



*Il Sindaco del Comune di Messina*  
*Commissario Delegato ex O.P.C.M. n.3721 del 19 Dicembre 2008*

**COMUNE DI MESSINA - LAVORI DI COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA LOGISTICA INTERMODALE TREMESTIERI CON ANNESSO SCALO PORTUALE - PRIMO STRALCIO FUNZIONALE.**

### PROGETTO PRELIMINARE

*(Redatto per appalto concorso ai sensi dell'art. 18 e seguenti del DPR 554/99)*

ELABORATO: <b>F25</b>	TITOLO: Relazione geotecnica	SCALA:
--------------------------	---------------------------------	--------

*ELABORATO DI NUOVA REDAZIONE*  
*(redatto dall'Ufficio 4° Opere Marittime Sicilia)*

Messina, li **31 DIC 2009** *Prot 6621*

PER I PROGETTISTI: IL COORDINATORE  
ING. Pietro VIVIANO

VISTO: SI ATTESTA CHE IL PRESENTE PROGETTO, ESSENDO UNO STRALCIO DI QUELLO GENERALE GIA' VERIFICATO ED APPROVATO IL 17/12/2008, E' DA CONSIDERARSI ANCHE ESSO VERIFICATO AI SENSI DELL'ART. 46 DEL DPR 554/99. ED E' COERENTE CON LE INDICAZIONI DEL DOCUMENTO PRELIMINARE DI PROGETTAZIONE.

MESSINA, Li **04 GEN 2010**

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Francesco DI SARCINA

VISTO IL PROGETTO PRELIMINARE GENERALE APPROVATO CON DECRETO DEL COMMISSARIO DELEGATO EX OPCM 3633/07 IL 17/12/2008, SI APPROVA IL PRESENTE PROGETTO STRALCIO AI SENSI E PER GLI EFFETTI DELL'ART. 1 COMMA 3 DELL' O.P.C.M. 3633/07, RINNOVATA CON O.P.C.M. 3721/08.

IL PRESENTE PROGETTO E' CONFORME ALLO STRUMENTO URBANISTICO GENERALE DELLA CITTA' DI MESSINA, GIA' VARIATO IL 17/12/2008 IN FORZA DELL'ART. 1 DELL'OPCM 3633/07.

SI CONFERMA LA PUBBLICA UTILITA', INDIFFERIBILITA' ED URGENZA DEI LAVORI, IN DEROGA ALL'ART. 98, COMMA 2 DEL DLGS 12 APRILE 2006 N.163, SALVA L'APPLICAZIONE DEL DPR 327/01 E S.M.I., DICHIARATA IL 17/12/2008 PER IL PROGETTO PRELIMINARE GENERALE.

MESSINA, Li **11 GEN 2010** *Prot 10*

IL COMMISSARIO DELEGATO EX OPCM 3721/08  
IL SINDACO DI MESSINA  
On.le Dott. Giuseppe BUZZANCA

SINDACO GENERALE DEL COMUNE DI MESSINA  
PRESIDENTE  
Dott. Giuseppe Buzzanca

# INDICE

<b>1. GENERALITA'</b> .....	<b>1</b>
1.1. PREMESSA .....	1
1.2. RELAZIONI DI RIFERIMENTO .....	1
<b>2. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI</b> .....	<b>2</b>
2.1. PREMESSA .....	2
2.2. INDAGINI ESEGUITE.....	2
2.3. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO.....	4
2.4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	5
2.5. PROVE IN SITU .....	6
2.6. PROVE SPT – STANDARD PENETRATION TEST .....	6
2.7. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE .....	7
2.8. CORRELAZIONI EMPIRICHE .....	8
2.9. CARATTERISTICHE DEI TERRENI.....	13
2.9.1. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DEL MOLO FORANEO.....	13
2.9.2. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DELLE BANCHINE DI RIVA .....	19
2.9.3. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DEI PIAZZALI.....	24
<b>3. ELABORAZIONI E TABELLE</b> .....	<b>28</b>
3.1. ELABORAZIONI RELATIVE AL MOLO FORANEO .....	28
3.2. ELABORAZIONI RELATIVE ALLA BANCHINA DI RIVA .....	30
3.3. ELABORAZIONI RELATIVE AI PIAZZALI .....	34

  
**SIGENCO** s.p.a.  
SISTEMI GENERALI COSTRUZIONE  
PREALLENTE  
Dr. Carlo G. G. G. G.

## **1. GENERALITA'**

### **1.1. PREMESSA**

La presente relazione geotecnica è stata redatta nell'ambito del *Progetto Preliminare per la Costruzione della piattaforma logistica di Tremestieri con annesso scalo Portuale* nel Comune di Messina.

Nella presente relazione vengono trattate le problematiche relative alla caratterizzazione geotecnica dei terreni su cui devono essere costruite le opere relative al progetto.

### **1.2. RELAZIONI DI RIFERIMENTO**

Per la redazione della presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti elaborati:

- [1] - Progetto Preliminare – Indagini e Studi Specialistici – Indagini geognostiche e prove in situ – redatto da SGM srl – Società Geognostica Mediterranea
- [2] - Progetto Preliminare – Indagini e Studi Specialistici – Indagini geognostiche – Prove di Laboratorio
- [3] - Progetto Preliminare – Indagini e Studi Specialistici – Studio Geologico-Tecnico
- [4] – Progetto Preliminare – Indagini e Studi Specialistici – Relazione Geotecnica
- [5] – Progetto Preliminare – Indagini e Studi Specialistici – Relazione calcolo Strutture Marittime

  
SIMEFICO S.p.A.  
SISTEMI GENERALI COSTRUZIONE  
PRESIDENTE  
Dr. Carmelo VITTO

## **2. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI**

### **2.1. PREMESSA**

La caratterizzazione dei terreni su cui deve essere realizzata l'opera è effettuata su una campagna di indagini geognostiche, prove in situ e prove di laboratorio condotte su incarico del Prefetto di Messina dalla SGM – Società Geognostica Mediterranea srl.

### **2.2. INDAGINI ESEGUITE**

L'indagine è stata articolata nelle seguenti fasi:

- Esecuzione di n. 20 sondaggi meccanici a carotaggio continuo;
- Esecuzione di n. 3 sondaggi meccanici a distruzione di nucleo;
- Esecuzione di n. 110 prove SPT;
- Prelievo di n. 67 campioni con campionatore ambientale;
- Prelievo di n. 46 campioni geotecnici;
- Installazione di n. 2 celle di casagrande;
- Installazione di 145 ml di tubi piezometrici di Casagrande;
- Installazione di 69 ml di tubi in PVC per DH;
- Installazione di 102 ml di tubi inclinometrici per CH;
- Installazione di 6 pozzetti protettivi;

Analisi e prove di laboratorio costituite da:

- Caratteristiche generali;
- Analisi granulometrica;
- Prove di taglio diretto;
- Prove di colonna risonante.

Nella planimetria riportata in fig. 2.1 è indicato il profilo delle opere portuali da realizzare con l'indicazione dei sondaggi eseguiti. In fig. 2.2 è riportata la legenda con indicazione del tipo di sondaggio o prova eseguita nel sito.



SIZANNO S.p.A.  
SISTEMI GENERALI COSTRUZIONE  
PRESIDENTE  
Dr. CARLO A. PROTTI

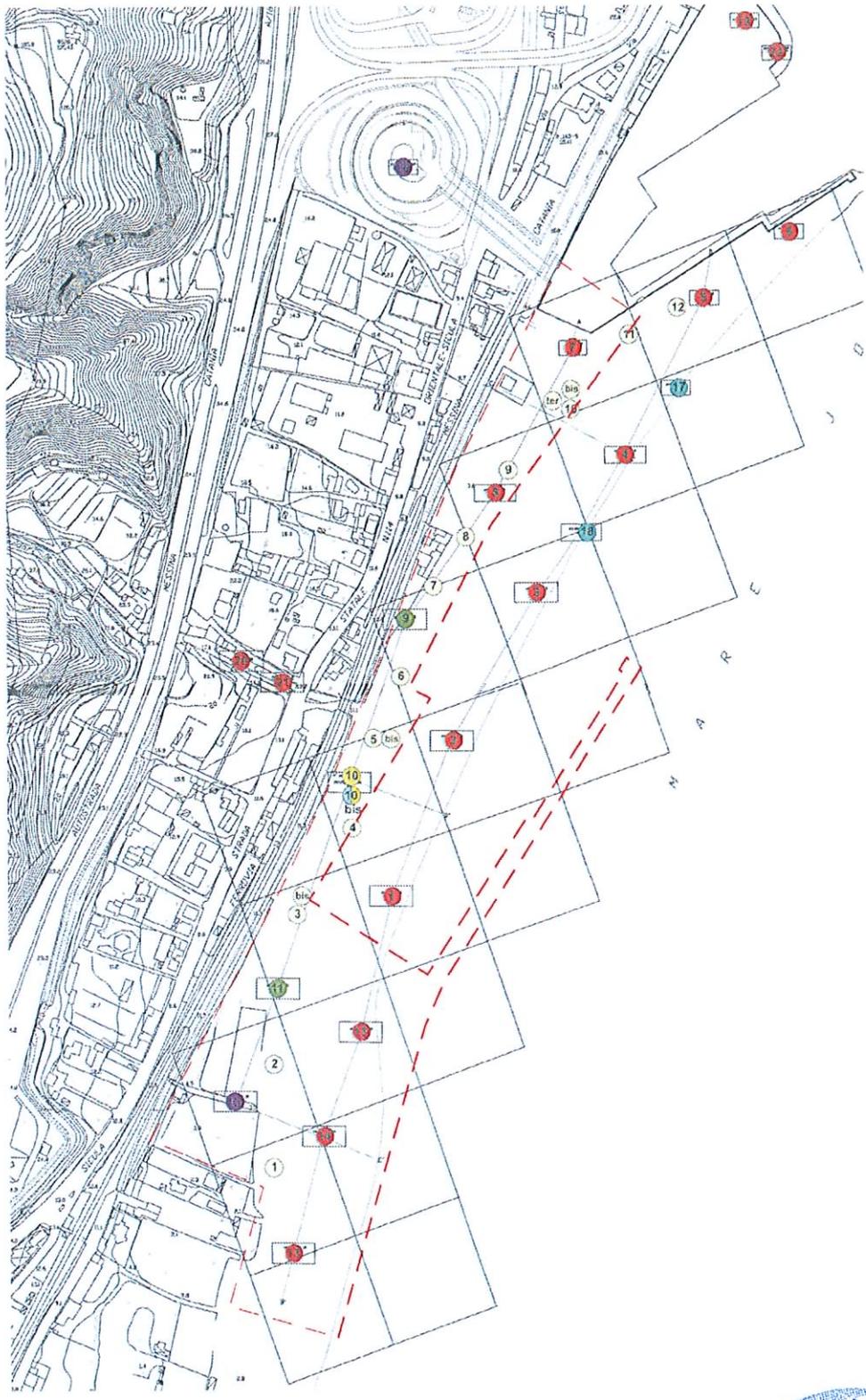


Fig. 2.1 – Planimetria delle opere con indicazione delle indagini

  
**SISENCO S.p.A.**  
 SOCI GENERALI COSTRUZIONE  
 IL PRESIDENTE  
 Dr. Carmelo Piazza

- ① Sondaggio meccanico a carotaggio
- ⑨ Sondaggio meccanico a carotaggio attrezzato con tubo PVC per sismica in foro Down Hole
- ⑩ Sondaggio meccanico a carotaggio attrezzato con tubo inclinometrico per sismica in foro Cross Hole
- ⑫ Sondaggio meccanico a carotaggio attrezzato con piezometro tipo Casagrande
- ⑬ Sondaggio meccanico a distruzione di nucleo
- ① Prova SCPT

Fig. 2.2 – Legenda delle indagini

### 2.3. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

Lo Studio Geologico dell'area in oggetto è stato redatto dal Prof. Antonio Bottari [3]. Dallo studio si evince che l'area in esame è caratterizzata da un andamento morfologico rapidamente variabile con fascia costiera sub-pianeggiante delimitata da versanti montuosi molto acclivi. Le opere in progetto sono localizzate nella porzione più esterna della pianura costiera nel tratto compreso fra l'attuale Porto di Tremestieri posto immediatamente a Sud della Fiumara Larderia e lo sbocco in mare del Vallone Canneto.

Il progetto si sviluppa al margine esterno della pianura costiera nella fascia di larghezza tra 100 e 180 m tra il rilevato ferroviario e il mare.

Pertanto l'area di progetto è caratterizzata dalla presenza di fenomeni morfodinamica dovuti dall'azione del mare e delle acque incanalate dai Torrenti e dai Valloni che rappresentano gli agenti morfogenetici responsabili della natura e dell'attuale conformazione morfologica dell'area.

L'area di progetto è caratterizzata in modo particolare dell'azione del mare attraverso i fenomeni di erosione, trasporto litoraneo e deposizione che caratterizzano la dinamica

costiera in particolare in corrispondenza dell'area a ridosso dell'attuale molo foraneo del Porto di Tremestieri. L'area di progetto è quindi caratterizzata da una superficie sub-pianeggiante risultando la zona a terra compreso tra la quota massima di 3.90 m e il l.m.m. La pendenza massima è pari a circa il 4.5% per il tratto a terra. Per la zona di costa sommersa si rileva un primo tratto con pendenza del 12.5% cui segue un secondo tratto di pendenza superiore che mediamente raggiunge il 20%.

## 2.4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

I terreni presenti nell'area in oggetto sono:

### Alluvioni attuali e Spiagge

Le alluvioni attuali si rinvergono lungo il fondovalle dei corsi d'acqua, occupano il tetto dei torrenti e sono soggette alla continua rielaborazione da parte delle acque fluviali. Tali terreni sono costituiti da materiali granulometricamente eterogenei, sciolti, da grossolani a medio fini rappresentati da ciottoli, ghiaie e sabbie.

I depositi di spiaggia sono costituiti da depositi sabbioso-ghiaiosi costituiti da lenti di sabbie medio – grosse, ghiaie e sparsi ciottoli arrotondati e di forma appiattita in corrispondenza della battigia.

### Alluvioni recenti

Il termine Alluvioni recenti si riferisce ai depositi spesso terrazzati che fiancheggiano i principali corsi d'acqua non più soggetti a rielaborazione da parte del fiume. Le coltri alluvionali sono caratterizzati da una distribuzione di litotipi assai varia essendo presenti materiali granulometricamente molto eterogenei dalle ghiaie alle sabbie ai limi. L'organizzazione interna di tali depositi riflette il caratteristico regime deposizionale e il complesso processo evolutivo si traduce in una scarsa classazione dei materiali.

### Sabbie e Ghiaie di Messina

La formazione delle *Sabbie e Ghiaie di Messina* nota anche come *Formazione di Messina* è costituita da una miscela di sabbie e ghiaie con scarsa frazione limosa poggiante su una superficie d'erosione che interessa sia il substrato cristallino sia gli orizzonti sedimentari. La formazione si presenta con valori di inclinazione verso il mare variabile tra i 20°-25°. I materiali che costituiscono la formazione sono molto addensati e talora presentano una parziale cementazione che conferisce all'intera compagine un certo grado di coesione.

### Metamorfiti

SICO S.p.A.  
SISTEMI GENERALI COSTRUZIONE  
MILANO  
Dr. [Signature]

Le metamorfiti costituiscono la formazione di base e nell'area in oggetto sono rappresentate dai gneiss occhialini. Affiorano in corrispondenza dei bassi rilievi e si affacciano sulla pianura costiera immediatamente a monte della sede autostradale. Si tratta di litotipi che in affioramento si presentano interessati da sistemi di fratturazione e da intensa alterazione.

## 2.5. PROVE IN SITU

In considerazione della impossibilità di ottenere campioni indisturbati a costi accettabili in terreni incoerenti grossolani, la campagna di indagini è stata mirata verso l'esecuzione di una serie di prove in situ.

Per la caratterizzazione dei terreni sono state utilizzate prove penetrometriche dinamiche tipo SPT e prove penetrometriche continue tipo DPSH.

La caratterizzazione dei principali parametri dei terreni attraverso l'utilizzazione dei dati delle prove penetrometriche dinamiche (SPT) avviene mediante delle correlazioni empiriche che tengono conto del tipo di strumentazione, dei materiali investigati e delle tensioni efficaci agenti in situ.

Per quanto riguarda le prove penetrometriche continue tipo DPSH, il metodo di interpretazione è quello di risalire al valore di  $N_{SPT}$  e quindi utilizzare le correlazioni con i principali parametri geotecnici ricavate per la prova SPT.

## 2.6. PROVE SPT – STANDARD PENETRATION TEST

Dalla Relazione sulle indagini in situ [1] si rilevano i dati relativi alle prove penetrometriche SPT. Come è noto la prova consiste nel misurare l'addensamento del terreno in base al numero di colpi necessari a produrre l'affondamento di 30 cm. Si registra quindi il numero di colpi occorrenti per far avanzare la punta conica SPT di 15 cm. Se dopo 50 colpi l'infissione è inferiore a 15 cm si registra l'infissione realizzata e si sospende la prova constatando il rifiuto all'infissione per limite strumentale. Quando il numero di colpi  $N1 < 50$ , si registra il numero di colpi  $N2$  occorrenti per l'infissione di altri 15 cm e il numero di colpi  $N3$  per ottenere altri 15 cm. Si assume in tal caso

$$N_{spt} = N2+N3$$

cioè  $N_{spt}$  corrisponde al numero di colpi occorrenti per infiggere l'asta di 30 cm.

Nel caso in esame le caratteristiche strumentali sono le seguenti:



- campionatore  $\Phi 50.8 - 35.0$  mm;
- $L_{\text{utile}} = 630$  mm con valvola a sfera in sommità;
- massa battente 63.5 kg con altezza di caduta 76.2 cm;
- aste collegate con campionatore aventi peso 11.50 kg/m
- dispositivo di sganciamento automatico;
- punta conica  $\Phi 51$  mm, angolo  $60^\circ$

## 2.7. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

La prova penetrometrica dinamica continua consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica per tratti consecutivi misurando il numero di colpi necessari. Con questo tipo di indagine si ottiene una visualizzazione grafica che permette di avere un raffronto sulla consistenza dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con i sondaggi geognostici e la caratterizzazione stratigrafica.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono:

- M peso della massa battente;
- H altezza libera caduta;
- punta conica – D diametro di base del cono, A area di base,  $\alpha$  angolo di apertura;
- avanzamento  $\delta$
- presenza o meno di fanghi bentonitici per rivestimento esterno;

I penetrometri dinamici in funzione di M si possono classificare nei seguenti tipi:

DPL – Leggero ( $M < 10$  kg)

DPM – Medio ( $10 < M < 40$ )

DPH – Pesante ( $40 < M < 60$ )

DPSH – superpesante ( $M > 60$  kg)

Il penetrometro utilizzato per l'esecuzione delle prove è del tipo autoancorante semovente TG 73-200 kn installato su un autocarro 4x4 Man;

La spinta viene esercitata idraulicamente mediante circuito oleodinamico alimentato da un motore a scoppio e trasferita alla punta attraverso una batteria di aste di dimensioni standard della lunghezza unitaria di 1.20 m.

La prova è eseguita con una massa battente del peso di 73.00 kg che viene lasciata cadere da un'altezza di 75 cm.



La prova consiste nel conteggio del numero di colpi necessari per infiggere nel terreno, per intervalli costanti di 20 cm, mediante massa battente collegata ad una batteria di aste. L'infissione della batteria di aste è stata accompagnata dai tubi di rivestimento del diametro di 48 mm che venivano infissi nel terreno mantenendo una distanza costante di circa 25 cm dalla punta.

## 2.8. CORRELAZIONI EMPIRICHE

Di seguito si riportano le correzioni che devono essere operate per l'utilizzazione dei dati della prova  $N_{SPT}$  e le correlazioni tra il dato corretto e i principali parametri per la caratterizzazione geotecnica dei terreni.

### Calcolo di $N_{1,60}$

Per la determinazione dei parametri geotecnici dei terreni occorre fare riferimento al valore di  $N_{1,60}$  che rappresenta il numero di colpi normalizzato ad una pressione effettiva di confinamento di circa 100 kPa e un fattore di rendimento energetico di 0.6 nell'esecuzione della prova.

Il valore di  $N_{1,60}$  è calcolato utilizzando la seguente espressione

$$N_{1,60} = (N_{SPT} * C_E * C_B * C_R * C_S) * C_N = N_{60} * C_N$$

in cui

$N_{SPT}$  misura della resistenza penetrometrica in sito

$C_N$  fattore di normalizzazione ad una pressione effettiva di 1 atm;

$C_E$  fattore energetico

$C_B$  fattore funzione del diametro del foro;

$C_R$  fattore funzione della lunghezza delle aste;

$C_S$  fattore funzione del metodo di campionamento.

A questo deve essere aggiunto un fattore funzione del peso della massa battente da utilizzare nel caso in cui il peso della massa battente sia diverso da quello standard.

### Correzione per diversa massa battente

Tale valore deve essere corretto per tenere conto del diverso peso della massa battente rispetto a quella standard.

Il fattore di correzione è dato da

$$C_f = M1/M2$$

essendo  $M1 = 63.5$  kg (peso della massa standard) e  $M2$  il valore della massa utilizzata.

Nel nostro caso come si evince dalla [1] la massa battente  $M_2 = 63.5$  kg per cui è quella standard per cui il coefficiente di correzione  $cf = 1.00$ .

Normalizzazione rispetto al rendimento del dispositivo

Per normalizzare i risultati rispetto al rendimento del dispositivo, occorre considerare che uno dei fattori più influenti sul risultato è rappresentato dall'energia fornita al campionatore che dipende essenzialmente dal sistema di battitura, dalla forma e dalle dimensioni del maglio, dalla testa di battuta e dalla lunghezza delle aste utilizzate.

Per omogeneizzare ed uniformare i risultati di  $N_{SPT}$  questi vengono rapportati ad un rendimento di riferimento identificato pari al 60% di quello teorico.

La relazione che fornisce il numero di colpi corretto è data da

$$N_{60SPT} = \left(\frac{ER_M}{60}\right)N_{SPT}$$

in cui

$N_{60SPT}$  = numero di colpi corretto riferito ad un rendimento del 60%;

$ER_M$  = rendimento mediomisurato espresso in %;

$N_{SPT}$  = numero di colpi misurato

Occorre considerare che i sistemi di sganciamento automatico normalmente utilizzati hanno un rendimento di circa il 60%. per cui il coefficiente  $C_E = N_{SPT,60}/N_{SPT} = 1.00$

Correzione per diverso diametro del foro

Se il foro ha un diametro compreso tra 65-115 mm il fattore di correzione  $C_B = 1.00$ . Se il foro ha un diametro di 150 mm il coefficiente assume il valore  $C_B = 1.05$  mentre se il foro ha un diametro di 200 mm il coefficiente assume il valore  $C_B = 1.15$ .

Nel nostro caso si assume per il coefficiente il valore  $C_B = 1.00$ .

Correzione in funzione della lunghezza delle aste

Il coefficiente  $C_R$  funzione della lunghezza delle aste può essere dedotto dalla seguente Tabella 2.1.

**Coefficiente CR funzione della lunghezza delle aste**

L (m)	CR
< 3	0.75
3-4	0.80
4-6	0.85
6-10	0.95
10-30	1.00

Tabella 2.1



Si valuta caso per caso il coefficiente da adottare nei calcoli di  $N_{60}$ .

#### Correzione in funzione del metodo di campionamento

In funzione del metodo di campionamento si utilizza un coefficiente correttivo  $C_S$ .

Il coefficiente vale 1.00 nel caso in cui si utilizza il Campionatore standard mentre assume valori compresi tra 1.10-1.30 nel caso in cui si utilizzano campionatorio senza astuccio. Nel caso in cui si utilizza una punta conica il numero dei colpi misurato con il cono è rapportato al numero di colpi  $N_{SPT}$  con la relazione

$$N_{SPT} = 0.75 * N_{CONO}$$

Nel nostra caso, avendo utilizzato una punta conica del diametro  $\Phi 51$  e angolo di apertura  $60^\circ$  è stata utilizzata quest'ultima relazione.

#### Correzione per la tensione litostatica

La profondità della prova influenza il valore di  $N$  ottenuto, in quanto al variare della profondità varia la tensione litostatica efficace con la relazione

$$\sigma_{vo}' = \gamma * h$$

E' stato introdotto un fattore di correzione (GIBBS ed HOLTZ - 1957) ricavabile con la relazione

$$C_N = 0.77 * \text{Log}(20/\sigma_{vo}')$$

In alternativa il valore di  $C_N$  è calcolato con l'espressione proposta da Liao e Whitman (1986)

$$C_N = (Pa/\sigma_{vo}')^{0.50}$$

#### Correzione per la presenza della falda

In presenza di acqua il numero di colpi diminuisce secondo la relazione di TERZAGHI E PECK (1948) valida per sabbie fini, in cui  $N_w$  è il valore di  $N$  sotto falda

$$N_w = 15 + 0.5 * (N - 15)$$

relazione che tiene conto della parte dell'energia che viene dissipata a causa della pressione interstiziale. Tuttavia tendenze\attuali della ricerca [Bowles – Fondazioni – Mc Graw-Hill – pag. 149) non prevedano che vengono utilizzate correzioni per tenere conto della falda.

### Correlazioni $N_{SPT}$ – densità relativa

Per una valutazione del grado di addensamento medio si è fatto riferimento alla relazione proposta da MAYERHOF (1957) basata sui dati sperimentali di GIBBS ed HOLTZ (1957) che fornisce il valore della densità relativa

$$Dr(\%) = 21 \sqrt{\frac{N_{SPT}}{\frac{\sigma'_{vo}}{Pa} + 0.7}}$$

Per valori di  $\sigma'_{vo}$  piccoli la formula è sostituita dalla relazione

$$Dr(\%) = 21 \sqrt{\frac{N_{SPT}}{3.5}}$$

### Correlazioni $N_{SPT}$ – angolo di attrito

Ottenuto il numero di colpi corretto si determina il valore dell'angolo di attrito interno utilizzando la relazione introdotta dallo JAPANESE NATIONAL RAILWAY

$$\varphi = 0.30 * N_{spt} + 27$$

valida per sabbie medio-grosse.

Per sabbie fini o limose si può utilizzare la relazione proposta dal Road Bridge Specification

$$\varphi = (15 * N_{spt})^{0.5} + 15$$

Se si tratta di sabbie medio grosse fino a debolmente ghiaiose si può utilizzare la relazione di Owasaki e Iwasaki per cui

$$\varphi = (20 * N_{spt})^{0.5} + 15$$

Le relazioni sono tutte valide per  $\sigma'_{vo} > 1.5-2.00$  kg/cmq. Per valori della pressione litostatica compresa tra 0.5 e 0.80 kg/cmq e per sabbie in genere si può utilizzare la relazione di Sowers per cui

$$\varphi = 28 + 0.28 * N_{spt}$$

### Correlazioni $N_{SPT}$ – parametri di deformabilità

Per quanto riguarda il modulo di elasticità del terreno questo può essere determinato con la relazione valida per sabbie e ghiaie

$$E = 1200 * (N_{spt} + 6)$$

Lo stesso modulo può essere determinato con la formula di Denver



$$E = s1 * N_{spt} + s2$$

in cui  $s1 = 7.56 \text{ kg/cm}^2$  e  $s2 = 187.50 \text{ kg/cm}^2$  (secondo D'Apollonia e altri, 1970)

Il modulo di elasticità può essere determinato anche con la relazione proposta da Pasqualini (1983) per cui

$$E = 70 * (N_{spt})^{0.5}$$

Il modulo edometrico si può ottenere dal modulo elastico e dal coefficiente di Poisson con la relazione

$$E_{ed} = (1-\nu) * E / ((1-2\nu) * (1+\nu))$$

#### Correlazioni $N_{SPT}$ – peso unità di volume

Il valore del peso dell'unità di volume può essere ricavato in funzione di  $N_{spt}$  adottando la seguente relazione

$$\gamma = 0.01 * N_{spt} + 1.50$$

#### Correlazioni $N_{SPT}$ – modulo dinamico di taglio

Il valore del modulo dinamico a taglio  $G_0$  è determinato con le relazioni proposte da Ohsaki e Iwasaki valido per sabbie pulite con fine plastico (limi o argille)

$$G_0 \text{ (ton/m}^2\text{)} = a * N_{SPT}^b$$

Dove  $N_{SPT}$  è il numero di colpi medio nello strato e  $a$  e  $b$  sono costanti che dipendono dalla granulometria del deposito.

Per sabbie pulite  $a = 650$  e  $b = 0.94$  mentre per sabbie con fine plastico  $a = 1182$  e  $b = 0.76$ .

Di seguito si riportano le tabelle di calcolo dei parametri geotecnici desunti dai dati delle prove penetrometriche per ogni sondaggio.

#### Correlazioni $N_{SPT}$ – Prova penetrometrica dinamica continua

I risultati della prova penetrometrica dinamica continua sono correlati con la prova SPT mediante la relazione

$$N_{SPT} = \beta_i * N$$

in cui

$$\beta_i = Q / Q_{SPT}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{SPT}$  è quella riferita alla prova SPT.



L'energia specifica per colpo è data dalla seguente espressione

$$Q = M^2 * H / [A * \delta * (M + M')]$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso delle aste;

H = altezza di caduta;

A = area di base punta conica;

$\delta$  = passo di avanzamento.

## 2.9. CARATTERISTICHE DEI TERRENI

Ai fini della caratterizzazione dei terreni per le opere foranee si fa riferimento alle indagini eseguite in corrispondenza dei sondaggi 1-2-3bis,4, per le banchine di riva si fa riferimento ai sondaggi 7-8-9-10 mentre per il piazzale i sondaggi a cui fare riferimento sono il 11-13-14-15.

### 2.9.1. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DEL MOLO FORANEO

Dalla sezione litostratigrafia riportata in [1], in cui viene messa in evidenza anche la correlazione tra le prove SCPT eseguite, si evince che i terreni in corrispondenza delle opere foranee sono caratterizzati stratigraficamente da un primo strato di *sabbie* dello spessore massimo di qualche metro, da uno strato di *Sabbie con orizzonti decimetrici di sabbie con ghiaie e ciottoli e sabbie limose* per uno spessore variabile da 10.00 a 15.00 m cui segue uno strato che si estende fino alla profondità di indagine di *sabbie con ghiaie e ciottoli*.

Nell'ambito della campagna di indagini sono state eseguite 12 prove penetrometriche dinamiche continue con penetrometro super pesante (DPSH). Per la caratterizzazione dei terreni in corrispondenza delle opere foranee si sono prese in considerazione le prove 1-2-3bis e 4. La prova penetrometrica dinamica continua consiste nell'infingere nel terreno una punta conica mediante battitura con maglio che viene lasciato cadere da un'altezza costante e nel contare il numero di colpi di maglio necessari per una fissata profondità di penetrazione.

La grande varietà di penetrometri in uso ha fatto sì che le correlazioni fra le prove penetrometriche dinamiche continue e i parametri geotecnici non siano univocamente definite. Le prove in oggetto sono state eseguite con un penetrometro super pesante con peso del maglio di 73 kg e altezza di caduta di 75 cm aventi le caratteristiche del cosiddetto

penetrometro Meardi-AGI. Nel corso delle prove sono stati registrati i colpi necessari per l'avanzamento di 20 cm ( $N_{20}$ ) a differenza dello standard italiano per tale penetrometro, che consiste nel contare il numero necessario per avanzamenti di 30 cm ( $N_{30}$ ).

L'interpretazione delle prova DPSH si esegue convertendo il numero di colpi misurati in un numero di colpi  $N_{SPT}$  equivalente.

I valori ottenuti con la conversione operata sono riportati per le prove 1-2-3bis-4 nella Fig. 2.3 e nella Tabella 3.1 in cui sono riportati anche i valori medi per i singoli strati.

Nella Tabella 3.1 la colonna con (\*) rappresenta i valori del numero di colpi per tenere conto dell'influenza della falda con la relazione

$$N_{SPT \text{ corretto}} = 15 + 0.50 * (N_{spt} - 15)$$

In funzione delle prove SPT in corrispondenza dei sondaggi S2 e S4 si sono calcolati i valori di  $N_{SPT}$  e i valori di  $N_{1,60}$ .

I risultati delle elaborazioni delle prove SPT sono riportati nella Fig. 2.4 e nelle Tabella 3.2. per i sondaggi S2 e S4.

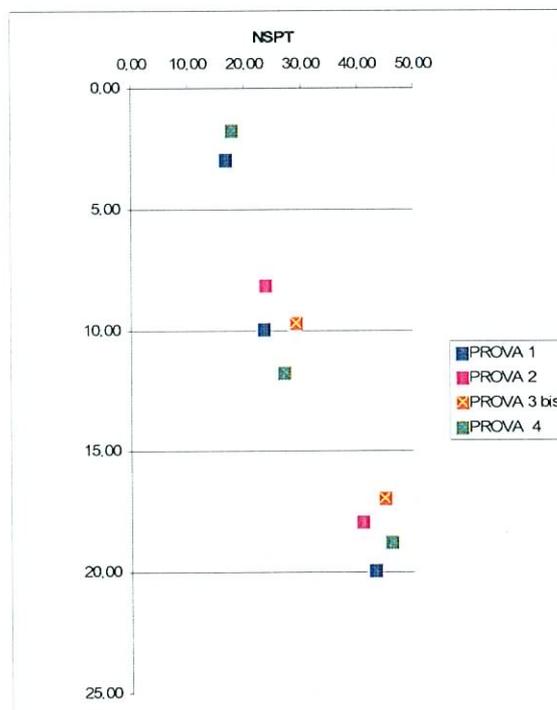


Fig. 2.2 – Valori di  $N_{spt}$  dedotti da DPSH

SICERTCO S.p.A.  
 SISTEMI GENERALI COSTRUZIONE  
 V. PRASIDENSE  
 20139 GALLARATE (MI)

*[Handwritten signature]*

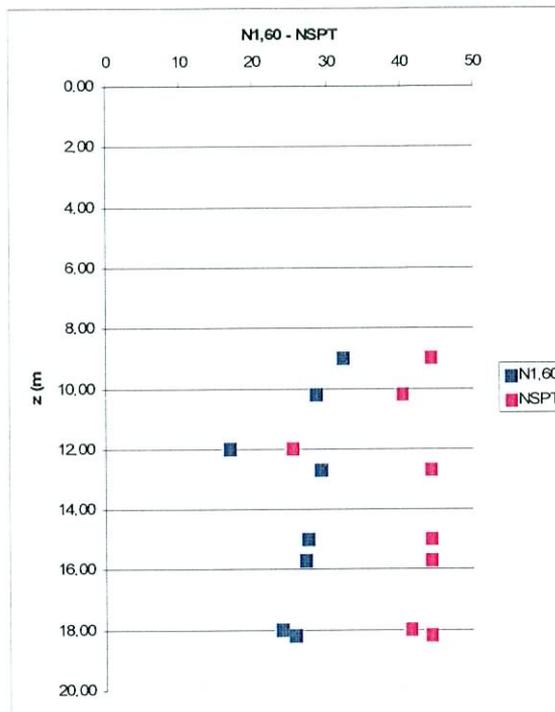


Fig. 2.3 – Valori di  $N_{spt}$  e  $N_{1,60}$  dedotti da SPT

Nella Fig. 2.5 si riporta il risultato delle elaborazioni per la determinazione dell'angolo di attrito interno  $\phi$ , nella Fig. 2.6 si riporta il risultato delle elaborazioni per la determinazione del modulo elastico E e nella Fig. 2.7 si riporta il risultato delle elaborazioni per il calcolo del coefficiente di Poisson  $\nu$ . I risultati delle elaborazioni in forma tabellare sono riportati nella Tabella 3.3.

Nella Fig. 2.8 si riportano i dati di densità relativa ricavati da prove SPT, nella Fig. 2.9 si riportano i risultati delle elaborazioni dell'angolo di attrito interno e nella Fig. 2.10 si riportano i risultati delle elaborazioni del modulo di elasticità.

I risultati delle elaborazioni in forma gabbellare sono riportati nella Tabella 3.4.

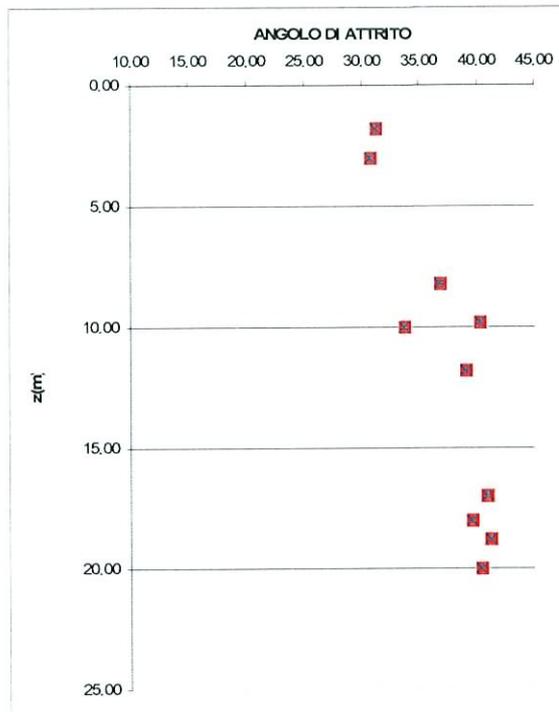


Fig. 2.5 – Angolo di attrito interno da prove DPSH

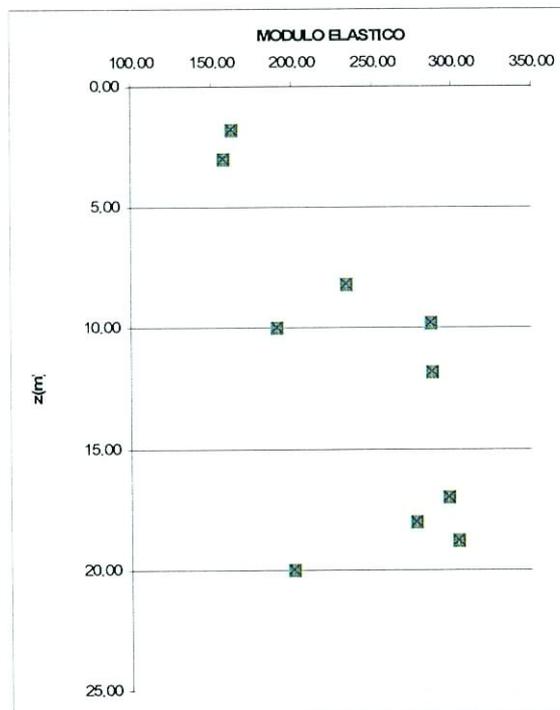


Fig. 2.6 – Modulo elastico E da prove DPSH

SIGENCO S.p.A.  
 SISTEMI GENERALI COSTRUZIONE  
 IL PRESIDENTE  
 Dr. Giancarlo Tiezza

*[Handwritten signature]*

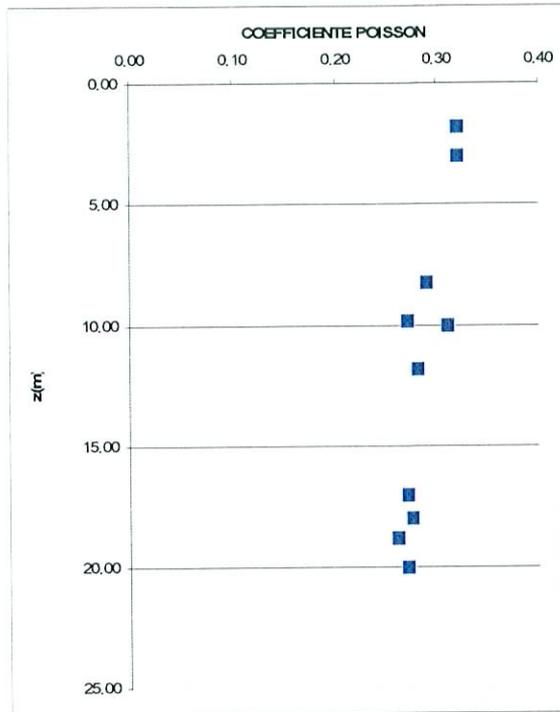


Fig. 2.7 – Coefficiente di Poisson ν da prove DPSH

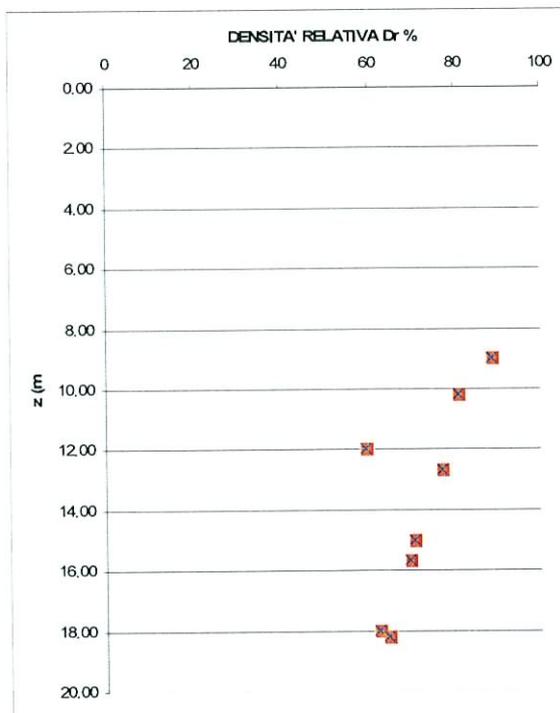


Fig. 2.8 – Densità relativa Dr % da prove SPT

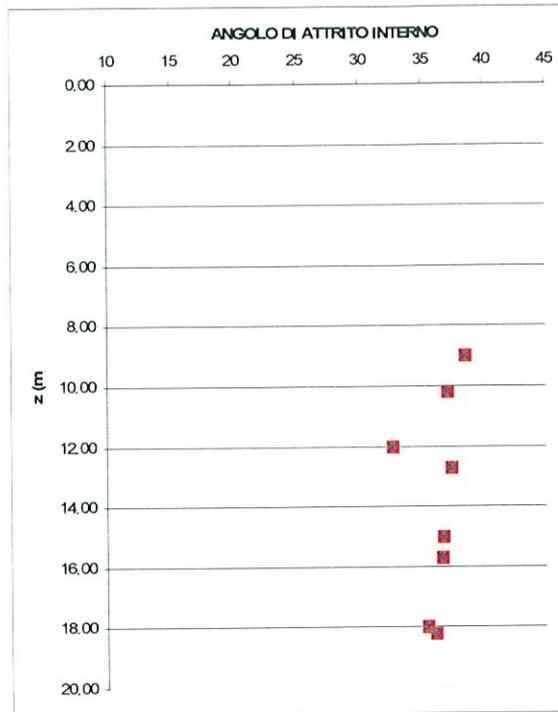


Fig. 2.9 – Angolo di attrito interno  $\phi$  da prove SPT

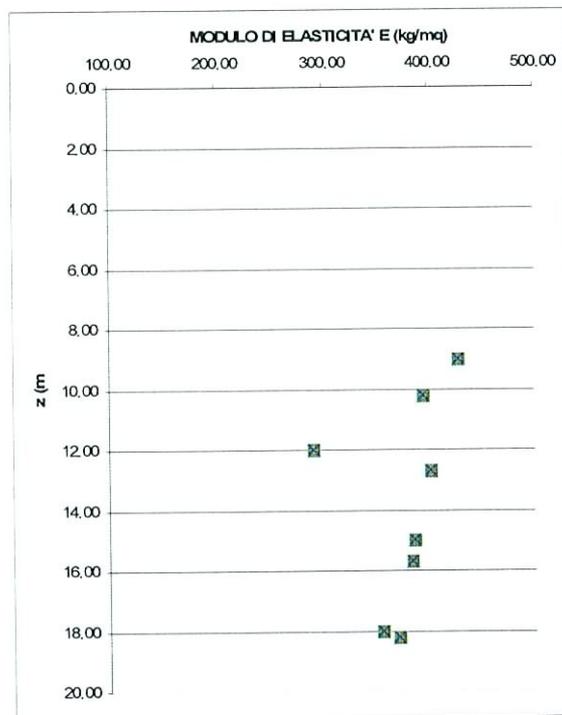


Fig. 2.10 – Modulo di elasticità E (kg/cm²) da prove SPT

I terreni interessati dall'area di progetto sono costituiti, per un primo *strato di sabbie con orizzonti decimetrici di sabbie con ghiaie e ciottoli e sabbie limose* per uno spessore variabile da 10.00 a 15.00 m cui segue uno strato che si estende fino alla profondità di indagine di *sabbie con ghiaie e ciottoli*.

Sulla base dei dati elaborati, dei dati rilevati dalle relazioni [1] e [2] e dai dati rilevati dalla Relazione Geologica tecnica [3] si riportano di seguito le caratteristiche dei terreni per le successive verifiche:

***-primo strato di terreno dello spessore di 10.00 m***

- Peso dell'unità di volume  $\gamma = 19.50 \text{ kN/mc}$
- Peso di volume immerso  $\gamma' = 10.00 \text{ kN/mc}$
- Angolo di attrito interno  $\varphi = 34^\circ$
- Coesione  $c = 0.00 \text{ kPa}$
- Modulo di elasticità  $E = 35000 \text{ kPa}$
- Coefficiente di Poisson  $\nu = 0.30$

***-Secondo strato di terreno indefinito***

- Peso dell'unità di volume  $\gamma = 19.50 \text{ kN/mc}$
- Peso di volume immerso  $\gamma' = 10.00 \text{ kN/mc}$
- Angolo di attrito interno  $\varphi = 38^\circ$
- Coesione  $c = 0.00 \text{ kPa}$
- Modulo di elasticità  $E = 35000 \text{ kPa}$
- Coefficiente di Poisson  $\nu = 0.27$

## **2.9.2. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DELLE BANCHINE DI RIVA**

I terreni interessati dalla costruzione delle banchine di riva sono rappresentati dai sondaggi 7-8-9-10. Il sondaggio 7 è caratterizzato da una alternanza di sabbie debolmente limose con ghiaie e ciottoli di colore bruno grigiastro e strati di ciottoli in matrice sabbioso ghiaiosa fino alla profondità di indagine di 40.00 m.

Sono stati prelevati campioni e sono state eseguite durante la perforazione prove SPT.

Il sondaggio 8 è caratterizzato dalla stessa alternanza di ghiaie e sabbie così come il sondaggio 9 in cui però si evidenziano degli orizzonti di sabbie fini di colore grigio.

Il sondaggio 10 è caratterizzato da un'alternanza di ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa debolmente limose di colore bruno grigiastro e sabbie debolmente limose con ghiaie e ciottoli

di colore bruno grigiastro. Anche in corrispondenza di questi sondaggi sono stati prelevati campioni ed eseguite prove SPT.

Le prove penetrometriche dinamiche continue che si prendono in considerazione le Prove 5bis, 6, 7 e 9.

Nella Fig. 2.11 si riportano i valori equivalenti di  $N_{SPT}$  ottenuti da prova DPSH.

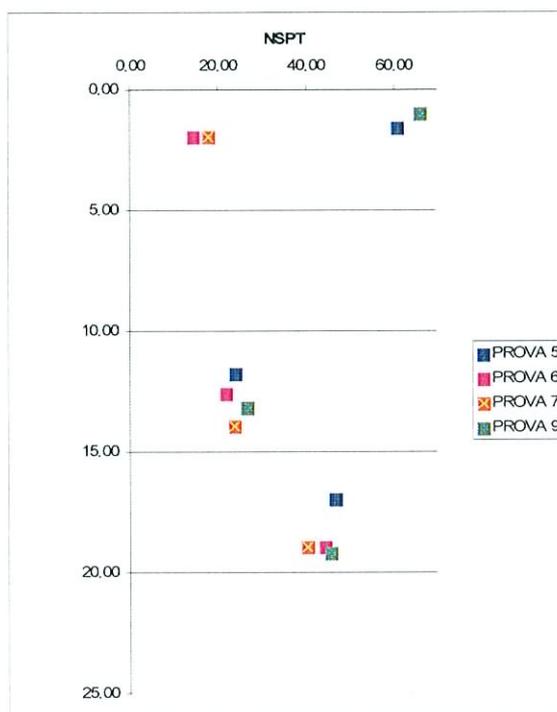


Fig. 2.11 – Valori di  $N_{spt}$  da prove DPSH

Nella Fig. 2.12 si riportano i valori di  $N_{SPT}$  e  $N_{I,60}$  ottenuti da prove SPT.

I valori tabellati di  $N_{SPT}$  da prove DPSH sono riportati nella Tabella 3.5 mentre i valori tabellati di  $N_{SPT}$  e  $N_{I,60}$  ottenuti da prove SPT sono riportati nella Tabella 3.6.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni ottenute da prove DPSH in particolare  $\phi$  Angolo di attrito interno, E Modulo elastico e  $\nu$  Coefficiente di Poisson sono riportate nei grafici di Fig. 2.13, 2.14 e 2.15. Le caratteristiche dei terreni ottenuti da prove SPT, ed in particolare  $D_r$  Densità relativa,  $\phi$  Angolo di attrito interno ed E Modulo elastico sono riportati nelle Fig. 2.16, 2.17 e 2.18. I valori tabellati delle caratteristiche del terreno ottenuti da prove DPSH sono riportati nella Tabella 3.7 mentre quelli ottenuti da prove SPT sono riportati nella Tabella 3.8.

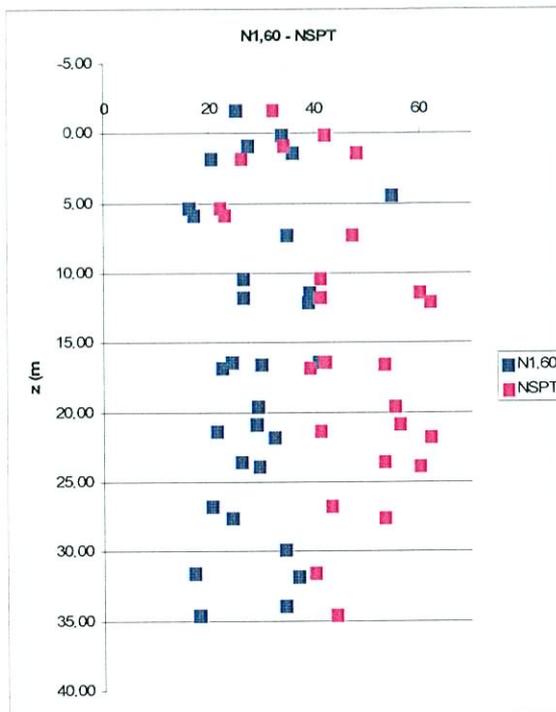


Fig. 2.12 – Valori di N<sub>spt</sub> e N<sub>1,60</sub> da prove SPT

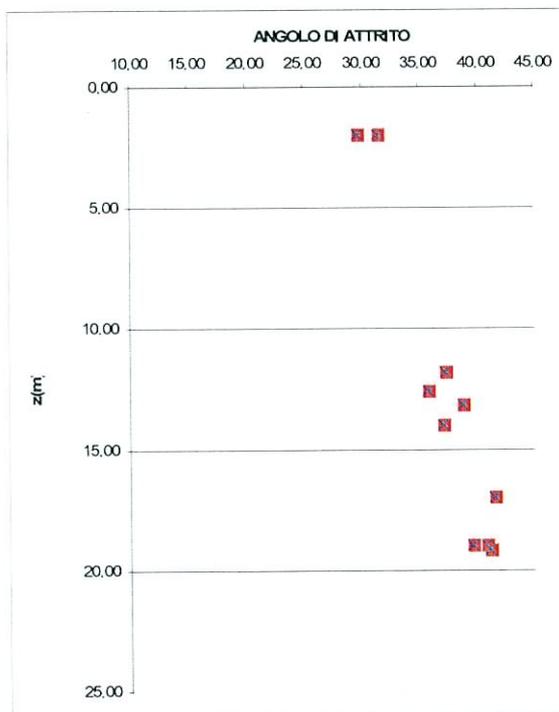


Fig. 2.13 – Angolo di attrito interno  $\phi$  da prove DPSH

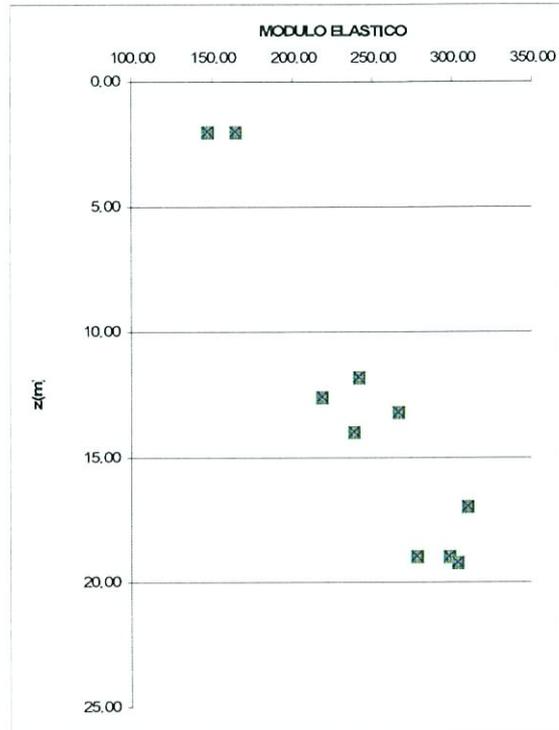


Fig. 2.14 – Modulo Elastico E (jkg/cm<sup>2</sup>) da prove DPSH

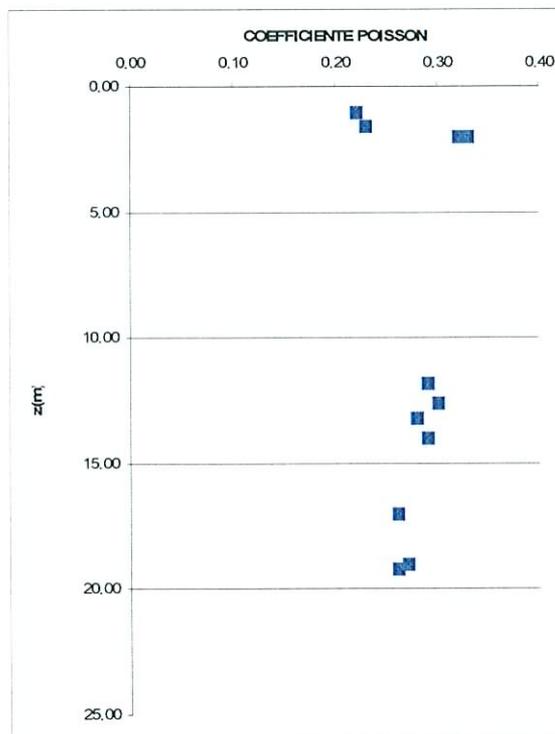


Fig. 2.15 – Coefficiente di Poisson nu da prove DPSH

SICECO S.p.A.  
 SISTEMI GENERALI ASTRUZIONI  
 IL RESPONSABILE  
 Dr. Carmelo Pizzani

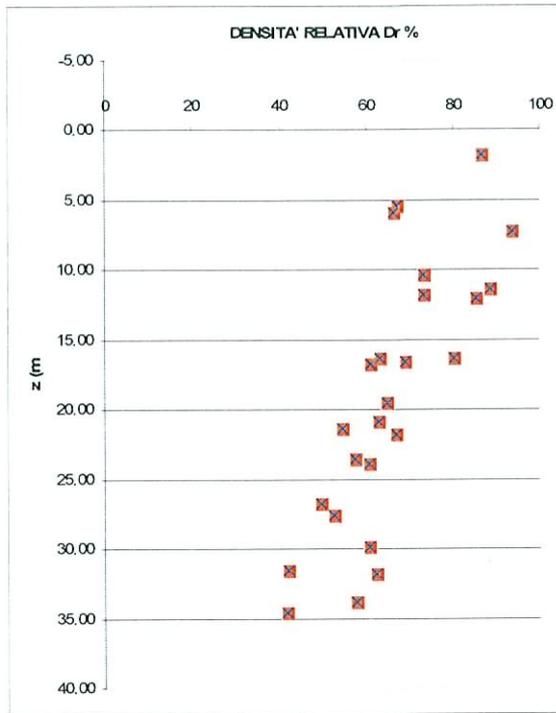


Fig. 2.16 – Densità relativa Dr(%)da prove SPT

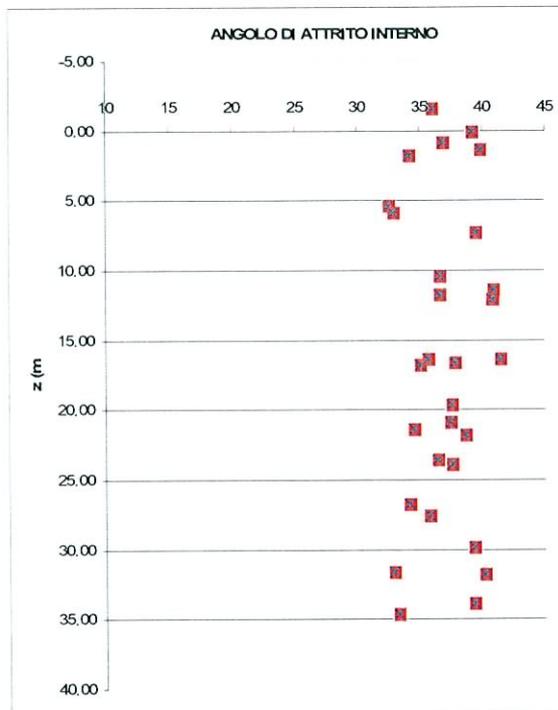


Fig. 2.17 – Angolo di attrito interno φda prove SPT

SIGENCO S.p.A.
   
 SISTEMI STRUTTURALI
   
 V. PRESIDENTI
   
 D. Carminati
   
 Piazza

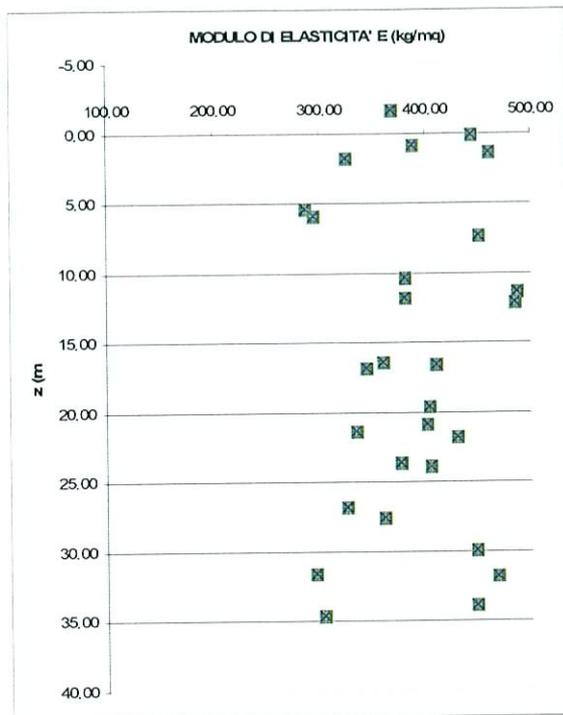


Fig. 2.18 – Modulo Eastico E (kg/cm<sup>q</sup>) da prove SPT

Sulla base dei dati elaborati, dei dati rilevati dalle relazioni [1] e [2] e dai dati rilevati dalla Relazione Geologica tecnica [3] si riportano di seguito le caratteristiche dei terreni per le successive verifiche:

- Peso dell'unità di volume  $\gamma = 19.50 \text{ kN/mc}$
- Peso di volume immerso  $\gamma' = 10.00 \text{ kN/mc}$
- Angolo di attrito interno  $\varphi = 38^\circ$
- Coesione  $c = 0.00 \text{ kPa}$
- Modulo di elasticità  $E = 30000 \text{ kPa}$
- Coefficiente di Poisson  $\nu = 0.28$

### 2.9.3. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI DEI PIAZZALI

La caratterizzazione dei terreni in corrispondenza dei piazzali è eseguita facendo riferimento ai sondaggi 11,13,14,15 e alle prove penetrometriche dinamiche eseguite in corrispondenza di tali sondaggi. I terreni in esame sono costituiti da sabbie con ghiaie di colore grigio alternate con strati di sabbie debolmente limose con ghiaie e ciottoli di colore bruno giallastro. Nella Fig. 2.19 si riportano i valori di  $N_{SPT}$  e  $N_{1,60}$  ottenuti da prove penetrometriche dinamiche SPT.

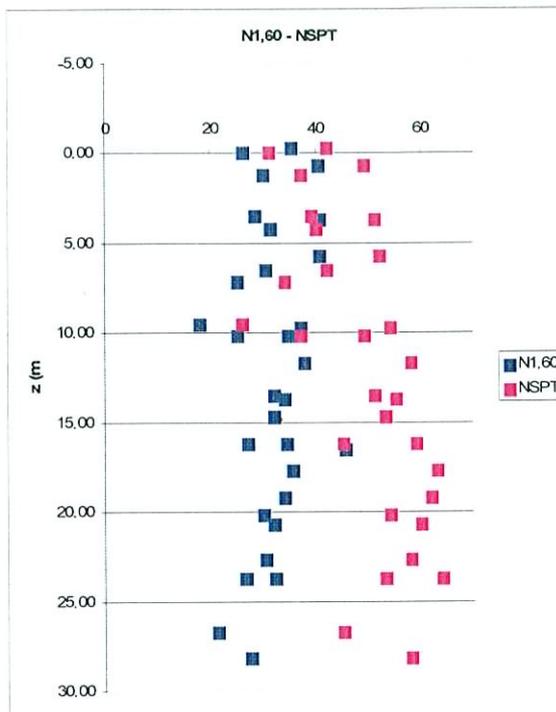


Fig. 2.19 – Valori di  $N_{SPT}$  e  $N_{1,60}$  da prove SPT

I valori delle caratteristiche del terreno desunti da prove SPT sono riportati nelle Fig. 2.20 (Densità relativa  $D_r$  %), Fig. 2.21 (Angolo di attrito interno) e Fig. 2.22 (Modulo Elastico).

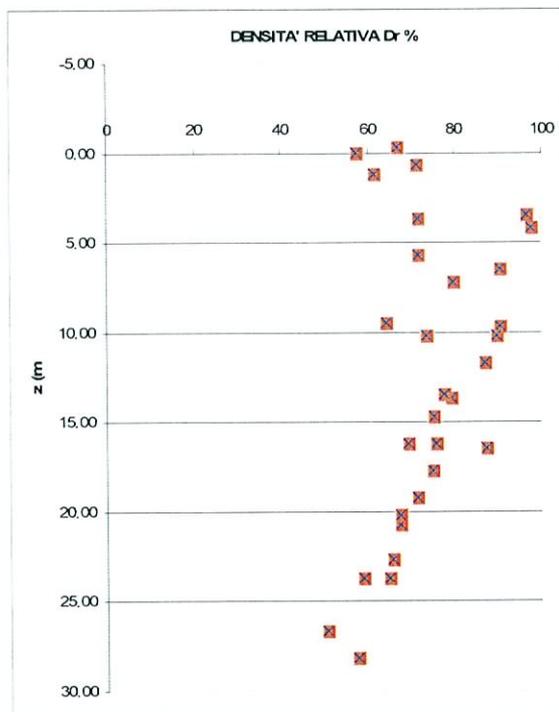


Fig. 2.20 – Densità relativa  $D_r$ (%) da prove SPT

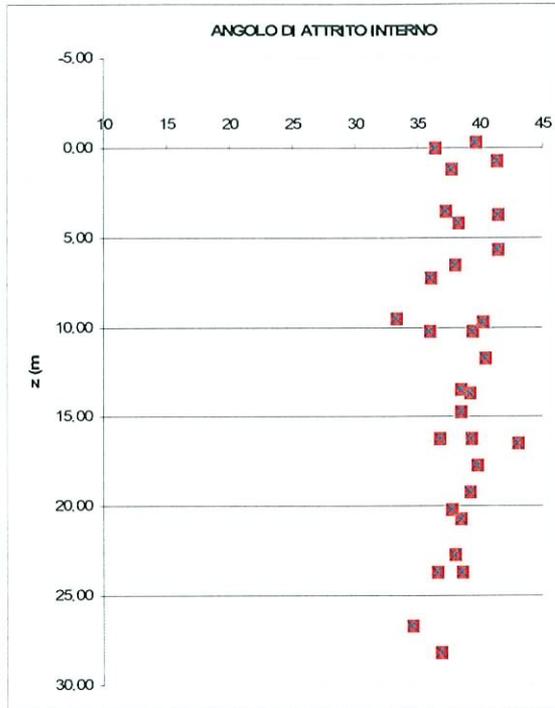


Fig. 2.21 – Angolo di attrito interno  $\phi$  da prove SPT

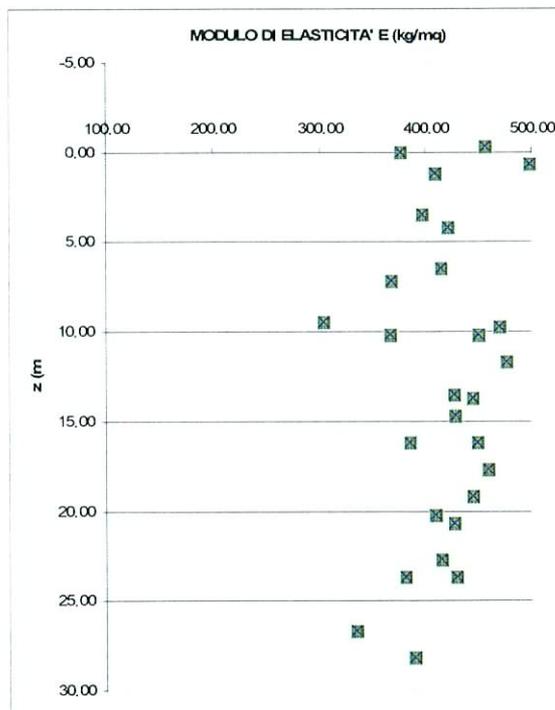


Fig. 2.22 – Modulo Elastico E (kg/cm²) da prove SPT

I valori tabellati per il calcolo di NSPT e N1,60 sono riportati nella Tabella 3.8 mentre i valori calcolati per le caratteristiche dei terreni sono riportati nella Tabella 3.9.

Sulla base dei dati elaborati, dei dati rilevati dalle relazioni [1] e [2] e dai dati rilevati dalla Relazione Geologica tecnica [3] si riportano di seguito le caratteristiche dei terreni per le successive verifiche:

- Peso dell'unità di volume  $\gamma = 19.50 \text{ kN/mc}$
- Peso di volume immerso  $\gamma' = 10.00 \text{ kN/mc}$
- Angolo di attrito interno  $\varphi = 38^\circ$
- Coesione  $c = 0.00 \text{ kPa}$
- Modulo di elasticità  $E = 41000 \text{ kPa}$
- Coefficiente di Poisson  $\nu = 0.28$

### 3. ELABORAZIONI E TABELLE

#### 3.1. ELABORAZIONI RELATIVE AL MOLO FORANEO

##### VALORI DI NSPT OTTENUTI PER CORRELAZIONE DA DPSH

	y (m)	s (m)	NSPT	NSPT(*)
<b>Prova 1</b>				
Strato 1	3.00	3.00	16.50	16.50
Strato 2	10.00	7.00	31.18	23.09
Strato 3	20.00	10.00	70.45	42.73
<b>Prova 2</b>				
Strato 1	0.00	0.00		
Strato 2	8.20	8.20	31.70	23.35
Strato 3	18.00	9.80	65.78	40.39
<b>Prova 3bis</b>				
Strato 1	1.80	1.80	17.50	17.50
Strato 2	9.80	8.00	42.30	28.65
Strato 3	17.00	7.20	73.93	44.47
<b>Prova 4</b>				
Strato 1	1.80	1.80	17.50	17.50
Strato 2	11.80	10.00	38.53	26.77
Strato 3	18.80	7.00	76.30	45.65
<b>Valori medi dei singoli strati</b>				
			NSPT	NSPT(*)
Strato 1			17.17	17.17
Strato 2			35.93	25.46
Strato 3			71.61	43.31

Tabella 3.1 – Valori di  $N_{SPT}$  dedotti da DPSH

##### VALORI DI $N_{1,60}$

Sond.	Qbf	Quota	Q l,m,m,	N1	N2	N3	NSPT	CE	CB	CR	CS	N60	$\gamma'$	$\sigma'$	CN	N1,60
2	2.00	11.00	9.00	19	22	22	44	1.00	1.00	1.00	0.75	33	1.00	1.10	0.97	32
		14.00	12.00	12	11	14	25	1.00	1.00	1.00	0.75	19	1.00	1.40	0.89	17
		17.00	15.00	17	20	24	44	1.00	1.00	1.00	0.75	33	1.00	1.70	0.82	27
		20.00	18.00	18	20	21	41	1.00	1.00	1.00	0.75	31	1.00	2.00	0.77	24
4	1.80	12.00	10.20	16	19	21	40	1.00	1.00	1.00	0.75	30	1.00	1.20	0.94	28
		14.50	12.70	19	22	22	44	1.00	1.00	1.00	0.75	33	1.00	1.45	0.88	29
		17.50	15.70	19	22	22	44	1.00	1.00	1.00	0.75	33	1.00	1.75	0.81	27
		20.00	18.20	19	22	22	44	1.00	1.00	1.00	0.75	33	1.00	2.00	0.77	25

Tabella 3.2 – Valori di  $N_{SPT}$  e  $N_{1,60}$  dedotti da prove SPT





### 3.2. ELABORAZIONI RELATIVE ALLA BANCHINA DI RIVA

#### VALORI DI NSPT OTTENUTI PER CORRELAZIONE DA DPSH

	y (m)	s (m)	NSPT	NSPT(*)
<b>Prova 5 bis</b>				
Strato 1	1.60	1.60	60.95	60.95
Strato 2	11.80	10.20	33.25	24.13
Strato 3	17.00	5.20	78.75	46.88
<b>Prova 6</b>				
Strato 1	2.00	2.00	14.50	14.50
Strato 2	12.60	10.60	28.75	21.88
Strato 3	19.00	6.40	73.95	44.48
<b>Prova 7</b>				
Strato 1	2.00	2.00	18.00	18.00
Strato 2	14.00	12.00	32.55	23.78
Strato 3	19.00	5.00	65.80	40.40
<b>Prova 9</b>				
Strato 1	1.00	1.00	66.25	66.25
Strato 2	13.20	12.20	38.18	26.59
Strato 3	19.20	6.00	76.25	45.63
<b>Valori medi dei singoli strati</b>				
			NSPT	NSPT(*)
Strato 1			39.93	39.93
Strato 2			33.18	24.09
Strato 3			73.69	44.34

Tabella 3.5 – Valori di  $N_{SPT}$  dedotti da prove DPSH

VALORI DI N<sub>1,60</sub>

Sond.	Qbf	Quota	Q l,m,m,	N1	N2	N3	NSPT	CE	CB	CR	CS	N60	γ'	σ'	CN	N <sub>1,60</sub>	
7	3.20	5.00	1.80	15	15	11	26	1.00	1.00	0.85	0.75	17	1.00	0.50	1.23	20	
		10.50	7.30	20	29	18	47	1.00	1.00	1.00	0.75	35	1.00	1.05	0.99	35	
		15.00	11.80	18	21	20	41	1.00	1.00	1.00	0.75	31	1.00	1.50	0.87	27	
		20.00	16.80	18	19	20	39	1.00	1.00	1.00	0.75	29	1.00	2.00	0.77	23	
		25.00	21.80	21	28	34	62	1.00	1.00	1.00	0.75	47	1.00	2.50	0.70	32	
		30.00	26.80	18	21	22	43	1.00	1.00	1.00	0.75	32	1.00	3.00	0.63	20	
		35.00	31.80	31	42	42	84	1.00	1.00	1.00	0.75	63	1.00	3.50	0.58	37	
8	3.60	4.50	0.90	20	19	15	34	1.00	1.00	0.85	0.75	22	1.00	0.45	1.27	28	
		9.00	5.40	13	11	11	22	1.00	1.00	0.95	0.75	16	1.00	0.90	1.04	16	
		15.00	11.40	19	29	31	60	1.00	1.00	1.00	0.75	45	1.00	1.50	0.87	39	
		20.00	16.40	18	20	22	42	1.00	1.00	1.00	0.75	32	1.00	2.00	0.77	24	
		25.00	21.40	19	18	23	41	1.00	1.00	1.00	0.75	31	1.00	2.50	0.70	21	
9	4.40	4.50	0.10	10	21	21	42	1.00	1.00	0.85	0.75	27	1.00	0.45	1.27	34	
		10.30	5.90	10	12	11	23	1.00	1.00	1.00	0.75	17	1.00	1.03	0.99	17	
		16.50	12.10	25	30	32	62	1.00	1.00	1.00	0.75	47	1.00	1.65	0.83	39	
		21.00	16.60	19	26	27	53	1.00	1.00	1.00	0.75	40	1.00	2.10	0.75	30	
		24.00	19.60	20	25	30	55	1.00	1.00	1.00	0.75	41	1.00	2.40	0.71	29	
		28.00	23.60	21	27	26	53	1.00	1.00	1.00	0.75	40	1.00	2.80	0.66	26	
		32.00	27.60	20	22	31	53	1.00	1.00	1.00	0.75	40	1.00	3.20	0.61	24	
		36.00	31.60	19	18	22	40	1.00	1.00	1.00	0.75	30	1.00	3.60	0.57	17	
		39.00	34.60	20	23	21	44	1.00	1.00	1.00	0.75	33	1.00	3.90	0.55	18	
10	4.60	3.00	-1.60	11	17	15	32	1.00	1.00	0.75	0.75	18	1.00	0.30	1.40	25	
		6.00	1.40	19	26	22	48	1.00	1.00	0.85	0.75	31	1.00	0.60	1.17	36	
		9.00	4.40	26	37	37	74	1.00	1.00	0.95	0.75	53	1.00	0.90	1.04	55	
		15.00	10.40	20	21	20	41	1.00	1.00	1.00	0.75	31	1.00	1.50	0.87	27	
		21.00	16.40	21	39	33	72	1.00	1.00	1.00	0.75	54	1.00	2.10	0.75	41	
		25.50	20.90	31	27	29	56	1.00	1.00	1.00	0.75	42	1.00	2.55	0.69	29	
		28.50	23.90	26	31	29	60	1.00	1.00	1.00	0.75	45	1.00	2.85	0.65	29	
		34.50	29.90	41	38	40	78	1.00	1.00	1.00	0.75	59	1.00	3.45	0.59	34	
		38.50	33.90	32	39	44	83	1.00	1.00	1.00	0.75	62	1.00	3.85	0.55	34	
Strato 1	0-15															31	
Strato 2	oltre 15																28
Valori medi																	29

Tabella 3.6 – Valori di N<sub>SPT</sub> e N<sub>1,60</sub> dedotti da prove SPT



PARAMETRI OTTENUTI DA PROVE SCPT

	y (m)	s (m)	Dr(%)	$\phi$ (°)	E (kg/cm <sup>2</sup> )	Eed (kg/cm <sup>2</sup> )	$\gamma$ (t/mc)	$\gamma_{sat}$ (t/mc)	v	Vs(m/sec)
<b>Prova 5bis</b>										
Strato 1	1.60	1.60	100.00	45.24	379.75	365.70	2.30	2.30	0.23	429.39
Strato 2	11.80	10.20	80.93	37.33	241.25	199.50	2.16	2.16	0.29	317.15
Strato 3	17.00	5.20	86.69	41.52	309.38	281.25	2.23	2.23	0.26	376.36
<b>Prova 6</b>										
Strato 1	2.00	2.00	84.91	29.75	147.50	87.00	1.87	1.95	0.33	209.43
Strato 2	12.60	10.60	84.86	35.77	218.75	172.50	2.12	2.12	0.30	294.90
Strato 3	19.00	6.40	83.17	40.83	297.38	266.85	2.22	2.22	0.27	366.79
<b>Prova 7</b>										
Strato 1	2.00	2.00	94.18	31.43	165.00	108.00	1.95	1.95	0.32	233.35
Strato 2	14.00	12.00	87.38	37.10	237.75	195.30	2.16	2.16	0.29	313.79
Strato 3	19.00	5.00	79.17	39.62	277.00	242.40	2.20	2.20	0.27	349.59
<b>Prova 9</b>										
Strato 1	1.00	1.00	100.00	46.52	406.25	397.50	2.35	2.35	0.22	447.67
Strato 2	13.20	12.20	96.35	38.83	265.90	229.00	2.19	2.19	0.28	339.84
Strato 3	19.20	6.00	83.26	41.16	303.12	273.75	2.22	2.22	0.26	371.50
<b>Valori medi dei singoli strati</b>										
			Dr(%)	$\phi$ (°)	E (kg/cm <sup>2</sup> )	Eed (kg/cm <sup>2</sup> )	$\gamma$ (t/mc)	$\gamma_{sat}$ (t/mc)	v	Vs(m/sec)
Strato 1			94.77	38.24	274.63	239.55	2.12	2.14	0.28	329.96
Strato 2			87.38	37.26	240.91	199.08	2.16	2.16	0.29	316.42
Strato 3			83.07	40.78	296.72	266.06	2.22	2.22	0.27	366.06

Tabella 3.7 – Caratteristiche del terreno dedotte da prove DPSH

**DETERMINAZIONE DI Dr(%) -  $\varphi$  - E**

Q.l.m.m.	N1,60	Dr(1)	$\varphi(1)$	$\varphi(2)$	$\varphi$	E(1)	E(2)	E(3)	E
1.80	20	87	33	35	34	317.36	342.08	316.53	325.32
7.30	35	94	37	41	39	488.86	450.12	412.57	450.52
11.80	27	73	35	38	37	391.63	388.87	361.27	380.59
16.80	23	61	34	36	35	342.27	357.77	332.21	344.08
21.80	32	67	37	40	39	460.02	431.95	398.05	430.01
26.80	20	49	33	35	34	317.52	342.18	316.63	325.44
31.80	37	62	38	42	40	512.64	465.10	424.18	467.31
0.90	28	103	35	38	37	402.02	395.41	367.09	388.18
5.40	16	67	32	33	32	267.06	310.39	282.23	286.56
11.40	39	88	39	43	41	539.75	482.18	437.03	486.32
16.40	24	63	34	37	36	363.06	370.87	344.75	359.56
21.40	21	54	33	36	35	328.59	349.15	323.69	333.81
0.10	34	114	37	41	39	479.67	444.33	408.00	444.00
5.90	17	66	32	33	33	277.33	316.85	289.55	294.58
12.10	39	85	39	43	41	537.56	480.80	436.01	484.79
16.60	30	69	36	39	38	431.51	413.99	383.14	409.55
19.60	29	65	36	39	37	422.97	408.61	378.57	403.38
23.60	26	57	35	38	36	385.62	385.08	357.86	376.18
27.60	24	52	34	37	36	364.32	371.66	345.49	360.49
31.60	17	42	32	34	33	278.44	317.56	290.34	295.44
34.60	18	42	32	34	33	288.48	323.88	297.32	303.23
-1.60	25	106	35	37	36	375.35	378.61	351.95	368.64
1.40	36	110	38	42	40	502.58	458.77	419.31	460.22
4.40	55	123	43	48	46	728.13	600.86	517.61	615.53
10.40	27	73	35	38	37	391.63	388.87	361.27	380.59
16.40	41	80	39	44	41	560.39	495.18	446.57	500.71
20.90	29	63	36	39	37	419.13	406.19	376.49	400.61
23.90	29	60	36	39	38	423.84	409.16	379.04	404.01
29.90	34	60	37	41	39	484.55	447.40	410.43	447.46
33.90	34	58	37	41	39	483.59	446.80	409.96	446.78
Strato 1		0-15			38				413
Strato 2		oltre 15			37				389
Valori medi					37				399

**Tabella 3.8 – Caratteristiche del terreno dedotte da prove SPT**


  
**SIGENCO S.p.A.**  
 SISTEMI GENERALI CONSULTING  
 IL PRESIDENTE  
 Dr. Carlo Pizzi

### 3.3. ELABORAZIONI RELATIVE AI PIAZZALI

#### VALORI DI N<sub>1,60</sub>

Sond.	Qbf	Quota	Q l,m,m,	N1	N2	N3	NSPT	CE	CB	CR	CS	N60	γ'	σ'	CN	N1,60		
11	3.30	3.00	-0.30	15	21	21	42	1.00	1.00	0.80	0.75	25	1.00	0.30	1.40	35		
		7.00	3.70	18	22	29	51	1.00	1.00	0.95	0.75	36	1.00	0.70	1.12	41		
		13.00	9.70	18	22	32	54	1.00	1.00	1.00	0.75	41	1.00	1.30	0.91	37		
		17.00	13.70	19	26	29	55	1.00	1.00	1.00	0.75	41	1.00	1.70	0.82	34		
		19.50	16.20	20	27	32	59	1.00	1.00	1.00	0.75	44	1.00	1.95	0.78	34		
		22.50	19.20	24	29	33	62	1.00	1.00	1.00	0.75	47	1.00	2.25	0.73	34		
		27.00	23.70	17	25	28	53	1.00	1.00	1.00	0.75	40	1.00	2.70	0.67	27		
		30.00	26.70	19	23	22	45	1.00	1.00	1.00	0.75	34	1.00	3.00	0.63	21		
		13	3.30	4.50	1.20	26	20	17	37	1.00	1.00	0.85	0.75	24	1.00	0.45	1.27	30
				7.50	4.20	23	20	20	40	1.00	1.00	0.95	0.75	29	1.00	0.75	1.10	31
10.50	7.20			24	18	16	34	1.00	1.00	1.00	0.75	26	1.00	1.05	0.99	25		
13.50	10.20			21	19	18	37	1.00	1.00	1.00	0.75	28	1.00	1.35	0.90	25		
15.00	11.70			22	34	24	58	1.00	1.00	1.00	0.75	44	1.00	1.50	0.87	38		
18.00	14.70			24	24	29	53	1.00	1.00	1.00	0.75	40	1.00	1.80	0.81	32		
21.00	17.70			29	36	27	63	1.00	1.00	1.00	0.75	47	1.00	2.10	0.75	36		
24.00	20.70			31	28	32	60	1.00	1.00	1.00	0.75	45	1.00	2.40	0.71	32		
27.00	23.70			22	29	35	64	1.00	1.00	1.00	0.75	48	1.00	2.70	0.67	32		
14	3.00			3.00	0.00	18	16	15	31	1.00	1.00	0.80	0.75	19	1.00	0.30	1.40	26
		6.50	3.50	24	20	19	39	1.00	1.00	0.85	0.75	25	1.00	0.65	1.15	28		
		9.50	6.50	22	22	20	42	1.00	1.00	0.95	0.75	30	1.00	0.95	1.02	30		
		12.50	9.50	19	14	12	26	1.00	1.00	1.00	0.75	20	1.00	1.25	0.93	18		
		16.50	13.50	21	25	26	51	1.00	1.00	1.00	0.75	38	1.00	1.65	0.83	32		
		19.50	16.50	41	38	40	78	1.00	1.00	1.00	0.75	59	1.00	1.95	0.78	46		
15	1.80	2.50	0.70	18	24	25	49	1.00	1.00	0.75	0.75	28	1.00	0.25	1.47	40		
		7.50	5.70	22	27	25	52	1.00	1.00	0.95	0.75	37	1.00	0.75	1.10	41		
		12.00	10.20	16	21	28	49	1.00	1.00	1.00	0.75	37	1.00	1.20	0.94	35		
		18.00	16.20	26	24	21	45	1.00	1.00	1.00	0.75	34	1.00	1.80	0.81	27		
		22.00	20.20	20	26	28	54	1.00	1.00	1.00	0.75	41	1.00	2.20	0.74	30		
		24.50	22.70	25	29	29	58	1.00	1.00	1.00	0.75	44	1.00	2.45	0.70	31		
		30.00	28.20	23	31	27	58	1.00	1.00	1.00	0.75	44	1.00	3.00	0.63	28		

Valori medi

32

Tabella 3.9 – Valori di N<sub>SPT</sub> e N<sub>1,60</sub> dedotte da prove SPT

**SIGENCO S.p.A.**  
 SISTEMI GENERALI ED ABBONAMENTI  
 PRESIDIO  
 Dr. Carmelo Mazze

**DETERMINAZIONE DI  $Dr(\%)$  -  $\varphi$  -  $E$**

Q.l.m.m.	N1,60	Dr(1)	$\varphi(1)$	$\varphi(2)$	$\varphi$	E(1)	E(2)	E(3)	E
-0.30	35	67	38	42	40	496.69	455.06	416.43	456.06
3.70	41	72	39	44	41	560.84	495.47	446.78	501.03
9.70	37	90	38	42	40	516.23	467.37	425.90	469.83
13.70	34	79	37	41	39	480.05	444.57	408.19	444.27
16.20	34	76	37	41	39	485.37	447.92	410.84	448.04
19.20	34	71	37	41	39	479.68	444.34	408.01	444.01
23.70	27	59	35	38	37	391.42	388.73	361.15	380.43
26.70	21	51	33	36	35	328.94	349.37	323.91	334.07
1.20	30	61	36	39	38	431.14	413.76	382.95	409.28
4.20	31	98	36	40	38	447.51	424.07	391.58	421.06
7.20	25	80	35	37	36	373.56	377.48	350.91	367.31
10.20	25	73	35	37	36	372.18	376.61	350.10	366.30
11.70	38	87	38	42	40	524.16	472.36	429.69	475.40
14.70	32	75	37	40	38	456.10	429.48	396.03	427.20
17.70	36	75	38	42	40	499.34	456.72	417.73	457.93
20.70	32	67	37	40	38	454.88	428.71	395.40	426.33
23.70	32	65	37	40	38	457.71	430.50	396.86	428.36
0.00	26	57	35	38	36	385.46	384.98	357.77	376.07
3.50	28	96	36	39	37	413.86	402.87	373.62	396.79
6.50	30	90	36	40	38	437.90	418.02	386.54	414.15
9.50	18	64	32	34	33	288.96	324.18	297.64	303.60
13.50	32	77	37	40	38	454.96	428.76	395.44	426.39
16.50	46	87	41	45	43	618.48	531.78	472.38	540.88
0.70	40	71	39	43	41	556.67	492.84	444.87	498.13
5.70	41	72	39	44	41	560.17	495.05	446.47	500.56
10.20	35	90	37	41	39	486.90	448.89	411.61	449.13
16.20	27	69	35	38	37	398.12	392.96	364.92	385.33
20.20	30	67	36	39	38	430.73	413.50	382.73	408.99
22.70	31	65	36	40	38	438.51	418.40	386.86	414.59
28.20	28	57	35	38	37	403.16	396.13	367.73	389.01
Valori medi					38				425

**Tabella 3.10 – Caratteristiche del terreno dedotte da prove SPT**