

# INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "Foiano di Valfortore"

**ADEGUAMENTO TECNICO IMPIANTO EOLICO MEDIANTE INTERVENTO DI REPOWERING  
DELLE TORRI ESISTENTI E RIDUZIONE NUMERICA DEGLI AEROGENERATORI**



Progettazione Coordinamento	<p><b>GEKO S.p.A.</b> Via Reno, 5 - 00198 Roma (RM) Tel. 06.88803910   Fax 06.45654740 E-Mail: gekospa@pec.gekospa.it</p> 		<p><b>GVC S.r.l. Società di Ingegneria</b> Via Nazionale Sauro, nr 126 - CAP 85100 Potenza (PZ) Tel. 09.71286145 E-Mail: gmr@gvcingegneria.it</p> 	
Progettazione	<p><b>Seingim</b> Vicolo degli Olmi, nr 57 - 30022 Ceggia (VE) Tel. 04.21323007 E-Mail: info@seingim.it</p> 		<p><b>Studi Geologico-Idrologico Idraulico</b></p> <p><b>Geol. Antonio Di Biase</b> Piazza Padre Prosperino Gallipoli, nr 9 75024 Montescaglioso (MT) Tel. 347.059 7967</p> 	
Studio Acustico Studio avifaunistico	<p><b>Teasistemi</b> Via Ponte Piglieri, nr 8 - 56122 Pisa (PI) Tel. 05.06396101 E-Mail: info@tea-group.com</p> 		<p><b>Studi Naturalistici e Forestali</b></p> <p><b>Dott. Agr. Paolo Castelli</b> Viale Croce Rossa, nr 25 - 90146 Palermo (PA) Tel. 334. 228 4087</p>	
Opera	<p>Progetto di Integrale Ricostruzione di n. 1 impianto eolico composto da 10 aerogeneratori da 6,6 MW per una potenza complessiva di 66,6 MW nel Comune di Foiano di Valfortore e relative opere di connessione alla località "Monte Barbato - Piano del Casino" con smantellamento di n. 47 aerogeneratori di potenza in esercizio pari a 33,20 MW.</p>			
Nome Elaborato: <b>GK-EN-C-FV-TB-ET-0091-00</b>		Folder:		
Descrizione Elaborato: <b>Indagini Geognostiche</b>				
	Novembre 2023		Seingim S.r.l.	Geko S.p.A.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica
Scala:		Integrale Ricostruzione Foiano		
Formato:	A4	Codice progetto AU <input type="text"/>		



# REGIONE CAMPANIA

COMUNE di

**FOIANO DI VAL FORTORE**

(Provincia di BENEVENTO)



**“PROGETTO DI INTEGRALE RICOSTRUZIONE DI N. 1 IMPIANTO  
EOLICO COMPOSTO DA 10 AEROGENERATORI DA 6,6 MW PER UNA  
POTENZA COMPLESSIVA DI 66,6 MW NEL COMUNE DI FOIANO DI  
VALFORTORE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA LOCALITÀ  
MONTE BARBATO - PIANO DEL CASINO”**

**Committenza:** GVC S.r.l.

**Sito:** COMUNE DI FOIANO DI VALFORTORE (BN) e LOCALITÀ MONTE BARBATO -  
PIANO DEL CASINO

## **INDAGINI GEOGNOSTICHE**



**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**



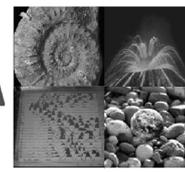
**IL GEOLOGO**

Dott. Geol. Vincenzo Cortese



**DATA:** NOVEMBRE 2023

Rev. 0



## 1 INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO ESEGUITE

### *Prova Penetrometrica Dinamica DPSH*

In questo paragrafo sono descritte le **indagini geotecniche in sito** effettuate nell'area di studio, consistite precisamente in:

- *N° 04 Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH, denominata DPSH1, DPSH2, DPSH3, DPSH4 e spinta rispettivamente fino ad una profondità pari a 5.80 metri, 5.60 metri, 4.80 metri, 4.60 metri dal p.c.*

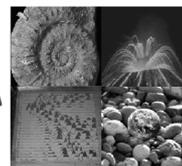
L'*indagine geotecnica in sito denominata DPSH1* è stata eseguita, nel mese di NOVEMBRE 2023, dalla **Impresa Certificata SOA, attestazione N.° 712363/01** denominata **GEOSECURE SRL**.

La **prova penetrometrica dinamica DPSH** (Dynamic Probing Super Heavy) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione.

Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione ogni 20 cm di affondamento.

L'attrezzatura è composta da una batteria di aste lunghe 1 metro con diametro di 32 mm, alla cui estremità inferiore è collegata una punta conica avente angolo di apertura di 60°, e da un maglio battente di 63.5 kg che viene fatto cadere da un'altezza di 75 cm.

La prova viene generalmente eseguita a partire dal piano campagna, ma in alcuni casi può essere anche condotta come proseguimento di una prova statica interrotta a causa di un livello ad elevata resistenza.



Le informazioni fornite dalle prove penetrometriche dinamiche sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione.

## METODOLOGIA

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- *peso massa battente  $M$*

- *altezza libera caduta  $H$*

- *punta conica: diametro base cono  $D$ , area base  $A$  (angolo di apertura  $\alpha$ )*

- *avanzamento (penetrazione)  $d$*

- *presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).*

PAGINA 46 di 61

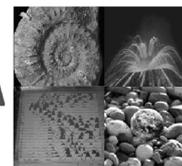
**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di **penetrometri dinamici** (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

- tipo **LEGGERO (DPL)**

- tipo **MEDIO (DPM)**

- tipo **PESANTE (DPH)**

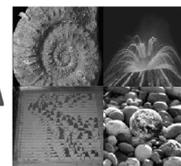
- tipo **SUPERPESANTE (DPSH)**

### **Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:**

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25 m
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25 m

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

- **DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30)** (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $d = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A = 10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico: talora previsto.
- **DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20)** (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $d = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A = 10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico: talora previsto.



- **DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)**  
*massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H = 0.75$  m, avanzamento  $d = 30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A = 20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni.*
- **DINAMICO SUPERPESANTE DPSH (Tipo EMILIA)**  
*massa battente  $M = 63.5$  kg, altezza caduta  $H = 0.75$  m, avanzamento  $d = 20-30$  cm, punta conica ( $\alpha = 90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5 - 51,0$  mm, area base cono  $A = 20,0 - 20,43$  cm<sup>2</sup>, rivestimento/fango bentonitico: talora previsto.*

## PENETROMETRO DINAMICO IN USO PER LA SEGUENTE INDAGINE

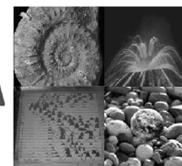
### TG 63-200 EML .C Pagani

#### CARATTERISTICHE TECNICHE

Rif. Norme	DIN 4094
PESO MASSA BATTENTE : M	63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA : H	0,75m
PESO SISTEMA BATTUTA : Ms	0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA: D	51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA : A	20,43 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA: $\alpha$	90°
LUNGHEZZA DELLE ASTE: La	1,00m
PESO ASTE PER METRO: Ma	6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA: P1	0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA : $\delta$	0,20 m
NUMERO DI COLPI PUNTA: N= N(20)	Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	$Q = (MH) / (A \delta) = 11,65565$ kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT: Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF.TEORICO DI ENERGIA $\beta t$	$= Q/Qspt = 1,489$ (teoricamente: Nspt = $\beta t N$ )

*Specifiche tecniche del Penetrometro utilizzato in situ.*

**In ALLEGATO N. 1 sono riportati i certificati relativi alle prove eseguite.**



## 5.2 INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE NELL'AREA DI STUDIO

E' stata eseguita, nell'area allo studio, una campagna di indagini geofisiche in sito risultata costituita, nello specifico, da:

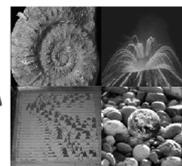
- n° 02 prospezioni geofisiche superficiali con metodologie di indagine denominata “sismica a rifrazione” e “tomografia sismica” eseguite mediante installazione di n° 01 stendimento sismico denominato ss1;
- n° 02 prospezioni geofisiche superficiali con metodologia di indagine “MASW” m1.

Le **indagini geofisiche** sono state eseguite dalla **Ditta GEOSECURE SRL**, nel mese di NOVEMBRE 2023: nell'**ALLEGATO SISMICO (Allegato N. 2)** sono riportati gli elaborati relativi alle indagini geofisiche eseguite e la corretta ubicazione delle indagini stesse.

I risultati delle indagini geofisiche eseguite nell'area hanno permesso di classificare il suolo di fondazione del sito in esame: nel caso specifico si è ottenuto tale risultato:

- Vs Equivalente  $M1$  pari a 447 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B;
- Vs Equivalente  $M2$  pari a 423 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B.

Calcolato, quindi il valore di  $V_{seq}$  valido per detto intervallo è stato possibile classificare il terreno del sito di indagine, che rientra nella categoria di tipo B: tale sottosuolo è definito come “*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 fra 360 m/s e 800 m/s*”, secondo il **D.M. 17 Gennaio 2018, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni**.



## 2. MODELLO GEOLOGICO VALIDO PER L'AREA DI STUDIO

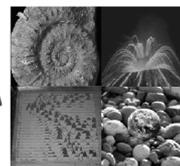
La consultazione dei **dati di Letteratura** disponibili per l'area di studio, la **diretta osservazione di campo** ottenuta durante il **rilevamento geologico di dettaglio** effettuato sia direttamente nell'area di intervento che nelle zone adiacenti (al fine di ampliare la visione dei terreni affioranti e delle strutture geologiche presenti) e le **ricostruzioni lito-stratigrafiche** derivanti dalla consultazione dei sondaggi geognostici eseguiti in passato nelle immediate vicinanze del lotto in esame, opportunamente verificati mediante le informazioni acquisite dalla lettura dei risultati provenienti dall'esecuzione della **campagna di indagini geotecniche e geofisiche in sito**, hanno consentito il raggiungimento di una sufficiente definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame.

Per il sito di specifico interesse è pertanto possibile definire i due seguenti **modelli geologici di riferimento**:

### ***FOIANO DI VAL FORTORE - ZONA NORD (Aerogeneratori da 7 a 10)***

- **0 m ÷ 1,00 = Terreno vegetale;**
- **1,00 ÷ 3,90 m = Depositi di argille e marne prevalentemente siltose poco consistenti;**
- **3,90 ÷ 5,70 m = Depositi di argille e marne argillose con calcari, mediamente consistenti;**

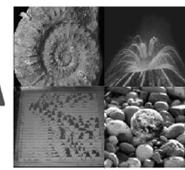
**N.B A seguire, fino a 30,00 mt= "Depositi torbiditici di argille e marne con calcari da mediamente a molto consistenti"**



## *FOIANO DI VAL FORTORE - ZONA SUD (Aerogeneratori da 1 a 6)*

- 0 m ÷ 0,90 = Terreno vegetale;
- 0,90 ÷ 3,10 m = Depositi torbidity di argille e marne poco consistenti;
- 3,10 ÷ 4,70 m = Depositi torbidity di argille e marne con calcari e breccie calcaree nella parte bassa, mediamente consistenti;

N.B A seguire, fino a 30,00 mt= “Depositi torbidity argillosi e argilloso calcarei con sabbie ed arenarie da mediamente a molto consistenti”



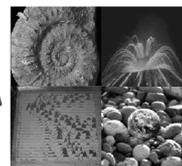
## CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Dall'esecuzione della prospezione geotecnica in sito di tipo **DPSH** eseguita nell'area è stato possibile produrre differenti tabelle mostranti i parametri geotecnici fondamentali del terreno di fondazione.

### ***FOIANO DI VAL FORTORE - ZONA NORD (Aerogeneratori da 7 a 10)***

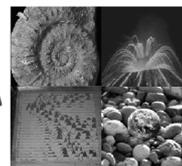
#### **PROVA N.1**

STRATO	Spessore dello strato (m)	Nspt	Tipo	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo $\phi$	Coefficiente spinta a Riposo K <sub>0</sub>	Mod. Edometri co E <sub>ed</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Mod. Elastico di Young E <sub>el</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Qc Resistenza alla punta (kg/cm <sup>2</sup> )
1	DA METRI 0.00 A METRI 1.20	2	Coesivo	0.13	1.37	1.85	20.57	0.65	25.00	20.00	4.00
2	DA METRI 1.20 A METRI 3.80	8	Coesivo	0.56	1.46	1.91	22.38	0.62	104.13	83.30	16.66
3	DA METRI 3.80 A METRI 5.80	35	Coesivo	2.38	1.74	2.08	30.05	0.50	351.90	351.90	70.38
4	DA METRI 5.80 A METRI 30.00	-	Coesivo	2.43	1.79	2.10	31.20	0.49	375.20	375.20	72.33



## PROVA N.2

STRATO	Spessore dello strato (m)	Nspt	Tipo	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo $\phi$	Coefficiente spinta a Riposo K <sub>0</sub>	Mod. Edometrico E <sub>ed</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Mod. Elastico di Young E <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Qc Resistenza alla punta (kg/cm <sup>2</sup> )
1	DA METRI 0.00 A METRI 1.00	2	Coesivo	0.13	1.37	1.85	20.6	0.65	26.38	21.10	4.22
2	DA METRI 1.00 A METRI 4.00	8	Coesivo	0.55	1.45	1.90	22.32	0.62	101.50	81.20	16.24
3	DA METRI 4.00 A METRI 5.60	34	Coesivo	2.32	1.74	2.08	29.83	0.50	344.10	344.10	68.82
4	DA METRI 5.60 A METRI 30.00	-	Coesivo	2.46	1.81	2.11	30.10	0.49	351.60	351.60	72.05



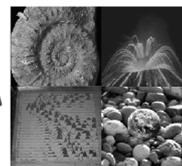
## FOIANO DI VAL FORTORE - ZONA SUD (Aerogeneratori da 1 a 6)

### PROVA N.3

STRATO	Spessore dello strato (m)	Nspt	Tipo	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo $\phi$	Coefficiente spinta a Riposo K0	Mod. Edometrico E <sub>ed</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Mod. Elastico di Young E <sub>el</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Qc Resistenza alla punta (kg/cm <sup>2</sup> )
1	DA METRI 0.00 A METRI 0.80	2	Coesivo	0.12	1.37	1.85	20.54	0.65	23.50	18.80	3.76
2	DA METRI 0.80 A METRI 3.00	7	Coesivo	0.48	1.45	1.90	22.19	0.62	95.75	76.60	15.32
3	DA METRI 3.00 A METRI 4.80	36	Coesivo	2.45	1.75	2.09	30.36	0.50	362.60	362.60	72.52
4	DA METRI 4.80 A METRI 30.00	-	Coesivo	2.61	1.84	2.12	30.95	0.49	396.80	396.80	75.22

### PROVA N.4

STRATO	Spessore dello strato (m)	Nspt	Tipo	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo $\phi$	Coefficiente spinta a Riposo K0	Mod. Edometrico E <sub>ed</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Mod. Elastico di Young E <sub>el</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Qc Resistenza alla punta (kg/cm <sup>2</sup> )
1	DA METRI 0.00 A METRI 1.00	1	Coesivo	0.09	1.36	1.85	20.43	0.65	18.75	15.00	3.00
2	DA METRI 1.00 A METRI 3.20	8	Coesivo	0.56	1.46	1.91	22.39	0.62	104.38	83.50	16.70
3	DA METRI 3.20 A METRI 4.60	27	Coesivo	1.86	1.67	2.04	27.86	0.53	275.10	275.10	55.02
4	DA METRI 4.60 A METRI 30.00	-	Coesivo	1.98	1.73	2.08	28.09	0.51	302.20	302.20	59.55



### 3. CONCLUSIONI

Il sottoscritto:

- Geologo Vincenzo CORTESE, nato a Mugnano di Napoli (NA) il 28/12/1983 (C.F. CRTVCN83T28F799C) e residente in Bojano (CB) alla Via Gino di Biase n°32, iscritto all'Albo Professionale dell'*Ordine dei Geologi della Regione Molise* al n° 155 - sez. A "Geologi Specialisti",

con **STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA** avente sede in BOJANO (CB) alla Via Barcellona n° 20, ha eseguito uno studio di carattere geologico - tecnico nel tenimento del Comune di **FOIANO DI VAL FORTORE (BN)** a corredo del Progetto denominato "**PROGETTO DI INTEGRALE RICOSTRUZIONE DI N. 1 IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 10 AEROGENERATORI DA 6,6 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 66,6 MW NEL COMUNE DI FOIANO DI VALFORTORE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA LOCALITÀ "MONTE BARBATO - PIANO DEL CASINO"** su incarico di **GVC S.r.l.**

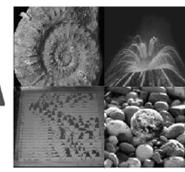
E' stato effettuato un primo sopralluogo per constatare lo stato di fatto della zona di studio.

In seguito, sono stati compiuti ulteriori sopralluoghi, sia sull'area interessata dall'intervento che nelle aree adiacenti, allo scopo di ottenere una visione globale del territorio in cui si trova la zona interessata.

Il lavoro, nel rispetto delle **N.T.C. 2018**, ha avuto lo scopo di:

- *definire le condizioni morfologiche, idrogeologiche e tettoniche dell'area;*
- *valutare l'assetto litostratigrafico dell'area;*
- *definire la categoria sismica del sottosuolo secondo le Norme del D.M. 17 Gennaio 2018.*

**PAGINA 55 di 61**



Il lavoro stesso è altresì stato compilato in due fasi distinte e successive:

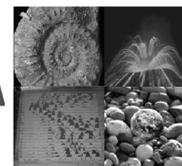
- nella prima fase è stata effettuata una analisi geomorfologica, idrogeologica, geologica e tettonica della zona in cui ricade l'area oggetto di studio;
- nella seconda fase è stato realizzato un rilevamento geologico di superficie esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse ed è stata presenziata, diretta ed interpretata una campagna di indagini geotecniche e geofisiche in situ.

**L'area interessata dalla presente indagine geologico-tecnica**, trovasi nel territorio comunale di **FOIANO DI VAL FORTORE (BN)**, ad una quota variabile da 921 m s.l.m nel punto più elevato, ad una di 736m s.l.m nel punto meno elevato. Tale area risulta cartografata nel **F. 174 "ARIANO IRPINO"** e nel **F. 163 "LUCERA"** della Carta Geologica D'Italia in scala 1:100.000.

Il Comune di Foiano di Val Fortore si localizza geograficamente nelle zone interne della Regione Campania, nell'area dei Monti del Sannio ed occupa una superficie di circa 41 km<sup>2</sup>, prevalentemente montuosa, di cui una piccola parte urbanizzata e la rimanente parte occupata per lo più da terreni agricoli e da aree boschive. Confina con i comuni di Baselice e San Bartolomeo in Galdo a Nord; San Marco dei Cavoti ad Ovest; Molinara, San Giorgio la Molarola e Montefalcone di Val Fortore a Sud; la provincia di Foggia ad Est con il comune di Roseto Val Fortore.

Nel suo insieme il territorio assume una forma riconducibile ad un quadrilatero con un lato allungato in direzione Est- Ovest, i cui lati maggiori coincidono a Nord con una serie di rilievi formanti la dorsale che comprende il M. Barbato e a Sud con il corso del Vallone S. Pietro.

Il territorio comunale di Foiano di Val Fortore (BN) è localizzato nella parte nord-orientale dell'Appennino campano, al margine esterno della catena sud appenninica. Esso è costituito, in



affioramento, da varie unita stratigrafico – strutturali di eta compresa tra il Cretacico Medio ed il Pliocene.

Nel territorio vengono distinte due principali unita tettoniche rappresentate dall'Unita del Sannio e dall'Unita del Fortore, oltre ai depositi sinorogenici rappresentati dal Flysch di San Bartolomeo.

L'**Unità del Sannio** e composta, dal basso verso l'alto, dalle formazioni del Flysch Rosso, del Flysch Numidico e da una successione arenacea post-numidica, denominata formazione di Fragneto Monforte.

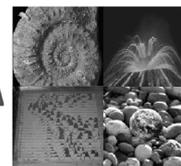
L'unita e interpretata come la successione superiore del Bacino lagonegrese-molisano e viene riferita al margine settentrionale interno (Di Nocera *et alii*, 2002) del bacino lagonegrese-molisano (Pescatore & Tramutoli, 1980; Pescatore *et alii*, 1996a, 2000; Di Nocera *et alii*, 2002, 2006).

L'**Unità del Fortore** e costituita da depositi bacinali di natura argilloso-marnosa e calcarea, con prevalenti intervalli arenacei alla sommita, la cui eta e compresa tra il Cretacico superiore ed il Tortoniano. E formata, dal basso verso l'alto, dal Gruppo delle Argille Variegate, dalla formazione di Corleto Perticara, dal Flysch Numidico e dalla formazione di San Giorgio.

L'unita e riferibile da un punto di vista paleogeografico ad un dominio di bacino esterno alla Piattaforma sudappenninica, verosimilmente all'area nord-orientale del Bacino lagonegrese-molisano (Pescatore *et alii*, 2000; Di Nocera *et alii*, 2002).

Per quel che concerne la **caratterizzazione geomorfologica di dettaglio** del presente studio geologico-tecnico, è possibile affermare che le aree in esame sono caratterizzate dalla **presenza di fenomeni di dissesto geomorfologico di versante**.

L'area oggetto di intervento, infine, rientra nelle competenze dell'**Autorità di bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - Unit of Management Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore**.



Per quanto riguarda gli **aspetti idrogeologici del territorio in cui è compresa l'area allo studio**, la circolazione delle acque superficiali risente fortemente delle caratteristiche litologiche locali, essendo condizionata essenzialmente dall'assetto litostratigrafico.

L'area in esame, dal punto di vista idrogeologico risulta appartenere al **Complesso arenaceo – conglomeratico e al Complesso argilloso – calcareo delle unità Sicilidi**.

Per quel che concerne la caratterizzazione idrogeologica di dettaglio del lotto in esame, durante le indagini eseguite **non è stata rilevata la presenza di una falda superficiale**.

Per quanto concerne i siti in esame, solamente **IR Foiano 07 e IR Foiano 10** risultano essere **interessati da perimetrazioni di RISCHIO e PERICOLOSITA' FRANA**

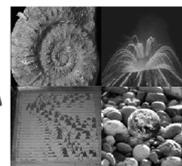
**Nessuno** dei siti di indagine invece rientra in perimetrazioni di **RISCHIO e PERICOLOSITA' IDRAULICA** definite dai **Piani di Bacino**.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva con i siti oggetto di indagine e le perimetrazioni Pai insistenti nelle aree esaminate.

SITO	RISCHIO FRANA	RISCHIO IDRAULICO	PERICOLOSITA' FRANA	PERICOLOSITA' IDRAULICA
<b>IR Foiano 01</b>	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
<b>IR Foiano 02</b>	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
<b>IR Foiano 03</b>	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
<b>IR Foiano 04</b>	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
<b>IR Foiano 05</b>	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
<b>IR Foiano 06</b>	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
<b>IR Foiano 07</b>	PRESENTE R1	ASSENTE	PRESENTE P2	ASSENTE



# STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA



<b>IR Foiano 08</b>	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
<b>IR Foiano 09</b>	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE	ASSENTE
<b>IR Foiano 10</b>	PRESENTE R0	ASSENTE	PRESENTE P1	ASSENTE

Dalla cartografia sopra riportata si evince che tra i diversi siti oggetto d'esame **SOLO IR Foiano 07** ricade in una perimetrazione di frana complessa riportata dall'IFFI.

## IL GEOLOGO

Dott. Geol. Vincenzo CORTESE



PAGINA 59 di 61

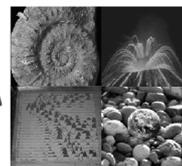
**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



## **ALLEGATO N. 1**

### **PROVE GEOTECNICHE IN SITU**

**PAGINA 60 di 61**

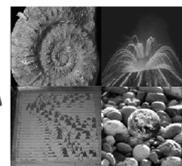
**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**

**GEOLOGO VINCENZO CORTESE**

**INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)**

**TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991**

**E-MAIL: vincenzocortese@live.it**



## **ALLEGATO N. 2**

### **PROVE GEOFISICHE IN SITU**

**PAGINA 61 di 61**

**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**

**GEOLOGO VINCENZO CORTESE**

**INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)**

**TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991**

**E-MAIL: [vincenzocortese@live.it](mailto:vincenzocortese@live.it)**

# CERTIFICATI PROVE IN SITO

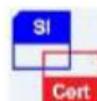


Available versions		
DP Only	CPT Only	DP + CPT
■ DPSH	■ 200kN	■ DPSH + 200 kN
= DPH		= DPH + 200 kN
= DPM		= DPM + 200 kN
Rotary head		

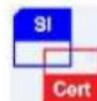
Legend	
■	Standard
=	Optional



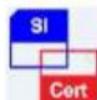
ATT. N. 7918/63/01



NUMERO PC: 0151-GEO-Q



NUMERO PC: 0151-GEO-E



NUMERO PC: 0151-GEO-H



**GEOSECURE S.R.L.**  
GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL SERVICES



**SEDE LEGALE: VIA DEGLI SCIPIONI 268A - ROMA (RM)**

**SEDE OPERATIVA: VIA BARCELONA N.18 – BOJANO**

**TEL:0874/783120 CELL.3286429991 FAX:0874/773188**

**MAIL: [info@geosecure.it](mailto:info@geosecure.it) SITO: [www.geosecure.it](http://www.geosecure.it)**

**COMMITTENTE : GVC S.r.l.**

**OGGETTO : "PROGETTO DI INTEGRALE RICOSTRUZIONE DI N. 1 IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 10 AEROGENERATORI DA 6,6 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 66,6 MW NEL COMUNE DI FOIANO DI VALFORTORE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA LOCALITÀ "MONTE BARBATO - PIANO DEL CASINO"**

**LOCALITA': COMUNE DI FOIANO DI VALFORTORE (BN) LOCALITÀ "MONTE BARBATO - PIANO DEL CASINO**

**CODICE DOCUMENTO: CPS 427/23 DPSH**

**SPERIMENTATORE**

**DIRETTORE TECNICO**

**REV. 0**

**DOTT. ANTONINO CARUSO**

**DOTT. ING. MONIA ANGELA GUIDA**

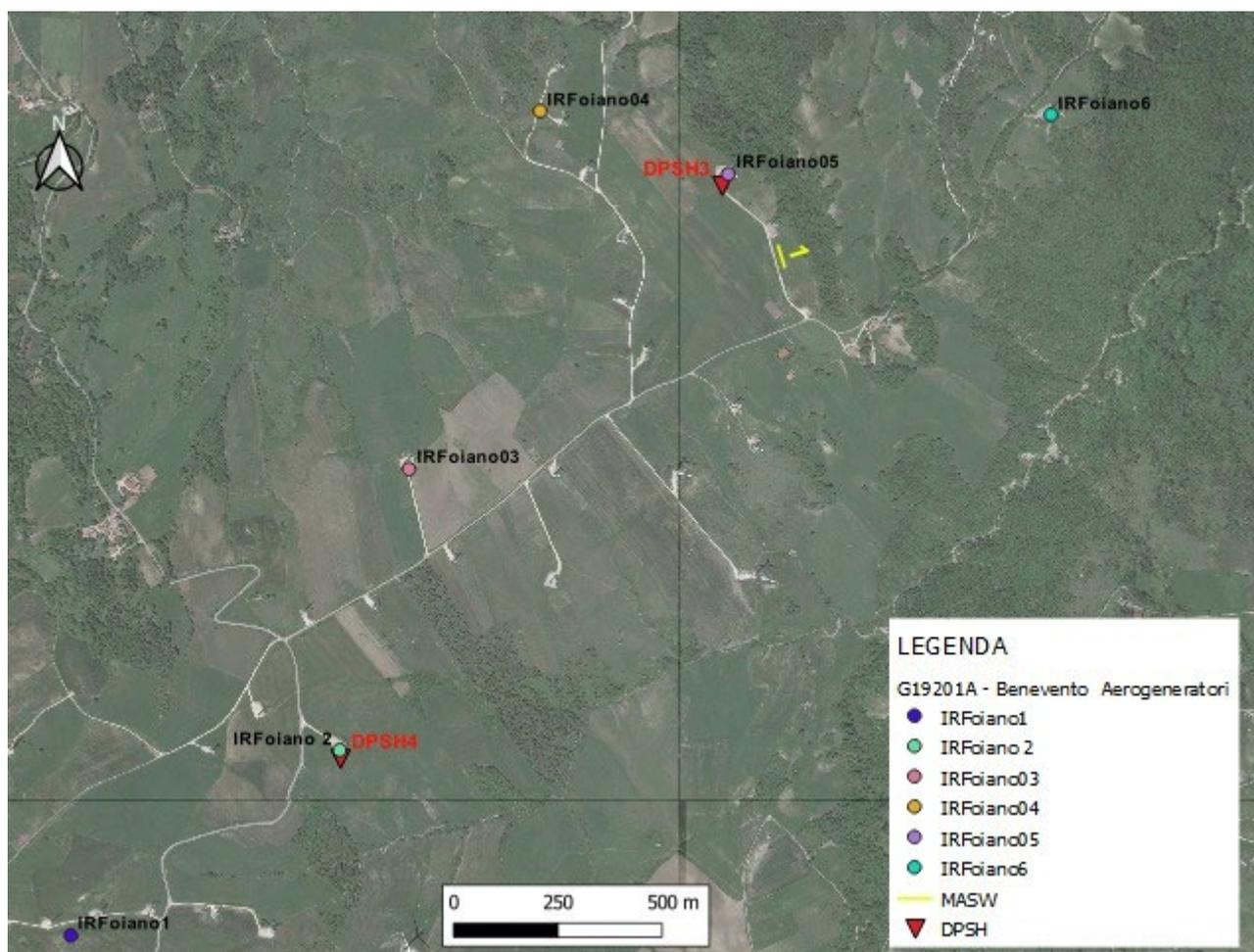
**DATA  
NOVEMBRE**

## NUMERO E TIPOLOGIE DI PROVE IN SITU:

N. 4 PROVE PENETROMETRICHE DI TIPO DPSH A PUNTA CHIUSA

NEL MESE DI **NOVEMBRE 2023** LA GEOSECURE SRL HA ESEGUITO NEL TENIMENTO DI **FOIANO DI VAL FORTORE (BN)** QUATTRO PROSPEZIONI GEOTECNICHE IN SITU DI TIPO DPSH, SU INCARICO DI **GVC S.r.l.**, IN RELAZIONE ALLA PRATICA DENOMINATA **“PROGETTO DI INTEGRALE RICOSTRUZIONE DI N. 1 IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 10 AEROGENERATORI DA 6,6 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 66,6 MW NEL COMUNE DI FOIANO DI VALFORTORE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA LOCALITÀ "MONTE BARBATO - PIANO DEL CASINO”**.

IL FASCICOLO, COSTITUITO DA N. PAG. 15, E' RILASCIATO IN TRIPLICE COPIA IN ORIGINALE.





**PROVA 1**

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

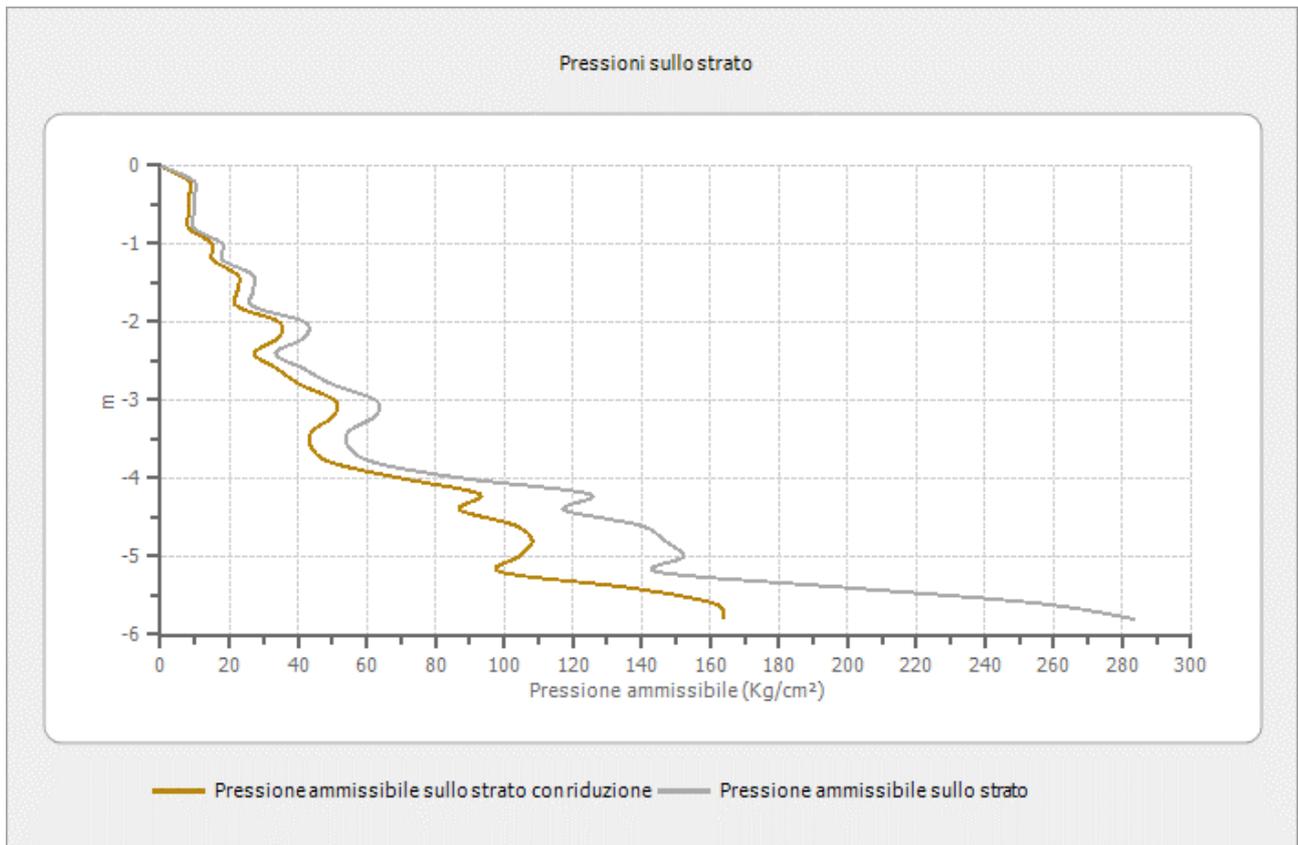
Profondita' prova 5.80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	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> )
0.20	1	0.855	8.31	9.72	8.31	9.72
0.40	1	0.851	8.27	9.72	8.27	9.72
0.60	1	0.847	8.23	9.72	8.23	9.72
0.80	1	0.843	8.20	9.72	8.20	9.72
1.00	2	0.840	15.10	17.98	15.10	17.98
1.20	2	0.836	15.04	17.98	15.04	17.98
1.40	3	0.833	22.46	26.97	22.46	26.97
1.60	3	0.830	22.37	26.97	22.37	26.97
1.80	3	0.826	22.29	26.97	22.29	26.97
2.00	5	0.823	34.42	41.82	34.42	41.82
2.20	5	0.820	34.29	41.82	34.29	41.82
2.40	4	0.817	27.34	33.45	27.34	33.45
2.60	5	0.814	34.05	41.82	34.05	41.82
2.80	6	0.811	40.72	50.18	40.72	50.18
3.00	8	0.809	50.58	62.55	50.58	62.55
3.20	8	0.806	50.41	62.55	50.41	62.55
3.40	7	0.803	43.97	54.73	43.97	54.73
3.60	7	0.801	43.83	54.73	43.83	54.73
3.80	8	0.798	49.94	62.55	49.94	62.55
4.00	12	0.796	70.12	88.08	70.12	88.08
4.20	17	0.744	92.80	124.78	92.80	124.78
4.40	16	0.741	87.08	117.44	87.08	117.44
4.60	19	0.739	103.10	139.47	103.10	139.47
4.80	20	0.737	108.21	146.81	108.21	146.81
5.00	22	0.685	104.25	152.18	104.25	152.18
5.20	21	0.683	99.21	145.26	99.21	145.26
5.40	29	0.681	136.62	200.60	136.62	200.60
5.60	37	0.629	161.02	255.94	161.02	255.94
5.80	41	0.577	163.72	283.60	163.72	283.60

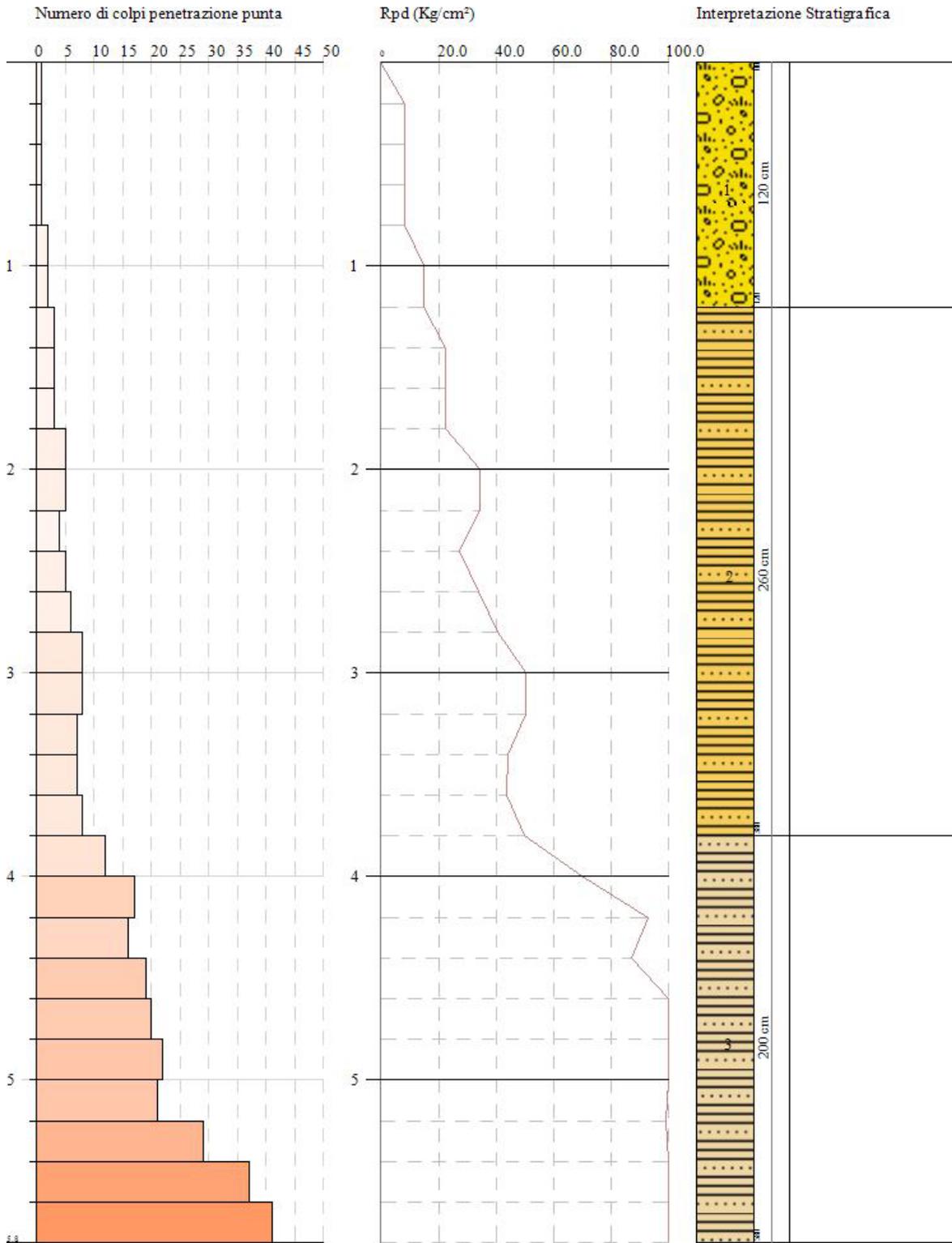




PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
 Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:  
 Descrizione:  
 Localita':

Scala 1:28



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



## PROVA 2

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Profondita' prova 5.60 mt

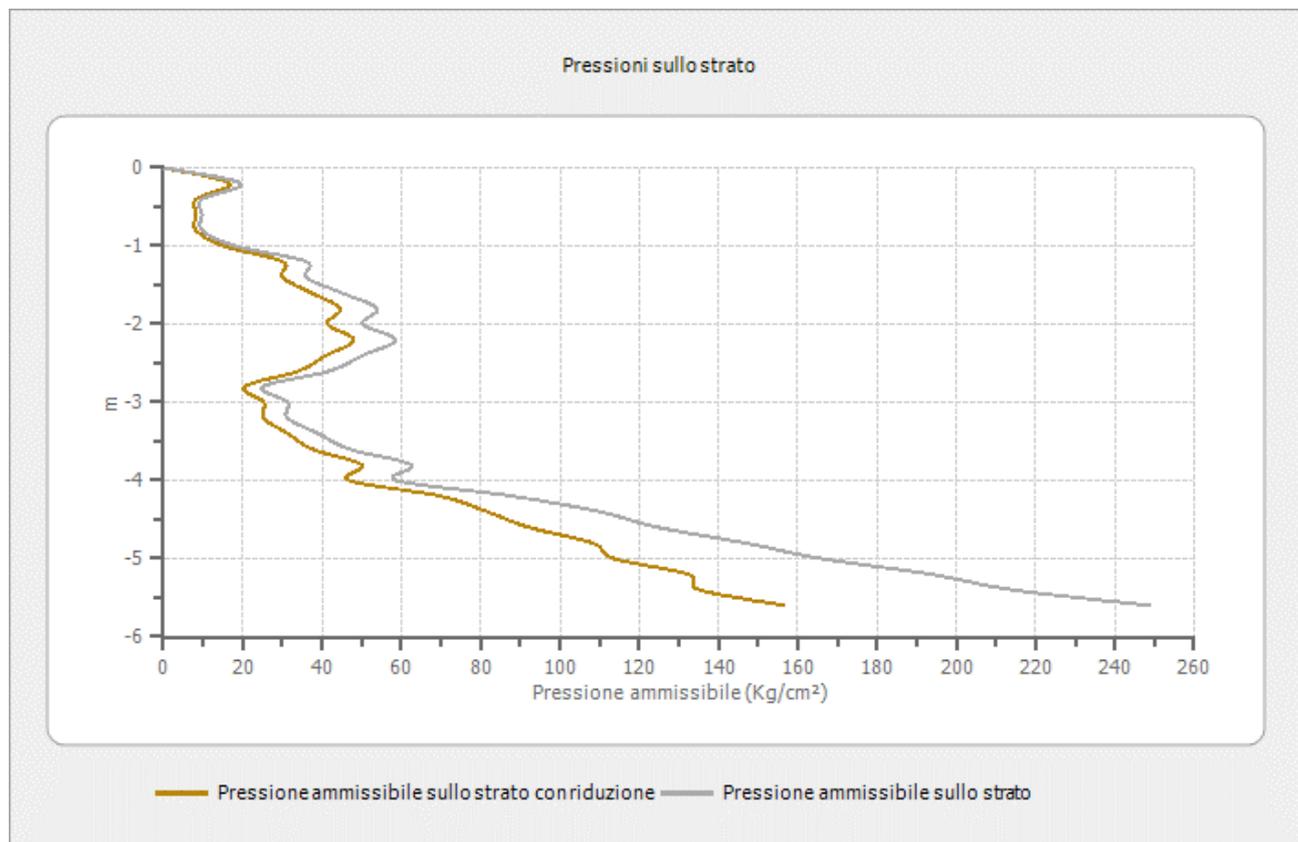
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	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> )
0.20	2	0.855	16.61	19.44	16.61	19.44
0.40	1	0.851	8.27	9.72	8.27	9.72
0.60	1	0.847	8.23	9.72	8.23	9.72
0.80	1	0.843	8.20	9.72	8.20	9.72
1.00	2	0.840	15.10	17.98	15.10	17.98
1.20	4	0.836	30.07	35.96	30.07	35.96
1.40	4	0.833	29.95	35.96	29.95	35.96
1.60	5	0.830	37.29	44.95	37.29	44.95
1.80	6	0.826	44.57	53.94	44.57	53.94
2.00	6	0.823	41.31	50.18	41.31	50.18



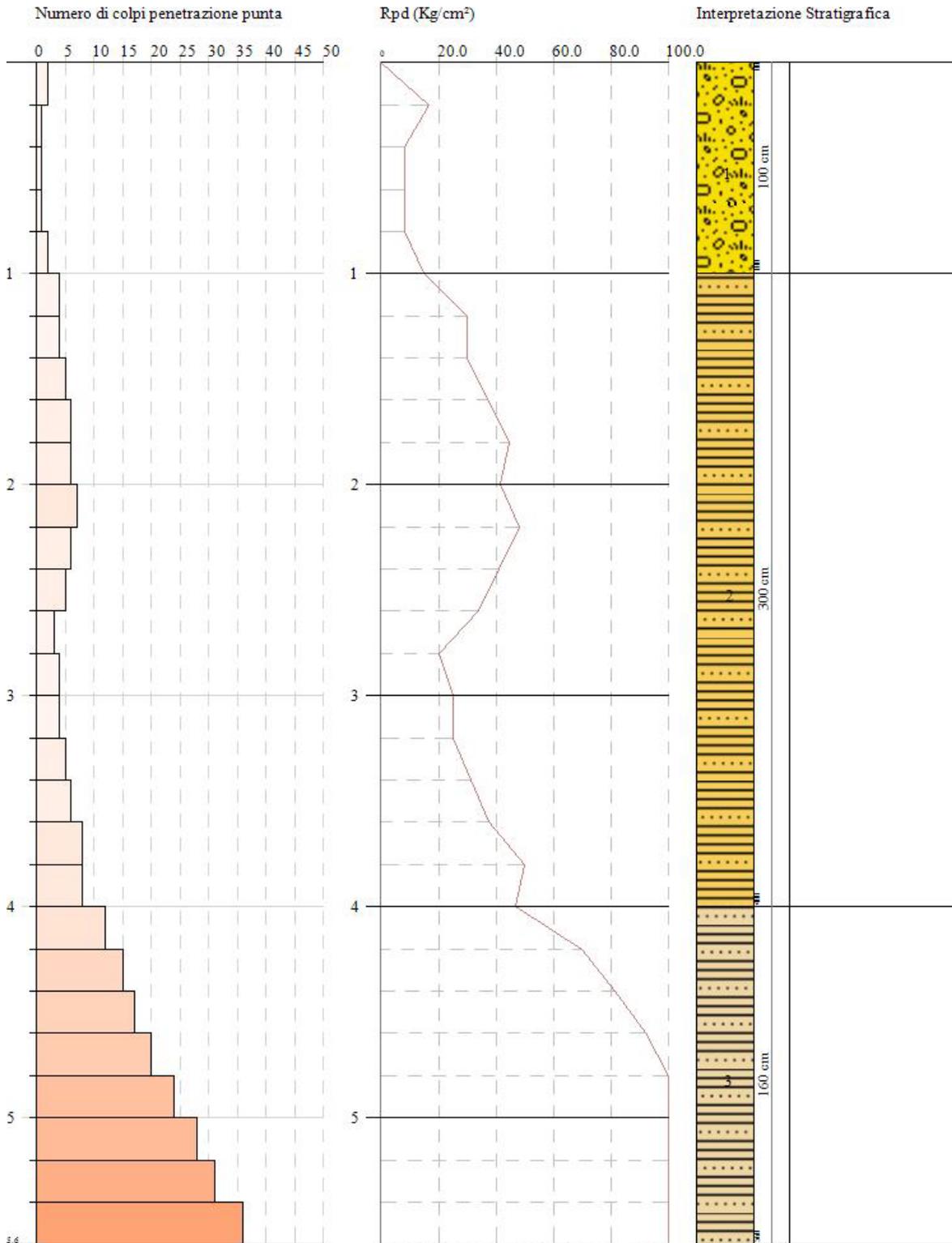
2.20	7	0.820	48.01	58.54	48.01	58.54
2.40	6	0.817	41.00	50.18	41.00	50.18
2.60	5	0.814	34.05	41.82	34.05	41.82
2.80	3	0.811	20.36	25.09	20.36	25.09
3.00	4	0.809	25.29	31.27	25.29	31.27
3.20	4	0.806	25.21	31.27	25.21	31.27
3.40	5	0.803	31.41	39.09	31.41	39.09
3.60	6	0.801	37.57	46.91	37.57	46.91
3.80	8	0.798	49.94	62.55	49.94	62.55
4.00	8	0.796	46.74	58.72	46.74	58.72
4.20	12	0.794	69.91	88.08	69.91	88.08
4.40	15	0.741	81.64	110.10	81.64	110.10
4.60	17	0.739	92.25	124.78	92.25	124.78
4.80	20	0.737	108.21	146.81	108.21	146.81
5.00	24	0.685	113.72	166.01	113.72	166.01
5.20	28	0.683	132.28	193.68	132.28	193.68
5.40	31	0.631	135.32	214.43	135.32	214.43
5.60	36	0.629	156.67	249.02	156.67	249.02



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2  
 Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:  
 Descrizione:  
 Località:

Scala 1:27



**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



**PROVA 3**

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Profondita' prova 4.80 mt

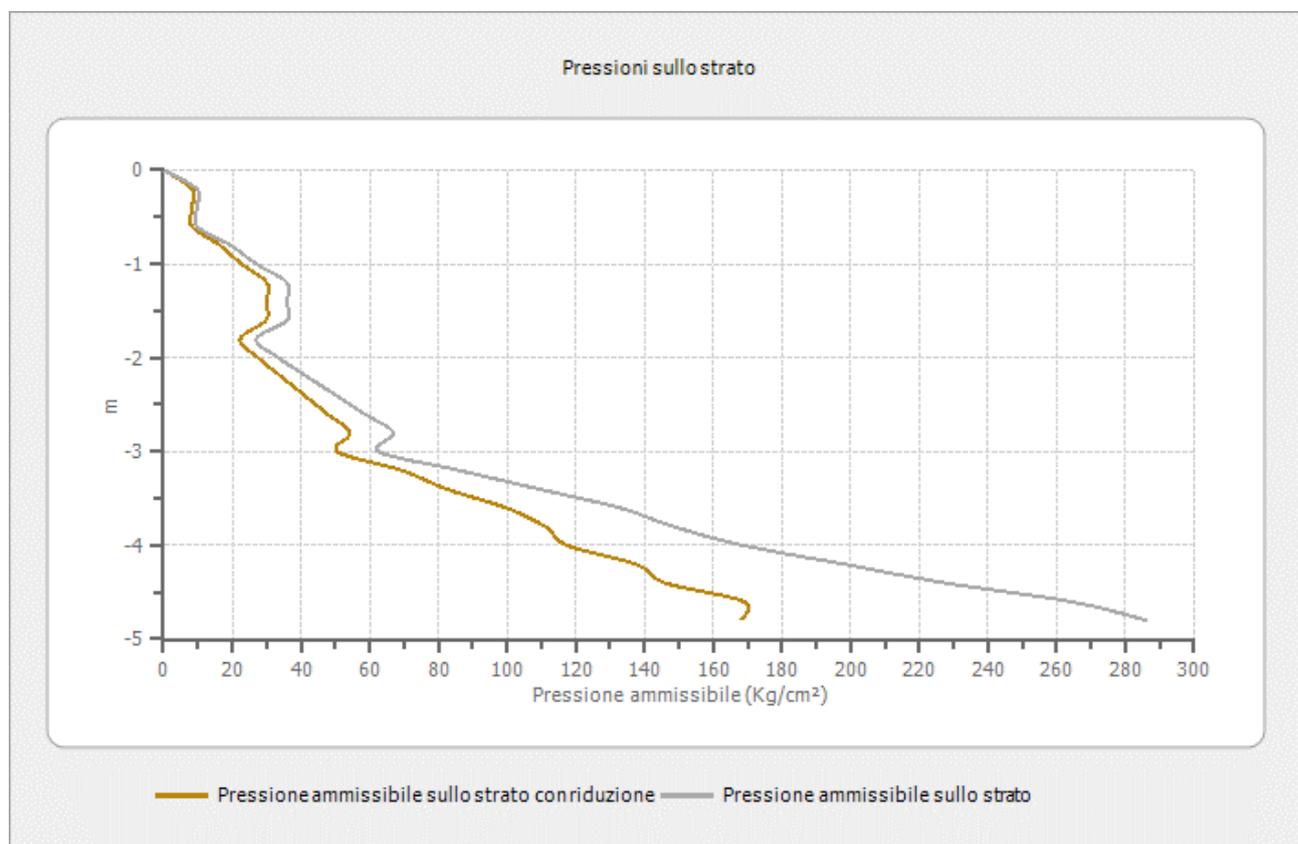
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	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> )
0.20	1	0.855	8.31	9.72	8.31	9.72
0.40	1	0.851	8.27	9.72	8.27	9.72
0.60	1	0.847	8.23	9.72	8.23	9.72
0.80	2	0.843	16.39	19.44	16.39	19.44
1.00	3	0.840	22.65	26.97	22.65	26.97
1.20	4	0.836	30.07	35.96	30.07	35.96
1.40	4	0.833	29.95	35.96	29.95	35.96
1.60	4	0.830	29.83	35.96	29.83	35.96
1.80	3	0.826	22.29	26.97	22.29	26.97
2.00	4	0.823	27.54	33.45	27.54	33.45



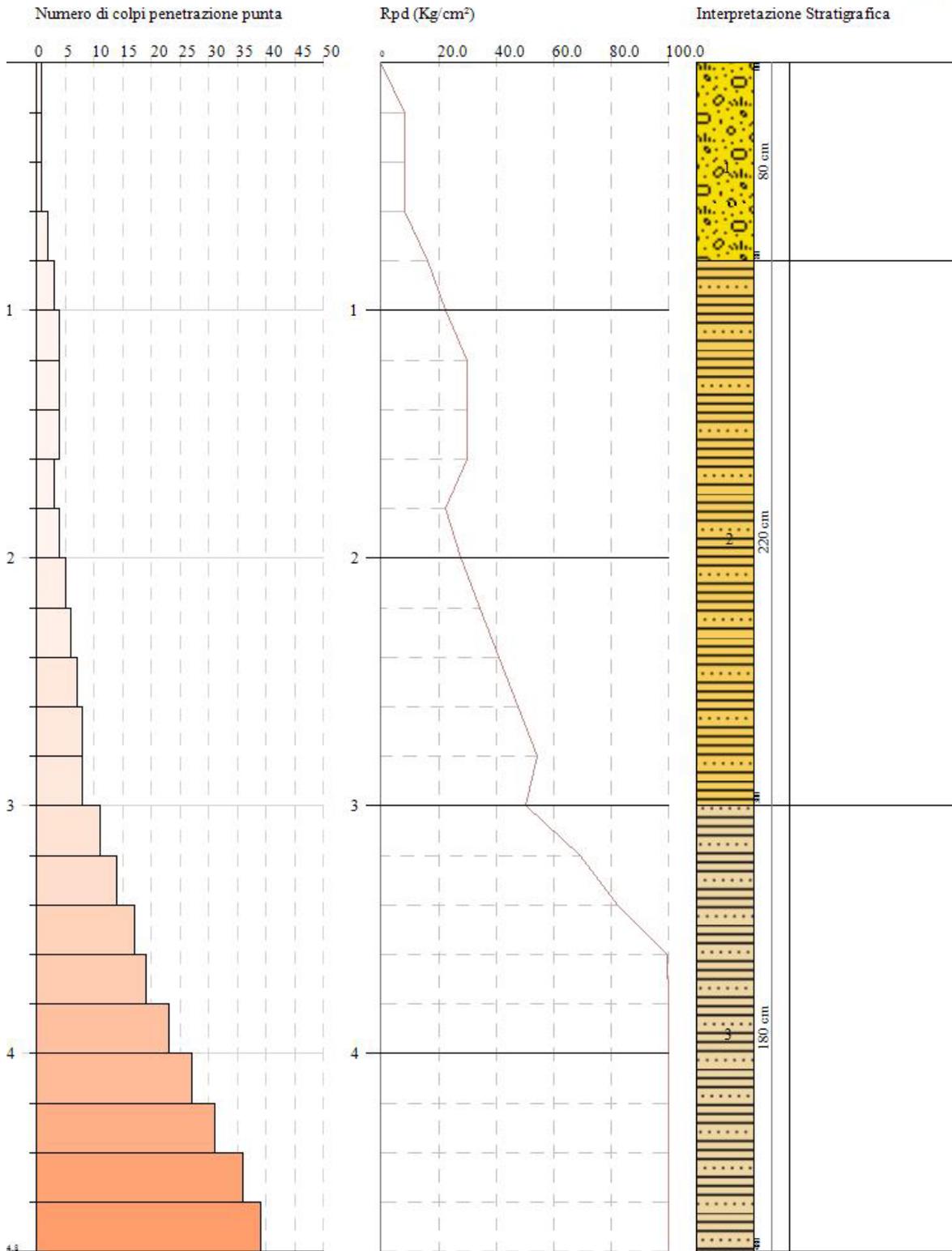
2.20	5	0.820	34.29	41.82	34.29	41.82
2.40	6	0.817	41.00	50.18	41.00	50.18
2.60	7	0.814	47.67	58.54	47.67	58.54
2.80	8	0.811	54.29	66.91	54.29	66.91
3.00	8	0.809	50.58	62.55	50.58	62.55
3.20	11	0.806	69.32	86.00	69.32	86.00
3.40	14	0.753	82.47	109.46	82.47	109.46
3.60	17	0.751	99.80	132.91	99.80	132.91
3.80	19	0.748	111.18	148.55	111.18	148.55
4.00	23	0.696	117.51	168.83	117.51	168.83
4.20	27	0.694	137.48	198.19	137.48	198.19
4.40	31	0.641	145.96	227.55	145.96	227.55
4.60	36	0.639	168.92	264.25	168.92	264.25
4.80	39	0.587	168.07	286.27	168.07	286.27



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3  
 Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:  
 Descrizione:  
 Località:

Scala 1:23



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



## PROVA 4

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Profondita' prova 4.60 mt

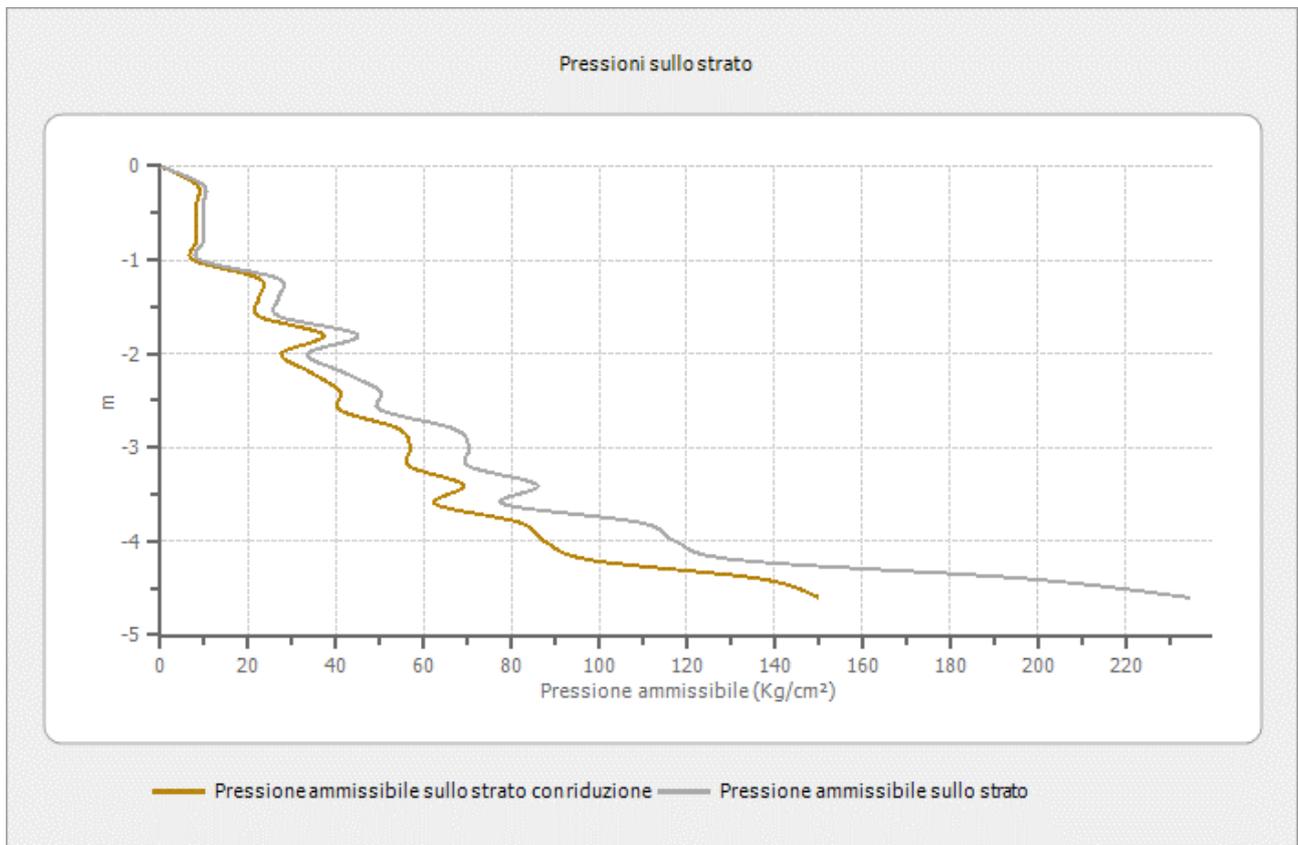
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	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> )
0.20	1	0.855	8.31	9.72	8.31	9.72
0.40	1	0.851	8.27	9.72	8.27	9.72
0.60	1	0.847	8.23	9.72	8.23	9.72
0.80	1	0.843	8.20	9.72	8.20	9.72
1.00	1	0.840	7.55	8.99	7.55	8.99
1.20	3	0.836	22.55	26.97	22.55	26.97
1.40	3	0.833	22.46	26.97	22.46	26.97
1.60	3	0.830	22.37	26.97	22.37	26.97
1.80	5	0.826	37.14	44.95	37.14	44.95



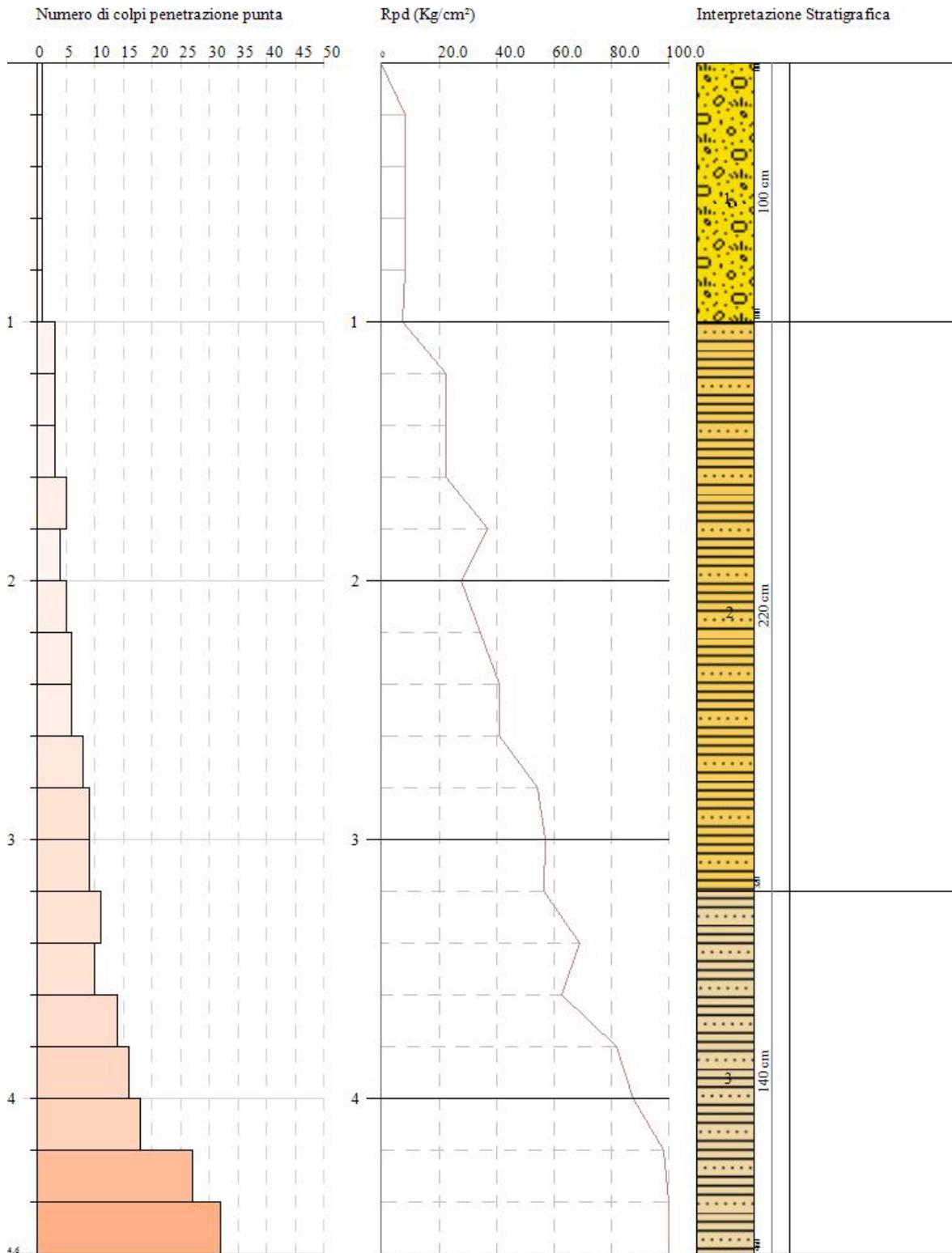
2.00	4	0.823	27.54	33.45	27.54	33.45
2.20	5	0.820	34.29	41.82	34.29	41.82
2.40	6	0.817	41.00	50.18	41.00	50.18
2.60	6	0.814	40.86	50.18	40.86	50.18
2.80	8	0.811	54.29	66.91	54.29	66.91
3.00	9	0.809	56.90	70.37	56.90	70.37
3.20	9	0.806	56.72	70.37	56.72	70.37
3.40	11	0.803	69.10	86.00	69.10	86.00
3.60	10	0.801	62.62	78.18	62.62	78.18
3.80	14	0.748	81.92	109.46	81.92	109.46
4.00	16	0.746	87.62	117.44	87.62	117.44
4.20	18	0.744	98.26	132.12	98.26	132.12
4.40	27	0.691	137.03	198.19	137.03	198.19
4.60	32	0.639	150.15	234.89	150.15	234.89



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4  
 Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente:  
 Descrizione:  
 Località:

Scala 1:22



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



# REGIONE CAMPANIA



COMUNE di

**FOIANO DI VAL FORTORE**

(Provincia di BENEVENTO)

**“PROGETTO DI INTEGRALE RICOSTRUZIONE DI N. 1 IMPIANTO  
EOLICO COMPOSTO DA 10 AEROGENERATORI DA 6,6 MW PER UNA  
POTENZA COMPLESSIVA DI 66,6 MW NEL COMUNE DI FOIANO DI  
VALFORTORE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA LOCALITÀ  
MONTE BARBATO - PIANO DEL CASINO”**

**Committenza:** GVC S.r.l.

**Sito:** COMUNE DI FOIANO DI VALFORTORE (BN) e LOCALITÀ MONTE BARBATO -  
PIANO DEL CASINO

**ALLEGATO SISMICO**



**GEOSECURE S.R.L.**  
GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL SERVICES



**IL DIRETTORE TECNICO**

Dott. Ing. Monia Angela Guida

**GEOSECURE SRL**

Il Direttore Tecnico  
Dott. Ing.  Monia Angela Guida

**DATA:** NOVEMBRE 2023

Rev. 0

## INDICE

1	<b>INTRODUZIONE GENERALE</b>	PAG. 02
2	<b>INTRODUZIONE ALLE METODOLOGIE GEOFISICHE UTILIZZATE</b>	PAG. 05
	2.1 TOMOGRAFIA SISMICA	PAG. 05
	2.2 MASW	PAG. 08
3	<b>RISULTATI DELLE PROSPEZIONI ESEGUITE – STENDIMENTO SISMICO</b>	PAG. 11
	3.1 TOMOGRAFIA SISMICA SS1 - SS2	PAG. 11
	3.2 MASW M1 - M2	PAG. 19
4	<b>CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO DI INDAGINE</b>	PAG. 27

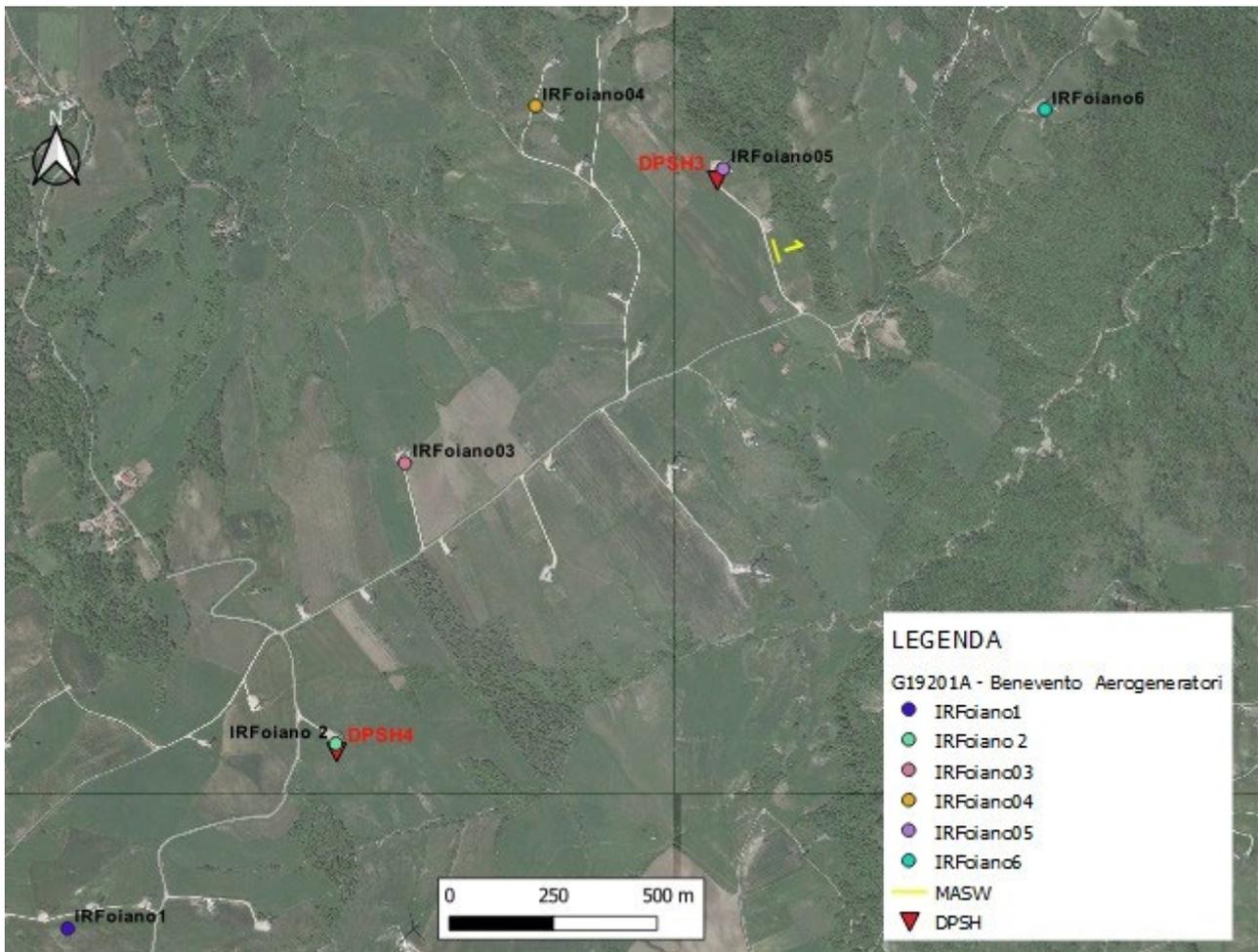
## 1. INTRODUZIONE

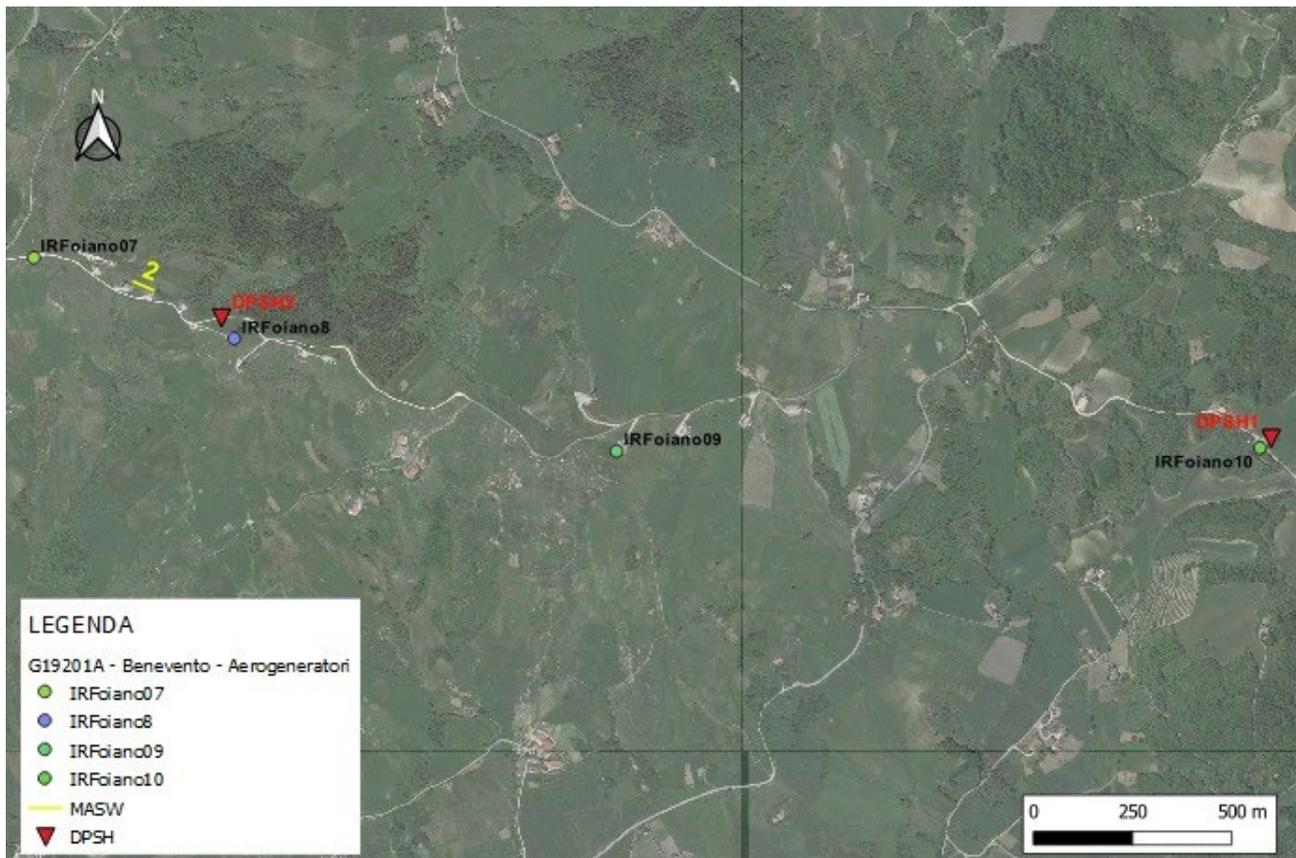
In questo **ALLEGATO SISMICO** si descrivono i risultati provenienti dalla **campagna di indagini geofisiche** effettuata nel comune di **FOIANO DI VAL FORTORE (BN)**, dalla ditta “**GEOSECURE s.r.l.**”, nel mese di **NOVEMBRE 2023**, eseguita a servizio della pratica denominata “**PROGETTO DI INTEGRALE RICOSTRUZIONE DI N. 1 IMPIANTO EOLICO COMPOSTO DA 10 AEROGENERATORI DA 6,6 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 66,6 MW NEL COMUNE DI FOIANO DI VALFORTORE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA LOCALITÀ "MONTE BARBATO - PIANO DEL CASINO"** per conto di **GVC S.r.l.**

Nel dettaglio, la **campagna di indagini geofisiche** eseguite nell’area è consistita in:

- **N° 02 PROSPEZIONI GEOFISICHE SUPERFICIALI CON METODOLOGIA DI INDAGINE DENOMINATA “SISMICA A RIFRAZIONE” E “TOMOGRAFIA SISMICA” ESEGUITE MEDIANTE INSTALLAZIONE DI N° 02 STENDIMENTI SISMICI DENOMINATI SS1 – SS2 (entrambi di lunghezza 48,00 MT);**
- **N° 02 PROSPEZIONI GEOFISICHE SUPERFICIALI CON METODOLOGIA DI INDAGINE “MASW” M1 – M2 (entrambi di lunghezza 48,00 MT).**

La corretta ubicazione delle indagini eseguite nell’area allo studio è riportata di seguito in **Figura 1**:





**Fig. 1: ubicazione delle indagini geofisiche eseguite nel comune di Foiano di Val Fortore (BN).**

## 2. INTRODUZIONE ALLE METODOLOGIE GEOFISICHE UTILIZZATE

### 2.1 TOMOGRAFIA SISMICA

L'obiettivo delle prospezioni geofisiche effettuate con metodologia di indagine TOMOGRAFICA SISMICA è stato quello di investigare attraverso metodologie geofisiche specifiche il sottosuolo allo scopo di creare un profilo sismo-stratigrafico di riferimento per ciascuna prova effettuata.

#### STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E FIGURE PROFESSIONALI UTILIZZATE DURANTE LE INDAGINI:

La strumentazione utilizzata nell'area è costituita da un sismografo multicanale **M.A.E. modello A 6000 S** (*Figura 2*), avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- *capacità di campionamento dei segnali tra 0,002 e 0,00005 sec;*
- *sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);*
- *filtri High Pass e Band Reject;*
- *"Automatic Gain Control";*
- *convertitore A/D a 24 bit;*
- *16 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;*
- *massa battente pesante di 10 Kg.*



*Fig. 2: sismografo multicanale M.A.E. modello A 6000 S.*

Durante la fase di acquisizione dati la Ditta "GEOSECURE S.r.l." si è avvalsa delle seguenti figure professionali:

- n. 1 geofisico prospettore;
- n. 2 assistenti al geofisico prospettore.

Tutti gli strumenti di misura, impiegati in accordo con il calendario di taratura imposto al sistema di qualità in uso presso la Ditta "GEOSECURE S.r.l." sono tarati presso il laboratorio della "M.A.E. s.r.l." di Frosolone (IS).

## PRINCIPI DI BASE:

La metodologia **sismica a rifrazione** utilizza la stima delle **velocità di propagazione** delle onde sismiche nel sottosuolo che sono generate quando il terreno è sottoposto a sollecitazioni artificiali o naturali (sisma).

La determinazione delle velocità viene ricavata misurando i **tempi di primo arrivo** delle onde sismiche generate in diversi punti sulla superficie topografica, considerando i seguenti *principi di base*:

- *le onde sismiche si propagano con velocità diverse in mezzi con caratteristiche meccaniche diverse*
- *quando il raggio sismico attraversa una discontinuità di velocità (passa da un mezzo più lento ad uno più veloce, o viceversa) cambia direzione come descritto dalla **Legge di Snell**.*

## I CASI DI APPLICAZIONE DELLA SISMICA A RIFRAZIONE:

I metodi di interpretazione della **sismica a rifrazione di superficie** si basano sull'analisi delle **onde P** o in alternativa **onde S** e trovano numerosi campi di applicazione:

- **Studi di carattere geotecnico (individuazioni delle proprietà fisiche dei mezzi investigati);**
- **Studi di carattere geologico (successioni stratigrafiche, individuazione di faglie, strutture sepolte, ecc.);**
- **Determinazione della profondità del substrato roccioso;**
- **Studi per la pianificazione del territorio (microzonazione sismica);**
- **Studi in campo ambientale (discariche).**

La tabella di seguito riportata illustra i casi di applicazione per ogni metodologia d'indagine.

<u>Metodi di interpretazione</u>	<u>Caso di applicazione</u>
<b>Delle intercette (o convenzionale)</b>	Strati paralleli e sub-orizzontali
Reciproco generalizzato (GRM)	Morfologie degli strati articolate e con inclinazioni < 20°
Reciproco di Hawkins o Delay time	Morfologie degli strati articolate e con inclinazioni < 20°
<b>Tomografico</b>	Morfologie complesse

Considerate le caratteristiche geologiche dell'area di studio, i metodi d'indagine sismica utilizzati sono stati il **metodo delle intercette** (o metodo convenzionale) ed il **metodo tomografico**.

Operativamente, ciò che è stato eseguito in campagna è una disposizione lungo una retta di **trasduttori velocimetrici (geofoni)** lungo la sezione specifica che si desiderava investigare; quindi, in funzione della risoluzione e delle profondità ricercate, si sono adeguatamente disposti i punti di produzione dell'energia elastica; leggendo i tempi dei primi arrivi delle onde sismiche ai geofoni, si sono ricostruite le **dromocrone** che permettono di individuare le variazioni verticali di velocità e le velocità reali dei diversi sismostrati.

Secondo i tempi di primo arrivo delle onde longitudinali **P** e le distanze relative alla configurazione geometrica adottata (**interspazio geofonico** e **offset di scoppio**) è stato possibile, inoltre, dimensionare gli spessori dei sismo-strati attraversati dalla radiazione elastica e quindi ottenere una **dettagliata perizia sismica** della porzione di sottosuolo sottoposta ad indagine.

Per ciò che concerne la campagna di indagine del lavoro in oggetto, sono stati sviluppati in situ:

- **n° 02 stendimenti sismici – DENOMINATI SS1 e SS2** - con l'utilizzo di n° **16 geofoni** distanziati tra di loro su linea retta con distanza intergeofonica pari a 3,00 metri (entrambi di lunghezza 48,00 MT).

## 2.2 MASW

### INTRODUZIONE:

Il metodo **MASW** (**Multichannel Analysis or Surface Waves**) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , sulla base della **misura delle onde superficiali** eseguita in corrispondenza di diversi sensori (**geofoni** nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle **onde di Rayleigh**, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde; in un mezzo stratificato le **onde di Rayleigh** sono dispersive (**fenomeno della dispersione geometrica**), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (**Achenbach, IO., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980**) o detto in maniera equivalente **la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.**

La **natura dispersiva** delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine **MASW** utilizzato è, inoltre, di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite **energizzazione** con mazza battente parallelamente all'*array*) e misurate da uno stendimento lineare di sensori (*geofoni*).

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel **range di frequenze** compreso tra **5-10Hz** e **70-100Hz**, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30,00-50,00 metri, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

### METODOLOGIA UTILIZZATA:

Il metodo prevede lo svolgimento di **n° 4 fasi** successive e propedeutiche:

*1) calcolo della curva di dispersione sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio*

*spazio-tempo lungo lo stendimento;*

- 2) *calcolo della curva di dispersione apparente numerica mediante il metodo **Roma (2001)**;*
- 3) *calcolo della curva di dispersione effettiva numerica mediante il metodo **Lai-Rix (1998)**;*
- 4) *individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_{sv}$ , modificando opportunamente lo **spessore  $h$** , le **velocità delle onde di taglio  $V_{sv}$**  e di **compressione  $V_p$**  (o in alternativa il **coefficiente di Poisson  $\nu$** ), la **densità di massa  $\rho$**  degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato; l'**affidabilità del profilo di velocità  $V_s$**  trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativo tra le due curve.*

### **STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E FIGURE PROFESSIONALI UTILIZZATE DURANTE LE INDAGINI:**

Durante la fase di acquisizione dati la Ditta “GEOSECURE S.r.l.” si è avvalsa delle seguenti figure professionali:

- **n. 1 geofisico prospettore;**
- **n. 2 assistenti al geofisico prospettore.**

Tutti gli strumenti di misura, impiegati in accordo con il calendario di taratura imposto al sistema di qualità in uso presso la Ditta “GEOSECURE S.r.l.” sono tarati presso il laboratorio della “M.A.E. s.r.l.” di Frosolone (IS).

**L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata** nella zona di indagine è stata costituita da:

- *un sistema di energizzazione: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 10 Kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde SV, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali;*
- *un sistema di ricezione costituito da 16 geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa (peso della massa 12.2 gr) con frequenza propria di 4.5 Hz, ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la*

*velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali e trasversali prodotte da una specifica sorgente;*

- *un sistema di acquisizione dati con memoria dinamica a 24 bit composto da 12 dataloggers a 2 canali ciascuno per un totale di 24 canali, cavo sismico telemetrico di 130 m, MOM power con interfaccia USB 1.1 24 V, notebook PC Windows XP con software Pane I Acquisition a 24 canali; il sistema è in grado di convertire in digitale e registrare su memoria il segnale proveniente da ciascun canale dal sistema di ricezione; la conversione A/D avviene già dal primo metro di cavo: il sistema permette pertanto di eliminare molte fonti di disturbo dovute al trasferimento del segnale lungo centinaia di metri di cavo sismico ed è inoltre dotato di un sistema di filtraggio in tempo reale, da un hardware complesso, che comporta un anello di regolazione con diversi passaggi di digital signal processing;*
- *un sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.*

Nello specifico, la **strumentazione utilizzata nell'area** è costituita da un sismografo multicanale **M.A.E. modello A 6000 S (Figura 3)**, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- *capacità di campionamento dei segnali tra 0,002 e 0,00005 sec;*
- *sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (**time break**);*
- *filtri High Pass e Band Reject;*
- *"Automatic Gain Control";*
- *convertitore A/D a 24 bit;*
- *16 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;*
- *massa battente pesante di 10 Kg.*



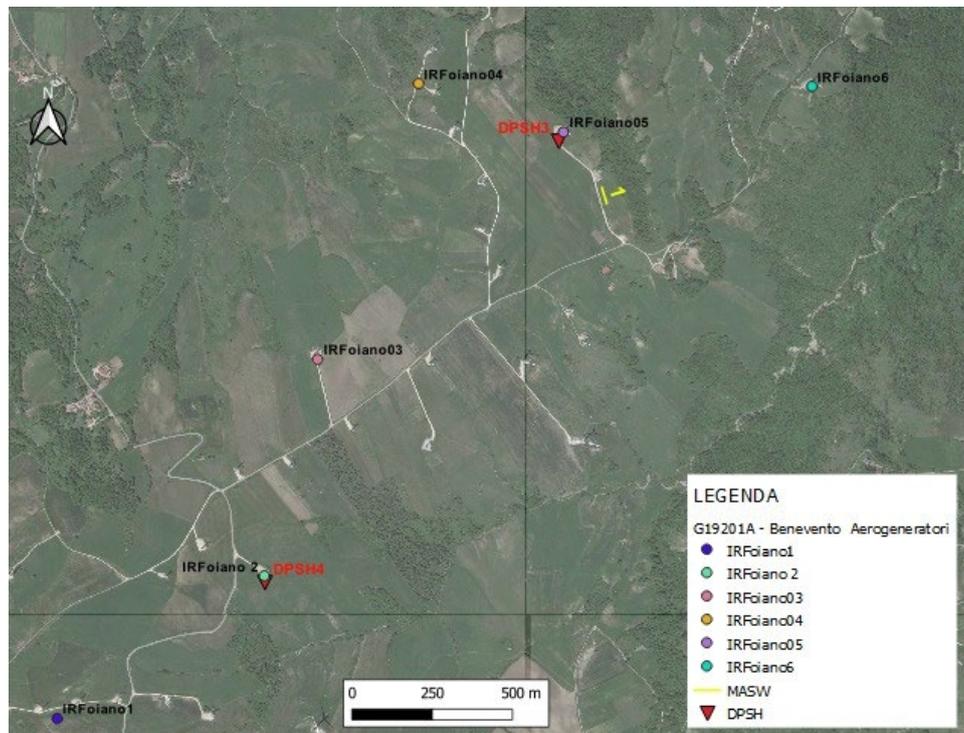
**Fig. 3: sismografo multicanale M.A.E. modello A 6000 S.**

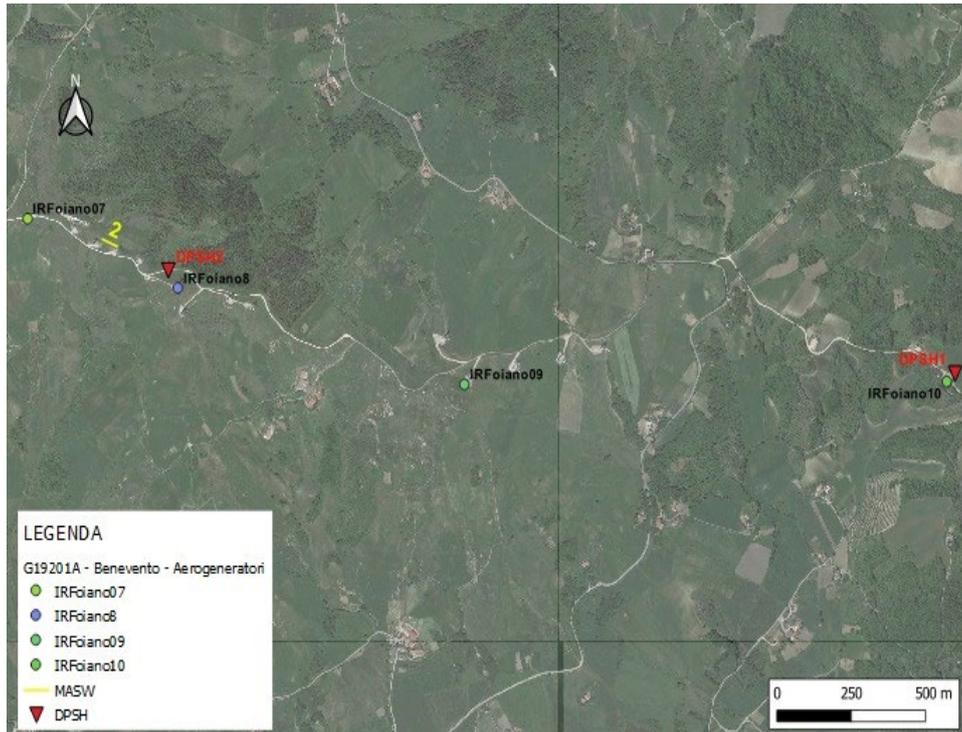
### 3. RISULTATI DELLE PROSPEZIONI ESEGUITE – STENDIMENTO SISMICO SS1

#### 3.1 TOMOGRAFIA SISMICA

**LUNGHEZZA TOTALE DEL PROFILO 48,00 Mt - DISTANZA INTERGEOFONICA = 3,00 Mt**

Il profilo sismico in oggetto è stato ubicato come mostrato, di seguito, in **Figura 4**:





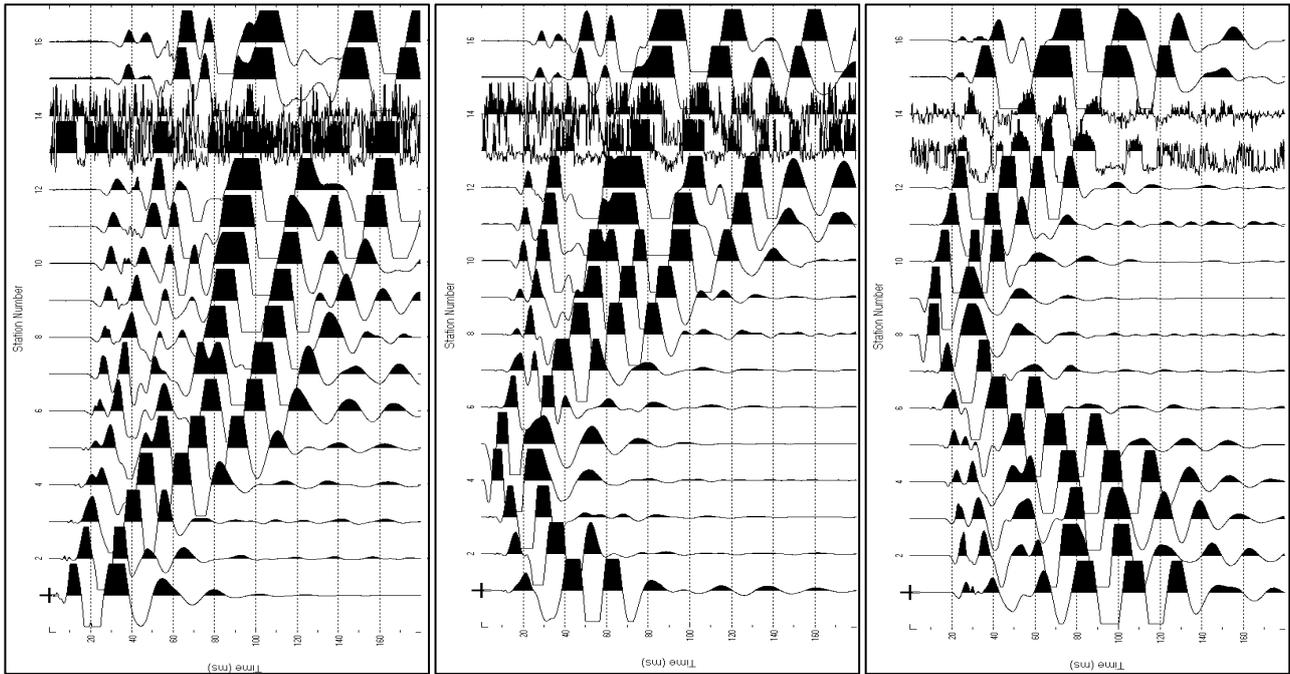
**Fig. 4: ubicazione dei profili sismici.**

Il terreno è stato energizzato mediante l'utilizzo di una mazza **battente di massa pari a 10.00 kg** effettuando scoppi specifici ubicati in punti ben precisi lungo ciascuno stendimento stesso:

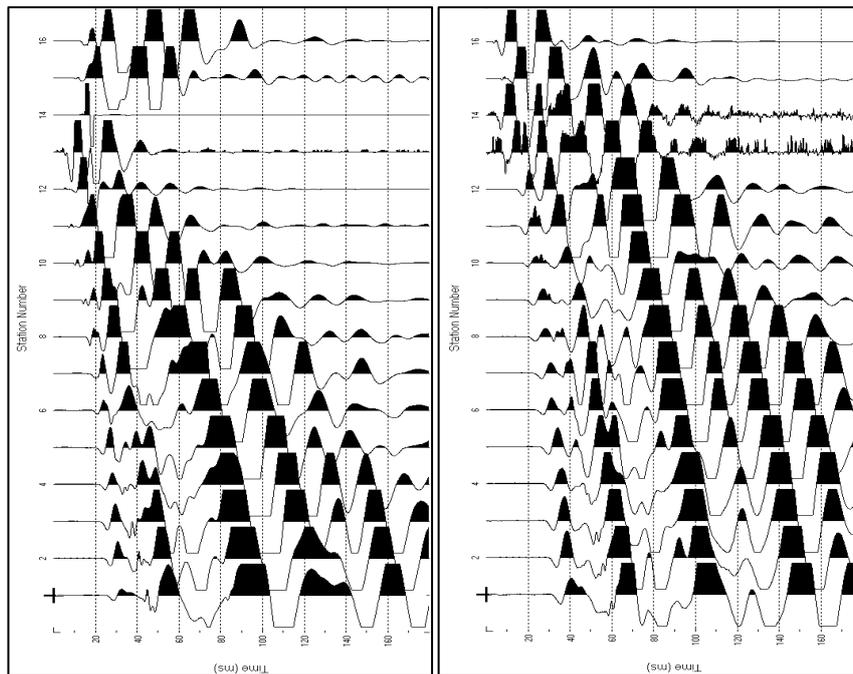
- *due scoppi simmetrici (**off-shots**) esterni allo stendimento ad una distanza di 6,00 metri dal geofono più vicino;*
- *uno scoppio (**mid-shot**) al centro dello stendimento stesso.*
- *due scoppi intermedi allo stendimento, il primo tra il 4° e il 5° geofono e il secondo tra il 12° e 13° geofono.*

I sismogrammi sono stati acquisiti con campionatura pari a 15.000 campioni al secondo per un totale di 0.13 secondi di acquisizione.

Sono riportati le forme d'onda e i dati di picking che sono stati elaborati con il software "**Rayfract 3.36**" della **Intelligent Resources** (Copyright 1996-2019), relativi ai risultati dell'indagine sismica effettuata.



**Fig. 5: sismogrammi dello Scoppio 1,2 e 3 – SS1**

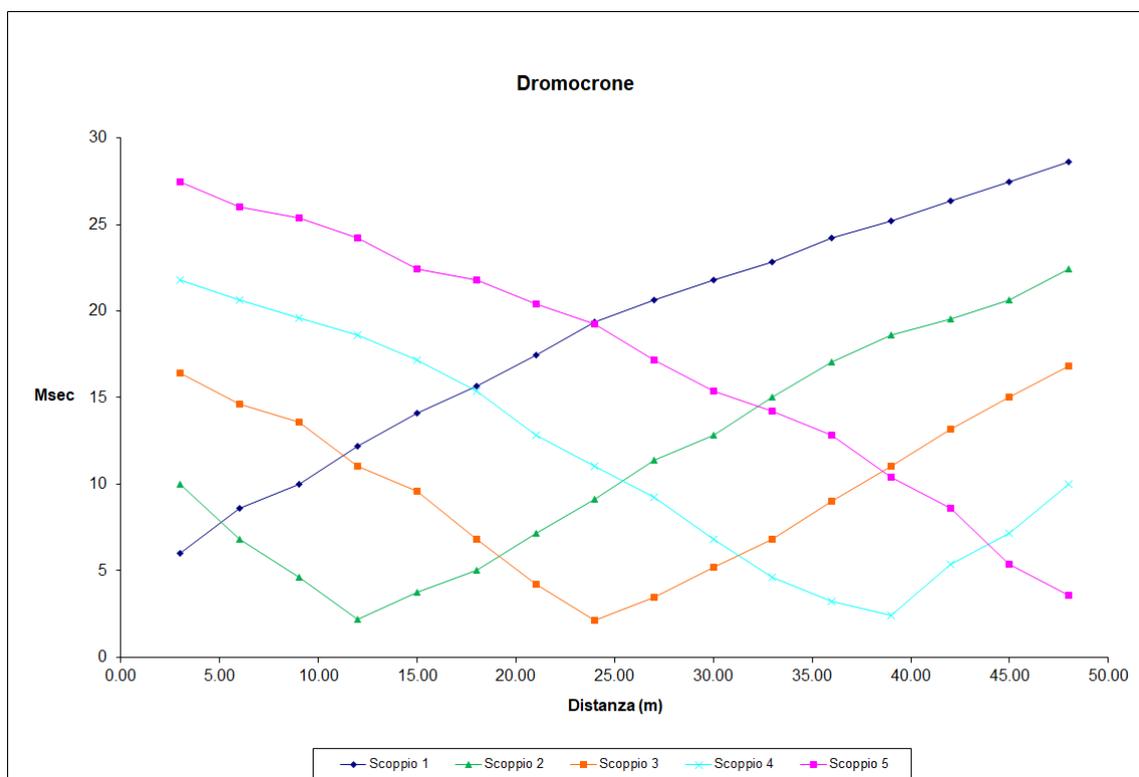


**Fig. 6: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS1**

TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	-3.00	12.00	24.00	36.00	48.00
	msec	msec	msec	msec	msec
3.00	6.025	10	16.41	21.794	27.435
6.00	8.589	6.795	14.615	20.64	26.025
9.00	10	4.615	13.589	19.615	25.384
12.00	12.179	2.179	11.025	18.589	24.23
15.00	14.102	3.769	9.615	17.179	22.435
18.00	15.64	5	6.795	15.384	21.794
21.00	17.435	7.179	4.231	12.82	20.384
24.00	19.358	9.128	2.12	11.025	19.23
27.00	20.64	11.41	3.479	9.23	17.179
30.00	21.794	12.82	5.169	6.795	15.384
33.00	22.82	14.999	6.795	4.615	14.23
36.00	24.23	17.035	9.015	3.205	12.82
39.00	25.22	18.589	11.025	2.436	10.384
42.00	26.384	19.558	13.205	5.384	8.589
45.00	27.435	20.64	14.999	7.179	5.384
48.00	28.589	22.435	16.794	10	3.59

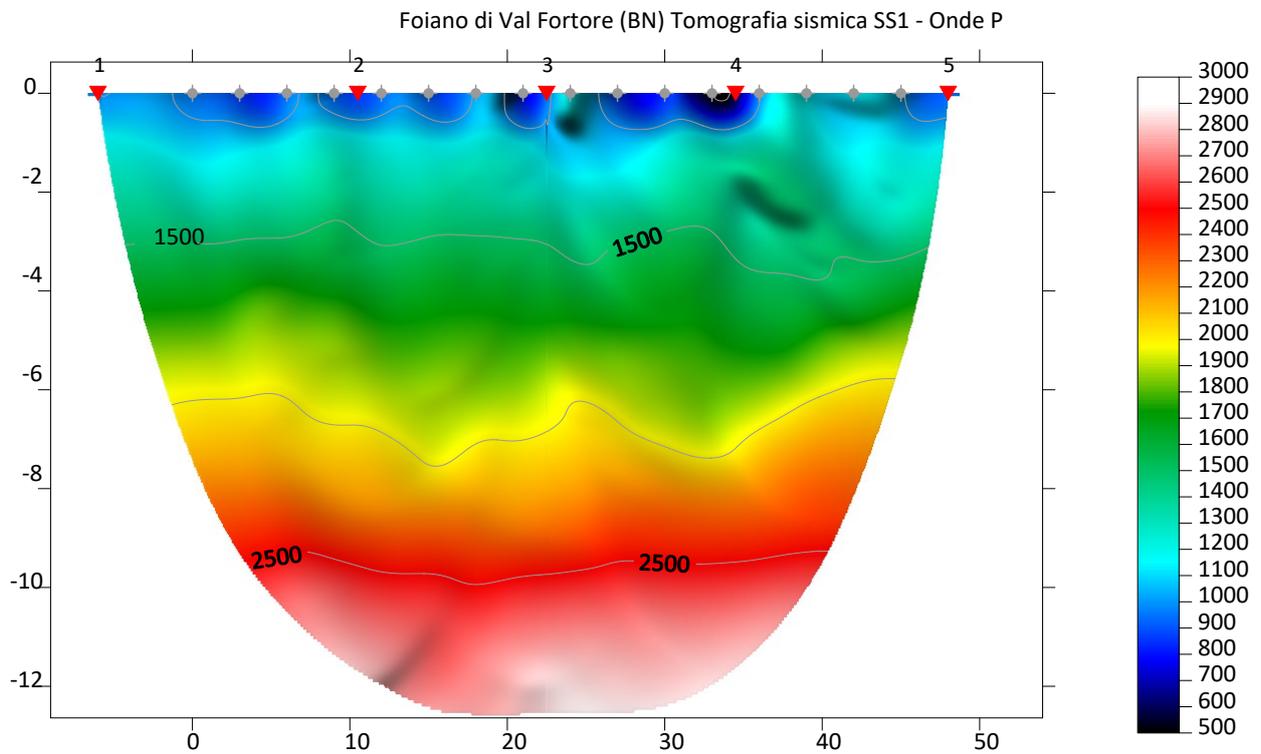
**Fig. 7: tabella dei primi arrivi**

Nella **Figura 8** sono riportate le **dromocrone dei primi arrivi**.



**Fig. 8: dromocrone dei primi arrivi**

Nella figura seguente viene riportata la tomografia sismica relativa al sito di indagine, calcolata tramite software **Rayfract 3.36** con restituzione grafica ottenuta tramite software **Surfer 9.0**.



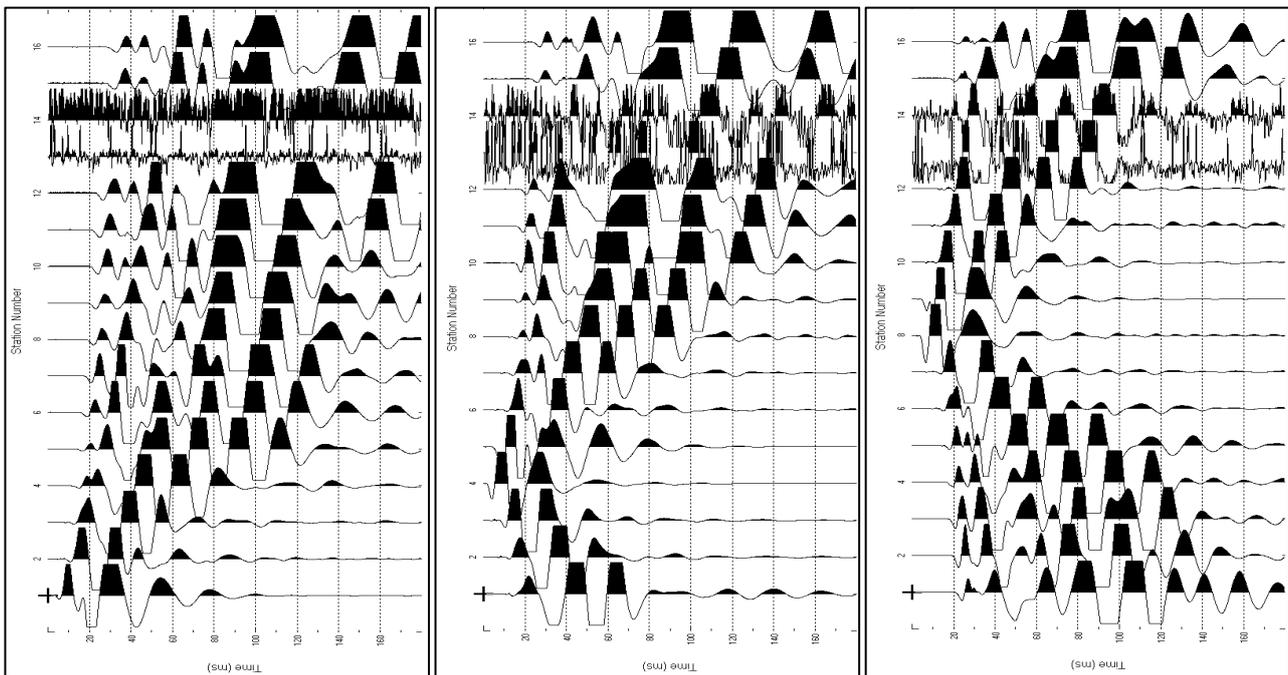
**Fig. 9: tomografia sismica SS1**



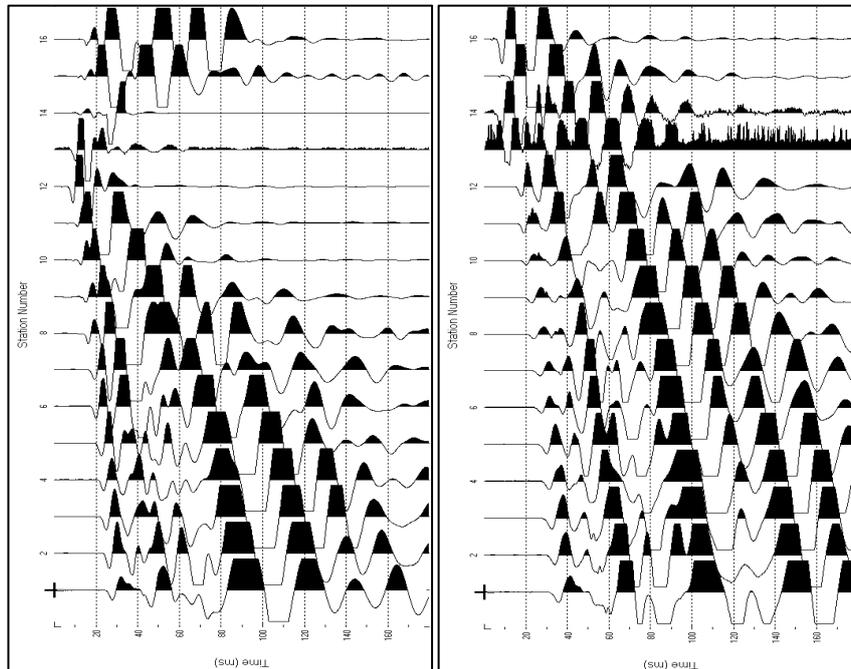
**FOTO 1A: postazione di energizzazione SS1**

## STENDIMENTO SISMICO SS2

**LUNGHEZZA TOTALE DEL PROFILO 48,00 Mt - DISTANZA INTERGEOFONICA = 3,00 Mt**



**Fig. 10: sismogrammi dello Scoppio 1, 2 e 3 – SS2**

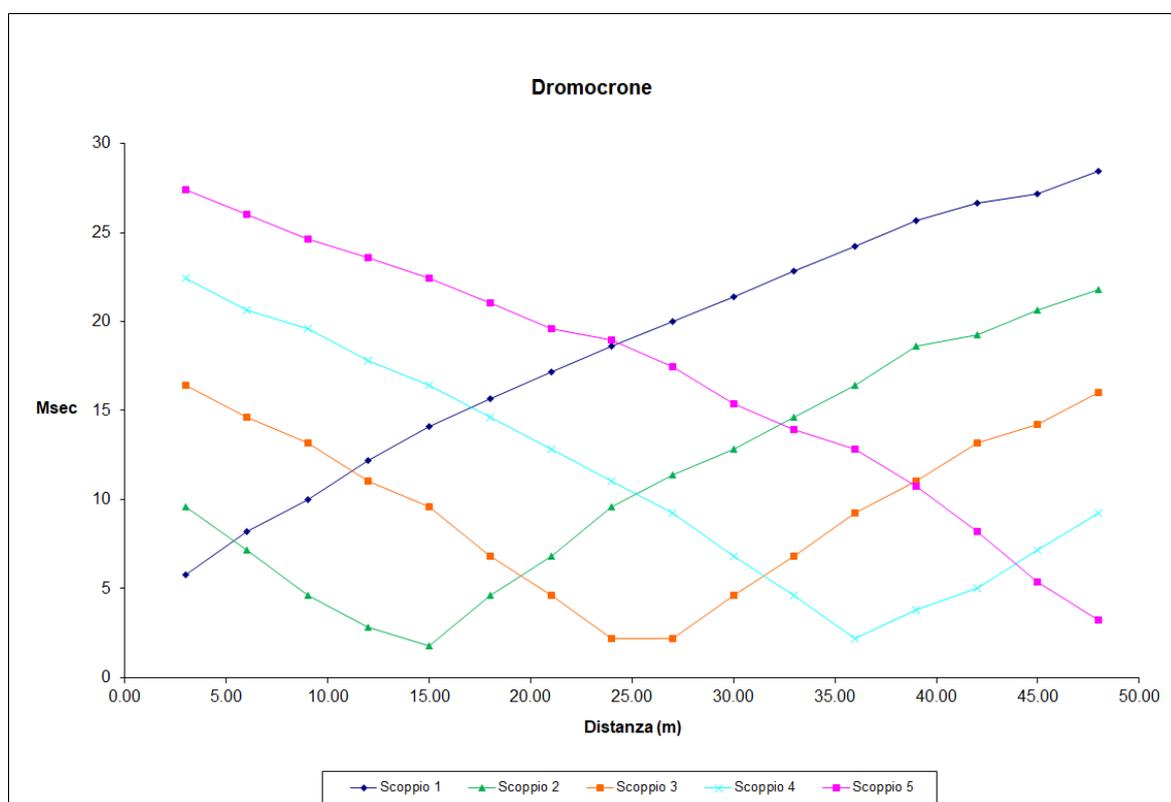


**Fig. 11: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS2**

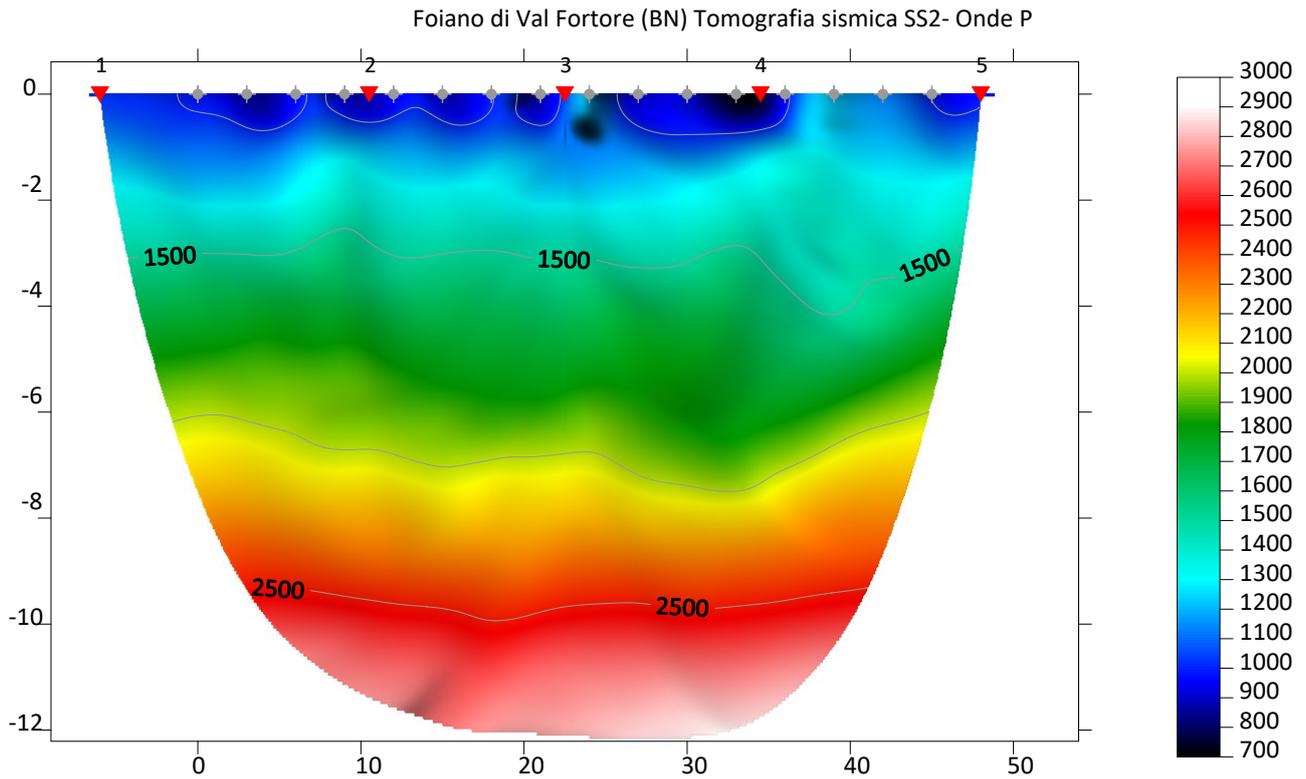
TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	-3.00	12.00	24.00	36.00	48.00
	msec	msec	msec	msec	msec
3.00	5.769	9.615	16.41	22.435	27.409
6.00	8.205	7.179	14.615	20.64	26.025
9.00	10	4.615	13.205	19.615	24.614
12.00	12.179	2.798	11.025	17.82	23.589
15.00	14.102	1.795	9.615	16.41	22.435
18.00	15.64	4.615	6.795	14.615	21.025
21.00	17.179	6.795	4.615	12.82	19.615
24.00	18.589	9.615	2.179	11.025	18.974
27.00	19.999	11.41	2.179	9.23	17.435
30.00	21.409	12.82	4.615	6.795	15.384
33.00	22.82	14.615	6.795	4.615	13.905
36.00	24.23	16.41	9.23	2.179	12.82
39.00	25.64	18.589	11.025	3.82	10.769
42.00	26.64	19.23	13.205	5	8.205
45.00	27.178	20.64	14.23	7.179	5.384
48.00	28.435	21.794	16.025	9.23	3.205

**Fig. 12: tabella dei primi arrivi**

Nella **Figura 13** sono riportate le **dromocrone dei primi arrivi**.



**Fig. 13: dromocrone dei primi arrivi**



**Fig. 14: tomografia sismica SS2**



**FOTO 2A: postazione di energizzazione SS2**

### 3.2 MASW

#### ELABORAZIONE DEI DATI M1:

Per ciò che riguarda l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software EasyMasw per ottenere il grafico di dispersione e per l'elaborazione del profilo di Vs.

I sismogrammi sono stati acquisiti con campionatura pari a 1.000 campioni al secondo per un totale di 2 secondi di acquisizione.

La **distanza intergeofonica** è stata stabilita in 3,00 metri, mentre lo **scoppio di energizzazione** è stato effettuato a 6,00 metri dal primo geofono.

#### Di seguito si riportano i seguenti elaborati grafici riferiti alla stessa eseguita:

In **Fig. 15** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;

In **Fig. 16** è riportato il grafico mostrante lo spettro di velocità – frequenze 3D acquisito;

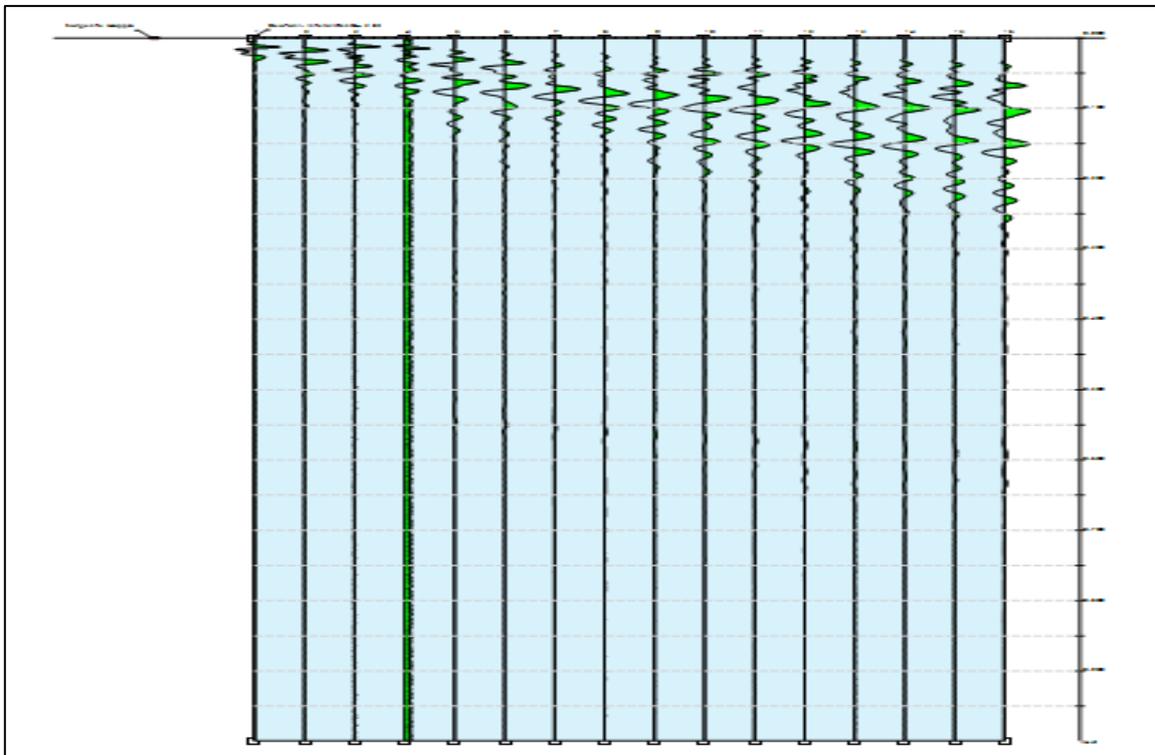
In **Fig. 17** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;

In **Fig. 18** è riportato il grafico mostrante il profilo di velocità;

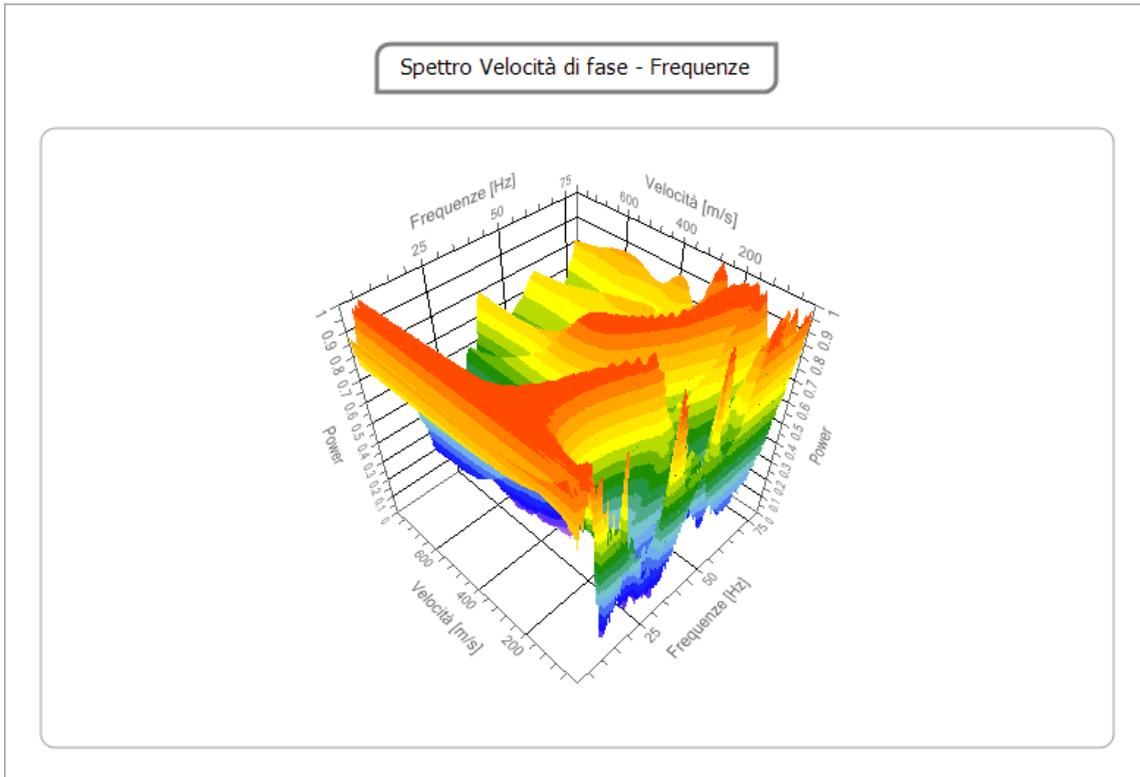
In **Fig. 19** è riportato l'andamento di Vs con la profondità;

In **Fig. 20** è riportato il Calcolo di  $V_{seq}$ . M1;

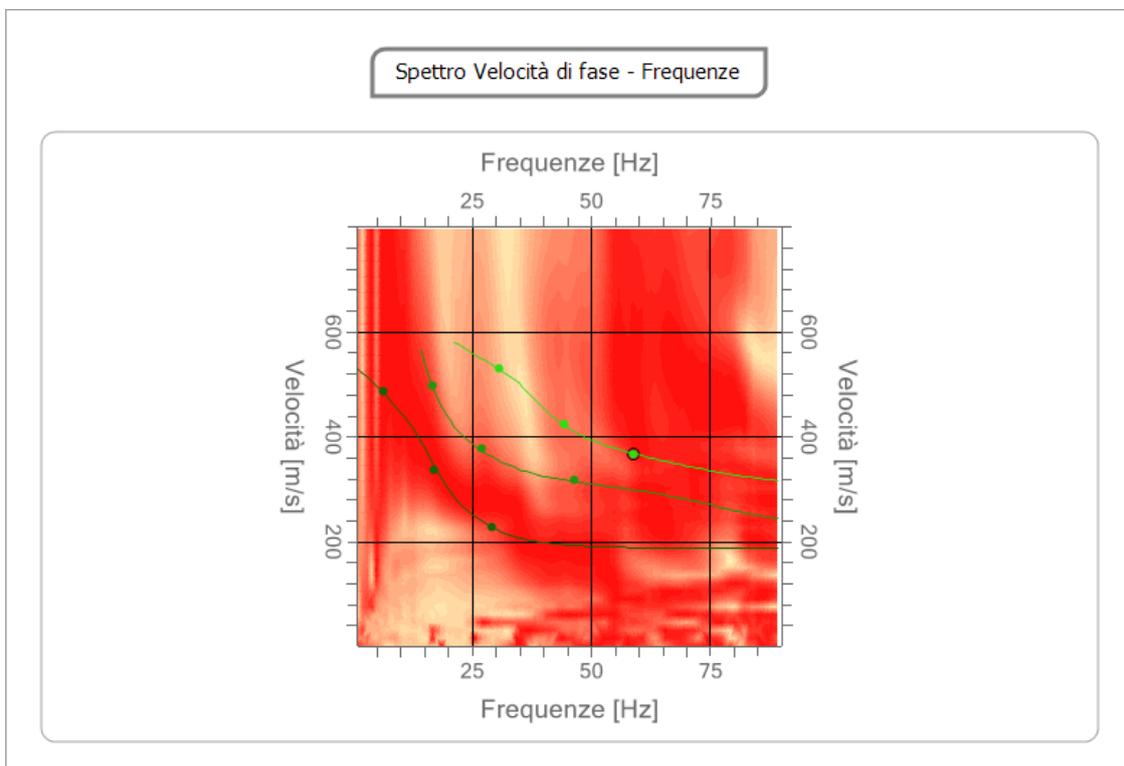
In **Fig. 21** è riportata la Tabella di calcolo di  $V_{seq}$ . M1.



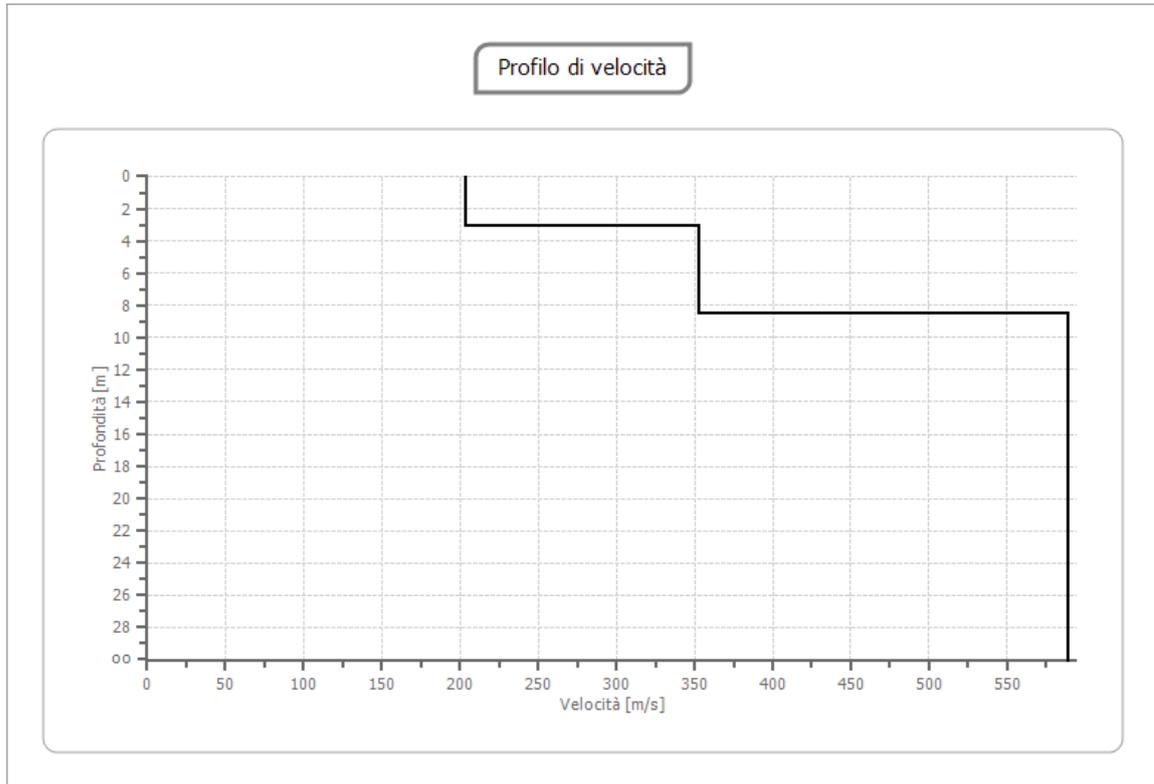
**Fig.15: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della MASW- M1**



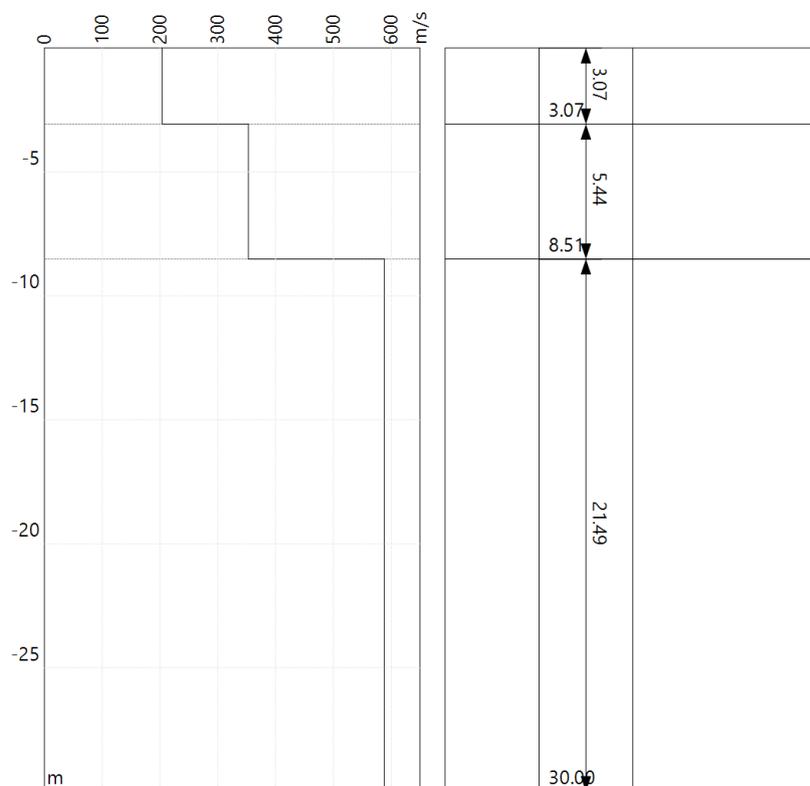
**Fig. 16: spettro di velocità – frequenze 3D acquisito M1**



**Fig. 17: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale M1**



**Fig. 18: profilo di velocità - profondità acquisito M1**



**Fig. 19: andamento di Vs con la profondità - M1**

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b><math>V_{s,eq}</math> [m/sec] (H=30.00 m)</b>	447.58
<b>Categoria del suolo</b>	B

**Fig. 20: Calcolo di  $V_{seq}$ . M1**

N.	Profondità (m)	Spessore (m)	$V_p$ [m/sec]	$V_s$ [m/sec]
1	3.07	3.07	380.4	203.3
2	8.51	5.44	660.4	353.0
3	30.00	21.49	1100.9	588.5

**Fig. 21: Tabella di calcolo di  $V_{seq}$ . M1**

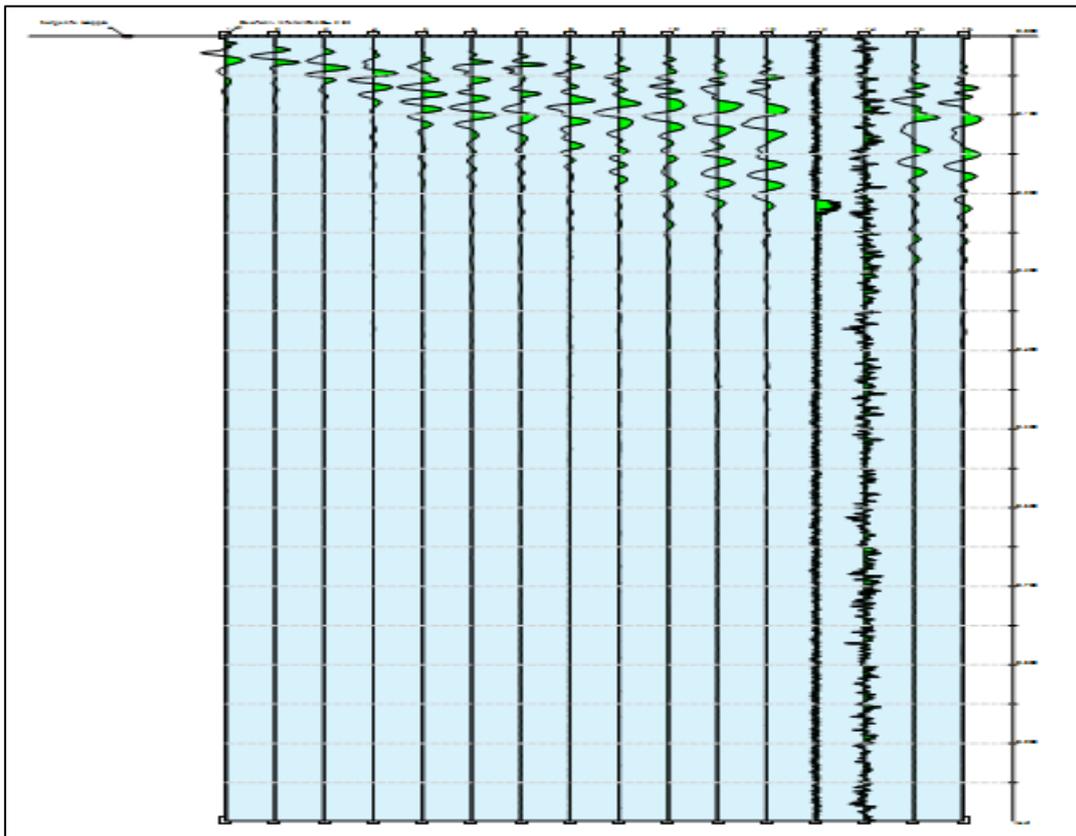


**FOTO 1B: panoramica dello stendimento M1**

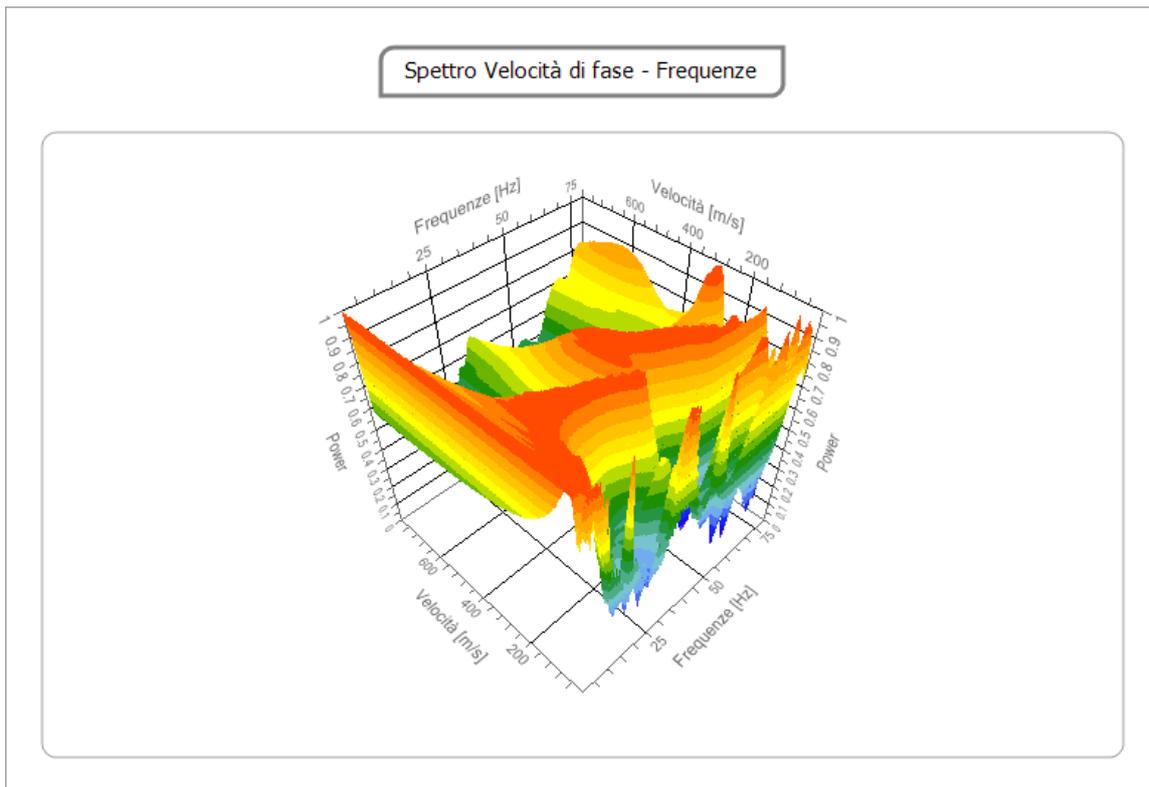
## ELABORAZIONE DEI DATI M2:

**Di seguito si riportano i seguenti elaborati grafici riferiti alla stessa eseguita:**

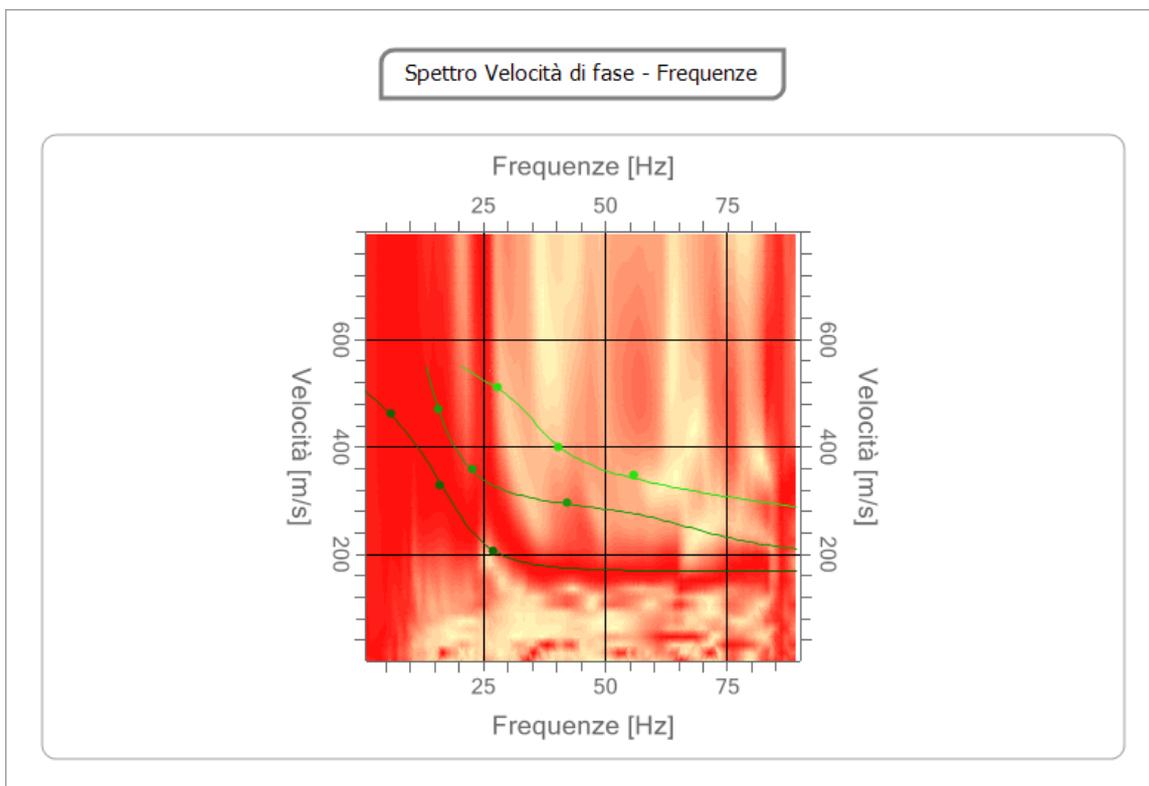
- In **Fig. 22** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;
- In **Fig. 23** è riportato il grafico mostrante lo spettro di velocità – frequenze 3D acquisito;
- In **Fig. 24** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;
- In **Fig. 25** è riportato il grafico mostrante il profilo di velocità;
- In **Fig. 26** è riportato l'andamento di  $V_s$  con la profondità;
- In **Fig. 27** è riportato il Calcolo di  $V_{seq. M2}$ ;
- In **Fig. 28** è riportata la Tabella di calcolo di  $V_{seq. M2}$ .



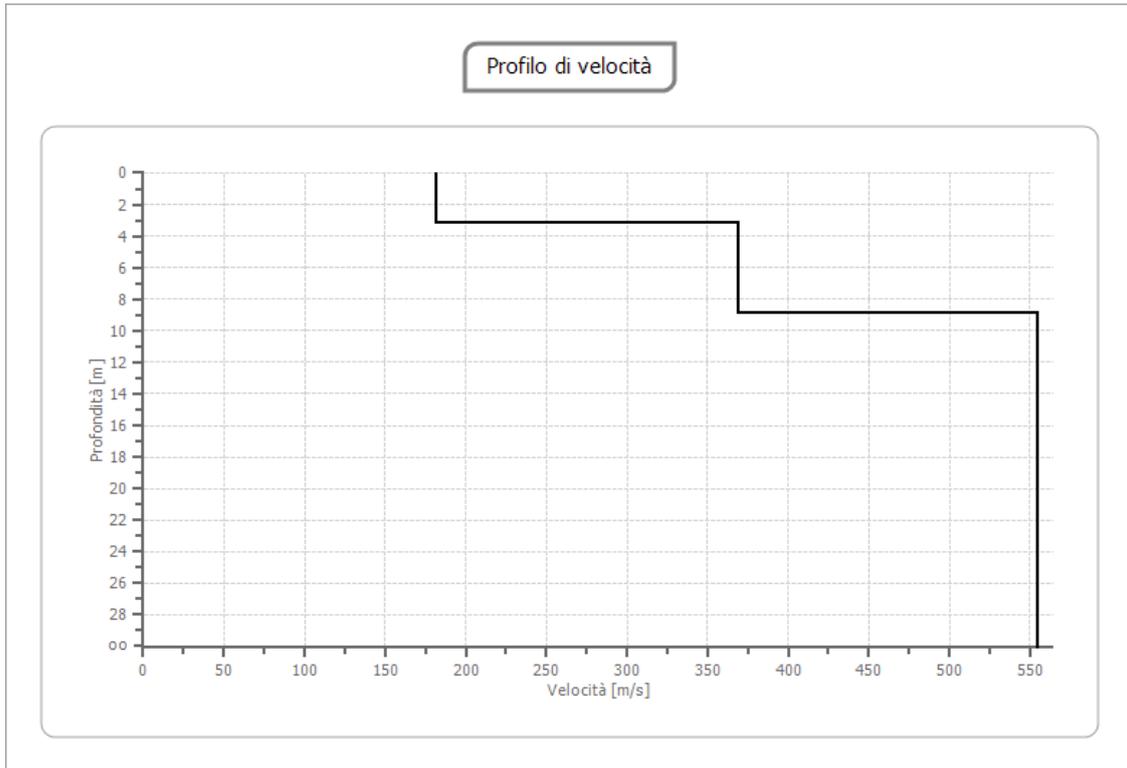
**Fig.22: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della MASW- M2**



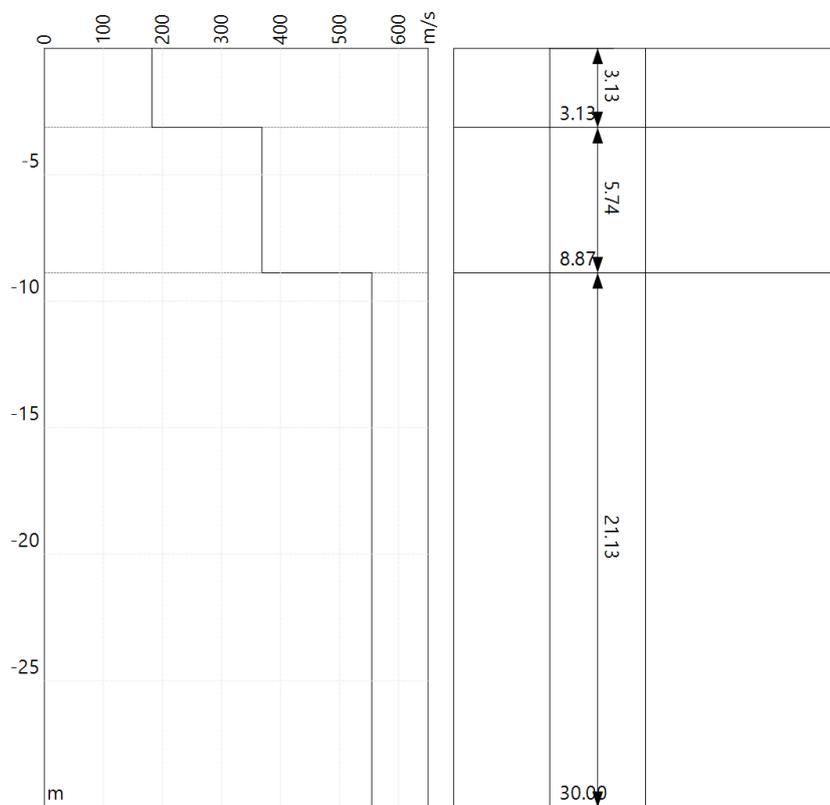
**Fig. 23: spettro di velocità – frequenze 3D acquisito M2**



**Fig. 24: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale M2**



**Fig. 25: profilo di velocità - profondità acquisito M2**



**Fig. 26: andamento di Vs con la profondità - M2**

Profondità piano di posa [m]	0.00
$V_{s,eq}$ [m/sec] (H=30.00 m)	423.27
Categoria del suolo	B

**Fig. 27: Calcolo di  $V_{seq}$ . M2**

N.	Profondità (m)	Spessore (m)	$V_p$ [m/sec]	$V_s$ [m/sec]
1	3.13	3.13	340.5	182.0
2	8.87	5.74	689.9	368.8
3	30.00	21.13	1037.4	554.5

**Fig. 28: Tabella di calcolo di  $V_{seq}$ . M2**



**FOTO 2B: panoramica dello stendimento M2**

#### 4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO DI INDAGINE

Riguardo alla **classificazione sismica dei suoli di fondazione** *in situ* prevista dalla Normativa in vigore (**D.M. 17 Gennaio 2018, Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni**), vengono identificate n° **5 classi** (denominate rispettivamente **A, B, C, D** e **E**) ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico.

Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori 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	<b><i>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 fra 360 m/s e 800 m/s.</i></b>
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, 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 30m.

Per  **$V_{s\text{equivalente}}$**  s'intende la media pesata delle velocità delle onde **S** negli strati fino alla profondità alla quale si incontra il substrato sismico ( $V_s > 800$  m/s).

Per il suolo di fondazione della zona di studio il parametro  **$V_s$**  equivalente è caratterizzato dalle seguenti velocità rilevate:

- $V_s$  Equivalente *M1* pari a **447 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B;**
- $V_s$  Equivalente *M2* pari a **423 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B.**

Calcolato, quindi, con la prospezione geofisica **MASW** il valore di  **$V_{s\text{eq}}$**  valido è stato possibile classificare il terreno del sito di indagine, che rientra nella **categoria di tipo B**: tale sottosuolo è definito come ***“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 fra 360 m/s e 800 m/s”.***

#### IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Ing. Monia Angela Guida

## **GEOSECURE SRL**

Il Direttore Tecnico  
Dott. Ing. Monia Angela Guida

