

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI FOGGIA
COMUNE DI FOGGIA



PROGETTO DELL'IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CON INTEGRAZIONE AGRICOLA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARE NEL COMUNE DI FOGGIA (FG) IN CONTRADA TORRE DI LAMA AL FG. N. 7 PP. N. 101, 239, 447, 449, 451 E FG. N. 9 PP. N. 79, 195, 196, 222, 224, 225, 226, 227, 690, 691, DI POTENZA PARI A 19.359,00 kWp DENOMINATO "TORRE DI LAMA"

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA DEL PROGETTO DEFINITIVO



livello prog.	Codice Istanza	N.Elaborato	DATA	SCALA
PD	4WZGYD6	A3	30.03.2021	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

RICHIEDENTE

TRINA SOLAR TETI s.r.l.
Piazza Borromeo 14, 20123 Milano



ENTE

IL PROFESSIONISTA INCARICATO

Dott.ssa Geol. Giovanna Amedei



IL TECNICO



INDICE

1- Premessa e Inquadramento Normativo	Pag. 2
2- Inquadramento Geografico dell'Area	Pag. 4
3- Breve Descrizione delle Indagini Geognostiche svolte	Pag. 6
4- Azione Sismica e Categoria del Suolo	Pag. 10
5 – Situazione Statica Generale – Studio Geotecnico del Sotto- suolo di Fondazione	Pag. 16
6- Considerazioni Conclusive	Pag. 18

APPENDICE

Allegato 1	Risultati Prospezioni Sismiche
-------------------	---------------------------------------



- 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 Impianto Solare Fotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Foggia (FG) Contrada Torre di Lama al Fgl n. 7 p.lle n. 101, 239, 447, 449, 451 e Fgl n. 9 p.lle n. 79, 195, 196, 222, 224, 225, 226, 227, 690, 691 di potenza pari a 19.359,00 kWp ”**.

Per le finalità del presente lavoro ci si è avvalsi della relazione geologica 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 consistente in:

- n. 2 prove sismiche a rifrazione;
- n. 2 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 fonti ufficiali pubbliche e private, e delle conoscenze geologiche del territorio di Foggia acquisite nel tempo dal gruppo di progettazione.



Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località “Torre di Lama” - Comune di Foggia

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:

*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*



2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

Il territorio interessato dalle strutture principali dell’impianto fotovoltaico e delle relative opere di connessione alla rete elettrica di distribuzione in progetto ricade nel Comune di Foggia e più precisamente a Nord Est del Centro abitato in Contrada “*Torre di Lama*”

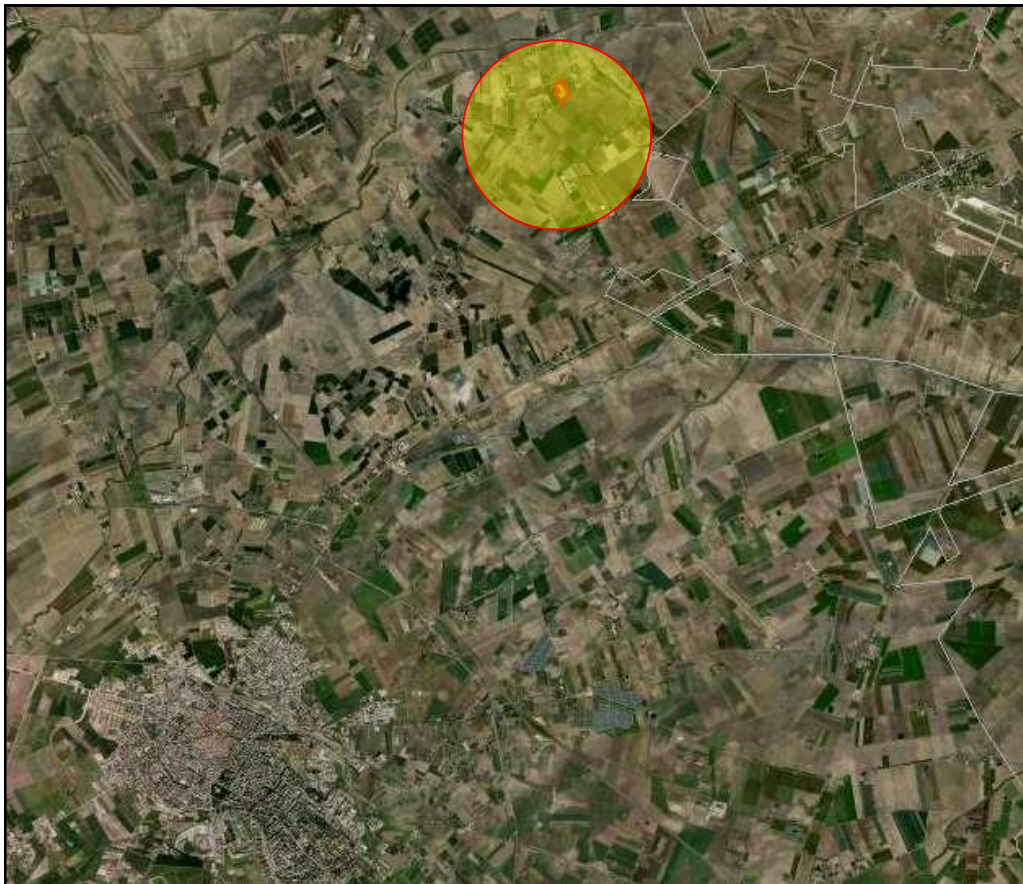


Fig. 1: Ubicazione delle aree d'intervento

Dal punto di vista catastale le aree sono individuabili secondo il prospetto allegato:



Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia

<i>Comune</i>	<i>Località</i>	<i>Fgl di Mappa</i>	<i>P.lle</i>
<i>Foggia</i>	<i>Torre di Lama</i>	<i>7</i>	<i>101, 239, 447 (in parte), 449 (in parte), 451</i>
<i>Foggia</i>	<i>Torre di Lama</i>	<i>9</i>	<i>79 (in parte), 195 (in parte), 196 (in parte), 222, 224 (in parte), 225 (in parte), 226 (in parte), 227 (in parte), 690 e 69</i>



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. 2 sismiche a rifrazione per la determinazione della Vs30 con relative 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. 2 in modo da ricoprire i due lotti di progettazione mentre i risultati sono riportati in appendice.



Fig. 2: Ubicazione delle indagini eseguite

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 (on-



de 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.

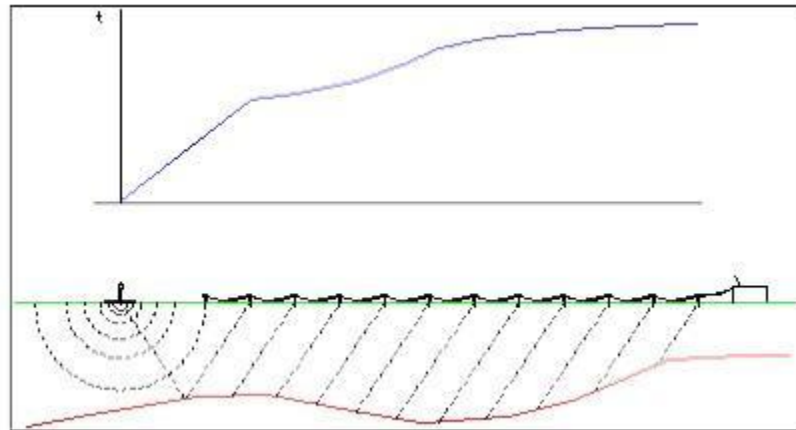


Fig. 3: Esempio di propagazione delle onde sismiche

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 rico-



Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località “Torre di Lama” - Comune di Foggia

struzione 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 dromocronie (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.



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 Vs30 attraverso il modello di Vs-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} , mediamente compresi attorno ai 360 m/s, i suoli indagati possono essere attribuiti alla **Categoria C** ($360 \text{ m/s} < V_{s30} < 800 \text{ m/s}$), ai sensi delle NTC 2018 (Fig. 4).

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	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 $V_{s,30}$ 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).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ 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 $V_{s,30}$ 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 $V_s > 800 \text{ m/s}$).

Fig. 4: Classificazione sismica terreno

L'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:

Codice ISTAT 2001	Classificazione 2003	PGA (g)	I
071024	Zona 2	0.25 g	8 MCS

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

L'amplificazione stratigrafica per un sottosuolo di categoria A prevede i coefficienti S_s (**Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica**)



e C_c (Coefficiente di Sottosuolo) pari a 1. Per le categorie di sottosuolo **B, C, D** ed **E** i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_o 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_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
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_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per descrivere la pericolosità sismica in un generico sito con precisione sufficiente, sia in termini geografici che in termini temporali, non-



ché 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-



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

CATEGORIA DI SUOLO	Da VS30 →	C
COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA ST	T1- superficie pianeggiante ,pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,0
	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
COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA Ss	da tabella 3.2.V (v. tabulati elaborazioni precedenti)	1,5
fattore $S = Ss \cdot ST$		$\bar{S} = 1,5$

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 da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia

Dati Generali					
Località		Dati opera		Dati struttura	
Indirizzo Foggia		Tipo opera 2 - Opere ordinarie		Fattore di struttura [q] 3	
Lat. Long. 41,462198 15,54463		Classe d'uso Classe I		Periodo fond. struttura [T] 0,25 [s]	
		V. Nominale 50 V. Rif. 35		Stima automatica Periodo fond. T?	
Parametri sismici su sito di riferimento					
SL	TR [Anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]	
SLO	30,00	0,45	2,44	0,30	Categoria sottosuolo C
SLD	35,00	0,48	2,46	0,31	Categoria topografica T1
SLV	332,00	1,17	2,59	0,42	
SLC	682,00	1,49	2,61	0,45	
Coefficienti sismici orizzontali e verticali					
Opera	Stabilità pendii e Fondazioni	SL	amax [m/s ²]	β	khk [-]
		SLO	0,675	0,2	0,0138
		SLD	0,72	0,2	0,0147
		SLV	1,755	0,24	0,043
		SLC	2,1785	0,24	0,0533
					kvk [-]
					0,0069
					0,0073
					0,0215
					0,0267
					Khi [-]
					0,168
					0,1806
					0,1545
					0,1933
Stato limite di riferimento					SLO

Con i seguenti valori di accelerazione orizzontale

FONDAZIONI			
ag accelerazione orizzontale massima	<u>STATO LIMITE</u>		
	<u>SLU</u> <u>SLV</u>		0,047
	<u>SLU</u> <u>SLC</u>		0,056
	<u>SLE</u> <u>SLD</u>		0,025
	<u>SLE</u> <u>SLO</u>		0,025
amax accelerazione massima	amax = S*ag = Ss * St * ag		0,684 <i>per SLV</i>
Coefficiente sismico orizzontale	Kh = βs*amax/g		0,014

amax accelerazione massima	amax = S*ag = Ss * St * ag		0,368 <i>per SLD</i>
Coefficiente sismico orizzontale	Kh = βs*amax/g		0,008



5 – SITUAZIONE STATICA GENERALE
STUDIO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO DELLA
FONDAZIONE

Sulla base dei report delle indagini geofisiche effettuate sul sito interessato dall'impianto fotovoltaico, opportunamente integrati con i risultati di precedenti indagini, è possibile definire la litologia e le caratteristiche geotecniche delle formazioni geolitologiche presenti nel sottosuolo delle aree in esame ed interessate dalle fondazioni delle opere previste.

La successione interpretata risulta quindi composta dalle seguenti unità:

<u>LITOTIPO</u> <u>A</u>	<i>Coltre superficiale:</i>
<u>LITOTIPO</u> <u>B</u>	<i>Alternanza di Sabbie e Silt Sabbiosi con a tratti Sabbie calcaree</i>

Dal punto di vista geotecnico, data la posizione relativamente favorevole del luogo oggetto d'intervento e le comprovate condizioni di stabilità generale, il riconoscimento delle principali caratteristiche del sottosuolo è stato ottenuto mediante la raccolta di dati di base, con il rilevamento geologico tecnico dei dintorni e con i risultati delle prove sismiche.

Nello specifico i principali valori sono i seguenti:



<i>Peso di volume (t/m³)</i>	<i>1.880</i>
<i>Peso di volume saturo (t/m³)</i>	<i>1.932</i>
<i>Coesione (kg/cm²)</i>	<i>0.13</i>
<i>Angolo di attrito (°)</i>	<i>27.8</i>
<i>Modulo edometrico (Kg/cm²)</i>	<i>190.2</i>
<i>Coefficiente di Poisson</i>	<i>0.3750</i>
<i>Modulo di Young (kg/cm²)</i>	<i>4952</i>
<i>Modulo di Taglio (kg/cm²)</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

Il progetto definitivo di cui è stato effettuato lo studio strutturale e geotecnico consiste nel ***“Progetto Impianto Solare Fotovoltaico e delle relative opere di connessione da realizzare nel Comune di Foggia (FG) Contrada Torre di Lama al Fgl n. 7 p.lle n. 101, 239, 447, 449, 451 e Fgl n. 9 p.lle n. 79, 195, 196, 222, 224, 225, 226, 227, 690, 691 di potenza pari a 19.359,00 kWp ”.***

Alla luce dello studio geologico/geotecnico condotto su tutta l'area progettuale incluse le aree interessate dalle opere di connessione fino alla futura cabina primaria e delle risultanze delle indagini eseguite è stato possibile costruire un modello geotecnico che attesta l'idoneità del terreno per la posa delle fondazioni dell'impianto progettuale.

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





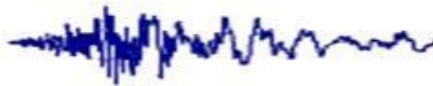
Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia

APPENDICE



ALLEGATO A1

REPORT SISMICO

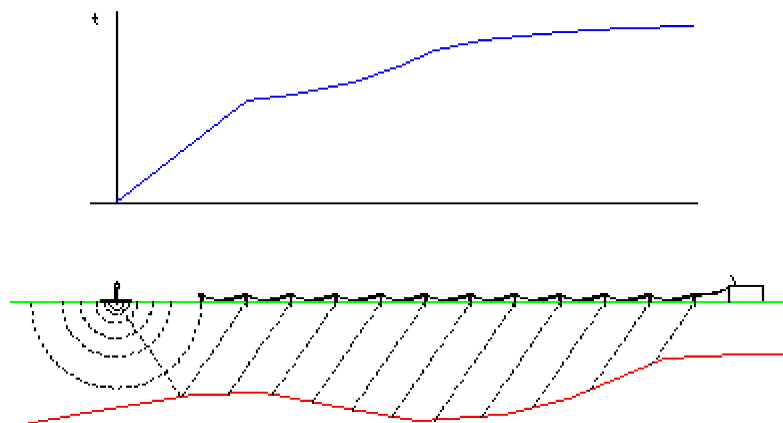


PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

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. Me-



Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia

diante 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 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 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

- PRIMI ARRIVI -

3,00 mt	17,00 mt [SX]	17,00 mt [DX]	36,00 mt
5,40 ms	24,13 ms		32,27 ms
10,13 ms	23,07 ms		31,60 ms
14,53 ms	21,33 ms		30,27 ms
18,13 ms	20,00 ms		29,60 ms
19,60 ms	19,60 ms		29,33 ms
20,40 ms	19,07 ms		28,53 ms
21,33 ms	18,27 ms		27,87 ms
22,27 ms	17,87 ms		27,60 ms
23,07 ms	15,87 ms		26,13 ms
24,27 ms	11,87 ms		25,60 ms
25,60 ms	8,13 ms		24,53 ms
26,53 ms	5,07 ms		23,60 ms
27,07 ms		5,33 ms	22,13 ms
27,60 ms		6,67 ms	21,33 ms
28,67 ms		9,47 ms	20,93 ms
28,93 ms		12,40 ms	20,13 ms
29,87 ms		15,60 ms	19,20 ms
30,80 ms		17,73 ms	17,33 ms
31,60 ms		18,67 ms	16,80 ms
32,53 ms		19,33 ms	15,33 ms
33,20 ms		20,67 ms	12,80 ms
33,60 ms		21,47 ms	10,00 ms
34,40 ms		21,73 ms	5,33 ms
35,07 ms		22,67 ms	0,67 ms

- PROFONDITA' STRATI -

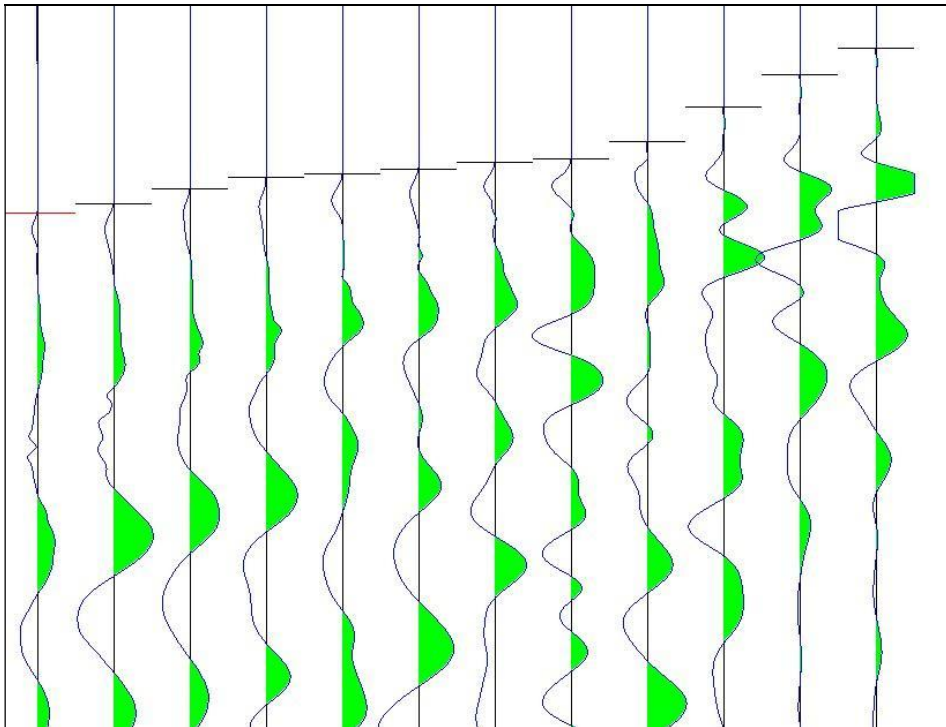
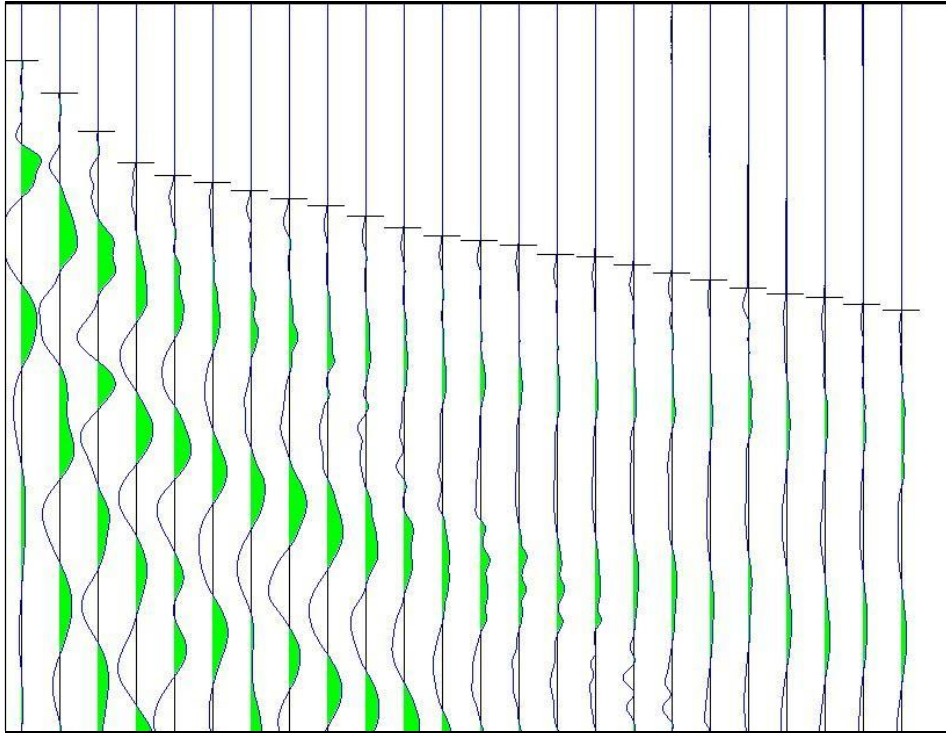
Geofoni	2° strato	3° strato
1	-2,52 mt	-4,99 mt
2	-2,52 mt	-4,99 mt
3	-2,52 mt	-5,01 mt
4	-2,49 mt	-4,83 mt
5	-2,49 mt	-4,85 mt
6	-2,49 mt	-5,00 mt
7	-2,46 mt	-4,98 mt
8	-2,51 mt	-5,04 mt
9	-2,59 mt	-5,16 mt
10	-2,62 mt	-5,08 mt
11	-2,47 mt	-5,10 mt
12	-2,47 mt	-5,12 mt
13	-2,55 mt	-5,14 mt
14	-2,56 mt	-5,21 mt
15	-2,45 mt	-5,08 mt
16	-2,49 mt	-5,16 mt
17	-2,60 mt	-5,24 mt
18	-2,64 mt	-5,28 mt
19	-2,67 mt	-5,36 mt
20	-2,46 mt	-5,36 mt
21	-2,57 mt	-5,28 mt
22	-2,57 mt	-5,31 mt
23	-2,57 mt	-5,31 mt
24	-2,57 mt	-5,31 mt

Velocità Strati

<i>Velocità Strato n. 1</i>	<i>392,01 m/s</i>
<i>Velocità Strato n. 2</i>	<i>584,92 m/s</i>
<i>Velocità Strato n. 3</i>	<i>1103,81 m/s</i>

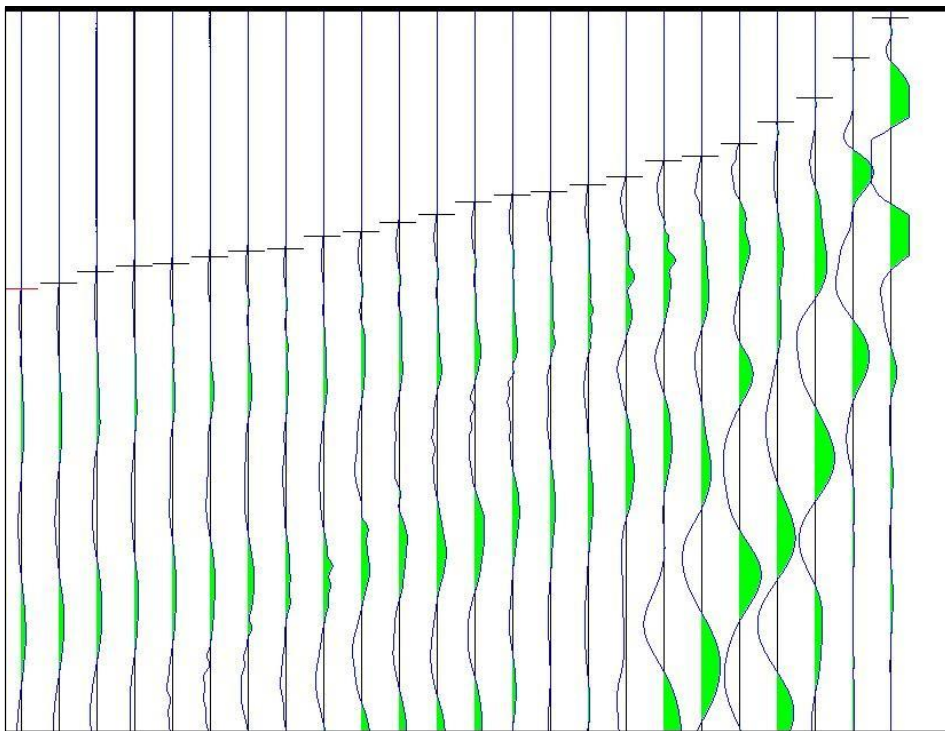
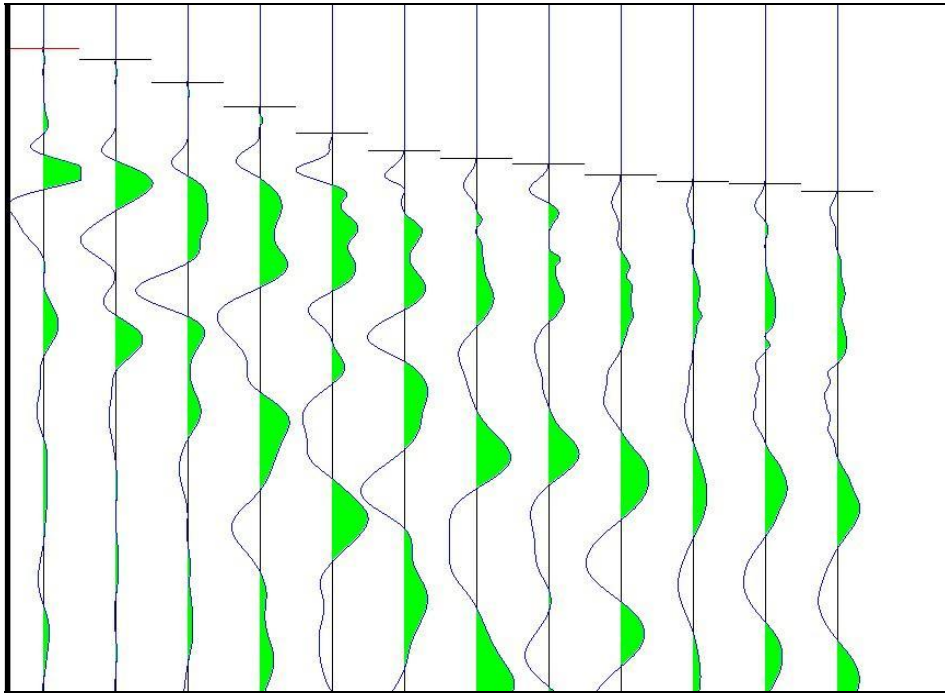


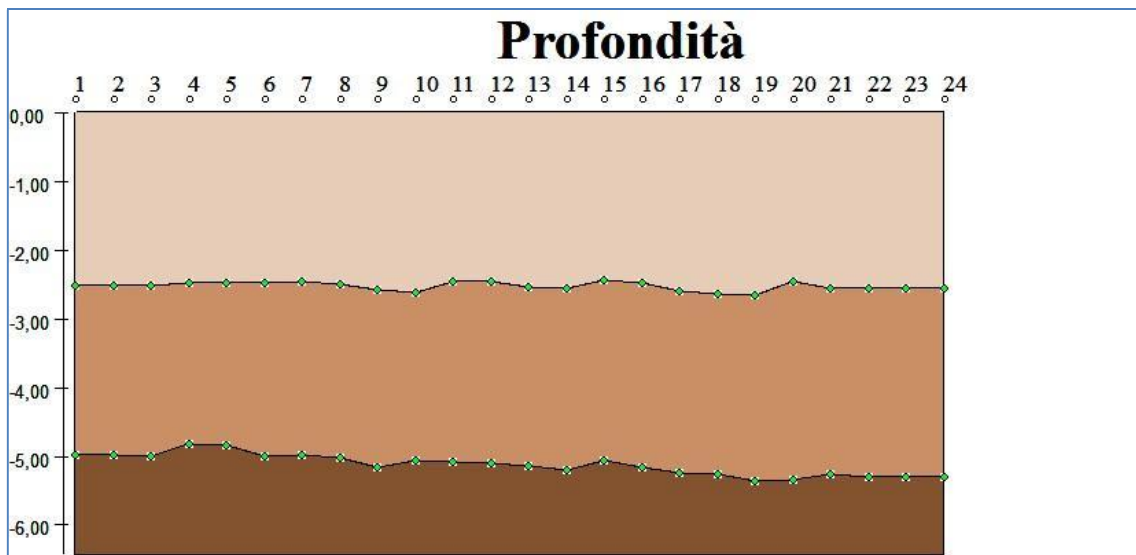
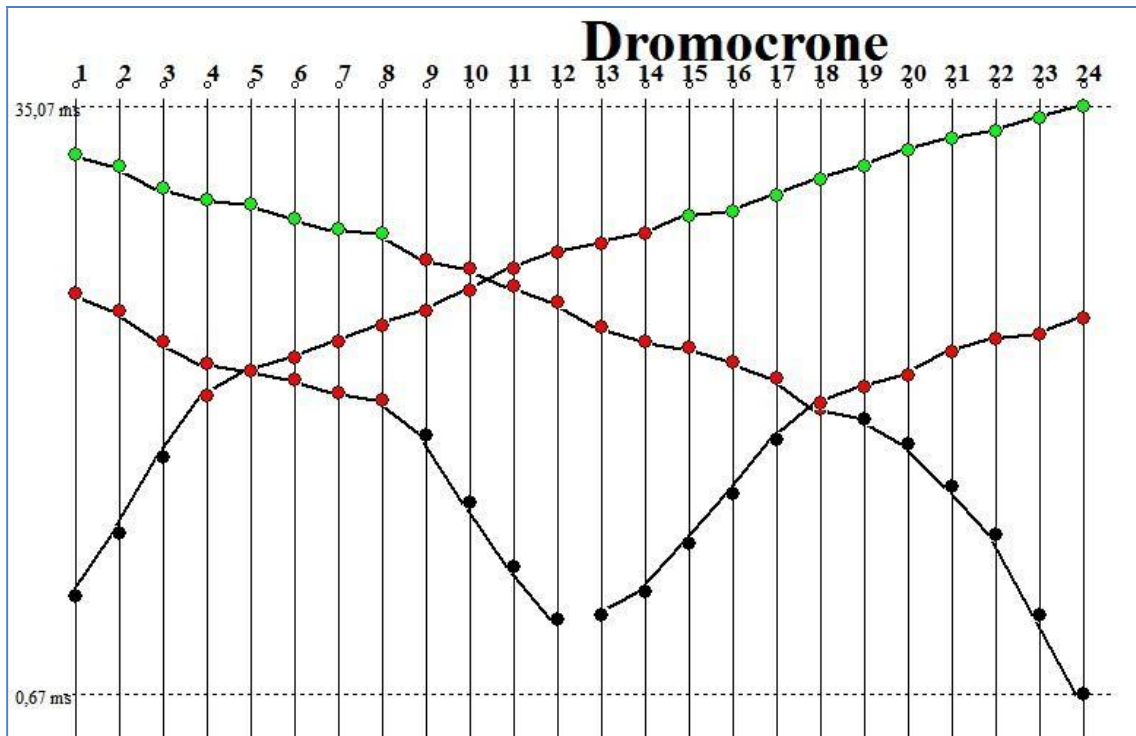
Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia





Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia







REPORT SISMICO 2

- PRIMI ARRIVI -

-3,00 mt	17,00 mt [SX]	17,00 mt [DX]	36,00 mt
0,67 ms	28,80 ms		37,20 ms
4,53 ms	27,33 ms		36,00 ms
8,67 ms	25,47 ms		35,73 ms
9,87 ms	24,80 ms		34,67 ms
11,47 ms	19,87 ms		34,40 ms
14,93 ms	18,13 ms		33,73 ms
16,80 ms	16,27 ms		32,80 ms
20,40 ms	14,00 ms		31,60 ms
22,53 ms	12,27 ms		30,00 ms
24,40 ms	10,00 ms		29,47 ms
25,07 ms	7,33 ms		29,20 ms
25,73 ms	4,93 ms		28,13 ms
26,00 ms		5,33 ms	26,53 ms
27,33 ms		8,27 ms	26,13 ms
28,53 ms		10,67 ms	25,20 ms
29,73 ms		12,93 ms	24,13 ms
30,80 ms		15,07 ms	23,87 ms
31,87 ms		17,60 ms	22,80 ms
32,80 ms		19,60 ms	21,07 ms
34,40 ms		22,13 ms	19,20 ms
35,07 ms		23,87 ms	18,67 ms
35,60 ms		24,93 ms	8,40 ms
36,27 ms		26,13 ms	5,20 ms
37,87 ms		27,73 ms	

- PROFONDITA' STRATI -

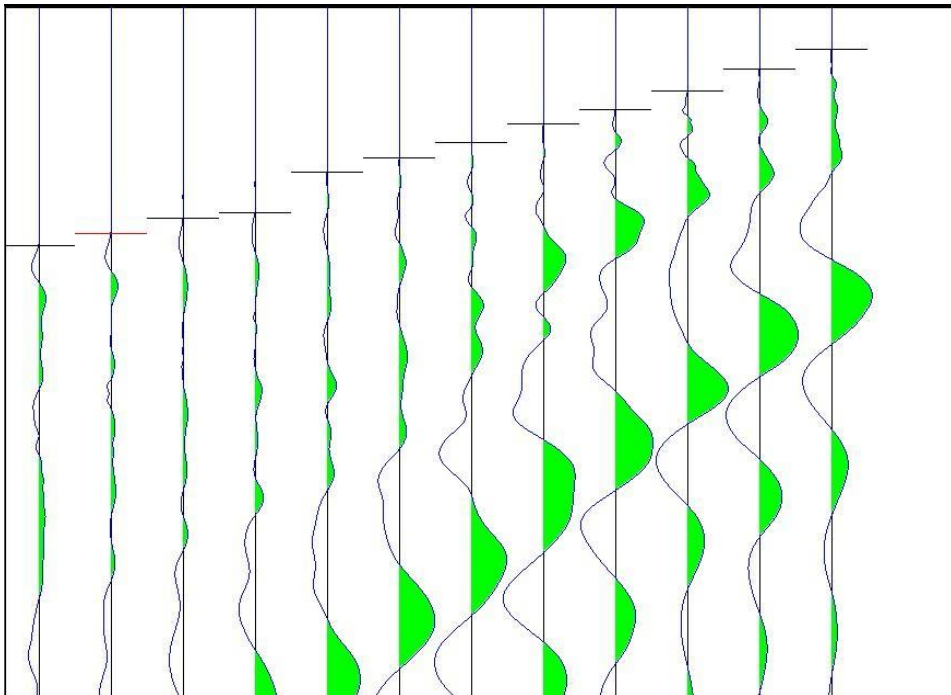
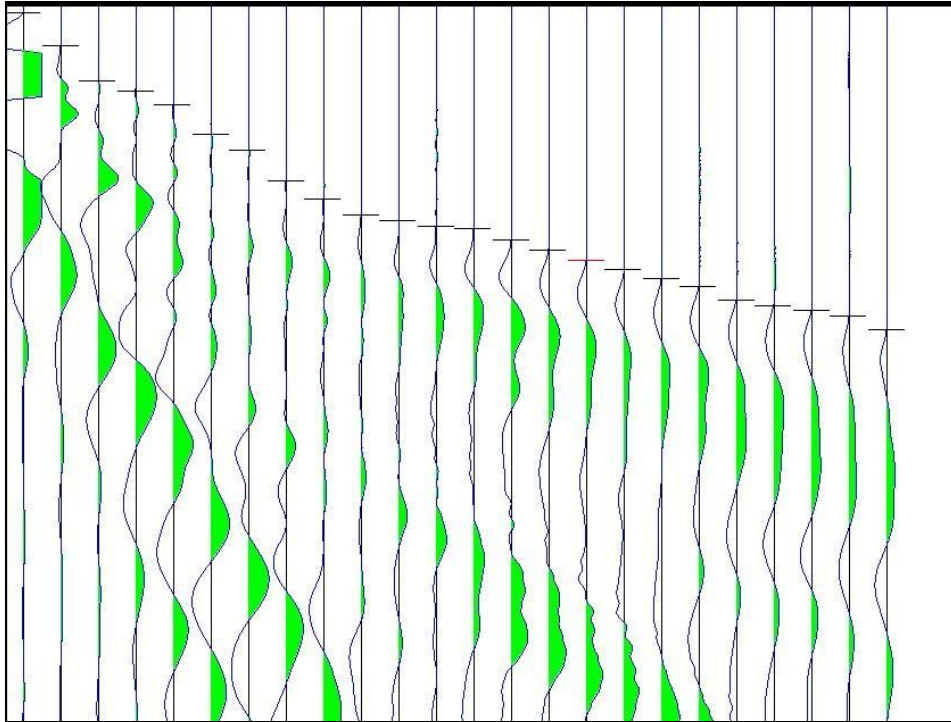
Geofoni	2° strato
1	-2,97 mt
2	-2,97 mt
3	-2,97 mt
4	-3,08 mt
5	-3,22 mt
6	-3,02 mt
7	-3,16 mt
8	-3,61 mt
9	-3,83 mt
10	-3,47 mt
11	-3,50 mt
12	-3,65 mt
13	-3,75 mt
14	-3,89 mt
15	-3,85 mt
16	-3,85 mt
17	-3,87 mt
18	-4,03 mt
19	-4,07 mt
20	-3,96 mt
21	-3,93 mt
22	-3,93 mt
23	-3,93 mt
24	-3,93 mt

Velocità Strati

<i>Velocità Strato n. 1</i>	495,16 m/s
<i>Velocità Strato n. 2</i>	582,06 m/s

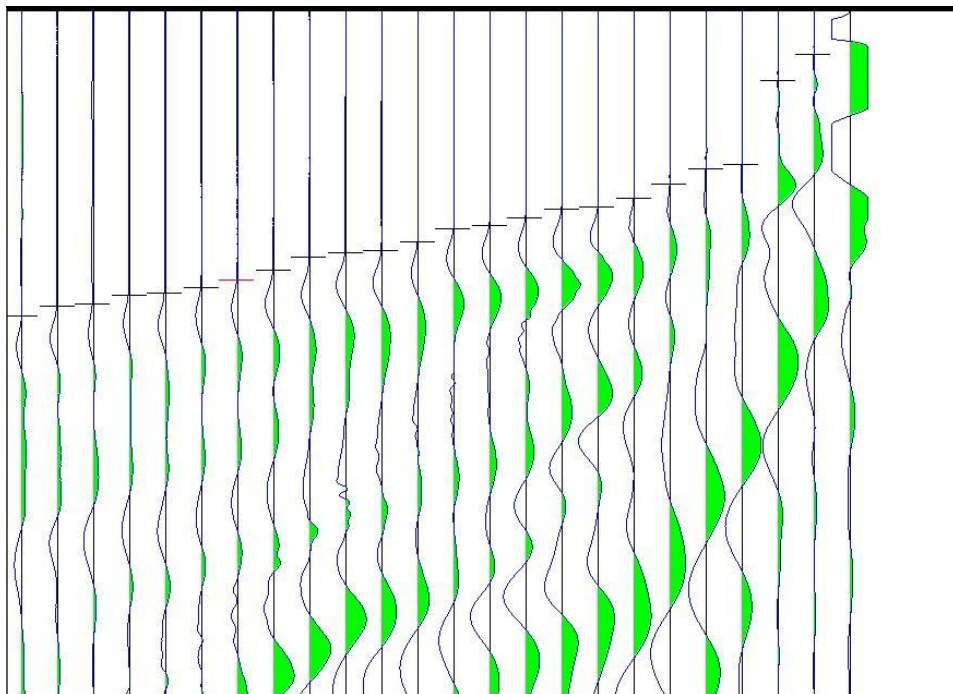
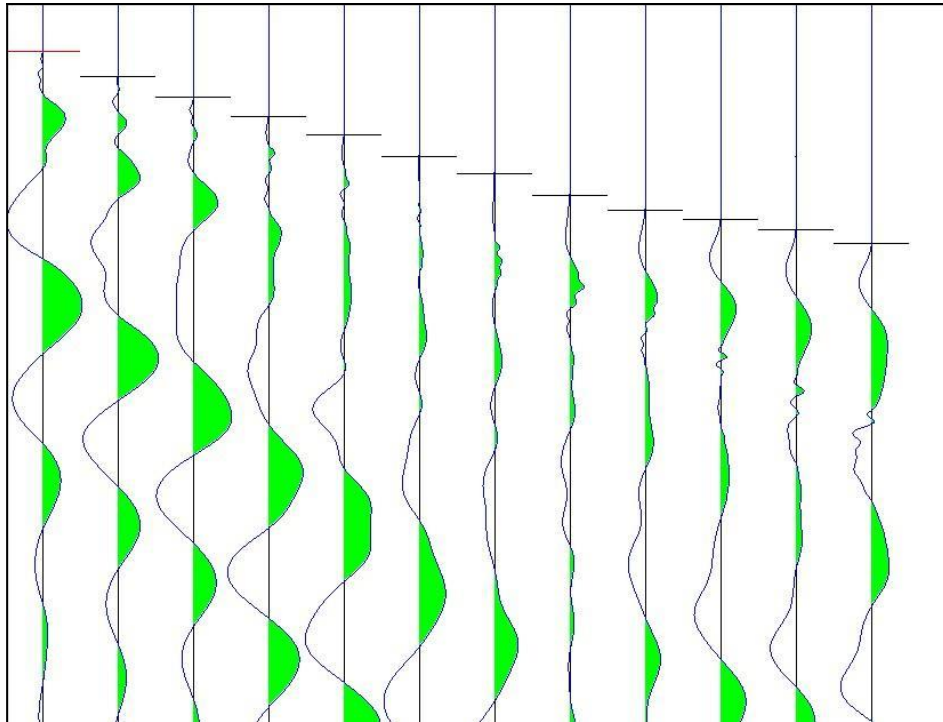


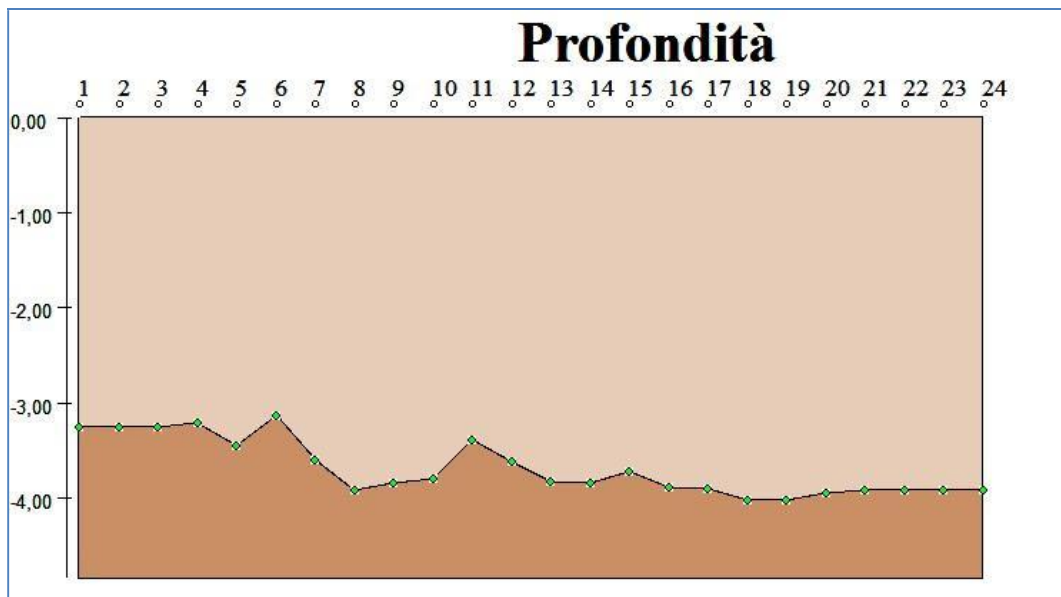
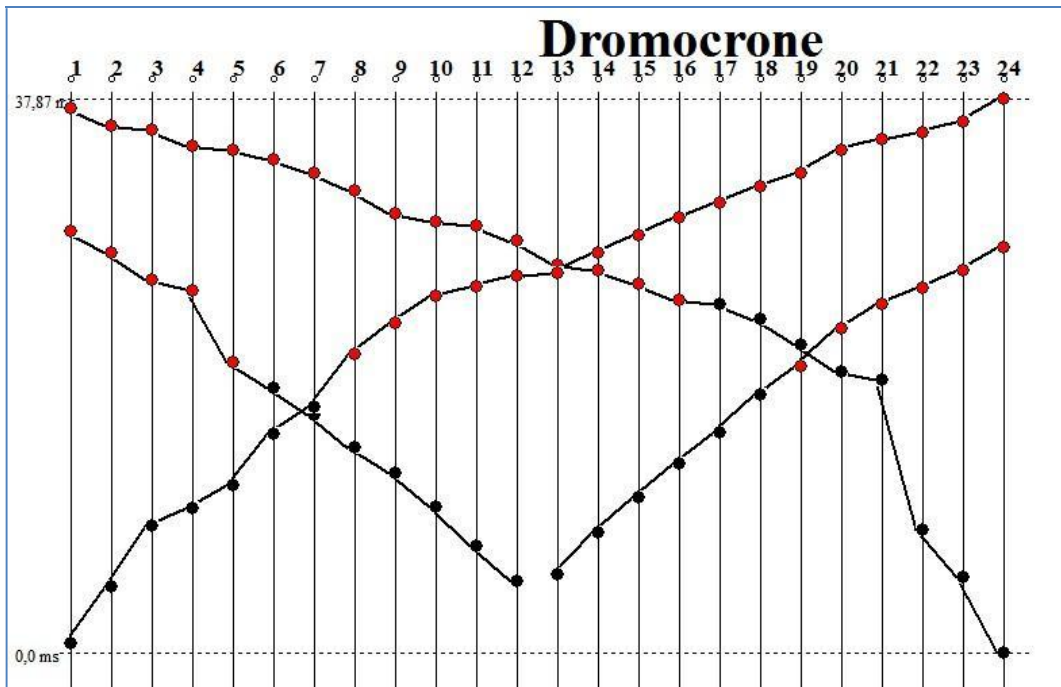
Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia





Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia





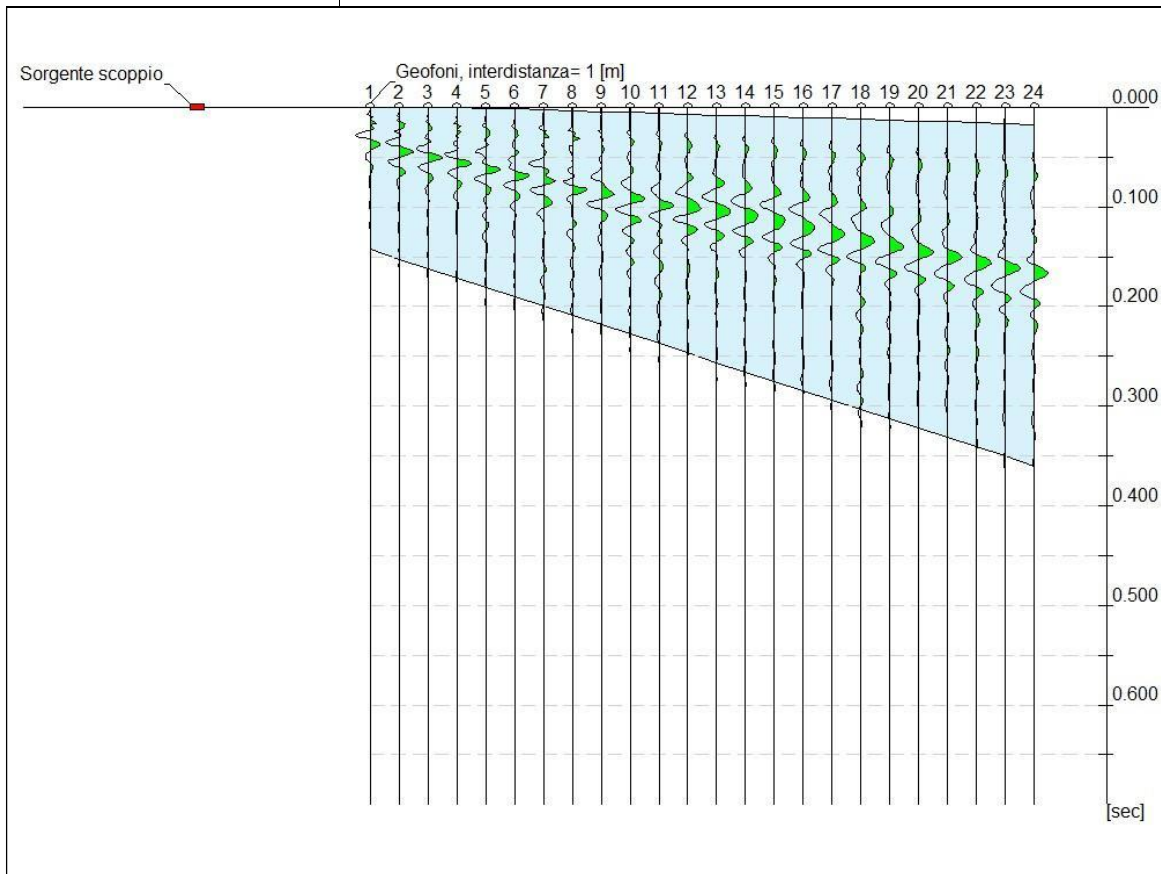


Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia

SS1

Tracce

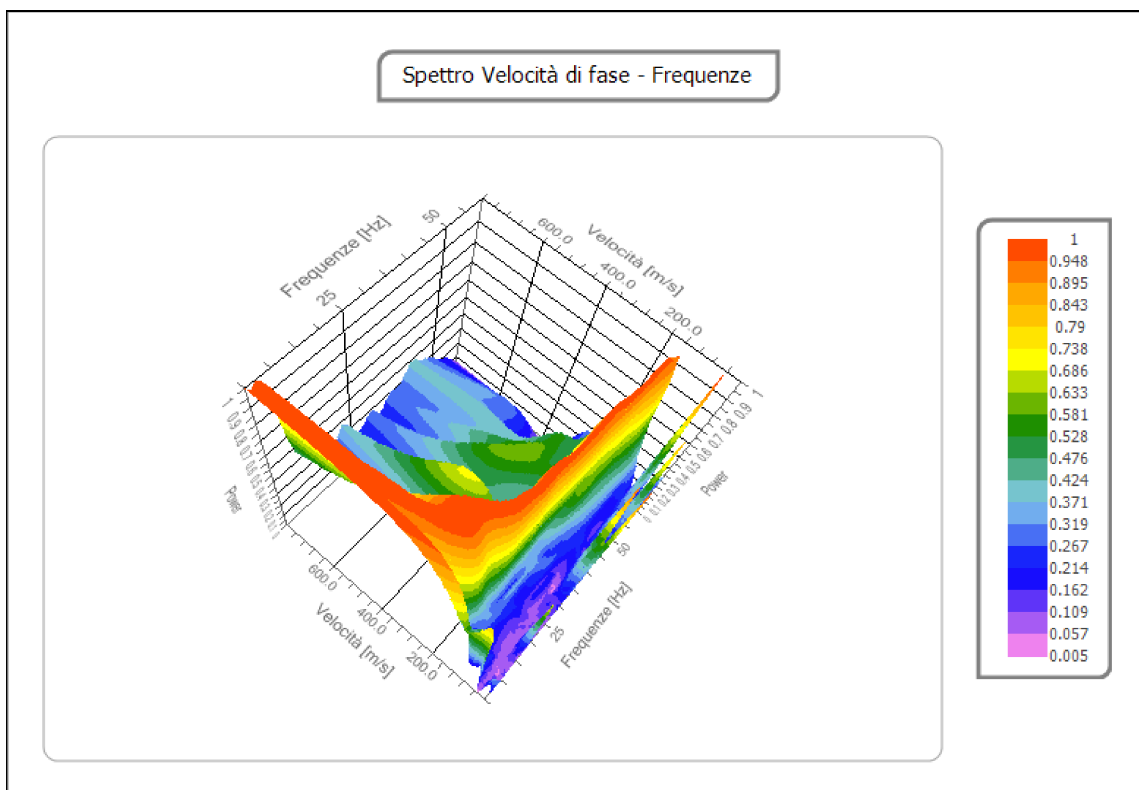
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	700.0
Interdistanza geofoni [m]	1.5
Periodo di campionamento [msec]	1.00





Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	5
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

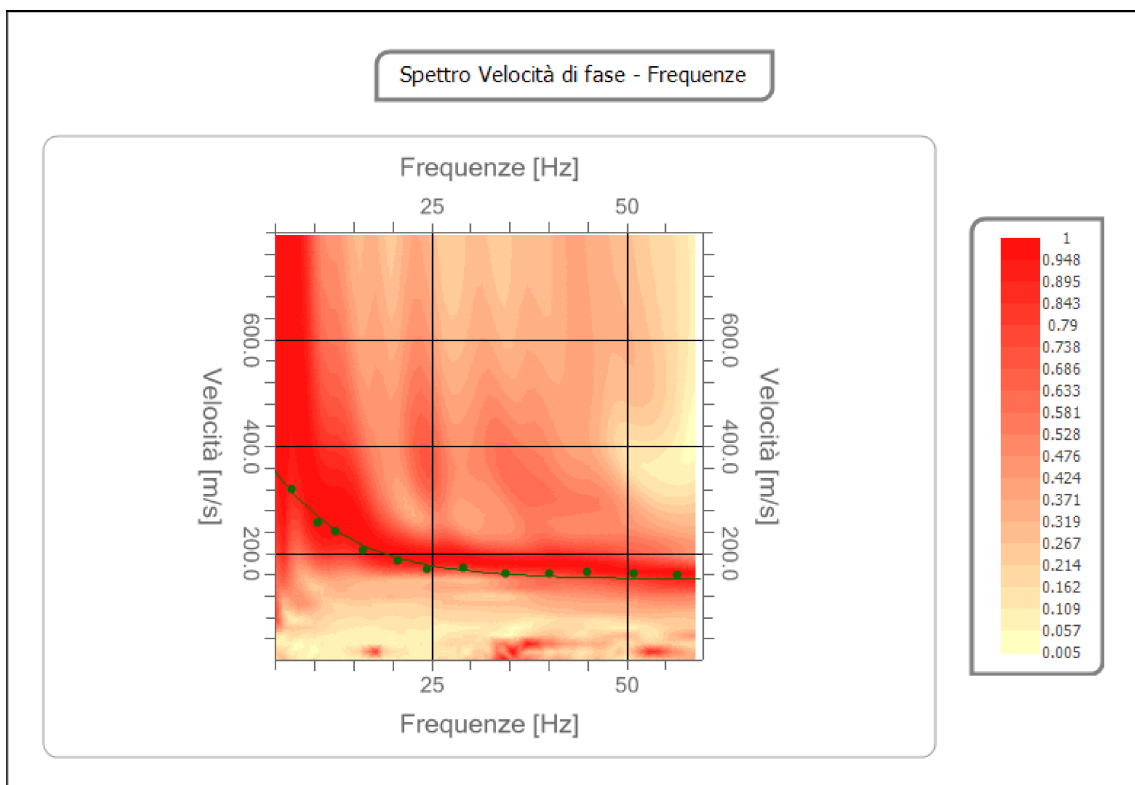




Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	7.0	320.0	0
2	10.4	258.6	0
3	12.6	241.0	0
4	16.2	205.9	0
5	20.6	185.4	0
6	24.4	170.8	0
7	29.0	173.7	0
8	34.4	162.0	0
9	40.1	162.0	0
10	44.9	164.9	0
11	50.9	162.0	0
12	56.5	159.0	0





Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia

Inversione

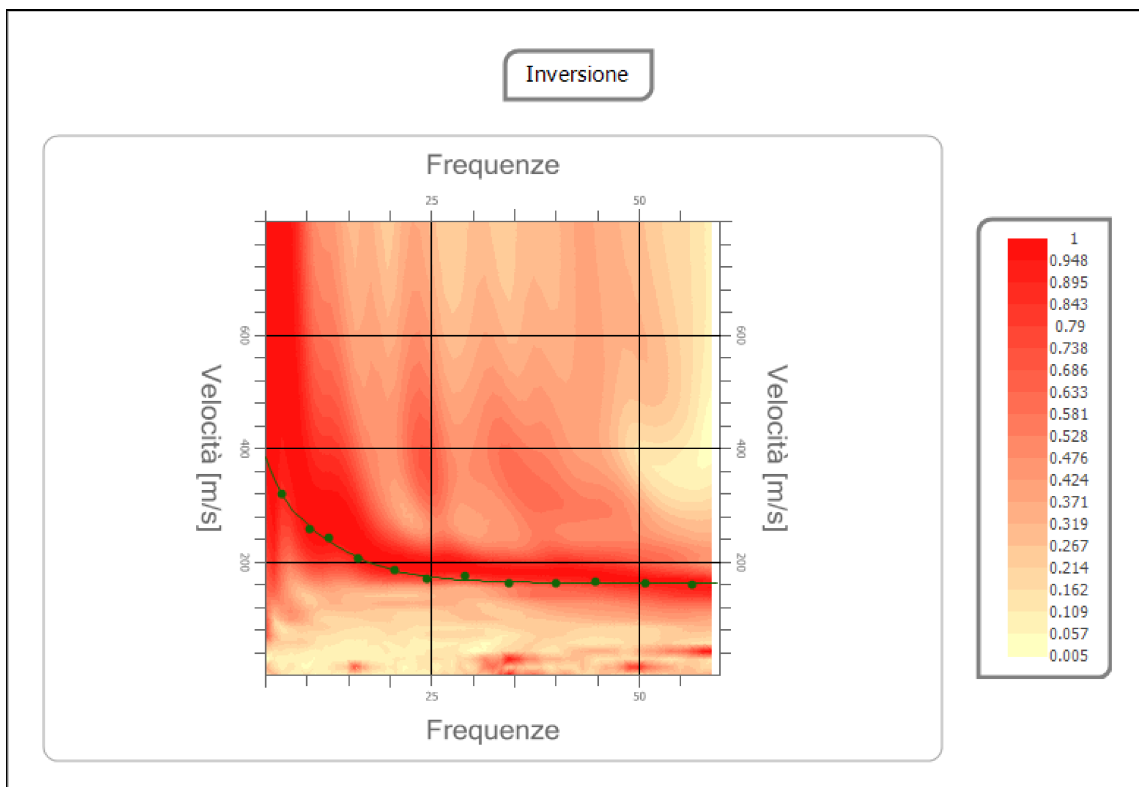
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	3.98	3.98	1850.0	0.4	No	358.8	172.3
2	8.99	5.01	1850.0	0.3	No	499.8	267.2
3	14.33	5.34	1900.0	0.3	No	611.0	326.6
4	18.28	3.95	1900.0	0.3	No	712.0	380.6
5	24.78	6.50	1950.0	0.3	No	744.5	397.9
6	28.76	3.98	1950.0	0.3	No	902.4	482.3
7	36.37	7.61	2000.0	0.3	No	924.3	494.0
8	oo	oo	2100.0	0.3	No	1022.2	546.4

Percentuale di errore

0.018 %

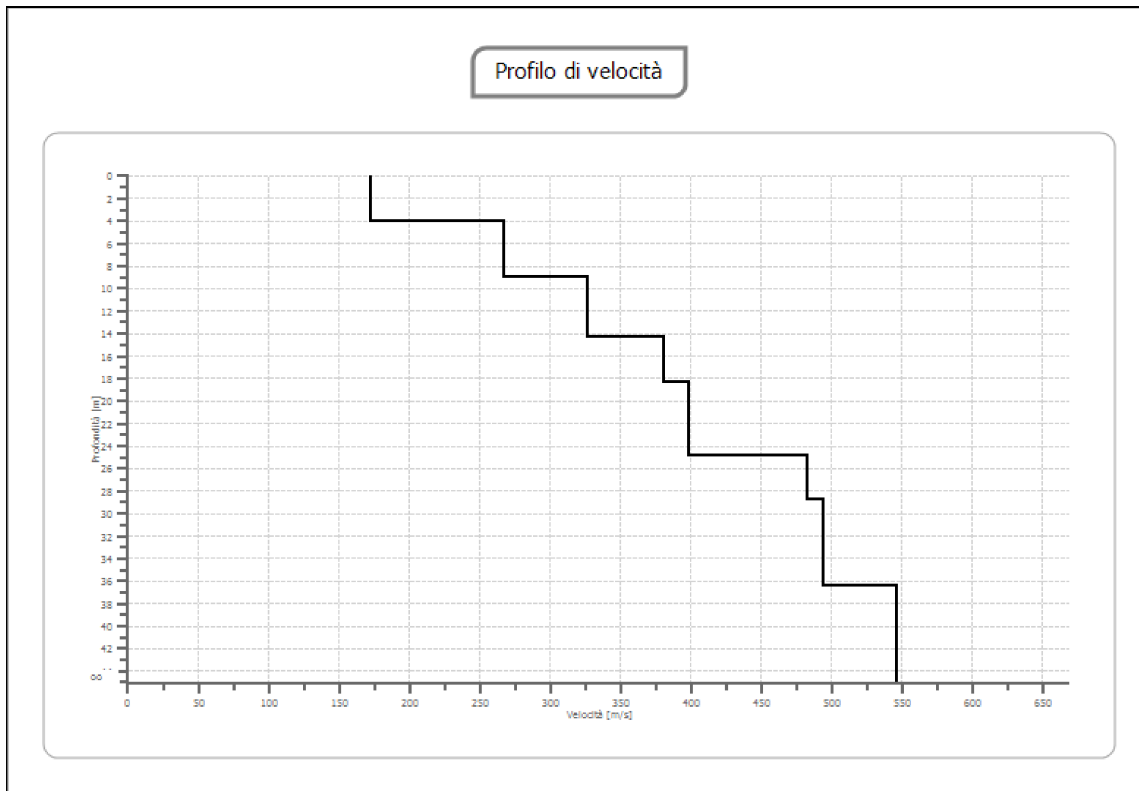
Fattore di disadattamento della soluzione

0.015





Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	313.56
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).



Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.98	3.98	172.35	358.77	1800.00	0.35	53.47	231.68	160.40	144.36	97	360.01
2	8.99	5.01	267.16	499.80	1800.00	0.30	128.47	449.65	278.35	334.02	N/A	3257.77
3	14.33	5.34	326.60	611.02	1850.00	0.30	197.34	690.68	427.57	513.08	N/A	N/A
4	18.28	3.95	380.60	712.05	1850.00	0.30	267.99	937.97	580.65	696.78	N/A	N/A
5	24.78	6.50	397.95	744.49	1900.00	0.30	300.89	1053.12	651.93	782.32	N/A	N/A
6	28.76	3.98	482.34	902.38	1900.00	0.30	442.05	1547.16	957.77	1149.32	N/A	N/A
7	36.37	7.61	494.05	924.28	1950.00	0.30	475.96	1665.86	1031.25	1237.50	N/A	N/A
8	oo	oo	546.37	1022.17	2000.00	0.30	597.04	2089.65	1293.60	1552.31	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

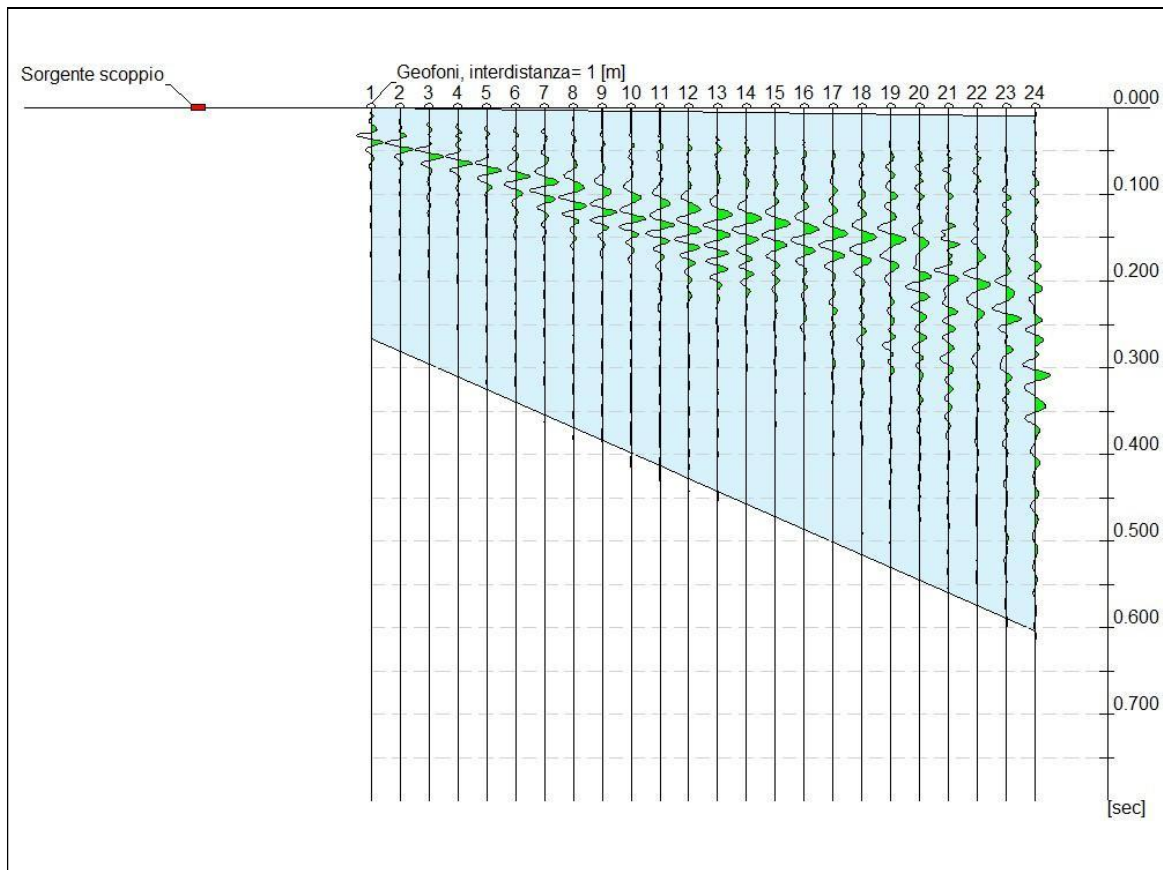


Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia

SS2

Tracce

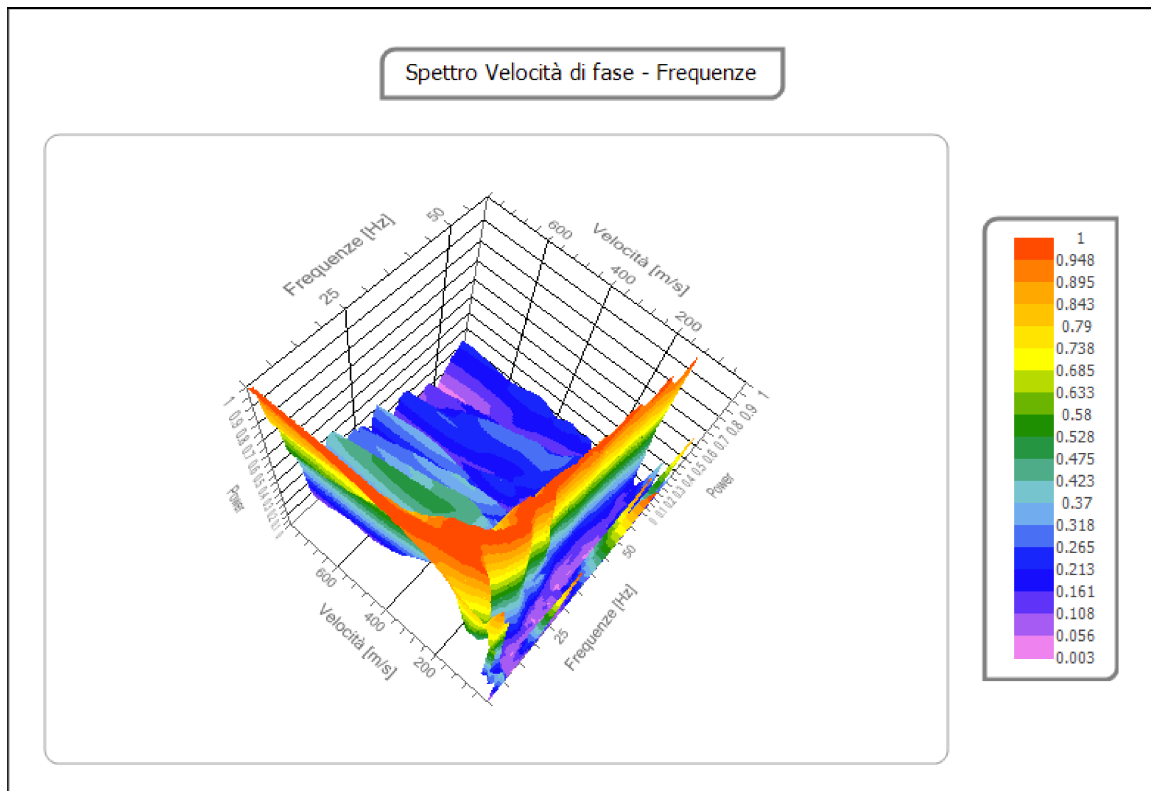
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	800.0
Interdistanza geofoni [m]	1.5
Periodo di campionamento [msec]	1.00





Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	5
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

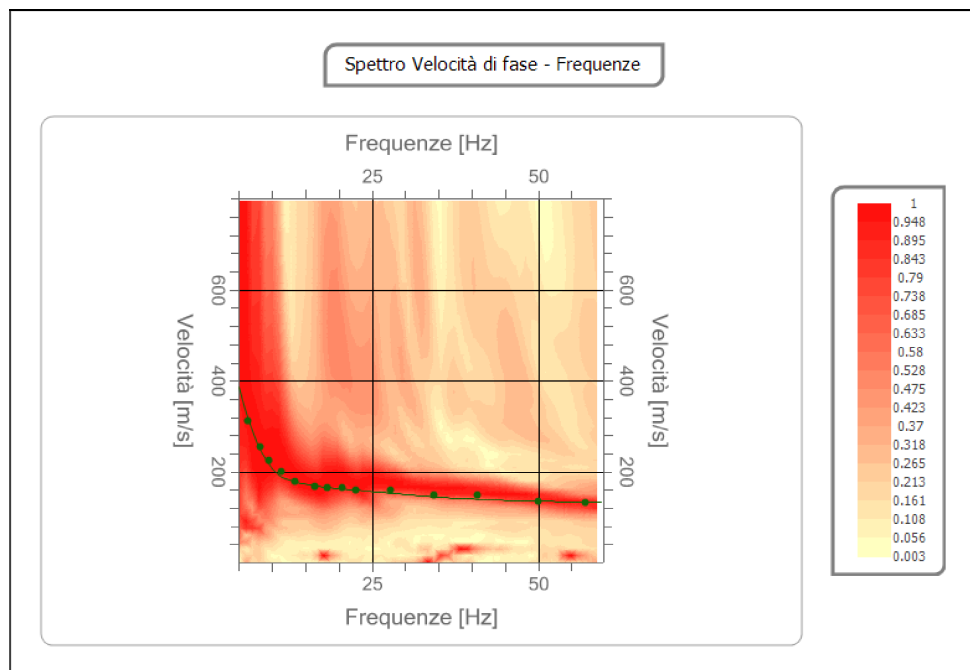




Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	6.4	311.2	0
2	8.2	255.6	0
3	9.4	223.4	0
4	11.4	200.0	0
5	13.4	179.5	0
6	18.2	164.9	0
7	20.4	164.9	0
8	16.4	167.8	0
9	22.6	159.0	0
10	27.8	159.0	0
11	34.2	147.3	0
12	40.9	147.3	0
13	50.1	135.6	0
14	57.1	132.7	0





Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia

Inversione

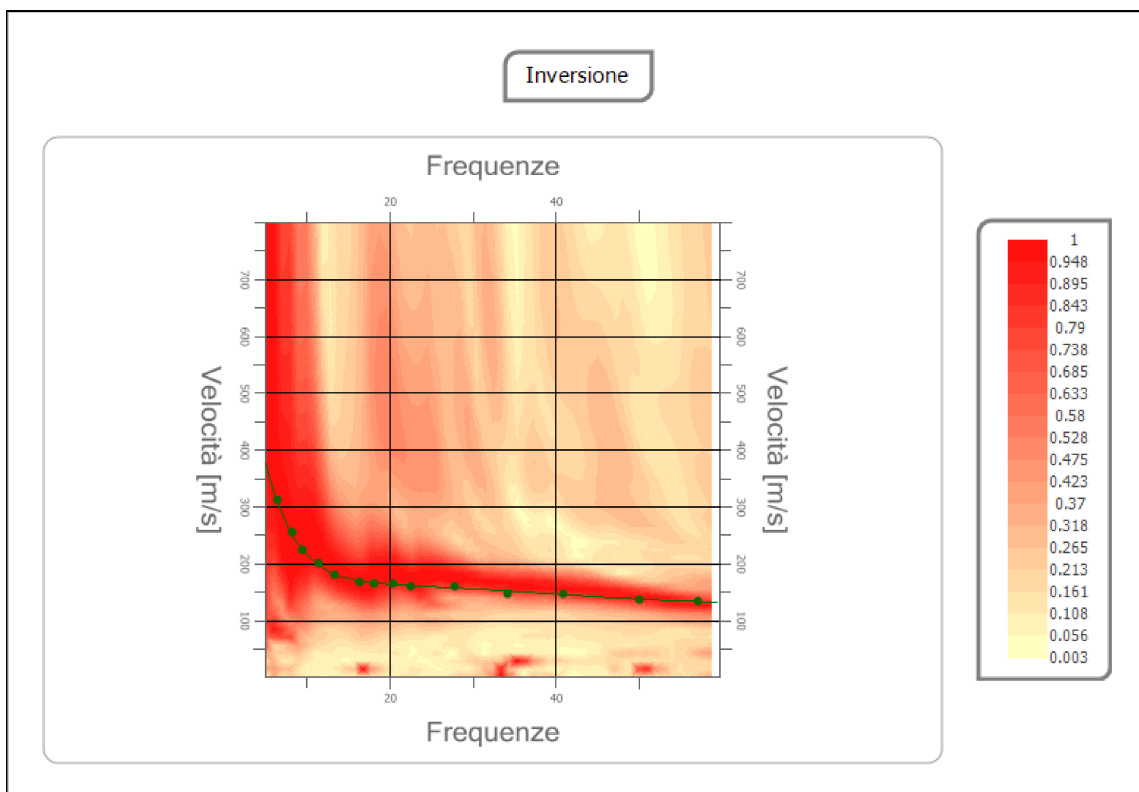
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità vo- lume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.19	1.19	1850.0	0.3	No	247.7	132.4
2	6.68	5.49	1850.0	0.3	No	345.0	184.4
3	11.43	4.75	1900.0	0.3	No	517.7	276.7
4	16.01	4.58	1950.0	0.3	No	630.2	336.9
5	21.61	5.60	2000.0	0.3	No	730.3	390.4
6	28.18	6.57	2100.0	0.3	No	810.4	433.2
7	34.35	6.17	2200.0	0.3	No	927.9	496.0
8	oo	oo	2200.0	0.3	No	1106.0	591.2

Percentuale di errore

0.013 %

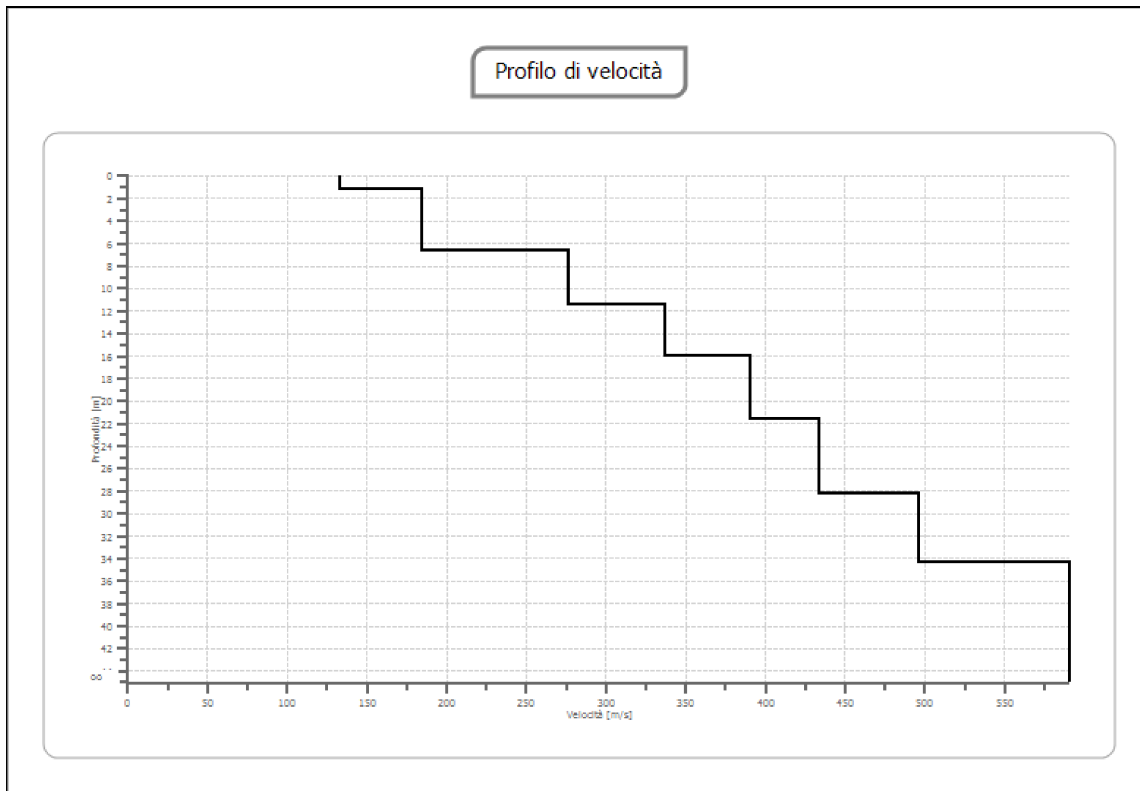
Fattore di disadattamento della soluzione

0.013





Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	292.15
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).



Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia

Altri parametri geotecnici

n.	Pro- fondità [m]	Spes- sore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densi- tà [kg/m c]	Coeffi- ciente Pois- son	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.19	1.19	132.42	247.74	1800.0 0	0.30	31.57	110.48	68.39	82.07	82	95.78
2	6.68	5.49	184.42	345.01	1800.0 0	0.30	61.22	214.26	132.63	159.16	67	505.86
3	11.43	4.75	276.70	517.66	1850.0 0	0.30	141.64	495.75	306.89	368.27	N/A	3886.2 0
4	16.01	4.58	336.85	630.19	1900.0 0	0.30	215.59	754.57	467.12	560.54	N/A	N/A
5	21.61	5.60	390.37	730.31	1950.0 0	0.30	297.15	1040.0 3	643.83	772.60	N/A	N/A
6	28.18	6.57	433.18	810.40	2000.0 0	0.30	375.28	1313.5 0	813.12	975.74	N/A	N/A
7	34.35	6.17	495.97	927.87	2100.0 0	0.30	516.56	1807.9 8	1119.2 2	1343.0 7	N/A	N/A
8	oo	oo	591.17	1105.9 8	2100.0 0	0.30	733.92	2568.7 1	1590.1 5	1908.1 8	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;



Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia

Documentazione Fotografica





Progetto Impianto fotovoltaico da 19 MW località "Torre di Lama" - Comune di Foggia

