

COMUNE

San Severo



PROVINCIA

Foggia



REGIONE

Puglia



Ubicazione

Comune di San Severo, S. Antonino da Capo
Provincia di Foggia

Oggetto

**PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI TIPO AVANZATO
CON POTENZA NOMINALE PARI 45,56 MWp e 44,16 MW ac
DENOMINATO "SAN SEVERO 1"**
Autorizzazione Unica Art.12, D.Lgs 387/2003 - V.I.A Ministeriale artt.23 e 25 D.Lgs 152/2006

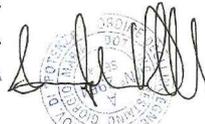
Elaborato

INDAGINI GEOGNOSTICHE INDIRETTE

Progettazione



GVC
INGEGNERIA



Via Nazario Sauro 126 - 85100 - Potenza

email: info@gvcingegneria.it
website: www.gvcingegneria.it
P.E.C: gvc srl@gigopec.it
P. IVA 01737760767

Direttore Tecnico:
ing. MICHELE RESTAINO

TEAM DI PROGETTO

ing. GIORGIO MARIA RESTAINO
ing. CARLO RESTAINO
ing. MICHELE RESTAINO
ing. ATTILIO ZOLFANELLI
arch. SERENA MASI
arch. EMANUELA CIUFFI
ing. FRANCESCO VOTTA
dott. GIOVANNI RICCIARDI
ing. DONATO MAURO

Geologia

Geol. ANTONIO DI BIASE
Montescaglioso, 75024
P.zza Padre Prosperino, 9
P.IVA 00706320777



Studi agronomici

dott. Agr. PAOLO CASTELLI
Palermo, 90144
Via Croce Rossa, 25
P.IVA 0546509826



Indagini in sito

Geological & Geophysical Investigation Service
Geol. Galileo Potenza
Potenza, 85100
Via dei Gerani, 59
P.IVA 01677970764



Studi archeologici

dott. ssa MARTA POLLIO
Capri, 80073 (NA)

DOTT.SSA MARTA POLLIO
- Archeologa Specializzata -
VIA MARINA PICCOLA, 87
80073 CAPRI (NA)
P.I. 09541841270 - C.F. P.LLRT90H66B696A

Committente

SOLAR DG S.r.l.
via Cavour, 23C
Bolzano, 39100
C.F. e P. iva 03216720213
solarmdgsrl@legalmail.it

Progetto

PROGETTO DEFINITIVO

Codice elaborato **G 19701A01PD**

Scala elaborato

Revisione	Redatto da:	Data	Verificato da:	Data	Note

GEO-08

Questo disegno è di nostra proprietà riservata a termine di legge e ne è vietata la riproduzione anche parziale senza nostra autorizzazione scritta

PROGETTO GEOLOGICO

INDAGINI GEOGNOSTICHE INDIRETTE
Impianto agrivoltaico
Regione Puglia, comune di San Severo

PROGETTO DEFINITIVO

Progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia da fonte rinnovabile di tipo agrivoltaico avanzato di potenza nominale pari a 44 MWp
CODICE PROGETTO: G19501A01



Sommario

1.	CAPITOLO	3
2.	PROSPEZIONE SISMICA MASW (generalità)	7
2.1.	Moto del segnale sismico	7
2.2.	Onde di Rayleigh – “R”	7
2.3.	Analisi del segnale con tecnica MASW	7
2.4.	Modellizzazione	8
2.5.	Modi di vibrazione	8
2.6.	Profondità di indagine	8
3.	DESCRIZIONE DELLE PROVE GEOFISICHE IN SITO	9
3.1	Elaborazione dati prospezione sismica MASW 1	10
3.2.	Elaborazione dati prospezione sismica MASW 2	13
4.	VALUTAZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE	16
5.	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE DPSH	18
5.1.	Elaborazione Prova penetrometrica DPSH 1	27
5.1.1	Stima parametri geotecnici prova DPSH 1	30
5.2.	Elaborazione Prova penetrometrica DPSH 1	36
5.2.1	Stima parametri geotecnici prova DPSH 1	39

1. CAPITOLO

Nel sito oggetto di studio, in merito al progetto in oggetto, è stata eseguita una campagna d'indagini geofisiche dalla ditta **Geological & Geophysical Investigation Service del Dott. Geologo Potenza Galileo Via dei Gerani, 59/B - 85100 - Potenza - (PZ)**.

La presente relazione di indagini indirette relaziona sulle opportune e puntuali indagini sismiche e geotecniche effettuate in sito, al fine di determinare le caratteristiche sismiche di sito e fisicomeccaniche dei terreni che costituiscono il sottosuolo dei diversi punti investigati.

Allo scopo di localizzare le aree più significative e successivamente:

- verificare eterogeneità significative (variazioni litostratigrafiche);
- caratterizzare i principali parametri geologico-sismici di sito ove sia richiesta una elevata risoluzione e precisione spaziale;
- determinare i principali parametri geotecnici delle litologie incontrate;

nel sito oggetto di studio si è proceduto ad analisi e confronti di inversioni con metodi di array sismico e prove penetrometriche dinamiche continue mediante l'acquisizione di:

- **N. 2** stendimenti sismici MASW, per la determinazione della curva di dispersione Multichannel Analysis of Surface Waves metodologia che consente di ottenere un modello verticale delle Vs, a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh e Love;
- **N. 2** Prove penetrometriche dinamiche continue eseguite con penetrometro provvisto di massa battente 63.5 kg., corredato di dispositivo per lo sganciamento automatico, con altezza di caduta pari a cm 75, realizzate con le prescrizioni e gli oneri di cui alle "Modalità tecnologiche" e "Norme di misurazione ANISIG" e restituzione dei risultati e degli elaborati grafici e del rapporto esplicativo.

Le misure geognostiche effettuate ed i parametri calcolati con la strumentazione utilizzata in questo lavoro, il "Sismografo multicanale digitale SoilSpy Rosina e penetrometro DPSH TG 63-200 PAGANI", utilizzando tecniche di registrazione passive e attive, possono essere utilizzati nell'ambito della nuova normativa vigente in materia di costruzioni ("Nuove Norme tecniche per le costruzioni", **D.M. 17 gennaio 2018**), anche per quanto riguarda le opere di fondazione, sostegno e scavo.

Per la caratterizzazione di tutti gli elementi utili alla esatta interpretazione dei requisiti **sismo-stratigrafici** e di **amplificazione** di sito, si è proceduto ad una campagna di indagini che ha consentito, attraverso la correlazione dei diversi dati, di limitare il numero di incertezze e di delineare un modello di sottosuolo affidabile.



Figura 1 - Inquadramento su ortofoto ubicazione indagini indirette (Allegato GEO 08)



Figura 2 – DPSH 1



Figura 3 – MASW 1



Figura 3 – DPSH 2



Figura 4 – MASW 4

2. PROSPEZIONE SISMICA MASW (GENERALITÀ)

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

2.1. Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

2.2. Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

2.3. Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

2.4. Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

2.5. Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

2.6. Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

3. DESCRIZIONE DELLE PROVE GEOFISICHE IN SITO

Nel sito oggetto di studio, sono stati realizzati due stendimenti multicanale con strumentazione SoiSpy Rosina 25 canali, effettuati distanziando i geofoni di 5.00 m l'uno dall'altro e con geometria a lineare. Le misure sono state effettuate sulle aree destinate a campo fotovoltaico. Su ogni stendimento sismico è stata effettuata una prova di sismica attiva di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), utilizzando geofoni per la misurazione delle onde di compressione (V_p) e di taglio (V_s). Le prospezioni, denominate MASW 1 e MASW2, della lunghezza rispettiva di 60.00 m, sono state posizionate in campo come da Planimetria indagini allegata.

Per la tecnica MASW, gli scoppi, sono stati ottenuti mediante percussione con mazza da 5 Kg verticalmente, direttamente sul terreno, per enfatizzare il moto fondamentale di vibrazione ed attenuare i modi superiori. Gli scoppi sono stati posizionati in testa allo stendimento a circa 5 m dal geofono n° 1.

La metodologia MASW consente di ottenere un modello verticale delle V_s , a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh e Love contenute nel segnale provocato dalle energizzazioni.

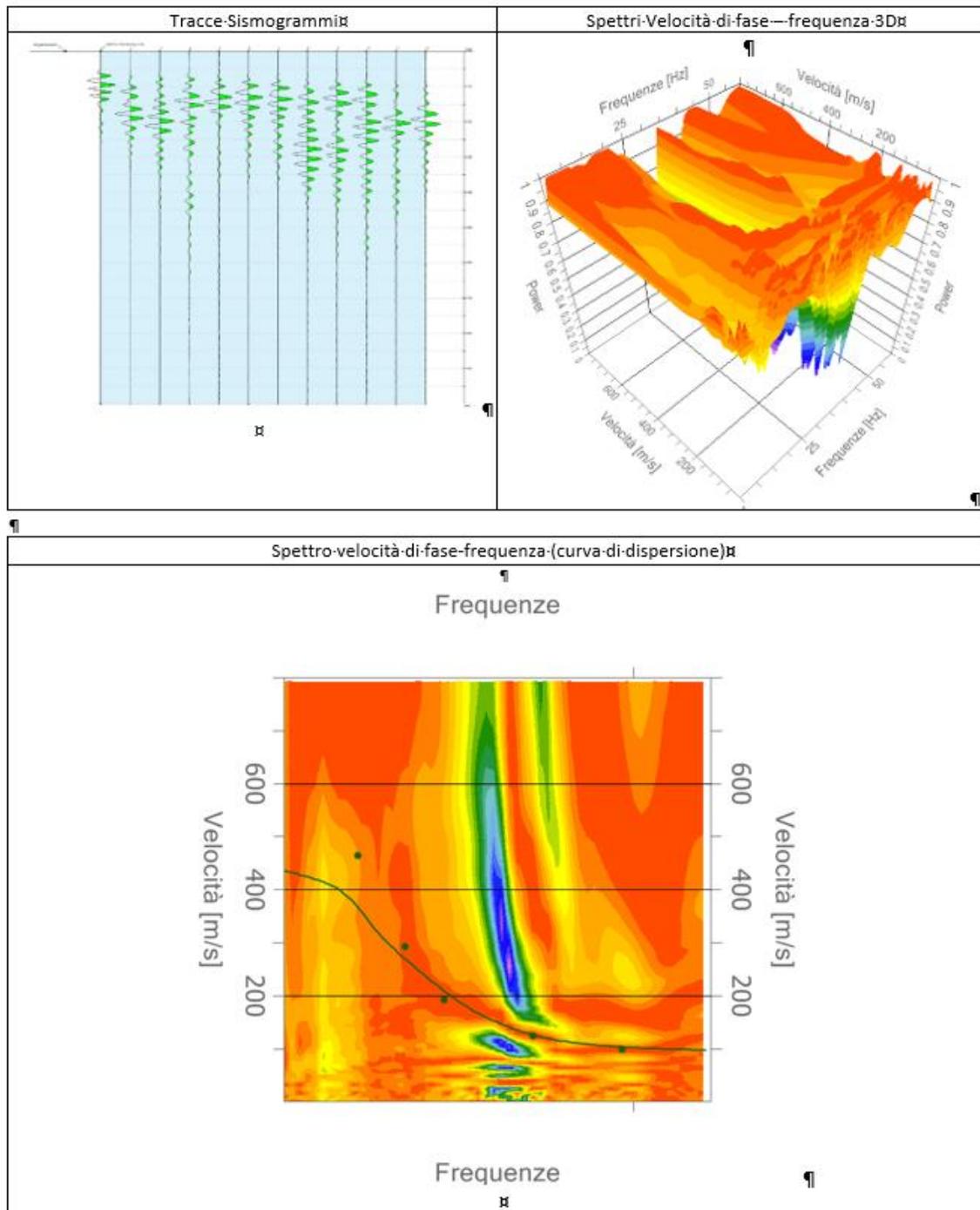
Dal segnale registrato sono stati ricavati i grafici di dispersione frequenziale relativi ad ogni Staking, ed il piking è stato eseguito manualmente al centro della curva di dispersione.

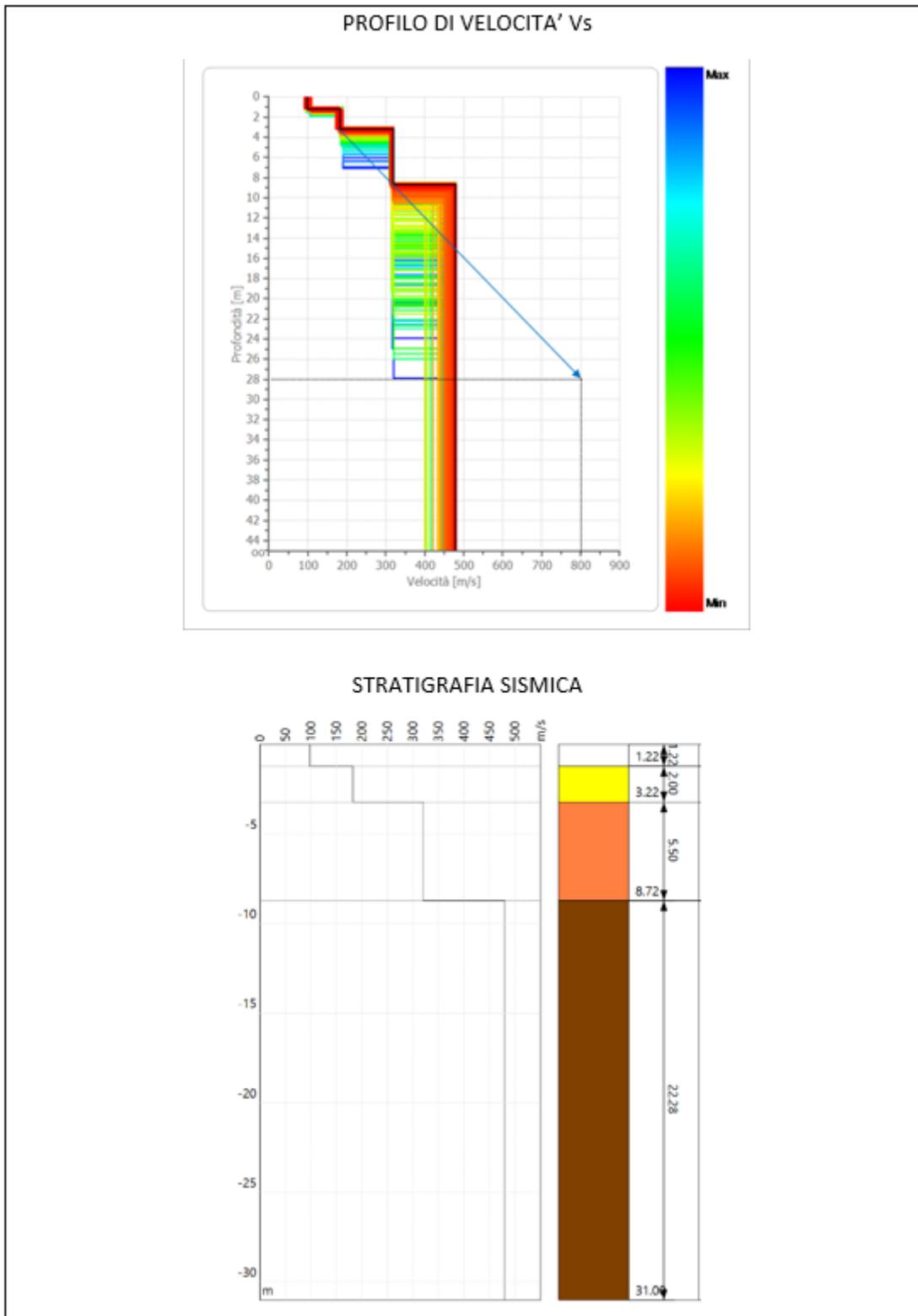
Le curve di dispersione, ottenute mediante le procedure sopra citate, sono state invertite creando una serie di modelli sintetici (che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e Love nel modo fondamentale e nei modi superiori, in sistemi multistrato), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alla curva sperimentale.

3.1 Elaborazione dati prospezione sismica MASW 1

Durata registrazione: 0h00'02". Freq. campionamento: 1024 Hz

Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 m.





RISULTATI	
Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	352
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo 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.

Altri parametri geotecnici empirici

n.	Profondità	Spessore	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kN/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.22	1.22	97	499	1600	0.48	15	398	378	45
2	3.22	2.00	182	928	1700	0.48	56	1465	1390	166
3	8.72	5.50	319	1343	1900	0.47	194	3428	3169	570
4	oo	oo	479	2015	2000	0.47	459	8122	7509	1351

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

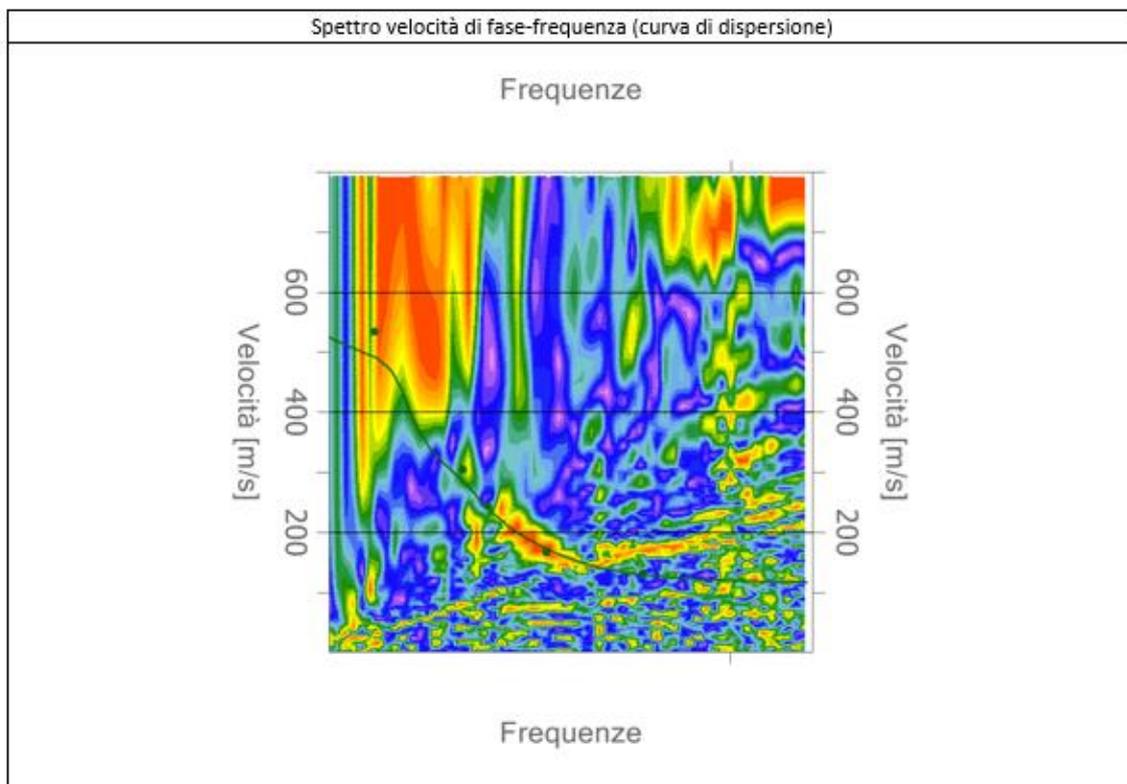
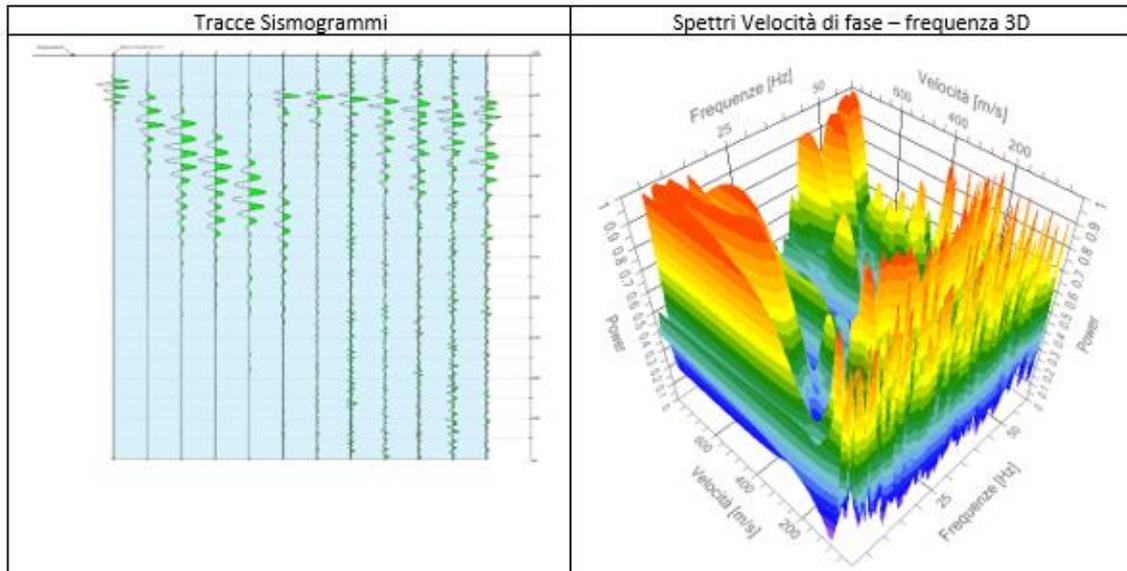
M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

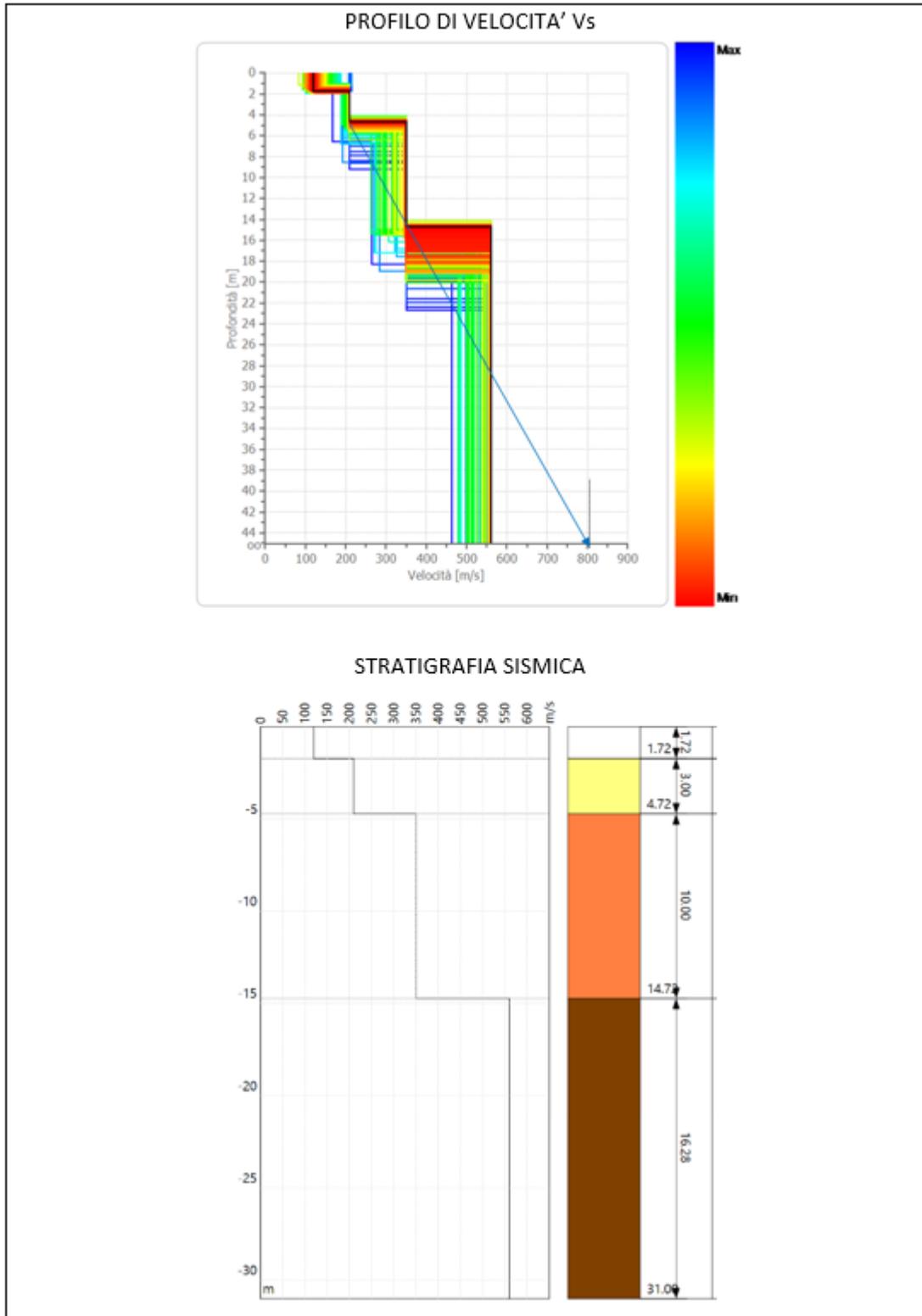
Ey: Modulo di Young;

3.2. Elaborazione dati prospezione sismica MASW 2

Durata registrazione: 0h00'02". Freq. campionamento: 1024 Hz

Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 m.





RISULTATI	
Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	354
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo 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.

Altri parametri geotecnici empirici

n.	Profondità	Spessore	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kN/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.72	1.72	119	609	1600	0.48	22	595	564	67
2	4.72	3.00	209	1069	1700	0.48	74	1945	1845	221
3	14.72	10.00	350	1784	1800	0.48	220	5733	5439	652
4	oo	oo	560	2353	2000	0.47	627	11080	10244	1843

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

4. VALUTAZIONI SISMOSTRATIGRAFICHE

I profili sismici, denominati MASW 1 e MASW 2, sono stati realizzati nelle aree di interesse per la committenza, così come indicato nella planimetria allegata, con l'intento di ricostruire l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo ed individuare lo spessore di ogni singolo sismostrato.

Il profilo di velocità delle onde di taglio risultante dall'indagine MASW 1, evidenzia la presenza di quattro unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- **primo sismostrato** costituito da terreno vegetale alterato, con spessore medio di circa 1.22 m, V_s di **97 m/s**, con bassa rigidità sismica;
- **secondo sismostrato** scarsamente addensato, con spessore medio di circa 2.00 m e V_s di **182 m/s**, con bassa rigidità sismica;
- **terzo sismostrato** mediamente addensato, con spessore medio di circa 5.50 m e V_s di **319 m/s**, con medio-buona rigidità sismica;
- **i sismostrati sottostanti** sono caratterizzati da V_s superiori a **479 m/s**, alta rigidità sismica e non producono contrasti di impedenza sismica significativi.

Il profilo di velocità delle onde di taglio risultante dall'indagine MASW 2, evidenzia la presenza di quattro unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- **primo sismostrato** costituito da terreno vegetale alterato, con spessore medio di circa 1.72 m, V_s di **119 m/s**, con bassa rigidità sismica;
- **secondo sismostrato** scarsamente addensato, con spessore medio di circa 3.00 m e V_s di **209 m/s**, con bassa rigidità sismica;
- **terzo sismostrato** mediamente addensato, con spessore medio di circa 10.00 m e V_s di **350 m/s**, con medio-buona rigidità sismica;
- **i sismostrati sottostanti** sono caratterizzati da V_s superiori a **560 m/s**, alta rigidità sismica e non producono contrasti di impedenza sismica significativi.

La classificazione del terreno di fondazione viene effettuata sulla base del valore di $V_{s,eq}$ valutato dalla seguente espressione:

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

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Il modello di $V_{s,eq}$ ci dà informazioni riguardanti gli spessori e le velocità dei singoli sismostrati, per definire l'azione sismica di progetto e la categoria del terreno di fondazione del sito oggetto di studio.

In materia di microzonazione sismica, nei siti oggetto di studio è stata determinata, con le metodologie sopra citate, il valore di **$V_{s,eq}$** , partendo dal piano campagna, che risulta essere compresa tra **352 e 354 m/s**, dato che conferma l'appartenenza del sottosuolo alla categoria C. Alla luce delle categorie previste dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 17 gennaio 2018, e dalle misure effettuate in sito, i terreni di fondazione esaminati si collocano in categoria "C" descritta in normativa come: ***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.***

5. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE DPSH

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING) DPSH – DPM

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);

- avanzamento (penetrazione) δ ;
- 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 (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

Penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² 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 cm² 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 cm² 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 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione cvon 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 riportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt}. Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

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.
δ	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 (□/ N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di (N 1)₆₀

(N1)₆₀ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{kPa} \text{ (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C _s	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C _d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C _r	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

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

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

Media

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

Media minima

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

Massimo

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

Minimo

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

Scarto quadratico medio

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

Media deviata

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

Media (+ s)

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

Media (- s)

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

Distribuzione normale R.C.

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

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

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

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

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

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

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

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 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m 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 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da 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 m sopra falda e > 15 m 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 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- 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 D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo *Di Young* (E_y)

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

Modulo *Edometrico*

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

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 τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

- 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_o)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

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

- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

Modulo Edometrico-Confinato (Mo)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a medio-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 -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Qc/Nspt=1.5-2.0).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt < 30) medie e molli (Nspt < 4) e argille sabbiose (Nspt = 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

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

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

5.1. Elaborazione Prova penetrometrica DPSH 1

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 23.11.2023

Profondita' prova 8,20 mt

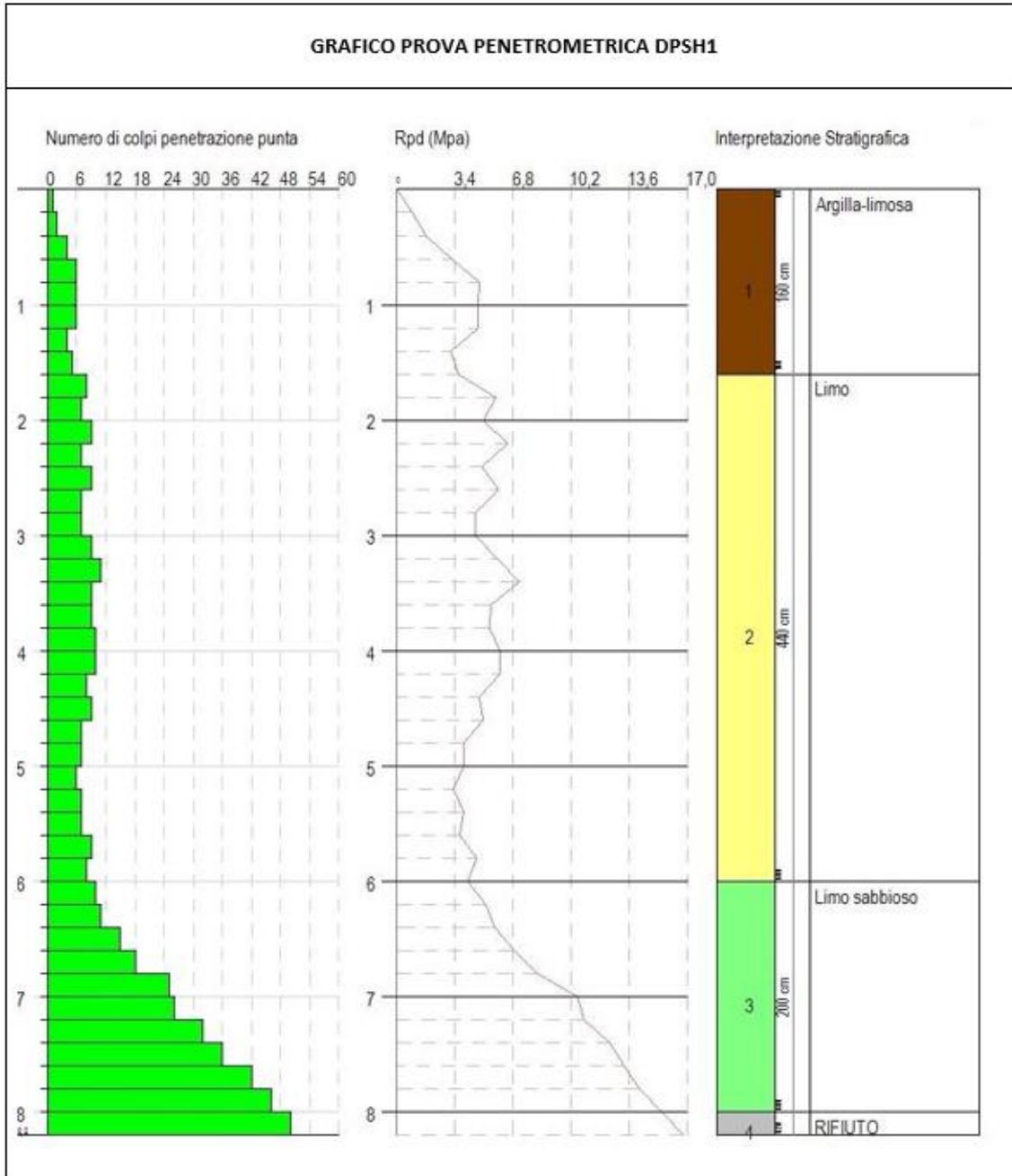
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	1	0,855	0,88	1,03	44,03	51,52
0,40	2	0,851	1,75	2,06	87,66	103,04
0,60	4	0,847	3,20	3,78	160,20	189,14
0,80	6	0,843	4,79	5,67	239,26	283,71
1,00	6	0,840	4,76	5,67	238,25	283,71
1,20	6	0,836	4,75	5,67	237,26	283,71
1,40	4	0,833	3,15	3,78	157,53	189,14
1,60	5	0,830	3,62	4,37	181,23	218,46
1,80	8	0,826	5,78	6,99	288,84	349,54
2,00	7	0,823	5,04	6,12	251,77	305,85
2,20	9	0,820	6,45	7,86	322,50	393,23
2,40	7	0,817	5,00	6,12	249,92	305,85
2,60	9	0,814	5,95	7,31	297,58	365,47
2,80	7	0,811	4,61	5,69	230,65	284,25
3,00	7	0,809	4,60	5,69	229,87	284,25
3,20	9	0,806	5,89	7,31	294,57	365,47
3,40	11	0,803	7,18	8,93	358,87	446,69
3,60	9	0,801	5,47	6,83	273,39	341,37
3,80	9	0,798	5,45	6,83	272,55	341,37
4,00	10	0,796	6,04	7,59	301,93	379,30
4,20	10	0,794	6,02	7,59	301,05	379,30
4,40	8	0,791	4,80	6,07	240,15	303,44
4,60	9	0,789	5,06	6,40	252,75	320,25
4,80	7	0,787	3,92	4,98	196,05	249,08
5,00	7	0,785	3,91	4,98	195,53	249,08
5,20	6	0,783	3,34	4,27	167,17	213,50
5,40	7	0,781	3,89	4,98	194,54	249,08
5,60	7	0,779	3,66	4,69	182,76	234,57
5,80	9	0,777	4,69	6,03	234,42	301,59
6,00	8	0,775	4,16	5,36	207,89	268,08
6,20	10	0,774	5,19	6,70	259,27	335,10
6,40	11	0,772	5,69	7,37	284,57	368,61

6,60	15	0,720	6,84	9,50	342,15	474,97
6,80	18	0,719	8,19	11,40	409,66	569,97
7,00	25	0,667	10,56	15,83	528,15	791,62
7,20	26	0,666	10,96	16,47	548,02	823,29
7,40	32	0,614	12,45	20,27	622,31	1013,28
7,60	36	0,613	13,24	21,61	662,00	1080,45
7,80	42	0,561	14,15	25,21	707,52	1260,53
8,00	46	0,560	15,46	27,61	773,00	1380,58
8,20	50	0,559	16,76	30,01	838,20	1500,63

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,6	4,25	4	Incoerente - coesivo	0	17,85	18,53	14,28	1,47	6,25	Strato
6	8,18	6,3	Incoerente - coesivo	0	19,81	21,77	72,14	1,47	12,02	Strato
8	26,1	16,2	Incoerente - coesivo	0	23,83	24,52	139,55	1,47	38,37	Strato
8,2	50	30,01	Incoerente - coesivo	0	24,52	24,52	165,84	1,47	73,5	RIFIUTO



5.1.1 Stima parametri geotecnici prova DPSH 1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (1) Strato	6,25	0,00-1,60	Terzaghi-Peck	38,34
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	Terzaghi-Peck	79,53
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	Terzaghi-Peck	253,99
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	Terzaghi-Peck	486,51

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) Strato	6,25	0,00-1,60	Robertson (1983)	1,23
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	Robertson (1983)	2,36
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	Robertson (1983)	7,53
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	Robertson (1983)	14,42

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (1) Strato	6,25	0,00-1,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	6,43
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	12,20
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	38,55
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	73,69

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (1) Strato	6,25	0,00-1,60	Apollonia	6,13
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	Apollonia	11,79
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	Apollonia	37,63
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	Apollonia	72,08

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Strato	6,25	0,00-1,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (KN/m ³)
Strato (1) Strato	6,25	0,00-1,60	Meyerhof	17,85
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	Meyerhof	19,81
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	Meyerhof	23,83
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	Meyerhof	24,52

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)
Strato (1) Strato	6,25	0,00-1,60	Meyerhof	18,53
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	Meyerhof	21,77
Strato (3)	38,37	6,00-8,00	Meyerhof	24,52

Strato				
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	Meyerhof	24,52

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) Strato	6,25	0.00-1,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	89,97
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	136,1
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	187,18
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	215,44

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) Strato	6,25	0.00-1,60	6,25	Meyerhof 1957	57,09
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	12,02	Meyerhof 1957	60,76
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	38,37	Meyerhof 1957	89,28
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	73,50	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	6,25	0.00-1,60	6,25	Meyerhof (1956)	21,79
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	12,02	Meyerhof (1956)	23,43

Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	38,37	Meyerhof (1956)	30,96
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	73,50	Meyerhof (1956)	41

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Strato	6,25	0.00-1,60	6,25	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	12,02	Bowles (1982) Sabbia Media	13,25
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	38,37	Bowles (1982) Sabbia Media	26,17
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	73,50	Bowles (1982) Sabbia Media	43,39

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Strato	6,25	0.00-1,60	6,25	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3,95
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	12,02	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,11
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	38,37	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	10,42
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	73,50	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	17,50

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	6,25	0.00-1,60	6,25	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	12,02	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	38,37	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	73,50	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO
-----------------------	-------	-----------	-------	---------------------------	--------------------

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Strato	6,25	0,00-1,60	6,25	Terzaghi-Peck 1948	14,01
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	12,02	Terzaghi-Peck 1948	14,74
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	38,37	Terzaghi-Peck 1948	17,36
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	73,50	Terzaghi-Peck 1948	19,14

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Strato	6,25	0,00-1,60	6,25	Terzaghi-Peck 1948	18,53
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	12,02	Terzaghi-Peck 1948	18,98
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	38,37	Terzaghi-Peck 1948	20,60
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	73,50	Terzaghi-Peck 1948	21,69

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Strato	6,25	0,00-1,60	6,25	(A.G.I.)	0,34
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	12,02	(A.G.I.)	0,33
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	38,37	(A.G.I.)	0,28
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	73,50	(A.G.I.)	0,2

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Strato	6,25	0,00-1,60	6,25	Ohsaki (Sabbie pulite)	35,69
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	12,02	Ohsaki (Sabbie pulite)	66,00
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	38,37	Ohsaki (Sabbie pulite)	196,51
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	73,50	Ohsaki (Sabbie pulite)	362,03

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) Strato	6,25	0,00-1,60	6,25	Ohta & Goto (1978) Limi	89,97
Strato (2) Strato	12,02	1,60-6,00	12,02	Ohta & Goto (1978) Limi	136,1
Strato (3) Strato	38,37	6,00-8,00	38,37	Ohta & Goto (1978) Limi	187,18
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	73,50	Ohta & Goto (1978) Limi	215,44

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Strato	6,25	0,00-1,60	6,25	Navfac 1971-1982	1,27
Strato (2)	12,02	1,60-6,00	12,02	Navfac 1971-1982	2,53
Strato (3)	38,37	6,00-8,00	38,37	Navfac 1971-1982	6,69
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	73,50	Navfac 1971-1982	11,93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1)	6,25	0,00-1,60	6,25	Robertson 1983	1,23
Strato (2)	12,02	1,60-6,00	12,02	Robertson 1983	2,36
Strato (3)	38,37	6,00-8,00	38,37	Robertson 1983	7,53
Strato (4) RIFIUTO	73,50	8,00-8,20	73,50	Robertson 1983	14,42

5.2. Elaborazione Prova penetrometrica DPSH 1

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 23.11.2023

Profondita' prova 7,60 mt

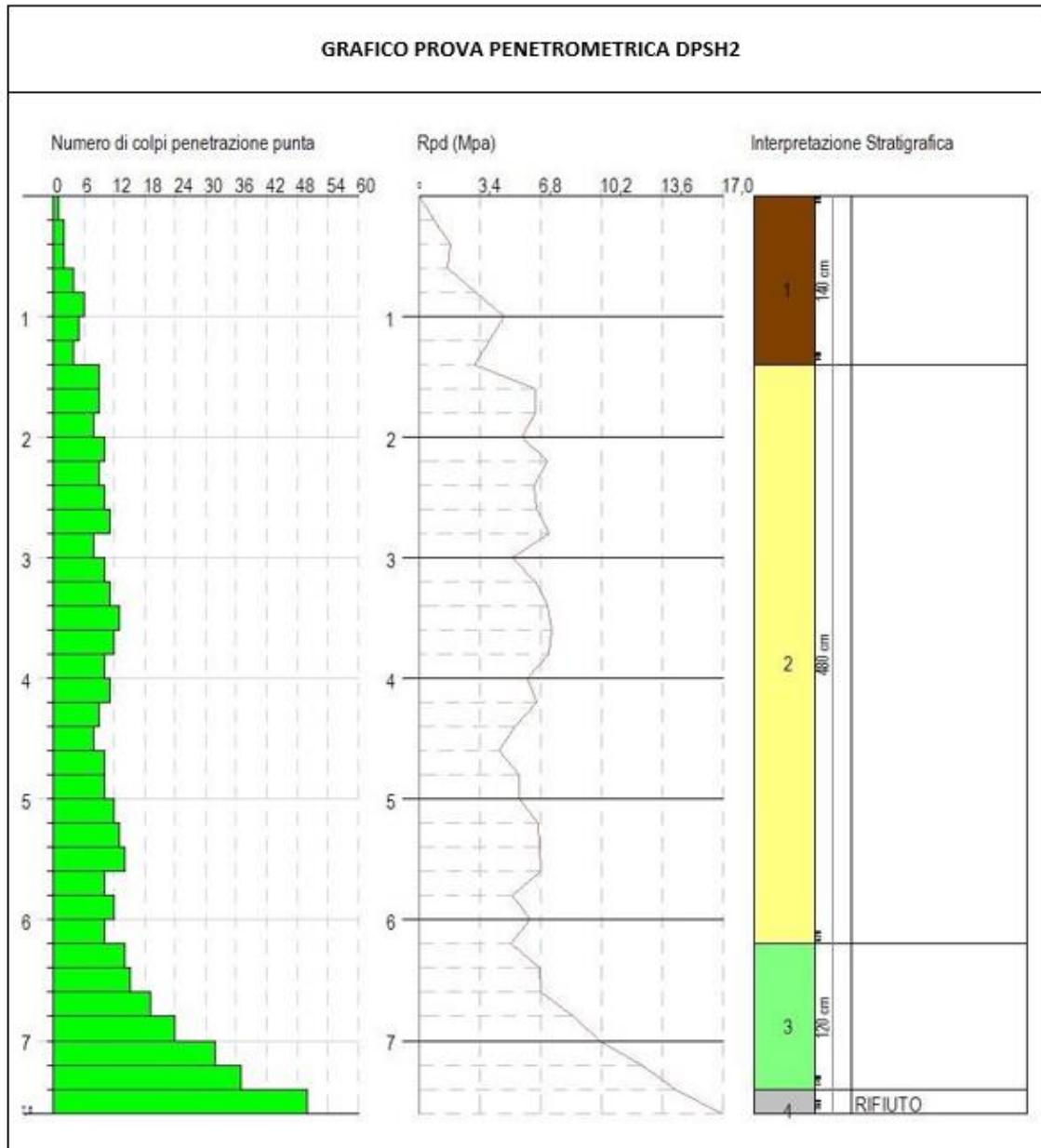
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	1	0,855	0,88	1,03	44,03	51,52
0,40	2	0,851	1,75	2,06	87,66	103,04
0,60	2	0,847	1,60	1,89	80,10	94,57
0,80	4	0,843	3,19	3,78	159,51	189,14
1,00	6	0,840	4,76	5,67	238,25	283,71
1,20	5	0,836	3,95	4,73	197,71	236,42
1,40	4	0,833	3,15	3,78	157,53	189,14
1,60	9	0,830	6,52	7,86	326,21	393,23
1,80	9	0,826	6,50	7,86	324,94	393,23
2,00	8	0,823	5,75	6,99	287,74	349,54
2,20	10	0,820	7,17	8,74	358,33	436,93
2,40	9	0,817	6,43	7,86	321,33	393,23
2,60	10	0,814	6,61	8,12	330,65	406,08
2,80	11	0,811	7,25	8,93	362,45	446,69
3,00	8	0,809	5,25	6,50	262,71	324,86
3,20	10	0,806	6,55	8,12	327,30	406,08
3,40	11	0,803	7,18	8,93	358,87	446,69
3,60	13	0,751	7,40	9,86	370,25	493,09
3,80	12	0,798	7,27	9,10	363,40	455,16
4,00	10	0,796	6,04	7,59	301,93	379,30
4,20	11	0,794	6,62	8,34	331,15	417,23
4,40	9	0,791	5,40	6,83	270,17	341,37
4,60	8	0,789	4,49	5,69	224,67	284,66
4,80	10	0,787	5,60	7,12	280,07	355,83
5,00	10	0,785	5,59	7,12	279,34	355,83
5,20	12	0,783	6,69	8,54	334,34	427,00
5,40	13	0,731	6,76	9,25	338,17	462,58
5,60	14	0,729	6,84	9,38	342,06	469,14
5,80	10	0,777	5,21	6,70	260,47	335,10
6,00	12	0,775	6,24	8,04	311,83	402,12
6,20	10	0,774	5,19	6,70	259,27	335,10
6,40	14	0,722	6,77	9,38	338,73	469,14

6,60	15	0,720	6,84	9,50	342,15	474,97
6,80	19	0,719	8,65	12,03	432,42	601,63
7,00	24	0,667	10,14	15,20	507,02	759,96
7,20	32	0,616	12,48	20,27	623,82	1013,28
7,40	37	0,614	14,39	23,43	719,54	1171,60
7,60	50	0,563	16,89	30,01	844,41	1500,63

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (KN/m ³)	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,4	3,43	3,28	Incoerente - coesivo	0	17,26	18,44	12,08	1,47	5,04	Strato
6,2	10,38	7,93	Incoerente - coesivo	0	20,3	22,36	72,88	1,47	15,26	Strato
7,4	23,5	14,97	Incoerente - coesivo	0	22,26	24,52	134,96	1,47	34,55	Strato
7,6	50	30,01	Incoerente - coesivo	0	24,52	24,52	150,77	1,47	73,5	RIFIUTO



5.2.1 Stima parametri geotecnici prova DPSH 1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (1) Strato	5,04	0,00-1,40	Terzaghi-Peck	30,89
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	Terzaghi-Peck	101,01
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	Terzaghi-Peck	228,69
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	Terzaghi-Peck	486,51

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) Strato	5,04	0,00-1,40	Robertson (1983)	0,99
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	Robertson (1983)	2,99
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	Robertson (1983)	6,78
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	Robertson (1983)	14,42

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (1) Strato	5,04	0,00-1,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	5,22
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	15,44
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	34,73
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	73,69

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (1) Strato	5,04	0.00-1,40	Apollonia	4,94
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	Apollonia	14,96
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	Apollonia	33,88
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	Apollonia	72,08

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Strato	5,04	0.00-1,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (KN/m ³)
Strato (1) Strato	5,04	0.00-1,40	Meyerhof	17,26
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	Meyerhof	20,30
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	Meyerhof	22,26
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	Meyerhof	24,52

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (KN/m ³)
Strato (1)	5,04	0.00-1,40	Meyerhof	18,44
Strato (2)	15,26	1,40-6,20	Meyerhof	22,36
Strato (3)	34,55	6,20-7,40	Meyerhof	24,52
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	Meyerhof	24,52

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) Strato	5,04	0.00-1,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	84,48
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	141,83
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	182,79
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	212,26

TERRENI INCOERENTI
Densita' relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densita' relativa (%)
Strato (1) Strato	5,04	0.00-1,40	5,04	Meyerhof 1957	51,96
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	15,26	Meyerhof 1957	68,29
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	34,55	Meyerhof 1957	85,67
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	73,50	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	5,04	0.00-1,40	5,04	Meyerhof (1956)	21,44
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	15,26	Meyerhof (1956)	24,36
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	34,55	Meyerhof (1956)	29,87
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	73,50	Meyerhof (1956)	41

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Strato	5,04	0,00-1,40	5,04	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	15,26	Bowles (1982) Sabbia Media	14,84
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	34,55	Bowles (1982) Sabbia Media	24,30
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	73,50	Bowles (1982) Sabbia Media	43,39

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Strato	5,04	0,00-1,40	5,04	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3,71
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	15,26	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,77
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	34,55	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	9,65
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	73,50	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	17,50

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Strato	5,04	0,00-1,40	5,04	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	15,26	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	34,55	Classificazione A.G.I.	ADDENSATO
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	73,50	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO

Peso unita' di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' di Volume (KN/m ³)
Strato (1) Strato	5,04	0.00-1,40	5,04	Terzaghi-Peck 1948	13,86
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	15,26	Terzaghi-Peck 1948	15,12
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	34,55	Terzaghi-Peck 1948	17,05
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	73,50	Terzaghi-Peck 1948	19,14

Peso unita' di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (KN/m ³)
Strato (1) Strato	5,04	0.00-1,40	5,04	Terzaghi-Peck 1948	18,43
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	15,26	Terzaghi-Peck 1948	19,22
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	34,55	Terzaghi-Peck 1948	20,41
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	73,50	Terzaghi-Peck 1948	21,69

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Strato	5,04	0.00-1,40	5,04	(A.G.I.)	0,34
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	15,26	(A.G.I.)	0,32
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	34,55	(A.G.I.)	0,29
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	73,50	(A.G.I.)	0,2

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) Strato	5,04	0.00-1,40	5,04	Ohsaki (Sabbie pulite)	29,16
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	15,26	Ohsaki (Sabbie pulite)	82,60

Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	34,55	Ohsaki (Sabbie pulite)	178,06
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	73,50	Ohsaki (Sabbie pulite)	362,03

Velocita' onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocita' onde di taglio (m/s)
Strato (1) Strato	5,04	0.00-1,40	5,04	Ohta & Goto (1978) Limi	84,48
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	15,26	Ohta & Goto (1978) Limi	141,83
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	34,55	Ohta & Goto (1978) Limi	182,79
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	73,50	Ohta & Goto (1978) Limi	212,26

Coefficiente spinta a Riposo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) Strato	5,04	0.00-1,40	5,04	Navfac 1971-1982	1,00
Strato (2) Strato	15,26	1,40-6,20	15,26	Navfac 1971-1982	3,18
Strato (3) Strato	34,55	6,20-7,40	34,55	Navfac 1971-1982	6,21
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	73,50	Navfac 1971-1982	11,93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1)	5,04	0.00-1,40	5,04	Robertson 1983	0,99
Strato (2)	15,26	1,40-6,20	15,26	Robertson 1983	2,99
Strato (3)	34,55	6,20-7,40	34,55	Robertson 1983	6,78
Strato (4) RIFIUTO	73,50	7,40-7,60	73,50	Robertson 1983	14,42



Proponente

SOLAR MM s.r.l.
Via Cavour, 32 C
39100, Bolzano
C.F. e P. iva 03216110217
solarmmsrl@legalmail.it

A large, abstract graphic element on the left side of the page, consisting of overlapping, curved shapes in shades of orange, grey, and white, extending from the top left towards the bottom left.

GVC Ingegneria
Via Nazario Sauro, 126
85100 Potenza
www.gvcingegneria.it