



REGIONE BASILICATA  
PROVINCIA DI MATERA  
COMUNE DI GROTTOLE



## PROGETTO DEFINITIVO

Realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 19,830 MWp in agro di Grottole (MT) all'interno dell'area SIN VALBASENTO, integrato da un sistema di accumulo da 20 MW e delle relative opere di connessione

Titolo elaborato

### A.2.a. Prove penetrometriche

Codice elaborato

COMMESSA	FASE	ELABORATO	REV.
F0442	A	R04	A

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Scala

—
---

DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Ottobre 2021	Prima emissione	GIACOMINO	MLO	GDS

Proponente

#### BLUSOLAR GROTTOLE 1 s.r.l.

Via Caravaggio 125,  
65125 Pescara (PE)

Progettazione



#### F4 Ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza  
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452  
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico  
(ing. Giovanni DI SANTO)



#### Geol. Dott. Maurizio Giacomino

Via del Ginepro, 23 - 75100 Matera

Tel. 3409134882 - E-mail: mauriziogiacomino@gmail.com



# 1. Campagna di Indagini Geognostiche

La campagna di indagini geognostiche è stata strutturata in relazione alla natura dei litotipi affioranti ed ha visto l'esecuzione di prove geotecniche indirette che hanno interessato l'area di sedime dei pannelli solari in progetto.

L'allegato A.12.a.7 "Planimetria ubicazione indagini Geognostiche" riporta in scala 1:2.000 l'intero progetto del Parco Fotovoltaico dove sono indicate l'ubicazione di tutte le indagini eseguite e l'ubicazione del percorso del cavidotto fino a raggiungere la cabina primaria.

Di seguito si riportano la descrizione delle indagini eseguite con tutti gli elaborati grafici e descrittivi, consistite in:

- n. 6 Standard Penetration Test (SPT) con Penetrometro Medio;
- n. 2 stendimenti sismici a rifrazione eseguiti con tecnica MASW ubicati.
- n. 2 stendimenti sismici a rifrazione eseguiti in Onde P e Sh e;

## 1.1 SISMICA A RIFRAZIONE

L'indagine sismica eseguita nei terreni di sedime del parco fotovoltaico in progetto ubicato a sud dell'abitato del Comune di Grottole e precisamente nell'ampia valle del Fiume Bradano e consistita in:

- n. 2 Prospezioni Sismiche a Rifrazione in onde P per la ricostruzione del modello sismostratigrafico e la determinazione delle principali grandezze elasto-meccaniche dei terreni investigati;
- n. 2 Prospezioni Sismiche MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) in onde di Rayleigh per la caratterizzazione sismica e la definizione della categoria di sottosuolo come da normativa in materia antisismica vigente.

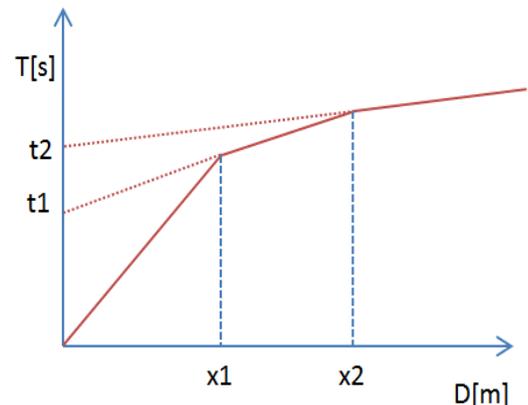
Il presente studio, volto a definire le caratteristiche litologico-stratigrafiche e sismiche del sito, è stato condotto in osservanza della normativa tecnica vigente in materia e in particolare: DM 17 Gennaio 2018 (Aggiornamento delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"), Circolare 21 Gennaio 2019 n° 7 (Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"), Circolare 2 Febbraio 2009 n° 617, prescrizioni AGI 1997, OPCM 3274/03 e

successive modifiche (DGR 153/04, OPCM 3519/06) nonché tenendo in debito conto le “Linee Guida per Indagini Geofisiche” redatte a cura dell’Associazione Società di Geofisica Italiana.

Per la ricostruzione del modello geologico-stratigrafico del sito e la parametrizzazione geomeccanica del volume significativo di terreno relativo all’intervento si è fatto riferimento alle informazioni fornite dall’esecuzione n° 2 prospezioni sismiche a rifrazione in onde P e n° 2 prospezioni sismiche MASW le cui posizioni sono riportate in allegato alla Tavola A.12.a.7 “Carta Ubicazione Indagini Geognostiche”. Le prove sono state realizzate nell’area di impianto dei pannelli fotovoltaici in progetto e, in accordo con la committenza, in maniera tale da investigare il terreno di sedime cercando un giusto compromesso tra la profondità massima di investigazione e gli spazi fisici a disposizione.

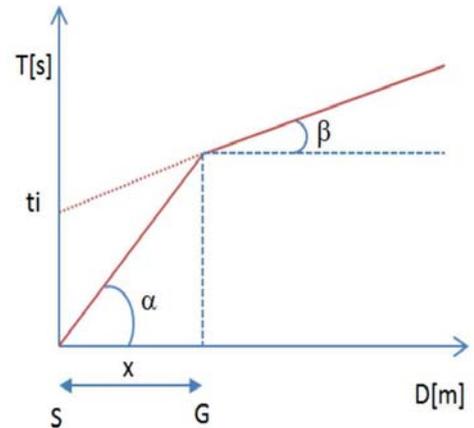
### 1.1.1 Indagini Geognostiche Indirette: Prospezioni Sismiche a Rifrazione (Onde P)

Le indagini di sismica a rifrazione (P e/o S), consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un’onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). Altro scopo è quello di tarare e vincolare l’altro metodo di indagine (MASW) per tutto lo spessore investigato dall’indagine sismica, contribuendo a diminuire l’incertezza sulla determinazione delle velocità delle onde sismiche  $V_s$ . La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione tradizionale e quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all’aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti. Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d’onda  $\lambda$ , comunque, con deboli curvature, i fronti d’onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L’analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell. Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore. La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde  $\lambda$ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L’angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza  $\theta_i$  mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione  $\theta_r$ . La formula matematica è:  $v_2 \sin \theta_i =$



$v_1 \sin \theta_r$ . Dove  $v_1$  e  $v_2$  sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità. Per  $v_1 > v_2$  si ha che  $\theta_i > \theta_r$  e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per  $v_1 < v_2$  si ha che  $\theta_i < \theta_r$  ed esiste un angolo limite d'incidenza per cui  $\theta_r = 90^\circ$  ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'angolo limite è definito come:  $\theta_i \arcsin (v_1 / v_2)$ .

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo  $T$  dato dalla relazione:  $T = x_i / V_1$ , dove  $x_i$  è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione. L'equazione precedente rappresenta una retta che



passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità  $V_1$  del primo mezzo come:  $V_1 = 1 / \tan \alpha$ . I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette. La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati punti di ginocchio e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo  $t_i$  che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione. Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi. Infine, dalla conoscenza dei tempi  $t_i$  è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)} V_i}{2 \sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left( t_i - \frac{2h_1 \sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1 V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)} \sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1 V_{(i-2)}} \right)$$

### 1.1.2 Acquisizione ed Interpretazione dei Dati

Le indagini sono state condotte utilizzando la seguente strumentazione:

- Sismografo con 24 canali, della ditta “PASI Srl” modello GEA24 con acquisizione computerizzata dei dati mediante laptop;

- Sorgente di energizzazione costituita da un maglio del peso di 10 Kg battente verticalmente su piastra rettangolare in alluminio posta direttamente sul piano campagna per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV;
- n. 12 geofoni verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa, con frequenza di acquisizione pari a 4,5 Hz.

La distanza intergeofonica è stata posta pari a 4 mt per tutti gli stendimenti realizzati, denominati di seguito rispettivamente ST01, ST02, ST03 e ST04, con punti di battuta A e B poste a 5 mt rispettivamente dal 1° e dal 12° geofono, in posizione esterna allo stendimento, la battuta C posta al centro dello stendimento (fra il 6° e il 7° geofono), mentre le altre due battute intermedie D ed E poste rispettivamente tra 3° e 4° geofono e tra il 9° e il 10° geofono come riportato in Figura 1:

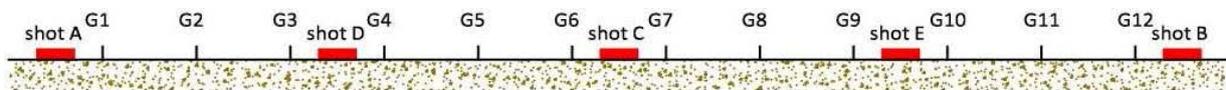


Figura 1-Configurazione geometrica dello stendimento sismico a rifrazione

In fase di acquisizione dei sismogrammi è stato applicato un filtro passa alto, con frequenza di taglio pari a 10 Hz, per una migliore ricezione dei segnali. L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- Inserimento delle geometrie mediante il software EasyRefract (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- Applicazione di un filtro "low-pass" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- Picking dei primi arrivi;
- Definizione delle dromocrone;
- Calcolo dromocrone traslate;
- Definizione del modello sismo-stratigrafico.

Bisogna precisare che, l'elaborazione dei dati di sismica a rifrazione rappresentano l'andamento dei sismostrati lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ed il modello sismostratigrafico che ne deriva rappresenta l'interpretazione degli stessi sismostrati in funzione della geologia del sito, ottenuto correlando le velocità medie di ciascun sismostrato con i dati geologici noti e le loro velocità sismiche caratteristiche. Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante puntualizzare che:

- a) I sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) La risoluzione del metodo è funzione della profondità d'indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore  $h$  ubicato a profondità  $z$  dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui  $h < 0,25 * z$ ;
- c) Nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P e quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;

d) I terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

Di seguito sono stati riportati, in Tabella 1, i valori di velocità delle onde sismiche di compressione P tipici di alcuni litotipi ricorrenti.

Litotipo	V <sub>p</sub> (m/sec)	Litotipo	V <sub>p</sub> (m/sec)
Areato superficiale	300-800	Calcare cristallino	5700-6400
Argille	1100-2900	Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Sabbia asciutta	200-1000	Piroclastiti incoerenti (pozzolana)	350-1000
Sabbie umida	600-1800	Arenaria	1400-4500
Terreni alluvionali sciolti	400-2100	Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Acqua	1400-1500	Anidride	3500-5500
Calcare fratturato	700-4200	Gesso	1800-4000
Calcare compatto	2800-6400	Gneiss e scisti	3500-7500

*Tabella 1*-Valori di velocità tipiche delle onde di compressione P (da “Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo” di Carrara-Rapolla-Roberti, “Il manuale del geologo” di Cassadio-Elmi)

### **Stendimento Sismico ST01**

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, senza variazioni altimetriche significative, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento alle “Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P” allegata di seguito.

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismo-struttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-ciottolosa debolmente limosa, poco consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 455 m/sec per una profondità media di circa -2,60 mt da pc;
2. **Sismostrato B:** deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa, moderatamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 880 m/sec per una profondità media di circa -11,50 mt da pc;
3. **Sismostrato C:** deposito di natura limoso-argilloso, ben consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1693 m/sec sino a fine indagine ( $\approx$ -14 mt da pc).

### **Stendimento Sismico ST02**

Lo stendimento è stato realizzato su di un'area destinata a seminativo agricolo, senza variazioni altimetriche significative, per una estensione totale della linea sismica pari a 44 mt. Per l'interpretazione litostratigrafica dell'indagine di sismica a rifrazione si faccia riferimento alle "Sezioni Stratigrafiche Interpretative-Onde P" allegate di seguito.

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo investigato, identificando tre sismostrati, ciascuno caratterizzato da un determinato valore medio di velocità delle onde di compressione. Assimilando tali valori di velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area, in prima analisi, è stato ricostruito il seguente assetto litostratigrafico, evidenziando come i relativi spessori subiscono delle leggere variazioni lungo la sezione sismica:

1. **Sismostrato A:** terreno vegetale e deposito di natura sabbioso-ciottolosa debolmente limosa, poco consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 336 m/sec per una profondità media di circa -2,10 mt da pc;
2. **Sismostrato B:** deposito di natura sabbiosa limo-ciottolosa, moderatamente consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 750 m/sec per una profondità media di circa -9,70 mt da pc;
3. **Sismostrato C:** deposito di natura limoso-argillosa, ben consistente, caratterizzato da valori medi di velocità delle onde P pari a circa 1528 m/sec sino a fine indagine ( $\approx$ -14 mt da pc).

Studio Tecnico di Geologia Dott. Geol. Maurizio Giacomino  
Via del Ginepro, 23 – 75100 Matera Cell. 3409134882 e-mail: maurizogiacomino@gmail.com

### 7.1.2 Caratterizzazione Elasto-Meccanica dei terreni di Fondazione

In base alle indicazioni ricavate dalle prove geofisiche, si riportano le tabelle riassuntive delle principali caratteristiche elasto-meccaniche dei sismostrati individuati per i siti d'interesse come risultato dalle indagini svolte. I valori delle Vs sono stati ricavati in modo indiretto dalle prove sismiche MASW. Le determinazioni dei moduli elastici (dinamici), eseguite mediante tali metodologie sismiche, sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali, cioè relative ad un modesto volume di roccia e/o terreno. I moduli elastici sismici ottenuti, possono essere correlati ai normali moduli statici attraverso un fattore di riduzione (ad es. Rzhnevsky et alii, 1971,  $E_{din} = 8,3 * E_{stat} + 0,97$ ) semplicemente evidenziando che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

#### Stendimento ST01

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	V <sub>p</sub> (m/sec)	V <sub>s</sub> (m/sec)	γ (gr/cm <sup>3</sup> )	μ	E <sub>y</sub> (MPa)	G <sub>0</sub> (MPa)	M <sub>0</sub> (MPa)	λ (MPa)
<b>A</b> (0,00÷2,60)	455	185	1,63	0,40	156	56	263	226
<b>B</b> (2,60÷11,50)	880	374	1,85	0,38	719	259	1088	915
<b>C</b> (11,50÷14,00≈)	1693	411	2,09	0,46	1037	353	5520	5284

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m <sup>2</sup> s)	E <sub>d</sub> (MPa)
<b>A</b> (0,00÷2,60)	301	373
<b>B</b> (2,60÷11,50)	691	1395
<b>C</b> (11,50÷14,00≈)	858	5163

Tabella 2-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST01

#### Stendimento ST02

Sismostrato Profondità media (mt da pc)	V <sub>p</sub> (m/sec)	V <sub>s</sub> (m/sec)	γ (gr/cm <sup>3</sup> )	μ	E <sub>y</sub> (MPa)	G <sub>0</sub> (MPa)	M <sub>0</sub> (MPa)	λ (MPa)
<b>A</b> (0,00÷2,10)	336	185	1,54	0,28	135	53	104	68
<b>B</b> (2,10÷9,70)	750	254	1,79	0,43	331	115	853	776
<b>C</b> (9,70÷14,00≈)	1528	349	2,05	0,47	735	250	4453	4287
Sismostrato Profondità media (mt da pc)	R (tonn/m <sup>2</sup> s)		E <sub>d</sub> (MPa)					
<b>A</b> (0,00÷2,10)	284		203					
<b>B</b> (2,10÷9,70)	454		1014					
<b>C</b> (9,70÷14,00≈)	715		4205					

Tabella 3-Riepilogo delle caratteristiche elasto-meccaniche degli strati identificati dalle indagini geofisiche in situ per lo stendimento sismico ST02

Con:

V<sub>p</sub>= velocità media onde di compressione;

V<sub>s</sub>= velocità media onde di taglio;

γ= Peso unità di volume naturale;

μ= coefficiente di Poisson;

E<sub>y</sub>= modulo di Young;

G<sub>0</sub>= modulo di taglio.

M<sub>0</sub>= modulo di compressibilità volumetrica;

E<sub>d</sub>= modulo edometrico;

λ= coefficiente di Lamé;

R= rigidità sismica;

E<sub>d</sub>= modulo edometrico;

### 1.1.3 Indagini Geognostiche Indirette: Prospezioni Sismiche MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio VS, sulla base della misura

delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del terreno. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono di tipo dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse frequenze si propagano con diverse velocità di fase (o di gruppo) apparente (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) ovvero la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile alla specificità che le onde ad alta frequenza hanno di propagarsi negli strati più superficiali, fornendo quindi informazioni sulla parte più alta del terreno, mentre le onde a bassa frequenza, propagandosi negli strati più profondi, restituiscono indicazioni sulla parte più bassa del terreno. Il metodo MASW è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del terreno (energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da un array lineare di geofoni. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5÷10 Hz e 70÷100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del terreno, generalmente compreso nei primi 30÷50 mt, in funzione della rigidità del terreno e della caratteristica della sorgente.

#### **Acquisizione ed Interpretazione dei Dati**

Per il caso in esame, è stato utilizzato un sismografo a 24 canali, della ditta PASI Srl modello GEA24 con acquisizione computerizzata dei dati e una sorgente ad impatto verticale per la generazione di onde Rayleigh rilevate da 12 geofoni aventi frequenza pari a 4,5 Hz con una spaziatura di 4 mt per tutti gli stendimenti, denominati di seguito rispettivamente MASW01, MASW02, MASW03 e MASW04, considerando le stesse linee utilizzate per le acquisizioni delle indagini di sismica a rifrazione. Sono stati effettuati, per ogni singola indagine, n. 4 battute per l'acquisizione dei sismogrammi utilizzando degli offset minimi rispettivamente a -5 mt e -10 mt dal 1° geofono e +5 mt e +10 mt dal 12° geofono. L'intervallo di campionamento è stato pari a 1 ms (millisecondo) con un tempo di registrazione di 2 secondi. Lo schema organizzativo della prova è riportata in Figura 2, mentre per l'ubicazione dei profili sismici si faccia riferimento in allegato alla Tavola A. 1 "Ubicazione Indagini in Situ". La procedura adottata per ricostruire la distribuzione delle onde di taglio nel terreno (VS) può essere così descritta:

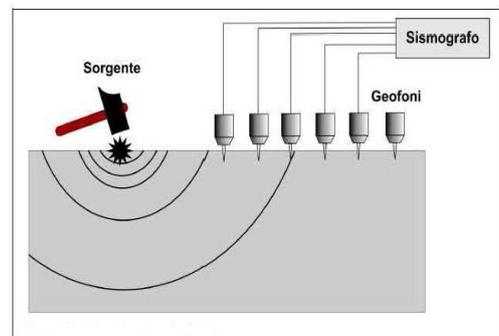


Figura 2-Schema realizzativo indagine MASW (Onde

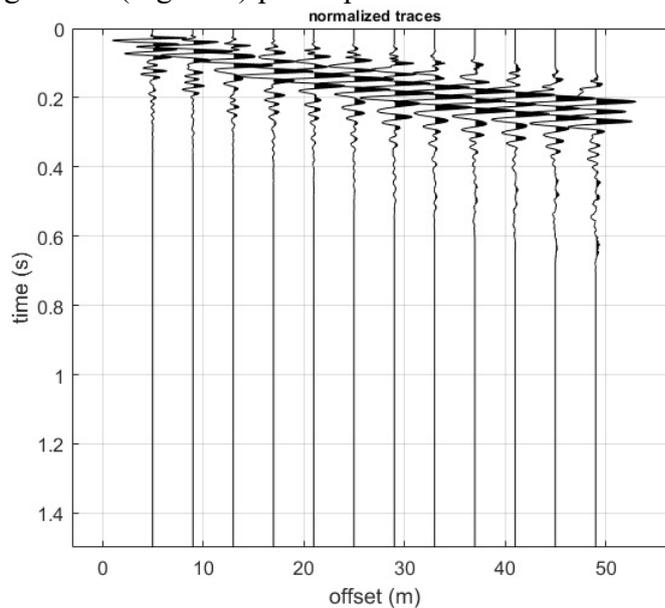
1. Acquisizione dei sismogrammi contenenti le onde di superficie (onde di Rayleigh con componente verticale) per un intervallo di tempo sufficiente e un'adeguata frequenza di campionamento;

2. Processing dei sismogrammi acquisiti individuando le onde di superficie utili alla costruzione dello spettro di velocità ed individuazione delle curve di dispersione;
3. Inversione dei dati usando un modello di terreno che permetta di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S ed ulteriori parametri in funzione della profondità compatibile con il contesto geologico in esame. Tale inversione avviene attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici che rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global search methods o soft computing).

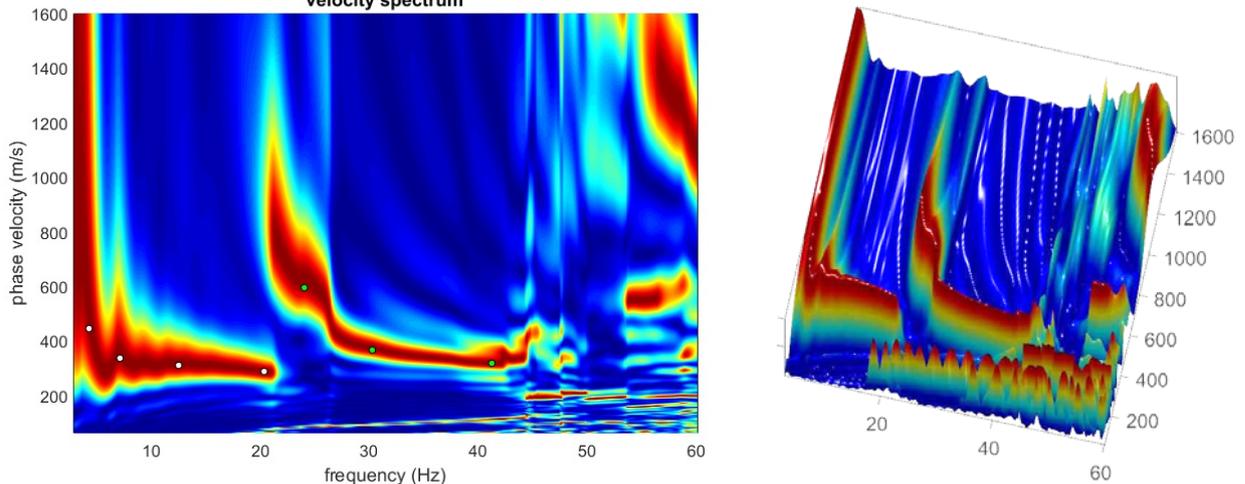
Per il trattamento e l'analisi dei dati acquisiti in situ si è utilizzato il software "WinMASW 3C" release 7.1 della Eliosoft Srl.

#### **Stendimento Sismico MASW01**

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo shot effettuato a +5 mt dal 12° geofono (Figura 3) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 4).



**Figura 3**-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velocità



**Figura 4**-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio VS in funzione della profondità (Figura 5). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 7, rispetto a tutti i modelli testati durante il processo di inversione, Figura 6. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il "misfit evolution" (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 8.

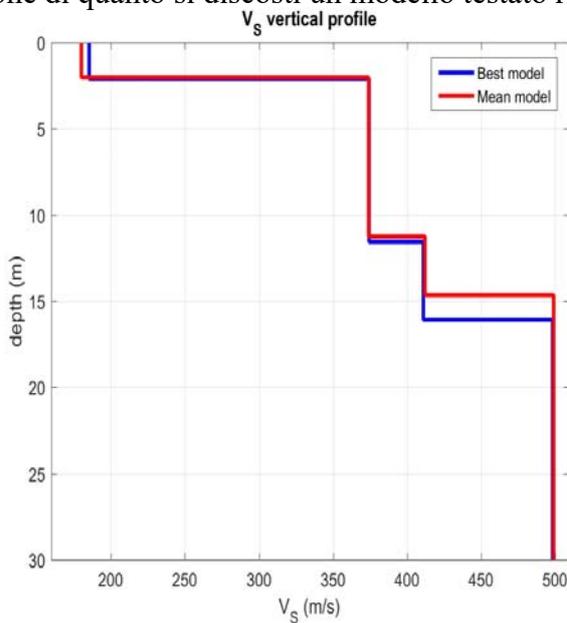


Figura 5-Profilo  $V_{S, equ} = 357$  m/sec calcolato a partire dal piano campagna

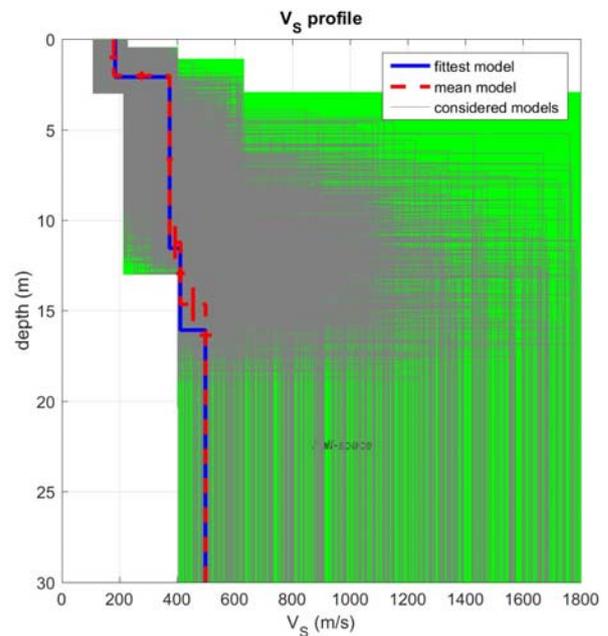


Figura 6-Modelli testati durante il processo di inversione

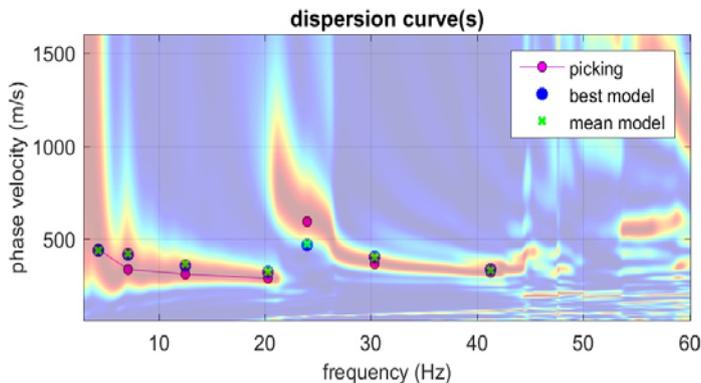


Figura 7-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative "best model" (pallini blu) e "mean model" (croci verdi)

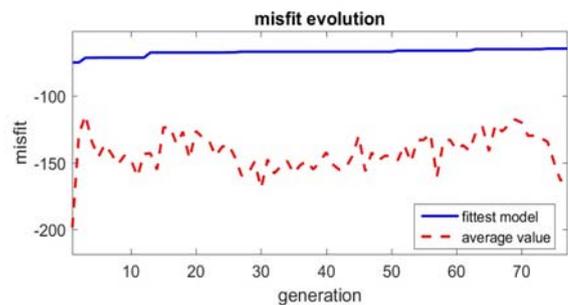


Figura 8-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

### Stendimento Sismico MASW02

Considerando le n. 4 acquisizioni realizzate per la prova, si è scelto di trattare quella che presentava un rapporto segnale/rumore superiore, di conseguenza, per la determinazione del profilo verticale della velocità media delle onde S, si è selezionato il set di dati relativamente allo shot effettuato a -5 mt dal 1° geofono (Figura 9) per il quale è stato desunto il relativo spettro di velocità (Figura 10).

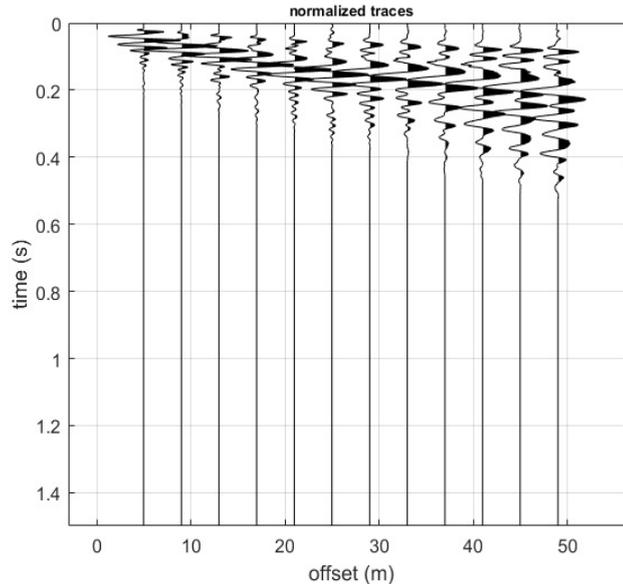


Figura 9-Tracce acquisite in situ ed utilizzate per la costruzione dello spettro di velo-

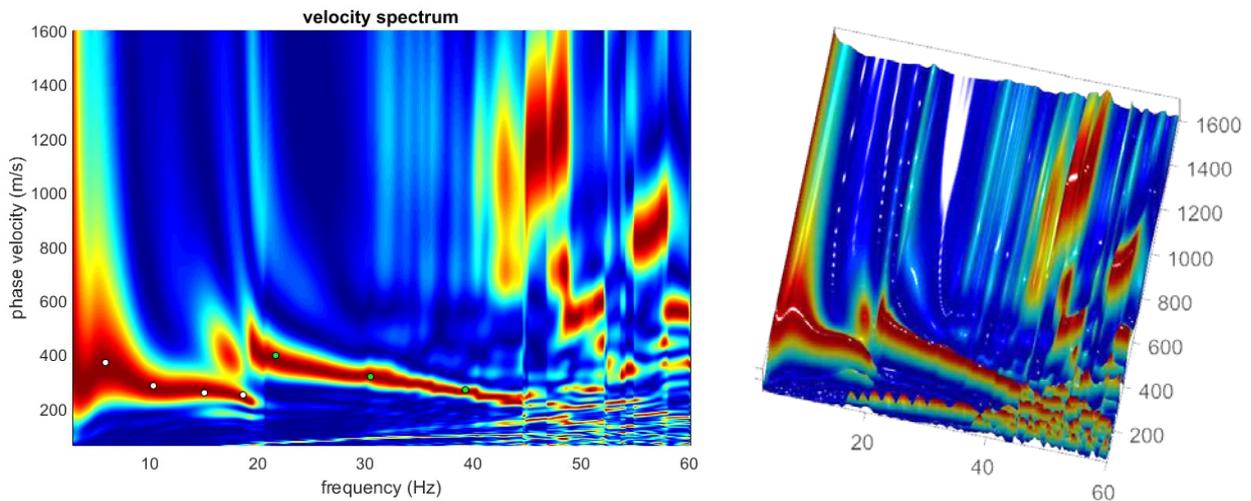


Figura 10-Spettro di velocità (visualizzazione 2D e 3D). In evidenza l'andamento del modo fondamentale (pallini bianchi) e del primo modo superiore (pallini verdi)

L'analisi dello spettro "frequenza-velocità di fase" ha consentito di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio VS in funzione della profondità (Figura 11). Si precisa infine che, il modello del sottosuolo e di conseguenza anche l'inversione di velocità derivata, sono stati ottenuti in corrispondenza del punto medio del profilo di acquisizione (circa 22,00 mt da inizio stendimento sismico). Di seguito si riporta lo spettro di velocità sul quale è stata riportata la curva di dispersione "piccata" (picking pallini fucsia), la curva di dispersione del "modello migliore" (pallini blu) e del "modello medio" (croci verdi), Figura 13, rispetto a tutti i modelli testati durante

il processo di inversione, Figura 12. Viene riportato, inoltre, il grafico inerente il “misfit evolution” (disaccordo) e cioè la quantificazione di quanto si discosti un modello testato rispetto al dato osservato, Figura 14.

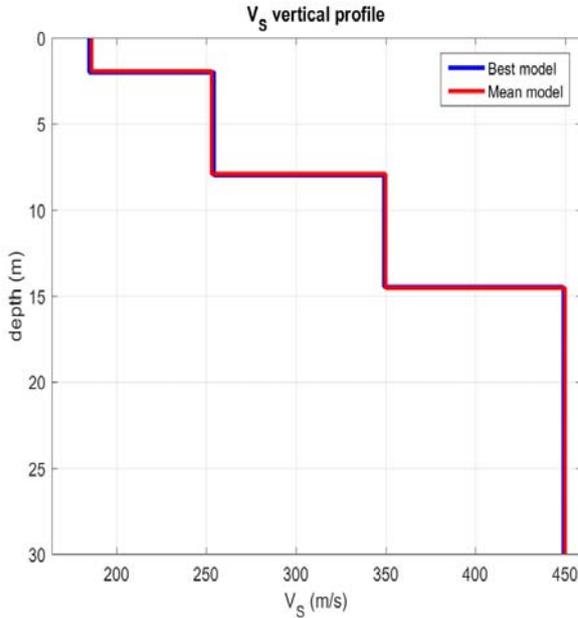


Figura 11-Profilo  $V_{S, equ} = 343$  m/sec calcolato a partire dal piano campagna

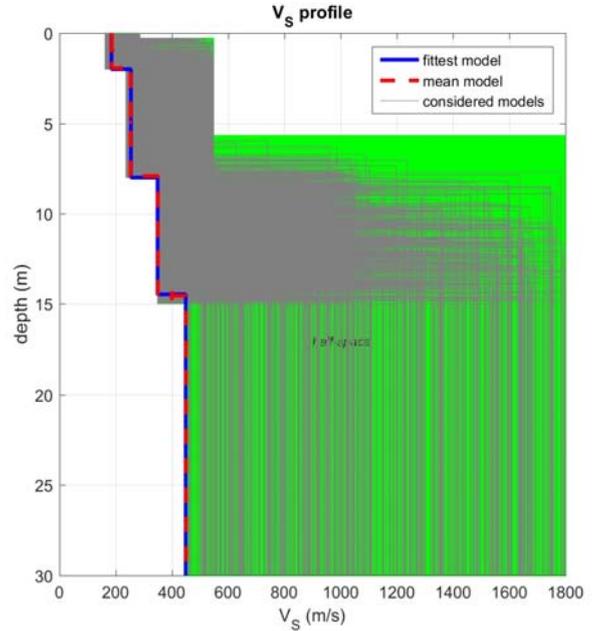


Figura 12-Modelli testati durante il processo di inversione

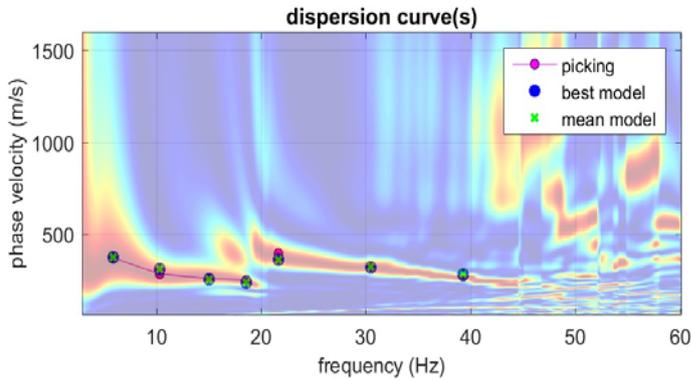


Figura 13-Curva di dispersione osservata (picking pallini fucsia) e curve di dispersione relative “best model” (pallini blu) e “mean model” (croci verdi)

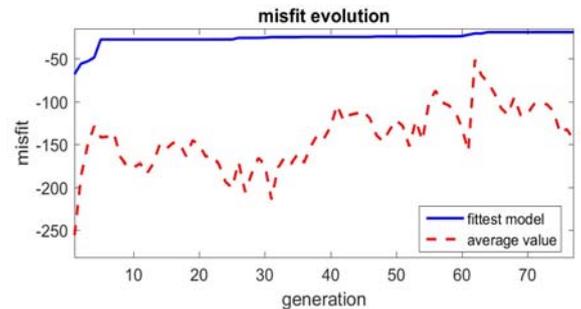


Figura 14-Evoluzione del misfit (disaccordo) al progredire dei modelli testati durante il processo di inversione

### 1.1.4 Classificazione del Sottosuolo di Fondazione

Sulla base delle risultanze delle indagini MASW condotte nelle aree oggetto di studio, il sottosuolo di fondazione è stato classificato ai sensi delle normative che attualmente regolano il settore (Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recepita dalla Regione Basilicata con DGR n° 2000/2003, e dalle modifiche allo stesso portate dal Consiglio dei ministri con Ordinanza n° 3431 del 03/05/2005, DM 17/01/2018). Si rammenta che le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” individuano n. 5 categorie di sottosuolo e precisamente:

<b>Categoria A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
<b>Categoria B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina 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
<b>Categoria C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
<b>Categoria D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s
<b>Categoria E</b>	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m

Le indagini MASW hanno consentito la stima dei valori delle velocità delle onde sismiche di taglio e, da queste, il calcolo della VS equivalente risultante, applicando la seguente formula:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Con:

- $h_i$  spessore (in mt) dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strato;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiori a 800 m/s.

Per lo stendimento MASW01, il valore equivalente di VS calcolato pari a **357** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C**: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Per lo stendimento MASW02, il valore equivalente di VS calcolato pari a **343** m/sec, colloca i litotipi presenti nella **Categoria di sottosuolo C**: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

## 1.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)

Rif. Norme	DIN 4094	Peso Massa battente	30	Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m	Peso sistema di battuta	21	Kg
Diametro punta conica	35,68 mm	Area di base punta	10	cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m	Peso aste a metro	2,9	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m	Avanzamento punta	0,10	m
Numero colpi per punta	N(10)	Coeff. Correlazione	0,761	
Rivestimento/fanghi	Si	Angolo di apertura punta	60°	

La prova Penetrometrica Dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) 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  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- 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)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante	DPSH	$M \geq 60$	25

### 1.2.1 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  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto);
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) “massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto”;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE) “massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni”;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA) “massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, 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:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

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;  $\delta$  = 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 ( $\delta/N$ );  
 $M$  = 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 resistenze 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.

#### **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..

### **1.2.2 Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**

#### **Liquefazione:**

- Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  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  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di SHI-MING.

#### **Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda:**

- $N_{spt}$  corretto =  $15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$  -  $N_{spt}$  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)  $\square > 5$  t/mq.

- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito  $< 38^\circ$  .
- 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  $< 38^\circ$  ).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- 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)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE 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)  $\sigma > 15$  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<sub>y</sub>):**

- 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  $\gamma = 2,65$  t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 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  $\sigma_d$  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 Vs (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<sub>o</sub>)**

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

### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)**

- Robertson 1983 Qc

### **1.2.3 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). Cu 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 , (Cu- $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cm<sup>2</sup>) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cm<sup>2</sup>) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cm<sup>2</sup>), 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 (Qc)**

- Robertson 1983 Qc

#### **Modulo Edometrico-Confinato (Mo)**

- 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/cm<sup>2</sup>)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte (  $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt}=6-12$ ).

#### **Modulo Di Young (EY)**

- 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 ...Pen1**

Strumento utilizzato...

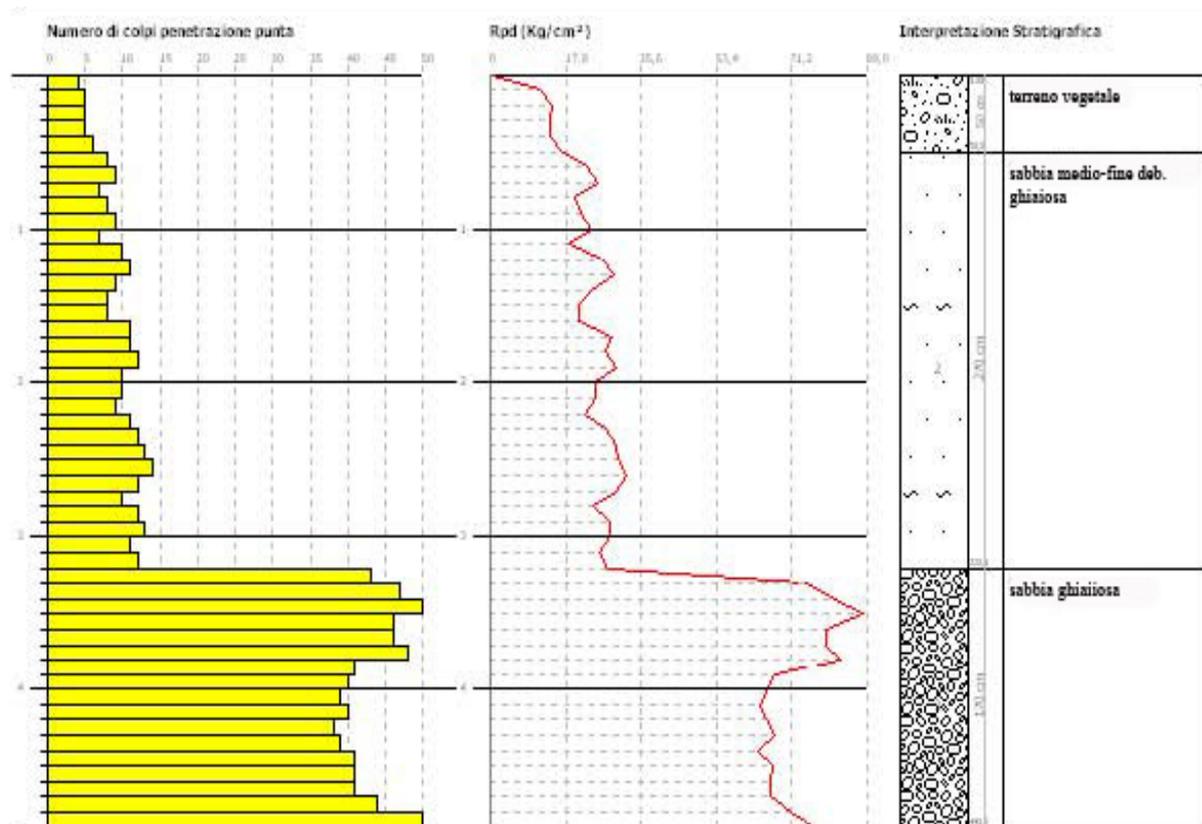
DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data: 08/04/2022

Profondità prova 4,90 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	4	0	0,857	11,44	13,36	0,57	0,67
0,20	5	0	0,855	14,27	16,70	0,71	0,83
0,30	5	0	0,853	14,24	16,70	0,71	0,83
0,40	5	0	0,851	14,21	16,70	0,71	0,83
0,50	6	0	0,849	17,01	20,04	0,85	1,00
0,60	8	0	0,847	22,63	26,72	1,13	1,34
0,70	9	0	0,845	25,40	30,06	1,27	1,50
0,80	7	0	0,843	19,71	23,38	0,99	1,17
0,90	8	0	0,842	21,33	25,35	1,07	1,27
1,00	9	0	0,840	23,95	28,52	1,20	1,43
1,10	7	0	0,838	18,59	22,18	0,93	1,11
1,20	10	0	0,836	26,50	31,69	1,33	1,58
1,30	11	0	0,835	29,09	34,86	1,45	1,74
1,40	9	0	0,833	23,75	28,52	1,19	1,43
1,50	8	0	0,831	21,07	25,35	1,05	1,27
1,60	8	0	0,830	21,03	25,35	1,05	1,27
1,70	11	0	0,828	28,86	34,86	1,44	1,74
1,80	11	0	0,826	28,81	34,86	1,44	1,74
1,90	12	0	0,825	29,84	36,18	1,49	1,81
2,00	10	0	0,823	24,82	30,15	1,24	1,51
2,10	10	0	0,822	24,77	30,15	1,24	1,51
2,20	9	0	0,820	22,25	27,14	1,11	1,36
2,30	11	0	0,819	27,15	33,17	1,36	1,66
2,40	12	0	0,817	29,57	36,18	1,48	1,81
2,50	13	0	0,766	30,01	39,20	1,50	1,96
2,60	14	0	0,764	32,26	42,21	1,61	2,11
2,70	12	0	0,813	29,41	36,18	1,47	1,81
2,80	10	0	0,811	24,46	30,15	1,22	1,51
2,90	12	0	0,810	27,95	34,50	1,40	1,73
3,00	13	0	0,759	28,36	37,38	1,42	1,87
3,10	11	0	0,807	25,54	31,63	1,28	1,58
3,20	12	0	0,806	27,81	34,50	1,39	1,73
3,30	43	0	0,605	74,77	123,64	3,74	6,18
3,40	47	0	0,603	81,55	135,14	4,08	6,76
3,50	51	0	0,602	88,30	146,65	4,41	7,33
3,60	46	0	0,601	79,48	132,27	3,97	6,61
3,70	46	0	0,600	79,31	132,27	3,97	6,61
3,80	48	0	0,598	82,59	138,02	4,13	6,90
3,90	41	0	0,597	67,29	112,67	3,36	5,63
4,00	40	0	0,596	65,52	109,92	3,28	5,50
4,10	39	0	0,595	63,75	107,18	3,19	5,36
4,20	40	0	0,594	65,26	109,92	3,26	5,50
4,30	38	0	0,643	67,10	104,43	3,36	5,22
4,40	39	0	0,591	63,39	107,18	3,17	5,36
4,50	41	0	0,590	66,51	112,67	3,33	5,63
4,60	41	0	0,589	66,39	112,67	3,32	5,63
4,70	41	0	0,588	66,27	112,67	3,31	5,63
4,80	44	0	0,587	70,99	120,92	3,55	6,05
4,90	50	0	0,586	77,11	131,58	3,86	6,58



### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Pen1 - TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Gibbs & Holtz 1957	21,12
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Gibbs & Holtz 1957	29,77
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Gibbs & Holtz 1957	55,16

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Sowers (1961)	25,6
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Sowers (1961)	30,19
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Sowers (1961)	37,21

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Bowles (1982) Sabbia Media	239,55

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	35,27
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	43,51
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	95,06

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Meyerhof ed altri	1,69
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Meyerhof ed altri	1,85
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Meyerhof ed altri	2,16

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,98
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	3,8	0,50	3,8	(A.G.I.)	0,35
Strato 2	7,81	3,20	7,81	(A.G.I.)	0,34
Strato 3	32,91	4,90	32,91	(A.G.I.)	0,29

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Ohsaki (Sabbie pulite)	227,99
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Ohsaki (Sabbie pulite)	448,75
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Ohsaki (Sabbie pulite)	1734,61

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Ohta & Goto (1978) Limi	65,952
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Ohta & Goto (1978) Limi	109,929
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Ohta & Goto (1978) Limi	164,005

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Navfac 1971-1982	0,70
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Navfac 1971-1982	1,63
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Navfac 1971-1982	6,00

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	3,8	0,50	3,8	Robertson 1983	7,60
Strato 2	7,81	3,20	7,81	Robertson 1983	15,62
Strato 3	32,91	4,90	32,91	Robertson 1983	65,82

**PROVA ...Pen2**

Strumento utilizzato...

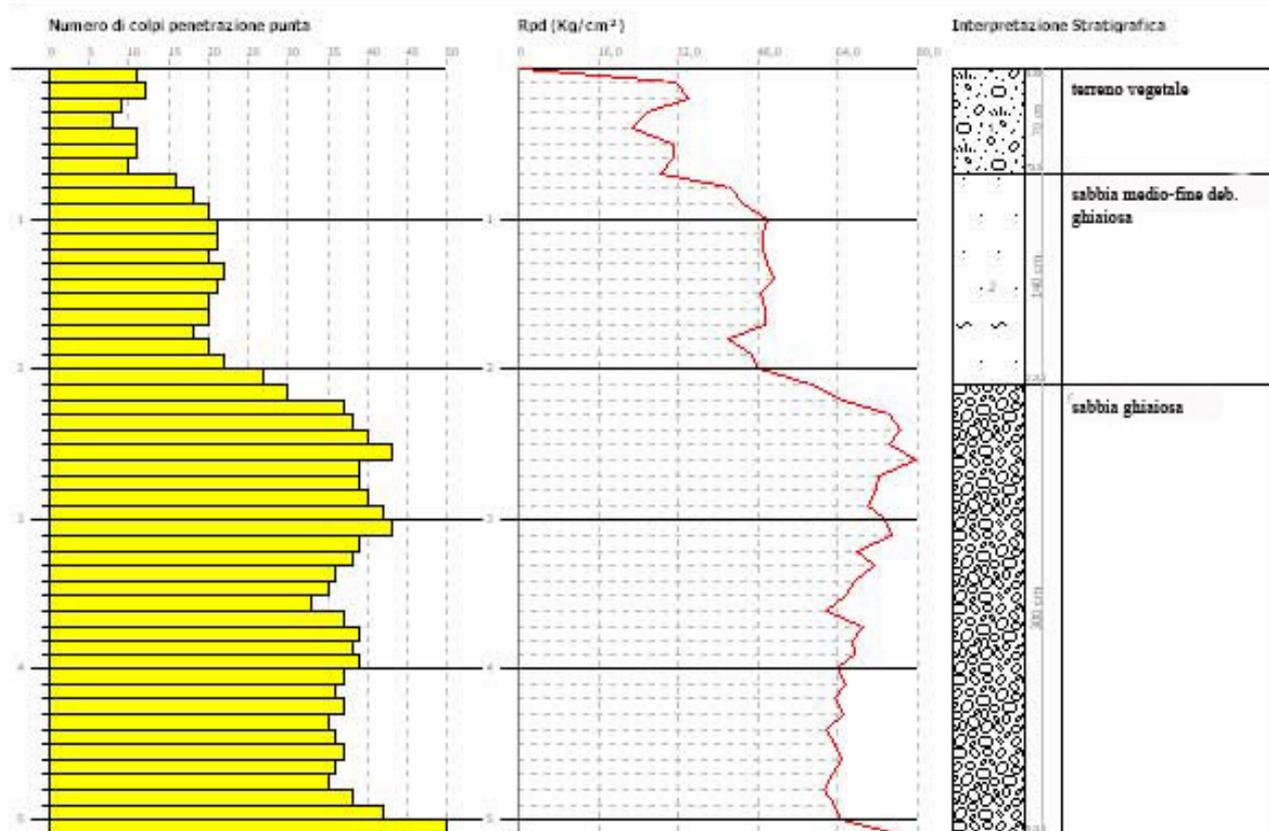
DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data: 08/04/2022

Profondità prova 5,10 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	11	0	0,857	31,47	36,73	1,57	1,84
0,20	12	0	0,855	34,25	40,07	1,71	2,00
0,30	9	0	0,853	25,63	30,06	1,28	1,50
0,40	8	0	0,851	22,73	26,72	1,14	1,34
0,50	11	0	0,849	31,18	36,73	1,56	1,84
0,60	11	0	0,847	31,11	36,73	1,56	1,84
0,70	10	0	0,845	28,22	33,40	1,41	1,67
0,80	16	0	0,793	42,39	53,43	2,12	2,67
0,90	18	0	0,792	45,15	57,04	2,26	2,85
1,00	20	0	0,790	50,05	63,38	2,50	3,17
1,10	21	0	0,738	49,11	66,55	2,46	3,33
1,20	21	0	0,736	49,00	66,55	2,45	3,33
1,30	20	0	0,785	49,73	63,38	2,49	3,17
1,40	22	0	0,733	51,09	69,72	2,55	3,49
1,50	21	0	0,731	48,66	66,55	2,43	3,33
1,60	20	0	0,780	49,41	63,38	2,47	3,17
1,70	20	0	0,778	49,31	63,38	2,47	3,17
1,80	18	0	0,776	44,28	57,04	2,21	2,85
1,90	20	0	0,775	46,72	60,30	2,34	3,02
2,00	22	0	0,723	47,97	66,33	2,40	3,32
2,10	27	0	0,722	58,75	81,41	2,94	4,07
2,20	30	0	0,720	65,14	90,45	3,26	4,52
2,30	37	0	0,669	74,59	111,56	3,73	5,58
2,40	38	0	0,667	76,44	114,57	3,82	5,73
2,50	40	0	0,616	74,25	120,60	3,71	6,03
2,60	43	0	0,614	79,64	129,65	3,98	6,48
2,70	39	0	0,613	72,06	117,59	3,60	5,88
2,80	39	0	0,611	71,90	117,59	3,59	5,88
2,90	40	0	0,610	70,16	115,02	3,51	5,75
3,00	42	0	0,609	73,51	120,77	3,68	6,04
3,10	43	0	0,607	75,09	123,64	3,75	6,18
3,20	39	0	0,606	67,96	112,14	3,40	5,61
3,30	38	0	0,655	71,54	109,27	3,58	5,46
3,40	36	0	0,653	67,64	103,51	3,38	5,18
3,50	35	0	0,652	65,63	100,64	3,28	5,03
3,60	33	0	0,651	61,76	94,89	3,09	4,74
3,70	37	0	0,650	69,11	106,39	3,46	5,32
3,80	39	0	0,598	67,11	112,14	3,36	5,61
3,90	38	0	0,647	67,59	104,43	3,38	5,22
4,00	39	0	0,596	63,88	107,18	3,19	5,36
4,10	37	0	0,645	65,57	101,68	3,28	5,08
4,20	36	0	0,644	63,68	98,93	3,18	4,95
4,30	37	0	0,643	65,33	101,68	3,27	5,08
4,40	35	0	0,641	61,70	96,18	3,08	4,81
4,50	36	0	0,640	63,35	98,93	3,17	4,95
4,60	37	0	0,639	65,00	101,68	3,25	5,08
4,70	36	0	0,638	63,13	98,93	3,16	4,95
4,80	35	0	0,637	61,28	96,18	3,06	4,81
4,90	38	0	0,636	63,61	100,00	3,18	5,00
5,00	42	0	0,585	64,66	110,53	3,23	5,53
5,10	50	0	0,584	76,84	131,58	3,84	6,58



### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Pen2 TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Gibbs & Holtz 1957	34,75
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Gibbs & Holtz 1957	45,66
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Gibbs & Holtz 1957	52,05

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Sowers (1961)	26,02
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Sowers (1961)	32,35
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Sowers (1961)	36,13

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Bowles (1982) Sabbia Media	152,75
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Bowles (1982) Sabbia Media	220,10

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	43,55
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	59,40
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	87,07

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Meyerhof ed altri	1,75
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Meyerhof ed altri	1,89
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Meyerhof ed altri	2,13

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	7,83	0,70	7,83	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	15,55	2,10	15,55	(A.G.I.)	0,32
Strato 3	29,02	5,10	29,02	(A.G.I.)	0,3

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Ohsaki (Sabbie pulite)	449,83
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Ohsaki (Sabbie pulite)	857,31
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Ohsaki (Sabbie pulite)	1541,16

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Ohta & Goto (1978) Limi	79,753
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Ohta & Goto (1978) Limi	117,353
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Ohta & Goto (1978) Limi	156,868

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Navfac 1971-1982	1,63
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Navfac 1971-1982	3,23
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Navfac 1971-1982	5,47

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	7,83	0,70	7,83	Robertson 1983	15,66
Strato 2	15,55	2,10	15,55	Robertson 1983	31,10
Strato 3	29,02	5,10	29,02	Robertson 1983	58,04

**PROVA ...Pen3**

Strumento utilizzato...

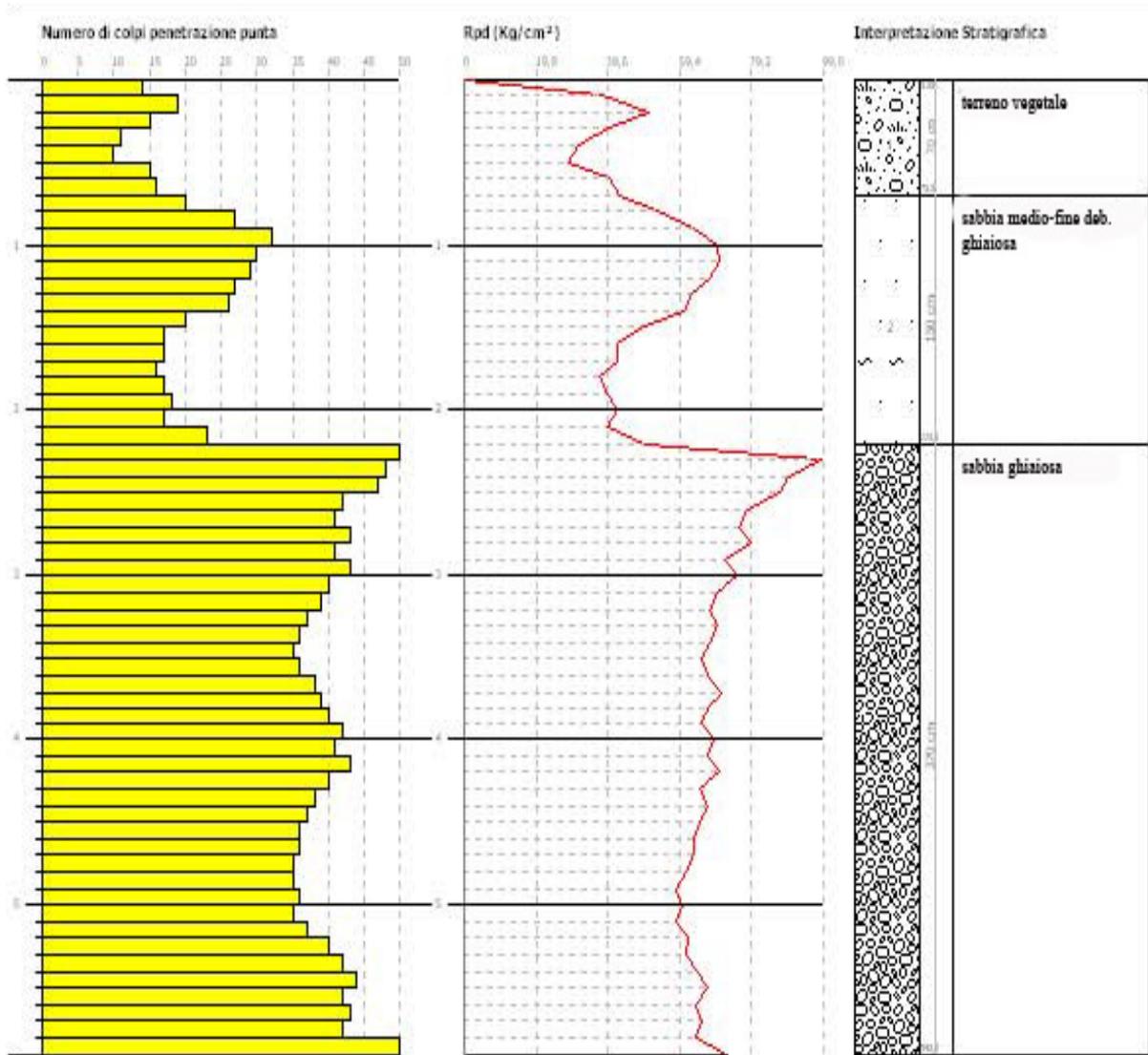
DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data:08/04/2022

Profondità prova 5,90mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	14	0	0,807	37,71	46,75	1,89	2,34
0,20	19	0	0,805	51,05	63,45	2,55	3,17
0,30	15	0	0,803	40,21	50,09	2,01	2,50
0,40	11	0	0,851	31,25	36,73	1,56	1,84
0,50	10	0	0,849	28,35	33,40	1,42	1,67
0,60	15	0	0,797	39,92	50,09	2,00	2,50
0,70	16	0	0,795	42,49	53,43	2,12	2,67
0,80	20	0	0,793	52,99	66,79	2,65	3,34
0,90	27	0	0,742	63,45	85,56	3,17	4,28
1,00	32	0	0,690	69,95	101,41	3,50	5,07
1,10	30	0	0,738	70,16	95,07	3,51	4,75
1,20	29	0	0,736	67,66	91,90	3,38	4,60
1,30	27	0	0,735	62,85	85,56	3,14	4,28
1,40	26	0	0,733	60,38	82,39	3,02	4,12
1,50	20	0	0,781	49,51	63,38	2,48	3,17
1,60	17	0	0,780	42,00	53,87	2,10	2,69
1,70	17	0	0,778	41,91	53,87	2,10	2,69
1,80	16	0	0,776	39,36	50,70	1,97	2,54
1,90	17	0	0,775	39,71	51,26	1,99	2,56
2,00	18	0	0,773	41,96	54,27	2,10	2,71
2,10	17	0	0,772	39,55	51,26	1,98	2,56
2,20	23	0	0,720	49,94	69,35	2,50	3,47
2,30	53	0	0,619	98,86	159,80	4,94	7,99
2,40	48	0	0,617	89,32	144,72	4,47	7,24
2,50	47	0	0,616	87,25	141,71	4,36	7,09
2,60	42	0	0,614	77,78	126,63	3,89	6,33
2,70	41	0	0,613	75,76	123,62	3,79	6,18
2,80	43	0	0,611	79,27	129,65	3,96	6,48
2,90	41	0	0,610	71,92	117,89	3,60	5,89
3,00	43	0	0,609	75,26	123,64	3,76	6,18
3,10	40	0	0,607	69,85	115,02	3,49	5,75
3,20	39	0	0,606	67,96	112,14	3,40	5,61
3,30	37	0	0,655	69,65	106,39	3,48	5,32
3,40	36	0	0,653	67,64	103,51	3,38	5,18
3,50	35	0	0,652	65,63	100,64	3,28	5,03
3,60	36	0	0,651	67,37	103,51	3,37	5,18
3,70	38	0	0,650	70,98	109,27	3,55	5,46
3,80	39	0	0,598	67,11	112,14	3,36	5,61
3,90	40	0	0,597	65,65	109,92	3,28	5,50
4,00	42	0	0,596	68,79	115,42	3,44	5,77
4,10	41	0	0,595	67,02	112,67	3,35	5,63
4,20	43	0	0,594	70,16	118,17	3,51	5,91
4,30	40	0	0,593	65,14	109,92	3,26	5,50
4,40	38	0	0,641	66,98	104,43	3,35	5,22
4,50	37	0	0,640	65,11	101,68	3,26	5,08
4,60	36	0	0,639	63,24	98,93	3,16	4,95
4,70	36	0	0,638	63,13	98,93	3,16	4,95
4,80	35	0	0,637	61,28	96,18	3,06	4,81
4,90	35	0	0,636	58,58	92,11	2,93	4,61
5,00	36	0	0,635	60,16	94,74	3,01	4,74
5,10	35	0	0,634	58,40	92,11	2,92	4,61
5,20	37	0	0,633	61,63	97,37	3,08	4,87
5,30	40	0	0,582	61,26	105,26	3,06	5,26
5,40	42	0	0,581	64,22	110,53	3,21	5,53
5,50	44	0	0,580	67,17	115,79	3,36	5,79
5,60	42	0	0,579	64,01	110,53	3,20	5,53
5,70	43	0	0,578	65,43	113,16	3,27	5,66
5,80	42	0	0,577	63,80	110,53	3,19	5,53
5,90	50	0	0,576	72,75	126,23	3,64	6,31



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Pen3 - TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Gibbs & Holtz 1957	41,81
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Gibbs & Holtz 1957	47,39
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Gibbs & Holtz 1957	58,97

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Sowers (1961)	26,04
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Sowers (1961)	32,77
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Sowers (1961)	36,59

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Bowles (1982) Sabbia Media	129,35
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Bowles (1982) Sabbia Media	160,25
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Bowles (1982) Sabbia Media	228,40

**Modulo Edometrico**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	49,79
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	62,49
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	90,48

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Meyerhof ed altri	1,76
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Meyerhof ed altri	1,93
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Meyerhof ed altri	2,14

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	10,87	0,70	10,87	(A.G.I.)	0,33
Strato 2	17,05	2,20	17,05	(A.G.I.)	0,32
Strato 3	30,68	5,90	30,68	(A.G.I.)	0,29

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Ohsaki (Sabbie pulite)	612,31
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Ohsaki (Sabbie pulite)	934,83
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Ohsaki (Sabbie pulite)	1623,89

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Ohta & Goto (1978) Limi	84,41
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Ohta & Goto (1978) Limi	120,048
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Ohta & Goto (1978) Limi	162,027

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Navfac 1971-1982	2,29
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Navfac 1971-1982	3,52
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Navfac 1971-1982	5,70

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	10,87	0,70	10,87	Robertson 1983	21,74
Strato 2	17,05	2,20	17,05	Robertson 1983	34,10
Strato 3	30,68	5,90	30,68	Robertson 1983	61,36

**PROVA ...Pen4**

Strumento utilizzato...

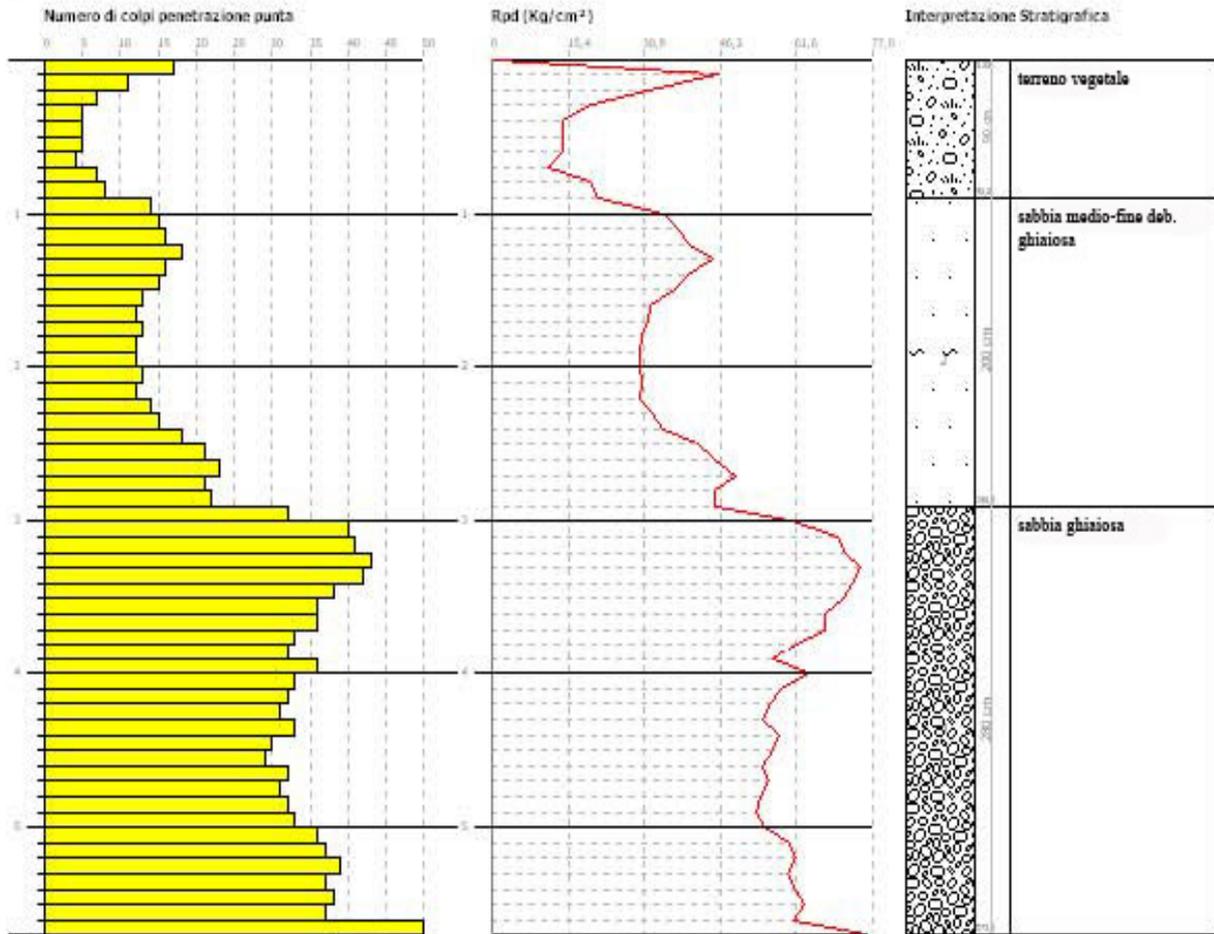
DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data: 08/04/2022

Profondità prova 5,70 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	17	0	0,807	45,79	56,77	2,29	2,84
0,20	11	0	0,855	31,39	36,73	1,57	1,84
0,30	7	0	0,853	19,93	23,38	1,00	1,17
0,40	5	0	0,851	14,21	16,70	0,71	0,83
0,50	5	0	0,849	14,17	16,70	0,71	0,83
0,60	5	0	0,847	14,14	16,70	0,71	0,83
0,70	4	0	0,845	11,29	13,36	0,56	0,67
0,80	7	0	0,843	19,71	23,38	0,99	1,17
0,90	8	0	0,842	21,33	25,35	1,07	1,27
1,00	14	0	0,790	35,04	44,37	1,75	2,22
1,10	15	0	0,788	37,46	47,54	1,87	2,38
1,20	16	0	0,786	39,87	50,70	1,99	2,54
1,30	18	0	0,785	44,75	57,04	2,24	2,85
1,40	16	0	0,783	39,69	50,70	1,98	2,54
1,50	15	0	0,781	37,13	47,54	1,86	2,38
1,60	13	0	0,780	32,12	41,20	1,61	2,06
1,70	12	0	0,828	31,48	38,03	1,57	1,90
1,80	13	0	0,776	31,98	41,20	1,60	2,06
1,90	12	0	0,825	29,84	36,18	1,49	1,81
2,00	12	0	0,823	29,78	36,18	1,49	1,81
2,10	13	0	0,772	30,25	39,20	1,51	1,96
2,20	12	0	0,820	29,67	36,18	1,48	1,81
2,30	14	0	0,769	32,44	42,21	1,62	2,11
2,40	15	0	0,767	34,69	45,23	1,73	2,26
2,50	18	0	0,766	41,55	54,27	2,08	2,71
2,60	21	0	0,714	45,22	63,32	2,26	3,17
2,70	23	0	0,713	49,43	69,35	2,47	3,47
2,80	21	0	0,711	45,04	63,32	2,25	3,17
2,90	22	0	0,710	44,92	63,26	2,25	3,16
3,00	32	0	0,659	60,61	92,01	3,03	4,60
3,10	40	0	0,607	69,85	115,02	3,49	5,75
3,20	41	0	0,606	71,44	117,89	3,57	5,89
3,30	43	0	0,605	74,77	123,64	3,74	6,18
3,40	42	0	0,603	72,87	120,77	3,64	6,04
3,50	38	0	0,652	71,25	109,27	3,56	5,46
3,60	36	0	0,651	67,37	103,51	3,37	5,18
3,70	36	0	0,650	67,25	103,51	3,36	5,18
3,80	33	0	0,648	61,53	94,89	3,08	4,74
3,90	32	0	0,647	56,91	87,94	2,85	4,40
4,00	36	0	0,646	63,91	98,93	3,20	4,95
4,10	33	0	0,645	58,48	90,69	2,92	4,53
4,20	32	0	0,644	56,61	87,94	2,83	4,40
4,30	31	0	0,643	54,74	85,19	2,74	4,26
4,40	33	0	0,641	58,17	90,69	2,91	4,53
4,50	30	0	0,690	56,91	82,44	2,85	4,12
4,60	29	0	0,689	54,93	79,69	2,75	3,98
4,70	32	0	0,638	56,12	87,94	2,81	4,40
4,80	31	0	0,637	54,28	85,19	2,71	4,26
4,90	32	0	0,636	53,56	84,21	2,68	4,21
5,00	33	0	0,635	55,15	86,84	2,76	4,34
5,10	36	0	0,634	60,06	94,74	3,00	4,74
5,20	37	0	0,633	61,63	97,37	3,08	4,87
5,30	39	0	0,582	59,73	102,63	2,99	5,13
5,40	37	0	0,631	61,44	97,37	3,07	4,87
5,50	38	0	0,630	63,01	100,00	3,15	5,00
5,60	37	0	0,629	61,26	97,37	3,06	4,87
5,70	50	0	0,578	76,08	131,58	3,80	6,58



### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Pen4 - TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Gibbs & Holtz 1957	28,5
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Gibbs & Holtz 1957	38,28
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Gibbs & Holtz 1957	48,9

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Sowers (1961)	25,64
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Sowers (1961)	31,36
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Sowers (1961)	35,6

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Bowles (1982) Sabbia Media	134,95
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Bowles (1982) Sabbia Media	210,75

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	39,46
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	52,09
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	83,23

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Meyerhof ed altri	1,7
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Meyerhof ed altri	1,89
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Meyerhof ed altri	2,10

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,9
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,05
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	5,84	0,90	5,84	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	11,99	2,90	11,99	(A.G.I.)	0,33
Strato 3	27,15	5,70	27,15	(A.G.I.)	0,3

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Ohsaki (Sabbie pulite)	341,46
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Ohsaki (Sabbie pulite)	671,43
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Ohsaki (Sabbie pulite)	1447,63

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Ohta & Goto (1978) Limi	79,576
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Ohta & Goto (1978) Limi	119,003
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Ohta & Goto (1978) Limi	160,481

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Navfac 1971-1982	1,18
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Navfac 1971-1982	2,52
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Navfac 1971-1982	5,20

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	5,84	0,90	5,84	Robertson 1983	11,68
Strato 2	11,99	2,90	11,99	Robertson 1983	23,98
Strato 3	27,15	5,70	27,15	Robertson 1983	54,30

**PROVA ...Pen5**

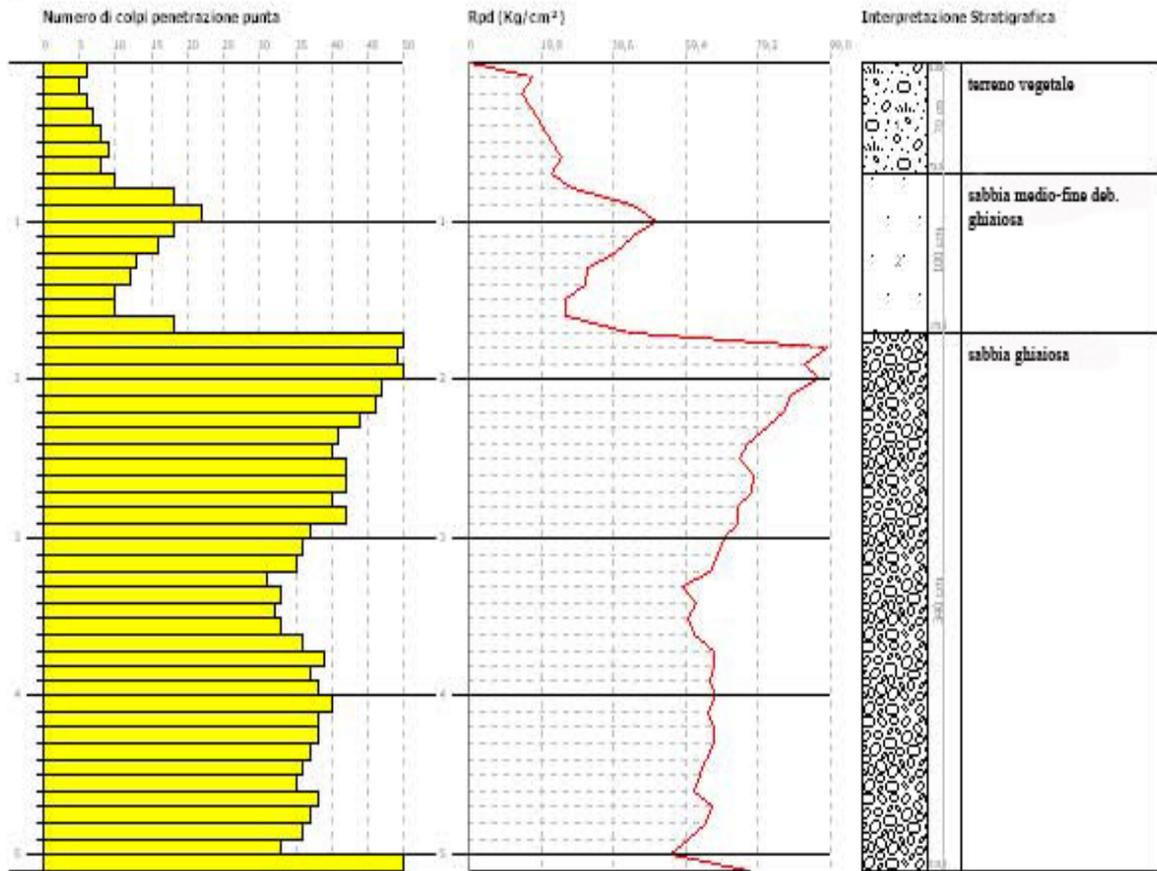
Strumento utilizzato...

DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data: 08/04/2022

Profondità prova 5,10 mt Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	6	0	0,857	17,16	20,04	0,86	1,00
0,20	5	0	0,855	14,27	16,70	0,71	0,83
0,30	6	0	0,853	17,09	20,04	0,85	1,00
0,40	7	0	0,851	19,89	23,38	0,99	1,17
0,50	8	0	0,849	22,68	26,72	1,13	1,34
0,60	9	0	0,847	25,46	30,06	1,27	1,50
0,70	8	0	0,845	22,58	26,72	1,13	1,34
0,80	10	0	0,843	28,16	33,40	1,41	1,67
0,90	18	0	0,792	45,15	57,04	2,26	2,85
1,00	22	0	0,740	51,57	69,72	2,58	3,49
1,10	18	0	0,788	44,95	57,04	2,25	2,85
1,20	16	0	0,786	39,87	50,70	1,99	2,54
1,30	13	0	0,785	32,32	41,20	1,62	2,06
1,40	12	0	0,833	31,67	38,03	1,58	1,90
1,50	10	0	0,831	26,34	31,69	1,32	1,58
1,60	10	0	0,830	26,29	31,69	1,31	1,58
1,70	18	0	0,778	44,37	57,04	2,22	2,85
1,80	52	0	0,626	103,21	164,79	5,16	8,24
1,90	49	0	0,625	92,30	147,74	4,61	7,39
2,00	51	0	0,623	95,83	153,77	4,79	7,69
2,10	47	0	0,622	88,09	141,71	4,40	7,09
2,20	46	0	0,620	86,01	138,69	4,30	6,93
2,30	44	0	0,619	82,07	132,66	4,10	6,63
2,40	41	0	0,617	76,29	123,62	3,81	6,18
2,50	40	0	0,616	74,25	120,60	3,71	6,03
2,60	42	0	0,614	77,78	126,63	3,89	6,33
2,70	42	0	0,613	77,60	126,63	3,88	6,33
2,80	40	0	0,611	73,74	120,60	3,69	6,03
2,90	42	0	0,610	73,67	120,77	3,68	6,04
3,00	37	0	0,659	70,08	106,39	3,50	5,32
3,10	36	0	0,657	68,04	103,51	3,40	5,18
3,20	35	0	0,656	66,02	100,64	3,30	5,03
3,30	31	0	0,655	58,36	89,14	2,92	4,46
3,40	33	0	0,653	62,00	94,89	3,10	4,74
3,50	32	0	0,652	60,00	92,01	3,00	4,60
3,60	33	0	0,651	61,76	94,89	3,09	4,74
3,70	36	0	0,650	67,25	103,51	3,36	5,18
3,80	39	0	0,598	67,11	112,14	3,36	5,61
3,90	37	0	0,647	65,81	101,68	3,29	5,08
4,00	38	0	0,646	67,46	104,43	3,37	5,22
4,10	40	0	0,595	65,39	109,92	3,27	5,50
4,20	38	0	0,644	67,22	104,43	3,36	5,22
4,30	38	0	0,643	67,10	104,43	3,36	5,22
4,40	37	0	0,641	65,22	101,68	3,26	5,08
4,50	36	0	0,640	63,35	98,93	3,17	4,95
4,60	35	0	0,639	61,48	96,18	3,07	4,81
4,70	38	0	0,638	66,64	104,43	3,33	5,22
4,80	37	0	0,637	64,78	101,68	3,24	5,08
4,90	36	0	0,636	60,26	94,74	3,01	4,74
5,00	33	0	0,635	55,15	86,84	2,76	4,34
5,10	50	0	0,584	76,84	131,58	3,84	6,58



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Pen5 - TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Gibbs & Holtz 1957	27,07
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Gibbs & Holtz 1957	39,29
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Gibbs & Holtz 1957	61,32

**Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Sowers (1961)	26,49
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Sowers (1961)	31,13
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Sowers (1961)	36,4

**Modulo di Young**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Bowles (1982) Sabbia Media	130,95
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Bowles (1982) Sabbia Media	225,05

**Modulo Edometrico**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	38,41
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	50,45
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	89,11

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Meyerhof ed altri	1,7
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Meyerhof ed altri	1,8
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Meyerhof ed altri	2,14

**Peso unità di volume saturo**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,99
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	5,33	0,70	5,33	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	11,19	1,70	11,19	(A.G.I.)	0,33
Strato 3	30,01	5,10	30,01	(A.G.I.)	0,29

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Ohsaki (Sabbie pulite)	313,36
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Ohsaki (Sabbie pulite)	629,24
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Ohsaki (Sabbie pulite)	1590,54

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Ohta & Goto (1978) Limi	74,619
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Ohta & Goto (1978) Limi	107,61
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Ohta & Goto (1978) Limi	156,05

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Navfac 1971-1982	1,06
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Navfac 1971-1982	2,35
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Navfac 1971-1982	5,61

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	5,33	0,70	5,33	Robertson 1983	10,66
Strato 2	11,19	1,70	11,19	Robertson 1983	22,38
Strato 3	30,01	5,10	30,01	Robertson 1983	60,02

**PROVA ...Pen6**

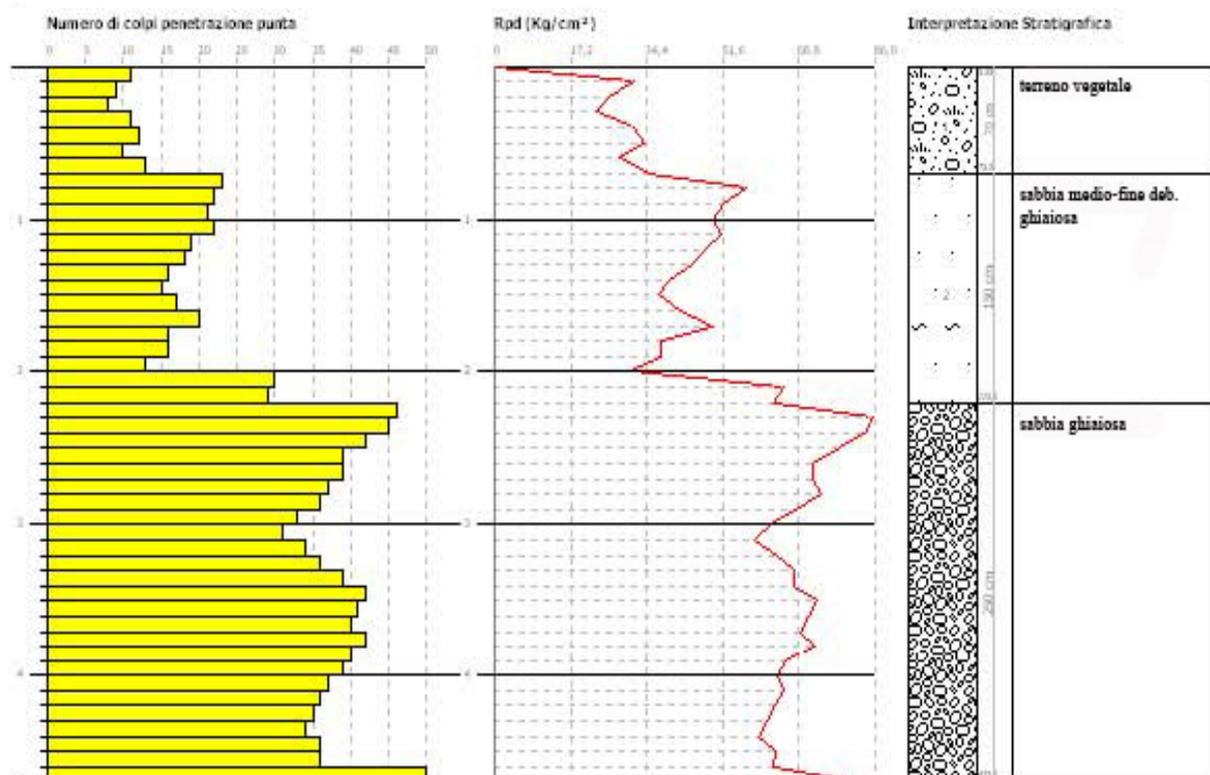
Strumento utilizzato...

DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data: 08/04/2022

Profondità prova 4,70 mt Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	11	0	0,857	31,47	36,73	1,57	1,84
0,20	9	0	0,855	25,69	30,06	1,28	1,50
0,30	8	0	0,853	22,78	26,72	1,14	1,34
0,40	11	0	0,851	31,25	36,73	1,56	1,84
0,50	12	0	0,849	34,02	40,07	1,70	2,00
0,60	10	0	0,847	28,29	33,40	1,41	1,67
0,70	13	0	0,795	34,52	43,41	1,73	2,17
0,80	23	0	0,743	57,09	76,81	2,85	3,84
0,90	22	0	0,742	51,70	69,72	2,58	3,49
1,00	21	0	0,740	49,23	66,55	2,46	3,33
1,10	22	0	0,738	51,45	69,72	2,57	3,49
1,20	19	0	0,786	47,34	60,21	2,37	3,01
1,30	18	0	0,785	44,75	57,04	2,24	2,85
1,40	16	0	0,783	39,69	50,70	1,98	2,54
1,50	15	0	0,781	37,13	47,54	1,86	2,38
1,60	17	0	0,780	42,00	53,87	2,10	2,69
1,70	20	0	0,778	49,31	63,38	2,47	3,17
1,80	16	0	0,776	39,36	50,70	1,97	2,54
1,90	16	0	0,775	37,37	48,24	1,87	2,41
2,00	13	0	0,773	30,31	39,20	1,52	1,96
2,10	30	0	0,722	65,27	90,45	3,26	4,52
2,20	29	0	0,720	62,97	87,44	3,15	4,37
2,30	46	0	0,619	85,80	138,69	4,29	6,93
2,40	45	0	0,617	83,73	135,68	4,19	6,78
2,50	42	0	0,616	77,97	126,63	3,90	6,33
2,60	39	0	0,614	72,23	117,59	3,61	5,88
2,70	39	0	0,613	72,06	117,59	3,60	5,88
2,80	37	0	0,661	73,79	111,56	3,69	5,58
2,90	36	0	0,660	68,32	103,51	3,42	5,18
3,00	33	0	0,659	62,50	94,89	3,13	4,74
3,10	31	0	0,657	58,59	89,14	2,93	4,46
3,20	34	0	0,656	64,13	97,76	3,21	4,89
3,30	36	0	0,655	67,77	103,51	3,39	5,18
3,40	39	0	0,603	67,67	112,14	3,38	5,61
3,50	42	0	0,602	72,72	120,77	3,64	6,04
3,60	41	0	0,601	70,84	117,89	3,54	5,89
3,70	40	0	0,600	68,97	115,02	3,45	5,75
3,80	42	0	0,598	72,27	120,77	3,61	6,04
3,90	40	0	0,597	65,65	109,92	3,28	5,50
4,00	39	0	0,596	63,88	107,18	3,19	5,36
4,10	37	0	0,645	65,57	101,68	3,28	5,08
4,20	36	0	0,644	63,68	98,93	3,18	4,95
4,30	35	0	0,643	61,80	96,18	3,09	4,81
4,40	34	0	0,641	59,93	93,44	3,00	4,67
4,50	36	0	0,640	63,35	98,93	3,17	4,95
4,60	36	0	0,639	63,24	98,93	3,16	4,95
4,70	50	0	0,588	80,82	137,40	4,04	6,87



### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Pen6 -TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Gibbs & Holtz 1957	35,3
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Gibbs & Holtz 1957	44,72
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Gibbs & Holtz 1957	52,95

#### Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Sowers (1961)	26,5
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Sowers (1961)	32,22
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Sowers (1961)	36,22

#### Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Bowles (1982) Sabbia Media	150,35
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Bowles (1982) Sabbia Media	221,85

#### Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	43,98
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	58,42
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	87,79

#### Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Meyerhof ed altri	1,76
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Meyerhof ed altri	1,88
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Meyerhof ed altri	2,13

#### Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	8,04	0,70	8,04	(A.G.I.)	0,34
Strato 2	15,07	2,20	15,07	(A.G.I.)	0,32
Strato 3	29,37	4,70	29,37	(A.G.I.)	0,3

**Modulo di deformazione a taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Ohsaki (Sabbie pulite)	461,16
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Ohsaki (Sabbie pulite)	832,41
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Ohsaki (Sabbie pulite)	1558,63

**Velocità onde**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Ohta & Goto (1978) Limi	80,119
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Ohta & Goto (1978) Limi	117,511
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Ohta & Goto (1978) Limi	155,908

**Modulo di reazione Ko**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Navfac 1971-1982	1,68
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Navfac 1971-1982	3,14
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Navfac 1971-1982	5,52

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	8,04	0,70	8,04	Robertson 1983	16,08
Strato 2	15,07	2,20	15,07	Robertson 1983	30,14
Strato 3	29,37	4,70	29,37	Robertson 1983	58,74

# INDICE

1. Campagna di Indagini Geognostiche .....	1
1.1 SISMICA A RIFRAZIONE.....	1
<b>1.1.1 Indagini Geognostiche Indirette: Prospezioni Sismiche a Rifrazione (Onde P)</b> .....	2
<b>1.1.2 Acquisizione ed Interpretazione dei Dati</b> .....	3
<b>1.1.3 Indagini Geognostiche Indirette: Prospezioni Sismiche MASW</b> .....	8
<b>1.1.4 Classificazione del Sottosuolo di Fondazione</b> .....	13
1.2 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT.....	15
<b>1.2.1 Penetrometri in uso in Italia</b> .....	16
<b>1.2.2 Correlazioni geotecniche terreni incoerenti</b> .....	17
<b>1.2.3 Correlazioni geotecniche terreni coesivi</b> .....	19