



REGIONE BASILICATA
 PROVINCIA DI POTENZA
 COMUNE DI OPPIDO LUCANO



PROGETTO DI UN IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DENOMINATO "AGRIVOLTAICO PIANI GORGO_ PEZZA CHIARELLA" DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI OPPIDO LUCANO (PZ) NELLE CONTRADE DI "PIANI GORGO" E DI "PEZZA CHIARELLA" E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE CON POTENZA PARI A 16.883,10 kWp (15.600,00 kW IN IMMISSIONE) INTEGRATO CON TECNOLOGIA STORAGE.

PROGETTO DEFINITIVO

RAPPORTO TECNICO DELLE INDAGINI SSE



livello prog.	GOAL	tipo doc.	N° elaborato	N° foglio	Tot. fogli	NOME FILE	DATA	SCALA
PD						OP1314_A.2.1.b	04.08.2021	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO



PROPONENTE:

OMEGA CENTAURO S.R.L.
 Via Mercato 3, 20121 Milano (MI)
 CF:11467100969

ENTE:

PROGETTAZIONE:



Ing. D. Siracusa
 Ing. A. Costantino
 Ing. C. Chiaruzzi
 Arch. A. Calandrino
 Arch. M. Gullo
 Arch. S. Martorana
 Arch. F. G. Mazzola
 Arch. P. Provenzano
 Arch. Y.Kokalah
 Arch. G. Vella
 Ing. G. Buffa
 Ing. G. Schillaci



IL PROGETTISTA



INDICE

1. Premessa	2
2. prospezioni sismiche di tipo Masw.....	3
2.1 Attrezzatura e metodologia utilizzata	3
2.2. Elaborazione dati	4
2.3. INTERPRETAZIONE.....	5
2.4 interpretazione MASW01	6
3. Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH	11





1. PREMESSA

Nell'ambito del “*PROGETTO AGRIVOLTAICO_OPPIDO LUCANO PIANI GORGO_PEZZA CHIARELLA*” è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche e geognostiche con lo scopo di ricostruire l'andamento stratigrafico del sottosuolo, il comportamento meccanico dei terreni nonché di effettuare la caratterizzazione sismica della Sottostazione elettrica.

L'indagine ha previsto le seguenti lavorazioni:

- esecuzione di n° 1 Indagine sismica di tipo MASW;
- esecuzione di n° 1 Prova penetrometrica DPSH.

Tali indagini sono state eseguite in conformità a quanto disposto da D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”, oltre che secondo le modalità tecnologiche dell'ANISIG.

Si riportano in allegato alla presente:

1. Grafici Prova Penetrometrica Dinamica;





2. PROSPEZIONI SISMICHE DI TIPO MASW

MASW è l'acronimo di Multi-channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie). Ciò indica che il fenomeno che si analizza è la propagazione delle onde di superficie.

La MASW classica/standard consiste nella registrazione della propagazione di una classe di onde di superficie (specificatamente delle onde di Rayleigh). Più in dettaglio, le onde di Rayleigh vengono generate da una sorgente ad impatto verticale (in genere mediante massa battente del peso di 10 Kg su piastra in alluminio) o da un cannoncino sismico e vengono poi registrate tramite geofoni a componente verticale a frequenza propria di 4.5 Hz.

Più specificatamente si analizza la dispersione delle onde di superficie sapendo che frequenze diverse - e quindi lunghezze d'onda diverse - viaggiano a velocità diversa. Il principio di base quindi è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale (cioè della perturbazione sismica che si propaga) viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo.

In particolare, le lunghezze d'onda più ampie (cioè le frequenze più basse) sono influenzate dalla parte più profonda (in altre termini "sentono" gli strati più profondi), mentre le piccole lunghezze d'onda (le frequenze più alte) dipendono dalle caratteristiche della parte più superficiale.

Poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, ciò si rifletterà nel fatto che le frequenze più basse (delle onde di superficie) viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte.

2.1 ATTREZZATURA E METODOLOGIA UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata è il sismografo 16SG24 a 24 canali della PASI dalle seguenti caratteristiche tecniche: gestione a microprocessore, intervalli di campionamento 250 μ s, 500 μ s, 1 ms, 2 ms; tempo di campionamento da un min. di 0.2 ms ad un max. di 2 ms; lunghezza di acquisizione da un min. di 32 ms ad un max. di 4096 ms; filtri passa basso 250 Hz; notch 50/60 Hz; risoluzione a 24 bit; acquisizione dei dati e codifica dei file in formato Seg-2 .





L'attrezzatura è completata da un cavo sismico a 12 takes out spaziatati a 10 m, con connettore cannon, montato su bobina, geofoni verticali "Pasi" con frequenza propria di 4,5 Hz, geofono trigger avente funzione di interruttore starter, cavo trigger montato su bobina e fucile sismico armato con cartucce industriali calibro 8 a carica ridotta o massa battente del peso di 10 Kg su piastra in alluminio.

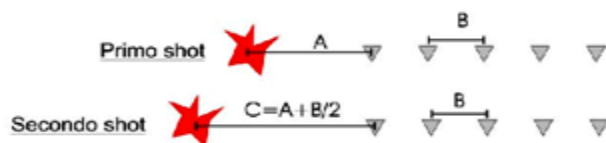
Le indagini si sono svolte secondo la seguente geometria:

Numero di geofoni:12

Spaziatura tra i geofoni : 2 m

Numero di offset : 4 rispettivamente a 7,0, 8,0; 9,0; 10,0; m dal primo geofono.

Per l'interpretazione dei dati è stato utilizzato il software WinMasw Pro 4.4.2 della Eliosoft. I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (.sgy format file). Il software a questo punto permette di sommare due dataset acquisiti con offset diversi in modo da ottenere un unico dataset equivalente ad un'acquisizione effettuata con 24 canali e spaziatura tra i geofoni pari a $B/2$ rispetto a quella utilizzata in campagna.



Nota bene: si ottiene un dataset in cui la spaziatura dei geofoni è pari a $B/2$

2.2. ELABORAZIONE DATI

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. Dallo spettro bidimensionale ottenuto dalle registrazioni è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri

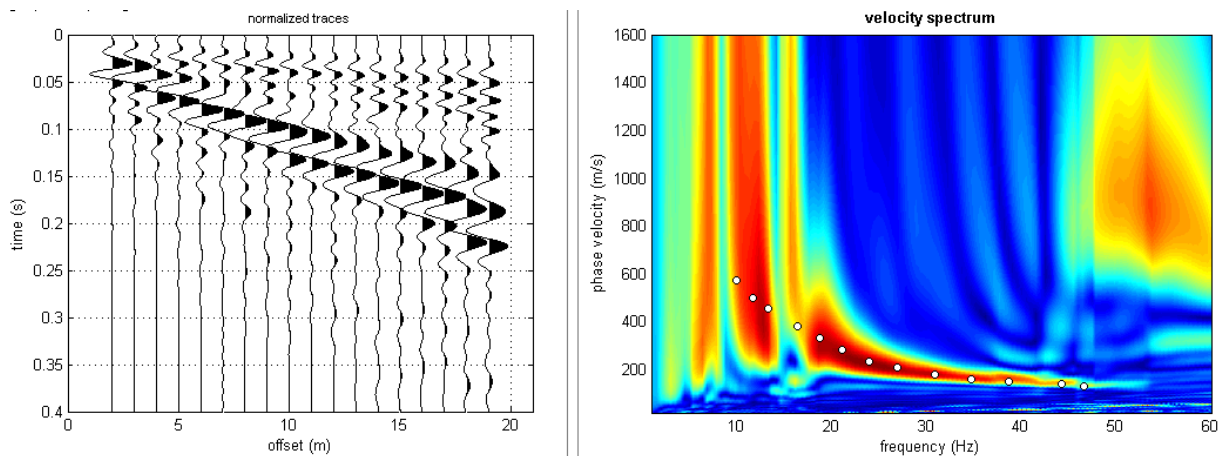


tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple). Sullo spettro di frequenza viene eseguito un “picking” attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l’analisi della curva di dispersione e l’ottimizzazione di un modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon “fitting” con i valori sperimentali.

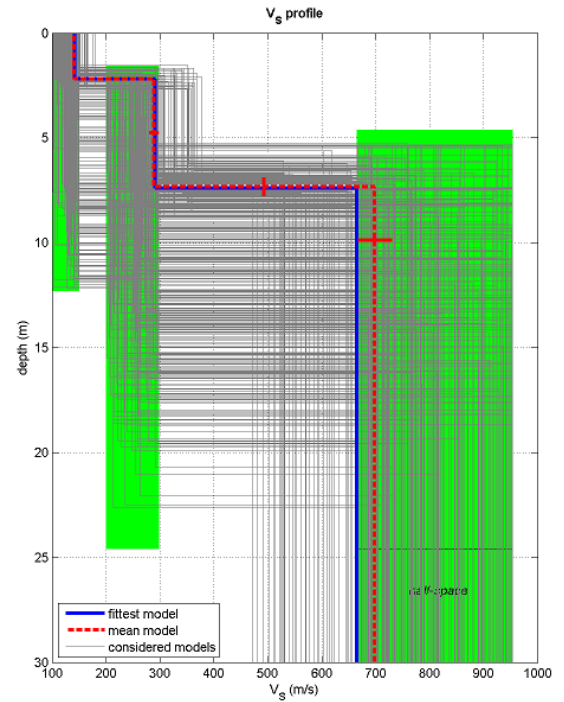
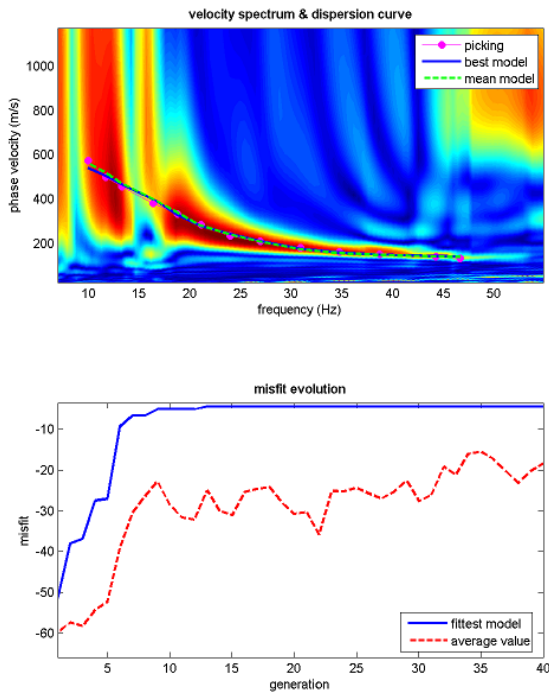
Di seguito i dati di campagna acquisiti e lo spettro di velocità calcolato per ogni indagine effettuata.

2.3. INTERPRETAZIONE

Masw 01.



Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati dell’inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall’inversione. Sulla destra il profilo verticale V_S identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l’evolversi del modello al passare delle “generazioni” (l’algoritmo utilizzato per l’inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).

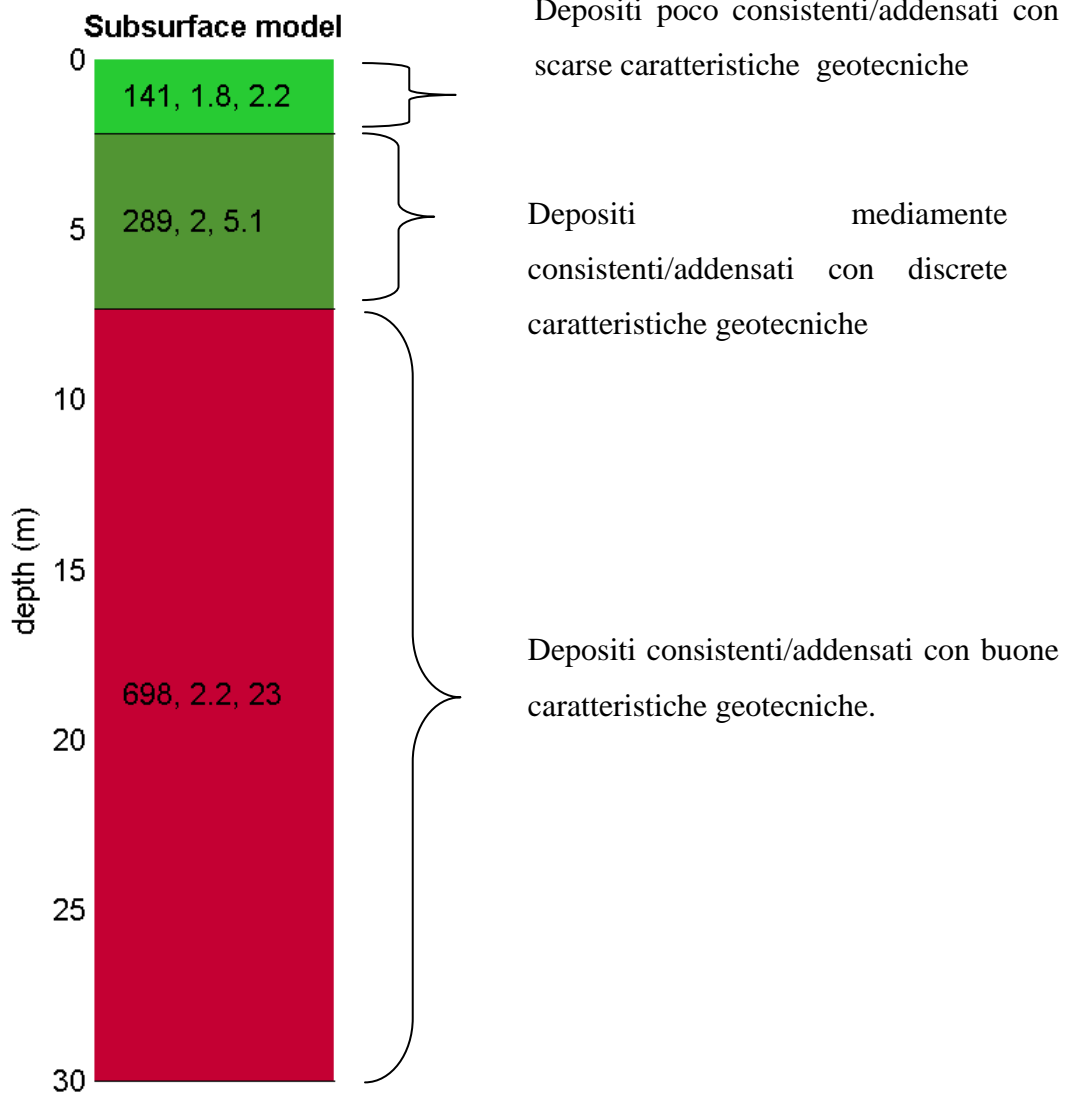


2.4 INTERPRETAZIONE MASW01

In tabella e in figura sottostante sono riportati gli strati del modello medio individuato a cui corrisponde una V_{s30} di **453m/s** a partire dal p.c secondo la .D.M. 17/01/2018 “*Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Spessore (m)	V_s (m/s) e deviazioni standard
2.2	141±8
5.1	289± 5
semi-spazio	698± 57

V_s density thickness
 (m/s) (gr/cm³) (m)



La stratigrafia del sottosuolo può essere assimilata ad un modello costituito da tre sismostrati in cui:

- Il primo sismostrato presenta uno spessore di circa 2.2 m, con velocità media delle onde di taglio di 141 m/s e corrisponde a depositi poco consistenti/addensati con scarse caratteristiche geotecniche;
- Il secondo sismostrato presenta uno spessore di circa 5.1 m, con velocità media delle onde di taglio di 289 m/s e corrisponde a depositi mediamente consistenti/addensati con discrete caratteristiche geotecniche;



- Il terzo sismostrato, che si rinviene a profondità maggiori di 7 m dal p.c. e fino alla profondità di investigazione, superiore ai 30 m di profondità, presenta velocità V_s media di 698 m/s.

A partire dai valori di velocità delle onde sismiche V_s (m/s), ed adottando opportuni valori del Peso di volume γ (Kg/m^3) e del rapporto di Poisson rappresentativo dei litotipi presenti, è possibile inoltre stimare attraverso relazioni empiriche, la velocità delle onde di compressione V_p e i moduli dinamici del sottosuolo per ogni orizzonte sismico individuato.

La velocità delle onde P è stata ricavata empiricamente attraverso la seguente relazione:

$$V_p^2 = V_s^2 * (2-2\lambda)/(1-2\lambda)$$

Sono stati definiti inoltre i seguenti moduli dinamici:

- Modulo di taglio dinamico (G)

E' definito dalla seguente equazione:

$$G = \gamma \cdot V_s^2$$

Dove γ = densità

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua.

- Modulo di Young (E_d)

E' definito dalla seguente equazione:

$$E_d = [V_p^2 \cdot \gamma \cdot (1+\lambda) \cdot (1- 2\lambda)] / (1-\lambda)$$

Con λ = coeff. di Poisson





Rigidità sismica

$$R_s = \gamma V_s$$

Tale modulo dipende dalla porosità e dalla pressione litostatica.

Modulo di incompressibilità dinamica

E' definito dalla seguente equazione:

$$K = \gamma[V_p^2 - 4/3 \cdot V_s^2]$$

ed è detto *Bulk Modulus*.

PARAMETRI FISICI E DINAMICI MEDI DEL SOTTOSUOLO INDAGATO CON LA MASW 01									
S TRATO	SPESSORE	Vp	Vs	γ	λ	MODULO DI YOUNG	R	MODULO DI TAGLIO	BULK MODULUS
	m	m/s	m/s	g/cm ³	(-)	Kg/cm ²	T/m ² *sec	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	2.2	380	141	1.80	0.42	1016	254	358	2117
2	5.1	681	289	2.0	0.39	1670	578	1670	7036
3	23	1787	698	2.2	0.41	10718	1536	10718	55974





Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018), il sito in esame rientra quindi nella categoria **B** ovvero:

- *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa* molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s



Società con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001:2015 - UNI EN ISO 45001:2018 per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo – IAF 34



3. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE DPSH

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva 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) δ

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





ENGINEERING GEOLOGY SRL
Via del Gallitello 90/A - 85100 Potenza - Tel. 0971/26378 Fax 0971/1940737
www.engeosrl.it E_mail info@engeosrl.it

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.

Nell'area d'interesse sono state eseguite n° 1 prove penetrometriche dinamiche.



Società con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001:2015 - UNI EN ISO 45001:2018 per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo – IAF 34



ENGINEERING GEOLOGY SRL
Via del Gallitello 90/A - 85100 Potenza - Tel. 0971/26378 Fax 0971/1940737
www.engeosrl.it E_mail info@engeosrl.it

ALL. 1 GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH



Società con sistema di gestione certificato UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001:2015 - UNI EN ISO 45001:2018 per la fornitura dei servizi di ingegneria e di esplorazione geologica del sottosuolo – IAF 34

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	Terzaghi-Peck	0,26
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	Terzaghi-Peck	1,29

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	Robertson (1983)	8,18
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	Robertson (1983)	38,34

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	43,51
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	197,31

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	Apollonia	40,90
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	Apollonia	191,70

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	Meyerhof	1,71
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	Meyerhof	2,10

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	Meyerhof	1,87
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	Meyerhof	2,31

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	85,53
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	149,72

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	4,09	Meyerhof 1957	45,96
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	19,17	Meyerhof 1957	75,3

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27,1
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	N1,60=0	Wolff (1989) N160	27,1

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	4,09	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	19,17	Bowles (1982) Sabbia Media	170,85

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	4,09	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	35,87
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	19,17	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	66,84

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	4,09	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	19,17	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	4,09	Terzaghi-Peck 1948	1,40
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	19,17	Terzaghi-Peck 1948	1,59

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	4,09	Terzaghi-Peck 1948	1,87
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	19,17	Terzaghi-Peck 1948	1,99

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	4,09	(A.G.I.)	0,35
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	19,17	(A.G.I.)	0,32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	4,09	Ohsaki (Sabbie pulite)	244,31
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	19,17	Ohsaki (Sabbie pulite)	1043,71

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	4,09	Ohta & Goto (1978) Limi	85,53
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	19,17	Ohta & Goto (1978) Limi	149,72

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	4,09	Navfac 1971-1982	0,77
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	19,17	Navfac 1971-1982	3,90

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	4,09	0.00-1,80	4,09	Robertson 1983	8,18
Strato (2) Strato	19,17	1,80-6,40	19,17	Robertson 1983	38,34



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5
 Strumento utilizzato... DPHS TG 63-200 PAGANI

Committente:
Descrizione:
Località:

Data: 30/03/2021

Scala 1:29

