



PROPONENTE:

HEPV10 S.R.L.
via Alto Adige, 160/A - 38121 Trento (TN)
hepv10srl@legalmail.it

MANAGEMENT:

EHM.Solar

EHM.SOLAR S.R.L.
Via della Rena, 20 39100 Bolzano - Italy
tel. +39 0461 1732700
fax. +39 0461 1732799
info@ehm.solar
c.fiscale, p.iva e R.I. 03033000211

NOME COMMESSA:

CONSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI NUOVO IMPIANTO AGROVOLTAICO CON POTENZA NOMINALE PARI A 25.000 kW, POTENZA MODULI PARI A 23.351,90 kWp E SISTEMA DI ACCUMULO PARI A 4.400,00kW/8.250,00kWh CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA, SITO NEL COMUNE DI LECCE (LE) - IMPIANTO 90

STATO DI AVANZAMENTO COMMESSA:

PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE UNICA

CODICE COMMESSA:

HE.19.0040

PROGETTAZIONE INGEGNERISTICA:

Heliopolis

Galleria Passarella, 1 20122 Milano - Italy
tel. +39 02 37905900
via Alto Adige, 160/A 38121 Trento - Italy
tel. +39 0461 1732700
fax. +39 0461 1732799

www.heliopolis.eu
info@heliopolis.eu

c.fiscale, p.iva e R.I. Milano 08345510963



PROGETTISTA:



COLLABORATORE:

STUDI PEDO-AGRONOMICI

Dott. Agr. Matteo Sorrenti

STUDI FAUNISTICI

Dott. Nat. Maria Grazia Fraccalvieri

CONSULENZA LEGALE

STUDIO LEGALE PATRINO
Via Argiro, 33 Bari
t.f. +39 080 8693336



AMBIENTE IDRAULICA STRUTTURE

Dott. Ing. Orazio Tricarico
Via della Resistenza, 48/B1 - 70125 Bari (BA)
t. +39 080 3219948
info@atechsril.net www.atechsril.net



STUDI ARCHEOLOGICI

Dott.ssa Paola Iacovazzo
via del Tratturello Tarantino n. 6 - 74123 Taranto (TA)



museion-archeologia@libero.it

RILIEVI TOPOGRAFICI E STUDI GEOLOGICI

GEOSECURE Geological & Geophysical Services
Via Tuscolana, 1003 - 00174 Roma (RM) SEDE LEGALE
Via Barcellona, 18 - 86021 Bojano (CB) SEDE OPERATIVA
t.+ 39 0874783120 info@geosecure.it

OGGETTO:

RELAZIONE GEOTECNICA E DI MODELLAZIONE SISMICA

SCALA:

-

NOME FILE:

BUBY814_RelazioneGeotecnica_01.pdf

DATA:

MARZO 2022

TAVOLA:

DGG.RE02

N. REV.	DATA	REVISIONE
0	03.2022	Emissione

ELABORATO

V.Cortese

VERIFICATO

responsabile commessa
A.Albuzzi

VALIDATO

direttore tecnico
N.Zuech



SOMMARIO

1. PREMESSA Pag. 02

2. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO E DELLA ZONA INTERESSATA DALL'INTERVENTO Pag. 05

3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO Pag. 09

4. GEOLOGIA E TETTONICA DEL TERRITORIO IN ESAME Pag. 15

5. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DI DETTAGLIO DELL'AREA Pag. 19

5.1 INDAGINI GEOTECNICHE IN SITU ESEGUITE Pag. 20

5.2 INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE NELL'AREA DI STUDIO Pag. 24

6. MODELLO GEOLOGICO VALIDO PER L'AREA DI STUDIO Pag. 26

7. MODELLAZIONE SISMICA DEL LOTTO INVESTIGATO Pag. 29

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, è stato incaricato da HEPV10 s.r.l di eseguire uno studio di carattere geologico-tecnico nel tenimento dei Comuni di LECCE E SURBO (LE) a corredo del PROGETTO denominato "Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico avente potenza nominale pari a 25.000 kW e potenza moduli pari a 23.351,900 e relative opere di connessione situato nei Comuni di Lecce e Surbo (LE)".

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

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

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

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

PAGINA 2 di 44

DOTT. GEOL. VINCENZO CORTESE

Via Barcellona, 20 - 86021 BOJANO (CB)
P.IVA 01629950708 - C.F.: CRTVCN83T28F799C
Tel. 0874.783120 - Fax 0874.773186 - Cell. 328.6429991
e-mail: vincenzocortese@geosecure.it - PEC vincenzo.cortese@pec.ordinegeologimolise.it



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.

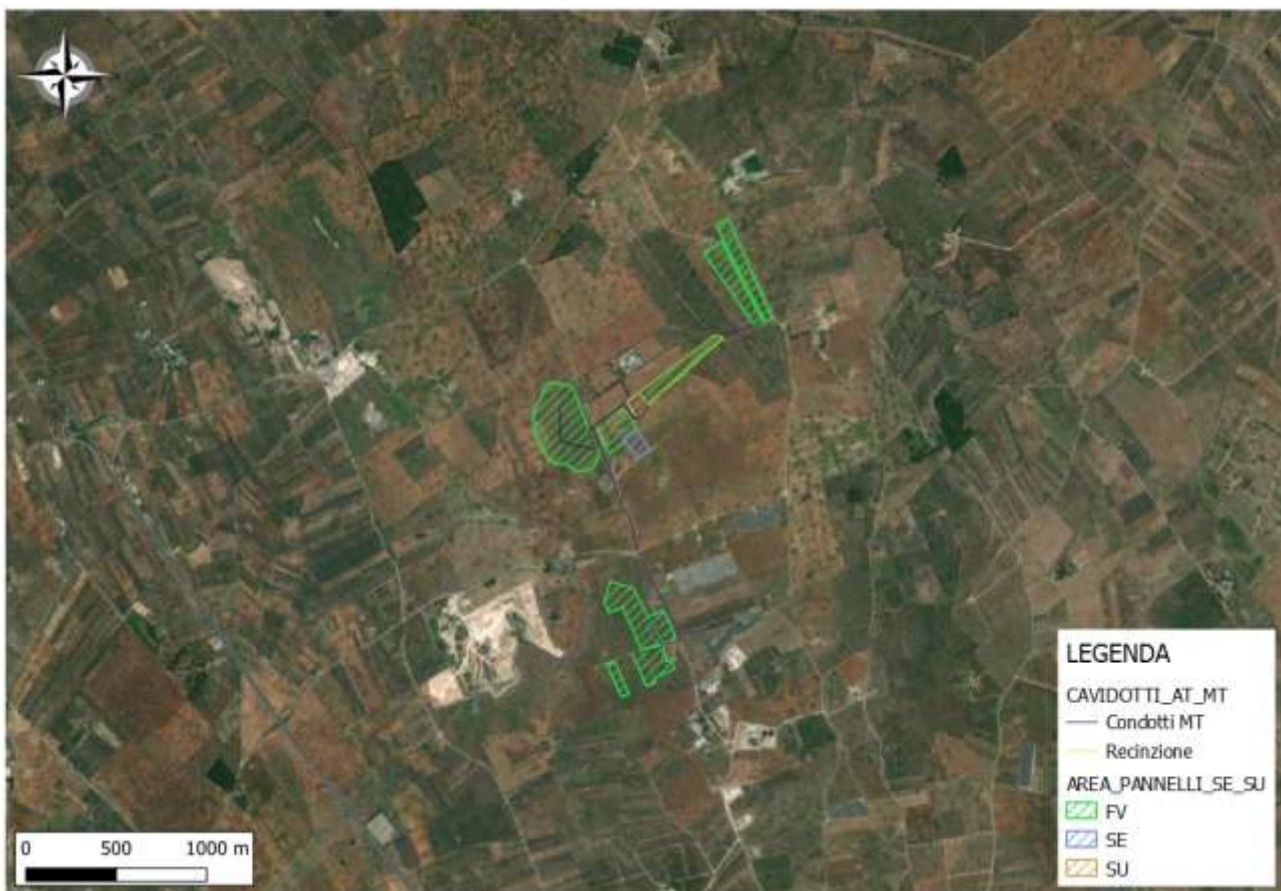


Fig. 1: Immagine aerea dell'area allo studio.

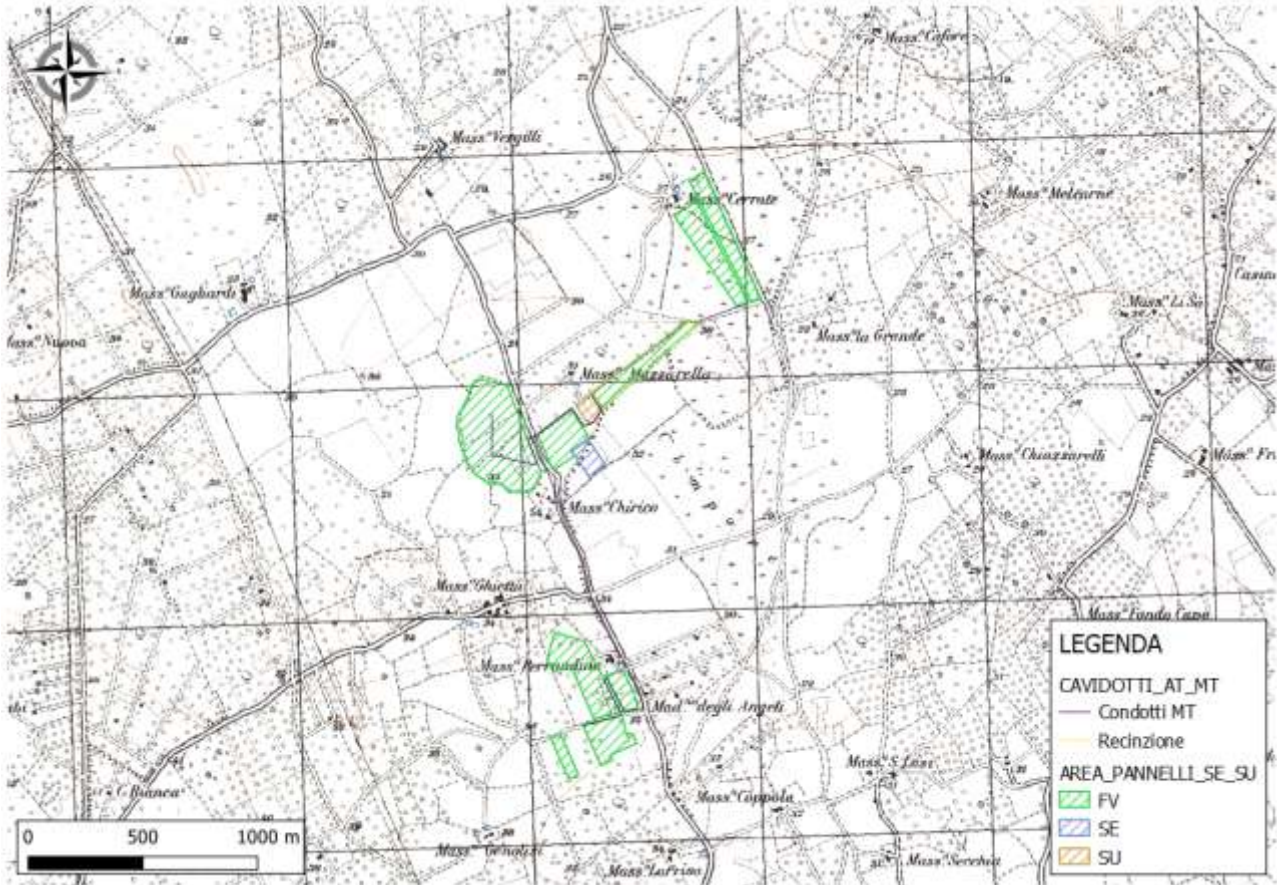


Fig. 2: Stralcio IGM in scala 1:25.000



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

L'area oggetto di studio è collocata a quote comprese tra i 22 e 36 m s.m.l, e risulta cartografata nel F.° 204 "LECCE" 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, è situata nella Penisola Salentina, costituita principalmente dalla formazione cretacea, riferibile prevalentemente al Turoniano ed al Cenomaniano, con livelli rappresentati litologicamente da calcari più o meno compatti, talora lievemente dolomitici, in strati suborizzontali o inclinati al massimo di 25÷30°, costituenti le cosiddette Serre Salentine e Murge Salentine.

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 risulta caratterizzata da piane e lievi ondulazioni digradanti verso il Mare Adriatico.

Si specifica che, vista la modesta entità degli interventi necessari all'installazione dell'impianto di cui in oggetto, la morfologia e geomorfologia dell'area rimarrà invariata anche nel post operam.

PAGINA 5 di 44

DOTT. GEOL. VINCENZO CORTESE

Via Barcellona, 20 - 86021 BOJANO (CB)
P.IVA 01629950708 - C.F.: CRTVCN83T28F799C
Tel. 0874.783120 - Fax 0874.773186 - Cell. 328.6429991
e-mail: vincenzocortese@geosecure.it - PEC vincenzo.cortese@pec.ordinegeologimolise.it



Non si andranno, quindi, a modificare i lineamenti morfologici e geomorfologici che caratterizzano l'area allo stato attuale.

Dal Punto di vista Litologico, si registra la presenza di calcareniti plioceniche e calcari compatti afferenti alla Formazione delle “Calcareniti di Andrano”.

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.

Si riporta in seguito la cartografia:

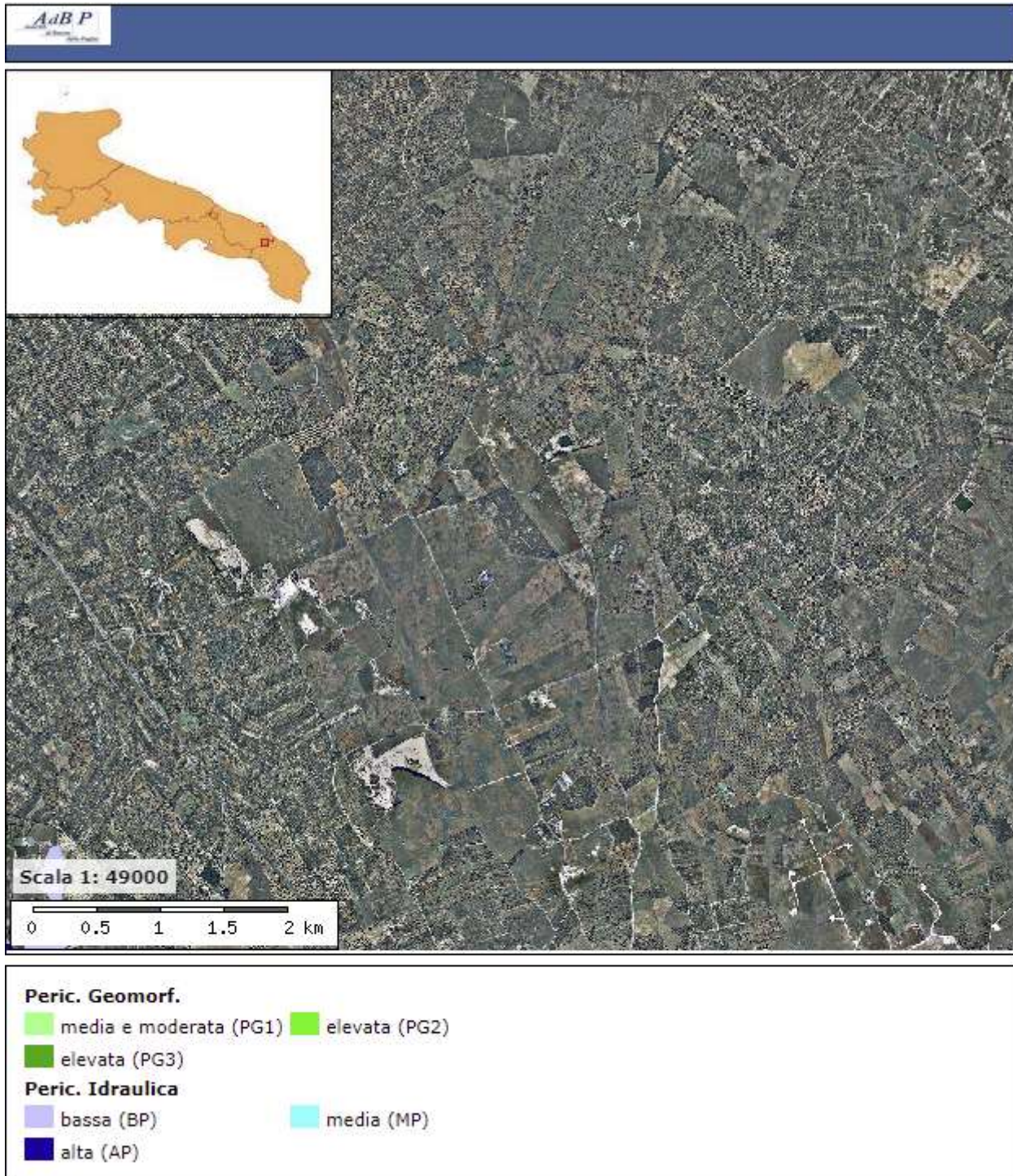


Fig. 3: Stralcio del P.A.I (Piano d'Assetto Geomorfologico)



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

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 stralci della carta geomorfologica delle aree d'intervento:

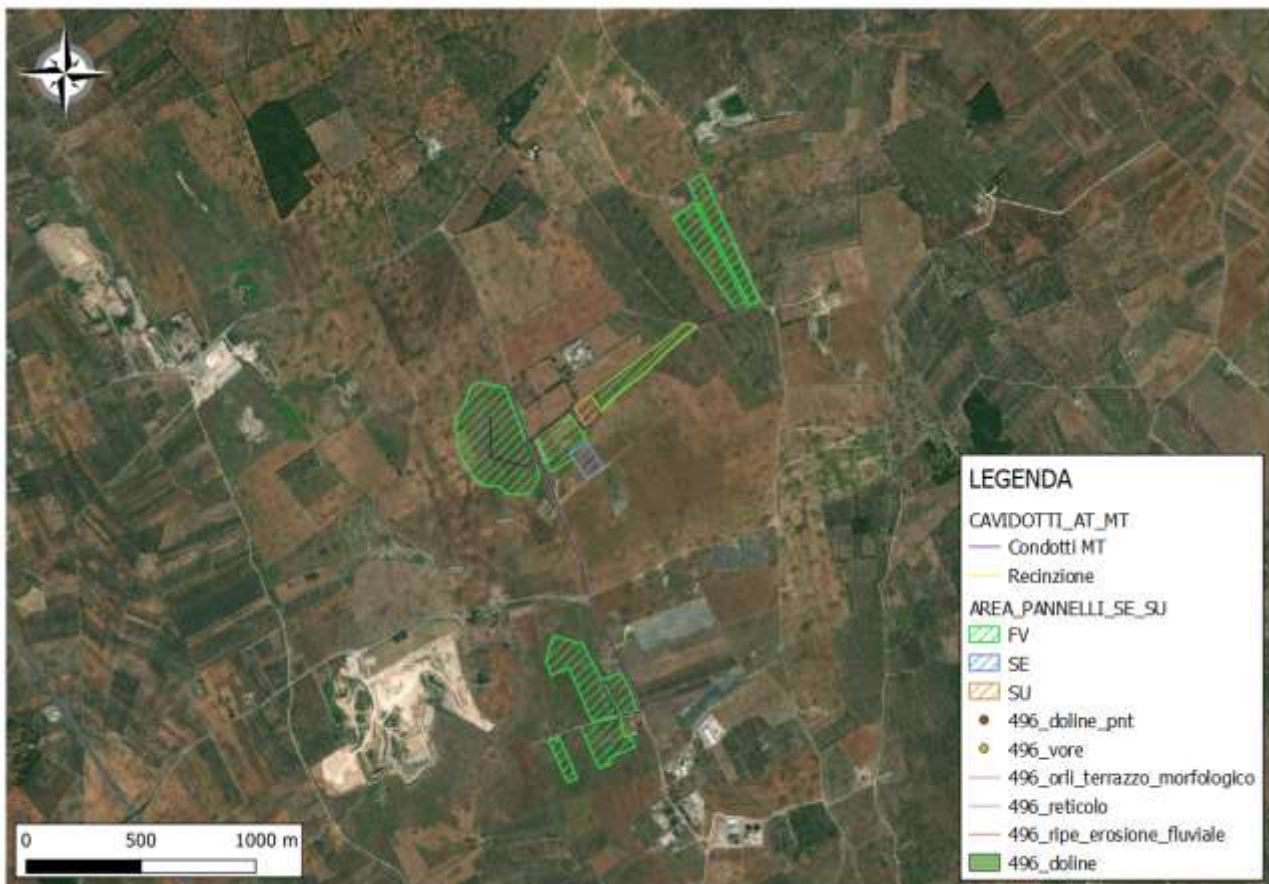


Fig. 4: Stralcio della carta geomorfologica dell'area d'intervento

Dalla carta sopra riportata si evince come nell'area non siano presenti forme geomorfologiche rilevanti.



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'assetto idrografico superficiale dell'area di studio appare evidentemente condizionato dall'assetto geologico-strutturale dell'area.

In un quadro regionale, si rileva l'assenza di una rete idrografica superficiale ben definita, a causa dell'alta permeabilità del substrato, caratterizzato da rocce porose o notevolmente fratturate. Nella Penisola Salentina è possibile distinguere un acquifero profondo, che attraversa gli strati calcarei e dolomitici mesozoici, ed una serie di acquiferi superficiali locali, ospitati nei depositi terziari e quaternari sovrastanti. Questi ultimi presentano una potenzialità idrica estremamente ridotta rispetto a quella dell'acquifero profondo. La falda profonda è alimentata dalle precipitazioni meteoriche che insistono sull'area e dalle acque sotterranee provenienti dall'acquifero del territorio murgiano, al contrario, gli acquiferi superficiali sono alimentati solo dalle locali precipitazioni meteoriche e, raramente, dagli apporti della falda profonda.

La circolazione idrica sotterranea negli acquiferi superficiali del Salento è molto complessa e variabile. La geometria e lo spessore degli acquiferi superficiali sono direttamente connessi alle caratteristiche morfologiche e strutturali del substrato calcareo. In particolare, i bacini di maggiore estensione sono localizzati nella parte nord-orientale del Salento, in prossimità dei bassi strutturali bordati da faglie che coinvolgono le unità mesozoiche. Nelle formazioni calcarenitiche mioceniche (Calcareniti di Andrano e Pietra Leccese), localizzate nella parte centro-orientale della Penisola Salentina, sono presenti acquiferi superficiali con rilevante potenzialità, spesso frazionati su più



livelli separati e sovrapposti per la presenza di orizzonti marnoso-calcarenitici poco permeabili. Nell'area di interesse, l'acquifero di maggiore rilevanza, per qualità delle acque e per potenzialità, è incluso nella formazione della Pietra Leccese, a circa 10 metri di profondità, con uno spessore medio di circa 30 m e contiene acque caratterizzate da bassa salinità (0,5-0,6 g/l).

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

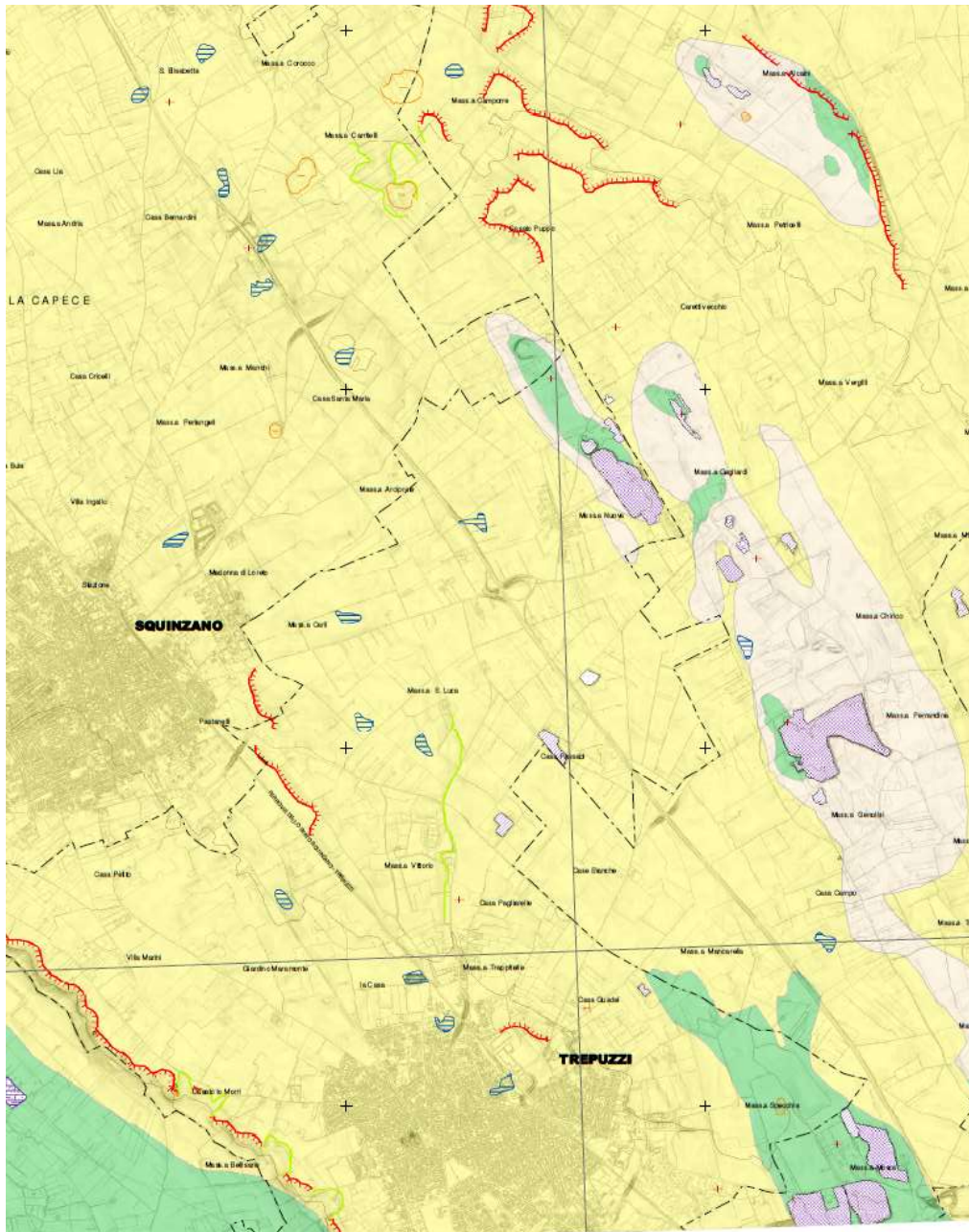
Si riporta di seguito stralcio della carta idrogeomorfologica dell'area di studio:

PAGINA 10 di 44

DOTT. GEOL. VINCENZO CORTESE

Via Barcellona, 20 - 86021 BOJANO (CB)
P.IVA 01629950708 - C.F.: CRTVCN83T28F799C
Tel. 0874.783120 - Fax 0874.773186 - Cell. 328.6429991

e-mail: vincenzocortese@geosecure.it - PEC vincenzo.cortese@pec.ordinegeologimolise.it





LEGENDA

ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI

Litologia del substrato

- Unità prevalentemente calcarea e dolomitica
- Unità a prevalente componente argillosa
- Unità a prevalente componente siliceo calcarea e arenacea
- Unità a prevalente componente arenifica
- Unità a prevalente componente calcarea
- Unità costituita da alternanze di rocce a composizione sia granitica sia vulcanica
- Unità a prevalente componente argillosa con un generale assetto scisto
- Depositi sciolti a prevalente componente pellica
- Depositi sciolti a prevalente componente calcarea glauca

Tettonica

- Faglia
- Faglia presunta
- Asse di antiforma certo
- Asse di antiforma presunta
- Asse di sinclinale certo
- Asse di sinclinale presunta
- Strati suborizzontali (0°)
- Strati poco inclinati (10°-40°)
- Strati molto inclinati (45°-80°)
- Strati verticali (>85°)
- Strati reversali
- Strati contorti

FORME ED ELEMENTI LEGATI ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE

- Corso d'acqua
- Corso d'acqua epiorico
- Corso d'acqua obliquo
- Corso d'acqua torbato
- Recupito finale di bacino endoreico
- Sorgente
- Canale lagunare

BACINI IDRICI

- Lago naturale
- Lago artificiale
- Laguna
- Salina
- Stagno, acquitrino, zona palustre

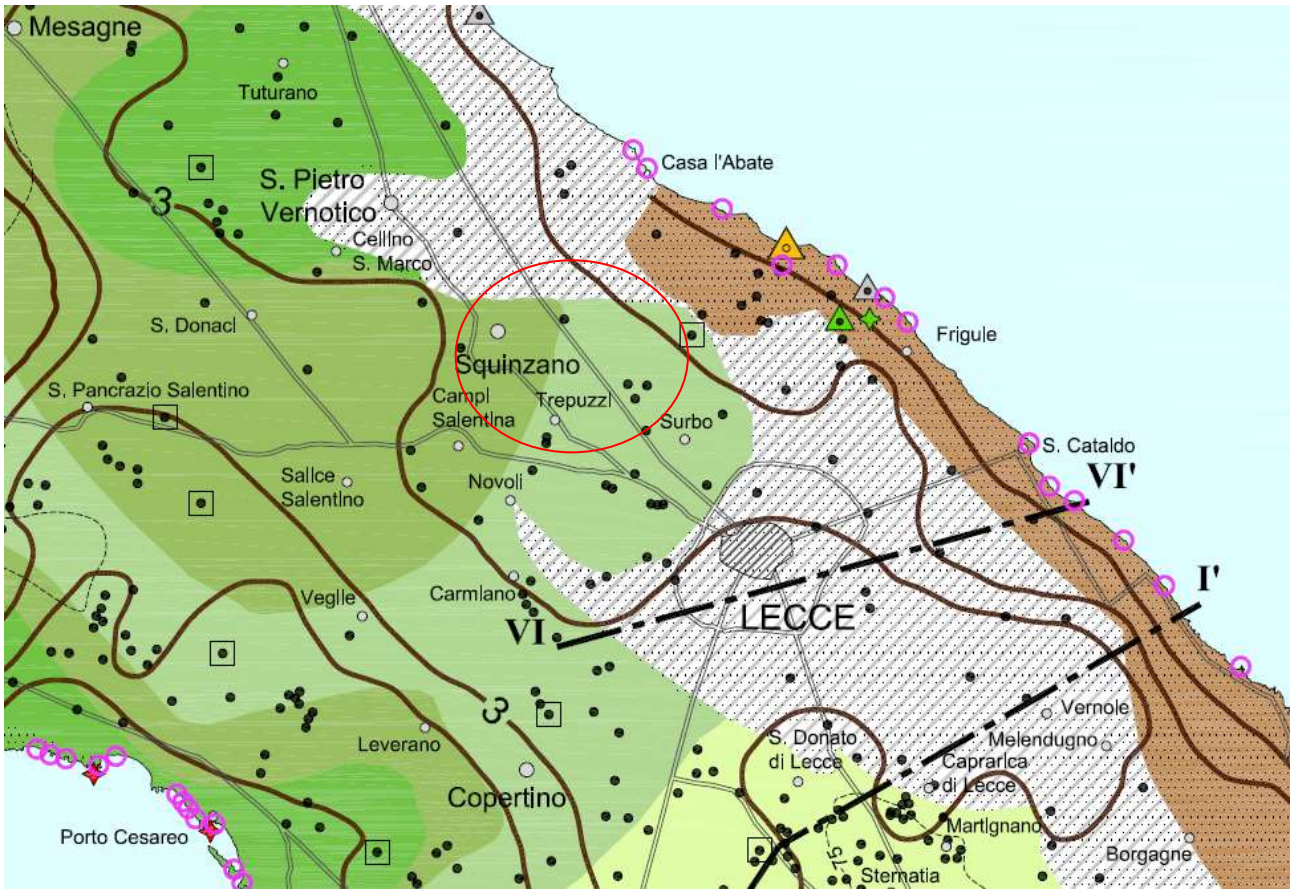
FORME CARSCICHE

- Ingresso di grotta naturale
- Voragine, inghiottitoio o pozzo di orlo
- Dolina
- Orlo di depressione carsica a morfologia complessa

FORME DI VERSANTE

- Nicchia di distacco
 - Corpo di frana
 - Cono di detrito
 - Area interessata da dissesto diffuso
 - Area a calanchi e forme similari
 - Orlo di scarpata dolentante forme semipianate
 - Cresta affilata
 - Cresta massata
 - Asse di diapirio
- } Dissesto gravitativo

Fig. 5: Stralcio della carta idrogeomorfologica dell'area d'intervento



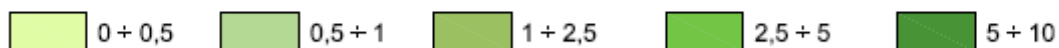


PIEZOMETRIE

- Pozzo utilizzato per la ricostruzione della superficie piezometrica della falda profonda pugliese
 - Pozzo utilizzato per la ricostruzione della superficie piezometrica della falda superficiale del Tavoliere (2007+2010)
 - Pozzo utilizzato per la ricostruzione della superficie piezometrica della falda superficiale del Tavoliere (anni '50)
- Isoplezica media (m s.l.m.) della falda profonda pugliese (presunta se tratteggiata)
- Isoplezica media riferita al periodo 2007+2010 della falda superficiale del Tavoliere
- Isoplezica media (m s.l.m.) risalente agli anni '50 della falda superficiale del Tavoliere

DALLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA PARI A 10 VOLTE IL CARICO PIEZOMETRICO PROFONDA COMPRESO TRA IL TETTO DELL'ACQUIFERO ED UNA PROFONDITÀ DISTRIBUZIONE DELLA CONCENTRAZIONE SALINA MEDIA DEL TRATTO DI FALDA

SALINITÀ (g/l)



- Pozzo utilizzato per la ricostruzione della distribuzione della concentrazione salina
- ▨ Zone appartenenti alle aree idrogeologiche della Murgia e del Salento in cui il tetto della formazione carbonatica cretacea trovasi sotto il livello mare
- Zone appartenenti alle aree idrogeologiche della Murgia e del Salento in cui l'acquifero profondo carbonatico cretaceo è totalmente permeato da acqua di mare o comunque da acque fortemente salmastre
- ▨ Zone con assenza di dati di concentrazione salina

- Centro abitato
- Confine di regione
- Isoipsa
- Strada principale
- Traccia di sezione idrogeologica

Fig.6: Carta idrogeologica dell'area di studio



4. GEOLOGIA E TETTONICA DEL TERRITORIO IN ESAME

Questo settore appartiene al dominio di avanfossa adriatica, formatasi tra il Pliocene inferiore ed il Pleistocene, per il progressivo riempimento di una depressione tettonica allungata NW-SE, per mezzo di sedimenti clastici.

Precedentemente, nel Giurassico, nella regione si era sviluppato un mare poco profondo caratterizzato dalla sedimentazione di calcari e dolomie e bordato da una ricca barriera corallina. In seguito, a partire dal Cretacico, si sono verificate le prime emersioni, accompagnate da fasi deformative che hanno causato il dislocamento della regione in vari blocchi, riconducibili agli attuali promontori. Tra questi, la Penisola Salentina, in età Miocenica, è stata sede di sedimentazione di detriti calcarei provenienti dallo smantellamento dei depositi mesozoici affioranti, costituendo, così, la formazione della "Pietra Leccese".

L'avvicinarsi di eventi tettonici e marino-eustatici ha permesso che in Puglia si sviluppassero varie unità con caratteri geologici, idrografici, idrogeologici e morfo-strutturali estremamente diversi ed identificabili nelle seguenti zone geografiche:

- Promontorio del Gargano;
- Appennino Dauno;
- Tavoliere di Foggia;
- Murge;
- Conca di Taranto;
- Penisola Salentina;

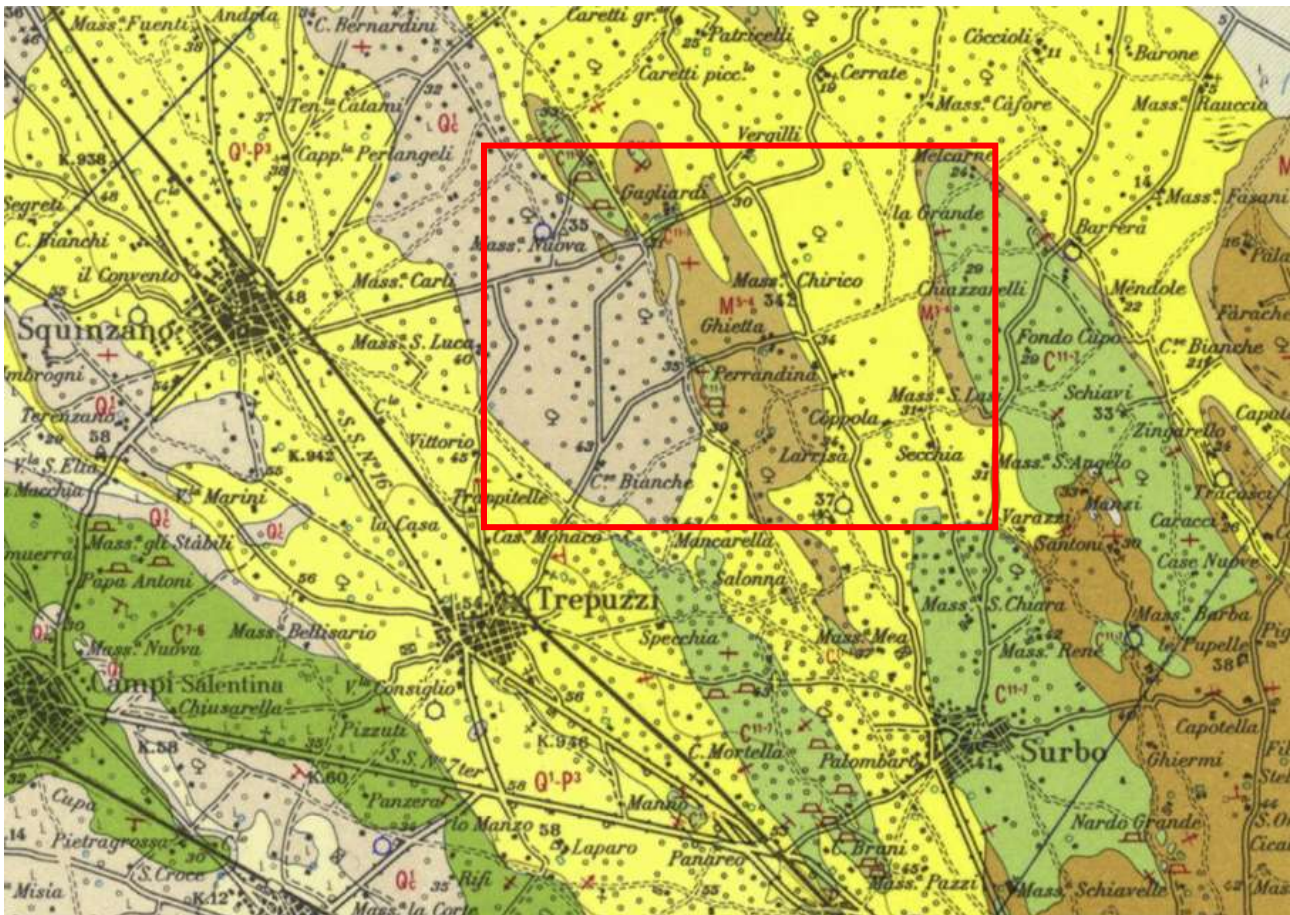
La Penisola Salentina, interessata dal presente studio è, quindi, costituita dalla formazione cretacea, caratterizzata da calcari più o meno compatti, talora lievemente dolomitici, i cui strati sono disposti orizzontalmente o inclinati fino a massimo 30°. Nelle aree del leccese e del brindisino,



questa formazione costituisce il basamento e comprende depositi carbonatici di piattaforma, riferibili alle Dolomie di Galatina. Al di sopra, generalmente, si rilevano calcareniti mioceniche trasgressive note come Pietra Leccese e Calcareniti di Andrano. Infine, tra le Murge Tarantine e le Serre Salentine, si estendono numerosi lembi di Calcareniti del Salento, formazioni plio-pleistoceniche, che costituiscono il residuo della degradazione di rocce calcareo-arenacee ed argillose-sabbiose, depositatesi nel Pliocene inferiore. Al tetto di tali formazioni è presente la Formazione di Gallipoli, costituita da una successione di marne argillose grigio-azzurre, marne argilloso-sabbiose, sabbie più o meno argillose e argille di colore giallastro, talora debolmente cementate e spesso intercalate da banchi arenacei e calcarenitici ben cementati.

Si riporta in seguito cartografia.

La situazione geologica descritta è mostrata, di seguito, in **Figura 7**:



Pliocene



P³

P³ : calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose giallastre. Macrofauna a Coralli, Cirripedi, Molluschi, Echinidi, Crostacei tra cui *Cancer sismondai* var. *antiatina* MAX. Microfauna ad Ostracodi e Foraminiferi: *Bulimina marginata* D'ORB., *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Discorbis orbicularis* (TERG.), *Cibicides ungerianus* (D'ORB.), *C. lobatulus* (WALK & JAC.) *Globigerinoides rubra* (D'ORB.), *G. sacculifera* (BRADY), *Orbulina universa* D'ORB., *Hastigerina aequilateralis* (BRADY) (PLIOCENE SUP. - MEDIO ?). In trasgressione sulle formazioni più antiche.

Miocene



M⁵⁻⁴

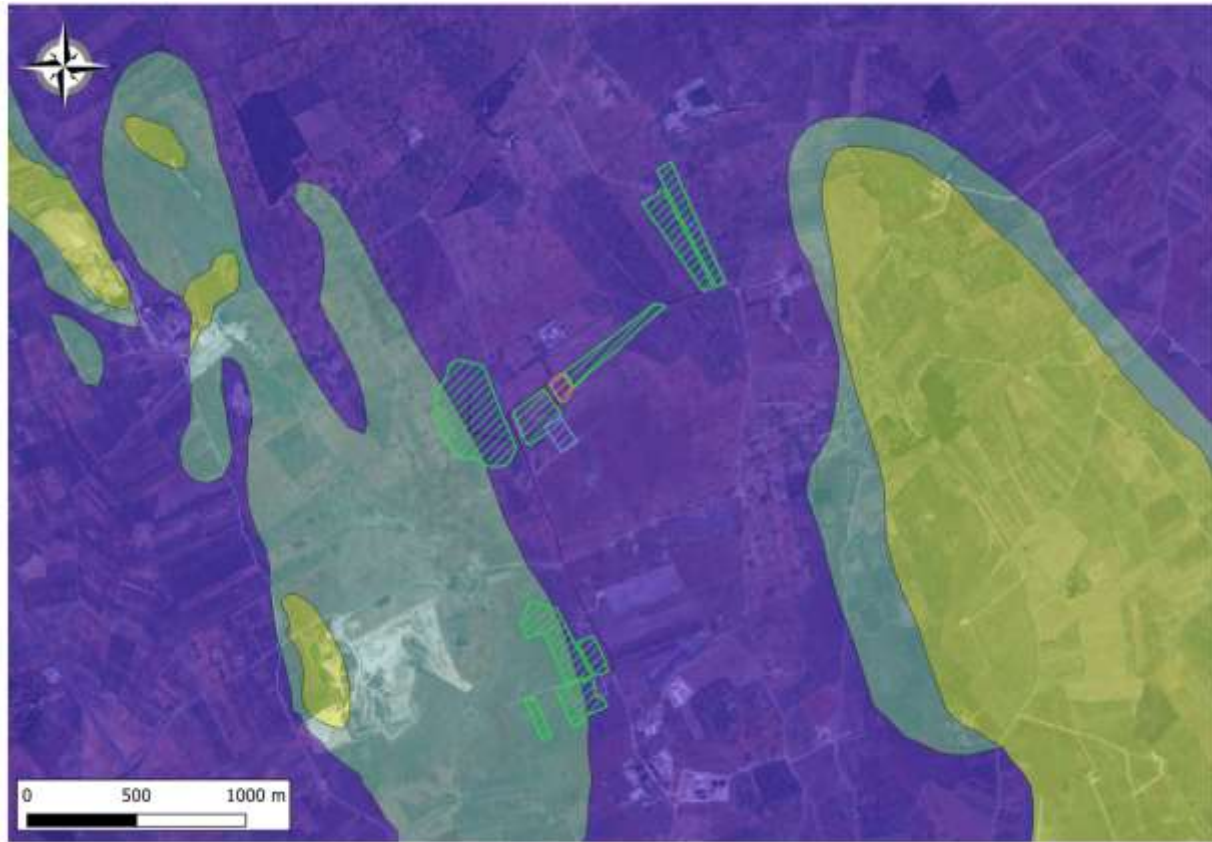
Calcari compatti grigi o noccioli. I macrofossili sono spesso abbondanti con *Arca barbata* LIN., *Aturia aturi* (BAST.), *Aturia formae* PAR., *Chlamys haueri* (MICH.), *Chlamys northamptoni* (MICH.), *Flabellipecten koheni* (FUCHS), *Pycnodonta navicularis* (BROC.), *Venus multilamella* (LAM.). Tra i Foraminiferi sono presenti: *Uvigerina tenuistriata* REUSS, *Rectuvigerina gaudryinoides* (LIPP.), *Rectuvigerina siphogenerinoides* (LIPP.), *Bolivina dilatata* REUSS, *Bolivina arta* MACFAD., *Bolivina scalprata* SCHW. *miocenica* MACFAD., *Bolivinoidea miocenica* GIAN., *Cassidulina laevigata* D'ORB., *Pseudoclavulina rudis* (COSTA), *Globigerina nepenthes* TODD., *Globorotalia menardi* (D'ORB.), *Orbulina universa* D'ORB. (MIOCENE SUPERIORE E MEDIO).

CALCARENITI DI ANDRANO.

Fig. 8: Stralcio del F.° 204 "LECCE" della Carta Geologica D'Italia in scala 1:100.000.



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



LEGENDA

CAVIDOTTI_AT_MT

— Condotti MT

— Recinzione

AREA_PANNELLI_SE_SU

▨ FV

▨ SE

▨ SU

496_litologia

■ Depositi sciolti a prevalente componente peltica

■ Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa

■ Unit◊ a prevalente componente arenitica

■ Unit◊ a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica

■ Unit◊ prevalentemente calcarea o dolomitica

Fig.9: Carta geologica di dettaglio dell'area d'intervento



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 geotecniche e geofisiche in sito.

Le indagini geotecniche in sito sono consistite in:

- n. 4 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DPSH).

Le indagini geofisiche in sito sono infine consistite in:

- n° 4 **prospezioni geofisiche superficiali con metodologie di indagine denominata “sismica a rifrazione” e “tomografia sismica” eseguite mediante installazione di n° 4 stendimenti sismici (di lunghezza pari a 15,00 MT);**
- n° 4 **prospezioni geofisiche superficiali con metodologia di indagine “masw”**

La corretta ubicazione delle indagini è riportata in *Figura 11*.



Fig. 11: Ubicazione delle indagini effettuate nell'area di studio



5.1 INDAGINI GEOTECNICHE IN SITU ESEGUITE

Prova Penetrometrica Dinamica DPSH

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

- *N° 4 Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH*, spinte rispettivamente fino ad una profondità pari a 0,80 – 0,80 – 1,00 – 0,80 metri dal p.c.

Tale campagna di **indagini geotecniche in situ** è stata eseguita, nel mese di DICEMBRE 2021, da **Impresa Geosecure SRL** con sede in Roma (RM).

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.

Il campo di utilizzazione è molto vasto, potendo essere eseguita praticamente in tutti i tipi di terreno, anche se viene tendenzialmente effettuata su terreni a granulometria grossolana.



METODOLOGIA

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- *peso massa battente M*
- *altezza libera caduta H*
- *punta conica: diametro base cono D , area base A (angolo di apertura α)*
- *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 più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

- tipo **LEGGERO (DPL)**

- tipo **MEDIO (DPM)**

- tipo **PESANTE (DPH)**

- tipo **SUPERPESANTE (DPSH)**

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

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

- **DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30)** (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $d = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.
- **DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20)** (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $d = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

PAGINA 22 di 44

DOTT. GEOL. VINCENZO CORTESE



- **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 $A = 20.27$ cm² 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 $A = 20,0 - 20,43$ cm², rivestimento/ fango bentonitico : talora previsto

PENETROMETRO DINAMICO IN USO PER LA SEGUENTE INDAGINE

TG 63-200 EML .C Pagani

CARATTERISTICHE TECNICHE

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

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



5.2 INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE NELL'AREA DI STUDIO

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

- n° 4 prospezioni geofisiche superficiali con metodologie di indagine denominata “sismica a rifrazione” e “tomografia sismica” eseguite mediante installazione di n° 4 stendimenti sismici (di lunghezza pari a 15,00 MT);
- n° 4 prospezioni geofisiche superficiali con metodologia di indagine “masw” (di lunghezza pari a 15,00 MT).

Le **indagini geofisiche** sono state eseguite dalla **Ditta GEOSECURE SRL.**, con sede in Roma (RM), nel mese di DICEMBRE 2021.

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 sono ottenuti tali risultati:

- Vs Equivalente $M1$ pari a 527 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B;
- Vs Equivalente $M2$ pari a 540 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B;
- Vs Equivalente $M3$ pari a 529 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B;
- Vs Equivalente $M4$ pari a 534 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} valido per detto intervallo è stato possibile classificare sismicamente 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, Aggiornamento Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.



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 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 di riferimento basato:**

PROFONDITA'	STRATIGRAFIA
DA 0,00 A 1,00 MT	TERRENO VEGETALE
DA 1,00 A 30,00 MT	CALCARI COMPATTI



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 i parametri geotecnici fondamentali del terreno di fondazione:

PROVA N.1

STRATO	Spessore dello strato (m)	N _{opt}	Tipo	D _r %	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo φ	Modulo di Poisson	Deformazione a taglio dinamico (Kg/cm ²)	Coefficiente di spinta a riposo K ₀	Mod. Edometrico E _u (kg/cm ²)	Mod. Elastico di Young E _v (kg/cm ²)	Q _c Resistenza alla punta (kg/cm ²)
1	DA METRI 0,00 A METRI 0,80	49	Incoerente	79,43	1,85	2,15	46,27	0,26	1345,76	0,28	256,00	391,04	97,76

PROVA N.2

STRATO	Spessore dello strato (m)	N _{opt}	Tipo	D _r %	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo φ	Modulo di Poisson	Deformazione a taglio dinamico (Kg/cm ²)	Coefficiente di spinta a riposo K ₀	Mod. Edometrico E _u (kg/cm ²)	Mod. Elastico di Young E _v (kg/cm ²)	Q _c Resistenza alla punta (kg/cm ²)
1	DA METRI 0,00 A METRI 0,80	50	Incoerente	80,05	1,85	2,15	46,51	0,25	1358,34	0,27	259,35	397,04	99,26



PROVA N.3

STRATO	Spessore dello strato (m)	Napt	Tipo	Di %	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo ϕ	Modulo di Poisson	Deformazione a taglio dinamico (Kg/cm ²)	Coefficiente spinta a Riposo K0	Mod. Edometrico E _{ed} (kg/cm ²)	Mod. Elastico di Young E _{el} (kg/cm ²)	Qc Resistenz a alla punta (kg/cm ²)
1	DA METRI 0,00 A METRI 1,00	36	Incoerente	69,41	1,75	2,09	41,98	0,28	1123,94	0,33	200,34	291,20	72,80

PROVA N.4

STRATO	Spessore dello strato (m)	Napt	Tipo	Di %	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo ϕ	Modulo di Poisson	Deformazione a taglio dinamico (Kg/cm ²)	Coefficiente spinta a Riposo K0	Mod. Edometrico E _{ed} (kg/cm ²)	Mod. Elastico di Young E _{el} (kg/cm ²)	Qc Resistenz a alla punta (kg/cm ²)
1	DA METRI 0,00 A METRI 0,80	45	Incoerente	76,11	1,82	2,13	44,91	0,26	1274,93	0,29	237,54	357,92	89,48

Dall'esecuzione delle prove penetrometriche e dalla lettura di dati di letteratura, è possibile caratterizzare geotecnnicamente il terreno fino a 30 m:

Spessore dello strato (m)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo ϕ	Modulo di Poisson	Deformazione a taglio dinamico (Kg/cm ²)	Coefficiente spinta a Riposo K0	Mod. Edometrico E _{ed} (kg/cm ²)	Mod. Elastico di Young E _{el} (kg/cm ²)
da metri 1,00 a metri 30,00	2,2	2,4	40	0,24	1600	0,35	450	500



7 MODELLOZIONE 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.



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 4**.

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**.

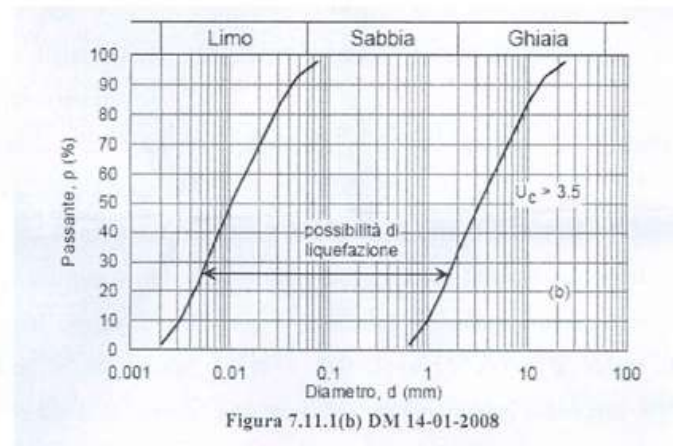
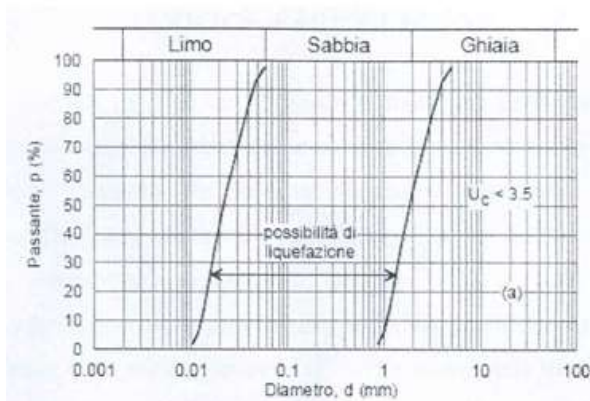
VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

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 $(N)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$ dove $(N)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100kPa e q_{cIN} 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 $U_c > 3,5$.



Nel caso specifico, dato l'assortimento granulometrico del terreno, lo stesso non è liquefacibile.



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
A	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	<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>
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m



Per V_{seq} s'intende la media pesata delle velocità delle onde **S** negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione.

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 sono ottenuti tali risultati:

- Vs Equivalente $M1$ pari a **527 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B;**
- Vs Equivalente $M2$ pari a **540 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B;**
- Vs Equivalente $M3$ pari a **529 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B;**
- Vs Equivalente $M4$ pari a **534 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} valido per detto intervallo è stato possibile classificare sismicamente 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, Aggiornamento 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_{seq}** 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 1: Valori del Coefficiente di Amplificazione Topografica ST per le diverse categorie topografiche.

Categoria sottosuolo	S _s	C _c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_o \cdot \frac{a_f}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
→ C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot \frac{a_f}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_o \cdot \frac{a_f}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_o \cdot \frac{a_f}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

Tabella 2: Espressioni di calcolo dei coefficienti di Amplificazione Stratigrafica Ss e Cc 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 3: 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** (**amax**), che viene riportata di seguito nella seguente espressione:

$$\mathbf{amax} = \mathbf{ag} * \mathbf{Ss} * \mathbf{St}$$

L'accelerazione massima attesa **amax** è fornita in m/s^2 (dal valore nominale di **ag(g)**), accelerazione massima attesa al sito, si passa ad **ag** (m/s^2) moltiplicando per 9.81.

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

- **Coefficiente sismico orizzontale $K_h = \beta S * \mathbf{amax} / g$** (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** seguente 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 $V_s > 800 \text{ m/s}$.



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

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



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, è stato incaricato da **HEPV10 s.r.l** di eseguire uno studio di carattere geologico-tecnico nel tenimento dei Comuni di **LECCE e SURBO (LE)** a corredo del PROGETTO denominato "Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico avente potenza nominale pari a 25.000 kW e potenza moduli pari a 23.351,900 e relative opere di connessione situato nei Comuni di Lecce e Surbo (LE)".

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;*

PAGINA 40 di 44

DOTT. GEOL. VINCENZO CORTESE

Via Barcellona, 20 - 86021 BOJANO (CB)
P.IVA 01629950708 - C.F.: CRTVCN83T28F799C
Tel. 0874.783120 - Fax 0874.773186 - Cell. 328.6429991
e-mail: vincenzocortese@geosecure.it - PEC vincenzo.cortese@pec.ordinegeologimolise.it



- *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 geofisiche in situ.

L'area oggetto di studio è collocata a quote comprese tra i 22 e 36 m s.m.l, e risulta cartografata nel **F.° 204 "LECCE"** 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.

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.**

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



Si specifica che, vista la modesta entità degli interventi necessari all'installazione dell'impianto di cui in oggetto, la morfologia e geomorfologia dell'area rimarrà invariata anche nel post operam. Non si andranno, quindi, a modificare i lineamenti morfologici e geomorfologici che caratterizzano l'area allo stato attuale.

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 sito.

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

- n. 4 **prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DPSH)**.

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

- n° 4 **prospezioni geofisiche superficiali con metodologie di indagine denominata “sismica a rifrazione” e “tomografia sismica” eseguite mediante installazione di n° 4 stendimenti sismici (di lunghezza pari a 15,00 MT);**
- n° 4 **prospezioni geofisiche superficiali con metodologia di indagine “masw”**

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 sono ottenuti tali risultati:

- Vs Equivalente $M1$ pari a **527 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B;**
- Vs Equivalente $M2$ pari a **540 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B;**



- Vs Equivalente $M3$ pari a **529 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B;**
- Vs Equivalente $M4$ pari a **534 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} valido per detto intervallo è stato possibile classificare sismicamente 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, Aggiornamento Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

E' stata effettuata, infine, la **modellazione sismica** dell'area di 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 4**.

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**.

PAGINA 43 di 44

DOTT. GEOL. VINCENZO CORTESE

Via Barcellona, 20 - 86021 BOJANO (CB)
P.IVA 01629950708 - C.F.: CRTVCN83T28F799C
Tel. 0874.783120 - Fax 0874.773186 - Cell. 328.6429991
e-mail: vincenzocortese@geosecure.it - PEC vincenzo.cortese@pec.ordinegeologimolise.it



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. 17.01.2018 ai sensi delle Leggi 1086 del 1971 e 64 del 1974, poi diventate D.P.R. 380 del 2001.

IL GEOLOGO

Dott. Vincenzo CORTESE

PAGINA 44 di 44

DOTT. GEOL. VINCENZO CORTESE

Via Barcellona, 20 - 86021 BOJANO (CB)
P.IVA 01629950708 - C.F.: CRTVCN83T28F799C
Tel. 0874.783120 - Fax 0874.773186 - Cell. 328.6429991
e-mail: vincenzocortese@geosecure.it - PEC vincenzo.cortese@pec.ordinegeologimolise.it



STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA



ALLEGATO N. 1

PROVE GEOTECNICHE IN SITU



ALLEGATO N. 2

PROVE GEOFISICHE IN SITU

CERTIFICATI PROVE IN SITO

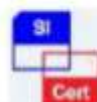


Available versions		
DP Only	CPT Only	DP + CPT
■ DPSH	■ 200kN	■ DPSH + 200 kN
= DPH		= DPH + 200 kN
= DPM		= DPM + 200 kN
Rotary head		

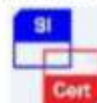
Legend	
■	Standard
=	Optional



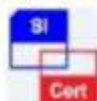
ATT. N. 7918/63/01



NUMERO PC: 0151-GEO-Q



NUMERO PC: 0151-GEO-E



NUMERO PC: 0151-GEO-H



GEOSECURE S.R.L.
GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL SERVICES



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

SEDE OPERATIVA: VIA BARCELONA N.18 – BOJANO

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

MAIL: info@geosecure.it SITO: www.geosecure.it

COMMITTENTE : HEPV10 SRL

OGGETTO : Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico avente potenza nominale pari a 25.000 kW e potenza moduli pari a 23.351,900 e relative opere di connessione situato nei Comuni di Lecce e Surbo (LE)

LOCALITA' : LECCE E SURBO (LE)

CODICE DOCUMENTO : CPS 650/21 DPSH

SPERIMENTATORE

DIRETTORE TECNICO

REV. 0

DOTT. ANTONINO CARUSO

DOTT. CARLO CORTESE

**DATA
DICEMBRE 2021**

NUMERO E TIPOLOGIE DI PROVE IN SITU:

N. 4 PROVE PENETROMETRICHE DI TIPO DPSH A PUNTA CHIUSA

NEL MESE DI **DICEMBRE 2021** LA GEOSECURE SRL HA ESEGUITO NEL TENIMENTO DI **LECCE E SURBO (LE)** QUATTRO PROSPEZIONI GEOTECNICHE IN SITU DI TIPO DPSH, SU INCARICO DI **HEPV10 SRL**, IN RELAZIONE ALLA PRATICA DENOMINATA **“Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaico avente potenza nominale pari a 25.000 kW e potenza moduli pari a 23.351,900 e relative opere di connessione situato nei Comuni di Lecce e Surbo (LE)”**.

IL FASCICOLO, COSTITUITO DA N. PAG. 11, E' RILASCIATO IN TRIPLICE COPIA IN ORIGINALE.



PROVA N.1

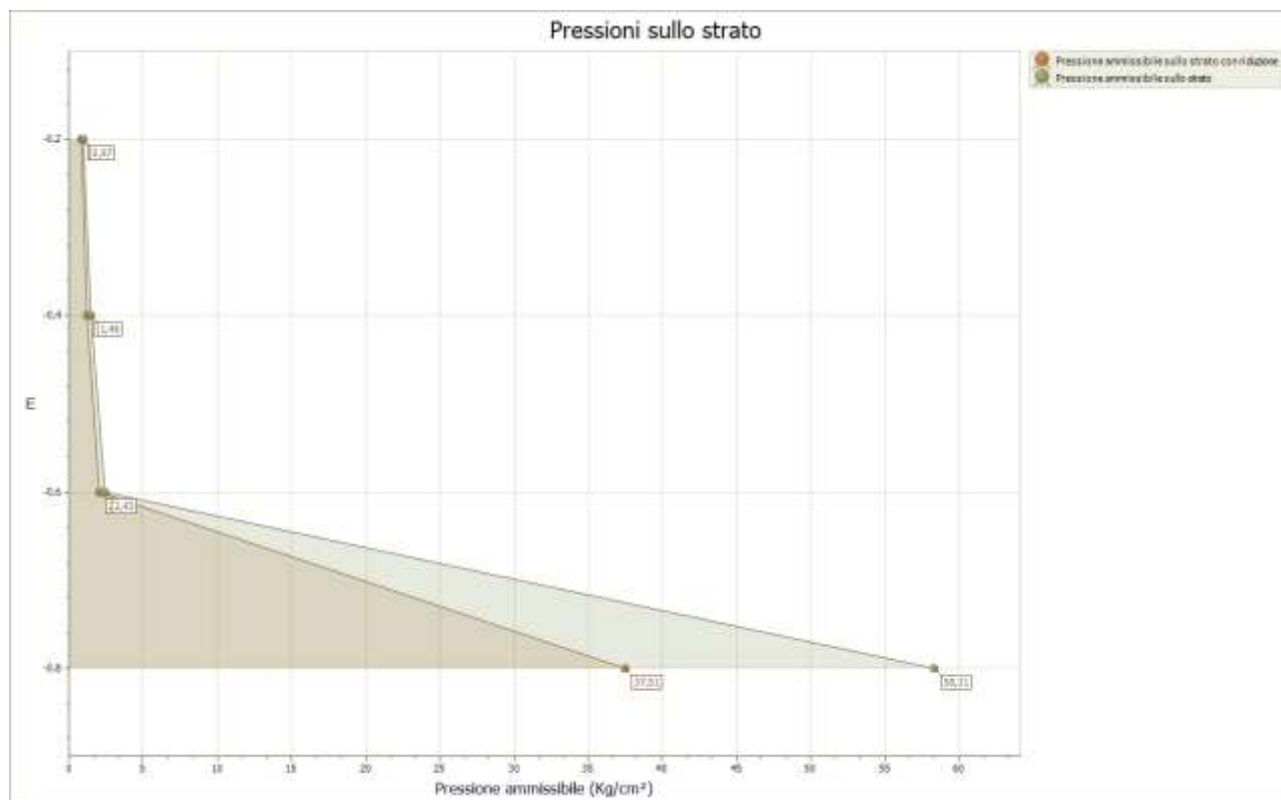
Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

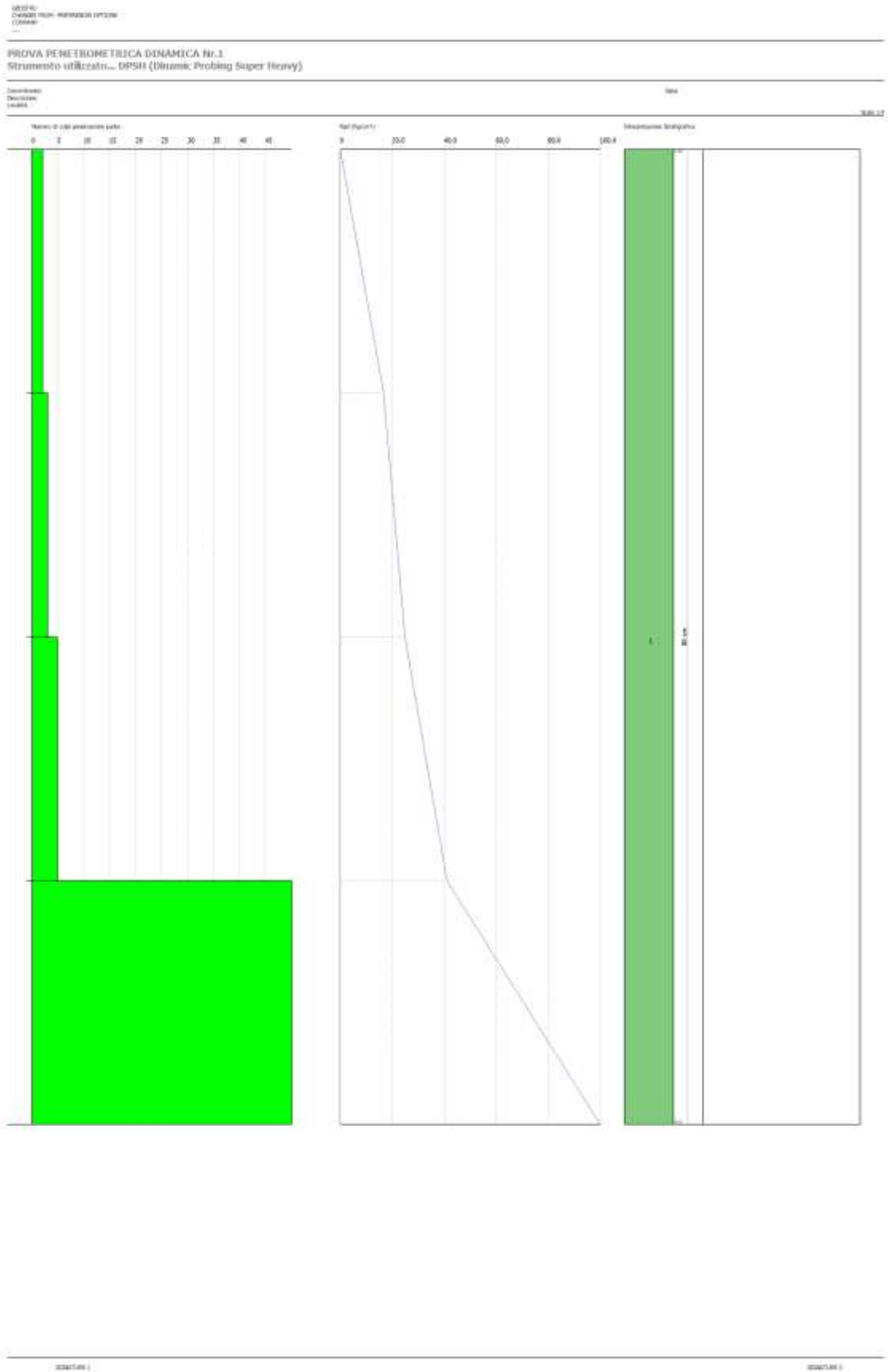
Profondità prova 0,80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	16,61	19,44	0,83	0,97
0,40	3	0,851	24,80	29,15	1,24	1,46
0,60	5	0,847	41,16	48,59	2,06	2,43
0,80	120	0,643	750,22	1166,14	37,51	58,31





DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



PROVA N.2

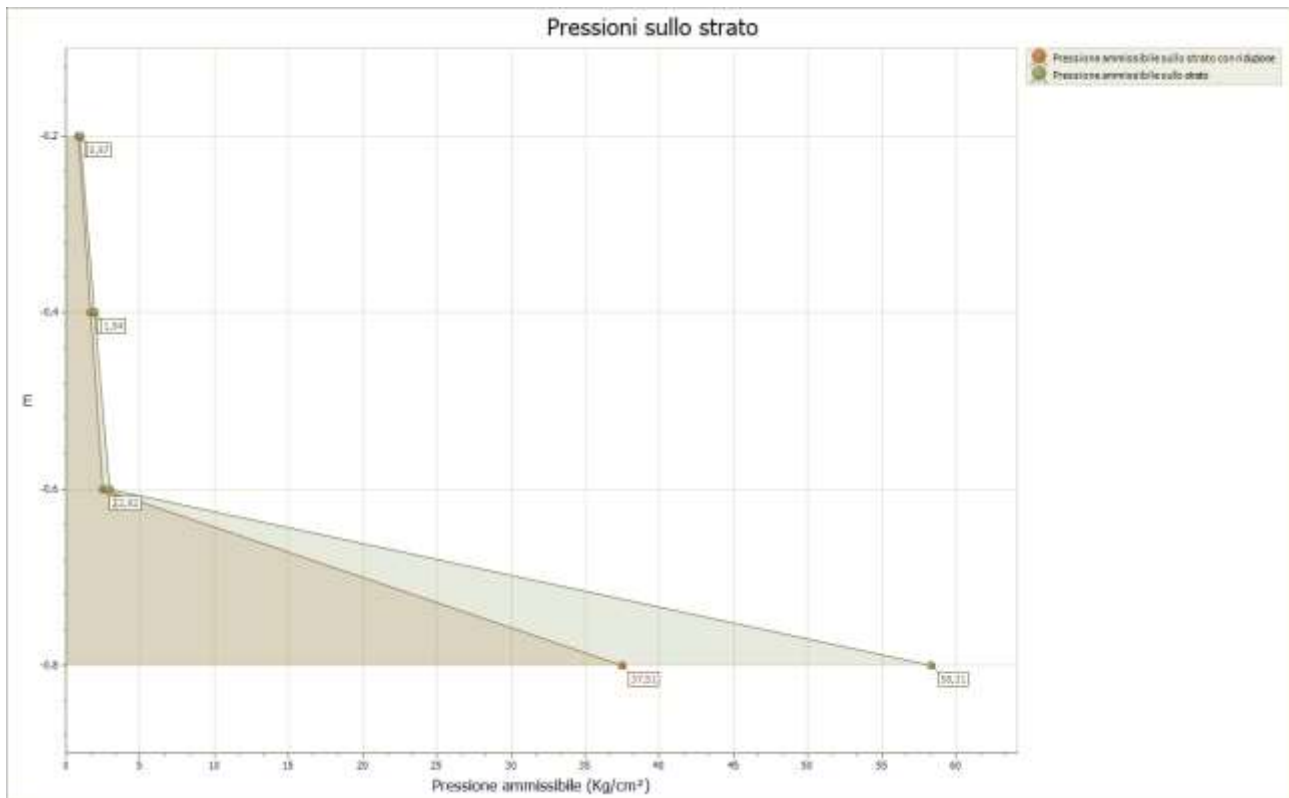
Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Profondità prova 0,80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	16,61	19,44	0,83	0,97
0,40	4	0,851	33,07	38,87	1,65	1,94
0,60	6	0,847	49,39	58,31	2,47	2,92
0,80	120	0,643	750,22	1166,14	37,51	58,31



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



PROVA N.3

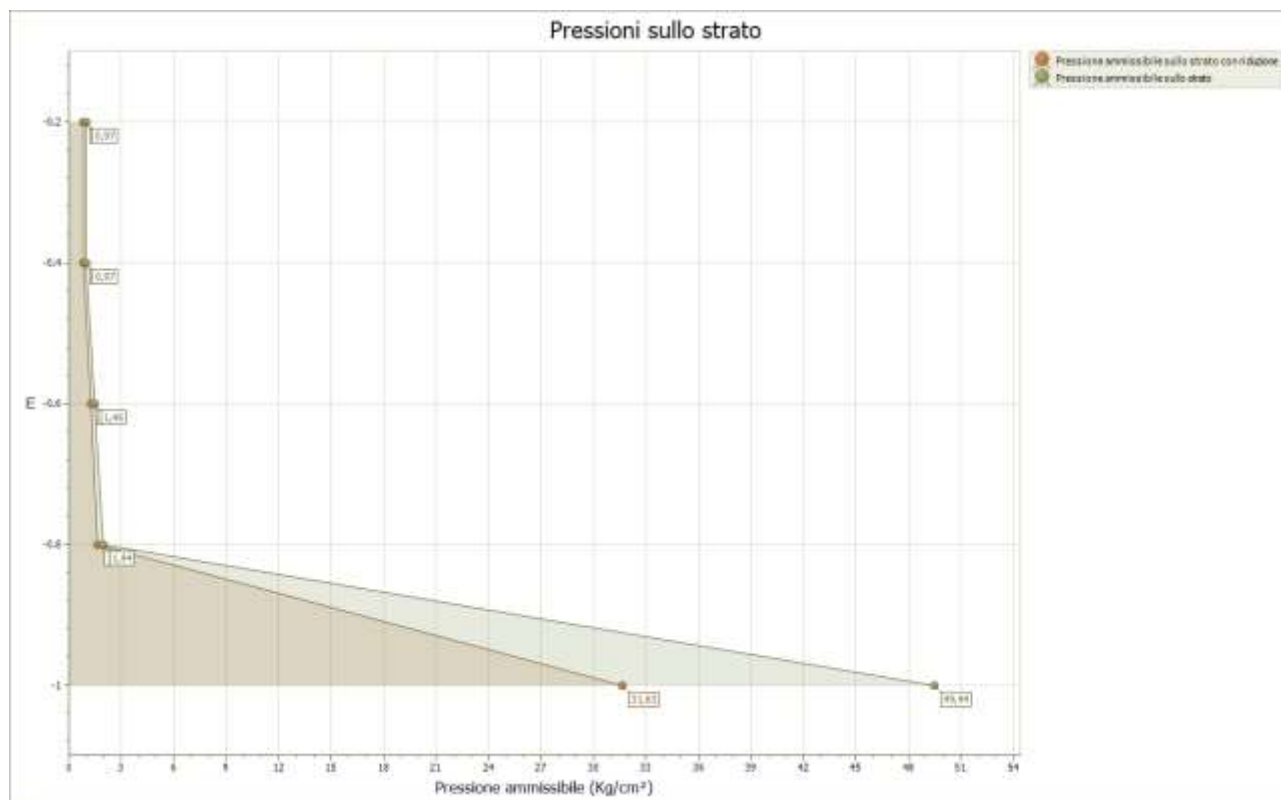
Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

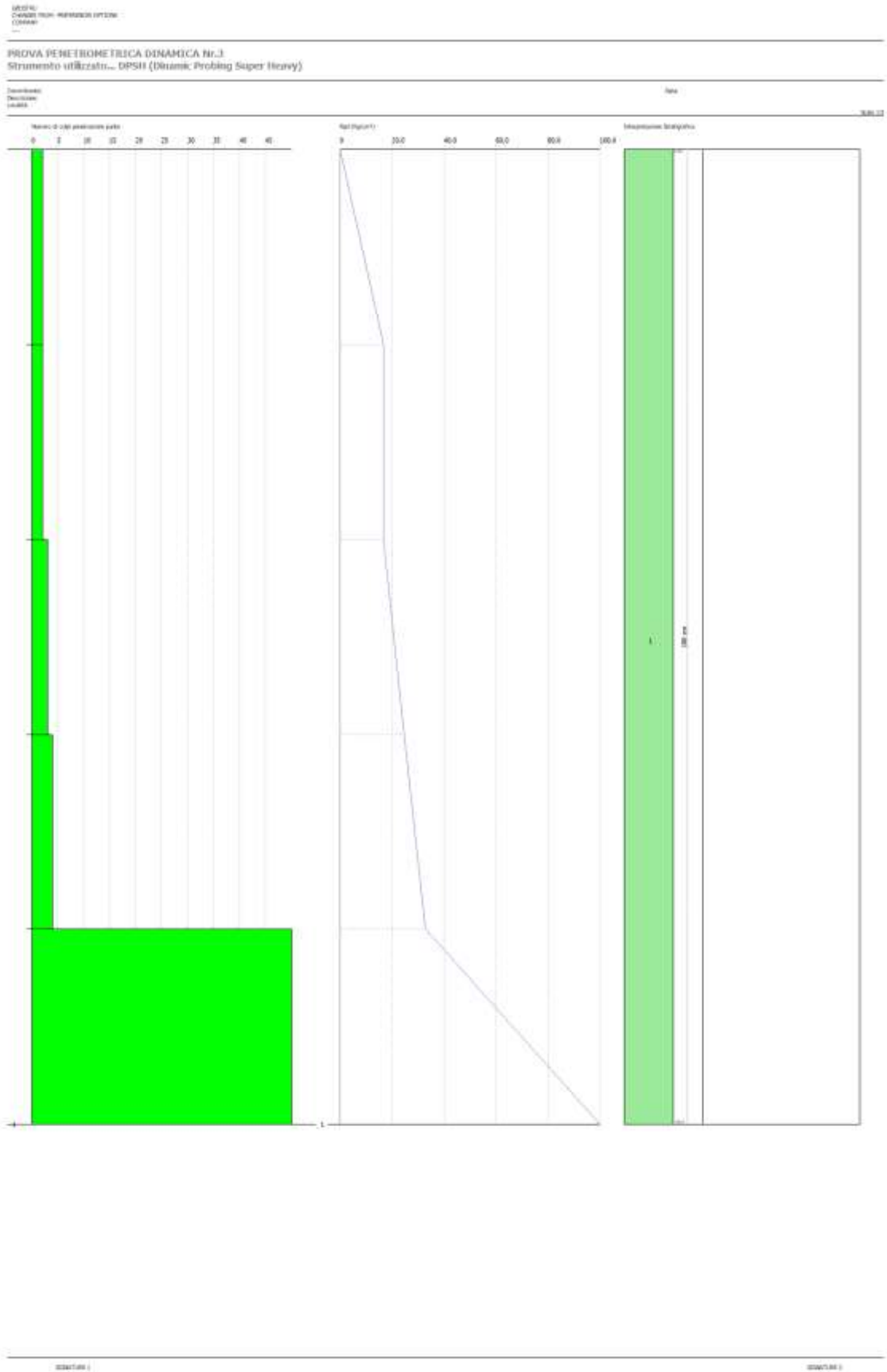
Profondità prova 1,00 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	16,61	19,44	0,83	0,97
0,40	2	0,851	16,54	19,44	0,83	0,97
0,60	3	0,847	24,69	29,15	1,23	1,46
0,80	4	0,843	32,78	38,87	1,64	1,94
1,00	110	0,640	632,64	988,88	31,63	49,44





DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



PROVA N.4

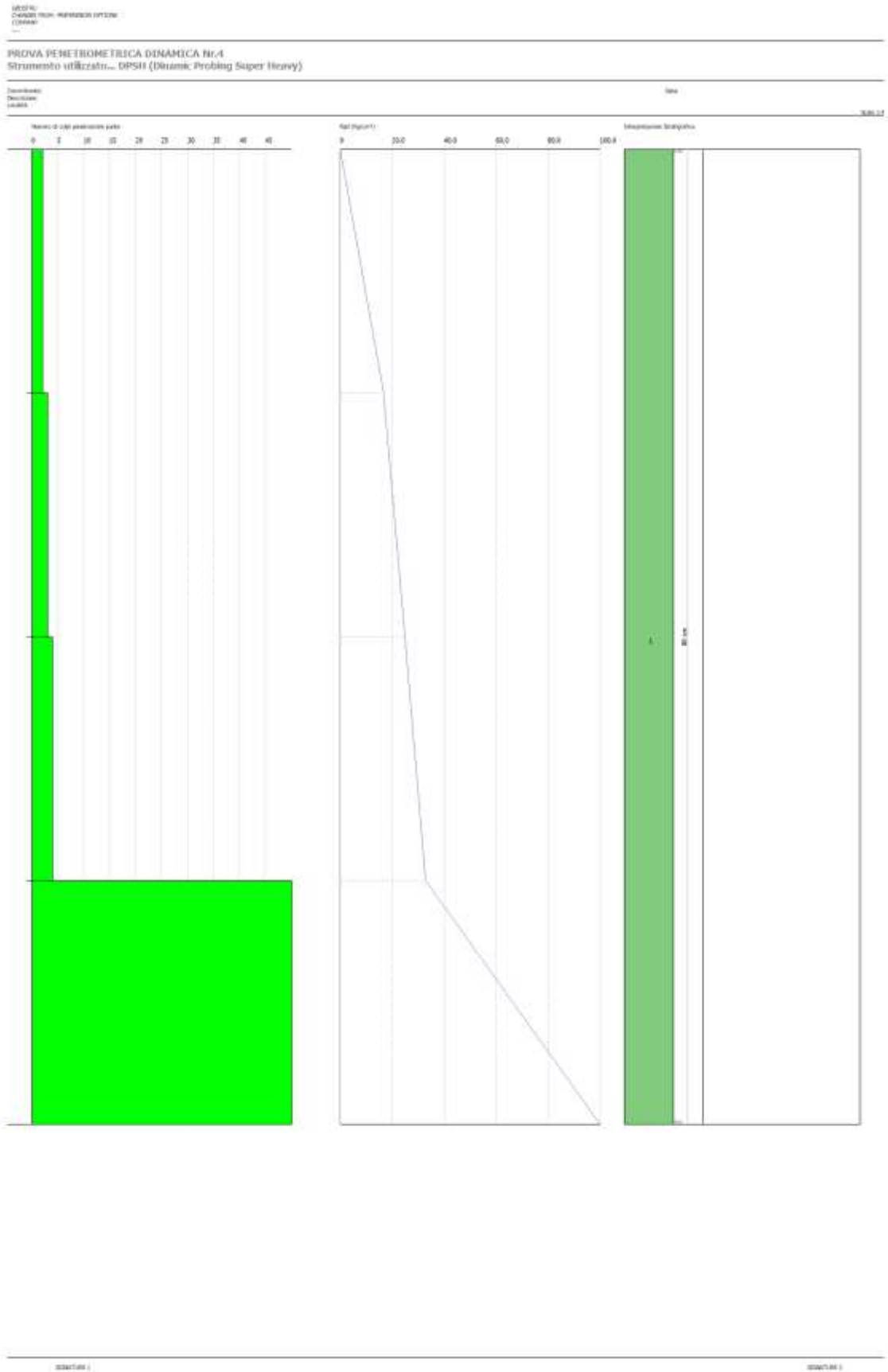
Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

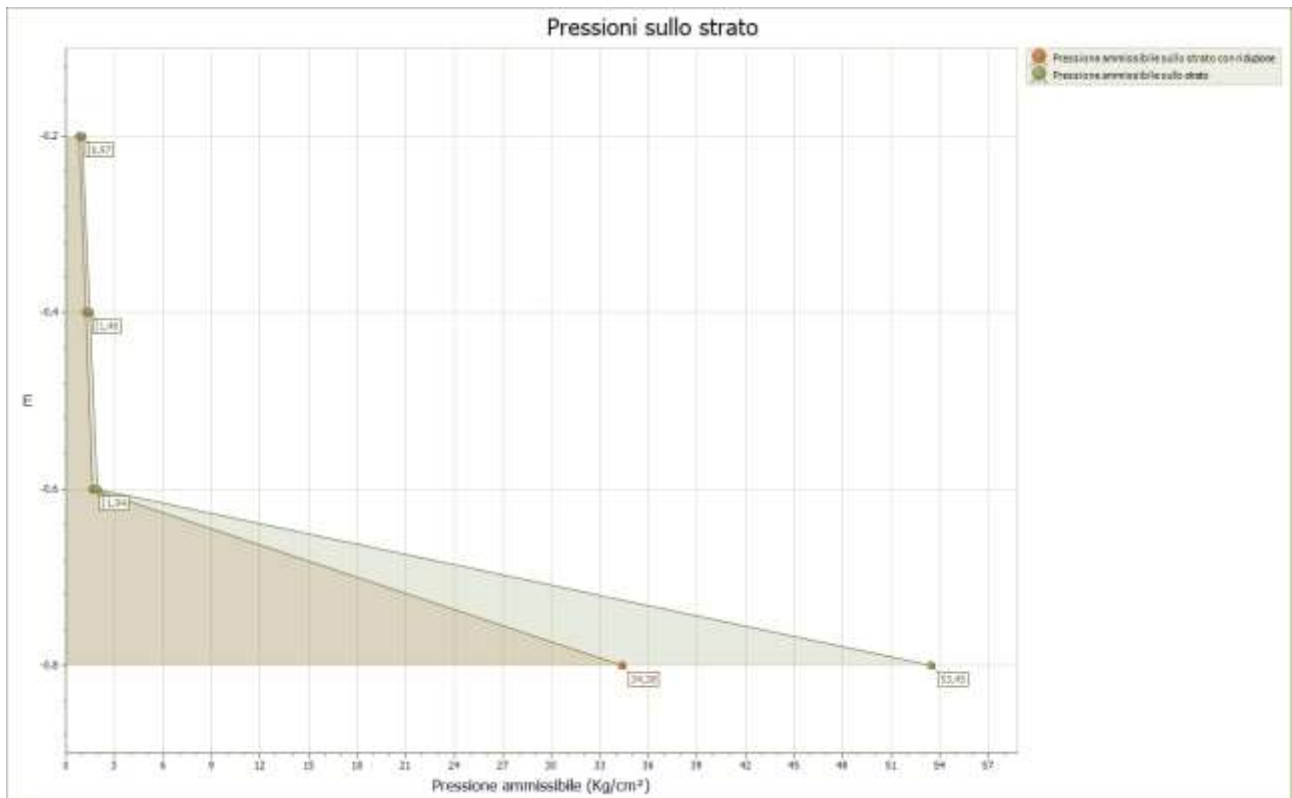
Profondità prova 0,80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	16,61	19,44	0,83	0,97
0,40	3	0,851	24,80	29,15	1,24	1,46
0,60	4	0,847	32,92	38,87	1,65	1,94
0,80	110	0,643	687,70	1068,96	34,38	53,45





DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Regione Puglia

REGIONE PUGLIA

COMUNI di

LECCE E SURBO

(Provincia di LECCE)



**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO
AVENTE POTENZA NOMINALE PARI A 25.000 KW E POTENZA MODULI
PARI A 23.351,900 E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE SITUATO NEI
COMUNI DI LECCE E SURBO (LE)**

Committenza: HEPV10 SRL

ALLEGATO SISMICO



GEOSECURE S.R.L.
GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL SERVICES



IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Carlo Cortese

DATA: DICEMBRE 2021

Rev. 0

INDICE

1	INTRODUZIONE GENERALE	PAG. 02
2	INTRODUZIONE ALLE METODOLOGIE GEOFISICHE UTILIZZATE	PAG. 03
	2.1 TOMOGRAFIA SISMICA	PAG. 03
	2.2 MASW	PAG. 06
3	RISULTATI DELLE PROSPEZIONI ESEGUITE – STENDIMENTO SISMICO	PAG. 09
	3.1 TOMOGRAFIA SISMICA SS1- SS4	PAG. 09
	3.2 MASW M1-M4	PAG. 23
4	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO DI INDAGINE	PAG. 39

1. INTRODUZIONE

In questo **ALLEGATO SISMICO** si descrivono i risultati provenienti dalla **campagna di indagini geofisiche** effettuata nei comuni di **Lecce e Surbo (LE)** dalla ditta “**GEOSECURE s.r.l.**”, nel mese di **Dicembre 2021**, eseguita a servizio della pratica denominata “**Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaico avente potenza nominale pari a 25.000 kW e potenza moduli pari a 23.351,900 e relative opere di connessione situato nei Comuni di Lecce e Surbo (LE)**” per conto di HEPV10 s.r.l.

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

- N° 04 PROSPEZIONI GEOFISICHE SUPERFICIALI CON METODOLOGIA DI INDAGINE DENOMINATA “SISMICA A RIFRAZIONE” E “TOMOGRAFIA SISMICA” ESEGUITE MEDIANTE INSTALLAZIONE DI N° 04 STENDIMENTI SISMICI DENOMINATI **SS1, SS2, SS3, SS4** (di lunghezza pari a 23,00 MT);
- N° 04 PROSPEZIONI GEOFISICHE SUPERFICIALI CON METODOLOGIA DI INDAGINE “MASW” **M1, M2, M3, M4** (di lunghezza pari a 23,00 MT).

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



Fig. 1: ubicazione delle indagini geofisiche eseguite

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 prospektore;**
- **n. 2 assistenti al geofisico prospektore.**

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

PRINCIPI DI BASE:

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

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

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

I CASI DI APPLICAZIONE DELLA SISMICA A RIFRAZIONE:

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

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

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

<u>Metodi di interpretazione</u>	<u>Caso di applicazione</u>
Delle intercette (o convenzionale)	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°
Tomografico	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° 04 stendimenti sismici** – DENOMINATI **SS1, SS2, SS3, SS4** - con l'utilizzo di **n° 24 geofoni** distanziati tra di loro su linea retta con distanza intergeofonica pari a **1,00 metro** (di lunghezza pari a 23,00 MT).

2.2 MASW

INTRODUZIONE:

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

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

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

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

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

METODOLOGIA UTILIZZATA:

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

- 1) calcolo della curva di dispersione sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;
- 2) calcolo della curva di dispersione apparente numerica mediante il metodo **Roma (2001)**;
- 3) calcolo della curva di dispersione effettiva numerica mediante il metodo **Lai-Rix (1998)**;
- 4) individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_{sv} , modificando opportunamente lo **spessore h** , le **velocità delle onde di taglio V_{sv}** e di **compressione V_p** (o in alternativa il **coefficiente di Poisson ν**), la **densità di massa ρ** 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

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



Fig. 4: ubicazione dei profili sismici.

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

- *due scoppi simmetrici (**off-shots**) esterni allo stendimento ad una distanza di 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.

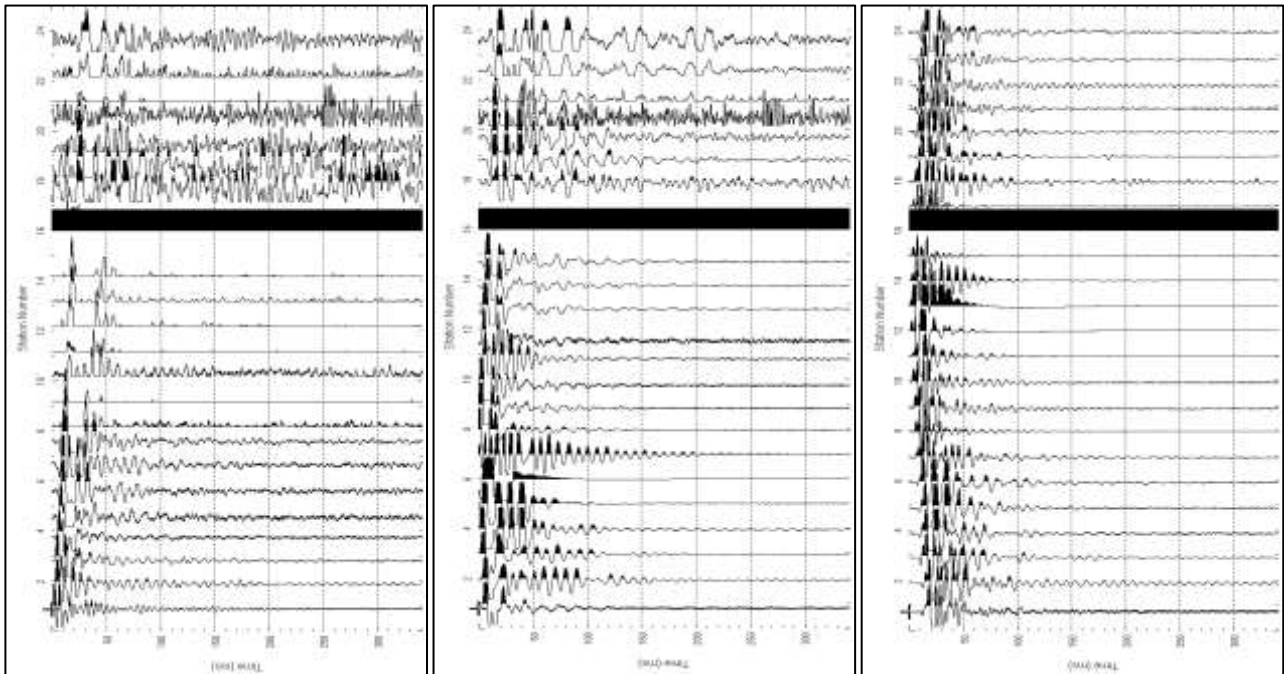


Fig. 5: sismogrammi dello Scoppio 1,2 e 3. – SS1

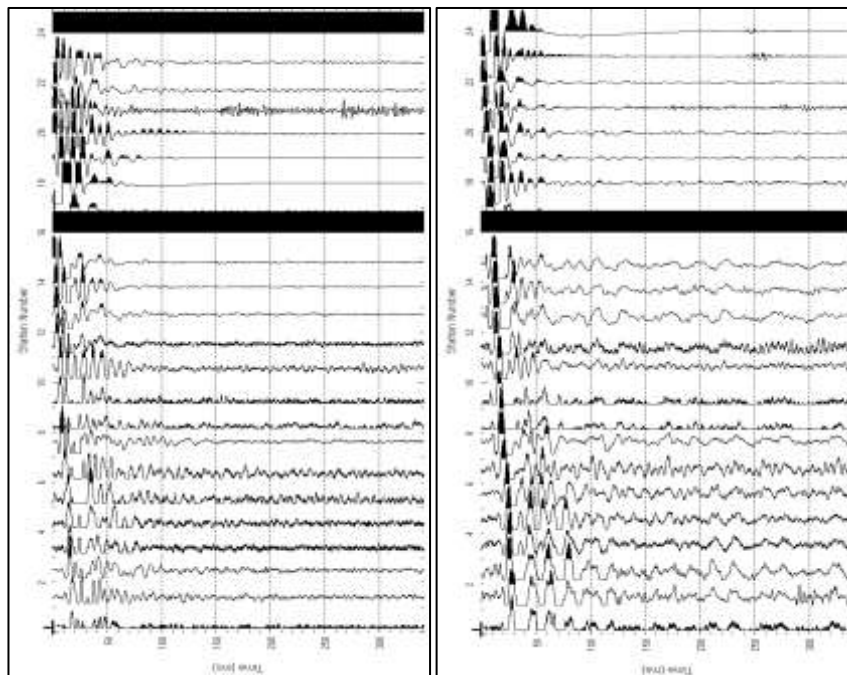


Fig. 6: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS1

TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	-2.00	6.50	12.50	18.50	26.00
	msec	msec	msec	msec	msec
0.00	3.067	6.067	10.867	16.367	19.267
2.00	3.84	5.133	9.467	15.367	18.6
3.00	4.733	3.867	8.133	14.233	17.933
4.00	6.067	2.733	7.133	13.267	17.233
5.00	6.8	2	6.133	12.62	16.833
6.00	7.52	0.733	5.48	11.733	16.233
7.00	8.467	1.667	4.467	11.033	15.86
8.00	9.2	2.4	3.733	10.133	15.376
9.00	10.067	3.2	3.24	9.667	14.92
10.00	10.8	3.84	2.733	8.8	14.2
11.00	11.567	4.633	2	7.467	13.533
12.00	12.333	5.35	1.2	6.733	12.867
13.00	12.867	6.467	1.99	5.733	12.2
14.00	13.533	7.267	2.533	5.067	11.233
15.00	14.233	8.267	3.267	4.333	10.067
16.00	14.867	8.8	4.4	3.52	9.333
17.00	15.267	9.467	4.933	2.333	8.282
18.00	15.86	10.367	6.067	1.667	7.133
19.00	16.533	11.267	6.8	2.267	6.28
20.00	16.933	12.2	7.333	3.2	5.4
21.00	17.3	13.133	7.987	4.6	4.733
22.00	17.96	14.133	8.48	5.333	4.067
23.00	18.33	15.4	9.8	6.333	3.4
24.00	18.933	16.6	10.48	7.333	2.733

Fig. 7: tabella dei primi arrivi.

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

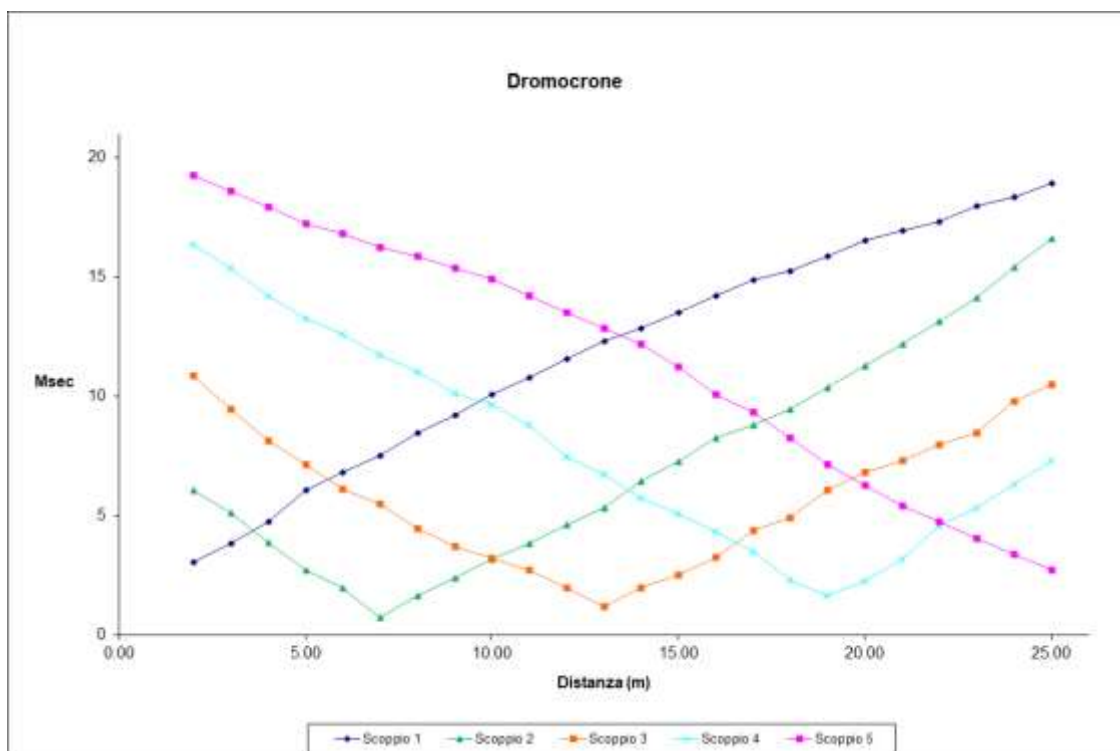


Fig. 8: dromocrone dei primi arrivi.

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

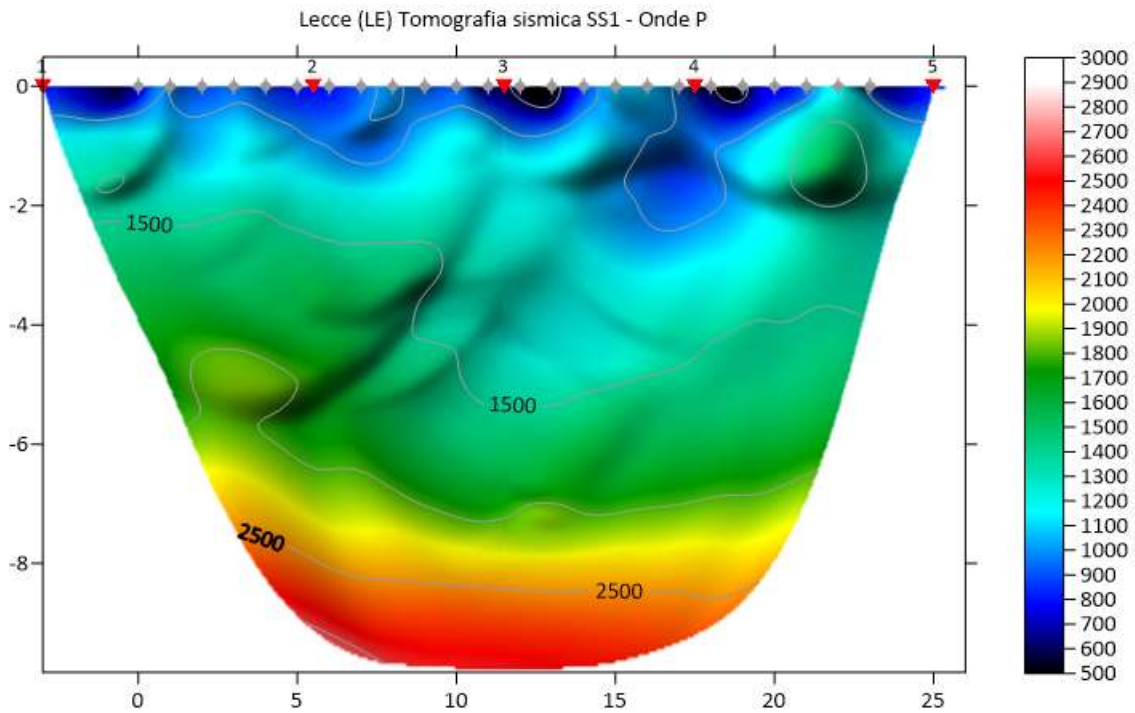


Fig. 9: tomografia sismica. SS1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE



FOTO 1A: postazione di energizzazione SS1

STENDIMENTO SISMICO SS2

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

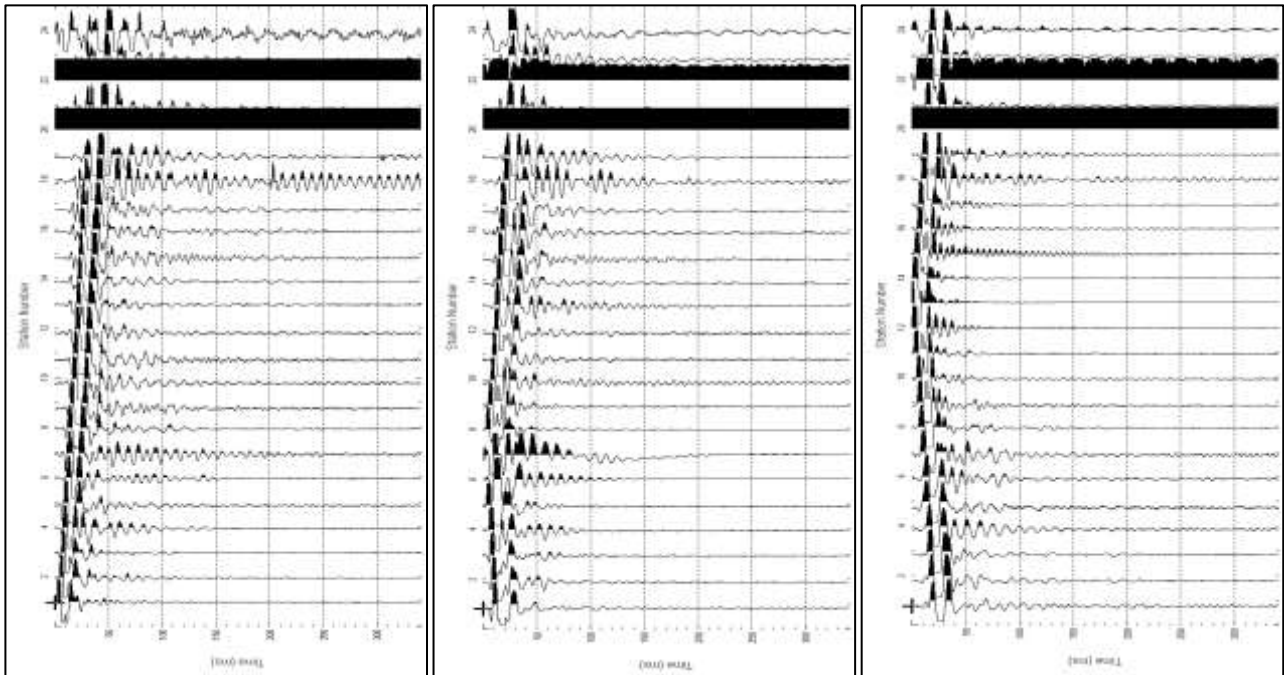


Fig. 10: sismogrammi dello Scoppio 1,2 e 3. – SS2

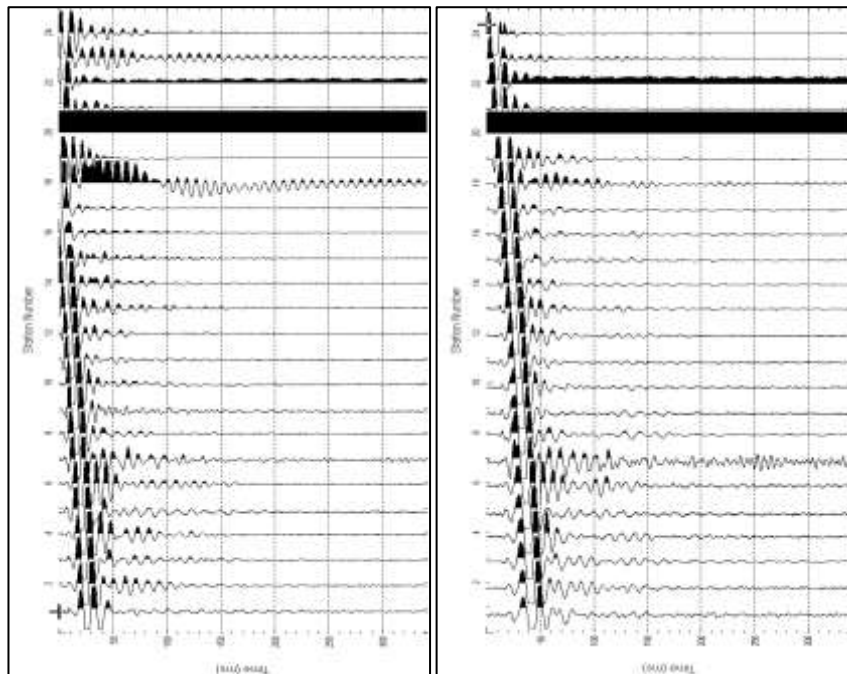


Fig. 11: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS2

TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	-2.00	6.50	12.50	18.50	26.00
	msec	msec	msec	msec	msec
0.00	3.067	6.067	11.4	14.867	19.667
2.00	3.74	5.133	10.467	14.067	18.933
3.00	4.733	4.27	9.533	13.533	18.267
4.00	6.067	3.067	8.8	12.867	17.67
5.00	6.8	2	7.867	12.2	16.933
6.00	7.82	1.233	7.233	11.8	16.233
7.00	8.467	1.967	6.167	10.867	15.6
8.00	9.2	2.74	4.733	10.267	14.867
9.00	10.067	3.9	3.84	9.667	14.2
10.00	10.8	4.8	2.733	8.8	13.72
11.00	11.58	5.733	2	7.467	13.233
12.00	12.2	6.467	0.8	6.833	12.8
13.00	13.033	7.133	1.733	5.733	12.233
14.00	14.02	7.967	2.333	5.067	11.733
15.00	14.867	8.467	3.533	4.333	11.167
16.00	15.2	9.3	4.14	3.52	10.433
17.00	15.96	10.58	4.733	1.933	9.2
18.00	16.533	11.533	6.067	0.867	8.533
19.00	16.933	12.267	6.8	1.333	7.8
20.00	17.7	12.967	7.333	2.24	6.8
21.00	18.4	13.733	8.67	3.6	5.9
22.00	18.99	14.133	9.8	4.333	4.76
23.00	19.433	14.8	10.28	4.933	3.87
24.00	19.96	15.67	10.8	5.533	2.733

Fig. 12: tabella dei primi arrivi.

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

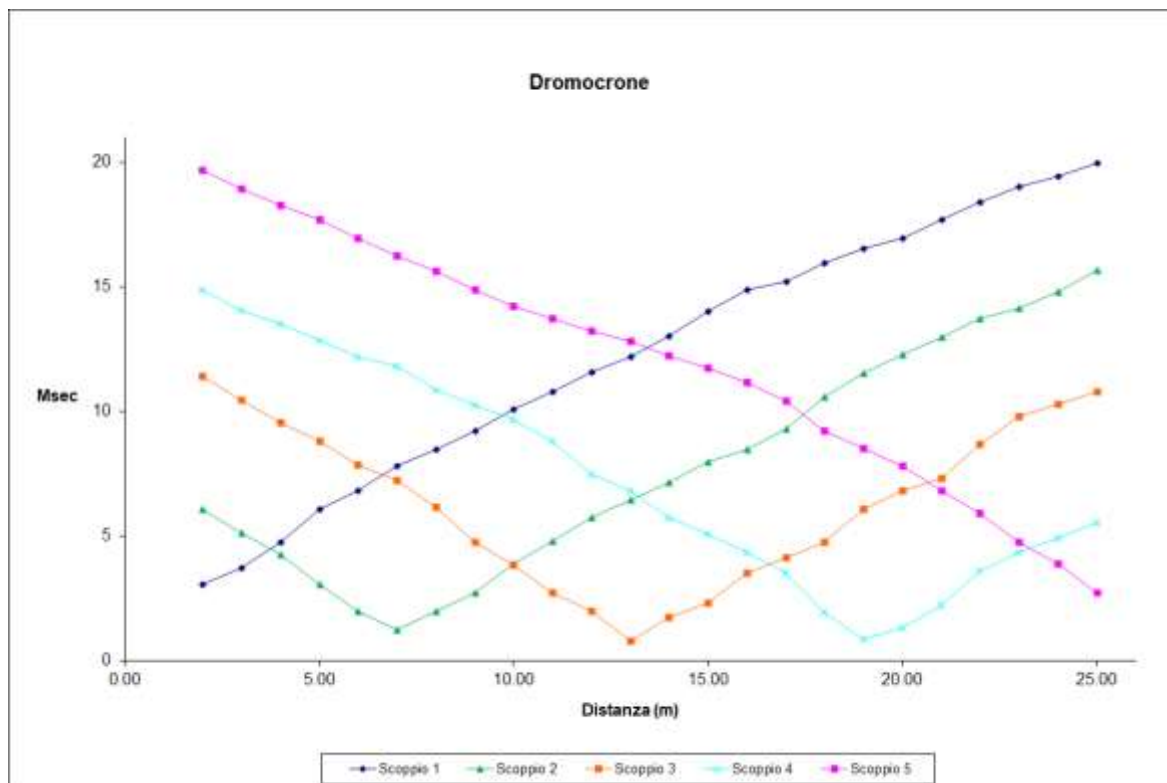


Fig. 13: dromocrone dei primi arrivi. SS2

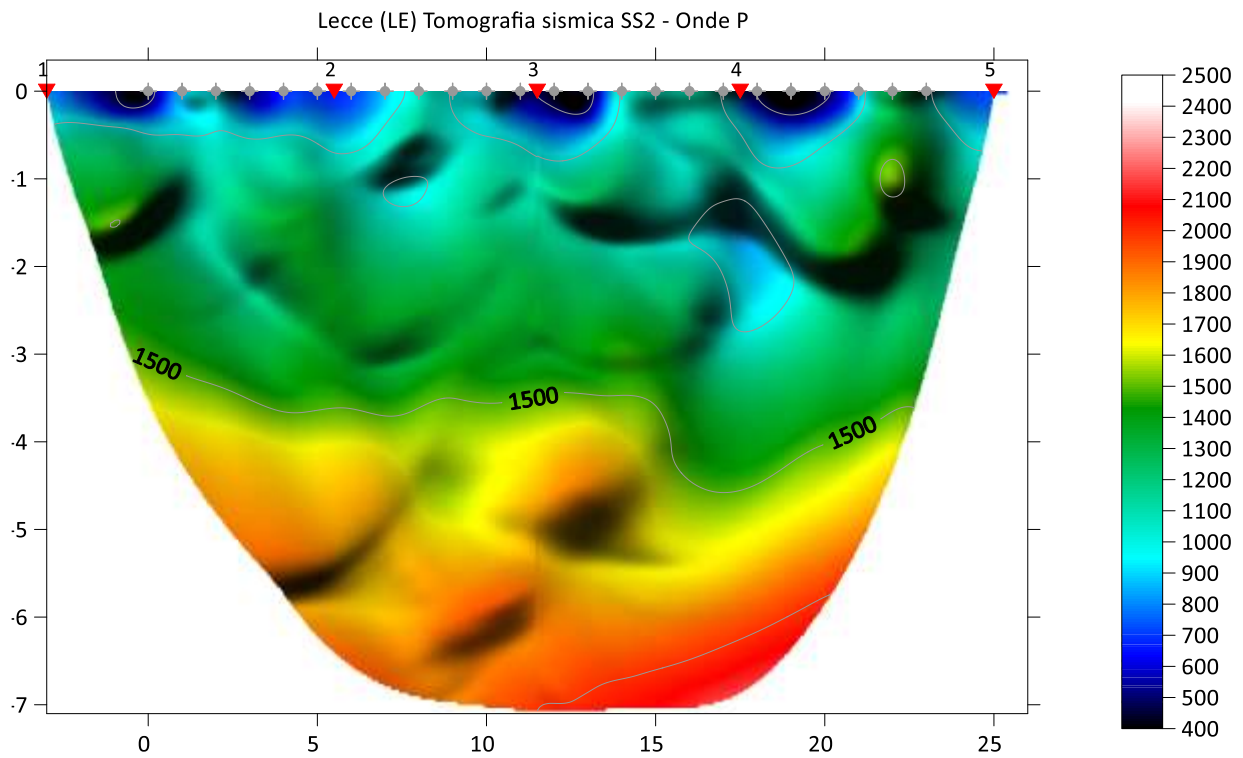


Fig. 14: tomografia sismica. SS2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE



FOTO 2A: postazione di energizzazione SS2

STENDIMENTO SISMICO SS3

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

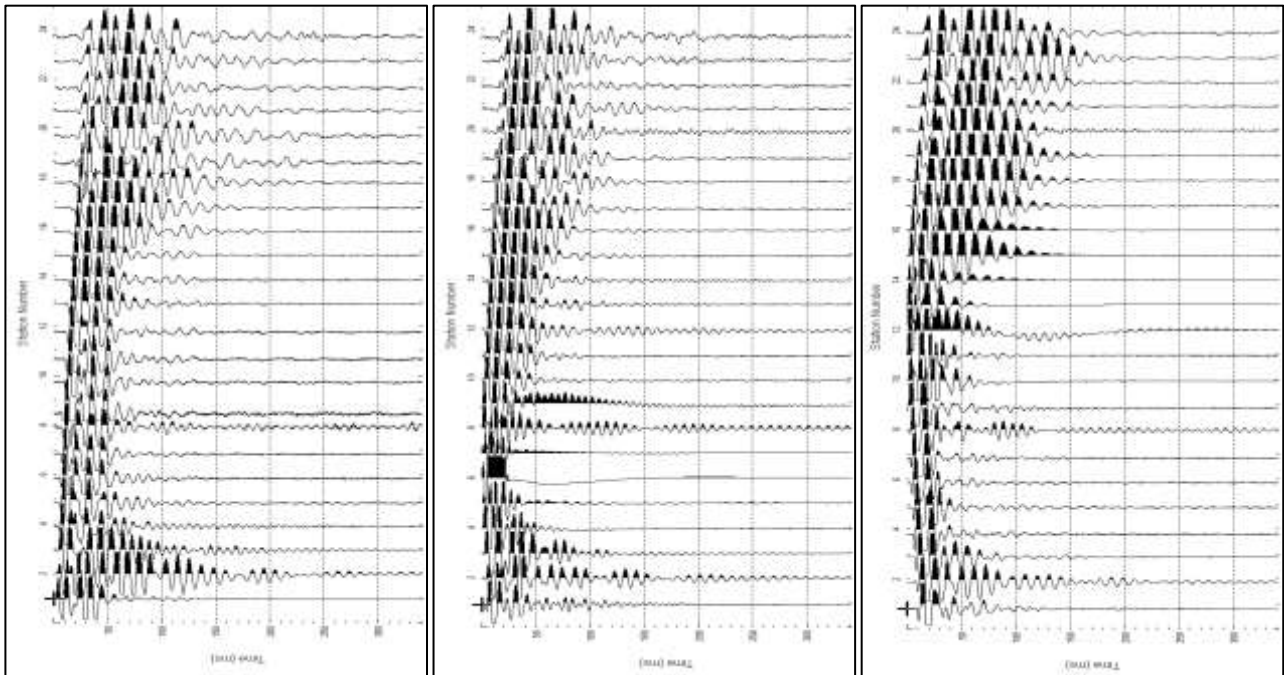


Fig. 15: sismogrammi dello Scoppio 1 ,2 e 3. – SS3

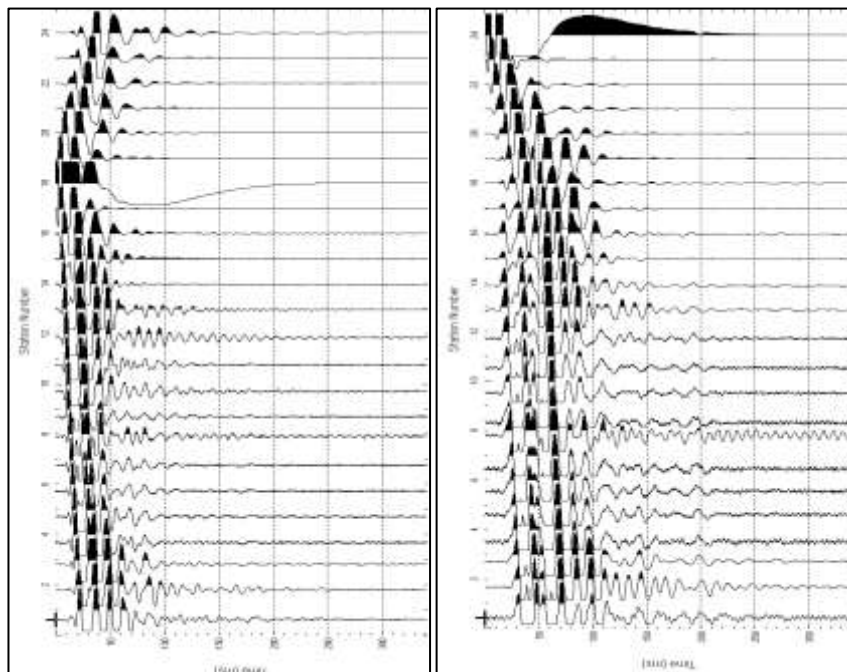


Fig. 16: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS3

TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	-2.00	6.50	12.50	18.50	26.00
	msec	msec	msec	msec	msec
0.00	1.733	4.67	8.133	12.67	16.6
2.00	2.533	3.367	7.32	11.72	15.567
3.00	3.6	2.733	6.867	10.833	14.633
4.00	4.26	2	6.167	10.133	13.67
5.00	5.133	1.333	5.767	9.467	12.933
6.00	6.333	0.667	5.1	8.8	12.167
7.00	7.2	1.3	4.74	8.28	11.767
8.00	8	2	4.24	7.733	11.167
9.00	8.667	2.8	3.733	7.267	10.533
10.00	9.48	4.14	3.14	6.8	9.833
11.00	10.28	5.133	2.47	6.267	9.133
12.00	10.933	5.833	1.1	5.74	8.767
13.00	11.533	6.567	2	5.42	8.18
14.00	12.233	7.067	2.233	4.933	7.467
15.00	12.933	7.88	2.933	4	6.73
16.00	13.2	8.24	3.333	3.067	6.133
17.00	13.867	8.667	3.933	2.2	5.867
18.00	14.2	9.133	4.733	1.44	5.27
19.00	14.82	9.767	5.467	0.667	4.67
20.00	15.367	10.133	6.4	2	4.267
21.00	15.867	10.833	7.367	3.14	3.533
22.00	16.342	11.233	8.133	3.933	3.067
23.00	16.867	11.8	8.8	4.333	2.733
24.00	17.36	12.2	9.3	4.88	1.8

Fig. 17: tabella dei primi arrivi.

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

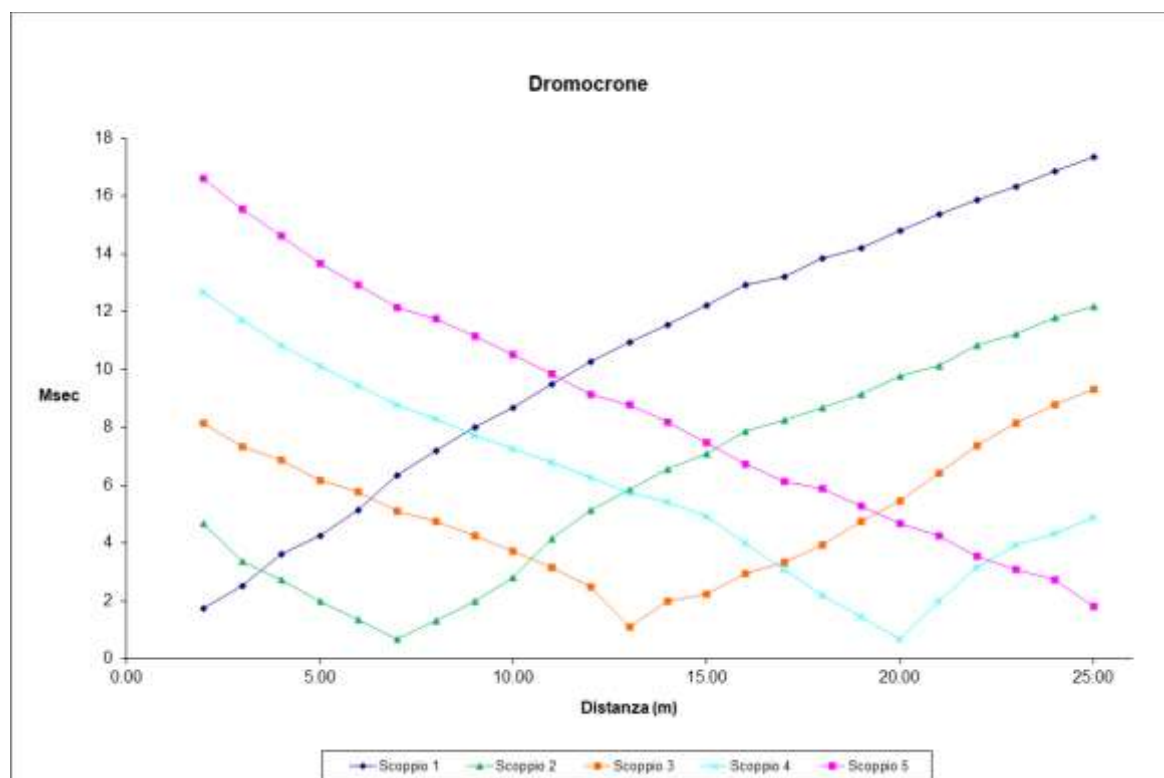


Fig. 18: dromocrone dei primi arrivi.

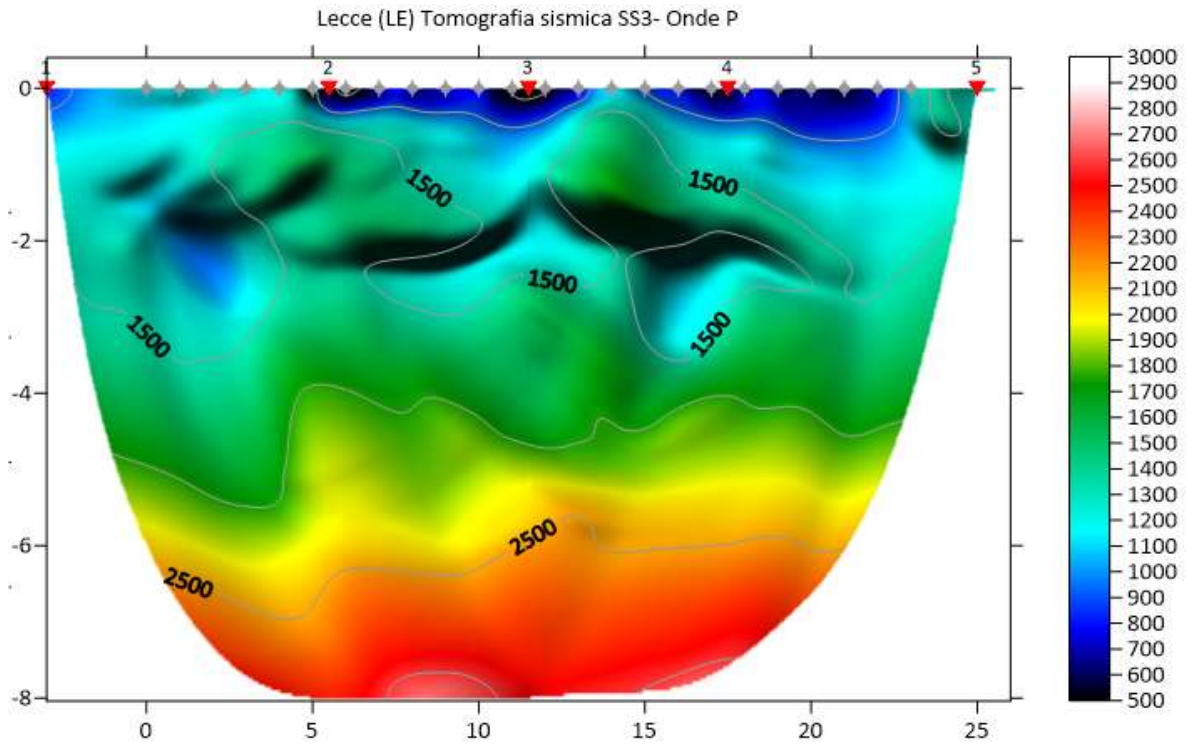


Fig. 19: tomografia sismica. SS3

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE



FOTO 3A: postazione di energizzazione SS3

STENDIMENTO SISMICO SS4

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

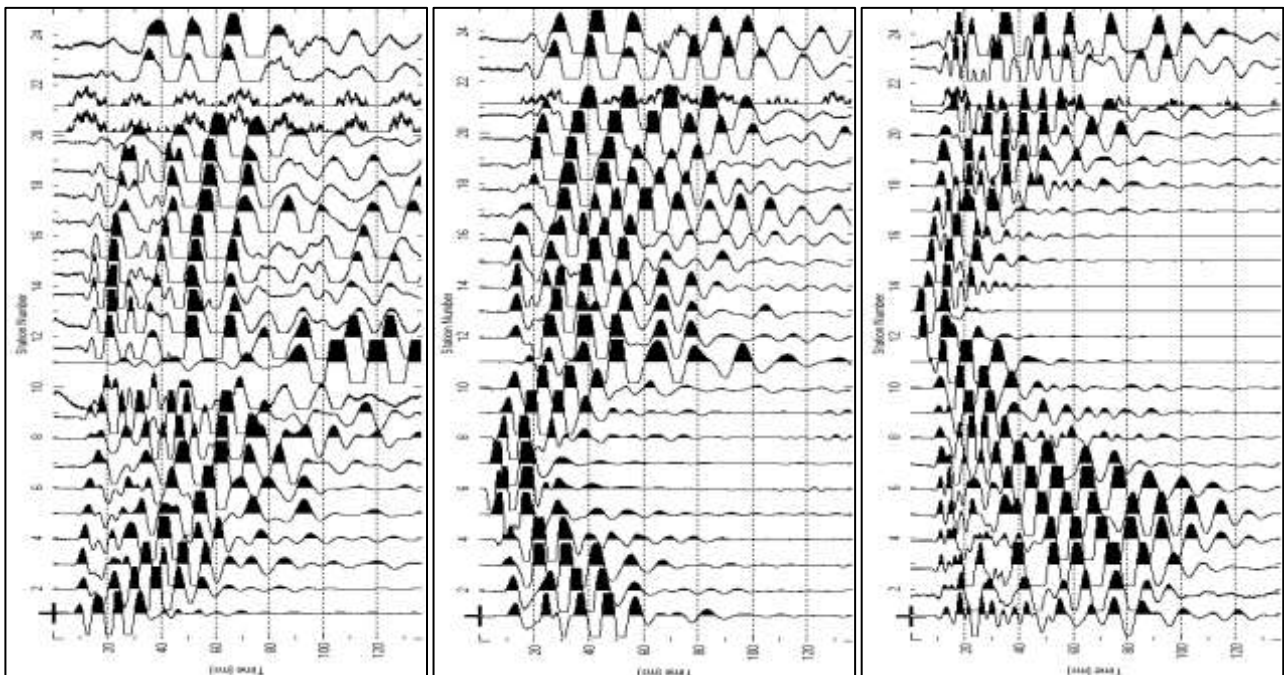


Fig. 20: sismogrammi dello Scoppio 1 ,2 e 3. – SS4

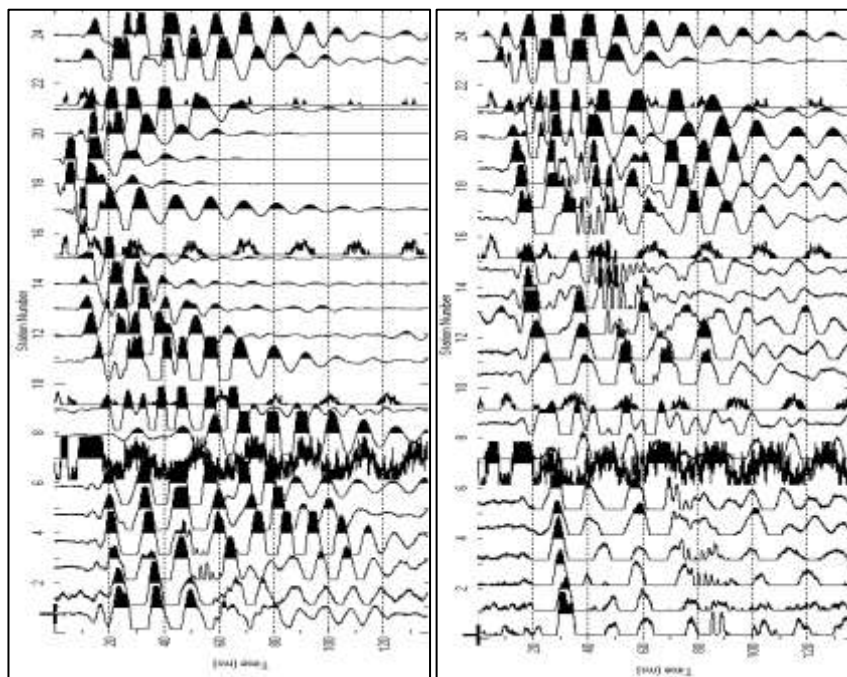


Fig. 21: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS4

TABELLA PRIMI ARRIVI					
Scoppi	S1	S2	S3	S4	S5
Distanza (m)	-2.00	6.50	12.50	18.50	26.00
	msec	msec	msec	msec	msec
0.00	2.4	7.667	11.667	15.2	19.533
2.00	3.867	6.533	10.267	14.333	18.4
3.00	4.6	5.133	9.467	13.067	17.333
4.00	5.7	4.333	8.933	12.733	16.8
5.00	6.8	3.4	7.8	12.32	15.733
6.00	7.333	1.867	6.867	11.967	15.2
7.00	8.267	3.267	5.267	11.467	14.6
8.00	8.922	4.6	4.833	10.933	14.333
9.00	9.567	5.933	3.9	10.167	13.267
10.00	10.2	6.8	3.267	9.933	12.733
11.00	11.467	7.867	2.067	9.2	11.933
12.00	12.133	8.267	1.267	8.667	11.667
13.00	12.867	8.967	1.867	7.6	10.267
14.00	13.24	9.332	2.8	7.067	9.733
15.00	14.2	9.8	3.733	6.133	9.2
16.00	15.467	10.233	4.2	5.067	8.933
17.00	16.033	10.833	4.8	4.6	8.4
18.00	16.867	11.34	5.433	2.667	7.333
19.00	17.313	11.867	6.4	1.533	7.067
20.00	17.867	12.467	7.667	3.067	6.2
21.00	18.167	13.267	8.768	4.667	5.133
22.00	18.6	14.267	9.435	5.2	4.333
23.00	19.026	15.267	10.342	6.6	3.533
24.00	19.533	16.23	11.867	7.6	2.2

Fig. 22: tabella dei primi arrivi.

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

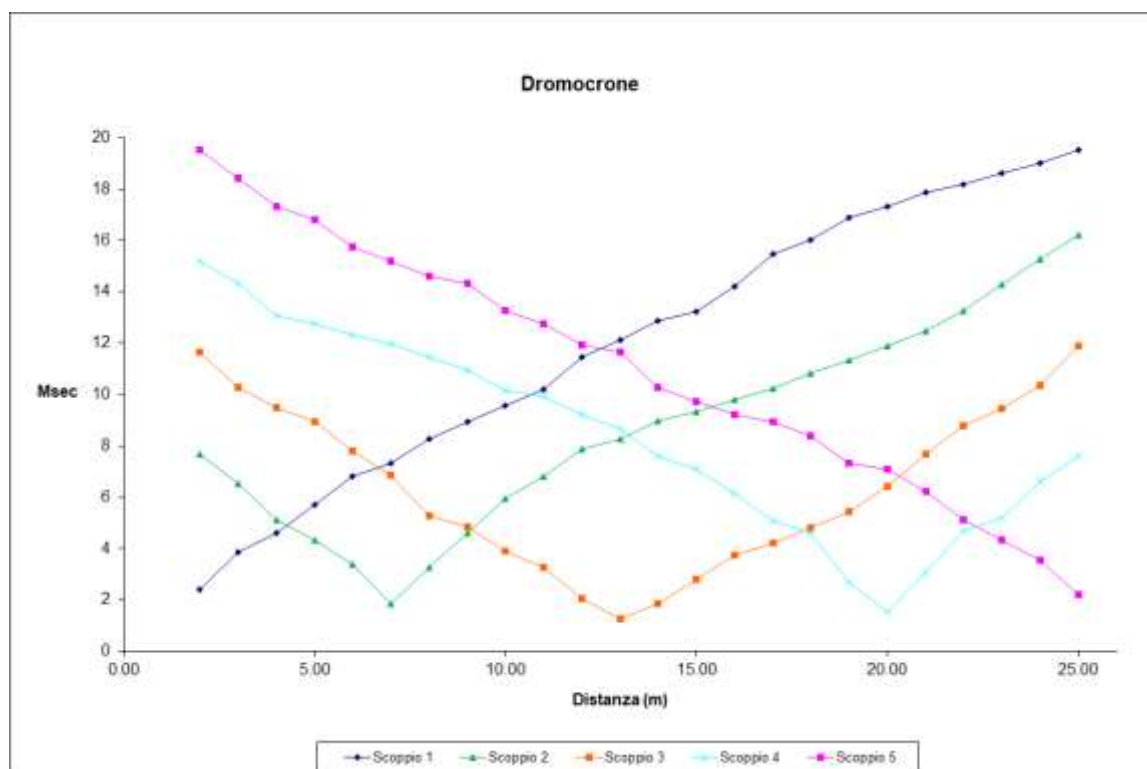


Fig. 23: dromocrone dei primi arrivi. SS4

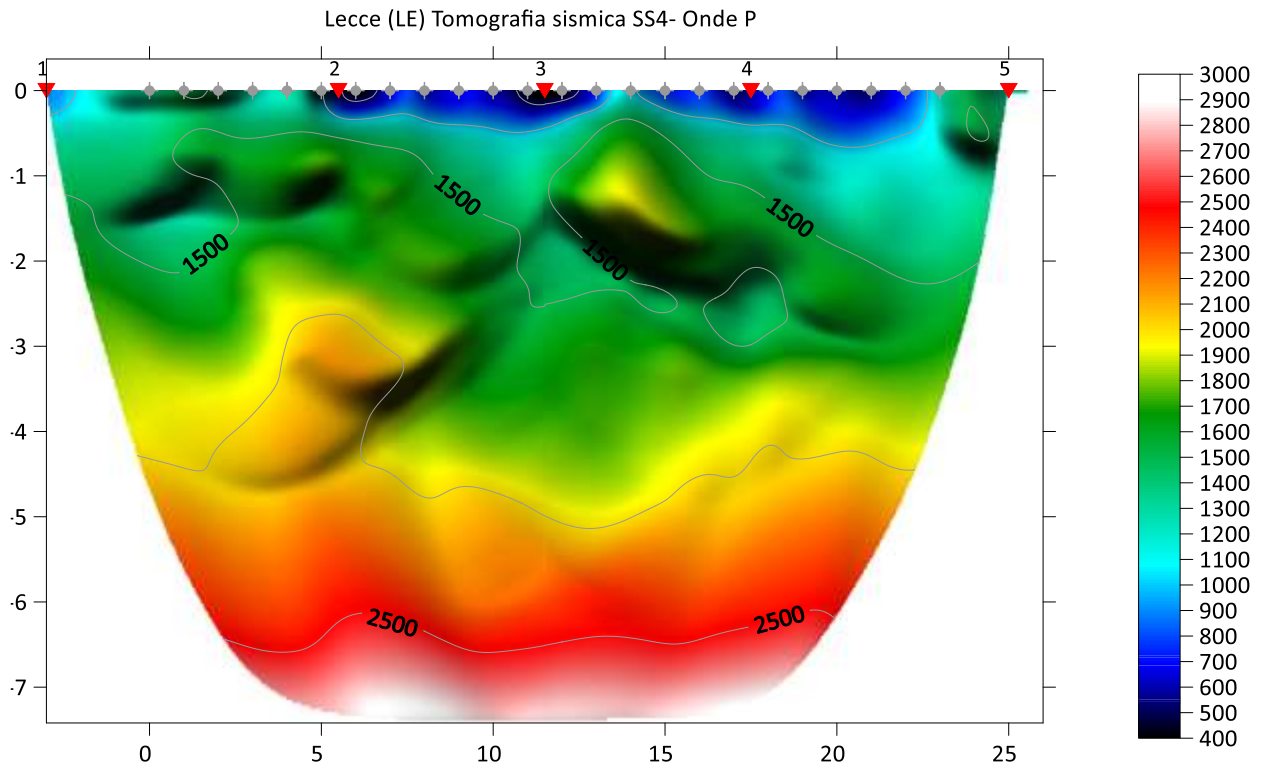


Fig. 24: tomografia sismica. SS4

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE



FOTO 4A: postazione di energizzazione SS4

2.1 MASW

ELABORAZIONE DEI DATI M1:

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

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

La **distanza intergeofonica** è stata stabilita in 1,00 metro, mentre lo **scoppio di energizzazione** è stato effettuato a 2,00 metri dal primo geofono,

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

In **Fig. 25** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;

In **Fig. 26** è riportato il grafico mostrante lo spettro di velocità – frequenze 3D acquisito;

In **Fig. 27** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;

In **Fig. 28** è riportato il grafico mostrante il profilo di velocità;

In **Fig. 29** è riportato l'andamento di Vs con la profondità;

In **Fig. 30** è riportato il Calcolo di V_{seq} . M1;

In **Fig. 31** è riportata la Tabella di calcolo di V_{seq} . M1.

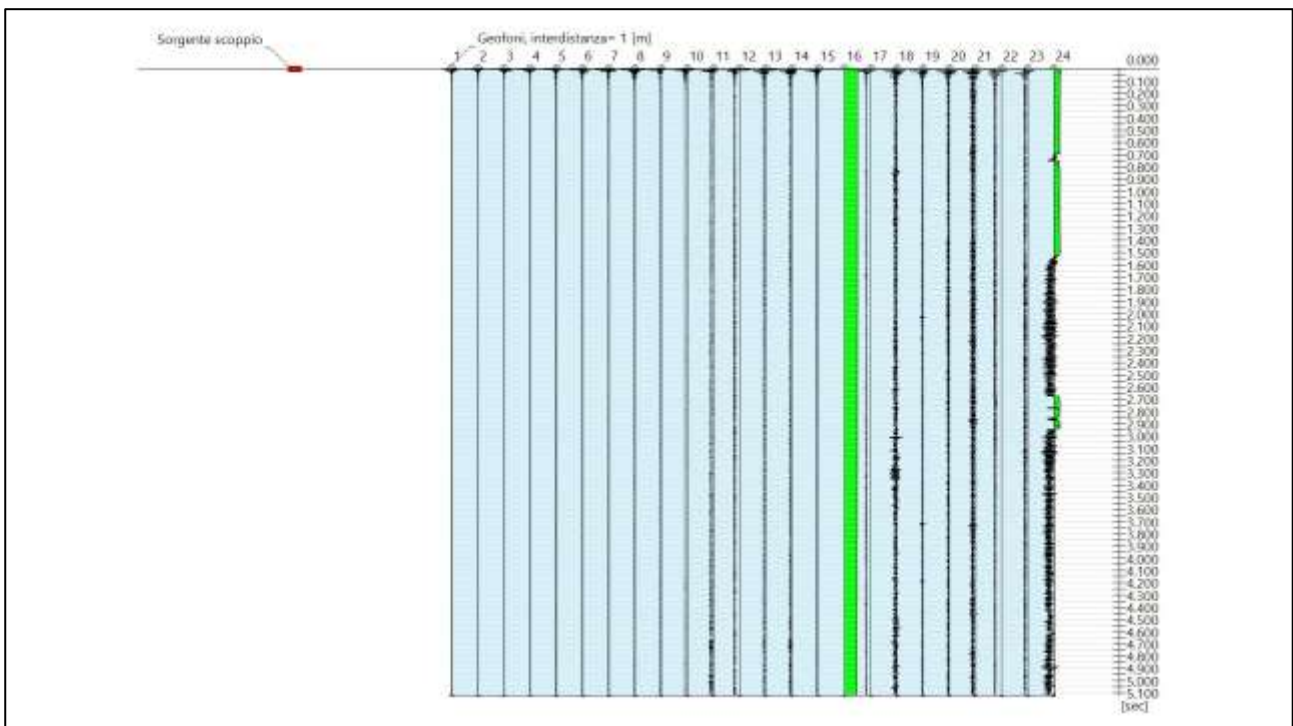


Fig.25: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della MASW- M1

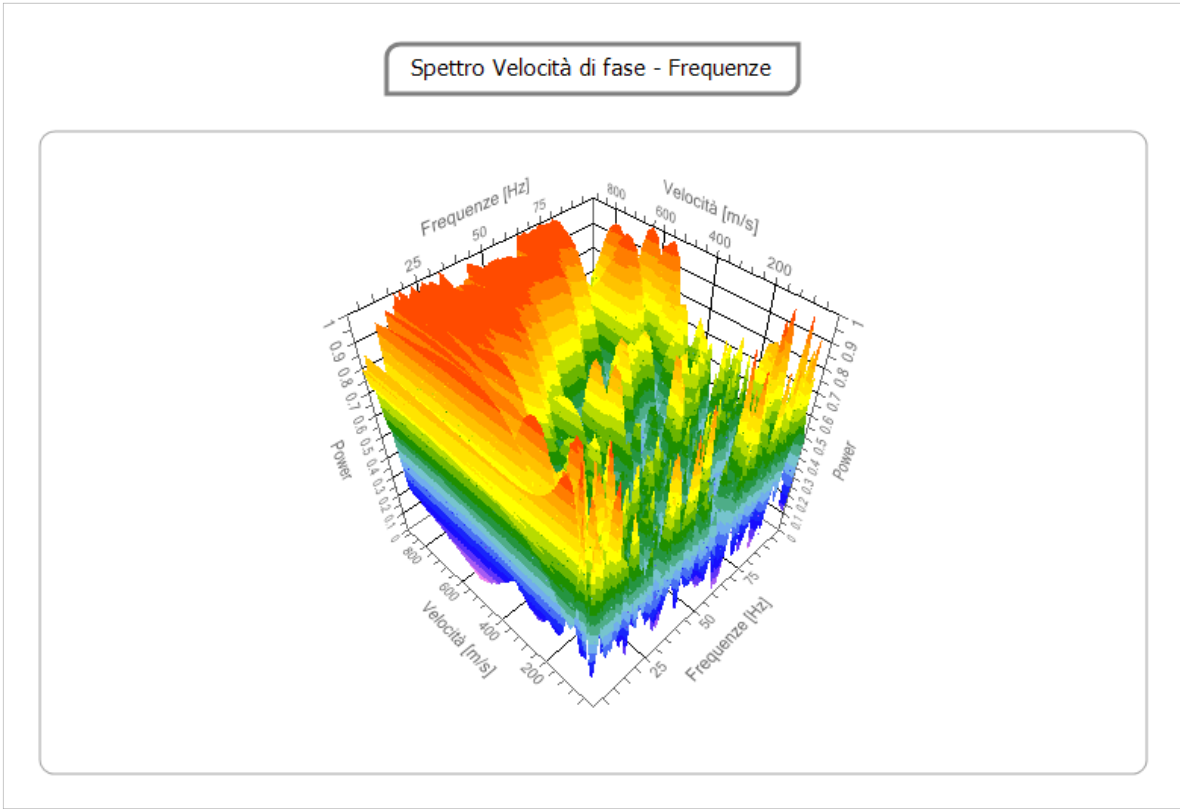


Fig. 26: spettro di velocità – frequenze 3D acquisito M1

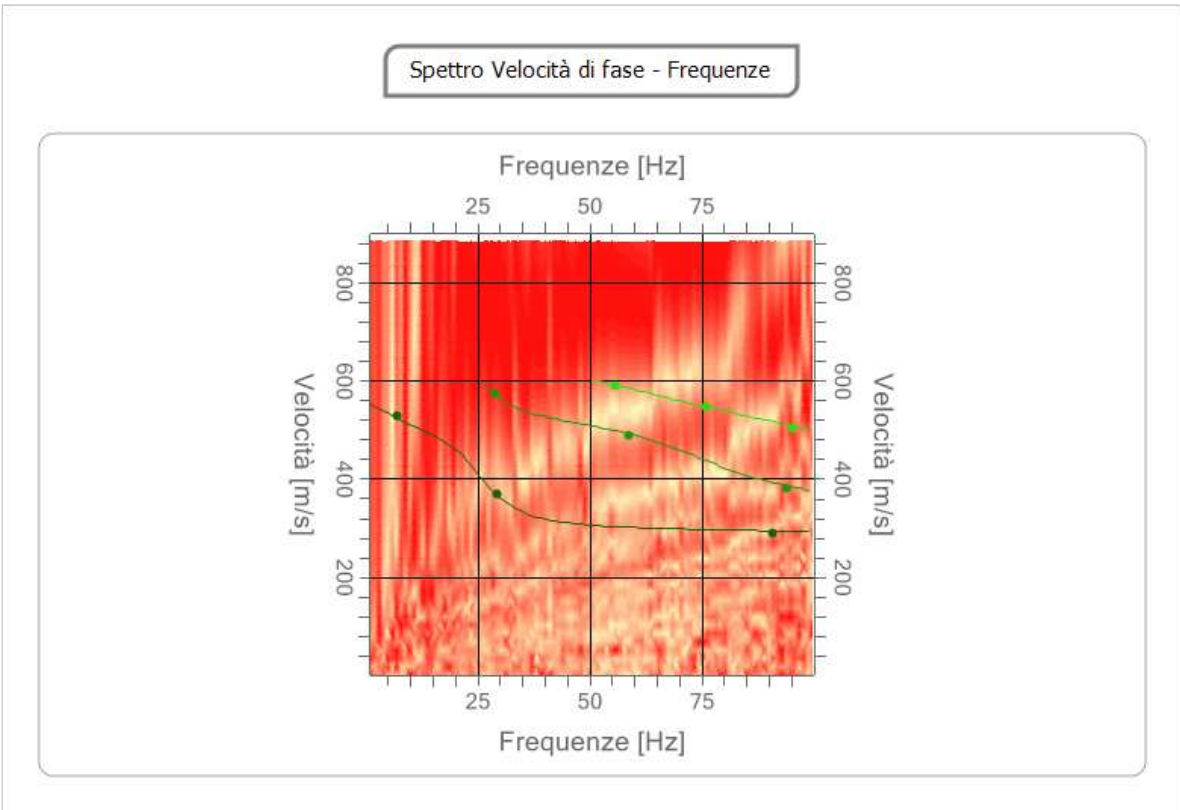


Fig. 27: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale. M1

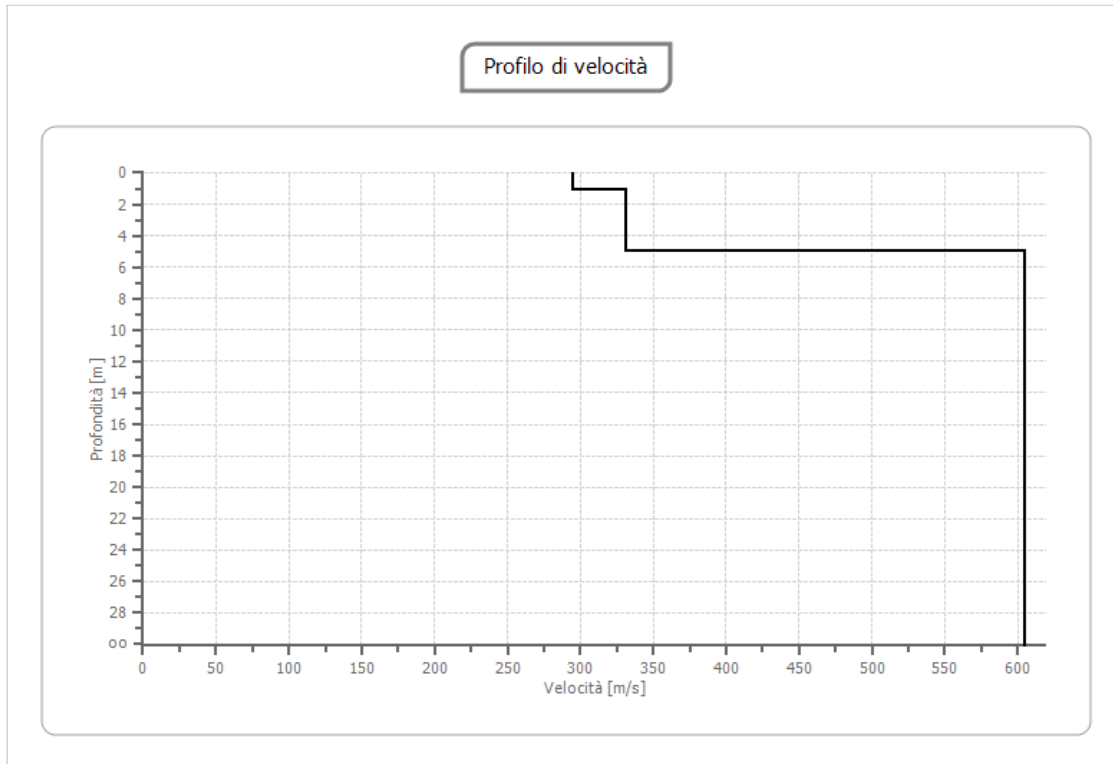


Fig. 28: profilo di velocità - profondità acquisito M1

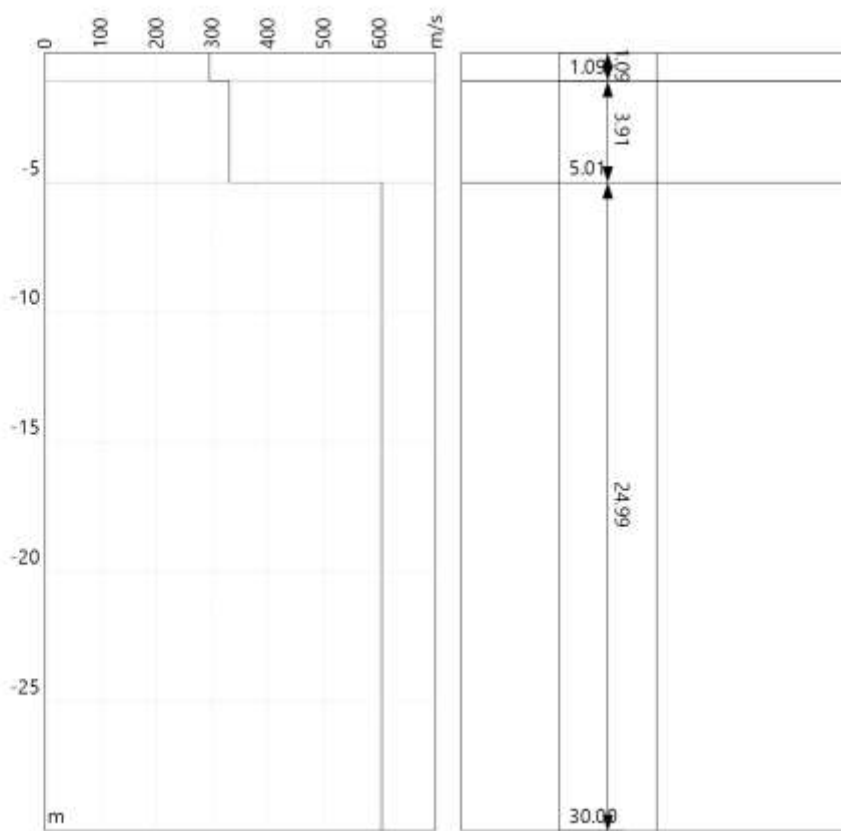


Fig. 29: andamento di Vs con la profondità - M1

Profondità piano di posa [m]	0.00
V_{s,eq} [m/sec] (H=30.00 m)	527.40
Categoria del suolo	B

Fig. 30: Calcolo di V_{seq}. M1

N.	Profondità (m)	Spessore (m)	V _s [m/sec]
1	1.09	1.09	295.2
2	5.01	3.91	331.1
3	30.00	24.99	604.3

Fig. 31: Tabella di calcolo di V_{seq}. M1



FOTO 1B: panoramica dello stendimento M1

ELABORAZIONE DEI DATI M2:

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

- In **Fig. 32** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;
- In **Fig. 33** è riportato il grafico mostrante lo spettro di velocità – frequenze 3D acquisito;
- In **Fig. 34** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;
- In **Fig. 35** è riportato il grafico mostrante il profilo di velocità;
- In **Fig. 36** è riportato l'andamento di V_s con la profondità;
- In **Fig. 37** è riportato il Calcolo di V_{seq} . M2;
- In **Fig. 38** è riportata la Tabella di calcolo di V_{seq} . M2.

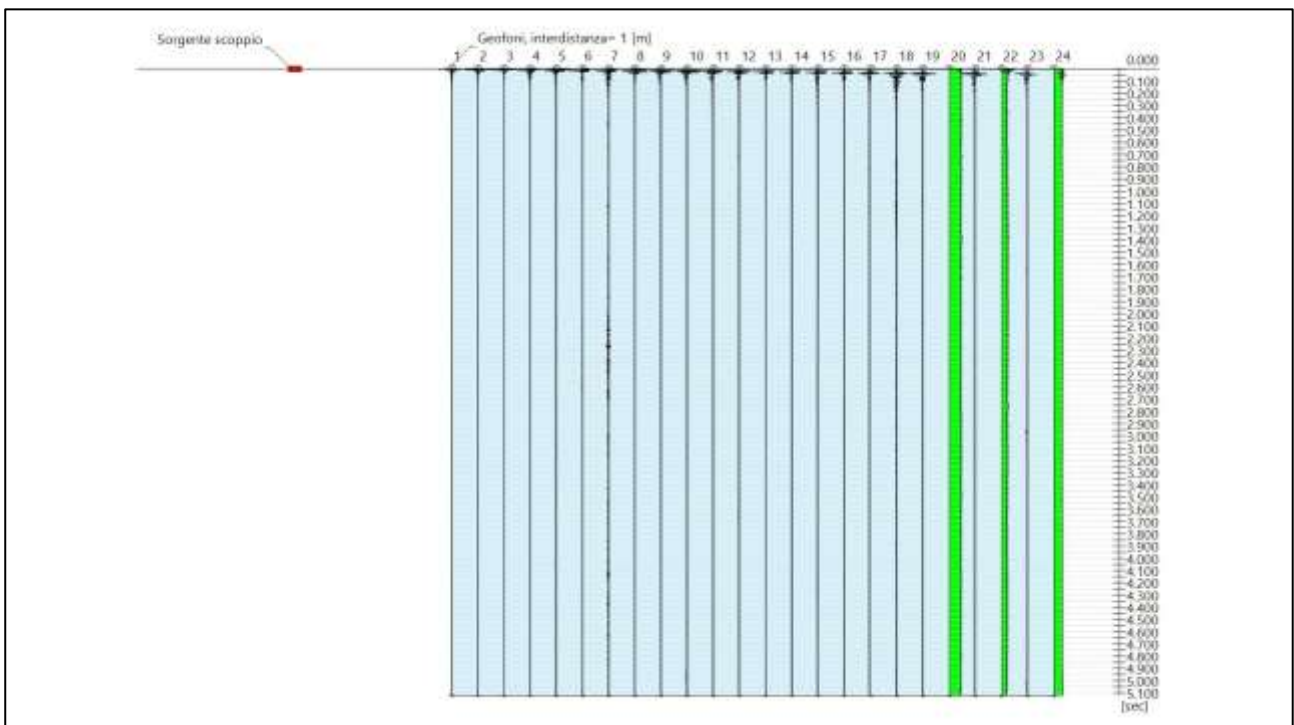


Fig.32: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della MASW- M2

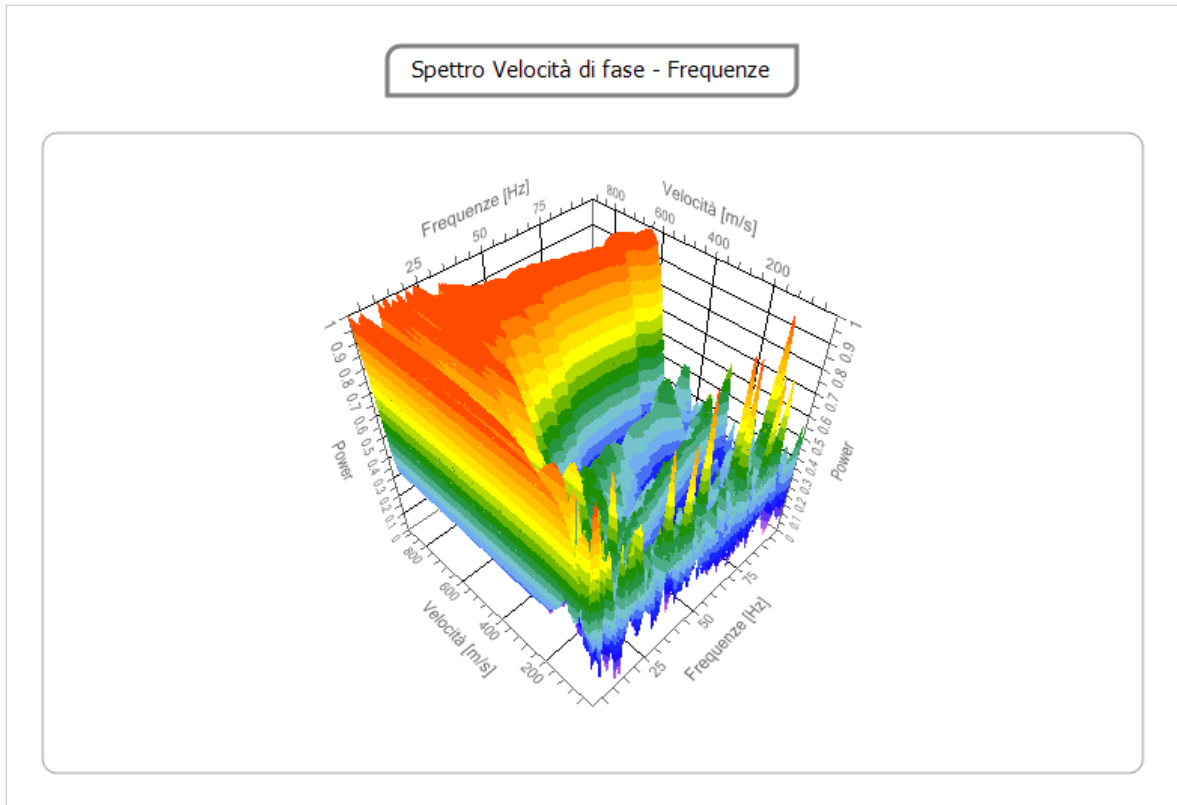


Fig. 33: spettro di velocità – frequenze 3D acquisito M2

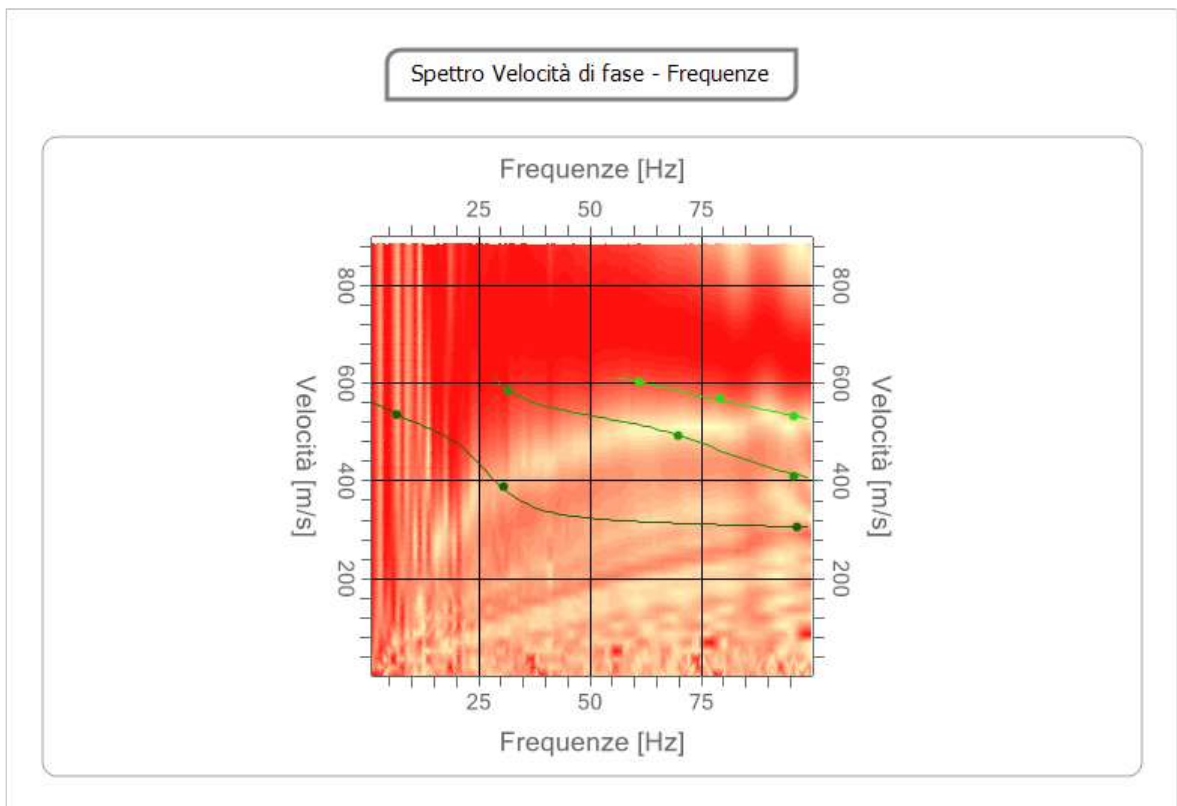


Fig. 34: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale. M2

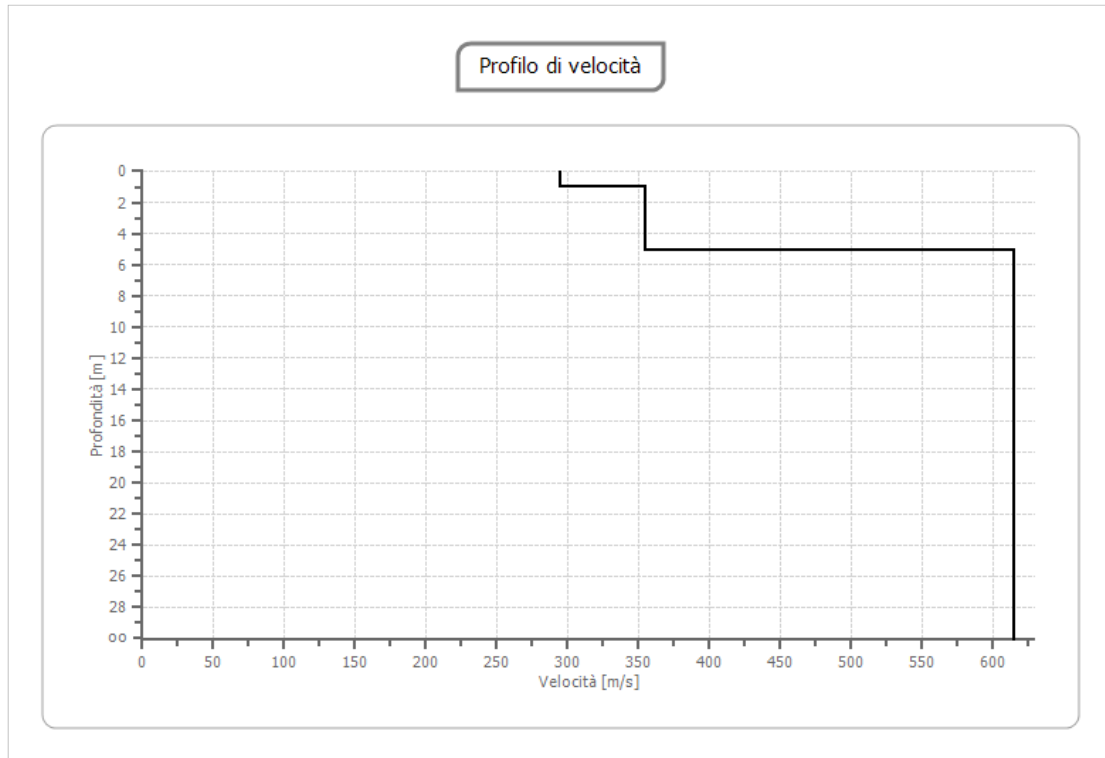


Fig. 35: profilo di velocità - profondità acquisito M2

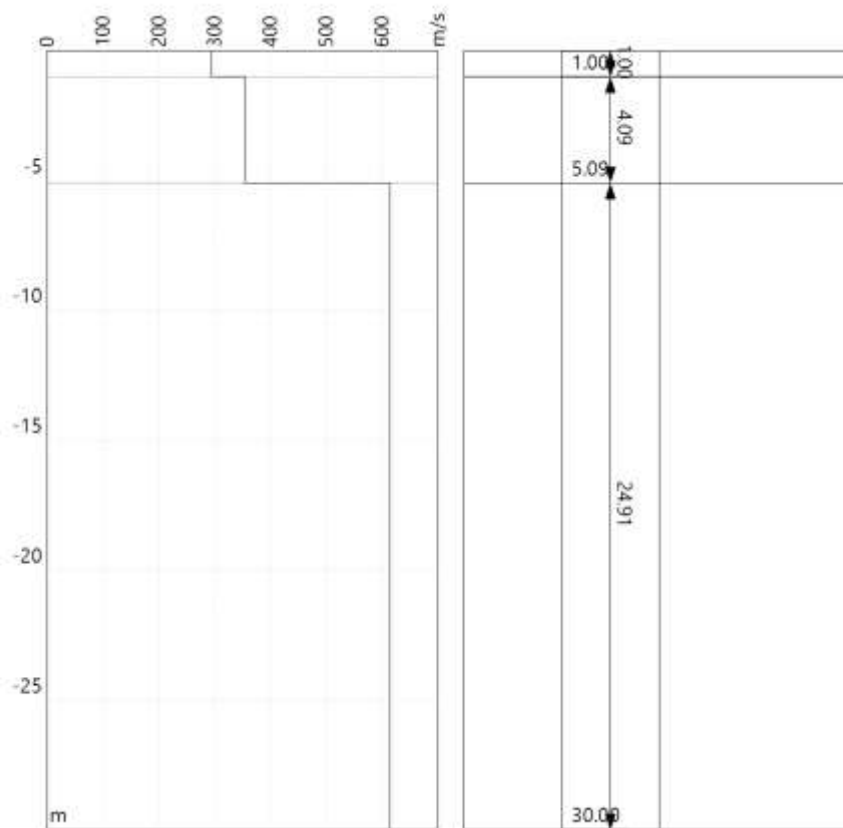


Fig. 36: andamento di Vs con la profondità - M2

Profondità piano di posa [m]	0.00
$V_{s,eq}$ [m/sec] (H=30.00 m)	540.58
Categoria del suolo	B

Fig. 37: Calcolo di V_{seq} , M2

N.	Profondità (m)	Spessore (m)	V_s [m/sec]
1	1.00	1.00	294.5
2	5.09	4.09	354.7
3	30.00	24.91	614.1

Fig. 38: Tabella di calcolo di V_{seq} , M2



FOTO 2B: panoramica dello stendimento M2

ELABORAZIONE DEI DATI M3:

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

- In **Fig. 39** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;
- In **Fig. 40** è riportato il grafico mostrante lo spettro di velocità – frequenze 3D acquisito;
- In **Fig. 41** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;
- In **Fig. 42** è riportato il grafico mostrante il profilo di velocità;
- In **Fig. 43** è riportato l'andamento di V_s con la profondità;
- In **Fig. 44** è riportato il Calcolo di V_{Seq} . M3;
- In **Fig. 45** è riportata la Tabella di calcolo di V_{Seq} . M3.

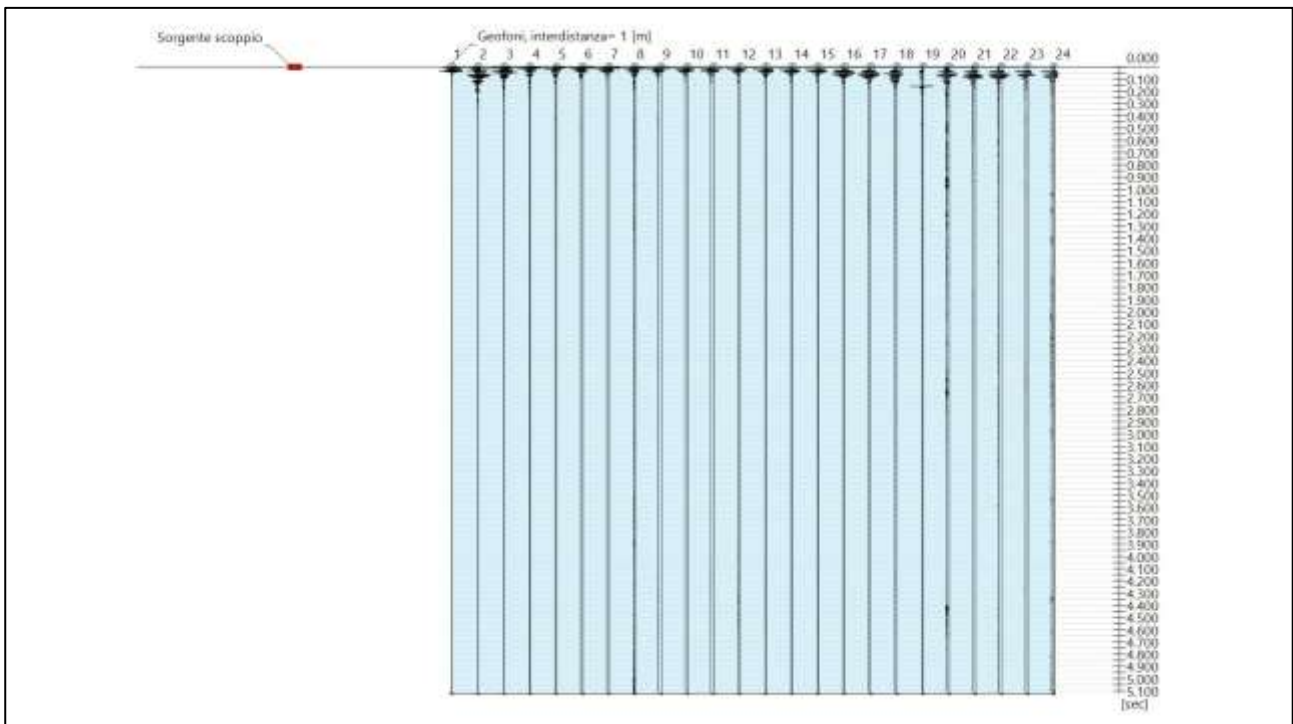


Fig.39: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della MASW- M3

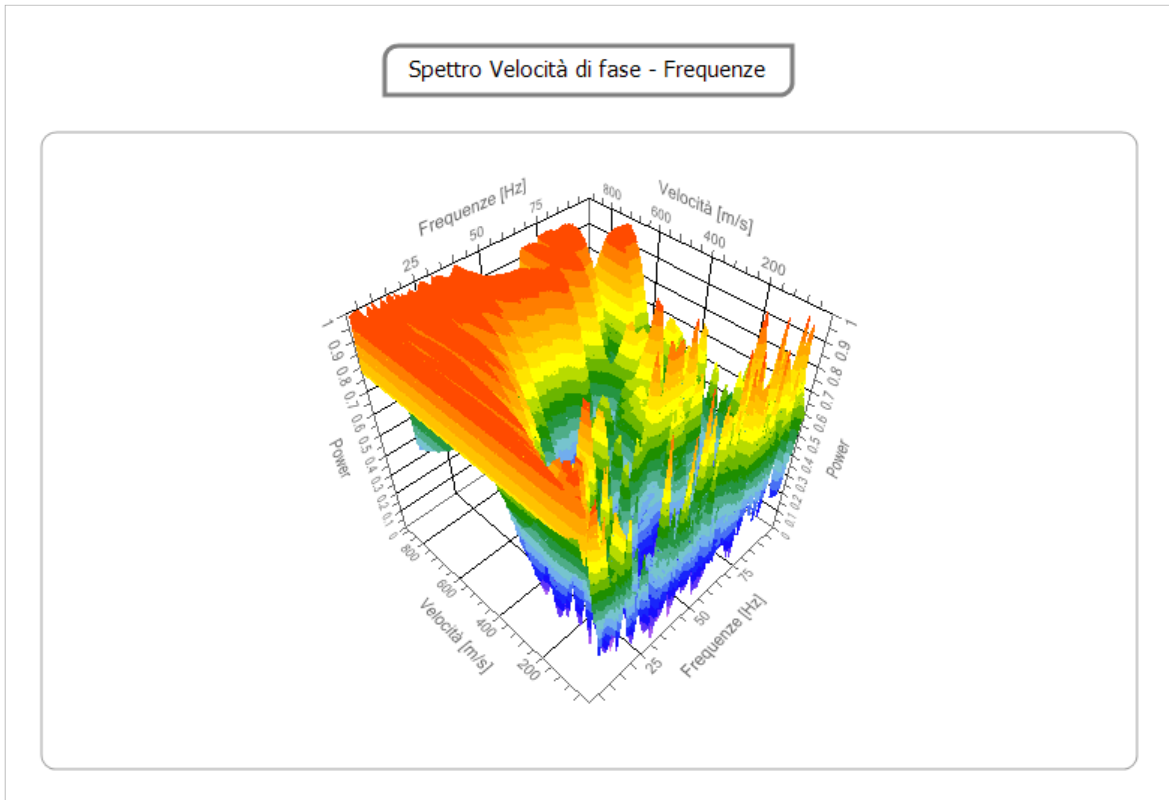


Fig. 40: spettro di velocità – frequenze 3D acquisito M3

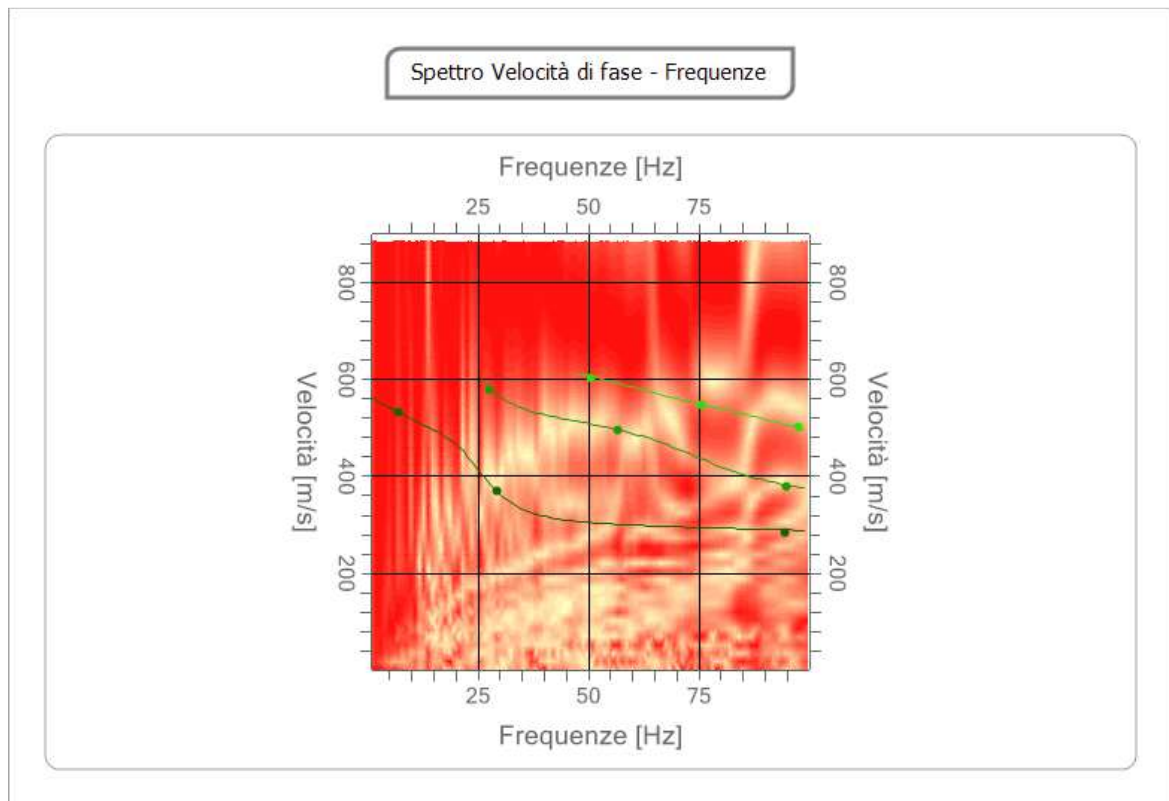


Fig. 41: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale. M3

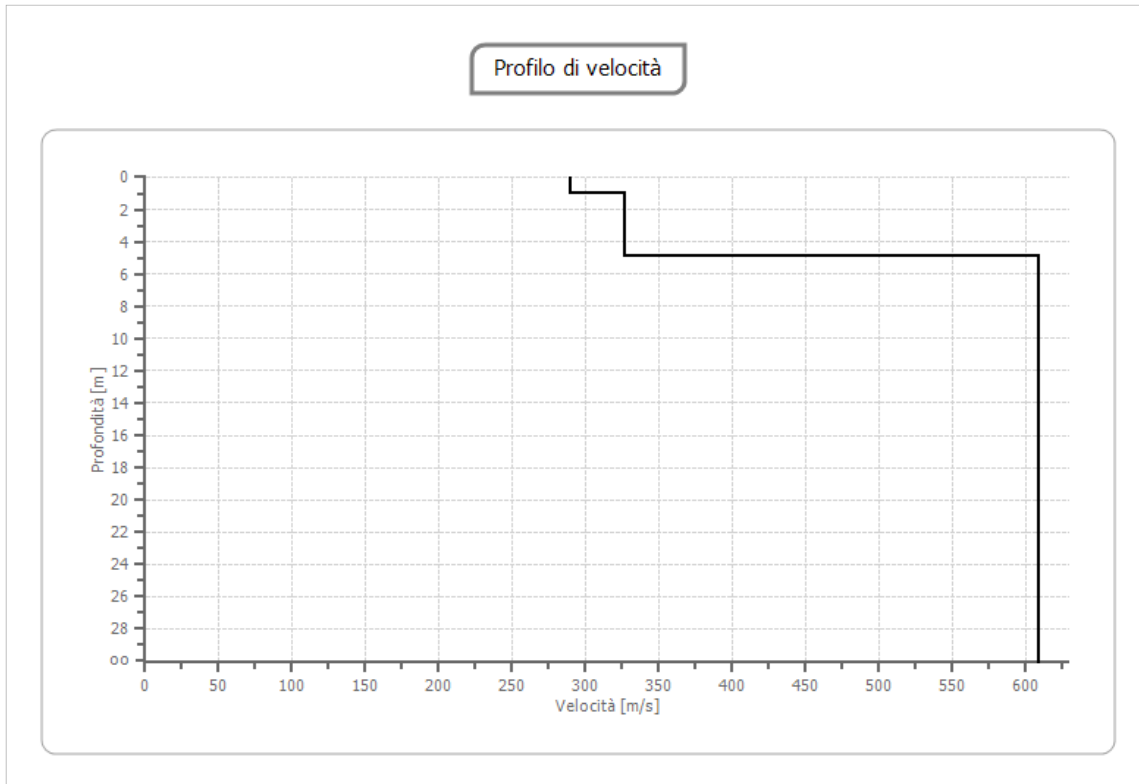


Fig. 42: profilo di velocità - profondità acquisito M3

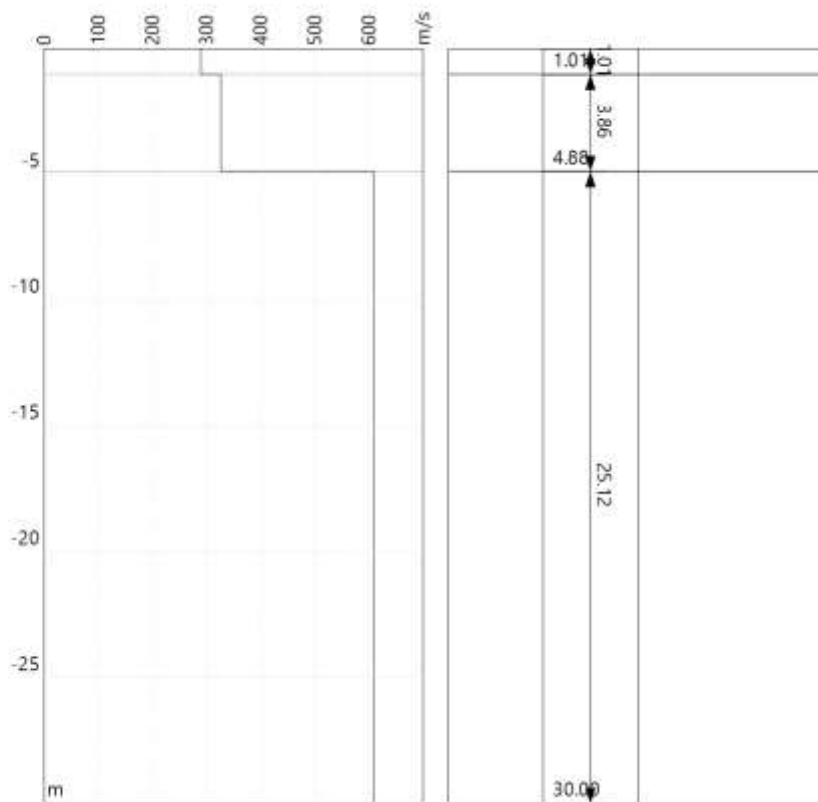


Fig. 43: andamento di Vs con la profondità – M3

Profondità piano di posa [m]	0.00
V_{s,eq} [m/sec] (H=30.00 m)	529.96
Categoria del suolo	B

Fig. 44: Calcolo di V_{seq}. M3

N.	Profondità (m)	Spessore (m)	V _s [m/sec]
1	1.01	1.01	289.0
2	4.88	3.86	326.3
3	30.00	25.12	608.9

Fig. 45: Tabella di calcolo di V_{seq}. M3



FOTO 3B: panoramica dello stendimento M3

ELABORAZIONE DEI DATI M4:

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

- In **Fig. 46** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;
- In **Fig. 47** è riportato il grafico mostrante lo spettro di velocità – frequenze 3D acquisito;
- In **Fig. 48** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;
- In **Fig. 49** è riportato il grafico mostrante il profilo di velocità;
- In **Fig. 50** è riportato l'andamento di V_s con la profondità;
- In **Fig. 51** è riportato il Calcolo di V_{seq} . M4;
- In **Fig. 52** è riportata la Tabella di calcolo di V_{seq} . M4.

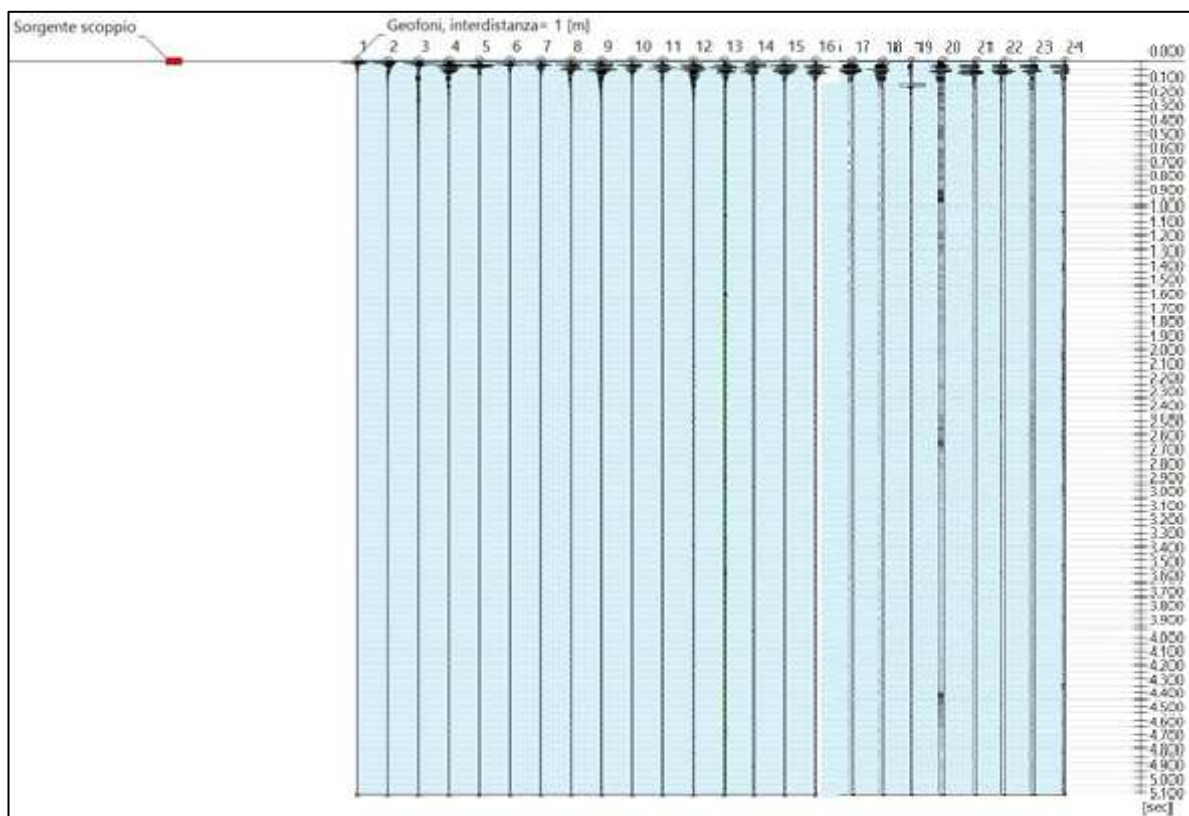


Fig. 46: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della MASW- M4

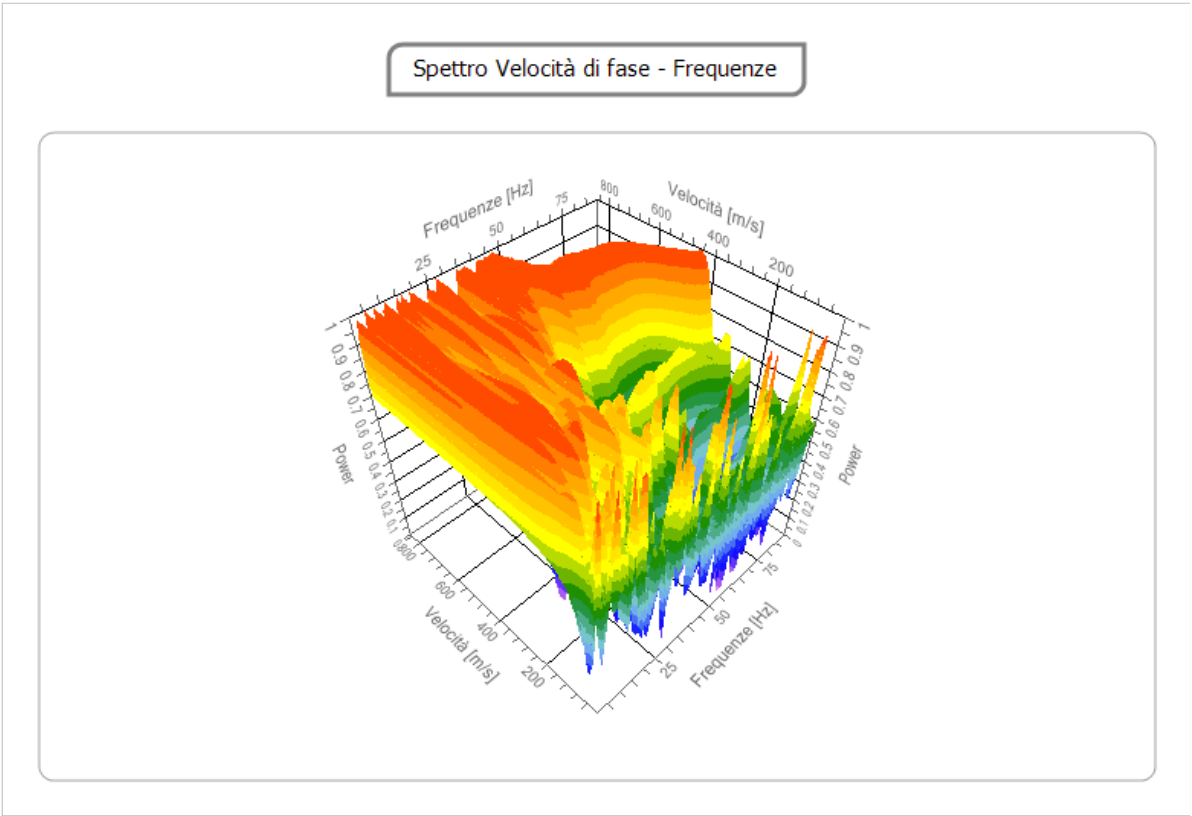


Fig. 47: spettro di velocità – frequenze 3D acquisito M4

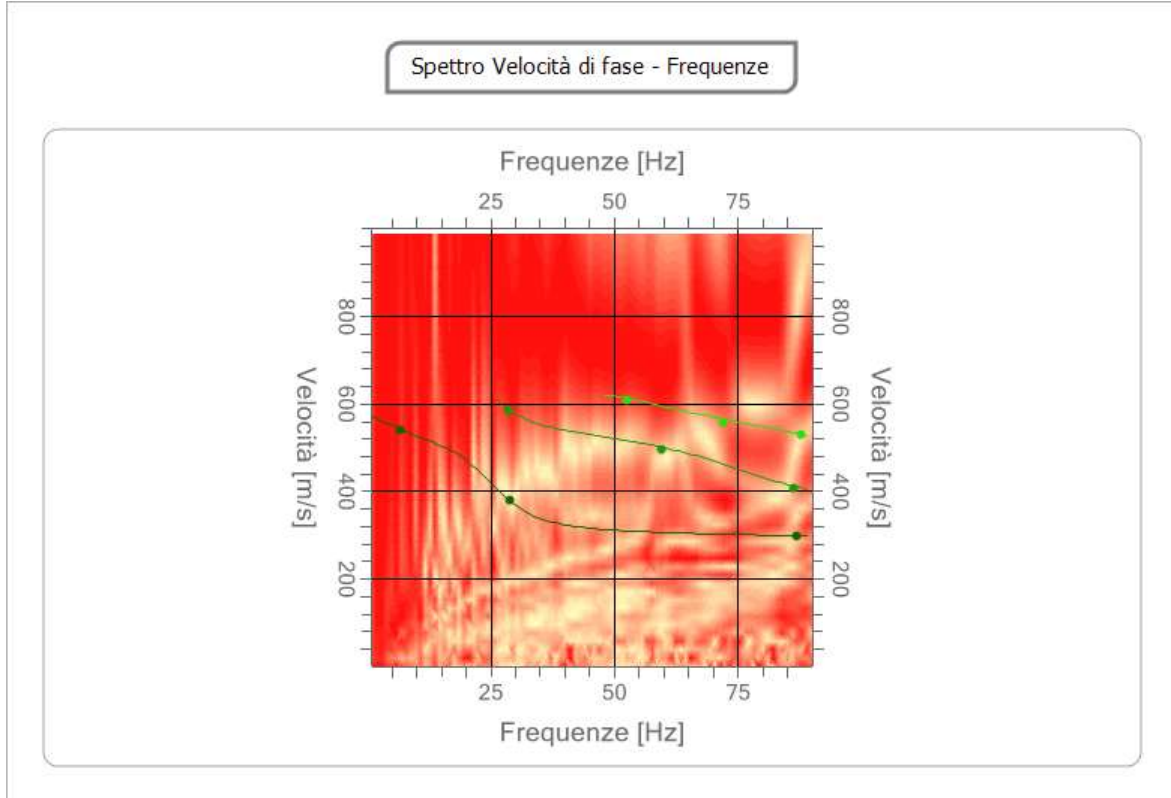


Fig. 48: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale. M4

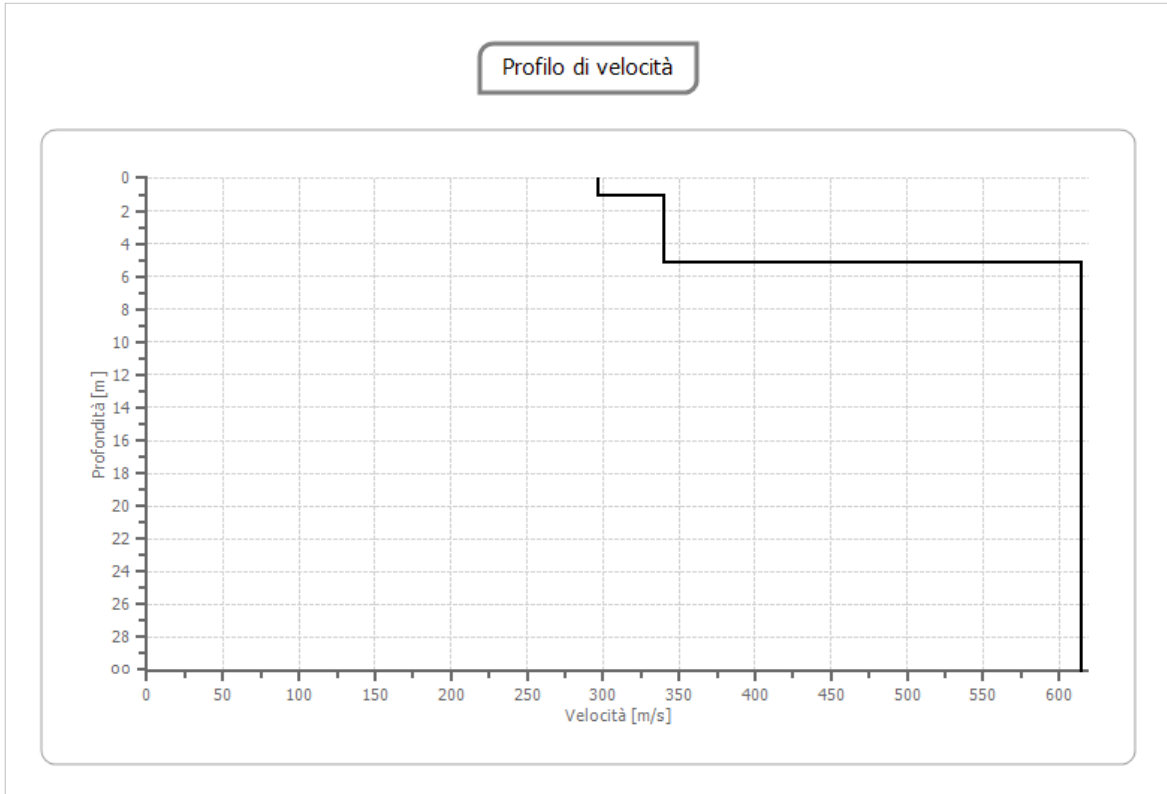


Fig. 49: profilo di velocità - profondità acquisito M4

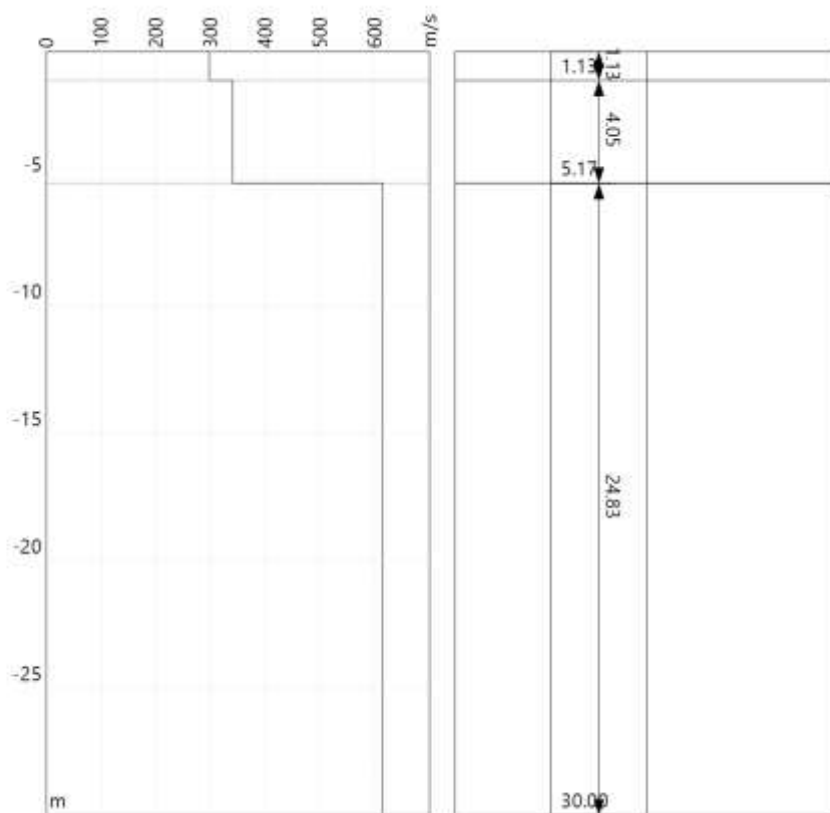


Fig. 50: andamento di Vs con la profondità - M4

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	534.60
Categoria del suolo	B

Fig. 51 Calcolo di V_{seq} . M4

N.	Profondità (m)	Spessore (m)	Vs [m/sec]
1	1.13	1.13	297.2
2	5.17	4.05	339.8
3	30.00	24.83	614.3

Fig. 52: Tabella di calcolo di V_{seq} . M4



FOTO 4B: panoramica dello stendimento M4

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	<i><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></i>
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s.
D	<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 **527 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B;**
- V_s Equivalente *M2* pari a **540 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B;**
- V_s Equivalente *M3* pari a **529 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B;**
- V_s Equivalente *M4* pari a **534 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -32,00 mt = suolo categoria B.**

Calcolato, quindi, con la prospezione geofisica **MASW** il valore di **$V_{s\text{eq}}$** valido è stato possibile classificare il terreno del sito di indagine, che rientra nella **categoria di tipo B**: tale sottosuolo è definito come "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 360 m/s e 800 m/s".

IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Carlo Cortese