



Regione Puglia



Comune di Deliceto



Provincia di Foggia

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN PARCO AGROVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA,
DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
Località Risega - Comune di Deliceto (FG)**

PROGETTO DEFINITIVO

DEL_GEOT.01
Relazione Geotecnica

Proponente



Rinnovabili Sud Tre srl
Via Della Chimica, 103 - 85100 Potenza (PZ)

Formato

A4

Scala

-

Progettista

- Ing. Gaetano Cirone
- Ing. Domenico Bisaccia
- Ing. Adele Oliveto
- Geol. Emanuele Bonanno



| Revisione | Descrizione | Data | Preparato | Controllato | Approvato |
|-----------|-----------------|------------|---------------------|------------------|---------------------|
| 00 | Prima emissione | 07/07/2021 | Ing. Gaetano Cirone | Ing. D. Bisaccia | Ing. Gaetano Cirone |
| | | | | | |
| | | | | | |

Sommario

| | |
|--|----|
| PREMESSA | 2 |
| 1 GENERALITA' | 3 |
| 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO | 4 |
| 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO | 4 |
| 4 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE | 7 |
| 5 MODELLO GEOTECNICO | 8 |
| 6 VERIFICHE DI SICUREZZA | 8 |
| 6.1 Metodo di analisi | 9 |
| 6.1.1 Sisma | 12 |
| 6.1.2 Carichi | 12 |
| 7 RISULTATI DELLE VERIFICHE | 13 |
| 8 CONCLUSIONI | 19 |
| ALLEGATI | 19 |

1 GENERALITA'

Come meglio esposto nella tavole grafiche relative al rilievo planoaltimetrico, l'area dell'impianto di generazione, risulta pressochè pianeggiante nella zona Nord, mentre a sud presenta andamento più acclive con pendenze che non superano comunque il 12% nelle aree dove è prevista l'installazione dei tracker fotovoltaici. Si riporta di seguito uno stralcio del piano quotato con l'inserimento in verde dell'recinzione perimetrale dell'impianto.

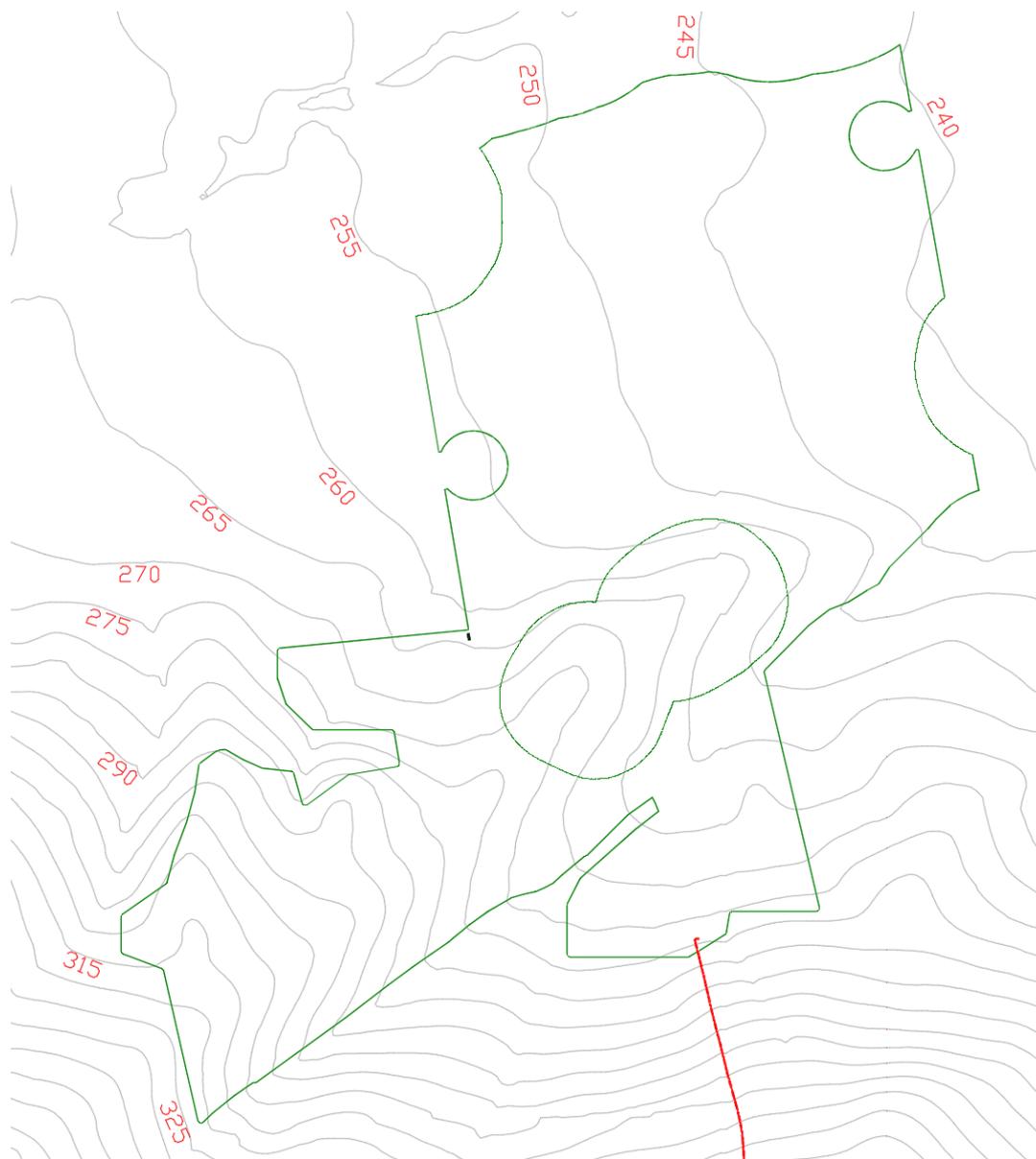


Figura 2. Piano quotato area impianto di generazione

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

In quanto di seguito riportato viene fatto esplicito riferimento alle seguenti Normative:

- LEGGE n° 64 del 02/02/1974. "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche.";
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.";
- D.M. LL.PP. del 16/01/1996. "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.";
- Circolare Ministeriale LL.PP. n° 65/AA.GG. del 10/04/1997. "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/1996.";
- Eurocodice 1 - Parte 1 - "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Basi di calcolo -.";
- Eurocodice 7 - Parte 1 - "Progettazione geotecnica - Regole generali -.";
- Eurocodice 8 - Parte 5 - "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici -.";
- D.M. 17/01/2018 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Il territorio in esame si colloca ai piedi dei rilievi collinari che costituiscono l'area geografica del "subappennino Dauno" la quale presenta i caratteri di un territorio intermedio tra il tra la pianura del tavoliere delle puglie e la regione montuosa appenninica.

L'Appennino Dauno rappresenta la porzione più orientale dell'Appennino meridionale. E' caratterizzato geologicamente da una serie di accavallamenti a vergenza adriatica, all'interno dei quali sono presenti più unità tettoniche accavallatesi verso Est dall'Oligocene al Pliocene.

Dal rilevamento geologico condotto, dalla consultazione della cartografia geologica ufficiale e dalle indagini eseguite risulta che l'area in esame è caratterizzata prevalentemente da depositi Pleistocenici di origine marina appartenenti alle unità dell'Avanfossa Bradanica, con al di sopra le unità quaternarie del Tavoliere delle Puglie costituite da depositi di ambiente di transizione marino-fluviali.

L'Avanfossa Bradanica è un bacino di sedimentazione facente parte dell'avanfossa postmessiniana (Avanfossa Adriatica), migrata verso est con diverse fasi deformative tra il Pliocene ed il Pleistocene inferiore. Assieme al *peripheral bulge* delle Murge (Avampaese Apulo) costituisce l'espressione e l'effetto strutturale della subduzione litosferica della piattaforma Apula al di sotto della catena Appenninica. La subduzione ha creato la depressione tettonica allungata NW-SE, la quale, a partire dal Pliocene inferiore, si è progressivamente colmata con sedimenti clastici. Il riempimento del bacino si è concluso nel tardo Pleistocene con l'emersione dell'intera area e la formazione di depositi a provenienza appenninici.

L'area in esame è rappresentata nel foglio 421 "Ascoli Satriano" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Fig. 1) e vede, per l'area impianto e per l'area SET, l'affioramento delle seguenti litologie.

Alla base della successione stratigrafica si hanno le unità della fossa Bradanica costituite dalle "**Argille Subappennine**" di età Pleistocene inferiore, queste consistono in depositi di silt argillosi e marne siltose con spessori che possono raggiungere i 200 metri. Tali depositi affiorano nel settore sud dell'area dove la morfologia è a carattere collinare, e rappresentano i terreni dominanti su cui correrà il cavidotto interrato. Al tetto delle argille subappennine si trovano le Unità del Tavoliere delle Puglie costituite da il "**Sistema de la Sedia di orlando**" di età Pleistocene medio-superiore, costituito da sabbie siltose intercalate ad argille siltose, con locali lenti di ghiaia con clasti poligenici scarsamente cementate. Tali depositi affiorano nel settore nord dell'area dove le pendenze diminuiscono fin a diventare pianeggianti. Mentre nell'area SET affiora il "**Subsistema di Monte Livagni**" di età Pleistocene medio, caratterizzato da conglomerati poligenici ben cementati immersi in scarsa matrice sabbiosa.

A conclusione della serie stratigrafica dell'area si trova il "**Subsistema dell'Incoronata**" di età Pleistocene sup.-Olocene. Tali depositi sono costituiti da silt argillosi, silt, sabbie siltose e ghiaie poligeniche e rappresentano, insieme al sistema de la Sedia di Orlando, il prodotto deposizionale del sistema fluviale del Torrente Carapelle.

Dal punto di vista tettonico-strutturale, nelle vicinanze dell'area si individuano faglie di tipo prevalentemente inverse e trascorrenti con andamento tipico appenninico NO-SE. Dal catalogo dell'ISPRA (progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults) non risultano presenti nell'area di studio faglie attive o capaci.

L'analisi delle immagini fotogrammetriche, delle carte ufficiali e un rilievo dettagliato hanno permesso di definire il quadro geomorfologico dell'area in esame.

L'area di impianto si sviluppa a quote comprese tra i 240 e i 320 metri s.l.m. e si colloca ai piedi dei rilievi collinari che costituiscono l'area geografica del subappennino Dauno la quale presenta i caratteri di un territorio intermedio tra la pianura del tavoliere delle puglie e la regione montuosa appenninica (Fig. 2).

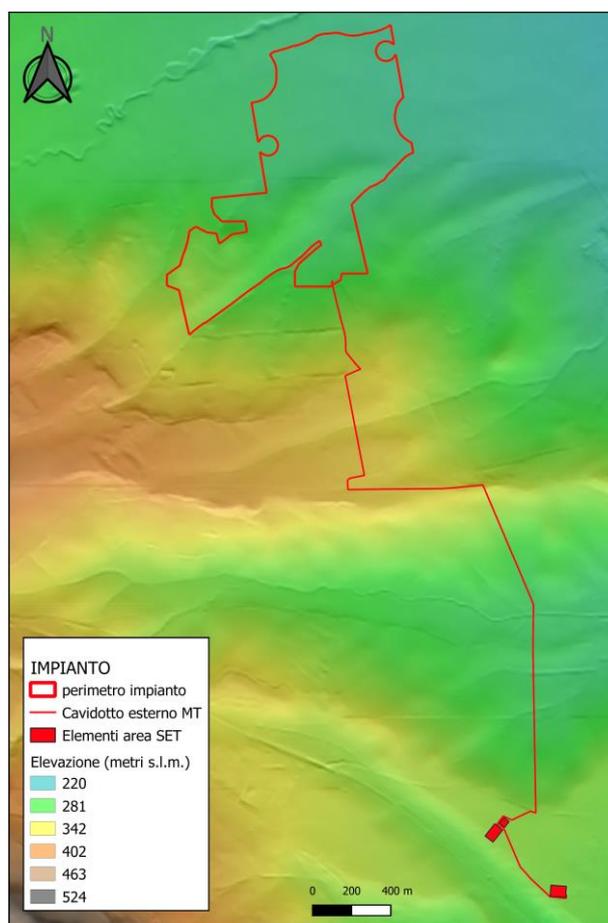


Figura 2. Carta dell'elevazione con evidenza delle forme del rilievo.

Nell'area di impianto la morfologia si presenta collinare nella porzione sud, con pendenze basse che raramente raggiungono i 10° (si veda tavola grafica del rilievo planoaltimetrico) e profilo topografico dolce e ondulato, mentre nella porzione Nord, la morfologia si presenta pianeggiante, con una leggerissima pendenza verso il torrente Carapellotto. Lungo il confine a Sud dell'area di impianto si ha l'attraversamento di un fosso di scolo principale avente direzione SO-NE a cui si collegano altri due impluvi secondari minori ad andamento circa N-S

Da quanto riportato dalla idrogeomorfologica (si rimanda alla relazione geologica per maggiori dettagli) e dai rilievi e indagini effettuate sul terreno si può definire che i terreni caratterizzanti l'intera area di impianto hanno permeabilità bassa ($10^{-8} < K < 10^{-6}$). La permeabilità riscontrata è unicamente di tipo primario sin-genetica, quindi legata alla porosità (spazi intergranulari più o meno interconnessi). Risulta invece assente, almeno per i primi metri di profondità, la permeabilità di tipo secondaria post-genetica, per fessurazione. Non sono da escludere, tuttavia, livelli più permeabili di modeste dimensioni all'interno delle unità sopradescritte, questi possono trovarsi essenzialmente nelle lenti a componente sabbioso-conglomeratica prevalente.

Nel contesto appena descritto, si ha una bassa capacità di infiltrazione delle acque piovane a vantaggio del ruscellamento, come testimoniato dalla presenza di un reticolo idrografico ben sviluppato. La circolazione

idrica sotterranea, nelle parti più superficiali del sottosuolo è assente o scarsamente rappresentata da livelli di falda effimeri e/o di modeste dimensioni che si possono formare all'interno dei mezzi sabbioso-conglomeratici a maggiore permeabilità.

4 CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

In relazione alla fattibilità geologica, idraulica e sismica delle nuove opere da realizzare ed al contesto per determinare le caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni su cui è previsto l'intervento progettuale in oggetto, si è programmata una campagna di indagini in sito comprendente:

- n.2 stendimenti sismici a rifrazione MASW con tomografia sismica;
- n. 3 prove penetrometriche di tipo DPSH.

I risultati delle indagini eseguite sono riportati nella relazione geologica.

Con le indagini e i rilievi eseguiti si è potuto avere un quadro delle caratteristiche geotecniche medie dei terreni indagati.

Data la vastità del territorio in esame e l'uniformità dei dati riscontrati dalle indagini geognostiche in situ, si è optato per definire un unico modello geologico-tecnico dell'intera area, attribuendo alle unità litotecniche i parametri geotecnici medi più cautelativi, per come riportato nella seguente serie stratigrafica:

0.00 - 1.00 m Unità Litotecnica L1a: Terreno vegetale costituito da limo-argilloso con presenza di ciottoli, alterato, rimaneggiato e scarsamente consistente, a cui si associano i seguenti parametri geomeccanici medi: $\gamma = 16-18 \text{ KN/m}^3$; $\phi = 14-16^\circ$; $c_u = 0.9-1.0 \text{ Kg/cm}^2$; $E_y \text{ Young} = 95 \text{ kg/cm}^2$.

1.00 – 6.40 m Unità Litotecnica L1b: silt-argillosi localmente sabbiosi con presenza di livelli ghiaiosi e ciottoli decimetrici, poco consistenti con addensamento che aumenta con la profondità, a cui si associano i seguenti parametri geomeccanici medi: $\gamma = 18-19 \text{ KN/m}^3$; $\phi = 18-20^\circ$; $c_u = 1.2-1.5 \text{ kg/cm}^2$; $E_y \text{ Young} = 115 \text{ kg/cm}^2$.

6.40 – 8.20 m Unità Litotecnica L1c: silt-argillosi localmente sabbiosi con presenza di livelli ghiaiosi, mediamente consistenti con addensamento che aumenta con la profondità, a cui si associano i seguenti parametri geomeccanici medi: $\gamma = 20-22 \text{ KN/m}^3$; $\phi = 22-27^\circ$; $c_u = 3.5-4.0 \text{ kg/cm}^2$; $E_y \text{ Young} = 315 \text{ kg/cm}^2$.

8.20 – oo m Unità Litotecnica L1d: silt-argillosi localmente sabbiosi con presenza di livelli ghiaiosi, molto consistenti con addensamento che aumenta con la profondità, a cui si associano i seguenti parametri geomeccanici medi: $\gamma = 23-25 \text{ KN/m}^3$; $\phi = 28-32^\circ$; $c_u = 4.4-5.0 \text{ kg/cm}^2$; $E_y \text{ Young} = 380 \text{ kg/cm}^2$.

In considerazione dei valori di velocità delle onde di taglio V_s riscontrati nei vari stati emersi dalle indagini MASW si riporta di seguito i valori delle V_s equivalenti nei primi 30 metri di profondità utili alla definizione della classe di amplificazione.

MASW_01

$V_{s_{eq}} = 408 \text{ m/sec}$ al piano campagna

MASW_02

$V_{s_{eq}} = 399$ m/sec al piano campagna

Da tali valori di $V_{s_{eq}}$ si può classificare l'area di studio come:

Categoria di sottosuolo di tipo B "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 360 m/s e 800 m/s."

La presente stratigrafia unitamente alla carta geologica costituisce il modello geologico di riferimento.

5 MODELLO GEOTECNICO

Il modello geotecnico del terreno può essere quindi schematizzato in cinque orizzonti litologico-tecnici con le seguenti caratteristiche meccaniche espresse come valori medi dei principali parametri geotecnici di ciascun orizzonte:

| Strato | Coesione (kg/cm ²) | Coesione non drenata (kg/cm ²) | Angolo resistenza al taglio (°) | Peso unità di volume (Kg/m ³) | Peso saturo (Kg/m ³) |
|--------|--------------------------------|--|---------------------------------|---|----------------------------------|
| 1 | 0.01 | 1.2 | 18 | 1700 | 1900 |
| 2 | 0.03 | 1.2 | 18 | 1800 | 2000 |
| 3 | 0.08 | 3.5 | 23 | 2300 | 2500 |
| 4 | 0.2 | 4.4 | 30 | 2500 | 2700 |

Tabella 1: Parametri geotecnici (valori caratteristici)

6 VERIFICHE DI SICUREZZA

Le verifiche di sicurezza verranno eseguite lungo superfici di scorrimento cinematicamente possibili, in numero sufficiente per ricercare la superficie critica alla quale corrisponde il grado di sicurezza più basso. Verrà effettuata una verifica a breve termine in termini di tensioni totali (lo scavo avrà una durata di poche settimane).

La valutazione del coefficiente di sicurezza dei pendii naturali è espresso dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile (τ_f) e la tensione di taglio agente (τ) lungo la superficie di scorrimento.

Nelle seguenti calcolazioni non si prendono in considerazione le azioni sismiche in quanto lo scavo i lavori di scavo avranno una durata di poche settimane.

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO), come definiti al § 2.6.1, deve essere rispettata la condizione:

$$E_d < R_d$$

Le verifiche allo SLU devono essere effettuate secondo la Combinazione 2 A2+M2+R2 dell'Approccio 1, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

I coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.I.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

| | Effetto | Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E) | EQU | (A1) | (A2) |
|--------------------------------|-------------|---|-----|------|------|
| Carichi permanenti G_1 | Favorevole | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevole | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti $G_2^{(1)}$ | Favorevole | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili Q | Favorevole | γ_{Qi} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevole | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

Il valore di progetto della resistenza R_d verrà determinato in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M specificato nella successiva Tab. 6.2.II e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R per la stabilità dei fronti scavo.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| Parametro | Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale | Coefficiente parziale γ_M | (M1) | (M2) |
|--|--|-------------------------------------|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \varphi'_k$ | $\gamma_{\varphi'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Coesione efficace | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1,0 | 1,25 |
| Resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,0 | 1,4 |
| Peso dell'unità di volume | γ_γ | γ_γ | 1,0 | 1,0 |

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

| COEFFICIENTE | R2 |
|--------------|-----|
| γ_R | 1,1 |

6.1 Metodo di analisi

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

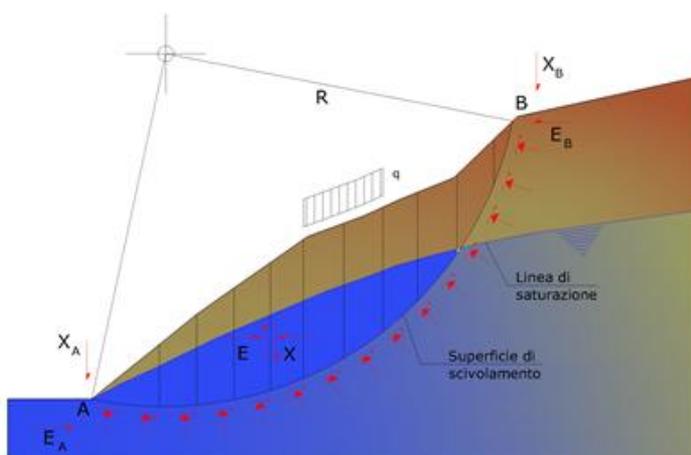
Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dal parametro c_u (condizioni non drenate).

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.



Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

1. n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
2. n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
3. $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;
4. $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;
5. n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
6. $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
7. una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

8. equazioni di equilibrio dei momenti n ;
9. equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
10. equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
11. equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

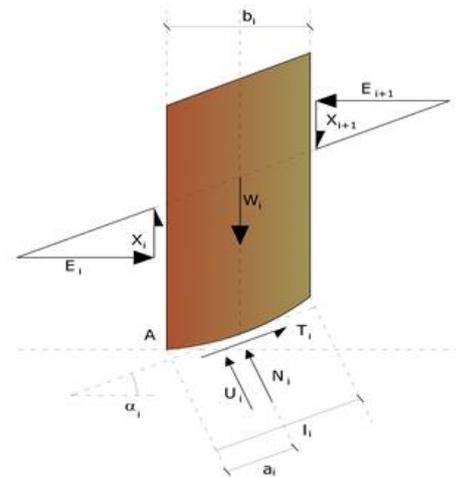
Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni. I calcoli eseguite implementano il **metodo di Bishop**.

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$



I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di Bishop ordinario, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

6.1.1 Sisma

L'analisi prende in considerazione la presenza di sisma. Si riporta di seguito i parametri per la definizione dei coefficienti k_h e k_o necessari all'analisi.

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50 Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2018

Sito in esame.

latitudine: 41,250105 [°]

longitudine: 15,457983 [°]

Classe d'uso: I. Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli Vita nominale: 50 [anni]

Parametri sismici Categoria sottosuolo: B Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 35 anni Coefficiente c_u : 0,7

| | Prob. superamento [%] | Tr [anni] | a_g [g] | Fo [-] | Tc* [s] |
|--------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|--------|---------|
| Operatività (SLO) | 81 | 30 | 0,048 | 2,427 | 0,290 |
| Danno (SLD) | 63 | 35 | 0,052 | 2,466 | 0,298 |
| Salvaguardia della vita (SLV) | 10 | 332 | 0,153 | 2,480 | 0,408 |
| Prevenzione dal collasso (SLC) | 5 | 682 | 0,214 | 2,462 | 0,420 |

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018

| | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | k_h [-] | k_v [-] | A_{max} [m/s ²] | Beta [-] |
|-----|--------|--------|--------|-----------|-----------|-------------------------------|----------|
| SLO | 1,200 | 1,410 | 1,000 | 0,010 | 0,005 | 0,567 | 0,180 |
| SLD | 1,200 | 1,400 | 1,000 | 0,011 | 0,006 | 0,607 | 0,180 |
| SLV | 1,200 | 1,320 | 1,000 | 0,044 | 0,022 | 1,797 | 0,240 |
| SLC | 1,190 | 1,310 | 1,000 | 0,079 | 0,039 | 2,492 | 0,310 |

6.1.2 Carichi

Sul pendio analizzati verrà applicato un carico pari a 50 Kg/mq rappresentativo del peso dei pannelli e delle strutture di sostegno.

7 RISULTATI DELLE VERIFICHE

Si riporta nel seguente paragrafo i risultati delle verifiche di stabilità eseguite con il metodo Bishop sui pendii di terreno definiti dalla tracce planimetriche riportate nella seguente immagine. Le tracce sono state scelte tra quelle con pendenza più elevata. Si riporta di seguito uno stralcio del piano quotato ed i profili delle tracce.

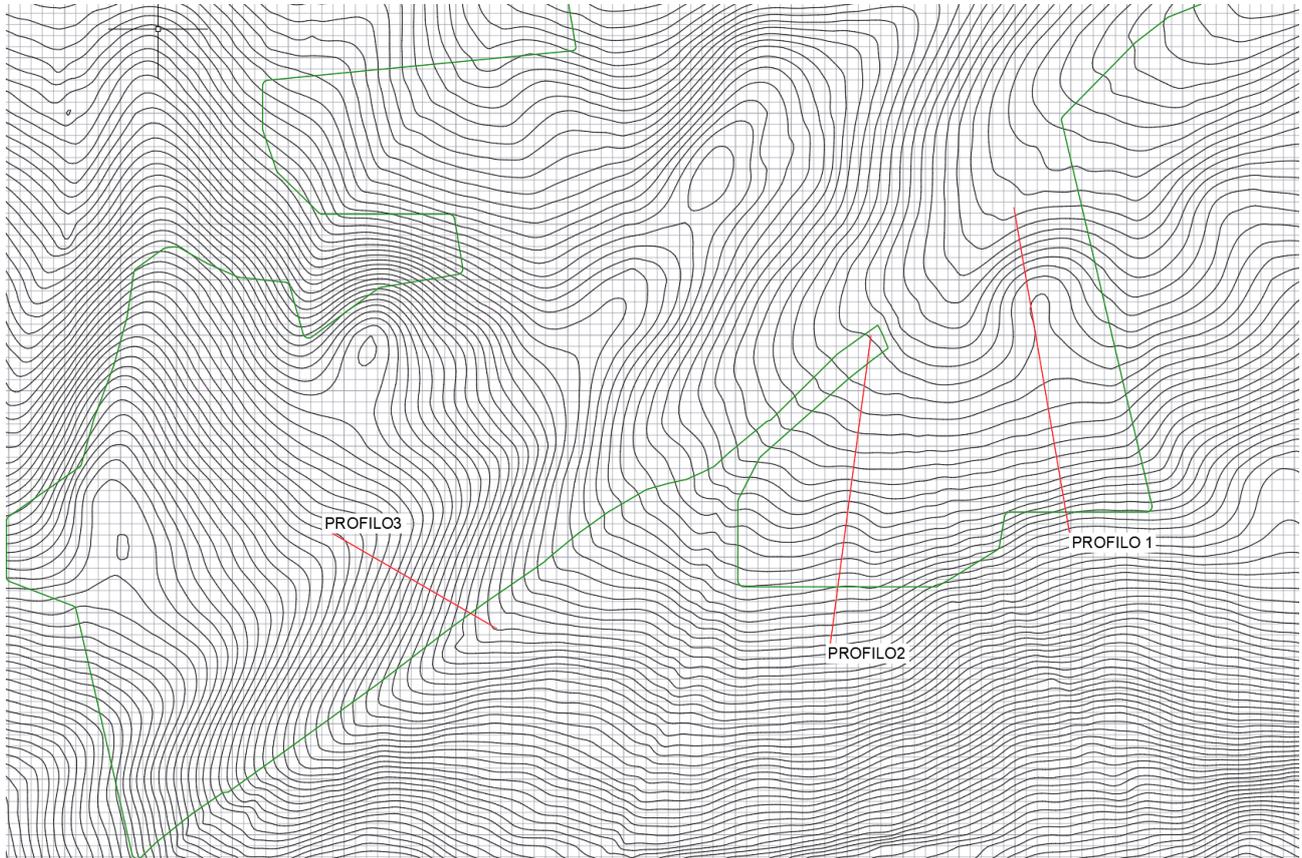


Figura 3. Tracce planimetriche profili

Si precisa che di seguito verranno eseguite le solo verifiche nello stato post-operam; le opere previste a progetto verranno installate senza eseguire spianamenti/movimentazione del terreno che andrebbero ad alterare lo stato di fatto.

PROFILO1

Altezza: 1:500
Lunghezza: 1:500

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| 256,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Picchetti | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punti | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| Dist. Parziali | | 8.79 | 7.71 | 6.69 | 6.10 | 5.64 | 5.95 | 6.39 | 7.02 | 7.98 | 9.20 | 10.89 | 12.05 | 13 | 14.26 | 17.25 | 23.22 | | | | | | | | | | |
| Dist. Progressive | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quote terreno | 282,00 | 281,00 | 280,00 | 279,00 | 278,00 | 277,00 | 276,00 | 275,00 | 274,00 | 273,00 | 272,00 | 271,00 | 270,00 | 269,00 | 268,00 | 267,00 | 266,00 | 265,00 | 264,00 | 263,00 | 262,00 | 261,00 | 260,00 | 259,00 | 258,00 | 257,00 | |
| Pendenze (%) | -11,37 | -12,98 | -14,95 | -16,39 | -17,72 | -16,81 | -15,85 | -14,25 | -12,54 | -10,87 | -9,19 | -8,30 | -7,01 | -5,80 | -4,31 | -2,03 | 0,00 | -4,41 | -11,44 | -13,54 | -13,46 | -14,17 | -12,91 | -10,28 | -8,21 | | |
| Distanze ettometriche | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

PROFILO2

Altezza: 1:500
Lunghezza: 1:500

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 263,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Picchetti | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punti | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| Dist. Parziali | | 8.42 | 8.84 | 9.35 | 11.05 | 12.02 | 11.84 | 12.13 | 13.23 | 14.83 | 15.57 | 12.11 | 9.85 | 9.64 | 9.94 | 11.37 | 13.95 | 17.39 | 19.48 | 23.00 | 43.23 |
| Dist. Progressive | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quote terreno | 285,00 | 284,00 | 283,00 | 282,00 | 281,00 | 280,00 | 279,00 | 278,00 | 277,00 | 276,00 | 275,00 | 274,00 | 273,00 | 272,00 | 271,00 | 270,00 | 269,00 | 268,00 | 267,00 | 266,00 | 265,00 |
| Pendenze (%) | -11,88 | -11,57 | -10,70 | -9,05 | -8,32 | -8,45 | -8,24 | -7,58 | -6,74 | -6,42 | -8,26 | -10,15 | -10,37 | -10,07 | -8,80 | -7,17 | -5,75 | -5,13 | -4,35 | -2,31 | |
| Distanze ettometriche | 1 | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | |

PROFILO3

Altezza: 1:500
Lunghezza: 1:500

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 285,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Picchetti | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Punti | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| Dist. Parziali | | 17.43 | 18.76 | 10.32 | 9.51 | 8.57 | 7.76 | 6.81 | 6.59 | 6.72 | 6.42 | 6.78 | 6.85 | 7.29 | 7.35 | 7.37 | 8.22 | 9.86 | 16.32 |
| Dist. Progressive | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quote terreno | 304,00 | 304,00 | 303,00 | 302,00 | 301,00 | 300,00 | 299,00 | 298,00 | 297,00 | 296,00 | 295,00 | 294,00 | 293,00 | 292,00 | 291,00 | 290,00 | 289,00 | 288,00 | 287,00 |
| Pendenze (%) | 0,00 | -5,33 | -9,69 | -10,52 | -11,66 | -12,88 | -14,69 | -15,19 | -14,89 | -15,88 | -14,75 | -14,60 | -13,72 | -13,61 | -13,57 | -12,17 | -10,14 | -6,13 | |
| Distanze ettometriche | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

RISULTATI PROFILO 1

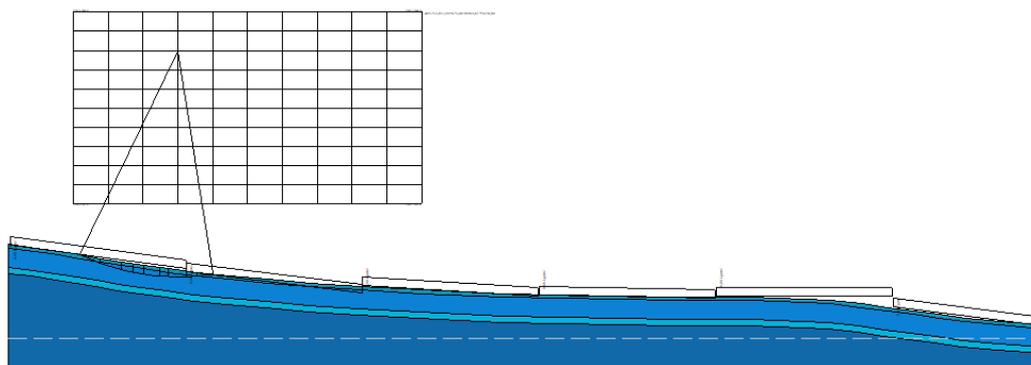


Figura 4. Profilo 1

| | |
|----------------------------|-----------|
| Fs minimo individuato | 2,04 |
| Ascissa centro superficie | 1738,99 m |
| Ordinata centro superficie | 1672,26 m |
| Raggio superficie | 57,75 m |

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 1753,828 yc = 1674,996 Rc = 64,675 Fs=20,00

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 0,24 | -25,2 | 0,27 | 18,58 | 0,82 | 0,41 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 21,1 | 1,1 |
| 2 | 5,64 | -22,6 | 6,11 | 8076,37 | 355,36 | 177,68 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 8795,1 | 115,6 |
| 3 | 5,95 | -17,1 | 6,23 | 20073,21 | 883,22 | 441,61 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 21093,0 | 290,7 |
| 4 | 3,29 | -12,9 | 3,38 | 13958,89 | 614,19 | 307,1 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 14360,8 | 189,3 |
| 5 | 3,1 | -10,0 | 3,14 | 13928,33 | 612,85 | 306,42 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 14175,5 | 185,0 |
| 6 | 4,47 | -6,6 | 4,52 | 2027,59 | 881,21 | 440,61 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 20189,9 | 263,7 |
| 7 | 2,55 | -3,5 | 2,55 | 10533,66 | 463,48 | 231,74 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 10562,2 | 139,9 |
| 8 | 5,02 | -0,1 | 5,02 | 17329,73 | 762,51 | 381,25 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 17330,1 | 237,9 |
| 9 | 2,96 | 3,4 | 2,96 | 6939,81 | 305,35 | 152,68 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 6946,1 | 104,8 |
| 10 | 4,61 | 6,8 | 4,64 | 4582,58 | 201,63 | 100,82 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 4607,4 | 65,4 |

RISULTATI PROFILO 2

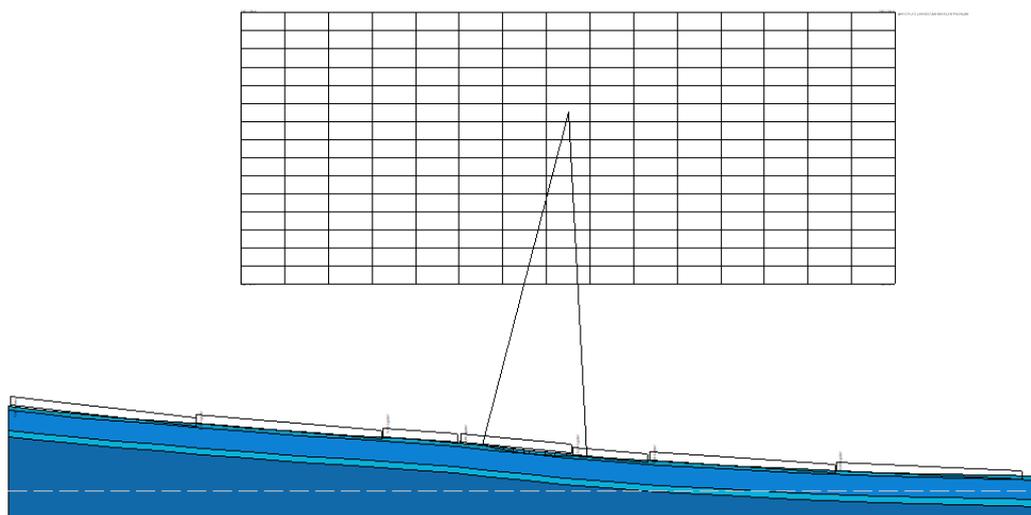


Figura 5. Profilo 2

Risultati analisi pendio

| | |
|----------------------------|-----------|
| Fs minimo individuato | 3,2 |
| Ascissa centro superficie | 1559,39 m |
| Ordinata centro superficie | 1062,12 m |
| Raggio superficie | 115,92 m |

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 1571,126 yc = 1037,604 Rc = 93,177 Fs=20,00

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 3,1 | -13,4 | 3,19 | 1285,85 | 56,58 | 28,29 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 1327,8 | 25,0 |
| 2 | 2,51 | -11,6 | 2,57 | 2478,81 | 109,07 | 54,53 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 2538,3 | 36,0 |
| 3 | 2,81 | -10,0 | 2,85 | 3878,37 | 170,65 | 85,32 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 3946,9 | 52,3 |
| 4 | 2,81 | -8,3 | 2,84 | 4635,06 | 203,94 | 101,97 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 4692,5 | 60,3 |
| 5 | 1,51 | -6,8 | 1,52 | 2648,27 | 116,52 | 58,26 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 2672,5 | 44,2 |
| 6 | 4,11 | -5,2 | 4,12 | 7289,25 | 320,73 | 160,36 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 7330,0 | 120,6 |
| 7 | 2,81 | -3,0 | 2,81 | 4499,55 | 197,98 | 98,99 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 4508,7 | 58,2 |
| 8 | 3,02 | -1,2 | 3,02 | 3877,51 | 170,61 | 85,31 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 3879,6 | 52,1 |
| 9 | 2,6 | 0,5 | 2,6 | 2233,92 | 98,29 | 49,15 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 2233,7 | 32,8 |
| 10 | 2,81 | 2,2 | 2,81 | 984,32 | 43,31 | 21,66 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 984,3 | 20,0 |

RISULTATI PROFILO 3

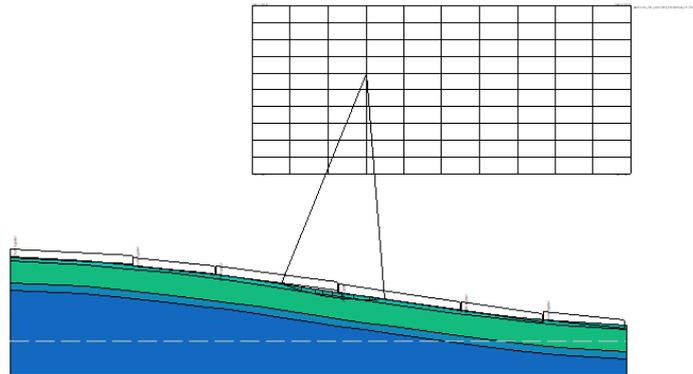


Figura 6. Profilo 3

Risultati analisi pendio [O.P.C.M.3274]

| | |
|----------------------------|-----------|
| Fs minimo individuato | 2,32 |
| Ascissa centro superficie | 1591,11 m |
| Ordinata centro superficie | 1303,67 m |
| Raggio superficie | 69,06 m |

$x_c = 1595,757$ $y_c = 1289,099$ $R_c = 56,214$ $F_s = 20,00$

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 1,84 | -20,9 | 1,96 | 721,39 | 31,74 | 15,87 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 777,6 | 15,0 |
| 2 | 3,28 | -18,0 | 3,45 | 4208,01 | 185,15 | 92,58 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 4445,2 | 59,7 |
| 3 | 3,43 | -14,5 | 3,54 | 7287,48 | 320,65 | 160,32 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 7557,3 | 117,3 |
| 4 | 1,69 | -11,9 | 1,72 | 4215,45 | 185,48 | 92,74 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 4321,1 | 64,0 |
| 5 | 2,56 | -9,7 | 2,6 | 6720,52 | 295,7 | 147,85 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 6834,1 | 100,0 |
| 6 | 2,17 | -7,1 | 2,19 | 5639,54 | 248,14 | 124,07 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 5693,7 | 83,6 |
| 7 | 2,95 | -4,6 | 2,95 | 6989,32 | 307,53 | 153,77 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 7020,3 | 105,6 |
| 8 | 3,83 | -1,1 | 3,84 | 6801,13 | 299,25 | 149,62 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 6804,7 | 112,1 |
| 9 | 1,28 | 1,6 | 1,28 | 1439,2 | 63,32 | 31,66 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 1439,2 | 19,9 |
| 10 | 2,56 | 3,4 | 2,56 | 1286,71 | 56,62 | 28,31 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 1287,7 | 22,5 |

8 CONCLUSIONI

Come esposto nel capitolo relativo alle verifiche, il coefficiente di sicurezza (rapporto tra la resistenza al taglio disponibile (τ_f) e la tensione di taglio agente (τ) lungo la superficie di scorrimento) relativo alle situazioni analizzate (pendii di maggior pendenza) risultano tutti ampiamente maggiori dell'unità.

Le pendenze medie nelle aree su cui verrà realizzato l'impianto e coperte da area a PG1 del PAI risultano pari al 7%.

Inoltre la realizzazione dell'impianto non comporterà variazioni del profilo topografico dei versanti, lasciando intatto l'attuale assetto geomorfologico dell'area. I carichi applicati sul terreno, rappresentati dai moduli fotovoltaici e dalle strutture di sostegno sono di modesta entità (circa 30 Kg/mq).

Alla luce di quanto esposto le opere di progetto non influenzano la stabilità dei versanti.

ALLEGATI

- Prove di laboratorio
- Tabulato dei calcoli

CERTIFICATI PROVE IN SITO

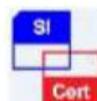


| Available versions | | |
|--------------------|----------|-----------------|
| DP Only | CPT Only | DP + CPT |
| ■ DPSH | ■ 200kN | ■ DPSH + 200 kN |
| = DPH | | = DPH + 200 kN |
| = | | = DPM + 200 kN |
| Rotary head | | |

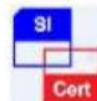
| Legend | |
|--------|----------|
| ■ | Standard |
| = | Optional |



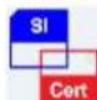
ATT. N. 7918/63/01



NUMERO PC: 0151-GEO-Q



NUMERO PC: 0151 -GEO-E



NUMERO PC: 0151-GEO-H



GEOSECURE S.R.L.
GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL SERVICES



SEDE LEGALE: VIA DEI MONTI PARIOLI, 40 - ROMA (RM)

SEDE OPERATIVA: VIA BARCELLONA N.18 – BOJANO

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

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

COMMITTENTE: RINNOVABILI SUD TRE S.R.L.

OGGETTO: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

LOCALITA': DELICETO (FG) località RISEGA

CODICE DOCUMENTO : CPS 236/21 DPSH

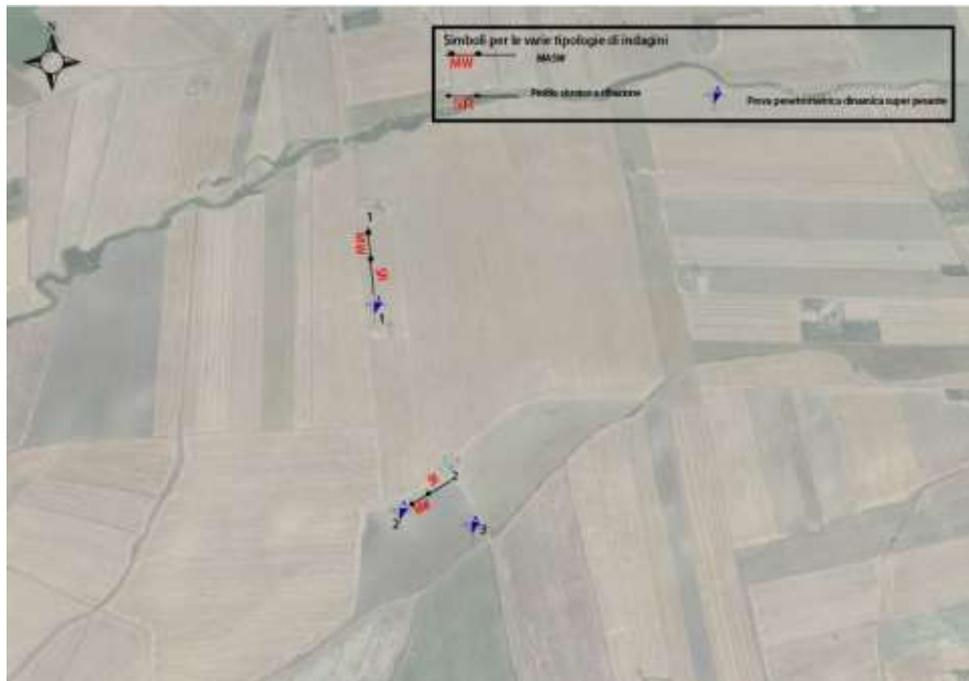
| SPERIMENTATORE | DIRETTORE TECNICO | REV. 0 |
|-----------------------|------------------------------|---------------------|
| DOTT. ANTONINO CARUSO | DOTT. GEOL. VINCENZO CORTESE | DATA MAGGIO 2021 |

NUMERO E TIPOLOGIE DI PROVE IN SITU:

N. 3 PROVA PENETROMETRICA DI TIPO DPSH A PUNTA CHIUSA

NEL MESE DI **MAGGIO 2021** LA GEOSECURE SRL HA ESEGUITO NEL TENIMENTO DI **DELICETO (FG)** UNA PROSPEZIONE GEOTECNICA IN SITU DI TIPO DPSH, SU INCARICO DI **RINNOVABILI SUD TRE S.R.L.**, IN RELAZIONE ALLA PRATICA EDILE DENOMINATA **“PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI”**.

IL FASCICOLO, COSTITUITO DA N. PAG. 13, E' RILASCIATO IN TRIPLICE COPIA IN ORIGINALE.



PROVA N.1

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

Prova eseguita in data

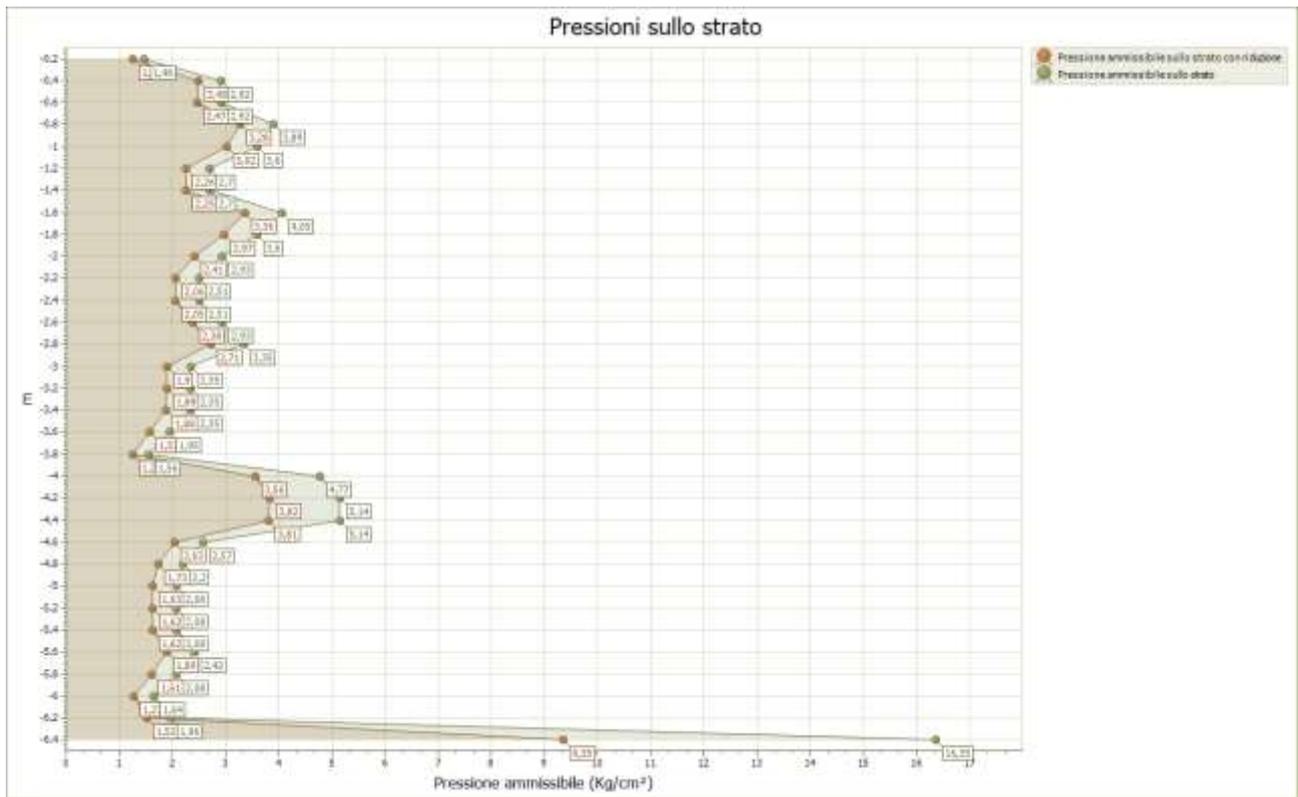
Profondità prova

6,40 mt

Falda non rilevata

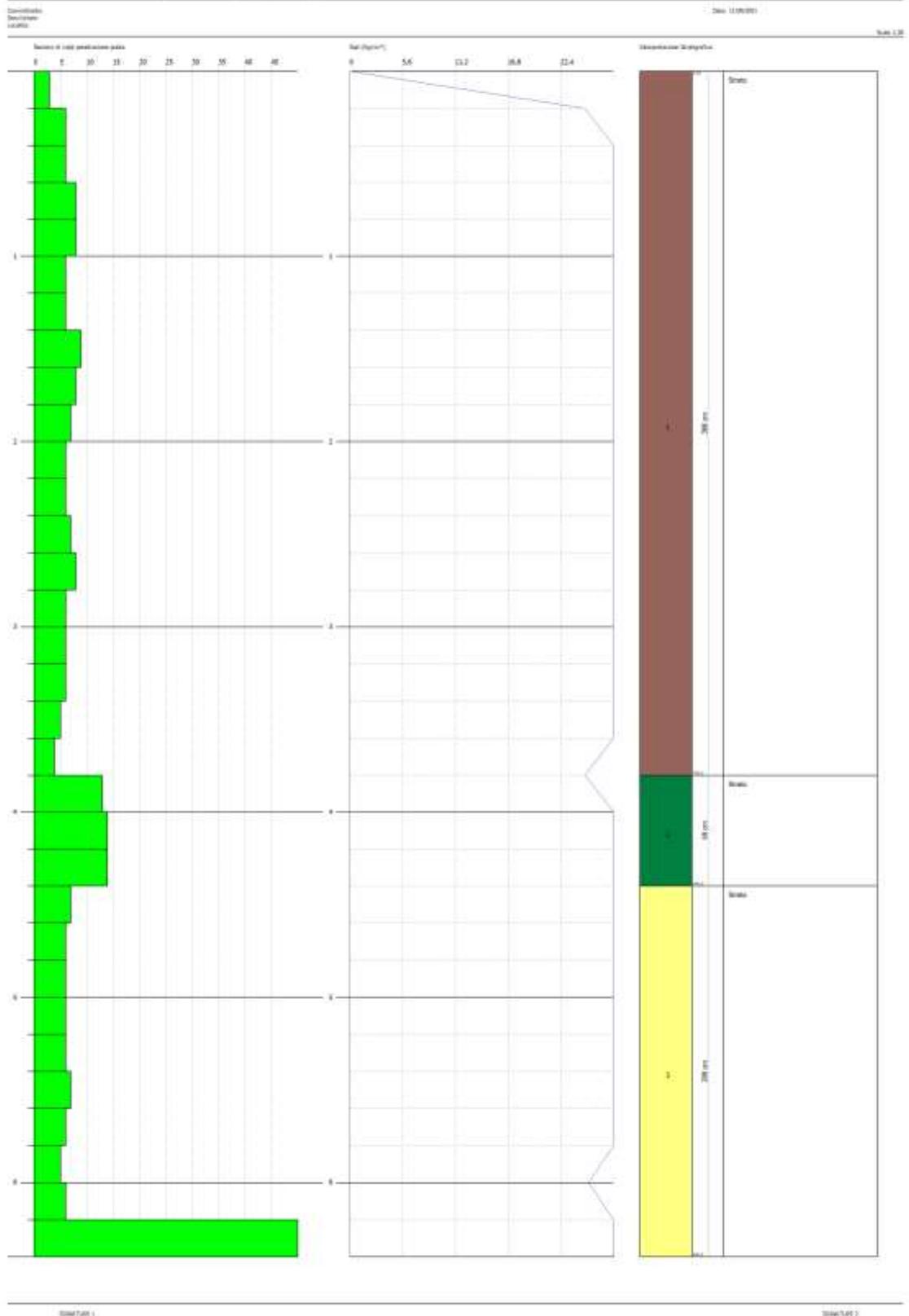
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| 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 | 3 | 0,855 | 24,92 | 29,15 | 1,25 | 1,46 |
| 0,40 | 6 | 0,851 | 49,61 | 58,31 | 2,48 | 2,92 |
| 0,60 | 6 | 0,847 | 49,39 | 58,31 | 2,47 | 2,92 |
| 0,80 | 8 | 0,843 | 65,56 | 77,74 | 3,28 | 3,89 |
| 1,00 | 8 | 0,840 | 60,39 | 71,92 | 3,02 | 3,60 |
| 1,20 | 6 | 0,836 | 45,11 | 53,94 | 2,26 | 2,70 |
| 1,40 | 6 | 0,833 | 44,92 | 53,94 | 2,25 | 2,70 |
| 1,60 | 9 | 0,830 | 67,12 | 80,91 | 3,36 | 4,05 |
| 1,80 | 8 | 0,826 | 59,43 | 71,92 | 2,97 | 3,60 |
| 2,00 | 7 | 0,823 | 48,19 | 58,54 | 2,41 | 2,93 |
| 2,20 | 6 | 0,820 | 41,15 | 50,18 | 2,06 | 2,51 |
| 2,40 | 6 | 0,817 | 41,00 | 50,18 | 2,05 | 2,51 |
| 2,60 | 7 | 0,814 | 47,67 | 58,54 | 2,38 | 2,93 |
| 2,80 | 8 | 0,811 | 54,29 | 66,91 | 2,71 | 3,35 |
| 3,00 | 6 | 0,809 | 37,94 | 46,91 | 1,90 | 2,35 |
| 3,20 | 6 | 0,806 | 37,81 | 46,91 | 1,89 | 2,35 |
| 3,40 | 6 | 0,803 | 37,69 | 46,91 | 1,88 | 2,35 |
| 3,60 | 5 | 0,801 | 31,31 | 39,09 | 1,57 | 1,95 |
| 3,80 | 4 | 0,798 | 24,97 | 31,27 | 1,25 | 1,56 |
| 4,00 | 13 | 0,746 | 71,19 | 95,42 | 3,56 | 4,77 |
| 4,20 | 14 | 0,744 | 76,43 | 102,76 | 3,82 | 5,14 |
| 4,40 | 14 | 0,741 | 76,19 | 102,76 | 3,81 | 5,14 |
| 4,60 | 7 | 0,789 | 40,55 | 51,38 | 2,03 | 2,57 |
| 4,80 | 6 | 0,787 | 34,67 | 44,04 | 1,73 | 2,20 |
| 5,00 | 6 | 0,785 | 32,58 | 41,50 | 1,63 | 2,08 |
| 5,20 | 6 | 0,783 | 32,50 | 41,50 | 1,62 | 2,08 |
| 5,40 | 6 | 0,781 | 32,42 | 41,50 | 1,62 | 2,08 |
| 5,60 | 7 | 0,779 | 37,73 | 48,42 | 1,89 | 2,42 |
| 5,80 | 6 | 0,777 | 32,26 | 41,50 | 1,61 | 2,08 |
| 6,00 | 5 | 0,775 | 25,36 | 32,70 | 1,27 | 1,64 |
| 6,20 | 6 | 0,774 | 30,36 | 39,24 | 1,52 | 1,96 |
| 6,40 | 50 | 0,572 | 187,05 | 327,01 | 9,35 | 16,35 |



GEOSTRU
CHANGES FROM PREFERENCES OPTIONS
COMPANY

PROVA PERMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPHH (Dynamic Probing Super Heavy)



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



PROVA N.2

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

Prova eseguita in data

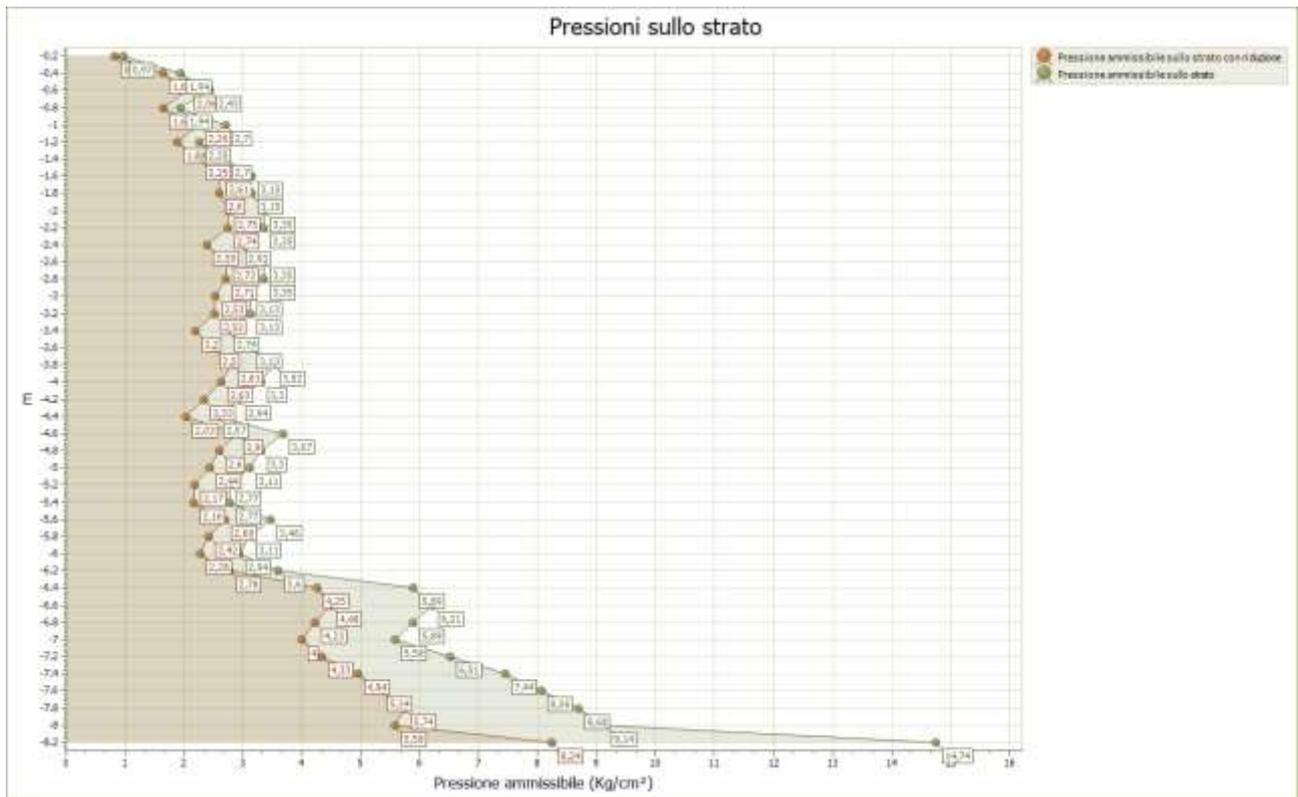
Profondità prova

8,20 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 | 5 | 0,847 | 41,16 | 48,59 | 2,06 | 2,43 |
| 0,80 | 4 | 0,843 | 32,78 | 38,87 | 1,64 | 1,94 |
| 1,00 | 6 | 0,840 | 45,30 | 53,94 | 2,26 | 2,70 |
| 1,20 | 5 | 0,836 | 37,59 | 44,95 | 1,88 | 2,25 |
| 1,40 | 6 | 0,833 | 44,92 | 53,94 | 2,25 | 2,70 |
| 1,60 | 7 | 0,830 | 52,20 | 62,93 | 2,61 | 3,15 |
| 1,80 | 7 | 0,826 | 52,00 | 62,93 | 2,60 | 3,15 |
| 2,00 | 8 | 0,823 | 55,08 | 66,91 | 2,75 | 3,35 |
| 2,20 | 8 | 0,820 | 54,87 | 66,91 | 2,74 | 3,35 |
| 2,40 | 7 | 0,817 | 47,84 | 58,54 | 2,39 | 2,93 |
| 2,60 | 8 | 0,814 | 54,48 | 66,91 | 2,72 | 3,35 |
| 2,80 | 8 | 0,811 | 54,29 | 66,91 | 2,71 | 3,35 |
| 3,00 | 8 | 0,809 | 50,58 | 62,55 | 2,53 | 3,13 |
| 3,20 | 8 | 0,806 | 50,41 | 62,55 | 2,52 | 3,13 |
| 3,40 | 7 | 0,803 | 43,97 | 54,73 | 2,20 | 2,74 |
| 3,60 | 8 | 0,801 | 50,09 | 62,55 | 2,50 | 3,13 |
| 3,80 | 9 | 0,798 | 56,18 | 70,37 | 2,81 | 3,52 |
| 4,00 | 9 | 0,796 | 52,59 | 66,06 | 2,63 | 3,30 |
| 4,20 | 8 | 0,794 | 46,61 | 58,72 | 2,33 | 2,94 |
| 4,40 | 7 | 0,791 | 40,67 | 51,38 | 2,03 | 2,57 |
| 4,60 | 10 | 0,789 | 57,93 | 73,40 | 2,90 | 3,67 |
| 4,80 | 9 | 0,787 | 52,00 | 66,06 | 2,60 | 3,30 |
| 5,00 | 9 | 0,785 | 48,87 | 62,25 | 2,44 | 3,11 |
| 5,20 | 8 | 0,783 | 43,33 | 55,34 | 2,17 | 2,77 |
| 5,40 | 8 | 0,781 | 43,22 | 55,34 | 2,16 | 2,77 |
| 5,60 | 10 | 0,779 | 53,89 | 69,17 | 2,69 | 3,46 |
| 5,80 | 9 | 0,777 | 48,39 | 62,25 | 2,42 | 3,11 |
| 6,00 | 9 | 0,775 | 45,65 | 58,86 | 2,28 | 2,94 |
| 6,20 | 11 | 0,774 | 55,66 | 71,94 | 2,78 | 3,60 |
| 6,40 | 18 | 0,722 | 85,00 | 117,72 | 4,25 | 5,89 |
| 6,60 | 19 | 0,720 | 89,51 | 124,26 | 4,48 | 6,21 |
| 6,80 | 18 | 0,719 | 84,61 | 117,72 | 4,23 | 5,89 |
| 7,00 | 18 | 0,717 | 80,06 | 111,64 | 4,00 | 5,58 |
| 7,20 | 21 | 0,666 | 86,70 | 130,25 | 4,33 | 6,51 |
| 7,40 | 24 | 0,664 | 98,86 | 148,85 | 4,94 | 7,44 |
| 7,60 | 26 | 0,663 | 106,87 | 161,26 | 5,34 | 8,06 |
| 7,80 | 28 | 0,661 | 114,84 | 173,66 | 5,74 | 8,68 |
| 8,00 | 31 | 0,610 | 111,50 | 182,82 | 5,58 | 9,14 |
| 8,20 | 50 | 0,559 | 164,70 | 294,87 | 8,24 | 14,74 |



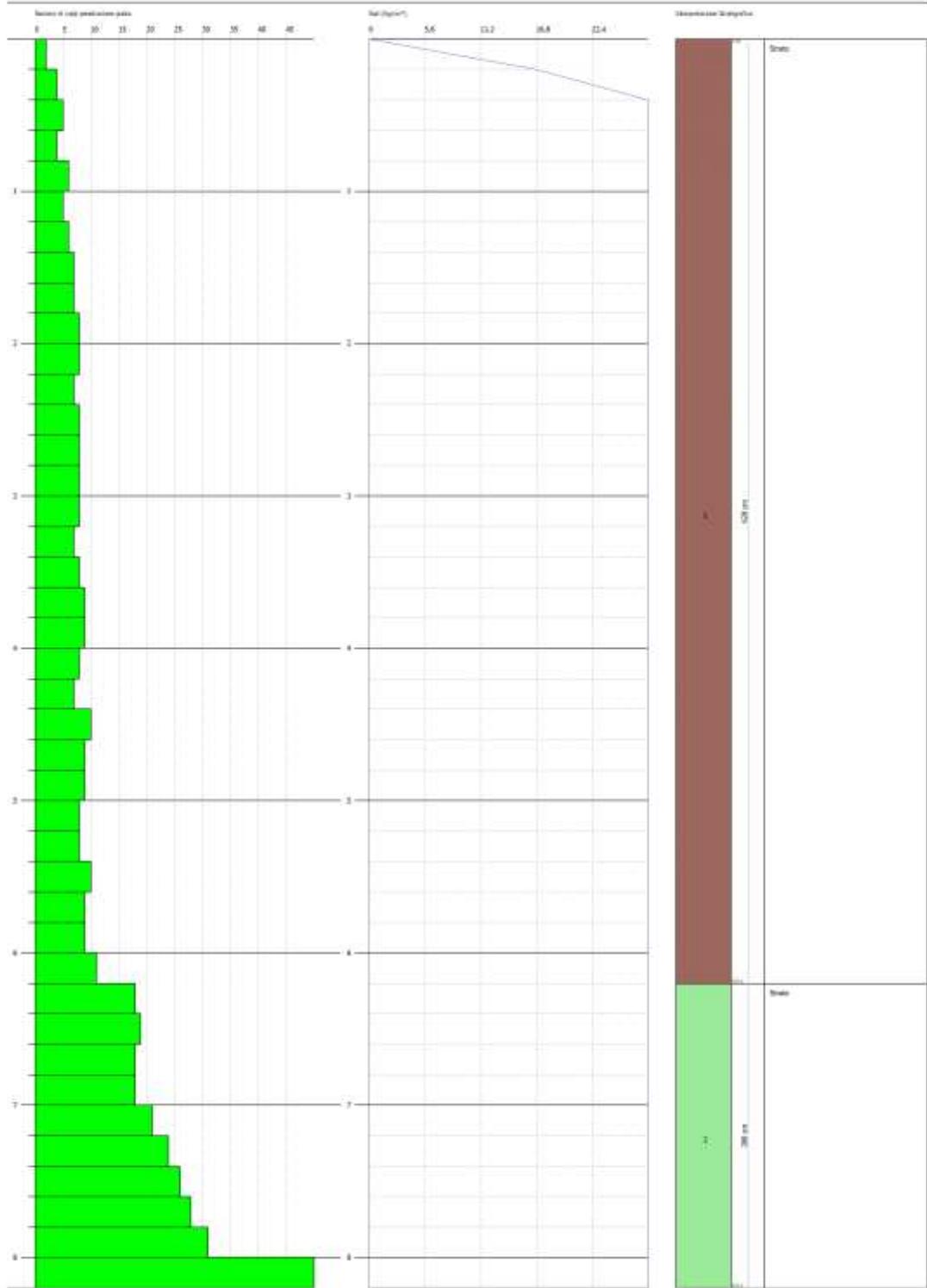
GEOSTRU
CHANGES FROM PREFERENCES OPTIONS
COMPANY

PROVA PERMETRIMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPHH (Dynamic Probing Super Heavy)

Identificativo:
Descrizione:
CANTIERE

Data: 12/05/2011

Scala: 1:20



Stratigrafia 1

Stratigrafia 2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



PROVA N.3

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

Prova eseguita in data

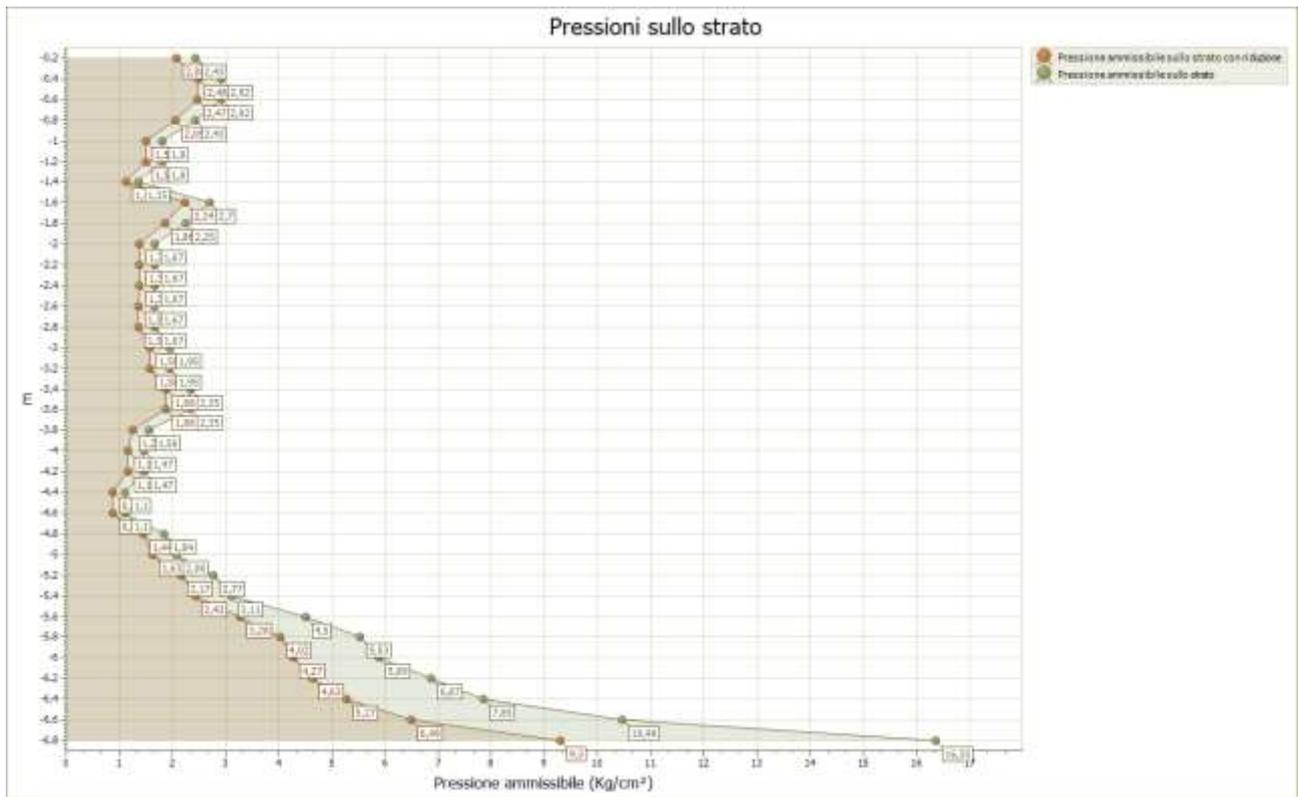
Profondità prova

6,80 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 | 5 | 0,855 | 41,53 | 48,59 | 2,08 | 2,43 |
| 0,40 | 6 | 0,851 | 49,61 | 58,31 | 2,48 | 2,92 |
| 0,60 | 6 | 0,847 | 49,39 | 58,31 | 2,47 | 2,92 |
| 0,80 | 5 | 0,843 | 40,98 | 48,59 | 2,05 | 2,43 |
| 1,00 | 4 | 0,840 | 30,20 | 35,96 | 1,51 | 1,80 |
| 1,20 | 4 | 0,836 | 30,07 | 35,96 | 1,50 | 1,80 |
| 1,40 | 3 | 0,833 | 22,46 | 26,97 | 1,12 | 1,35 |
| 1,60 | 6 | 0,830 | 44,75 | 53,94 | 2,24 | 2,70 |
| 1,80 | 5 | 0,826 | 37,14 | 44,95 | 1,86 | 2,25 |
| 2,00 | 4 | 0,823 | 27,54 | 33,45 | 1,38 | 1,67 |
| 2,20 | 4 | 0,820 | 27,44 | 33,45 | 1,37 | 1,67 |
| 2,40 | 4 | 0,817 | 27,34 | 33,45 | 1,37 | 1,67 |
| 2,60 | 4 | 0,814 | 27,24 | 33,45 | 1,36 | 1,67 |
| 2,80 | 4 | 0,811 | 27,14 | 33,45 | 1,36 | 1,67 |
| 3,00 | 5 | 0,809 | 31,61 | 39,09 | 1,58 | 1,95 |
| 3,20 | 5 | 0,806 | 31,51 | 39,09 | 1,58 | 1,95 |
| 3,40 | 6 | 0,803 | 37,69 | 46,91 | 1,88 | 2,35 |
| 3,60 | 6 | 0,801 | 37,57 | 46,91 | 1,88 | 2,35 |
| 3,80 | 4 | 0,798 | 24,97 | 31,27 | 1,25 | 1,56 |
| 4,00 | 4 | 0,796 | 23,37 | 29,36 | 1,17 | 1,47 |
| 4,20 | 4 | 0,794 | 23,30 | 29,36 | 1,17 | 1,47 |
| 4,40 | 3 | 0,791 | 17,43 | 22,02 | 0,87 | 1,10 |
| 4,60 | 3 | 0,789 | 17,38 | 22,02 | 0,87 | 1,10 |
| 4,80 | 5 | 0,787 | 28,89 | 36,70 | 1,44 | 1,84 |
| 5,00 | 6 | 0,785 | 32,58 | 41,50 | 1,63 | 2,08 |
| 5,20 | 8 | 0,783 | 43,33 | 55,34 | 2,17 | 2,77 |
| 5,40 | 9 | 0,781 | 48,62 | 62,25 | 2,43 | 3,11 |
| 5,60 | 13 | 0,729 | 65,57 | 89,92 | 3,28 | 4,50 |
| 5,80 | 16 | 0,727 | 80,49 | 110,67 | 4,02 | 5,53 |
| 6,00 | 18 | 0,725 | 85,41 | 117,72 | 4,27 | 5,89 |
| 6,20 | 21 | 0,674 | 92,53 | 137,34 | 4,63 | 6,87 |
| 6,40 | 24 | 0,672 | 105,48 | 156,96 | 5,27 | 7,85 |
| 6,60 | 32 | 0,620 | 129,83 | 209,29 | 6,49 | 10,46 |
| 6,80 | 50 | 0,569 | 185,98 | 327,01 | 9,30 | 16,35 |



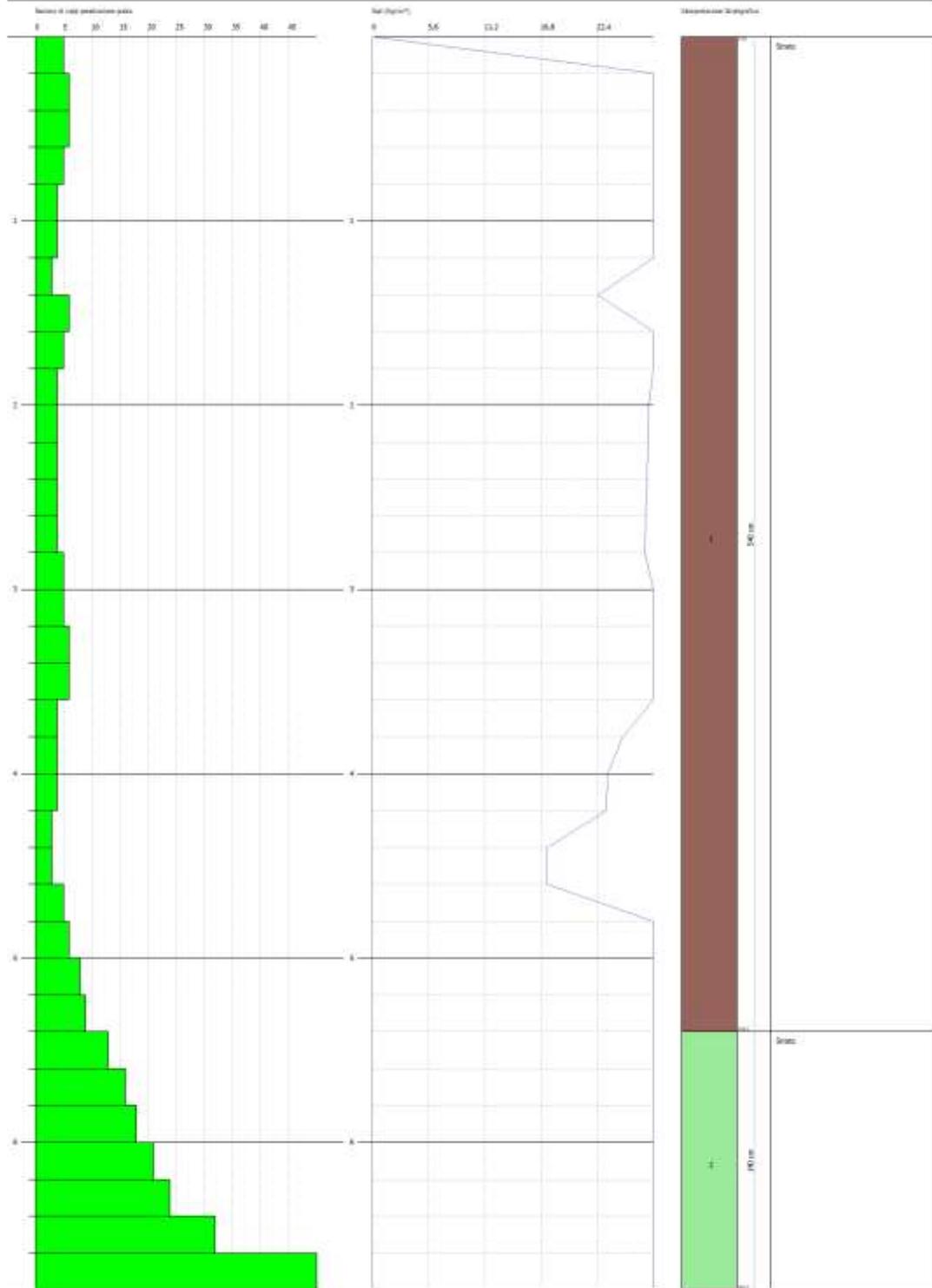
GEOSTRU
CHANGES FROM PREFERENCES OPTING
CONFRONT

PROVA PERITROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DPHH (Dynamic Probing Super Heavy)

Identificativo:
Descrizione:
CANTIERE

Data: 12/09/2011

Scala: 1:20



SOGLIATURE 1

SOGLIATURE 2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



PROVA N.1

| STRATO | Spessore dello strato (m) | Nspt | Tipo | Coesione non drenata (Kg/cm ²) | Peso unità di volume (t/m ³) | Peso unità di volume saturo (t/m ³) | Angolo ϕ | Coefficiente di spinta (K0) | Mod. Edometrico E _{ed} (kg/cm ²) | Mod. Elastico di Young E _{el} (kg/cm ²) | Qc Resistenza alla punta (kg/cm ²) |
|--------|----------------------------------|------|---------|---|---|--|---------------|-----------------------------|--|---|---|
| 1 | DA METRI 0,00 A METRI 3,80 | 9 | Coesivo | 1,20 | 1,95 | 2,14 | 14-16 | 0,75-0,72 | 119,63 | 95,70 | 19,14 |
| 2 | DA METRI 3,80 A METRI 4,40 | 20 | Coesivo | 2,57 | 2,10 | 2,11 | 16-18 | 0,72-0,69 | 205,60 | 205,60 | 41,12 |
| 3 | DA METRI 4,40 A METRI 6,40 | 16 | Coesivo | 1,97 | 2,07 | 2,28 | 18-20 | 0,69-0,65 | 157,90 | 157,90 | 31,58 |

PROVA N.2

| STRATO | Spessore dello strato (m) | Nspt | Tipo | Coesione non drenata (kg/cm ²) | Peso unità di volume (t/m ³) | Peso unità di volume saturo (t/m ³) | Angolo ϕ | Coefficiente di spinta (K0) | Mod. Edometrico E _{ed} (kg/cm ²) | Mod. Elastico di Young E _{el} (kg/cm ²) | Qc Resistenza alla punta (kg/cm ²) |
|--------|------------------------------|------|---------|---|---|--|---------------|-----------------------------|--|---|---|
| 1 | DA METRI 0,00 A METRI 6,20 | 11 | Coesivo | 1,44 | 2,01 | 2,21 | 17-20 | 0,70-0,65 | 115,40 | 115,40 | 23,08 |
| 2 | DA METRI 6,20 A METRI 8,20 | 38 | Coesivo | 4,76 | 2,42 | 2,50 | 22-27 | 0,62-0,54 | 380,50 | 380,50 | 76,10 |

PROVA N.3

| STRATO | Spessore dello strato (m) | Nspt | Tipo | Coesione non drenata (Kg/cm ²) | Peso unità di volume (t/m ³) | Peso unità di volume saturo (t/m ³) | Angolo ϕ | Coefficiente di spinta (K0) | Mod. Edometrico E _{ed} (kg/cm ²) | Mod. Elastico di Young E _{el} (kg/cm ²) | Qc Resistenza alla punta (kg/cm ²) |
|--------|----------------------------|------|---------|--|--|---|---------------|-----------------------------|---|--|--|
| 1 | DA METRI 0,00 A METRI 5,40 | 7 | Coesivo | 0,92 | 1,87 | 1,90 | 14-16 | 0,75-0,72 | 91,75 | 73,40 | 14,68 |
| 2 | DA METRI 5,40 A METRI 6,80 | 37 | Coesivo | 4,67 | 2,38 | 2,50 | 22-27 | 0,62-0,54 | 373,90 | 373,90 | 74,78 |

ULTIMO STRATO

| Spessore dello strato (m) | Tipo | Coesione non drenata (Kg/cm ²) | Peso unità di volume (t/m ³) | Peso unità di volume saturo (t/m ³) | Angolo ϕ | Coefficiente di spinta (K0) | Mod. Edometrico E _{ed} (kg/cm ²) | Mod. Elastico di Young E _{el} (kg/cm ²) |
|-----------------------------|---------|--|--|---|---------------|-----------------------------|---|--|
| DA METRI 8,20 A METRI 30,00 | Coesivo | 5,2 | 2,50 | 2,60 | 30-35 | 0,50-0,42 | 390,00 | 392,00 |

REGIONE PUGLIA



COMUNE di

DELICETO

(Provincia di FOGGIA)



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

Committenza: RINNOVABILI SUD TRE S.R.L.

Località: RISEGA

ALLEGATO SISMICO



GEOSECURE S.R.L.
GEOLOGICAL & GEOPHYSICAL SERVICES



IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Geol. Vincenzo Cortese

GEOSECURE SRL
Via dei Monti Parioli, 40
00197 ROMA
Part IVA 01650420704

DATA: MAGGIO 2021

Vincenzo Cortese

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-SS2 | PAG. 09 |
| | 3.2 MASW M1-M2 | PAG. 17 |
| 4 | CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO DI INDAGINE | PAG. 23 |

1. INTRODUZIONE

In questo **ALLEGATO SISMICO** si descrivono i risultati provenienti dalla **campagna di indagini geofisiche** effettuata nel comune di Deliceto (FG), dalla ditta “GEOSECURE s.r.l.”, nel mese di MAGGIO 2021, eseguita a servizio della pratica denominata “**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI**” per conto di **RINNOVABILI SUD TRE S.R.L.**

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

- N° 02 PROSPEZIONI GEOFISICHE SUPERFICIALI CON METODOLOGIA DI INDAGINE DENOMINATA “SISMICA A RIFRAZIONE” E “TOMOGRAFIA SISMICA” ESEGUITA MEDIANTE INSTALLAZIONE DI N° 02 STENDIMENTI SISMICI DENOMINATI **SS1** e **SS2** (di lunghezza rispettivamente pari a 15,00 MT e 23,00 MT);
- N° 02 PROSPEZIONI GEOFISICHE SUPERFICIALI CON METODOLOGIA DI INDAGINE “MASW” **M1** e **M2** (di lunghezza rispettivamente pari a 15,00 MT e 23,00 MT).

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

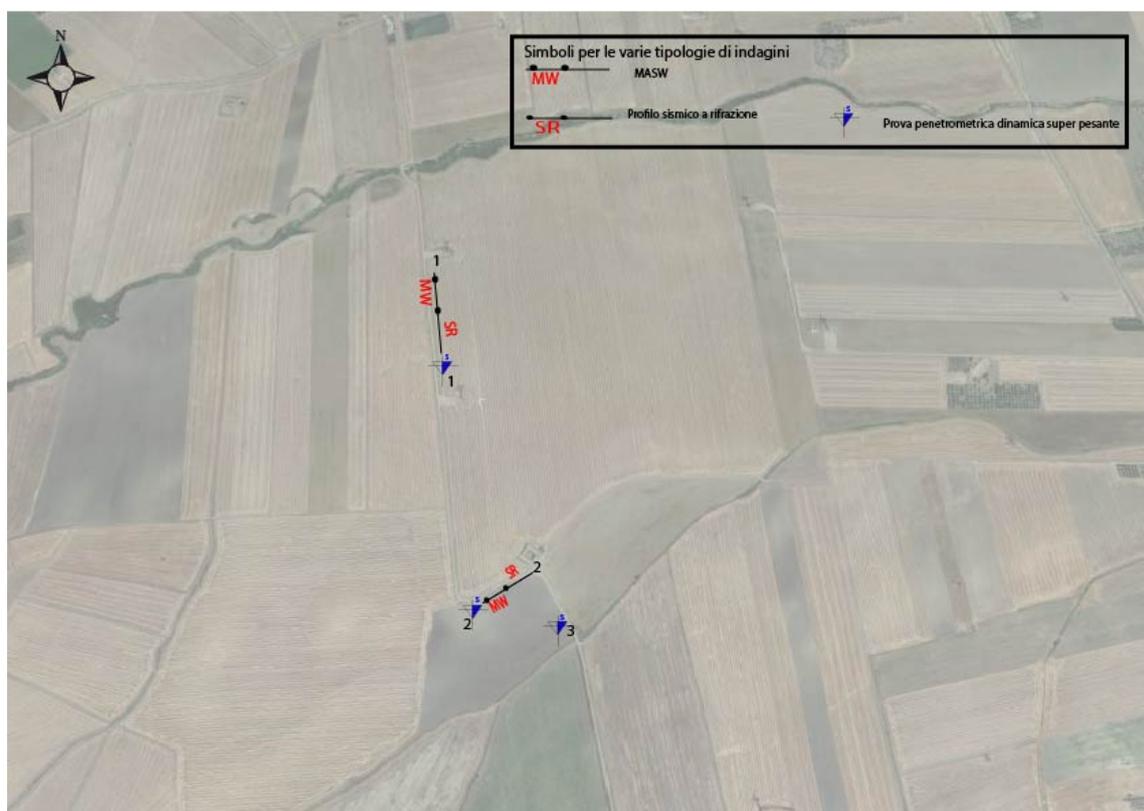


Fig. 1: ubicazione delle indagini geofisiche eseguite nel comune di Deliceto (FG).

2. INTRODUZIONE ALLE METODOLOGIE GEOFISICHE UTILIZZATE

2.1 TOMOGRAFIA SISMICA

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

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E FIGURE PROFESSIONALI UTILIZZATE DURANTE LE INDAGINI:

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

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



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

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

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

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

PRINCIPI DI BASE:

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

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

- *le onde sismiche si propagano con velocità diverse in mezzi con caratteristiche meccaniche diverse*
- *quando il raggio sismico attraversa una discontinuità di velocità (passa da 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, è stato sviluppato in situ:

- **n° 02 stendimento sismico - DENOMINATI SS1 e SS2** - con l'utilizzo di rispettivamente **n° 16 geofoni e 24 geofoni** distanziati tra di loro su linea retta con distanza intergeofonica pari a **1,00 metro** (LUNGHEZZA TOTALE DEL PROFILO SS1 = 15,00 MT, LUNGHEZZA TOTALE DEL PROFILO SS2 = 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 15,00 Mt - DISTANZA INTERGEOFONICA = 1,00 Mt

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

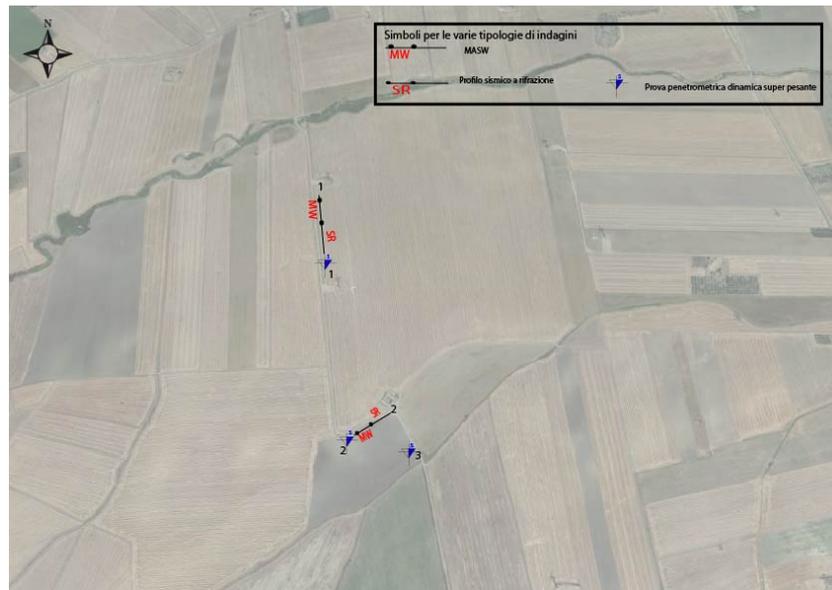


Fig. 4: ubicazione dei profili sismici.

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 primo tra il 4° e il 5° geofono e il secondo tra l'8° e 9° 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.

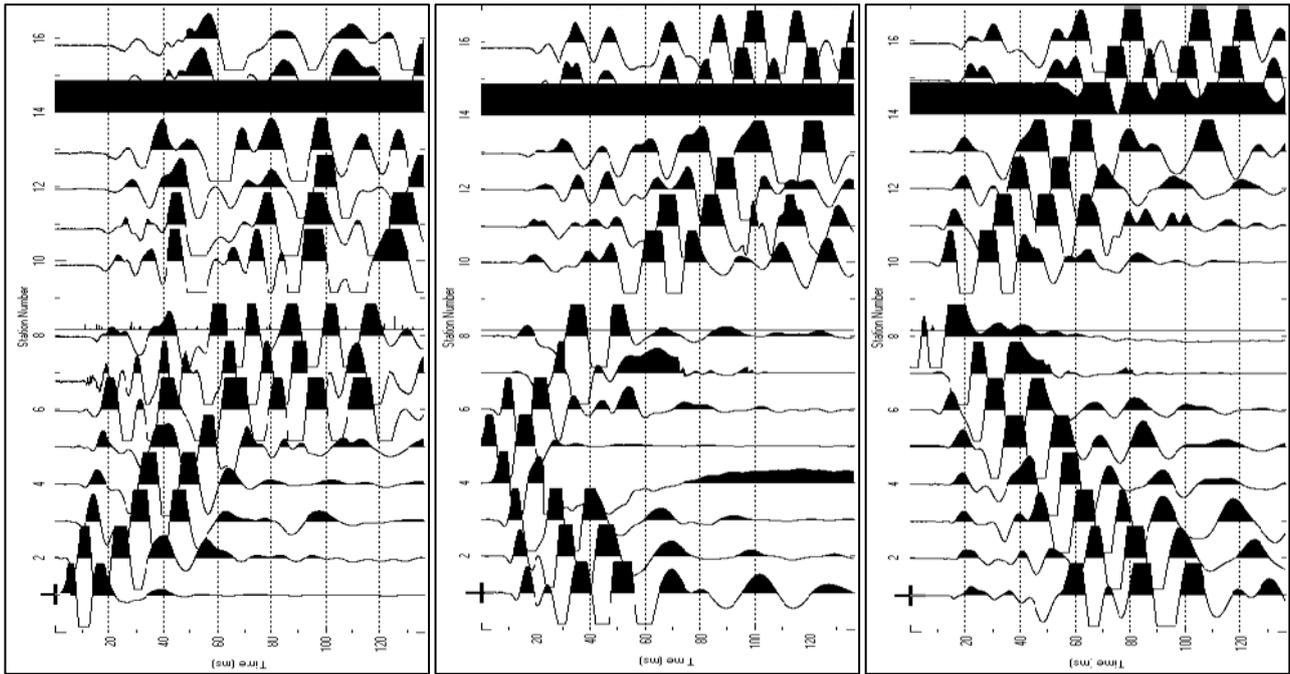


Fig. 5: sismogrammi dello Scoppio 1,2 e 3. – SS1

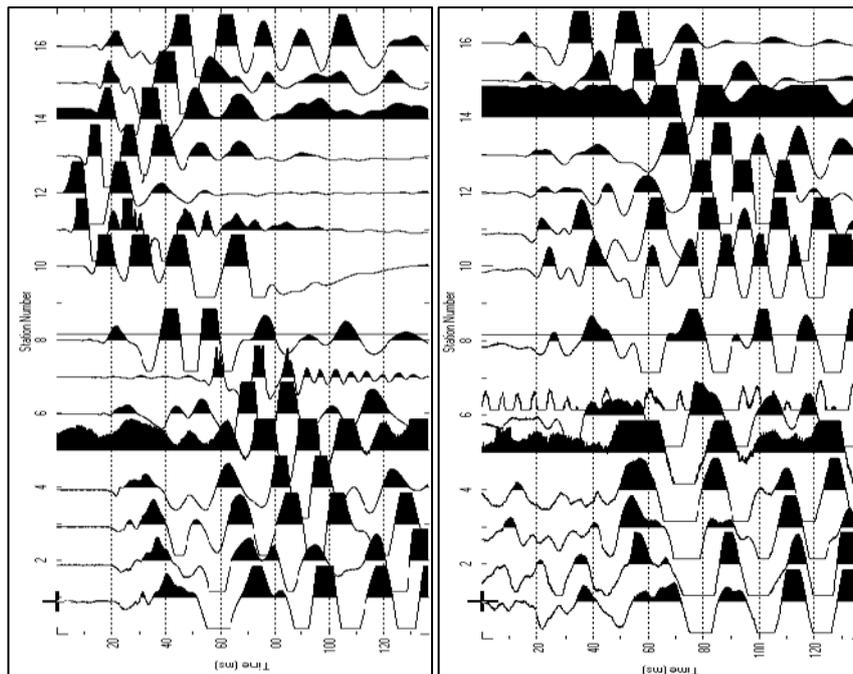


Fig. 6: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS1

| TABELLA PRIMI ARRIVI | | | | | |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Scoppi | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
| Distanza (m) | -2.00 | 4.50 | 6.50 | 12.50 | 18.00 |
| | msec | msec | msec | msec | msec |
| 0.00 | 2.4 | 10.933 | 15.733 | 17.133 | 19.267 |
| 2.00 | 3.533 | 8 | 14.067 | 16.6 | 18.633 |
| 3.00 | 5.133 | 6.133 | 11.933 | 15.067 | 17.667 |
| 4.00 | 6.533 | 2.867 | 9.467 | 14.267 | 16.767 |
| 5.00 | 8.133 | 4.333 | 8.133 | 13.6 | 16.267 |
| 6.00 | 8.933 | 5.667 | 5.933 | 12.067 | 15.467 |
| 7.00 | 10 | 6.6 | 4.133 | 11.2 | 14.6 |
| 8.00 | 11.133 | 7.733 | 2.533 | 10.267 | 13.8 |
| 9.00 | 11.933 | 8.867 | 4.133 | 8.467 | 12.733 |
| 10.00 | 12.467 | 9.9 | 5.933 | 6.533 | 11.933 |
| 11.00 | 14.067 | 10.924 | 7.2 | 3.733 | 10.533 |
| 12.00 | 15.733 | 12.2 | 9.345 | 2.067 | 9.567 |
| 13.00 | 16.8 | 13.45 | 10.4 | 4.333 | 8.667 |
| 14.00 | 17.333 | 14.733 | 11.67 | 7.867 | 6.867 |
| 15.00 | 18.333 | 15.533 | 12.6 | 9.467 | 4.2 |
| 16.00 | 19.667 | 16.9 | 13.733 | 10.867 | 2.767 |

Fig. 7: tabella dei primi arrivi.

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

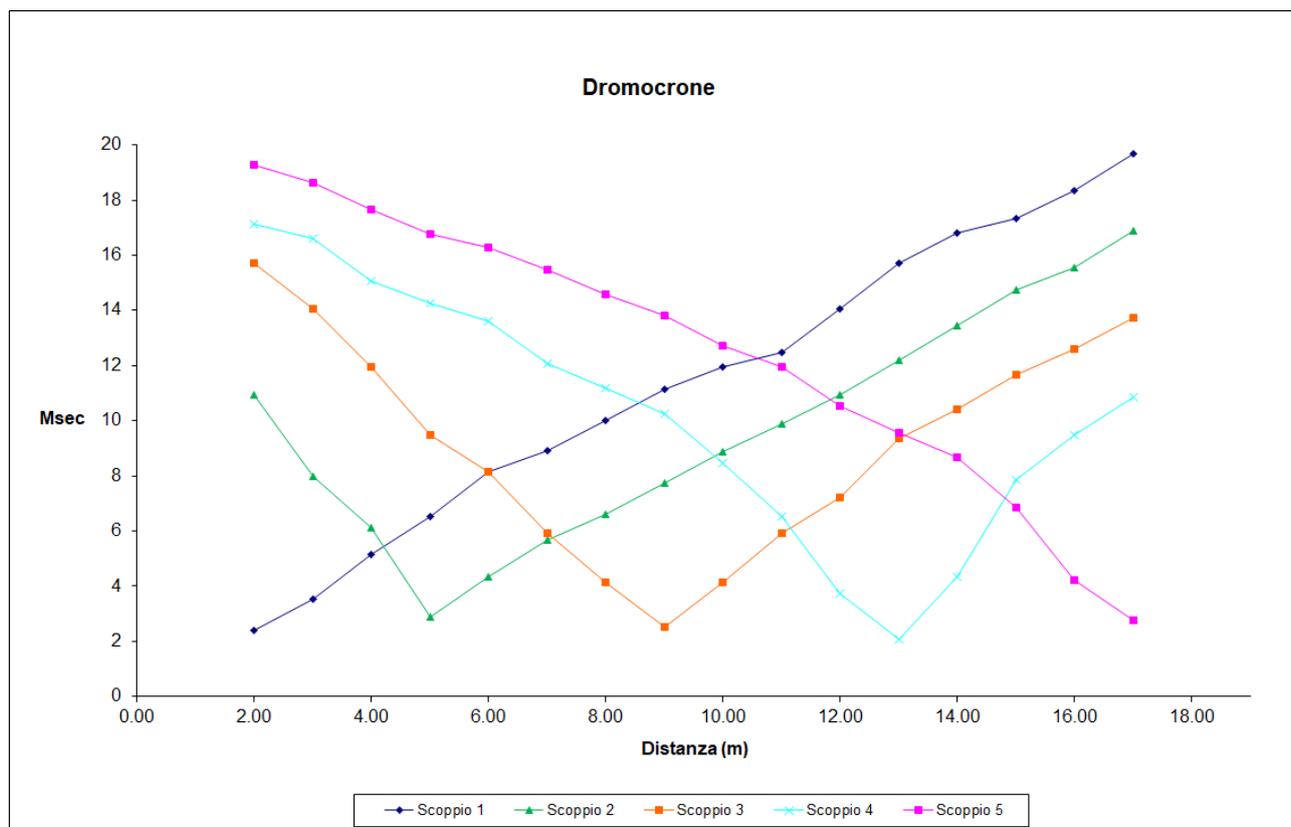


Fig. 8: dromocrone dei primi arrivi.

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**.

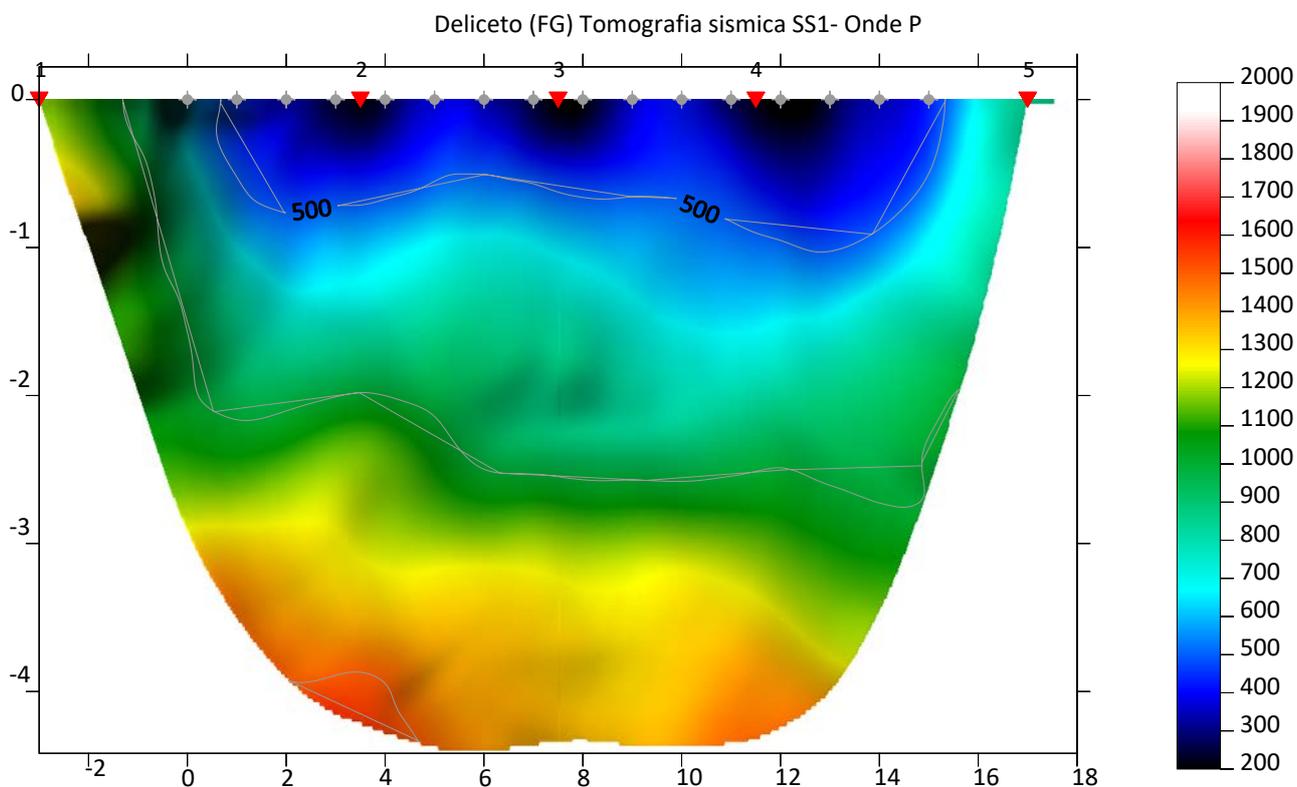


Fig. 9: tomografia sismica. SS1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE



FOTO 1: postazione di energizzazione SS1

STENDIMENTO SISMICO SS2

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

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 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.

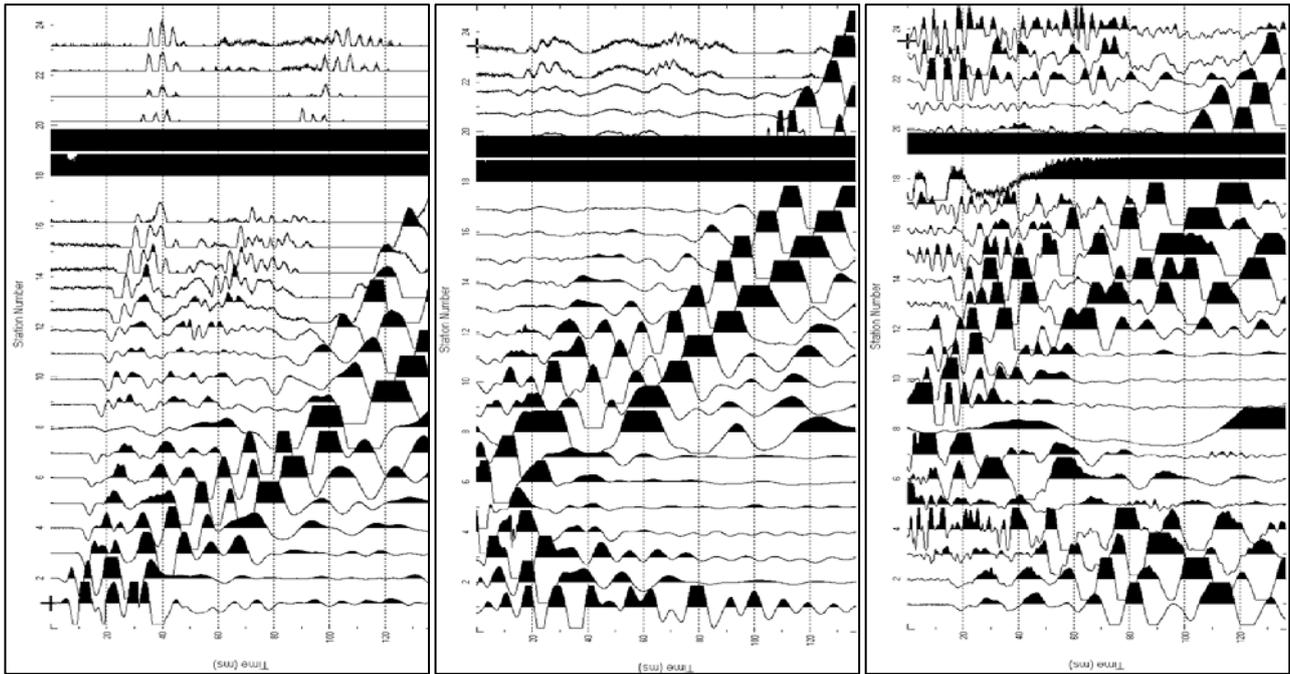


Fig. 10: sismogrammi dello Scoppio 1,2 e 3. – SS2

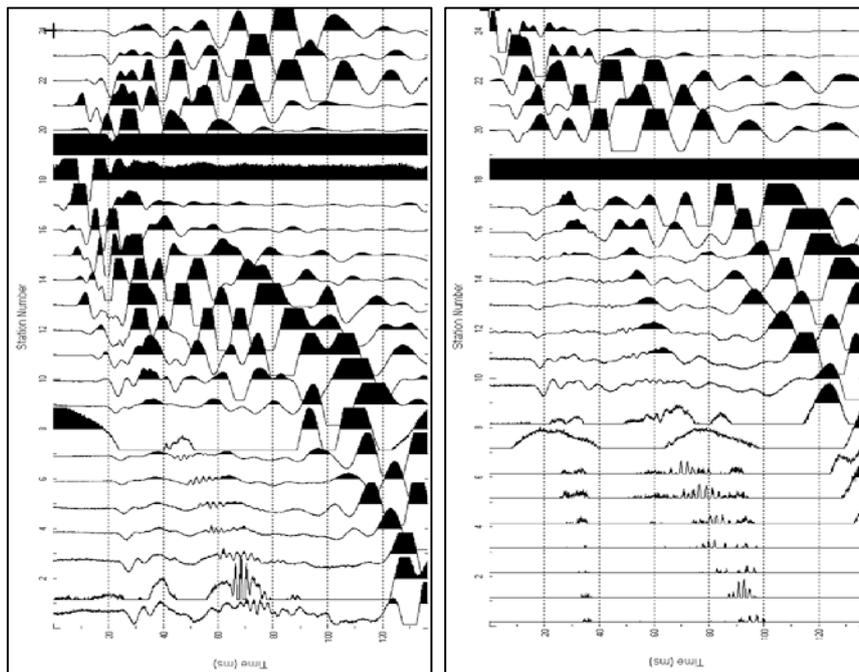


Fig. 11: sismogrammi dello Scoppio 4 e 5 – SS2

| 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 | 2.733 | 10.867 | 14.733 | 20.2 | 25.267 |
| 2.00 | 3.333 | 8.933 | 13.467 | 19.6 | 24.867 |
| 3.00 | 4.867 | 6.4 | 12.133 | 18.067 | 23.333 |
| 4.00 | 5.4 | 5.4 | 11.533 | 17.43 | 22.8 |
| 5.00 | 6.533 | 3.067 | 10.467 | 16.933 | 21.533 |
| 6.00 | 7.867 | 2.467 | 9.133 | 15.4 | 20.467 |
| 7.00 | 8.4 | 3.345 | 8.8 | 14.867 | 19.667 |
| 8.00 | 9.467 | 4.8 | 7.8 | 13.267 | 18.667 |
| 9.00 | 10.733 | 5.333 | 6.867 | 12.733 | 17.4 |
| 10.00 | 11.267 | 6.867 | 5.8 | 11.467 | 16.267 |
| 11.00 | 12.4 | 7.8 | 3.345 | 10.4 | 15.267 |
| 12.00 | 13.667 | 8.333 | 1.333 | 9.6 | 14.733 |
| 13.00 | 14.467 | 9.867 | 2.733 | 8.533 | 13.467 |
| 14.00 | 15.8 | 10.667 | 3.8 | 7.933 | 12.467 |
| 15.00 | 16.333 | 11.733 | 5.133 | 6.867 | 11.667 |
| 16.00 | 17.467 | 12.267 | 6.8 | 5.067 | 10.4 |
| 17.00 | 18.8 | 13.533 | 7.4 | 4.23 | 9.4 |
| 18.00 | 19.867 | 14.667 | 8.2 | 2.667 | 8.133 |
| 19.00 | 20.8 | 15.2 | 9.867 | 4.867 | 7.4 |
| 20.00 | 21.067 | 16.345 | 10.267 | 5.667 | 6.8 |
| 21.00 | 22.333 | 17.267 | 11.4 | 6.933 | 5.2 |
| 22.00 | 23.4 | 18.8 | 12.267 | 7.567 | 4.133 |
| 23.00 | 24.933 | 19.867 | 13.8 | 8.4 | 3.867 |
| 24.00 | 25.733 | 20.733 | 14.8 | 9.933 | 2.8 |

Fig. 12: tabella dei primi arrivi.

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

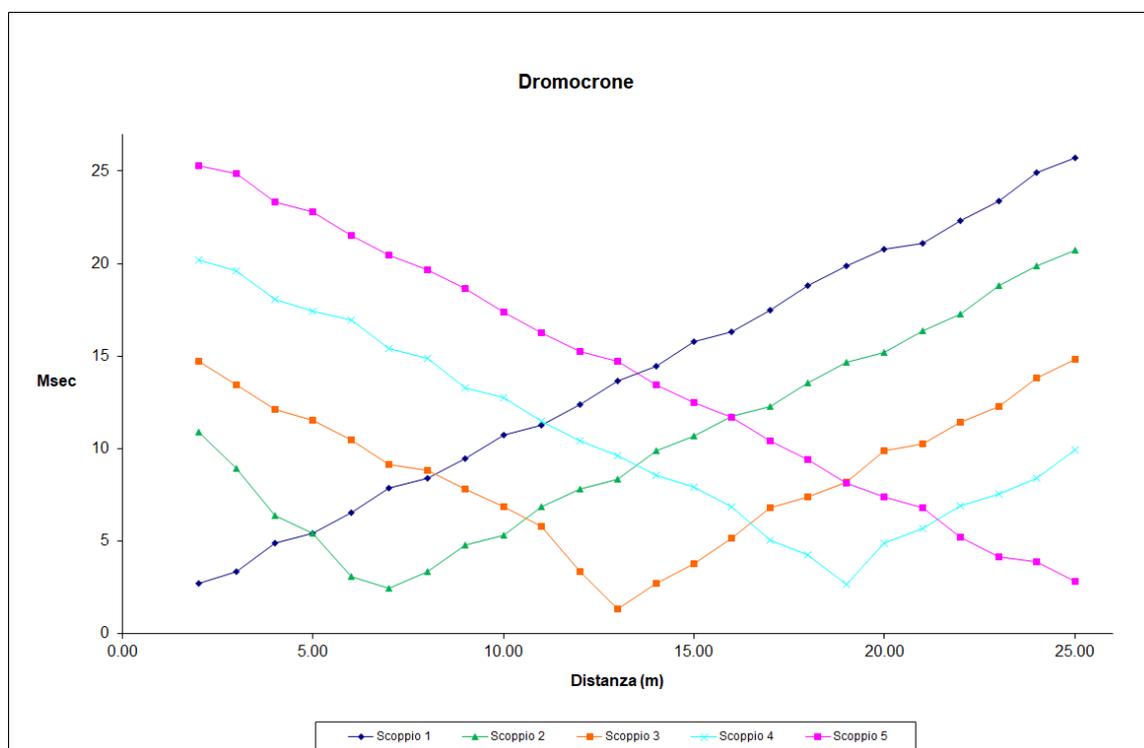


Fig. 13: dromocrone dei primi arrivi.

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**.

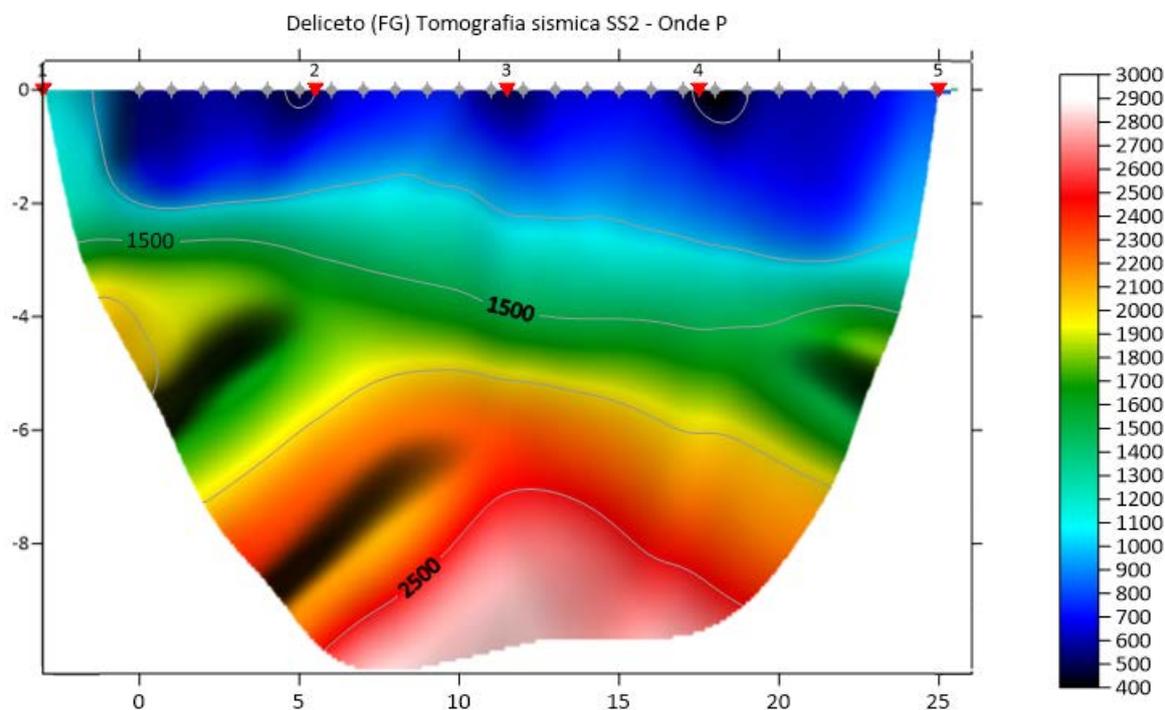


Fig. 14: tomografia sismica. SS1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA RELATIVA ALLA PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE



FOTO 2: postazione di energizzazione SS2

3.2 MASW

ELABORAZIONE DEI DATI M1:

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

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

La **distanza intergeofonica** è stata stabilita in 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. 15** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;

In **Fig. 16** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;

In **Fig. 17** è riportato il grafico mostrante lo spettro di velocità – frequenze 3D acquisito;

In **Fig. 18** è riportato l'andamento di Vs con la profondità;

In **Fig. 19** è riportato il Calcolo di V_{seq} M1;

In **Fig. 19** è riportato la tabella di Calcolo di V_{seq} M1.

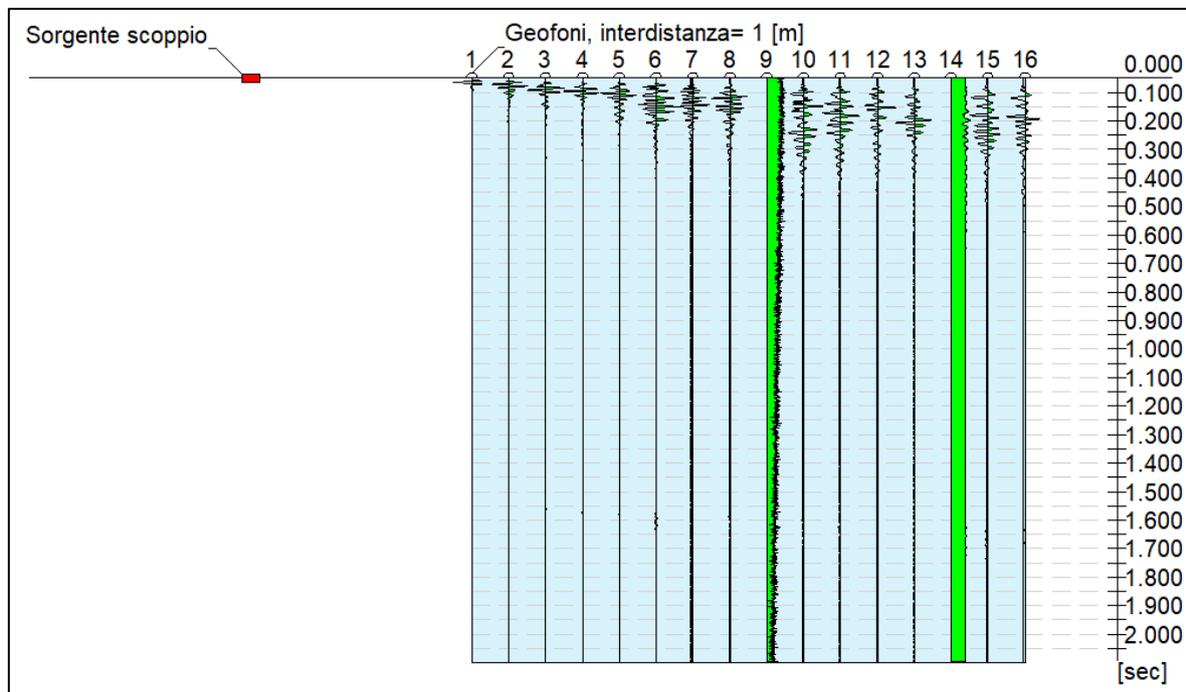


Fig.15: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della MASW- M1

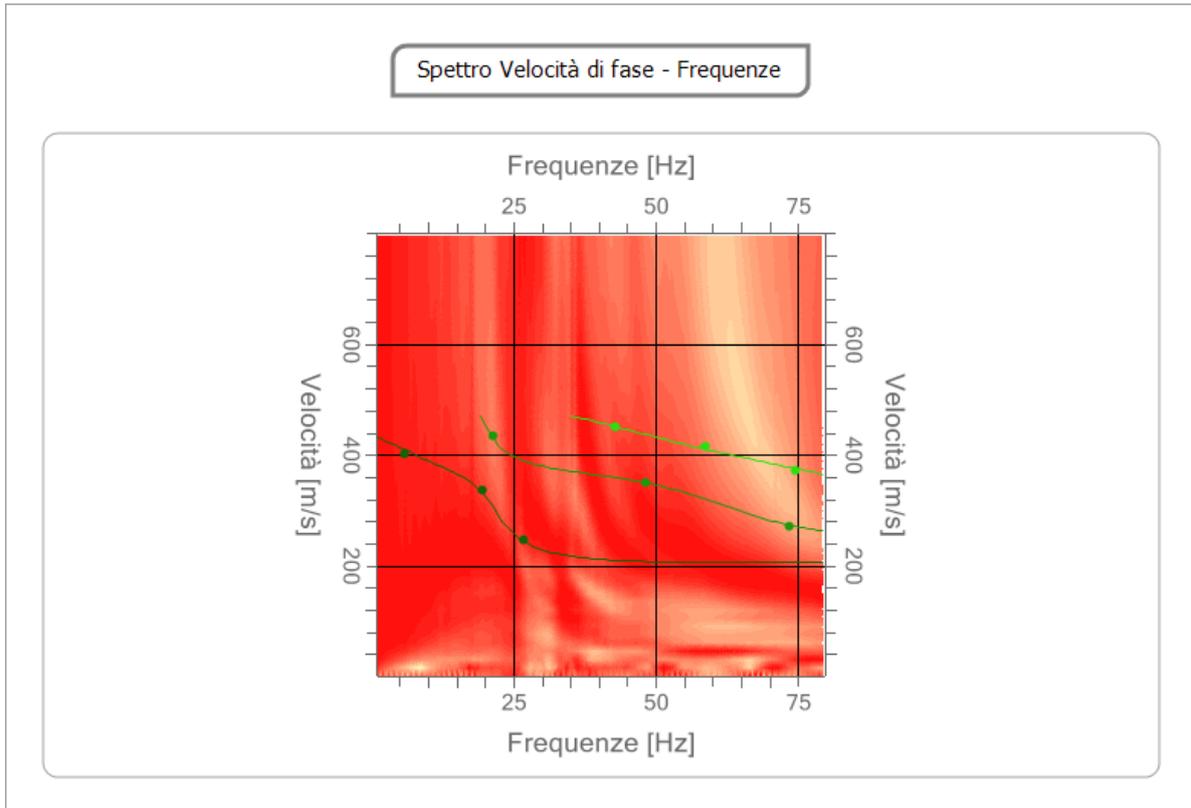


Fig. 16: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale. M1

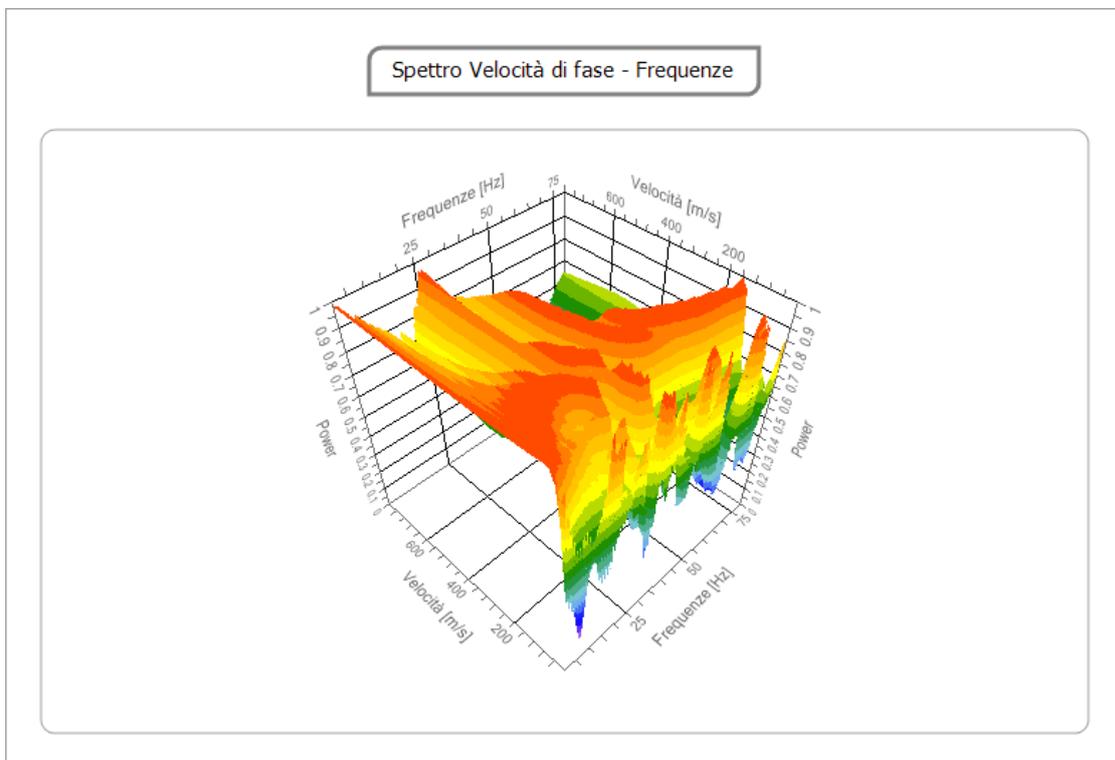


Fig. 17: spettro di velocità – frequenze 3D acquisito M1

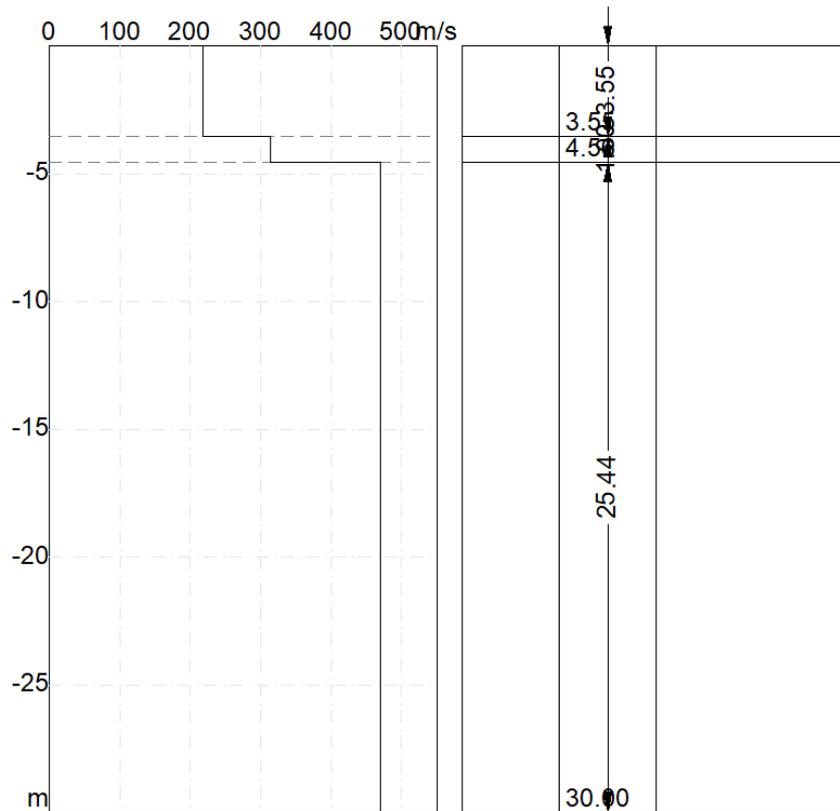


Fig. 18: andamento di Vs con la profondità - M1

| | |
|---|--------|
| Profondità piano di posa [m] | 0.00 |
| Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) | 408.07 |
| Categoria del suolo | B |

Fig. 19: Calcolo di Vseq. M1

| N. | Profondità (m) | Spessore (m) | Vs [m/sec] |
|----|----------------|--------------|------------|
| 1 | 3.55 | 3.55 | 218.0 |
| 2 | 4.56 | 1.00 | 314.8 |
| 3 | 30.00 | 25.44 | 470.9 |

Fig. 20: Tabella di calcolo di Vseq. M1

ELABORAZIONE DEI DATI M2:

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

- In **Fig. 21** è riportato il grafico mostrante i sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione;
- In **Fig. 22** è riportato il grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale;
- In **Fig. 23** è riportato il grafico mostrante lo spettro di velocità – frequenze 3D acquisito;
- In **Fig. 24** è riportato l'andamento di V_s con la profondità;
- In **Fig. 25** è riportato il Calcolo di V_{Seq} M2;
- In **Fig. 26** è riportato la tabella di Calcolo di V_{Seq} M2.

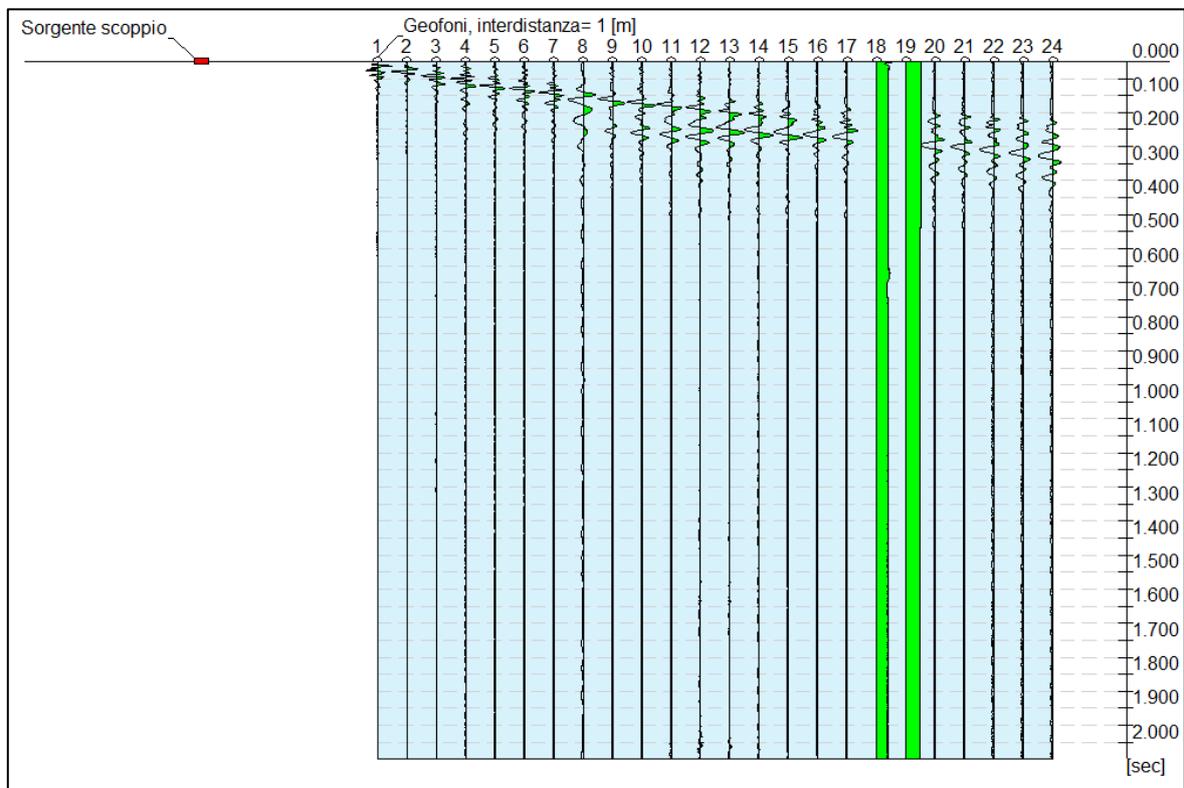


Fig.21: sismogrammi acquisiti durante l'esecuzione della MASW- M2

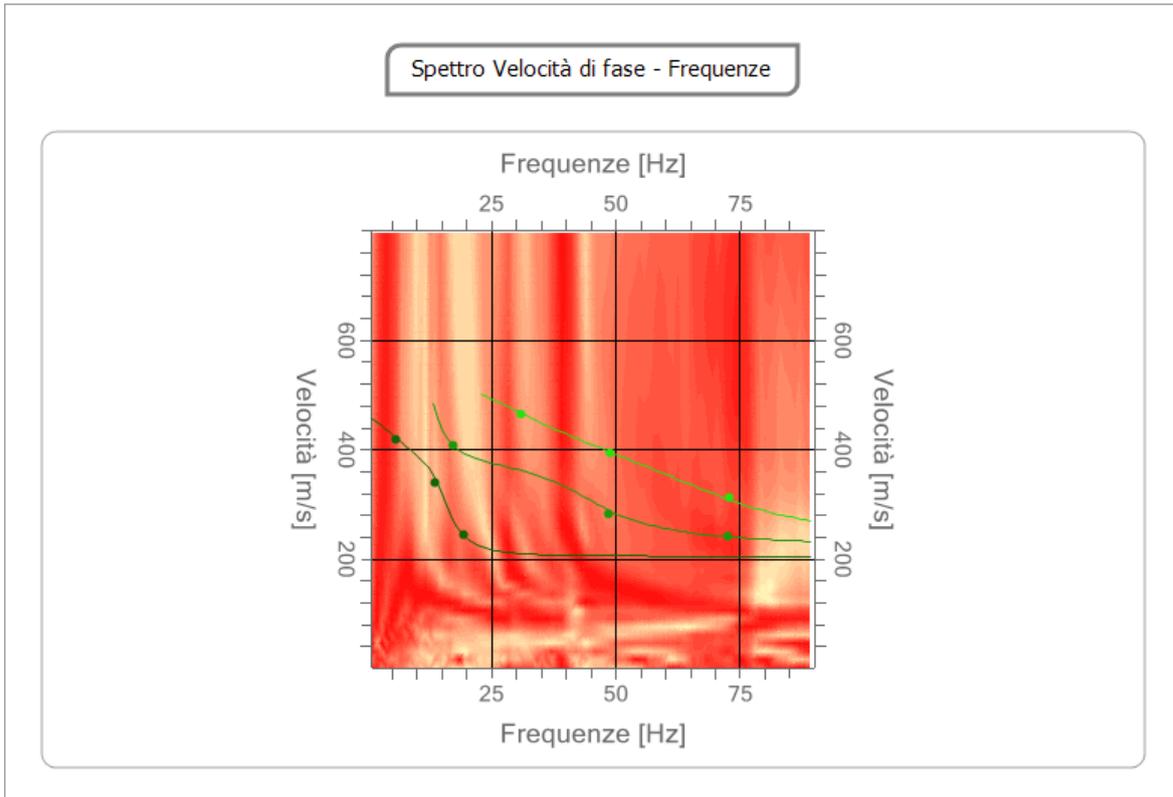


Fig. 22: grafico di dispersione con la curva del modo fondamentale. M2

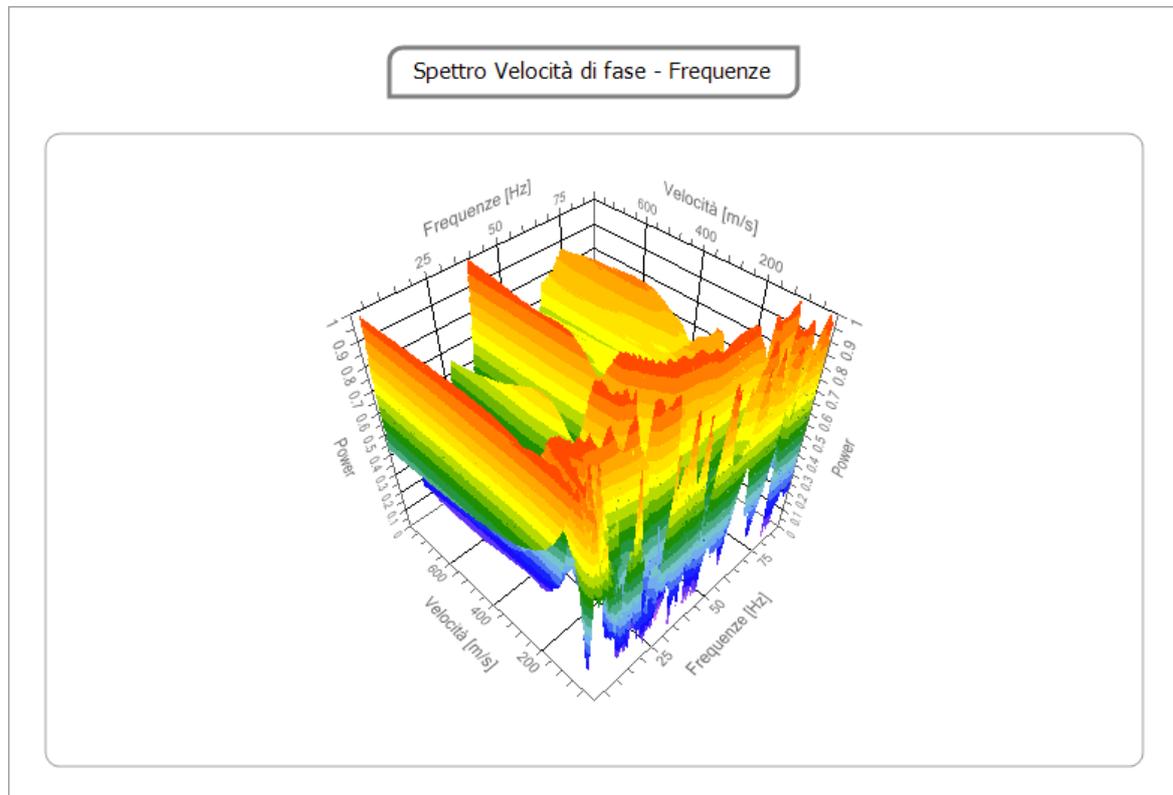


Fig. 23: spettro di velocità – frequenze 3D acquisito M2

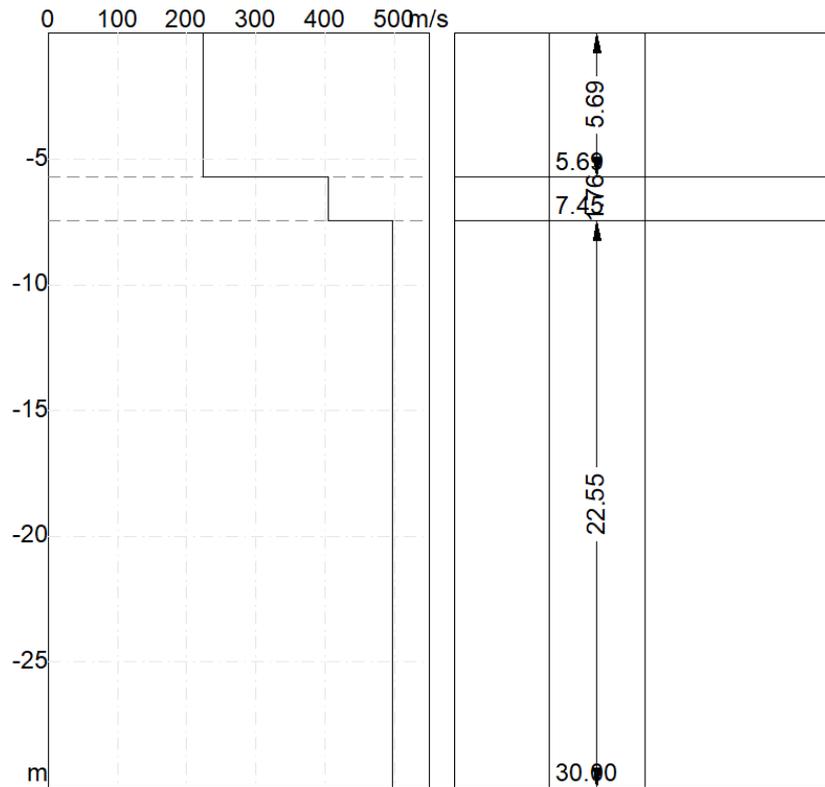


Fig. 24: andamento di Vs con la profondità – M2

| | |
|---|--------|
| Profondità piano di posa [m] | 0.00 |
| Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) | 399.56 |
| Categoria del suolo | B |

Fig. 25: Calcolo di Vs_{eq} M2

| N. | Profondità (m) | Spessore (m) | Vs [m/sec] |
|----|----------------|--------------|------------|
| 1 | 5.69 | 5.69 | 224.0 |
| 2 | 7.45 | 1.76 | 405.2 |
| 3 | 30.00 | 22.55 | 497.4 |

Fig. 26: Tabella di calcolo di Vs_{eq} M2

4. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO DI INDAGINE

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

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

| Classe | Descrizione |
|--------|--|
| A | <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 | <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> |
| 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 **408 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 mt = suolo categoria B;**
- V_s Equivalente *M2* pari a **399 m/s per l'intervallo di sottosuolo calcolato dal p.c. a -30,00 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. Geol. Vincenzo Cortese

GEOSECURE SRL
Via dei Monti Parioli, 40
00197 ROMA
Part IVA 01650420704
Vincenzo Cortese

TABULATO

PROFILO 1

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

| | |
|---|--------------------|
| Normativa | NTC2018 |
| Numero di strati | 4,0 |
| Numero dei conci | 10,0 |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile | 1,1 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1,0 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco |
| Analisi | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare | |

Maglia dei Centri

| | |
|--|-----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | 1724,15 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 1631,16 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 1823,07 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 1685,96 m |
| Passo di ricerca | 10,0 |
| Numero di celle lungo x | 10,0 |
| Numero di celle lungo y | 10,0 |

Sisma

| | |
|---|-------|
| Coefficiente azione sismica orizzontale | 0,044 |
| Coefficiente azione sismica verticale | 0,022 |

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 1705,7 | 1619,6 |
| 2 | 1713,41 | 1618,6 |
| 3 | 1720,1 | 1617,6 |
| 4 | 1726,2 | 1616,6 |
| 5 | 1731,84 | 1615,6 |
| 6 | 1737,79 | 1614,6 |
| 7 | 1744,18 | 1613,6 |
| 8 | 1751,2 | 1612,6 |
| 9 | 1759,18 | 1611,6 |
| 10 | 1768,38 | 1610,6 |
| 11 | 1779,26 | 1609,6 |
| 12 | 1791,32 | 1608,6 |
| 13 | 1805,57 | 1607,6 |
| 14 | 1822,82 | 1606,6 |
| 15 | 1846,04 | 1605,6 |
| 16 | 1895,39 | 1604,6 |
| 17 | 1898,82 | 1604,6 |
| 18 | 1916,54 | 1604,6 |
| 19 | 1939,24 | 1603,6 |
| 20 | 1947,98 | 1602,6 |
| 21 | 1955,37 | 1601,6 |
| 22 | 1962,8 | 1600,6 |
| 23 | 1969,86 | 1599,6 |
| 24 | 1977,6 | 1598,6 |
| 25 | 1987,33 | 1597,6 |

| | | |
|----|---------|--------|
| 26 | 1999,51 | 1596,6 |
|----|---------|--------|

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 1705,7 | 1618,59 |
| 2 | 1713,27 | 1617,6 |
| 3 | 1719,94 | 1616,61 |
| 4 | 1726,03 | 1615,61 |
| 5 | 1731,67 | 1614,61 |
| 6 | 1737,63 | 1613,61 |
| 7 | 1744,04 | 1612,61 |
| 8 | 1751,07 | 1611,6 |
| 9 | 1759,06 | 1610,6 |
| 10 | 1768,28 | 1609,6 |
| 11 | 1779,18 | 1608,6 |
| 12 | 1791,24 | 1607,6 |
| 13 | 1805,51 | 1606,6 |
| 14 | 1822,77 | 1605,6 |
| 15 | 1846,01 | 1604,6 |
| 16 | 1895,38 | 1603,6 |
| 17 | 1898,82 | 1603,6 |
| 18 | 1916,52 | 1603,6 |
| 19 | 1939,16 | 1602,6 |
| 20 | 1947,86 | 1601,6 |
| 21 | 1955,23 | 1600,6 |
| 22 | 1962,66 | 1599,6 |
| 23 | 1969,72 | 1598,6 |
| 24 | 1977,48 | 1597,6 |
| 25 | 1987,24 | 1596,6 |
| 26 | 1999,51 | 1595,59 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 1705,7 | 1613,14 |
| 2 | 1712,52 | 1612,26 |
| 3 | 1719,11 | 1611,27 |
| 4 | 1725,12 | 1610,29 |
| 5 | 1730,76 | 1609,29 |
| 6 | 1736,77 | 1608,28 |
| 7 | 1743,24 | 1607,27 |
| 8 | 1750,35 | 1606,25 |
| 9 | 1758,43 | 1605,24 |
| 10 | 1767,74 | 1604,23 |
| 11 | 1778,71 | 1603,22 |
| 12 | 1790,83 | 1602,21 |
| 13 | 1805,16 | 1601,21 |
| 14 | 1822,5 | 1600,2 |
| 15 | 1845,84 | 1599,2 |
| 16 | 1895,32 | 1598,2 |
| 17 | 1898,82 | 1598,2 |
| 18 | 1916,4 | 1598,2 |
| 19 | 1938,73 | 1597,21 |
| 20 | 1947,19 | 1596,24 |
| 21 | 1954,51 | 1595,25 |
| 22 | 1961,92 | 1594,26 |
| 23 | 1969,0 | 1593,25 |
| 24 | 1976,86 | 1592,24 |
| 25 | 1986,74 | 1591,22 |
| 26 | 1999,51 | 1590,17 |

Vertici strato3

| N | X | y |
|---|---|---|
|---|---|---|

| | (m) | (m) |
|----|---------|---------|
| 1 | 1705,7 | 1611,33 |
| 2 | 1712,28 | 1610,47 |
| 3 | 1718,83 | 1609,49 |
| 4 | 1724,82 | 1608,51 |
| 5 | 1730,45 | 1607,51 |
| 6 | 1736,48 | 1606,5 |
| 7 | 1742,97 | 1605,49 |
| 8 | 1750,11 | 1604,47 |
| 9 | 1758,22 | 1603,45 |
| 10 | 1767,56 | 1602,44 |
| 11 | 1778,55 | 1601,43 |
| 12 | 1790,69 | 1600,42 |
| 13 | 1805,05 | 1599,41 |
| 14 | 1822,41 | 1598,41 |
| 15 | 1845,78 | 1597,4 |
| 16 | 1895,3 | 1596,4 |
| 17 | 1898,82 | 1596,4 |
| 18 | 1916,36 | 1596,4 |
| 19 | 1938,59 | 1595,42 |
| 20 | 1946,96 | 1594,46 |
| 21 | 1954,27 | 1593,47 |
| 22 | 1961,68 | 1592,47 |
| 23 | 1968,75 | 1591,47 |
| 24 | 1976,65 | 1590,45 |
| 25 | 1986,58 | 1589,43 |
| 26 | 1999,51 | 1588,37 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1,0 | 1,0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1,0 | 1,0 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| | |
|---|------|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1,25 |
| Coesione efficace | 1,25 |
| Coesione non drenata | 1,4 |
| Riduzione parametri geotecnici terreno | No |

Stratigrafia

| Strato | Coesione (kg/cm ²) | Coesione non drenata (kg/cm ²) | Angolo resistenza al taglio (°) | Peso unità di volume (Kg/m ³) | Peso saturo (Kg/m ³) | Litologia | |
|--------|--------------------------------|--|---------------------------------|---|----------------------------------|-----------|--|
| 1 | 0.01 | 1.2 | 18 | 1700 | 1900 | | |
| 2 | 0.03 | 1.2 | 18 | 1800 | 2000 | | |
| 3 | 0.08 | 3.5 | 23 | 2300 | 2500 | | |
| 4 | 0.2 | 4.4 | 30 | 2500 | 2700 | | |

Carichi distribuiti

| N° | xi (m) | yi (m) | xf (m) | yf (m) | Carico esterno (kg/cm ²) |
|----|---------|---------|---------|----------|--------------------------------------|
| 1 | 1706,26 | 1619,26 | 1756,26 | 1612,772 | 0,003 |
| 2 | 1756,21 | 1611,97 | 1806,21 | 1605,701 | 0,003 |
| 3 | 1806,24 | 1607,78 | 1856,24 | 1604,881 | 0,003 |
| 4 | 1856,56 | 1605,14 | 1906,56 | 1604,127 | 0,003 |
| 5 | 1906,87 | 1604,88 | 1956,87 | 1604,88 | 0,003 |
| 6 | 1957,18 | 1601,98 | 1997,18 | 1596,597 | 0,003 |

Risultati analisi pendio [NTC2018]

| | |
|----------------------------|-----------|
| Fs minimo individuato | 2,04 |
| Ascissa centro superficie | 1738,99 m |
| Ordinata centro superficie | 1672,26 m |
| Raggio superficie | 57,75 m |

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 1753,828 yc = 1674,996 Rc = 64,675 Fs=20,00

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|--------|-------------|---------|------------|---------------|---------------|----------------------------|-----------|------------|-------------|------------|
| 1 | 0,24 | -25,2 | 0,27 | 18,58 | 0,82 | 0,41 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 21,1 | 1,1 |
| 2 | 5,64 | -22,6 | 6,11 | 8076,37 | 355,36 | 177,68 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 8795,1 | 115,6 |
| 3 | 5,95 | -17,1 | 6,23 | 20073,21 | 883,22 | 441,61 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 21093,0 | 290,7 |
| 4 | 3,29 | -12,9 | 3,38 | 13958,89 | 614,19 | 307,1 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 14360,8 | 189,3 |
| 5 | 3,1 | -10,0 | 3,14 | 13928,33 | 612,85 | 306,42 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 14175,5 | 185,0 |
| 6 | 4,47 | -6,6 | 4,52 | 20027,59 | 881,21 | 440,61 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 20189,9 | 263,7 |
| 7 | 2,55 | -3,5 | 2,55 | 10533,66 | 463,48 | 231,74 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 10562,2 | 139,9 |
| 8 | 5,02 | -0,1 | 5,02 | 17329,73 | 762,51 | 381,25 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 17330,1 | 237,9 |
| 9 | 2,96 | 3,4 | 2,96 | 6939,81 | 305,35 | 152,68 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 6946,1 | 104,8 |
| 10 | 4,61 | 6,8 | 4,64 | 4582,58 | 201,63 | 100,82 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 4607,4 | 65,4 |

PROFILO 2

Vertici profilo Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

| | |
|---|--------------------|
| Normativa | [A2+M1+R2] |
| Numero di strati | 4,0 |
| Numero dei conci | 10,0 |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile | 1,3 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1,0 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco |
| Analisi | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare | |

Maglia dei Centri

| | |
|--|-----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | 1483,09 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 991,02 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 1659,16 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 1064,57 m |
| Passo di ricerca | 10,0 |
| Numero di celle lungo x | 15,0 |
| Numero di celle lungo y | 15,0 |

Sisma

| | |
|---|-------|
| Coefficiente azione sismica orizzontale | 0,044 |
| Coefficiente azione sismica verticale | 0,022 |

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 1420,46 | 958,03 |
| 2 | 1429,1 | 957,03 |
| 3 | 1438,44 | 956,03 |
| 4 | 1449,49 | 955,03 |
| 5 | 1461,51 | 954,03 |
| 6 | 1473,36 | 953,03 |
| 7 | 1485,49 | 952,03 |
| 8 | 1498,72 | 951,03 |
| 9 | 1513,54 | 950,03 |
| 10 | 1529,12 | 949,03 |
| 11 | 1541,23 | 948,03 |
| 12 | 1551,08 | 947,03 |
| 13 | 1560,72 | 946,03 |
| 14 | 1570,65 | 945,03 |
| 15 | 1582,02 | 944,03 |
| 16 | 1595,97 | 943,03 |
| 17 | 1613,35 | 942,03 |
| 18 | 1632,83 | 941,03 |
| 19 | 1655,83 | 940,03 |
| 20 | 1699,06 | 939,03 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 1420,46 | 957,03 |
| 2 | 1428,99 | 956,04 |
| 3 | 1438,34 | 955,04 |
| 4 | 1449,4 | 954,04 |

| | | |
|----|---------|--------|
| 5 | 1461,43 | 953,04 |
| 6 | 1473,27 | 952,04 |
| 7 | 1485,41 | 951,04 |
| 8 | 1498,64 | 950,04 |
| 9 | 1513,48 | 949,04 |
| 10 | 1529,04 | 948,04 |
| 11 | 1541,14 | 947,04 |
| 12 | 1550,97 | 946,04 |
| 13 | 1560,61 | 945,04 |
| 14 | 1570,56 | 944,04 |
| 15 | 1581,94 | 943,04 |
| 16 | 1595,9 | 942,04 |
| 17 | 1613,3 | 941,04 |
| 18 | 1632,79 | 940,04 |
| 19 | 1655,8 | 939,04 |
| 20 | 1699,06 | 938,03 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 1420,46 | 951,59 |
| 2 | 1428,39 | 950,67 |
| 3 | 1437,81 | 949,67 |
| 4 | 1448,94 | 948,66 |
| 5 | 1460,98 | 947,66 |
| 6 | 1472,82 | 946,66 |
| 7 | 1484,98 | 945,65 |
| 8 | 1498,26 | 944,65 |
| 9 | 1513,12 | 943,65 |
| 10 | 1528,65 | 942,65 |
| 11 | 1540,64 | 941,66 |
| 12 | 1550,42 | 940,67 |
| 13 | 1560,06 | 939,67 |
| 14 | 1570,05 | 938,66 |
| 15 | 1581,51 | 937,65 |
| 16 | 1595,55 | 936,65 |
| 17 | 1613,0 | 935,64 |
| 18 | 1632,53 | 934,64 |
| 19 | 1655,62 | 933,64 |
| 20 | 1699,06 | 932,63 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 1420,46 | 949,78 |
| 2 | 1428,19 | 948,88 |
| 3 | 1437,64 | 947,87 |
| 4 | 1448,78 | 946,87 |
| 5 | 1460,83 | 945,86 |
| 6 | 1472,67 | 944,86 |
| 7 | 1484,84 | 943,86 |
| 8 | 1498,13 | 942,86 |
| 9 | 1513,01 | 941,85 |
| 10 | 1528,52 | 940,86 |
| 11 | 1540,48 | 939,87 |
| 12 | 1550,24 | 938,88 |
| 13 | 1559,88 | 937,88 |
| 14 | 1569,88 | 936,87 |
| 15 | 1581,37 | 935,86 |
| 16 | 1595,44 | 934,85 |
| 17 | 1612,91 | 933,85 |
| 18 | 1632,44 | 932,84 |
| 19 | 1655,56 | 931,84 |
| 20 | 1699,06 | 930,83 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1,0 | 1,0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1,0 | 1,0 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| | |
|---|------|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1,25 |
| Coesione efficace | 1,25 |
| Coesione non drenata | 1,4 |
| Riduzione parametri geotecnici terreno | No |

Stratigrafia

| Strato | Coesione (kg/cm ²) | Coesione non drenata (kg/cm ²) | Angolo resistenza al taglio (°) | Peso unità di volume (Kg/m ³) | Peso saturo (Kg/m ³) | Litologia |
|--------|--------------------------------|--|---------------------------------|---|----------------------------------|-----------|
| 1 | 0.01 | 1.2 | 18 | 1700 | 1900 | |
| 2 | 0.03 | 1.2 | 18 | 1800 | 2000 | |
| 3 | 0.08 | 3.5 | 23 | 2300 | 2500 | |
| 4 | 0.2 | 4.4 | 30 | 2500 | 2700 | |

Carichi distribuiti

| N° | xi (m) | yi (m) | xf (m) | yf (m) | Carico esterno (kg/cm ²) |
|----|---------|--------|---------|----------|--------------------------------------|
| 1 | 1421,03 | 958,29 | 1471,03 | 952,5038 | 0,003 |
| 2 | 1471,07 | 953,33 | 1521,07 | 949,1077 | 0,003 |
| 3 | 1521,36 | 949,62 | 1541,36 | 948,3356 | 0,003 |
| 4 | 1542,17 | 948,38 | 1572,17 | 945,3337 | 0,003 |
| 5 | 1572,39 | 944,66 | 1592,39 | 942,9006 | 0,003 |
| 6 | 1593,2 | 943,42 | 1643,2 | 939,835 | 0,003 |
| 7 | 1643,25 | 940,45 | 1693,25 | 938,2758 | 0,003 |

Risultati analisi pendio

| | |
|----------------------------|-----------|
| Fs minimo individuato | 3,2 |
| Ascissa centro superficie | 1559,39 m |
| Ordinata centro superficie | 1062,12 m |
| Raggio superficie | 115,92 m |

B: Larghezza del conccio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del conccio; Li: Lunghezza della base del conccio; Wi: Peso del conccio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$xc = 1571,126 \quad yc = 1037,604 \quad Rc = 93,177 \quad Fs=20,00$$

| Nr. | B (m) | Alfa (°) | Li (m) | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|-------|----------|--------|---------|------------|------------|-------------------------|--------|---------|----------|---------|
| 1 | 3,1 | -13,4 | 3,19 | 1285,85 | 56,58 | 28,29 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 1327,8 | 25,0 |
| 2 | 2,51 | -11,6 | 2,57 | 2478,81 | 109,07 | 54,53 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 2538,3 | 36,0 |
| 3 | 2,81 | -10,0 | 2,85 | 3878,37 | 170,65 | 85,32 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 3946,9 | 52,3 |
| 4 | 2,81 | -8,3 | 2,84 | 4635,06 | 203,94 | 101,97 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 4692,5 | 60,3 |
| 5 | 1,51 | -6,8 | 1,52 | 2648,27 | 116,52 | 58,26 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 2672,5 | 44,2 |
| 6 | 4,11 | -5,2 | 4,12 | 7289,25 | 320,73 | 160,36 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 7330,0 | 120,6 |
| 7 | 2,81 | -3,0 | 2,81 | 4499,55 | 197,98 | 98,99 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 4508,7 | 58,2 |

SLOPE

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|------|------|---------|--------|-------|------|------|-----|--------|------|
| 8 | 3,02 | -1,2 | 3,02 | 3877,51 | 170,61 | 85,31 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 3879,6 | 52,1 |
| 9 | 2,6 | 0,5 | 2,6 | 2233,92 | 98,29 | 49,15 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 2233,7 | 32,8 |
| 10 | 2,81 | 2,2 | 2,81 | 984,32 | 43,31 | 21,66 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 984,3 | 20,0 |

PROFILO 3

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

| | |
|---|--------------------|
| Normativa | NTC2018 |
| Numero di strati | 4,0 |
| Numero dei conci | 10,0 |
| Grado di sicurezza ritenuto accettabile | 1,1 |
| Coefficiente parziale resistenza | 1,0 |
| Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito: | Picco |
| Analisi | Condizione drenata |
| Superficie di forma circolare | |

Maglia dei Centri

| | |
|--|-----------|
| Ascissa vertice sinistro inferiore xi | 1567,87 m |
| Ordinata vertice sinistro inferiore yi | 1264,12 m |
| Ascissa vertice destro superiore xs | 1660,83 m |
| Ordinata vertice destro superiore ys | 1305,75 m |
| Passo di ricerca | 10,0 |
| Numero di celle lungo x | 10,0 |
| Numero di celle lungo y | 10,0 |

Sisma

| | |
|---|-------|
| Coefficiente azione sismica orizzontale | 0,044 |
| Coefficiente azione sismica verticale | 0,022 |

Vertici profilo

| Nr | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 1508,36 | 1243,64 |
| 2 | 1527,12 | 1242,64 |
| 3 | 1537,44 | 1241,64 |
| 4 | 1546,95 | 1240,64 |
| 5 | 1555,52 | 1239,64 |
| 6 | 1563,29 | 1238,64 |
| 7 | 1570,09 | 1237,64 |
| 8 | 1576,68 | 1236,64 |
| 9 | 1583,39 | 1235,64 |
| 10 | 1589,81 | 1234,64 |
| 11 | 1596,59 | 1233,64 |
| 12 | 1603,44 | 1232,64 |
| 13 | 1610,73 | 1231,64 |
| 14 | 1618,08 | 1230,64 |
| 15 | 1625,45 | 1229,64 |
| 16 | 1633,67 | 1228,64 |
| 17 | 1643,53 | 1227,64 |
| 18 | 1659,85 | 1226,64 |

Vertici strato1

| N | X (m) | y (m) |
|---|----------|----------|
| 1 | 1508,36 | 1242,64 |
| 2 | 1527,04 | 1241,64 |
| 3 | 1537,34 | 1240,64 |
| 4 | 1546,84 | 1239,64 |
| 5 | 1555,4 | 1238,65 |
| 6 | 1563,15 | 1237,65 |

| | | |
|----|---------|---------|
| 7 | 1569,95 | 1236,65 |
| 8 | 1576,53 | 1235,65 |
| 9 | 1583,24 | 1234,65 |
| 10 | 1589,66 | 1233,65 |
| 11 | 1596,44 | 1232,65 |
| 12 | 1603,3 | 1231,65 |
| 13 | 1610,6 | 1230,65 |
| 14 | 1617,94 | 1229,65 |
| 15 | 1625,32 | 1228,65 |
| 16 | 1633,56 | 1227,65 |
| 17 | 1643,45 | 1226,64 |
| 18 | 1659,85 | 1225,64 |

Vertici strato2

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 1508,36 | 1237,23 |
| 2 | 1526,64 | 1236,26 |
| 3 | 1536,79 | 1235,27 |
| 4 | 1546,24 | 1234,28 |
| 5 | 1554,74 | 1233,29 |
| 6 | 1562,41 | 1232,3 |
| 7 | 1569,15 | 1231,31 |
| 8 | 1575,73 | 1230,31 |
| 9 | 1582,43 | 1229,31 |
| 10 | 1588,85 | 1228,31 |
| 11 | 1595,66 | 1227,31 |
| 12 | 1602,54 | 1226,3 |
| 13 | 1609,86 | 1225,3 |
| 14 | 1617,22 | 1224,3 |
| 15 | 1624,63 | 1223,29 |
| 16 | 1632,96 | 1222,28 |
| 17 | 1643,01 | 1221,26 |
| 18 | 1659,85 | 1220,23 |

Vertici strato3

| N | X (m) | y (m) |
|----|----------|----------|
| 1 | 1508,36 | 1235,43 |
| 2 | 1526,5 | 1234,46 |
| 3 | 1536,61 | 1233,48 |
| 4 | 1546,04 | 1232,49 |
| 5 | 1554,52 | 1231,5 |
| 6 | 1562,17 | 1230,52 |
| 7 | 1568,88 | 1229,53 |
| 8 | 1575,46 | 1228,53 |
| 9 | 1582,16 | 1227,53 |
| 10 | 1588,58 | 1226,53 |
| 11 | 1595,4 | 1225,53 |
| 12 | 1602,29 | 1224,52 |
| 13 | 1609,62 | 1223,51 |
| 14 | 1616,97 | 1222,51 |
| 15 | 1624,4 | 1221,51 |
| 16 | 1632,76 | 1220,49 |
| 17 | 1642,87 | 1219,46 |
| 18 | 1659,85 | 1218,42 |

Coefficienti parziali azioni

| | | |
|------------------------------------|-----|-----|
| Sfavorevoli: Permanenti, variabili | 1,0 | 1,0 |
| Favorevoli: Permanenti, variabili | 1,0 | 1,0 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| | |
|---|------|
| Tangente angolo di resistenza al taglio | 1,25 |
| Coesione efficace | 1,25 |
| Coesione non drenata | 1,4 |
| Riduzione parametri geotecnici terreno | No |

Stratigrafia

| Strato | Coesione (kg/cm ²) | Coesione non drenata (kg/cm ²) | Angolo resistenza al taglio (°) | Peso unità di volume (Kg/m ³) | Peso saturo (Kg/m ³) | Litologia |
|--------|--------------------------------|--|---------------------------------|---|----------------------------------|-----------|
| 1 | 0.01 | 1.2 | 18 | 1700 | 1900 | |
| 2 | 0.03 | 1.2 | 18 | 1800 | 2000 | |
| 3 | 0.08 | 3.5 | 23 | 2300 | 2500 | |
| 4 | 0.2 | 4.4 | 30 | 2500 | 2700 | |

Carichi distribuiti

| N° | xi (m) | yi (m) | xf (m) | yf (m) | Carico esterno (kg/cm ²) |
|----|---------|---------|---------|----------|--------------------------------------|
| 1 | 1508,52 | 1243,36 | 1538,52 | 1241,76 | 0,003 |
| 2 | 1538,67 | 1241,45 | 1558,67 | 1239,347 | 0,003 |
| 3 | 1558,86 | 1239,26 | 1588,86 | 1235,396 | 0,003 |
| 4 | 1589,02 | 1234,9 | 1619,02 | 1230,226 | 0,003 |
| 5 | 1619,17 | 1230,26 | 1639,17 | 1227,546 | 0,003 |
| 6 | 1639,36 | 1227,94 | 1659,36 | 1225,912 | 0,003 |

Risultati analisi pendio [NTC2018]

| | |
|----------------------------|-----------|
| Fs minimo individuato | 2,32 |
| Ascissa centro superficie | 1591,11 m |
| Ordinata centro superficie | 1303,67 m |
| Raggio superficie | 69,06 m |

$xc = 1595,757$ $yc = 1289,099$ $Rc = 56,214$ $Fs=20,00$

| Nr. | B m | Alfa (°) | Li m | Wi (Kg) | Kh•Wi (Kg) | Kv•Wi (Kg) | c (kg/cm ²) | Fi (°) | Ui (Kg) | N'i (Kg) | Ti (Kg) |
|-----|------|----------|------|---------|------------|------------|-------------------------|--------|---------|----------|---------|
| 1 | 1,84 | -20,9 | 1,96 | 721,39 | 31,74 | 15,87 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 777,6 | 15,0 |
| 2 | 3,28 | -18,0 | 3,45 | 4208,01 | 185,15 | 92,58 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 4445,2 | 59,7 |
| 3 | 3,43 | -14,5 | 3,54 | 7287,48 | 320,65 | 160,32 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 7557,3 | 117,3 |
| 4 | 1,69 | -11,9 | 1,72 | 4215,45 | 185,48 | 92,74 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 4321,1 | 64,0 |
| 5 | 2,56 | -9,7 | 2,6 | 6720,52 | 295,7 | 147,85 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 6834,1 | 100,0 |
| 6 | 2,17 | -7,1 | 2,19 | 5639,54 | 248,14 | 124,07 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 5693,7 | 83,6 |
| 7 | 2,95 | -4,6 | 2,95 | 6989,32 | 307,53 | 153,77 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 7020,3 | 105,6 |
| 8 | 3,83 | -1,1 | 3,84 | 6801,13 | 299,25 | 149,62 | 0,03 | 18,0 | 0,0 | 6804,7 | 112,1 |
| 9 | 1,28 | 1,6 | 1,28 | 1439,2 | 63,32 | 31,66 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 1439,2 | 19,9 |
| 10 | 2,56 | 3,4 | 2,56 | 1286,71 | 56,62 | 28,31 | 0,01 | 18,0 | 0,0 | 1287,7 | 22, |

