



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA

COMUNE di Cerignola

<p>Proponente</p>	 <p><b>HERGO SOLARE ITALIA</b>          HERGO SOLARE ITALIA S.R.L.          SOCIETÀ SOGGETTA AD ATTIVITÀ DI DIREZIONE E COORDINAMENTO DI INFRASTRUTTURE S.P.A.          SEDE LEGALE: VIA PRIVATA MARIA TERESA, 8 – 20123 MILANO (MI)          TEL. +39 02 36570.800 FAX +39 02 36570.801          PEC: <a href="mailto:HSISRL@LEGALMAIL.IT">HSISRL@LEGALMAIL.IT</a> - <a href="http://WWW.INFRASTRUTTURE.EU">WWW.INFRASTRUTTURE.EU</a>          CAP. SOC. EURO 10.000 I.V. – C.F. e P. IVA 10416260965 - N. REA MI 2529663</p>				
<p>Coordinamento</p>	 <p><b>VEGA sas</b> LANDSCAPE ECOLOGY &amp; URBAN PLANNING          Via delli Carri, 48 - 71121 Foggia - Tel. 0881.756251 - Fax 1784412324          mail: <a href="mailto:info@studiovega.org">info@studiovega.org</a> - website: <a href="http://www.studiovega.org">www.studiovega.org</a></p>		<p><b>Agr. Rocco Iacullo</b>          Via Padre Antonio da Olivadi 59 - 71122 Foggia          Email: <a href="mailto:studioiacullo@gmail.com">studioiacullo@gmail.com</a></p>		
<p>Studio Ambientali e Paesaggistici</p>	<p><b>Arch. Antonio Demaio</b>          Via N. delli Carri, 48 - 71121 Foggia (FG)          Tel. 0881.756251   Fax 1784412324          E-Mail: <a href="mailto:sit.vega@gmail.com">sit.vega@gmail.com</a></p> 		<p>Progettazione Civile-Elettrica</p>	 <p>Via Pippo Fava, 1 - 96100 Siracusa (SR)          Tel. 0931.1813283          Web: <a href="http://antexgroup.it">antexgroup.it</a>          email: <a href="mailto:info@antexgroup.it">info@antexgroup.it</a></p>	
<p>Studio Flora fauna ed ecosistema</p>	<p><b>Dott. Forestale Luigi Lupo</b>          Corso Roma, 110 - 71121 Foggia          E-Mail: <a href="mailto:luigilupo@libero.it">luigilupo@libero.it</a></p>		<p>Studio Geologico-Geotecnico Idrologico</p>	<p><b>Studio di Geologia Tecnica &amp; Ambientale</b>  <b>Dott.sa Geol. Giovanna Amedei</b>          Via Pietro Nenni, 4 - 71012 Rodi Garganico (Fg)          Tel./Fax 0884.965793   Cell. 347.6262259          E-Mail: <a href="mailto:giovannaamedei@tiscali.it">giovannaamedei@tiscali.it</a></p>	
<p>Studio Archeologico</p>	 <p><b>Dott. Vincenzo Ficco</b>          Tel. 0881.750334          E-Mail: <a href="mailto:info@archeologicasrl.com">info@archeologicasrl.com</a></p>		<p>Studio Idraulico</p>	<p><b>Studio di ingegneria</b>  <b>Dott.sa Ing. Antonella Laura Giordano</b>          Viale degli Aviatori, 73 - 71121 Foggia (Fg)          Tel./Fax 0881.070126   Cell. 346.6330966          E-Mail: <a href="mailto:lauragiordano@gmail.com">lauragiordano@gmail.com</a></p>	
<p>Studio Acustico</p>	<p><b>Arch. Marianna Denora</b>          Via Savona, 3 - 70022 Altamura (BA)          Tel. Fax 080 3147468          E-Mail: <a href="mailto:info@studioprogettazioneacustica.it">info@studioprogettazioneacustica.it</a></p>		<p>Studio Agronomico</p>	<p><b>Dott. Agr. Emidio Fiorenzo Ursitti</b>          Via Trieste, 7 - 71121 Foggia          E-Mail: <a href="mailto:emidioursitti@libero.it">emidioursitti@libero.it</a></p>	
<p>Opera</p>	<p align="center"><b>PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA PARI A 40,0752 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE, INTEGRATO CON LA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CERIGNOLA (FG)</b>  <b>(Loc. "Tavoletta")</b></p>				
<p>Oggetto</p>	<p>Folder: Relazioni e documenti del progetto definitivo dell'impianto</p> <p>Nome Elaborato: W32BUA4_Relazione geotecnica del progetto definitivo</p> <p>Descrizione Elaborato: Relazione geotecnica del progetto definitivo</p>			<p align="right">Sez. <b>A</b></p> <p>Codice Elaborato: A13</p>	
<p>00</p>	<p>Luglio 2021</p>	<p>Emissione per progetto definitivo</p>	<p>VEGA</p>	<p>Arch. A. Demaio</p>	<p>HSI s.r.l.</p>
<p>Rev.</p>	<p>Data</p>	<p>Oggetto della revisione</p>	<p>Elaborazione</p>	<p>Verifica</p>	<p>Approvazione</p>
<p>Scala: NC</p> <p>Formato:</p>	<p>Codice Pratica <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">W32BUA4</span></p>				



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –*

## **INDICE**

<i>1- Premessa e Inquadramento Normativo</i>	<i>Pag. 2</i>
<i>2- Inquadramento Geografico dell'Area</i>	<i>Pag. 4</i>
<i>3- Breve Descrizione delle Indagini Geognostiche svolte</i>	<i>Pag. 6</i>
<i>4- Azione Sismica e Categoria del Suolo</i>	<i>Pag. 11</i>
<i>5 – Situazione Statica Generale – Studio Geotecnico del Sotto- suolo di Fondazione</i>	<i>Pag. 18</i>
<i>6- Considerazioni conclusive</i>	<i>Pag. 20</i>

## **APPENDICE**

<i>Allegato 1</i>	<i>Risultati Prove Penetrometriche Dinamiche</i>
<i>Allegato 1</i>	<i>Risultati sismiche a Rifrazione e MASW</i>



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –

## **- 1 – PREMESSA**

### **E INQUADRAMENTO NORMATIVO**

La presente relazione, redatta secondo il punto 4.2.3 della D.D. n. 1/2011 – Istruzioni Tecniche - definisce i caratteri geotecnici dei terreni interessati dalle opere puntuali previste nel **“Progetto di un impianto agro-fotovoltaico avente potenza pari a 40,0752 MWp e relative opere di connessione, integrato con la coltivazione di foraggio, da realizzarsi nel Comune di Cerignola (FG) località Tavoletta”** per conto della Società HERGO SOLARE ITALIA SRL con sede in Milano – 20123 – alla Via Privata Maria Teresa n. 8.

Per le finalità del presente lavoro ci si è avvalsi dello studio geologico e dei risultati rinvenuti dalla campagna d’indagine svolta, che hanno consentito di ricostruire gli spessori, le giaciture ed i rapporti stratigrafici delle formazioni geolitologiche presenti nel sottosuolo di tutta l’area di progetto.

Per caratterizzare da un punto di vista geologico-tecnico e sismico il sito di progetto è stata condotta una campagna d’indagine consistita in:

- n. 3 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 1 prove sismiche attive del tipo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), che si basano sulla misurazione e analisi delle onde di Rayleigh.

Per la redazione della presente relazione geotecnica si è avvalsi, non da ultimo, della raccolta di dati e notizie bibliografiche ottenute da



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –

fonti ufficiali pubbliche e private, e delle conoscenze geologiche del territorio di Foggia acquisite nel tempo dal gruppo di progettazione.

Dal punto di vista Legislativo, invece, si sono tenute in debito conto le indicazioni programmatiche e tecniche, oltre che le norme, contenute nei seguenti provvedimenti:

---

*Legge 5 Novembre 1971 n. 1086 (G.U. 21 Dicembre 1971 n. 321) “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”*

*Legge 2 Febbraio 1974 n. 64 (G.U. 21 Marzo 1974 n. 76) “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche” Indicazioni progettuali per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica -Roma 1981*

*Eurocodice 7 - “Progettazione geotecnica” - EN 1997-1 per quanto non in contrasto con le disposizioni del D.M. 2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”*

*Decreto Ministeriale 14.01.2008 (G.U. 4 febbraio 2009 n. 29 – Suppl. Ord.) “Norme tecniche per le costruzioni”*

*Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Istruzioni per l’applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008, Circolare 2 febbraio 2009;*

*Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale, Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007*

*Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009, n. 617 (G.U. del 26 febbraio 2009, n. 47);*

*“Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008”. Eurocodice 7 –“ Progettazione geotecnica” –ENV 1997 –1*

*D.G.R. 2 marzo 2004, n. 153 -L.R. 20/00 -O.P.C.M. 3274/03 – Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti - Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi*

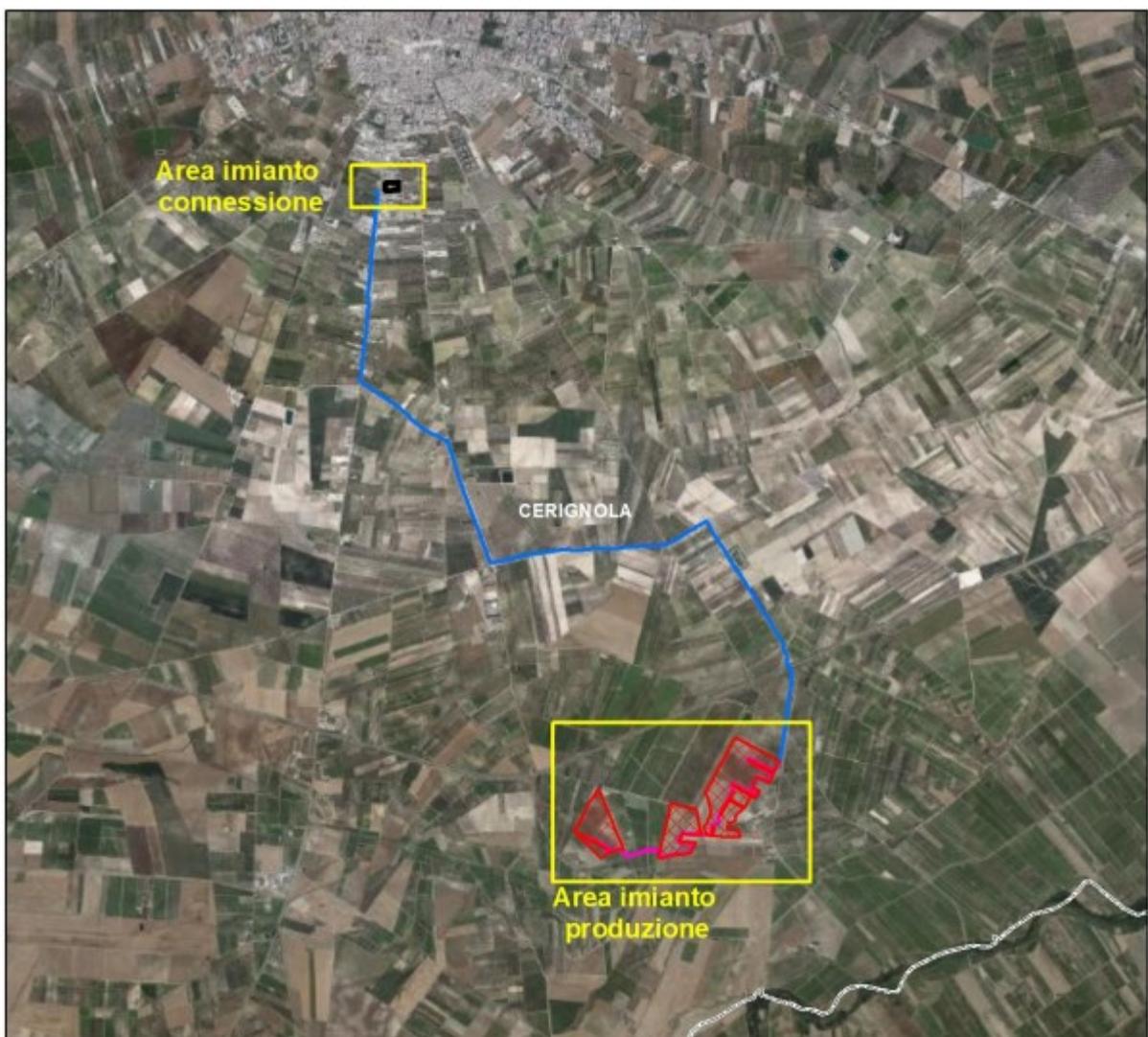
---



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –*

## **2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA**

Il territorio interessato dalle strutture principali dell'impianto fotovoltaico in progetto ricade nel Comune di Cerignola e più precisamente a Sud del Centro abitato – Fig. 1



*Fig. 1: Ubicazione dell'area d'intervento*

Dal punto di vista catastale le aree sono individuabili secondo il



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –*

prospetto allegato:

<i>Comune</i>	<i>Fgl di Mappa</i>	<i>P.lle</i>
<i>Cerignola</i>	<i>392</i>	<i>22, 23, 24, 44, 54, 115 116,117, 119 184, 185, 186 e 206</i>
<i>Cerignola</i>	<i>394</i>	<i>656, 792 e 800</i>



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –*

### **3- BREVE DESCRIZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE SVOLTE**

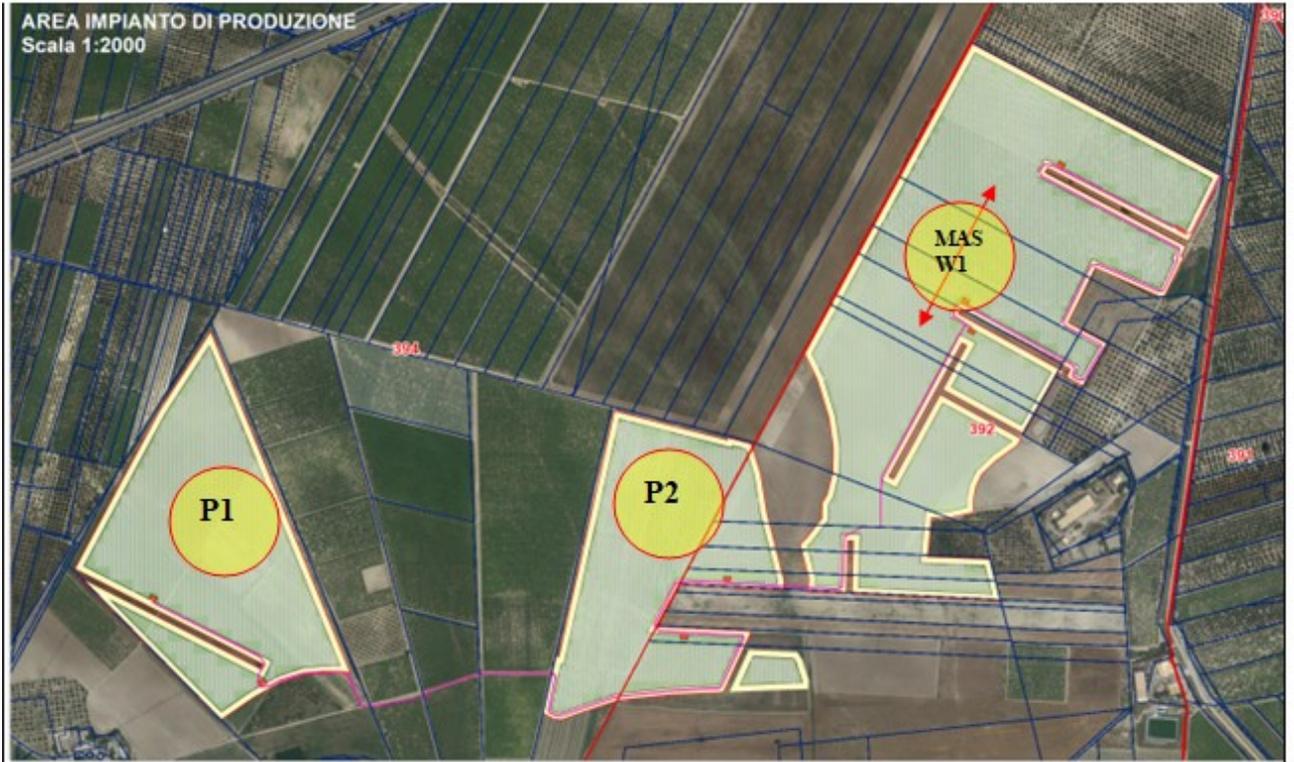
Al fine di caratterizzare i terreni dal punto di vista geologico - sismico, stante il grado di progettazione preliminare/definitivo, si è ricorso ad indagini di tipo indirette; attraverso l'acquisizione e l'analisi di diversi parametri geofisici, è stato possibile fornire un'interpretazione attendibile sulle condizioni e sulle caratteristiche del sottosuolo.

In totale sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche dinamiche e n. 1 sismica a rifrazione per la determinazione della Vs30 con relativa MASW per il riconoscimento delle coltri superficiali, la quota di eventuali falde e la consistenza del terreno.

Le indagini sono state programmate secondo l'ubicazione riportata alla Fig. n. 2a e 2b in modo da ricoprire i lotti di progettazione insieme all'area dell'impianto di connessione mentre i risultati sono riportati in appendice.



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –*



*Fig. 2a: Ubicazione indagini eseguite Impianto Fotovoltaico*



*Fig. 2b: Ubicazione indagini eseguite Impianto Fotovoltaico*



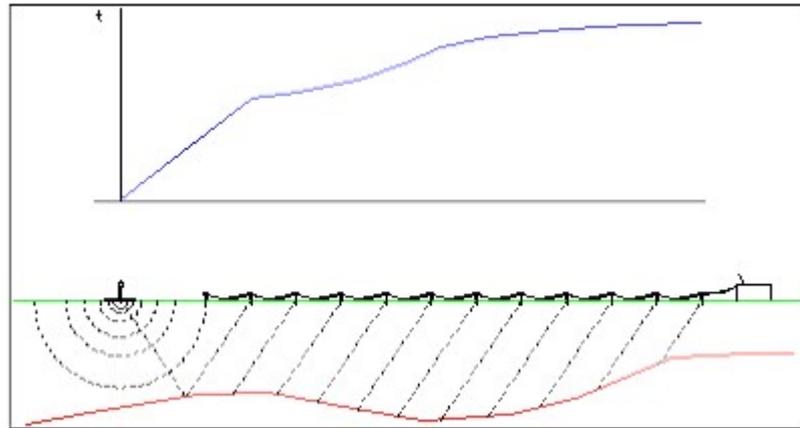
Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –

Per le prove penetrometriche dinamiche continue si è utilizzato un penetrometro DPM30, dotato di un sistema di battitura formato da un maglio da 30 kg (66 pound) e corsa 200 mm (7,87 inch), azionato da un motore idraulico.

Le prove penetrometriche hanno fornito i vari valori di resistenza dinamica del terreno all'attraversamento delle aste; da tali valori si è risaliti a diversi valori significativi del terreno di fondazione quali: modulo di Poisson, Angolo di attrito, Coesione e Peso di Volume, moduli di Young, Edometrico e deformazione di taglio.

Per le indagini sismiche è stato utilizzato un sismometro a rifrazione tipo MAE A6000S, in configurazione a 24 canali con acquisizione computerizzata dei dati, massa battente di 10 kg quale sorgente generatrice di onde sismiche e sensori (geofoni P) con frequenza di 4.5 Hz; questo ha permesso di caratterizzare elastomeccanicamente i terreni in posto. Il profilo ha avuto una lunghezza complessiva di 36 m, con offset di 3 m e interdistanza geofonica pari a 1.5 ml.

Le indagini geosismiche vengono realizzate applicando il metodo della sismica a rifrazione, che utilizza la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) e talvolta trasversali (onde S) nel sottosuolo. Tali onde sono generate, e si propagano nel terreno, ogni qualvolta quest'ultimo è sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale, sia artificiale (esplosioni, mazze battenti, ecc.) – Fig. 3.



*Fig. 3: Esempio di propagazione delle onde sismiche*

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di sparo), in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni e la compattezza dei materiali da queste attraversati. Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla probabile composizione litologica di massa dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo ("bedrock"), alla sua forma e talora, in terreni alluvionali, alla profondità della falda freatica. L'elaborazione dei dati sismici con un completo modello matematico bidimensionale appoggiato da procedure iterative, consente di massimizzare la risoluzione e il dettaglio di ricostruzione del modello di velocità attribuito al terreno in esame. Utilizzando, quindi, le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -

i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, sono ricavate le dromocro-  
ne (curve tempi-distanze), dalle quali si risale, tramite opportuno pro-  
gramma di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spesso-  
re, profondità, forma ed inclinazione. Questa procedura di tipo “clas-  
sico” è stata seguita per fornire un modello di velocità iniziale alla  
procedura d'iterazione topografica.



#### **4- AZIONI SISMICHE** **E CATEGORIA DEL SUOLO**

La definizione del valore VS30, velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, è calcolata, come prescritto dalle NTC 2018 ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, mediante la relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazione di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori. Nei punti dell'area investigata è stato possibile calcolare il parametro  $V_{s30}$  attraverso il modello di  $V_s$ -profondità, ottenuto mediante l'analisi MASW, a cui è poi stata associata la relativa categoria di suolo di fondazione secondo quanto indicato nella Nuova Normativa Sismica, come da Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018 e successiva Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Sulla base dei valori di  $V_{s30}$  ottenuti dalle indagini eseguite i suoli indagati



Circa la categoria di suolo l'indagine geosismica effettuata ha consentito di ricavare i valori di  $V_{S30}$  che, ai sensi delle NTC 2018, porta a distinguere una sola categoria (Fig. 4):

**1) Terreni della SSE: Categoria C ( $180 \text{ m/s} < V_{S30} < 360 \text{ m/s}$ )**

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{6,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{6,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{6,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_g > 800 \text{ m/s}$ ).

*Fig. 4: Classificazione sismica terreno*

L'intera area in esame è stata classificata, in base all'O.P.C.M. 3274 del 2003 e successivo aggiornamento n. 3519 del 2006, nella zona sismica di 2° categoria, con le seguenti caratteristiche:

<i>Codice ISTAT 2001</i>	<i>Classificazione 2003</i>	<i>PGA (g)</i>
<i>1607 1020</i>	<i>Zona 2</i>	<i>0,15 g &lt; PGA &lt; 0,25 g</i>

A tutto questo bisogna aggiungere l'amplificazione stratigrafica e topografica dell'area.



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -*

L'amplificazione stratigrafica per un sottosuolo di categoria **A** prevede i coefficienti **S<sub>s</sub>** (**Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica**) e **C<sub>c</sub>** (Coefficiente di Sottosuolo) pari a 1. Per le categorie di sottosuolo **B, C, D** ed **E** i coefficienti **S<sub>s</sub>** e **C<sub>c</sub>** possono essere calcolati, in funzione dei valori di **F<sub>0</sub>** e **T\*** relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V delle NCT 2018, nelle quali **g** è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

**Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S<sub>T</sub>**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S <sub>T</sub>
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Per le condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico **S** riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie **T** topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

**Tabella 3.2.V – Espressioni di S<sub>s</sub> e di C<sub>c</sub>**

Categoria sottosuolo	S <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>
<b>A</b>	1,00	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –

Per descrivere la pericolosità sismica in un generico sito con precisione sufficiente, sia in termini geografici che in termini temporali, nonché nei modi previsti dalle NTC2018, i risultati dello studio di pericolosità sismica devono essere forniti in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta, nelle condizioni di sottosuolo rigido affiorante.

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti, dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica *probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR*:

-  **$A_g$  ( $A_{max}$ )** = accelerazione massima al sito;

-  **$F_0$**  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

-  **$TC^*$**  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di  $A_g$  è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dallo INGV, mentre  $F_0$  e  $TC^*$  sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

*Lo scuotimento del suolo così individuato deve essere corretto per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie (come visto in precedenza con la determinazione della Catego-*



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –

ria di sottosuolo sito specifica  $C$  e dei coefficienti di amplificazione topografica  $ST = 1,0$  e stratigrafica  $Ss = 1,5$ )

<b>COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA</b>  <b>ST</b>	T1- superficie pianeggiante ,pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,0 <b>x</b>
	T2- pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ; in corrispondenza della sommità del pendio	1,2
	T3- Rilievi aventi larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ in corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
	T4- Rilievi aventi larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ ; in corrispondenza della cresta del rilievo	1,4
<b>COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA</b>  <b>Ss</b>	da tabella 3.2.V (v. tabulati elaborazioni precedenti)	1,5
<b>fattore <math>S = Ss \cdot ST</math></b>		<b><math>\bar{S} = 1,5</math></b>

Considerando dunque:

1. Le coordinate geografiche del sito;
2. La tipologia di costruzione ricadente in classe 1 con Vita Nominale (VN) delle opere in progetto pari a 35 anni e un coefficiente d'uso pari a 0,7, pertanto un periodo di riferimento (VR) pari a 24,5 anni ( $VR = VN \times Cu$ );

Si ottengono i seguenti parametri sismici:



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -*

Dati Generali							
<b>Località</b>			<b>Dati opera</b>				
Indirizzo Cerignola			Tipo opera 2 - Opere ordinarie				
Lat. Long. 41.265615 15.893642			Classe d'uso Classe II				
			V. Nominale 50 V. Rif. 50				
Parametri sismici su sito di riferimento							
SL	TR [Anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec.]	Categoria sottosuolo		
SLO	30.00	0.422	2.534	0.279	C		
SLD	50.00	0.549	2.544	0.298	Categoria topografica		
SLV	475.00	1.638	2.498	0.400	T1		
SLC	975.00	2.285	2.429	0.417			
Coefficienti sismici orizzontali e verticali							
Opera	Muri di sostegno (NTC 2018)	SL	amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta	k <sub>hk</sub> [-]	k <sub>vk</sub> [-]	K <sub>hi</sub> [-]
		SLO	0.633	1.0	0.0646	0.0323	0.0
		SLD	0.8235	0.47	0.0395	0.0197	0.0
		SLV	2.3745	0.38	0.092	0.046	0.0
		SLC	3.1085	1.0	0.317	0.1585	0.0

Con i seguenti valori di accelerazione orizzontale

FONDAZIONI			
ag accelerazione orizzontale massima	<i>STATO LIMITE</i>		
	<i>SLU SLV</i>		0,047
	<i>SLU SLC</i>		0,056
	<i>SLE SLD</i>		0,025
	<i>SLE SLO</i>		0,025
amax accelerazione massima	amax = S*ag = S <sub>s</sub> * St * ag		0,684 <i>per SLV</i>
Coefficiente sismico orizzontale	K <sub>h</sub> = β <sub>s</sub> *amax/g		0,014
amax accelerazione massima	amax = S*ag = S <sub>s</sub> * St * ag		0,368 <i>per SLD</i>
Coefficiente sismico orizzontale	K <sub>h</sub> = β <sub>s</sub> *amax/g		0,008



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –

Nello specifico per l'area interessata dall'intervento, si dovranno tenere in considerazione, in fase di progettazione e di calcolo, valori dell'accelerazione sismica di riferimento compresi tra 0,15 e 0,25 g

<i>Zona</i>	<i>Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a<sub>g</sub>/g]</i>
2	0,15 < A <sub>g</sub> < 0,25



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –*

## **5 – SITUAZIONE STATICA GENERALE** **STUDIO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO DELLA** **FONDAZIONE**

Dalle risultanze delle indagini eseguite, opportunamente integrate con i risultati di indagini di aree contermini è stato possibile definire la litologia dell'area di imposta dell'impianto fotovoltaico, di parte dei cavidotti e dell'impianto di connessione rappresentata da una formazione a prevalenza sabbiosa per tutti gli spessori indagati: circa 4,10 m (P1) e 3,80 m (P2), profondità oltre le quali si è registrato rifiuto delle aste alla penetrazione.

Dal punto di vista della resistenza le formazioni sono state suddivise in 2 livelli (sia P1 che P2) a resistenza crescente con la profondità ma tutti litologicamente simili. Complessivamente si hanno soddisfacenti valori di buona resistenza nei due livelli fino al rifiuto alla penetrazione delle aste alle profondità media di circa 4.0 m.

Vista la tipologia della struttura da realizzare ed i carichi indotti, si ritiene che la resistenza offerta già dopo il primo spessore di terreno (inferiore ad 1 metro) possa consentire una buona infissione delle chiodature.

La falda non è stata individuata.

Dal punto di vista geotecnico per tali sabbie si possono assumere i seguenti valori dei principali parametri geotecnici:



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola*  
*– Località Tavoletta –*

<i><b>Parametri Geotecnici</b></i>	<i><b>Litotipo B</b></i>
<i>Peso di volume (t/m<sup>3</sup>)</i>	<i>1.780</i>
<i>Peso di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)</i>	<i>1.832</i>
<i>Coesione (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>0.1</i>
<i>Angolo di attrito (°)</i>	<i>25,0</i>
<i>Modulo edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>190.2</i>
<i>Coefficiente di Poisson</i>	<i>0.3750</i>
<i>Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>4952</i>
<i>Modulo di Taglio (kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>347</i>

Per la determinazione del carico ammissibile del terreno verrà utilizzata la formula proposta da TERZAGHI – BRINCH HANSEN, applicata agli Stati Limite Ultimi, ai sensi del Nuovo Testo Unico per le Costruzioni (NCT 2018).

In ogni caso le verifiche di portanza saranno eseguite sulla scorta dei valori geotecnici che andranno meglio contestualizzati e definiti, in fase di progettazione definitiva/esecutiva, con ulteriori indagini dirette e prove di laboratorio.



## **6- CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Considerate le risultanze dell'indagine e le finalità del presente studio, teso a valutare le problematiche e le implicazioni geologiche, geotecniche ed idrologiche connesse con le previsioni realizzative della progettazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto con le relative opere annesses, si può affermare la piena compatibilità dell'opera con il quadro geomorfologico, geotecnico, idrologico e geologico locale.

In particolare:

### ***1- Morfologia e Rischio Idrogeologico***

L'ara di studio ricade in zona geomorfologicamente stabile, priva di movimenti franosi in atto e/o potenziali e con conformazione tale da non modificare l'attuale stato di equilibrio dei luoghi. La consultazione della Cartografia PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) evidenzia, infatti, piena stabilità geomorfologica dei luoghi.

Dal punto di vista idraulico l'area è prossima al Canale Ofanto un corso d'acqua lungo 134 Km che si suddivide in Alto Ofanto (parte irpina del fiume), Medio Ofanto (parte lucana e prima parte pugliese) e Basso Ofanto (seconda parte pugliese del fiume). Esso sfocia nel mare Adriatico e presenta un regime marcatamente torrentizio con piene notevoli in autunno e inverno per le precipitazioni e magre notevolissime in estate

Ad ogni modo si evidenzia che la progettazione dell'impianto fotovoltaico non interferire in alcun modo con il torrente.

### ***2 - Litologia***

I pannelli fotovoltaici, parte dei cavidotti e l'impianto di connessione interessano un terreno costituito da litologie appartenenti alle ***Sabbie di***



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –

**Torre Quarto (STQ):** Si tratta prevalentemente di sabbie di colore giallastro, in genere poco cementate, con strati di spessore variabili da pochi centimetri fino a 50 centimetri, con intercalazioni arenitiche, marnose e argilloso-siltose; raramente sono presenti orizzonti costituiti da ciottoli di piccole dimensioni in abbondante matrice sabbiosa. Le sabbie sono laminate con intervalli a laminazione piano parallela ed intervalli con set di lamine a stratificazione incrociata con ripple asimmetrici da correnti trattive; frequenti anche i fenomeni di bioturbazione.

Sotto il profilo litologico la zona non appare interessata da anomalie che possono modificare la stabilità globale dell'area.

### **3 – Classificazione Sismica**

In base ai risultati delle MASW eseguite e alle recenti NCT 2018 il suolo è classificabile:

- come terreno di “Categoria C” nella zona di imposta dell'impianto fotovoltaico e parte dei cavidotti;

Il terreno si presenta con una pendenza topografica media inferiore ai 15° e pertanto riferibile ad una categoria di tipo T1.

Per quanto riguarda le prescrizioni relative ai terreni di fondazione si rimanda a quanto espresso nelle “Norme Tecniche per il Progetto Sismico di opere di fondazione e di sostegno” e dalle disposizioni vigenti, in particolare dal D.M. 11.3.1988 e SMI e D.M. 17/01/2018



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -

In base a quanto espresso si ritiene che l'area possieda le caratteristiche di ordine geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico per la realizzazione dell'Impianto Solare Fotovoltaico.

In fase di progettazione esecutiva, comunque, sarà necessario eseguire, sotto la direzione del tecnico scrivente, dettagliate indagini geologiche, con l'esecuzione di sondaggi meccanici e prelievo di campioni indisturbati con prove di laboratorio per meglio definire e consigliare tipologia fondale nonché metodo di posa dei cavidotti attesa la eterogeneità del deposito di base.

In appendice si riportano le indagini eseguite mentre per ulteriori caratterizzazioni si rimanda alla relazione geologica che risulta parte integrante dell'intero progetto

*Tanto in adempimento all'incarico conferitomi*  
*Rodi Garganico Luglio 2021*





*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola*  
*– Località Tavoletta –*

# ***APPENDICE***



## **ALLEGATO A1** **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) 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 )
- avanzamento (penetrazione)
- 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)



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –*

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	<b><math>M &lt; 10</math></b>	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M > 60$	25

### Correlazione con N<sub>spt</sub>

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<sub>spt</sub> ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N<sub>spt</sub>. Il passaggio viene dato da:

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

Dove:

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

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q<sub>spt</sub> 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;

Φ = passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta R<sub>pd</sub>

Formula Olandesi



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -

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

$R_{pd}$  = resistenza dinamica punta (area A);  
 $e$  = infissione media per colpo ( $\Phi/N$ );  
 $M$  = peso massa battente (altezza caduta H);  
 $P$  = peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = C_N \times N_{60} \text{ con } C_N = \Phi(Pa/\sigma'_{vo}) \quad C_N < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

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

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,



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –

- 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.

##### ***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  $s_{N_{spt}}$  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:



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -

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

dove n è il numero di letture.

### **Pressione ammissibile**

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### *Liquefazione*

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

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

### *Correzione $Nspt$ in presenza di falda*

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

$Nspt$  è il valore medio nello strato

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

### *Angolo di Attrito*

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -

- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) >5 t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da 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) >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) s>15 t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per **sabbie** con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

***Densità relativa (%)***

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



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –

***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

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

***Modulo Edometrico***

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

***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

***Peso di Volume Gamma***

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

***Peso di volume saturo***

- Terzaghi-Peck 1948-1967

***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

***Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)***



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –

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

***Velocità onde di taglio  $V_s$  (m/sec)***

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

***Modulo di deformazione di taglio (G)***

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

***Modulo di reazione (K<sub>o</sub>)***

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

***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q<sub>c</sub>)***

- Robertson 1983 Q<sub>c</sub>

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<sub>spt</sub> <8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
  - Terzaghi-Peck (1948). *C<sub>u</sub> 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.



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –

- 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-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per **suoli poco coerenti e plastici**, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson 1983  $Q_c$

***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

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

***Modulo Di Young ( $E\gamma$ )***



Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –

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.



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola*

*- Località Tavoletta -*

**Elaborazione Prova Penetrometrica P1**

Strumento utilizzato... DPM (DP030 10 MEDIUM)  
 Prova eseguita in data 23/06/2021  
 Profondità prova 4,10 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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	3	0	0.857	8.58	10.02	0.43	0.50
0.20	4	0	0.855	11.42	13.36	0.57	0.67
0.30	5	0	0.853	14.24	16.70	0.71	0.83
0.40	6	0	0.851	17.05	20.04	0.85	1.00
0.50	20	0	0.799	53.36	66.79	2.67	3.34
0.60	23	0	0.747	57.38	76.81	2.87	3.84
0.70	21	0	0.745	52.26	70.13	2.61	3.51
0.80	23	0	0.743	57.09	76.81	2.85	3.84
0.90	23	0	0.742	54.05	72.89	2.70	3.64
1.00	23	0	0.740	53.92	72.89	2.70	3.64
1.10	24	0	0.738	56.13	76.06	2.81	3.80
1.20	24	0	0.736	56.00	76.06	2.80	3.80
1.30	23	0	0.735	53.54	72.89	2.68	3.64
1.40	25	0	0.733	58.06	79.23	2.90	3.96
1.50	25	0	0.731	57.93	79.23	2.90	3.96
1.60	24	0	0.730	55.49	76.06	2.77	3.80
1.70	23	0	0.728	53.06	72.89	2.65	3.64
1.80	26	0	0.726	59.85	82.39	2.99	4.12
1.90	26	0	0.725	56.81	78.39	2.84	3.92
2.00	24	0	0.723	52.33	72.36	2.62	3.62
2.10	25	0	0.722	54.40	75.38	2.72	3.77
2.20	25	0	0.720	54.28	75.38	2.71	3.77
2.30	24	0	0.719	52.00	72.36	2.60	3.62
2.40	26	0	0.717	56.22	78.39	2.81	3.92
2.50	25	0	0.716	53.95	75.38	2.70	3.77
2.60	26	0	0.714	55.99	78.39	2.80	3.92
2.70	26	0	0.713	55.88	78.39	2.79	3.92
2.80	28	0	0.711	60.06	84.42	3.00	4.22
2.90	28	0	0.710	57.17	80.51	2.86	4.03
3.00	29	0	0.709	59.09	83.39	2.95	4.17
3.10	27	0	0.707	54.91	77.64	2.75	3.88
3.20	29	0	0.706	58.87	83.39	2.94	4.17
3.30	27	0	0.705	54.71	77.64	2.74	3.88
3.40	26	0	0.703	52.59	74.76	2.63	3.74
3.50	28	0	0.702	56.53	80.51	2.83	4.03
3.60	28	0	0.701	56.43	80.51	2.82	4.03
3.70	28	0	0.700	56.33	80.51	2.82	4.03
3.80	30	0	0.698	60.25	86.26	3.01	4.31
3.90	32	0	0.647	56.91	87.94	2.85	4.40
4.00	35	0	0.646	62.14	96.18	3.11	4.81
4.10	59	0	0.595	96.45	162.14	4.82	8.11



**Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola**  
 – Località Tavoletta –

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con N <sub>sp</sub>	N <sub>sp</sub>	Descrizione
0.4	4.5	15.03	Incoerente - coesivo	0	1.66	1.86	0.03	0.76	3.42	STRATO 1
4.1	25.81	78.03	Incoerente - coesivo	0	2.1	2.31	0.45	0.76	19.64	STRATO 2

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1**

**TERRENI COESIVI**

**Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	N <sub>sp</sub>	Prof. Strato (m)	Terzaghi - Peck	Sanglerat	Terzaghi - Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeeman	De Beer
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	0.21	0.43	0.15	0.14	0.33	0.45	0.31	0.69	0.17	0.56	0.43
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	1.33	2.46	1.00	0.76	1.94	2.34	1.67	2.05	0.98	2.89	2.46

**Peso unità di volume**

	N <sub>sp</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	Meyerhof ed altri	1.66
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	Meyerhof ed altri	2.10

**Peso unità di volume saturo**

	N <sub>sp</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	Meyerhof ed altri	1.86
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	Meyerhof ed altri	2.31

**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

	Intestazione NSF15	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schulze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	19.33	45.35	75.18	16.5
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	46.94	86.6	87.33	50.69

**Angolo di resistenza al taglio**

	N <sub>sp</sub>	Prof. Strato (m)	N <sub>sp</sub> corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thomson - Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukui 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanes e National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	3.42	27.98	20.98	28.96	34.39	31	0	<30	22.16	28.03	29.61	23.27
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	19.64	32.61	25.61	33.5	31.53	36.96	40.12	30-32	32.16	32.89	43.27	34.82

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	N <sub>sp</sub>	Prof. Strato (m)	N <sub>sp</sub> corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schulze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	3.42	—	27.36	—	—	—
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	19.64	316.33	157.12	232.45	327.30	173.20



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -*

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisson-Sangierst (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbie)	Farrat 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	3.42	—	34.49	24.28	53.25
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	19.64	117.84	67.81	139.44	125.59

**Classificazione AGI**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	3.42	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	19.64	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Modulo di Poisson**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	3.42	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	19.64	(A.G.I.)	0.32

**Modulo di reazione K<sub>α</sub>**

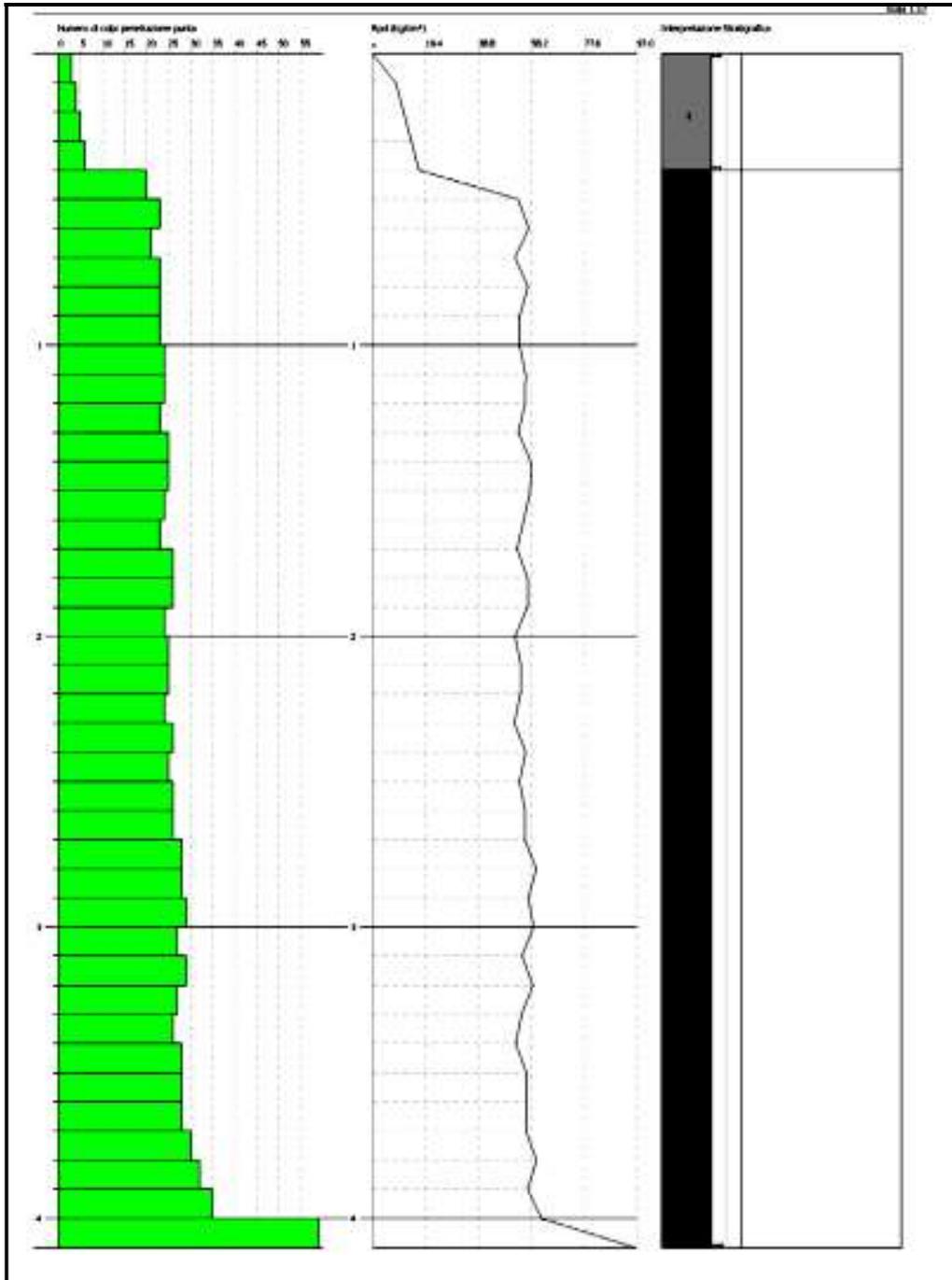
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K <sub>α</sub>
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	3.42	Navfac 1971-1982	0.61
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	19.64	Navfac 1971-1982	3.99

**Q<sub>c</sub> ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Q <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	3.42	0.40	3.42	Robertson 1983	6.84
[2] - STRATO 2	19.64	4.10	19.64	Robertson 1983	39.28



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -*





Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola

- Località Tavoletta -

**Elaborazione Prova Penetrometrica P2**

Strumento utilizzato... DPM (DP030 10 MEDIUM)  
 Prova eseguita in data 23/06/2021  
 Profondità prova 3,80 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rvestimento	Calcolo coeff riduzione sonda Clay	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Henninger - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Henninger - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	4	0	0.855	11.42	13.36	0.37	0.67
0.30	5	0	0.853	14.24	16.70	0.71	0.83
0.40	25	0	0.751	62.68	83.49	3.13	4.17
0.50	24	0	0.749	60.02	80.15	3.00	4.01
0.60	25	0	0.747	62.37	83.49	3.12	4.17
0.70	26	0	0.745	64.70	86.83	3.24	4.34
0.80	26	0	0.743	64.54	86.83	3.23	4.34
0.90	27	0	0.742	63.45	85.56	3.17	4.28
1.00	25	0	0.740	58.61	79.23	2.93	3.96
1.10	23	0	0.738	53.79	72.89	2.60	3.64
1.20	24	0	0.736	56.00	76.06	2.80	3.80
1.30	24	0	0.735	55.87	76.06	2.79	3.80
1.40	25	0	0.733	58.06	79.23	2.90	3.96
1.50	26	0	0.731	60.25	82.39	3.01	4.12
1.60	26	0	0.730	60.11	82.39	3.01	4.12
1.70	27	0	0.728	62.28	85.56	3.11	4.28
1.80	27	0	0.726	62.15	85.56	3.11	4.28
1.90	28	0	0.725	61.18	84.42	3.06	4.22
2.00	28	0	0.723	61.05	84.42	3.05	4.22
2.10	28	0	0.722	60.92	84.42	3.05	4.22
2.20	29	0	0.720	62.97	87.44	3.15	4.37
2.30	24	0	0.719	52.00	72.36	2.60	3.62
2.40	26	0	0.717	56.22	78.39	2.81	3.92
2.50	27	0	0.716	58.26	81.41	2.91	4.07
2.60	28	0	0.714	60.30	84.42	3.01	4.22
2.70	28	0	0.713	60.18	84.42	3.01	4.22
2.80	27	0	0.711	57.91	81.41	2.90	4.07
2.90	28	0	0.710	57.17	80.51	2.86	4.03
3.00	26	0	0.709	52.98	74.76	2.65	3.74
3.10	28	0	0.707	56.95	80.51	2.85	4.03
3.20	28	0	0.706	56.84	80.51	2.84	4.03
3.30	28	0	0.705	56.74	80.51	2.84	4.03
3.40	29	0	0.703	58.65	83.39	2.93	4.17
3.50	30	0	0.702	60.57	86.26	3.03	4.31
3.60	31	0	0.651	58.02	89.14	2.90	4.46
3.70	33	0	0.650	61.64	94.89	3.08	4.74
3.80	53	0	0.598	91.20	152.40	4.56	7.62

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Npdt	Npdt	Descrizione
0.3	3.33	11.13	Incoerente - coesivo	0	1.6	1.86	0.02	0.76	2.53	STRATO 1
3.8	26.88	82.33	Incoerente - coesivo	0	2.1	2.1	0.42	0.76	20.46	STRATO 2



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -*

**TERRENI COESIVI**

**Coeficiente non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Napt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Banglenski	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M. S.M.	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Silici - Fukui 1982	Begemann	De Boer
[1] - STRATO 01	2.53	0.30	0.16	0.32	0.15	0.10	0.24	0.33	0.23	0.62	0.13	0.42	0.32
[2] - STRATO 02	20.46	3.80	1.38	2.56	1.00	0.79	2.03	2.47	1.73	2.13	1.02	3.08	2.56

**Peso unità di volume**

	Napt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	Meyerhof ed altri	1.60
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	Meyerhof ed altri	2.10

**Peso unità di volume saturo**

	Napt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	Meyerhof ed altri	1.86
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	Meyerhof ed altri	2.10

**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

	Intestazione NSPT\$	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultz & Menzebach (1961)	Skempton 1986
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	14.37	39.26	70.87	13.94
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	48.68	89.94	91.19	51.91

**Angolo di resistenza al taglio**

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thomson-Meyerhof of 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Milcov (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Silici-Fukui 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owinski & Iwasaki
[1] - STRATO 01	2.53	0.30	2.53	27.72	20.72	28.71	34.6	30.61	0	<30	21.16	27.76	27.01	22.11
[2] - STRATO 02	20.46	3.80	20.46	32.85	25.85	33.73	31.8	37.21	40.59	30.32	32.52	33.14	43.77	35.23

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultz-Menzebach (Sabbie ghiaiose)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbie Medie
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	2.53	---	20.24	---	---	---
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	20.46	322.87	163.68	242.13	333.45	177.30

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Buisson-Banfill (sabbie)	Begemann 1974 (Chiusa con sabbie)	Farreri 1963	Menzebach e Milcov (Sabbie medie)
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	2.53	---	32.66	17.96	49.38
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	20.46	122.76	69.49	145.27	129.25



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -*

**Classificazione AGI**

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	2.53	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	20.46	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Modulo di Poisson**

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	2.53	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	20.46	(A.G.I.)	0.31

**Modulo di reazione Ko**

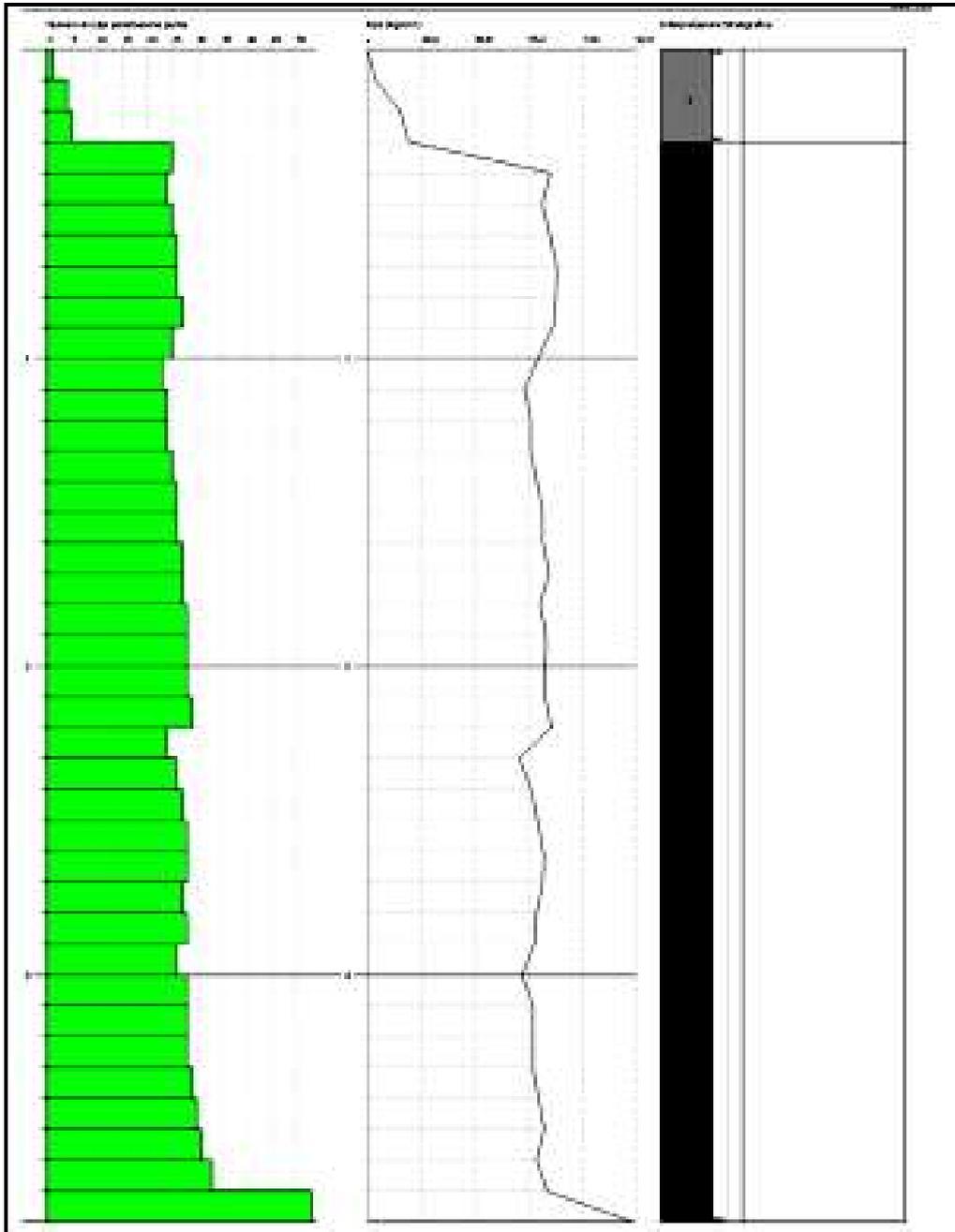
	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	2.53	Navfac 1971-1982	0.40
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	20.46	Navfac 1971-1982	4.13

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	2.53	0.30	2.53	Robertson 1983	5.06
[2] - STRATO 2	20.46	3.80	20.46	Robertson 1983	40.92



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -*





Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola

- Località Tavoletta -

**Elaborazione Prova Penetrometrica P3**

Strumento utilizzato... DPM (DP030 10 MEDIUM)  
 Prova eseguita in data 23/06/2021  
 Profondità prova 4,00 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (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	2	0	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
0.20	4	0	0.855	11.42	13.36	0.57	0.67
0.30	28	0	0.753	70.38	93.51	3.52	4.68
0.40	27	0	0.751	67.69	90.17	3.38	4.51
0.50	25	0	0.749	62.52	83.49	3.13	4.17
0.60	26	0	0.747	64.86	86.83	3.24	4.34
0.70	25	0	0.745	62.21	83.49	3.11	4.17
0.80	26	0	0.743	64.54	86.83	3.23	4.34
0.90	26	0	0.742	61.10	82.39	3.05	4.12
1.00	27	0	0.740	63.30	85.56	3.16	4.28
1.10	28	0	0.738	65.48	88.73	3.27	4.44
1.20	27	0	0.736	63.00	85.56	3.15	4.28
1.30	27	0	0.735	62.85	85.56	3.14	4.28
1.40	27	0	0.733	62.71	85.56	3.14	4.28
1.50	28	0	0.731	64.88	88.73	3.24	4.44
1.60	29	0	0.730	67.05	91.90	3.35	4.60
1.70	29	0	0.728	66.90	91.90	3.34	4.60
1.80	29	0	0.726	66.75	91.90	3.34	4.60
1.90	29	0	0.725	63.37	87.44	3.17	4.37
2.00	28	0	0.723	61.05	84.42	3.05	4.22
2.10	27	0	0.722	58.75	81.41	2.94	4.07
2.20	26	0	0.720	56.45	78.39	2.82	3.92
2.30	26	0	0.719	56.33	78.39	2.82	3.92
2.40	26	0	0.717	56.22	78.39	2.81	3.92
2.50	28	0	0.716	60.42	84.42	3.02	4.22
2.60	29	0	0.714	62.45	87.44	3.12	4.37
2.70	28	0	0.713	60.18	84.42	3.01	4.22
2.80	28	0	0.711	60.06	84.42	3.00	4.22
2.90	29	0	0.710	59.21	83.39	2.96	4.17
3.00	31	0	0.659	58.71	89.14	2.94	4.46
3.10	30	0	0.707	61.02	86.26	3.05	4.31
3.20	31	0	0.656	58.47	89.14	2.92	4.46
3.30	32	0	0.655	60.24	92.01	3.01	4.60
3.40	30	0	0.703	60.68	86.26	3.03	4.31
3.50	32	0	0.652	60.00	92.01	3.00	4.60
3.60	29	0	0.701	58.44	83.39	2.92	4.17
3.70	29	0	0.700	58.34	83.39	2.92	4.17
3.80	31	0	0.648	57.80	89.14	2.89	4.46
3.90	31	0	0.647	55.14	85.19	2.76	4.26
4.00	32	0	0.646	56.81	87.94	2.84	4.40
4.10	55	0	0.395	89.91	151.15	4.50	7.56

Prof. Sesto (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Npdt	Npdt	Descrizione
0.2	3	10.02	Incoerente - coesivo	0	1.58	1.85	0.02	0.76	2.28	STRATO 1
4.1	28.32	86.28	Incoerente - coesivo	0	2.1	2.13	0.44	0.70	21.55	STRATO 2



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -*

**TERRENI COESIVI**

**Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Napt	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M S.M	Schmertmann 1975	BUNDA (1983) Benesi e Vanzelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shiao - Fukui 1982	Begeman	De Beer
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	0.14	0.29	0.15	0.09	0.22	0.30	0.21	0.61	0.11	0.39	0.29
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	1.46	2.69	1.00	0.83	2.13	2.59	1.82	2.23	1.08	3.23	2.69

**Peso unità di volume**

	Napt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	Meyerhof ed altri	1.58
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	Meyerhof ed altri	2.10

**Peso unità di volume saturo**

	Napt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	Meyerhof ed altri	1.85
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	Meyerhof ed altri	2.13

**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

	Intestazione NSPT\$	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schulze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	12.83	37.48	75.34	13.21
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	49.43	91.26	92.03	53.46

**Angolo di resistenza al taglio**

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thomson-Meyerhof of 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shiao-Fukumi 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanes e National Railway	De Mello	Owanski & Hsasaki
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	2.28	27.65	30.65	28.64	35.34	30.5	0	<30	20.85	27.68	26.14	21.75
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	21.55	33.16	26.16	34.03	31.75	37.53	40.78	30.32	32.98	33.47	44.13	35.76

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schulze-Menzenbach (Sabbie ghiaiose)	D'Appolonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbie medie
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	2.28	---	18.24	---	---	
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	21.55	331.36	172.40	254.99	341.62	

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Buisson-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrar 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbie medie)
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	2.28	---	32.15	16.19	48.17
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	21.55	129.30	71.73	153.00	134.11



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -*

**Classificazione AGI**

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	2.28	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	21.55	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Modulo di Poisson**

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	2.28	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	21.55	(A.G.I.)	0.31

**Modulo di reazione Ko**

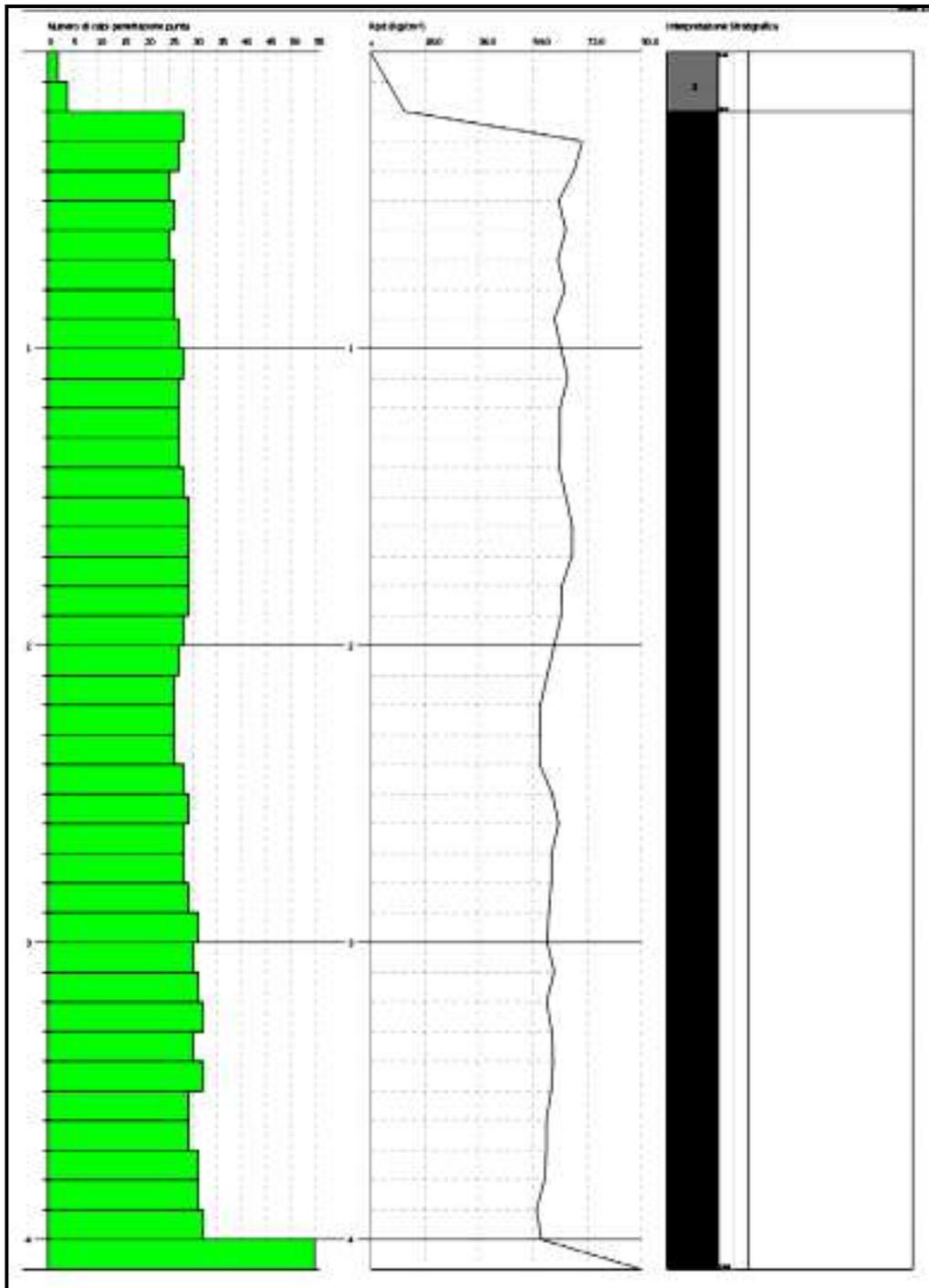
	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	2.28	Navfac 1971-1982	0.34
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	21.55	Navfac 1971-1982	4.32

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	Napt	Prof. Strato (m)	Napt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	2.28	0.20	2.28	Robertson 1983	4.56
[2] - STRATO 2	21.55	4.10	21.55	Robertson 1983	43.10



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -*





---

## REPORT SISMICO

---

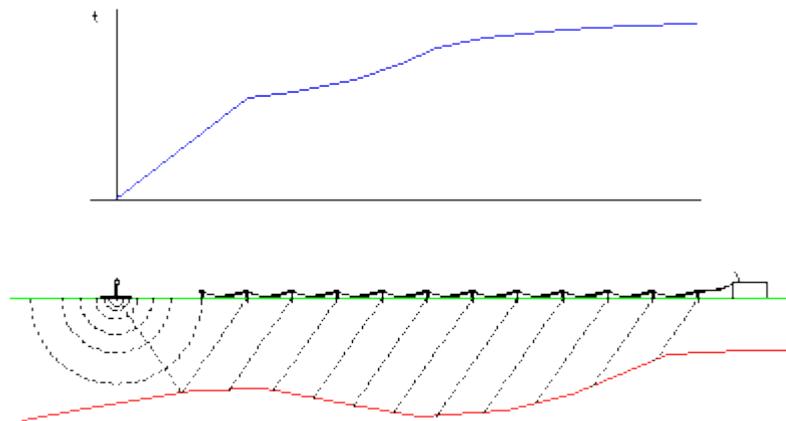


### PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

#### MASW

#### RELAZIONE SISMICA

Le indagini geosismiche vengono realizzate utilizzando il metodo sismico a rifrazione, che utilizza la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) e talvolta trasversali (onde S) nel sottosuolo. Tali onde sono generate, e si propagano nel terreno, ogni qualvolta quest'ultimo è sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale, sia artificiale (esplosioni, mazze battenti, ecc.).



La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di sparo), in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni e la compattezza dei materiali da queste attraversati. Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla probabile composizione litologica di massima dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sotto-



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
– Località Tavoletta –*

stanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo ("bedrock"), alla sua forma e talora, in terreni alluvionali, alla profondità della falda freatica. L'elaborazione dei dati sismici con un completo modello matematico bidimensionale appoggiato da procedure iterative, consente di massimizzare la risoluzione e il dettaglio di ricostruzione del modello di velocità attribuito al terreno in esame.

Utilizzando quindi le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, sono ricavate le dromocrone (curve tempi-distanze), dalle quali si risale, tramite opportuno programma di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione. Questa procedura di tipo "classico" è stata seguita per fornire un modello di velocità iniziale alla procedura d'iterazione topografica.

### **Easy MASW**

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.

### **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:

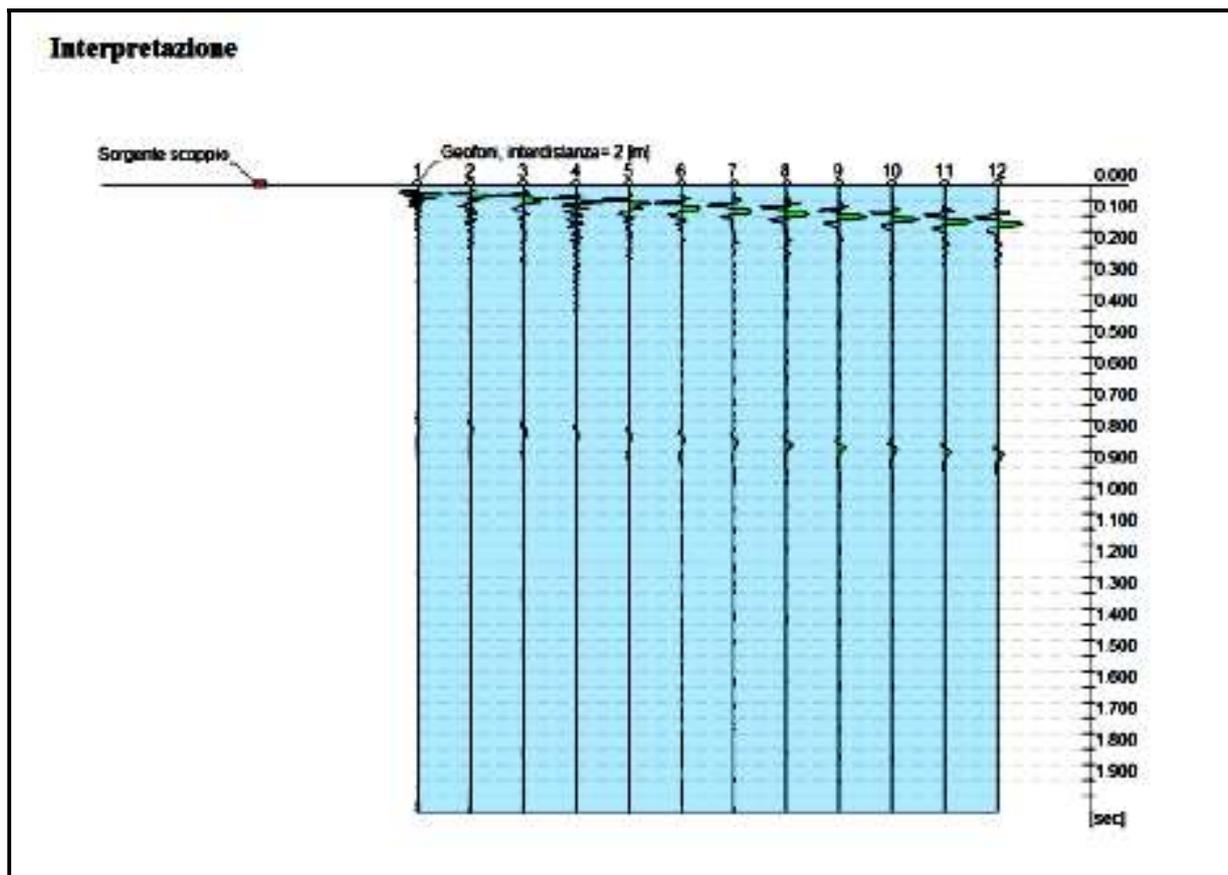
- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.



## **REPORT SISMICO 1**

### Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campiona- mento [msec]	2.00

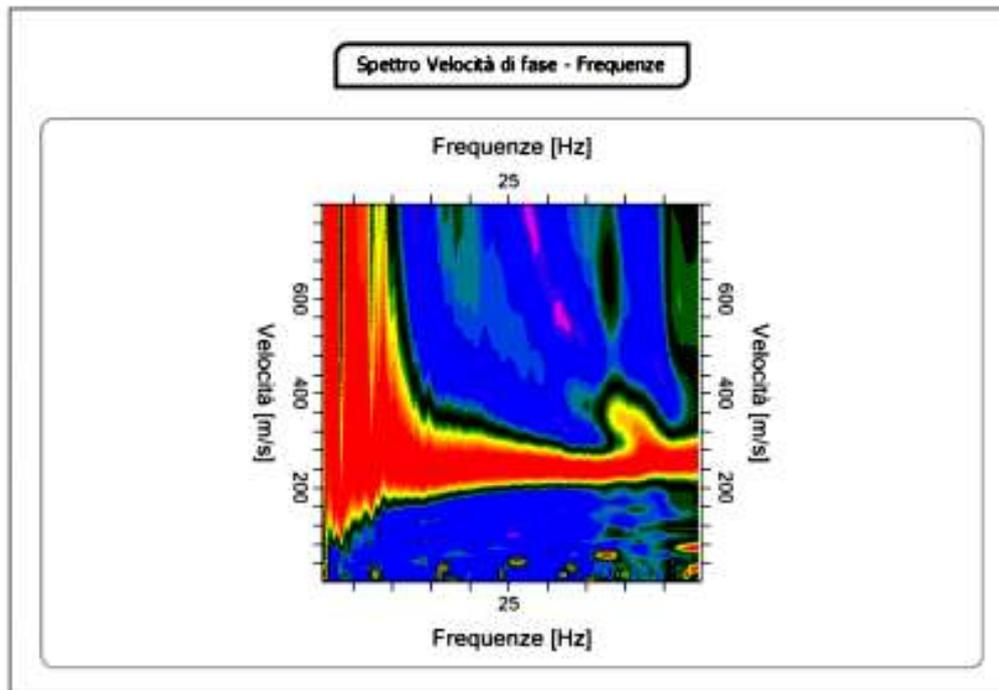




*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -*

**Analisi spettrale**

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	1
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	50
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1

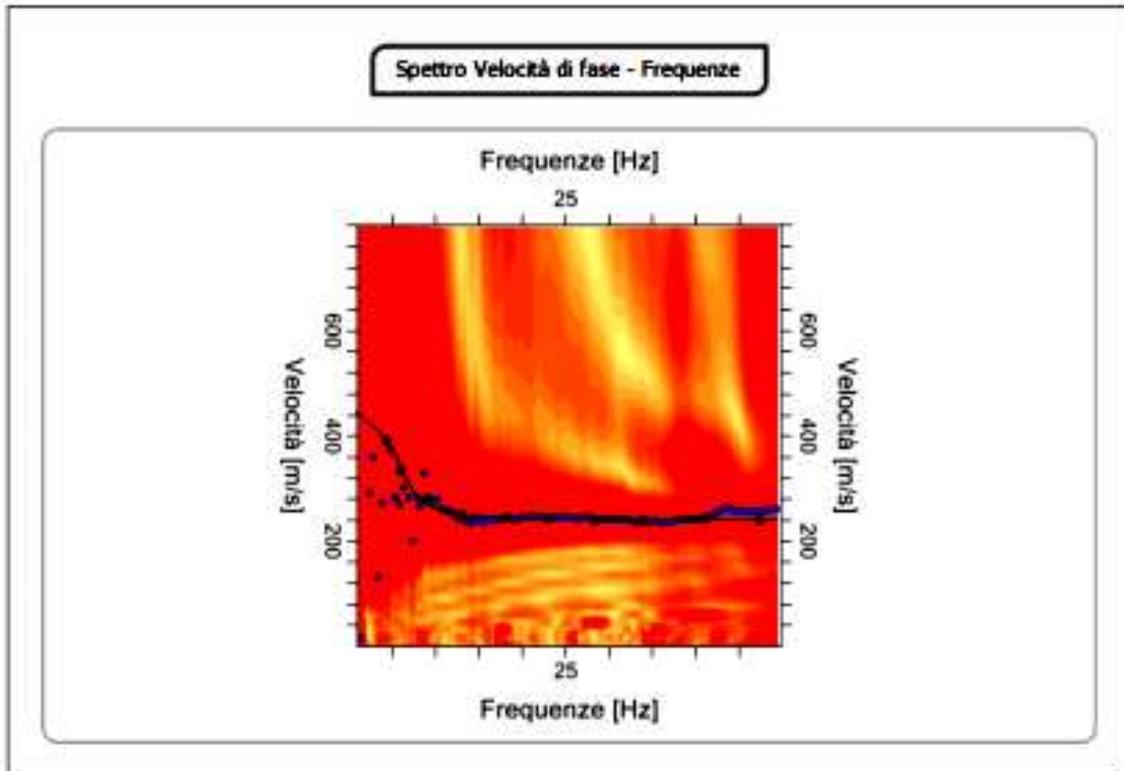


**Curva di dispersione**

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.4	390.3	0
2	6.2	334.6	0
3	8.8	276.1	0
4	13.1	249.8	0
5	18.3	243.9	0
6	23.1	241.0	0
7	28.4	238.1	0
8	34.1	238.1	0
9	41.1	241.0	0
10	47.3	238.1	0



*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -*



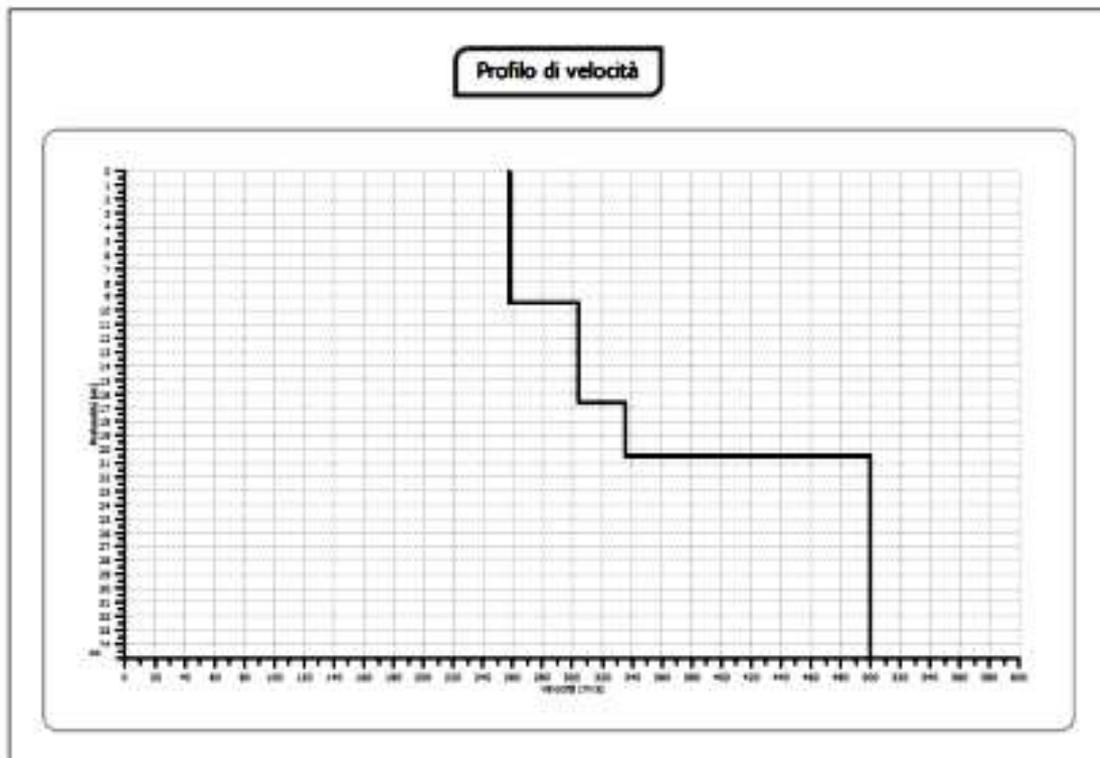
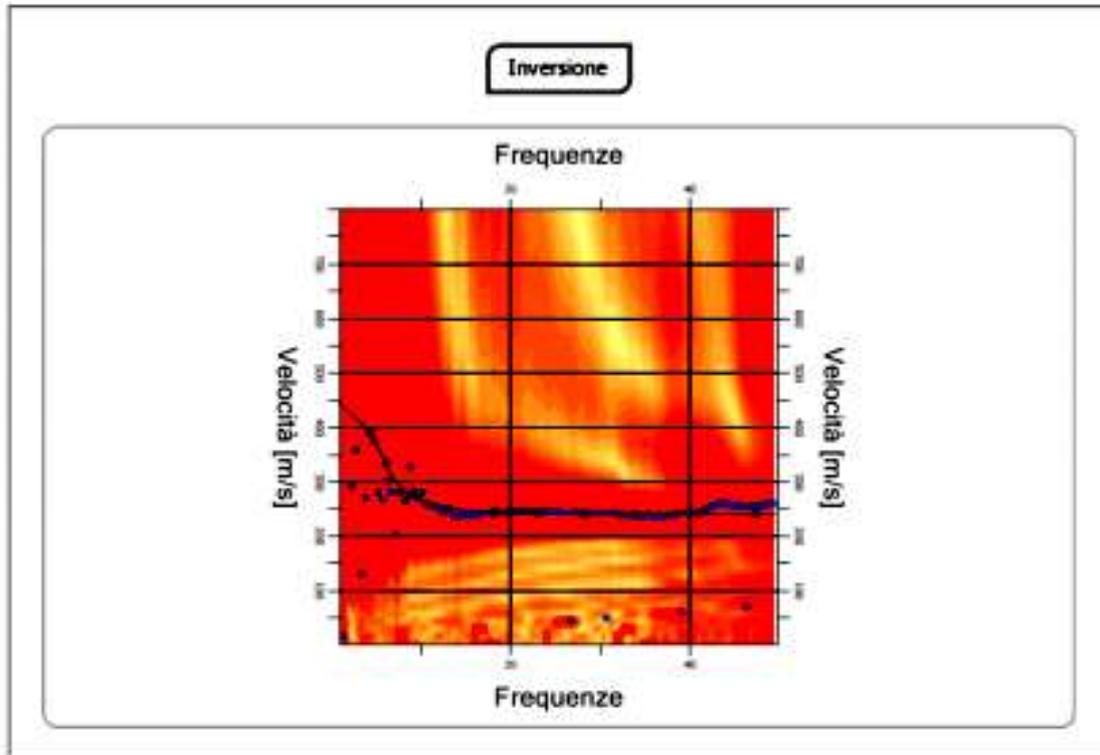
**Inversione**

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	9.48	9.48	481.9	257.6
2	16.67	7.19	568.9	304.1
3	20.55	3.88	627.1	335.2
4	35.00	14.45	935.3	500.0

Percentuale di errore 0.002 %  
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.004

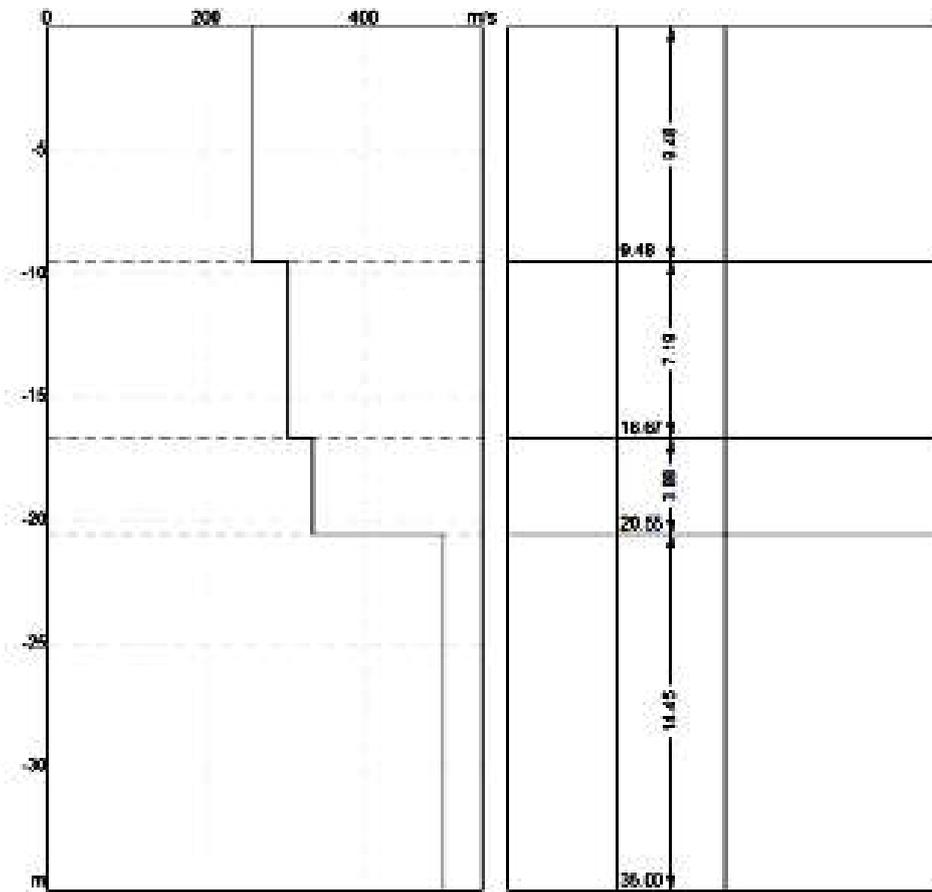


*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -*





*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW -Comune di Cerignola*  
*- Località Tavoletta -*





*Progetto Impianto Fotovoltaico della potenza di 40,0752 MW - Comune di Cerignola  
- Località Tavoletta -*

**Risultati e Caratterizzazione del sottosuolo**

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

Dove:

- $h_i$  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.

Profondità piano di posa [m]	0.00
$V_{s,eq}$ [m/sec] (H=30.00 m)	329.92
Categoria del suolo	C
Profondità piano di posa [m]	1.00
$V_{s,eq}$ [m/sec] (H=30.00 m)	336.90
Categoria del suolo	C
Profondità piano di posa [m]	2.00
$V_{s,eq}$ [m/sec] (H=30.00 m)	344.17
Categoria del suolo	C

Categorie	Descrizione
A	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	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.
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>
D	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 e 180 m/s.
E	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 30 m.