



**REGIONE MOLISE**

***COMUNE di***

**LARINO**

***(Provincia di CAMPOBASSO)***



**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO  
AGRIVOLTAICO COMPOSTO DA DUE SEZIONI ADIACENTI  
DI POTENZA NOMINALE TOTALE PARI A 10133,76 kW  
DENOMINATO "COLLE CARBONE" - UBIcato NEL COMUNE DI  
LARINO (CB)**

**Committenza: COLLE CARBONE SRL**

## **RELAZIONE GEOLOGICA E MODELLAZIONE SISMICA**



**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**



**IL GEOLOGO**

Dott. Geol. Vincenzo Cortese

**DATA:** APRILE 2022

**Rev. 0**



**SOMMARIO**

**1. PREMESSA.....Pag. 02**

**2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO..... Pag. 04**

**3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO.....Pag. 07**

**4. GEOLOGIA E TETTONICA DEL TERRITORIO IN ESAME.....Pag. 11**

**5. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DI DETTAGLIO**

**DELL'AREA..... Pag. 16**

5.1 INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE NELL'AREA DI STUDIO.....Pag.18

5.2 INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE NELL'AREA DI STUDIO.....Pag. 22

**6. MODELLO GEOLOGICO VALIDO PER L'AREA DI STUDIO..... Pag. 24**

**7. MODELLIZZAZIONE SISMICA DEL LOTTO INVESTIGATO..... Pag. 28**

**8. CONCLUSIONI.....Pag. 40**



## 1. PREMESSA

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 nel tenimento del Comune di **Larino (CB)**, a corredo del Progetto denominato: **"PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO COMPOSTO DA DUE SEZIONI ADIACENTI DI POTENZA NOMINALE TOTALE PARI A 10133,76 Kw DENOMINATO "COLLE CARBONE" - UBICATO NEL COMUNE DI LARINO (CB)"**, su incarico di **COLLE CARBONE SRL**.

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 di dettaglio dell'area;*
- *definire la categoria sismica del sottosuolo secondo le Norme del D.M. 17 Gennaio 2018.*

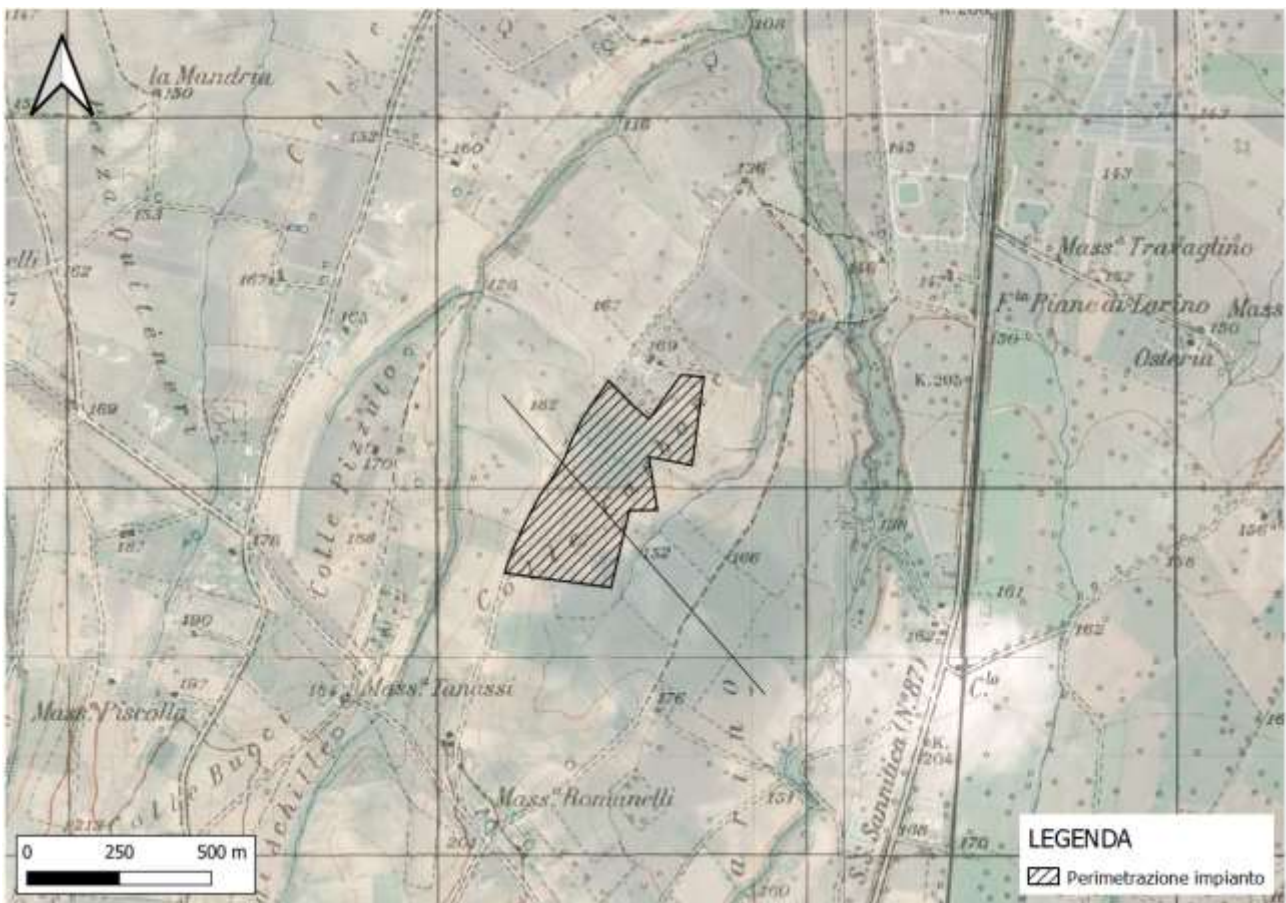


Il lavoro stesso è altresì stato compilato in due fasi distinte e successive:

- 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.

Tutti i risultati desunti dalle indagini effettuate e le relative elaborazioni grafiche, si riportano nel presente fascicolo.

Di seguito si espongono le risultanze di cui trattasi e le considerazioni emerse dallo studio effettuato.



**Fig. 1. Stralcio IGM con ubicazione del sito d'intervento**



## **2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO E DELLA ZONA INTERESSATA DALL'INTERVENTO**

L'area interessata dalla presente indagine geologico-tecnica, trovasi nel territorio comunale di **Larino** a quote comprese tra i 149 m e i 180 m s.l.m. Tale area risulta cartografata nel **F.° 154 “LARINO”** della Carta Geologica D'Italia in scala 1:100.000.

Lo studio geomorfologico, oltre che all'area direttamente interessata dall'opera in oggetto è stato esteso, in modo particolarmente accurato, ad un'ampia area ritenuta significativa ai fini della valutazione dei caratteri geomorfologici rilevanti per la stabilità dell'area stessa.

A **scala regionale** l'area, situata nelle Piane di Larino, presenta una situazione orografica che nell'insieme si presenta uniforme e con profili dolci e modellati senza soluzione di continuità.

**Alla meso-scala, dal punto di vista morfologico** la zona ha un profilo sub-pianeggiante con una debole vergenza a est.

**Dal punto di vista geomorfologico**, l'area ben si inquadra in un contesto dove prevalgono i fenomeni deposizionali.

**Dal Punto di vista litologico**, si registra la presenza di depositi argilloso marnosi.

Per quel che concerne la **caratterizzazione geomorfologica di dettaglio** del lotto oggetto del presente studio geologico-tecnico, è possibile affermare che l'area stessa sia collocata in una zona sub-pianeggiante, caratterizzata dall'**assenza di qualsiasi fenomeno di dissesto geomorfologico**.

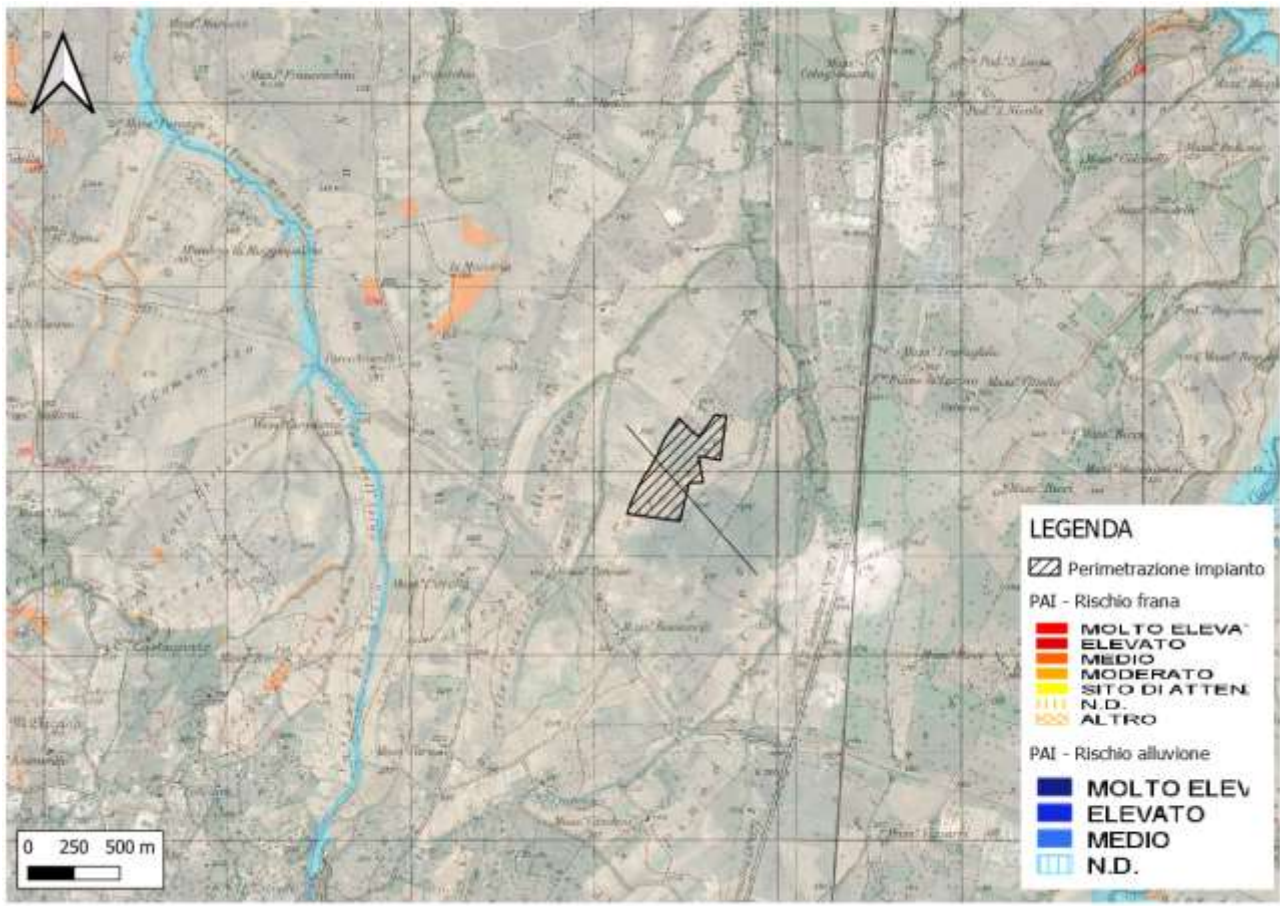


Le pendenze molto esigue, unite alla competenza dei litotipi affioranti, conferiscono al territorio in questione un **alto indice di stabilità**, precludendo così ogni possibilità ai terreni di evolvere in forme di dissesto superficiale di tipo gravitativo.

L'area oggetto di intervento, infine, rientra nelle competenze dell'**Autorità Di Bacino TRIGNO SACCIONE FORTORE BIFERNO**.

Detta area di intervento risulta esclusa da qualsiasi perimetrazione da **RISSCHIO DA FRANA** e **ALLUVIONE** definita dai Piani di Bacino.

**Si riporta in seguito la cartografia:**

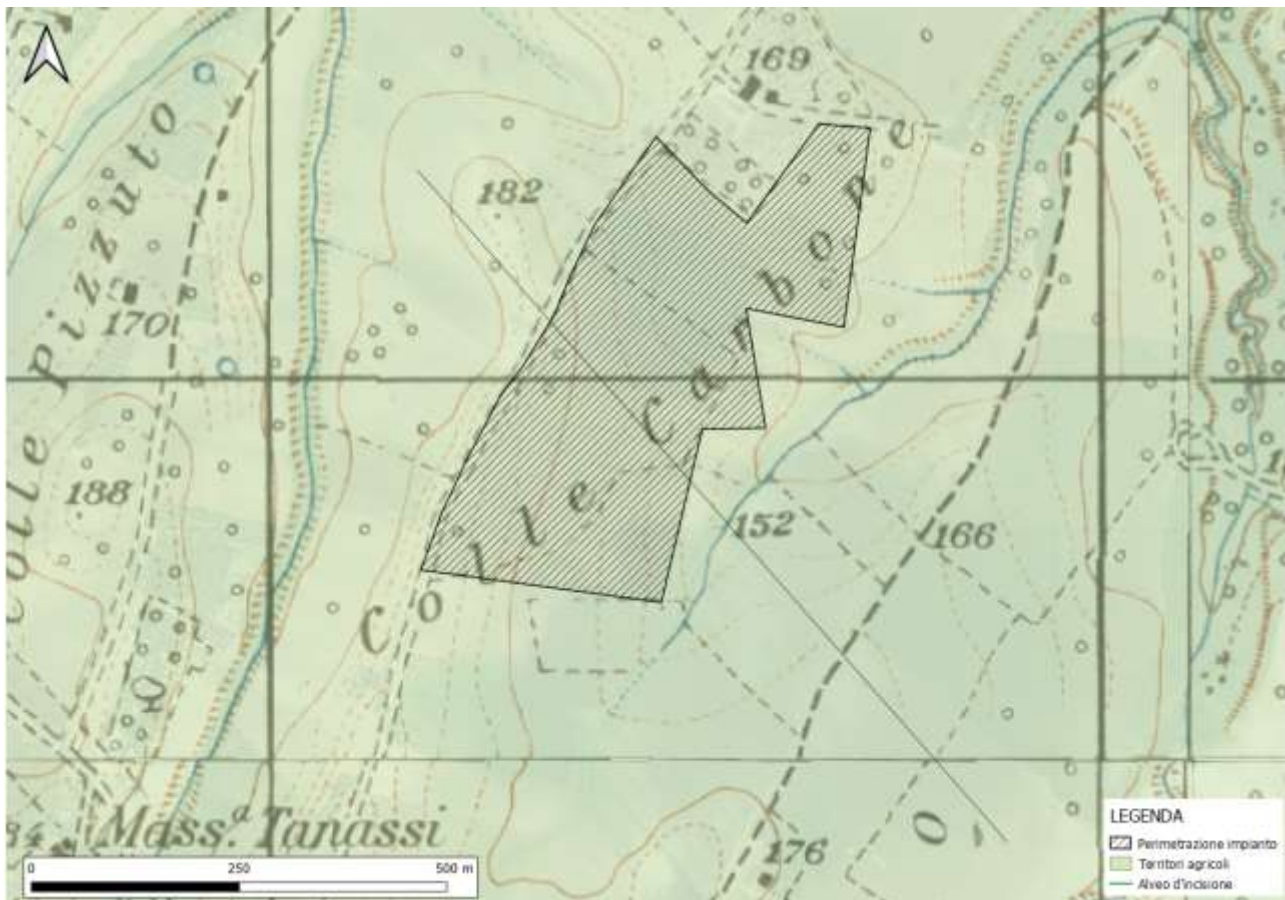


*Fig. 2: Stralcio del P.S.A.I.- Rischio da Frana e Alluvione*



Il terreno interessato dal Progetto di cui in oggetto risulta quindi stabile, essendo privo di qualunque indizio di disequilibrio passato, in atto o potenziale in seno ai terreni oggetto di intervento.

Si riportano nel dettaglio stralcio della carta geomorfologica dell'area d'intervento in scala 1:5.000:



*Fig. 3: Stralcio della carta geomorfologica dell'area d'intervento*



### **3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO**

**Lo schema generale** della circolazione idrica sotterranea dell'area di studio risulta strettamente controllato dall'assetto strutturale, ereditato dai complessi eventi tettonici che si sono verificati nel corso di milioni di anni.

L'area in esame ricade nel bacino del Fiume Biferno, uno dei principali fiumi del Molise.

**Per quanto riguarda le caratteristiche idrologiche dell'area oggetto di intervento**, l'area è caratterizzata da una fitta rete di corsi d'acqua superficiali che confluiscono nel Fiume Biferno.

**In particolare** nell'area oggetto di studio, la situazione idrogeologica è da ritenersi piuttosto semplice e dipendente dalla diversa permeabilità dei terreni presenti. In particolare, la presenza di argille pressoché impermeabili dà luogo ad emergenze puntuali o lineari quando posti a contatto con i complessi calcarei.

**Dalle prove penetrometriche eseguite in sito non è stata rilevata la presenza di una falda superficiale.**

Detta area di intervento risulta esclusa da qualsiasi perimetrazione da **RISCHIO DA FRANA** e **ALLUVIONE** definita dai Piani di Bacino.

**Si riporta di seguito la cartografia:**

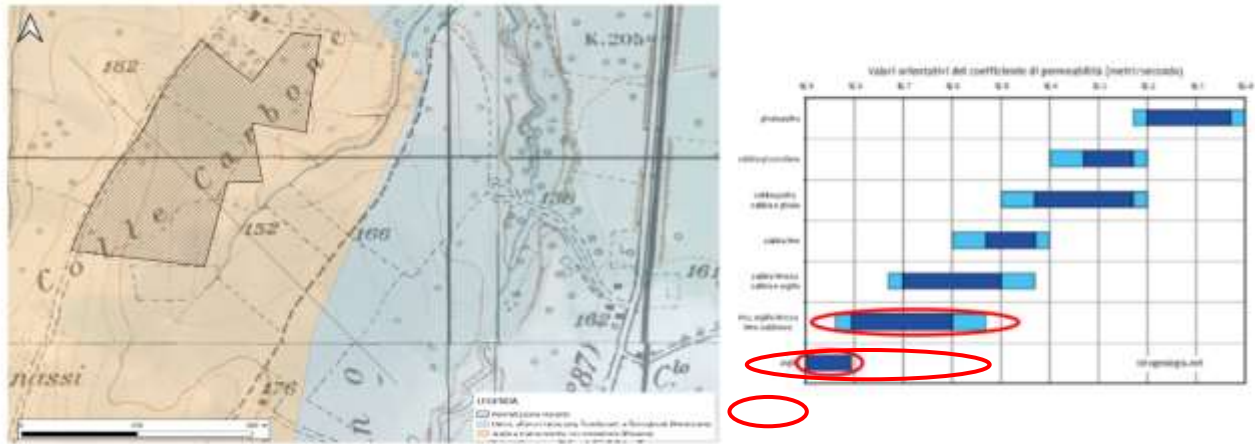
**Si riporta di seguito la corografia dei bacini dell'area d'interesse in scala 1:25.000:**





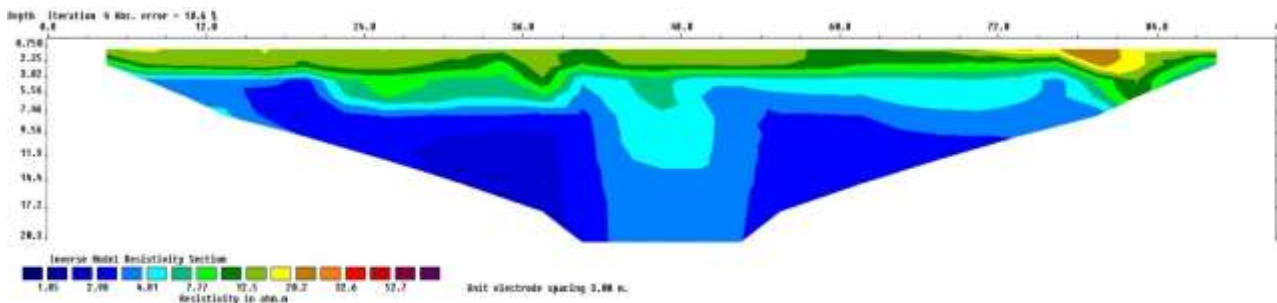
*Fig. 7: Corografia dei bacini dell'area d'interesse in scala 1:25.000*

**Si riporta di seguito stralcio della carta idrogeologica di dettaglio dell'area di studio:**

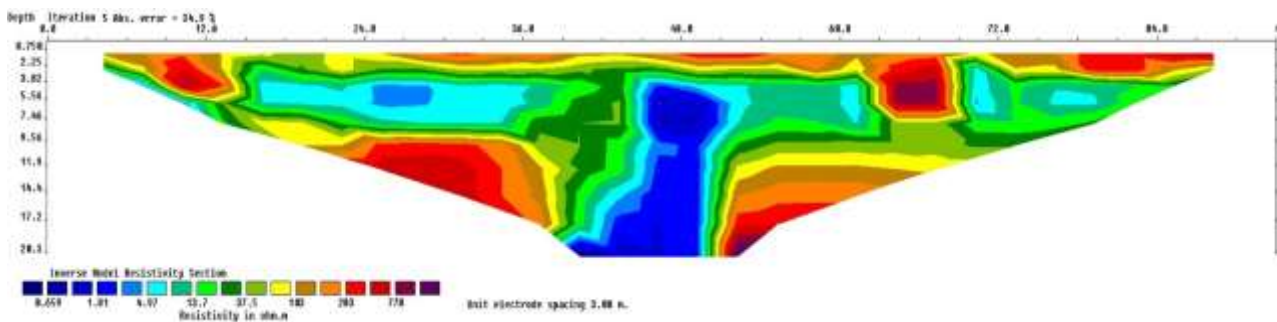


*Fig. 8: Carta idrogeologica di dettaglio dell'area di studio*

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dalle prove geoelettriche eseguite nell'area di studio:



**Tomografia elettrica ERT1**





## ***Tomografia elettrica ERT2***

Analizzando nello specifico gli stendimenti è possibile affermare che nello stendimento geoelettrico ERT1 eseguito all'interno del fondo, i valori relativamente bassi di resistività sono da mettere in relazione con la presenza di terreni con coperture unificate con grado di umidità medio-alti.

Per lo stendimento ERT2 (eseguito a ridosso della strada, si rinvergono valori di resistività mediamente più alti rispetto a quelli della ERT1 probabilmente a causa della presenza di materiali di natura antropica utilizzati per la realizzazione della strada che in qualche modo influiscono sulla diversa distribuzione dei valori che si ricava in profondità.

Non si rinvergono ulteriori anomalie di resistività almeno fino alla profondità investigata pari a circa 20 metri che possano essere ricondotte alla presenza di cavità o vuoti.



## **4. GEOLOGIA E TETTONICA DEL TERRITORIO IN ESAME**

In **A scala regionale** l'area appartiene al settore del BASSO MOLISE, una delle sette aree nelle quali è stato suddiviso il Molise, di riferimento sia per la caratterizzazione dei contesti territoriali in cui ricadono i singoli geositi sia per gli aspetti concernenti la valorizzazione degli stessi.

Nonostante la sua limitata estensione, il territorio della regione Molise si distingue per una elevata diversità dal punto di vista geologico-ambientale che si rispecchia nei suoi caratteri fisiografici e paesaggistici. L'assetto geologico-strutturale della regione Molise, di notevole complessità, rappresenta sicuramente l'attributo territoriale più caratterizzante e la fonte principale della sua diversità.

L'Appennino molisano è parte di una più ampia catena (la catena appenninica meridionale) caratterizzata da una struttura a falde di ricoprimento di tipo "thrust and fold belt", tipica delle catene monovergenti, con direzione del trasporto orogenetico verso i quadranti nordorientali. Tale catena deriva dalla deformazione compressiva, realizzatasi durante il Miocene ed il Pliocene, del Margine continentale apulo-adriatico sviluppatosi a partire dal Trias e costituito da un'alternanza di piattaforme carbonatiche e bacini profondi.

Le aree della porzione mediana ed esterna della catena appenninica molisana fanno graduale passaggio, verso la costa, ad un settore prevalentemente occupato da successioni di avanfossa plio-pleistocenica e le successioni costituite da depositi continentali quaternari riferibili a differenti ambienti deposizionali.

**In dettaglio** i depositi presenti nell'area di studio sono rappresentati da depositi di natura fluviolacustre.

**Si riporta in seguito cartografia.**

**PAGINA 11 di 46**

**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

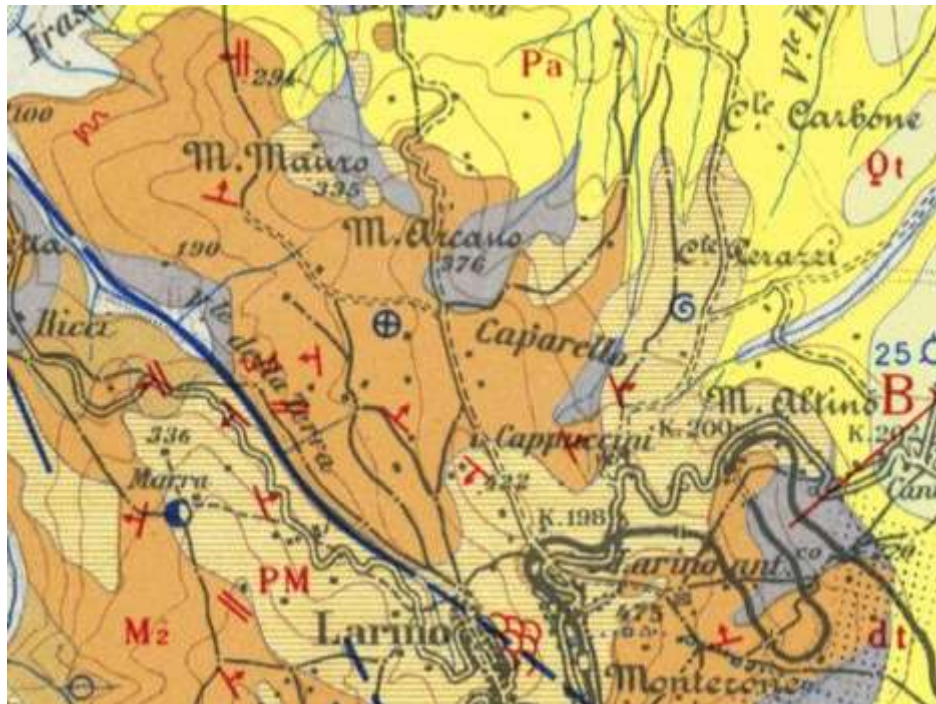
INDIRIZZO: VIA BARCELLONA N° 20 - 86021 BOJANO (CB)

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

E-MAIL: vincenzocortese@live.it



La situazione geologica descritta è mostrata, di seguito, in **Figura 10**:



Pliocene



Argille azzurre verdastre, marne biancastre e sabbie giallo-brune, con livelli e lenti di argille sabbiose grigiastre, ricche, a luoghi, di macrofossili (*Pecten*, *Dentalium*, *Cardium*) e microfauna indicante graduale passaggio dal Pliocene inferiore al Miocene superiore («Messiniano»). Alla base lenti di puddinghe minute e, a volte, intercalate nella formazione ma per solito in potenti banchi a chiusura della stessa, conglomerati poligenici, fortemente cementati, con ciottoli marnosi e calcarei di varie dimensioni, forme ed età e con frequenti elementi di rocce cristalline. Argille varicolori, ma in prevalenza grigio-verdastre, in lenti ed ammassi di varie dimensioni.

Miocene



Complesso flyscioide di calcareniti e breccie associate, calcari compatti giallastri con lenti e noduli di selce bruna e rossastra, arenarie calcaree, marne grige compatte e scheggiose, marne argillose a volte fetide, straterelli di argilla sabbiosa grigiastria fogliettata. Microfauna prevalentemente planctonica con Globigerine ed Orbuline. Miocene medio inferiore (Elveziano-Langhiano). Nella zona della Quercia Piana (SE di Trivento) ed alle pendici meridionali del Monte Rosso gli strati calcarei presentano impregnazioni solforose. La base del complesso è in discordanza angolare con le formazioni sottostanti.

**Fig. 9: Stralcio del F.° 154 “LARINO” della Carta Geologica D’Italia in scala 1:100.000.**

Si riporta di seguito la carta litologica di dettaglio del sito d’interesse in scala 1:5.000:

**PAGINA 12 di 46**

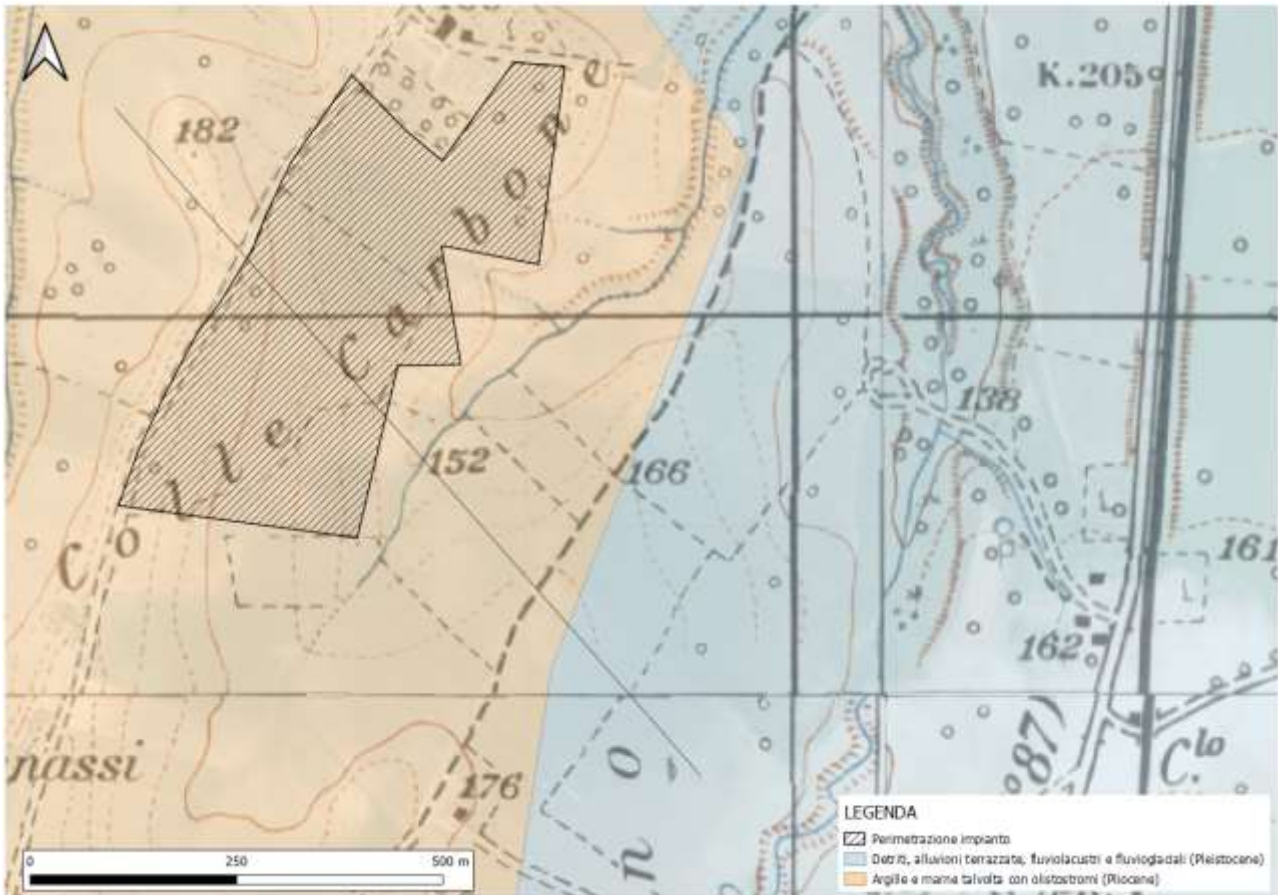
**STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA**

GEOLOGO VINCENZO CORTESE

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

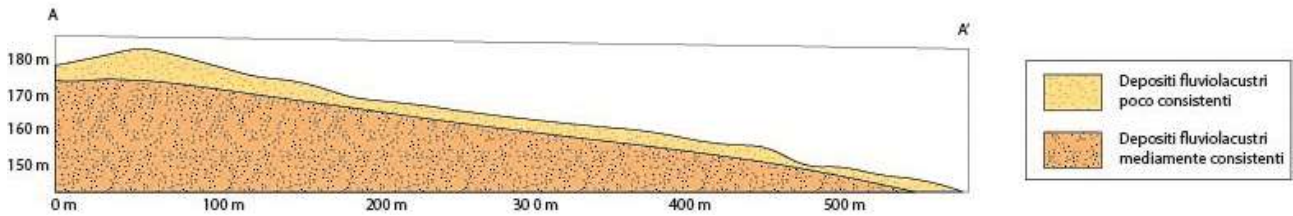
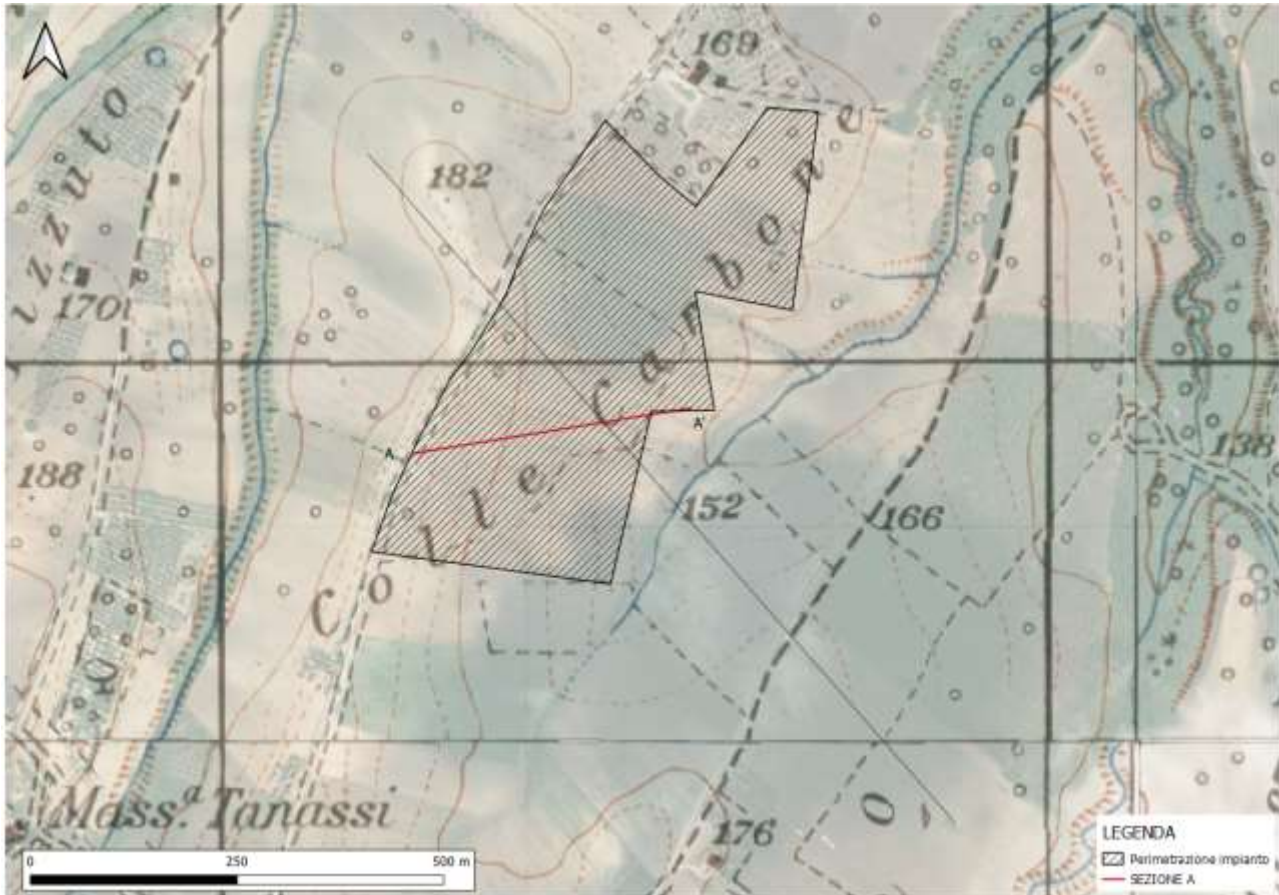
TELEFONO: 0874/783120 FAX: 0874/773186 MOBILE: 328.6429991

E-MAIL: vincenzocortese@live.it

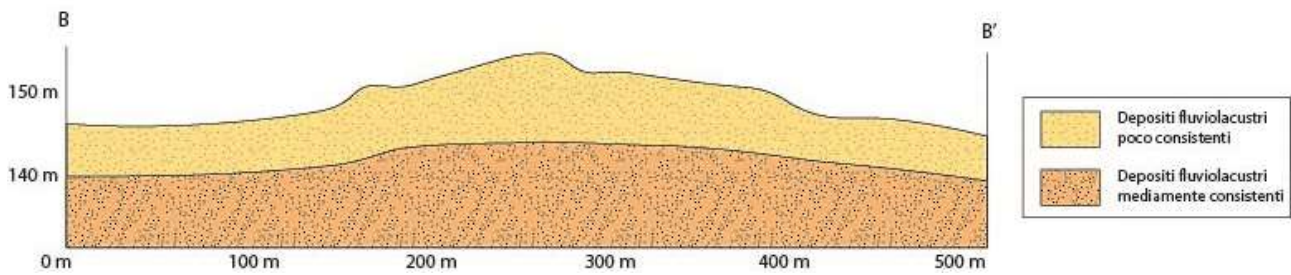
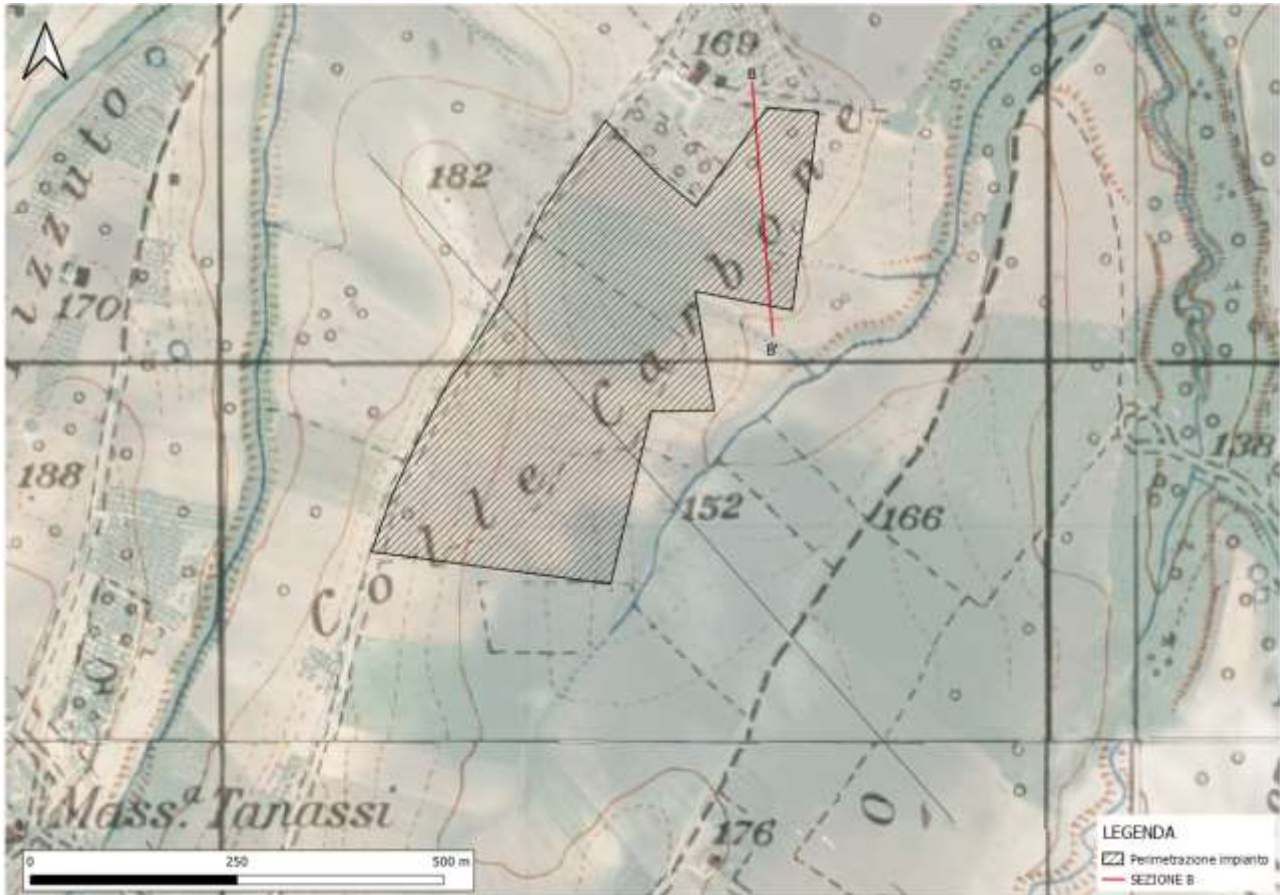


*Fig. 10: Stralcio della carta litologica dell'area d'intervento*

Si riportano di seguito le sezioni di dettaglio dell'area in esame:



*Fig. 13: Sezione A-A'*



*Fig. 14: Sezione B-B'*





## **5. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DI DETTAGLIO DELL'AREA**

Per la ricostruzione delle caratteristiche **geologiche, geotecniche e geofisiche** di dettaglio del lotto interessato dal Progetto di cui in oggetto è stato eseguito un rilevamento geologico esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse ed una campagna di indagini geognostiche in sito, geotecniche (in sito e in laboratorio) e geofisiche *in situ*.

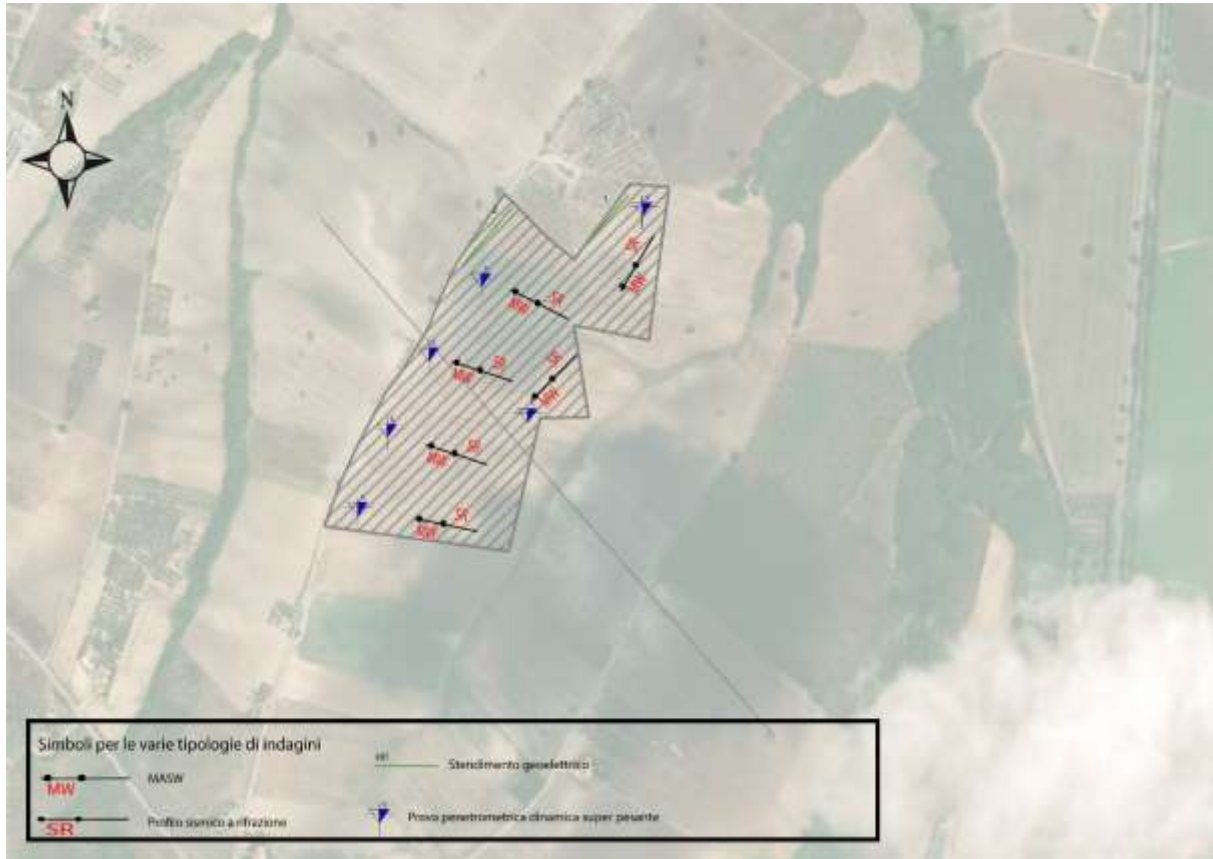
Le **indagini geotecniche in sito** sono consistite in:

- **n. 06 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DPSH).**

Le **indagini geofisiche in sito** sono infine consistite in:

- **n. 6 prospezioni geofisiche superficiali con tecniche di sismica a rifrazione classica e tomografica**, allo scopo di ottenere una sezione sismica da interpretare in chiave geologica;
- **n. 6 prospezioni geofisiche superficiali con metodologia di indagine MASW**, necessarie per la **misurazione del valore delle  $V_{seq}$** , allo scopo di classificare il suolo di fondazione secondo i criteri imposti dalle N.T. vigenti;
- **n° 02 stendimenti per prospezione geoelettrica 2D superficiale con metodologia d'indagine WENNER SCHLUMBERGER.**

Una **corretta ubicazione delle indagini eseguite** è riportata, di seguito, in **Figura 15**.



*Fig. 15: Ubicazione delle indagini geotecniche e geofisiche eseguite.*



## **5.1 INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE NELL'AREA DI STUDIO**

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

- **N° 06 Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH**, denominate **DPSH1, DPSH2, DPSH3, DPSH4, DPSH5 e DPSH6** spinte rispettivamente fino ad una profondità di 7,80 – 7,00 – 7,40 – 7,80 – 7,00 e 7,00 metri dal p.c.

Le *indagini geotecniche in sito* sono state eseguite, nel mese di **MARZO 2021**.

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'ingfiere nel terreno una punta conica (pertratti consecutivi) misurando il numero di colpi  $N$  necessari.

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- *peso massa battente  $M$*
- *altezza libera caduta  $H$*
- *punta conica: diametro base cono  $D$ , area base  $A$  (angolo di apertura  $\alpha$ )*
- *avanzamento (penetrazione)  $d$*
- *presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).*



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

- tipo **LEGGERO (DPL)**

- tipo **MEDIO (DPM)**

- tipo **PESANTE (DPH)**

- tipo **SUPERPESANTE (DPSH)**

### Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente
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 ( $a = 60-90^\circ$ ), 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 : Mb	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° ASTA : P1	0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA : d	0,20 m
NUMERO DI COLPI PUNTA : N <sub>20</sub> / N(20)	Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO : Q = (MBH / (A d)) = 11,05565 kg/m <sup>2</sup> ( prova SPT: Q <sub>sp</sub> = 7,83 kg/m <sup>2</sup> )	
COEFF. TEORICO DI ENERGIA : $\beta_1 = Q/Q_{sp} = 1,489$ (storicamente: N <sub>sp</sub> = 0,1 N)	

*Specifiche tecniche del Penetrometro utilizzato in situ.*

In ALLEGATO N. 1 sono riportati i certificati relativi alle INDAGINI GEOTECNICHE IN SITO.

**PAGINA 21 di 46**

**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



## 5.2 INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE NELL'AREA DI STUDIO

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

- **n. 6 prospezioni geofisiche superficiali con tecniche di sismica a rifrazione classica e tomografica**, allo scopo di ottenere una sezione sismica da interpretare in chiave geologica;
- **n. 6 prospezioni geofisiche superficiali con metodologia di indagine MASW**, necessarie per la **misurazione del valore delle  $V_{seq}$** , allo scopo di classificare il suolo di fondazione secondo i criteri imposti dalle **N.T.** vigenti;
- **n° 02 stendimenti per prospezione geoelettrica 2D superficiale con metodologia d'indagine WENNER SCHLUMBERGER.**

Le **indagini geofisiche** sono state eseguite dalla **Ditta GEOSECURE SRL**, con sede in Bojano (CB), nel mese di MARZO 2021: nell'**ALLEGATO SISMICO (Allegato N. 3)** sono riportati gli elaborati relativi alle indagini geofisiche eseguite e la corretta ubicazione delle indagini stesse.

I risultati delle indagini geofisiche eseguite nell'area ed in particolar modo quelli provenienti dall'esecuzione delle prospezioni con metodologia di indagine "MASW" hanno permesso di classificare il suolo di fondazione del sito in esame.

Nel caso specifico si è ottenuto tale risultato:

- $V_s$  Equivalente  $M1$  pari a **413 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente  $M2$  pari a **401 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**



- Vs Equivalente  $M3$  pari a **404 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- Vs Equivalente  $M4$  pari a **402 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- Vs Equivalente  $M5$  pari a **410 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- Vs Equivalente  $M6$  pari a **403 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B.**

Calcolato, quindi, con le prospezioni geofisiche i valori di  $V_{seq}$  validi 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**.

In ALLEGATO N. 2 sono riportati i certificati relativi alle prove stesse.





## 6 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 esistenti nelle immediate vicinanze del sito di intervento, 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 il seguente **modello geologico**:

- Da 0,0 a 6,80: depositi fluviolacustri poco consistenti;
- Da 6,80 a 7,80: depositi fluviolacustri mediamente consistenti.

N.B.: a seguire fino a 30 m: depositi fluviolacustri mediamente consistenti



## CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Dall'esecuzione delle prospezioni geotecniche in sito di tipo **DPSH** eseguite nell'area è stato possibile produrre le seguenti tabelle mostranti una sintesi dei parametri geotecnici fondamentali del terreno di fondazione e dei parametri sismici ed elastici ricavati dall'esecuzione delle prospezioni geofisiche:

### Parametri geotecnici dedotti dalle prove geotecniche eseguite in situ.

#### PROVA N.1

STRATO	Spessore dello strato (m)	Nspt	Tipo	Coesion e 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 $\phi$	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 6,40	9	COESIVO	1,15	1,94	2,13	6-12	114,50	91,60	18,32
2	DA METRI 6,40 A METRI 7,80	31	COESIVO	3,92	2,19	2,42	25-30	313,70	313,70	62,74

#### PROVA N.2

STRATO	Spessore dello strato (m)	Nspt	Tipo	Coesion e 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 $\phi$	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 6,00	8	COESIVO	0,97	1,89	1,90	6-12	97,25	77,80	15,56
2	DA METRI 6,00 A METRI 7,00	37	COESIVO	4,59	2,35	2,50	25-30	367,00	367,00	73,40



## PROVA N.3

STRATO	Spessore dello strato (m)	Nspt	Tipo	Coesion e 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 $\phi$	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 6,40	8	COESIVO	1,03	1,91	2,10	6-12	103,38	82,70	16,54
2	DA METRI 6,40 A METRI 7,40	39	COESIVO	4,93	2,49	2,50	25-30	394,00	394,00	78,80

## PROVA N.4

STRATO	Spessore dello strato (m)	Nspt	Tipo	Coesion e 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 $\phi$	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 6,80	10	COESIVO	1,27	1,97	2,17	6-12	101,40	101,40	20,28
2	DA METRI 6,80 A METRI 7,80	37	COESIVO	4,59	2,35	2,50	25-30	367,00	367,00	73,40



## PROVA N.5

STRATO	Spessore dello strato (m)	Nspt	Tipo	Coesion e 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 $\phi$	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 Resistenz a alla punta (kg/cm <sup>2</sup> )
1	DA METRI 0,00 A METRI 6,20	10	COESIVO	1,21	1,96	2,16	6-12	121,25	97,00	19,40
2	DA METRI 6,20 A METRI 7,00	39	COESIVO	4,89	2,47	2,50	25-30	391,00	391,00	78,20

## PROVA N.6

STRATO	Spessore dello strato (m)	Nspt	Tipo	Coesion e 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 $\phi$	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 Resistenz a alla punta (kg/cm <sup>2</sup> )
1	DA METRI 0,00 A METRI 6,00	10	COESIVO	1,25	1,97	2,17	6-12	100,30	100,30	20,06
2	DA METRI 6,20 A METRI 7,00	34	COESIVO	4,29	2,26	2,50	25-30	342,90	342,90	68,58



## 7 MODELLAZIONE SISMICA DEL LOTTO INVESTIGATO

Definire i modelli di comportamento dei materiali superficiali (che possono costituire possibili piani di posa di sistemi fondali), in chiave sismica, significa trattare di una problematica di notevole interesse nell'ambito di ricerche di carattere geologico-tecnico e geofisico applicate all'Ingegneria.

Determinare il comportamento di un litotipo, vale a dire la risposta a sollecitazioni costanti o variabili nel tempo, significa definire la o le relazioni sforzo-deformazioni sue caratteristiche, tramite i Moduli Elastici.

In particolare, in un contesto di prevenzione da rischio sismico, di notevole importanza è la valutazione della “**Risposta sismica locale**”, che consiste nel definire come i terreni più superficiali d'interesse ingegneristico, rispondono alle sollecitazioni prodotte da un evento sismico, modificandone le caratteristiche spettrali, nel senso di amplificazioni e/o attenuazioni in termini di ampiezze delle onde.

Da tali modifiche, è noto, dipendono i maggiori danni alle strutture durante una scossa di terremoto, poiché la vulnerabilità di un edificio è funzione oltre che della durata e dell'intensità della sollecitazione, principalmente dall'ampiezza delle onde di taglio.

L'assetto litostratigrafico locale del sito investigato, e comunque di gran parte dell'intero territorio comunale, rappresenta, da questo punto di vista, una tipica “situazione geologica a Rischio”, per la notevole possibilità che si verifichino fenomeni di amplificazioni o risonanze dei sistemi terreno-strutture.

La ricostruzione della successione litostratigrafica dedotta dai sondaggi effettuati su tutto il territorio comunale, prevede la presenza di depositi argillosi.

Una tale situazione geolitologica nonché geomeccanica, fa sì che uno sciame sismico che percorre lo strato litoide (basamento con  $V_s > 800$  m/sec), presenta delle velocità delle onde sismiche di taglio abbastanza elevate, ma tutte le onde vengono attenuate secondo una ben determinata legge di

**PAGINA 28 di 46**

**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



attenuazione (resta sempre valida la regola generale che i danni prodotti e quindi la distribuzione degli effetti, sono funzione inversa alla distanza dalla sorgente e dal meccanismo di liberazione dell'energia).

## **RIFERIMENTI VALIDI PER L'AREA ALLO STUDIO**

Il sito in esame, sulla base della **Riclassificazione Sismica del Territorio Italiano** secondo l'**Ordinanza n° 3234** del 29 luglio 2003 emanata dal **Presidente del Consiglio dei Ministri**, successivamente ripresa dal **D.M. 2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”**, è compreso in **ZONA SISMICA 2**.

E' quindi necessario comunicare ai Progettisti che in fase di calcolo delle strutture in progetto sarà necessario tener conto di un incremento di spinta legato ad azioni sismiche agenti di taglio.



## VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE

Il fenomeno della liquefazione dinamica assume una particolare pericolosità in presenza di materiali granulari poco addensati saturi; il meccanismo di tale fenomeno dipende sia dalle caratteristiche relative al sisma (magnitudo, durata, distanza dall'epicentro, accelerazione massima al sito) che da quelle del terreno (distribuzione granulometrica, uniformità, saturazione, densità relativa, pressioni efficaci di confinamento, stato tensionale in situ iniziale, etc.). La previsione della pericolosità di liquefazione si basa, oltre che sui parametri del sisma atteso, sulla stima di un "potenziale di liquefazione" del terreno, il quale dipende da una serie di parametri geotecnici. Come riportato nel par.7.11.3.4.2 del DM 14-01-2008 e modificata nelle N.T.C. 2018 la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- 2) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(Nl)_{60} > 30$  oppure  $q_{clN} > 180$  dove  $(Nl)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100kPa e  $q_{clN}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

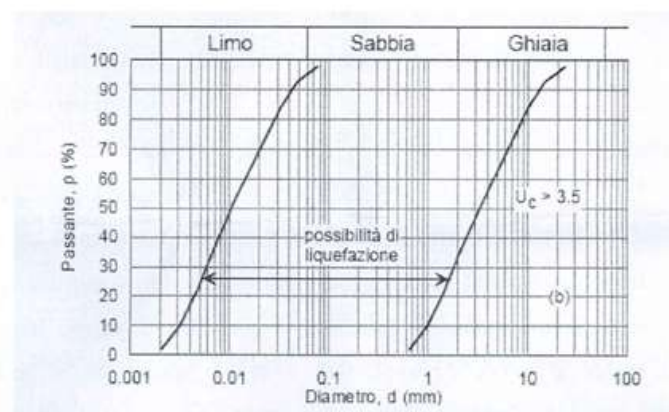
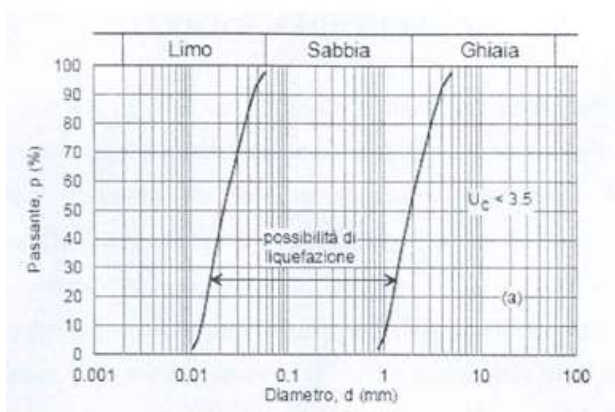


Figura 7.11.1(b) DM 14-01-2008

Nel caso specifico, dato l'assortimento granulometrico, le verifiche a liquefazione possono essere omesse.





## CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Riguardo alla classificazione sismica dei suoli di fondazione *in situ* prevista dalla Normativa in vigore (D.M. 17 Gennaio 2018, Nuove 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:

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



Per  $V_{seq}$  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 le  $V_{seq}$  mostrano i seguenti valori:

- $V_s$  Equivalente  $M1$  pari a **413 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente  $M2$  pari a **401 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente  $M3$  pari a **404 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente  $M4$  pari a **402 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente  $M5$  pari a **410 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente  $M6$  pari a **403 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B.**

Calcolato, quindi, con le prospezioni geofisiche i valori di  $V_{seq}$  validi per detto intervallo è stato possibile classificare il terreno del sito di indagine, che rientra nella **categoria di tipo B**: *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 360 m/s e 800 m/s.”* secondo il **D.M. 17 Gennaio 2018, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.**



## STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Il **D.M. 17 gennaio 2018** (*Norme Tecniche per le Costruzioni in Zone Sismiche*) decreta che le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "**pericolosità sismica di base**" del sito di costruzione.

Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La **pericolosità sismica** è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **Se (T)**, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza **PVR**, nel periodo di riferimento **VR**.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento **PVR**, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- **ag**= accelerazione orizzontale massima al sito;
- **Fo** = 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.

Nella presente relazione, per il sito considerato, sono forniti valori di **ag**, **Fo** e **Tc\***necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Il "**range**" dei valori calcolati mette in evidenza che, il sottosuolo del sito in oggetto, risulta caratterizzato da valori della **V<sub>seq</sub>** riconducibili alla **Categoria di Suolo di tipo B**.

Come anzi detto, il livello di sismicità di una specifica area viene caratterizzato attraverso lo spettro di risposta elastico.

Una volta individuate le coordinate del sito in oggetto sono state inserite nel programma che, riferendosi ad una griglia di parametri spettrali di riferimento che copre tutto il territorio nazionale con passo di circa 15 km per nodo, ha ricavato i valori di **Ag**, **Fo** e **Tc\*** riferiti al punto indicativo del sito in oggetto, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), ossia in assenza di effetti locali.

Questi parametri degli spettri di risposta come detto in precedenza sono relativi ad un sito privo di effetti al suolo, ossia senza effetti locali stratigrafici e topografici.

Per quanto riguarda l'amplificazione stratigrafica la norma individua due fattori di incremento **Ss** e **Cc** in funzione della **categoria di sottosuolo** di fondazione calcolata nel sito di realizzazione, mentre per quanto riguarda l'amplificazione topografica la norma individua quattro classi di variabilità assegnando a ciascuna un valore del coefficiente stratigrafico **Ts**.



Nelle *tabelle* successive vengono riportati i **range di variabilità** dei **coefficienti di amplificazione**:

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

*Tabella 2: Valori del Coefficiente di Amplificazione Topografica  $S_T$  per le diverse categorie topografiche.*

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	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

*Tabella 3: Espressioni di calcolo dei coefficienti di Amplificazione Stratigrafica  $S_s$  e  $C_c$  per le diverse categorie di suolo.*



Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
→ T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i \geq 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $\geq 30^\circ$

**Tabella 4: Categorie di amplificazione topografica.**

Dalle analisi geologiche, geomorfologiche, geognostiche e geotecniche effettuate, si evince che, per il sito in oggetto, può essere ragionevolmente assegnata una categoria di amplificazione topografica di **tipo T1** ossia assimilabile a ***Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$*** .

Il passo successivo consiste nella valutazione dell'**accelerazione massima attesa al sito ( $a_{max}$ )**, che viene riportata di seguito nella seguente espressione:

$$a_{max} = a_g * S_s * S_t$$

L'accelerazione massima attesa  **$a_{max}$**  è fornita in  $m/s^2$  (dal valore nominale di  $a_g(g)$ ), accelerazione massima attesa al sito, si passa ad  **$a_g$**  ( $m/s^2$ ) moltiplicando per 9.81.

Infine, si passa alla determinazione del **Coefficiente Sismico orizzontale ( $K_h$ )** e **Coefficiente Sismico verticale ( $K_v$ )**, seguendo le seguenti relazioni:

- **Coefficiente sismico orizzontale  $K_h = \beta S * a_{max} / g$**  (per fondazioni)
- **Coefficiente sismico verticale  $K_v = 0.5 K_h$**  (per fondazioni)

In definitiva l'analisi degli spettri di risposta è completata in funzione dell'incremento relativo alla **Classe d'uso della struttura in oggetto** e alla **Vita Nominale dell'opera**,



ulteriormente incrementata con i **Coefficienti Stratigrafici e Topografici** di cui sopra e verificata agli **Stati Limiti** così come previsto da norma.

Nella **tabella 5** sono riportati i valori dell'accelerazione del suolo orizzontale di picco  $a_g$  espressi in percentuale di g, riferiti ad ogni zona omogenea di riferimento, tali valori sono riferiti alle accelerazioni attese in seguito ad un evento sismico in siti su roccia o suolo molto rigido (*bedrock*) con  $V_s > 800$  m/s, validi per il territorio nazionale.

<b>Zona sismica (livello di pericolosità)</b>	<b>Accelerazione orizzontale massima con prob. di superamento pari al 10% in 50 anni (<math>a_g/g</math>)</b>
1 (alto)	> 0,25
<b><u>2 (medio)</u></b>	<b><u>0,15 – 0,25</u></b>
3 (basso)	0,05 – 0,15
4 (minimo)	< 0,05

**Tabella 5: Zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido.**

Si riportano di seguito, infine, i **Parametri Sismici fondamentali** validi per il sito in esame.



# STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA



**GeoStru**  
Pacchetto software di base e di Auto-Script in versione completa.

ANONIT (S)    Principali    Gruppi    Contattaci

Iniziativa    **Coordinate**    Info

Latitudine    41.83000°    Longitudine    14.84000°

Altitudine    14.83000°    Data    14.84000°

Mappe    Satelliti

Visualizza vicino dalla mappa di appartenenza.

### Stati limite

Classe Edifica

N° Funzioni residue o strategiche importanti

Vita Normale    101    Massa protettiva

Impedimento

**CU = 2**

Stato limite	T <sub>1</sub> [anni]	a <sub>1</sub> [g]	F <sub>a</sub>	T <sub>2</sub> [g]
Operativi (SLO)	122	0.162	2.510	0.326
Danno (SLD)	203	0.127	2.520	0.333
Sotterranità vita (SLV)	1917	0.306	2.451	0.368
Prevenzione collassi (SLC)	2475	0.336	2.454	0.392

Periodo di riferimento per l'azione sismica    202

### Coefficienti sismici

Tipi    Max di sostegno NTC 2018

Max di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

T<sub>1</sub> [m]

1    1    0.5

CM Sismotale    8

CM Topografica    T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione sismologica	1.20	1.20	1.10	1.07
CC Coeff. funz. categoria	1.30	1.27	1.25	1.25
ST Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00

Acc. in direzione attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.122	0.152	0.337	0.359
kw	0.061	0.076	0.168	0.180
Aziona [m/s²]	1.195	1.481	3.301	3.523
Beta	1.000	1.000	1.000	1.000





## 8. 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 nel tenimento del Comune di **Larino (CB)**, a corredo del Progetto denominato: "**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO COMPOSTO DA DUE SEZIONI ADIACENTI DI POTENZA NOMINALE TOTALE PARI A 10133,76 Kw DENOMINATO "COLLE CARBONE" - UBICATO NEL COMUNE DI LARINO (CB)**", su incarico di **COLLE CARBONE SRL**.

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.*

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

**PAGINA 40 di 46**

**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**



- 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 geognostiche, geotecniche e geofisiche in situ.

L'area interessata dalla presente indagine geologico-technica, trovasi nel territorio comunale di **Larino** a quote comprese tra i 149 m e i 180 m s.l.m. Tale area risulta cartografata nel **F.° 154 "LARINO"** della Carta Geologica D'Italia in scala 1:100.000.

Per quel che concerne la caratterizzazione geomorfologica di dettaglio del lotto oggetto del presente studio geologico-technico, è possibile affermare che l'area stessa risulta esclusa da qualsiasi perimetrazione da **RISCHIO DA FRANA** e **ALLUVIONE** definita dai Piani di Bacino.

Per la ricostruzione delle caratteristiche geologiche, geotecniche e geofisiche di dettaglio del lotto interessato dal Progetto di cui in oggetto è stato eseguito un rilevamento geologico esteso anche ad aree limitrofe a quella d'interesse ed una campagna di indagini geotecniche e geofisiche *in situ*.

Le indagini geotecniche in situ sono consistite in:

- **n. 06 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DPSH)**

Le indagini geofisiche in situ sono infine consistite in:

- **n. 6** prospezioni geofisiche superficiali con tecniche di **sismica a rifrazione** classica e tomografica, allo scopo di ottenere una sezione sismica da interpretare in chiave geologica;

**PAGINA 41 di 46**

**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



- **N. 6** prospezioni geofisiche superficiali con metodologia di indagine **MASW**, necessarie per la misurazione del valore delle  $V_{seq}$ , allo scopo di classificare il suolo di fondazione secondo i criteri imposti dalle N.T. vigenti;
- **n° 02** stendimenti per prospezione geoelettrica **2D** superficiale con metodologia d'indagine **WENNER SCHLUMBERGER**.

I risultati delle indagini geofisiche eseguite nell'area ed in particolar modo quelli provenienti dall'esecuzione delle prospezioni con metodologia di indagine "MASW" hanno permesso di classificare il suolo di fondazione del sito in esame: nel caso specifico si è ottenuto tale risultato:

- $V_s$  Equivalente  $M1$  pari a **413 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente  $M2$  pari a **401 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente  $M3$  pari a **404 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente  $M4$  pari a **402 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente  $M5$  pari a **410 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente  $M6$  pari a **403 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B.**



Calcolato, quindi, con le prospezioni geofisiche **MASW** i valori di  $V_{seq}$  validi 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**.

Dall'esecuzione delle prospezioni geotecniche in sito di tipo **DPSH** eseguite nell'area è stato possibile, inoltre, produrre le tabelle mostranti i **parametri geotecnici fondamentali del terreno di fondazione**.

E' stata effettuata, infine, la **modellazione sismica** dell'area di studio.

Definire i modelli di comportamento dei materiali superficiali (che possono costituire possibili piani di posa di sistemi fondali), in chiave sismica, significa trattare di una problematica di notevole interesse nell'ambito di ricerche di carattere geologico-tecnico e geofisico applicate all'Ingegneria.

In particolare, in un contesto di **prevenzione da rischio sismico**, di notevole importanza è la valutazione della **“Risposta sismica locale”**, che consiste nel definire come i terreni più superficiali d'interesse ingegneristico, rispondono alle sollecitazioni prodotte da un evento sismico, modificandone le caratteristiche spettrali, nel senso di amplificazioni e/o attenuazioni in termini di ampiezze delle onde.

Il sito in esame, sulla base della **Riclassificazione Sismica del Territorio Italiano** secondo l'**Ordinanza n° 3234** del 29 luglio 2003 emanata dal **Presidente del Consiglio dei Ministri**, successivamente ripresa dal **D.M. 2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”**, è compreso in **ZONA SISMICA 2**.



E' quindi necessario comunicare ai Progettisti che in fase di calcolo delle strutture in progetto sarà necessario tener conto di un incremento di spinta legato ad azioni sismiche agenti di taglio.

I dati di letteratura mostrano, inoltre, che la zona di studio ed è situata in un'area caratterizzata da spessori della coltre di copertura inferiori a 30,00 metri e quindi potrebbe essere interessata da **possibili fenomeni di amplificazione di sito per frequenze inferiori ad 1 Hz.**

**Pertanto, per il dimensionamento delle opere d'arte previste per gli interventi di natura edile è prevista l'adozione, con le relative prescrizioni, delle norme tecniche emanate con D.M. 17.1.2018 ai sensi delle Leggi 1086 del 1971 e 64 del 1974, poi diventate D.P.R. 380 del 2001.**

**Gli elaborati numerici e grafici relativi alle indagini eseguite sono riportate negli allegati.**

**In particolare, trattasi di:**

- **ALLEGATO PROVE GEOTECNICHE IN SITU**
- **ALLEGATO SISMICO PROVE GEOFISICHE *IN SITU***

**La documentazione fotografica delle indagini effettuate è riportata negli allegati.**

## IL GEOLOGO

Dott. Geol. Vincenzo CORTESE

**PAGINA 44 di 46**

**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**



**ALLEGATO N. 2**

**ALLEGATO SISMICO**

# CERTIFICATI PROVE IN SITO



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

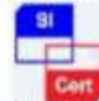
Legend	
■	Standard
=	Optional



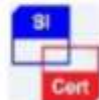
ATT. N. 7918/63/01



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 DEI MONTI PARIOLI, 40 - ROMA (RM)

SEDE OPERATIVA: VIA BARCELLONA 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 : COLLE CARBONE SRL

OGGETTO :

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO COMPOSTO DA DUE SEZIONI ADIACENTI DI POTENZA NOMINALE TOTALE PARI A 10133,76 kW DENOMINATO "COLLE CARBONE" - UBICATO NEL COMUNE DI LARINO (CB) DI POTENZA NOMINALE TOTALE PARI A 10133,76 kW DENOMINATO "COLLE CARBONE" - UBICATO NEL COMUNE DI LARINO (CB)

SITO: LARINO (CB)

CODICE DOCUMENTO : CPS 147/21 DPSH

SPERIMENTATORE	DIRETTORE TECNICO	REV. 0
DOTT. ANTONINO CARUSO	DOTT. CARLO CORTESE	DATA MARZO 2021

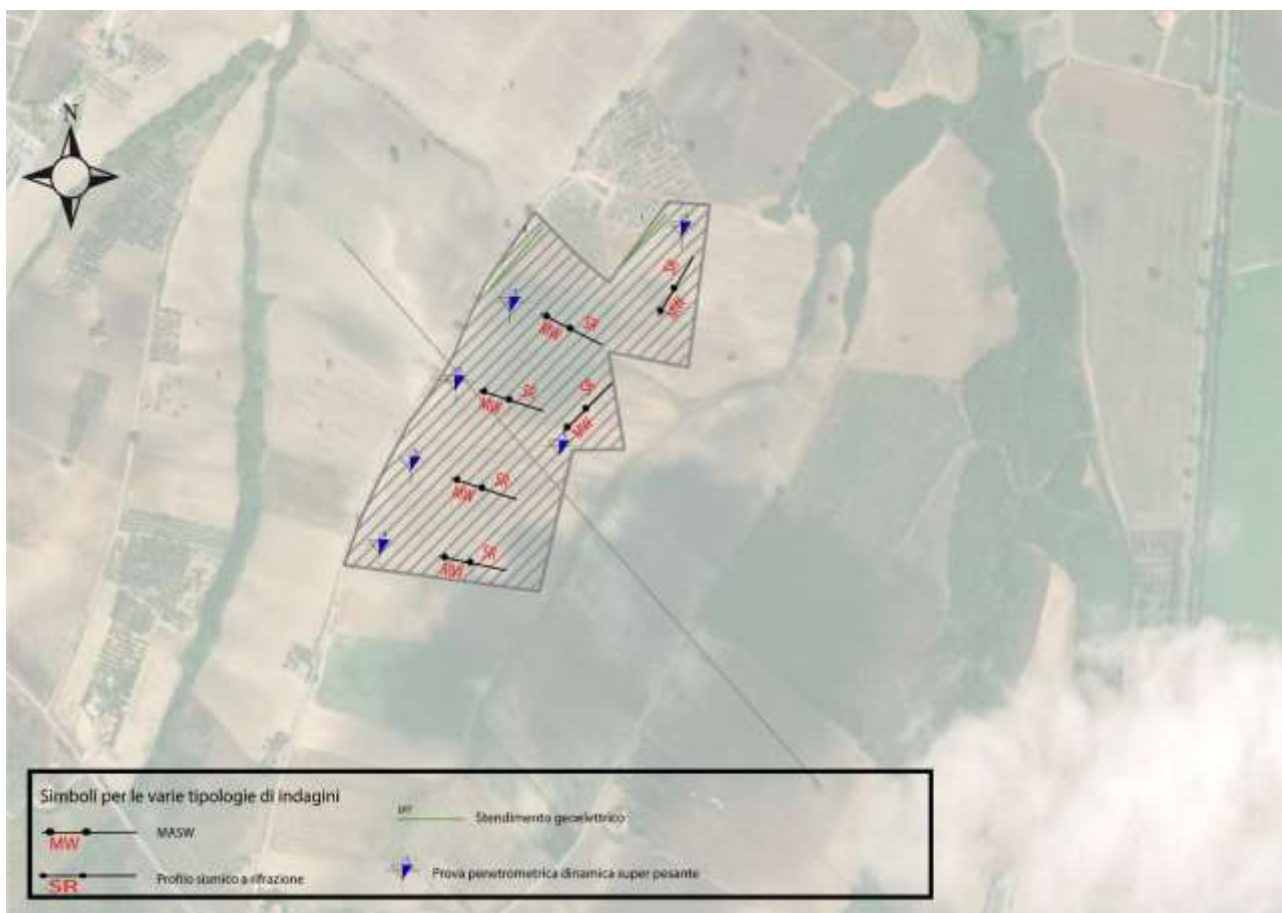


**NUMERO E TIPOLOGIE DI PROVE IN SITU:**

N. 6 PROVE PENETROMETRICHE DI TIPO DPSH A PUNTA CHIUSA

NEL MESE DI **MARZO 2021** LA GEOSECURE SRL HA ESEGUITO NEL TENIMENTO DI **LARINO (CB)** SEI PROSPEZIONI GEOTECNICHE IN SITU DI TIPO DPSH, SU INCARICO DI **COLLE CARBONE SRL**, IN RELAZIONE ALLA PRATICA DENOMINATA **“PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO COMPOSTO DA DUE SEZIONI ADIACENTI DI POTENZA NOMINALE TOTALE PARI A 10133,76 kW DENOMINATO "COLLE CARBONE" - UBICATO NEL COMUNE DI LARINO (CB)”**.

IL FASCICOLO, COSTITUITO DA N. PAG. 23, E' RILASCIATO IN TRIPLICE COPIA IN ORIGINALE.



**PROVA N.1**

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

Prova eseguita in data

Profondità prova

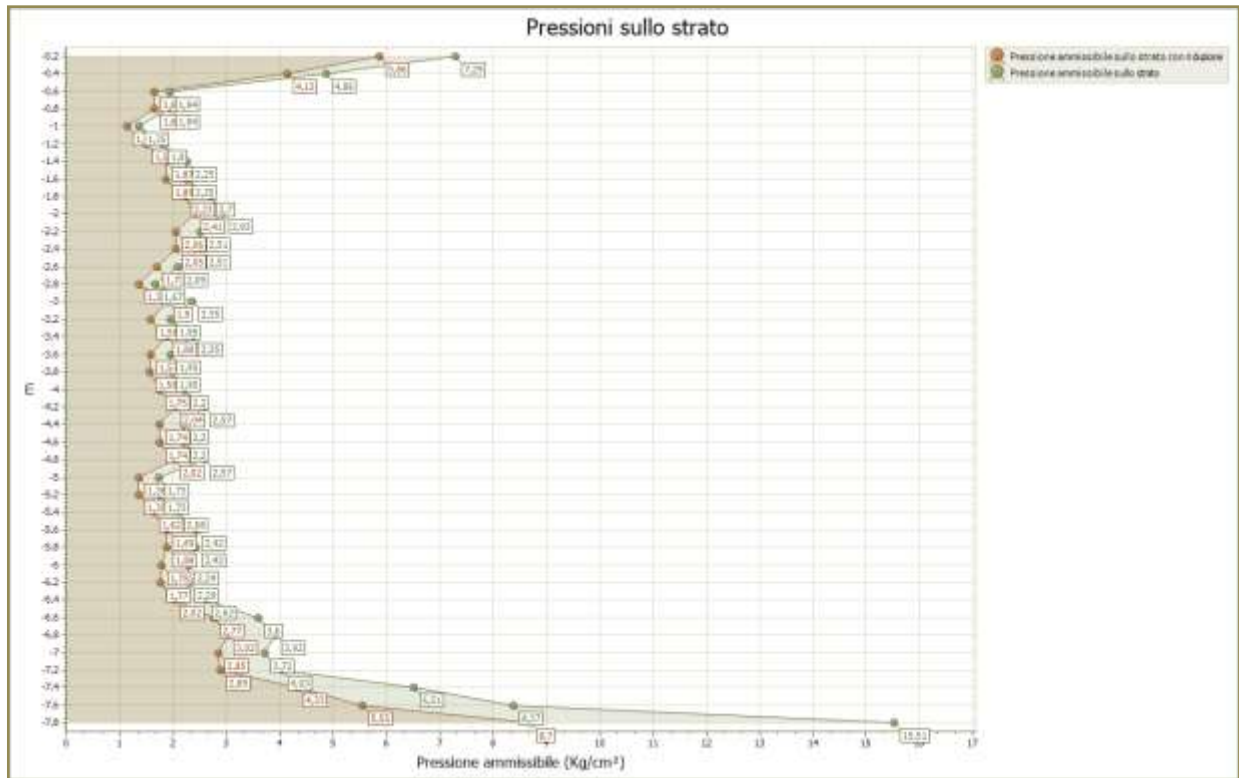
7,80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (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	15	0,805	117,29	145,77	5,86	7,29
0,40	10	0,851	82,68	97,18	4,13	4,86
0,60	4	0,847	32,92	38,87	1,65	1,94
0,80	4	0,843	32,78	38,87	1,64	1,94
1,00	3	0,840	22,65	26,97	1,13	1,35
1,20	4	0,836	30,07	35,96	1,50	1,80
1,40	5	0,833	37,44	44,95	1,87	2,25
1,60	5	0,830	37,29	44,95	1,86	2,25
1,80	6	0,826	44,57	53,94	2,23	2,70
2,00	7	0,823	48,19	58,54	2,41	2,93
2,20	6	0,820	41,15	50,18	2,06	2,51
2,40	6	0,817	41,00	50,18	2,05	2,51
2,60	5	0,814	34,05	41,82	1,70	2,09
2,80	4	0,811	27,14	33,45	1,36	1,67
3,00	6	0,809	37,94	46,91	1,90	2,35
3,20	5	0,806	31,51	39,09	1,58	1,95
3,40	6	0,803	37,69	46,91	1,88	2,35
3,60	5	0,801	31,31	39,09	1,57	1,95
3,80	5	0,798	31,21	39,09	1,56	1,95
4,00	6	0,796	35,06	44,04	1,75	2,20
4,20	7	0,794	40,78	51,38	2,04	2,57
4,40	6	0,791	34,86	44,04	1,74	2,20
4,60	6	0,789	34,76	44,04	1,74	2,20
4,80	7	0,787	40,44	51,38	2,02	2,57
5,00	5	0,785	27,15	34,59	1,36	1,73
5,20	5	0,783	27,08	34,59	1,35	1,73
5,40	6	0,781	32,42	41,50	1,62	2,08
5,60	7	0,779	37,73	48,42	1,89	2,42
5,80	7	0,777	37,64	48,42	1,88	2,42
6,00	7	0,775	35,50	45,78	1,78	2,29
6,20	7	0,774	35,42	45,78	1,77	2,29
6,40	8	0,772	40,39	52,32	2,02	2,62
6,60	11	0,770	55,42	71,94	2,77	3,60
6,80	12	0,769	60,33	78,48	3,02	3,92
7,00	12	0,767	57,10	74,43	2,85	3,72

7,20	13	0,716	57,70	80,63	2,89	4,03
7,40	21	0,664	86,50	130,25	4,33	6,51
7,60	27	0,663	110,98	167,46	5,55	8,37
7,80	50	0,561	174,06	310,11	8,70	15,51





## PROVA N.2

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

Prova eseguita in data

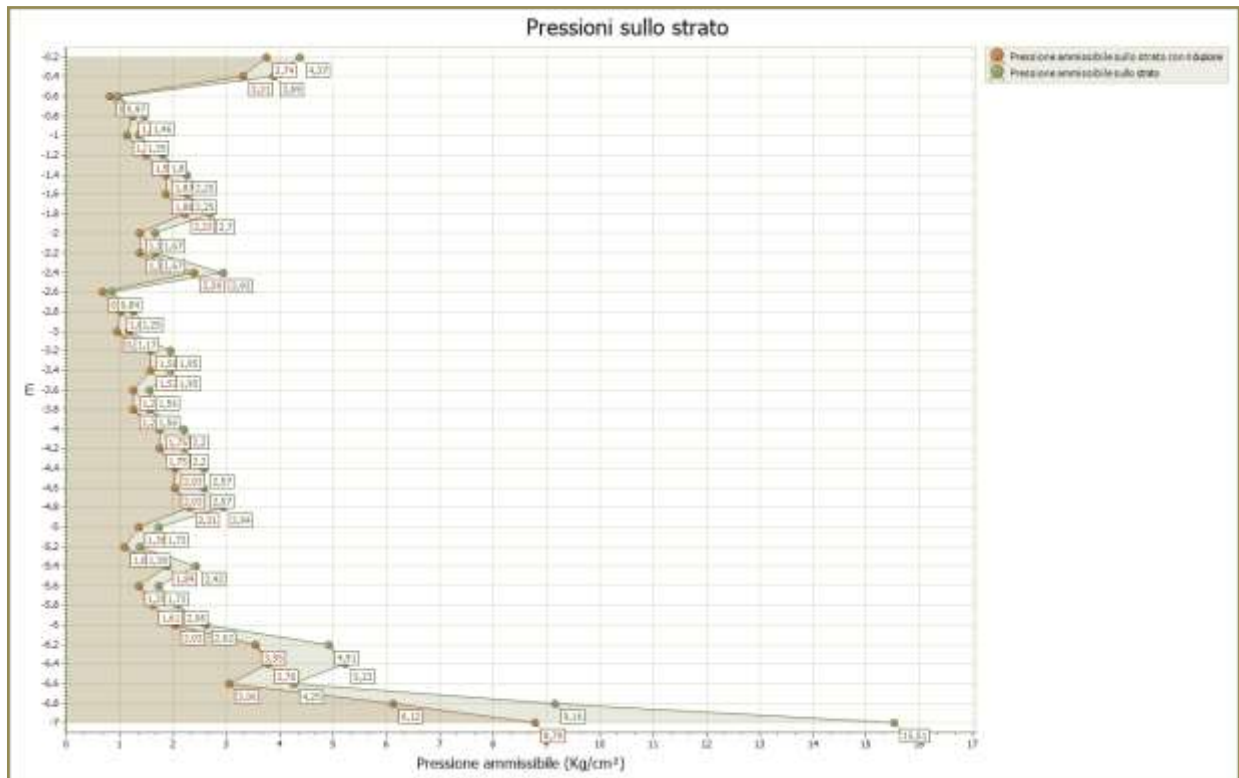
Profondità prova

7,00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (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	9	0,855	74,75	87,46	3,74	4,37
0,40	8	0,851	66,14	77,74	3,31	3,89
0,60	2	0,847	16,46	19,44	0,82	0,97
0,80	3	0,843	24,59	29,15	1,23	1,46
1,00	3	0,840	22,65	26,97	1,13	1,35
1,20	4	0,836	30,07	35,96	1,50	1,80
1,40	5	0,833	37,44	44,95	1,87	2,25
1,60	5	0,830	37,29	44,95	1,86	2,25
1,80	6	0,826	44,57	53,94	2,23	2,70
2,00	4	0,823	27,54	33,45	1,38	1,67
2,20	4	0,820	27,44	33,45	1,37	1,67
2,40	7	0,817	47,84	58,54	2,39	2,93
2,60	2	0,814	13,62	16,73	0,68	0,84
2,80	3	0,811	20,36	25,09	1,02	1,25
3,00	3	0,809	18,97	23,46	0,95	1,17
3,20	5	0,806	31,51	39,09	1,58	1,95
3,40	5	0,803	31,41	39,09	1,57	1,95
3,60	4	0,801	25,05	31,27	1,25	1,56
3,80	4	0,798	24,97	31,27	1,25	1,56
4,00	6	0,796	35,06	44,04	1,75	2,20
4,20	6	0,794	34,96	44,04	1,75	2,20
4,40	7	0,791	40,67	51,38	2,03	2,57
4,60	7	0,789	40,55	51,38	2,03	2,57
4,80	8	0,787	46,22	58,72	2,31	2,94
5,00	5	0,785	27,15	34,59	1,36	1,73
5,20	4	0,783	21,66	27,67	1,08	1,38
5,40	7	0,781	37,82	48,42	1,89	2,42
5,60	5	0,779	26,95	34,59	1,35	1,73
5,80	6	0,777	32,26	41,50	1,61	2,08
6,00	8	0,775	40,57	52,32	2,03	2,62
6,20	15	0,724	71,00	98,10	3,55	4,91
6,40	16	0,722	75,55	104,64	3,78	5,23
6,60	13	0,720	61,25	85,02	3,06	4,25
6,80	28	0,669	122,46	183,13	6,12	9,16
7,00	50	0,567	175,89	310,11	8,79	15,51





**PROVA N.3**

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

Prova eseguita in data

Profondità prova

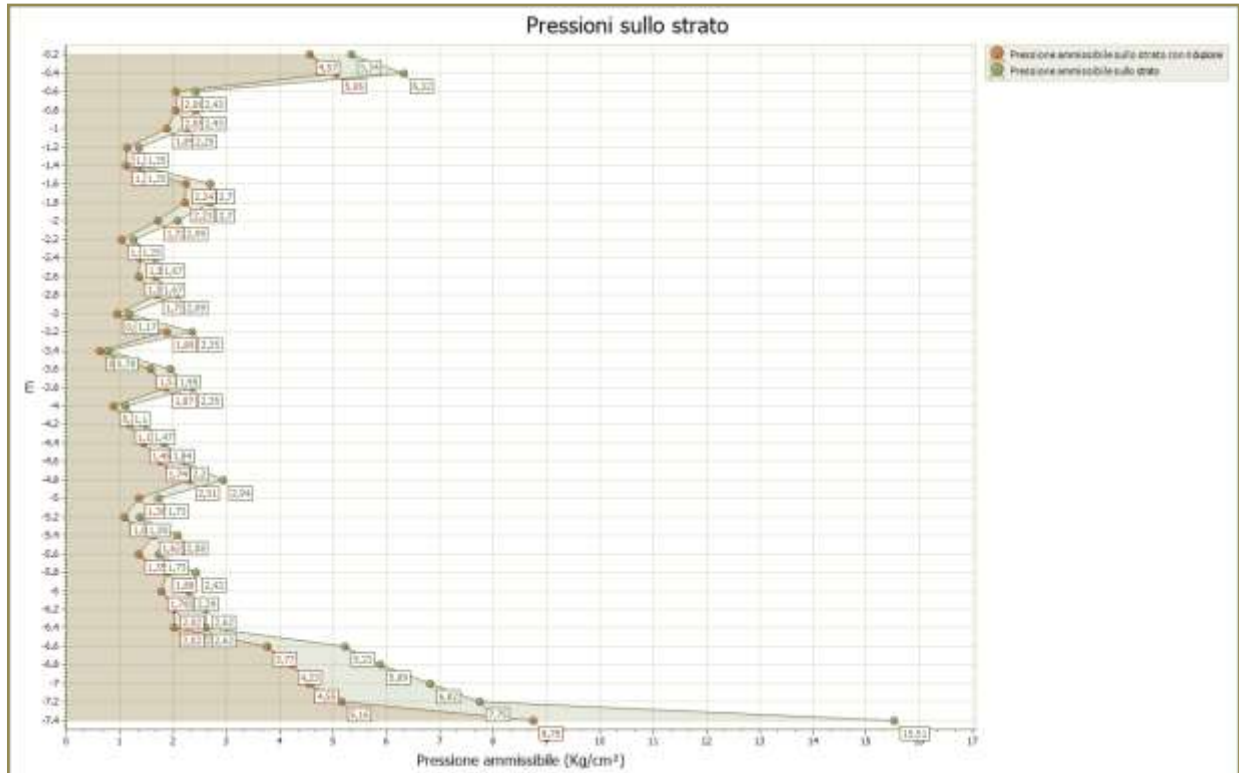
7,40 mt

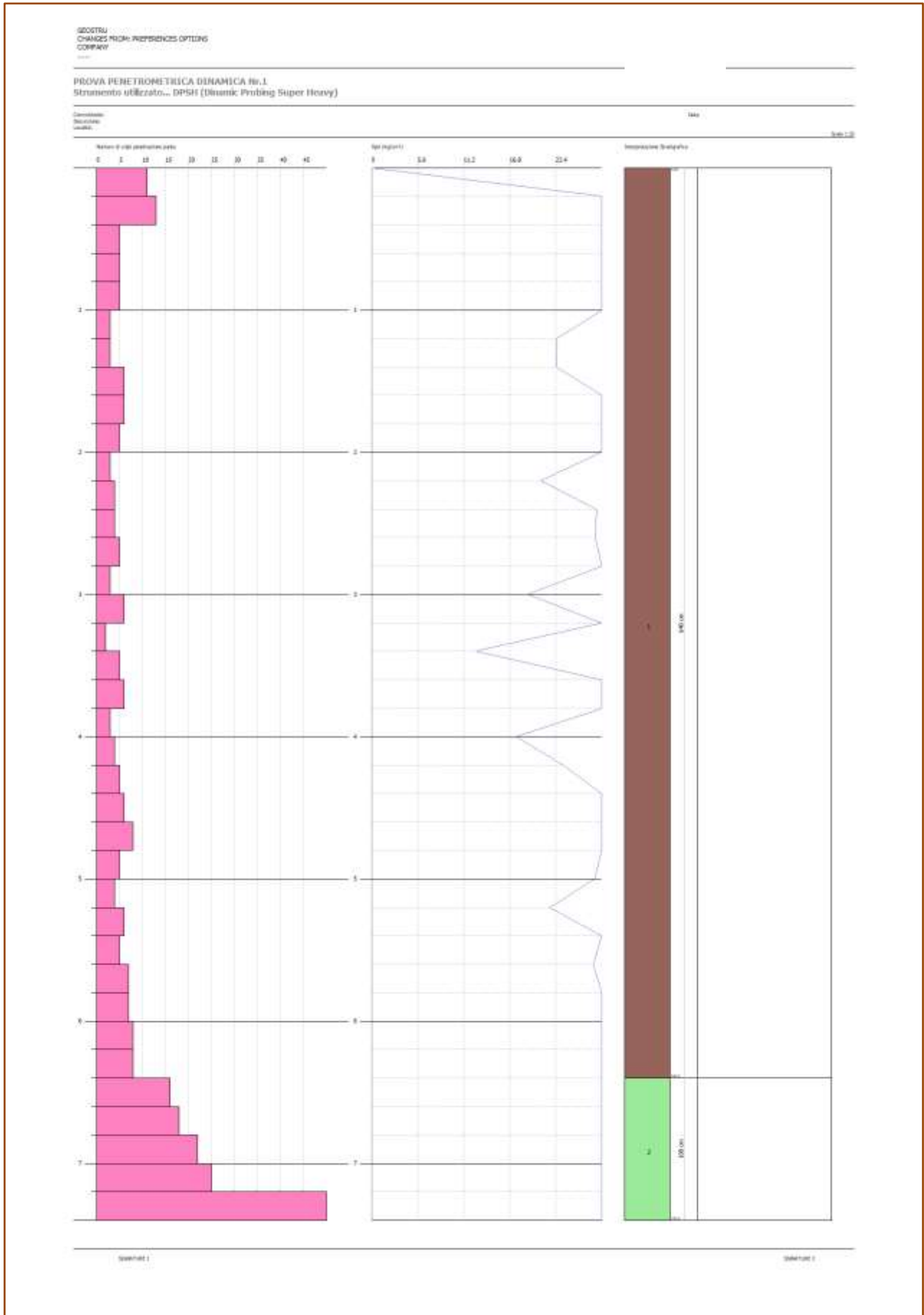
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (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	11	0,855	91,36	106,90	4,57	5,34
0,40	13	0,801	101,16	126,33	5,06	6,32
0,60	5	0,847	41,16	48,59	2,06	2,43
0,80	5	0,843	40,98	48,59	2,05	2,43
1,00	5	0,840	37,75	44,95	1,89	2,25
1,20	3	0,836	22,55	26,97	1,13	1,35
1,40	3	0,833	22,46	26,97	1,12	1,35
1,60	6	0,830	44,75	53,94	2,24	2,70
1,80	6	0,826	44,57	53,94	2,23	2,70
2,00	5	0,823	34,42	41,82	1,72	2,09
2,20	3	0,820	20,58	25,09	1,03	1,25
2,40	4	0,817	27,34	33,45	1,37	1,67
2,60	4	0,814	27,24	33,45	1,36	1,67
2,80	5	0,811	33,93	41,82	1,70	2,09
3,00	3	0,809	18,97	23,46	0,95	1,17
3,20	6	0,806	37,81	46,91	1,89	2,35
3,40	2	0,803	12,56	15,64	0,63	0,78
3,60	5	0,801	31,31	39,09	1,57	1,95
3,80	6	0,798	37,45	46,91	1,87	2,35
4,00	3	0,796	17,53	22,02	0,88	1,10
4,20	4	0,794	23,30	29,36	1,17	1,47
4,40	5	0,791	29,05	36,70	1,45	1,84
4,60	6	0,789	34,76	44,04	1,74	2,20
4,80	8	0,787	46,22	58,72	2,31	2,94
5,00	5	0,785	27,15	34,59	1,36	1,73
5,20	4	0,783	21,66	27,67	1,08	1,38
5,40	6	0,781	32,42	41,50	1,62	2,08
5,60	5	0,779	26,95	34,59	1,35	1,73
5,80	7	0,777	37,64	48,42	1,88	2,42
6,00	7	0,775	35,50	45,78	1,78	2,29
6,20	8	0,774	40,48	52,32	2,02	2,62
6,40	8	0,772	40,39	52,32	2,02	2,62
6,60	16	0,720	75,38	104,64	3,77	5,23
6,80	18	0,719	84,61	117,72	4,23	5,89
7,00	22	0,667	91,03	136,45	4,55	6,82
7,20	25	0,666	103,21	155,05	5,16	7,75
7,40	50	0,564	174,95	310,11	8,75	15,51







**PROVA N.4**

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

Prova eseguita in data

Profondità prova

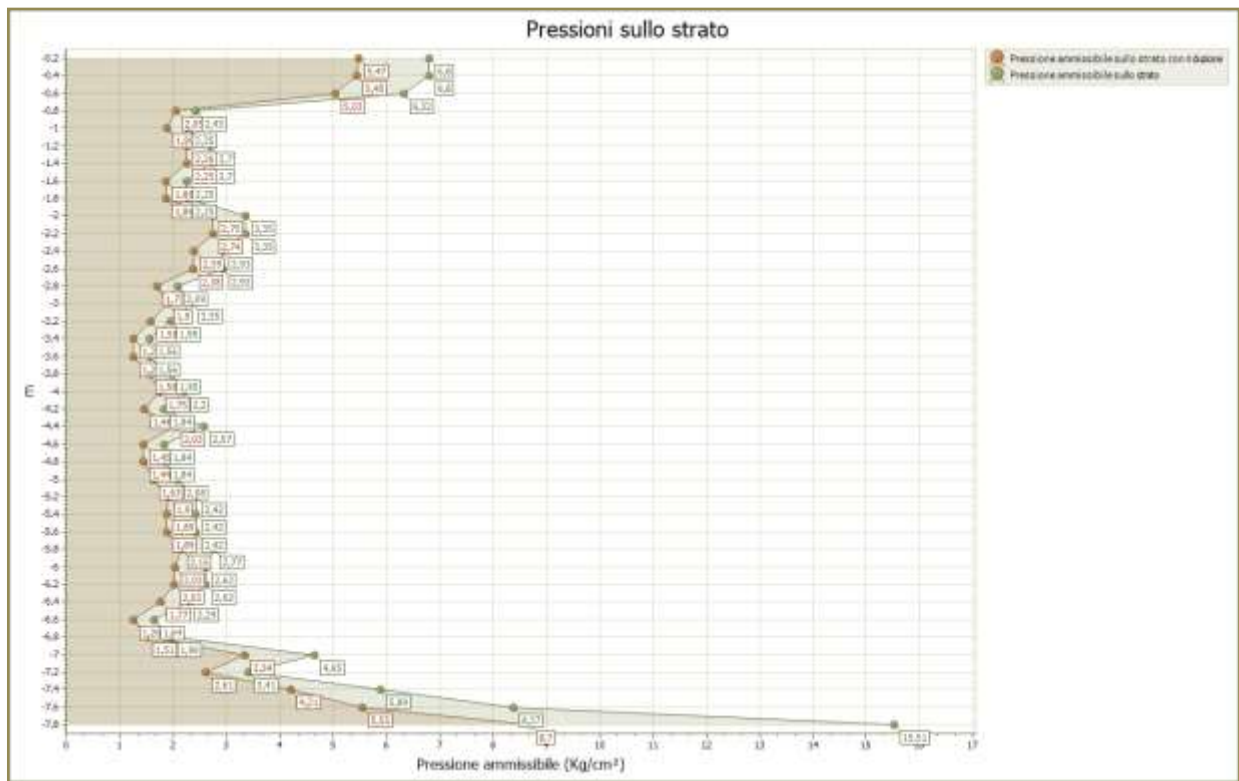
7,80 mt

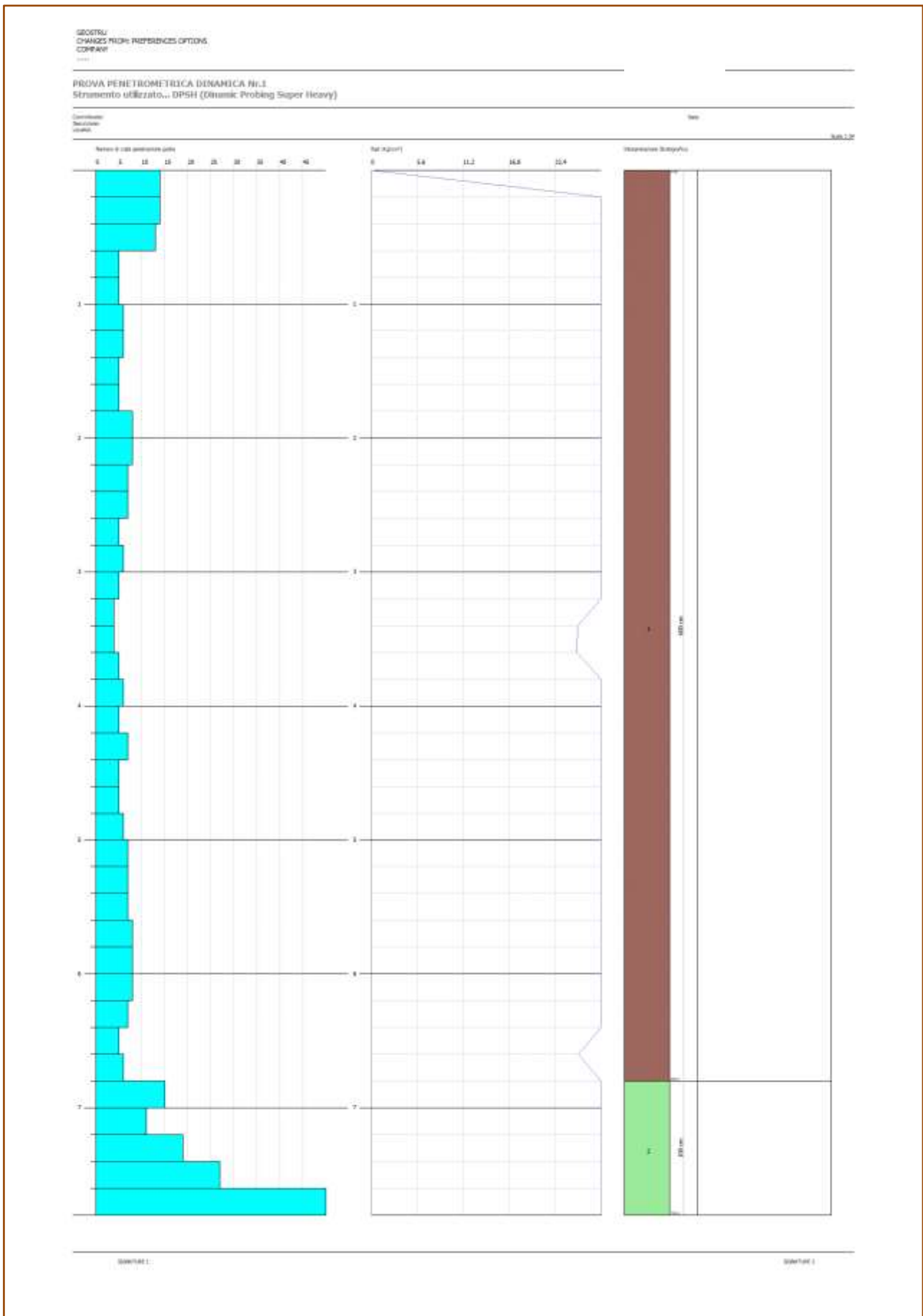
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (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	14	0,805	109,47	136,05	5,47	6,80
0,40	14	0,801	108,94	136,05	5,45	6,80
0,60	13	0,797	100,69	126,33	5,03	6,32
0,80	5	0,843	40,98	48,59	2,05	2,43
1,00	5	0,840	37,75	44,95	1,89	2,25
1,20	6	0,836	45,11	53,94	2,26	2,70
1,40	6	0,833	44,92	53,94	2,25	2,70
1,60	5	0,830	37,29	44,95	1,86	2,25
1,80	5	0,826	37,14	44,95	1,86	2,25
2,00	8	0,823	55,08	66,91	2,75	3,35
2,20	8	0,820	54,87	66,91	2,74	3,35
2,40	7	0,817	47,84	58,54	2,39	2,93
2,60	7	0,814	47,67	58,54	2,38	2,93
2,80	5	0,811	33,93	41,82	1,70	2,09
3,00	6	0,809	37,94	46,91	1,90	2,35
3,20	5	0,806	31,51	39,09	1,58	1,95
3,40	4	0,803	25,13	31,27	1,26	1,56
3,60	4	0,801	25,05	31,27	1,25	1,56
3,80	5	0,798	31,21	39,09	1,56	1,95
4,00	6	0,796	35,06	44,04	1,75	2,20
4,20	5	0,794	29,13	36,70	1,46	1,84
4,40	7	0,791	40,67	51,38	2,03	2,57
4,60	5	0,789	28,97	36,70	1,45	1,84
4,80	5	0,787	28,89	36,70	1,44	1,84
5,00	6	0,785	32,58	41,50	1,63	2,08
5,20	7	0,783	37,91	48,42	1,90	2,42
5,40	7	0,781	37,82	48,42	1,89	2,42
5,60	7	0,779	37,73	48,42	1,89	2,42
5,80	8	0,777	43,01	55,34	2,15	2,77
6,00	8	0,775	40,57	52,32	2,03	2,62
6,20	8	0,774	40,48	52,32	2,02	2,62
6,40	7	0,772	35,34	45,78	1,77	2,29
6,60	5	0,770	25,19	32,70	1,26	1,64
6,80	6	0,769	30,17	39,24	1,51	1,96
7,00	15	0,717	66,72	93,03	3,34	4,65
7,20	11	0,766	52,24	68,22	2,61	3,41

7,40	19	0,714	84,16	117,84	4,21	5,89
7,60	27	0,663	110,98	167,46	5,55	8,37
7,80	50	0,561	174,06	310,11	8,70	15,51





## PROVA N.5

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

Prova eseguita in data

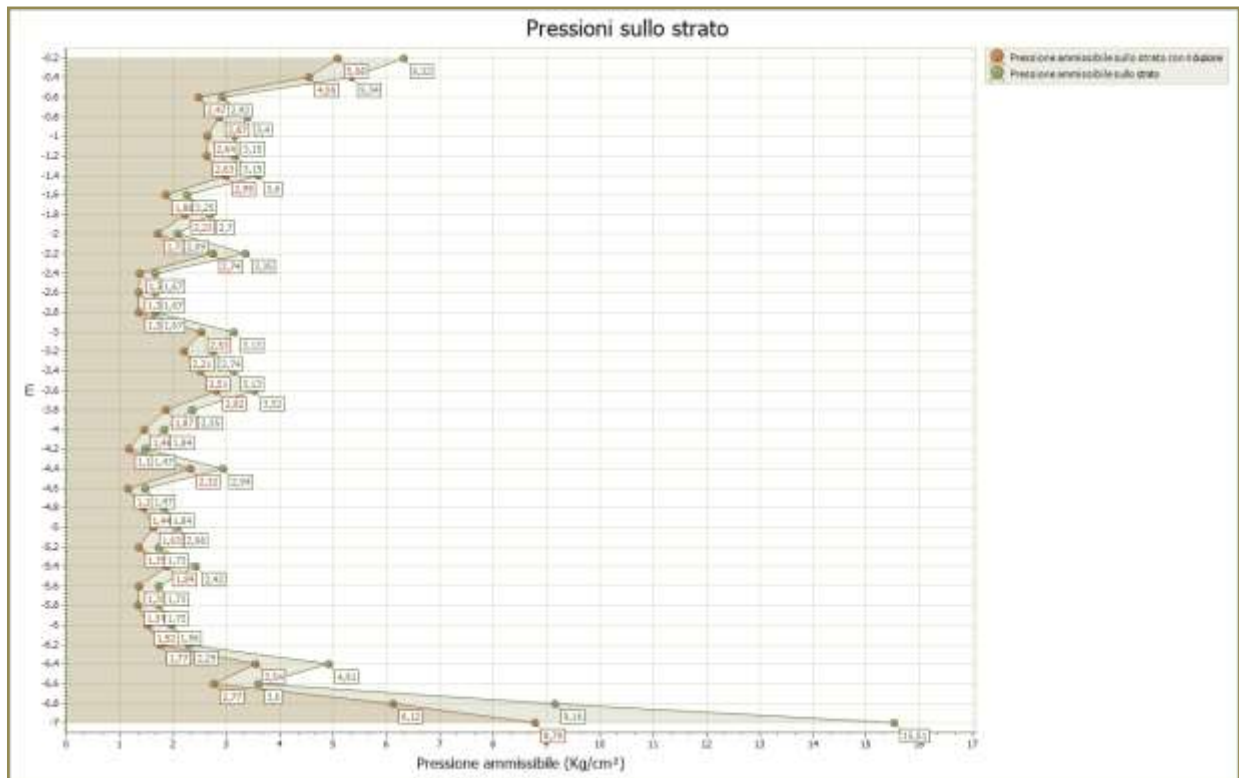
Profondità prova

7,00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (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	13	0,805	101,65	126,33	5,08	6,32
0,40	11	0,851	90,94	106,90	4,55	5,34
0,60	6	0,847	49,39	58,31	2,47	2,92
0,80	7	0,843	57,37	68,02	2,87	3,40
1,00	7	0,840	52,84	62,93	2,64	3,15
1,20	7	0,836	52,63	62,93	2,63	3,15
1,40	8	0,833	59,90	71,92	2,99	3,60
1,60	5	0,830	37,29	44,95	1,86	2,25
1,80	6	0,826	44,57	53,94	2,23	2,70
2,00	5	0,823	34,42	41,82	1,72	2,09
2,20	8	0,820	54,87	66,91	2,74	3,35
2,40	4	0,817	27,34	33,45	1,37	1,67
2,60	4	0,814	27,24	33,45	1,36	1,67
2,80	4	0,811	27,14	33,45	1,36	1,67
3,00	8	0,809	50,58	62,55	2,53	3,13
3,20	7	0,806	44,11	54,73	2,21	2,74
3,40	8	0,803	50,25	62,55	2,51	3,13
3,60	9	0,801	56,35	70,37	2,82	3,52
3,80	6	0,798	37,45	46,91	1,87	2,35
4,00	5	0,796	29,22	36,70	1,46	1,84
4,20	4	0,794	23,30	29,36	1,17	1,47
4,40	8	0,791	46,47	58,72	2,32	2,94
4,60	4	0,789	23,17	29,36	1,16	1,47
4,80	5	0,787	28,89	36,70	1,44	1,84
5,00	6	0,785	32,58	41,50	1,63	2,08
5,20	5	0,783	27,08	34,59	1,35	1,73
5,40	7	0,781	37,82	48,42	1,89	2,42
5,60	5	0,779	26,95	34,59	1,35	1,73
5,80	5	0,777	26,88	34,59	1,34	1,73
6,00	6	0,775	30,43	39,24	1,52	1,96
6,20	7	0,774	35,42	45,78	1,77	2,29
6,40	15	0,722	70,83	98,10	3,54	4,91
6,60	11	0,770	55,42	71,94	2,77	3,60
6,80	28	0,669	122,46	183,13	6,12	9,16
7,00	50	0,567	175,89	310,11	8,79	15,51







## PROVA N.6

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

Prova eseguita in data

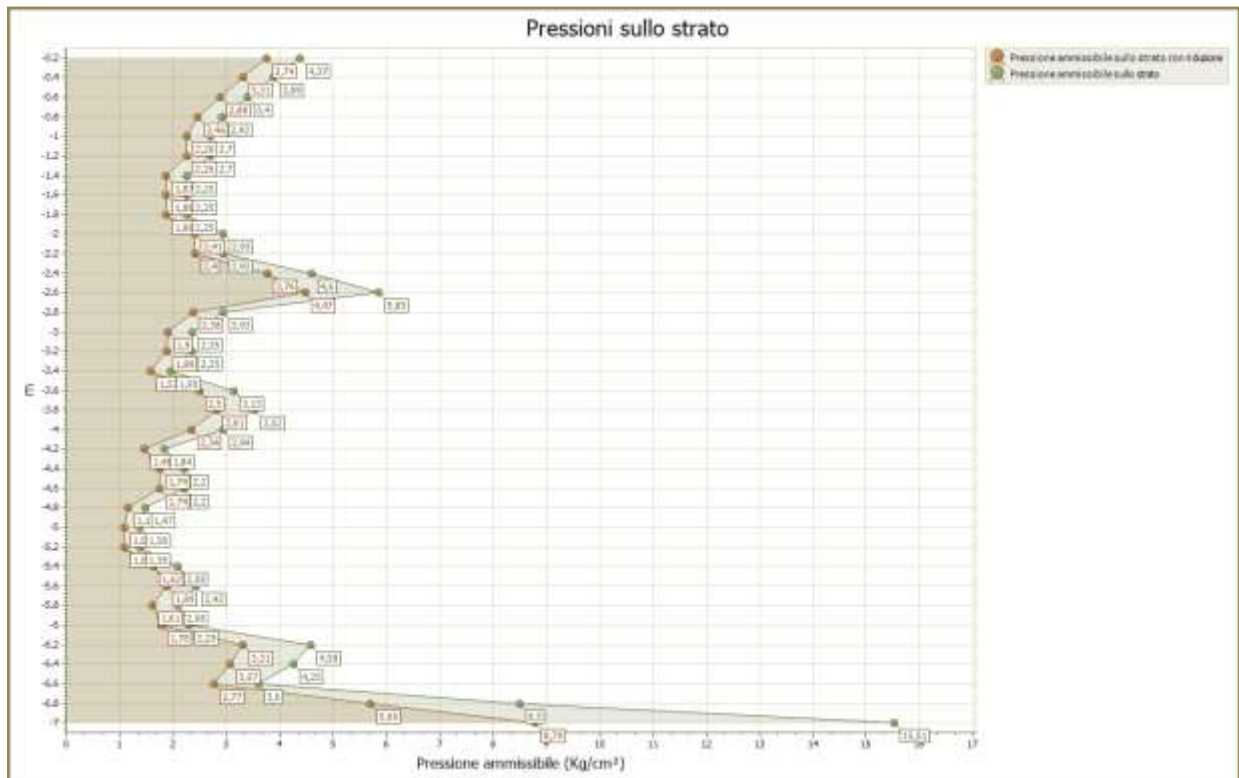
Profondità prova

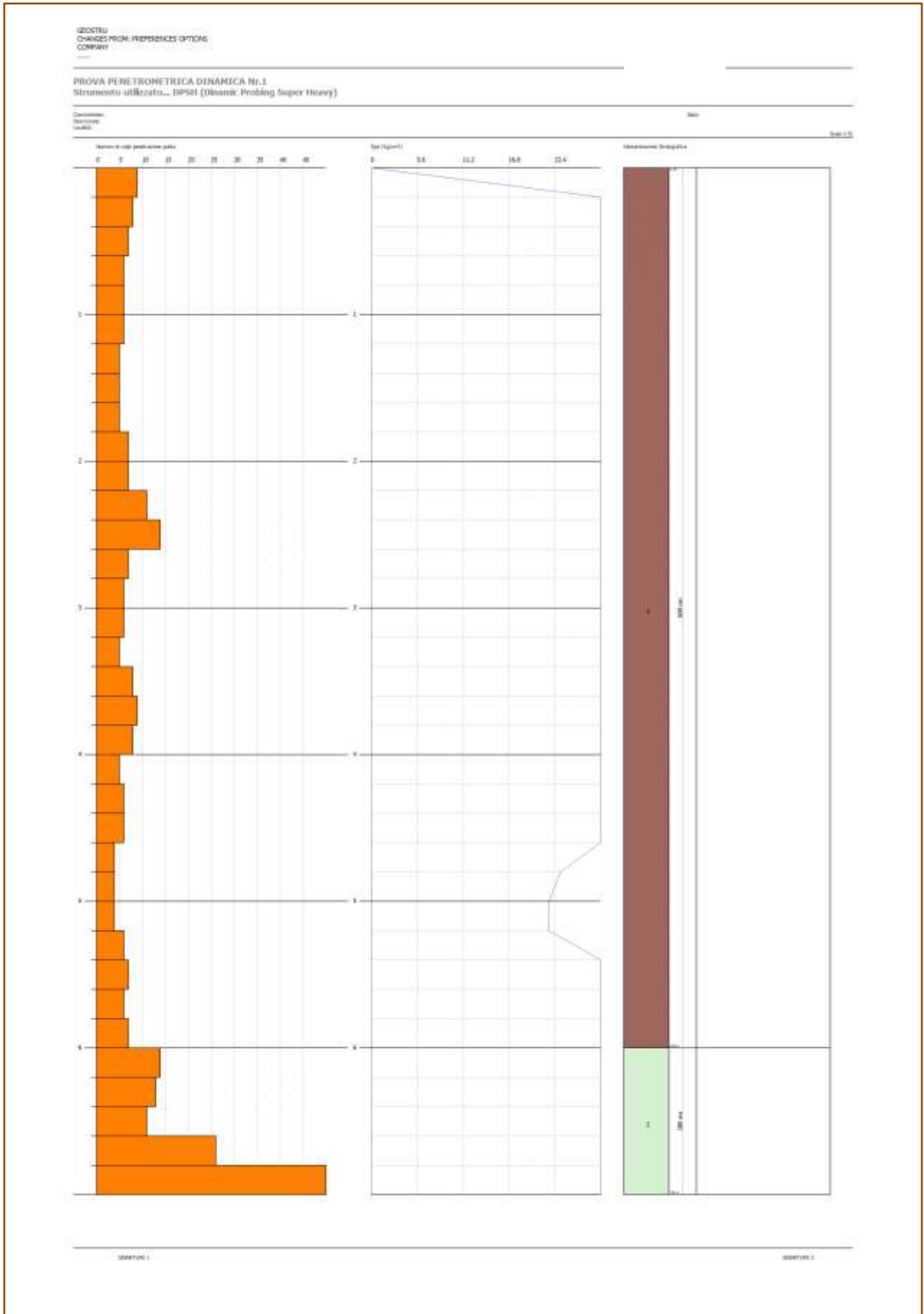
7,00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (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	9	0,855	74,75	87,46	3,74	4,37
0,40	8	0,851	66,14	77,74	3,31	3,89
0,60	7	0,847	57,62	68,02	2,88	3,40
0,80	6	0,843	49,17	58,31	2,46	2,92
1,00	6	0,840	45,30	53,94	2,26	2,70
1,20	6	0,836	45,11	53,94	2,26	2,70
1,40	5	0,833	37,44	44,95	1,87	2,25
1,60	5	0,830	37,29	44,95	1,86	2,25
1,80	5	0,826	37,14	44,95	1,86	2,25
2,00	7	0,823	48,19	58,54	2,41	2,93
2,20	7	0,820	48,01	58,54	2,40	2,93
2,40	11	0,817	75,17	92,00	3,76	4,60
2,60	14	0,764	89,48	117,09	4,47	5,85
2,80	7	0,811	47,50	58,54	2,38	2,93
3,00	6	0,809	37,94	46,91	1,90	2,35
3,20	6	0,806	37,81	46,91	1,89	2,35
3,40	5	0,803	31,41	39,09	1,57	1,95
3,60	8	0,801	50,09	62,55	2,50	3,13
3,80	9	0,798	56,18	70,37	2,81	3,52
4,00	8	0,796	46,74	58,72	2,34	2,94
4,20	5	0,794	29,13	36,70	1,46	1,84
4,40	6	0,791	34,86	44,04	1,74	2,20
4,60	6	0,789	34,76	44,04	1,74	2,20
4,80	4	0,787	23,11	29,36	1,16	1,47
5,00	4	0,785	21,72	27,67	1,09	1,38
5,20	4	0,783	21,66	27,67	1,08	1,38
5,40	6	0,781	32,42	41,50	1,62	2,08
5,60	7	0,779	37,73	48,42	1,89	2,42
5,80	6	0,777	32,26	41,50	1,61	2,08
6,00	7	0,775	35,50	45,78	1,78	2,29
6,20	14	0,724	66,27	91,56	3,31	4,58
6,40	13	0,722	61,39	85,02	3,07	4,25
6,60	11	0,770	55,42	71,94	2,77	3,60
6,80	26	0,669	113,72	170,05	5,69	8,50
7,00	50	0,567	175,89	310,11	8,79	15,51





**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



*Prova n.1*



*Prova n.2*



*Prova n.3*



*Prova n.4*



*Prova n.5*



*Prova n.6*



**REGIONE MOLISE**

***COMUNE di***

**LARINO**

***(Provincia di CAMPOBASSO)***



**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO  
AGRIVOLTAICO COMPOSTO DA DUE SEZIONI ADIACENTI  
DI POTENZA NOMINALE TOTALE PARI A 10133,76 kW  
DENOMINATO "COLLE CARBONE" - UBICATO NEL COMUNE DI  
LARINO (CB)**

**Committenza: COLLE CARBONE SRL**

## **PROVE GEOFISICHE**



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



**IL DIRETTORE TECNICO**

Dott. Carlo Cortese

**DATA:** MARZO 2021

Rev. 0



## INDICE

1	<b>INTRODUZIONE GENERALE</b>	PAG. 02
2	<b>INTRODUZIONE ALLE METODOLOGIE GEOFISICHE UTILIZZATE</b>	PAG. 03
	2.1 TOMOGRAFIA SISMICA	PAG. 03
	2.2 MASW	PAG. 06
3	<b>RISULTATI DELLE PROSPEZIONI ESEGUITE – STENDIMENTO SISMICO SS1</b>	PAG. 09
	3.1 TOMOGRAFIA SISMICA _SS1 _SS2 _SS3 _SS4 _SS5 _SS6	PAG. 09
	3.2 MASW _M1 _M2 _M3 _M4 _M5 _M6	PAG. 28
4	<b>CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO DI INDAGINE</b>	PAG. 46

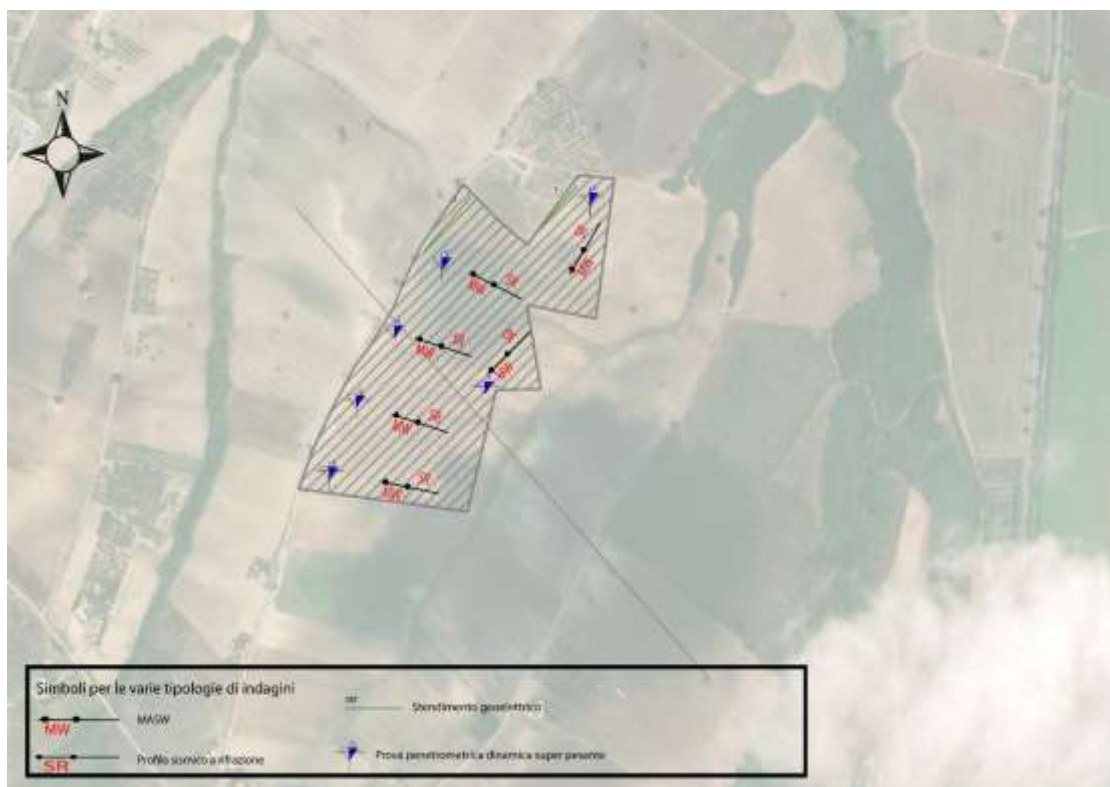
## 1. INTRODUZIONE

In questo **ALLEGATO SISMICO** si descrivono i risultati provenienti dalla **campagna di indagini geofisiche** effettuata nel Comune di Larino (CB) dalla ditta “**GEOSECURE s.r.l.**”, nel mese di **marzo 2021**, eseguita a servizio della pratica denominata “**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO COMPOSTO DA DUE SEZIONI ADIACENTI DI POTENZA NOMINALE TOTALE PARI A 10133,76 kW DENOMINATO "COLLE CARBONE" - UBICATO NEL COMUNE DI LARINO (CB)**” per conto di COLLE CARBONE SRL.

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

- N° 06 PROSPEZIONI GEOFISICHE SUPERFICIALI CON METODOLOGIE DI INDAGINE DENOMINATE “SISMICA A RIFRAZIONE” E “TOMOGRAFIA SISMICA” ESEGUITE MEDIANTE INSTALLAZIONE DI N° 06 STENDIMENTI SISMICI DENOMINATI PROGRESSIVAMENTE da **SS1** ad **SS6** (Tutti di lunghezza pari a 92,00 m);
- N° 06 PROSPEZIONI GEOFISICHE SUPERFICIALI CON METODOLOGIA DI INDAGINE “MASW” NOMINATE da M1 ad M6 (Tutte di lunghezza pari a 92,00 m).

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 Larino (CB)**

## **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;*
- *24 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 una 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° 06 stendimento sismico** - **SS1 – SS6** - con l'utilizzo di n° **24 geofoni** distanziati tra di loro su linea retta con distanza intergeofonica pari a 4,00 metri.

## 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 24 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;
- 24 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.**

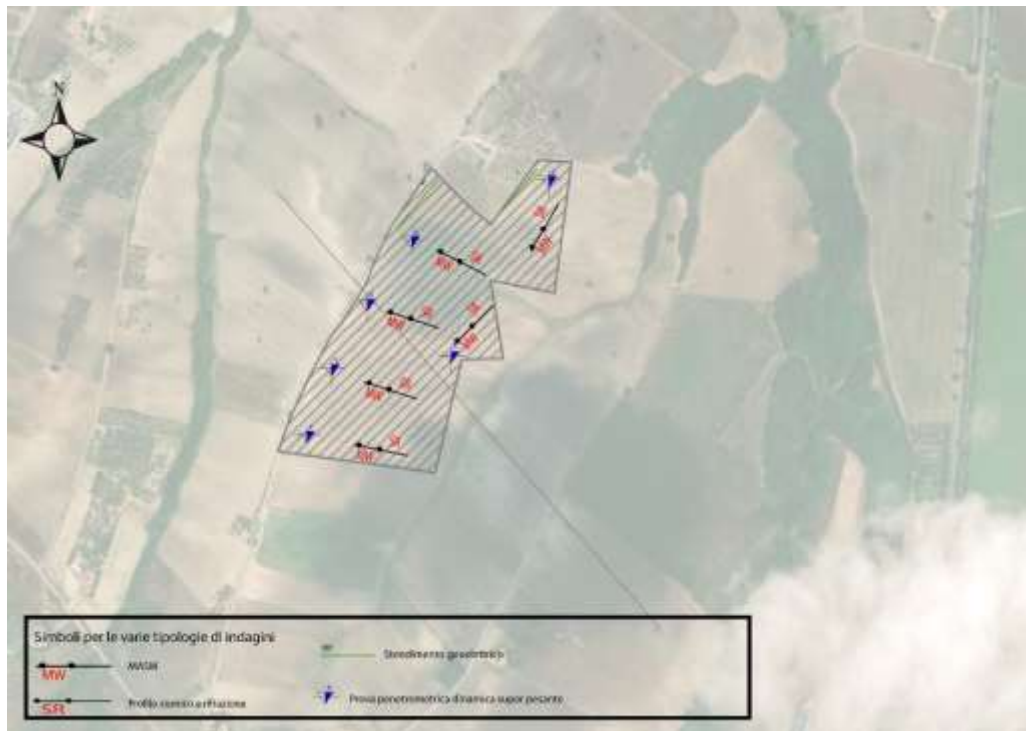


### 3. RISULTATI DELLE PROSPEZIONI ESEGUITE – STENDIMENTO SISMICO SS1

#### 3.1 TOMOGRAFIA SISMICA

**LUNGHEZZA TOTALE DEL PROFILO 23,00 Mt - DISTANZA INTERGEOFONICA = 1,00 Mt**

I profili sismici in oggetto sono stati ubicati come mostrato, di seguito, in **Figura 4**:



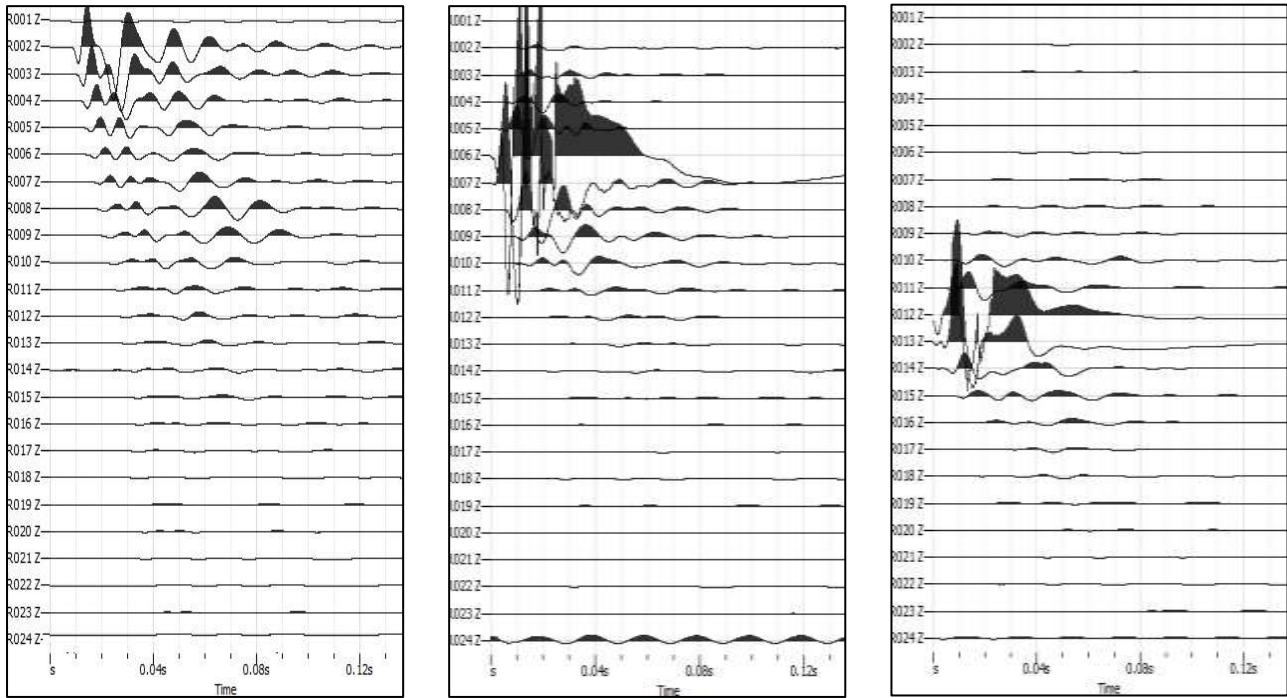
**Fig. 4: ubicazione dei profili sismici .**

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:

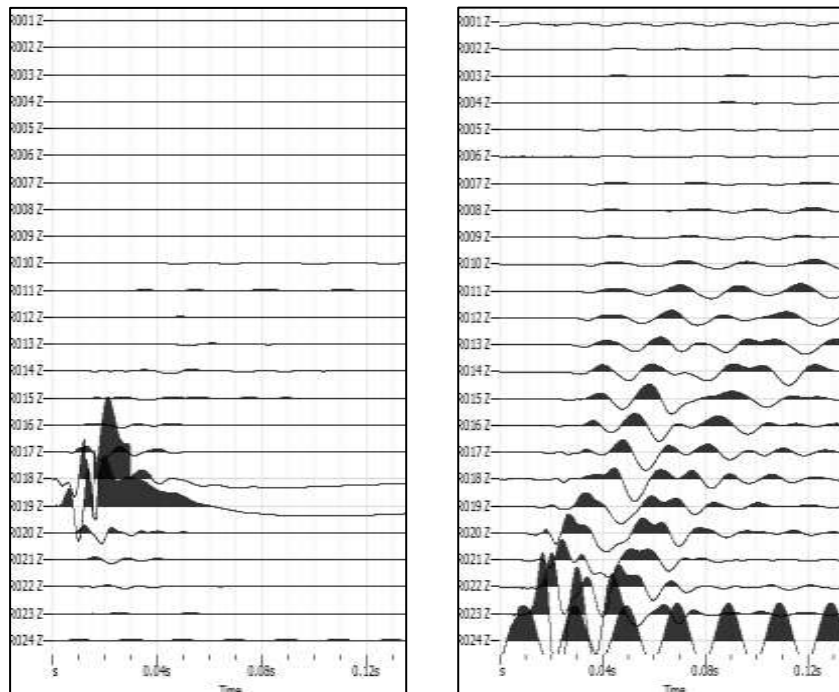
- *due scoppi simmetrici (**off-shots**) esterni allo stendimento ad una distanza di 2,00 metri dal geofono più vicino;*
- *uno scoppio (**mid-shot**) al centro dello stendimento stesso.*
- *due scoppi intermedi allo stendimento, il primo tra il 6° e il 7° geofono e il secondo tra il 18° e 19° geofono.*

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**

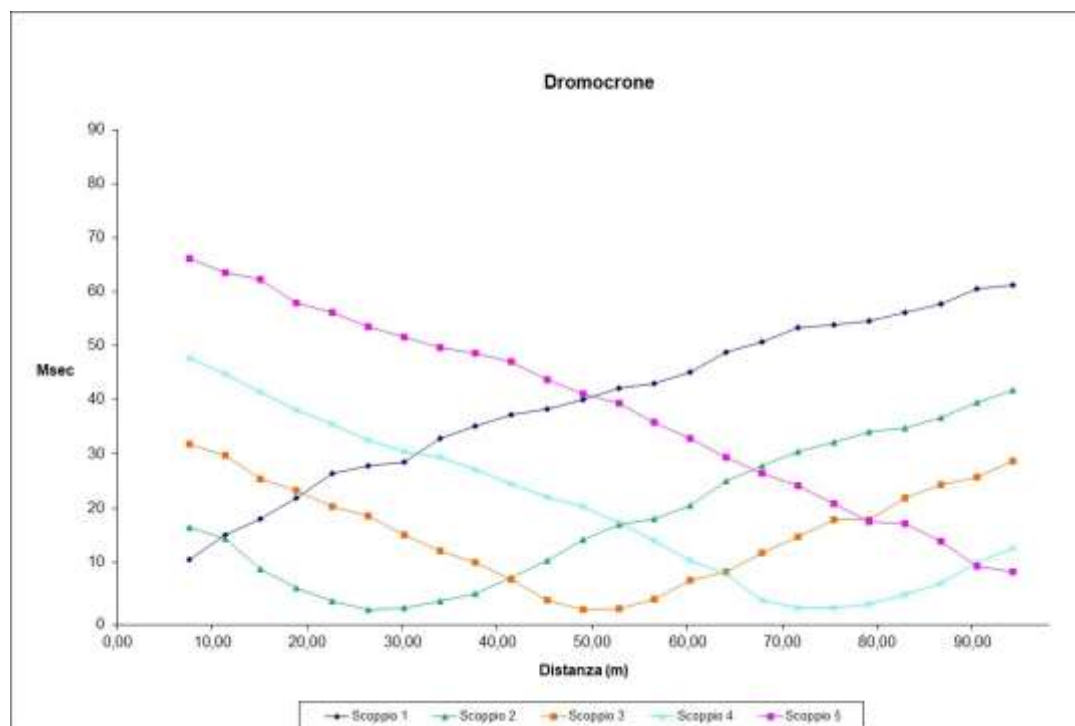


**Fig. 6: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS1**

TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	0,00	26,00	50,00	74,00	100,00
	msec	msec	msec	msec	msec
0,00	10.40	16.40	31.80	47.73	66.20
4,00	14.93	14.40	29.73	44.87	63.47
8,00	18.07	8.73	25.33	41.53	62.33
12,00	21.87	5.13	23.33	38.07	58.00
16,00	26.40	2.73	20.27	35.53	56.13
20,00	27.87	1.20	18.60	32.47	53.60
24,00	28.47	1.47	14.93	30.47	51.60
28,00	32.80	2.80	12.00	29.33	49.73
32,00	35.20	4.13	9.87	27.13	48.67
36,00	37.20	7.13	6.73	24.40	47.00
40,00	38.27	10.20	3.00	22.07	43.73
44,00	40.13	14.20	1.20	20.27	41.20
48,00	42.13	16.93	1.27	17.33	39.40
52,00	43.00	18.07	3.07	13.93	35.93
56,00	45.20	20.40	6.53	10.20	32.80
60,00	48.87	25.00	8.20	7.87	29.33
64,00	50.67	27.87	11.73	3.00	26.40
68,00	53.40	30.47	14.60	1.47	24.07
72,00	53.93	32.27	17.87	1.53	20.80
76,00	54.53	34.07	17.87	2.20	17.47
80,00	56.13	34.80	21.93	3.93	17.13
84,00	57.80	36.67	24.27	6.00	13.87
88,00	60.53	39.53	25.73	9.87	9.27
92,00	61.27	41.73	28.60	12.60	8.20

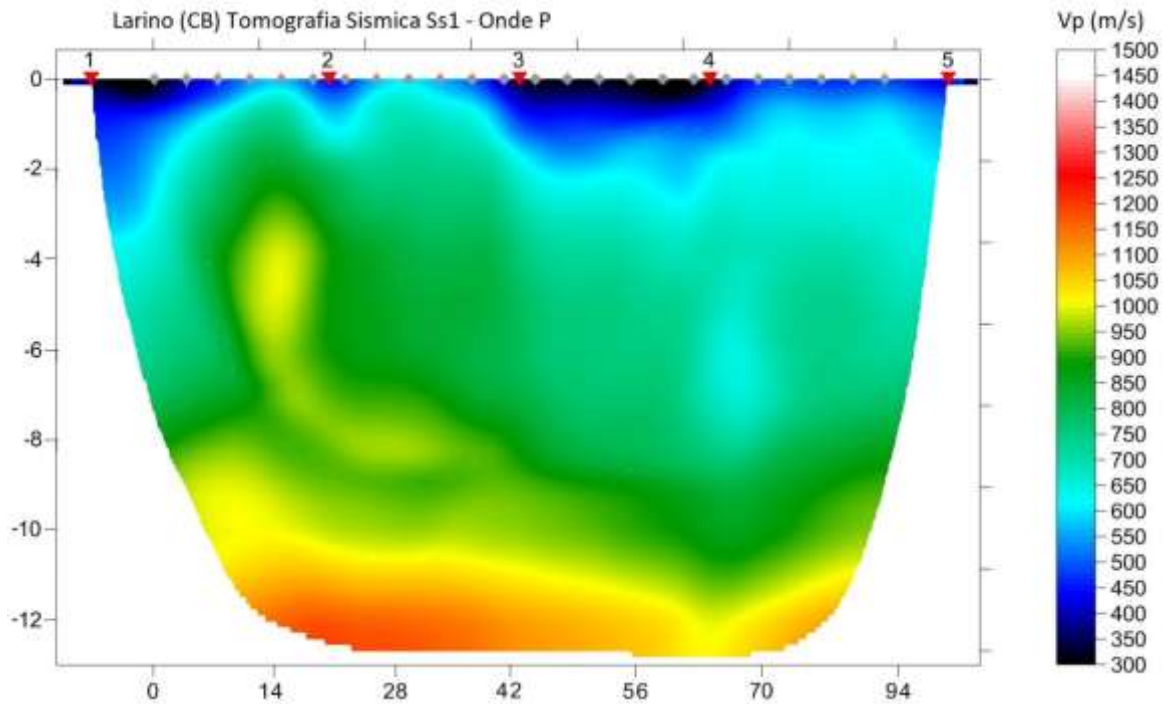
**Fig. 7: tabella dei primi arrivi. SS1**

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



**Fig. 8: dromocrone dei primi arrivi. SS1**

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**.



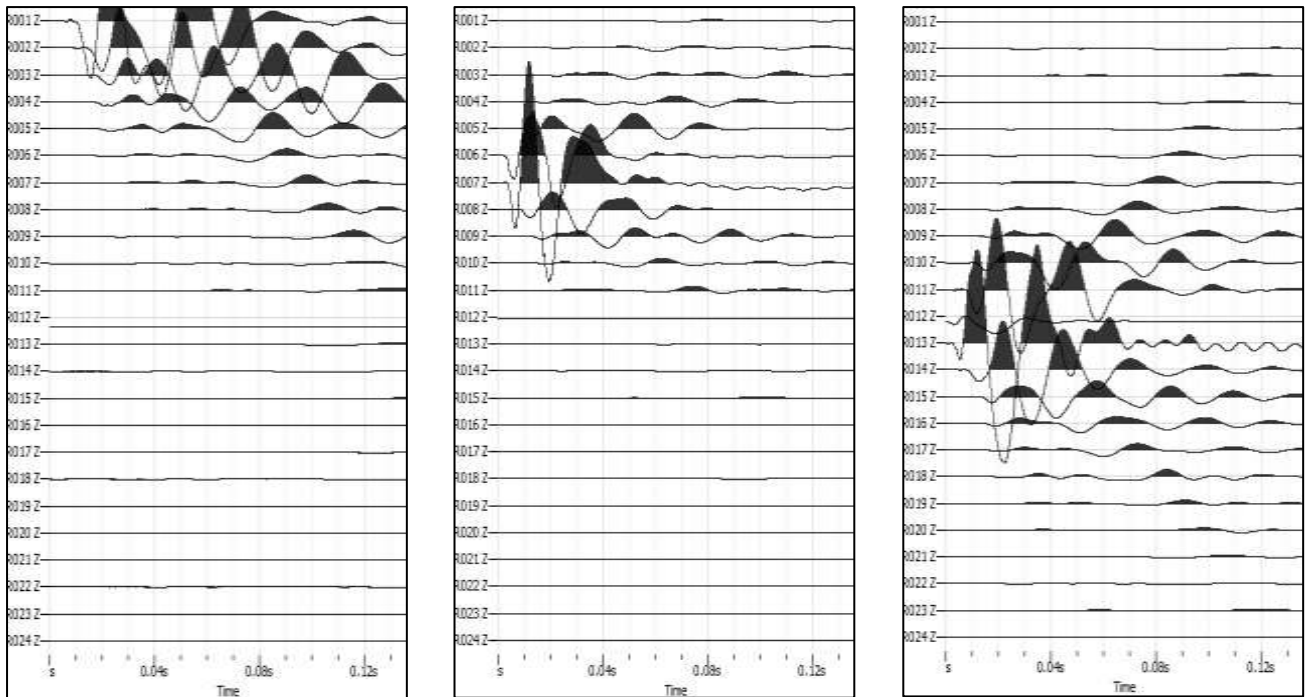
**Fig. 9: tomografia sismica. SS1**

### **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE**

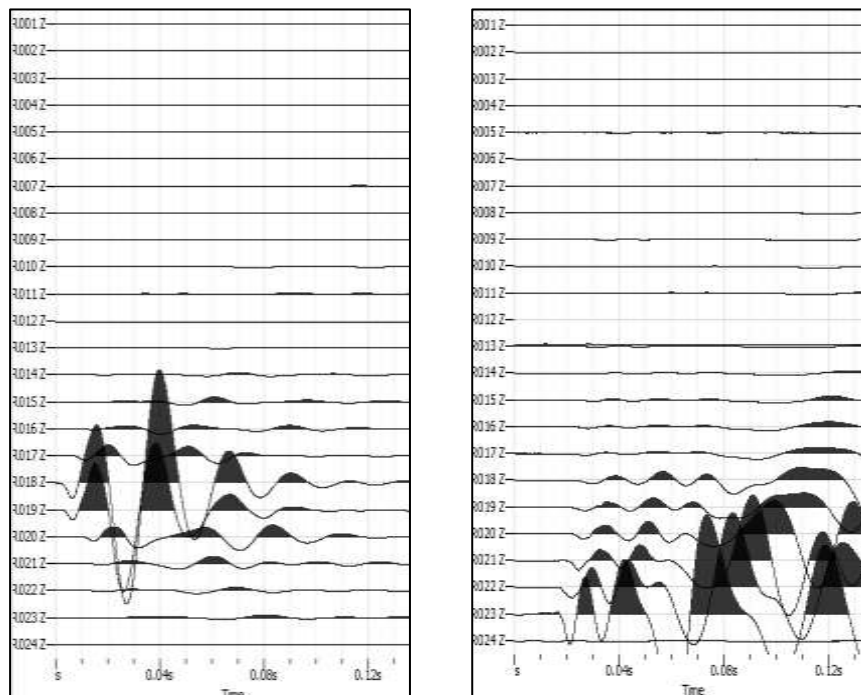


**FOTO 1: dettaglio dello stendimento SS1**

## STENDIMENTO SISMICO SS2



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

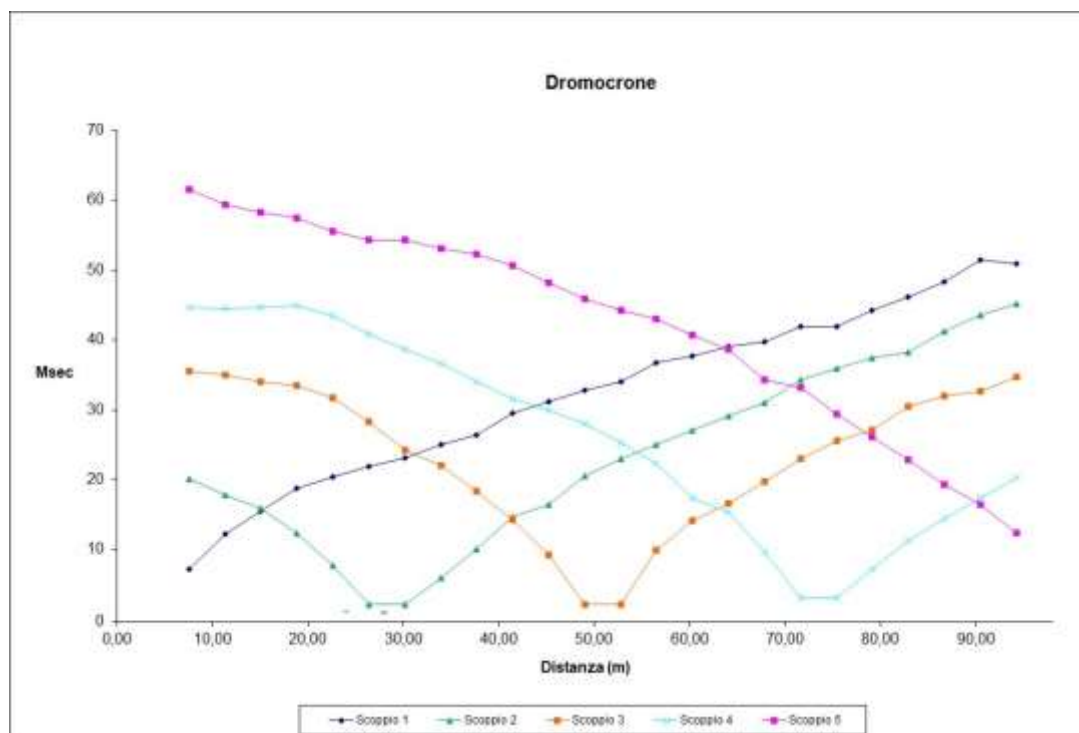


**Fig. 11: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS2**

TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	0,00	26,00	50,00	74,00	100,00
	msec	msec	msec	msec	msec
0,00	7.13	20.07	35.53	44.67	61.60
4,00	12.20	17.87	35.00	44.47	59.40
8,00	15.47	15.87	34.07	44.67	58.33
12,00	18.80	12.40	33.53	44.87	57.40
16,00	20.40	7.67	31.73	43.40	55.60
20,00	21.87	2.20	28.27	40.80	54.33
24,00	23.13	2.20	24.27	38.67	54.33
28,00	25.00	6.00	22.07	36.67	53.07
32,00	26.40	10.00	18.40	34.07	52.33
36,00	29.53	14.73	14.20	31.53	50.67
40,00	31.20	16.40	9.27	29.87	48.13
44,00	32.80	20.60	2.20	28.07	45.93
48,00	34.07	23.00	2.20	25.33	44.27
52,00	36.80	25.00	9.87	22.27	43.00
56,00	37.73	27.13	14.07	17.47	40.67
60,00	39.00	29.13	16.60	15.33	38.67
64,00	39.73	31.00	19.67	9.67	34.27
68,00	41.93	34.27	23.00	3.07	33.20
72,00	41.93	35.93	25.53	3.07	29.33
76,00	44.27	37.40	27.13	7.13	26.07
80,00	46.13	38.27	30.47	11.33	22.80
84,00	48.33	41.20	31.93	14.40	19.33
88,00	51.40	43.60	32.60	17.47	16.40
92,00	50.87	45.20	34.67	20.27	12.40

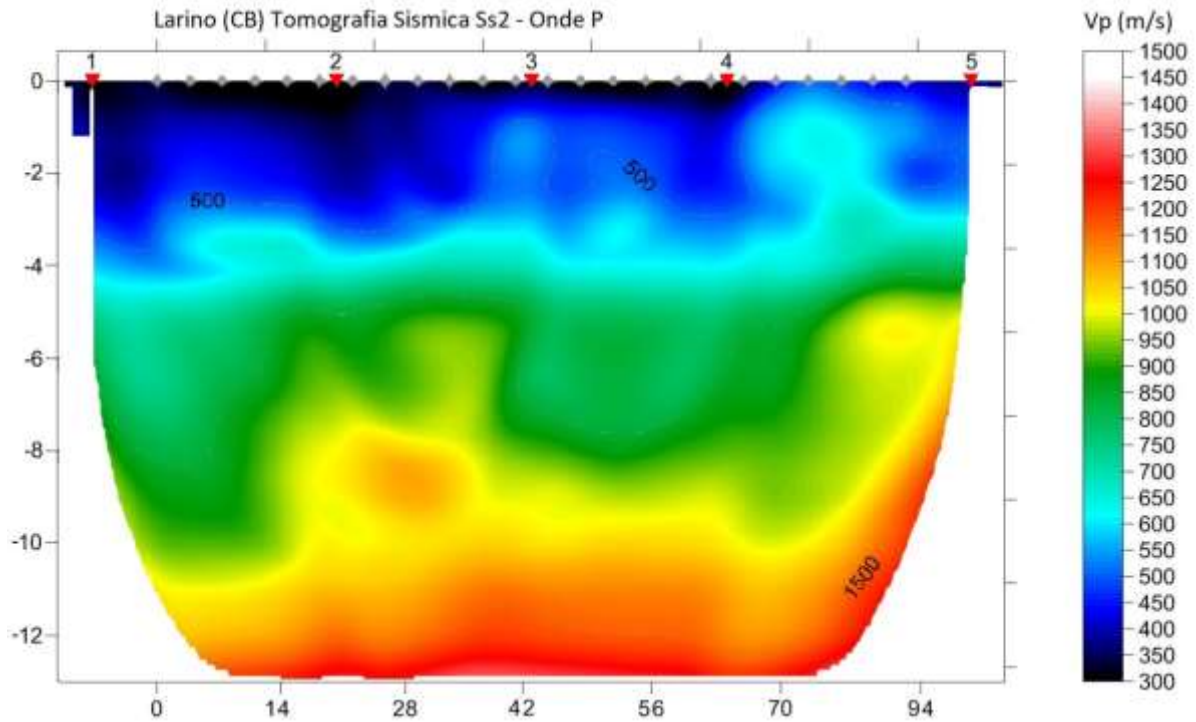
**Fig. 12: tabella dei primi arrivi. SS2**

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



**Fig. 13: dromocrone dei primi arrivi. SS2**

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**.



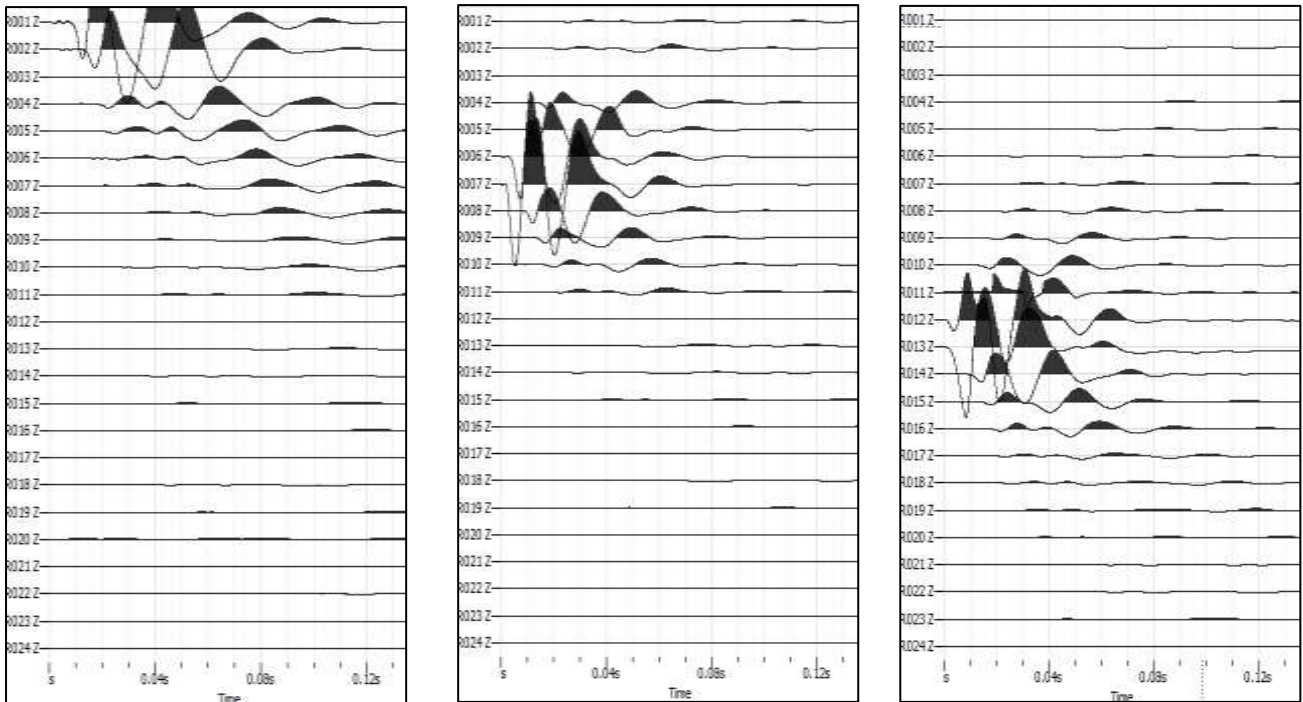
**Fig. 14: tomografia sismica. SS2**

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE**

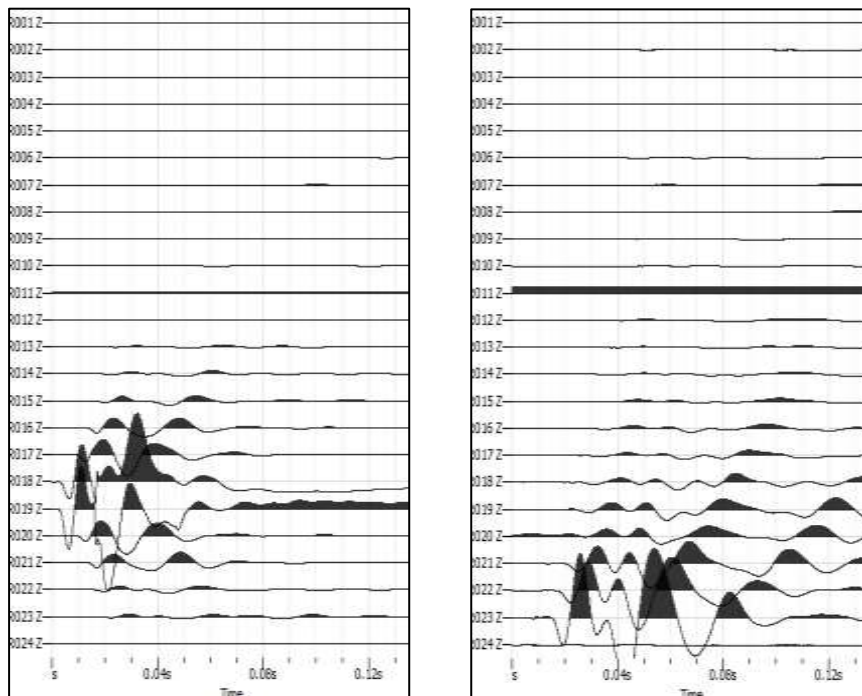


**FOTO 2: dettaglio dello stendimento SS2**

### STENDIMENTO SISMICO SS3



**Fig. 15: sismogrammi dello Scoppio 1,2 e 3. – SS3**



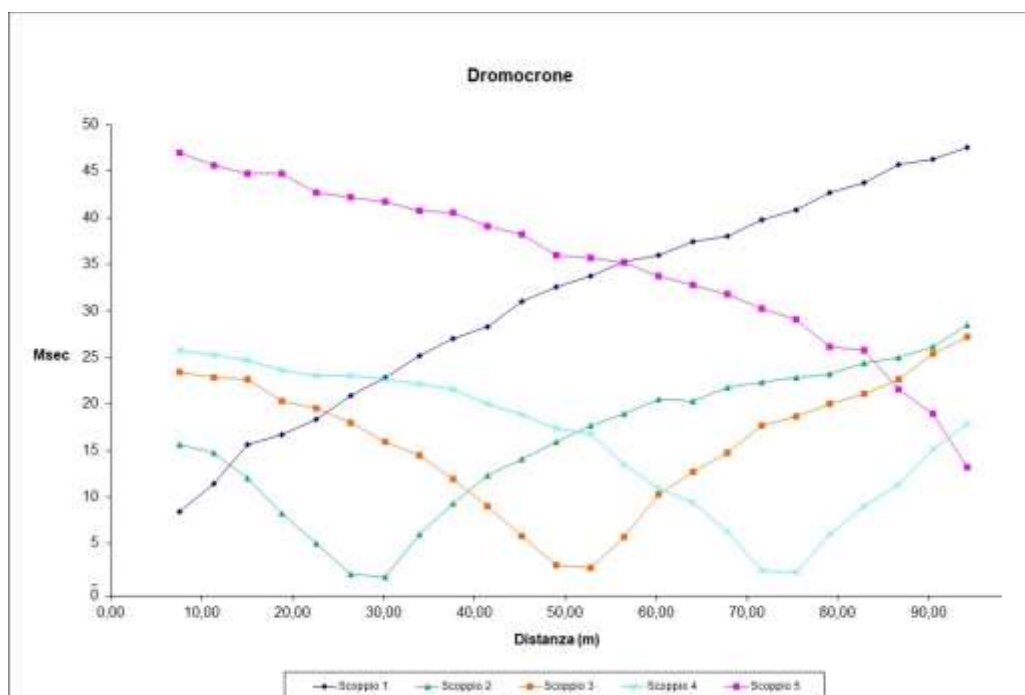
**Fig. 16: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS3**



TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	0,00	26,00	50,00	74,00	100,00
	msec	msec	msec	msec	msec
0,00	8.47	15.60	23.40	25.80	46.93
4,00	11.47	14.73	22.87	25.27	45.60
8,00	15.60	12.00	22.67	24.73	44.73
12,00	16.67	8.20	20.33	23.67	44.73
16,00	18.40	5.00	19.53	23.07	42.73
20,00	20.93	1.73	17.93	23.07	42.20
24,00	22.87	1.47	15.93	22.67	41.73
28,00	25.13	6.00	14.47	22.13	40.73
32,00	27.00	9.27	11.93	21.60	40.53
36,00	28.27	12.33	9.00	20.07	39.13
40,00	31.00	14.07	5.80	18.87	38.20
44,00	32.60	15.93	2.67	17.40	36.00
48,00	33.73	17.67	2.40	16.80	35.67
52,00	35.33	18.93	5.73	13.47	35.20
56,00	35.93	20.53	10.27	10.93	33.73
60,00	37.40	20.33	12.73	9.40	32.80
64,00	38.07	21.80	14.73	6.27	31.80
68,00	39.73	22.33	17.67	2.07	30.27
72,00	40.80	22.87	18.67	1.93	29.07
76,00	42.67	23.27	20.07	6.00	26.13
80,00	43.73	24.40	21.13	9.00	25.73
84,00	45.73	25.00	22.60	11.33	21.60
88,00	46.33	26.13	25.40	15.20	18.93
92,00	47.60	28.50	27.27	17.87	13.20

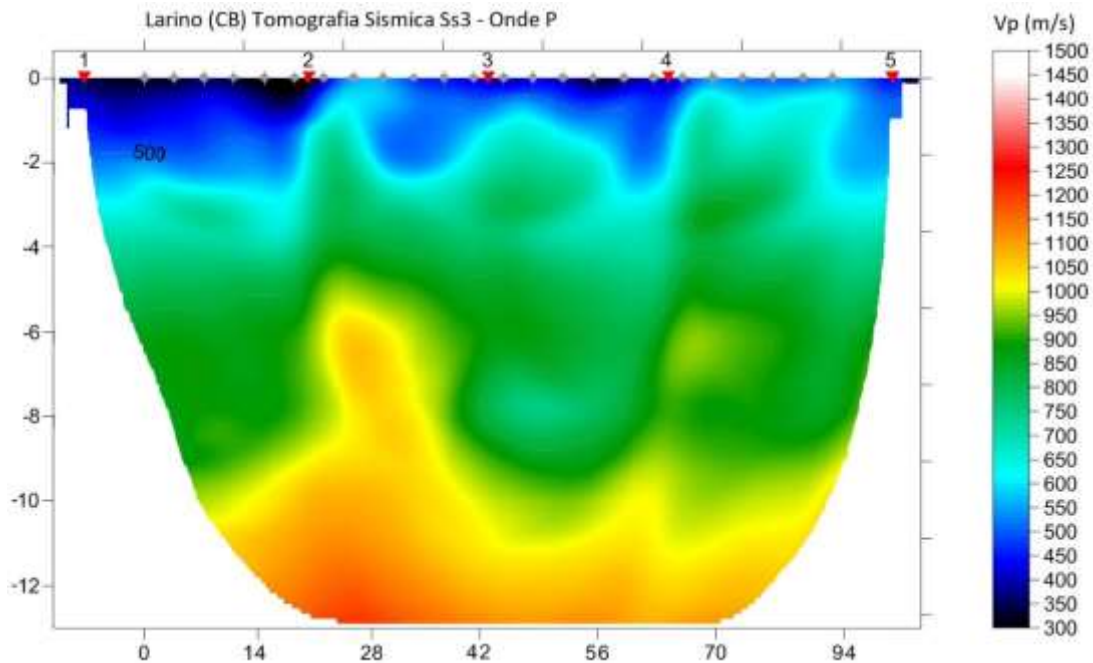
**Fig. 17: tabella dei primi arrivi. SS3**

Nella **Figura 18** sono riportate le **dromocrone dei primi arrivi**.



**Fig. 18: dromocrone dei primi arrivi. SS3**

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**.



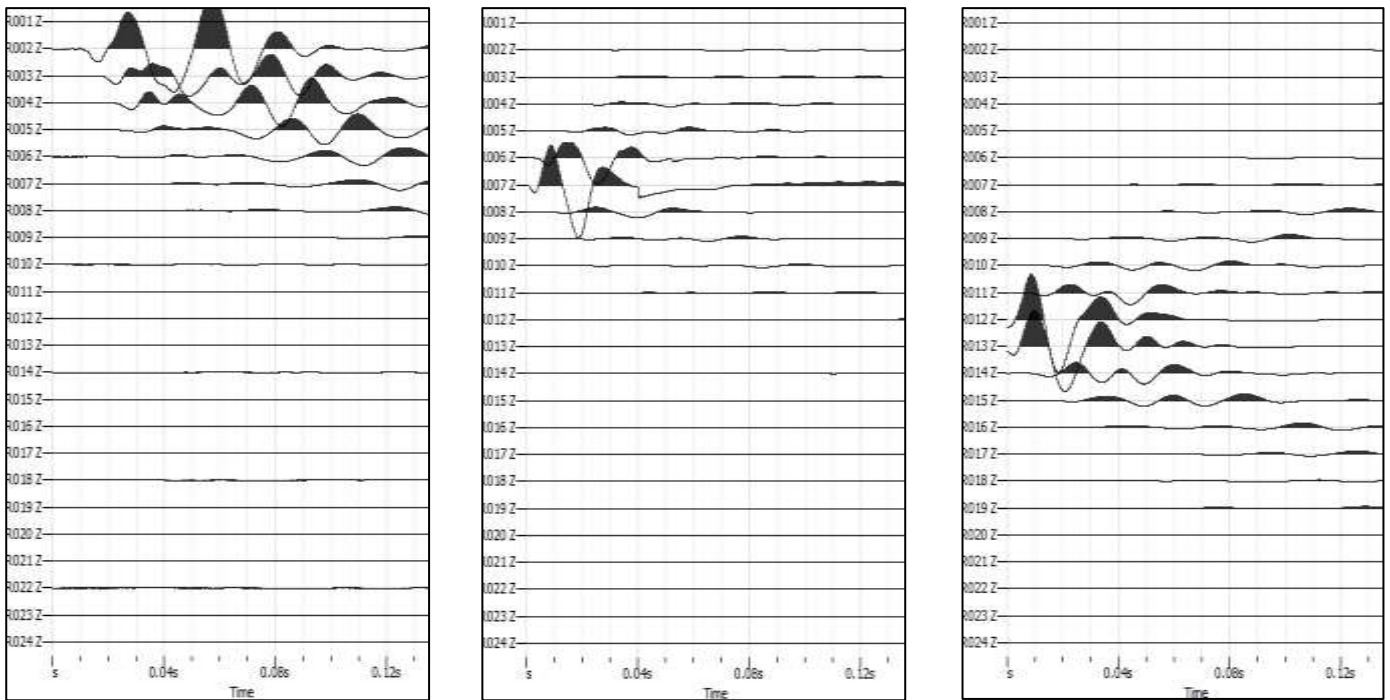
**Fig. 19: tomografia sismica. SS3**

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE**

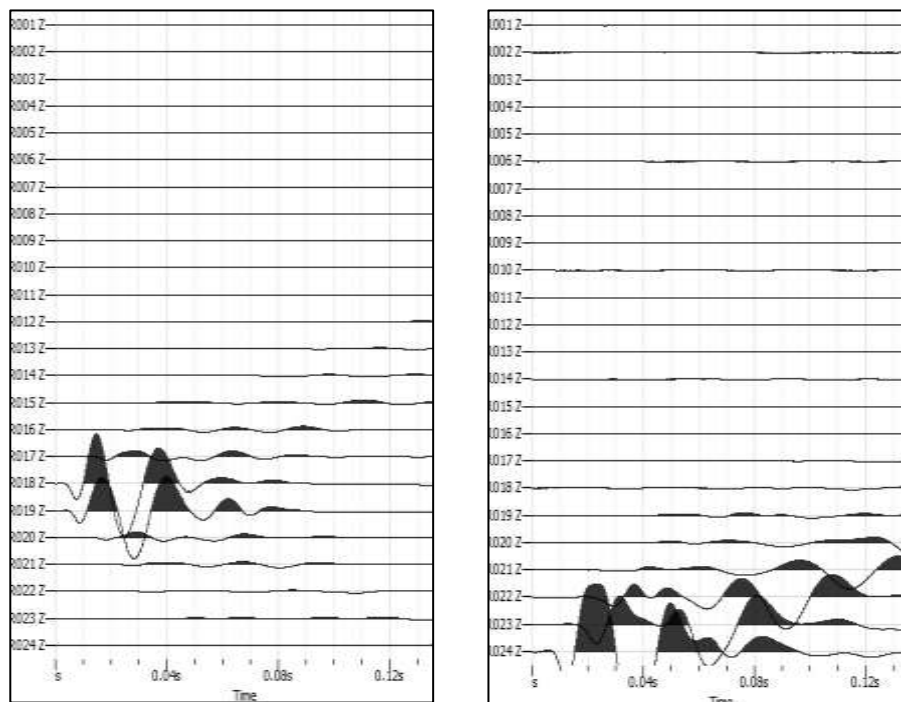


**FOTO 3: dettaglio dello stendimento SS3**

## STENDIMENTO SISMICO SS4



**Fig. 20: sismogrammi dello Scoppio 1 ,2 e 3. – SS4**

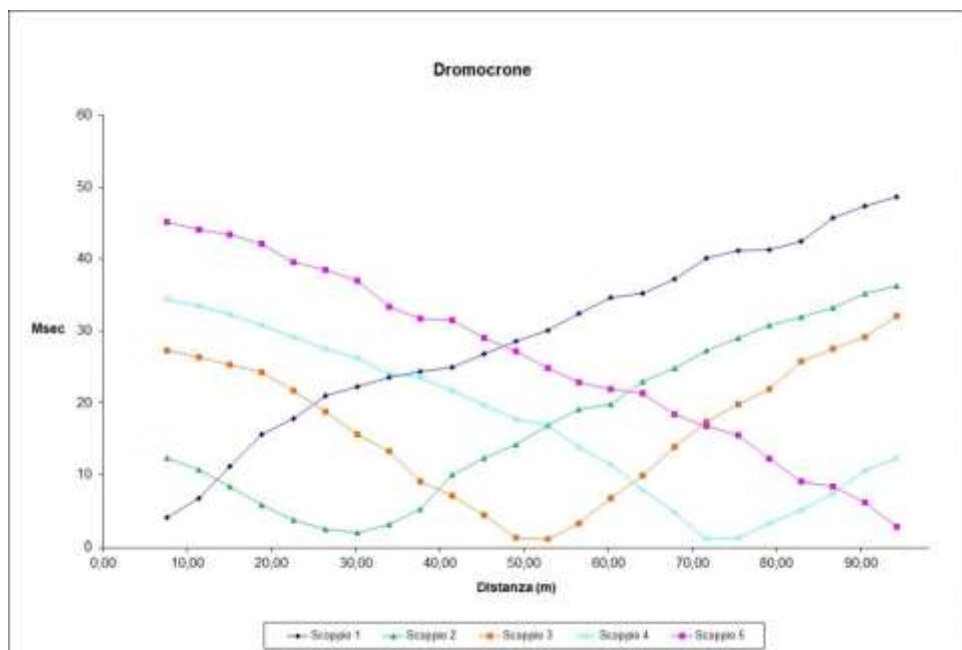


**Fig. 21: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS4**

TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	0,00	26,00	50,00	74,00	100,00
	msec	msec	msec	msec	msec
0,00	4.00	12.40	27.33	34.47	45.20
4,00	6.73	10.73	26.40	33.53	44.13
8,00	11.13	8.40	25.33	32.27	43.40
12,00	15.67	5.80	24.27	30.80	42.13
16,00	17.87	3.67	21.67	29.13	39.53
20,00	20.93	2.40	18.80	27.53	38.47
24,00	22.27	2.00	15.67	26.27	37.00
28,00	23.53	3.07	13.33	24.07	33.33
32,00	24.40	5.27	9.13	23.53	31.73
36,00	25.00	10.00	7.13	21.67	31.53
40,00	26.80	12.40	4.40	19.67	29.00
44,00	28.60	14.20	1.27	17.67	27.13
48,00	30.07	16.93	1.07	16.93	24.80
52,00	32.47	19.13	3.27	13.87	22.80
56,00	34.67	19.87	6.73	11.47	21.87
60,00	35.20	23.00	9.87	7.87	21.33
64,00	37.20	24.80	13.87	4.73	18.40
68,00	40.13	27.33	17.33	1.07	16.80
72,00	41.20	29.00	19.87	1.27	15.47
76,00	41.35	30.80	21.87	3.27	12.20
80,00	42.47	31.93	25.73	5.13	9.13
84,00	45.73	33.20	27.53	7.47	8.40
88,00	47.40	35.20	29.13	10.60	6.20
92,00	48.67	36.27	32.07	12.40	2.73

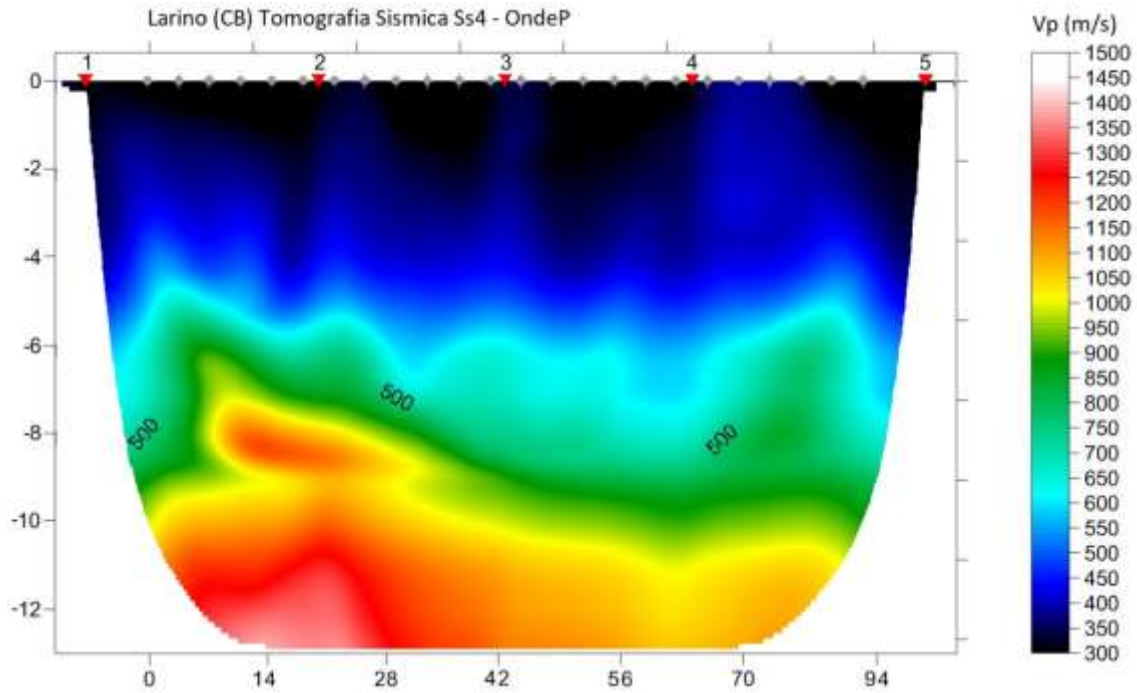
**Fig. 22: tabella dei primi arrivi. SS4**

Nella **Figura 23** sono riportate le **dromocrone dei primi arrivi**.



**Fig. 23: dromocrone dei primi arrivi. SS4**

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**.



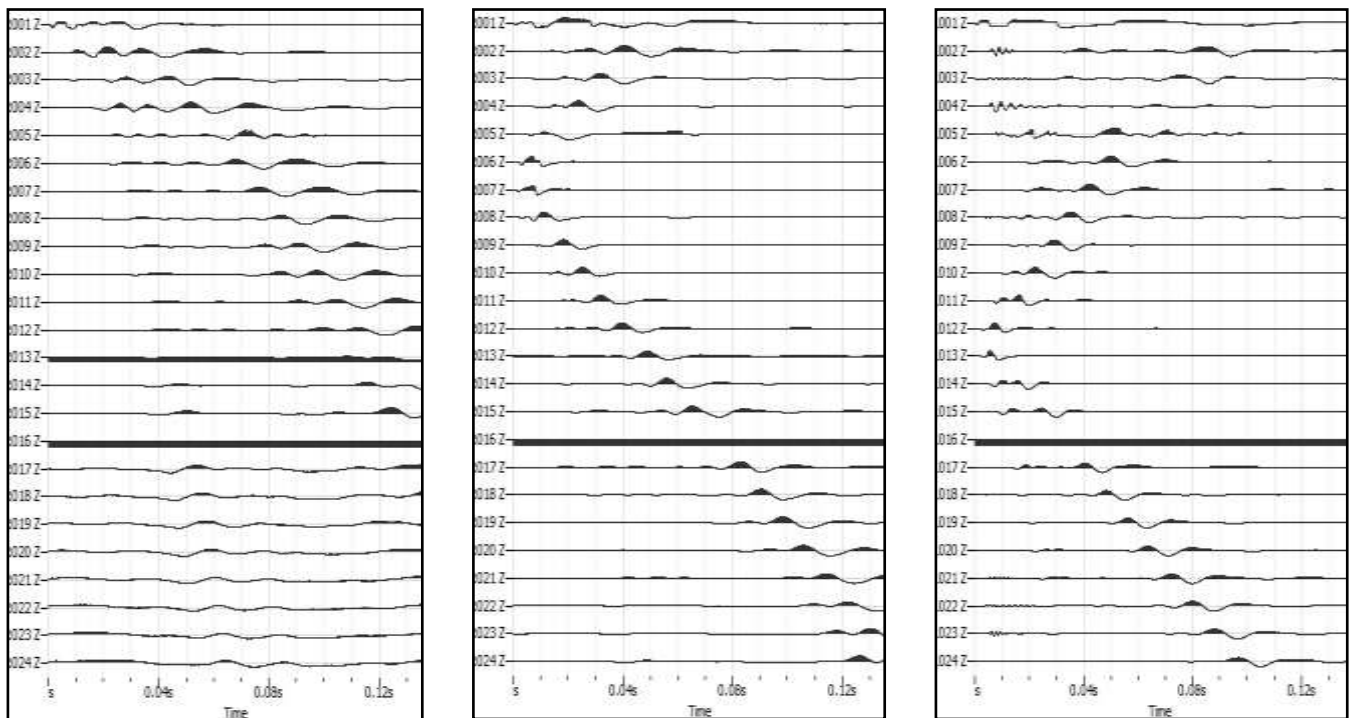
**Fig. 24: tomografia sismica. SS4**

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

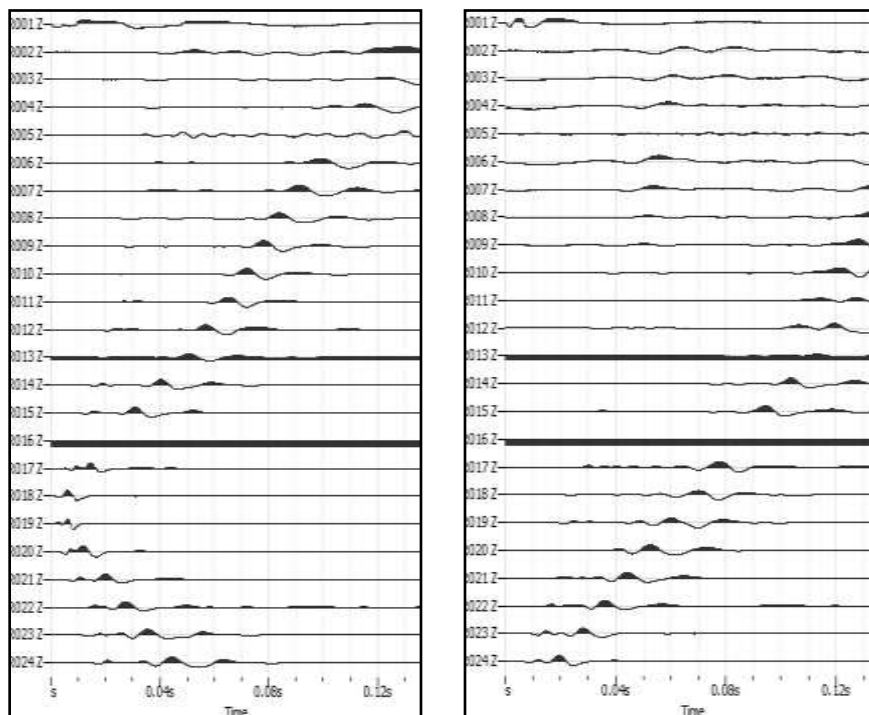


**FOTO 4: dettaglio dello stendimento SS4**

## STENDIMENTO SISMICO SS5



**Fig. 25: sismogrammi dello Scoppio 1,2 e 3. – SS5**

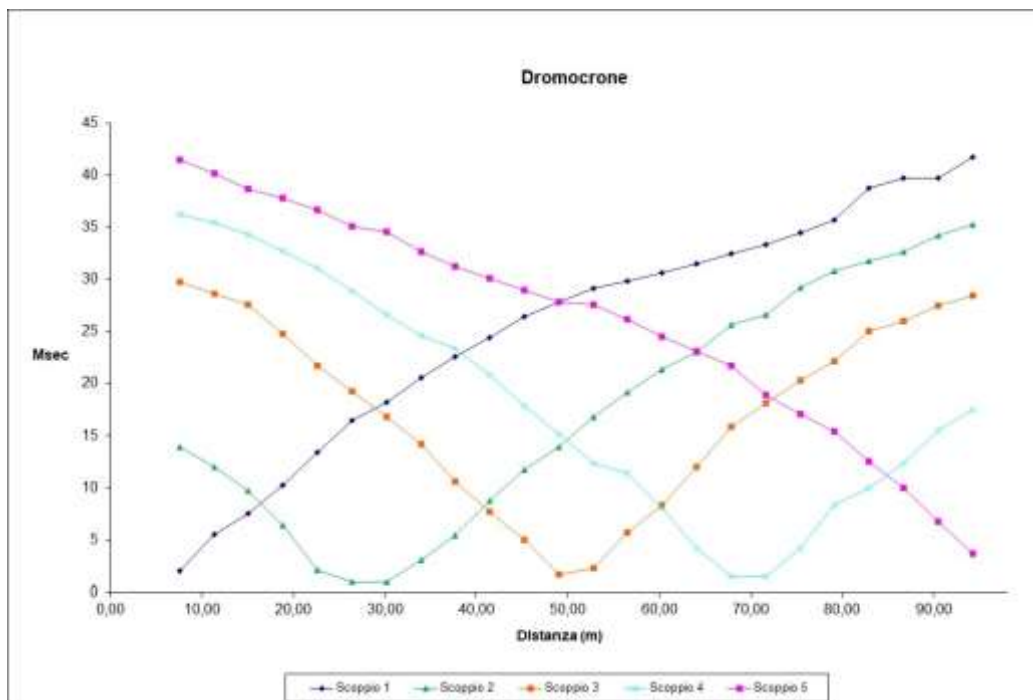


**Fig. 26: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS5**

TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	0,00	26,00	50,00	74,00	100,00
	msec	msec	msec	msec	msec
0,00	2.00	13.87	29.73	36.20	41.47
4,00	5.47	12.00	28.60	35.47	40.20
8,00	7.47	9.67	27.60	34.27	38.67
12,00	10.20	6.40	24.73	32.73	37.80
16,00	13.33	2.07	21.67	31.07	36.67
20,00	16.40	0.93	19.20	28.87	35.07
24,00	18.20	0.93	16.80	26.60	34.53
28,00	20.60	3.07	14.20	24.60	32.60
32,00	22.60	5.40	10.60	23.40	31.20
36,00	24.40	8.73	7.67	20.80	30.07
40,00	26.40	11.73	4.93	17.87	29.00
44,00	27.87	13.93	1.67	15.13	27.87
48,00	29.13	16.80	2.27	12.33	27.53
52,00	29.87	19.13	5.67	11.33	26.13
56,00	30.60	21.33	8.27	8.00	24.53
60,00	31.53	23.00	12.00	4.20	23.13
64,00	32.47	25.60	15.80	1.47	21.67
68,00	33.33	26.60	18.07	1.47	18.87
72,00	34.47	29.27	20.27	4.20	17.07
76,00	35.73	30.80	22.13	8.27	15.40
80,00	38.80	31.80	25.00	10.00	12.47
84,00	39.73	32.60	26.00	12.33	9.93
88,00	39.73	34.20	27.47	15.47	6.73
92,00	41.73	35.27	28.47	17.47	3.67

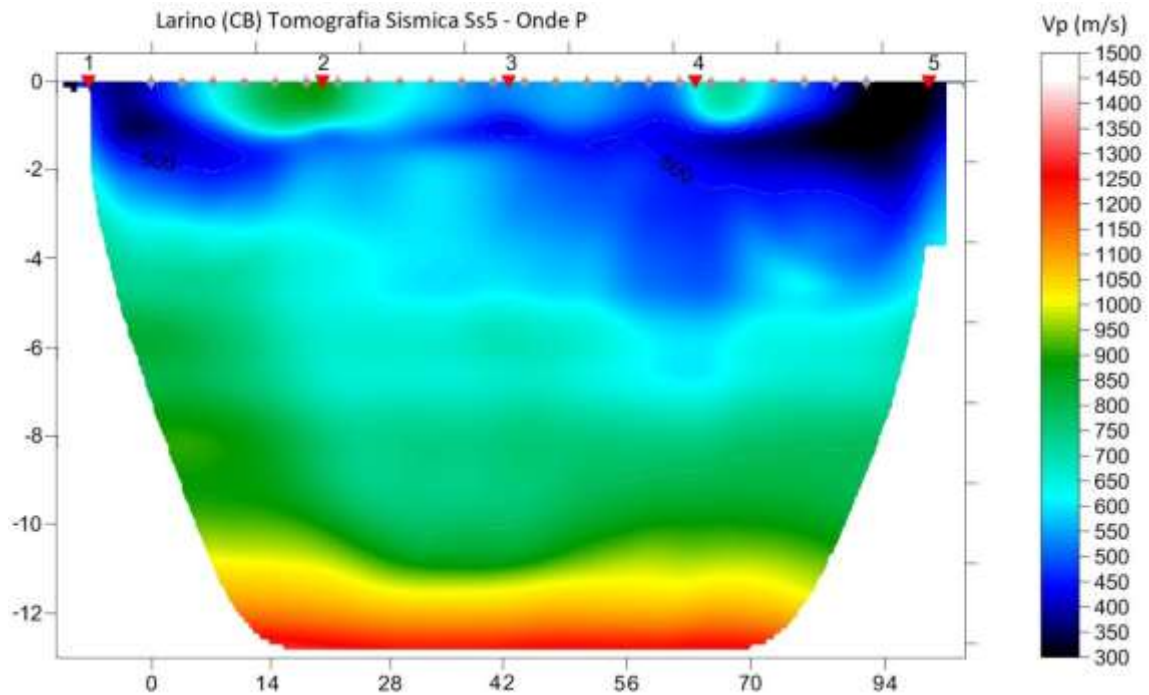
**Fig. 27: tabella dei primi arrivi. SS5**

Nella **Figura 28** sono riportate le **dromocrone dei primi arrivi**.



**Fig. 28: dromocrone dei primi arrivi. SS5**

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. 29: tomografia sismica. SS5**

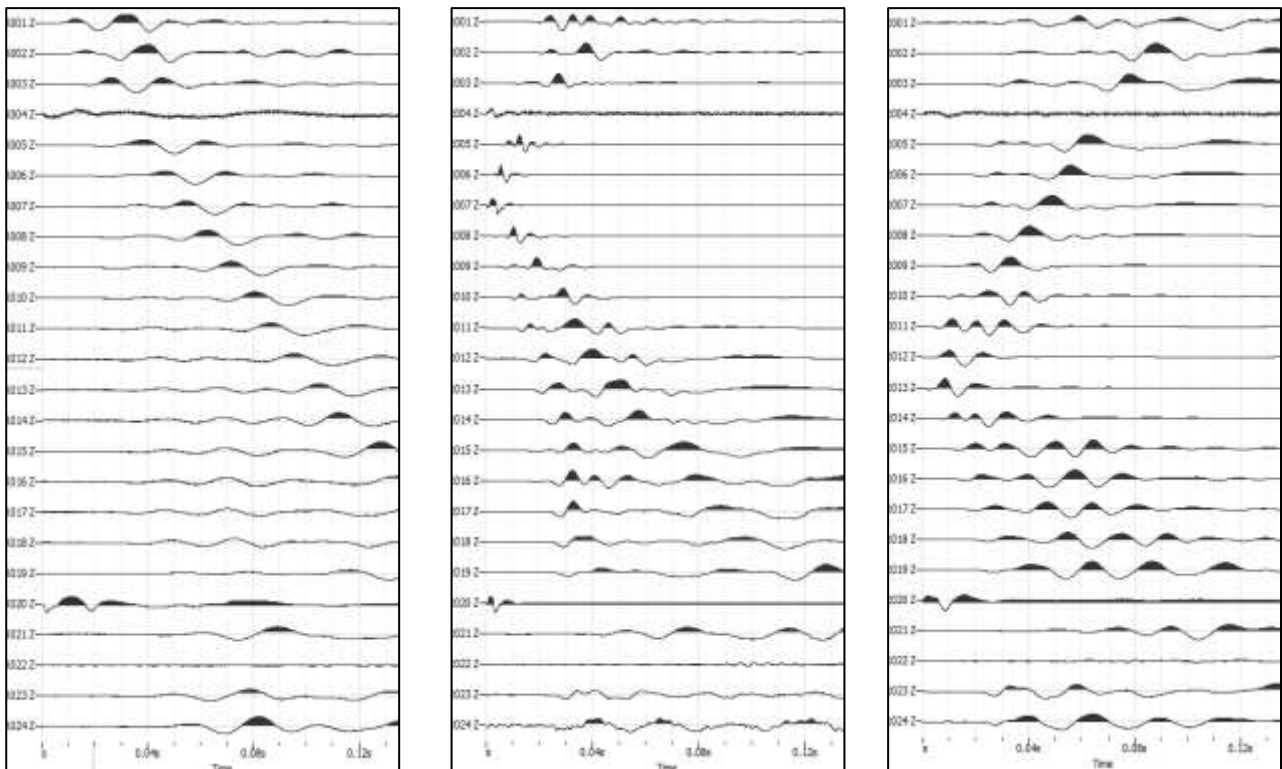
**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE**



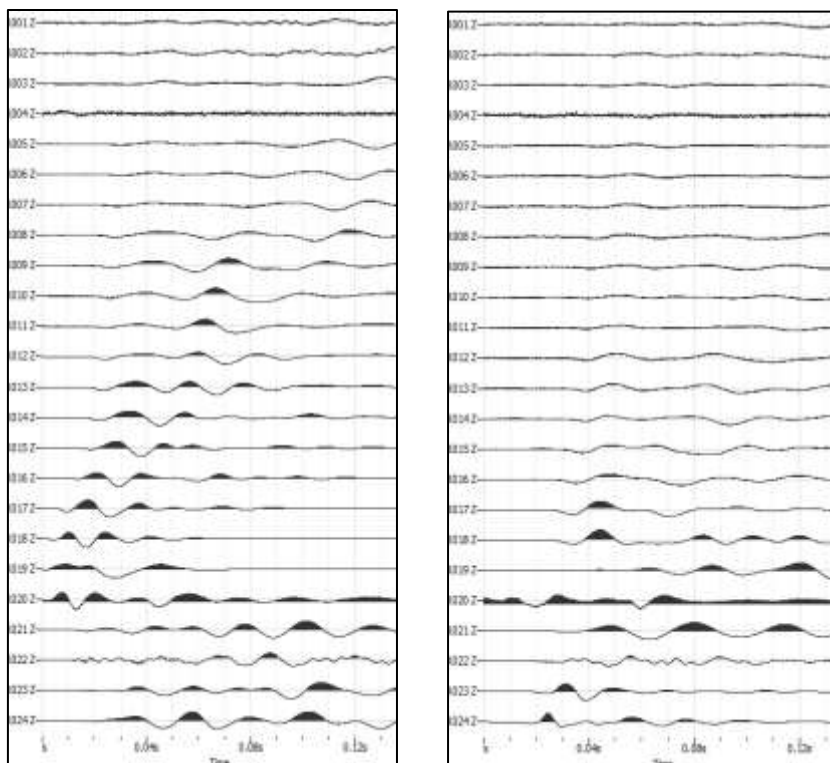
**FOTO 5: dettaglio dello stendimento SS5**



## STENDIMENTO SISMICO SS6



**Fig. 30: sismogrammi dello Scoppio 1, 2 e 3. – SS6**

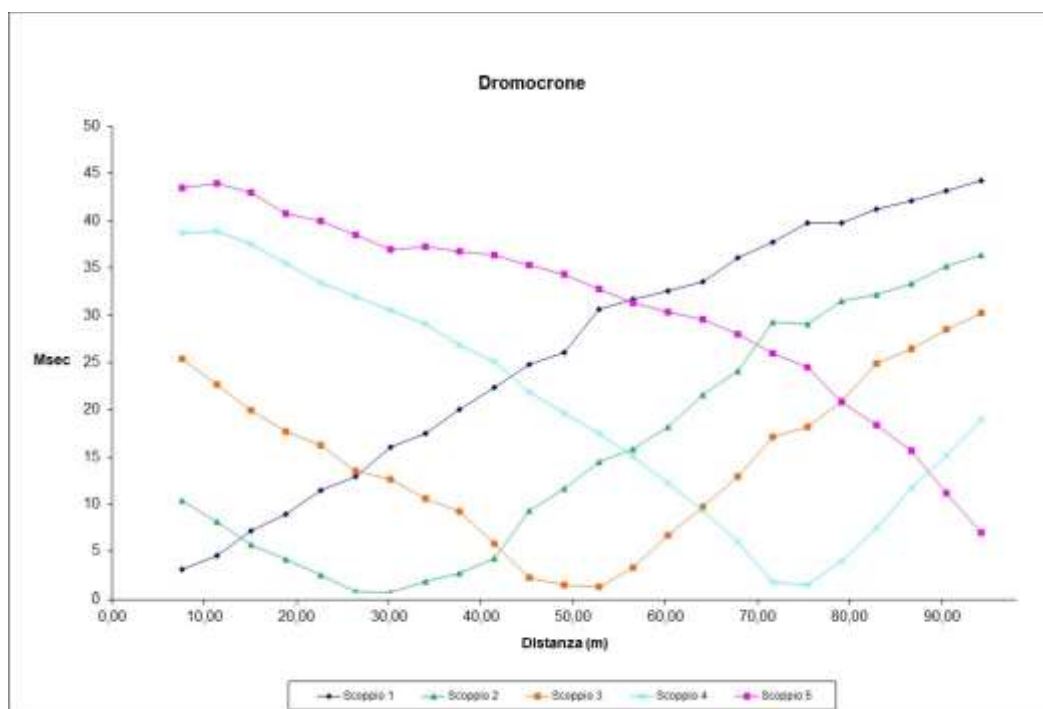


**Fig. 31: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS6**

TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	0,00	26,00	50,00	74,00	100,00
	msec	msec	msec	msec	msec
0,00	3.07	10.40	25.33	38.67	43.47
4,00	4.53	8.13	22.67	38.93	43.93
8,00	7.13	5.73	19.93	37.53	43.00
12,00	8.93	4.20	17.67	35.47	40.73
16,00	11.47	2.53	16.20	33.47	39.93
20,00	12.93	0.73	13.47	32.00	38.47
24,00	16.07	0.67	12.60	30.53	36.93
28,00	17.47	1.80	10.60	29.07	37.27
32,00	20.07	2.67	9.20	26.87	36.73
36,00	22.40	4.27	5.80	25.07	36.33
40,00	24.80	9.27	2.20	21.87	35.33
44,00	26.07	11.67	1.47	19.67	34.33
48,00	30.60	14.47	1.27	17.47	32.73
52,00	31.73	15.80	3.27	15.07	31.27
56,00	32.60	18.20	6.67	12.20	30.33
60,00	33.53	21.60	9.67	9.27	29.53
64,00	36.07	24.07	12.87	6.00	28.00
68,00	37.73	29.27	17.13	1.73	26.00
72,00	39.73	29.07	18.13	1.47	24.53
76,00	39.80	31.47	20.87	3.93	20.80
80,00	41.27	32.20	24.87	7.47	18.40
84,00	42.13	33.33	26.40	11.73	15.67
88,00	43.20	35.20	28.47	15.13	11.13
92,00	44.27	36.33	30.27	18.93	6.93

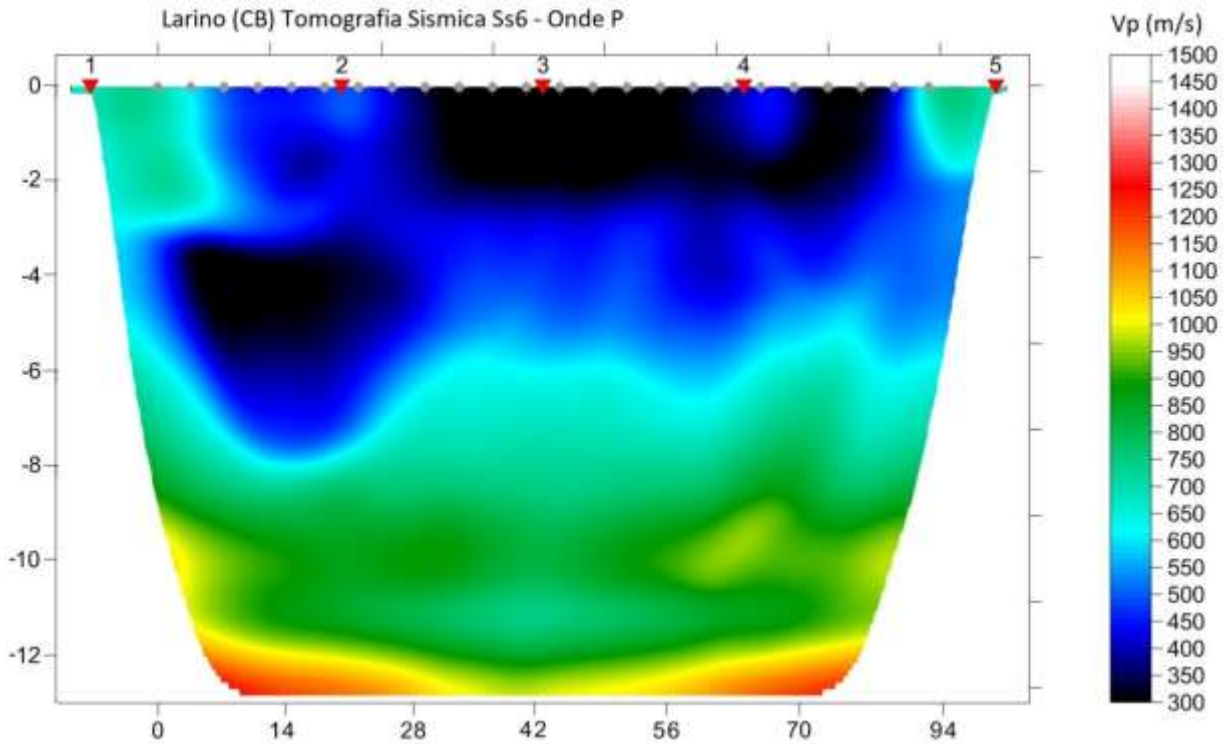
**Fig. 32: tabella dei primi arrivi. SS6**

Nella **Figura 33** sono riportate le **dromocrone dei primi arrivi**.



**Fig. 33: dromocrone dei primi arrivi. SS6**

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. 34: tomografia sismica. SS6**

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE**



**FOTO 6: dettaglio dello stendimento SS6**

## 2.1 MASW

### ELABORAZIONE DEI DATI M1:

Per ciò che riguarda l'**elaborazione dei dati** è stato utilizzato il software **Geopsy** per ottenere il **grafico di dispersione** ed il software **Dinver** 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 4,00 metro, mentre lo **scoppio di energizzazione** è stato effettuato a 1,00 metri dal primo geofono,

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

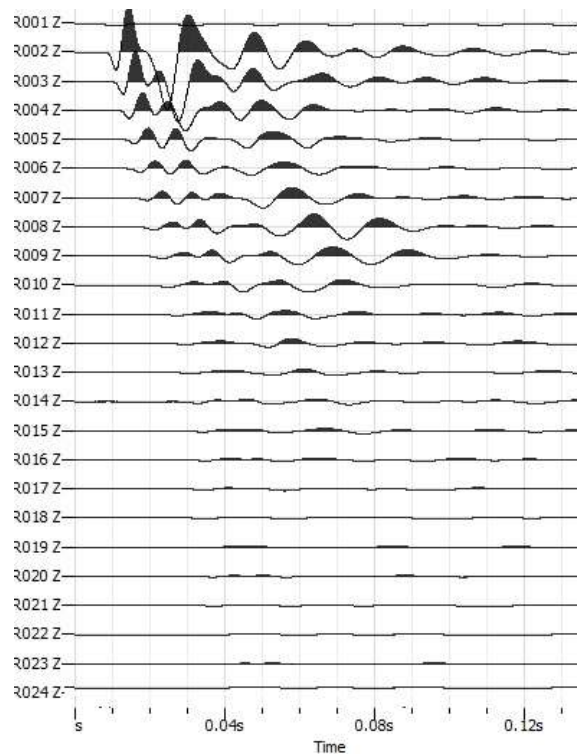
In **Fig. 35** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;

In **Fig. 36** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;

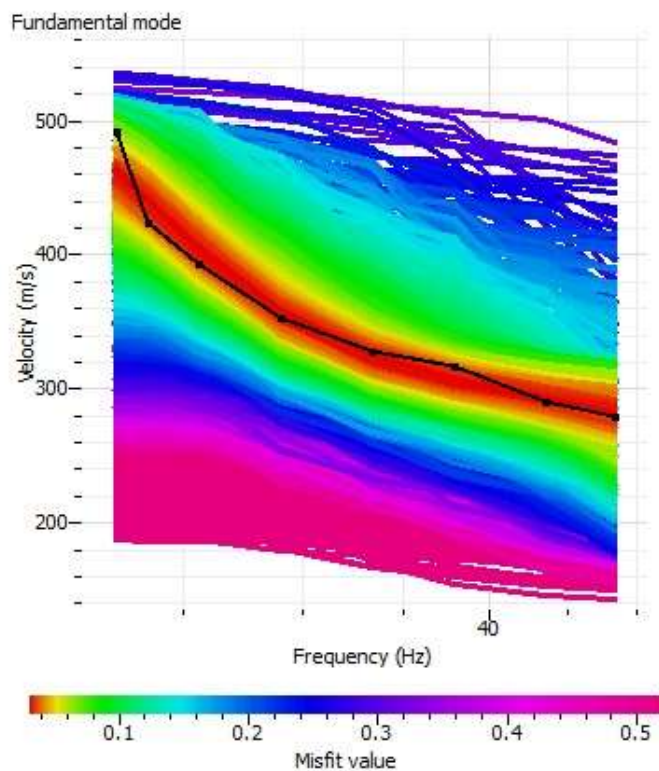
In **Fig. 37** è riportato il confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita;

In **Fig. 38** è riportato il grafico mostrante l'andamento della Vs con la profondità;

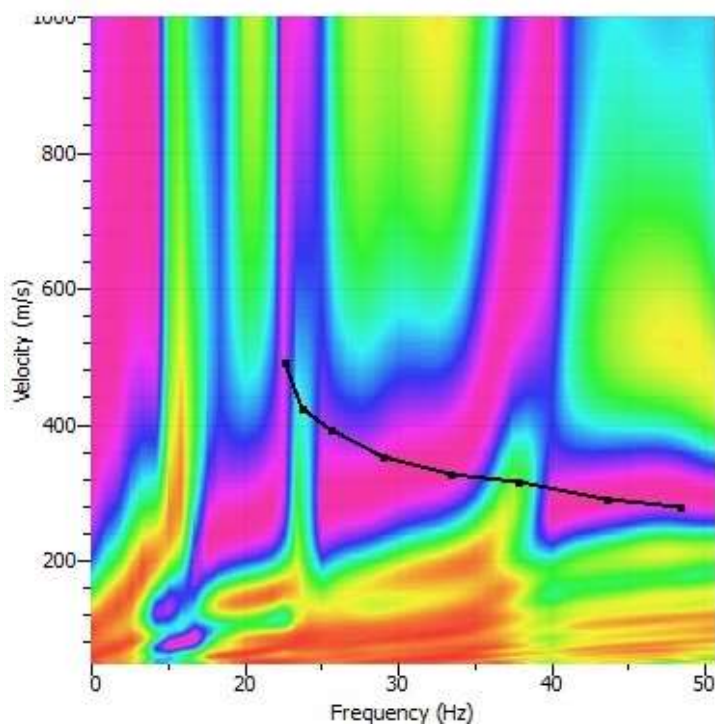
In **Fig. 39** è riportata la tabella utilizzata per il calcolo di  $V_{seq}$ .



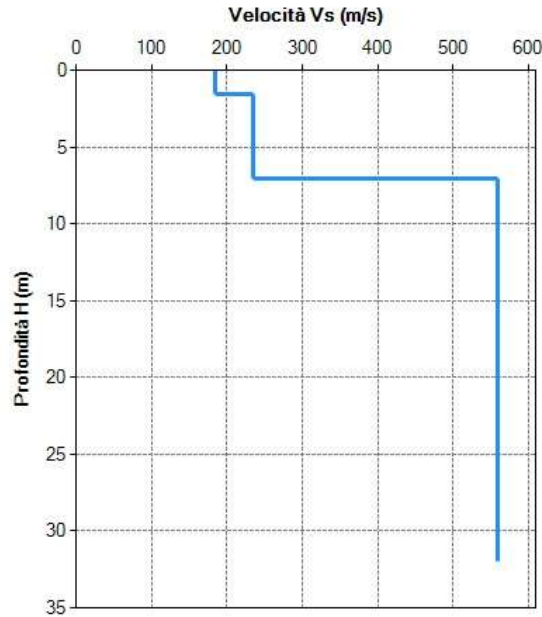
**Fig.35: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della MASW- M1**



**Fig. 36: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale. M1**



**Fig. 37: confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita M1**



**Fig. 38: andamento di Vs con la profondità - M1**

Profondità del piano d'impasto delle fondazioni:  m da p.c.

Caratteristiche dei sismostrati:

Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hi calc (m)	hi/Vs (s)
1	1,50	1,50	185,00	1,50	1,50	0,008108
2	7,00	5,50	235,00	7,00	5,50	0,023404
3	32,00	25,00	560,00	30,00	23,00	0,041071

Categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II da NTC 2018):  Vs,eq:  m/s

**Fig. 39: tabella per il calcolo di Vs<sub>eq</sub>. M1**



**FOTO 7: dettaglio dello stendimento M1**

## ELABORAZIONE DEI DATI M2

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

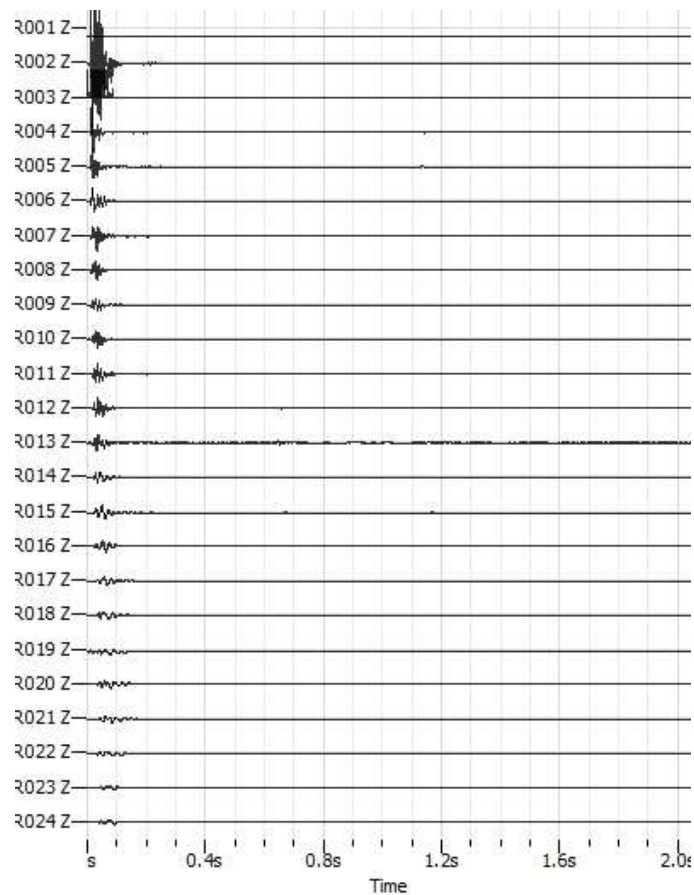
In **Fig. 40** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;

In **Fig. 41** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;

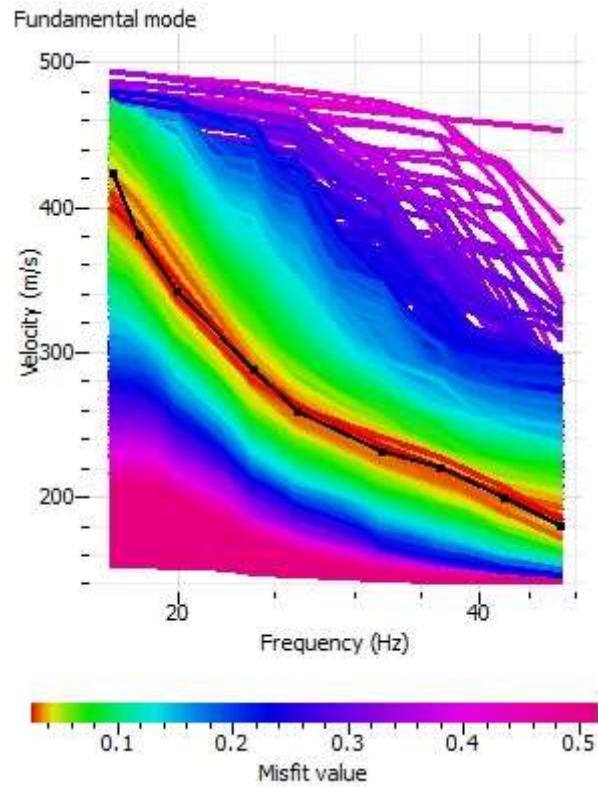
In **Fig. 42** è riportato il confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita;

In **Fig. 43** è riportato il grafico mostrante l'andamento di  $V_s$  con la profondità;

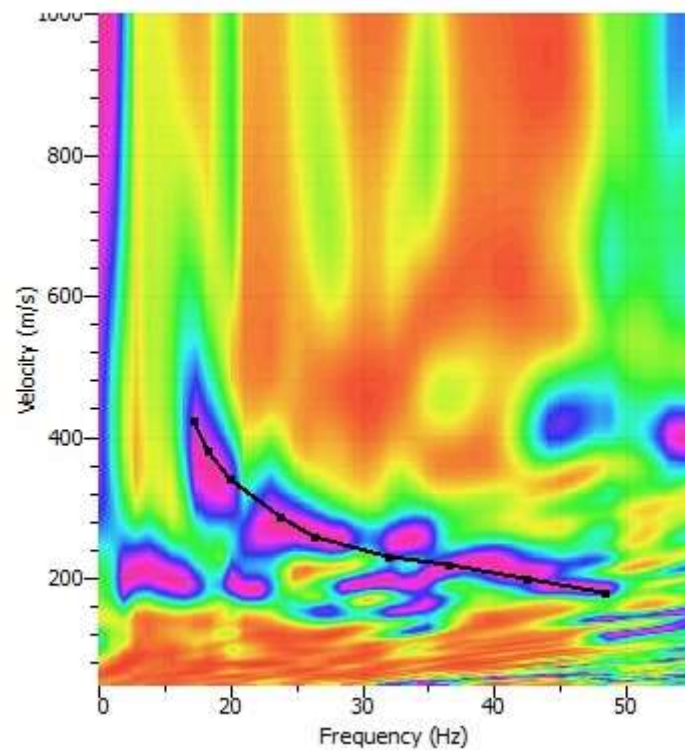
In **Fig. 44** è riportata la tabella utilizzata per il calcolo di  $V_{seq}$



**Fig.40: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della prospezione. M2**

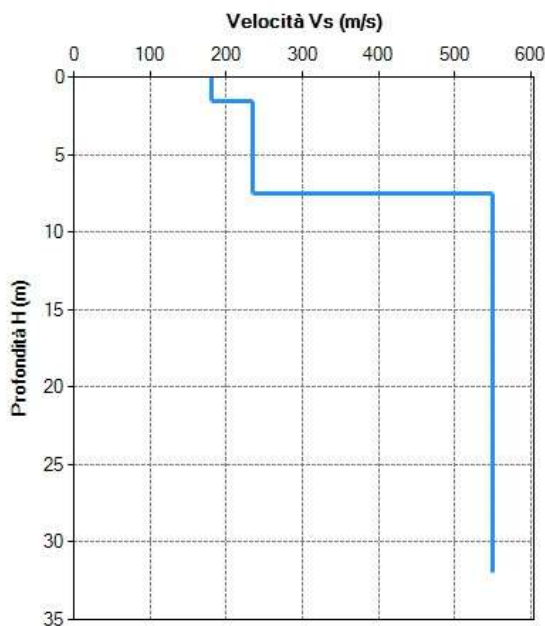


**Fig. 41: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale. M2**



**Fig. 42: confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita. M2**





**Fig. 43: andamento di Vs con la profondità. M2**

Profondità del piano d'imposta delle fondazioni:  m da p.c.

Caratteristiche dei sismostrati:

Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hi calc (m)	hi/Vs (s)
1	1,50	1,50	180,00	1,50	1,50	0,008333
2	7,50	6,00	235,00	7,50	6,00	0,025532
3	32,00	24,50	550,00	30,00	22,50	0,040909
**						

Categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II da NTC 2018):  Vs,eq:  m/s

**Fig. 44: tabella per il calcolo di  $V_{seq}$ . M2**



**FOTO 8: dettaglio dello stendimento M2**

## ELABORAZIONE DEI DATI M3

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

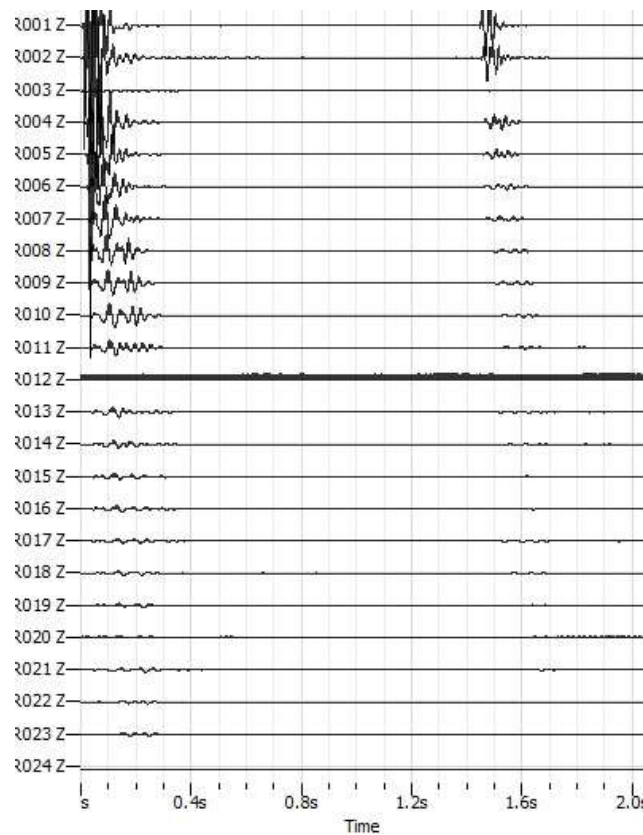
In **Fig. 45** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;

In **Fig. 46** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;

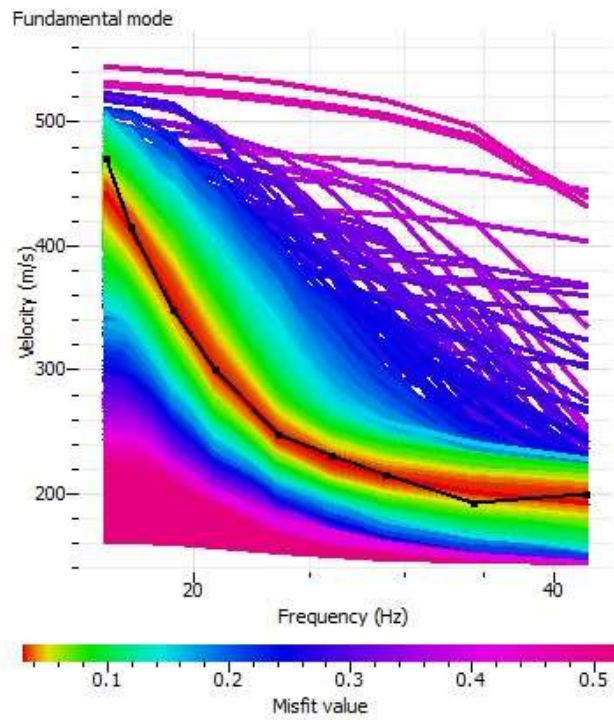
In **Fig. 47** è riportato il confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita;

In **Fig. 48** è riportato il grafico mostrante l'andamento della  $V_s$  con la profondità;

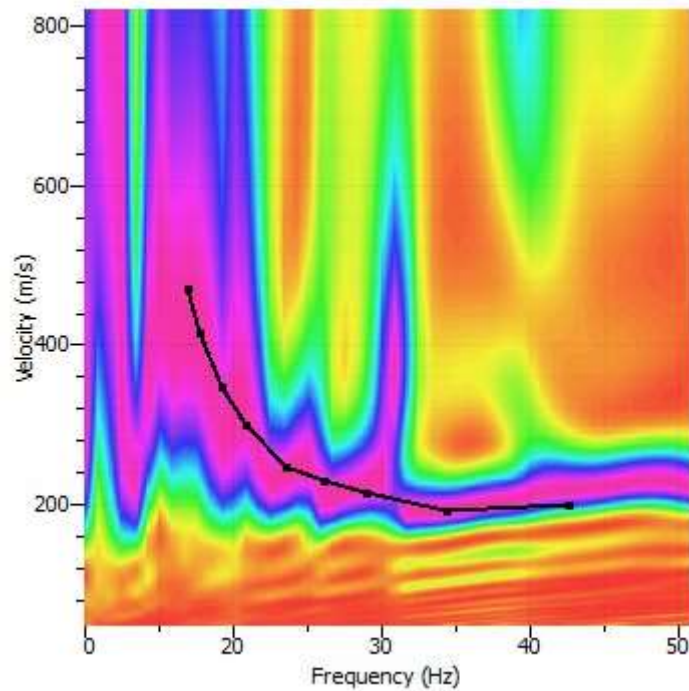
In **Fig. 49** è riportata la tabella utilizzata per il calcolo di  $V_{seq}$ .



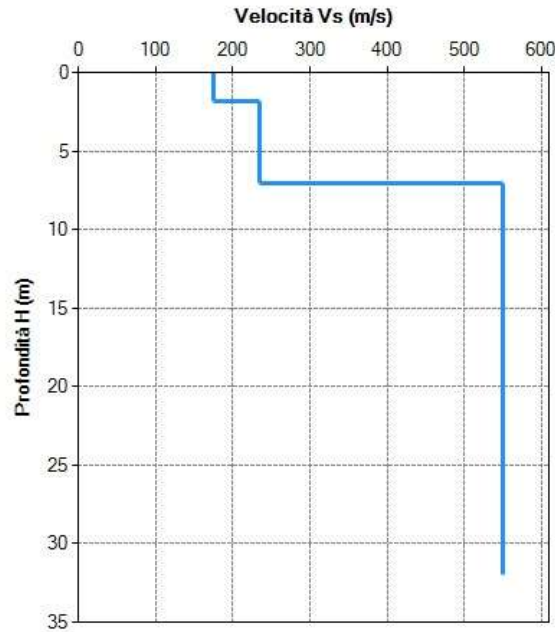
**Fig.45: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della MASW- M3**



**Fig. 46: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale. M3**



**Fig. 47: confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita M3**



**Fig. 48: andamento di Vs con la profondità – M3**

Profondità del piano d'imposta delle fondazioni:  m da p.c.

Caratteristiche dei sismostrati:

Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hi calc (m)	hi/Vs (s)
1	1,80	1,80	175,00	1,80	1,80	0,010286
2	7,00	5,20	235,00	7,00	5,20	0,022128
3	32,00	25,00	550,00	30,00	23,00	0,041818
**						

Categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II da NTC 2018):  Vs,eq:  m/s

**Fig. 49: tabella per il calcolo di Vs<sub>eq</sub>. M3**



**FOTO 9: dettaglio dello stendimento M3**

## ELABORAZIONE DEI DATI M4

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

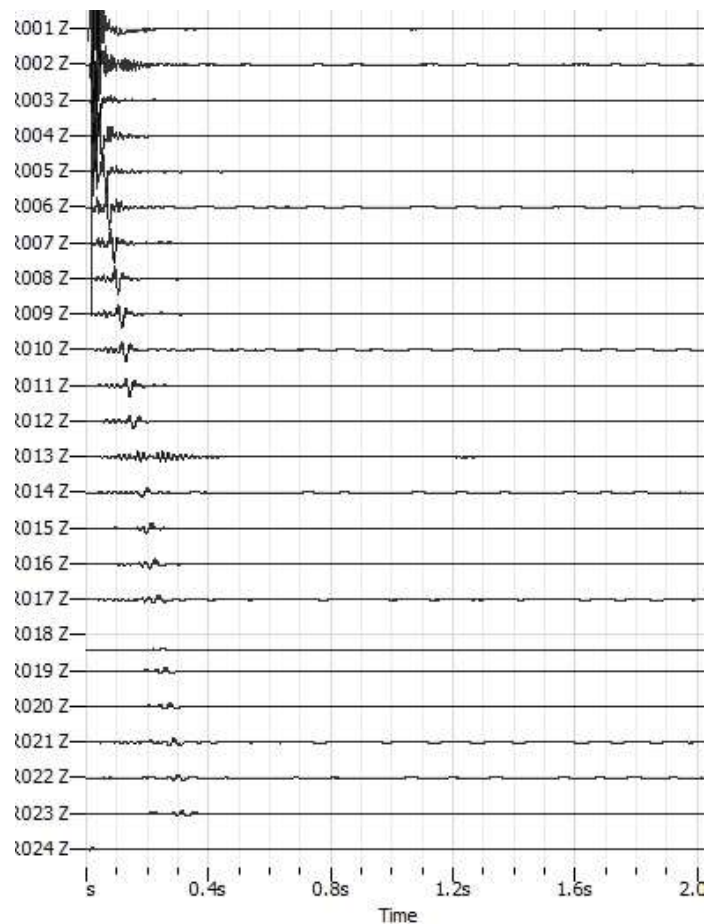
In **Fig. 50** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;

In **Fig. 51** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;

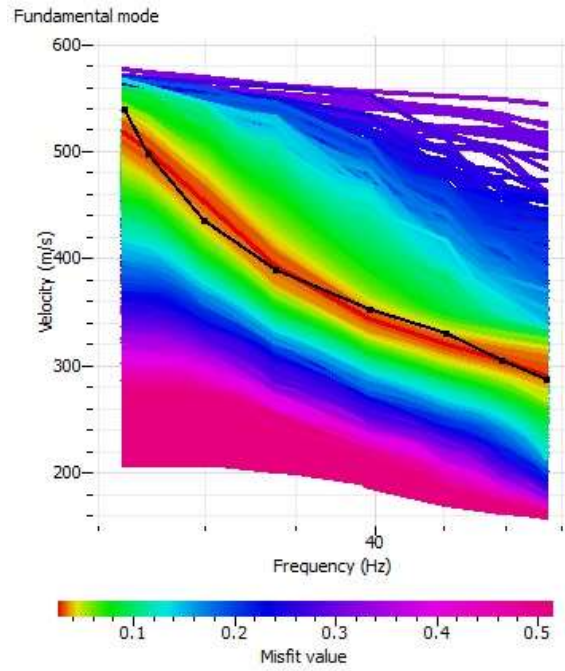
In **Fig. 52** è riportato il confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita;

In **Fig. 53** è riportato il grafico mostrante l'andamento di  $V_s$  con la profondità;

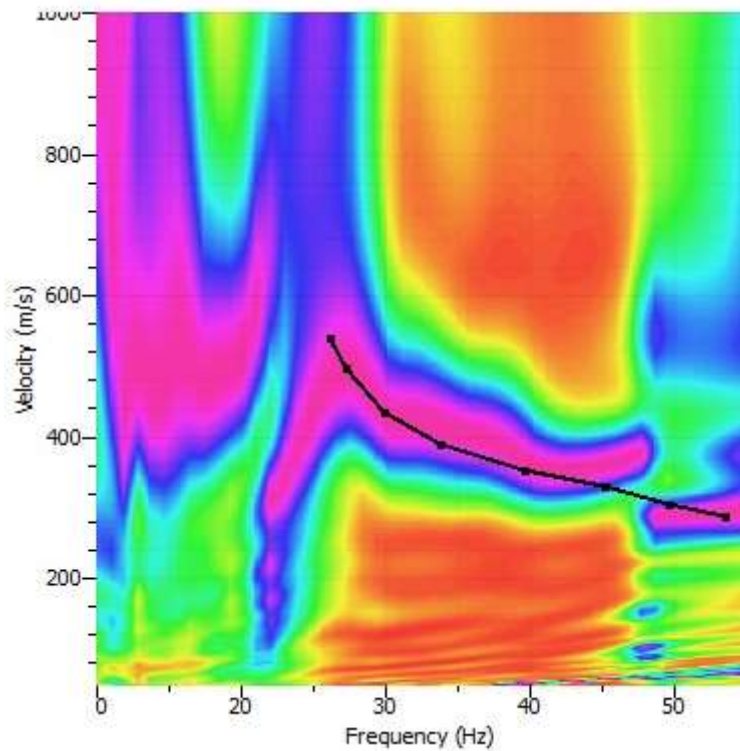
In **Fig. 54** è riportata la tabella utilizzata per il calcolo di  $V_{seq}$



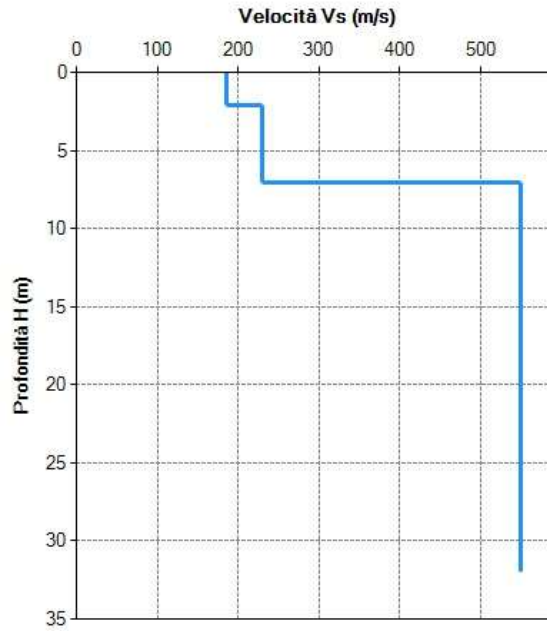
***Fig.50: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della prospezione. M4***



**Fig. 51: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale. M4**



**Fig. 52: confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita. M4**



**Fig. 53: andamento di Vs con la profondità. M4**

Profondità del piano d'impasto delle fondazioni:  m da p.c.

Caratteristiche dei sismostrati:

Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hi calc (m)	hi/Vs (s)
1	2,10	2,10	185,00	2,10	2,10	0,011351
2	7,00	4,90	230,00	7,00	4,90	0,021304
3	32,00	25,00	550,00	30,00	23,00	0,041818

Category of subsoil (Tab. 3.2.II da NTC 2018):  Vs,eq:  m/s

**Fig. 54: tabella per il calcolo di Vs<sub>eq</sub>. M4**



**FOTO 10: dettaglio dello stendimento M4**

## ELABORAZIONE DEI DATI M5

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

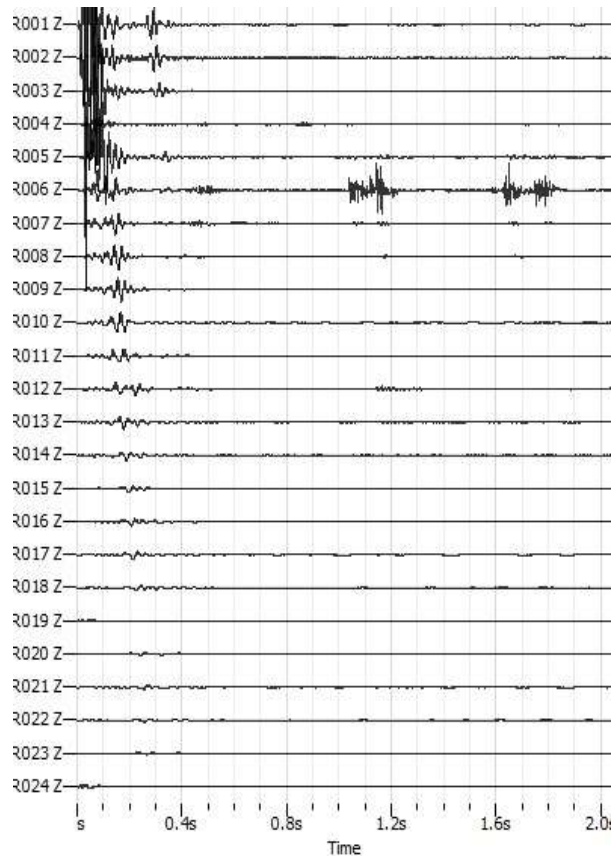
In **Fig. 55** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;

In **Fig. 56** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;

In **Fig. 57** è riportato il confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita;

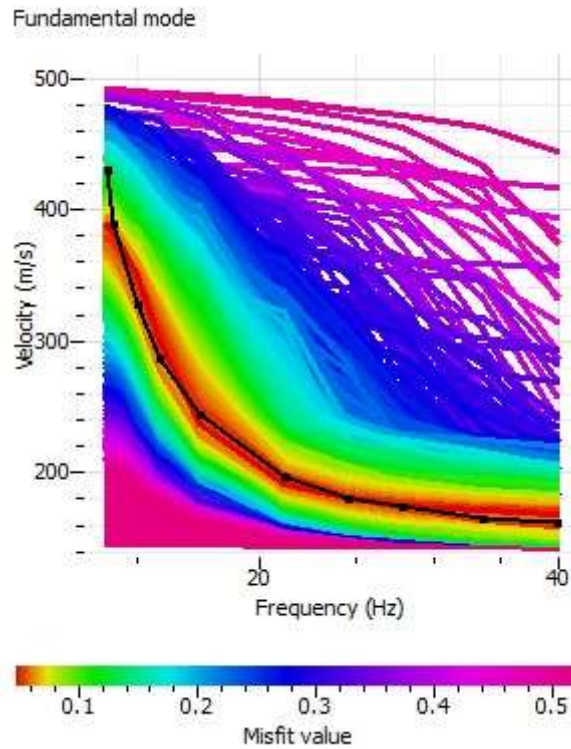
In **Fig. 58** è riportato il grafico mostrante l'andamento della  $V_s$  con la profondità;

In **Fig. 59** è riportata la tabella utilizzata per il calcolo di  $V_{seq}$ .

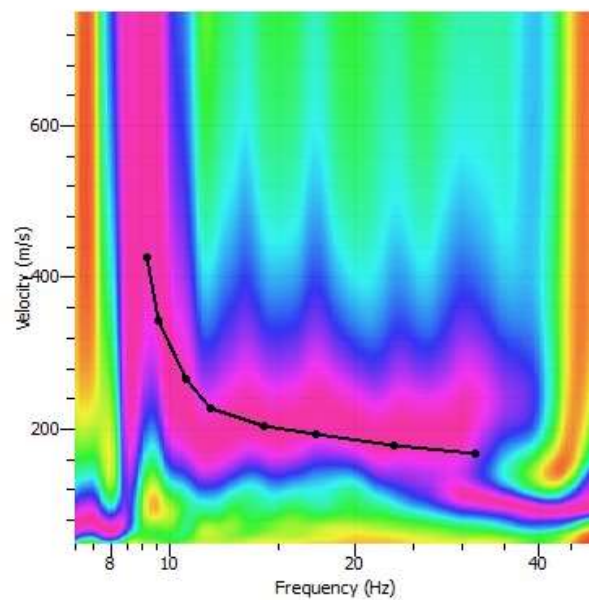


**Fig.55: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della MASW- M5**

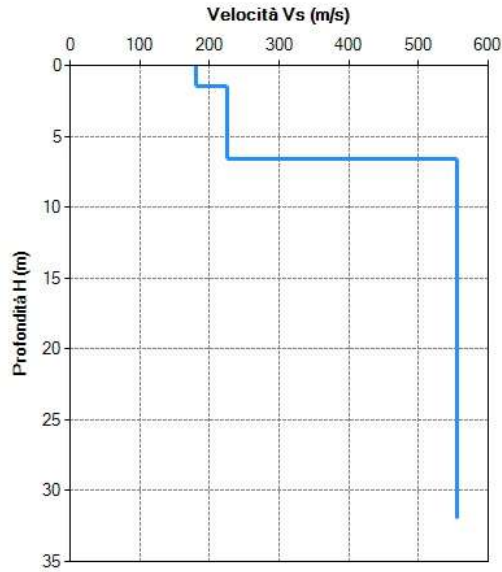




**Fig. 56: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale. M5**



**Fig. 57: confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita M5**



**Fig. 58: andamento di Vs con la profondità – M5**

Profondità del piano d'imposta delle fondazioni:  m da p.c.

Caratteristiche dei sismostrati:

▲	Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hi calc (m)	hi/Vs (s)
	1	1,40	1,40	180,00	1,40	1,40	0,007778
	2	6,60	5,20	225,00	6,60	5,20	0,023111
	3	32,00	25,40	555,00	30,00	23,40	0,042162
▶▶							

Categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II da NTC 2018):  Vs.eq:  m/s

**Fig. 59: tabella per il calcolo di  $V_{s_{eq}}$ . M5**



**FOTO 11: dettaglio dello stendimento M5**

## ELABORAZIONE DEI DATI M6

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

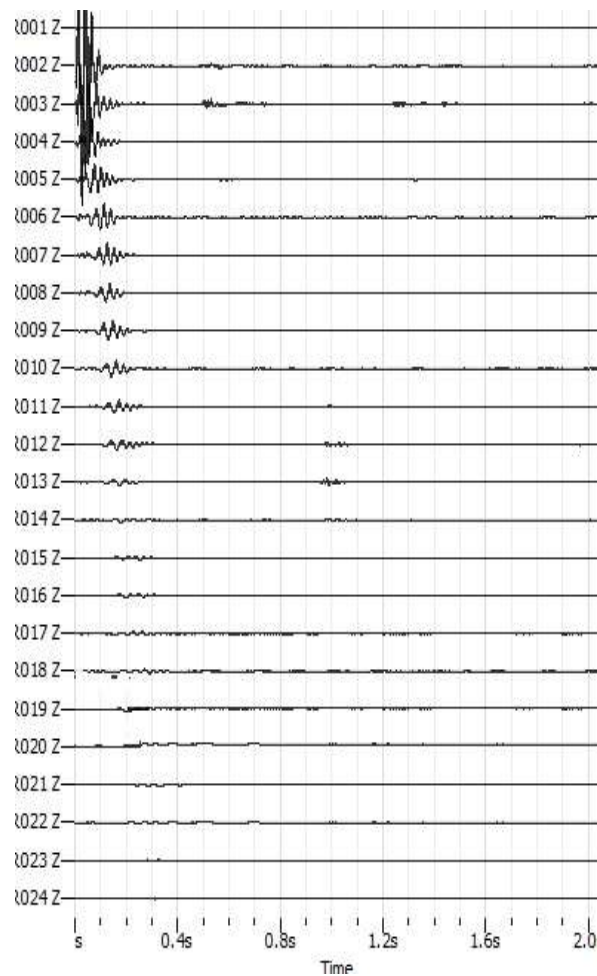
In **Fig. 60** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;

In **Fig. 61** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;

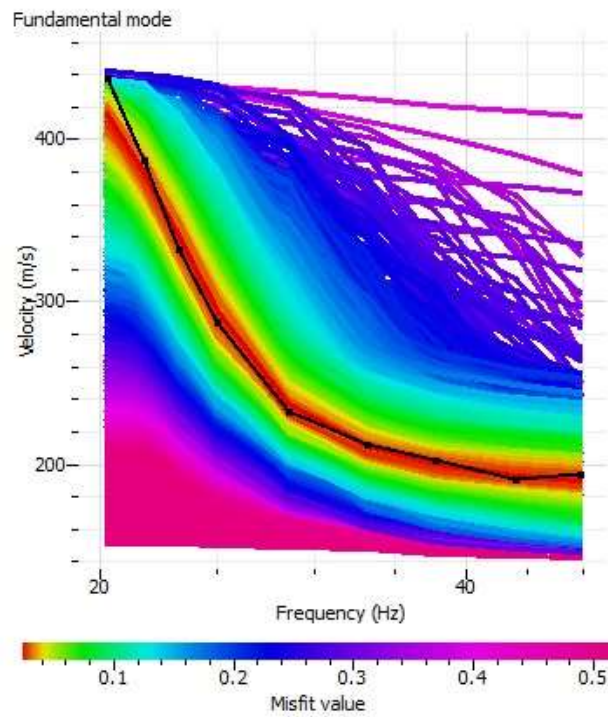
In **Fig. 62** è riportato il confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita;

In **Fig. 63** è riportato il grafico mostrante l'andamento di  $V_s$  con la profondità;

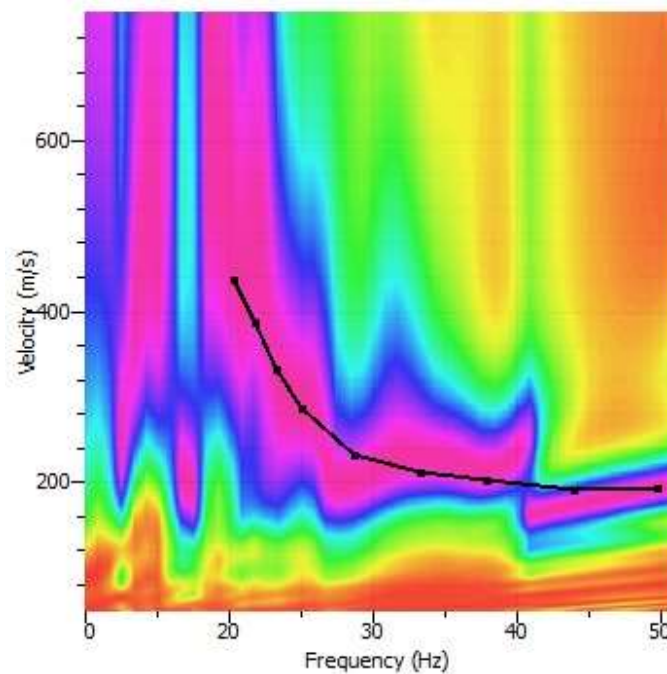
In **Fig. 64** è riportata la tabella utilizzata per il calcolo di  $V_{seq}$



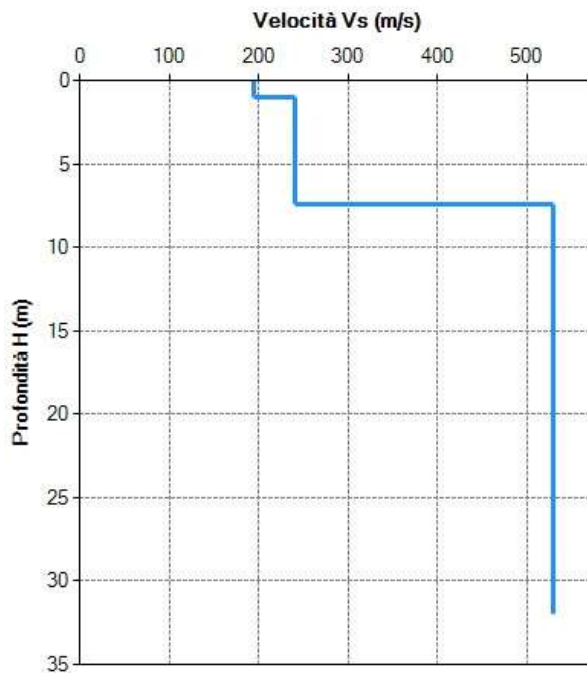
***Fig.60: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della prospezione. M6***



**Fig. 61: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale. M6**



**Fig. 62: confronto tra la curva teorica e la curva sperimentale acquisita. M6**



**Fig. 63: andamento di Vs con la profondità. M6**

Profondità del piano d'impasto delle fondazioni:  m da p.c.

Caratteristiche dei sismostrati:

Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vs (m/s)	Hcalc (m)	hi calc (m)	hi/Vs (s)
1	1,00	1,00	195,00	1,00	1,00	0,005128
2	7,40	6,40	240,00	7,40	6,40	0,026667
3	32,00	24,60	530,00	30,00	22,60	0,042642

Categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II da NTC 2018):  Vs,eq:  m/s

**Fig. 64: tabella per il calcolo di Vs<sub>eq</sub>. M6**



**FOTO 12: dettaglio dello stendimento M6**

#### 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	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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><u>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.</u></b>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , 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 **413 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente *M2* pari a **401 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente *M3* pari a **404 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente *M4* pari a **402 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente *M5* pari a **410 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B,**
- $V_s$  Equivalente *M6* pari a **403 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B.**

Calcolato, quindi, con le prospezioni geofisiche **MASW** i valori di  **$V_{s\text{eq}}$**  validi 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”*.

## IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Carlo Cortese

## INDICE

1	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>PAG. 02</b>
2	<b>ELABORAZIONE DELLA PROSPEZIONE GEOELETTRICA CON METODOLOGIA D'INDAGINE "WENNER-SCHLUMBERGER"</b>	<b>PAG. 03</b>
3	<b>ACQUISIZIONE DEI DATI</b>	<b>PAG. 04</b>
4	<b>STRUMENTAZIONE</b>	<b>PAG. 06</b>
5	<b>UBICAZIONE DELLE INDAGINI</b>	<b>PAG.07</b>
6	<b>ANALISI DEI RISULTATI</b>	<b>PAG. 07</b>
7	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>PAG.09</b>
	<b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA</b>	



## 1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione si descrivono i risultati provenienti dalla **campagna di indagini geoelettriche** effettuata dalla ditta “**GEOSECURE s.r.l.**”, nel mese di marzo **2021**, in nel comune di Larino (CB) per conto di COLLE CARBONE SRL .

Nel dettaglio, l’indagine eseguita nell’area è consistita in:

- **N° 2 STENDIMENTI PER PROSPEZIONE GEOELETTRICA 2D SUPERFICIALE CON METODOLOGIA DI INDAGINE “WENNER-SCHLUMBERGER”.**

Gli stendimenti sono stati denominati con sigla ERT1 ed ERT2 con lunghezze pari a 93.00 m e distanza interelettrodica di 3.00 mediante utilizzo di 32 elettrodi d’acciaio.

## 2 ELABORAZIONE DELLA PROSPEZIONE GEOELETTRICA CON METODOLOGIA D’INDAGINE “WENNER-SCHLUMBERGER”

### METODOLOGIA

La metodologia geoelettrica è basata sul principio per cui inviando una corrente elettrica nel terreno per mezzo di due elettrodi si generano linee di corrente il cui percorso è funzione delle disomogeneità elettriche presenti al suo interno (figura 1); in questo modo tali disomogeneità, intese come corpi o porzioni del sottosuolo aventi diversa capacità di condurre l’elettricità, influenzano con la loro presenza la distribuzione del potenziale elettrico. Le misure superficiali del potenziale, effettuate utilizzando un voltmetro collegato ad una seconda coppia di elettrodi, hanno lo scopo di evidenziare tali variazioni. Il valore che verrà calcolato per mezzo di queste misure, viene definito resistività apparente.

La determinazione della resistività apparente avviene moltiplicando il rapporto tra la caduta di potenziale, misurata sulla coppia di elettrodi riceventi, e la corrente inviata per mezzo di quelli energizzanti, per un coefficiente geometrico che è funzione della disposizione dei quattro elettrodi sul terreno. Il problema dell’esatto valore della resistività riguarda i metodi di inversione dei dati a cui si accennerà nei paragrafi successivi.

La resistività apparente, indicata con  $\rho_a$  è data da

$$\rho_a = k \cdot (\Delta V / I)$$

dove:

$$k = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_{C1P1}} - \frac{1}{r_{C2P1}}\right) - \left(\frac{1}{r_{C1P2}} - \frac{1}{r_{C2P2}}\right)}$$

$r_{C1P1}$  è la distanza tra C1 (elettrodo 1 della coppia energizzante) e P1 (elettrodo 1 della coppia ricevente);

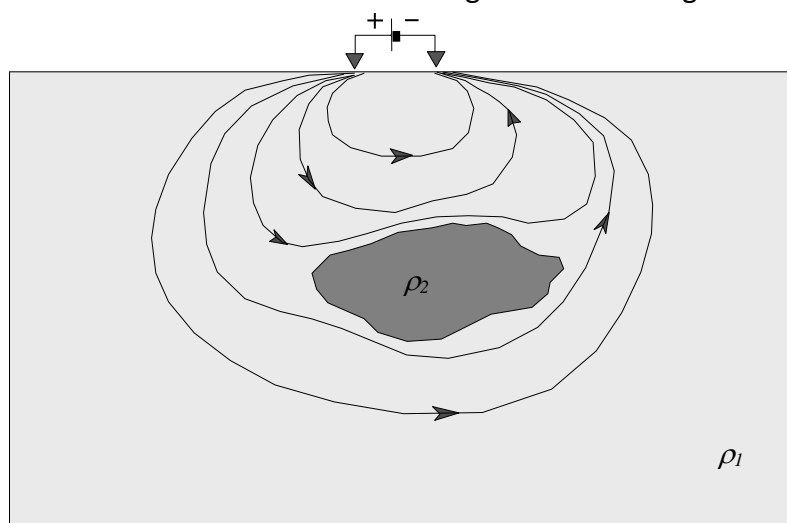
$r_{C2P1}$  è la distanza tra C2 (elettrodo 2 della coppia energizzante) e P1 (elettrodo 1 della coppia ricevente);

$r_{C1P2}$  è la distanza tra C1 (elettrodo 1 della coppia energizzante) e P2 (elettrodo 2 della coppia ricevente);

$r_{C2P2}$  è la distanza tra C2 (elettrodo 2 della coppia energizzante) e P2 (elettrodo 2 della coppia ricevente);

$\Delta V$  è la differenza di potenziale misurata ai capi degli elettrodi riceventi;

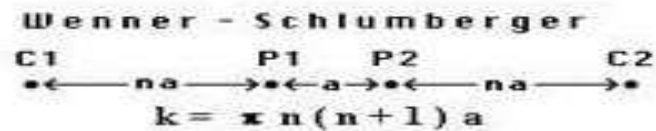
$I$  è l'intensità di corrente inviata tramite gli elettrodi energizzanti.



**Fig. 1 – circolazione della corrente nel sottosuolo in presenza di un corpo ad alta resistività**

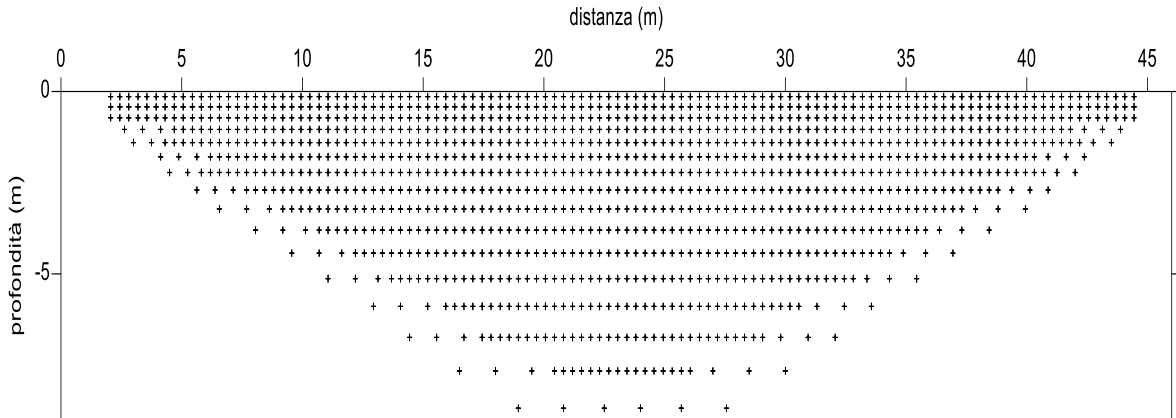
### 3 ACQUISIZIONE DEI DATI

L'acquisizione dei dati è stata realizzata seguendo la tecnica della pseudosezione adoperando la configurazione Wenner-Schlumberger. Tale dispositivo utilizza una disposizione degli elettrodi come schematizzato in figura 2.



**Fig. 2 – dispositivo Wenner-Schlumberger**

Questa tecnica di acquisizione consente di evidenziare le variazioni della resistività in due dimensioni e permette di rappresentare delle sezioni verticali che mostrano le variazioni della resistività del sottosuolo. La tecnica della pseudosezione quando si utilizzano strumentazioni multielettrodo prevede il posizionamento degli elettrodi lungo una linea retta ad intervalli regolari. La minima distanza che separa un elettrodo dall'altro viene detta distanza elettrodica e la distanza che separa l'elettrodo di corrente C2 da P1 (analogamente vale per P2 e C1), è indicata con la lettera n vedi figura 4. Questa distanza, ovviamente, risulta sempre essere un multiplo della distanza elettrodica. La successione delle misure prevede che fissati a ed n uguali ad uno, si sposti idealmente il quadripolo di misura lungo tutto il profilo, ripetendo le misure con il valore n incrementato fino a fargli assumere un valore massimo pari a 8. Per acquisire informazioni relativamente agli strati più profondi del terreno è possibile aumentare a ed acquisire ancora per tutte le combinazioni possibili del fattore n. Un esempio di copertura di dati che è possibile ottenere utilizzando questo dispositivo di misura può essere osservato in figura 3.



**Fig. 3 – punti di misura**

Le immagini che è possibile ottenere per mezzo della tecnica della pseudosezione, come suggerisce lo stesso nome, non rappresentano sezioni reali, tuttavia diversi autori ritengono che in prima approssimazione esse possano essere considerate come rappresentazioni della situazione elettrica del sottosuolo e possano essere utilizzate per una preliminare interpretazione delle caratteristiche del sottosuolo.

Una fase successiva dell'elaborazione è chiamata inversione dei dati e viene affidata a particolari algoritmi, alcuni implementati in software commerciali come il Res2DInv della Geotomo Software. Questa elaborazione permette di passare dalle sezioni di resistività apparente (pseudosezioni) a sezioni "reali" in cui si può osservare l'effettiva variazione del parametro della resistività ed interpretare le anomalie in chiave geologica e stratigrafica.

#### 4.STRUMENTAZIONE

La strumentazione utilizzata è un resistivimetro multielettrodo MAE modello A6000-S/E (Figura 4).

Le caratteristiche del resistivimetro vengono riepilogate nella tabella 1.



**Figura 4. Strumentazione adoperata**

#### SPECIFICHE

##### Corrente in uscita:

- Regolazione automatica (4 step)
- Intensità massima: 1,2 A a 50V
- Tensioni di uscita: ±50V, ±100V, ±250V, ±500V nominali
- Potenza massima: 60W (600W con generatore esterno opzionale)
- Tempo di immissione: impostabile da 110ms a 30s
- Precisione della misura: ±38µA

##### Misura di potenziale:

- Auto range (4 step)
- Fondo scala massimo: 50V
- Impedenza di ingresso: 1 MΩ
- Filtro frequenza di rete: 50 Hz

- Precisione della misura: massima ±38µV (nel range 0-1,25V), minima ±1,53mV (nel range 5-50V)
- Riduzione del rumore: con media da 2 a 10 misure
- Azzeramento automatico del potenziale spontaneo
- Accuratezza della resistività misurata: ±1%
- Caricabilità misurata su quattro finestre temporali di durata complessiva di 1,2 sec.

##### Generali:

- Elettrodi gestibili: 32 senza espansione, 256 con box di commutazione

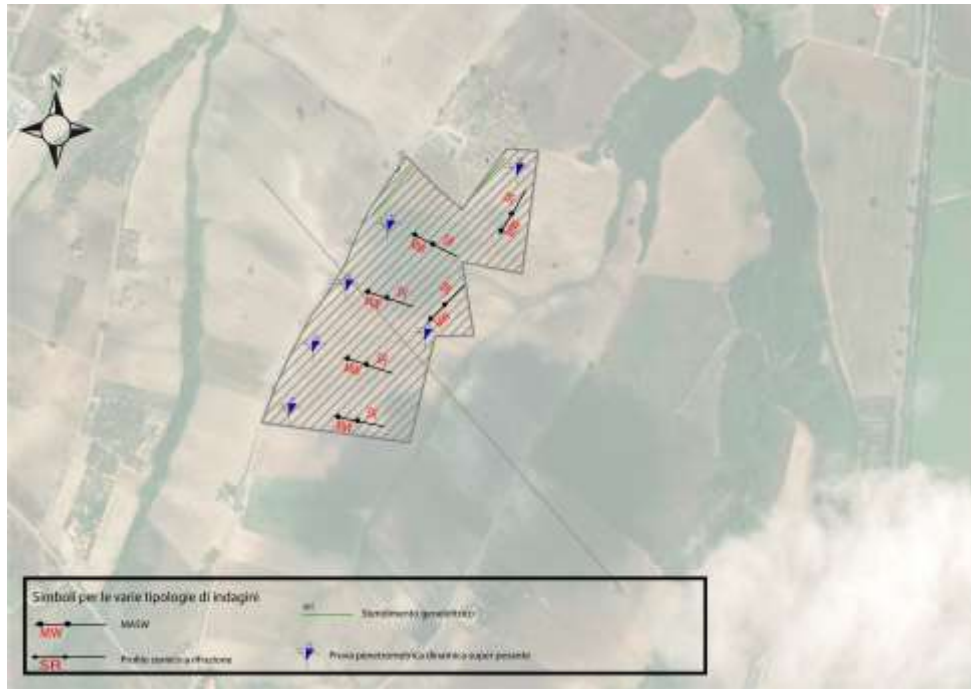
##### esterni

- Alimentazione: 12V DC, fornita da apposito power box con batterie da 24Ah.
- Assorbimento medio: 2A
- Formati dei dati: TSV, CSV, DAT
- Interfacce disponibili: LAN, USB, VGA
- Display LCD 10.4" con touch-screen optical bonding
- Sistema Operativo: Windows Embedded Standard 2009
- Condizioni ambientali di funzionamento: -20/80 °C
- Dimensioni e peso: L470 x H229 x P351 mm, 9 Kg

**Tabella 1 – riepilogo delle caratteristiche della strumentazione utilizzata**

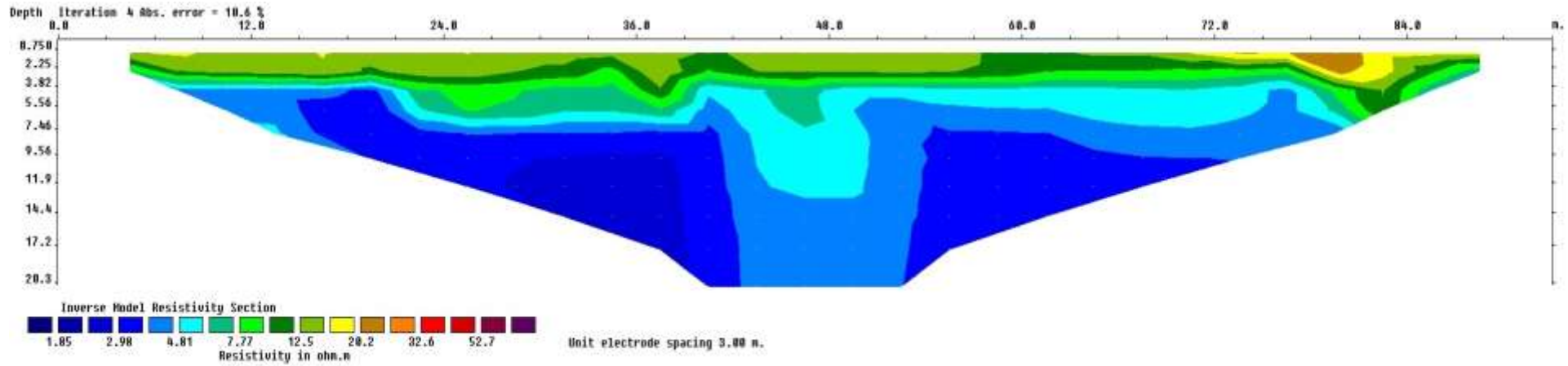
## 4 UBICAZIONE DELLE INDAGNI

Gli stendimenti sono stati ubicati come segue



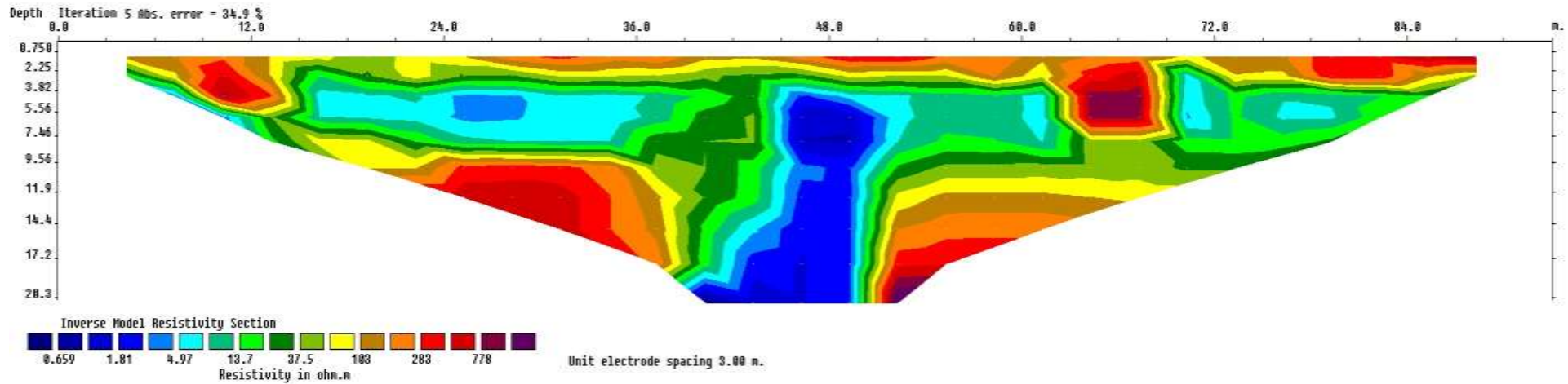
## 6 ANALISI DEI RISULTATI

Nelle immagini riportate di seguito vengono rappresentate le tomografie relative ai profili acquisiti in cui si evidenzia, mediante scala di colore, la variazione del parametro della resistività. I colori tendenti al blu sono associati a bassi valori della resistività, mentre colori tendenti al rosso corrispondono via via a resistività più elevate.



**Figura 4. Modello di resistività - Tomografia elettrica ERT1**

Nell'immagine rappresentante il modello di resistività della ERT1 (figura 4) è possibile notare un'area caratterizzata da valori di resistività relativamente alti (>10 Ohm\*m) che si estende per quasi l'intera porzione di terreno investigato dal p.c. fino alla profondità di circa 2.50/3.00 metri. Al di sotto di tale quota e fino alla massima profondità raggiunta (20,30 m) i terreni investigati presentano valori di resistività compresi tra 1 e 10 Ohm\*m.



**Figura 5. Modello di resistività - Tomografia elettrica ERT2**

Nell'immagine rappresentante il modello di resistività della ERT2 (figura 5) è possibile notare un'area caratterizzata da valori di resistività relativamente alti (>150 Ohm\*m) che si estende per quasi l'intera porzione di terreno investigato dal p.c. fino alla profondità di circa 2.50/3.00 metri. Al di sotto di tale quota si rinviene una distribuzione delle resistività che vede alternarsi valori relativamente bassi (compresi tra 1 e 50 Ohm\*m) a valori più alti.



## **7 CONCLUSIONI**

Considerando quanto su esposto, si evince che nello stendimento geoelettrico ERT1 eseguito all'interno del fondo, i valori relativamente bassi di resistività sono da mettere in relazione con la presenza di terreni con coperture unificate con grado di umidità medio-alti.

Per lo stendimento ERT2 (eseguito a ridosso della strada, si rinvencono valori di resistività mediamente più alti rispetto a quelli della ERT1 probabilmente a causa della presenza di materiali di natura antropica utilizzati per la realizzazione della strada che in qualche modo influiscono sulla diversa distribuzione dei valori che si ricava in profondità.

Non si rinvencono ulteriori anomalie di resistività almeno fino alla profondità investigata pari a circa 20 metri che possano essere ricondotte alla presenza di cavità o vuoti.

### **Il Direttore Tecnico**

Dott. Carlo Cortese



## **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLE PROSPEZIONI GEOELETTRICHE**



**FOTO 1 dettaglio stendimento ERT1**



**FOTO 2 Dettaglio stendimento ERT1**



**FOTO 1 dettaglio stendimento ERT2**



**FOTO 2 Dettaglio stendimento ERT2**