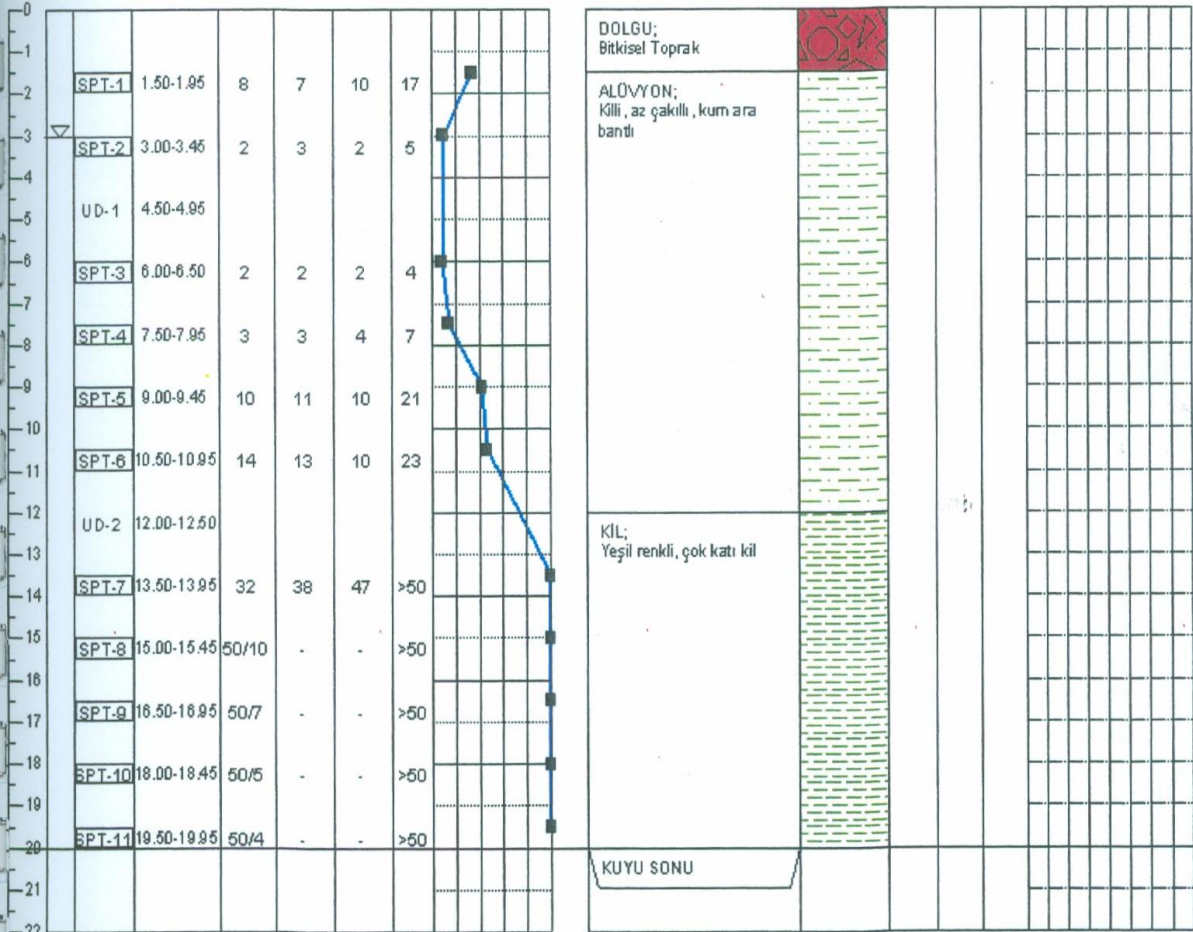
SONDAJ YERİ / Boring Location : Tekirdağ KOORDİNAT / Coordinate X (E-W) : 4.539.767.726

SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth (m) : 20.00 m BAŞLANGIÇ - BİTİŞ TARİHİ / Start-Finish Date -

SONDAJ KOTU / Boring Elevation (m) : 9.480 HÜMÜNE / Test Specimen D UD SPT KN

YERALTI SUYU DERİNLİĞİ / Groundwater Depth (m) Derinlik Tarih Derinlik Tarih TOPLAM (ADET) / Total (Each) - 2 11 -

Derinlik Depth (m)	YA S Seviyesi (m) Groundwater Level	Numune Tipi ve No. Sample Type & No.	Numune Derinliği Sample Depth (m)	YERİNDE DENEYLER / Insitu Tests				Pr. VST Perm.	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	KAYA ÖZELLİKLERİ						
				SPT DENEYİ / Standard Penetration Test							Dayanım Strength	Ayrışma Weathering	Kırık / 30 cm Fracture / 30 cm	25 50 75	25 50 75		
				Darbe Sayısı Number of Blows	N <sub>60</sub>	SPT- N Grafiği Graph											
				0-15 İçin	15-30 İçin	30-45 İçin	30 cm İçin										



KIVAM DURUMU/ Stiffness (İnce taneli)	SIKILIK/ Density (İri taneli)	ORANLAR/ Proportions	AÇIKLAMALAR/ Explanations	SONDÜR/ Driller
N=0-2 Çok yumuşak Very soft	N=0-4 Çok gevşek Very loose	%5 > Pek az Slightly	UD : Örselenmemiş numune	Erol AYHAN
N=3-4 Yumuşak Soft	N=5-10 Gevşek Loose	%10-20 Az Little	D : Örselenmiş numune	
N=5-8 Orta katı Middle stiff	N=11-30 Orta sıkı Medium loose	%20-35 Çok Very	SPT : Standart Penetrasyon	
N=9-15 Katı Stiff	N=31-50 Sıkı Dense	%35 > Ve And	Pr. : Presiyometre Deneyi	
N=16-30 Çok katı Very stiff	N>50 Çok sıkı Very dense		KN : Karot Numunesi	
N>30 Sert Hard			VST : Arazi Veyn Deneyi	
AYRIŞMA/ Weathering	DAYANIM/ Strength	KIRIKLAR/ 30 cm Fractures	KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD	Oğuz ONLU Jeolojik Mühendisi
W1 Taze (Ayrışmamış) Fresh	I Çok zayıf Very Weak	<1 Seyrek Wide (W)	%0-25 Çok kötü Very Poor	
W2 Az ayrışmış Slightly W.	II Zayıf Weak	1-2 Orta Moderate (M)	%25-50 Kötü Poor	
W3 Orta derecede ayr. Moderatly W.	III Orta zayıf Moderatly Weak	2-10 Sık Close (C.)	%50-75 Orta Fair	
W4 Çok ayrışmış Highly W.	IV Orta dayanımlı Moderatly Strong	10-20 Çok sık Intense (I)	%75-90 İyi Good	
W5 Tamamen ayrışmış Completely W.	V Dayanımlı Strong	>20 Parçalı Crushed (Cr)	%90-100 Çok iyi Excellent	





ZEMİN TEKNOLOJİLERİ MERKEZİ YER MÜHÜRİNDİĞİ KİMLİKLERİ  
THE CENTER OF SOIL TECHNOLOGY CONSULTING ENGINEERS

# TEMEL SONDAJ LOGU

## BORING LOG

SAYFA / Sheet No : 1 / 1

TARİH / Tarih : 15.08.2007

SONDAJ KUYU NO : SK-3  
Boring Number

PROJE ADI / Project Name: Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçışı Geoteknik İncelemesi

PAFTA:- ADA:- PARSEL:- KOORDİNAT / Coordinate Y (N-S) : 548.359.745

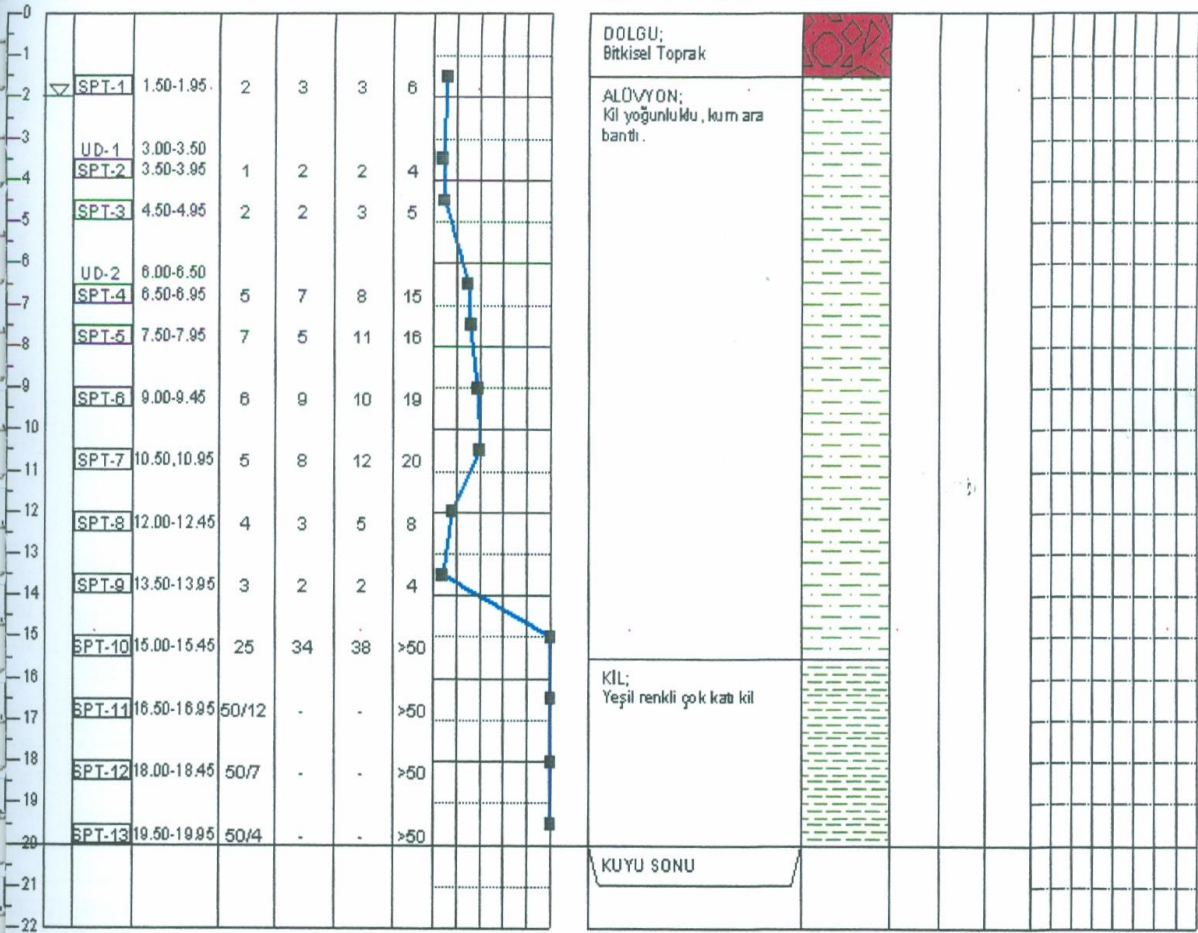
SONDAJ YERİ / Boring Location : Tekirdağ KOORDİNAT / Coordinate X (E-W) : 4.539.834.675

SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth (m) : 20.00 m BAŞLANGIÇ - BİTİŞ TARİHİ / Start-Finish Date -

SONDAJ KOTU / Boring Elevation (m) : 10.440 HÜMUNE / Test Specimen D UD SPT KN

YERALTI SUYU DERİNLİĞİ / Groundwater Depth (m) Derinlik Tarih Derinlik Tarih TOPLAM (ADET) / Total (Each) - 2 13 -

Derinlik Depth (m)	Y.A.S. Seviyesi (m) Groundwater Level	Numune Tipi ve No. Sample Type & No.	Numune Derinliği Sample Depth (m)	YERİNDE DENEYLER / Insitu Tests				SPT- N Grafiği Graph	Pr. VST Perm.	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	KAYA ÖZELLİKLERİ					
				SPT DENEYİ / Standard Penetration Test								Dayanım Strength	Ayrışma Weathering	Kırık / 30 cm Fracture / 30 cm	Korot TCR (%) Core Recovery	RQD (%)	
				Darbe Sayısı Number of Blows		N <sub>60</sub>	SPT- N										
				0-15 İçin	15-30 İçin	30-45 İçin	30 cm İçin	10 20 30 40									



KIYI DURUMU / Stiffness (İnce taneli)	SIKILIK / Density (İri taneli)	ORANLAR / Proportions	AÇIKLAMALAR / Explanations	SONDÜR / Driller
N=0-2 Çok yumuşak N=3-4 Yumuşak N=5-8 Orta katı N=9-15 Katı N=16-30 Çok katı N>30 Sert	N=0-4 Çok gevşek N=5-10 Gevşek N=11-30 Orta sıkı N=31-50 Sıkı N>50 Çok sıkı	%5 > Pek az %10-20 Az %20-35 Çok %35 > %e And	UD : Örselenmemiş numune D : Örselenmiş numune SPT : Standart Penetrasyon Pr. : Presiyometre Deneyi KN : Karot Numunesi VST : Arazî Veyn Deneyi	Erol Ayhan LOGU YAPAN Oğuz ÜNLÜ Jeoloji Mühendisi
AYRIŞMA / Weathering	DAYANIM / Strength	KIRIKLARI / 30 cm Fractures	KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD	
W1 Taze (Ayrışmamış) W2 Az ayrışmış W3 Orta derecede ayr. W4 Çok ayrışmış W5 Tamamen ayrışmış	I Çok zayıf II Zayıf III Orta zayıf IV Orta dayanımlı V Dayanımlı	<1 Seyrek 1-2 Orta 2-10 Sık 10-20 Çok sık >20 Parçalı	W0-25 Çok kötü %25-50 Kötü %50-75 Orta %75-90 İyi %90-100 Çok iyi	





# TEMEL SONDAJ LOGU

## BORING LOG

ZEMİN TEKNİKLERİ MERKEZİ YER MÜHÜRÜ İÇİN HİZMETLERİ  
THE CENTER OF SOIL TECHNOLOGY CONSULTING ENGINEERS

SAYFA / Sheet No : 1 / 1

TARİH / Tarih : 16.08.2007

SONDAJ KUYU NO : SK-4  
Boring Number

PROJE ADI / Project Name: Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçişi Geoteknik İncelemesi

PAFTA:- ADA:- PARSEL:-

KOORDİNAT / Coordinate Y (N-S) : 548.291.055

SONDAJ YERİ / Boring Location : Tekirdağ

KOORDİNAT / Coordinate X (E-W) : 4.539.754.344

SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth (m) : 25.00 m

BAŞLANGIÇ - BİTİŞ TARİHİ / Start-Finish Date -

SONDAJ KOTU / Boring Elevation (m) : 9.540

HÜMUNE / Test Specimen

D

UD

SPT

KN

YERALTI SUYU DERİNLİĞİ  
Groundwater Depth (m)

Derinlik  
-1.5 m

Tarih

Derinlik

Tarih

TOPLAM (ADET) / Total (Each)

-

4

16

-

Derinlik Depth (m)	YA S. Seviyesi (m) Groundwater Level	Numune Tipi ve No. Sample Type & No.	Numune Derinliği Sample Depth (m)	YERİNDE DENEYLER / Insitu Tests				Pr. VST Perm.	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	KAYA ÖZELLİKLERİ					
				SPT DENEYİ / Standard Penetration Test							Dayanım Strength	Ayrışma Weathering	Kırık / 30 cm Fracture / 30 cm	25 50 75 Karot TCR (%) Core Recovery	25 50 75 RQD (%)	
				Darbe Sayısı Number of Blows		SPT-N Grafiği Graph										
0-15 İçin	15-30 İçin	30-45 İçin	30 cm İçin	N <sub>60</sub>	10	20	30	40								

Derinlik (m)	SPT	1.50-1.95	3	3	4	7	11	14	17	20	24	25	30
1.50-1.95	SPT.1	3	3	4	7								
3.00-3.50	IID.1												
3.50-3.95	SPT.2	4	6	8	14								
4.50-4.95	SPT.3	4	5	5	10								
6.00-6.50	IID.2												
6.50-6.95	SPT.4	3	4	7	11								
7.50-7.95	SPT.5	2	1	3	4								
9.00-9.45	SPT.6	3	2	3	5								
10.50-10.95	SPT.7	4	4	5	9								
12.00-12.50	IID.3												
12.50-12.95	SPT.8	4	5	7	12								
13.50-13.95	SPT.9	5	4	7	11								
15.00-15.45	SPT.10	6	7	8	15								
16.50-16.95	SPT.11	12	8	8	16								
18.00-18.45	SPT.12	14	8	10	18								
19.50-19.95	SPT.13	8	9	11	20								
21.00-21.50	IID.4												
21.50-21.95	SPT.14	9	11	13	24								
22.50-22.95	SPT.15	8	11	14	25								
24.00-24.45	SPT.16	10	13	17	30								

DOLGU:  
Biriksel Toprak

ALÜVYON:  
Kil yoğunluklu, az kumlu

KUYU SONU

KIVAM DURUMU / Stiffness (İnce taneli)	SIKILIK / Density (İri taneli)	ORANLAR / Proportions	AÇIKLAMALAR / Explanations	SONDÖR / Driller
N=0-2 Çok yumuşak Very soft	N=0-4 Çok gevşek Very loose	%5 > Pek az Slightly	UD : Ürselenmemiş numune	Erol AYHAN
N=3-4 Yumuşak Soft	N=5-10 Gevşek Loose	%10-20 Az Little	D : Ürselenmiş numune	
N=5-8 Orta katı Middle stiff	N=11-30 Orta sıkı Medium loose	%20-35 Çok Very	SPT : Standart Penetrasyon	LOGU YAPAN
N=9-15 Katı Stiff	N=31-50 Sıkı Dense	%35 > Ve And	Pr. : Presiyometre Deneyi	
N=16-30 Çok katı Very stiff	N>50 Çok sıkı Very dense		KN : Karot Numunesi	Öğuz ÖZDOĞU Jeolojik Mühendis
N>30 Sert Hard			VST : Arazi Veyn Deneyi	
AYRIŞMA / Weathering	DAYANIM / Strength	KIRIKLARI / 30 cm Fractures	KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD	
W1 Taze (Ayrışmamış) Fresh	I Çok zayıf Very Weak	<1 Seyrek Wkole (W)	%0-25 Çok kötü Very Poor	
W2 Az ayrışmış Slightly W.	II Zayıf Weak	1-2 Orta Moderate (M)	%25-50 Kötü Poor	
W3 Orta derecede ayr. Moderatly W.	III Orta zayıf Moderatly Weak	2-10 Sık Close (C.)	%50-75 Orta Fair	
W4 Çok ayrışmış Highly W.	IV Orta dayanımlı Moderatly Strong	10-20 Çok sık Intense (I)	%75-90 İyi Good	
W5 Tamamen ayrışmış Completely W.	V Dayanımlı Strong	>20 Parçalı Crushed (Cr)	%90-100 Çok iyi Excellent	





ZEMİN TEKNOJİLERİ MERKEZİ YER MÜHÜRÜSÜZLÜK HİZMETLERİ  
THE CENTER OF SOIL TECHNOLOGY CONSULTING ENGINEERS

# TEMEL SONDAJ LOGU

## BORING LOG

SAYFA / Sheet No : 1 / 1

TARİH / Tarih : 17.08.2007

SONDAJ KUYU NO : SK-5  
Boring Number

PROJE ADI / Project Name: Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçişi Geoteknik İncelemesi

PAFTA:- ADA:- PARSEL:-

KOORDİNAT / Coordinate Y (N-S) : 548.660.349

SONDAJ YERİ / Boring Location : Tekirdağ

KOORDİNAT / Coordinate X (E-W) : 4.539.695.956

SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth (m) : 17.00 m

BAŞLANGIÇ - BİTİŞ TARİHİ / Start-Finish Date -

SONDAJ KOTU / Boring Elevation (m) : 12.454

HÜMUNE / Test Specimen

D UD SPT KN

YERALTI SUYU DERİNLİĞİ  
Groundwater Depth (m)

Derinlik Tarih Derinlik Tarih

TOPLAM (ADET) / Total (Each)

- 3 11 -

Derinlik Depth (m)	Y.A.S. Seviyesi (m) Groundwater Level	Numune Tipi ve No. Sample Type & No.	Numune Derinliği Sample Depth (m)	YERİNDE DENEYLER / Insitu Tests				Pr. VST Perm.	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	KAYA ÖZELLİKLERİ				
				SPT DENEYİ / Standard Penetration Test							Dayanım Strength	Ayrışma Weathering	Kırık / 30 cm Fracture / 30 cm	Korot TCR (%) Core Recovery	RQD (%)
				Darbe Sayısı Number of Blows		N <sub>60</sub>	SPT- N Grafiği Graph								
0-15 İçin	15-30 İçin	30-45 İçin	30 cm İçin	10	20	30	40								

Derinlik (m)	SPT	UD	0-15 İçin	15-30 İçin	30-45 İçin	30 cm İçin	N <sub>60</sub>	SPT- N Grafiği	Pr. VST Perm.	JEOTEKNİK TANIMLAMA	Profil	Dayanım	Ayrışma	Kırık / 30 cm	Korot TCR (%)	RQD (%)
1.50-1.95	SPT-1		5	10	14	24				DOLGU						
3.00-3.50		UD-1								ALÜVYON; Killi, kum seviyeli						
3.50-3.95	SPT-2		5	6	7	13										
4.50-4.95	SPT-3		4	7	7	14										
6.00-6.50		UD-2														
6.50-6.95	SPT-4		5	7	9	16										
7.50-7.95	SPT-5		5	6	8	14										
9.00-9.45	SPT-6		6	7	10	17										
10.50-10.95	SPT-7		8	10	12	22										
12.00-12.50		UD-3								KİL; Kumlu, az çakıllı kil						
12.50-12.95	SPT-8		24	32	40	>50										
13.50-13.95	SPT-9		22	23	28	>50										
15.00-15.45	SPT-10		35	50	50/10	>50										
16.50-16.95	SPT-11		50/10	-	-	>50										
										KUYU SONU						

KIVAM DURUMU / Stiffness (İnce taneli)	SIKILIK / Density (İri taneli)	ORANLAR / Proportions	AÇIKLAMALAR / Explanations	SONDÜR / Driller
N=0-2 Çok yumuşak Very soft	N=0-4 Çok gevşek Very loose	%5 > Pek az Slightly	UD : Örselenmemiş numune	Erol Ayhan LOGU YAPAN Oğuz ÖMLÜ Jeolojik Mühendisi
N=3-4 Yumuşak Soft	N=5-10 Gevşek Loose	%10-20 Az Little	D : Örselenmiş numune	
N=5-8 Orta katı Middle stiff	N=11-30 Orta sıkı Medium loose	%20-35 Çok Very	SPT : Standart Penetrasyon	
N=9-15 Katı Stiff	N=31-50 Sıkı Dense	%35 > Ve And	Pr. : Presiyometre Deneyi	
N=16-30 Çok katı Very stiff	N>50 Çok sıkı Very dense		KN : Karot Numunesi VST : Arazi Veyn Deneyi	
N>30 Sert Hard				
AYRIŞMA / Weathering	DAYANIM / Strength	KIRIKLAR / 30 cm Fractures	KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD	
W1 Taze (Ayrışmamış) Fresh	I Çok zayıf Very Weak	<1 Seyrek Wide (W)	%0-25 Çok kötü Very Poor	
W2 Az ayrılmış Slightly W.	II Zayıf Weak	1-2 Orta Moderate (M)	%25-50 Kötü Poor	
W3 Orta derecede ayr. Moderatly W.	III Orta zayıf Moderatly Weak	2-10 Sık Close (C.)	%50-75 Orta Fair	
W4 Çok ayrılmış Highly W.	IV Orta dayanımlı Moderatly Strong	10-20 Çok sık Intense (I)	%75-90 İyi Good	
W5 Tamamen ayrılmış Completely W.	V Dayanımlı Strong	>20 Parçalı Crushed (Cr)	%90-100 Çok iyi Excellent	





THE CENTER OF SOIL TECHNOLOGY CONSULTING ENGINEERS

# TEMEL SONDAJ LOGU

## BORING LOG

SAYFA / Sheet No : 1 / 1

TARİH / Tarih : 24.08.2007

SONDAJ KUYU NO : SK-9  
Boring Number

PROJE ADI / Project Name: Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçişi Geoteknik İncelemesi

PAFTA:- ADA:- PARSEL:- KOORDİNAT / Coordinate Y (N-S) : 548.437.322

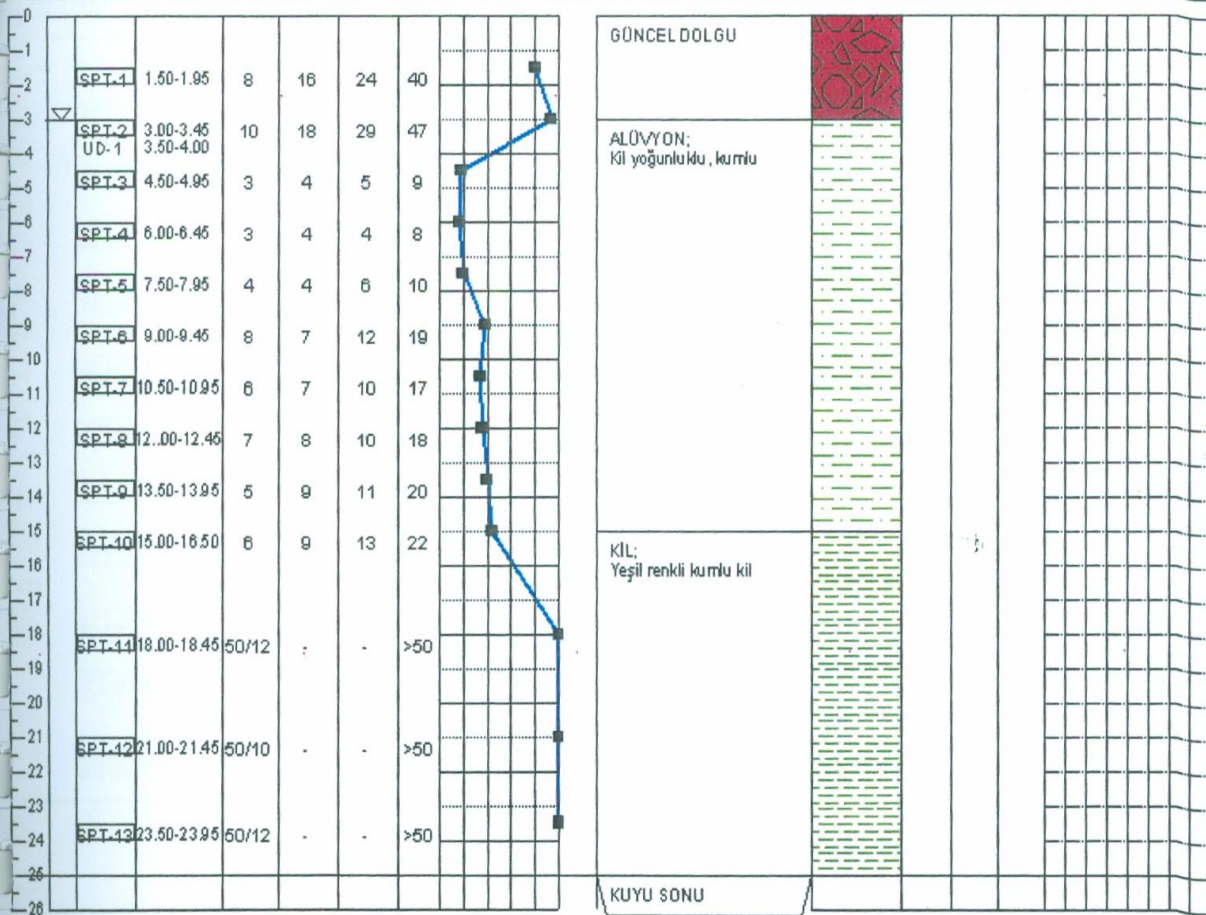
SONDAJ YERİ / Boring Location : Tekirdağ KOORDİNAT / Coordinate X (E-W) : 4.539.794.826

SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth (m) : 25.00 m BAŞLANGIÇ - BİTİŞ TARİHİ / Start-Finish Date -

SONDAJ KOTU / Boring Elevation (m) : 10.050 HUMUNE / Test Specimen D UD SPT KN

YERALTI SUYU DERİNLİĞİ / Groundwater Depth (m) Derinlik Tarih Derinlik Tarih TOPLAM (ADET) / Total (Each) - 1 13 -

Derinlik Depth (m)	Y.A.S. Seviyesi (m) Groundwater Level	Numune Tipi ve No. Sample Type & No.	Numune Derinliği Sample Depth (m)	YERİNDE DENEYLER / Insitu Tests					Pr. VST Perm.	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	KAYA ÖZELLİKLERİ					
				SPT DENEYİ / Standart Penetration Test								Pr.	Dayanım Strength	Ayrışma Weathering	Kırık / 30 cm Fracture / 30 cm	Karot TCR (%) Core Recovery	RQD (%)
				Darbe Sayısı Number of Blows			N <sub>60</sub>	SPT- N Grafiği Graph									
0-15 İçin	15-30 İçin	30-45 İçin	30 cm İçin	10	20	30	40										



KIVAM DURUMU/ Stiffness (İnce taneli)	SIKILIK/ Density (İri taneli)	ORANLAR/ Proportions	AÇIKLAMALAR/ Explanations	SONDÜR/ Driller
N=0-2 Çok yumuşak Very soft	N=0-4 Çok gevşek Very loose	%5 > Pek az Slightly	UD : Ürselenmemiş numune	Erol Ayhan
N=3-4 Yumuşak Soft	N=5-10 Gevşek Loose	%10-20 Az Little	D : Ürselenmiş numune	
N=6-8 Orta katı Middle stiff	N=11-30 Orta sıkı Medium loose	%20-35 Çok Very	SPT : Standart Penetrasyon	
N=9-15 Katı Stiff	N=31-50 Sıkı Dense	%35 > Ve And	Pr. : Presiyometre Deneyi	
N=16-30 Çok katı Very stiff	N>50 Çok sıkı Very dense		KN : Karot Numunesi	
N>30 Sert Hard			VST : Arazi Veyn Deneyi	
AYRIŞMA/ Weathering	DAYANIM/ Strength	KIRIKLAR/ 30 cm Fractures	KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD	Oğuz ÜNÜK Jeolojik Mühendisi
W1 Taze (Ayrışmamış) Fresh	I Çok zayıf Very Weak	<1 Seyrek Wide (W)	%0-25 Çok kötü Very Poor	
W2 Az ayrılmış Slightly W.	II Zayıf Weak	1-2 Orta Moderate (M)	%25-50 Kötü Poor	
W3 Orta derecede ayr. Moderatly W.	III Orta zayıf Moderatly Weak	2-10 Sık Close (C.)	%50-75 Orta Fair	
W4 Çok ayrılmış Highly W.	IV Orta dayanımlı Moderatly Strong	10-20 Çok sık Intense (I)	%75-90 İyi Good	
W5 Tamamen ayrılmış Completely W.	V Dayanımlı Strong	>20 Parçalı Crushed (Cr)	%90-100 Çok iyi Excellent	





# TEMEL SONDAJ LOGU

## BORING LOG

ZEMİN TEKNOLOJİLERİ MERKEZİ YER MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ  
THE CENTER OF SOIL TECHNOLOGY CONSULTING ENGINEERS

SAYFA/Sheet No : 1 / 1

TARİH/ Tarih : 25.08.2007

SONDAJ KUYU NO : SK-10  
Boring Number

PROJE ADI / Project Name: Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçişi Geoteknik İncelemesi

PAFTA:- ADA:- PARSEL:- KOORDİNAT / Coordinate Y (N-S) : 548.592.189

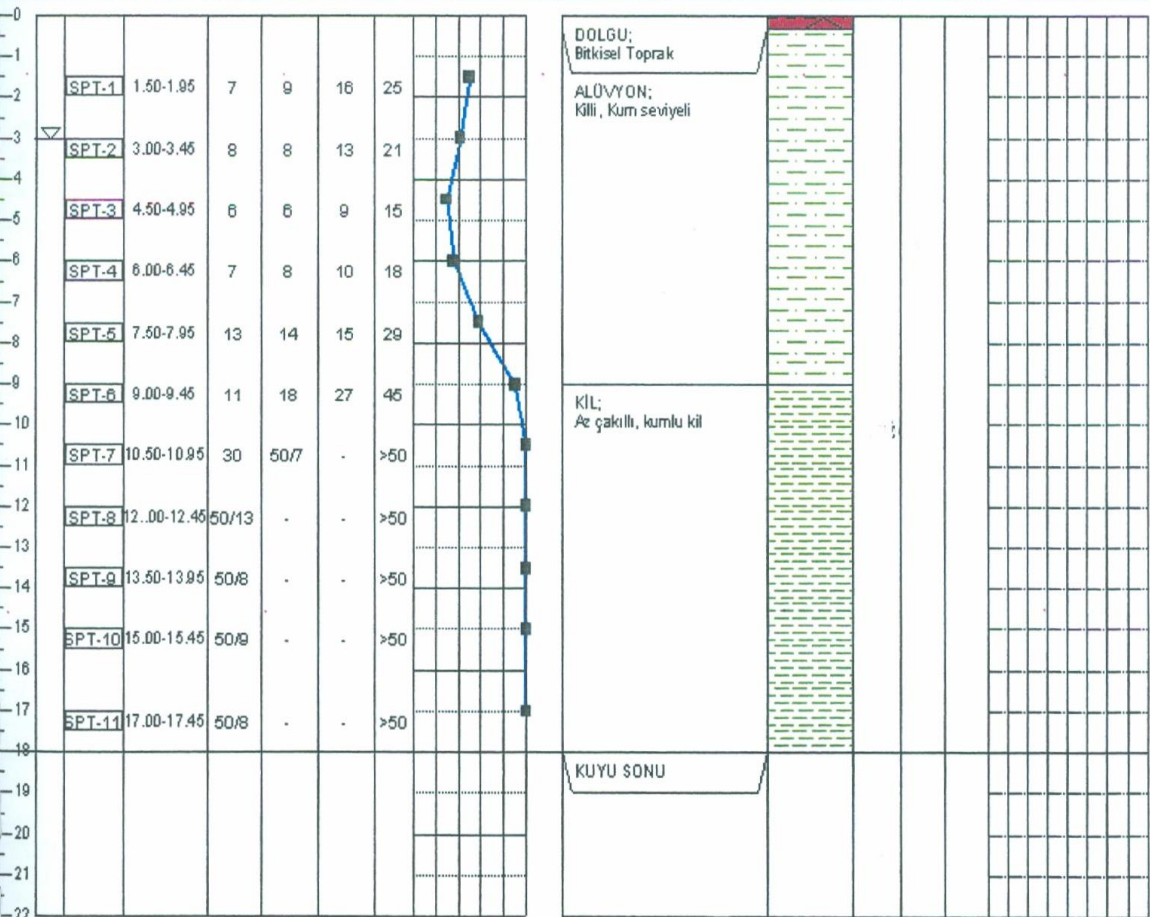
SONDAJ YERİ / Boring Location : Tekirdağ KOORDİNAT / Coordinate X (E-W) : 4.539.757.851

SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth (m) : 18.00 m BAŞLANGIÇ - BİTİŞ TARİHİ / Start-Finish Date -

SONDAJ KOTU / Boring Elevation (m) : 11.010 İLUMUNİE / Test Specimen D UD SPT KN

YERALTI SUYU DERİNLİĞİ / Groundwater Depth (m) Derinlik Tarih Derinlik Tarih TOPLAM (ADET) / Total (Each) - - 11 -

Derinlik Depth (m)	YA S Seviyesi (m) Groundwater Level	Numune Tipi ve No. Sample Type & No.	Numune Derinliği Sample Depth (m)	YERİNDE DENEYLER / Insitu Tests				JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	KAYA ÖZELLİKLERİ					
				SPT DENEYİ / Standard Penetration Test						Pr. VST Perm.	Dayanım Strength	Ayrışma Weathering	Kırık / 30 cm Fracture / 30 cm	25 Korot TCR (%) Core Recovery	RQD (%)
				Darbe Sayısı Number of Blows		N <sub>60</sub>	SPT-N Grafiği Graph								
0-15 İçin	15-30 İçin	30-45 İçin	30 cm İçin	10	20	30	40								



KIVAM DURUMU/ Stiffness (İnce taneli)	SIKILIK/ Density (İri taneli)	ORANLARI/ Proportions	AÇIKLAMALAR/ Explanations	SONDÖR/ Driller
N=0-2 Çok yumuşak Very soft	N=0-4 Çok gevşek Very loose	%5 > Pek az Slightly	UD : Örselenmemiş numune	Erol AYHAN
N=3-4 Yumuşak Soft	N=5-10 Gevşek Loose	%10-20 Az Little	D : Örselenmiş numune	
N=5-8 Orta katı Middle stiff	N=11-30 Orta sıkı Medium loose	%20-35 Çok Very	SPT : Standart Penetrasyon	
N=9-15 Katı Stiff	N=31-50 Sıkı Dense	%35 > Ve And	Pr. : Presiyometre Deneyi	
N=16-30 Çok katı Very stiff	N>50 Çok sıkı Very dense		KN : Karot Numunesi	
N>30 Sert Hard			VST : Arazi Veyn Deneyi	
AYRIŞMA/ Weathering	DAYANIM/ Strength	KIRIKLAR/ 30 cm Fractures	KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD	Oğuz ONLU Jeoloji Mühendisi
W1 Taze (Ayrışmamış) Fresh	I Çok zayıf Very Weak	<1 Seyrek Wide (W)	%0-25 Çok kötü Very Poor	
W2 Az ayrışmış Slightly W.	II Zayıf Weak	1-2 Orta Moderate (M)	%25-50 Kötü Poor	
W3 Orta derecede ayr. Moderatly W.	III Orta zayıf Moderatly Weak	2-10 Sık Close (C.)	%50-75 Orta Fair	
W4 Çok ayrışmış Hghly W.	IV Orta dayanımlı Moderatly Strong	10-20 Çok sık Intense (I)	%75-90 İyi Good	
W5 Tamamen ayrışmış Completely W.	V Dayanımlı Strong	>20 Parçalı Crushed (Cr)	%90-100 Çok iyi Excellent	





# TEMEL SONDAJ LOGU

## BORING LOG

ZEMİN TEKNİK UZUMLER MERKEZİ / YER MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ  
THE CENTER OF SOIL TECHNOLOGY CONSULTING ENGINEERS

SAYFA / Sheet No : 1 / 1

TARİH / Tarih : 19.09.2007

SONDAJ KUYU NO : SK-11  
Boring Number

PROJE ADI / Project Name: Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçişi Geoteknik İncelemesi

PAFTA:- ADA:- PARSEL:-

KOORDİNAT / Coordinate Y (N-S) : 548.416.605

SONDAJ YERİ / Boring Location : Tekirdağ

KOORDİNAT / Coordinate X (E-W) : 4.539.754.643

SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth (m) : 24.00 m

BAŞLANGIÇ - BİTİŞ TARİHİ / Start-Finish Date -

SONDAJ KOTU / Boring Elevation (m) : 9.870

HÜMUNE / Test Specimen

D

UD

SPT

KN

YERALTI SUYU DERİNLİĞİ

Derinlik

Tarih

Derinlik

Tarih

TOPLAM (ADET) / Total (Each)

-

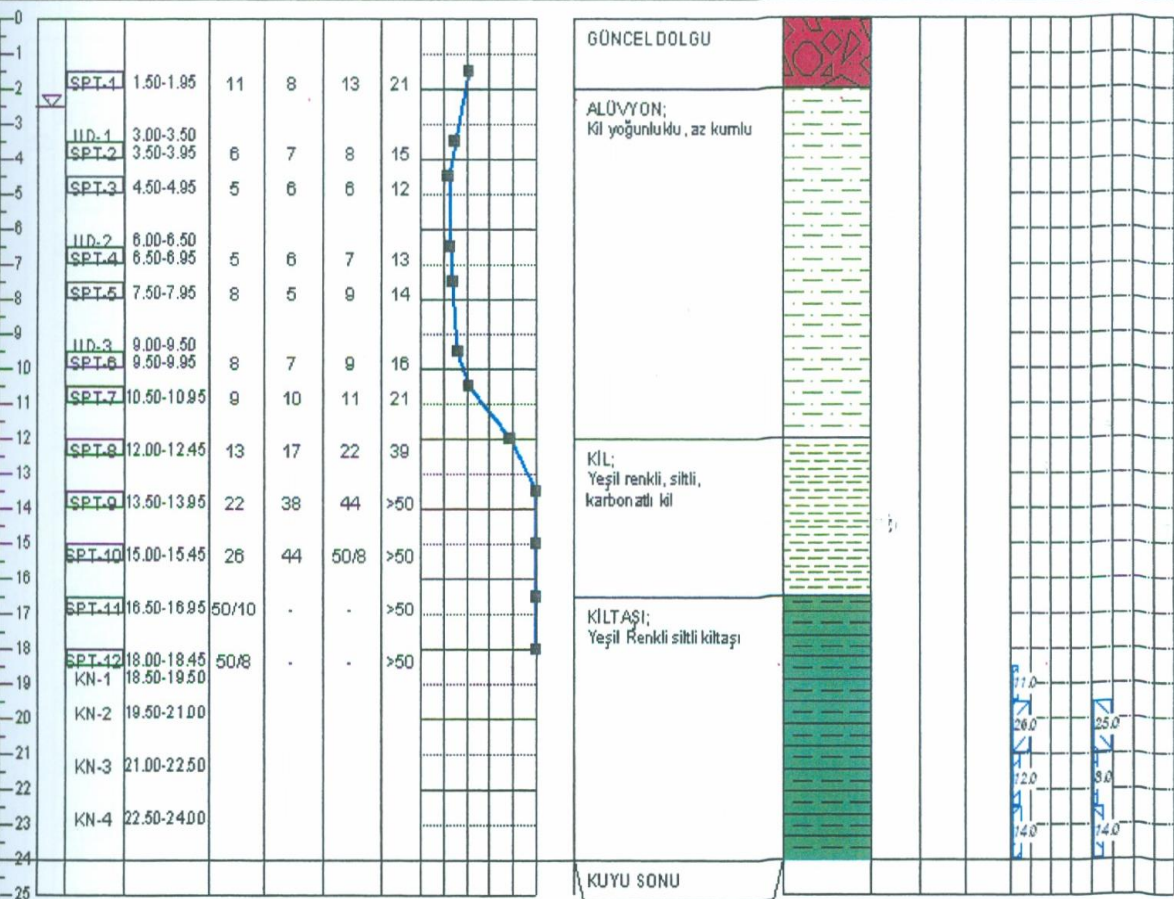
3

12

4

Groundwater Depth (m)

Derinlik Depth (m)	Y.A.S. Seviyesi ve No. Groundwater Level	Numune Tipi ve No. Sample Type & No.	Numune Derinliği Sample Depth (m)	YERİNDE DENEYLER / Insitu Tests				Pr. VST Perm.	JEOTEKNİK TANIMLAMA Geotechnical Description	Profil Profile	KAYA ÖZELLİKLERİ				
				SPT DENEYİ / Standart Penetration Test							Dayanım Strength	Ayrışma Weathering	Kırık / 30 cm Fracture / 30 cm	Korot TCR (%) Core Recovery	RQD (%)
				Darbe Sayısı Number of Blows	N <sub>60</sub>	SPT- N Grafiği Graph									
0-15 İçin	15-30 İçin	30-45 İçin	30 cm İçin	10	20	30	40								



KIVAM DURUMU / Stiffness (İnce taneli)	SIKILIK / Density (İri taneli)	ORANLAR / Proportions	AÇIKLAMALAR / Explanations	SONDÖR / Driller
N=0-2 Çok yumuşak Very soft	N=0-4 Çok gevşek Very loose	%5 > Pek az Slightly	UD : Örselenmemiş numune	Erol Ayhan
N=3-4 Yumuşak Soft	N=5-10 Gevşek Loose	%10-20 Az Little	D : Örselenmiş numune	
N=5-8 Orta katı Middle stiff	N=11-30 Orta sıkı Medium loose	%20-35 Çok Very	SPT : Standart Penetrasyon	
N=9-15 Katı Stiff	N=31-50 Sıkı Dense	%35 > Ve And	Pr. : Presiyometre Deneyi	
N=16-30 Çok katı Very stiff	N>50 Çok sıkı Very dense		KN : Karot Numunesi	
N>30 Sert Hard			VST : Arazi Meyn Deneyi	
AYRIŞMA / Weathering	DAYANIM / Strength	KIRIKLAR / 30 cm Fractures	KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD	LOGU YAPAN Öğüt BNC'D Jeolojik Mühendisi
W1 Taze (Ayrışmamış) Fresh	I Çok zayıf Very Weak	<1 Seyrek Wale (W)	%0-25 Çok kötü Very Poor	
W2 Az ayrışmış Slightly W.	II Zayıf Weak	1-2 Orta Moderate (M)	%25-50 Kötü Poor	
W3 Orta derecede ayr. Moderatly W.	III Orta zayıf Moderatly Weak	2-10 Sık Close (C.)	%50-75 Orta Fair	
W4 Çok ayrışmış Highly W.	IV Orta dayanımlı Moderatly Strong	10-20 Çok sık Intense (I)	%75-90 İyi Good	
W5 Tamamen ayrışmış Completely W.	V Dayanımlı Strong	>20 Parçalı Crushed (Cr)	%90-100 Çok iyi Excellent	





ZEMİN TEKNOLOJİLERİ MERKEZİ YER MÜHENDİSLİK HİZMETLERİ  
THE CENTER OF SOIL TECHNOLOGY CONSULTING ENGINEERS

# TEMEL SONDAJ LOGU

## BORING LOG

SAYFA / Sheet No : 1 / 1

TARİH / Tarih : 21.09.2007

SONDAJ KUYU NO : SK-12  
Boring Number

PROJE ADI / Project Name: Tekirdağ Çevreyolu Doğu Geçışı Geoteknik İncelemesi

PAFTA:- ADA:- PARSEL:- KOORDİNAT / Coordinate Y (N-S) : 548.394.167

SONDAJ YERİ / Boring Location : TEKİRDAĞ KOORDİNAT / Coordinate X (E-W) : 4.539.801.557

SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth (m) : 21.00 m BAŞLANGIÇ - BİTİŞ TARİHİ / Start-Finish Date :

SONDAJ KOTU / Boring Elevation (m) : 10.220 İHUMUNE / Test Specimen

YERALTI SUYU DERİNLİĞİ / Groundwater Depth (m) Derinlik Tarih Derinlik Tarih

TOPLAM (ADET) / Total (Each) D UD SPT KN

YERİNDE DENEYLER / Insitu Tests

SPT DENEYİ / Standard Penetration Test

Darbe Sayısı / Number of Blows N<sub>60</sub> SPT - N Grafiği / Graph

0-15 İçin 15-30 İçin 30-45 İçin 30 cm İçin 10 20 30 40 Pr. VST Perm.

JEOTEKNİK TANIMLAMA / Geotechnical Description

Profili / Profile

DAYANIM / Strength

AYRISMA / Weathering

KIRIK / 30 cm Fractures

KAYA ÖZELLİKLERİ

25 Karot TCR (%) 50 Core Recovery 75 RQD (%)

25 50 75

0 -1 -2 -3 -4 -5 -6 -7 -8 -9 -10 -11 -12 -13 -14 -15 -16 -17 -18 -19 -20 -21 -22

SPT-1 1.50-1.95 6 9 11 20

UD-1 3.00-3.50 8 8 10 18

SPT-2 3.50-3.95 8 8 10 18

SPT-3 4.50-4.95 6 8 9 17

UD-2 6.00-6.50 5 6 8 14

SPT-4 6.50-6.95 5 6 8 14

SPT-5 7.50-7.95 3 4 7 11

SPT-6 9.00-9.45 4 5 7 12

SPT-7 10.50-10.95 5 7 10 17

UD-3 12.00-12.50 10 12 17 29

SPT-8 12.50-12.95 10 12 17 29

SPT-9 13.50-13.95 15 16 24 40

SPT-10 15.00-15.45 28 39 46 >50

SPT-11 16.50-16.95 50/14 - - >50

SPT-12 18.00-18.45 50/11 - - >50

KN-1 18.50-19.50

KN-2 19.50-21.00

KUYU SONU

DOLGU: Bitkisel Toprak

ALÜVYON: Kı yoğunluklu, az kumlu

KİL: Yeşil renkli, siltli-kumlu

KİLTAŞI: Yeşil renkli, siltli kiltası

KIVAM DURUMU / Stiffness (İnce taneli)

SIKILIK / Density (İri taneli)

ORANLAR / Proportions

AÇIKLAMALAR / Explanations

SONDÖR / Driller

N=0-2 Çok yumuşak Very soft N=0-4 Çok gevşek Very loose %5 > Pek az Slightly UD : Örselenmemiş numune

N=3-4 Yumuşak Soft N=5-10 Gevşek Loose %10-20 Az Little D : Örselenmiş numune

N=5-8 Orta katı Middle stiff N=11-30 Orta sıkı Medium loose %20-35 Çok Very SPT : Standart Penetrasyon

N=9-15 Katı Stiff N=31-50 Sıkı Dense %35 > Ve And Pr. : Presiyometre Deneyi

N=16-30 Çok katı Very stiff N>50 Çok sıkı Very dense KN : Karot Numunesi

N>30 Sert Hard VST : Arazi Veyn Deneyi

AYRISMA / Weathering DAYANIM / Strength KIRIKLAR / 30 cm Fractures KAYA KALİTESİ TANIMI/RQD

W1 Taze (Ayrılmamış) Fresh I Çok zayıf Very Weak <1 Seyrek Wide (W) %0-25 Çok kötü Very Poor

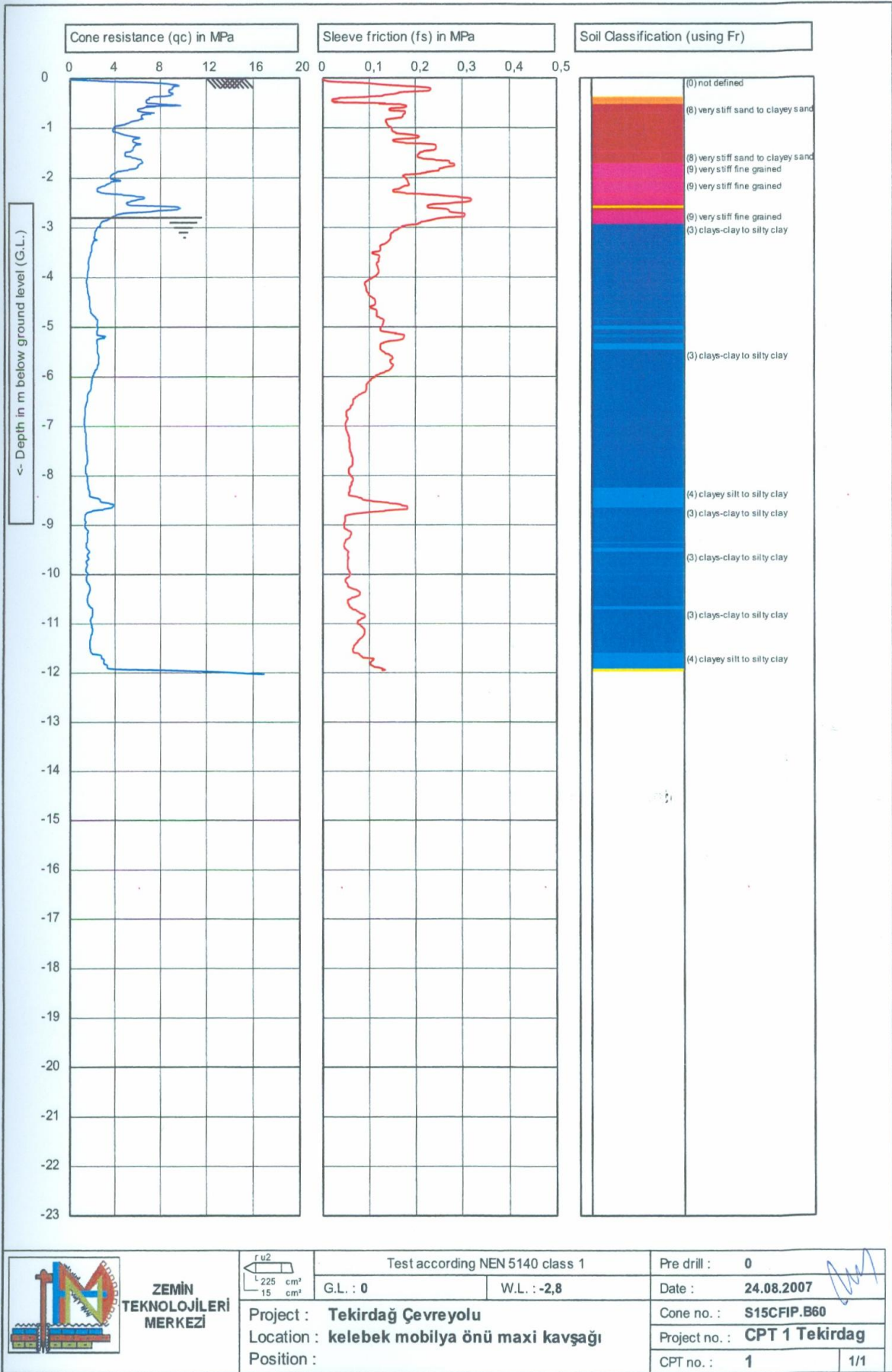
W2 Az ayrılmış Slightly W. II Zayıf Weak 1-2 Orta Moderate (M) %25-50 Kötü Poor

W3 Orta derecede ayr. Moderatly W. III Orta zayıf Moderatly Weak 2-10 Sık Close (C.) %50-75 Orta Fair

W4 Çok ayrılmış Highly W. IV Orta dayanımlı Moderatly Strong 10-20 Çok sık Intense (I) %75-90 İyi Good

W5 Tamamen ayrılmış Completely W. V Dayanımlı Strong >20 Parçalı Crushed (Cr) %90-100 Çok iyi Excellent

Erol AYHAN  
LOGU YAPAN  
Öğöz UNLU  
Jeoloji Mühendisi



**ZEMİN  
TEKNOJİLERİ  
MERKEZİ**



Test according NEN 5140 class 1

G.L. : 0

W.L. : -2,8

Pre drill : 0

Date : 24.08.2007

Project : Tekirdağ Çevreyolu

Location : kelebek mobilya önü maxi kavşağı

Position :

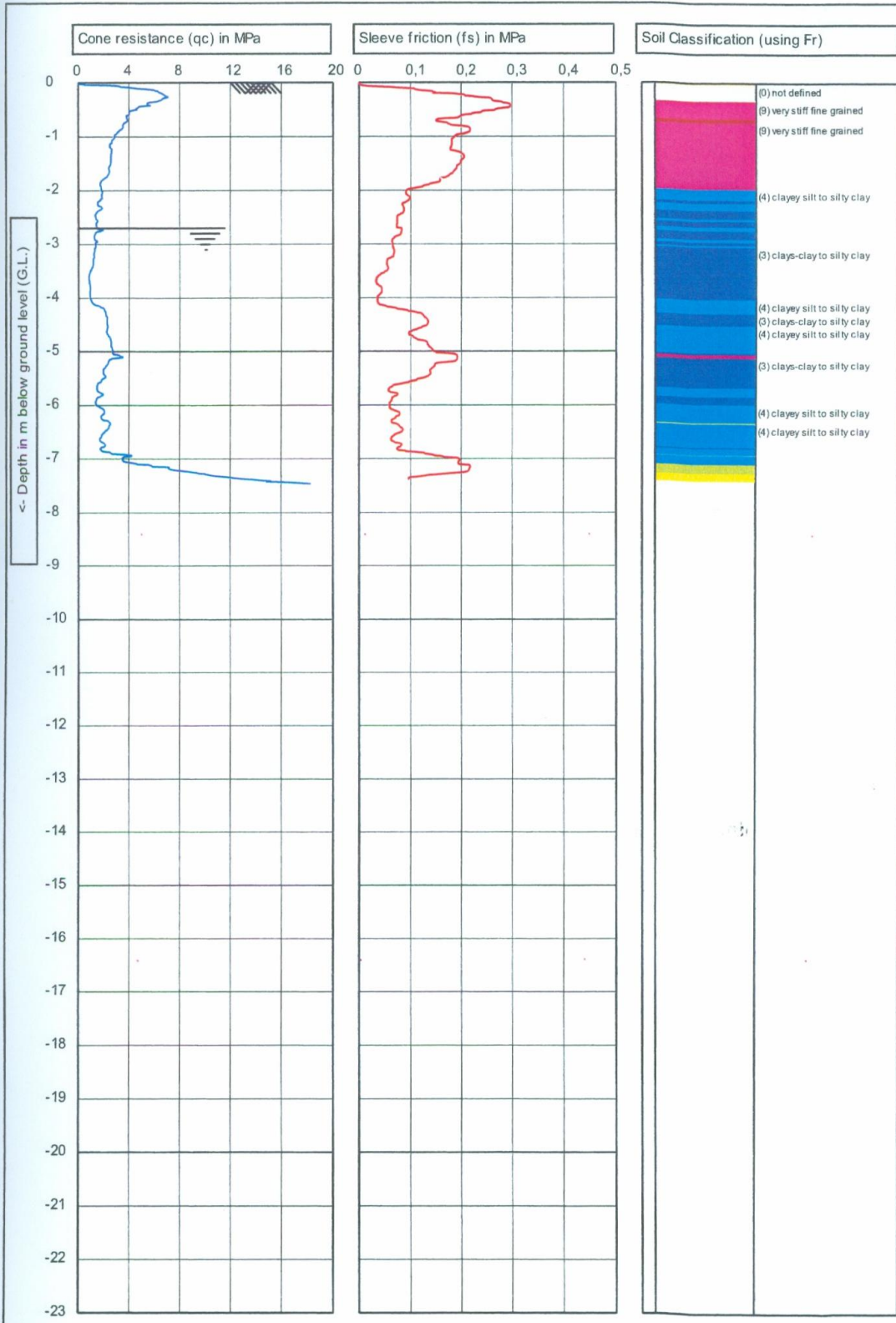
Cone no. : S15CFIP.B60



Project no. : CPT 1 Tekirdag

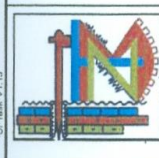
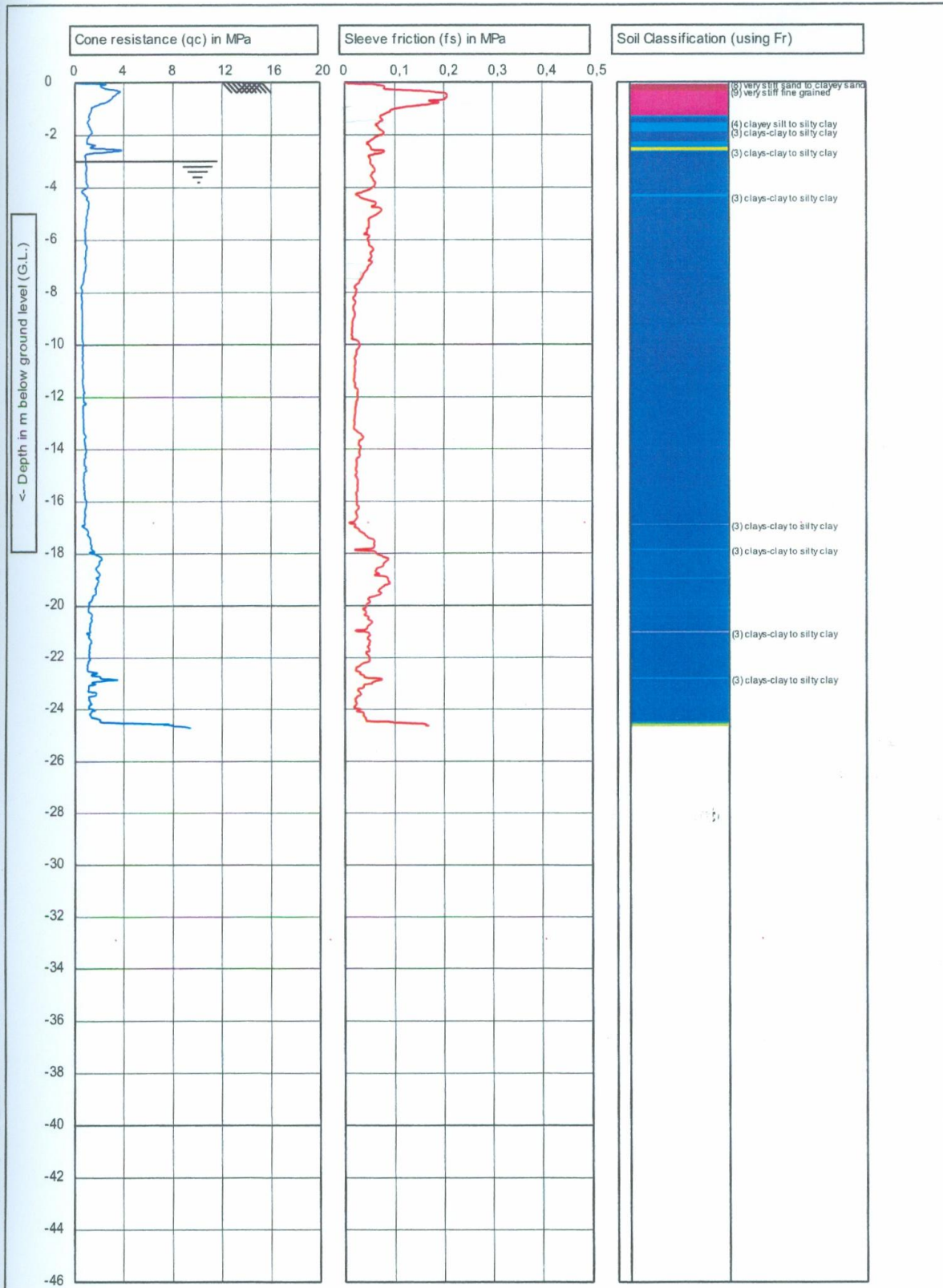
CPT no. : 1

1/1





 <p><b>ZEMİN TEKNOLOJİLERİ MERKEZİ</b></p>	<p>Test according NEN 5140 class 1</p>	<p>Pre drill : 0</p>
	<p>G.L. : 0      W.L. : -2,7</p>	<p>Date : 24.08.2007</p>
<p>Project : Tekirdağ Çevreyolu</p>	<p>Cone no. : S15CFIP.B60</p>	
<p>Location : kelebek mobilya karşı maxi kavsağı</p>	<p>Project no. : CPT 2 Tekirdag</p>	
<p>Position :</p>	<p>CPT no. : 2</p>	<p>1/1</p>



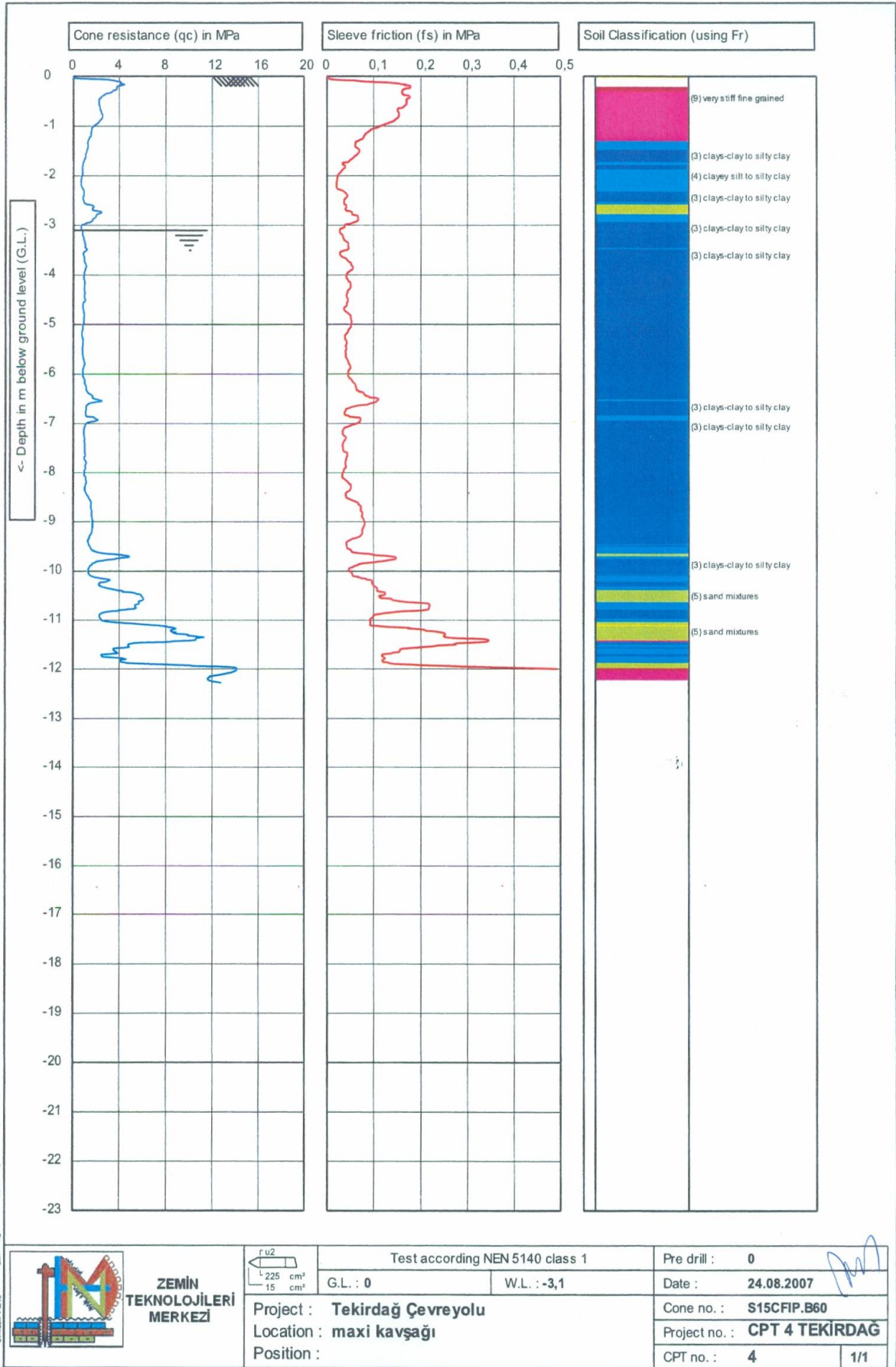
**ZEMİN  
TEKNOLOJİLERİ  
MERKEZİ**



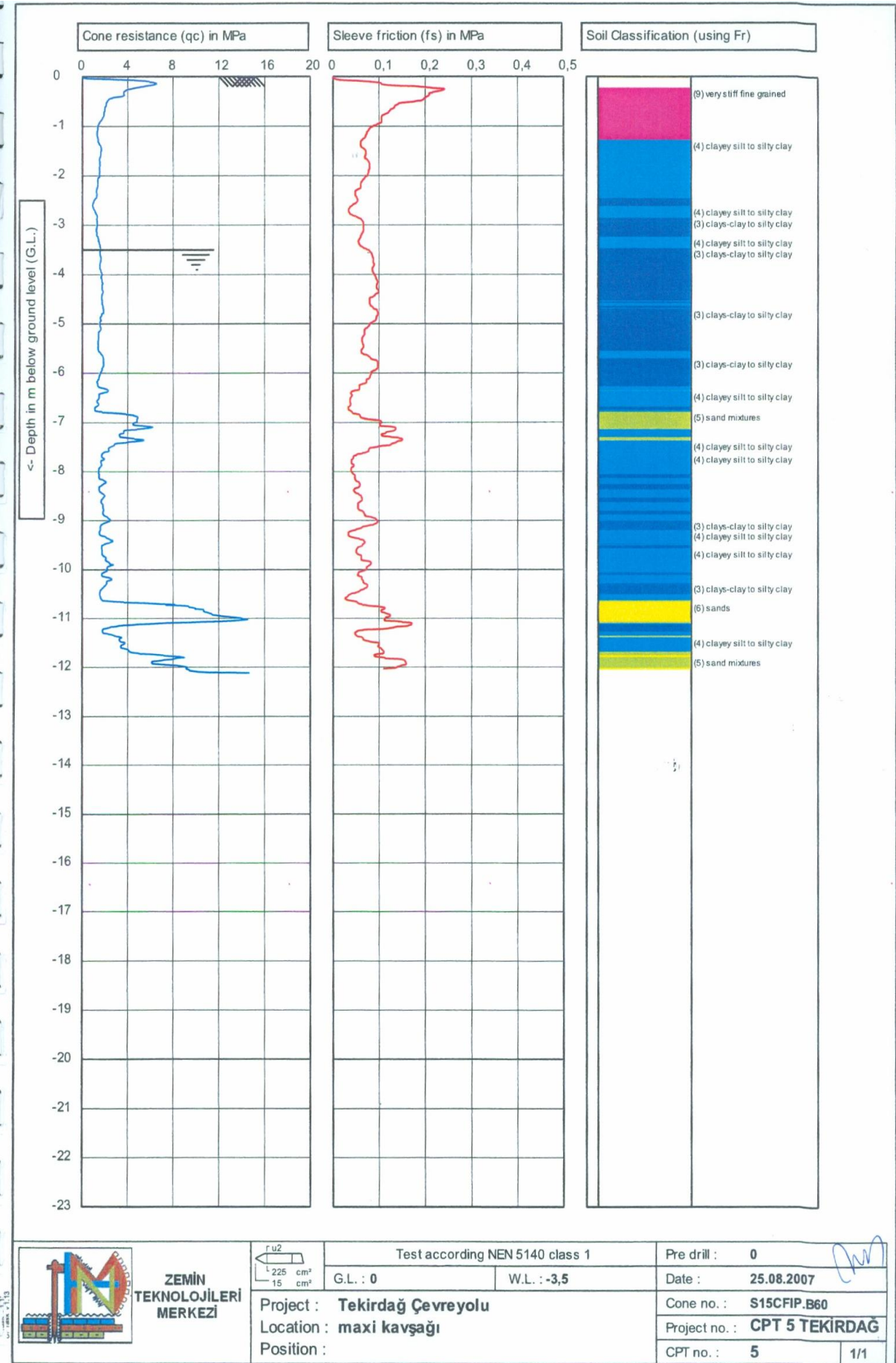
Test according NEN 5140 class 1  
G.L. : 0      W.L. : -3

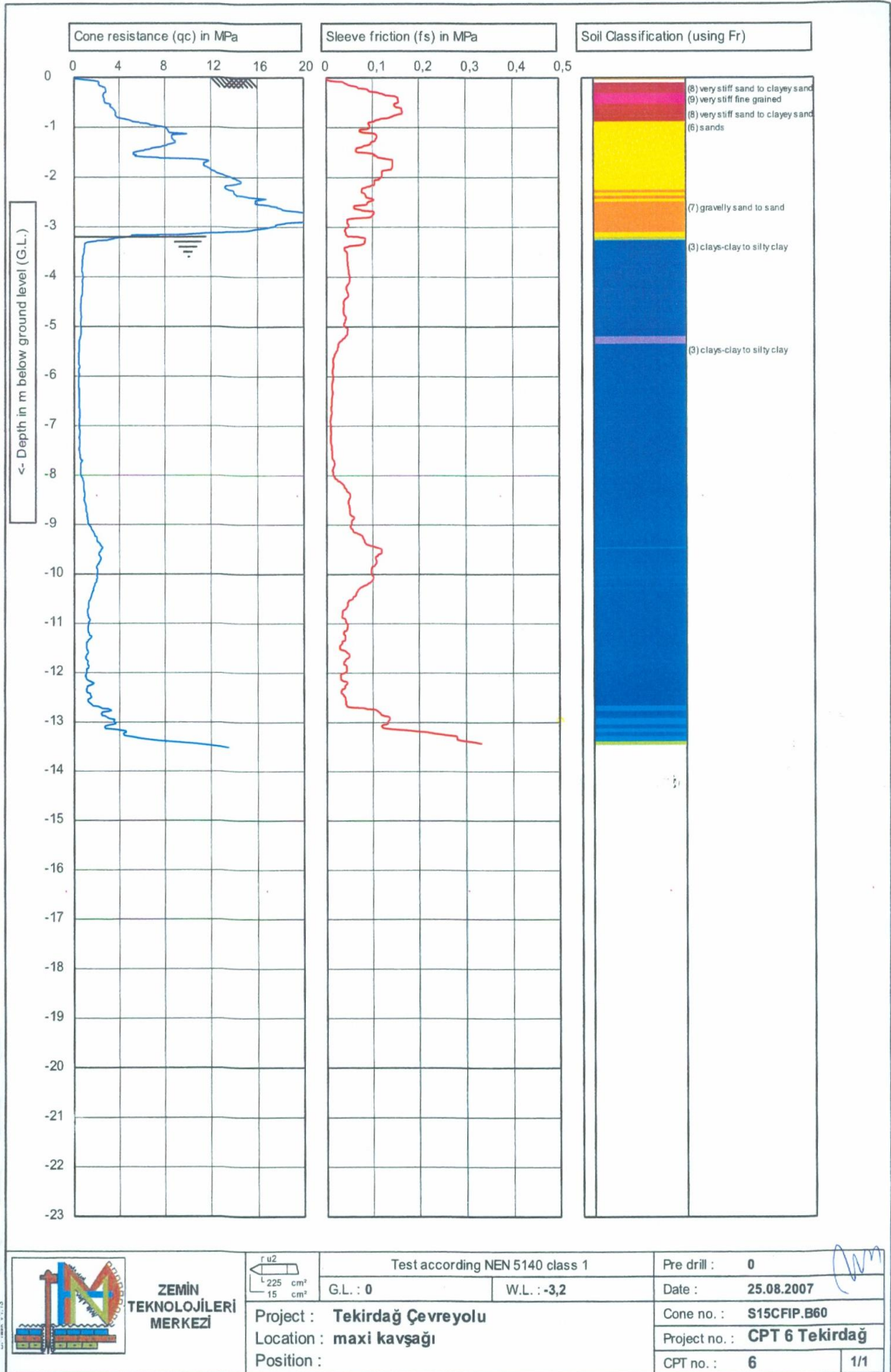
Project : **Tekirdağ Çevreyolu**  
Location : **maxi kavşağı**  
Position :

Pre drill :	0
Date :	24.08.2007
Cone no. :	S15CFIP.B60
Project no. :	CPT 3 Tekirdag
CPT no. :	3
	1/1

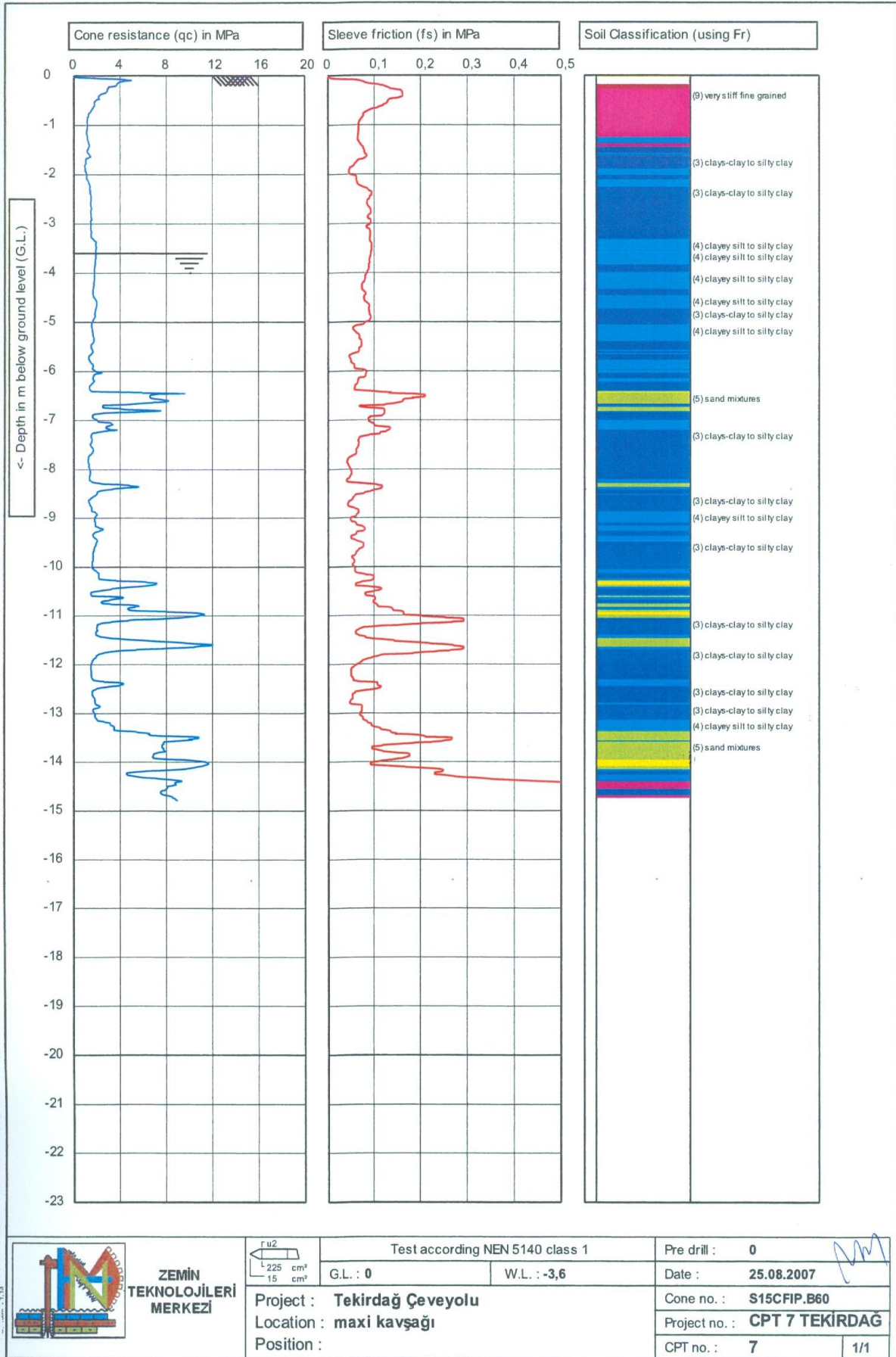


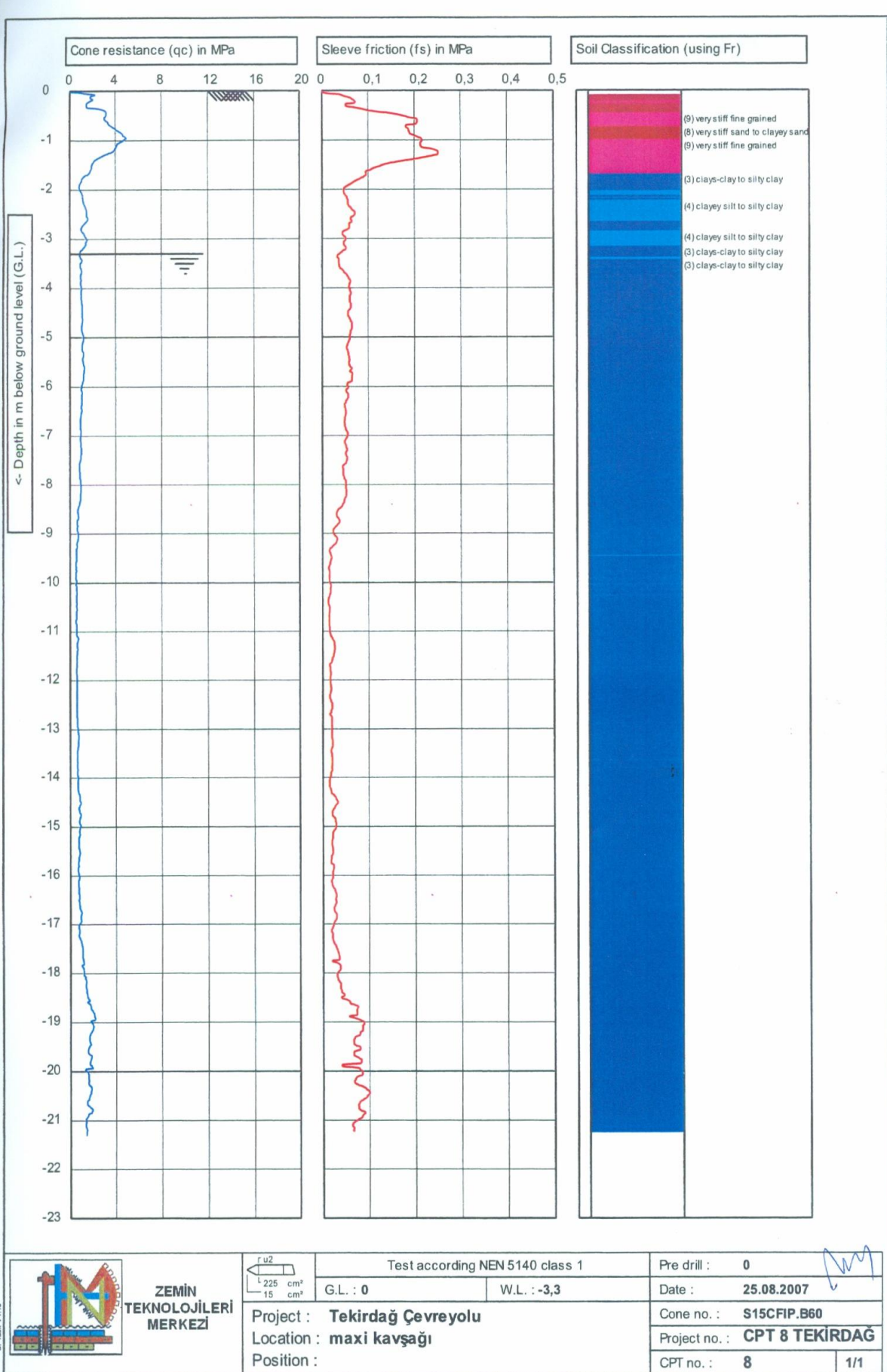












**ZEMİN  
TEKNOLOJİLERİ  
MERKEZİ**

$r_{u2}$   
225 cm<sup>2</sup>  
15 cm<sup>2</sup>

Test according NEN 5140 class 1

G.L. : 0

W.L. : -3,3

Pre drill : 0

Date : 25.08.2007

Cone no. : S15CFIP.B60

Project no. : CPT 8 TEKİRDAĞ

CPT no. : 8

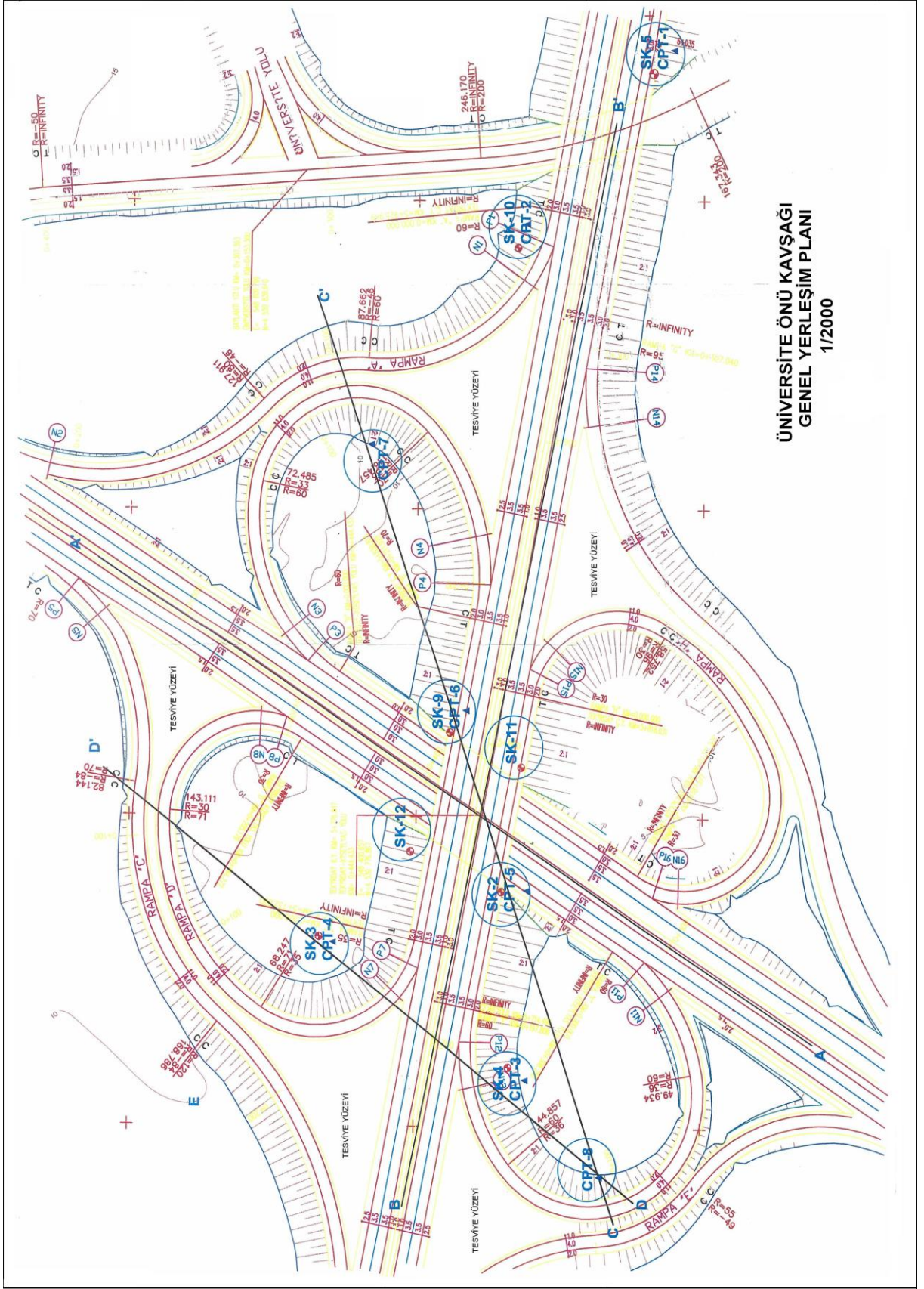
1/1

Project : Tekirdağ Çevreyolu

Location : maxi kavşağı

Position :





ÜNİVERSİTE ÖNÜ KAVŞAĞI  
GENEL YERLEŞİM PLANI  
1/2000

## **ÖZGEÇMİŞ :**

Ekrem GÜNEŞ, 13 Eylül 1977 tarihinde Afyonkarahisar’da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini Afyonkarahisar iline bağlı İncehisar ilçesinde tamamladı. 1994–1998 yılları arasında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünü, FYO Askeri Öğrenci statüsünde bitirdi. Mühendis bir subay olarak Milli Savunma Bakanlığına bağlı Sivas, Adana ve Tekirdağ-Çorlu İnşaat Emlak Bölge Başkanlığında görev yaptı. Evli ve üç çocuk sahibidir. İngilizce bilmektedir.