



---

**INDAGINE GEOFISICA M.A.S.W.**

RELAZIONE SISMICA INTERPRETATIVA

COMUNE DI NAPOLI (NA)

---

COMMITTENTE: I.GEO. S.A.S. PER CONTO DELL'ING. FABIO MASTELLONE DI CASTELVETERE

OTTOBRE 2012

DR. GEOL. GIOVANNI TURCO

## **RELAZIONE ESPLICATIVA**

Nell'ambito delle indagini per la caratterizzazione geomeccanica dei terreni costituenti il sottosuolo di un'area del comprensorio comunale di Napoli, lo scrivente è stato incaricato dalla I.Geo. s.a.s. per conto dell'Ing. Fabio Mastellone di Castelvete di condurre una campagna di prospezioni geofisiche, costituite da indagini M.A.S.W., allo scopo di caratterizzare la risposta sismica locale dei siti in esame. Segnatamente sono stati investigati due siti dei quali, il primo, denominato "Stazione Molosiglio", è ubicato nei pressi dei giardini comunali di Via Acton mentre, il secondo, denominato "Collettore Marinella-Sebeto", insiste lungo Via Marinella. Il presente studio è a corredo del progetto di "Riordino dei collettori principali della rete fognaria della zona orientale della città di Napoli – 2° lotto".

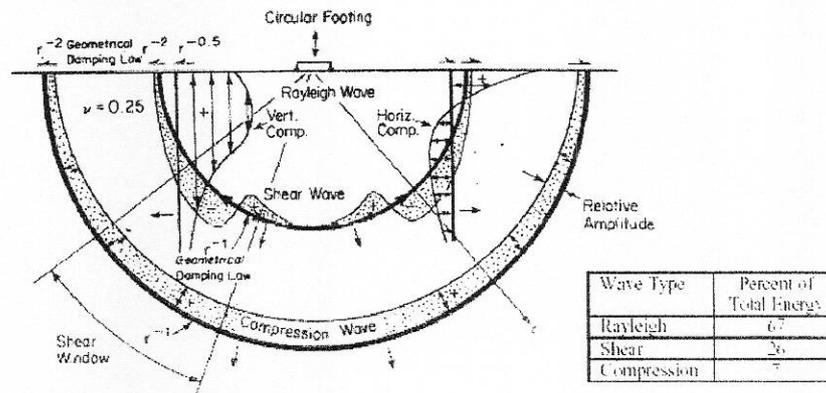
Nelle aree investigate, al fine di determinare il parametro  $V_{S30}$ , sono state eseguite una serie di acquisizioni M.A.S.W. (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – Park C.B., Miller R.D., Xia J., 1999) utili a definire il profilo verticale della  $V_s$  (velocità di propagazione delle onde di taglio).

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005) che, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ).

## GENERALITÀ SULLE TECNICHE DI INDAGINE UTILIZZATE

Il metodo impiegato per la determinazione delle velocità delle onde S è, come detto, il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves); questa è una tecnica di indagine non invasiva che consente di ricostruire il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde di superficie in corrispondenza dei geofoni posti lungo uno stendimento sismico opportunamente predisposto.

Il contributo predominante alle onde di superficie è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

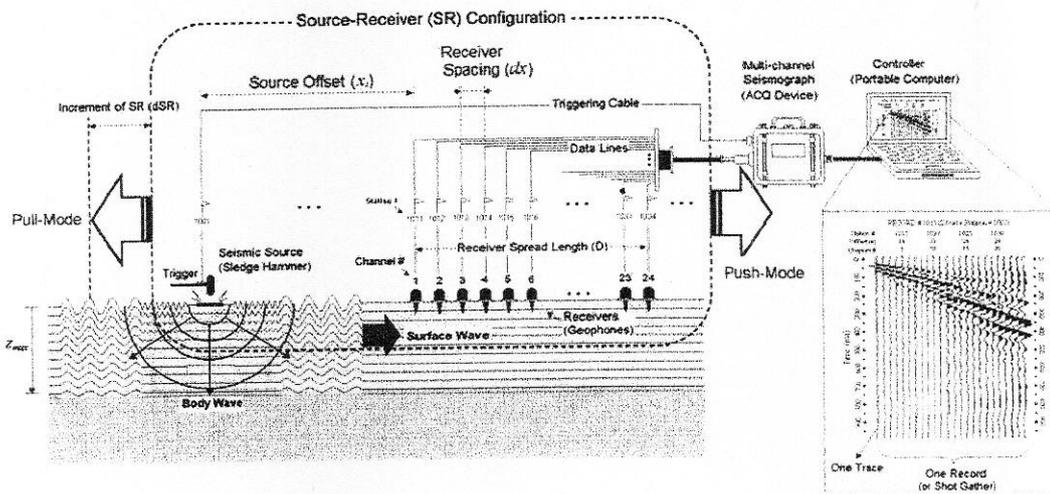


Infatti, nelle prospezioni sismiche per le quali si utilizzano le onde di tipo P, la maggior parte dell'energia sismica totale generata si propaga come onde superficiali di tipo Rayleigh.

Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente in frequenza di queste onde è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) e quindi da una diversa lunghezza d'onda. Questa proprietà si chiama dispersione. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di volume (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Per ottenere un profilo verticale di velocità  $V_s$  bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.



La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a rifrazione.

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S ( $V_s$ ) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La procedura M.A.S.W. può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati sperimentali;
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione/modellazione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$  che descrive la variazione di  $V_s$  con la profondità.

L'elaborazione della indagine M.A.S.W. e l'analisi dei dati con software specifico (WinMASW 4.8 Professional) ha consentito di definire i valori del profilo verticale  $V_s$  (quindi del parametro  $V_{s30}$ ).

La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della  $V_{s30}$  (il valore medio della  $V_s$  nei primi 30m di profondità) definita dalla relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

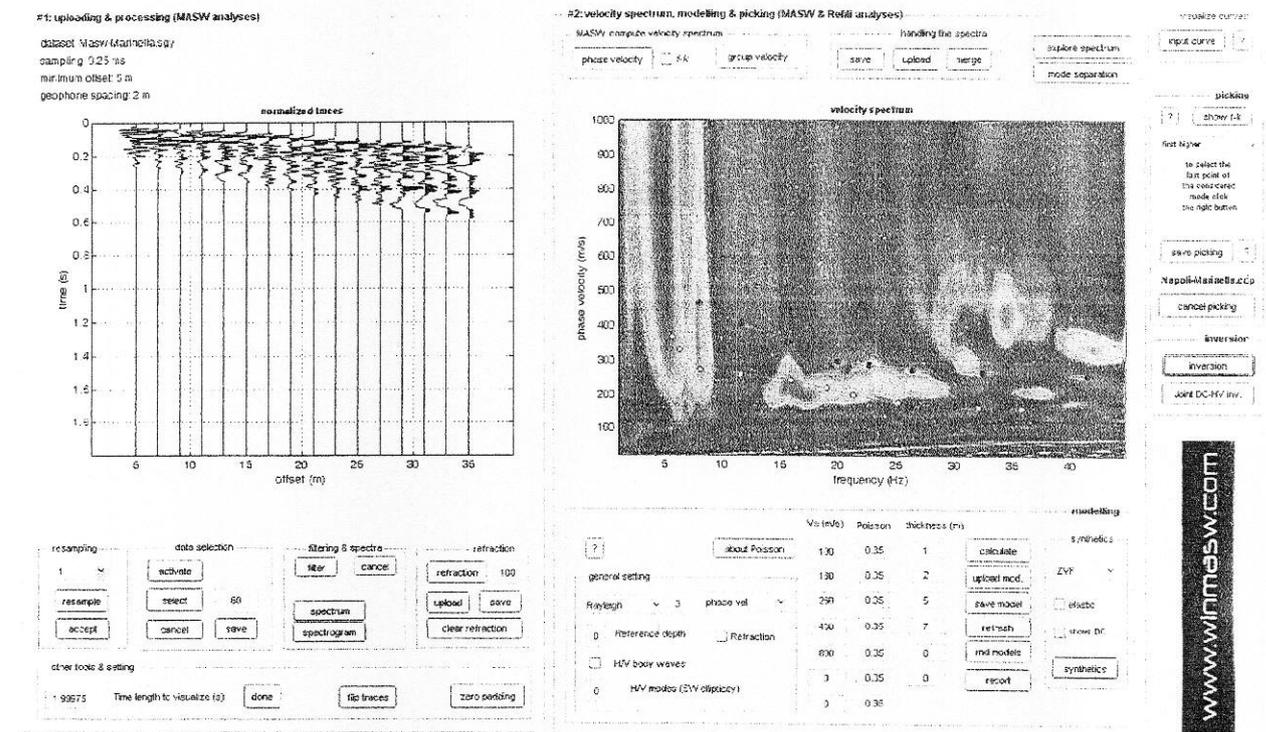
in cui  $V_{si}$  e  $h_i$  sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell' $i$ -esimo strato.

**M.A.S.W. Sito n°2 "Collettore Marinella-Sebeto"**

La prova condotta in questo secondo sito ha evidenziato quanto segue. Dall'analisi degli elaborati seguenti, si evince che sono stati individuati tre sismostrati principali:

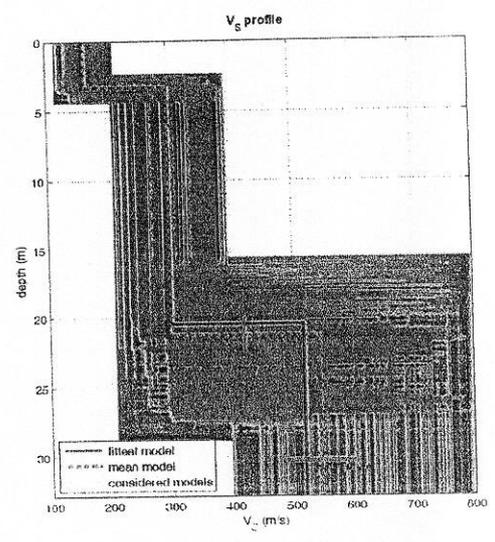
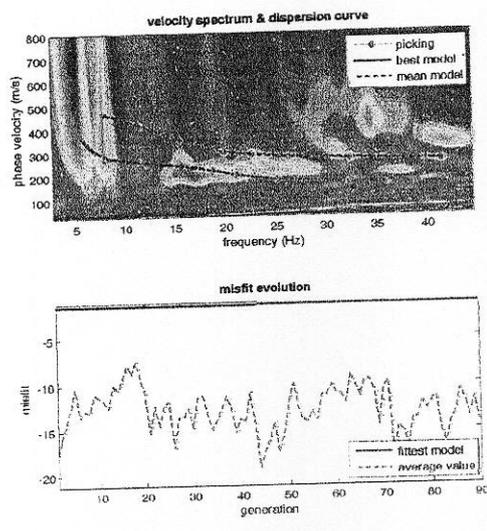
- il primo orizzonte sismico, rilevato fino alla profondità di circa 3.4 metri dal p.c., è caratterizzato da una velocità media delle onde S di 165 m/s;
- il secondo, dello spessore di circa 17.9 metri, ha fatto registrare una velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) pari a 298 m/s;
- infine, il terzo ed ultimo orizzonte rilevato (semispazio), del quale non è possibile conoscere lo spessore ma che si segue fino ad una profondità sicuramente superiore ai trenta metri, è caratterizzato da una velocità delle onde S di 544 m/s;

Quindi, in riferimento ai dati dell'indagine M.A.S.W. eseguita, gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione di una  **$V_{s30}$  pari a 310 m/sec**; pertanto il sito in esame, compatibilmente con la stratigrafia del sottosuolo, è verosimilmente caratterizzato da una Categoria di sottosuolo C.



Sismogramma del dataset acquisito e spettro frequenza/velocità di fase per l'analisi del modo fondamentale delle onde di Rayleigh

dr. Giovanni Turco  
geolop



dataset: Masw-Marinella.sgy  
dispersion curve: Napoli-Marinella.cdp  
Vs30 (best model): 312 m/s  
Vs30 (mean model): 310 m/s

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

Curva di dispersione e profilo verticale delle Vs

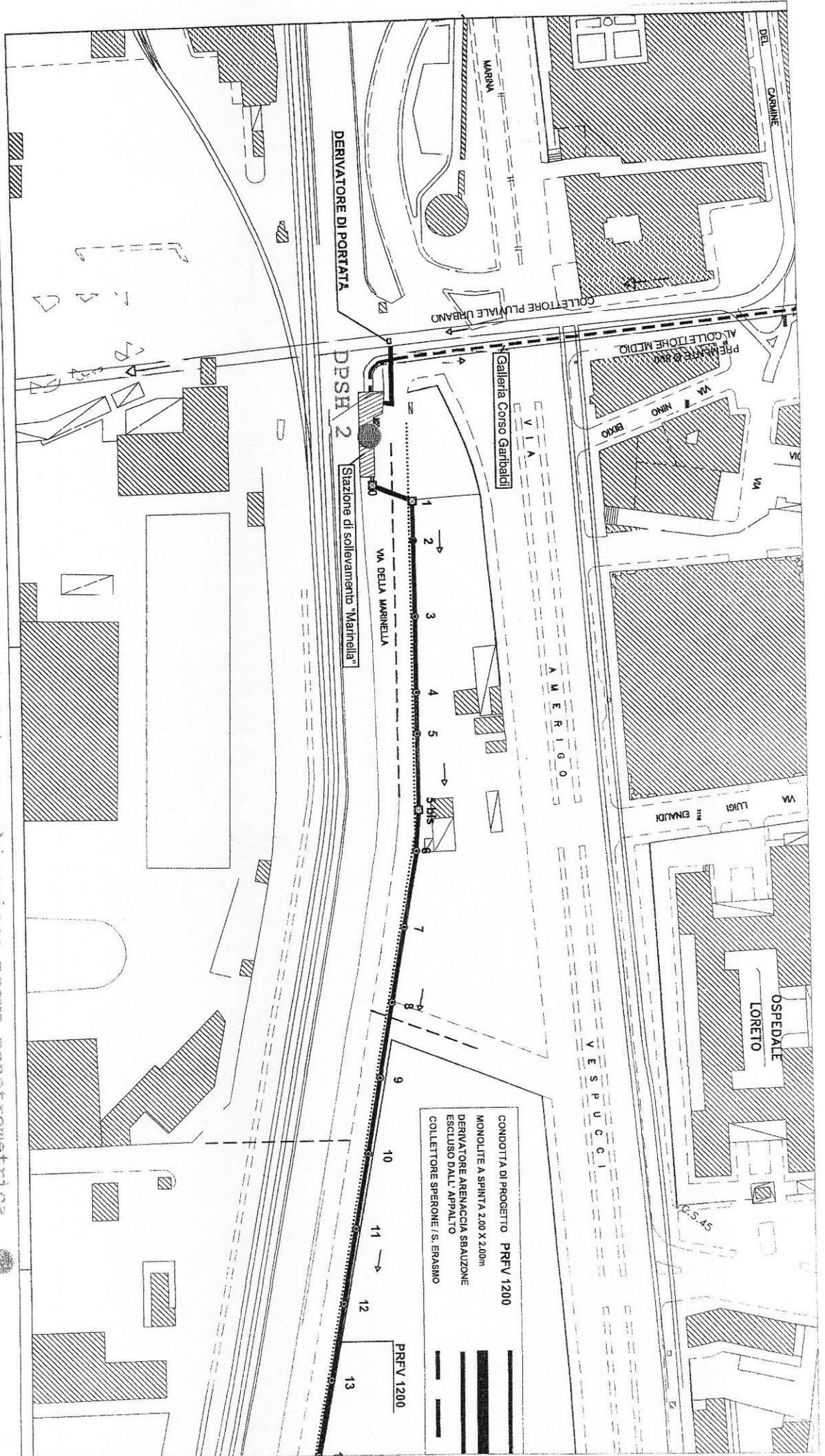
Nella pagina seguente si riportano le ubicazioni delle prove M.A.S.W. condotte individuate su stralci di ortofoto estratte da Google Earth, e le relative coordinate geografiche espresse in gradi e decimali di grado.

Tanto per incarico ricevuto  
ottobre 2012

Dr. Geol. Giovanni Turco

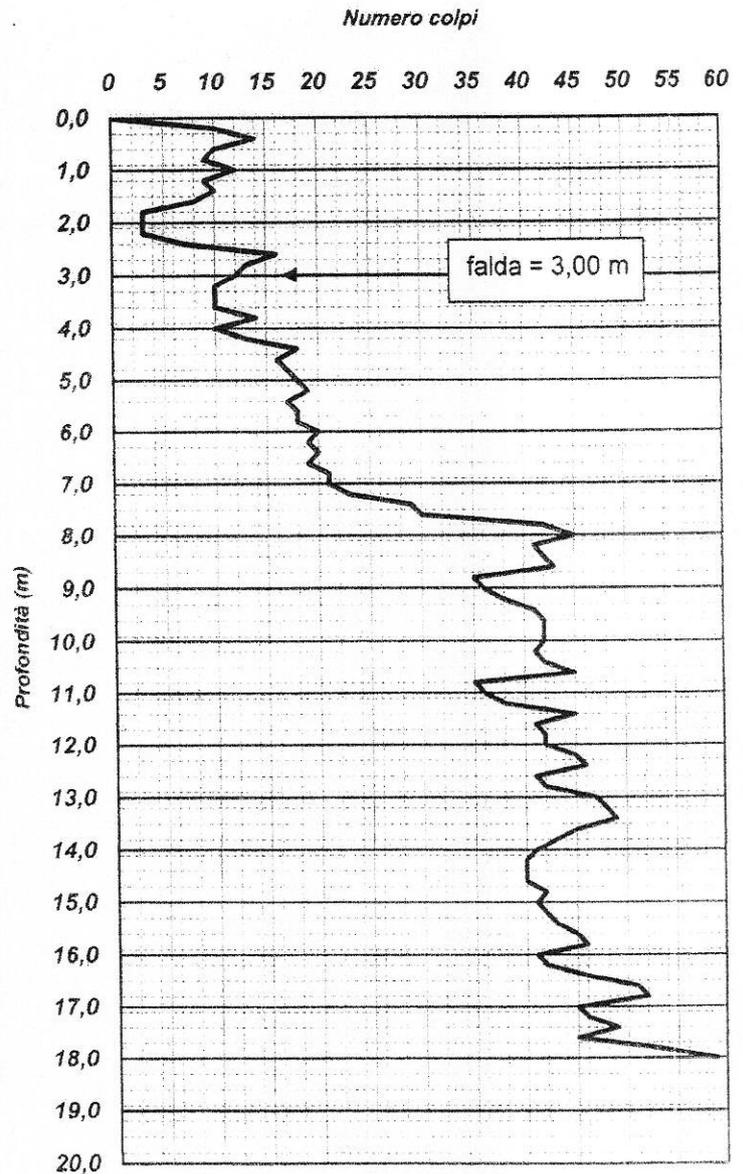
The stamp is circular and contains the text "ORDINE DEI GEOL. ITALIANI" and "REGIONE CAMPANIA". A handwritten signature is written across the stamp.

Stazione di Sollevamento Marinella - Planimetria con ubicazione prova penetrometrica



<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH</b>							
COMMITTENTE:	Ing. Fabio Mastellone					N° di accettazione	0008/12
OGGETTO:	riordino collettori principali rete fognaria zona orientale Napoli 2° lotto - progetto esecutivo della variante tecnica e suppletiva					N° Certificato	0023
LOCALITA':	NAPOLI - Collettore Marinella-Sebeto					Sigla Prova	DPSH 2
MODELLO SONDA: TG63-200 KN	PESO ASTE: 5,1 Kg	APERTURA DELLA PUNTA: 90°			Data emissione	09/11/2012	
COORDINATE GEOGRAFICHE		Lat: 40° 50' 37,49" N		Long: 14° 16' 34,39" E			
DATA ESECUZIONE PROVA:	05/11/2012	campione indisturbato (m)		2,20-2,70		Pagina	1/1

Prof.	num. Colpi						
0,00	0,00	8,20	41	16,40	46		
0,20	10	8,40	42	16,60	51		
0,40	14	8,60	43	16,80	52		
0,60	10	8,80	35	17,00	45		
0,80	9	9,00	36	17,20	46		
1,00	12	9,20	38	17,40	49		
1,20	9	9,40	41	17,60	45		
1,40	10	9,60	42	17,80	53		
1,60	8	9,80	42	18,00	59		
1,80	3	10,00	42				
2,00	3	10,20	41				
2,20	3	10,40	42				
2,40	7	10,60	45				
2,60	16	10,80	35				
2,80	13	11,00	36				
3,00	12	11,20	38				
3,20	10	11,40	45				
3,40	10	11,60	41				
3,60	10	11,80	42				
3,80	14	12,00	42				
4,00	10	12,20	45				
4,20	13	12,40	46				
4,40	18	12,60	41				
4,60	16	12,80	42				
4,80	17	13,00	47				
5,00	18	13,20	48				
5,20	19	13,40	49				
5,40	17	13,60	45				
5,60	18	13,80	43				
5,80	18	14,00	41				
6,00	20	14,20	40				
6,20	19	14,40	40				
6,40	20	14,60	40				
6,60	19	14,80	42				
6,80	21	15,00	41				
7,00	21	15,20	42				
7,20	23	15,40	43				
7,40	29	15,60	45				
7,60	30	15,80	46				
7,80	42	16,00	41				
8,00	45	16,20	42				



Il direttore del Laboratorio

Dott. Geol. Franco Brizzi

ORDINE NAZ. GEOLOGI  
BRIZZIFRANCO

data iscr. 11-5-1968 n° 185

verb. accett. n° T013/12

**Dati Progetto - Dati Prelievo - Identificazione Visiva - Prove Eseguite**

Richiedente: **LITHOS srl**  
 Cantiere: **Riordino dei collettori principali della rete fognaria della zona orientale di Napoli - 2° lotto**  
 Committente: **ing. Fabio Mastellone di Castelvetere**

Sondaggio n.	<b>2</b>	Data Inizio Sondaggio	---	Profondità Sondaggio, m	---
Campione n.	<b>DPSH2</b>	Data Prelievo Campione	<b>06/011/2012</b>	Profondità Campione, m	<b>2,2 - 2,7</b>

Sondaggio a rotazione		Sondaggio a Percussione		Campionatore Manuale	
Campione Indisturbato	<b>X</b>	Campione Semidisturbato		Campione Rimaneggiato	
Fustella. L e φ mm		Campione. L e φ. mm		Contenitore del Campione:	<b>INOX FERRO PVC</b>

Condizioni del materiale estruso dal campionatore:

Buone	<b>X</b>	Mediocri		Paraffinato	<b>X</b>
Rammollito		Strati Piegati		Cattive	
				Rimaneggiato	

**IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D2488/75)**

Data Apertura Campione: **07/11/2012**  
 Grana: **Fine**  
 Consistenza: **Salda**  
 Grado di Plasticità: **non plastico**  
 Struttura: **Omogenea**  
 Colore: **marrone brunoastro (Tav. Munsell 5YR 4/3)**  
 Denominazione: **sabbia debolmente limosa**  
 Note: -----

**PROVE ESEGUITE**

DESCRIZIONE VISIVA	<b>X</b>
DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	<b>X</b>
DETERMINAZIONE DEI LIMITI ED INDICI DI CONSISTENZA	
ANALISI GRANULOMETRICA CON VAGLI ASTM E DENSITOMETRIA	
ANALISI GRANULOMETRICA PER VIA UMIDA CON SOLI VAGLI ASTM	<b>X</b>
PROVA DI TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATA-DRENATA	<b>X</b>
PROVA DI TAGLIO RESIDUO	
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA con sette fasi di carico	
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)	
PROVA TRIASSIALE (CD - CU - UU)	
PROVA DI PERMEABILITA' CON CELLA EDOMETRICA	

lo Sperimentatore  
 (dott. geol. Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio  
 (dott. ing. Michele Larocca)



verb. accett. n° T013/12

certificato n° 045T/12 del 16/11/2012

pag. 1 di 1

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Contenuto d'Acqua  
(ASTM D2216/80)

NATURALE

VALORI  
MEDI

Contenitore, n.  
Peso del contenitore, g  
Peso lordo campione umido, g  
Peso lordo campione secco, g  
Peso netto campione umido, g  
Peso netto campione secco, g  
Peso dell'acqua, g  
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W<sub>n</sub>), %

2	1	5
20,15	19,78	22,13
101,31	89,76	99,48
81,25	73,08	81,09
81,16	69,98	77,35
61,10	53,30	58,96
20,06	16,68	18,39
32,83%	31,29%	31,19%

31,77%

Peso di Volume

Volumometro, n.  
Peso Volumometro, g  
Capacità Volumometro, cc  
Peso Volumometro + Terra Umida, g  
PESO di VOLUME NATURALE (γ<sub>n</sub>), kN/mc  
PESO di VOLUME SECCO (γ<sub>d</sub>), kN/mc

A1	B1	C1
65,81	66,98	66,77
72,00	72,00	72,00
180,66	180,91	180,12
15,95	15,82	15,74
12,31	12,01	11,95

15,84

12,02

Peso Specifico dei Grani (G<sub>s</sub>)  
(ASTM D854/79)

Passante al Vaglio # 10

Picnometro, n.  
Peso Picnometro Vuoto, g  
Peso Picnometro + Campione Secco, g  
Peso Picnometro + Campione + H<sub>2</sub>O a T di prova, g  
Temperatura Pesate, °C  
Peso Picnometro + H<sub>2</sub>O a T di prova, g  
Fattore di Correzione, k  
PESO SPECIFICO dei GRANI (G<sub>s</sub>) a 20°C, kN/mc

80	91
47,75	48,03
101,23	99,48
177,99	175,97
20,0	20,0
149,78	149,05
1,00	1,00
21,15	20,96

21,06

Grandezze Indici

INDICE dei VUOTI (e°)  
POROSITÀ' (n), %  
GRADO di SATURAZIONE (Sr), %  
PESO di VOLUME SATURO (γ<sub>sat</sub>), kN/mc

0,75

42,93

89,0%

16,31

Io Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)

Il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)

verb. accett. n° T013/12

certificato n° 046T/12 del 16/11/2012

pag. 1 di 1

**ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA PER SETACCIATURA (ASTM D2217)**

**LAVAGGIO CAMPIONE**

Contenitore	Contenitore	Contenitore + Campione Secco	Contenitore + Campione Secco	Contenitore + Campione Lavato Secco	Perdita Lavaggio	Riscontro
n.	g	g	g	g	g	
E	357,89	877,83	519,94	803,15	74,68	0,00

**ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA**

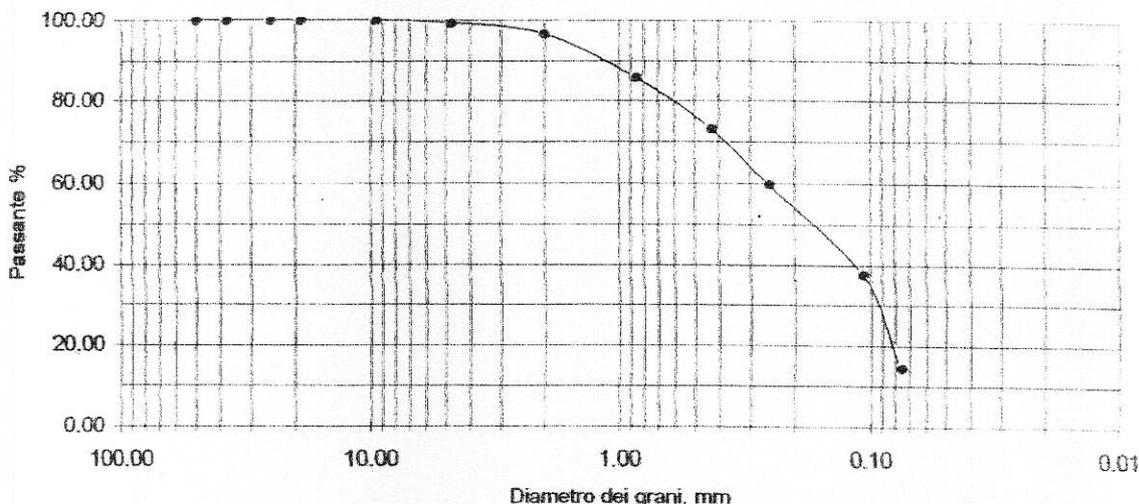
Vagli ASTM Φ in mm	GHIAIA						
	2"	1+1/2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Ritenuto, g	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,77	14,05
% Ritenuto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	2,70
Ritenuto cumul. %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	3,43
% Passante	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,27	96,57

Vagli ASTM Φ in mm	SABBIA						LIMO e ARGILLA	TOTALE
	# 20	# 40	# 60	# 140	# 200	FONDO		
Ritenuto, g	55,88	66,41	69,27	114,17	121,71	74,68	519,94	
% Ritenuto	10,75	12,77	13,32	21,96	23,41	14,36	100,00	
Ritenuto %	14,17	26,95	40,27	62,23	85,64	100,00		
% Passante	85,83	73,05	59,73	37,77	14,36			

**RISULTATI E DEFINIZIONE (AGI)**

% in peso	GHIAIE			SABBIE		LIMO, ARGILLE e COLLOIDI	100,00
	Grosse	Medie	Fini	Grosse	Fini		
% TOTALE	0,00	0,00	3,43	23,52	58,69	14,36	

**Curva Granulometrica**



SONDAGGIO 2 - CAMPIONE DPSH2

lo Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)



verb. accett. n° T013/12

certificato n° 047T/12 del 16/11/2012

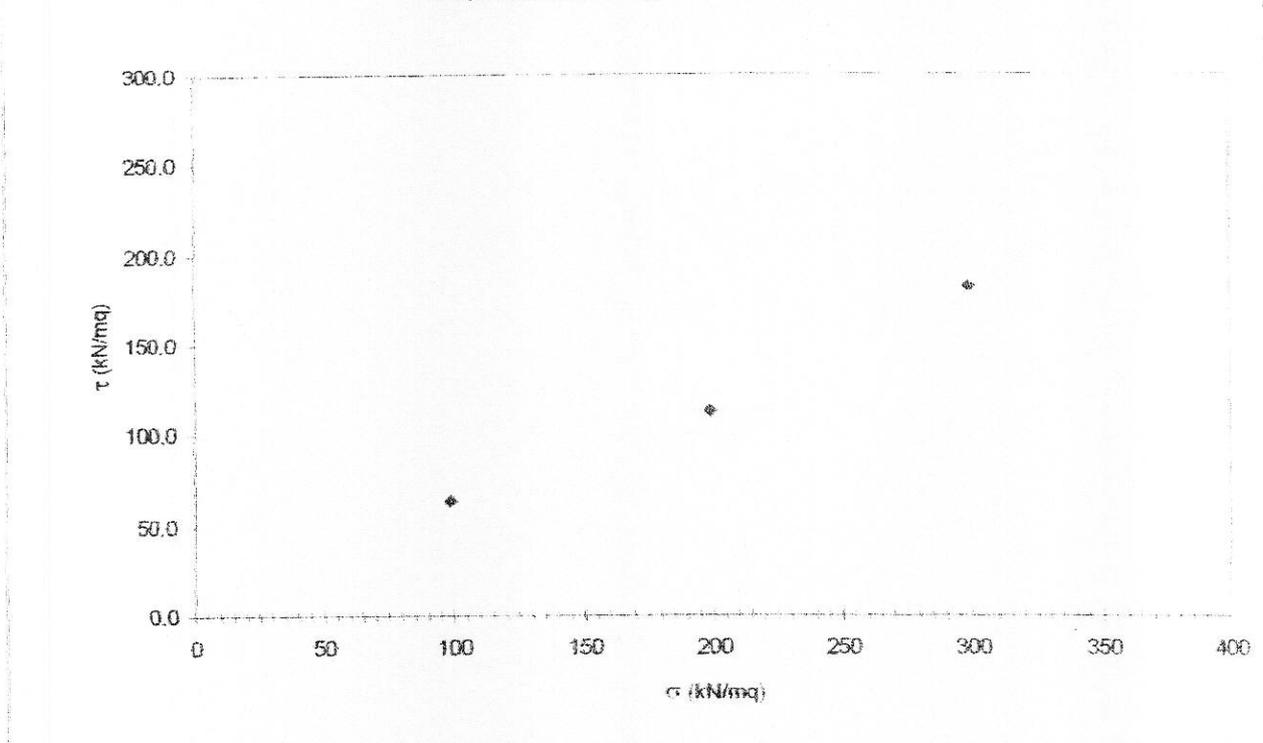
pag. 1 di 2

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080-79) - TIPO :CD - VELOCITA' DI PROVA 0,01 mm/min

Caratteristiche Fisiche dei Provini	Peso Specifico dei Grani (Gs), kN/mc 21,06					
	Provino 1		Provino 2		Provino 3	
	Iniziali	Finali	Iniziali	Finali	Iniziali	Finali
Altezza, mm	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
spigolo, mm	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Volume, cc	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00	72,00
Anello Portaprovini, n.	A1	B1	C1			
Massa Anello, g	65,81	66,98	66,77			
Anello + Campione, g	180,66	180,91	180,12			
Provino Umido, g	114,85	113,93	113,35			
Provino Secco, g						
Umidità, %	32,83	31,29	31,19			
Peso di Volume Naturale, kN/mc	15,95	15,82	15,74			
Peso di Volume Secco, kN/mc	12,01	12,05	12,00			
Indice dei Vuoti, e°	0,75	0,75	0,75			
Grado di saturazione, %	91,74	88,18	87,01			
Cedimenti dopo 24 h, mm	2,41	1,88	1,05			
Consolidazione, %	12,05	9,40	5,25			

RISULTATI		
PROVINO	SFORZI NORMALI	SFORZI DI TAGLIO
n.	kN/mq	kN/mq
3	100	63,5
2	200	111,7
1	300	181,5
Coefficiente di Correlazione		0,989
Coefficiente Angolare		0,590
Ordinata all'Origine		0,90
Angolo d'Attrito, °DEG		
Coesione, kN/mq		

Diagramma Sforzi di Taglio - Sforzi Normali



SONDAGGIO 2 CAMPIONE DPSH2

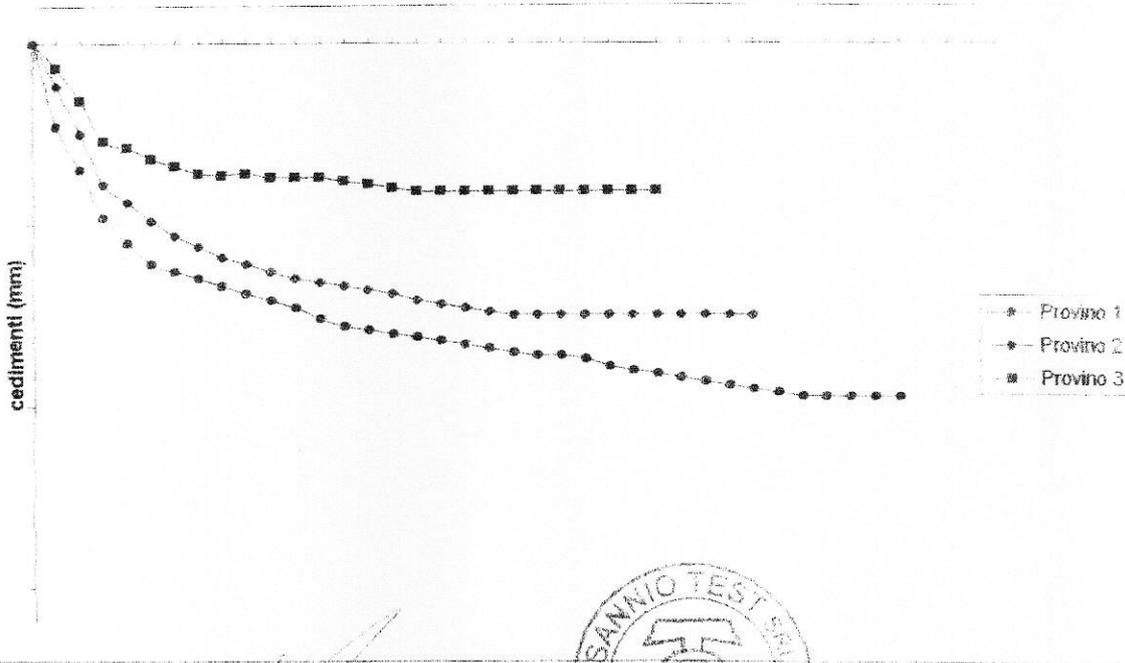
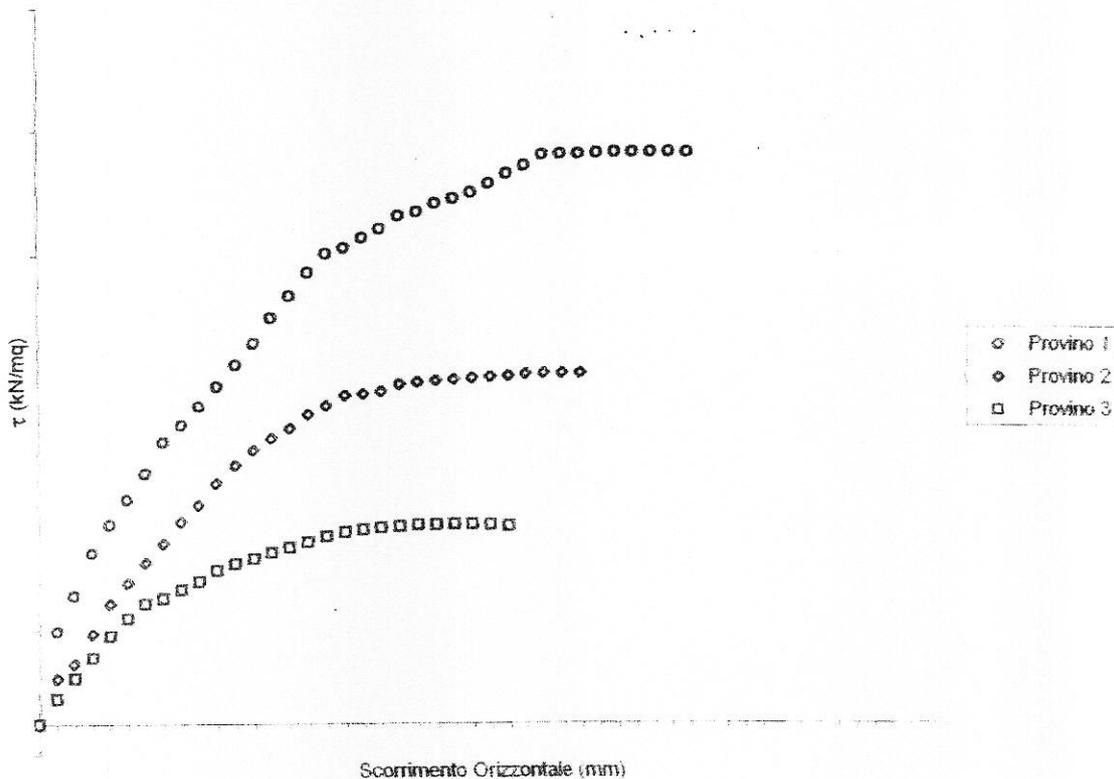
Io Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)

Il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)

verb. accett. n° T013/12

certificato n° 047T/12 del 16/11/2012 pag 2 di 2

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (ASTM D3080-79) : Diagramma Sforzi di Taglio-Deformazioni \* Cedimenti-Deformazioni



SONDAGGIO 2 CAMPIONE DPSH2

Io Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)

