



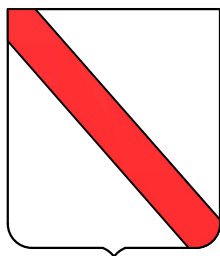
REGIONE CAMPANIA

Direzione Generale per le Risorse Strumentali
U.O.D. Ufficio Tecnico Manutenzione Beni Demaniali
e Patrimoniali - Ufficio dell'Energy Manager



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA BIBLIOTECA PER L'ISTITUTO ITALIANO PER GLI STUDI FILOSOFICI

Il gruppo di Progettazione	II R.U.P ing. Luigi Gaglione														
arch. Francesco D'Agostino arch. Francesco Gregoraci arch. Gennaro D'Angelo dott. Giuseppe d'Errico ing. Rocco Orlando dott.ssa Annunziata D'Alconso ing. Felice Guarino dott. Danilo Finardi sig. Sergio Sbraglia PROGETTO IMPIANTI : Ing. D'Auria Francesco	ELABORATO STRUTTURALE														
	Indagini geologiche														
	DATA					SCALA					ALL.07				
	APRILE 2020														
	NUMERO REVISIONE														



REGIONE CAMPANIA

Direzione Generale per le Risorse Strumentali

U.O.D. Ufficio Tecnico Manutenzione Beni Demaniali
e Patrimoniali - Ufficio dell'Energy Manager



PROGETTO ESECUTIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA BIBLIOTECA PER L'ISTITUTO ITALIANO PER GLI STUDI FILOSOFICI

Il gruppo di Progettazione

arch. Francesco D'Agostino
arch. Francesco Gregoraci
arch. Gennaro D'Angelo
dott. Giuseppe d'Errico
ing. Rocco Orlando
dott.ssa Annunziata D'Alconso
ing. Felice Guarino
dott. Danilo Finardi
sig. Sergio Sbraglia
PROGETTO IMPIANTI :
Ing. D'Auria Francesco

Il R.U.P.

ing. Luigi Gaglione

ELABORATO

- Indagini geologiche

DATA

SCALA

giugno 2019

.....

NUMERO REVISIONE

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

S 2

QUALITY CERTIFICATION BUREAU ITALIA

Certificato di conformità alla
norma ISO 9001:2008 n. Q-0732-16

Rilasciato a

GEOTEC S.R.L.

codice fiscale: 07910800635

Sede Legale: Via Consalvo, 169 Is. 8 - 80125 Napoli (NA) Italia

per l'implementazione del Sistema di Gestione per la Qualità nel sito di:
Via Consalvo, 169 Is. 8 - 80125 Napoli (NA) Italia

Settore: 35 & 28

Sistema di gestione per la qualità conforme alla norma ISO 9001:2008 e valutato secondo le prescrizioni del Regolamento Tecnico ACCREDIA RT-05 (applicabile per il settore 28).
La presente certificazione si intende riferita agli aspetti gestionali dell'impresa nel suo complesso ed è utilizzabile ai fini della qualificazione delle imprese di costruzione ai sensi dell'articolo 40 della legge 163 del 12 aprile 2006 e successive modificazioni e del DPR. n. 207 del 5 ottobre 2010.

Scopo: Erogazione di servizi e consulenze tecniche relative a prove strutturali in sito, controlli strutturali anche non distruttivi, rilievi topografici e monitoraggi geotecnici, ambientali e strutturali, sondaggi e indagini geognostiche e ambientali.

I dettagli relativi ad eventuali esclusioni di requisiti della norma ISO 9001:2008 possono essere ottenuti consultando il Manuale Qualità dell'organizzazione certificata. La validità del presente certificato è subordinata a sorveglianza periodica (semestrale/annuale) e al riesame completo del sistema di gestione aziendale con periodicità triennale.

Il presente documento riporta informazioni sullo stato della certificazione alla data della sua emissione. Si raccomanda di verificarne la validità ed autenticità tramite il sito web www.qcb.it o tramite l'effettuazione della scansione del QR Code sotto indicato.



Data prima emissione: 05/05/2016
Data ultima emissione: 05/05/2016
Data obbligata del rinnovo: 26/04/2019

Le certificazioni ISO 9001 edizione 2008 non saranno più valide a partire dal 15/09/2018 indipendentemente dalla data obbligata di rinnovo del presente certificato.



SGQ N° 084 A
SGA N° 031 D

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento
EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF e ILAC
Mutual Recognition Agreements



Socio fondatore UNOA
Founder member of UNOA

Quality Certification Bureau Italia S.r.l. - Via Fermi 23, 35136 Padova - Italy
ph. 049 8725897 - Fax 1786076741 e-mail: info@qcb.it - web: www.qcb.it

Form 964_ITA 10_certificato di conformità QMS

Codice Identificativo : 06089021007 (Autorizzazione n.11 del 09/11/2000)

ATTESTAZIONE DI QUALIFICAZIONE ALLA ESECUZIONE DI LAVORI PUBBLICI (ai sensi del D.P.R. 207/2010)

Rilasciato alla impresa: GEOTEC S.R.L.

C. F.:	07910800635	P. IVA:	07910800635		
con sede in:	NAPOLI	CAP:	80125	Provincia:	NA
Indirizzo:	VIA CONSALVO - ISOLATO 8 169				
Iscritta alla CCIAA di:	NA	al n.:	07910800635		

Rappresentanti legali		Direttori tecnici	
Nome e Cognome	Codice fiscale	Nome e Cognome	Codice fiscale
MARCO MANCUSO	MNCMRC72A12F839C	Dott. MARCO MANCUSO	MNCMRC72A12F839C

Categorie e classifiche di qualificazione:

Categoria	Classifica	C.F. direttore tecnico cui è connessa la qualificazione
OS 20-B	II	

L'impresa possiede la certificazione (art. 3 comma 1, lettera mm) del D.P.R. 207/2010 valida fino al 26/04/2019 rilasciata da Quality Certification Bureau Italia.

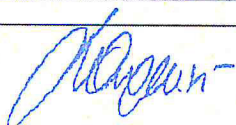
Attestazione n.:	(N.ro prog./ codice SOA)	Sostituisce l'attestazione n.:	(N.ro prog./ codice SOA)
17035/11/00			

Data rilascio attestazione originaria	Data scadenza validità triennale	Data scadenza intermedia (cons. stab.)
06/07/2016	05/07/2019	

Data rilascio attestazione in corso	Data effettuazione verifica triennale	Data scadenza validità quinquennale
06/07/2016		05/07/2021

Firmatari

Rappresentante Legale	Direttore Tecnico
WAGMEISTER GUIDO	CAMERA GUIDO



**SOA
GROUP** SPA
PROFESSIONE AGGIUNGIATA SOA/ADMISTATICA SOA

Via Lovanio, 6 - 00198 Roma
P. IVA 06089021007

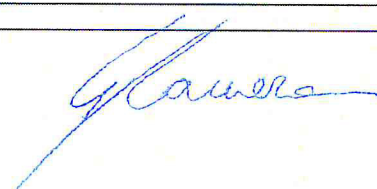


TABELLA DELLE CATEGORIE DI LAVORI

(Allegato A del D.P.R. 207 del 5 Ottobre 2010)

CATEGORIE GENERALI

OG1	Edifici civili e industriali
OG2	Restauro e manutenzione dei beni immobili sottoposti a tutela
OG3	Strade, autostrade, ponti, viadotti, ferrovie, metropolitane
OG4	Opere d'arte nel sottosuolo
OG5	Dighe
OG6	Acquedotti, gasdotti, oleodotti, opere di irrigazione e di evacuazione
OG7	Opere marittime e lavori di dragaggio
OG8	Opere fluviali, di difesa, di sistemazione idraulica e di bonifica
OG9	Impianti per la produzione di energia elettrica
OG10	Impianti per la trasformazione alta/media tensione e per la distribuzione di energia elettrica in corrente alternata e continua ed impianti di pubblica illuminazione
OG11	Impianti tecnologici
OG12	Opere ed impianti di bonifica e protezione ambientale
OG13	Opere di ingegneria naturalistica

CATEGORIE SPECIALIZZATE

OS1	Lavori in terra
OS2 - A	Superfici decorate di beni immobili del patrimonio culturale e beni culturali mobili di interesse storico, artistico, archeologico ed etnoantropologico.
OS2 - B	Beni culturali mobili di interesse archivistico e librario
OS3	Impianti idrico-sanitario, cucine, lavanderie
OS4	Impianti elettromeccanici trasportatori
OS5	Impianti pneumatici e antintrusione
OS6	Finiture di opere generali in materiali lignei, plastici, metallici e vetrosi
OS7	Finiture di opere generali di natura edile e tecnica
OS8	Opere di impermeabilizzazione
OS9	Impianti per la segnaletica luminosa e la sicurezza del traffico
OS10	Segnaletica stradale non luminosa
OS11	Apparecchiature strutturali speciali
OS12 - A	Barriere stradali di sicurezza
OS12 - B	Barriere paramassi, fermaneve e simili
OS13	Strutture prefabbricate in cemento armato
OS14	Impianti smaltimento e recupero rifiuti
OS15	Pulizia di acque marine, lacustri, fluviali
OS16	Impianti per centrali produzione energia elettrica
OS17	Linee telefoniche ed impianti di telefonia
OS18 - A	Componenti strutturali in acciaio
OS18 - B	Componenti per facciate continue
OS19	Impianti di reti di telecomunicazione e di trasmissioni e trattamento
OS20 - A	Rilevamenti topografici
OS20 - B	Indagini geognostiche
OS21	Opere strutturali speciali
OS22	Impianti di potabilizzazione e depurazione
OS 23	Demolizione di opere
OS 24	Verde e arredo urbano
OS 25	Scavi archeologici
OS 26	Pavimentazioni e sovrastrutture speciali
OS 27	Impianti per la trazione elettrica
OS 28	Impianti termici e di condizionamento
OS 29	Armamento ferroviario
OS 30	Impianti interni elettrici, telefonici, radiotelefonici e televisivi
OS 31	Impianti per la mobilità sospesa
OS 32	Strutture in legno
OS 33	Coperture speciali
OS 34	Sistemi antirumore per infrastrutture di mobilità
OS 35	Interventi a basso impatto ambientale

Tabella degli importi per le diverse classifiche:

I	Fino a	euro	258.000
II	Fino a	euro	516.000
III	Fino a	euro	1.033.000
III - bis	Fino a	euro	1.500.000
IV	Fino a	euro	2.582.000

IV - bis	Fino a	euro	3.500.000
V	Fino a	euro	5.165.000
VI	Fino a	euro	10.329.000
VII	Fino a	euro	15.494.000
VIII	oltre	euro	20.658.000

SOMMARIO

1. PREMESSA	pag. 2
2. METODOLOGIE E RISULTATI INDAGINI GEOGNOSTICHE	pag. 4
2.1 PROVE PENETROMERICHE	pag. 4
3. METODOLOGIE E RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE	pag. 6
3.1 PROVA SISMICA M.A.S.W.	pag. 6
3.2 TOMOGRAFIE GEOELETTRICHE	pag. 7
3.2.1 Aspetti teorici del metodo	pag. 7
3.2.2 Modalità esecutive	pag. 8
3.2.3 Elaborazione ed interpretazione dei dati tomografici	pag. 10

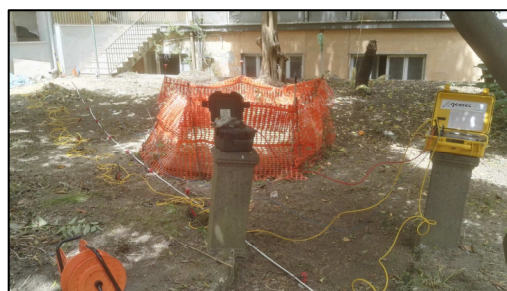
ALLEGATO A Planimetria con l'ubicazione delle indagini eseguite

ALLEGATO B Prove penetrometriche dinamiche D.P.

ALLEGATO C Prova sismica "M.A.S.W."

1. PREMESSA

Con Decreto Dirigenziale n° 40 del 20/04/2017 la REGIONE CAMPANIA – U.O.D. 04 Demanio & Patrimonio, affidava alla scrivente GEOTEC S.r.l. a seguito di preliminare indagine di mercato l'esecuzione di una serie di indagini geologiche e sulle strutture da condurre presso un immobile di sua proprietà sito nel comune di Napoli, alla piazza S. Maria degli Angeli n° 1.



Trattasi di una unità immobiliare posta al piano rialzato di un edificio storico, sede tra l'altro della 1° Municipalità cittadina, composto da una struttura originaria in muratura, da un corpo aggiunto realizzato con struttura portante in C.A., e da un ampio spazio esterno (giardino) pertinenziale; la proprietà attualmente versa in uno stato di abbandono, ma per essa è in corso una progettazione tesa al suo completo recupero e riammodernamento, per allocare la nuova Biblioteca dell'Istituto Italiano per gli Studi Filosofici (in seguito "Istituto") di Napoli.

A tal uopo, in ragione della opportunità di verificare, anche se a campione, le condizioni dei solai e delle murature verticali dell'immobile, oltre che della necessità di redigere una relazione geologica di accompagnamento del progetto esecutivo della Biblioteca, i tecnici incaricati, Ing. Rocco ORLANDO (strutturista) e il dott. Geol. Giuseppe D'ERRICO (geologo), richiedevano l'esecuzione delle indagini geologiche e strutturali minime ritenute occorrenti, e consistenti in:

INDAGINI SULLE STRUTTURE

- ✓ **n° 2 prove su murature con l'impiego** di martinetti piatti, con la tecnica **del doppio martinetto**, per la valutazione della resistenza a compressione e delle caratteristiche di deformabilità di due strutture murarie verticali a campione, con conseguente stima della tensione limite e dei moduli elastici associati;
- ✓ **n° 2 prove di carico quasi-statiche su solaio**, con la tecnica del carico distribuito, per la verifica in sito della tenuta di altrettanti orizzontamenti del piano di calpestio dell'impalcato superiore presi a campione;

INDAGINI GEOGNOSTICHE

- ✓ **n° 3 prove penetrometriche dinamiche standard (DPM)**, di cui due da realizzare presso il giardino, ed una presso le fondazioni della struttura in esame, per la verifica delle caratteristiche di resistenza meccanica dei terreni presenti nel sottosuolo;
- ✓ **n° 1 prova sismica con tecnica MASW**, per la definizione della categoria sismica di suolo ai sensi delle NTC 2008;
- ✓ **n° 1 indagine georadar** presso il giardino, al fine di escludere la presenza di cavità superficiali

di cui si relaziona nella presente **Relazione Tecnica finale**.

Nelle pagine che seguono si illustrano in dettaglio le attrezzature impiegate, le metodologie di riferimento e un'analisi sintetica dei risultati delle indagini condotte, illustrate in maniera più organica nelle tabelle, nei grafici e nelle elaborazioni grafiche allegate.

Alla Relazione si uniscono altresì tavole grafiche con l'ubicazione delle indagini, nonché un'ampia documentazione fotografica (su supporto USB).

2. METODOLOGIE E RISULTATI PROVE GEOTECNICHE IN SITO

2.1) Prove penetrometriche continue D.P. (Dynamic Probing)

Come anticipato in premessa, la campagna di indagine ha previsto la realizzazione di tre prove penetrometriche continue, di cui due all'interno del giardino pertinenziale, ed una terza presso uno scavo finalizzato alla verifica delle fondazioni della struttura.

Le prove sono state effettuate tra il 12/05 ed il 15/05/2017, al fine di desumere le principali caratteristiche geomeccaniche dei terreni presenti nel sottosuolo e di interesse progettuale.

Le prove sono state impostate e spinte a profondità diverse, in funzione della loro ubicazione, come sinteticamente riportato nella seguente tabella di riepilogo:

PROVA	UBICAZIONE	Profondità (m dal p.r.)	QUOTA DI ESECUZIONE
DP 1	Piano seminterrato	10,0	- 3,0 metri circa dal piano giardino
DP 2	Giardino	13,0	Piano giardino
DP 3	Giardino	13,0	Piano giardino
TOTALE		36,0 metri di profili	

Tab. 1 – Profondità raggiunte dalle prove penetrometriche dinamiche D.P..

Per p.r. si intende la quota di riferimento dell'indagine, che per quanto riguarda la DP1 è rappresentata dalla quota di fondo dello scavo preesistente realizzato nel seminterrato della struttura, mentre per quanto riguarda le DP2 e DP3 è la quota del giardino esterno (posto a circa + 3,0 metri rispetto alla quota del p.r. della DP1)

I risultati sono riportati nelle elaborazioni allegate (allegato CB, dove sono stati correlati "empiricamente" con le proprietà del terreno in sito quali il peso di volume, l'angolo d'attrito interno, la densità relativa, la coesione non drenata, il modulo edometrico, ecc., utilizzando le formule di correlazione ritenute più appropriate tra quelle proposte in letteratura, in funzione della profondità, della granulometria e della natura dei tipi litologici indagati, al fine di giungere ad una definizione il più corretta possibile dei parametri geotecnici dei terreni.

Ad ogni modo, si sottolinea che in virtù delle molte limitazioni dovute a fattori che influiscono sul comportamento non lineare e plastico dei terreni, tali interpretazioni forniscono soltanto una stima dei parametri geotecnici, e le correlazioni potranno essere eventualmente verificate criticamente alla luce di altri fattori che intervengono nell'interpretazione dei dati di campagna e che esulano da questa sede.

3. METODOLOGIE E RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE

3.1) Prova sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)

La prova MASW è una tecnica di indagine sismica di tipo “attivo”, tramite la quale vengono misurate indirettamente le velocità sismiche delle onde superficiali di Rayleigh a diverse frequenze.

La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S, i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

Tale metodo utilizza pertanto le onde di Rayleigh registrate da una serie di geofoni posti lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale, per la determinazione speditiva delle velocità delle onde di taglio V_s (“metodo indiretto”).

La prova oggetto del presente report è stata effettuata in data 11/05/2017, mediante uno stendimento di 24 geofoni posti ad una equidistanza di un metro, in virtù dell'estrema limitatezza degli spazi a disposizione.

L'indagine è stata condotta con l'ausilio di un sismografo della M.A.E., mod A6000-S, matricola M044453, del 2012, di proprietà della scrivente.

Essa ha permesso di individuare spessori e geometrie dei sismostrati sulla base della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s , di ricavare una stima, pur se del tutto indicativa, delle principali caratteristiche sismostratigrafiche degli stessi sismostrati, e soprattutto di classificare sismicamente il suolo oggetto di studio sulla base del parametro V_{s30} ai sensi della normativa antisismica vigente (NTC 2008).

Le metodologie specifiche di indagine e le risultanze complete sono riportate nello specifico report d'indagine in allegato C, mentre l'esito delle indagini sperimentali ai fini della caratterizzazione del sito indagato ai sensi delle NTC 2008 è sintetizzato nella tabella che segue:



PROVA	Vs30	Categoria di suolo (NTC 2008)
MASW 1	265 m/sec	C

Tab. 2 – Risultati della prova sismica MASW – “Giardino esterno P.zza S. Maria degli Angeli, 1 – NAPOLI”.

3.2) Tomografie geoelettriche

Come anticipato in premessa, la campagna di indagine prevedeva la realizzazione di un rilievo GPR (georadar), al fine di discriminare l'eventuale presenza di cavità sotterranee entro profondità di interesse progettuale.

Trattandosi il GPR di una tecnica di indagine con notevoli limiti in termini di profondità di indagine, veniva condivisa in fase esecutiva l'opportunità di ricorrere a soluzioni alternative, ed in particolare alla metodologia geoelettrica, quale indagine preliminare volta ad evidenziare eventuali ipogei nel sottosuolo.

3.2.1 Aspetti teorici del metodo

Le prospezioni geoelettriche multielettrodo permettono di acquisire in tempi ridotti, e mediante misure effettuate in superficie, un'elevata quantità di dati relativi alle caratteristiche di “resistività apparente” dei materiali presenti nel sottosuolo lungo uno (analisi in 2D) o più stendimenti (analisi in 2D e 3D).

Nelle ricostruzioni tomografiche, tali dati vengono successivamente elaborati, al fine di ottenere sezioni tomografiche dettagliate, in cui sono rappresentate variazioni laterali e verticali di resistività attraverso scale cromatiche, dalle quali si possono desumere informazioni circa la natura dei vari litotipi indagati, e all'interno di questi individuare quelli che si presentano maggiormente alterati.

A tale scopo, cioè per convertire i dati relativi alla distribuzione di resistività in informazioni geologiche, è importante conoscere i valori tipici di resistività per i differenti tipi di materiali, ed avere un quadro di riferimento circa la geologia dell'area indagata. La resistività dei terreni del sottosuolo, infatti, è influenzata da numerosi parametri geologici, come il contenuto di minerali e fluidi, la porosità, l'alterazione delle rocce, ecc..

Le misure vengono eseguite immettendo corrente nel sottosuolo attraverso due elettrodi, e misurando la differenza di potenziale ad altri due elettrodi. Utilizzando questi due parametri (I e V) e nota la geometria dei 4 elettrodi, si calcola la resistività apparente (ρ_a):

$$\rho_a = kV/I$$

che è una funzione della resistività del mezzo indagato dalla superficie alla profondità a cui è stata spinta la misura.

Attualmente, numerosi software disponibili in commercio consentono di determinare poi il valore reale di resistività, attraverso un'operazione preliminare ed un calcolo eseguito automaticamente, detta di INVERSIONE.

In sintesi, da uno o più stendimenti (o sondaggi) di geoelettrica, è possibile ricavare una tomografia elettrica, cioè una sezione di resistività, nella quale sono riportati i cambiamenti laterali e verticali del parametro misurato, lungo l'allineamento prescelto (stendimento).

3.2.2 Modalità esecutive

Al fine di discriminare eventuali ipogei nel sottosuolo, venivano programmati ed eseguiti due profili di tomografia geoelettrica, dislocati per il massimo approfondimento possibile nell'ambito del giardino, come evidenziato nello stralcio che segue:

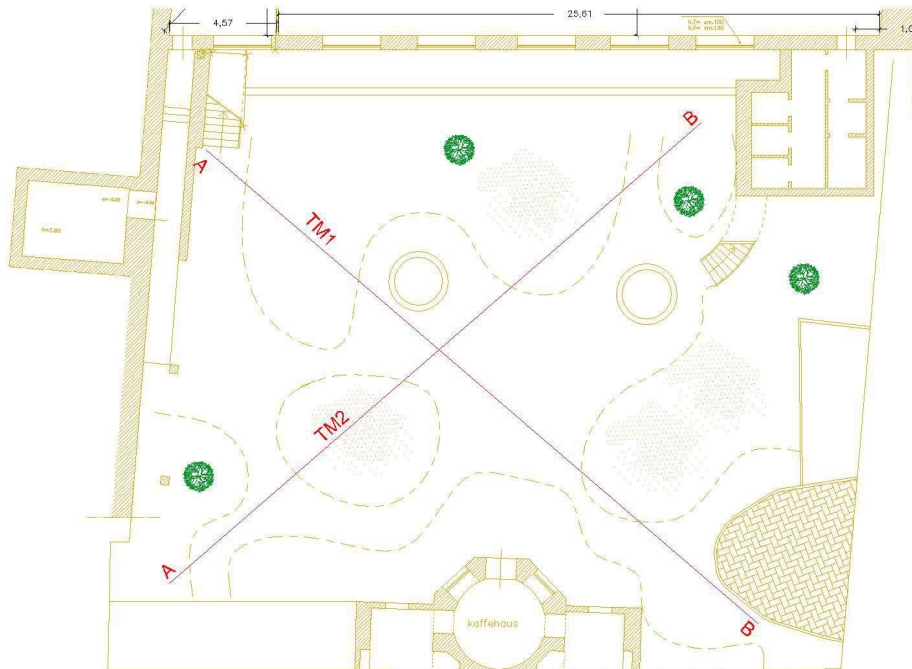


Fig. 1 – Ubicazione profili per Tomografie geoelettriche – giardino esterno P.zza S. Maria degli Angeli, 1 – NAPOLI.

**GEOTEC**engineering
and drilling

NAPOLI: via Consalvo 169 is. 8 - 80125 / Telefax +39 081 19363750

ROMA: via Tito Omboni, 10 – 00147 / Tel. +39 06 99291410 / fax: +39 06 62201346

www.geo-tec.it

Come evidente dall'analisi della figura precedente, il posizionamento dei profili è stato chiaramente condizionato dalla logistica dell'area, e dagli spazi a disposizione, che non hanno consentito di impiantare linee di misura molto lunghe.

Le geometrie di esecuzione e le conseguenti profondità di investigazione sono indicate nella tabella che segue:

<i>Tomografia geoelettrica</i>	<i>Spaziatura</i>	<i>Numero</i>	<i>Lunghezza sten</i>	<i>Profondità max</i>
TM1	1 m	32	31 m	7 m
TM2	2 m	16	30 m	7 m

Tab. 3 – Geometrie di esecuzione profili di geoelettrica – area esterna P.zza S. Maria degli Angeli, 1 – NAPOLI.

Le indagini sono state effettuate con Georesistivimetro MAE E-3000 M, acquisitore digitale modulare per prospezioni geoelettriche multielettrodo.

Il Georesistivimetro è dotato di un sistema di gestione automatica degli elettrodi, in grado cioè di commutare gli elettrodi disposti lungo la sezione da investigare in elettrodi di immissione di corrente (punti di energizzazione del terreno) e in elettrodi di misura del potenziale elettrico con tutte le possibili combinazioni quadripolari di Wenner, Schlumberger e Dipolo-Dipolo, attraverso l'utilizzo di box di espansione con n. 8 canali ciascuno e connettori con cavi per collegamenti fra box e georesistivimetro e fra box e box in cascata.

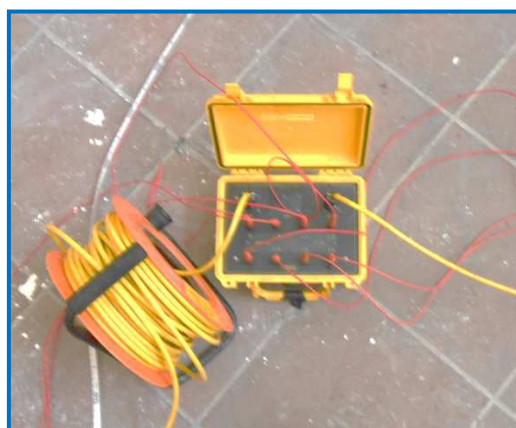


Fig. 2 – Strumentazione utilizzata

Nel caso in esame, i picchetti di acciaio sono stati infissi nel terreno, avendo cura di rendere i picchetti stessi solidali con il suolo vegetale. Questa operazione è indispensabile per minimizzare le resistenze di contatto, ovvero quel valore di resistenza proprio non del mezzo da investigare, bensì dell'interferenza elettrica data da uno scadente contatto elettrodo-terreno. Le fasi di acquisizione sono state precedute dalla verifica del buon contatto elettrico tra gli elettrodi e la superficie del mezzo da investigare; quindi, si è proceduto alle fasi di misura.

L'acquisizione dei dati è stata eseguita sia con configurazione Dipolo-Dipolo che Wenner, in modo da consentire il miglior confronto possibile dei dati in fase di post processing.

3.2.3. Elaborazione ed interpretazione dei dati Tomografici

Le misure di resistività elettrica sono state elaborate tramite software di inversione dati ZondRes2D della Zond Software.

Le tomografie 2D di resistività elettrica relative alle prospezioni geoelettriche multielettrodo eseguite sono state ricavate con il metodo di inversione Gauss-Newton per il calcolo della “matrice di Jacob”.

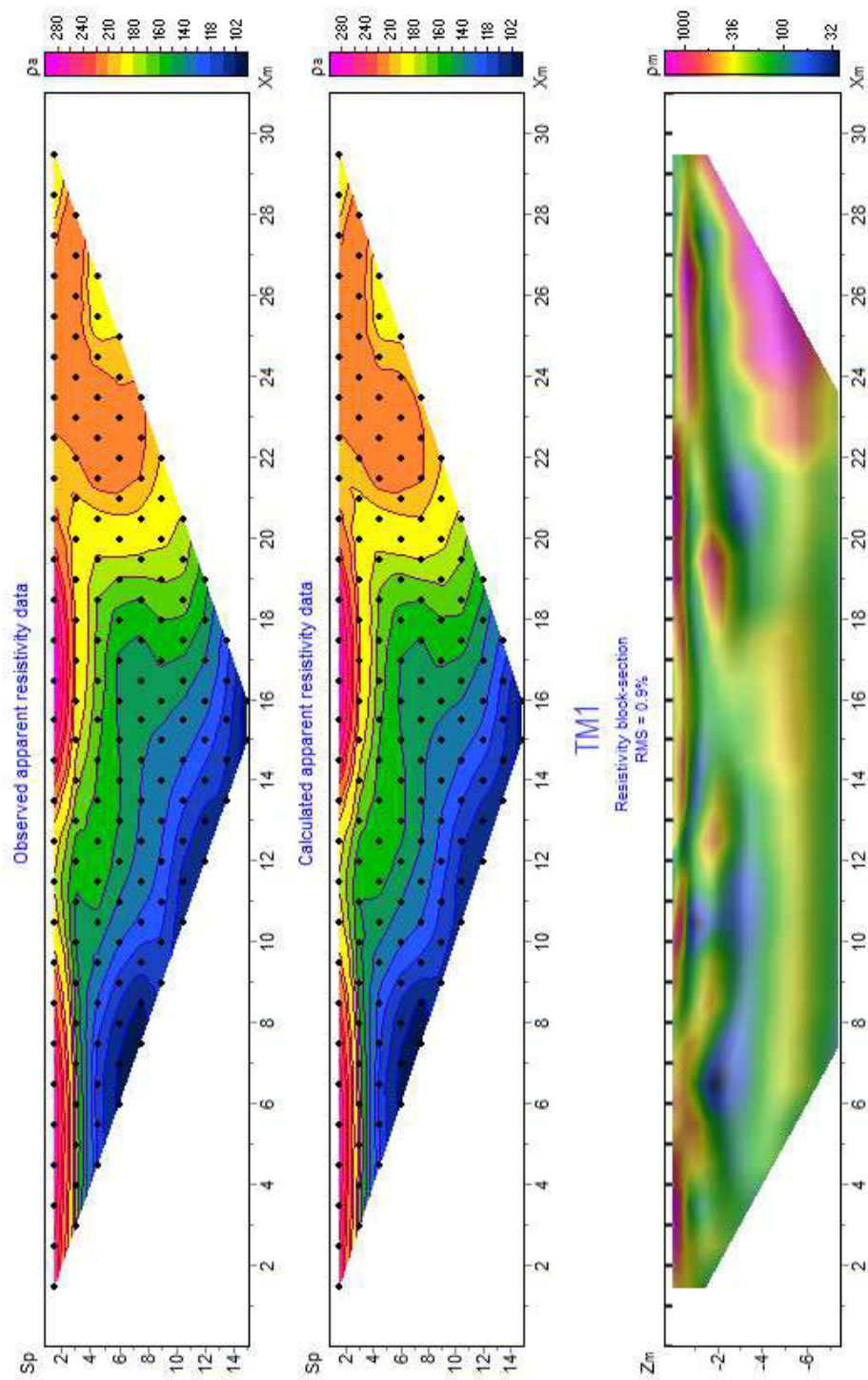
Nelle tavole allegate di seguito, si riporta in basso il modello di resistività reale ottenuto, mentre in alto sono riportate le misure di resistività apparente eseguite in campagna e quelle ottenute con il calcolo inverso.

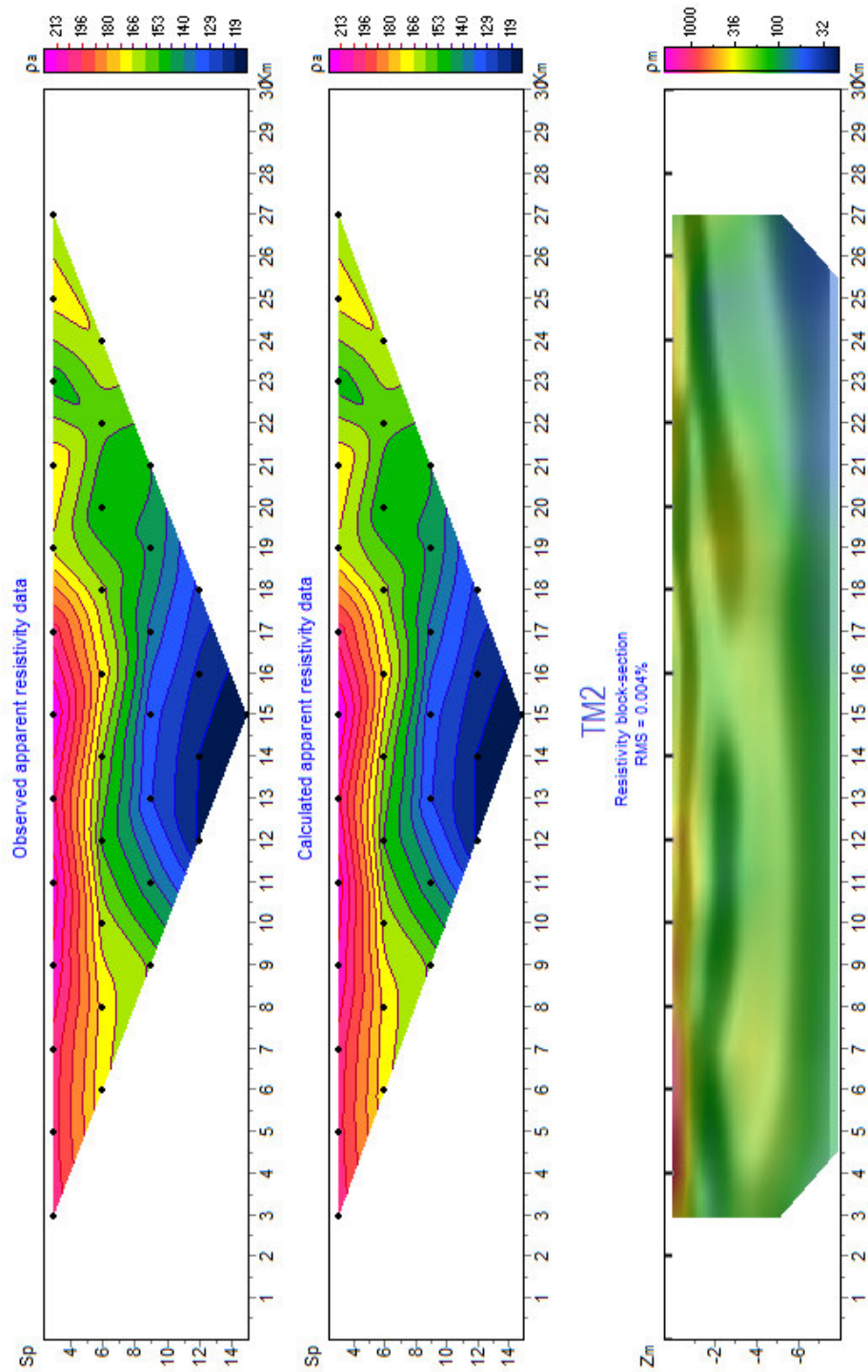
**GEOTEC**engineering
and drilling

NAPOLI: via Consalvo 169 is. 8 - 80125 / Telefax +39 081 19363750

ROMA: via Tito Omboni, 10 – 00147 / Tel. +39 06 99291410 / fax: +39 06 62201346

www.geo-tec.it





La sovrapposizione del modello di resistività misurato (Measured Apparent Resistivity) con il modello di resistività calcolato dal software (Calculated Apparent Resistivity) viene espresso con un valore percentuale; tanto più è basso tale valore, migliore è l'interpretazione in termini di posizione ed estensione delle anomalie sulla sezione di resistività reale (Inverse Model Resistivity Section).

Nel caso in esame, avendo effettuato rilevamenti tomografici in un'area con noise di fondo molto limitato, sono stati ottenuti valori percentuali di sovrapposizione al disotto dell' 1%, per un'ottima risoluzione dell'interpretazione.

Tenendo nella giusta considerazione tali premesse, si è passati alla fase di interpretazione dei dati, per la qual cosa come detto risulta fondamentale conoscere il valore tipico di resistività per i principali “mezzi geologici” investigati (tab. 4).

LITOTIPO	ρ (Ω m)	ϕ (%)
Acqua	10÷100	-
Acqua di mare	2÷3	-
Arenarie	200÷5000	7÷30
Argille	1÷50	40÷70
Calcari	300÷10000	2÷30
Detrito alluvionale	50÷1000	15÷60
Dolomie	500÷10000	2÷20
Sabbie e Ghiaie	70÷700	30÷60
Graniti	1000÷20000	0.2÷0.8
Marne	100÷300	8÷15
Piroclastiti	50÷600	15÷60
Rocce ignee	100÷10000	30÷10
Suolo di copertura	10÷200	60÷90
Tufi	150÷900	10÷40

Tab. 4 – Valori indicativi di resistività ($\Omega m \cdot x$ m) di alcuni litotipi e dell'acqua.

Inoltre, per una migliore chiarezza nella lettura dei dati ottenuti, di seguito viene restituito un block diagram 3D delle tomografie eseguite.

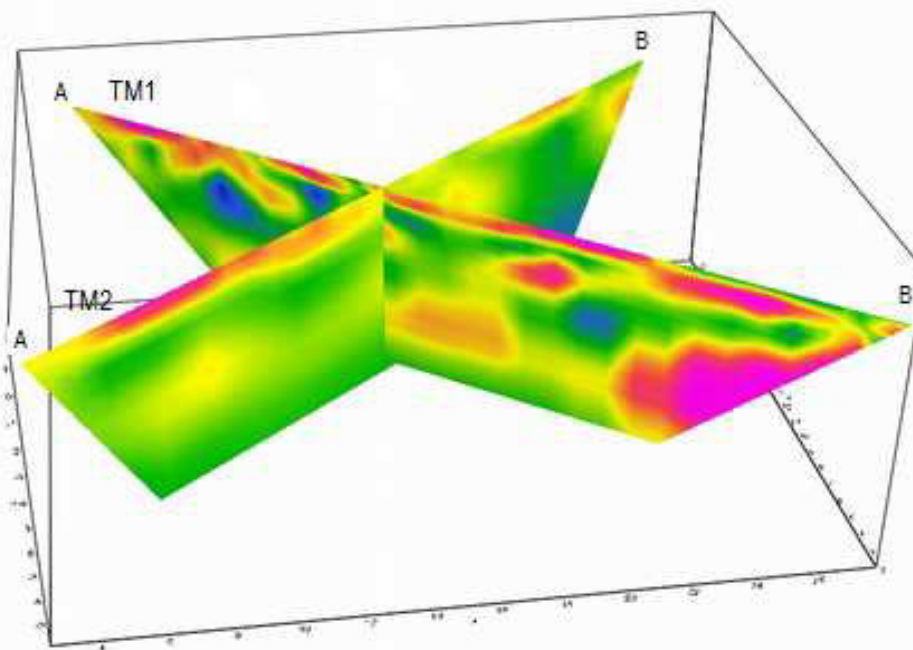


Fig. 3 – Diagramma 3D delle due tomografie ottenute – P.zza S.- Maria degli Angeli – NAPOLI.

Per uniformare i dati, entrambi i profili sono stati restituiti con la stessa scala di resistività; sia nel profilo TM1 che nel profilo TM2 i valori “anomali” di interesse ai fini della presente indagine sono sicuramente da ricercare nelle aree con resistività al disopra degli 800 ohm*m, evidenziati con il colore viola scuro

Questo perché i terreni di fondazione sono costituiti essenzialmente da termini piroclastici, sia in giacitura primaria sia secondaria; in questi litotipi i valori di resistività possono variare tra i 30/50 ed i 600/800 ohm*m in funzione delle caratteristiche di giacitura, di tessitura e di porosità e, quindi, di umidità.

Risulta evidente, pertanto, che valori di resistività al disotto dei 30 ohm*m con il colore blu scuro indichino aree umide, mentre i valori di resistività che variano tra i 30 ed i 800 ohm*m nella banda dei colori che va dal blu chiaro all’arancione sono compatibili con i sedimenti piroclastici più o meno asciutti e/o più o meno addensati.

Le aree con valori oltre gli 800 e fino ai 1200 ohm*m nella banda dei colori che va dal rosso al viola devono essere opportunamente interpretate.

Per quanto riguarda la posizione e l’estensione delle anomalie, prudenzialmente è opportuno riferirsi alla parte centrale dell’anomalia stessa, considerando che la sfumatura

di colori al contorno è chiaramente dovuta all'algoritmo matematico che deve necessariamente utilizzare tutto lo spettro per passare da un valore di resistività basso ad uno alto.

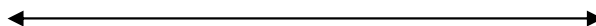
Alla luce di quanto esposto si possono trarre le seguenti conclusioni:

In entrambe le sezioni TM1 e TM2 si evidenzia un back ground costituito da uno spessore di sedimenti piroclastici generalmente asciutti, ma con aree, non molto estese, più umide.

Nella sola sezione TM1 si evidenzia una estesa anomalia con valori che superano i 1000 ohm*m; questa può essere normalmente attribuita ad una caratteristica litostratigrafica locale, ma potrebbe prudenzialmente anche rappresentare un piccolo ambiente ipogeo.

L'ottima risoluzione di elaborazione consente di definire la posizione di questa anomalia come altamente probabile.

Ciò detto, tali risultanze devono essere considerate ipotesi di lavoro che devono essere confermate o confutate da ulteriori metodologie di indagine, preferibilmente dirette. Lo studio, completato con tali ulteriori indagini, e dalla conoscenza d'insieme della problematica, porterà ad attribuire in maniera univoca le anomalie riscontrate alle cause che le hanno generate.



Seguono in allegato, come anticipato, gli altri elaborati di restituzione dei dati acquisiti.

Napoli, 19 maggio 2017

GEOTEC S.r.l.




Dr. Geol. Marco Mancuso
Direttore Tecnico

Abilitazione all'esercizio della professione n° 1854/98



geotec

engineering
and drilling

NAPOLI: via Consalvo 169 is. 8 - 80125 / Telefax +39 081 19363750

ROMA: via Tito Omboni, 10 – 00147 / Tel. +39 06 99291410 / fax: +39 06 62201346

www.geo-tec.it

ALLEGATO A

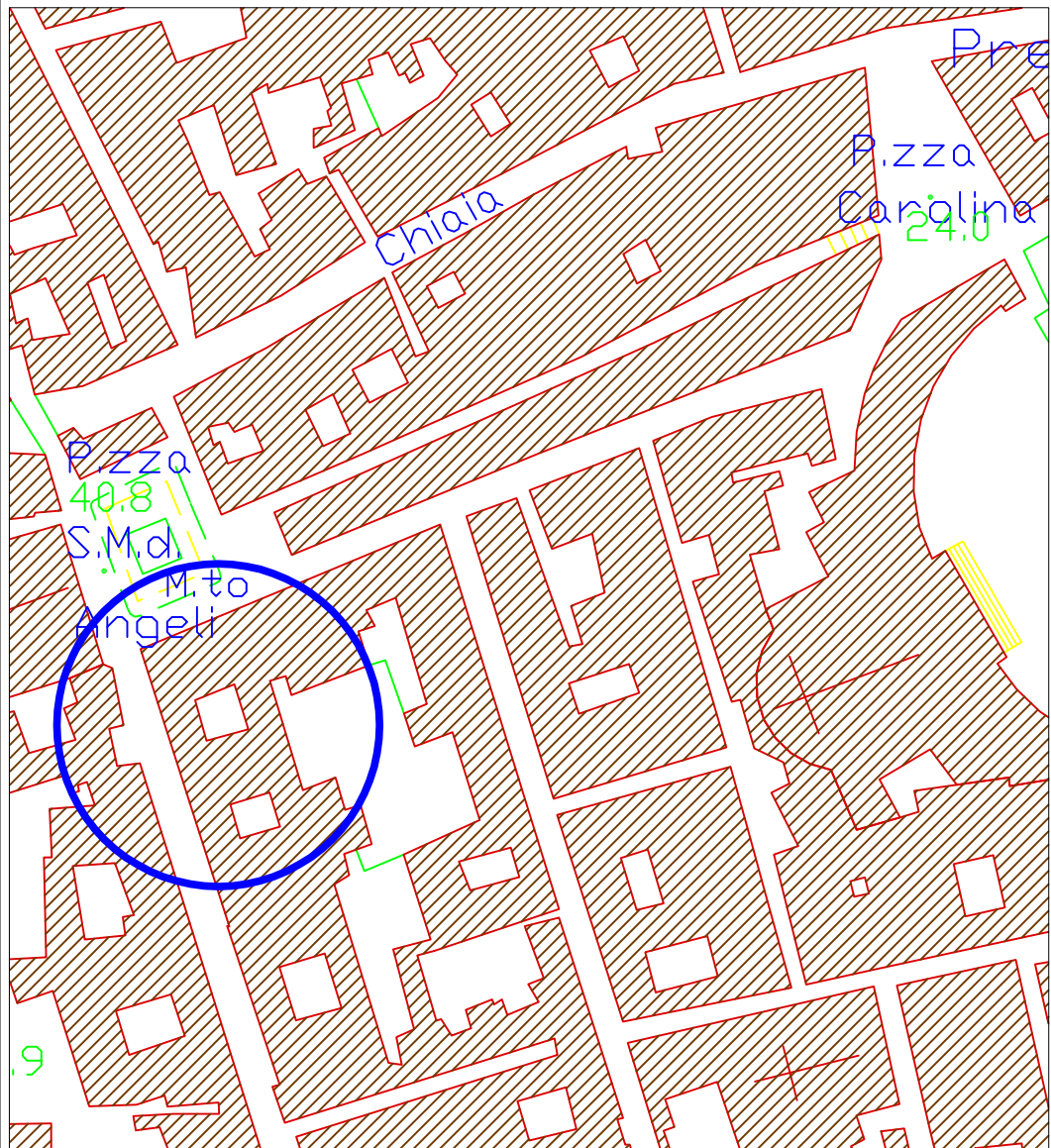
Planimetria con l'ubicazione delle indagini eseguite



NAPOLI: via Consalvo 169 is. 8 - 80125 / Telefax +39 081 19363750

ROMA: via Tito Omboni, 10 – 00147 / Tel. +39 06 99291410 / fax: +39 06 62201346

www.geo-tec.it



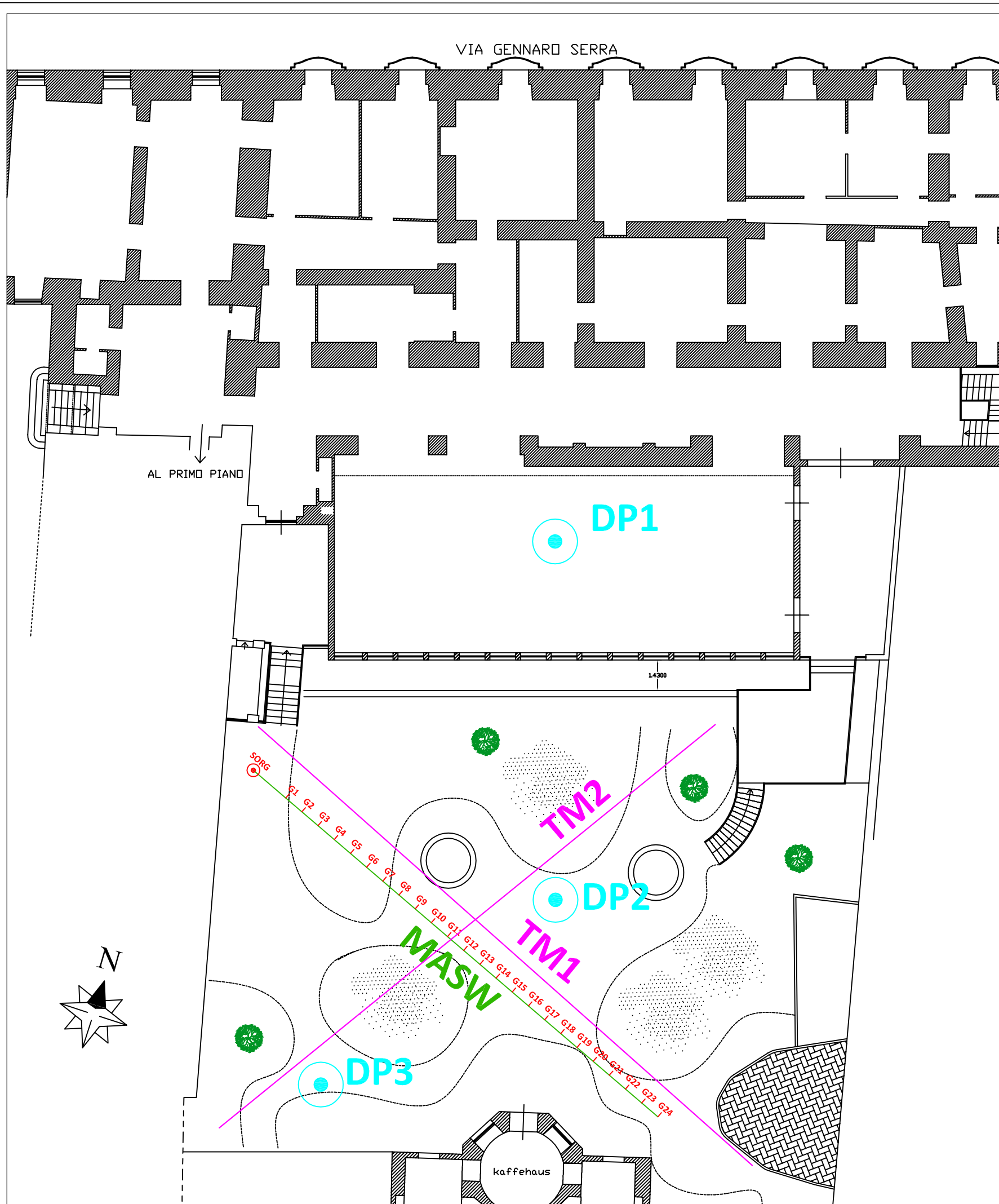
Inquadramento territoriale con l'ubicazione dell'area in esame

LEGENDA

MASW Stendimento sismico MASW

DP Prove penetrometriche dinamiche

TM1 Tomografia geoelettrica



ALLEGATO B

Prove penetrometriche dinamiche D.P.



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: Regione Campania UOD04 (Demanio & Patrimonio)

Progetto: Realizzazione della Biblioteca dell'Istituto Italiano degli Studi Filosofici

Località: Piazza Santa Maria degli Angeli, 1 - NAPOLI

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DEEP DRILL

Rif. Norme	DL -30 (60°)
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	13 Kg
Diametro punta conica	35,70 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	0.80 m
Peso aste a metro	2,93 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,766
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °



Il Direttore del Laboratorio:
Geol. Marco Mancuso

Il Responsabile di sito:
Geol. Sergio Palmieri

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi d) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) d
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	M ≤ 10	8
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40 ≤ M < 60	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	M ≥ 60	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
- massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento d = 10 cm, punta conica

($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 20 \text{ kg}$, altezza di caduta $H=0.20 \text{ m}$, avanzamento $d = 10 \text{ cm}$, punta conica

($\alpha= 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 73 \text{ kg}$, altezza di caduta $H=0.75 \text{ m}$, avanzamento $d=30 \text{ cm}$, punta conica ($\alpha = 60^\circ$),

diametro D = 50.8 mm, area base cono $A=20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente $M=63.5 \text{ kg}$, altezza caduta $H=0.75 \text{ m}$, avanzamento $d=20-30 \text{ cm}$, punta conica conica ($\alpha =$

$60^\circ-90^\circ$) diametro D = 50.5 mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = b_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

d = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (d/ N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$Nspt_k = Nspt_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt})$$

dove σ_{Nspt} è la deviazione standard di $Nspt$

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $Nspt_k$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di $Nspt$ distribuiti normalmente:

$$Nspt_k = Nspt_{medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati $Nspt$ il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se $Nspt$ dello strato considerato risulta inferiore a $Nspt$ critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione $Nspt$ in presenza di falda

$Nspt_{corretto} = 15 + 0.5 \times (Nspt - 15)$

$Nspt$ è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) ≥ 5 t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da ϕ %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) ≥ 15 t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .

- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $g = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 ($N_{spt} = 0$) a 1,99 ($N_{spt} = 95$)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981. Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio t e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi**Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u min-max.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cm²) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cm²) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cm²), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cm²)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($N_{spt}=0$) a 0,545 ($N_{spt}=28$)

PROVA PENETROMETRICA DP1**RISULTATI DELLA PROVA E PARAMETRI DI BASE**

Strumento utilizzato DEEP DRILL
 Prova eseguita in data 12/05/2017
 Profondità prova 10,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	3	0	0,857	0,84	0,98	42,06	49,10
0,20	2	0	0,855	0,56	0,65	27,97	32,73
0,30	3	0	0,853	0,84	0,98	41,86	49,10
0,40	3	0	0,851	0,84	0,98	41,77	49,10
0,50	2	0	0,849	0,56	0,65	27,78	32,73
0,60	3	0	0,847	0,83	0,98	41,59	49,10
0,70	3	0	0,845	0,83	0,98	41,49	49,10
0,80	3	0	0,843	0,83	0,98	41,41	49,10
0,90	3	0	0,842	0,78	0,93	39,19	46,57
1,00	3	0	0,840	0,78	0,93	39,10	46,57
1,10	3	0	0,838	0,78	0,93	39,02	46,57
1,20	5	0	0,836	1,30	1,55	64,90	77,61
1,30	6	0	0,835	1,55	1,86	77,73	93,13
1,40	5	0	0,833	1,29	1,55	64,64	77,61
1,50	6	0	0,831	1,55	1,86	77,41	93,13
1,60	3	0	0,830	0,77	0,93	38,63	46,57
1,70	5	0	0,828	1,29	1,55	64,26	77,61
1,80	4	0	0,826	1,03	1,24	51,31	62,09
1,90	6	0	0,825	1,46	1,77	73,05	88,57
2,00	4	0	0,823	0,97	1,18	48,61	59,05
2,10	4	0	0,822	0,97	1,18	48,52	59,05
2,20	4	0	0,820	0,97	1,18	48,43	59,05
2,30	6	0	0,819	1,45	1,77	72,51	88,57
2,40	5	0	0,817	1,21	1,48	60,31	73,81
2,50	3	0	0,816	0,72	0,89	36,12	44,28
2,60	2	0	0,814	0,48	0,59	24,04	29,52
2,70	4	0	0,813	0,96	1,18	47,99	59,05
2,80	4	0	0,811	0,96	1,18	47,91	59,05
2,90	4	0	0,810	0,91	1,13	45,60	56,29
3,00	3	0	0,809	0,68	0,84	34,14	42,22
3,10	5	0	0,807	1,14	1,41	56,80	70,36
3,20	3	0	0,806	0,68	0,84	34,03	42,22
3,30	3	0	0,805	0,68	0,84	33,97	42,22
3,40	3	0	0,803	0,68	0,84	33,92	42,22
3,50	5	0	0,802	1,13	1,41	56,44	70,36
3,60	3	0	0,801	0,68	0,84	33,81	42,22
3,70	4	0	0,800	0,90	1,13	45,01	56,29
3,80	5	0	0,798	1,12	1,41	56,18	70,36
3,90	2	0	0,797	0,43	0,54	21,44	26,89
4,00	2	0	0,796	0,43	0,54	21,40	26,89
4,10	2	0	0,795	0,43	0,54	21,37	26,89
4,20	2	0	0,794	0,43	0,54	21,34	26,89
4,30	2	0	0,793	0,43	0,54	21,31	26,89
4,40	2	0	0,791	0,43	0,54	21,28	26,89

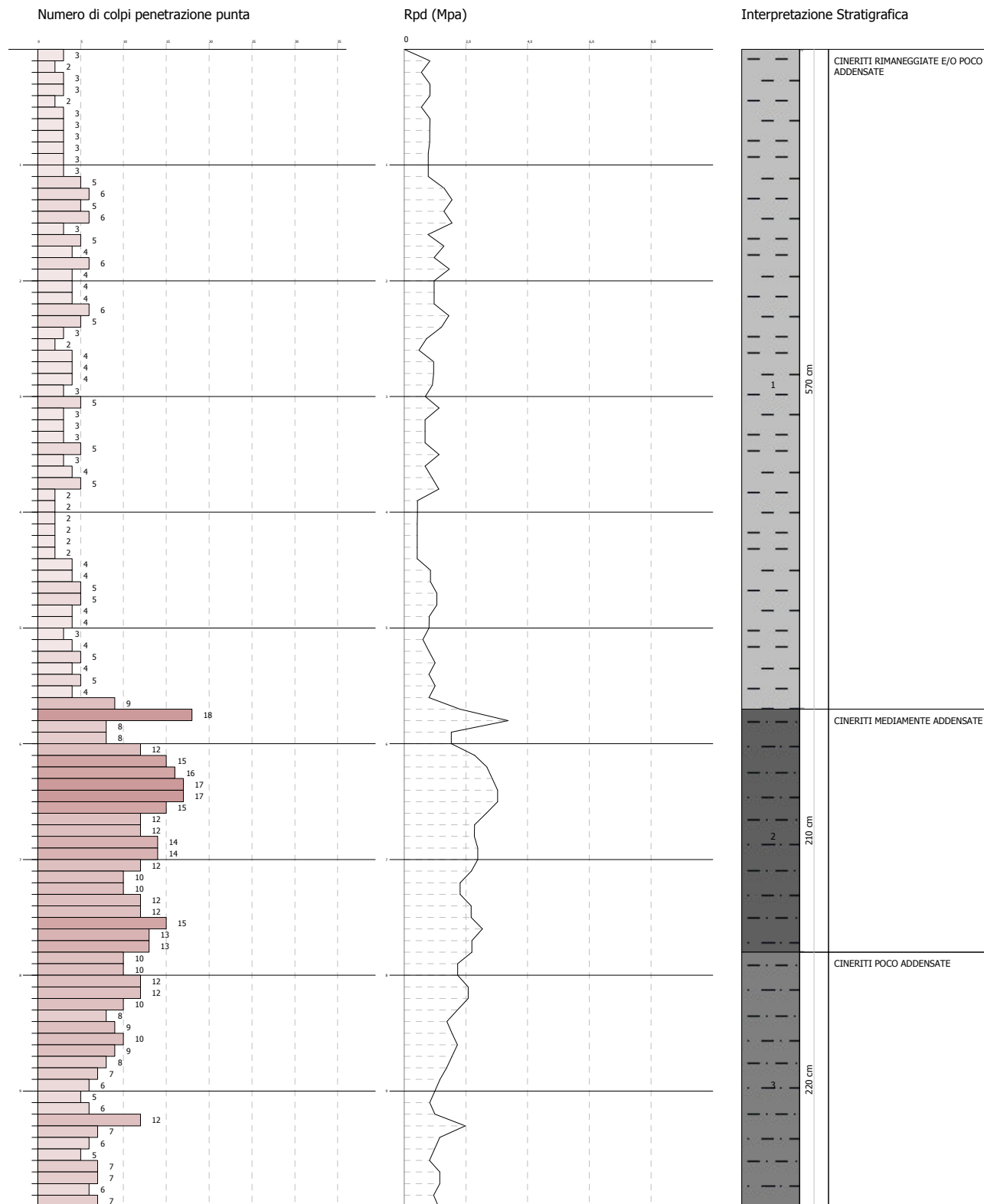
4,50	4	0	0,790	0,85	1,08	42,50	53,78
4,60	4	0	0,789	0,85	1,08	42,44	53,78
4,70	5	0	0,788	1,06	1,34	52,98	67,22
4,80	5	0	0,787	1,06	1,34	52,91	67,22
4,90	4	0	0,786	0,81	1,03	40,46	51,48
5,00	4	0	0,785	0,81	1,03	40,41	51,48
5,10	3	0	0,784	0,61	0,77	30,27	38,61
5,20	4	0	0,783	0,81	1,03	40,31	51,48
5,30	5	0	0,782	1,01	1,29	50,32	64,35
5,40	4	0	0,781	0,80	1,03	40,21	51,48
5,50	5	0	0,780	1,00	1,29	50,20	64,35
5,60	4	0	0,779	0,80	1,03	40,11	51,48
5,70	9	0	0,778	1,80	2,32	90,14	115,83
5,80	18	0	0,727	3,37	4,63	168,48	231,65
5,90	8	0	0,776	1,53	1,97	76,66	98,74
6,00	8	0	0,775	1,53	1,97	76,57	98,74
6,10	12	0	0,775	2,29	2,96	114,72	148,11
6,20	15	0	0,724	2,68	3,70	133,99	185,13
6,30	16	0	0,723	2,85	3,95	142,75	197,48
6,40	17	0	0,722	3,03	4,20	151,49	209,82
6,50	17	0	0,721	3,03	4,20	151,32	209,82
6,60	15	0	0,720	2,67	3,70	133,36	185,13
6,70	12	0	0,770	2,28	2,96	113,98	148,11
6,80	12	0	0,769	2,28	2,96	113,86	148,11
6,90	14	0	0,718	2,38	3,32	119,17	165,99
7,00	14	0	0,717	2,38	3,32	119,04	165,99
7,10	12	0	0,766	2,18	2,85	109,04	142,28
7,20	10	0	0,766	1,82	2,37	90,78	118,57
7,30	10	0	0,765	1,81	2,37	90,69	118,57
7,40	12	0	0,764	2,17	2,85	108,72	142,28
7,50	12	0	0,763	2,17	2,85	108,62	142,28
7,60	15	0	0,713	2,54	3,56	126,75	177,85
7,70	13	0	0,712	2,19	3,08	109,74	154,13
7,80	13	0	0,711	2,19	3,08	109,63	154,13
7,90	10	0	0,761	1,74	2,28	86,77	114,08
8,00	10	0	0,760	1,73	2,28	86,69	114,08
8,10	12	0	0,759	2,08	2,74	103,93	136,89
8,20	12	0	0,759	2,08	2,74	103,84	136,89
8,30	10	0	0,758	1,73	2,28	86,46	114,08
8,40	8	0	0,757	1,38	1,83	69,11	91,26
8,50	9	0	0,757	1,55	2,05	77,68	102,67
8,60	10	0	0,756	1,72	2,28	86,24	114,08
8,70	9	0	0,755	1,55	2,05	77,55	102,67
8,80	8	0	0,755	1,38	1,83	68,88	91,26
8,90	7	0	0,754	1,16	1,54	58,02	76,94
9,00	6	0	0,753	0,99	1,32	49,69	65,95
9,10	5	0	0,753	0,83	1,10	41,38	54,96
9,20	6	0	0,752	0,99	1,32	49,61	65,95
9,30	12	0	0,752	1,98	2,64	99,14	131,90
9,40	7	0	0,751	1,16	1,54	57,79	76,94
9,50	6	0	0,751	0,99	1,32	49,50	65,95
9,60	5	0	0,750	0,82	1,10	41,21	54,96
9,70	7	0	0,749	1,15	1,54	57,66	76,94
9,80	7	0	0,749	1,15	1,54	57,61	76,94
9,90	6	0	0,748	0,95	1,27	47,61	63,63
10,00	7	0	0,748	1,11	1,48	55,50	74,23

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DP1
Strumento utilizzato... DEEP DRILL

Committente: Regione Campania
Cantiere: Biblioteca dell'Istituto Italiano degli Studi Filosofici
Località: Piazza Santa Maria degli Angeli - Napoli

Data: 12/05/2017

Scala 1:50



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (TERRENI INCOERENTI)**Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - CINERITI RIMANEGGiate E/O POCO ADDENSATE	2,92	5,70	2,92	Gibbs & Holtz 1957	34,18
[2] - CINERITI MEDIAMENTE ADDENSATE	10,03	7,80	10,03	Gibbs & Holtz 1957	51,5
[3] - CINERITI POCO ADDENSATE	6,24	10,00	6,24	Gibbs & Holtz 1957	37,08

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - CINERITI RIMANEGGiate E/O POCO ADDENSATE	2,92	5,70	2,92	Peck-Hanson-Thorn burn-Meyerhof 1956	27,83
[2] - CINERITI MEDIAMENTE ADDENSATE	10,03	7,80	10,03	Peck-Hanson-Thorn burn-Meyerhof 1956	29,87
[3] - CINERITI POCO ADDENSATE	6,24	10,00	6,24	Peck-Hanson-Thorn burn-Meyerhof 1956	28,78

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - CINERITI RIMANEGGiate E/O POCO ADDENSATE	2,92	5,70	2,92	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - CINERITI MEDIAMENTE ADDENSATE	10,03	7,80	10,03	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - CINERITI POCO ADDENSATE	6,24	10,00	6,24	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
[1] - CINERITI RIMANEGGiate E/O POCO ADDENSATE	2,92	5,70	2,92	Meyerhof ed altri	14,22
[2] - CINERITI MEDIAMENTE ADDENSATE	10,03	7,80	10,03	Meyerhof ed altri	16,97
[3] - CINERITI POCO ADDENSATE	6,24	10,00	6,24	Meyerhof ed altri	15,59

PROVA PENETROMETRICA DP2**RISULTATI DELLA PROVA E PARAMETRI DI BASE**

Strumento utilizzato DEEP DRILL
 Prova eseguita in data 15/05/2017
 Profondità prova 13,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	6	0	0,857	1,68	1,96	84,11	98,19
0,20	8	0	0,855	2,24	2,62	111,89	130,93
0,30	8	0	0,853	2,23	2,62	111,64	130,93
0,40	30	0	0,751	7,37	9,82	368,61	490,97
0,50	30	0	0,749	7,35	9,82	367,68	490,97
0,60	20	0	0,797	5,22	6,55	260,87	327,31
0,70	20	0	0,795	5,21	6,55	260,27	327,31
0,80	12	0	0,843	3,31	3,93	165,62	196,39
0,90	8	0	0,842	2,09	2,48	104,50	124,18
1,00	13	0	0,790	3,19	4,04	159,36	201,79
1,10	20	0	0,788	4,89	6,21	244,63	310,45
1,20	14	0	0,786	3,42	4,35	170,87	217,31
1,30	7	0	0,835	1,81	2,17	90,68	108,66
1,40	6	0	0,833	1,55	1,86	77,57	93,13
1,50	6	0	0,831	1,55	1,86	77,41	93,13
1,60	6	0	0,830	1,55	1,86	77,26	93,13
1,70	6	0	0,828	1,54	1,86	77,11	93,13
1,80	7	0	0,826	1,80	2,17	89,79	108,66
1,90	8	0	0,825	1,95	2,36	97,40	118,09
2,00	7	0	0,823	1,70	2,07	85,06	103,33
2,10	5	0	0,822	1,21	1,48	60,64	73,81
2,20	6	0	0,820	1,45	1,77	72,64	88,57
2,30	6	0	0,819	1,45	1,77	72,51	88,57
2,40	13	0	0,767	2,94	3,84	147,22	191,90
2,50	14	0	0,766	3,16	4,13	158,24	206,66
2,60	20	0	0,764	4,51	5,90	225,63	295,23
2,70	17	0	0,763	3,83	5,02	191,43	250,95
2,80	16	0	0,761	3,60	4,72	179,84	236,19
2,90	8	0	0,810	1,82	2,25	91,19	112,58
3,00	4	0	0,809	0,91	1,13	45,52	56,29
3,10	7	0	0,807	1,59	1,97	79,53	98,50
3,20	7	0	0,806	1,59	1,97	79,39	98,50
3,30	9	0	0,805	2,04	2,53	101,91	126,65
3,40	8	0	0,803	1,81	2,25	90,44	112,58
3,50	5	0	0,802	1,13	1,41	56,44	70,36
3,60	6	0	0,801	1,35	1,69	67,62	84,43
3,70	9	0	0,800	2,03	2,53	101,27	126,65
3,80	12	0	0,798	2,70	3,38	134,82	168,86
3,90	11	0	0,797	2,36	2,96	117,89	147,88
4,00	11	0	0,796	2,35	2,96	117,72	147,88

4,10	7	0	0,795	1,50	1,88	74,80	94,11
4,20	7	0	0,794	1,49	1,88	74,69	94,11
4,30	9	0	0,793	1,92	2,42	95,90	121,00
4,40	6	0	0,791	1,28	1,61	63,84	80,66
4,50	5	0	0,790	1,06	1,34	53,13	67,22
4,60	4	0	0,789	0,85	1,08	42,44	53,78
4,70	5	0	0,788	1,06	1,34	52,98	67,22
4,80	10	0	0,787	2,12	2,69	105,82	134,44
4,90	18	0	0,736	3,41	4,63	170,51	231,65
5,00	25	0	0,685	4,41	6,43	220,40	321,74
5,10	25	0	0,684	4,40	6,43	220,07	321,74
5,20	10	0	0,783	2,02	2,57	100,77	128,70
5,30	6	0	0,782	1,21	1,54	60,39	77,22
5,40	6	0	0,781	1,21	1,54	60,31	77,22
5,50	7	0	0,780	1,41	1,80	70,28	90,09
5,60	8	0	0,779	1,60	2,06	80,22	102,96
5,70	5	0	0,778	1,00	1,29	50,08	64,35
5,80	4	0	0,777	0,80	1,03	40,01	51,48
5,90	3	0	0,776	0,57	0,74	28,75	37,03
6,00	4	0	0,775	0,77	0,99	38,28	49,37
6,10	4	0	0,775	0,76	0,99	38,24	49,37
6,20	5	0	0,774	0,95	1,23	47,75	61,71
6,30	4	0	0,773	0,76	0,99	38,16	49,37
6,40	6	0	0,772	1,14	1,48	57,17	74,05
6,50	6	0	0,771	1,14	1,48	57,11	74,05
6,60	4	0	0,770	0,76	0,99	38,03	49,37
6,70	4	0	0,770	0,76	0,99	37,99	49,37
6,80	3	0	0,769	0,57	0,74	28,46	37,03
6,90	4	0	0,768	0,73	0,95	36,42	47,43
7,00	7	0	0,767	1,27	1,66	63,67	83,00
7,10	9	0	0,766	1,64	2,13	81,78	106,71
7,20	13	0	0,716	2,21	3,08	110,31	154,13
7,30	13	0	0,715	2,20	3,08	110,19	154,13
7,40	16	0	0,714	2,71	3,79	135,48	189,70
7,50	15	0	0,713	2,54	3,56	126,88	177,85
7,60	16	0	0,713	2,70	3,79	135,20	189,70
7,70	20	0	0,712	3,38	4,74	168,83	237,13
7,80	20	0	0,711	3,37	4,74	168,67	237,13
7,90	20	0	0,711	3,24	4,56	162,12	228,15
8,00	30	0	0,660	4,52	6,84	225,84	342,23
8,10	28	0	0,659	4,21	6,39	210,57	319,41
8,20	17	0	0,709	2,75	3,88	137,41	193,93
8,30	19	0	0,708	3,07	4,33	153,43	216,74
8,40	19	0	0,707	3,07	4,33	153,29	216,74
8,50	25	0	0,657	3,75	5,70	187,26	285,19
8,60	22	0	0,656	3,29	5,02	164,63	250,97
8,70	26	0	0,655	3,89	5,93	194,37	296,60
8,80	29	0	0,655	4,33	6,62	216,59	330,82
8,90	23	0	0,654	3,31	5,06	165,36	252,80
9,00	18	0	0,703	2,78	3,96	139,18	197,84
9,10	11	0	0,753	1,82	2,42	91,03	120,90
9,20	11	0	0,752	1,82	2,42	90,95	120,90
9,30	12	0	0,752	1,98	2,64	99,14	131,90
9,40	12	0	0,751	1,98	2,64	99,07	131,90
9,50	15	0	0,701	2,31	3,30	115,50	164,87
9,60	15	0	0,700	2,31	3,30	115,40	164,87
9,70	13	0	0,699	2,00	2,86	99,93	142,89
9,80	8	0	0,749	1,32	1,76	65,84	87,93
9,90	7	0	0,748	1,11	1,48	55,54	74,23

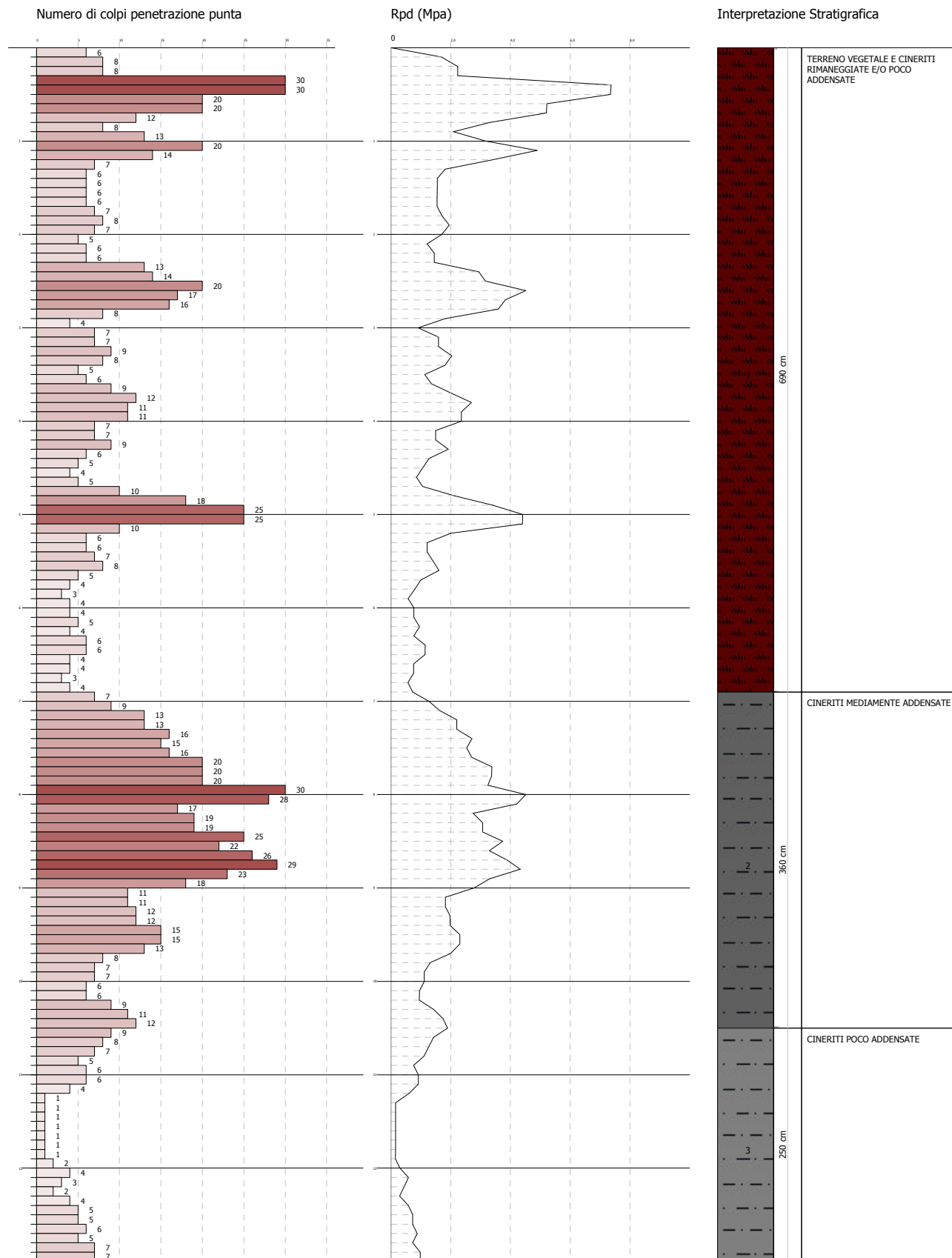
10,00	7	0	0,748	1,11	1,48	55,50	74,23
10,10	6	0	0,747	0,95	1,27	47,54	63,63
10,20	6	0	0,747	0,95	1,27	47,50	63,63
10,30	9	0	0,746	1,42	1,91	71,20	95,44
10,40	11	0	0,746	1,74	2,33	86,96	116,65
10,50	12	0	0,745	1,90	2,55	94,80	127,25
10,60	9	0	0,744	1,42	1,91	71,05	95,44
10,70	8	0	0,744	1,26	1,70	63,11	84,83
10,80	7	0	0,743	1,10	1,48	55,18	74,23
10,90	5	0	0,743	0,76	1,02	38,05	51,22
11,00	6	0	0,742	0,91	1,23	45,63	61,46
11,10	6	0	0,742	0,91	1,23	45,59	61,46
11,20	4	0	0,741	0,61	0,82	30,37	40,97
11,30	1	0	0,741	0,15	0,20	7,59	10,24
11,40	1	0	0,740	0,15	0,20	7,58	10,24
11,50	1	0	0,740	0,15	0,20	7,58	10,24
11,60	1	0	0,739	0,15	0,20	7,57	10,24
11,70	1	0	0,739	0,15	0,20	7,57	10,24
11,80	1	0	0,738	0,15	0,20	7,56	10,24
11,90	1	0	0,738	0,15	0,20	7,31	9,91
12,00	2	0	0,737	0,29	0,40	14,61	19,81
12,10	4	0	0,737	0,58	0,79	29,19	39,63
12,20	3	0	0,736	0,44	0,59	21,88	29,72
12,30	2	0	0,736	0,29	0,40	14,58	19,81
12,40	4	0	0,735	0,58	0,79	29,13	39,63
12,50	5	0	0,735	0,73	0,99	36,39	49,53
12,60	5	0	0,734	0,73	0,99	36,37	49,53
12,70	6	0	0,734	0,87	1,19	43,61	59,44
12,80	5	0	0,733	0,73	0,99	36,31	49,53
12,90	7	0	0,733	0,98	1,34	49,19	67,14
13,00	7	0	0,732	0,98	1,34	49,15	67,14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DP2
Strumento utilizzato... DEEP DRILL

Committente: Regione Campania
Cantiere: Biblioteca dell'Istituto Italiano degli Studi Filosofici
Località: Piazza Santa Maria degli Angeli - Napoli

Data: 15/05/2017

Scala 1:60



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (TERRENI INCOERENTI)**Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - TERRENO VEGETALE E CINERITI RIMANEGGiate E/O POCO ADDENSATE	7,22	6,90	7,22	Gibbs & Holtz 1957	50,23
[2] - CINERITI MEDIAMENTE ADDENSATE	11,92	10,50	11,92	Gibbs & Holtz 1957	49,49
[3] - CINERITI POCO ADDENSATE	3,13	13,00	3,13	Gibbs & Holtz 1957	22,82

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - TERRENO VEGETALE E CINERITI RIMANEGGiate E/O POCO ADDENSATE	7,22	6,90	7,22	Peck-Hanson-Thorn burn-Meyerhof 1956	29,06
[2] - CINERITI MEDIAMENTE ADDENSATE	11,92	10,50	11,92	Peck-Hanson-Thorn burn-Meyerhof 1956	30,41
[3] - CINERITI POCO ADDENSATE	3,13	13,00	3,13	Peck-Hanson-Thorn burn-Meyerhof 1956	27,89

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - TERRENO VEGETALE E CINERITI RIMANEGGiate E/O POCO ADDENSATE	7,22	6,90	7,22	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - CINERITI MEDIAMENTE ADDENSATE	11,92	10,50	11,92	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - CINERITI POCO ADDENSATE	3,13	13,00	3,13	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
[1] - TERRENO VEGETALE E CINERITI RIMANEGGiate E/O POCO ADDENSATE	7,22	6,90	7,22	Meyerhof ed altri	15,98
[2] - CINERITI MEDIAMENTE ADDENSATE	11,92	10,50	11,92	Meyerhof ed altri	17,55
[3] - CINERITI POCO ADDENSATE	3,13	13,00	3,13	Meyerhof ed altri	14,32

PROVA PENETROMETRICA DP3**RISULTATI DELLA PROVA E PARAMETRI DI BASE**

Strumento utilizzato... DEEP DRILL
 Prova eseguita in data 15/05/2017
 Profondità prova 13,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	5	0	0,857	1,40	1,64	70,09	81,83
0,20	7	0	0,855	1,96	2,29	97,91	114,56
0,30	7	0	0,853	1,95	2,29	97,68	114,56
0,40	1	0	0,851	0,28	0,33	13,92	16,37
0,50	2	0	0,849	0,56	0,65	27,78	32,73
0,60	0	0	0,847	0,00	0,00	0,00	0,00
0,70	0	0	0,845	0,00	0,00	0,00	0,00
0,80	0	0	0,843	0,00	0,00	0,00	0,00
0,90	0	0	0,842	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	1	0	0,840	0,26	0,31	13,03	15,52
1,10	1	0	0,838	0,26	0,31	13,01	15,52
1,20	2	0	0,836	0,52	0,62	25,96	31,04
1,30	0	0	0,835	0,00	0,00	0,00	0,00
1,40	0	0	0,833	0,00	0,00	0,00	0,00
1,50	0	0	0,831	0,00	0,00	0,00	0,00
1,60	0	0	0,830	0,00	0,00	0,00	0,00
1,70	0	0	0,828	0,00	0,00	0,00	0,00
1,80	0	0	0,826	0,00	0,00	0,00	0,00
1,90	1	0	0,825	0,24	0,30	12,17	14,76
2,00	1	0	0,823	0,24	0,30	12,15	14,76
2,10	3	0	0,822	0,73	0,89	36,39	44,28
2,20	4	0	0,820	0,97	1,18	48,43	59,05
2,30	7	0	0,819	1,69	2,07	84,59	103,33
2,40	4	0	0,817	0,96	1,18	48,25	59,05
2,50	12	0	0,816	2,89	3,54	144,49	177,14
2,60	3	0	0,814	0,72	0,89	36,06	44,28
2,70	5	0	0,813	1,20	1,48	59,99	73,81
2,80	6	0	0,811	1,44	1,77	71,87	88,57
2,90	4	0	0,810	0,91	1,13	45,60	56,29
3,00	10	0	0,809	2,28	2,81	113,80	140,72
3,10	11	0	0,807	2,50	3,10	124,97	154,79
3,20	10	0	0,806	2,27	2,81	113,42	140,72
3,30	5	0	0,805	1,13	1,41	56,62	70,36
3,40	4	0	0,803	0,90	1,13	45,22	56,29
3,50	4	0	0,802	0,90	1,13	45,15	56,29
3,60	5	0	0,801	1,13	1,41	56,35	70,36
3,70	6	0	0,800	1,35	1,69	67,51	84,43
3,80	1	0	0,798	0,22	0,28	11,24	14,07
3,90	0	0	0,797	0,00	0,00	0,00	0,00

4,00	1	0	0,796	0,21	0,27	10,70	13,44
4,10	8	0	0,795	1,71	2,15	85,49	107,55
4,20	6	0	0,794	1,28	1,61	64,02	80,66
4,30	4	0	0,793	0,85	1,08	42,62	53,78
4,40	5	0	0,791	1,06	1,34	53,20	67,22
4,50	7	0	0,790	1,49	1,88	74,38	94,11
4,60	13	0	0,739	2,58	3,50	129,20	174,77
4,70	22	0	0,688	4,07	5,92	203,54	295,77
4,80	27	0	0,687	4,99	7,26	249,41	362,99
4,90	10	0	0,786	2,02	2,57	101,16	128,70
5,00	6	0	0,785	1,21	1,54	60,62	77,22
5,10	6	0	0,784	1,21	1,54	60,54	77,22
5,20	5	0	0,783	1,01	1,29	50,38	64,35
5,30	6	0	0,782	1,21	1,54	60,39	77,22
5,40	5	0	0,781	1,01	1,29	50,26	64,35
5,50	5	0	0,780	1,00	1,29	50,20	64,35
5,60	4	0	0,779	0,80	1,03	40,11	51,48
5,70	3	0	0,778	0,60	0,77	30,05	38,61
5,80	4	0	0,777	0,80	1,03	40,01	51,48
5,90	4	0	0,776	0,77	0,99	38,33	49,37
6,00	4	0	0,775	0,77	0,99	38,28	49,37
6,10	5	0	0,775	0,96	1,23	47,80	61,71
6,20	4	0	0,774	0,76	0,99	38,20	49,37
6,30	3	0	0,773	0,57	0,74	28,62	37,03
6,40	4	0	0,772	0,76	0,99	38,11	49,37
6,50	3	0	0,771	0,57	0,74	28,55	37,03
6,60	4	0	0,770	0,76	0,99	38,03	49,37
6,70	5	0	0,770	0,95	1,23	47,49	61,71
6,80	5	0	0,769	0,95	1,23	47,44	61,71
6,90	5	0	0,768	0,91	1,19	45,53	59,28
7,00	8	0	0,767	1,46	1,90	72,77	94,85
7,10	11	0	0,766	2,00	2,61	99,96	130,42
7,20	14	0	0,716	2,38	3,32	118,79	165,99
7,30	14	0	0,715	2,37	3,32	118,67	165,99
7,40	19	0	0,714	3,22	4,51	160,88	225,27
7,50	18	0	0,713	3,05	4,27	152,26	213,42
7,60	22	0	0,663	3,46	5,22	172,86	260,84
7,70	16	0	0,712	2,70	3,79	135,07	189,70
7,80	17	0	0,711	2,87	4,03	143,37	201,56
7,90	15	0	0,711	2,43	3,42	121,59	171,11
8,00	23	0	0,660	3,46	5,25	173,14	262,37
8,10	22	0	0,659	3,31	5,02	165,44	250,97
8,20	20	0	0,709	3,23	4,56	161,66	228,15
8,30	47	0	0,558	5,98	10,72	299,12	536,15
8,40	42	0	0,557	5,34	9,58	266,99	479,12
8,50	29	0	0,657	4,34	6,62	217,22	330,82
8,60	23	0	0,656	3,44	5,25	172,11	262,37
8,70	13	0	0,705	2,09	2,97	104,60	148,30
8,80	14	0	0,705	2,25	3,19	112,55	159,71
8,90	12	0	0,754	1,99	2,64	99,46	131,90
9,00	14	0	0,703	2,17	3,08	108,25	153,88
9,10	19	0	0,703	2,94	4,18	146,79	208,83
9,20	16	0	0,702	2,47	3,52	123,50	175,86
9,30	10	0	0,752	1,65	2,20	82,62	109,91
9,40	6	0	0,751	0,99	1,32	49,53	65,95
9,50	8	0	0,751	1,32	1,76	65,99	87,93
9,60	10	0	0,750	1,65	2,20	82,43	109,91
9,70	10	0	0,749	1,65	2,20	82,37	109,91
9,80	12	0	0,749	1,98	2,64	98,77	131,90

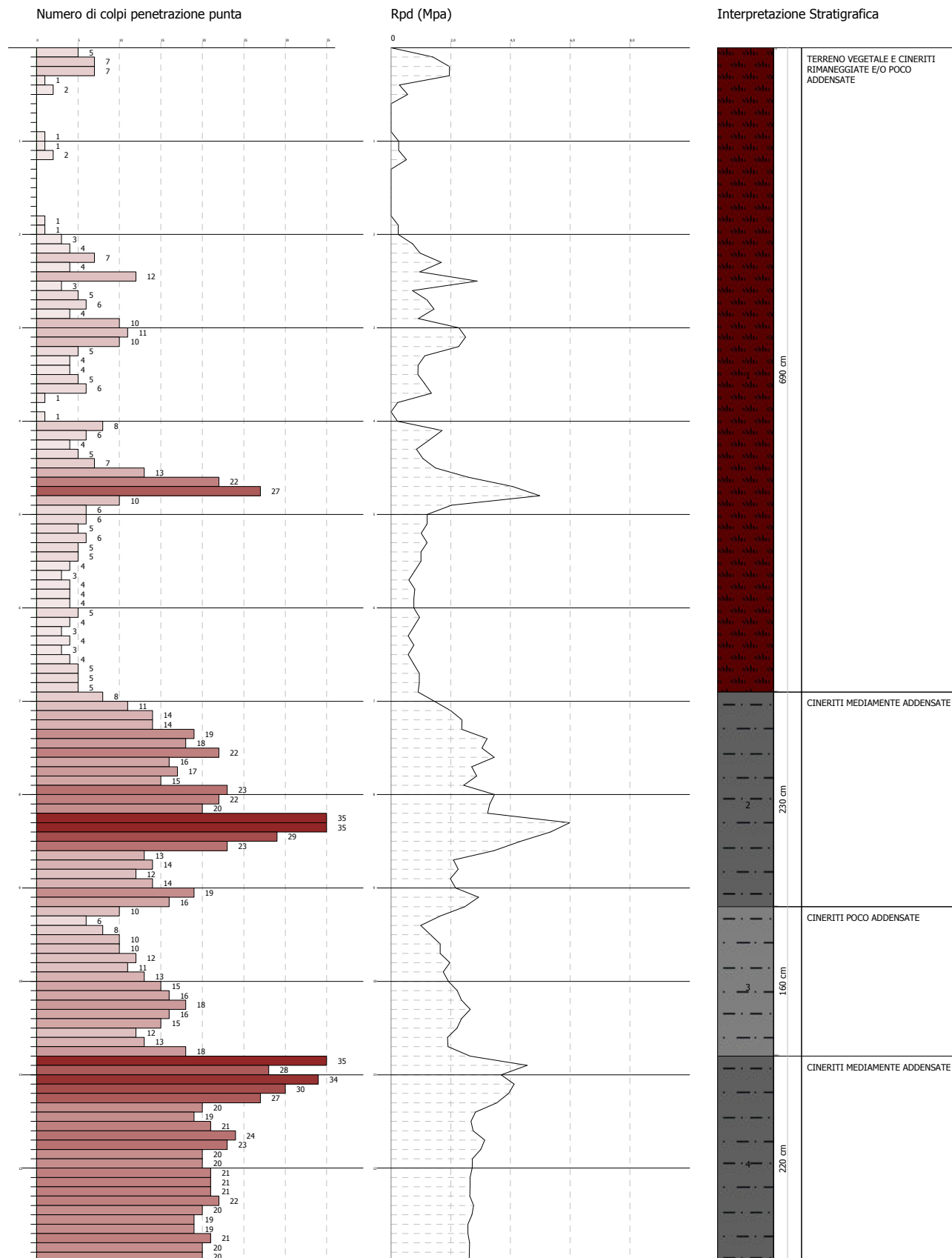
9,90	11	0	0,748	1,75	2,33	87,28	116,65
10,00	13	0	0,698	1,92	2,76	96,18	137,86
10,10	15	0	0,697	2,22	3,18	110,89	159,07
10,20	16	0	0,697	2,36	3,39	118,19	169,67
10,30	18	0	0,696	2,66	3,82	132,86	190,88
10,40	16	0	0,696	2,36	3,39	118,01	169,67
10,50	15	0	0,695	2,21	3,18	110,55	159,07
10,60	12	0	0,744	1,89	2,55	94,73	127,25
10,70	13	0	0,694	1,91	2,76	95,66	137,86
10,80	18	0	0,693	2,65	3,82	132,35	190,88
10,90	41	0	0,543	4,56	8,40	228,00	419,99
11,00	28	0	0,642	3,68	5,74	184,24	286,82
11,10	34	0	0,592	4,12	6,97	206,12	348,29
11,20	30	0	0,641	3,94	6,15	197,08	307,31
11,30	27	0	0,641	3,54	5,53	177,23	276,58
11,40	20	0	0,690	2,83	4,10	141,42	204,87
11,50	19	0	0,690	2,68	3,89	134,25	194,63
11,60	21	0	0,639	2,75	4,30	137,51	215,12
11,70	24	0	0,639	3,14	4,92	157,03	245,85
11,80	23	0	0,638	3,01	4,71	150,37	235,61
11,90	20	0	0,688	2,73	3,96	136,26	198,14
12,00	20	0	0,687	2,72	3,96	136,16	198,14
12,10	21	0	0,637	2,65	4,16	132,46	208,04
12,20	21	0	0,636	2,65	4,16	132,36	208,04
12,30	21	0	0,636	2,64	4,16	132,25	208,04
12,40	22	0	0,635	2,77	4,36	138,44	217,95
12,50	20	0	0,685	2,71	3,96	135,66	198,14
12,60	19	0	0,684	2,58	3,76	128,78	188,23
12,70	19	0	0,684	2,57	3,76	128,68	188,23
12,80	21	0	0,633	2,63	4,16	131,72	208,04
12,90	20	0	0,683	2,62	3,84	130,94	191,83
13,00	20	0	0,682	2,62	3,84	130,85	191,83

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DP3
Strumento utilizzato... DEEP DRILL

Committente: Regione Campania
Cantiere: Biblioteca dell'Istituto Italiano degli Studi Filosofici
Località: Piazza Santa Maria degli Angeli - Napoli

Data: 15/05/2017

Scala 1:60



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (TERRENI INCOERENTI)**Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - TERRENO VEGETALE E CINERITI RIMANEGGIATE E/O POCO ADDENSATE	3,61	6,90	3,61	Gibbs & Holtz 1957	36,27
[2] - CINERITI MED. ADDENSATE	14,92	9,20	14,92	Gibbs & Holtz 1957	58,28
[3] - CINERITI POCO ADDENSATE	9,72	10,80	9,72	Gibbs & Holtz 1957	43,26
[4] - CINERITI MED. ADDENSATE	17,79	13,00	17,79	Gibbs & Holtz 1957	54,48

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - TERRENO VEGETALE E CINERITI RIMANEGGIATE E/O POCO ADDENSATE	3,61	6,90	3,61	Peck-Hanson-Thorn burn-Meyerhof 1956	28,03
[2] - CINERITI MED. ADDENSATE	14,92	9,20	14,92	Peck-Hanson-Thorn burn-Meyerhof	31,26
[3] - CINERITI POCO ADDENSATE	9,72	10,80	9,72	Peck-Hanson-Thorn burn-Meyerhof 1956	29,78
[4] - CINERITI MED. ADDENSATE	17,79	13,00	17,79	Peck-Hanson-Thorn burn-Meyerhof	32,08

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - TERRENO VEGETALE E CINERITI RIMANEGGIATE E/O POCO ADDENSATE	3,61	6,90	3,61	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - CINERITI MED. ADDENSATE	14,92	9,20	14,92	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - CINERITI POCO ADDENSATE	9,72	10,80	9,72	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[4] - CINERITI MED. ADDENSATE	17,79	13,00	17,79	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
[1] - TERRENO VEGETALE E CINERITI RIMANEGGIATE E/O POCO ADDENSATE	3,61	6,90	3,61	Meyerhof ed altri	14,51
[2] - CINERITI MED. ADDENSATE	14,92	9,20	14,92	Meyerhof ed altri	18,44
[3] - CINERITI POCO ADDENSATE	9,72	10,80	9,72	Meyerhof ed altri	16,87
[4] - CINERITI MED. ADDENSATE	17,79	13,00	17,79	Meyerhof ed altri	19,12

ALLEGATO C

Prova sismica M.A.S.W.



geotec | engineering
and drilling

NAPOLI: via Consalvo 169 is. 8 - 80125 / Telefax +39 081 19363750

ROMA: via Tito Omboni, 10 – 00147 / Tel. +39 06 99291410 / fax: +39 06 62201346

www.geo-tec.it

COMUNE DI NAPOLI

INDAGINI GEOFISICHE PER IL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DELLA BIBLIOTECA DELL'ISTITUTO ITALIANO DEGLI STUDI FILOSOFICI PIAZZA SANTA MARIA DEGLI ANGELI - NAPOLI

PROSPEZIONI SISMICHE CON TECNICA MASW

(MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)



1. PREMESSA

Nell'ambito del progetto di realizzazione della "Biblioteca dell'Istituto Italiano degli Studi Filosofici" sito in Piazza Santa Maria degli Angeli, nel comune di Napoli, è stata eseguita una prova sismica di superficie di tipo M.A.S.W (*Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh*); nel presente report si illustreranno le modalità di esecuzione e di elaborazione della prova, dalla quale si è desunto il parametro sismico Vs30 in riferimento al D.M. 14.01.2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" e relativa Circolare d'istruzioni 02.02.2009, n. 617, ai fini della definizione della categoria di suolo del sito in esame.

2. PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 1) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_s$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92V_s$. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

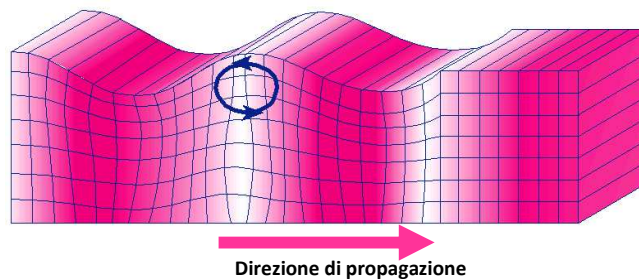


Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_s tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%). Inoltre l'ampiezza delle onde superficiali dipende da $\sqrt{r}$ e non da r come per le onde di volume.

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione sismica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05; D.M. 14.01.2008).

Infatti, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno. La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 2).

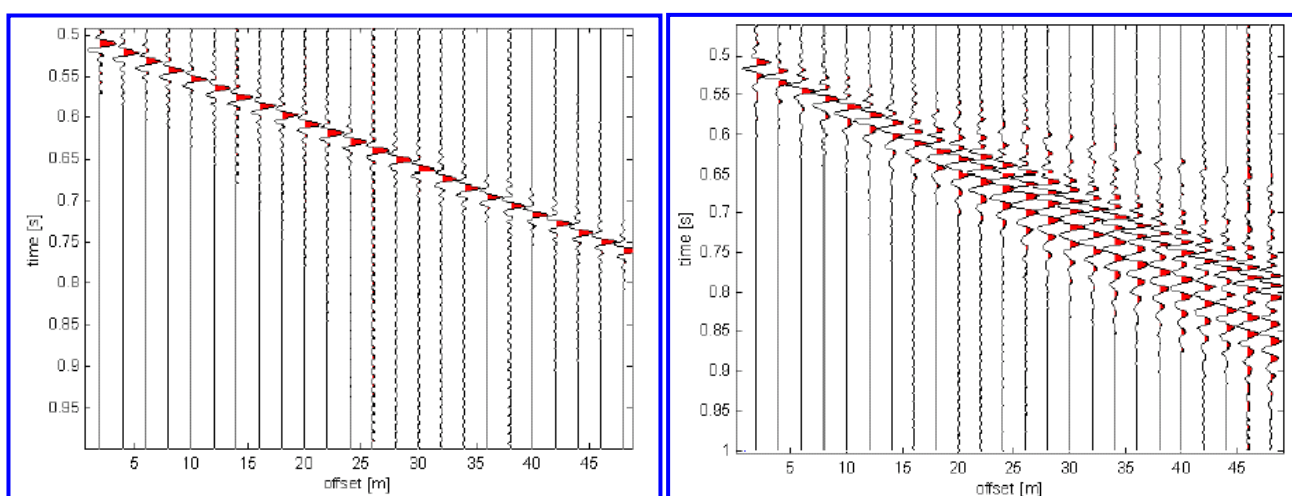


Fig. 2 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione (Fig. 3).

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (V_s). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative meno onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione delle V_s < 15%.

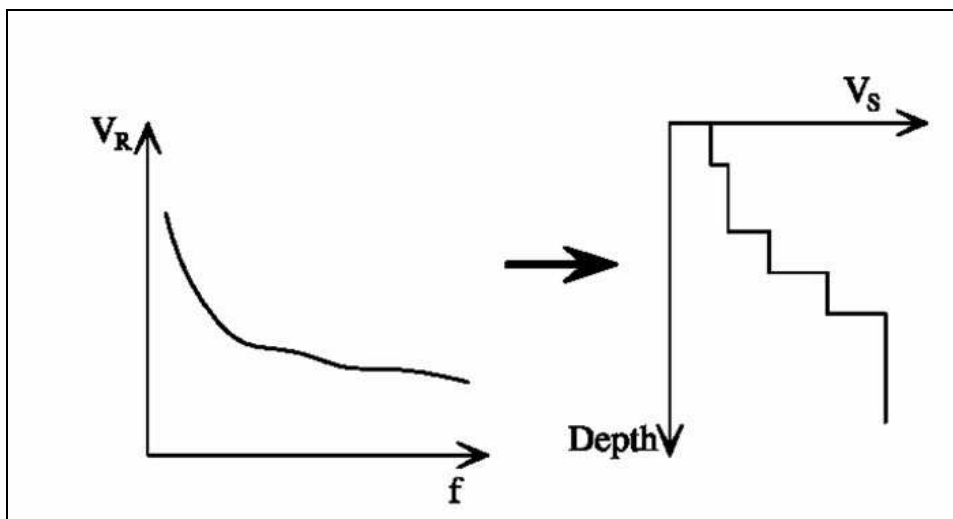


Fig. 3 – Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time ANALysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La tecnica ReMi consente di raggiungere profondità ragguardevoli fornendo un profilo verticale medio delle V_s relative al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento (non rettilineo) messo in opera. Questa tecnica viene estensivamente utilizzata negli Stati Uniti nell'ambito del NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program) tanto che il software fornisce anche direttamente il valore di V_{s30} e la categoria della classificazione del suolo secondo la normativa americana.

Il metodo FTAN per la determinazione delle V_{s30} (basato sull'analisi della velocità di gruppo delle onde superficiali di Rayleigh) ha bisogno di un solo ricevitore e permette la definizione di un profilo medio su distanze di decine-centinaia di metri. Inoltre il metodo fornisce valori di velocità delle onde di taglio in buon accordo con le misure in foro.

Il metodo SASW (basato sull'analisi della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh) viene generalmente impiegato per la determinazione delle V_s di strati superficiali (<30m) e per la determinazione delle proprietà elastiche di strade e pavimentazioni (Stokoe & Nazarian, 1985) e, pertanto, sembra essere tra i metodi non invasivi quello più popolare tra gli ingegneri.

La tecnica MASW, fondata sulla tecnica SASW, consente una dettagliatissima ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo.

3. PROSPEZIONI SISMICHE MASW

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_s . Tale metodo

utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale.

Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig. 4), generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni (Fig. 5);

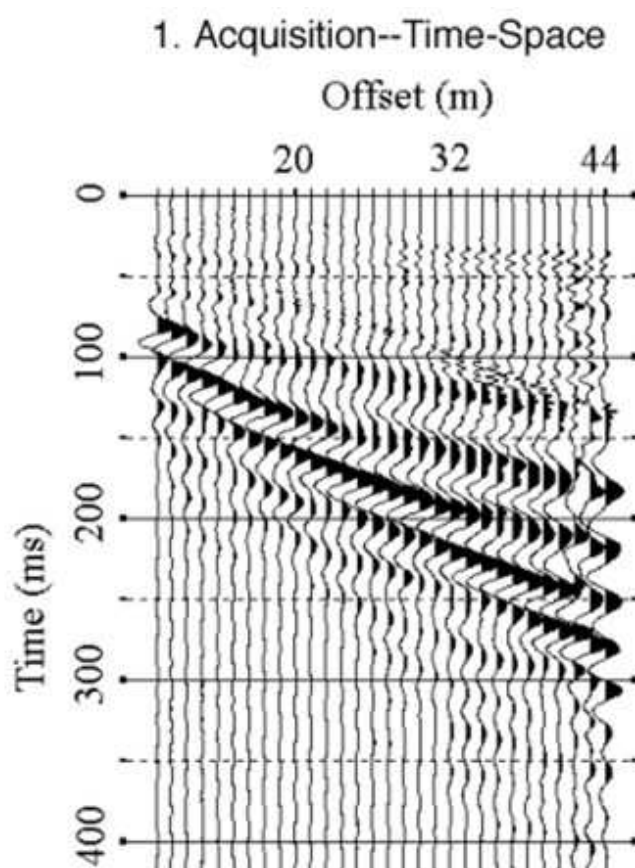


Fig. 4 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

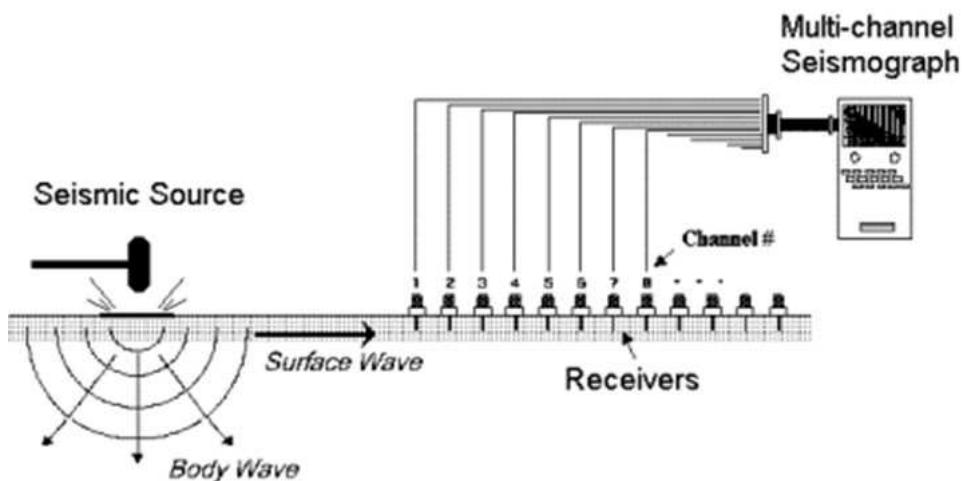


Fig. 5 – Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

2. Estrazione del modo fondamentale di oscillazione dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di *Rayleigh* (una curva per ogni acquisizione) (Fig.6);
3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere un profilo verticali delle VS (Fig. 7);

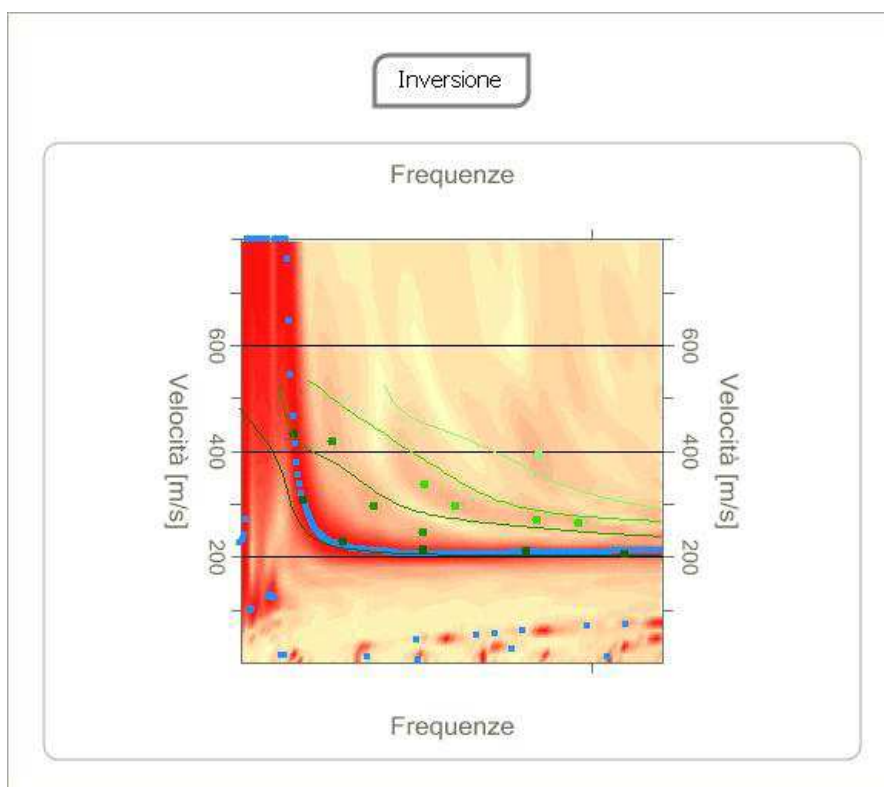


Fig. 6 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde di Rayleigh (dati archivio).

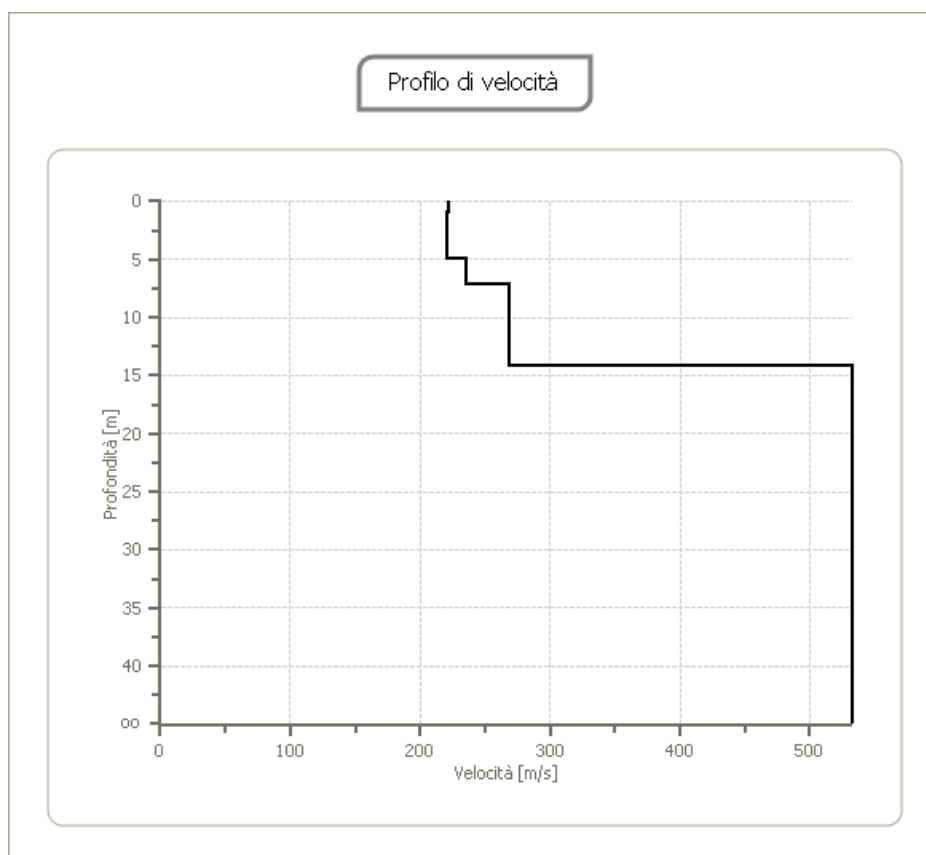


Fig. 7 – Modello di velocità delle onde di taglio (VS) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato di terreno (dati archivio relativi a altra indagine).

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (*P* ed *S*), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore. Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana (Fig. 8).

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

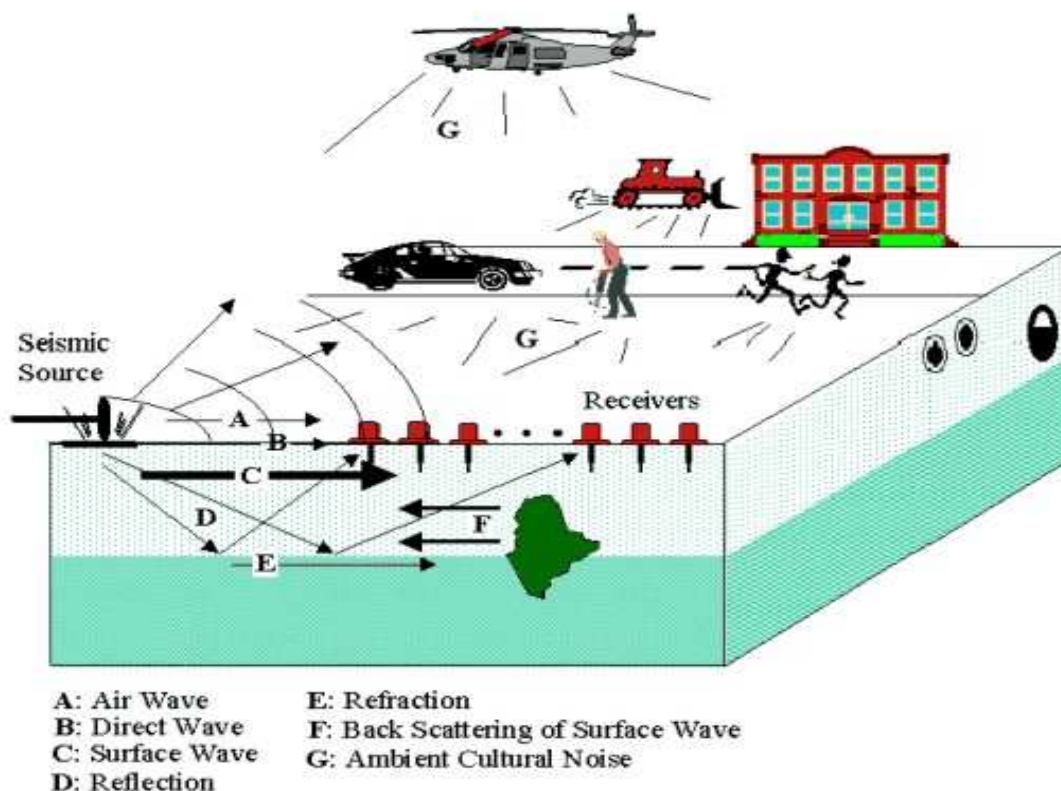


Fig. 8 – Schematizzazione dei vari tipi di onde (di volume e superficiali) e di alcune possibili sorgenti di rumore ambientale.

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti (Fig. 9) in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni (Fig. 10).

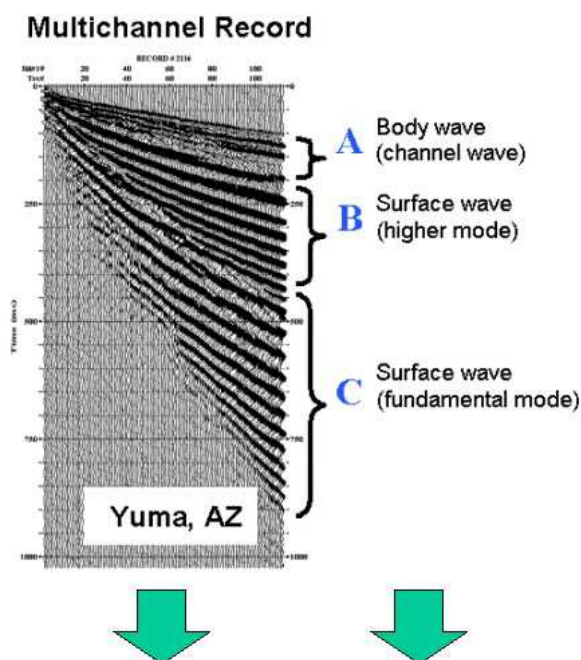


Fig. 9 – Segnali sismici con acquisizione multicanale e riconoscimento delle varie fasi sismiche (onde di volume, modo fondamentale e modi superiori delle onde superficiali).

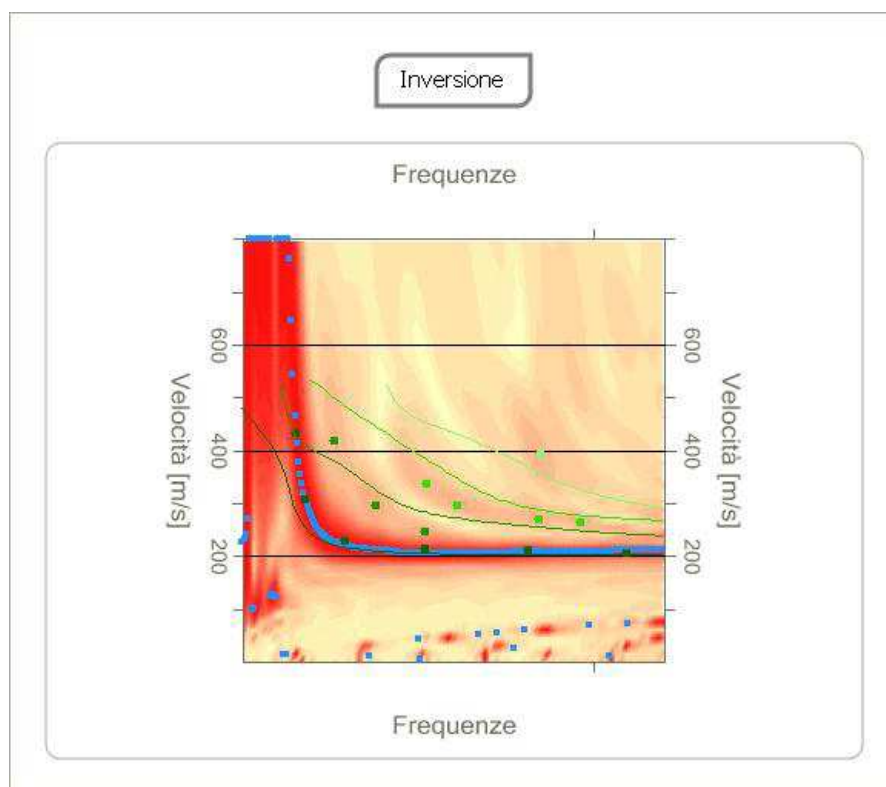


Fig. 10 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh (dati archivio relativi ad altra indagine)

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

3.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Le condizioni del sito di riferimento rigido in generale non corrispondono a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, perché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della *risposta sismica locale*, cioè l'azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido. Le modifiche sopra citate corrispondono a:

- *effetti stratigrafici*, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno (coefficienti S_s e C_c);
- *effetti topografici*, legati alla configurazione topografica del piano campagna. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza (coefficiente S_T).

Gli effetti della risposta sismica locale possono essere valutati con metodi semplificati. In tal caso si attribuisce il sito ad una delle categorie di sottosuolo definite nella Tabella 3.2.II delle NTC e ad una delle categorie topografiche definite nella Tabella 3.2.IV delle NTC.

Il D.M. 14 gennaio 2008, al *Capitolo 3.2.2 (Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche)*, prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa.

Esso propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque tipologie di suoli (A–B–C–D–E, Tabella 3.2.II) più altri due speciali (S–S2, Tabella 3.2.III), per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare, da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio (V_{s30}) entro i primi 30 metri di profondità.

Per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

In alternativa, in mancanza della misura diretta delle V_{s30} , la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*) $N_{SPT,30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $C_{u,30}$ nei terreni a prevalente grana fina.

Tabella 3.1.II delle NTC – Categorie di sottosuolo

Classe	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi fra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{U,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi fra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < C_{U,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessore superiore a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $C_{U,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s,30} > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III delle NTC – Categorie aggiuntive di sottosuolo

Classe	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_{U,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ (m/s)}$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ è definita dall'espressione:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

La resistenza non drenata equivalente $C_{U,30}$ è definita dall'espressione:

$$C_{U,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{C_{U,i}}} \text{ dove:}$$

h_i spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,i}$	velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
$N_{SPT,i}$	numero di colpi N_{SPT} dell'i-esimo strato;
$C_{u,i}$	resistenza non drenata dell'i-esimo strato;
N	numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;
M	numero di strati di terreni a grana grossa compresi nei primi 30 m di profondità;
K	numero di strati di terreni a grana fina compresi nei primi 30 m di profondità.

Nel caso di sottosuoli costituiti da stratificazioni di terreni a grana grossa e a grana fina, distribuite con spessori confrontabili nei primi 30 m di profondità, ricadenti nelle categorie da **A** ad **E**, quando non si disponga di misure dirette delle velocità delle onde di taglio si procede come segue:

- si determina $N_{SPT,30}$ limitatamente agli strati di terreno a grana grossa compresi entro i primi 30 m di profondità;
- si determina $C_{u,30}$ limitatamente agli strati di terreno a grana fina compresi entro i primi 30 m di profondità;
- si individuano le categorie corrispondenti singolarmente ai parametri $N_{SPT,30}$ e $C_{u,30}$;
- si riferisce il sottosuolo alla categoria peggiore tra quelle individuate.

4. INDAGINE ESEGUITA

Nel sito di specifico interesse è stata eseguita con buon fine una prova M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh, al fine di:

- definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi dell'area;
- classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 14.01.2008).

La prospezione sismica MASW è stata eseguita mediante uno stendimento con le seguenti caratteristiche (Tab. 1):

Tab. 1 – Caratteristiche delle fasi di acquisizione relative allo stendimento eseguito

<i>Prospezione sismica</i>	<i>Geofoni (n°)</i>	<i>Offset (m)</i>	<i>Spacing (m)</i>	<i>Lunghezza complessiva dello stendimento (m)</i>
MASW1	24	2,00	1,00	25,00

L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 36 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction Microtremor); M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves); S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)]. L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale. Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise). La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dall'interfaccia grafica e dall'interazione con essa tramite il sistema di puntamento touch-screen, che consente di eseguire tutte le

operazioni toccando con un pennino gli oggetti interessati direttamente sullo schermo. L'ambiente operativo dello strumento è quello di Microsoft Windows XP embedded.

La sorgente sismica è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 8,00 kg che batte su una piastra circolare in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale *Geospace* a 14Hz, posto in prossimità della piastra (Foto 1). Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (*Geospace* 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con *offset* e *spacing* predefiniti (Tab. 1). La lunghezza complessiva degli stendimenti geofonici è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia dei terreni nei siti prescelti fino alla profondità di circa 30,00 metri dal piano di campagna di riferimento.



Foto 1 – Sorgente energizzante, costituita da massa battente su piastra di alluminio.

Come starter/trigger è stato utilizzato un geofono verticale *Geospace* a 14Hz (da archivio)

4.1 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh sono state effettuate con il programma EASY MASW della GeoStru, che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione di una sezione sismostratigrafica delle V_s . Gli elaborati relativi alla prospezione sismica Masw effettuata nel sito di specifico interesse sono di seguito riportati.



Foto 2 – Stendimento sismico MASW

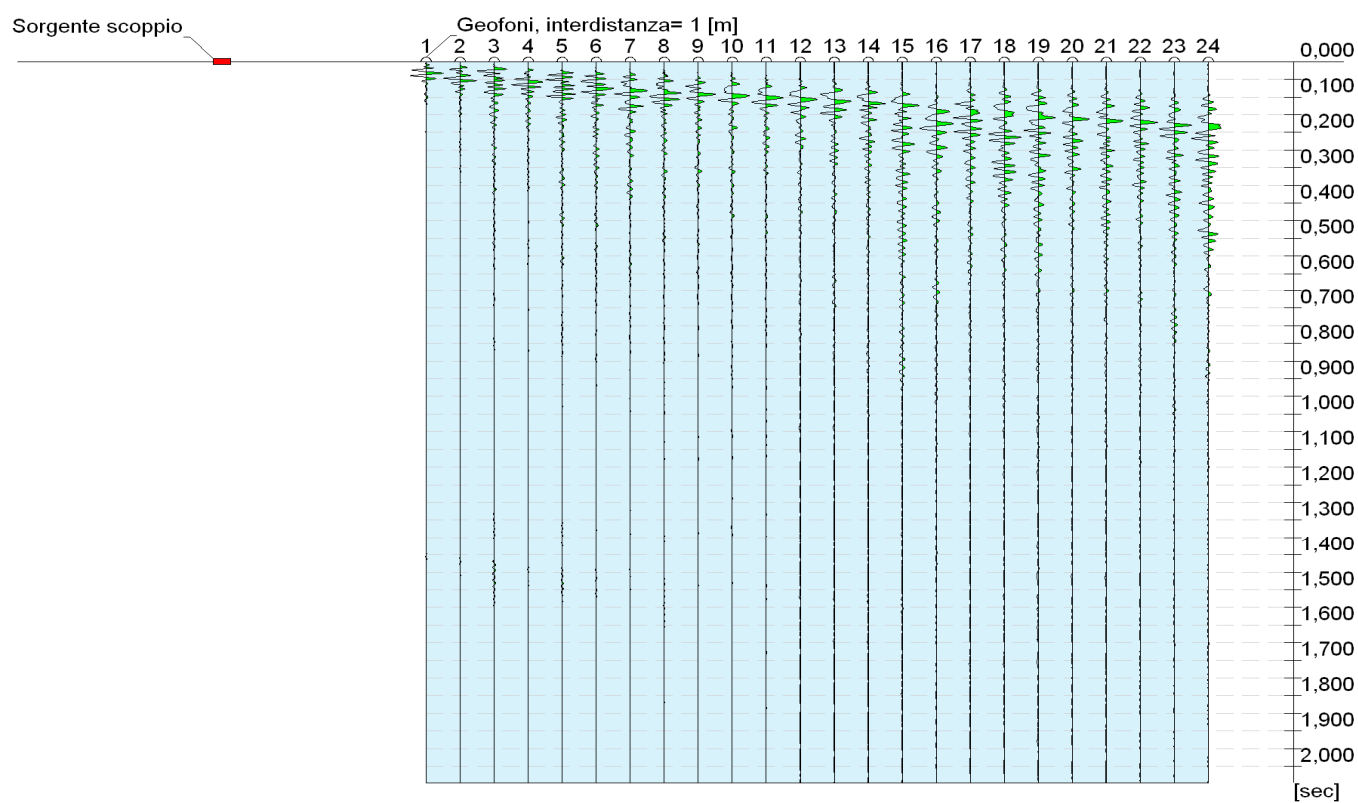


Fig. 1 – Sismogramma relativa all'indagine Sismica MASW

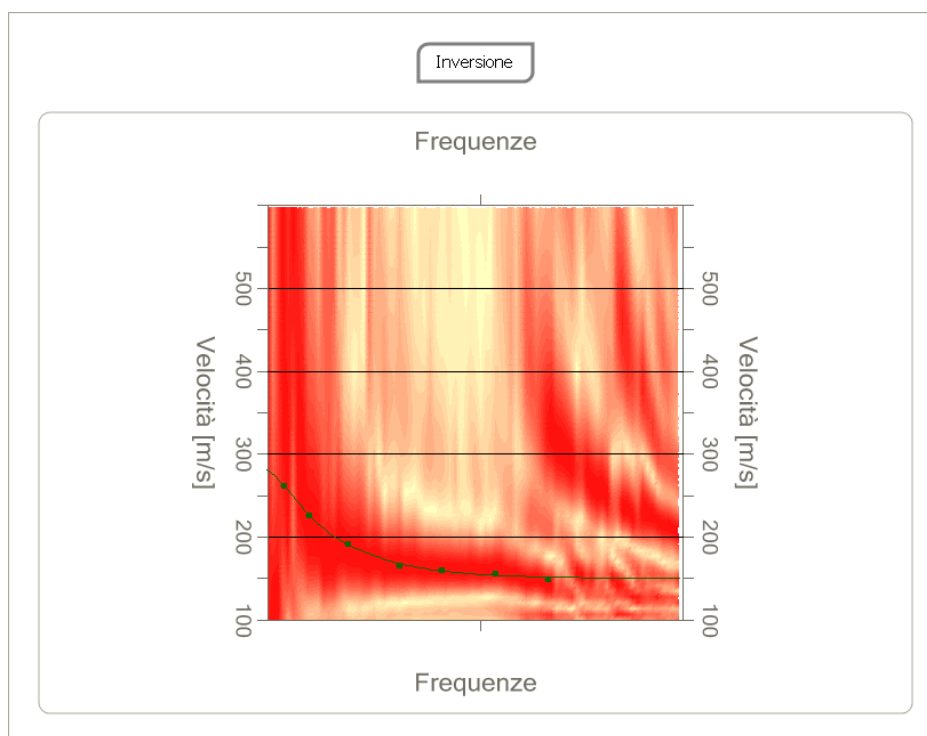


Fig. 2 – Analisi spettrale relativa all'indagine Sismica MASW

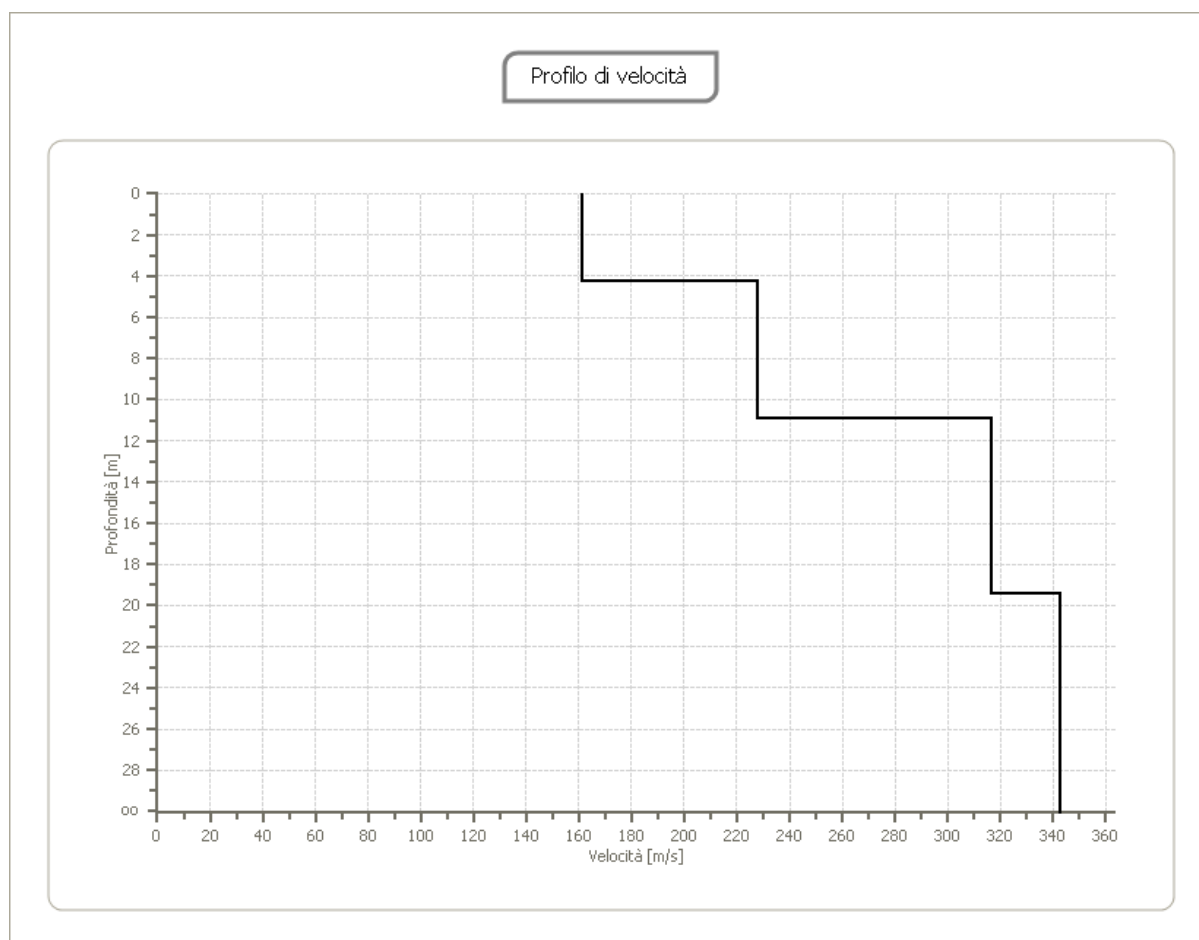


Fig. 3 - Modello di velocità delle onde di taglio (VS) relativo all'indagine Sismica MASW

Tab. 2 - Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s e V_p per i sismostrati riscontrati

Sismostrato	Profondità (m)	Spessore (m)	V_s (m/s)	V_p (m/s)
S1	0.00 – 4.28	4.28	161.10	301.38
S2	4.28 – 10.90	6.62	227.93	426.41
S3	10.90 – 19.43	8.53	316.50	592.12
S4	19.43 – 30.00	10.57	342.72	641.18

Vs30: 264.54 m/s

4.2 CONCLUSIONI

I valori delle velocità delle onde di taglio ricavati dalle indagini geofisiche MASW eseguite nell'area di studio hanno evidenziato che il sito in esame rientra nella **categoria di sottosuolo C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi fra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < CU_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina), avendo determinato sperimentalmente velocità delle onde di taglio entro i 30,0 al di sotto del piano campagna ($V_{s\ 0-30}$) di circa **265 m/s**.*

Napoli, 18 maggio 2017

Il Resp. della Sperimentazione

Geol. Sergio Palmieri