



Ministero dell'Ambiente e della  
Sicurezza Energetica



Regione Calabria



Comune di Scandale

Provvedimento di VIA nell'ambito del provvedimento unico in materia ambientale ai sensi dell'art.27 del D.Lgs152/2006 per la "Costruzione ed esercizio di un impianto fotovoltaico della potenza complessiva pari a 25,1085 Mw, da ubicare nel comune di Scandale (KR) in località Collarica e località Fota e relative opere di connessione"

PROPONENTE

**MYT RENEWABLES DEVELOPMENT 5 S.R.L.**  
**Piazza Fontana 6 - 20122 Milano (MI)**  
**Pec: mytdevelopment5srl@legalmail.it**

ELABORATO

Relazione geologica

SCALA: \_\_\_\_

C.1

**PROGETTAZIONE:**

Ing. Nicola Daniele  
Via Carnine Cavillo, 27  
88837 Petilia Ionica (KR)  
e-mail: ing-nicola.daniele@libero.it  
cell.333.7152607

Ing. Annibale Marrella  
Via Vittorio Emanuele II, 240  
88836 Cotronei (Kr)  
e-mail: ingannibalemarrella@libero.it  
cell. 339.2264510



**TECNICO:**

Dott.Pasquale Chiodo Via Donato,1  
88044 Marcellinara (Cz)  
e-mail: pasq.chiodo@gmail.com  
cell.348.3062722



Aggiornamenti	Numero	Data	Motivo
	Rev 0	Giugno 2023	Provvedimento di VIA nell'ambito del provvedimento unico in materia ambientale ai sensi dell'art.27 del D.Lgs.152/2006

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

# INDICE

1. Premessa
2. Inquadramento territoriale
3. Geologia
4. Assetto Geomorfologico
5. Idrologia e Idrogeologia
6. Stratigrafia
7. Analisi della suscettibilità alla liquefazione
  - 7.1 Esclusione della verifica a liquefazione
  - 7.2 Verifica a liquefazione dei terreni in condizioni sismiche – Report
8. Analisi dei vincoli geomorfologici
9. Analisi Sismica dell'area
10. Sintesi delle Indagini Eseguite e Modello Lito-Tecnico
  - 10.1 Prove Penetrometriche
  - 10.2 Prove Laboratorio
  - 10.3 Profili Sismici Masw
  - 10.4 Microtremori (HVSr)
  - 10.5 Modello Lito-Tecnico dei Terreni
11. Conclusioni

Cartografia

## ALLEGATI

Cartografia  
Report Indagini

## 1. Premessa

Il presente elaborato redatto su incarico della società: MYT RENEWABLES DEVELOPMENT 5 srl; afferisce al progetto di un nuovo impianto fotovoltaico, da realizzarsi su aree pianeggianti e collinari, ad uso agricolo, posta nella porzione orientale del territorio comunale di Scandale (KR) in loc. Fota-Collarica, distante pochi chilometri dal centro abitato di Scandale. Le indagini eseguite sono state finalizzate alla ricostruzione del modello geologico del sottosuolo attraverso la definizione dei seguenti elementi:

Assetto geologico e strutturale dell'area di studio e di un congruo intorno;

- Litologia superficiale e del sottosuolo;
- Idrogeologia di superficie alla scala di bacino idrografico, e sotterranea;
- Caratteristiche geomeccaniche del terreno di fondazione con riferimento particolare ai parametri di resistenza al taglio e deformabilità;
- Sismicità dell'area con particolare riferimento alla caratterizzazione elastodinamica del sottosuolo.

Lo studio è stato condotto in ottemperanza di quanto previsto dalle normative tecniche vigenti in materia di edificazione in aree sismiche:

- ✓ Legge n° 64 del 02.02.1974;
- ✓ Decreto Ministero LL.PP. 11.03.1988;
- ✓ Legge Regione Calabria n° 7/98.
- ✓ O.P.C.M. n° 3274 del 20.03.2003, e successive modifiche ed integrazioni,
- ✓ D.M. 14/9/2005 "Testo unico sulle costruzioni"
- ✓ O.P.C.M. del 28-04-2006 n°3519 "*Criteria Generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento delle medesime zone sismiche*"
- ✓ D. M 17/01/2018 "Nuove norme tecniche sulle costruzioni"

## 2. Inquadramento territoriale

L'area in esame (fig.1) è cartografata nella Carta d'Italia IGM al Foglio 570 Petilia Policastro -scala 1:50.000; nella Carta Geologica della Calabria (Ex Casmezal Foglio 238 III N.O. Scandale -scala 1:25.000; mentre nella(CTR) Carta Tecnica Regionale elementi n° 570081; 570082; 571053;0571054 scala 1:5000) .

Il sito si sviluppa a est del centro abitato nelle località Timpone Collorica, Serra del Campanaro e Varco di Fota.



Fig. 1

## 3. Geologia

Il territorio di Scandale si sviluppa alle spalle della fascia collinare litoranea crotonese; si estende dagli argini del fiume Neto, a nord, dapprima in una fascia pianeggiante (Frazione di Corazzo) per salire a una quota di circa 400 m s.l.m. in un paesaggio di rupi e colline accidentate (abitato e centro storico) per ridiscendere verso Crotona, in una morfologia dapprima collinare e poi pianeggiante

L'area d'interesse si trova a una quota media di 50 m s.l.m. circa circondata da una quinta di rilievi dall'altezza compresa tra i 60 e i 140 m s.l.m.

Geologicamente (fig.2) è caratterizzata da formazioni sedimentarie quale l'arenaria di Scandale che rappresenta, con l'argilla marnosa di Cutro, la parte più recente della successione del Bacino Crotonese. L'Arenaria di Scandale rappresenta, con l'argilla marnosa di Cutro, la parte più recente della successione del Bacino Crotonese.



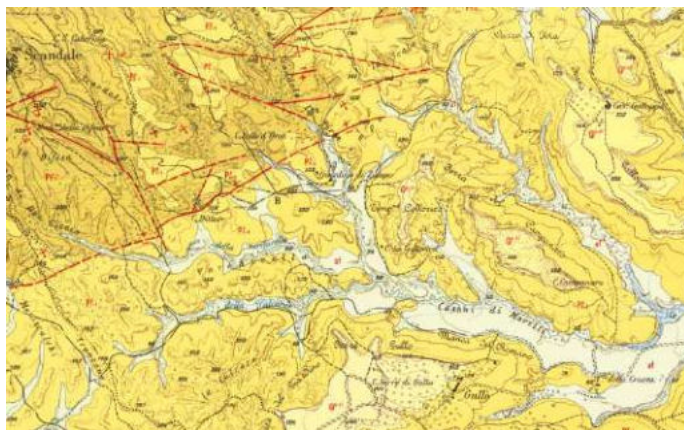


Fig. 2

Roda (1964) identifica all'interno della formazione due membri, non distinguibili all'interno dell'area considerata: quello inferiore ("membro di Pedalacci") rappresentato da alternanze di sabbie e microconglomerati e quello superiore ("membro di Barretta") rappresentato da un'alternanza di banchi di sabbia e arenarie con intercalazioni pelitiche, litologicamente simili a quelle osservabili nella soprastante argilla marnosa di Cutro.

L'arenaria di Scandale è rappresentata in prevalenza di sabbie quarzose giallastre di spiaggia sommersa, spesso con stratificazione incrociata concava e strati bioclastici

Nell'area di Serra di Fota, Valle dell'Economo e Timpone della Vecchia esse affiorano in maniera continua, raggiungendo uno spessore di circa 75 m. Le arenarie immergono generalmente verso est e passano lateralmente e verso l'alto all'argilla marnosa di Cutro. Il passaggio tra le due formazioni è marcato dall'affioramento di intercalazioni pelitiche di dimensione metrica all'interno dei banchi sabbiosi.

#### **4. Assetto Geomorfológico**

Il territorio comunale di Scandale ha una morfologia composta da una serie di piccole dorsali delimitate a NO dalla S.S. 107 intervallate da una serie di fossi a prevalente direzione NO-SE. Tale morfologia è il risultato dell'evoluzione tettonica di una monoclinale, a direzione SE, che è stata progressivamente dislocata da faglie a rigetto verticale, erosa ed incisa.

Sulla linea di culmine della monoclinale originaria si è sviluppato il Centro storico e il tracciato stesso della S.S. 107; la monoclinale è costituita da "Arenarie" che passano da massicce a variamente stratificate e sono interessate da locali fenomeni di crollo.

L'analisi morfologica evidenzia che la maggior parte delle superfici sono piane o a debole pendenza, sia nei fondo valle che lungo le superfici terrazzate.

In tale contesto le acque piovane costituiscono uno dei più importanti agenti morfogenetici, producono rilevanti effetti geomorfologici legati sia all'azione diretta d'impatto della pioggia sul terreno, sia all'azione dello scorrimento dell'acqua in superficie, ossia al ruscellamento.

L'azione erosiva del dilavamento superficiale si può spiegare, con modalità diverse, come effetto dell'azione areale del ruscellamento.

Le modalità di maggior rilievo per quanto riguarda il dissesto geologico- idraulico sono:

- a) *Erosione areale per ruscellamento diffuso*: Il suolo subisce un logoramento pressoché uniforme su tutta la superficie coinvolta, lo spessore interessato può essere molto variabile. Talvolta se l'erosione è particolarmente intensa e il suolo poco protetto si possono verificare troncare irreparabili del suo profilo. Il fenomeno è particolarmente efficace sui terreni privi di copertura vegetale, già disgregati da processi di degradazione meteorica o sufficientemente impregnati d'acqua tanto da impedirne l'infiltrazione. Generalmente i fenomeni di ruscellamento laminare evolvono verso una concentrazione in rivoli, facilitata dall'aumento dell'energia dell'acqua e dalla disomogeneità dei pendii.

- b) *Erosione a rivoli e solchi per ruscellamento concentrato*: Progressivamente le acque dilavanti tendono ad organizzarsi, i flussi idrici si concentrano in canali effimeri (*rills*) di scorrimento preferenziale, formano così lungo il pendio dei rivoli a regime intermittente, che tendono sempre più ad approfondirsi e subiscono continue modificazioni nel tempo e nello spazio. Lo sviluppo dei rivoli è generalmente controllato dalla presenza di discontinuità morfologiche, litologiche, strutturali e della copertura vegetale. I solchi che si originano sono di solito profondi alcuni centimetri e quindi non costituiscono un ostacolo per le attività agricole potendo essere eliminati con semplici operazioni meccaniche. Il progressivo approfondirsi dei rivoli, con il graduale aumento della concentrazione dell'acqua entro linee preferenziali, determina un ulteriore incremento del potere erosivo delle acque dilavanti

All'esaltazione di tali fenomeni concorre in via determinante il carattere impermeabile dei terreni presenti lungo i versanti, che sono caratterizzati da un potere d'infiltrazione pressoché nullo.

## **5. Idrologia e Idrogeologia**

L'idrografia principale dell'area in esame è costituita da piccoli impluvi naturali che si riversano dapprima nel reticolo idraulico minore e successivamente procedendo verso valle si immettono nel reticolo idrografico principale dei Torrenti Ponticelli e Mezzaricotta (affluente in sx idraulica del T. Passovecchio).

Questi corsi d'acqua scorrono generalmente con un orientazione SSO – NNE.

Il bacino del T. Passovecchio è situato sul versante ionico della Calabria, si estende per 75 km<sup>2</sup> e presenta lunghezza del corso principale del V ordine di Horton pari a 16,1 km. I rilievi che formano lo spartiacque del bacino sono di natura collinare e ciò giustifica la configurazione piuttosto piatta dello stesso. L'analisi morfologica mostra infatti che la gran parte delle aree del bacino sono piane o a debole pendenza, localizzate principalmente nei fondo valle e lungo le superfici terrate.

Il reticolo idrografico presenta due ramificazioni principali: la prima, di lunghezza pari a 4 km, e posta più a Nord e sgorga dalle pendici di Scandale alla quota di 310 m s.l.m., percorrendo una serie di piccoli rilievi fino alla località Santa Domenica in cui il corso d'acqua prende il nome di Vallone Mezzaricotta; la seconda diramazione nasce più a Sud dalle pendici di S. Mauro Marchesato e confluisce nel Torrente Cacchiavia.

Il contesto idrogeologico di riferimento è rappresentato fondamentalmente da un sistema acquifero di tipo alluvionale, di spessore variabile sovrapposto ad una formazione impermeabile limo-argillosa che funge da letto alla falda acquifera.

Il materasso alluvionale è caratterizzato da eterogeneità granulometrica frutto della sedimentazione fluviale (tipicamente rapida e discontinua) e della selezione dei clasti che avviene lungo l'alveo (in senso longitudinale, trasversale e verticale).

Questi ed altri fenomeni fanno sì che tali sistemi acquiferi siano caratterizzati dalla giustapposizione disordinata di termini litologici di varia granulometria (prevalentemente limi-argillosi e limi-sabbiosi e subordinatamente sabbie limose) aggregati in lenti allungate nel senso della corrente che le ha depositate.

Nell'area di interesse (Fig. 6) vi è una situazione idrogeologica definita dalla presenza dei seguenti elementi:

- complesso conglomeratico-sabbioso permeabile per porosità e fratturazione con grado di permeabilità variabile con il variare dello stato di alterazione (in generale classificabile come medio-alto);
- complesso argilloso-siltoso, permeabile per porosità con grado di permeabilità basso nullo (impermeabile);
- complesso limo-argilloso di origine alluvionale-colluviale, permeabile per porosità e con grado di permeabilità basso.

Ciò si traduce in una circolazione per falde sovrapposte, con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa.



Fig.6 - Carta della permeabilità – PAI ABR Calabria

Tuttavia le diverse falde possono essere quasi sempre ricondotte ad un'unica circolazione idrica sotterranea, perché il particolare tipo di deposito lenticolare dei sedimenti lascia moltissime soluzioni di continuità tra i depositi a diverso grado di permeabilità

Nell'ambito della campagna d'indagine per la caratterizzazione geotecnica dell'area di studio, sono stati individuati alcuni pozzi idrici esistenti da utilizzare per la ricostruzione delle condizioni piezometriche locali.

Le misure effettuate nel periodo febbraio-aprile 2023 hanno permesso di osservare la falda freatica è posizionata ad una profondità media tra 4-6 m dal p. campagna

## 6. Stratigrafia

L'assetto stratigrafico dell'area oggetto dell'intervento in progetto è stato ricostruito sulla base dei dati desumibili dalla Carta Geologica della Calabria (238 III N.O), da rilevamenti aggiornati e dall'interpretazione dei dati provenienti dalla campagna di indagini geognostiche eseguite nell'area dal Dott. ANGELO STAMILE.

Nelle sezioni riportate in fig. 7a e 7b si evidenzia, con spessori variabili, quale sia la stratigrafia tipo nella zona di studio. Procedendo dal p.campagna si ha:

La presenza di un livello copertura colluvio alluvionale scarsamente consistente altamente plastica costituita da un limo argillo sabbioso di colore bruno avana; spessore 3-6m.

Segue una copertura eluviale scarsamente consistente plastica costituita da argille limose debolmente sabbiose di colore bruno avana; spessore 9-12m

Infine il substrato sedimentario locale mediamente consistente costituito da argille siltose di colore grigio azzurro; spessore 23-27m.

Si evidenzia inoltre la presenza di falda a profondità variabile tra i 3 e 16 m nelle prove 02-06-08

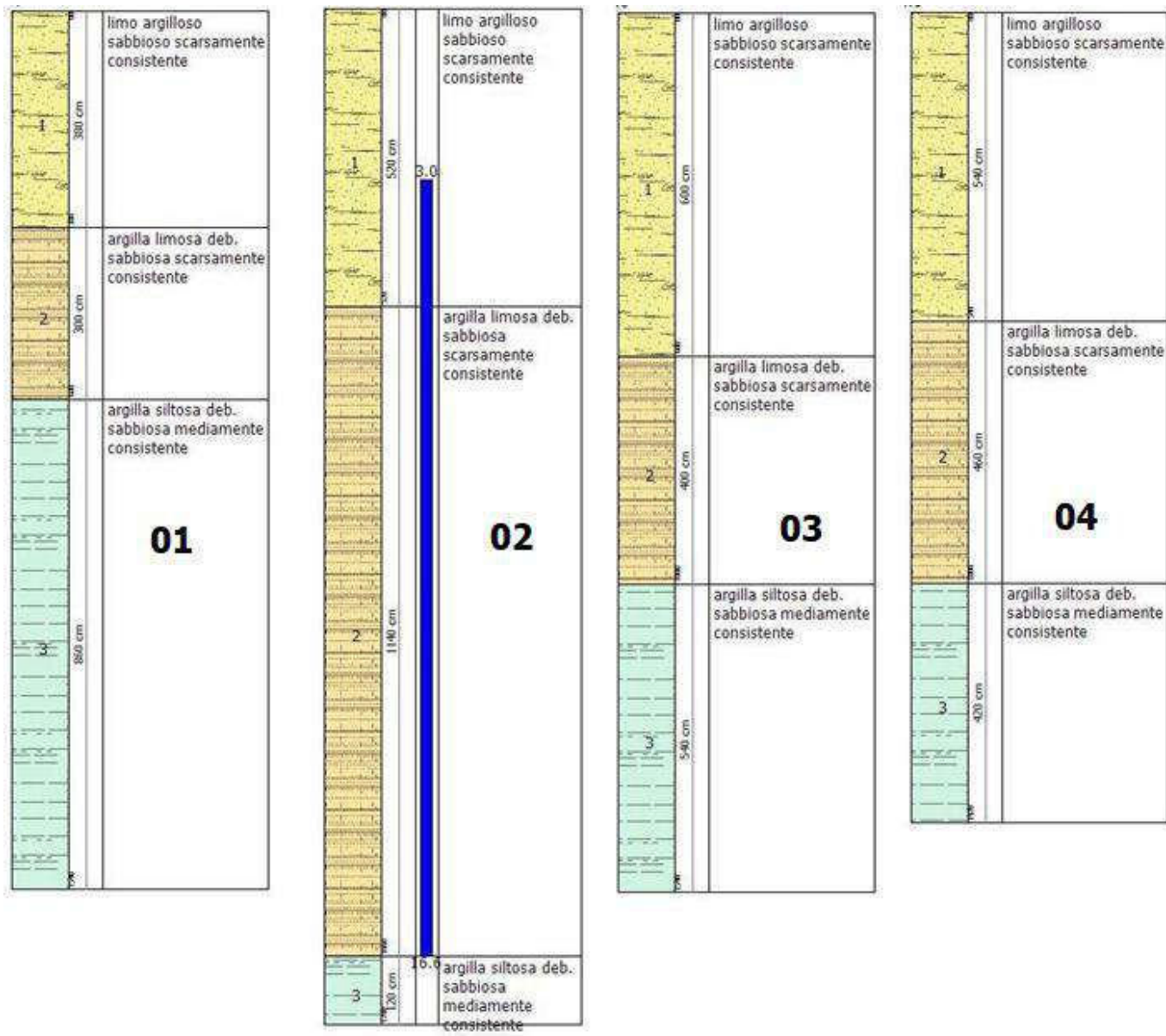


fig. 7a

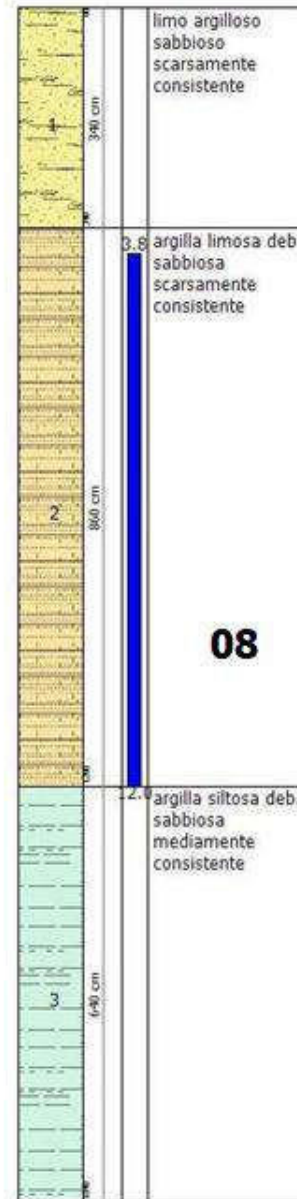


fig. 7b



## **7. Analisi della suscettibilità alla liquefazione**

Il termine “liquefazione” indica in senso stretto lo stato fisico in cui può venire a trovarsi un terreno granulare saturo sotto falda, poco o scarsamente addensato, quando la sua resistenza al taglio si riduce drasticamente per effetto dell’incremento e dell’accumulo delle pressioni interstiziali.

In senso più ampio il termine indica fenomeni fisici di varia natura (liquefazione ciclica, mobilità ciclica, fluidificazione) che danno luogo a differenti manifestazioni; l’applicazione di metodi di previsione opportuni consente di mitigare il rischio di liquefazione, con interventi diretti sui terreni e/o sulle opere di fondazione.

L’occorrenza di liquefazione in un sito è legata alla combinazione di fattori predisponenti, legati alle caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni, che ne definiscono quindi la “vulnerabilità”, e di fattori scatenanti, legati all’azione sismica, che ne caratterizzano la “pericolosità sismica”.

Per quanto riguarda i fattori predisponenti, la liquefazione è influenzata dal comportamento contraente o dilatante del terreno, ed è quindi funzione dello stato di addensamento, ossia della densità relativa DR (o dell’indice dei vuoti  $e$ ), e della pressione media efficace di confinamento  $\sigma'_{0}$ .

Risulta influenzata anche dalla distribuzione granulometrica (diametro medio dei grani, D50, coefficiente di uniformità, UC, frazione di fine, FC), dalla storia tensionale del deposito (OCR), dal grado di saturazione ( $S_r$ ), dalle condizioni di drenaggio, dalla presenza di sforzi di taglio statici preesistenti e dalla resistenza residua.

I fattori scatenanti si traducono sostanzialmente nell’entità dell’azione sismica, in termini di magnitudo ed ampiezza e durata.

### **7.1 Esclusione della verifica a liquefazione**

Le NTC 2018, al § 7.11.3.4.2 - “Esclusione della verifica a liquefazione”, individuano le condizioni per le quali è possibile omettere la verifica a liquefazione. In particolare, la verifica a liquefazione può non effettuarsi quando si verificano una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, per piano di campagna suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella fig.8 nel caso:
  - (a) di terreni con coefficiente di uniformità  $^1U_c < 3,5$
  - (b) di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

---

<sup>1</sup> UC rapporto D60/D10, dove D60 e D10 sono il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa

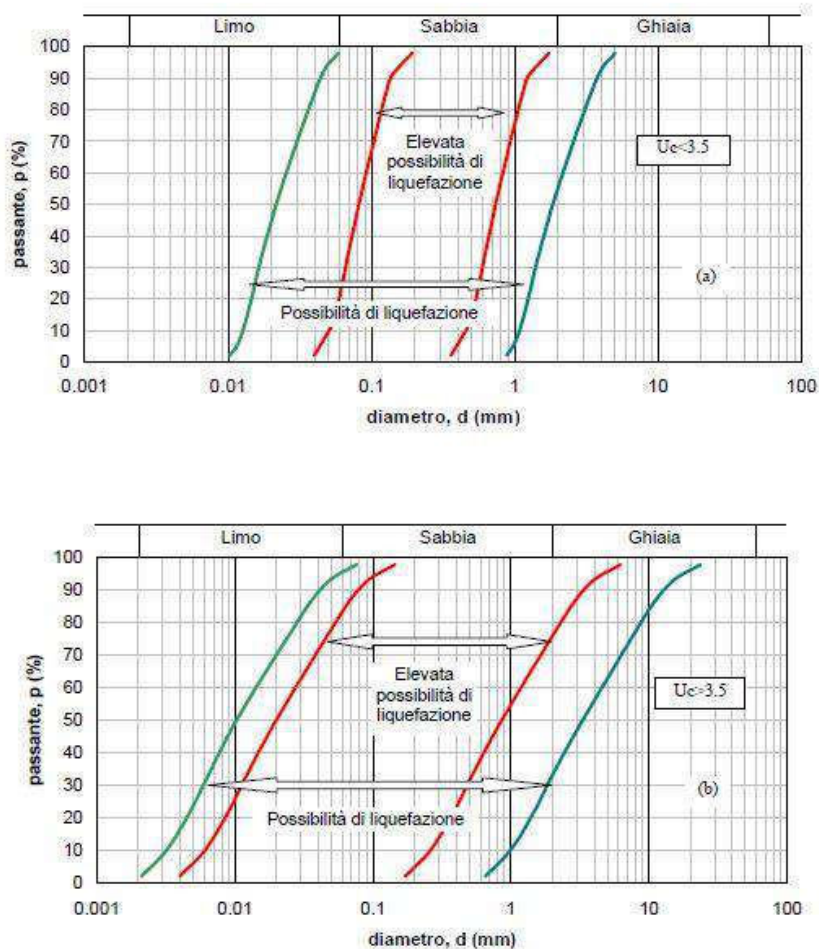


Fig. 8 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione - Rif. Fig. 7.11.1 D.M. 17/01/2018

Dal momento che nessuna delle precedenti condizioni previste dalla norma risulta verificarsi è necessaria la verifica a liquefazione al fine valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

La verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza FS viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione CRR e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto CSR.

La resistenza alla liquefazione CRR può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio.

La sollecitazione indotta dall'azione sismica CSR è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse

Nella presente relazione è stata condotta una analisi per verificare la stabilità sismica del sito, considerando, in base alla sismicità e alle condizioni idro-geologiche locali, la possibilità che si inneschino fenomeni di liquefazione nell'area.

Mediante software della Geostru – Liquiter - per l'analisi della liquefazione dei terreni in condizioni sismiche, si è effettuato uno studio, il quale, attraverso la ricostruzione di un profilo in funzione della velocità sismica critica e del numero colpi medio (NSPT) consente di escludere la possibilità che si verifichino tali fenomeni nei terreni investigati.



## 7.2 Verifica a liquefazione dei terreni in condizioni sismiche – Report

### DATI GENERALI

#### PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: Fotovoltaico - MYT RENEWABLES DEVELOPMENT 5 srl

Indirizzo, Coordinate: Scandale (KR)

Data 30/05/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.25

#### FALDA

Profondità falda idrica 3.5 m

#### DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.05

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza  $V_{s30}=180-360$

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico ( $M_w$ ) 5.5

Distanza epicentro 50 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.075

#### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizi one	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc )	Peso unità volume saturo (KN/mc )	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resisten za qc (KPa)	Resisten za attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1	Copertu ra colluvio alluvion ale scarsam ente consiste nte altament e plastica costituit a da un limo argillo sabbios o di	0	1.5	19.6	2.01	4	0.03	10521	0	162

2	colore bruno avana Copertu ra eluviale scarsam ente consiste nte plastica costituit a da argille limose debolme nte sabbiose di colore bruno avana	1.5	4.5	1.99	2.05	20	0.03	21030	0	235
3	Strato	4.5	12	2.05	2.1	40	0.03	82900	0	342
4	Substrat o sedimen tario locale da mediam ente consiste nte a consiste nte costituit o da argille siltose di colore grigio azzurro	12	27	2.1	2.1	49	0.01	60250	0	524

**Seed H. B. Idriss I. M. (1982)**

Strato Nr.	FC (%)	Validità
1-Copertura colluvio alluvionale scarsamente consistente altamente plastica costituita da un limo argillo sabbioso di colore bruno avana (0-1.5)	0	Valido
2-Copertura eluviale scarsamente	0	Valido

consistente plastica costituita da  
argille limose debolmente  
sabbiose di colore bruno avana  
(1.5-4.5)

3-Strato (4.5-12) 0

Valido

4-Substrato sedimentario locale 0

Valido

da mediamente consistente a  
consistente costituito da argille  
siltose di colore grigio azzurro  
(12-27)

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	Numero colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione
1	3.70	33.790	31.829	1.517	30.344	0.967	1.046	0.050	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
2	3.90	34.200	30.277	1.545	30.895	0.961	1.146	0.053	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
3	4.10	34.610	28.726	1.574	31.485	0.956	1.269	0.056	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
4	4.30	35.020	27.175	1.585	31.701	0.950	1.318	0.060	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
5	4.50	35.430	25.623	1.618	32.360	0.945	1.489	0.064	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
6	4.70	35.850	24.082	1.372	46.000	0.939	10.000	0.068	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione

7	4.90	36.270	22.541	1.392	46.000	0.933	10.000	0.073	10.00	bile di liquefaz ione Terreno non susctti bile di liquefaz ione
8	5.10	36.690	20.999	1.392	46.000	0.928	10.000	0.079	10.00	Terreno non susctti bile di liquefaz ione
9	5.30	37.110	19.458	1.414	46.000	0.922	10.000	0.086	10.00	Terreno non susctti bile di liquefaz ione
10	5.50	37.530	17.917	1.439	46.000	0.916	10.000	0.094	10.00	Terreno non susctti bile di liquefaz ione
11	5.70	37.950	16.375	1.440	46.000	0.910	10.000	0.103	10.00	Terreno non susctti bile di liquefaz ione
12	5.90	38.370	14.834	1.469	46.000	0.904	10.000	0.114	10.00	Terreno non susctti bile di liquefaz ione
13	6.10	38.790	13.293	1.471	46.000	0.898	10.000	0.128	10.00	Terreno non susctti bile di liquefaz ione
14	6.30	39.210	11.751	1.506	46.000	0.892	10.000	0.145	10.00	Terreno non susctti bile di liquefaz ione
15	6.50	39.630	10.210	1.511	46.000	0.886	10.000	0.168	10.00	Terreno non

16	6.70	40.050	8.669	1.557	46.000	0.880	10.000	0.198	10.00	suscettibile di liquefazione Terreno non suscettibile di liquefazione
17	6.90	40.470	7.127	1.570	46.000	0.874	10.000	0.242	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
18	7.10	40.890	5.586	1.637	46.000	0.868	10.000	0.310	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
19	7.30	41.310	4.045	1.674	46.000	0.862	10.000	0.429	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
20	7.50	41.730	2.503	1.700	46.000	0.856	10.000	0.695	10.00	Terreno non suscettibile di liquefazione
21	7.70	42.150	0.962	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
22	7.90	42.570	-0.579	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
23	8.10	42.990	-2.121	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
24	8.30	43.410	-3.662	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno

25	8.50	43.830	-5.203	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	non suscetti bile di liquefaz ione Terreno non suscetti bile di liquefaz ione
26	8.70	44.250	-6.745	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione
27	8.90	44.670	-8.286	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione
28	9.10	45.090	-9.827	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione
29	9.30	45.510	-11.369	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione
30	9.50	45.930	-12.910	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione
31	9.70	46.350	-14.451	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione
32	9.90	46.770	-15.993	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscetti bile di liquefaz ione

33	10.10	47.190	-17.534	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
34	10.30	47.610	-19.075	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
35	10.50	48.030	-20.617	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
36	10.70	48.450	-22.158	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
37	10.90	48.870	-23.699	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
38	11.10	49.290	-25.241	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
39	11.30	49.710	-26.782	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
40	11.50	50.130	-28.323	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
41	11.70	50.550	-29.865	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione



42	11.90	50.970	-31.406	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	ione Terreno non suscelli bile di liquefaz ione
43	12.10	51.390	-32.947	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscelli bile di liquefaz ione
44	12.30	51.810	-34.489	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscelli bile di liquefaz ione
45	12.50	52.230	-36.030	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscelli bile di liquefaz ione
46	12.70	52.650	-37.571	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscelli bile di liquefaz ione
47	12.90	53.070	-39.113	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscelli bile di liquefaz ione
48	13.10	53.490	-40.654	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscelli bile di liquefaz ione
49	13.30	53.910	-42.195	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscelli bile di liquefaz ione
50	13.50	54.330	-43.737	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscelli bile di

51	13.70	54.750	-45.278	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	liquefazione Terreno non suscettibile di liquefazione
52	13.90	55.170	-46.819	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
53	14.10	55.590	-48.360	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
54	14.30	56.010	-49.902	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
55	14.50	56.430	-51.443	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
56	14.70	56.850	-52.984	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
57	14.90	57.270	-54.526	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
58	15.10	57.690	-56.067	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
59	15.30	58.110	-57.608	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscetti

60	15.50	58.530	-59.150	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	bile di liquefaz ione Terreno non susctti bile di liquefaz ione
61	15.70	58.950	-60.691	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non susctti bile di liquefaz ione
62	15.90	59.370	-62.232	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non susctti bile di liquefaz ione
63	16.10	59.790	-63.774	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non susctti bile di liquefaz ione
64	16.30	60.210	-65.315	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non susctti bile di liquefaz ione
65	16.50	60.630	-66.856	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non susctti bile di liquefaz ione
66	16.70	61.050	-68.398	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non susctti bile di liquefaz ione
67	16.90	61.470	-69.939	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non susctti bile di liquefaz ione
68	17.10	61.890	-71.480	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non

69	17.30	62.310	-73.022	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	suscettibile di liquefazione Terreno non suscettibile di liquefazione
70	17.50	62.730	-74.563	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
71	17.70	63.150	-76.104	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
72	17.90	63.570	-77.646	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
73	18.10	63.990	-79.187	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
74	18.30	64.410	-80.728	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
75	18.50	64.830	-82.270	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
76	18.70	65.250	-83.811	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscettibile di liquefazione
77	18.90	65.670	-85.352	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno

78	19.10	66.090	-86.894	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	non suscelli bile di liquefaz ione Terreno non suscelli bile di liquefaz ione
79	19.30	66.510	-88.435	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscelli bile di liquefaz ione
80	19.50	66.930	-89.976	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscelli bile di liquefaz ione
81	19.70	67.350	-91.518	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscelli bile di liquefaz ione
82	19.90	67.770	-93.059	1.700	46.000	0.849	10.000	1.814	5.51	Terreno non suscelli bile di liquefaz ione

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

## **8. Analisi dei vincoli geomorfologici**

Per la definizione dello scenario del rischio geomorfologico d'intervento è stata effettuata, una sovrapposizione tra la perimetrazione (aree attenzione; punti zone attenzione; rischio) riportata nel Piano Gestione Rischio Alluvioni "PGRA" e l'area (a vocazione agricola) interessata dal progetto di realizzazione dell'impianto fotovoltaico da realizzarsi all'interno delle proprietà del committente, in accordo con quanto previsto dagli art. 4 e 5 delle Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia (NAMS) del PGRA.

L'area oggetto d'intervento, non risulta perimetrata come area a rischio idraulico nell'ambito del PAI dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria.

La stessa area risulta invece classificata come "Area d'Attenzione" nell'ambito delle nuove mappe della pericolosità redatte a seguito della procedura di aggiornamento del "PGRA"

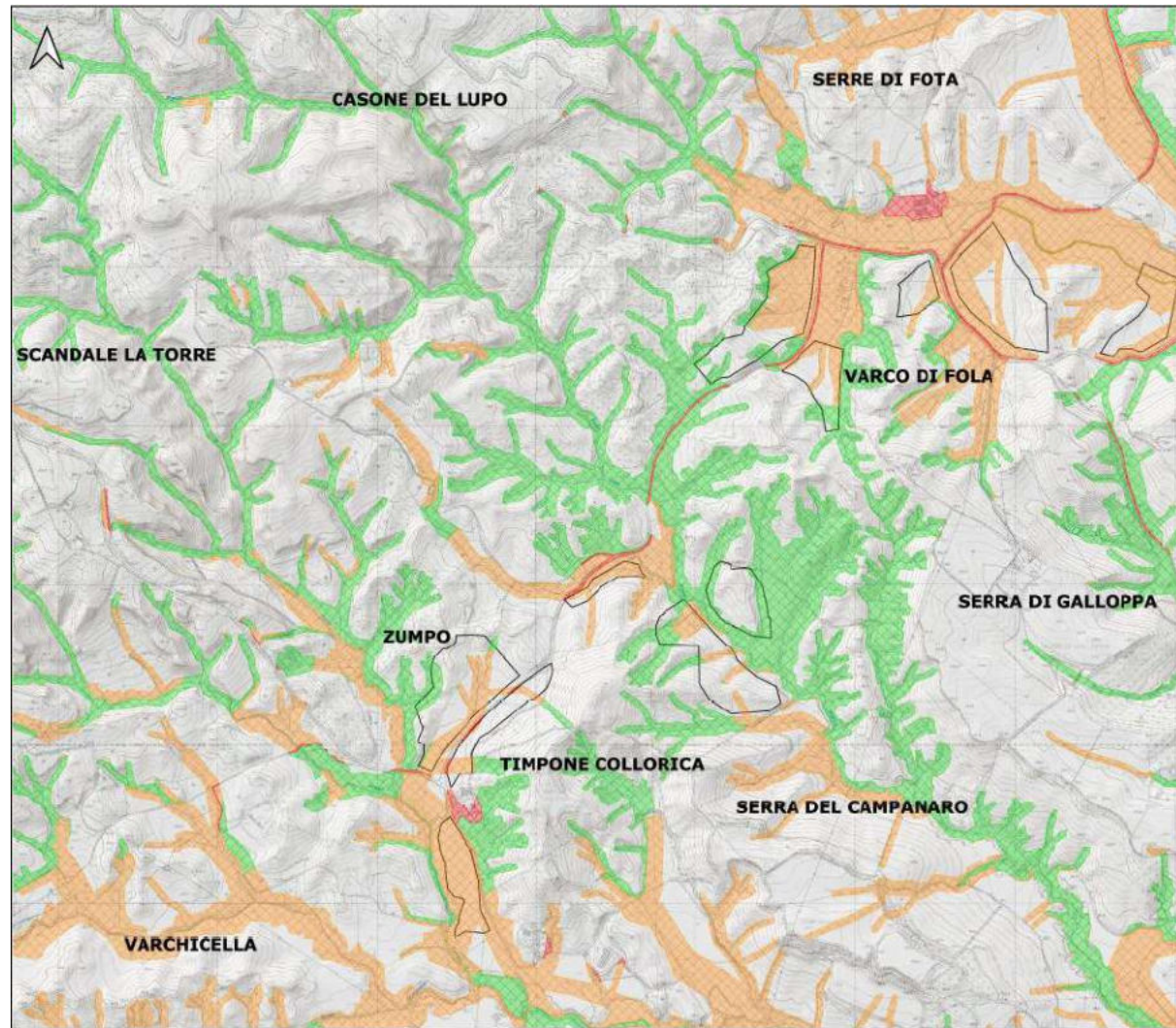


Fig. 8 - Ortofoto zona studio Piano Gestione Rischio Alluvioni



Per verificare la compatibilità idraulica degli impianti fotovoltaici in progetto con le condizioni di rischio idraulico presenti nella zona e necessario accertare che:

- i. gli interventi previsti siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in maniera tale che non subiscano danni nel caso in cui zona si allaghi;
- ii. la realizzazione degli interventi previsti non provochi comunque un aumento del rischio idraulico per i territori adiacenti.

Poiché l'intervento in progetto sarà realizzato osservando le seguenti indicazioni:

- ✓ le attrezzature elettroniche e il punto di aggancio dei moduli fotovoltaici sulle strutture deve essere posizionato almeno 1 metro dal piano campagna;
- ✓ i manufatti saranno realizzati su strutture che non devono interferire con il libero deflusso delle acque per cui la quota d'intradosso deve essere posta almeno 0.50 m sopra il piano campagna;
- ✓ nelle aree maggiormente allagate, quelle in cui si verificano battenti massimi superiori a 0.30 m (Studio Idraulico Ing. P.Nicotera) non sarà consentita l'installazione di alcuna apparecchiatura elettronica né tanto meno di strutture a corredo dell'impianto;
- ✓ nelle aree in cui la disposizione dei moduli fotovoltaici interferisce con gli impluvi naturali, considerato che i moduli stessi sono poggiati su pali e non interferiscono con il libero deflusso delle acque, si ritiene che l'installazione dei pannelli non modifichi le sezioni di deflusso degli impluvi presenti e quindi non altera la capacità di smaltimento degli stessi

si può affermare che la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto non altera le condizioni di rischio idraulico della zona.

## **9. Analisi Sismica dell'area**

Per la trattazione di tale argomento si rimanda allo STUDIO SULLA PERICOLOSITÀ SISMICA

## **10. Sintesi delle Indagini eseguite e Modello Lito-Tecnico**

I dati derivati dalle indagini in sito (fig.9) e prove di laboratorio hanno permesso di caratterizzare quanto riconosciuto in campagna e di ricostruire il modello geologico e sismico di riferimento ai fini della progettazione degli interventi.

Per un maggior dettaglio delle prove eseguite, le metodologie di analisi e le caratteristiche delle strumentazioni, si rimanda al "Rapporto Tecnico Indagini Geognostiche".

In particolare si eseguita una campagna d'indagine geognostica e geofisica ( vedi Fig. Ubicazioni Indagini) attraverso:

- n. 8 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH...), con prelievo di n. 1 campione indisturbato CO2;
- n. 8 sismica superficiale attiva con analisi Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW);
- n. 2 sismica superficiale passiva (microtremori) con analisi Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR).

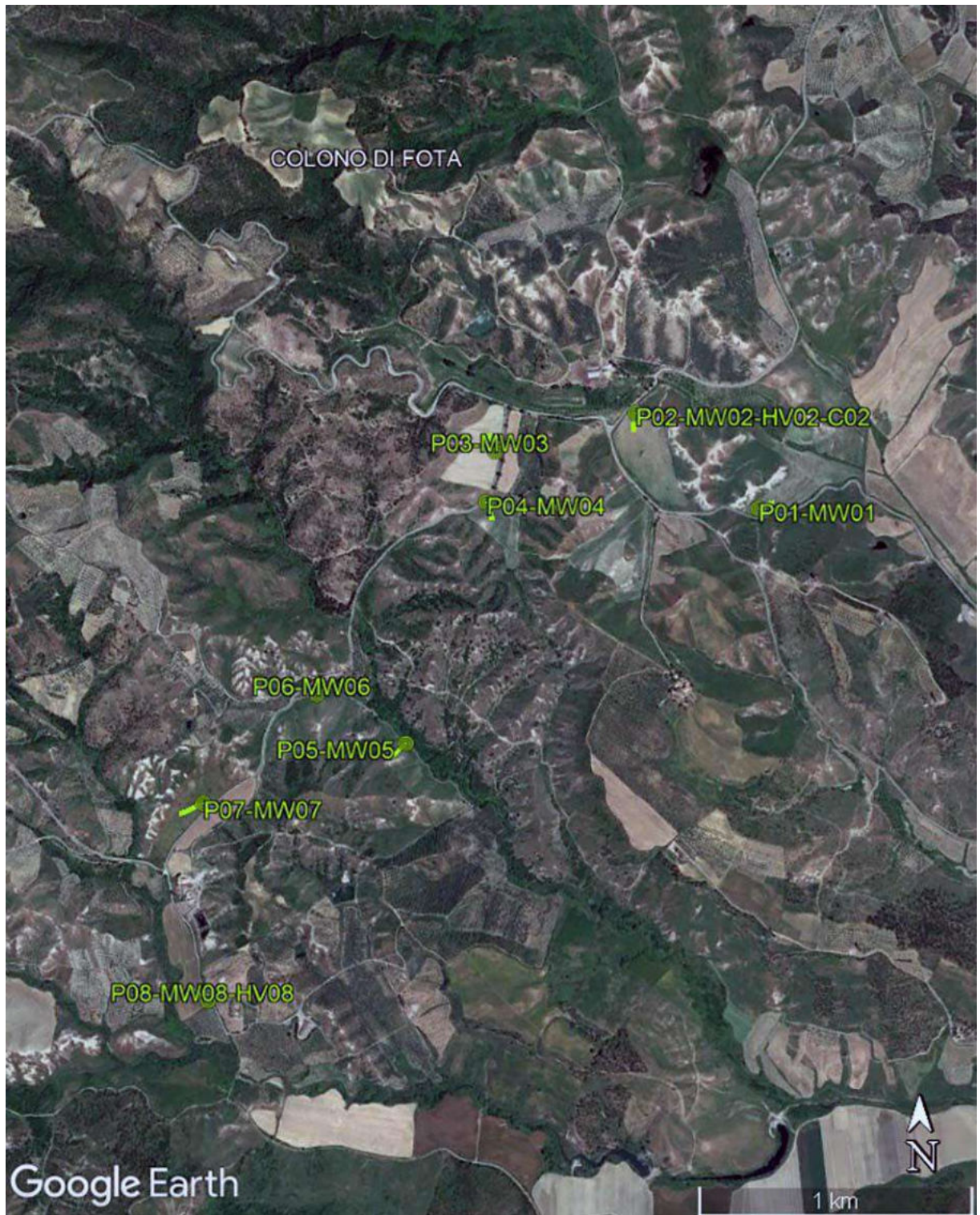


Fig.9 Ubicazione Indagini

## 10.1 Prove Penetrometriche

Le profondità raggiunte dalle indagini penetrometriche sono le seguenti:

**DPSH01** – Quota 88.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. -15.40 mt., falda non rilevata.

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH01										
Strato	Prof.(m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi(°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-3.80	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	3.80-6.80	17	Coes	2.00	2.06	23.8	0.21	104.0	175.1	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	6.80-15.40	40	Coes	2.08	2.13	26.4	0.33	400.0	439.6	0.27

**DPSH02** – Quota 84.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. - 17.80 mt., falda rilevata tra le quote 3.00- 16.60 mt dal p.c. Prelivo campione indisturbato per prove laboratorio (prof. 1-1,5m)

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH02										
Strato	Prof.(m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi(°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-5.20	4	Coes	1.96	2.01	21.1	0.10	24.4	25.6	0.35
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	5.20-16.60	22	Coes	2.02	2.08	24.3	0.27	134.6	232.6	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	16.60-17.80	49	Coes	2.12	2.17	29.0	0.41	367.5	490.0	0.26

**DPSH03** – Quota 100.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. - 15.40 mt., falda non rilevata.

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH03										
Strato	Prof.(m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi(°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-6.00	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	6.00-10.00	17	Coes	2.00	2.06	23.9	0.21	104.0	175.1	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	10.00-15.40	33	Coes	2.05	2.10	25.4	0.27	330.0	330.0	0.29

**DPSH04** – Quota 110.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. - 14.20 mt., falda non rilevata.

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH04										
Strato	Prof.(m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi(°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-5.40	6	Coes	1.98	2.03	21.7	0.15	36.7	48.6	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	5.40-10.00	16	Coes	1.99	2.05	23.6	0.20	97.9	163.6	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa	10.00-14.20	35	Coes	2.05	2.10	25.6	0.29	350.0	350.0	0.28

mediamente consistente										
------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**DPSH05** – Quota 94.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. - 15.40 mt., falda non rilevata.

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH05										
Strato	Prof.(m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi(°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-4.80	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	4.80-14.20	22	Coes	2.02	2.08	24.3	0.27	134.6	232.6	0.31
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	14.20-15.40	46	Coes	2.11	2.16	28.1	0.38	460.0	460.0	0.26

**DPSH06** – Quota 84.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. - 15.80 mt., falda rilevata tra le quote 3.60- 13.00 mt dal p.c.

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH06										
Strato	Prof.(m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi(°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-5.60	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	5.60-13.00	24	Coes	2.03	2.09	24.6	0.30	146.8	255.6	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	13.00-15.80	45	Coes	2.10	2.15	27.9	0.37	450.0	450.0	0.26

**DPSH07** – Quota 103.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. -15.80 mt., falda non rilevata.

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH07										
Strato	Prof.(m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi(°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-3.60	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	3.60-7.60	20	Coes	2.01	2.07	24.1	0.25	122.4	209.6	0.31
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	7.60-15.80	41	Coes	2.08	2.13	26.6	0.34	410.0	410.0	0.27

**DPSH08** – Quota 81.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. -18.40 mt., falda rilevata tra le quote 3.80-12.00 mt dal p.c.

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH08										
Strato	Prof.(m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi(°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-3.40	4	Coes	1.96	2.01	21.1	0.10	24.5	25.6	0.35

argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	3.40-12.00	17	Coes	2.00	2.06	23.8	0.21	104.0	175.1	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	12.00-18.40	36	Coes	2.06	2.11	25.7	0.30	360.0	360.0	0.28

## 10.2 Prove Laboratorio

Prelievo di campioni indisturbato con fustella C02 (prof. 1.00- 1.50 metri dal p.c.), per le indagini di laboratorio.

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI CAMPIONE Dpsh02_C02																
Strato	Prof. (m)	Gamma Nat. (t/m <sup>3</sup> )	ghiaia (%)	sabbia (%)	limo (%)	argilla (%)	D60 (%)	D10 (%)	CU= D60/D10	D90 (%)	W (%)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	Fi(*)	c Kg/cm <sup>2</sup>
Argilla con limo	100-1.50	1.96	0.00	3.0	47.5	49.5	0.008	0.001	8.0	0.04	24.13	39.33	22.74	16.59	23.0	0.258

### 10.3 Profili Sismici Masw

I profili sismici Masw sono stati eseguiti con le seguenti caratteristiche geometriche e di acquisizione: **MW01, MW02, MW03, MW04, MW05, MW06, MW07, MW08.**

- Onde R; Lunghezza stendimento 57,50 mt;
- geofoni verticali (4,5 Hz) n. 24 con off-set di 2.50 mt;
- Shot n. 3 esterni a distanza di metri: -2.5, -5.0 e -7.5 dal primo geofono;
- Energizzazione con mazza da 8 Kg su piastra metallica.

Al fine di ridurre il *noise* e migliorare i segnali acquisiti è stata usata la funzione iterazione per somma e sono state eseguite amplificazioni dei guadagni (*gain*) in ingresso dei geofoni posti in posizione più lontana dalle energizzazioni.

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 01				
Valore VSeq: 261 m/s				
Numero strato	1	2	3	4
Velocità onde S: Vs (m/s)	152+-7	232+-18	302+-7	538+-34
Spessore medio sismo strato: h (m)	3.8	3.1	23.6	Ind.

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 02				
Valore VSeq: 207 m/s				
Numero strato	1	2	3	4
Velocità onde S: Vs (m/s)	141+-22	182+-7	296+-13	478+-44
Spessore medio sismo strato: h (m)	5.2	11.4	20.9	Ind.

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 03				
Valore VSeq: 298 m/s				
Numero strato	1	2	3	4
Velocità onde S: Vs (m/s)	176+-3	270+-12	347+-5	652+-56
Spessore medio sismo strato: h (m)	5.0	4.1	18.4	Ind.

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 04				
Valore VSeq: 303 m/s				
Numero strato	1	2	3	4
Velocità onde S: Vs (m/s)	190+-12	232+-20	380+-33	613+-50
Spessore medio sismo strato: h (m)	5.0	4.1	22.3	Ind.

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 05				
Valore VSeq: 271 m/s				
Numero strato	1	2	3	4
Velocità onde S: Vs (m/s)	172+-9	247+-6	353+-9	595+-56
Spessore medio sismo strato: h (m)	4.8	9.4	22.5	Ind.

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 06				
Valore VSeq: 291 m/s				
Numero strato	1	2	3	4
Velocità onde S: Vs (m/s)	154+-2	267+-5	433+-27	578+-25
Spessore medio sismo strato: h (m)	5.6	7.3	17.7	Ind.

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 07				
Valore VSeq: 262 m/s				
Numero strato	1	2	3	4
Velocità onde S: Vs (m/s)	152+-14	212+-16	304+-34	575+-45
Spessore medio sismo strato: h (m)	3.5	4.0	21.6	Ind.



RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 08				
Valore VSeq: 262 m/s				
Numero strato	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Velocità onde S: Vs (m/s)	157+-12	238+-13	320+-11	570+-62
Spessore medio sismo strato: h (m)	3.8	8.1	26.9	Ind.

#### 10.4 Microtremori (HVSr)

Le acquisizioni dei microtremori sono stati eseguiti con le seguenti caratteristiche di acquisizione:

- **HVSr02** --> Numero tracce:3 (Verticale, Nord-Sud, Est-Ovest); Durata registrazione: 1920s; Frequenza di campionamento: 300,00 Hz; Numero campioni: 576000.

RIEPILOGO PARAMETRI HVSr 02					
Frequenza del picco del rapporto H/V:			1.60 Hz ±0.19 Hz		
Valore Vseq:			207.20 m/s		
Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità Onde di taglio [m/s]
1	0	5.2	19	0.41	141
2	5.2	11.4	19.5	0.4	182
3	16.6	21	19.8	0.37	296
4	37.6	45	20	0.33	478
5	82.6	45	21	0.32	620
6	127.6	20	22	0.3	850

- **HVSr08** --> Numero tracce:3 (Verticale, Nord-Sud, Est-Ovest); Durata registrazione: 2400s; Frequenza di campionamento: 300,00 Hz; Numero campioni: 720000.

RIEPILOGO PARAMETRI HVSr 08					
Frequenza del picco del rapporto H/V:			1.70 Hz ±0.29 Hz		
Valore Vseq:			261.08 m/s		
Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità Onde di taglio [m/s]
1	0	3.8	19	0.41	157
2	3.8	8.2	19.5	0.39	238
3	12	27	19.8	0.37	320
4	39	40	20.5	0.34	570
5	79	45	21	0.32	630
6	124	20	22	0.3	850



## 10.5 MODELLO LITO-TECNICO DEI TERRENI

Dalle indagini eseguite è stato possibile ricostruire il modello lit-tecnico delle aree oggetto degli interventi .

MODELLO LITOTECNICO MEDIO DI RIFERIMENTO AL PIANO CAMPAGNA

Strato	Spess. (m)	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ed (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )	G0 (Mpa)	Modulo Poisson	Nspt	Vs (m/s)
L1a	6.00	1.96	2.01	21	0.10	24	25	51	0.41	4-5	162
L1b	12.0	1.99	2.05	23	0.20	97	163	110	0.40	16-24	235
L2a	27.0	2.05	2.10	25	0.27	330	330	240	0.37	33-49	342
L2b	40.0	2.10	2.15	----	----	----	----	576	0.33	Rif.	524
L2c	45.0	2.15	2.20	----	----	----	----	826	0.32	Rif.	620
L2d	>20.0	2.20	2.25	----	----	----	----	1590	0.30	Rif.	850

Fi = angolo di attrito; c = coesione; Ed = Modulo edometrico; Ey Modulo elastico; G0 = modulo di taglio; Nspt = numero di colpi prova SPT; Vs = velocità delle onde S.

Quota sito 75.0-115.0 metri slm -- Falda da assente a profondità 3.00-3.80 metri dal p.c., con spessore max di circa 8.00-14.0 metri.

Categoria di sottosuolo **C** *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.”*

Categoria topografica **T1** *“Superficie pianeggiante, Pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i < 15^\circ$ ”*

Fondazione posta a **-1.50 metri** dal piano campagna attuale

**VSeq** al p.f. (-1.50 m) = **253.56 m/sec.**; VSeq al p.c. = 243.53 m/sec.;

**Unità litotecnica L1a** – Copertura colluvio alluvionale scarsamente consistente altamente plastica costituita da un limo argillo sabbioso di colore bruno avana. La resistenza all’erosione è bassa, la permeabilità è da media a medio-bassa;

**Unità litotecnica L1b** – Copertura eluviale scarsamente consistente plastica costituita da argille limose debolmente sabbiose di colore bruno avana. La resistenza all’erosione è bassa, la permeabilità è bassa;

**Unità litotecnica L2a** – Substrato sedimentario locale mediamente consistente costituito da argille siltose di colore grigio azzurro. La resistenza all’erosione è bassa, la permeabilità è bassa;

**Unità litotecnica L2b** – Substrato sedimentario locale da mediamente consistente a consistente costituito da argille siltose di colore grigio azzurro. La resistenza all’erosione è bassa, la permeabilità è bassa;

**Unità litotecnica L2c** – Substrato sedimentario locale consistente costituito da argille siltoso marnose di colore grigio azzurro. La resistenza all’erosione è bassa, la permeabilità è bassa;

**Unità litotecnica L2d** – Substrato sedimentario locale altamente consistente (bedrock sismico) costituito da argille siltoso marnose di colore grigio azzurro. La resistenza all’erosione è bassa, la permeabilità è bassa;

## 11. Conclusioni

A conclusione della presente relazione geologica redatta allo scopo di ricostruire l'assetto stratigrafico, sismico e morfologico di un sito sul quale verrà realizzato un impianto fotovoltaico e opere connesse posta nella porzione orientale del territorio comunale di Scandale (KR) in loc. Fota-Collarica,

In particolare la superficie sarà interessata dall'installazione di batterie di pannelli e di una serie di cabine di trasformazione oltre che dei cavi per il trasporto della corrente, saranno inoltre lasciate libere le viabilità interne necessarie per l'installazione e la manutenzione dell'impianto.

Attualmente l'area in cui sono previsti gli interventi non risulta perimetrata come area a diversa pericolosità idraulica nell'ambito del PAI dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria ma risulta classificata come "Area di Attenzione" nell'ambito dell'aggiornamento delle mappe del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) elaborato dai tecnici del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale.

Per quanto esposto si può affermare:

- ✓ Le caratteristiche del suolo al di sotto dei pannelli non vengono in alcun modo alterate per cui permane la permeabilità originaria della zona;

Considerato inoltre che:

- ✓ le batterie di pannelli e le cabine di trasformazione verranno poste a quota tale da non interferire con il libero deflusso delle acque;
- ✓ nelle aree in cui la disposizione dei moduli fotovoltaici interferisce con gli impluvi naturali, considerato che i moduli stessi sono poggiati su pali e non interferiscono con il libero deflusso delle acque, si ritiene che l'installazione dei pannelli non modifichi le sezioni di deflusso degli impluvi presenti e quindi non altera la capacità di smaltimento degli stessi

Alla luce di quanto osservato in questo studio è possibile sostenere che le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, sismiche ed idrogeologiche dei litotipi riconosciuti nell'area consentono la realizzazione dell'intervento in progetto.

Studi e indagini svolte hanno consentito di ricostruire nel dettaglio l'assetto geologico, morfologico ed idrogeologico delle aree di previsto intervento, per la valutazione delle condizioni meccaniche dei terreni di fondazione, si è fatto riferimento a parametri geotecnici relativi ai risultati di prove in situ.

Per la litostratigrafia presente e per le caratteristiche meccaniche peculiari dei litotipi presenti, si assegna ai parametri geotecnici i seguenti valori da utilizzare nel calcolo del *Q-lim.*:

$$C = 0.26 \text{ kg/cmq}$$

$$\gamma = 2.6 \text{ kg/mc}$$

$$\Phi = 23^\circ$$

L'esame condotto nei capitoli precedenti consentono di fornire le indicazioni necessarie alla corretta utilizzazione dell'area sulla quale si svilupperà l'intervento previsto in progetto, nel rispetto delle condizioni naturali di equilibrio già raggiunto.

Si può quindi affermare che le condizioni geomorfologiche-geotecniche di tale area sono tali da garantire una sufficiente sicurezza, con i limiti e le indicazioni fornite nei paragrafi precedenti.

Le indagini eseguite, evidenziano una situazione stratigrafica che permette di affermare quanto segue:

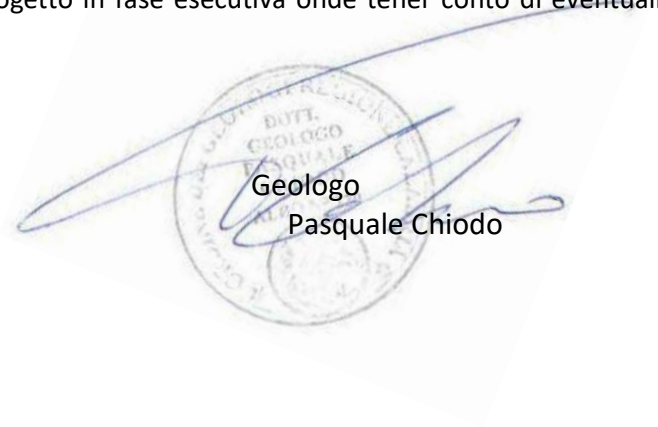
gli elementi geologici generali offrono buone caratteristiche di resistenza meccanica; morfologicamente l'area non evidenzia forme indicative di cedimenti o assestamenti; le opere previste vengano progettate e dimensionate nel rispetto delle norme tecniche vigenti; il sito risulta idoneo ad accogliere le opere previste in progetto;

Alla luce di quanto osservato in questo studio è possibile sostenere che le caratteristiche

geologiche, geomorfologiche, sismiche ed idrogeologiche dei litotipi riconosciuti nell'area consentono la realizzazione dell'intervento in progetto.

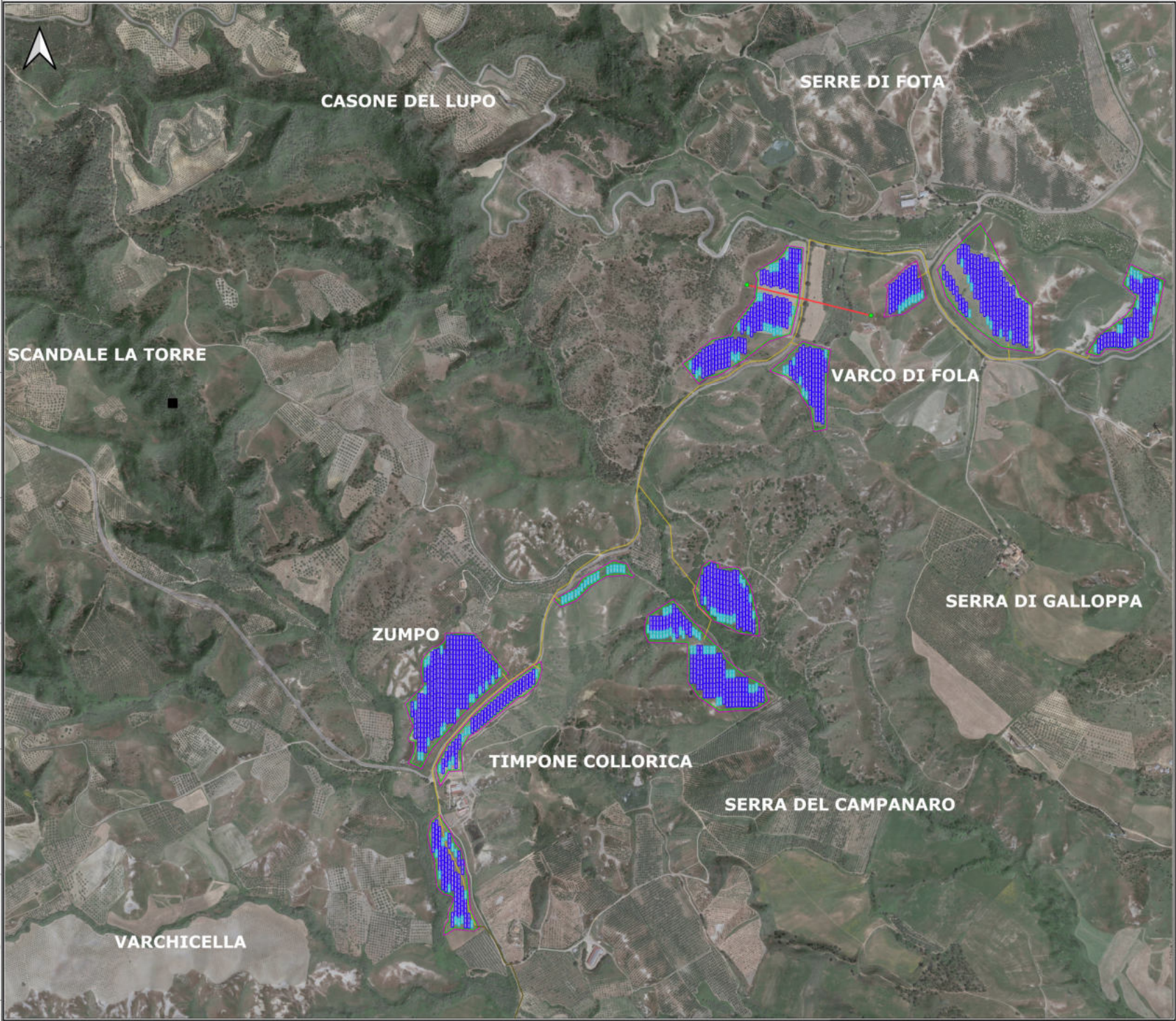
Ci si riserva in ogni caso, di verificare i dati di progetto in fase esecutiva onde tener conto di eventuali diverse situazioni riscontrabili

Marcellinara, giugno 20123



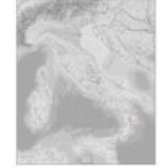
Geologo  
Pasquale Chiodo





# CARTA INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Dott. Geol. Pasquale Chiodo









Projected Coordinate System: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_33N  
 Projection: Transverse\_Mercator  
 False\_Easting: 500000.00000000  
 False\_Northing: 0.00000000  
 Central\_Meridian: 15.00000000  
 Scale\_Factor: 0.99960000  
 Latitude\_Of\_Origin: 0.00000000  
 Linear Unit: Meter

Geographic Coordinate System: GCS\_WGS\_1984  
 Datum: D\_WGS\_1984  
 Prime Meridian: Greenwich



Dati catastali:  
 Foglio n.13 - Part. 176  
 Foglio n.14 - Part. 1-69-6-18-78-50-52-55  
 Foglio n.10 - Part. 37-39-110

-  Tracciato cavi elettrici
-  Recinzione metallica
-  Strada interna
-  Elettrodotto
-  Traliccio
-  Tracker fotovoltaico da 78 moduli  
 Pn: 570 watt, n.tot: 531  
 Tracker fotovoltaico da 40 moduli  
 Pn: 570 watt, n.tot: 158  
 Interasse Tracker: 10m  
 N. Moduli 570 watt: 47.738  
 Potenza nominale impianto: 27.210,66 Kw







**CASONE DEL LUPO**

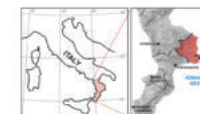
**SERRE DI FOTA**

# CARTA TOPOGRAFICA

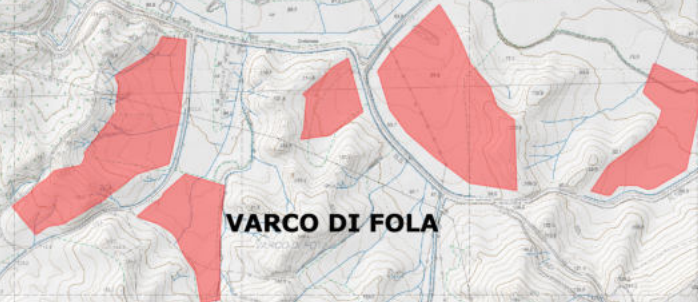
Dott. Geol. Pasquale Chiodo

Projected Coordinate System: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_33N  
Projection: Transverse\_Mercator  
False\_Easting: 500000,00000000  
False\_Northing: 0,00000000  
Central\_Meridian: 15,00000000  
Scale\_Factor: 0,99960000  
Latitude\_Of\_Origin: 0,00000000  
Linear Unit: Meter

Geographic Coordinate System: GCS\_WGS\_1984  
Datum: G\_WGS\_1984  
Prime Meridian: Greenwich



**SCANDALE LA TORRE**



**VARCO DI FOLA**

**SERRA DI GALLOPPA**

**ZUMPO**

**TIMPONE COLLORICA**

**SERRA DEL CAMPANARO**



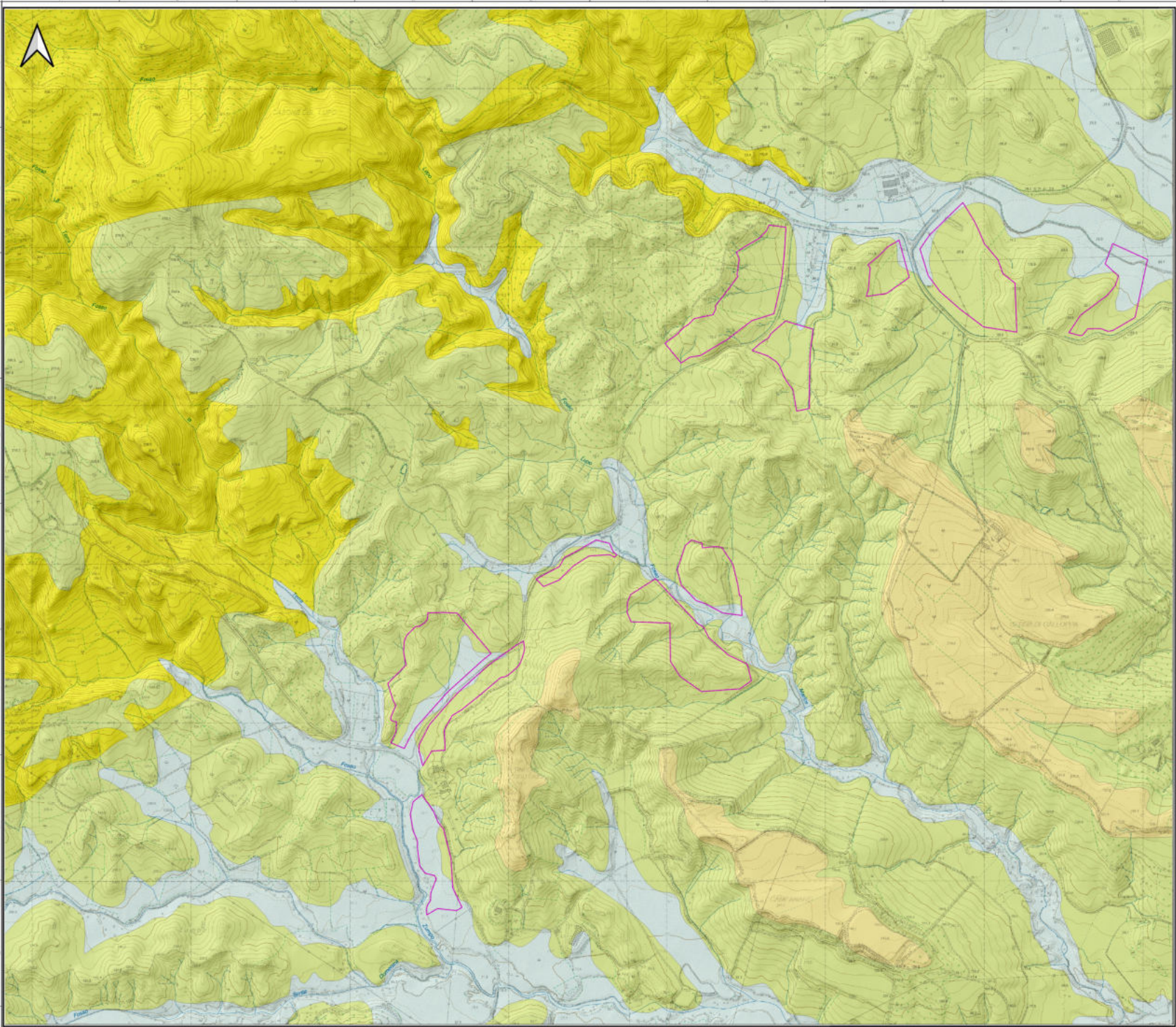
Area di interesse

**VARCHICELLA**



1:5.000





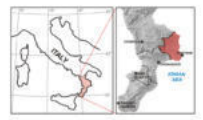
# CARTA GEOLOGICA

Dott. Geol. Pasquale Chiodo



Projected Coordinate System: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_33N  
 Projection: Transverse\_Mercator  
 False\_Easting: 500000.00000000  
 False\_Northing: 0.00000000  
 Central\_Meridian: 15.00000000  
 Scale\_Factor: 0.99960000  
 Latitude\_Of\_Origin: 0.00000000  
 Linear Unit: Meter

Geographic Coordinate System: GCS\_WGS\_1984  
 Datum: D\_WGS\_1984  
 Prime Meridian: Greenwich



Area di interesse

- 
**Argilla marnosa di Cutro**  
 Argille grigio-azzurre a stratificazione mal distinta. Presentano rare intercalazioni di sabbie fini ed argille siltose. Ambiente di deposizione batiale.
- 
**Arenaria di Scandale**  
 Arenarie, talora sabbiose e a composizione mista, fortemente fossilifere e di colore giallastro. Sono ben stratificate, prevalenza della stratificazione incrociata, e presentano abbondanti macrofossili (pectinidi, ostreidi e altri bivalvi).
- 
**Depositi alluvionali**  
 Ghiaie, ghiaie e sabbie, sabbie e limi costituenti aree di esondazione e depositi di conoidi alluvionali dei principali corsi d'acqua; talora il deposito è colorizzato dalla vegetazione.
- 
**Sintema di Sant'Anna (Facies clastica)**  
 arenarie e biocalcaremi di spiaggia sommersa con stratificazione incrociata e strutture di tempesta.



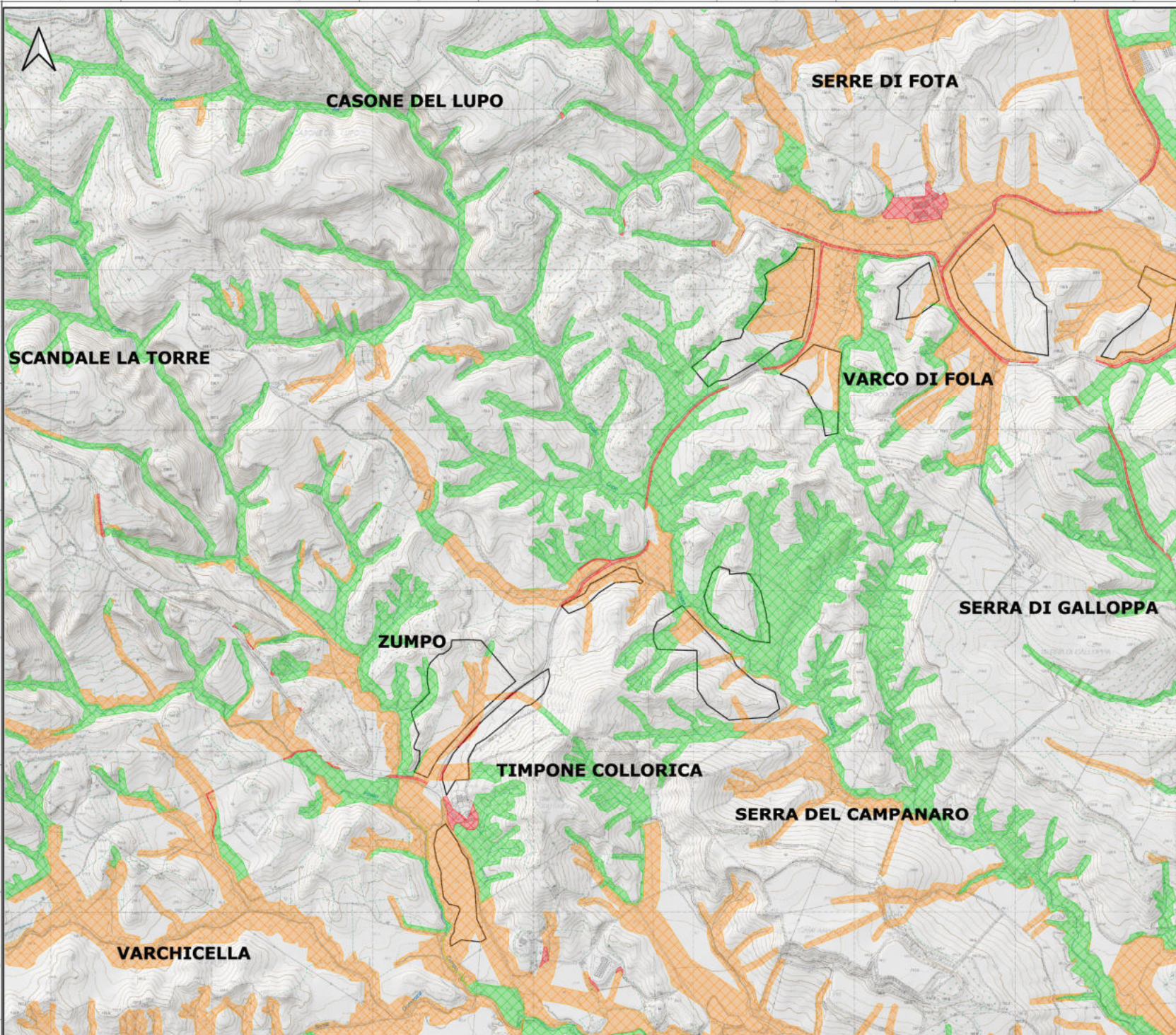
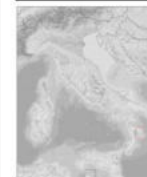


# CARTA DEI VINCOLI - PGRA RISCHIO ALLUVIONALE

Dott. Geol. Pasquale Chiodo

Projected Coordinate System: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_33N  
 Projection: Transverse\_Mercator  
 False\_Easting: 500000.00000000  
 False\_Northing: 0.00000000  
 Central\_Meridian: 15.00000000  
 Scale\_Factor: 0.99960000  
 Latitude\_Of\_Origin: 0.00000000  
 Linear Unit: Meter

Geographic Coordinate System: GCS\_WGS\_1984  
 Datum: D\_WGS\_1984  
 Prime\_Meridian: Greenwich



## Legenda

Area di interesse

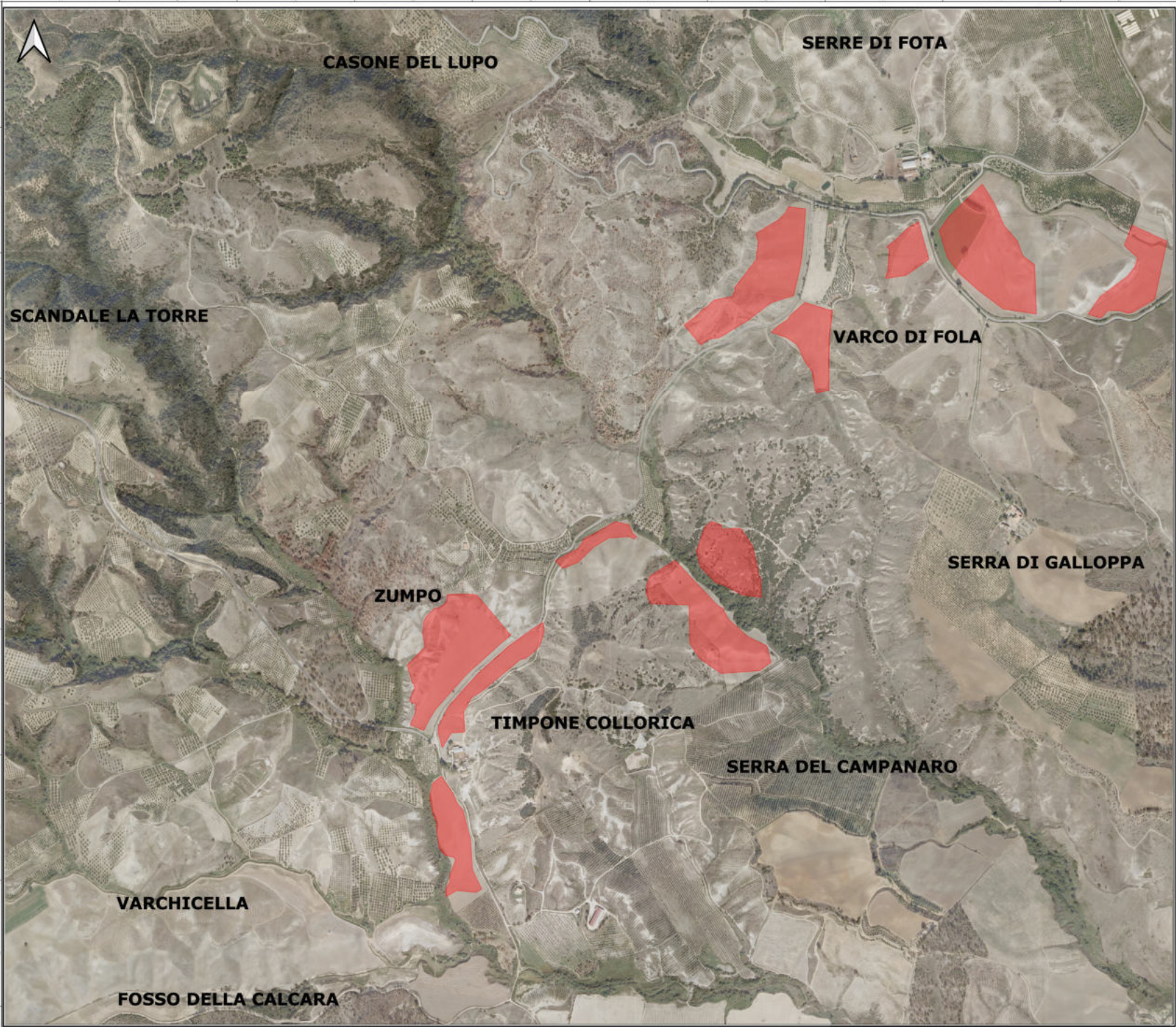
Classi di Rischio Alluvionale

- R1
- R2
- R3
- R4

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R4	R2
	D3	R4	R3	R2
	D2	R3	R2	R1
	D1	R2	R1	R1

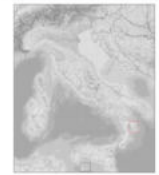






# CARTA INQUADRAMENTO AREA DI INTERESSE SU ORTOFOTO

Dott. Geol. Pasquale Chiodo

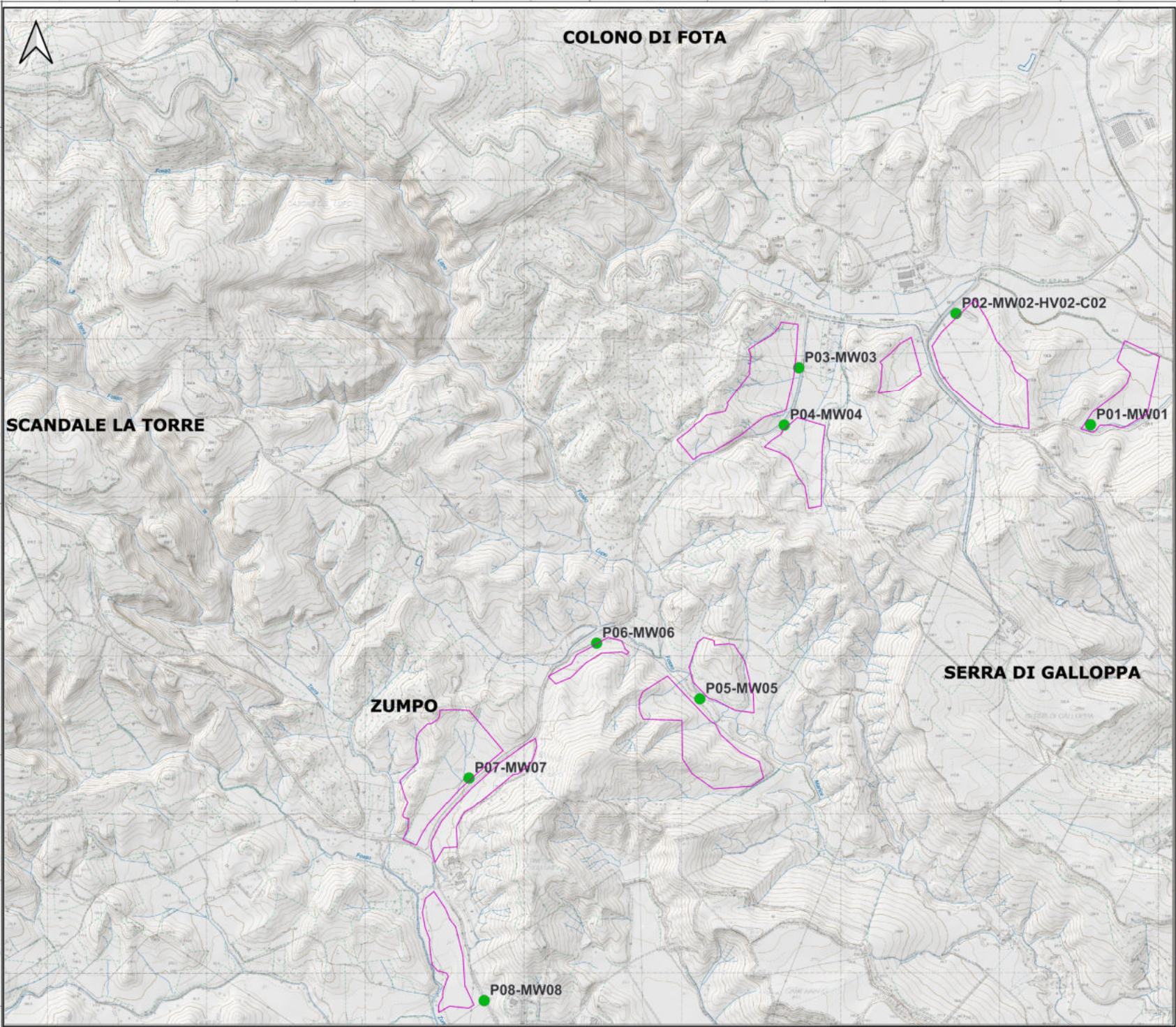


Projected Coordinate System: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_33N  
Projection: Transverse\_Mercator  
False\_Easting: 500000.00000000  
False\_Northing: 0.00000000  
Central\_Meridian: 15.00000000  
Scale\_Factor: 0.99960000  
Latitude\_Of\_Origin: 0.00000000  
Linear Unit: Meter

Geographic Coordinate System: GCS\_WGS\_1984  
Datum: D\_WGS\_1984  
Prime Meridian: Greenwich

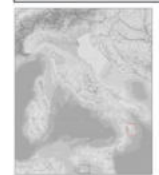






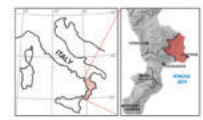
# CARTA UBICAZIONE INDAGINI

Dott. Geol. Pasquale Chiodo

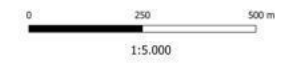


Projected Coordinate System: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_33N  
Projection: Transverse\_Mercator  
False\_Easting: 500000.00000000  
False\_Northing: 0.00000000  
Central\_Meridian: 15.00000000  
Scale\_Factor: 0.99960000  
Latitude\_Of\_Origin: 0.00000000  
Linear Unit: Meter

Geographic Coordinate System: GCS\_WGS\_1984  
Datum: D\_WGS\_1984  
Prime\_Meridian: Greenwich



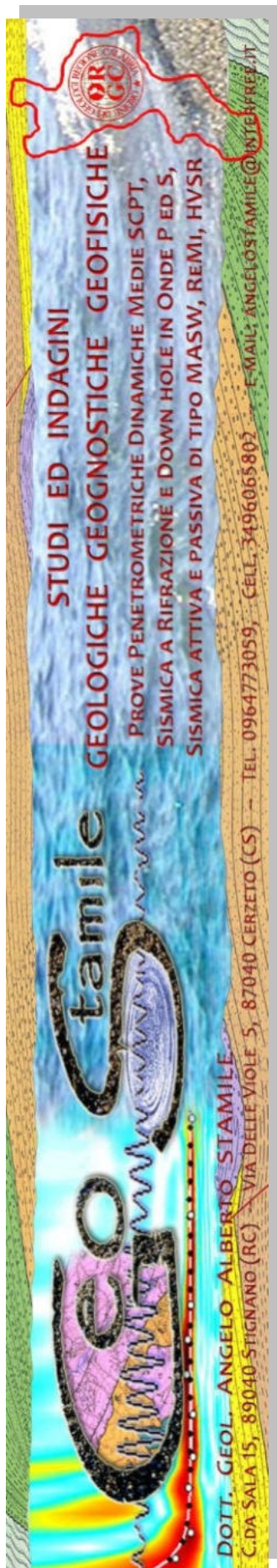
-  Area di interesse
-  Punti di indagine





COMUNE  
SCANDALE  
Provincia di Crotone

INDAGINI  
GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



- P R O V A P E N E T R O M E T R I C A D I N A M I C A  
S U P E R P E S A N T E (D<sub>p</sub> sh.), C O N P R E L I E V O D I  
C A M P I O N E (C..) E D A N A L I S I D I L A B O R A T O R I O
- S I S M I C A S U P E R F I C I A L E A T T I V A C O N T E C N I C A  
M U L T I C H A N N E L A N A L Y S I S O F S U R F A C E W A V E S  
(Masw..)
- S I S M I C A S U P E R F I C I A L E P A S S I V A (m i c r o t r e m o r i)  
C O N T E C N I C A H O R I Z O N T A L T O V E R T I C A L  
S P E C T R A L R A T I O (Hvsr..)

PROGETTO:

Progetto per la costruzione e l'esercizio di n  
impianto fotovoltaico della potenza complessiva  
pari a 25,1085 MW, da ubicare nel Comune di  
Scandale (KR) in località Fota-Collarica e relative  
opere di connessione.

COMMITTENTE:

Dott. Geol. Pasquale Chiodo per conto della società MYT  
RENEWABLES DEVELOPMENT 5 srl

DATA: maggio 2023

IL TECNICO

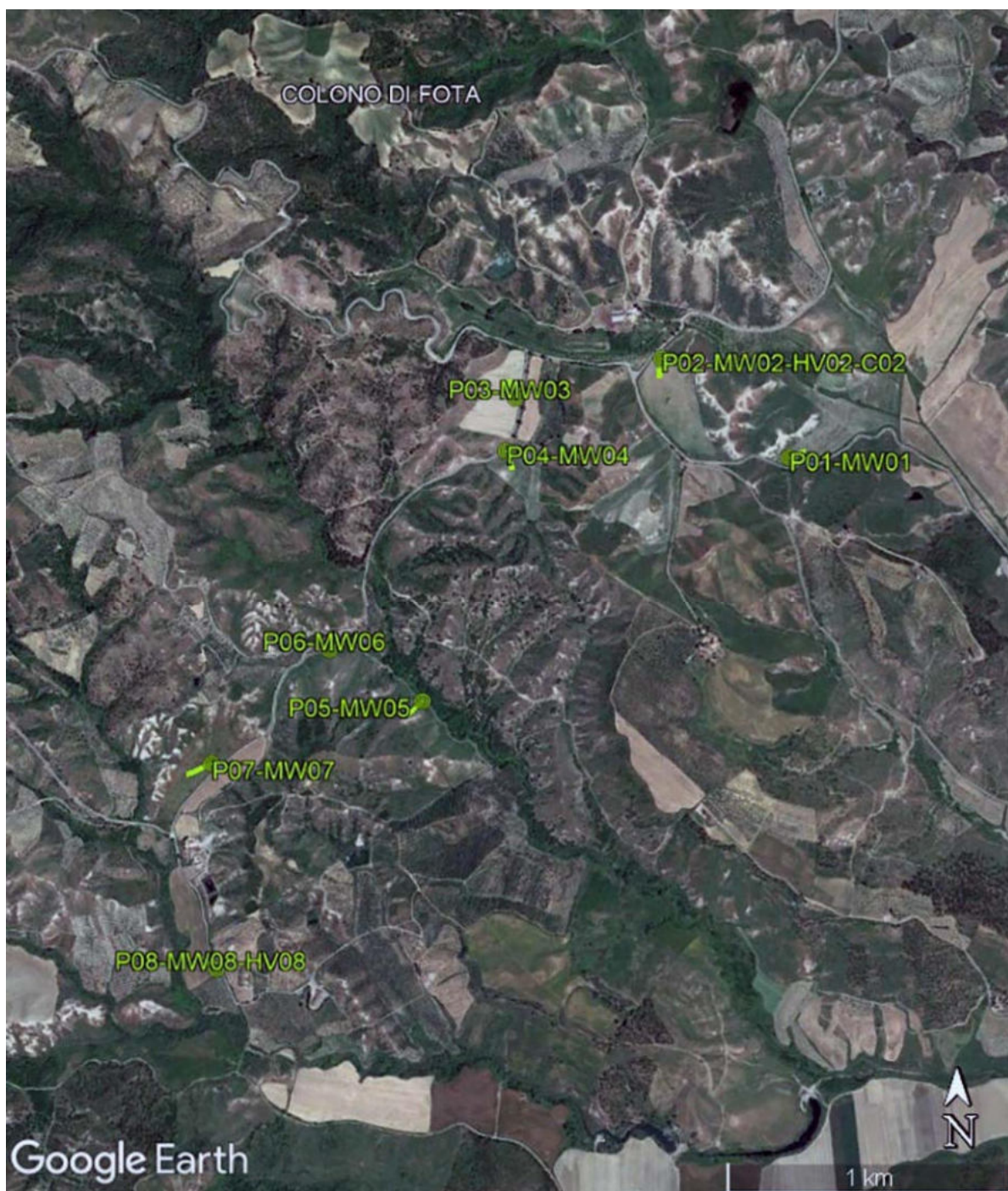
Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE



*Angelo Alberto Stamile*

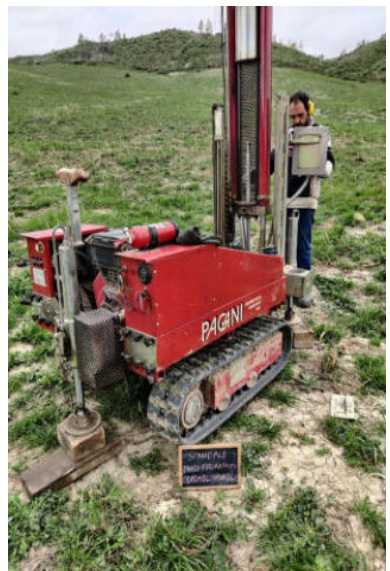
## PREMESSA

Per il Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico della potenza complessiva pari a 25,1085 MW, da ubicare nel Comune di Scandale (KR) in località Fota-Collarica e relative opere di connessione, è stato dato incarico di eseguire una campagna d'indagine geognostica e geofisica attraverso: n. 8 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH...), con prelievo di n. 1 campioni indisturbati C...; n. 8 sismica superficiale attiva con analisi Multichannel Analysis of Surface Waves (MW...); n. 2 sismica superficiale passiva (microtremori) con analisi Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HV...). L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo di un penetrometro dinamico superpesante DPSH PAGANI TG 63-100, un sismografo Seismic Unit Echo 24/2002 della Ambrogeo srl ed un tromografo GeoBox della SARA Electronics Instruments per le misure di microtremori.



Ubicazione indagini -- Immagine Google Heart.









Ubicazione indagini -- Immagine Google Heart.

Le profondità raggiunte dalle indagini penetrometriche sono le seguenti:

**DPSH01** – Quota 88.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. -15.40 mt., falda non rilevata.

**DPSH02** – Quota 84.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. - 17.80 mt., falda rilevata tra le quote 3.00-16.60 mt dal p.c. Prelievo di campioni indisturbato con fustella C02 (prof. 1.00-1.50 metri dal p.c.), per le indagini di laboratorio.

**DPSH03** – Quota 100.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. - 15.40 mt., falda non rilevata.

**DPSH04** – Quota 110.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. - 14.20 mt., falda non rilevata.

**DPSH05** – Quota 94.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. - 15.40 mt., falda non rilevata.

**DPSH06** – Quota 84.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. - 15.80 mt., falda rilevata tra le quote 3.60-13.00 mt dal p.c.

**DPSH07** – Quota 103.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. -15.80 mt., falda non rilevata.

**DPSH08** – Quota 81.0 metri slm., profondità raggiunta dal p.c. -18.40 mt., falda rilevata tra le quote 3.80-12.00 mt dal p.c.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata con il programma Dynamic Probing della GeoStru che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione e la stima dei parametri geotecnici dei terreni.



I profili sismici Masw sono stati eseguiti con le seguenti caratteristiche geometriche e di acquisizione:

**MW01, MW02, MW03, MW04, MW05, MW06, MW07, MW08** --> Onde R; Lunghezza stendimento 57,50 mt; geofoni verticali (4,5 Hz) n. 24 con off-set di 2.50 mt; Shot n. 3 esterni a distanza di metri: -2.5, -5.0 e -7.5 dal primo geofono; Energizzazione con mazza da 8 Kg su piastra metallica. Al fine di ridurre il *noise* e migliorare i segnali acquisiti è stata usata la funzione iterazione per somma e sono state eseguite amplificazioni dei guadagni (*gain*) in ingresso dei geofoni posti in posizione più lontana dalle energizzazioni. L'acquisizioni del segnale, di lunghezza temporale T=1000ms è stata effettuata con passo di campionamento dt=0,131ms. La frequenza di campionamento è data da:  $f_{campionamento}=1/dt=7633$  Hz. La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da:  $f_{nyquist}=1/2dt=3817$  Hz. La frequenza minima dei segnali è data da:  $f_{min}=1/T=1,0$  Hz. Dato che le acquisizioni sono risultate tutte della stessa qualità si è elaborata la prova: ScandaleMW01ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy, energizzazione -5.00 metri dal primo geofono; ScandaleMW02ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy, energizzazione -5.00 metri dal primo geofono; ScandaleMW03ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy, energizzazione -5.00 metri dal primo geofono; ScandaleMW041ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy, energizzazione -5.00 metri dal primo geofono; ScandaleMW05ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy, energizzazione -5.00 metri dal primo geofono; ScandaleMW06ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy, energizzazione -5.00 metri dal primo geofono; ScandaleMW07ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy, energizzazione -5.00 metri dal primo geofono; ScandaleMW08ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy, energizzazione -5.00 metri dal primo geofono.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata con il programma WinMASWac 8.0 della Elisoft che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione della seziona sismostratigrafica 1D, della stima dei parametri elastodinamici, della VSeq e della categoria di suolo.

Le acquisizioni dei microtremori sono stati eseguiti con le seguenti caratteristiche di acquisizione:

**HVSR02** --> Numero tracce:3 (Verticale, Nord-Sud, Est-Ovest); Durata registrazione: 1920s; Frequenza di campionamento: 300,00 Hz; Numero campioni: 576000.

**HVSR08** --> Numero tracce:3 (Verticale, Nord-Sud, Est-Ovest); Durata registrazione: 2400s; Frequenza di campionamento: 300,00 Hz; Numero campioni: 720000.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata con il programma EasyHVSR della GeoStru che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione dei segnali.

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH01										
Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-3.80	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	3.80-6.80	17	Coes	2.00	2.06	23.8	0.21	104.0	175.1	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	6.80-15.40	40	Coes	2.08	2.13	26.4	0.33	400.0	439.6	0.27

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 01							
Valore VSeq: 261 m/s							
Numero strato	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Velocità onde S: Vs (m/s)	152+-7	232+-18	302+-7	538+-34			
Spessore medio sismo strato: h (m)	3.8	3.1	23.6	Ind.			

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH02										
Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-5.20	4	Coes	1.96	2.01	21.1	0.10	24.4	25.6	0.35
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	5.20-16.60	22	Coes	2.02	2.08	24.3	0.27	134.6	232.6	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	16.60-17.80	49	Coes	2.12	2.17	29.0	0.41	367.5	490.0	0.26

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI CAMPIONE Dpsh02 C02																
Strato	Prof. (m)	Gamma Nat. (t/m <sup>3</sup> )	ghiaia (%)	sabbia (%)	limo (%)	argilla (%)	D60 (%)	D10 (%)	CU= D60/D10	D90 (%)	W (%)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	Fi (°)	c Kg/cm <sup>2</sup>
Argilla con limo	100-1.50	1.96	0.00	3.0	47.5	49.5	0.008	0.001	8.0	0.04	24.13	39.33	22.74	16.59	23.0	0.258

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 02							
Valore VSeq: 207 m/s							
Numero strato	1	2	3	4	5	6	7
Velocità onde S: Vs (m/s)	141+-22	182+-7	296+-13	478+-44			
Spessore medio sismo strato: h (m)	5.2	11.4	20.9	Ind.			

RIEPILOGO PARAMETRI HVSR 02					
Frequenza del picco del rapporto H/V:			1.60 Hz ±0.19 Hz		
Valore Vseq:			207.20 m/s		
Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità Onde di taglio [m/s]
1	0	5.2	19	0.41	141
2	5.2	11.4	19.5	0.4	182
3	16.6	21	19.8	0.37	296
4	37.6	45	20	0.33	478
5	82.6	45	21	0.32	620
6	127.6	20	22	0.3	850

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH03										
Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	c Kg/cm <sup>2</sup>	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-6.00	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	6.00-10.00	17	Coes	2.00	2.06	23.9	0.21	104.0	175.1	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	10.00-15.40	33	Coes	2.05	2.10	25.4	0.27	330.0	330.0	0.29

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 03							
Valore VSeq: 298 m/s							
Numero strato	1	2	3	4	5	6	7
Velocità onde S: Vs (m/s)	176+-3	270+-12	347+-5	652+-56			
Spessore medio sismo strato: h (m)	5.0	4.1	18.4	Ind.			

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH04										
Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	c Kg/cm <sup>2</sup>	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-5.40	6	Coes	1.98	2.03	21.7	0.15	36.7	48.6	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	5.40-10.00	16	Coes	1.99	2.05	23.6	0.20	97.9	163.6	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	10.00-14.20	35	Coes	2.05	2.10	25.6	0.29	350.0	350.0	0.28

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 04							
Valore VSeq: 303 m/s							
Numero strato	1	2	3	450	5	6	7
Velocità onde S: Vs (m/s)	190+-12	232+-20	380+-33	613+-			
Spessore medio sismo strato: h (m)	5.0	4.1	22.3	Ind.			

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH05										
Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturato (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-4.80	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	4.80-14.20	22	Coes	2.02	2.08	24.3	0.27	134.6	232.6	0.31
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	14.20-15.40	46	Coes	2.11	2.16	28.1	0.38	460.0	460.0	0.26

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 05							
Valore VSeq: 271 m/s							
Numero strato	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Velocità onde S: Vs (m/s)	172+9	247+6	353+9	595+56			
Spessore medio sismo strato: h (m)	4.8	9.4	22.5	Ind.			

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH06										
Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturato (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-5.60	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	5.60-13.00	24	Coes	2.03	2.09	24.6	0.30	146.8	255.6	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	13.00-15.80	45	Coes	2.10	2.15	27.9	0.37	450.0	450.0	0.26

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 06							
Valore VSeq: 291 m/s							
Numero strato	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Velocità onde S: Vs (m/s)	154+2	267+5	433+27	578+25			
Spessore medio sismo strato: h (m)	5.6	7.3	17.7	Ind.			

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH07										
Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturato (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-3.60	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	3.60-7.60	20	Coes	2.01	2.07	24.1	0.25	122.4	209.6	0.31
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	7.60-15.80	41	Coes	2.08	2.13	26.6	0.34	410.0	410.0	0.27

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 07							
Valore VSeq: 262 m/s							
Numero strato	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Velocità onde S: Vs (m/s)	152+14	212+16	304+34	575+45			
Spessore medio sismo strato: h (m)	3.5	4.0	21.6	Ind.			

RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH08										
Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturato (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-3.40	4	Coes	1.96	2.01	21.1	0.10	24.5	25.6	0.35
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	3.40-12.00	17	Coes	2.00	2.06	23.8	0.21	104.0	175.1	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	12.00-18.40	36	Coes	2.06	2.11	25.7	0.30	360.0	360.0	0.28




RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 08							
Valore VSeq: 262 m/s							
Numero strato	1	2	3	4	5	6	7
Velocità onde S: $V_s$ (m/s)	157+-12	238+-13	320+-11	570+-62			
Spessore medio sismo strato: $h$ (m)	3.8	8.1	26.9	Ind.			

RIEPILOGO PARAMETRI HVSR 08					
Frequenza del picco del rapporto H/V:			1.70 Hz $\pm$ 0.29 Hz		
Valore Vseq:			261.08 m/s		
Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità Onde di taglio [m/s]
1	0	3.8	19	0.41	157
2	3.8	8.2	19.5	0.39	238
3	12	27	19.8	0.37	320
4	39	40	20.5	0.34	570
5	79	45	21	0.32	630
6	124	20	22	0.3	850

## PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE MEDIE (Dpm) E SUPERPESANTI (Dpsh)

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

CARATTERISTICHE TECNICHE E STRUMENTALI DELLE SONDE			
	DPM SUNDA (DL 030)	DPSH PAGANI TG 63-100	
Rif. Norme	DIN 4094	DIN 4094	
Peso Massa battente	30 Kg	63.5 Kg	
Altezza di caduta libera	0,20 mt	0.75 m	
Peso sistema di battuta	18 Kg	0.63 Kg	
Diametro punta conica	35,68 mm	50.46 mm	
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>	20 cm <sup>2</sup>	
Lunghezza delle aste	1 mt	1 m	
Peso aste a metro	2,4 Kg/m	6 Kg/m	
Profondità giunzione prima asta	0,90 mt	0.80 m	
Avanzamento punta	0,10 mt	0.20 m	
Numero colpi per punta	N (10)	N(20)	
Coeff. Correlazione	0,761	1.515	
Rivestimento/fanghi	No	No	
Angolo d'apertura punta	60°	90°	

### Correlazione con N<sub>spt</sub>

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N<sub>spt</sub> ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di riportare il numero di colpi di una prova dinamica con N<sub>spt</sub>. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q<sub>spt</sub> è quella riferita alla prova SPT. L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}} \quad Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui: M = peso massa battente; M' = peso aste; H = altezza di caduta; A = area base punta conica;  $\square\square$  = passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta R<sub>pd</sub>

Mediante la formula degli Olandesi si determina la resistenza dinamica alla punta (R<sub>pd</sub>) che è un parametro caratteristico dei terreni attraversati:

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R<sub>pd</sub> = resistenza dinamica punta (area A); e = infissione media per colpo ( $\delta/N$ ); M = peso massa battente (altezza caduta H); P = peso totale aste e sistema battuta.

## Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della **GeoStru Software**.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT), tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche. In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici;
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche;
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e della resistenza alla punta.

## Elaborazioni statistiche

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

### Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

### Distribuzione normale R.C.

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $s_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

### Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

## Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione  $d = 1$  mt..

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq).
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda)  $\phi > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\phi > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

### Modulo Di Young (Ev)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

### Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

### Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa  $\gamma = 2,65$  t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

### Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

## Correlazioni geotecniche terreni coesivi

### Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con Nspt < 8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). Cu min-max.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.

- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

#### Modulo Edometrico-Confinato (Mo)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (  $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose (  $N_{spt}=6-12$ ).

#### Modulo Di Young (EY)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### Peso di Volume Gamma

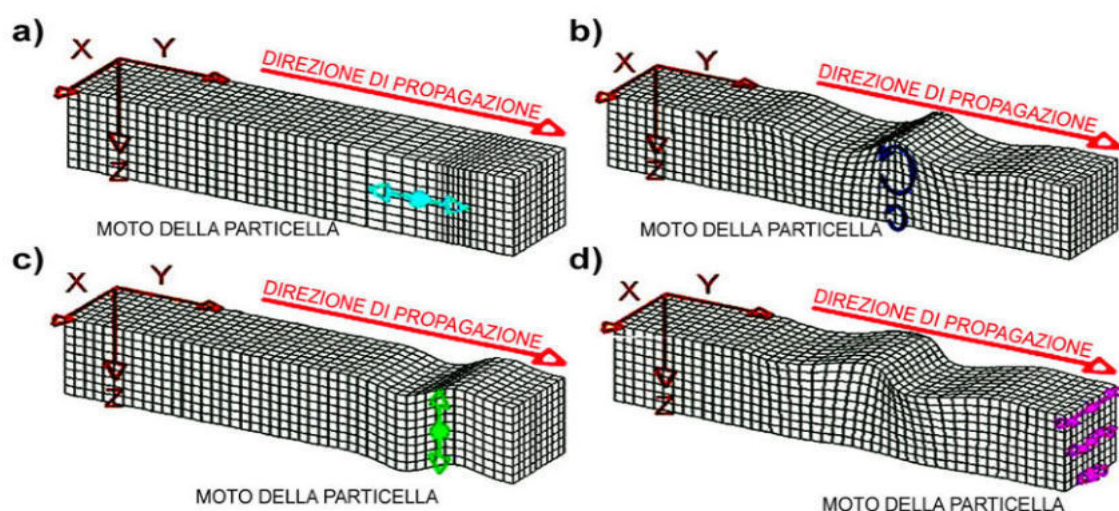
- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

#### Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa  $G=2,70$  (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ( $N_{spt}=0$ ) a 0,545 ( $N_{spt}=28$ )

## INDAGINE SISMICA SUPERFICIALE ATTIVA: PRINCIPI DEL METODO, TECNICHE DI PROSPEZIONE, STRUMENTAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI, PARAMETRI ELASTODINAMICI RILEVABILI

Il principale obiettivo dei metodi sismici è quello di individuare le strutture geologiche presenti nel sottosuolo, di ricostruire l'andamento delle discontinuità legate a variazioni delle proprietà elastiche delle rocce, determinare le caratteristiche elasto-dinamiche dei litotipi. In particolare l'indagine sismica a rifrazione consiste nel determinare direttamente la velocità di propagazione, all'interno del mezzo in esame, delle onde di compressione (onde P), di taglio (onde S) e/o delle onde di superficie (onde di Rayleigh, Love) ed indirettamente, utilizzando i valori delle velocità acquisite ( $V_p$ ,  $V_s$ ,  $V_r$  e  $V_l$ ), le proprietà elasto-dinamiche (moduli dinamici) delle litologie investigate. La sismica di superficie si fonda sul fenomeno fisico secondo cui una perturbazione, prodotta artificialmente mediante cariche esplosive, vibratori o masse battenti, si propaga in un mezzo in modo tale che esista, in ogni suo punto, una dipendenza reciproca tra la posizione e il tempo. La perturbazione potrà identificarsi come lo spostamento, all'interno del mezzo, di una superficie ipotetica (*fronte d'onda*) che abbia in tutti i punti, in un determinato istante, lo stesso valore di fase. Quando uno sforzo è improvvisamente applicato ad un corpo elastico (per es. viene colpito con una massa battente) e quando lo sforzo viene improvvisamente rilasciato, all'interno del corpo stesso si generano delle piccole deformazioni sotto forma di onde elastiche che si propagano in tutte le direzioni. Le onde elastiche in natura sono di due tipi: le *onde di volume* (onde P ed S) *fig. 2*, che si propagano all'interno del corpo interessato dalla perturbazione, e le *onde superficiali* (onde di Rayleigh e di Love), che si propagano solo lungo la superficie.



**Fig. 2** - Rappresentazione grafica delle direzioni di oscillazione delle particelle che costituiscono il mezzo nel caso della propagazione di **a)** *Onde longitudinali P* (direzione di oscillazione coincidente con quella di propagazione dell'onda); **c)** *Onde di taglio S* (direzione di oscillazione perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda); **b)** *Onde di Raleigh R* (moto ellissoidale retrogrado delle particelle nel piano verticale dell'onda); **d)** *Onde di Love L* (moto nel piano orizzontale ortogonale alla direzione di propagazione dell'onda).

Le **onde P** (*di compressione o longitudinali*) si propagano mediante oscillazioni delle particelle che costituiscono il mezzo attraversato nella stessa direzione della propagazione dell'onda. Di conseguenza, il mezzo sarà soggetto principalmente a sforzi di compressione e dilatazione e la velocità dell'onda sarà anche funzione del modulo di incompressibilità ( $k$ ), che esprime la resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, oltre che del modulo di rigidità ( $\mu$ ) e della densità ( $\rho$ ).

Le **onde S** (*trasversali o di taglio*) si propagano mediante oscillazioni delle particelle del mezzo perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda. Di conseguenza, il mezzo sarà soggetto a sforzi di taglio e la velocità delle onde sarà funzione della resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, che è espressa dal modulo di rigidità ( $\mu$ ) detto anche modulo di Taglio ( $G$ ).

Le onde sismiche non sono caratterizzate da un trasporto di materia, ma da un trasferimento di energia. Tenendo presente che lo sforzo impulsivo può ripartirsi in componenti normali e tangenziali, si deduce che le onde longitudinali possono anche essere chiamate onde di compressione in quanto generate dalla reazione elastica che si oppone a variazioni di volume e/o di lunghezza del corpo e di cui sono responsabili le componenti normali dello sforzo. Le onde trasversali sono anche dette onde di taglio in quanto generate da reazione elastica che si oppone a variazioni di forma del corpo e di cui sono responsabili le componenti tangenziali dello sforzo. Logicamente, onde di compressione e di taglio si generano contemporaneamente in seguito ad uno sforzo impulsivo, ma sono caratterizzate da differenti velocità di propagazione. Attraverso lo studio dei tempi di propagazione delle onde di compressione e di taglio, attraverso le leggi fondamentali dell'ottica, si possono

calcolare le velocità di propagazione delle onde sismiche, che, a loro volta, rappresentano la base per la determinazione della natura, disposizione geometrica (profondità ed inclinazione degli strati, detti anche *sismostrati* o *rifrattori*), caratteristiche elasto-dinamiche dei litotipi presenti nell'area di indagine. Se il mezzo ha una superficie libera e viene sollecitato acusticamente, oltre alle onde di volume (longitudinali e di taglio) si creano anche delle onde superficiali tra cui le onde di Rayleigh e di Love.

Nelle **onde R di Raleigh** le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate. La velocità delle onde di Rayleigh, come si sa, è inferiore a quella delle onde di volume ed in particolare  $V_r = 0,9 V_s$ .

Nelle **onde L di Love** sono generate quando le onde S incontrano la superficie libera del terreno, il movimento delle particelle elementari è perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione e decresce con la distanza dalla superficie libera. Le onde di Love sono le onde superficiali più veloci.

Tenuto conto che per sottosuoli naturali, a causa della rapidità delle azioni e del fatto che essi si trovano per gran parte sotto falda e quindi in condizioni di drenaggio impedito, il fenomeno sismico produce deformazioni volumetriche trascurabili, rispetto a quelle distorsionali. Per questo appare giustificato ricondurre la modellazione meccanica di un fenomeno sismico all'analisi degli effetti prodotti da un insieme di onde S, che si propagano dal substrato alla superficie, con un campo di spostamenti del terreno praticamente orizzontale. L'assunzione è oltretutto validata dal fatto che, da un punto di vista ingegneristico, il moto più significativo ai fini della verifica sismica dei manufatti è quello orizzontale. In tal senso, a livelli di deformazione bassi, è assunta l'ipotesi che il terreno in esame presenti un comportamento tensione-deformazione di tipo elastico lineare (deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ )

#### INDAGINE SISMICA ATTIVA SUPERFICIALE A RIFRAZIONE IN ONDE P ED S

Le prospezioni sismiche a rifrazione, le più diffuse tra le indagini geofisiche, consistono, dunque, nel determinare i tempi di arrivo, mediante un sismografo, delle onde elastiche **longitudinali** e/o **trasversali** rifratte, generate da una sorgente di energia. L'energia prodotta dalla sorgente artificiale si propaga nel sottosuolo sotto forma di onde sferiche che, nel loro cammino, subiranno riflessioni (*onde riflesse*) o rifrazioni (*onde rifratte*) in funzione delle caratteristiche elastiche e delle discontinuità presenti nelle rocce attraversate (fig. 3).

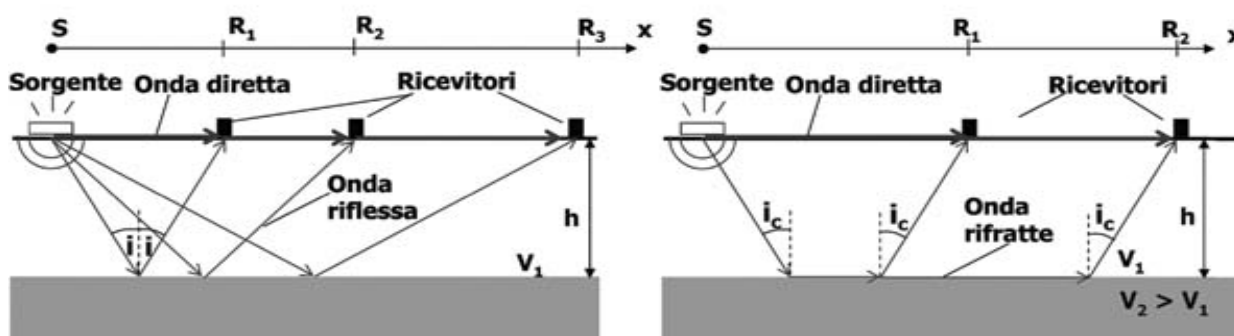


Fig. 3 - Geometria dei percorsi delle onde sismiche riflesse e rifratte nel sottosuolo

Una volta raggiunta la superficie, le onde vengono rilevate da una serie di geofoni posti lungo una linea retta sul terreno, detta "*stendimento sismico*", a distanza crescente dalla sorgente di energia. I geofoni, trasformati gli impulsi d'urto di ritorno in energia elettrica, inviano i segnali elettrici al sismografo registratore che, a sua volta, li restituisce sotto forma numerica e grafica (*sismogramma*). Il sismogramma è composto da un insieme di linee o tracce che riproducono graficamente il progressivo arrivo in superficie delle onde sismiche riflesse o rifratte. Il numero di tracce corrisponde al numero di geofoni utilizzati per la prova. Lo studio delle tracce del sismogramma consente il calcolo dell'intervallo di tempo tra un'energizzazione e l'arrivo delle onde sismiche ai geofoni. I tempi di arrivo  $\Delta t$  (sec) delle onde sismiche registrate ai geofoni posti a distanze  $\Delta x$  (m) dalla sorgente costituiranno le coppie di valori base da utilizzare per l'elaborazione del modello interpretativo del sottosuolo. Ogni coppia di valori  $\Delta t$  e  $\Delta x$  individuerà un punto sul diagramma spazio-temporale. Interpolando tutti questi punti si otterrà una polilinea o "*dromocrona*", caratterizzata da segmenti di retta corrispondenti a percorsi effettuati con uguale velocità delle onde sismiche; in pratica ciascun segmento rettilineo rappresenta uno spessore di terreno caratterizzato da un valore medio della velocità delle onde P o delle onde S, il cui valore assoluto è espresso dal reciproco della pendenza della relativa dromocrona. Dallo studio della dromocrona diretta e reciproca, ottenuta invertendo la posizione del punto di energizzazione dello stendimento, e calcolando sperimentalmente le velocità di ciascun segmento della dromocrona, si potrà ricostruire la profondità, lo spessore, la pendenza e la litologia degli orizzonti sismici presenti nel sottosuolo.

A titolo indicativo, si forniscono nella seguente tabella (tab. 1) alcuni valori di velocità per le onde longitudinali. La tabella mostra che il campo di variazione per uno stesso litotipo è ampio, in quanto la velocità dipende dai parametri elastici intrinseci di ciascun litotipo che possono essere influenzati da numerosi fattori quali, ad esempio: la compattezza o il grado di litificazione, la porosità, la tessitura il contenuto di fluidi, ecc.

Tipo di roccia	Vp (Km/sec)	Tipo di roccia	Vs (Km/sec)
<i>Sedimenti non consolidati</i>		<i>Rocce molto dure</i>	
Argilla	1,0 – 2,5	Rocce metamorfiche poco o per niente fratturate	1,40 – 3,20
Sabbia asciutta	0,2 – 1,0		
Sabbia satura	1,5 – 2,0	<i>Rocce dure</i>	
<i>Rocce sedimentarie</i>		Rocce sedimentarie ignee, tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia	0,70 – 1,40
Calcere tipo chalk	2,1 – 4,5		
Dolomia	4,0 – 7,0	<i>Suoli ghiaiosi e rocce da tenere a dure</i>	0,37 – 0,70
Calcere	3,9 – 6,2		
Argilla	2,0 – 5,5	<i>Argille compatte e suoli sabbiosi</i>	
Arenaria	2,0 – 5,0	Sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose	0,20 – 0,37
<i>Rocce ignee e metamorfiche</i>		<i>Terreni teneri</i>	
Basalto	5,3 – 6,5	terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere	0,10 – 0,20
Granito	4,7 – 6,0		
Gabbro	6,5 – 7,0		
Ardesia	3,5 – 4,4		
Rocce ultrabasiche	7,5 – 8,5		
<i>Altri materiali</i>			
Aria	0,3		
Acqua	1,4 – 1,5		
Ghiaccio	3,4		

**Tab. 1** - Velocità sismiche P ed S nelle rocce (*Esplorazione del sottosuolo – Zanichelli 2003 e Borchardt, 1994*)

Da un'attenta interpretazione delle dromocrone che si ottengono nei grafici in cui sono riportati, per i diversi geofoni, i tempi di arrivo delle onde sismiche e le rispettive distanze dal punto di energizzazione, è possibile ricostruire l'andamento in profondità dei differenti orizzonti rifrattori. Tale ricostruzione è stata realizzata utilizzando il metodo di elaborazione GRM (Metodo Reciproco Generalizzato; Palmer, 1980) che, rispetto ai comuni metodi di interpretazione consente di ricavare la profondità dal p.c. dei vari rifrattori al di sotto di ogni singolo geofono, fornendo così con estremo dettaglio l'andamento geometrico dei vari orizzonti rifrattori indagati, anche alla presenza di situazioni geologiche complesse ed articolate.

#### INDAGINE SISMICA SUPERFICIALE ATTIVA DI TIPO MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)


Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde di taglio S in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh. Il metodo di indagine MASW si distingue in "attivo" e "passivo" (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006). Nel "metodo attivo" le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica). Nel "metodo passivo" lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche "microtremore") prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali). In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza. Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo), il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 5 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m). La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda



di frequenza comprese tra 5 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 35-40 m di profondità (sempre in funzione della rigidità degli strati).

STRUMENTAZIONE E TIPO DI ELABORAZIONE DEI DATI PER SISMICA SUPERFICIALE ATTIVA (SR), (MASW)

L'indagine superficiale attiva viene eseguita mediante l'utilizzo di un sismografo Echo 24/2002, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) che ha le seguenti caratteristiche:

Number of channels	24	Frequency response	7-950 Hz, filter at 950 Hz
Sampler interval	0,296 msec	Dynamic range	93 dB
A/D Conversion	16 bit	Noise	0,66 uV rms, gain = 55 dB
Amplifiers		Crosstalk	52 dB, gain = 55 dB
Input impedance	1 KOhm	Power	12 V
Gain	10 dB - 100 dB, step 1 dB	<b>Seismic Unit -- Echo 24/2002</b>	
Saturation tension	+/- 2,3 V		
Saturation level	100 dB		
Distorsion	0,01%		
Sampler	25 msec (191 points) 50 msec (383 points) 100 msec (756 points) 200 msec (1530 points) 400 msec (3060 points) 800 msec (6121 points)		
Sampling	130 micro/sec		
Record lenght	25-50 -100 -200 -400-800 millisec		
Filter low pass	from 50 to 950 Hz, step1 Hz		
Digital Filter (Fir) low pass	1000-900-800-700-600-500- 400-300-200-100-50 Hz		
Digital Filter (Fir) high pass	0-25-50-75-100-125-150-175- 200-225-250 Hz		

L'elevata dinamica unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo sia per tecniche di tipo a rifrazione (Sr), sia per tecniche di indagine di tipo non convenzionale: Re.Mi. (Refraction Microtremor) - M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) - S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves). Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise). La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dal fatto che utilizza per l'acquisizione ed il salvataggio dei record un computer portatile in modo da sfruttare tutte le potenzialità del computer. L'ambiente operativo è quello di Microsoft Windows XP. Lo strumento è in grado di effettuare misure a rifrazione (onde P ed S), con l'utilizzo di 12 o 24 geofoni collegati a cavi con attacchi equidistanti di 5 metri, o misere MASW e ReMi con 24 geofoni verticali con frequenza di 4,5 Hz. La sorgente sismica è costituita da una massa battente, mazza dal peso di 8kg che funge contemporaneamente da starter poichè collegato a mezzo di trigger al sismografo, che batte su una piastra metallica o da un fucile sismico.

Nella sismica a rifrazione le oscillazioni del suolo sono rilevate da 12 o 24 geofoni (Verticali a 10 Hz ed orizzontali a 14 Hz ) posizionati lungo un profilo sismico di 55 o 120m con offset di 5m che consentono sufficientemente l'identificazione dei sismostrati fino a profondità di 20-30 metri dal p.c. Lungo lo stendimento vengono eseguite energizzazioni variabili da cinque a sette (stendimento con 12 o 24 geofoni) con battute variabili da quattro esterne ed una centrale a quattro esterne, due interne ed una centrale (energizzazioni dirette, centrale e inverse). Al fine di ridurre il noise e migliorare i segnali acquisiti viene usata la funzione iterazione per somma e vengono eseguiti amplificazioni dei guadagni (gain) in ingresso dei geofoni posti in posizione più lontana dalle energizzazioni. I segnali sismici acquisiti sono successivamente elaborati analiticamente con calcolo automatico utilizzando un Computer portatile Compaq Presario ed il software **InterSism 2.0** della **Geo&soft** che permettono di determinare la stratigrafia del sottosuolo. Infatti il modello sismico a rifrazione permette la costruzione di dromocrone (tempi verso distanze) dalle quali è possibile calcolare velocità e profondità di interfaccia profonde. I tempi rifratti si riferiscono ad onde sismiche che incidono con "angolo critico" le superfici di separazione di due mezzi a velocità differenti (ad esempio V2 e V1 con V2>V1). Queste onde possono propagarsi lungo tale interfaccia e tornare in superficie fornendo informazioni sugli spessori, variazioni degli stessi, sulle velocità dei due mezzi e sulla pendenza dell'interfaccia.

Nella prova MASW l'analisi delle onde superficiali è eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione. La geometria di acquisizione consiste nel disporre sul terreno uno stendimento di almeno 12 (consigliati 24) geofoni verticali da 4,5 Hz con spaziatura di 1-5 metri (data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz). L'energizzazione viene eseguita con massa battente di 8 Kg ad una distanza (offset) di 2-10 m dal primo geofono (Optimum Field Parameters of an MASW Survey”, Park et al., 2005; Dal Moro, 2008). La registrazione simultanea di 12 o più canali fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalorata la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, previsto dal metodo, permette inoltre di distinguere e evidenziare, durante l'analisi, le onde di Rayleigh presenti nel record che, normalmente, sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, permette di distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro. La curva di dispersione in realtà può non essere così facile da estrarre, questo perché dipende molto dalla pulizia dei dati e da quanto disturbano gli altri segnali presenti nel sismogramma. Ecco perché questa fase in realtà è la vera e propria interpretazione, e per questo i migliori software di analisi di dati MASW-SASW e REMI consentono di modificare anche manualmente la curva di dispersione per soddisfare le esigenze dell'utente più esperto. A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione sperimentale approssimativamente coincidente con la curva sperimentale. Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione. Entrambe le due fasi di interpretazione, per quanto debbano seguire le linee guida dettate dalla teoria, devono rigorosamente essere controllate accuratamente dall'utente poiché non è possibile affidarsi completamente ad un sistema automatico che lavora alla ricerca della soluzione matematicamente migliore, infatti quasi mai questa coincide con la soluzione realmente migliore. Nel decidere la posizione e spaziatura dell'array sismico è da tenere presente che la teoria da cui nasce la metodologia MASW-SASW e REMI impone che il sito investigato non abbia variazione stratigrafica lungo l'array, infatti, durante la fase di inversione, il modello del terreno è considerato a strati piani e paralleli (di estensione infinita).

Per quanto riguarda le caratteristiche del segnale da acquisire essendo la parte interessante del segnale acquisito contenuta sotto i 100Hz, è sconsigliato (Teorema di Nyquist) abbassare la frequenza di campionamento sotto i 200Hz., ovvero è bene usare sempre un intervallo di campionamento non superiore a 5ms. La durata (lunghezza temporale) del segnale registrato deve essere sufficiente per consentire all'impulso emesso dalla sorgente, di propagarsi da un estremo all'altro dell'array, ed inoltre per consentire la naturale attenuazione del segnale su tutti i ricevitori. Di norma basta una lunghezza temporale di 1-3 secondi ma si consiglia di eseguire uno scoppio ed osservare se l'intera traccia è contenuta nel sismogramma registrato e quindi scegliere di conseguenza il tempo di registrazione sufficiente per lo scopo. Per quanto riguarda il guadagno da attribuire ai diversi geofoni se non bisogna fare studi sull'attenuazione del segnale sismico non ci sono problemi, altrettanto dicasi della sommatoria di più scoppi per aumentare il rapporto segnale/rumore di fondo.

I dati sperimentali, acquisiti in formato DTA, vengono successivamente convertiti in un formato compatibile (KGS format file) per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (WinMASW 4.1 della Eliosoft).

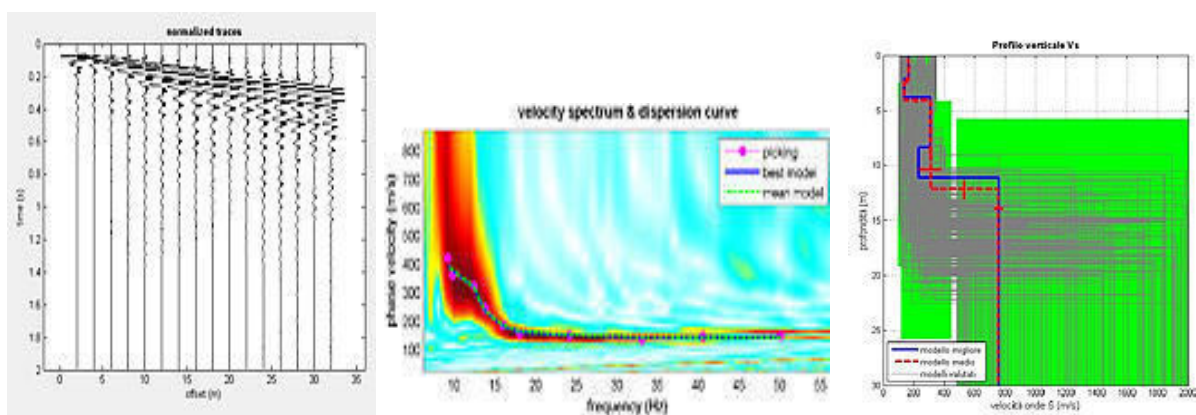


Fig. 4 – Interpretazione indagine MASW: Fase 1 acquisizione dei dati; Fase 2 calcolo della curva di dispersione dallo spettro di velocità; Fase 3: restituzione del modello sismo – stratigrafico del sottosuolo.

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. Sullo spettro bidimensionale ottenuto dalle registrazioni è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie (Raleigh), in quanto presentano un carattere marcatamente dispersivo a differenza di altri tipi di onde (riflesse, rifratte, multiple). Sullo spettro di frequenza viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali. L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità. Dall'inversione della curva di dispersione, si ottiene il modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità rappresentativo dell'area investigata

#### PARAMETRI ELASTO-DINAMICI RICAVABILI

Le onde di volume P ed S, che attraversano un mezzo omogeneo e isotropo (condizioni ideali) hanno ben definite equazioni di moto. Note le velocità  $V_p$  e  $V_s$  che vengono ottenute tramite misure dirette e nota la densità  $\rho$ , possono essere ricavate alcune proprietà meccaniche, quali il *Modulo di Young dinamico* o *Modulo elastico*  $E_d$ , il *Modulo di rigidezza al taglio*  $G_0$ , il *Coefficiente di Poisson*  $\nu$ , e il *Modulo di bulk* o di *rigidità volumetrica*  $K$ . Le relative equazioni sono le seguenti:

$$\nu = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left\{ 1 - \left[ \frac{V_s^2}{(V_p^2 - V_s^2)} \right] \right\}; \quad E_d = \frac{\rho V_p^2 (1 - 2\nu)(1 + \nu)}{1 - \nu}; \quad G_0 = \frac{E_d}{2(1 + \nu)}; \quad \rho = \frac{G_0}{V_s^2}; \quad K = \frac{E_d}{3(1 - 2\nu)}$$

Poiché nei fluidi  $V_s=0$ ,  $\nu$  risulta uguale a 0.5. Nei solidi, il valore  $\nu$  varia generalmente da 0.25 a circa 0.35. Pertanto, valori più elevati di  $\nu$  possono essere indicativi della presenza di frazioni di liquido nel mezzo attraversato.

## INDAGINE SISMICA SUPERFICIALE PASSIVA (MICROTREMORI): PRINCIPI DEL METODO, TECNICHE DI PROSPEZIONE, STRUMENTAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI, PARAMETRI ELASTODINAMICI RILEVABILI

Il principale obiettivo del metodo sismico di misura dei microtremori è, principalmente, quello di individuare le frequenze di risonanza del sito. In linea di principio, visto che il suolo è assimilabile ad un corpo viscoelastico, è possibile misurarne le frequenze proprie di oscillazione in ogni punto. Queste frequenze vengono determinate dalle proprietà meccaniche e dalla morfologia attorno al punto di misura. Nella prassi ingegneristica la misura delle frequenze di risonanza avviene applicando ad un corpo una sollecitazione nota, solitamente un impulso singolo oppure una sollecitazione sinusoidale, e misurando poi la risposta del corpo in termini di spostamenti o accelerazioni. La risposta del suolo può essere studiata in questa maniera utilizzando come funzione di eccitazione le onde di un terremoto o di una sorgente artificiale. Esiste un'alternativa, allo stesso tempo efficace, assolutamente non invasiva e gratuita: l'utilizzo del rumore sismico di fondo come funzione di eccitazione. Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso e pianeggiante, ha l'andamento illustrato in Figura 5, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo 'minimo di riferimento mentre la curva verde rappresenta il 'massimo' di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono prodotti delle onde oceaniche sulle coste.

Tali componenti spettrali vengono attenuate relativamente poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda (fenomeno per cui un campo di onde tende a rimanere confinato entro un canale es. un tubo o una fibra in ottica a causa delle riflessioni delle onde con l'interfaccia di confinamento. In sismica il fenomeno si verifica nei mezzi stratificati ed è l'origine delle onde di Rayleigh e di Love). A questo rumore di fondo, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S (vedi ad es. Lachet e Bard, 1994), il che spiega la

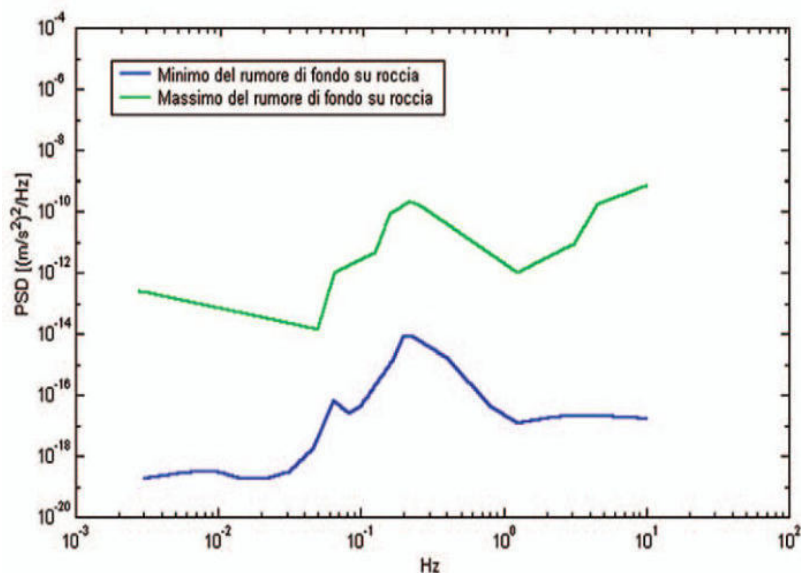


Fig. 5 - Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra (secondo USGS). Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime. Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V*), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (11 Hz nell'esempio di Figura 6, Field e Jacob, 1993; Lachet e Bard, 1994; Lermo e Chavez-Garcia, 1993, 1994; Bard, 1998; Ibs-von Seht e Wohlenberg, 1999; Fah et al., 2001; solo per citarne alcune). Inizialmente, alcuni ricercatori, trasportati dall'entusiasmo, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco ( $H/V = 9$  nell'esempio di Figura 6) come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione. Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco  $H/V$ , pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute). Le basi teoriche dell' $H/V$  sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D). Consideriamo il sistema di Figura 7 in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) e le diverse velocità delle onde sismiche ( $V_1$  e  $V_2$ ).



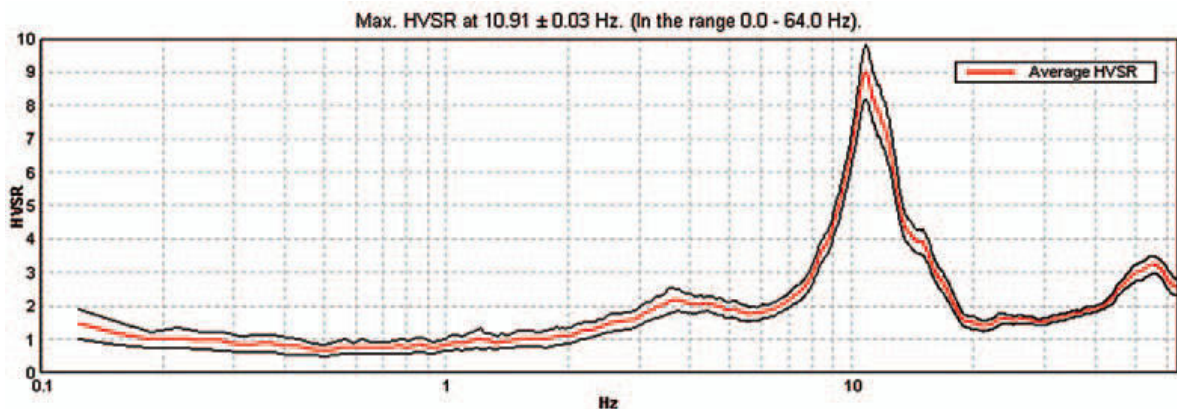


Fig. 6 - Curva H/V relativa ad un sito con substrato roccioso compatto (calcare) a 5 m di profondità. Il picco a 11 Hz indica la frequenza di risonanza dei depositi sedimentari sovrastanti il bedrock. E' riconoscibile un secondo picco a 3.5 Hz che indica una discontinuità all'interno della roccia.

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $l$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore  $H$  del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4H} \quad [1]$$

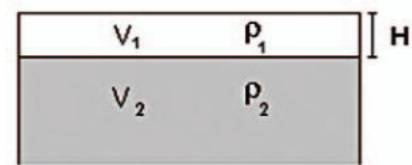


Fig. 7 - Mezzo a 2 strati caratterizzati da densità  $\rho$  e velocità di propagazione delle onde sismiche  $V$ .

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto. La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al disopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini (per le basi teoriche si veda ad es. Aki, 1964; Ben-Menahem e Singh, 1981; Arai e Tokimatsu, 2004), figura 8.

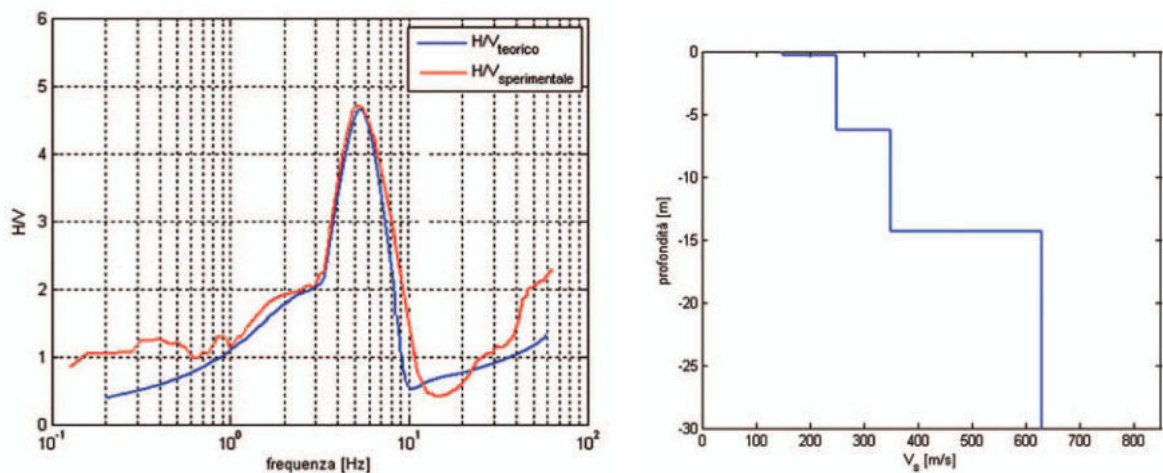


Fig. 8 - Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) e teorica (azzurro) ottenuta per il modello di sottosuolo in figura.

L'applicabilità pratica della semplice formula [1] per il calcolo delle frequenze fondamentali di risonanza dei suoli è stata dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico (per un riassunto cfr. Gallipoli et al., 2000; Castellano et al., 2005). Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (es. Pratt - Vale la pena sottolineare che nel caso degli edifici l'H/V coincide con la risposta delle componenti orizzontali, in quanto si assume, per lo meno negli edifici moderni, che la risposta spettrale alle sollecitazioni verticali sia pressoché piatta).

$$freq. naturale edificio \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani.} \quad [2]$$

È la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura ad essere particolarmente pericolosa, perché dà luogo alla massima amplificazione.

$$freq. naturale edificio \approx freq. naturale coperture \quad [3]$$

La combinazione della [1], [2] e della [3] porta alla

$$10 \text{ Hz} / \text{numero piani} \approx V_s / (4H), \quad [4]$$

da cui si può ricavare una relazione di prima approssimazione tra il numero di piani dell'edificio e lo spessore delle coperture nel sito dell'edificio stesso che possono determinare situazioni pericolose e devono quindi essere oggetto di studi approfonditi. Se consideriamo, ad esempio, una fascia di velocità delle onde di taglio tipica dei terreni alluvionali medio-fini (200-300 m/s), possiamo riscrivere la [4] come:

$$10 \text{ Hz} / \text{numero piani} \approx 200-300 \text{ m/s} / (4H). \quad [5]$$

ottenendo la relazione illustrata in Figura 9.

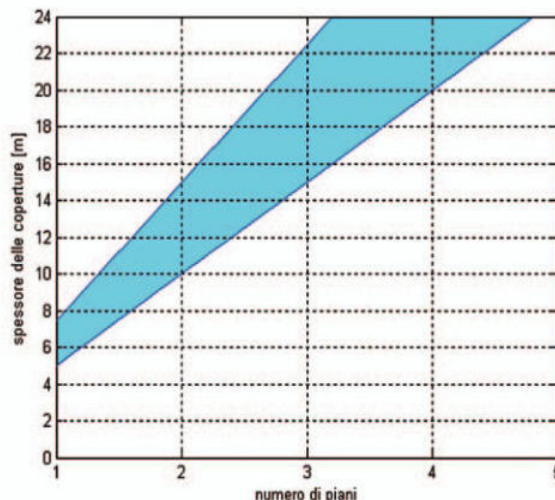


Fig. 9 - La fascia azzurra del grafico illustra la relazione tra il numero di piani dell'edificio e lo spessore delle coperture nel sito dell'edificio stesso per cui, per una zona con  $V_s$  caratteristiche delle coperture di 200-300 m/s, sarebbero possibili fenomeni di doppia risonanza.

#### STRUMENTAZIONE E TIPO DI ELABORAZIONE DEI DATI PER SISMICA SUPERFICIALE PASSIVA (HVSR)

L'indagine superficiale passiva viene eseguita mediante l'utilizzo di un tromografo "GeoBox" della Sara Electronics Instruments s.r.l., strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire misure di microtremori e che ha le seguenti caratteristiche:

Alimentazione	10-16 Vdc 180mA (max) @12V	<p style="text-align: center;"><b>Tromografo – GeoBox</b></p> 
Orologio		
Sincronizzazione	Tramite ricevitore GPS	
Errore massimo del PPS	10 microsecondi (60 microsecondi del calendario dell'A/D)	
Oscillatore al quarzo	11.0592Mhz +/-10ppm from -10/+60°C	
Calibrazione di fabbrica	Eseguita 20-25°C di temperatura ambiente, maggiore di 1ppm	
Convertitore A/D - SR04 MT		
Risoluzione	24 bit	
Freq. di campionamento	10, 20, 25, 50, 100, 200 SPS	
Campionamento	Simultaneo sui 3 canali pilotato dal microprocessore	
Filtro anti-alias	1 pole 8.8 Hz standards (personalizzabile)	
Modi di ingresso segnale	Differenziale (standards); single ended (selezionabile con jumpers)	
Range di ingresso	2V peak-to-peak (+/-1V) standard; 1.25 peak-to-peak (+/-0.625V) per rMT (microtremori)	
Impedenza di ingresso	>300kOhm	
Soglia di rumore	<= -124dB @ 100SPS	
Sensori	1 sensore 3D (velocimetro ad alta risoluzione)	

Lo strumento, tramite una porta seriale (RS232), registra direttamente in digitale su computer tramite l'interfaccia costituita dal software Seismolog-MT della suite SeismoWin. L'ambiente operativo è quello di Microsoft Windows XP. Il programma Seismolog-MT permette di avere il controllo in tempo reale della misura in corso. Infatti è possibile valutare la presenza di segnali di disturbo nei sondaggi di tipo HVSR esaminando il particle motion del segnale dei sensori orizzontali. La funzione FFT dotata di correzione strumentale permette di restituire uno spettro del segnale sia in accelerazione che velocità con una stima assoluta delle ampiezze di segnale alle varie frequenze. Una agevole gestione delle registrazioni manuali e automatiche consente di eseguire registrazioni singole e/o multiple con acquisizioni sincronizzate col tempo UTC (strumento equipaggiato con ricevitore GPS). L'output dei file di registrazione permette la scelta fra quattro formati e cioè: PSN TEXT Formato ASCII standard supportato da WinQuake; GSE2 CM6 Direttamente compatibile con il formato GSE2.0 con compressione dati CM6; SAF SESAME Formato ASCII compatibile con Geopsy; RAW ASCII Formato ASCII semplice, con un breve header e l'elenco dei campioni.

La tecnica HVSR, come già detto, permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi operative di seguito illustrate. Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti. Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce. Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione. Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o liscio secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee (es. Konno & Ohmachi, triangolare proporzionale, ecc.) Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea. Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di

vibrazione del sito. L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo Vs30. L'affidabilità della curva H/V e del picco è soddisfacente se vengono soddisfatti i criteri SESAME. Le operazioni di interpretazione ed inversione suddette sono eseguite tramite il software **EasyHVSR** della **GeoStru Software**, Figura 10.

Verifica SESAME	Esito
Affidabilità curva H/V	
$f_0 > 10/l_w$	OK
$n_c(f_0) > 200$	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	OK
Affidabilità picco	
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	OK
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	OK
$A_0 > 2$	OK
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	OK



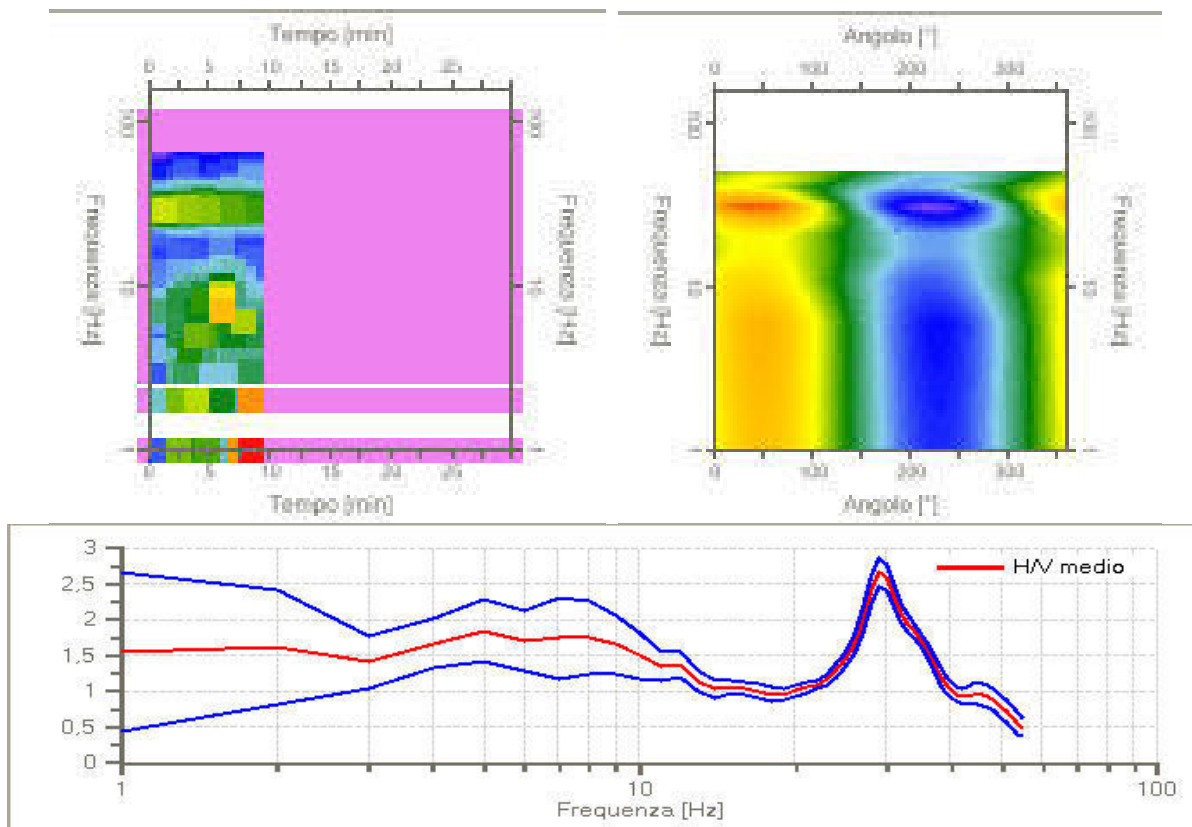


Fig. 10 - Mappa della stazionarietà e della direzionalità degli spettri; Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia.

### PARAMETRI RICAVABILI

Il primo parametro ricavabile è la frequenza di picco del sito, inoltre se da misure dirette è nota la profondità  $H$  del bedrock o bedrock-like, è immediato calcolare il  $V_{s30}$  attraverso misure di fr. Se  $H > 30$  m, il valore  $V_{s30}$  viene calcolato direttamente dalla [1]. Se invece  $H \leq 30$  m, allora

$$V_{s30} = \frac{30}{t_H + t_{30-H}} = \frac{30}{\frac{1}{4f_r} + \frac{(30-H)}{V_B}}$$

dove  $V_B$  è la velocità delle onde S nel bedrock o bedrock-like. Per il bedrock, volendo seguire in maniera letterale la normativa italiana, si può semplicemente usare  $V_B = 800$  m/s. In alternativa si possono usare i valori di Tabella 1. Nel caso di bedrock-like si useranno invece sempre i valori di Tabella 1, che riprende essenzialmente i valori tabulati da Borchardt (1992; 1994) assieme a quelli ottenuti sperimentalmente in diversi ambienti sedimentari da altri autori (Budny, 1984; Ibs von Seht e Wohlenberg, 1999; Delgado et al., 2000 a, b; Parolai et al.,

TIPO DI SUOLO	VS min [m/s]	VS media [m/s]	VS max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE - (es. rocce metamorfiche molto fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE - (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturati)	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE - (es. rocce sedimentarie ignee, tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia)	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI - (es. sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose)	200	290	375
TERRENI TENERI - (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere).	100	150	200

2002; Scherbaum et al., 2003; D'Amico et al., 2004, 2006; Hinzen et al., 2004). Le stime di  $V_{s30}$  ottenibili con quest'ultima procedura sono, ovviamente, approssimate. Ciononostante, è estremamente difficile che il loro utilizzo comporti un reale degrado dell'affidabilità delle stime fatte secondo la normativa vigente.



## VSEQ E CATEGORIA STRATIGRAFICA DEL SUOLO SECONDO L'O.P.C.M. 3274 ED IL D.M. 17/01/2018 NTC

La normativa sismica, O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003, oltre a ridefinire la macrozonazione sismica nazionale, classifica i terreni con classi di amplificazione legate alla stratigrafia. Con il D.M. del 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni" la classificazione dei sottosuoli si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio VSeq (in m/sec). La stima della velocità delle onde di taglio Vs dei vari sismostri può essere eseguita con la tecnica MASW che fornisce la stratigrafia e le velocità delle onde di taglio, o con indagini sismiche a rifrazione, dove è possibile misurare direttamente le onde di taglio S mediante geofoni orizzontali, o in alternativa misurando la velocità delle onde P e successivamente stimando la velocità delle onde S (Vs) mediante la formula che lega il modulo di Poisson ( $\nu$ ) alle velocità delle onde sismiche di compressione (Vp):  $V_s = V_p \cdot \text{Rad}Q[(1-2\nu)/(2-2\nu)]$ .

Una volta acquisiti gli spessori degli strati e le relative velocità delle onde S si calcola la velocità equivalente relativa ai terreni posti al di sopra del terreno costituente il bedrock sismico ( $V_s \geq 800$  m/sec). La formula adoperata è la seguente:

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} h_i / V_{si}}$$

dove  $h_i$  e  $V_{si}$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $< 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $n$  presenti sopra il bedrock sismico.  $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da una Vs non inferiore a 800 m/sec. La classificazione del sito, per fondazioni superficiali, deve interessare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni ed un substrato roccioso rigido di riferimento (bedrock), per fondazioni profonde dalla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni è riferita al piano d'imposta delle fondazioni. Per depositi con profondità H del substrato sismico superiore a 30 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio VSeq è definita dal parametro VS30 ottenuto ponendo H=30 metri nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. La classificazione si effettua secondo la tabella seguente in base al valore della velocità equivalente delle onde di taglio VSeq.

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

Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato da normativa D.M. del 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni".

Dalla tabella si evince il moto sismico al bedrock non subisce variazioni sostanziali propagandosi in superficie per un suolo di tipo A cioè roccia affiorante o suolo omogeneo molto rigido. In presenza di suoli di tipo B, C, D ed E, il moto sismico in superficie in genere risulta modificato rispetto al moto sismico al bedrock, in funzione dell'intensità e del contenuto in frequenza dell'input sismico e delle caratteristiche geotecniche sismiche e dello spessore del suolo attraversato dalle onde sismiche per giungere in superficie. In assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale per il suolo in esame, per valutare l'accelerazione sismica spettrale in presenza di suoli di tipo B, C, D ed E la normativa introduce un fattore di amplificazione Ss ed i parametri  $ag$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ,  $C_c$ ,  $St$  che servono per calcolare i parametri che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%. Nello specifico per le cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto nel paragrafo 3.2.3. delle NTC2018. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre analisi di risposta sismica locale per la definizione dell'azione sismica.

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE DPSH01**

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI  
 Prova eseguita in data 27/02/2023  
 Profondita' prova 15.40 mt  
 Quota 88.00 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

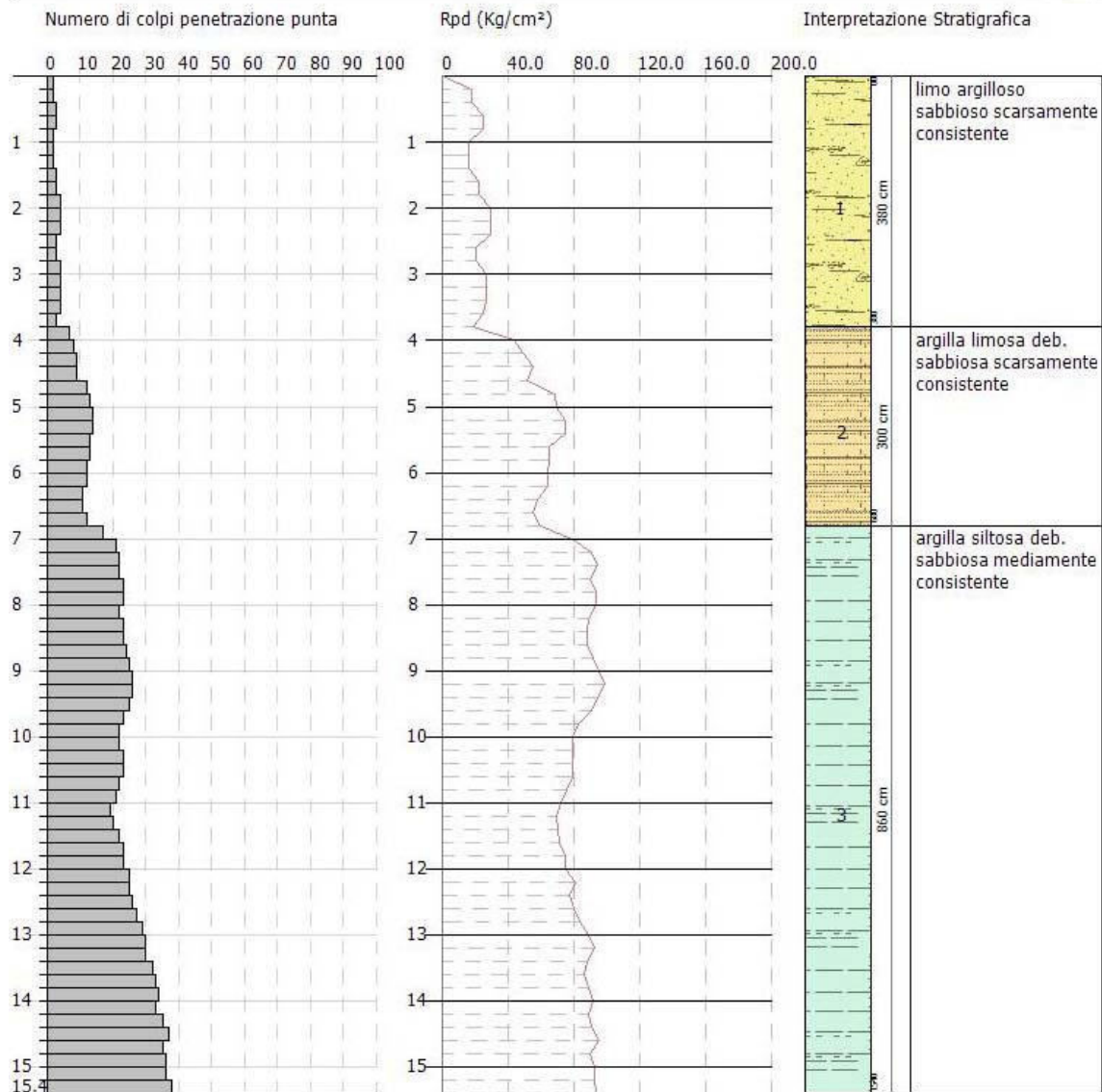
Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	2	0.855	17.97	21.03	0.90	1.05
0.40	2	0.851	17.89	21.03	0.89	1.05
0.60	3	0.847	24.52	28.95	1.23	1.45
0.80	3	0.843	24.41	28.95	1.22	1.45
1.00	2	0.840	16.21	19.30	0.81	0.96
1.20	2	0.836	16.14	19.30	0.81	0.96
1.40	2	0.833	16.07	19.30	0.80	0.96
1.60	3	0.830	22.19	26.75	1.11	1.34
1.80	3	0.826	22.11	26.75	1.11	1.34
2.00	4	0.823	29.36	35.67	1.47	1.78
2.20	4	0.820	29.25	35.67	1.46	1.78
2.40	4	0.817	29.15	35.67	1.46	1.78
2.60	3	0.814	20.25	24.86	1.01	1.24
2.80	3	0.811	20.18	24.86	1.01	1.24
3.00	4	0.809	26.81	33.15	1.34	1.66
3.20	4	0.806	26.72	33.15	1.34	1.66
3.40	4	0.803	26.63	33.15	1.33	1.66
3.60	4	0.801	24.80	30.97	1.24	1.55
3.80	3	0.798	18.54	23.23	0.93	1.16
4.00	7	0.796	43.14	54.19	2.16	2.71
4.20	8	0.794	49.16	61.94	2.46	3.10
4.40	9	0.791	55.15	69.68	2.76	3.48
4.60	9	0.789	51.59	65.37	2.58	3.27
4.80	12	0.787	68.60	87.16	3.43	4.36
5.00	13	0.735	69.40	94.42	3.47	4.72
5.20	14	0.733	74.54	101.69	3.73	5.08
5.40	14	0.731	74.34	101.69	3.72	5.08
5.60	13	0.729	64.84	88.93	3.24	4.45
5.80	13	0.727	64.67	88.93	3.23	4.45
6.00	12	0.775	63.65	82.09	3.18	4.10
6.20	12	0.774	63.51	82.09	3.18	4.10
6.40	11	0.772	58.09	75.24	2.90	3.76
6.60	11	0.770	54.78	71.10	2.74	3.56
6.80	12	0.769	59.63	77.57	2.98	3.88
7.00	17	0.717	78.81	109.89	3.94	5.49
7.20	21	0.666	90.36	135.75	4.52	6.79
7.40	22	0.664	94.45	142.21	4.72	7.11
7.60	22	0.663	89.33	134.79	4.47	6.74
7.80	23	0.661	93.19	140.92	4.66	7.05
8.00	23	0.660	92.99	140.92	4.65	7.05
8.20	22	0.659	88.77	134.79	4.44	6.74
8.40	23	0.657	92.62	140.92	4.63	7.05
8.60	23	0.656	87.86	133.93	4.39	6.70
8.80	24	0.655	91.50	139.76	4.58	6.99
9.00	25	0.653	95.14	145.58	4.76	7.28
9.20	26	0.652	98.76	151.40	4.94	7.57
9.40	26	0.651	98.58	151.40	4.93	7.57
9.60	25	0.650	90.15	138.71	4.51	6.94
9.80	23	0.649	82.80	127.61	4.14	6.38
10.00	22	0.648	79.06	122.06	3.95	6.10
10.20	22	0.647	78.92	122.06	3.95	6.10
10.40	23	0.646	82.37	127.61	4.12	6.38
10.60	23	0.644	78.53	121.85	3.93	6.09
10.80	22	0.643	74.99	116.56	3.75	5.83
11.00	21	0.642	71.47	111.26	3.57	5.56

11.20	19	0.691	69.59	100.66	3.48	5.03
11.40	20	0.690	73.14	105.96	3.66	5.30
11.60	22	0.639	71.29	111.53	3.56	5.58
11.80	23	0.638	74.42	116.60	3.72	5.83
12.00	23	0.637	74.30	116.60	3.71	5.83
12.20	25	0.636	80.63	126.74	4.03	6.34
12.40	25	0.635	80.50	126.74	4.02	6.34
12.60	26	0.634	80.13	126.35	4.01	6.32
12.80	27	0.633	83.07	131.21	4.15	6.56
13.00	29	0.632	89.08	140.93	4.45	7.05
13.20	30	0.631	92.00	145.79	4.60	7.29
13.40	30	0.630	91.85	145.79	4.59	7.29
13.60	32	0.579	86.46	149.33	4.32	7.47
13.80	33	0.578	89.00	154.00	4.45	7.70
14.00	34	0.577	91.52	158.67	4.58	7.93
14.20	33	0.576	88.66	154.00	4.43	7.70
14.40	35	0.575	93.85	163.33	4.69	8.17
14.60	37	0.573	95.24	166.07	4.76	8.30
14.80	35	0.572	89.91	157.09	4.50	7.85
15.00	36	0.571	92.28	161.58	4.61	8.08
15.20	36	0.570	92.09	161.58	4.60	8.08
15.40	38	0.569	97.00	170.56	4.85	8.53

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
3.8	3.11	27.46	Coes	45	1.97	2.02	0.37	1.47	5	limo argilloso sabbioso scarsamente consistente
6.8	11.33	80.14	Coes	50	2.00	2.06	1.05	1.5	17	argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente
15.4	26.19	136.77	Coes	55	2.08	2.13	2.24	1.53	40	argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Dpsh01

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-3.80	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	3.80-6.80	17	Coes	2.00	2.06	23.8	0.21	104.0	175.1	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	6.80-15.40	40	Coes	2.08	2.13	26.4	0.33	400.0	439.6	0.27





**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE DPSH02**

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI  
 Prova eseguita in data 27/02/2023  
 Profondita' prova 17.80 mt  
 Quota 84.00 mt  
 Falda rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

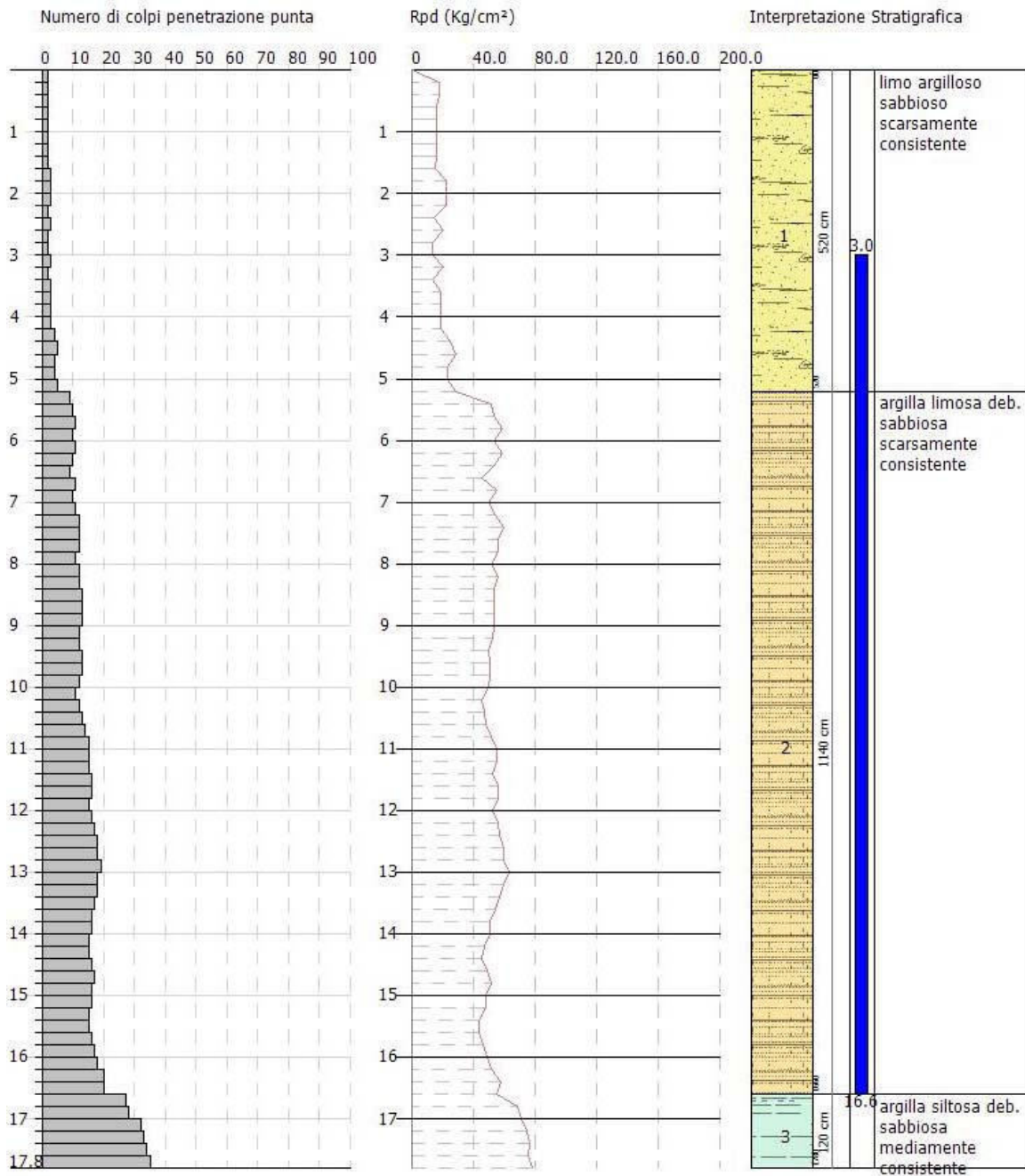
Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	2	0.855	17.97	21.03	0.90	1.05
0.40	2	0.851	17.89	21.03	0.89	1.05
0.60	2	0.847	16.35	19.30	0.82	0.96
0.80	2	0.843	16.28	19.30	0.81	0.96
1.00	2	0.840	16.21	19.30	0.81	0.96
1.20	2	0.836	16.14	19.30	0.81	0.96
1.40	2	0.833	16.07	19.30	0.80	0.96
1.60	2	0.830	14.79	17.83	0.74	0.89
1.80	3	0.826	22.11	26.75	1.11	1.34
2.00	3	0.823	22.02	26.75	1.10	1.34
2.20	3	0.820	21.94	26.75	1.10	1.34
2.40	2	0.817	14.57	17.83	0.73	0.89
2.60	3	0.814	20.25	24.86	1.01	1.24
2.80	2	0.811	13.45	16.58	0.67	0.83
3.00	2	0.809	13.40	16.58	0.67	0.83
3.20	3	0.806	20.04	24.86	1.00	1.24
3.40	2	0.803	13.32	16.58	0.67	0.83
3.60	3	0.801	18.60	23.23	0.93	1.16
3.80	3	0.798	18.54	23.23	0.93	1.16
4.00	3	0.796	18.49	23.23	0.92	1.16
4.20	3	0.794	18.43	23.23	0.92	1.16
4.40	4	0.791	24.51	30.97	1.23	1.55
4.60	5	0.789	28.66	36.32	1.43	1.82
4.80	4	0.787	22.87	29.05	1.14	1.45
5.00	4	0.785	22.81	29.05	1.14	1.45
5.20	5	0.783	28.44	36.32	1.42	1.82
5.40	9	0.781	51.06	65.37	2.55	3.27
5.60	10	0.779	53.30	68.40	2.66	3.42
5.80	11	0.777	58.49	75.24	2.92	3.76
6.00	10	0.775	53.05	68.40	2.65	3.42
6.20	11	0.774	58.22	75.24	2.91	3.76
6.40	10	0.772	52.81	68.40	2.64	3.42
6.60	9	0.770	44.82	58.18	2.24	2.91
6.80	11	0.769	54.66	71.10	2.73	3.56
7.00	10	0.767	49.59	64.64	2.48	3.23
7.20	11	0.766	54.44	71.10	2.72	3.56
7.40	12	0.764	59.27	77.57	2.96	3.88
7.60	12	0.763	56.08	73.52	2.80	3.68
7.80	12	0.761	55.97	73.52	2.80	3.68
8.00	11	0.760	51.22	67.40	2.56	3.37
8.20	12	0.759	55.77	73.52	2.79	3.68
8.40	12	0.757	55.68	73.52	2.78	3.68
8.60	13	0.706	53.44	75.70	2.67	3.79
8.80	13	0.705	53.35	75.70	2.67	3.79
9.00	13	0.703	53.26	75.70	2.66	3.79
9.20	12	0.752	52.57	69.88	2.63	3.49
9.40	12	0.751	52.49	69.88	2.62	3.49
9.60	13	0.700	50.49	72.13	2.52	3.61
9.80	13	0.699	50.40	72.13	2.52	3.61
10.00	12	0.748	49.78	66.58	2.49	3.33
10.20	11	0.747	45.57	61.03	2.28	3.05
10.40	12	0.746	49.64	66.58	2.48	3.33
10.60	13	0.694	47.83	68.87	2.39	3.44
10.80	14	0.693	51.43	74.17	2.57	3.71
11.00	15	0.692	55.02	79.47	2.75	3.97

11.20	15	0.691	54.94	79.47	2.75	3.97
11.40	15	0.690	54.86	79.47	2.74	3.97
11.60	16	0.689	55.91	81.11	2.80	4.06
11.80	16	0.688	55.82	81.11	2.79	4.06
12.00	15	0.687	52.26	76.04	2.61	3.80
12.20	16	0.686	55.66	81.11	2.78	4.06
12.40	17	0.685	59.05	86.18	2.95	4.31
12.60	18	0.684	59.85	87.47	2.99	4.37
12.80	18	0.683	59.76	87.47	2.99	4.37
13.00	19	0.682	62.98	92.33	3.15	4.62
13.20	18	0.681	59.58	87.47	2.98	4.37
13.40	18	0.680	59.48	87.47	2.97	4.37
13.60	17	0.679	53.86	79.33	2.69	3.97
13.80	16	0.678	50.62	74.67	2.53	3.73
14.00	16	0.677	50.54	74.67	2.53	3.73
14.20	15	0.676	47.30	70.00	2.36	3.50
14.40	15	0.675	47.22	70.00	2.36	3.50
14.60	16	0.673	48.36	71.81	2.42	3.59
14.80	17	0.672	51.30	76.30	2.56	3.82
15.00	16	0.671	48.20	71.81	2.41	3.59
15.20	16	0.670	48.11	71.81	2.41	3.59
15.40	15	0.669	45.02	67.33	2.25	3.37
15.60	15	0.667	43.28	64.85	2.16	3.24
15.80	16	0.666	46.08	69.17	2.30	3.46
16.00	17	0.665	48.86	73.49	2.44	3.67
16.20	18	0.664	51.63	77.82	2.58	3.89
16.40	20	0.662	57.25	86.46	2.86	4.32
16.60	20	0.661	55.10	83.40	2.76	4.17
16.80	27	0.609	68.60	112.58	3.43	5.63
17.00	28	0.608	70.96	116.75	3.55	5.84
17.20	32	0.556	74.23	133.43	3.71	6.67
17.40	33	0.555	76.33	137.60	3.82	6.88
17.60	34	0.553	75.73	136.91	3.79	6.85
17.80	35	0.551	77.72	140.94	3.89	7.05

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
5.2	2.81	23.41	Coes	45	1.96	2.01	0.51	1.48	4	limo argilloso sabbioso scarsamente consistente
16.6	14.12	74.43	Coes	50	2.02	2.08	1.43	1.53	22	argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente
17.8	31.5	129.7	Coes	55	2.12	2.17	3.53	1.55	49	argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Dpsh02

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-5.20	4	Coes	1.96	2.01	21.1	0.10	24.4	25.6	0.35
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	5.20-16.60	22	Coes	2.02	2.08	24.3	0.27	134.6	232.6	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	16.60-17.80	49	Coes	2.12	2.17	29.0	0.41	367.5	490.0	0.26



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE DPSH03**

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI  
 Prova eseguita in data 27/02/2023  
 Profondita' prova 15.40 mt  
 Quota 100.00 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	2	0.855	17.97	21.03	0.90	1.05
0.40	2	0.851	17.89	21.03	0.89	1.05
0.60	3	0.847	24.52	28.95	1.23	1.45
0.80	4	0.843	32.55	38.60	1.63	1.93
1.00	4	0.840	32.41	38.60	1.62	1.93
1.20	4	0.836	32.28	38.60	1.61	1.93
1.40	4	0.833	32.15	38.60	1.61	1.93
1.60	5	0.830	36.99	44.59	1.85	2.23
1.80	4	0.826	29.47	35.67	1.47	1.78
2.00	4	0.823	29.36	35.67	1.47	1.78
2.20	5	0.820	36.57	44.59	1.83	2.23
2.40	4	0.817	29.15	35.67	1.46	1.78
2.60	4	0.814	26.99	33.15	1.35	1.66
2.80	3	0.811	20.18	24.86	1.01	1.24
3.00	4	0.809	26.81	33.15	1.34	1.66
3.20	4	0.806	26.72	33.15	1.34	1.66
3.40	4	0.803	26.63	33.15	1.33	1.66
3.60	3	0.801	18.60	23.23	0.93	1.16
3.80	3	0.798	18.54	23.23	0.93	1.16
4.00	3	0.796	18.49	23.23	0.92	1.16
4.20	4	0.794	24.58	30.97	1.23	1.55
4.40	3	0.791	18.38	23.23	0.92	1.16
4.60	3	0.789	17.20	21.79	0.86	1.09
4.80	5	0.787	28.58	36.32	1.43	1.82
5.00	3	0.785	17.11	21.79	0.86	1.09
5.20	3	0.783	17.06	21.79	0.85	1.09
5.40	3	0.781	17.02	21.79	0.85	1.09
5.60	3	0.779	15.99	20.52	0.80	1.03
5.80	4	0.777	21.27	27.36	1.06	1.37
6.00	4	0.775	21.22	27.36	1.06	1.37
6.20	6	0.774	31.76	41.04	1.59	2.05
6.40	7	0.772	36.97	47.88	1.85	2.39
6.60	8	0.770	39.84	51.71	1.99	2.59
6.80	7	0.769	34.78	45.25	1.74	2.26
7.00	8	0.767	39.67	51.71	1.98	2.59
7.20	9	0.766	44.54	58.18	2.23	2.91
7.40	11	0.764	54.33	71.10	2.72	3.56
7.60	12	0.763	56.08	73.52	2.80	3.68
7.80	13	0.711	56.65	79.65	2.83	3.98
8.00	12	0.760	55.87	73.52	2.79	3.68
8.20	12	0.759	55.77	73.52	2.79	3.68
8.40	13	0.707	56.33	79.65	2.82	3.98
8.60	13	0.706	53.44	75.70	2.67	3.79
8.80	12	0.755	52.74	69.88	2.64	3.49
9.00	12	0.753	52.65	69.88	2.63	3.49
9.20	13	0.702	53.16	75.70	2.66	3.79
9.40	13	0.701	53.08	75.70	2.65	3.79
9.60	14	0.700	54.37	77.68	2.72	3.88
9.80	14	0.699	54.28	77.68	2.71	3.88
10.00	13	0.698	50.32	72.13	2.52	3.61
10.20	18	0.697	69.57	99.87	3.48	4.99
10.40	19	0.696	73.32	105.42	3.67	5.27
10.60	19	0.694	69.90	100.66	3.50	5.03
10.80	20	0.693	73.47	105.96	3.67	5.30
11.00	20	0.692	73.36	105.96	3.67	5.30

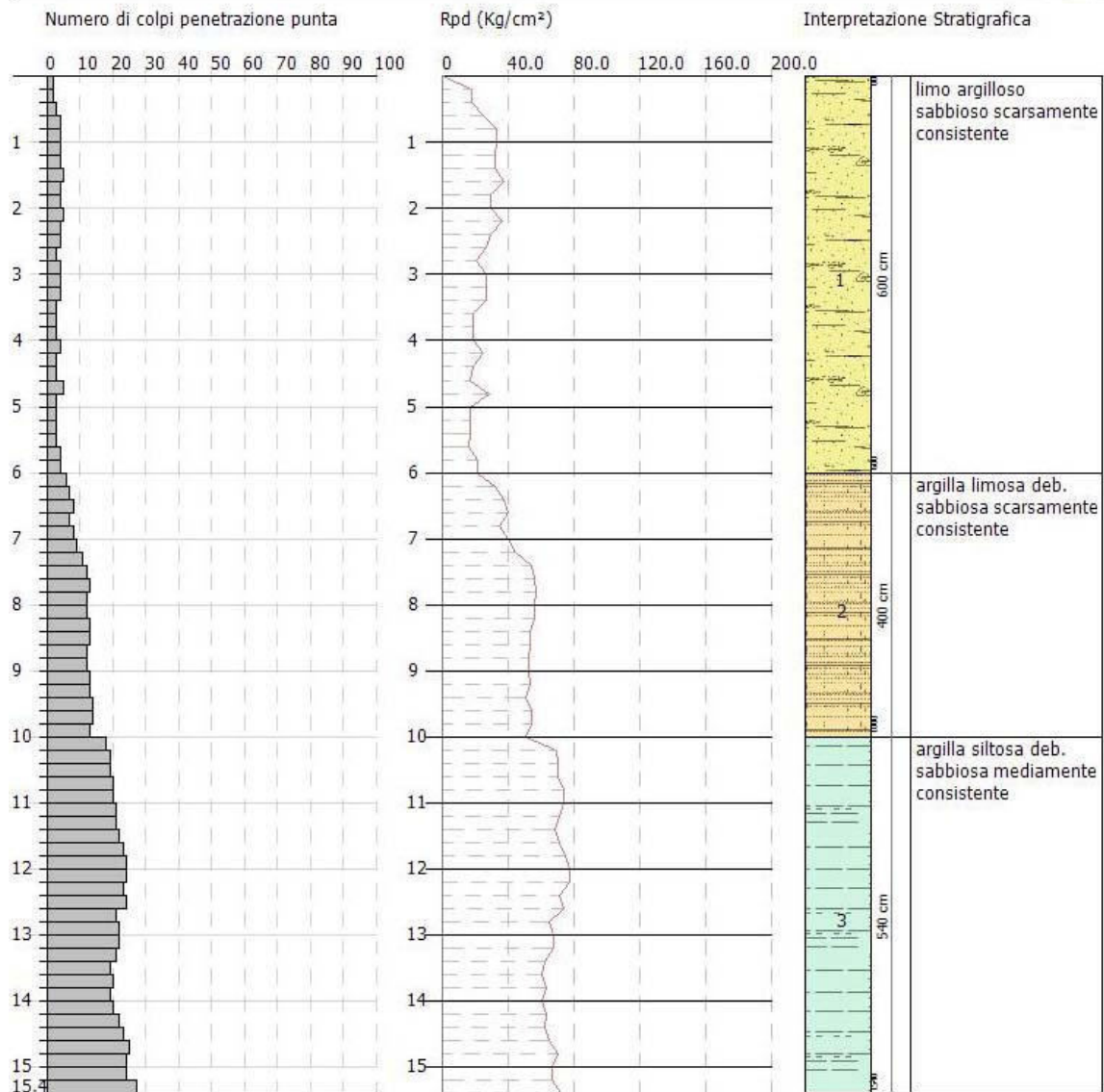


11.20	21	0.641	71.35	111.26	3.57	5.56
11.40	21	0.640	71.24	111.26	3.56	5.56
11.60	22	0.639	71.29	111.53	3.56	5.58
11.80	23	0.638	74.42	116.60	3.72	5.83
12.00	24	0.637	77.53	121.67	3.88	6.08
12.20	24	0.636	77.40	121.67	3.87	6.08
12.40	23	0.635	74.06	116.60	3.70	5.83
12.60	24	0.634	73.96	116.63	3.70	5.83
12.80	21	0.633	64.61	102.05	3.23	5.10
13.00	22	0.632	67.58	106.91	3.38	5.35
13.20	22	0.631	67.47	106.91	3.37	5.35
13.40	21	0.630	64.30	102.05	3.21	5.10
13.60	19	0.679	60.20	88.67	3.01	4.43
13.80	20	0.678	63.27	93.33	3.16	4.67
14.00	19	0.677	60.01	88.67	3.00	4.43
14.20	20	0.676	63.07	93.33	3.15	4.67
14.40	22	0.625	64.13	102.67	3.21	5.13
14.60	23	0.623	64.36	103.23	3.22	5.16
14.80	25	0.622	69.83	112.21	3.49	5.61
15.00	24	0.621	66.91	107.72	3.35	5.39
15.20	24	0.620	66.78	107.72	3.34	5.39
15.40	27	0.619	74.98	121.19	3.75	6.06

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
6	3.6	30.06	Coes	45	1.97	2.02	0.59	1.48	5	limo argilloso sabbioso scarsamente consistente
10	11.1	67.05	Coes	50	2.00	2.06	1.58	1.52	17	argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente
15.4	21.74	106.73	Coes	55	2.05	2.10	2.54	1.54	33	argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Dpsh03

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-6.00	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	6.00-10.00	17	Coes	2.00	2.06	23.9	0.21	104.0	175.1	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	10.00-15.40	33	Coes	2.05	2.10	25.4	0.27	330.0	330.0	0.29



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE DPSH04**

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI  
 Prova eseguita in data 27/02/2023  
 Profondita' prova 14.20 mt  
 Quota 110.00 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	2	0.855	17.97	21.03	0.90	1.05
0.40	3	0.851	26.83	31.54	1.34	1.58
0.60	3	0.847	24.52	28.95	1.23	1.45
0.80	2	0.843	16.28	19.30	0.81	0.96
1.00	3	0.840	24.31	28.95	1.22	1.45
1.20	3	0.836	24.21	28.95	1.21	1.45
1.40	4	0.833	32.15	38.60	1.61	1.93
1.60	4	0.830	29.59	35.67	1.48	1.78
1.80	5	0.826	36.84	44.59	1.84	2.23
2.00	4	0.823	29.36	35.67	1.47	1.78
2.20	5	0.820	36.57	44.59	1.83	2.23
2.40	5	0.817	36.43	44.59	1.82	2.23
2.60	6	0.814	40.49	49.73	2.02	2.49
2.80	5	0.811	33.63	41.44	1.68	2.07
3.00	5	0.809	33.51	41.44	1.68	2.07
3.20	4	0.806	26.72	33.15	1.34	1.66
3.40	3	0.803	19.98	24.86	1.00	1.24
3.60	3	0.801	18.60	23.23	0.93	1.16
3.80	4	0.798	24.73	30.97	1.24	1.55
4.00	4	0.796	24.65	30.97	1.23	1.55
4.20	3	0.794	18.43	23.23	0.92	1.16
4.40	4	0.791	24.51	30.97	1.23	1.55
4.60	5	0.789	28.66	36.32	1.43	1.82
4.80	5	0.787	28.58	36.32	1.43	1.82
5.00	4	0.785	22.81	29.05	1.14	1.45
5.20	3	0.783	17.06	21.79	0.85	1.09
5.40	4	0.781	22.69	29.05	1.13	1.45
5.60	6	0.779	31.98	41.04	1.60	2.05
5.80	8	0.777	42.54	54.72	2.13	2.74
6.00	9	0.775	47.74	61.56	2.39	3.08
6.20	8	0.774	42.34	54.72	2.12	2.74
6.40	9	0.772	47.53	61.56	2.38	3.08
6.60	11	0.770	54.78	71.10	2.74	3.56
6.80	10	0.769	49.69	64.64	2.48	3.23
7.00	10	0.767	49.59	64.64	2.48	3.23
7.20	10	0.766	49.49	64.64	2.47	3.23
7.40	11	0.764	54.33	71.10	2.72	3.56
7.60	10	0.763	46.73	61.27	2.34	3.06
7.80	9	0.761	41.98	55.14	2.10	2.76
8.00	10	0.760	46.56	61.27	2.33	3.06
8.20	11	0.759	51.12	67.40	2.56	3.37
8.40	12	0.757	55.68	73.52	2.78	3.68
8.60	13	0.706	53.44	75.70	2.67	3.79
8.80	13	0.705	53.35	75.70	2.67	3.79
9.00	13	0.703	53.26	75.70	2.66	3.79
9.20	13	0.702	53.16	75.70	2.66	3.79
9.40	12	0.751	52.49	69.88	2.62	3.49
9.60	12	0.750	49.93	66.58	2.50	3.33
9.80	13	0.699	50.40	72.13	2.52	3.61
10.00	14	0.698	54.19	77.68	2.71	3.88
10.20	20	0.697	77.30	110.96	3.86	5.55
10.40	21	0.646	75.21	116.51	3.76	5.83
10.60	21	0.644	71.70	111.26	3.59	5.56
10.80	21	0.643	71.58	111.26	3.58	5.56
11.00	20	0.692	73.36	105.96	3.67	5.30

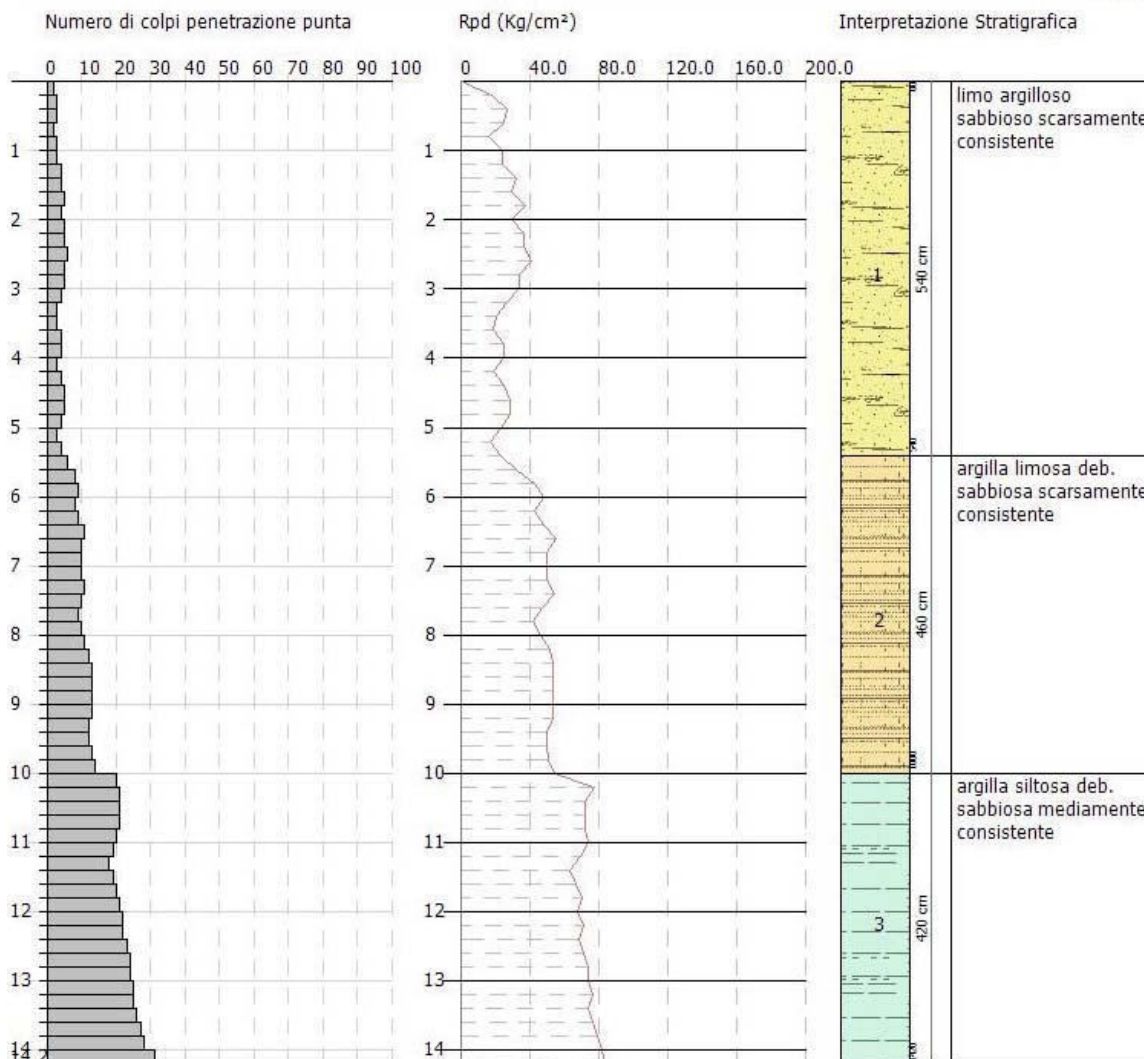
11.20	19	0.691	69.59	100.66	3.48	5.03
11.40	18	0.690	65.83	95.36	3.29	4.77
11.60	19	0.689	66.39	96.32	3.32	4.82
11.80	20	0.688	69.78	101.39	3.49	5.07
12.00	21	0.637	67.84	106.46	3.39	5.32
12.20	22	0.636	70.95	111.53	3.55	5.58
12.40	22	0.635	70.84	111.53	3.54	5.58
12.60	23	0.634	70.88	111.77	3.54	5.59
12.80	24	0.633	73.84	116.63	3.69	5.83
13.00	24	0.632	73.72	116.63	3.69	5.83
13.20	25	0.631	76.67	121.49	3.83	6.07
13.40	25	0.630	76.54	121.49	3.83	6.07
13.60	26	0.629	76.31	121.33	3.82	6.07
13.80	27	0.628	79.11	126.00	3.96	6.30
14.00	28	0.627	81.90	130.67	4.10	6.53
14.20	31	0.576	83.29	144.67	4.16	7.23

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
5.4	3.89	32.78		45	1.98	2.03	0.53	1.48	6	limo argilloso sabbioso scarsamente consistente
10.0	10.74	65.97		50	1.99	2.05	1.53	1.52	16	argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente
14.2	22.71	113.8		55	2.05	2.10	2.42	1.54	35	argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Dpsh04

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coazione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-5.40	6	Coes	1.98	2.03	21.7	0.15	36.7	48.6	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	5.40-10.00	16	Coes	1.99	2.05	23.6	0.20	97.9	163.6	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	10.00-14.20	35	Coes	2.05	2.10	25.6	0.29	350.0	350.0	0.28





**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE DPSH05**

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI  
 Prova eseguita in data 27/02/2023  
 Profondita' prova 15.40 mt  
 Quota 94.00 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

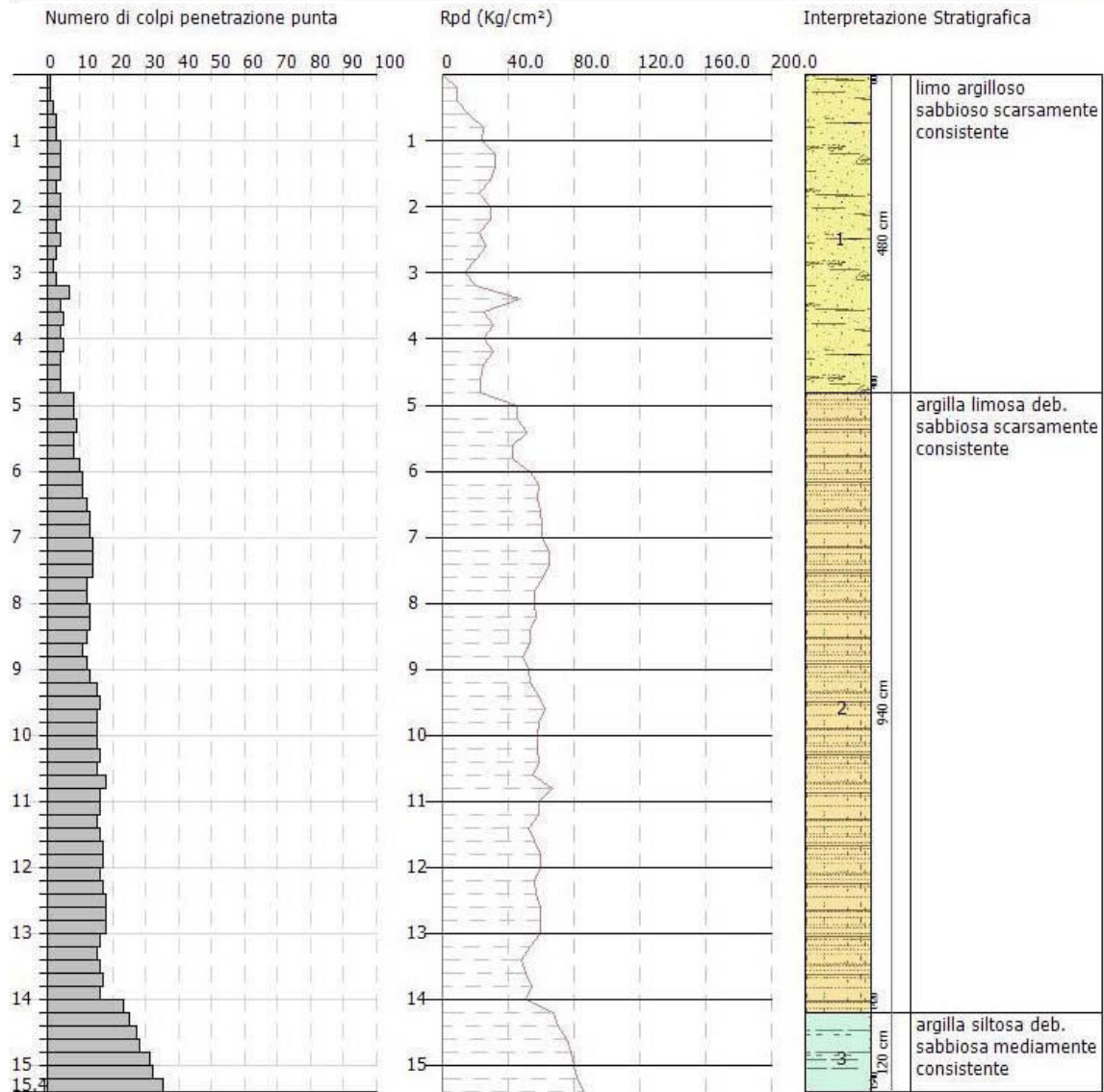
Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.45	0.53
0.60	2	0.847	16.35	19.30	0.82	0.96
0.80	3	0.843	24.41	28.95	1.22	1.45
1.00	3	0.840	24.31	28.95	1.22	1.45
1.20	4	0.836	32.28	38.60	1.61	1.93
1.40	4	0.833	32.15	38.60	1.61	1.93
1.60	4	0.830	29.59	35.67	1.48	1.78
1.80	3	0.826	22.11	26.75	1.11	1.34
2.00	4	0.823	29.36	35.67	1.47	1.78
2.20	4	0.820	29.25	35.67	1.46	1.78
2.40	3	0.817	21.86	26.75	1.09	1.34
2.60	4	0.814	26.99	33.15	1.35	1.66
2.80	3	0.811	20.18	24.86	1.01	1.24
3.00	2	0.809	13.40	16.58	0.67	0.83
3.20	3	0.806	20.04	24.86	1.00	1.24
3.40	7	0.803	46.61	58.02	2.33	2.90
3.60	4	0.801	24.80	30.97	1.24	1.55
3.80	5	0.798	30.91	38.71	1.55	1.94
4.00	4	0.796	24.65	30.97	1.23	1.55
4.20	5	0.794	30.72	38.71	1.54	1.94
4.40	4	0.791	24.51	30.97	1.23	1.55
4.60	4	0.789	22.93	29.05	1.15	1.45
4.80	4	0.787	22.87	29.05	1.14	1.45
5.00	8	0.785	45.62	58.11	2.28	2.91
5.20	8	0.783	45.50	58.11	2.27	2.91
5.40	9	0.781	51.06	65.37	2.55	3.27
5.60	8	0.779	42.64	54.72	2.13	2.74
5.80	8	0.777	42.54	54.72	2.13	2.74
6.00	10	0.775	53.05	68.40	2.65	3.42
6.20	11	0.774	58.22	75.24	2.91	3.76
6.40	11	0.772	58.09	75.24	2.90	3.76
6.60	12	0.770	59.76	77.57	2.99	3.88
6.80	13	0.719	60.40	84.03	3.02	4.20
7.00	13	0.717	60.27	84.03	3.01	4.20
7.20	14	0.716	64.76	90.50	3.24	4.52
7.40	14	0.714	64.63	90.50	3.23	4.52
7.60	14	0.713	61.13	85.78	3.06	4.29
7.80	12	0.761	55.97	73.52	2.80	3.68
8.00	12	0.760	55.87	73.52	2.79	3.68
8.20	13	0.709	56.44	79.65	2.82	3.98
8.40	13	0.707	56.33	79.65	2.82	3.98
8.60	12	0.756	52.83	69.88	2.64	3.49
8.80	11	0.755	48.34	64.06	2.42	3.20
9.00	12	0.753	52.65	69.88	2.63	3.49
9.20	13	0.702	53.16	75.70	2.66	3.79
9.40	15	0.701	61.24	87.35	3.06	4.37
9.60	16	0.700	62.14	88.77	3.11	4.44
9.80	15	0.699	58.16	83.22	2.91	4.16
10.00	15	0.698	58.06	83.22	2.90	4.16
10.20	15	0.697	57.97	83.22	2.90	4.16
10.40	16	0.696	61.74	88.77	3.09	4.44
10.60	15	0.694	55.19	79.47	2.76	3.97
10.80	18	0.693	66.12	95.36	3.31	4.77
11.00	16	0.692	58.69	84.77	2.93	4.24

11.20	16	0.691	58.60	84.77	2.93	4.24
11.40	15	0.690	54.86	79.47	2.74	3.97
11.60	16	0.689	55.91	81.11	2.80	4.06
11.80	17	0.688	59.31	86.18	2.97	4.31
12.00	17	0.687	59.22	86.18	2.96	4.31
12.20	16	0.686	55.66	81.11	2.78	4.06
12.40	17	0.685	59.05	86.18	2.95	4.31
12.60	18	0.684	59.85	87.47	2.99	4.37
12.80	18	0.683	59.76	87.47	2.99	4.37
13.00	18	0.682	59.67	87.47	2.98	4.37
13.20	16	0.681	52.96	77.76	2.65	3.89
13.40	15	0.680	49.57	72.90	2.48	3.64
13.60	16	0.679	50.70	74.67	2.53	3.73
13.80	17	0.678	53.78	79.33	2.69	3.97
14.00	16	0.677	50.54	74.67	2.53	3.73
14.20	23	0.626	67.16	107.33	3.36	5.37
14.40	25	0.625	72.87	116.67	3.64	5.83
14.60	27	0.623	75.56	121.19	3.78	6.06
14.80	28	0.622	78.21	125.67	3.91	6.28
15.00	31	0.571	79.47	139.14	3.97	6.96
15.20	32	0.570	81.86	143.63	4.09	7.18
15.40	35	0.569	89.34	157.09	4.47	7.85

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
4.8	3.54	30.08	Coes	45	1.97	2.02	0.47	1.48	5	limo argilloso sabbioso scarsamente consistente
14.2	14.11	79.07	Coes	50	2.02	2.08	1.9	1.52	22	argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente
15.4	29.67	133.9	Coes	55	2.11	2.16	2.97	1.54	46	argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Dpsh05

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-4.80	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	4.80-14.20	22	Coes	2.02	2.08	24.3	0.27	134.6	232.6	0.31
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	14.20-15.40	46	Coes	2.11	2.16	28.1	0.38	460.0	460.0	0.26





**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE DPSH06**

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI  
 Prova eseguita in data 27/02/2023  
 Profondita' prova 15.80 mt  
 Quota 84.00 mt  
 Falda rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

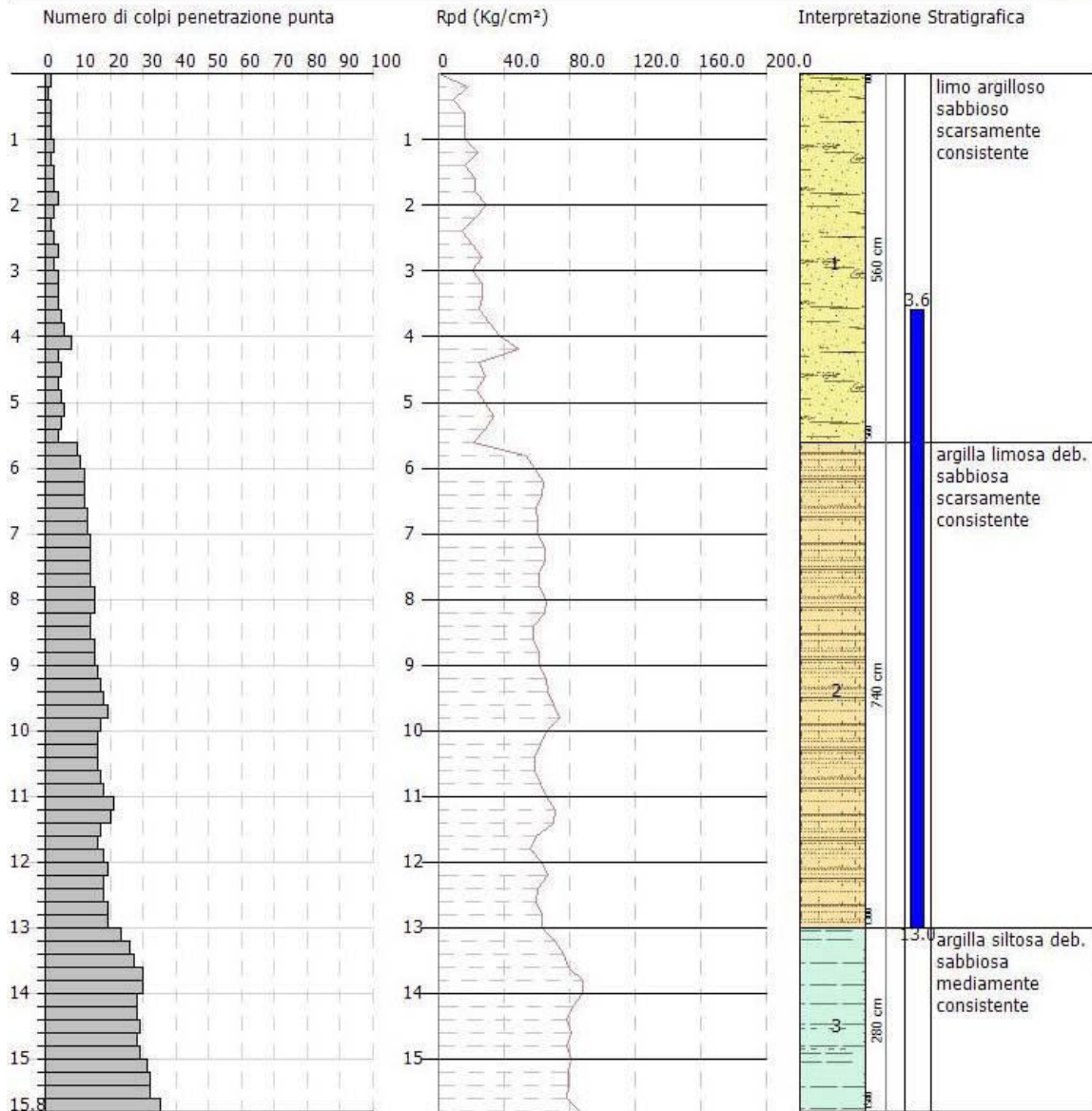
Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	2	0.855	17.97	21.03	0.90	1.05
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.45	0.53
0.60	2	0.847	16.35	19.30	0.82	0.96
0.80	2	0.843	16.28	19.30	0.81	0.96
1.00	2	0.840	16.21	19.30	0.81	0.96
1.20	3	0.836	24.21	28.95	1.21	1.45
1.40	2	0.833	16.07	19.30	0.80	0.96
1.60	3	0.830	22.19	26.75	1.11	1.34
1.80	3	0.826	22.11	26.75	1.11	1.34
2.00	4	0.823	29.36	35.67	1.47	1.78
2.20	3	0.820	21.94	26.75	1.10	1.34
2.40	2	0.817	14.57	17.83	0.73	0.89
2.60	3	0.814	20.25	24.86	1.01	1.24
2.80	4	0.811	26.90	33.15	1.35	1.66
3.00	3	0.809	20.11	24.86	1.01	1.24
3.20	4	0.806	26.72	33.15	1.34	1.66
3.40	4	0.803	26.63	33.15	1.33	1.66
3.60	4	0.801	24.80	30.97	1.24	1.55
3.80	5	0.798	30.91	38.71	1.55	1.94
4.00	6	0.796	36.98	46.45	1.85	2.32
4.20	8	0.794	49.16	61.94	2.46	3.10
4.40	4	0.791	24.51	30.97	1.23	1.55
4.60	5	0.789	28.66	36.32	1.43	1.82
4.80	4	0.787	22.87	29.05	1.14	1.45
5.00	5	0.785	28.51	36.32	1.43	1.82
5.20	6	0.783	34.12	43.58	1.71	2.18
5.40	5	0.781	28.36	36.32	1.42	1.82
5.60	4	0.779	21.32	27.36	1.07	1.37
5.80	10	0.777	53.17	68.40	2.66	3.42
6.00	11	0.775	58.35	75.24	2.92	3.76
6.20	12	0.774	63.51	82.09	3.18	4.10
6.40	12	0.772	63.37	82.09	3.17	4.10
6.60	12	0.770	59.76	77.57	2.99	3.88
6.80	13	0.719	60.40	84.03	3.02	4.20
7.00	13	0.717	60.27	84.03	3.01	4.20
7.20	14	0.716	64.76	90.50	3.24	4.52
7.40	14	0.714	64.63	90.50	3.23	4.52
7.60	14	0.713	61.13	85.78	3.06	4.29
7.80	14	0.711	61.01	85.78	3.05	4.29
8.00	15	0.710	65.24	91.90	3.26	4.60
8.20	15	0.709	65.12	91.90	3.26	4.60
8.40	14	0.707	60.67	85.78	3.03	4.29
8.60	14	0.706	57.55	81.53	2.88	4.08
8.80	15	0.705	61.56	87.35	3.08	4.37
9.00	15	0.703	61.45	87.35	3.07	4.37
9.20	16	0.702	65.43	93.17	3.27	4.66
9.40	17	0.701	69.41	99.00	3.47	4.95
9.60	18	0.700	69.90	99.87	3.50	4.99
9.80	19	0.699	73.67	105.42	3.68	5.27
10.00	17	0.698	65.81	94.32	3.29	4.72
10.20	16	0.697	61.84	88.77	3.09	4.44
10.40	16	0.696	61.74	88.77	3.09	4.44
10.60	16	0.694	58.87	84.77	2.94	4.24
10.80	17	0.693	62.45	90.07	3.12	4.50
11.00	18	0.692	66.02	95.36	3.30	4.77

11.20	21	0.641	71.35	111.26	3.57	5.56
11.40	20	0.690	73.14	105.96	3.66	5.30
11.60	17	0.689	59.40	86.18	2.97	4.31
11.80	16	0.688	55.82	81.11	2.79	4.06
12.00	18	0.687	62.71	91.25	3.14	4.56
12.20	19	0.686	66.09	96.32	3.30	4.82
12.40	18	0.685	62.52	91.25	3.13	4.56
12.60	18	0.684	59.85	87.47	2.99	4.37
12.80	19	0.683	63.08	92.33	3.15	4.62
13.00	19	0.682	62.98	92.33	3.15	4.62
13.20	23	0.631	70.54	111.77	3.53	5.59
13.40	26	0.630	79.60	126.35	3.98	6.32
13.60	27	0.629	79.25	126.00	3.96	6.30
13.80	30	0.628	87.90	140.00	4.40	7.00
14.00	30	0.627	87.75	140.00	4.39	7.00
14.20	28	0.626	81.76	130.67	4.09	6.53
14.40	28	0.625	81.61	130.67	4.08	6.53
14.60	29	0.623	81.15	130.16	4.06	6.51
14.80	28	0.622	78.21	125.67	3.91	6.28
15.00	29	0.621	80.85	130.16	4.04	6.51
15.20	31	0.570	79.30	139.14	3.97	6.96
15.40	32	0.569	81.68	143.63	4.08	7.18
15.60	32	0.567	78.50	138.34	3.93	6.92
15.80	35	0.566	85.67	151.31	4.28	7.57

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
5.6	3.68	29.95	Coes	45	1.97	2.02	0.55	1.48	5	limo argilloso sabbioso scarsamente consistente
13.0	15.73	89.37	Coes	50	2.03	2.09	1.32	1.52	24	argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente
15.8	29.14	133.13	Coes	55	2.10	2.15	2.96	1.54	45	argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Dpsh06

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-5.60	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	5.60-13.00	24	Coes	2.03	2.09	24.6	0.30	146.8	255.6	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	13.00-15.80	45	Coes	2.10	2.15	27.9	0.37	450.0	450.0	0.26



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE DPSH07**

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI  
 Prova eseguita in data 10/05/2023  
 Profondita' prova 15.80 mt  
 Quota 103.00 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	2	0.855	17.97	21.03	0.90	1.05
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.45	0.53
0.60	2	0.847	16.35	19.30	0.82	0.96
0.80	3	0.843	24.41	28.95	1.22	1.45
1.00	3	0.840	24.31	28.95	1.22	1.45
1.20	3	0.836	24.21	28.95	1.21	1.45
1.40	2	0.833	16.07	19.30	0.80	0.96
1.60	3	0.830	22.19	26.75	1.11	1.34
1.80	3	0.826	22.11	26.75	1.11	1.34
2.00	4	0.823	29.36	35.67	1.47	1.78
2.20	5	0.820	36.57	44.59	1.83	2.23
2.40	5	0.817	36.43	44.59	1.82	2.23
2.60	4	0.814	26.99	33.15	1.35	1.66
2.80	4	0.811	26.90	33.15	1.35	1.66
3.00	4	0.809	26.81	33.15	1.34	1.66
3.20	3	0.806	20.04	24.86	1.00	1.24
3.40	3	0.803	19.98	24.86	1.00	1.24
3.60	4	0.801	24.80	30.97	1.24	1.55
3.80	8	0.798	49.45	61.94	2.47	3.10
4.00	9	0.796	55.47	69.68	2.77	3.48
4.20	10	0.794	61.45	77.42	3.07	3.87
4.40	10	0.791	61.27	77.42	3.06	3.87
4.60	12	0.789	68.79	87.16	3.44	4.36
4.80	13	0.737	69.60	94.42	3.48	4.72
5.00	12	0.785	68.42	87.16	3.42	4.36
5.20	13	0.733	69.21	94.42	3.46	4.72
5.40	14	0.731	74.34	101.69	3.72	5.08
5.60	14	0.729	69.83	95.77	3.49	4.79
5.80	14	0.727	69.65	95.77	3.48	4.79
6.00	15	0.725	74.44	102.61	3.72	5.13
6.20	16	0.724	79.21	109.45	3.96	5.47
6.40	15	0.722	74.08	102.61	3.70	5.13
6.60	14	0.720	65.19	90.50	3.26	4.52
6.80	14	0.719	65.04	90.50	3.25	4.52
7.00	13	0.717	60.27	84.03	3.01	4.20
7.20	14	0.716	64.76	90.50	3.24	4.52
7.40	15	0.714	69.24	96.96	3.46	4.85
7.60	15	0.713	65.50	91.90	3.28	4.60
7.80	19	0.711	82.80	116.41	4.14	5.82
8.00	22	0.660	88.95	134.79	4.45	6.74
8.20	23	0.659	92.80	140.92	4.64	7.05
8.40	23	0.657	92.62	140.92	4.63	7.05
8.60	24	0.656	91.68	139.76	4.58	6.99
8.80	25	0.655	95.31	145.58	4.77	7.28
9.00	26	0.653	98.94	151.40	4.95	7.57
9.20	25	0.652	94.96	145.58	4.75	7.28
9.40	26	0.651	98.58	151.40	4.93	7.57
9.60	27	0.650	97.36	149.80	4.87	7.49
9.80	29	0.649	104.39	160.90	5.22	8.04
10.00	30	0.648	107.81	166.45	5.39	8.32
10.20	29	0.647	104.04	160.90	5.20	8.04
10.40	29	0.646	103.86	160.90	5.19	8.04
10.60	27	0.644	92.19	143.05	4.61	7.15
10.80	26	0.643	88.63	137.75	4.43	6.89
11.00	26	0.642	88.48	137.75	4.42	6.89

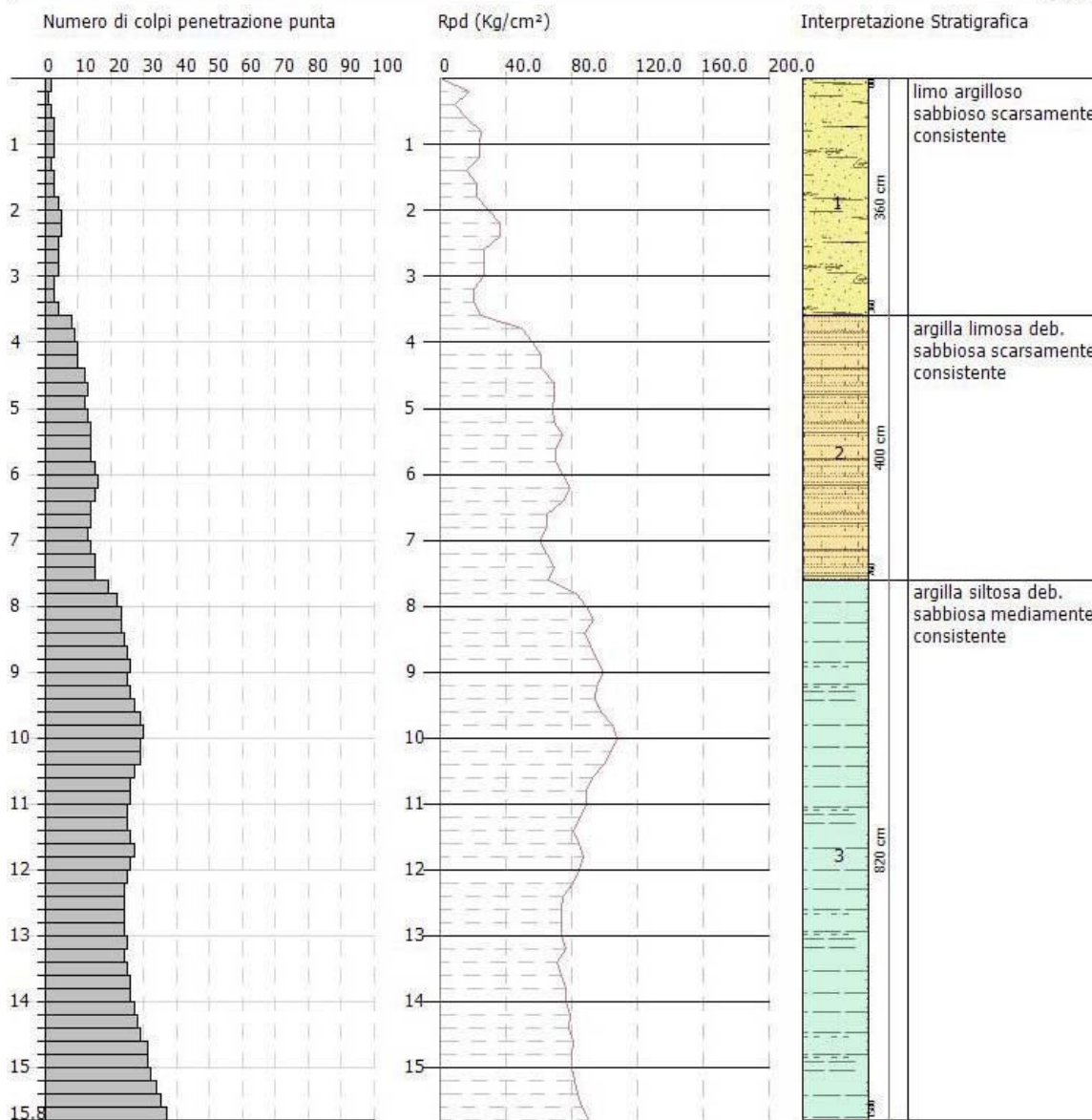


11.20	25	0.641	84.94	132.45	4.25	6.62
11.40	25	0.640	84.80	132.45	4.24	6.62
11.60	26	0.639	84.26	131.80	4.21	6.59
11.80	27	0.638	87.36	136.87	4.37	6.84
12.00	26	0.637	83.99	131.80	4.20	6.59
12.20	25	0.636	80.63	126.74	4.03	6.34
12.40	24	0.635	77.28	121.67	3.86	6.08
12.60	24	0.634	73.96	116.63	3.70	5.83
12.80	24	0.633	73.84	116.63	3.69	5.83
13.00	24	0.632	73.72	116.63	3.69	5.83
13.20	25	0.631	76.67	121.49	3.83	6.07
13.40	24	0.630	73.48	116.63	3.67	5.83
13.60	25	0.629	73.38	116.67	3.67	5.83
13.80	26	0.628	76.18	121.33	3.81	6.07
14.00	26	0.627	76.05	121.33	3.80	6.07
14.20	27	0.626	78.84	126.00	3.94	6.30
14.40	28	0.625	81.61	130.67	4.08	6.53
14.60	29	0.623	81.15	130.16	4.06	6.51
14.80	31	0.572	79.63	139.14	3.98	6.96
15.00	31	0.571	79.47	139.14	3.97	6.96
15.20	32	0.570	81.86	143.63	4.09	7.18
15.40	34	0.569	86.79	152.60	4.34	7.63
15.60	35	0.567	85.86	151.31	4.29	7.57
15.80	37	0.566	90.57	159.96	4.53	8.00

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
3.6	3.22	28.64	Coes	45	1.97	2.02	0.35	1.47	5	limo argilloso sabbioso scarsamente consistente
7.6	13.0	90.10	Coes	50	2.01	2.07	1.11	1.50	20	argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente
15.8	26.73	137.02	Coes	55	2.08	2.13	2.37	1.53	41	argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Dpsh07

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coessione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-3.60	5	Coes	1.97	2.02	21.4	0.13	30.6	37.1	0.34
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	3.60-7.60	20	Coes	2.01	2.07	24.1	0.25	122.4	209.6	0.31
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	7.60-15.80	41	Coes	2.08	2.13	26.6	0.34	410.0	410.0	0.27



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE DPSH08**

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI  
 Prova eseguita in data 10/05/2023  
 Profondita' prova 18.40 mt  
 Quota 81.00 mt  
 Falda rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

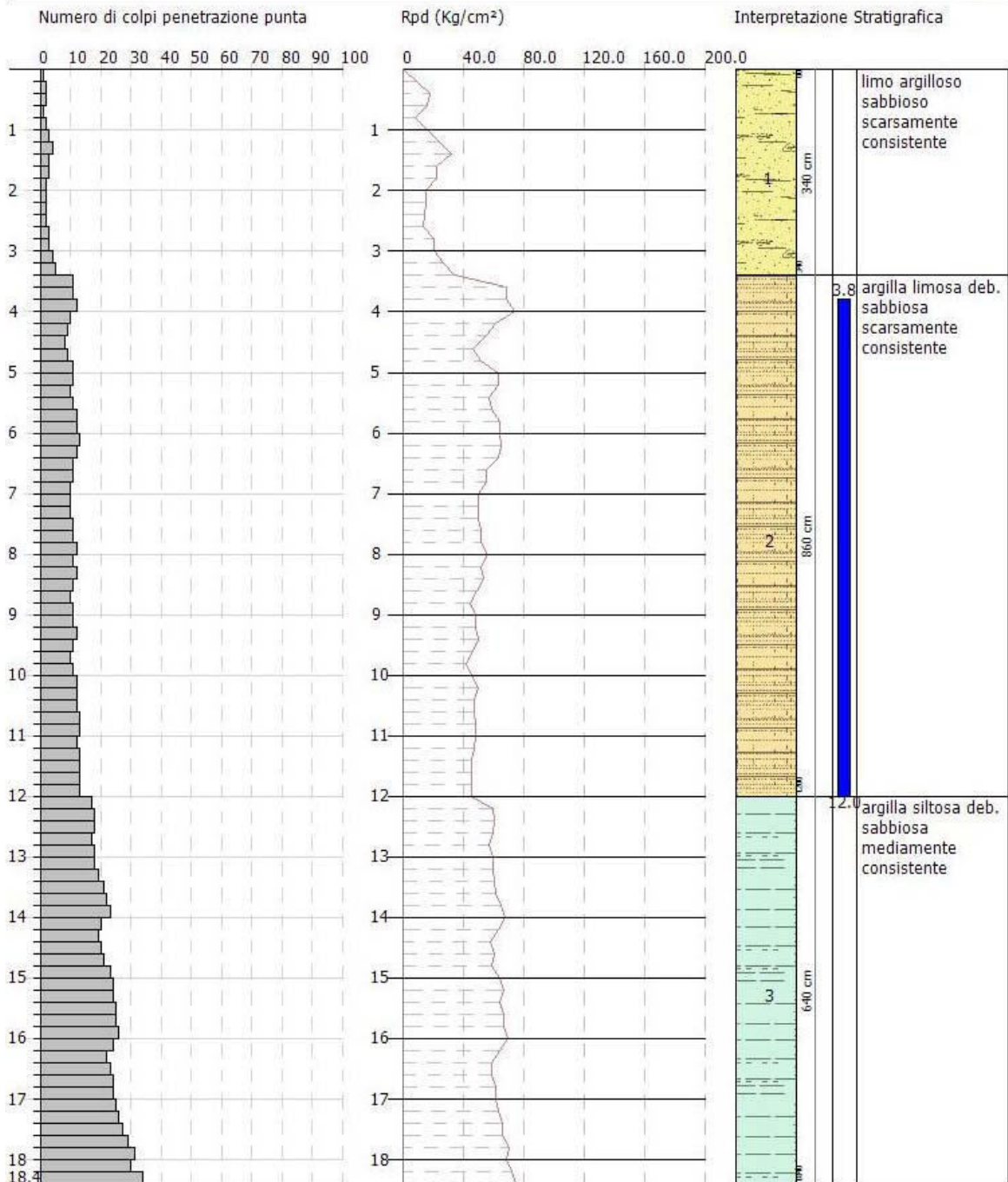
Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.40	2	0.851	17.89	21.03	0.89	1.05
0.60	2	0.847	16.35	19.30	0.82	0.96
0.80	1	0.843	8.14	9.65	0.41	0.48
1.00	2	0.840	16.21	19.30	0.81	0.96
1.20	3	0.836	24.21	28.95	1.21	1.45
1.40	4	0.833	32.15	38.60	1.61	1.93
1.60	3	0.830	22.19	26.75	1.11	1.34
1.80	3	0.826	22.11	26.75	1.11	1.34
2.00	2	0.823	14.68	17.83	0.73	0.89
2.20	2	0.820	14.63	17.83	0.73	0.89
2.40	2	0.817	14.57	17.83	0.73	0.89
2.60	2	0.814	13.50	16.58	0.67	0.83
2.80	3	0.811	20.18	24.86	1.01	1.24
3.00	3	0.809	20.11	24.86	1.01	1.24
3.20	4	0.806	26.72	33.15	1.34	1.66
3.40	5	0.803	33.29	41.44	1.66	2.07
3.60	11	0.801	68.20	85.16	3.41	4.26
3.80	11	0.798	67.99	85.16	3.40	4.26
4.00	12	0.796	73.95	92.90	3.70	4.65
4.20	10	0.794	61.45	77.42	3.07	3.87
4.40	9	0.791	55.15	69.68	2.76	3.48
4.60	8	0.789	45.86	58.11	2.29	2.91
4.80	9	0.787	51.45	65.37	2.57	3.27
5.00	11	0.785	62.72	79.90	3.14	3.99
5.20	11	0.783	62.56	79.90	3.13	3.99
5.40	10	0.781	56.73	72.63	2.84	3.63
5.60	11	0.779	58.63	75.24	2.93	3.76
5.80	12	0.777	63.80	82.09	3.19	4.10
6.00	12	0.775	63.65	82.09	3.18	4.10
6.20	13	0.724	64.36	88.93	3.22	4.45
6.40	12	0.772	63.37	82.09	3.17	4.10
6.60	11	0.770	54.78	71.10	2.74	3.56
6.80	11	0.769	54.66	71.10	2.73	3.56
7.00	10	0.767	49.59	64.64	2.48	3.23
7.20	10	0.766	49.49	64.64	2.47	3.23
7.40	10	0.764	49.40	64.64	2.47	3.23
7.60	11	0.763	51.40	67.40	2.57	3.37
7.80	11	0.761	51.31	67.40	2.57	3.37
8.00	12	0.760	55.87	73.52	2.79	3.68
8.20	11	0.759	51.12	67.40	2.56	3.37
8.40	12	0.757	55.68	73.52	2.78	3.68
8.60	11	0.756	48.42	64.06	2.42	3.20
8.80	10	0.755	43.95	58.23	2.20	2.91
9.00	11	0.753	48.27	64.06	2.41	3.20
9.20	11	0.752	48.19	64.06	2.41	3.20
9.40	12	0.751	52.49	69.88	2.62	3.49
9.60	11	0.750	45.77	61.03	2.29	3.05
9.80	10	0.749	41.55	55.48	2.08	2.77
10.00	11	0.748	45.63	61.03	2.28	3.05
10.20	12	0.747	49.71	66.58	2.49	3.33
10.40	12	0.746	49.64	66.58	2.48	3.33
10.60	12	0.744	47.33	63.58	2.37	3.18
10.80	13	0.693	47.76	68.87	2.39	3.44
11.00	13	0.692	47.68	68.87	2.38	3.44

11.20	12	0.741	47.13	63.58	2.36	3.18
11.40	13	0.690	47.54	68.87	2.38	3.44
11.60	13	0.689	45.42	65.90	2.27	3.30
11.80	13	0.688	45.36	65.90	2.27	3.30
12.00	13	0.687	45.29	65.90	2.26	3.30
12.20	17	0.686	59.14	86.18	2.96	4.31
12.40	18	0.685	62.52	91.25	3.13	4.56
12.60	18	0.684	59.85	87.47	2.99	4.37
12.80	17	0.683	56.44	82.62	2.82	4.13
13.00	18	0.682	59.67	87.47	2.98	4.37
13.20	18	0.681	59.58	87.47	2.98	4.37
13.40	19	0.680	62.79	92.33	3.14	4.62
13.60	21	0.629	61.64	98.00	3.08	4.90
13.80	22	0.628	64.46	102.67	3.22	5.13
14.00	23	0.627	67.28	107.33	3.36	5.37
14.20	20	0.676	63.07	93.33	3.15	4.67
14.40	19	0.675	59.81	88.67	2.99	4.43
14.60	20	0.673	60.46	89.77	3.02	4.49
14.80	21	0.622	58.66	94.26	2.93	4.71
15.00	23	0.621	64.12	103.23	3.21	5.16
15.20	24	0.620	66.78	107.72	3.34	5.39
15.40	24	0.619	66.65	107.72	3.33	5.39
15.60	25	0.617	66.74	108.08	3.34	5.40
15.80	25	0.616	66.60	108.08	3.33	5.40
16.00	26	0.615	69.11	112.40	3.46	5.62
16.20	24	0.614	63.66	103.76	3.18	5.19
16.40	22	0.612	58.22	95.11	2.91	4.76
16.60	23	0.611	58.57	95.90	2.93	4.80
16.80	24	0.609	60.97	100.07	3.05	5.00
17.00	24	0.608	60.83	100.07	3.04	5.00
17.20	25	0.606	63.20	104.24	3.16	5.21
17.40	26	0.605	65.56	108.41	3.28	5.42
17.60	27	0.603	65.57	108.72	3.28	5.44
17.80	29	0.601	70.24	116.78	3.51	5.84
18.00	31	0.550	68.63	124.83	3.43	6.24
18.20	30	0.598	72.24	120.81	3.61	6.04
18.40	34	0.546	74.78	136.91	3.74	6.85

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
3.4	2.59	23.25	Coes	45	1.96	2.01	0.33	1.47	4	limo argilloso sabbioso scarsamente consistente
12.0	11.26	70.34	Coes	50	2.00	2.06	1.16	1.52	17	argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente
18.4	23.03	101.62	Coes	55	2.06	2.11	3.11	1.54	36	argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Dpsh08

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unita' di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unita' di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson
limo argilloso sabbioso scarsamente consistente	0.00-3.40	4	Coes	1.96	2.01	21.1	0.10	24.5	25.6	0.35
argilla limosa deb. sabbiosa scarsamente consistente	3.40-12.00	17	Coes	2.00	2.06	23.8	0.21	104.0	175.1	0.32
argilla siltosa deb. sabbiosa mediamente consistente	12.00-18.40	36	Coes	2.06	2.11	25.7	0.30	360.0	360.0	0.28





# INDAGINE SISMICA MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW01)

winMASW - Full Velocity Spectrum (FVS) Inversion

Date: 10 5 2023

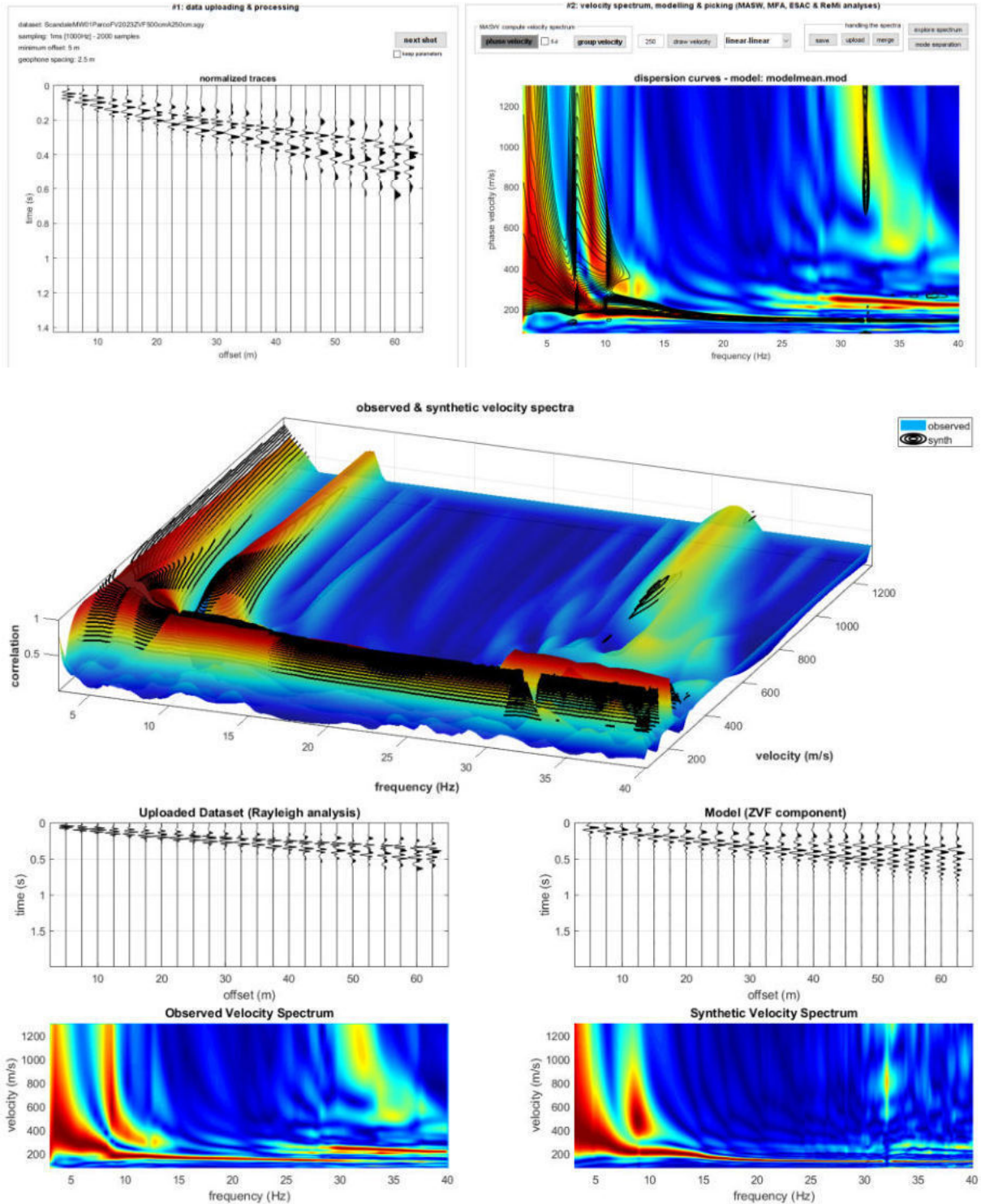
Time: 18 26

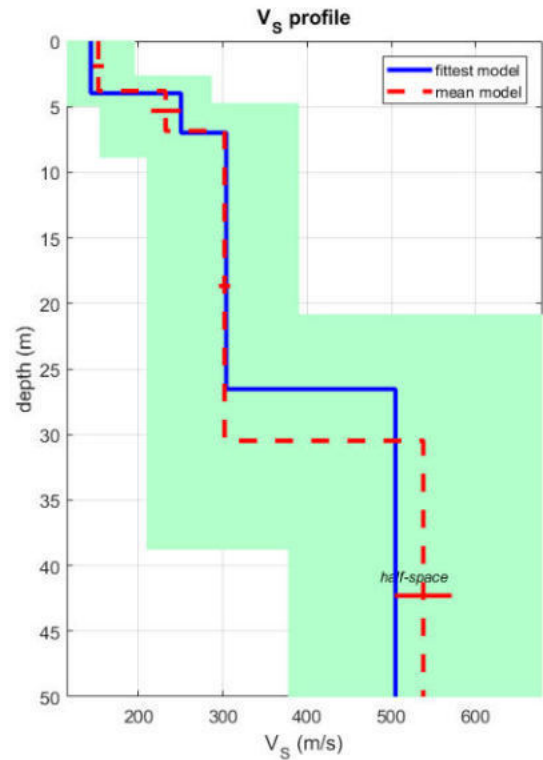
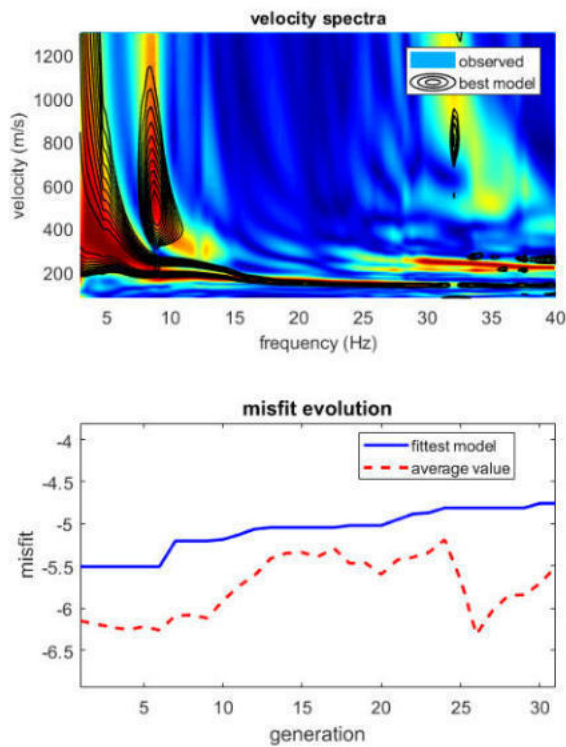
Considered velocity spectrum: ScandaleMW01ParcoFV2023ZVF500cmA250cmFVS.mat

Considered component: ZVF

Analyzing Phase velocities

Dataset: ScandaleMW01ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy



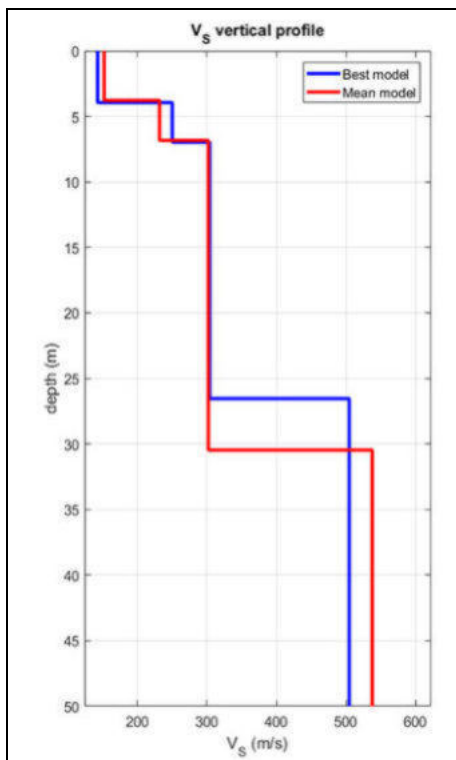


dataset: ScandaleMW01ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy

velocity spectrum: ScandaleMW01ParcoFV2023ZVF500cmA250cmFVS.mat

Vs30 & VsE (best model): 270 270 m/s

Vs30 & VsE (mean model): 261 261 m/s



**Mean model**

Vs (m/s): 152, 232, 302, 538

Vs standard deviations (m/s): 7, 18, 7, 34

Thickness (m): 3.8, 3.1, 23.6

Vs30 and VsE (m/s): 261 261

**Best model**

Vs (m/s): 143, 250, 304, 505

Thickness (m): 4.0, 3.0, 19.6

Vs30 and VsE (m/s): 270 270

Depth equivalent (m): 1082

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson  
(please, see manual)

Vp (m/s): 314, 497, 638, 1446

Poisson: 0.37 0.33 0.35 0.43

# INDAGINE SISMICA MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW02)

winMASW - Full Velocity Spectrum (FVS) Inversion

Date: 10 5 2023

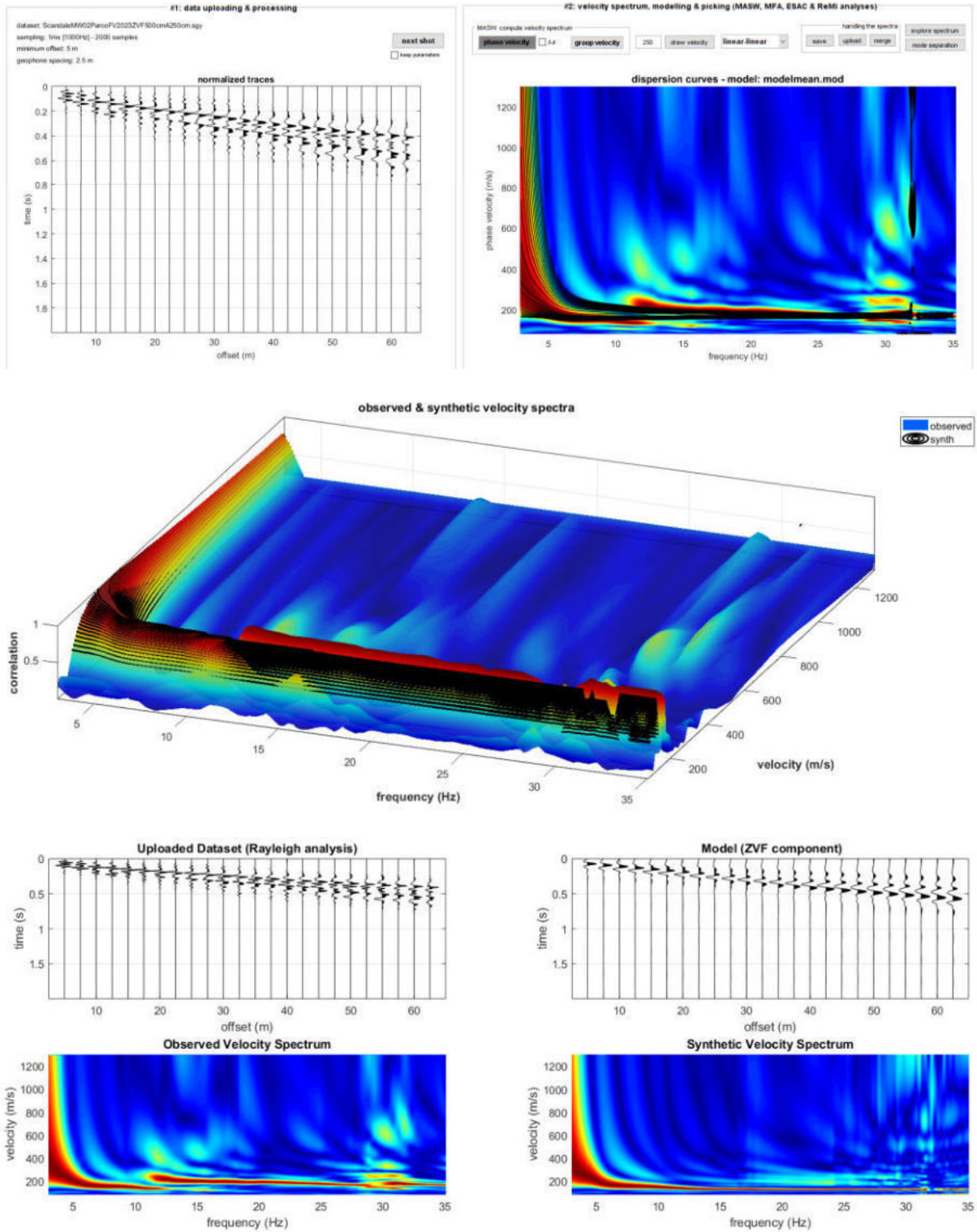
Time: 19 5

Considered velocity spectrum: ScandaleMW02ParcoFV2023ZVF500cmA250cmFVS.mat

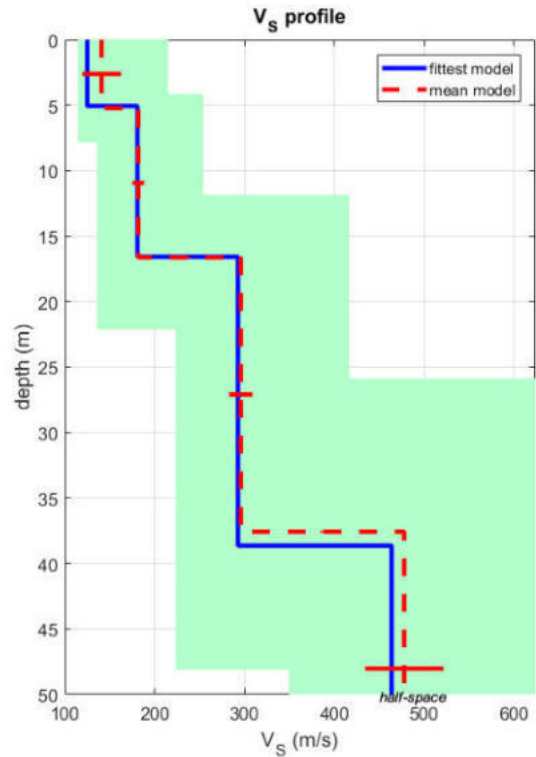
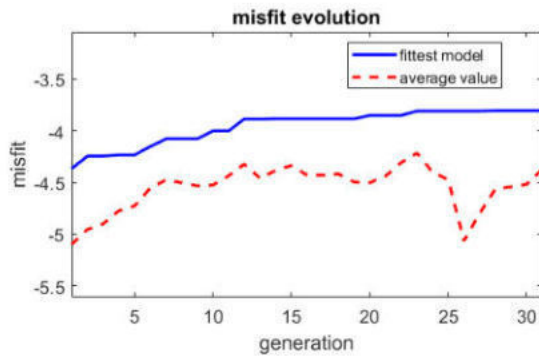
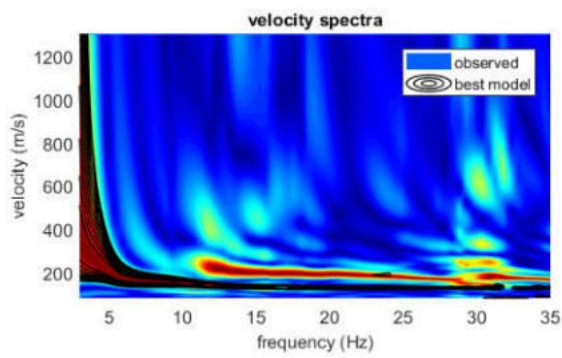
Considered component: ZVF

Analyzing Phase velocities

Dataset: ScandaleMW02ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy





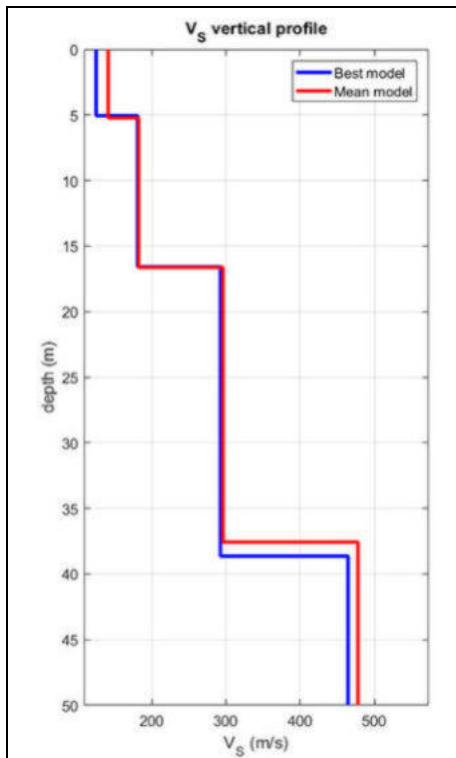


dataset: ScandaleMW02ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy

velocity spectrum: ScandaleMW02ParcoFV2023ZVF500cmA250cmFVS.mat

Vs30 & VsE (best model): 200 200 m/s

Vs30 & VsE (mean model): 207 207 m/s



#### Mean model

Vs (m/s): 141, 182, 296, 478

Vs standard deviations (m/s): 22, 7, 13, 44

Thickness (m): 5.2, 11.4, 20.9

Vs30 and VsE (m/s): 207 207

#### Best model

Vs (m/s): 125, 181, 293, 464

Thickness (m): 5.1, 11.5, 22.1

Vs30 and VsE (m/s): 200 200

Depth equivalent (m): 740

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson  
(please, see manual)

Vp (m/s): 285, 635, 537, 814

Poisson: 0.38 0.46 0.29 0.26

# INDAGINE SISMICA MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW03)

winMASW - Full Velocity Spectrum (FVS) Inversion

Date: 10 5 2023

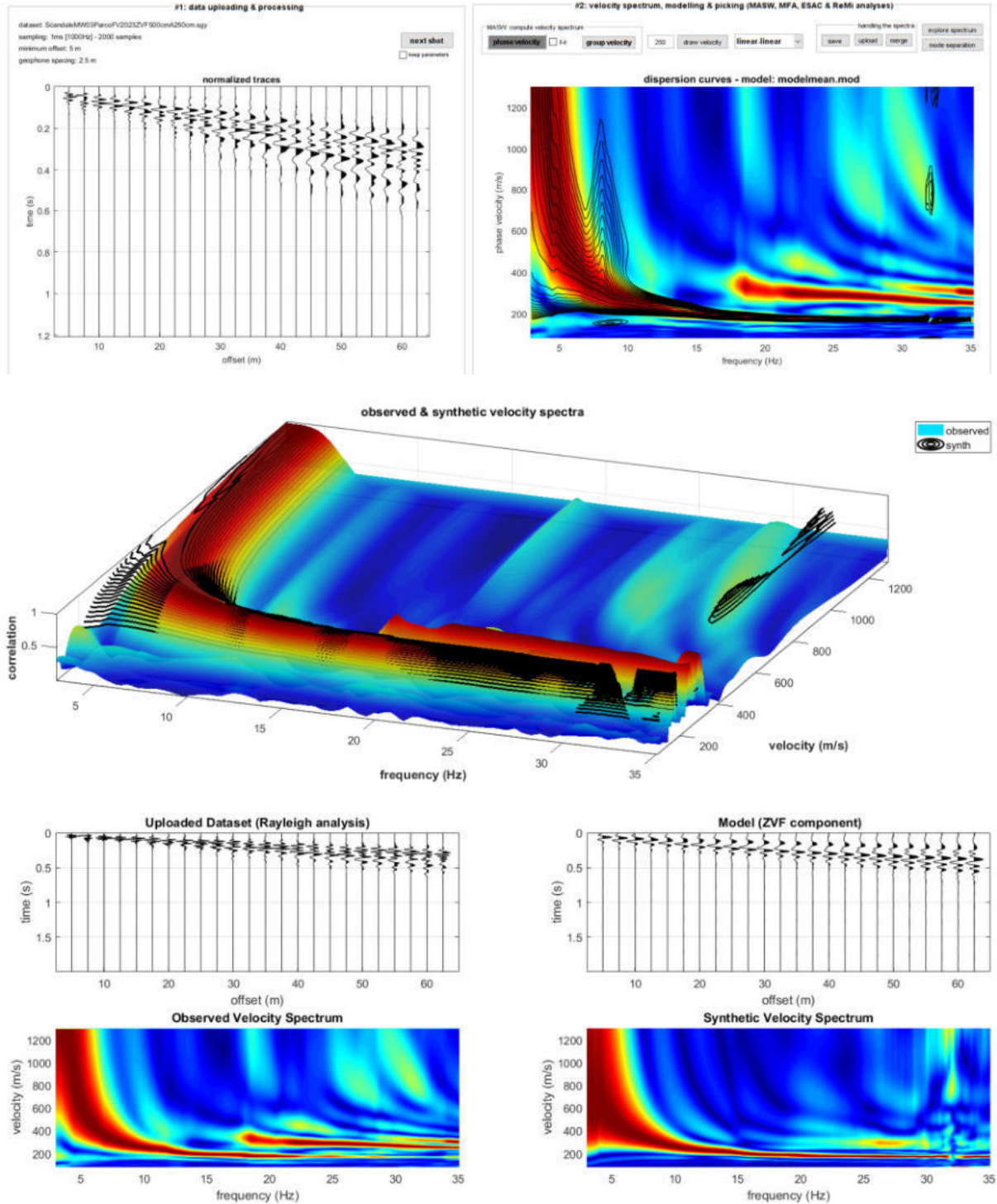
Time: 19 34

Considered velocity spectrum: ScandaleMW03ParcoFV2023ZVF500cmA250cmFVS.mat

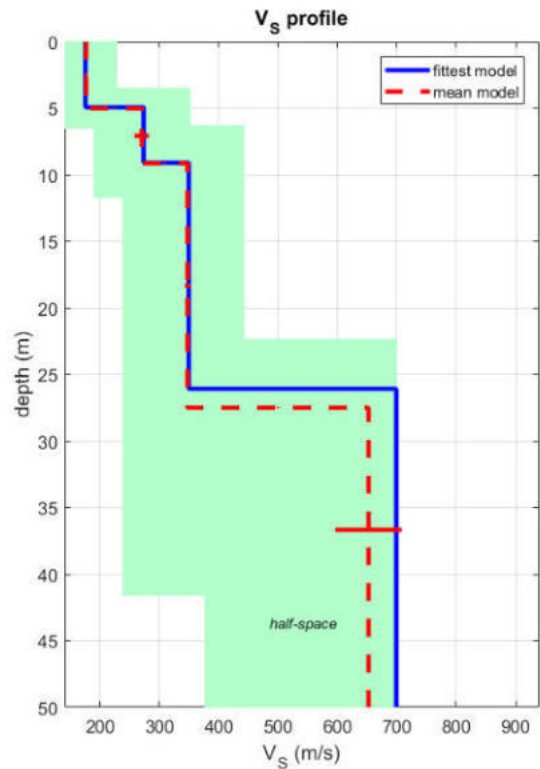
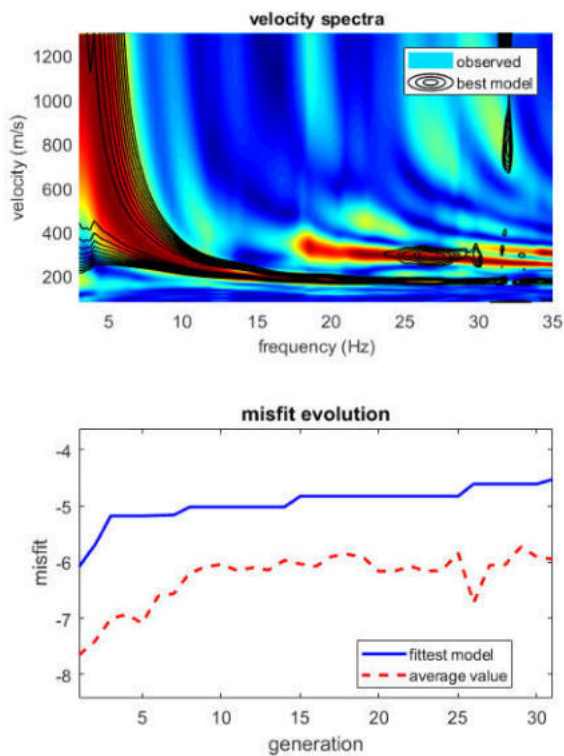
Considered component: ZVF

Analyzing Phase velocities

Dataset: ScandaleMW03ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy





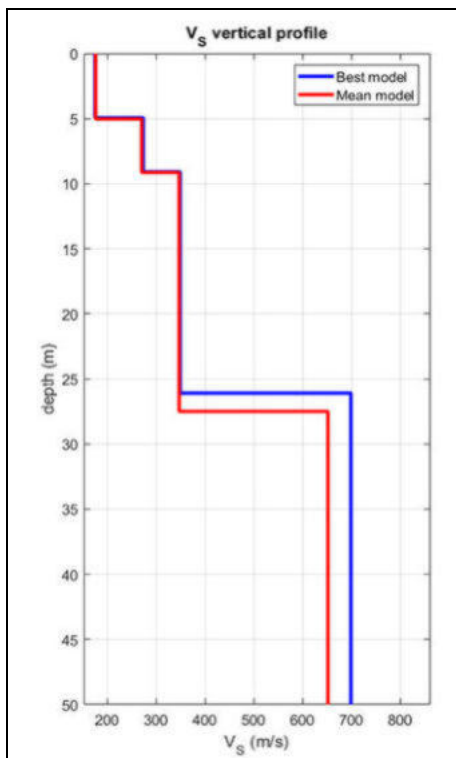


dataset: ScandaleMW03ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy

velocity spectrum: ScandaleMW03ParcoFV2023ZVF500cmA250cmFVS.mat

Vs30 & VsE (best model): 307 307 m/s

Vs30 & VsE (mean model): 298 298 m/s



**Mean model**

Vs (m/s): 176, 270, 347, 652

Vs standard deviations (m/s): 3, 12, 5, 56

Thickness (m): 5.0, 4.1, 18.4

Vs30 and VsE (m/s): 298 298

**Best model**

Vs (m/s): 175, 273, 349, 699

Thickness (m): 4.9, 4.2, 17.0

Vs30 and VsE (m/s): 307 307

Depth equivalent (m): 1063

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson  
(please, see manual)

Vp (m/s): 2264, 568, 834, 1209

Poisson: 0.50 0.35 0.39 0.25

# INDAGINE SISMICA MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW04)

winMASW - Full Velocity Spectrum (FVS) Inversion

Date: 10 5 2023

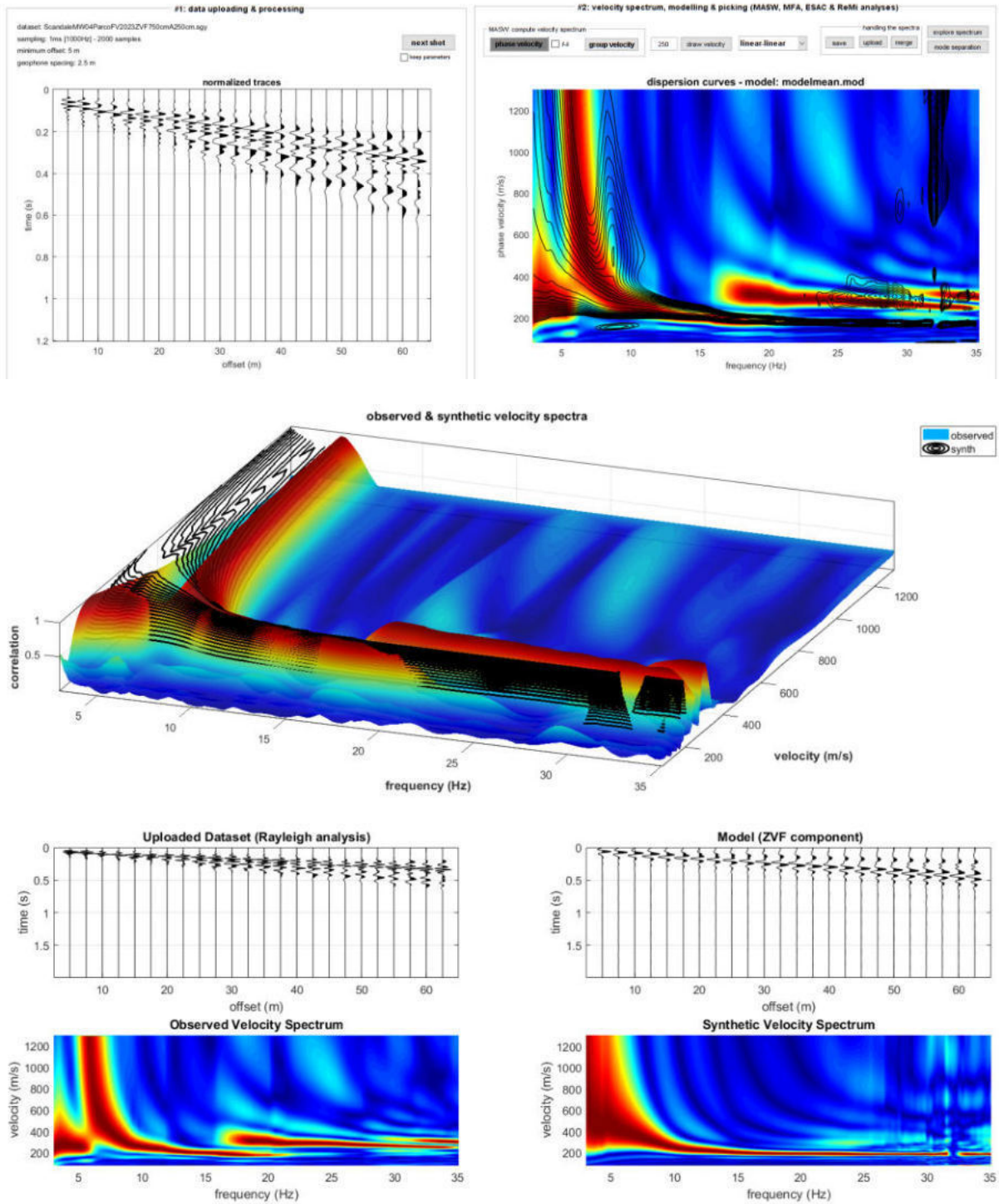
Time: 19 48

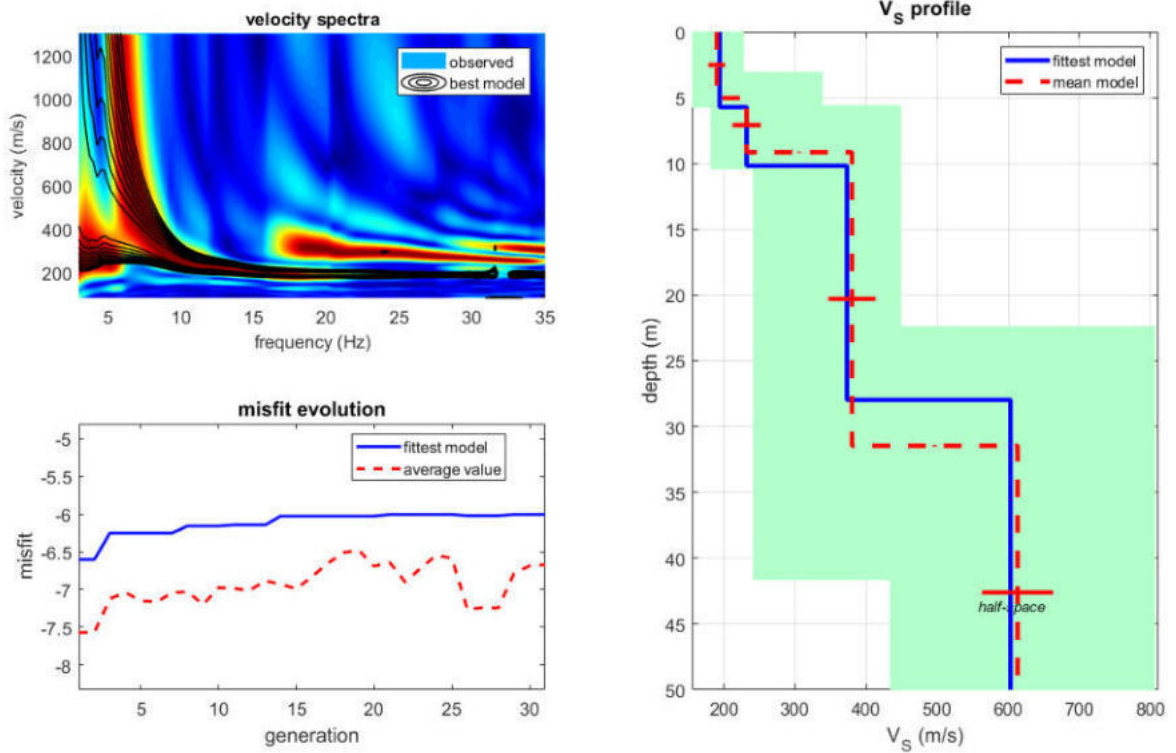
Considered velocity spectrum: ScandaleMW04ParcoFV2023ZVF750cmA250cmFVS.mat

Considered component: ZVF

Analyzing Phase velocities

Dataset: ScandaleMW04ParcoFV2023ZVF750cmA250cm.sgy





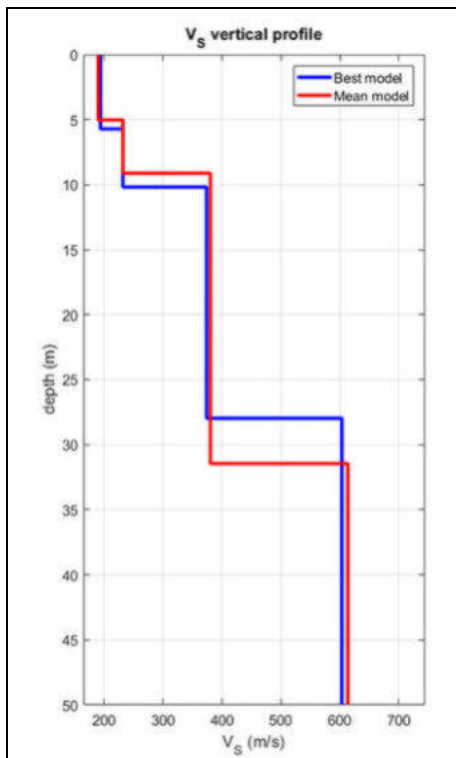
dataset: ScandaleMW04ParcoFV2023ZVF750cmA250cm.sgy

velocity spectrum: ScandaleMW04ParcoFV2023ZVF750cmA250cmFVS.mat

Vs30 & VsE (best model): 301 301 m/s

Vs30 & VsE (mean model): 303 303 m/s

[www.wlnmasw.com](http://www.wlnmasw.com)



#### Mean model

Vs (m/s): 190, 232, 380, 613

Vs standard deviations (m/s): 12, 20, 33, 50

Thickness (m): 5.0, 4.1, 22.3

Vs30 and VsE (m/s): 303 303

#### Best model

Vs (m/s): 194, 232, 373, 603

Thickness (m): 5.7, 4.5, 17.8

Vs30 and VsE (m/s): 301 301

Depth equivalent (m): 1016

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson  
(please, see manual)

Vp (m/s): 678, 3004, 665, 1120

Poisson: 0.46 0.50 0.27 0.30



# INDAGINE SISMICA MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW05)

winMASW - Full Velocity Spectrum (FVS) Inversion

Date: 10 5 2023

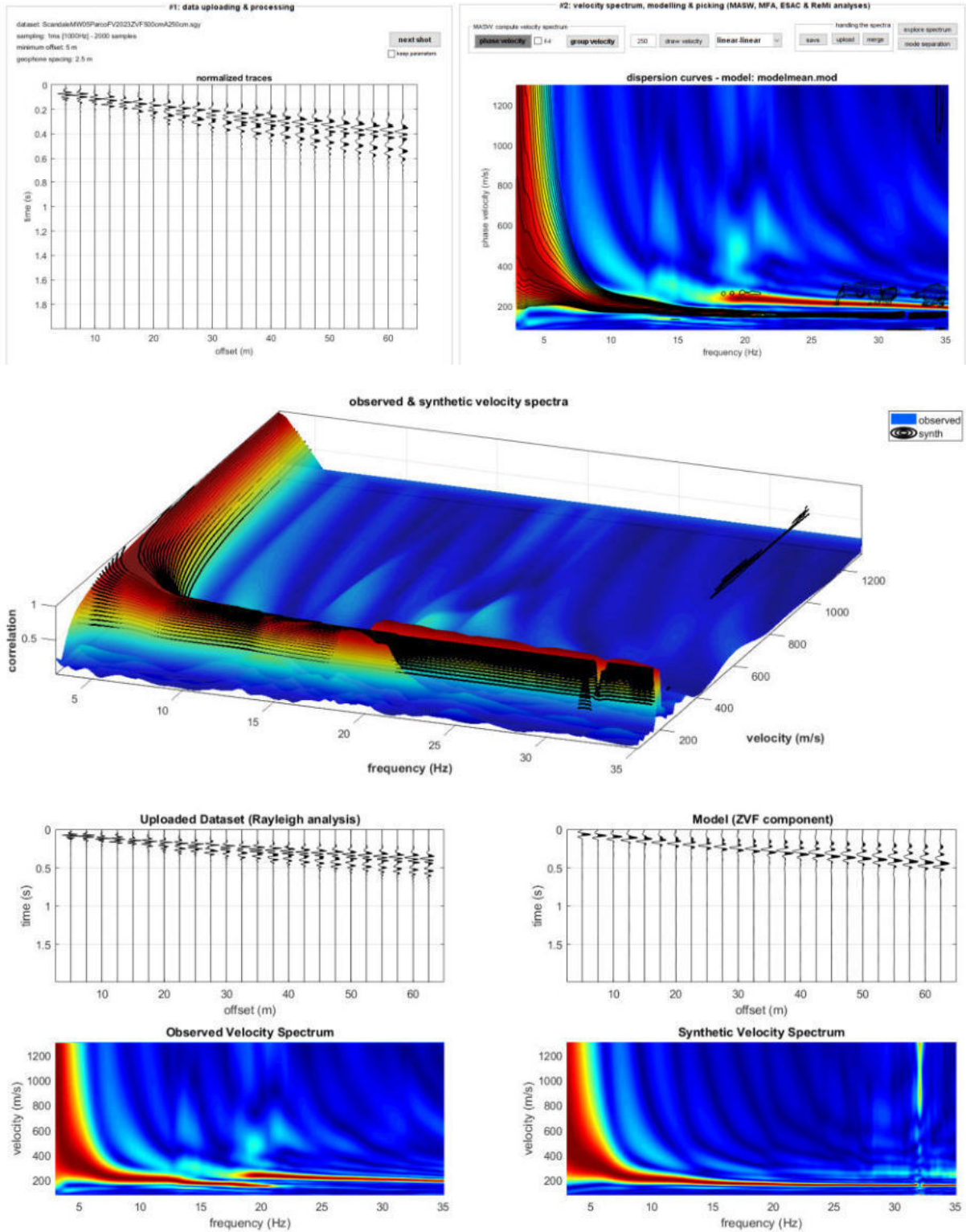
Time: 20 7

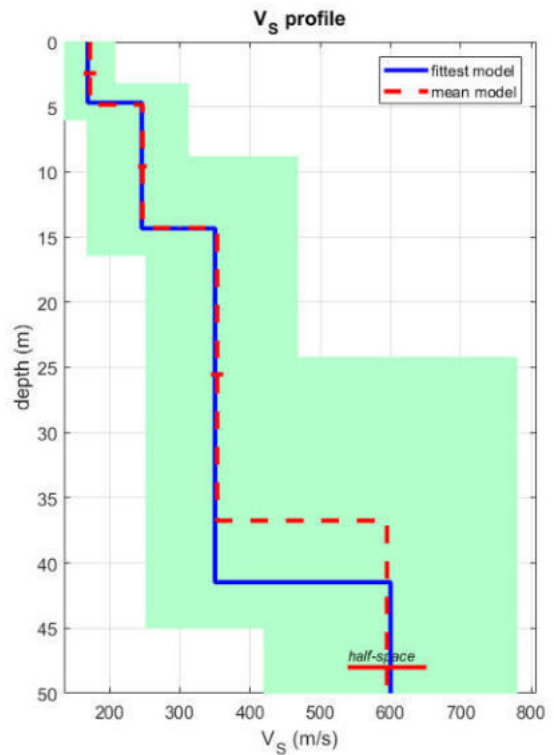
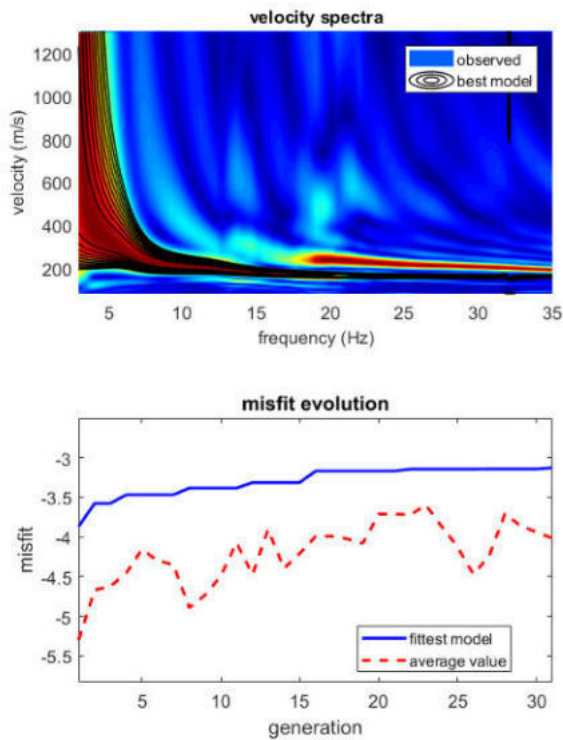
Considered velocity spectrum: ScandaleMW05ParcoFV2023ZVF500cmA250cmFVS.mat

Considered component: ZVF

Analyzing Phase velocities

Dataset: ScandaleMW05ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy





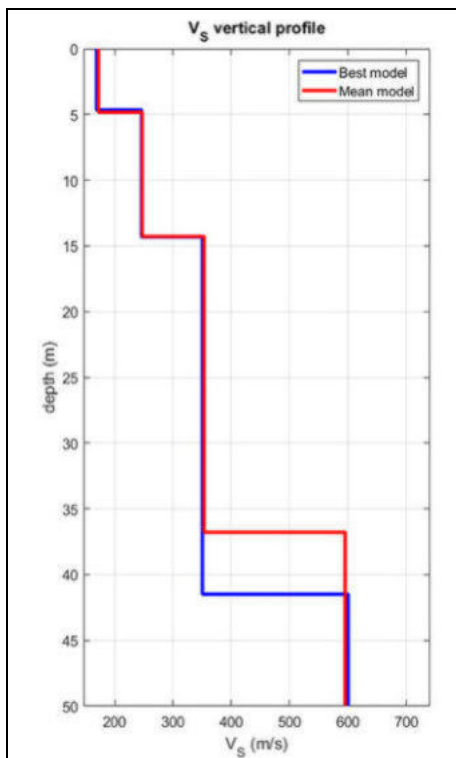
dataset: ScandaleMW05ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy

velocity spectrum: ScandaleMW05ParcoFV2023ZVF500cmA250cmFVS.mat

Vs30 & VsE (best model): 269 269 m/s

Vs30 & VsE (mean model): 271 271 m/s

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)



**Mean model**

Vs (m/s): 172, 247, 353, 595

Vs standard deviations (m/s): 9, 6, 9, 56

Thickness (m): 4.8, 9.4, 22.5

Vs30 and VsE (m/s): 271 271

**Best model**

Vs (m/s): 169, 246, 350, 600

Thickness (m): 4.7, 9.7, 27.2

Vs30 and VsE (m/s): 269 269

Depth equivalent (m): 1088

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson  
(please, see manual)

Vp (m/s): 317, 713, 1343, 1045

Poisson: 0.30 0.43 0.46 0.25



# INDAGINE SISMICA MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW06)

winMASW - Full Velocity Spectrum (FVS) Inversion

Date: 10 5 2023

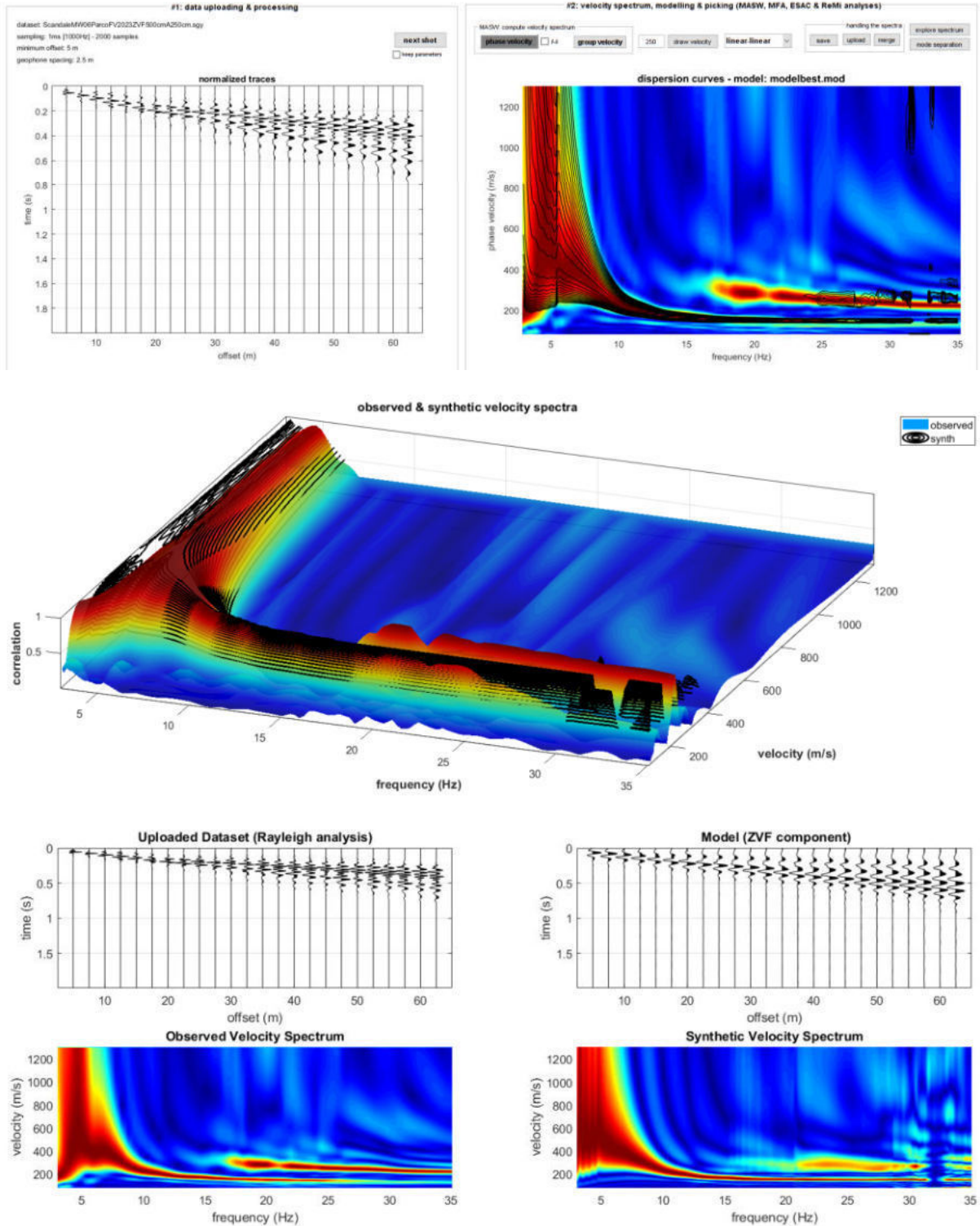
Time: 20 25

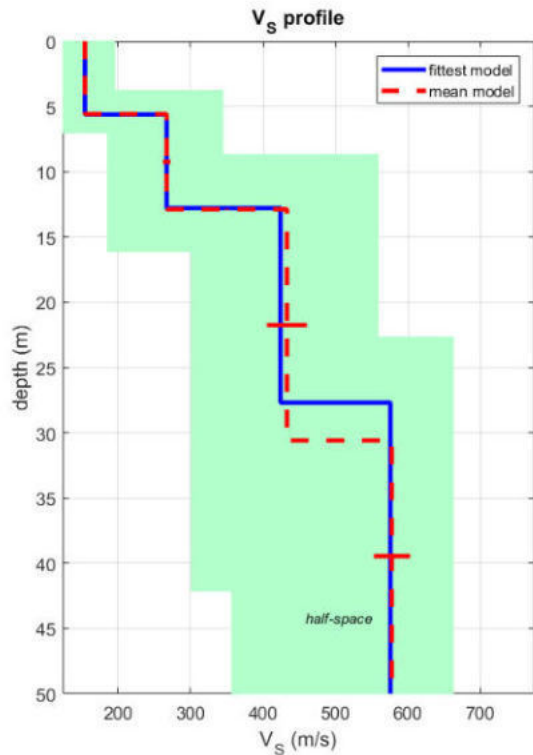
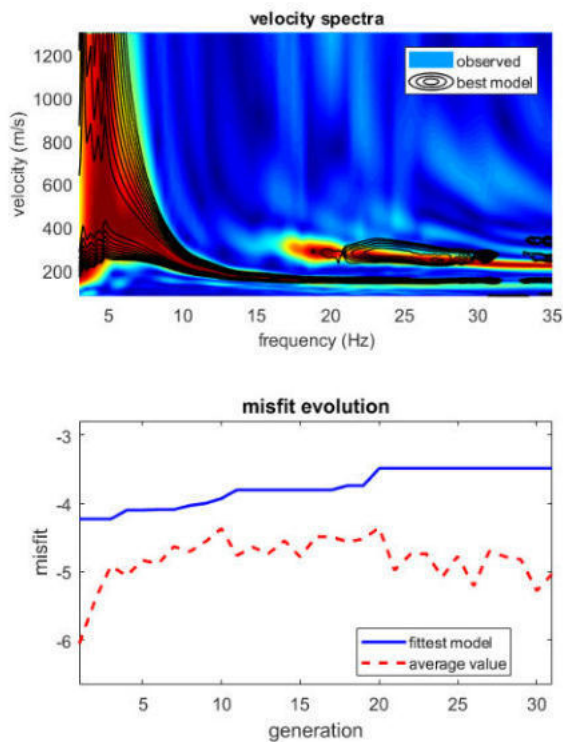
Considered velocity spectrum: ScandaleMW06ParcoFV2023ZVF500cmA250cmFVS.mat

Considered component: ZVF

Analyzing Phase velocities

Dataset: ScandaleMW06ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy





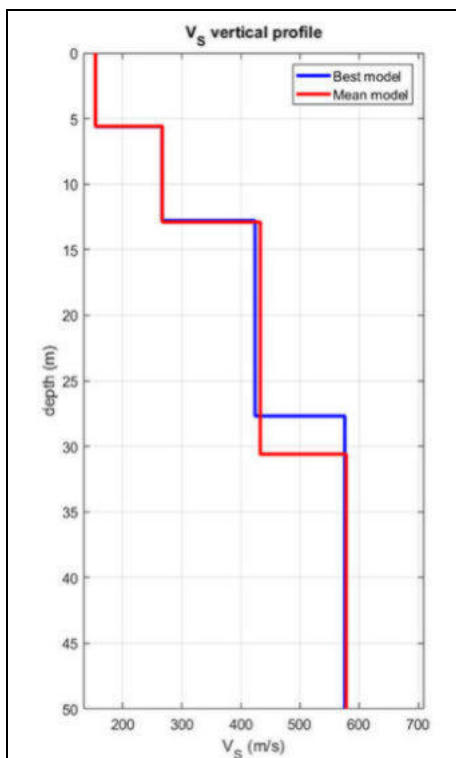
dataset: ScandaleMW06ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy

velocity spectrum: ScandaleMW06ParcoFV2023ZVF500cmA250cmFVS.mat

Vs30 & VsE (best model): 293 293 m/s

Vs30 & VsE (mean model): 291 291 m/s

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)



**Mean model**

Vs (m/s): 154, 267, 433, 578

Vs standard deviations (m/s): 2, 5, 27, 25

Thickness (m): 5.6, 7.3, 17.7

Vs30 and VsE (m/s): 291 291

**Best model**

Vs (m/s): 154, 267, 424, 576

Thickness (m): 5.6, 7.2, 14.9

Vs30 and VsE (m/s): 293 293

Depth equivalent (m): 823

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson  
(please, see manual)

Vp (m/s): 992, 967, 934, 1511

Poisson: 0.49 0.46 0.37 0.41

# INDAGINE SISMICA MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW07)

winMASW - Full Velocity Spectrum (FVS) Inversion

Date: 11 5 2023

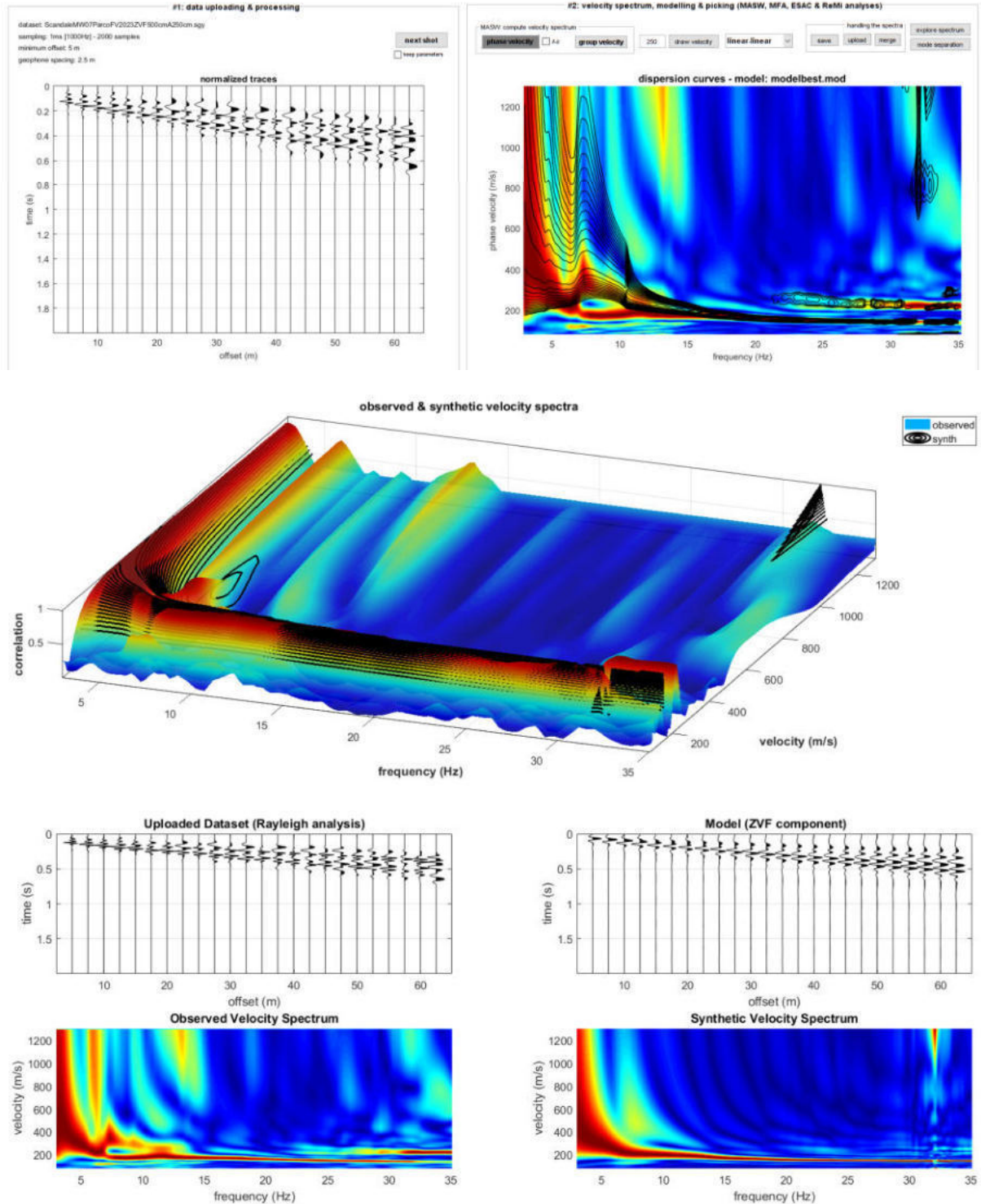
Time: 8 50

Considered velocity spectrum: ScandaleMW07ParcoFV2023ZVF500cmA250cmFVS.mat

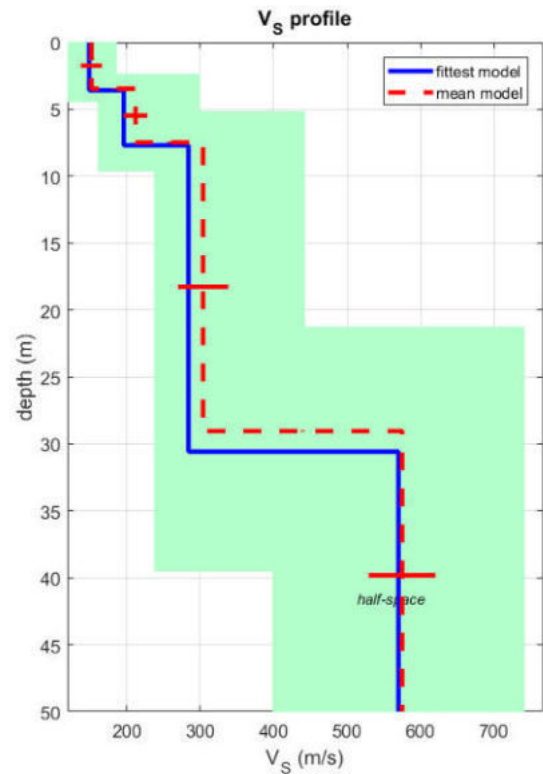
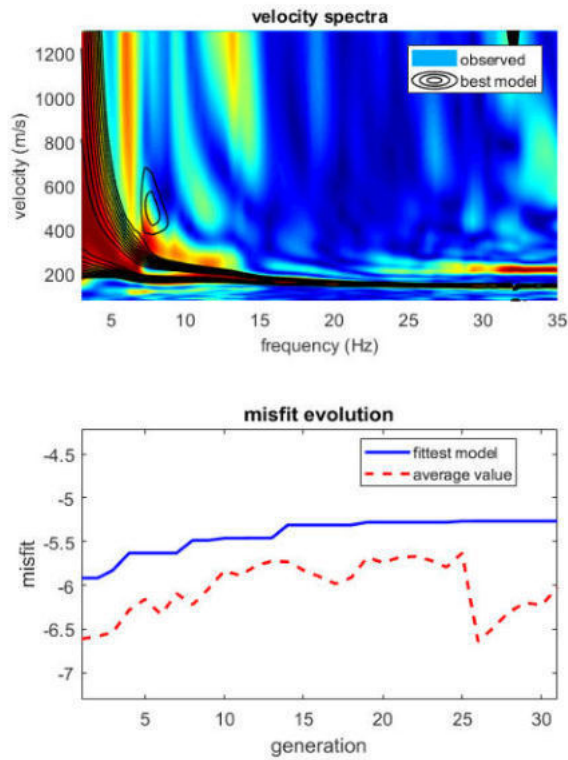
Considered component: ZVF

Analyzing Phase velocities

Dataset: ScandaleMW07ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy

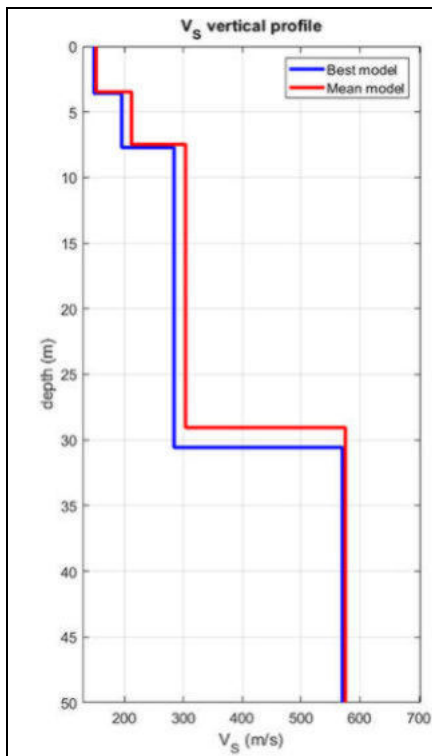






dataset: ScandaleMW07ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy  
 velocity spectrum: ScandaleMW07ParcoFV2023ZVF500cmA250cmFVS.mat  
 Vs30 & VsE (best model): 243 243 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 262 262 m/s

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)



Mean model  
 Vs (m/s): 152, 212, 304, 575  
 Vs standard deviations (m/s): 14, 16, 34, 45  
 Thickness (m): 3.5, 4.0, 21.6  
 Vs30 and VsE (m/s): 262 262

Best model  
 Vs (m/s): 149, 196, 284, 570  
 Thickness (m): 3.6, 4.1, 22.9  
 Vs30 and VsE (m/s): 243 243  
 Depth equivalent (m): 1244  
 Analysis: Rayleigh Waves  
 Approximate values for V<sub>p</sub> and Poisson  
 (please, see manual)  
 V<sub>p</sub> (m/s): 387, 502, 538, 987  
 Poisson: 0.41 0.41 0.31 0.25



# INDAGINE SISMICA MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW08)

winMASW - Full Velocity Spectrum (FVS) Inversion

Date: 11 5 2023

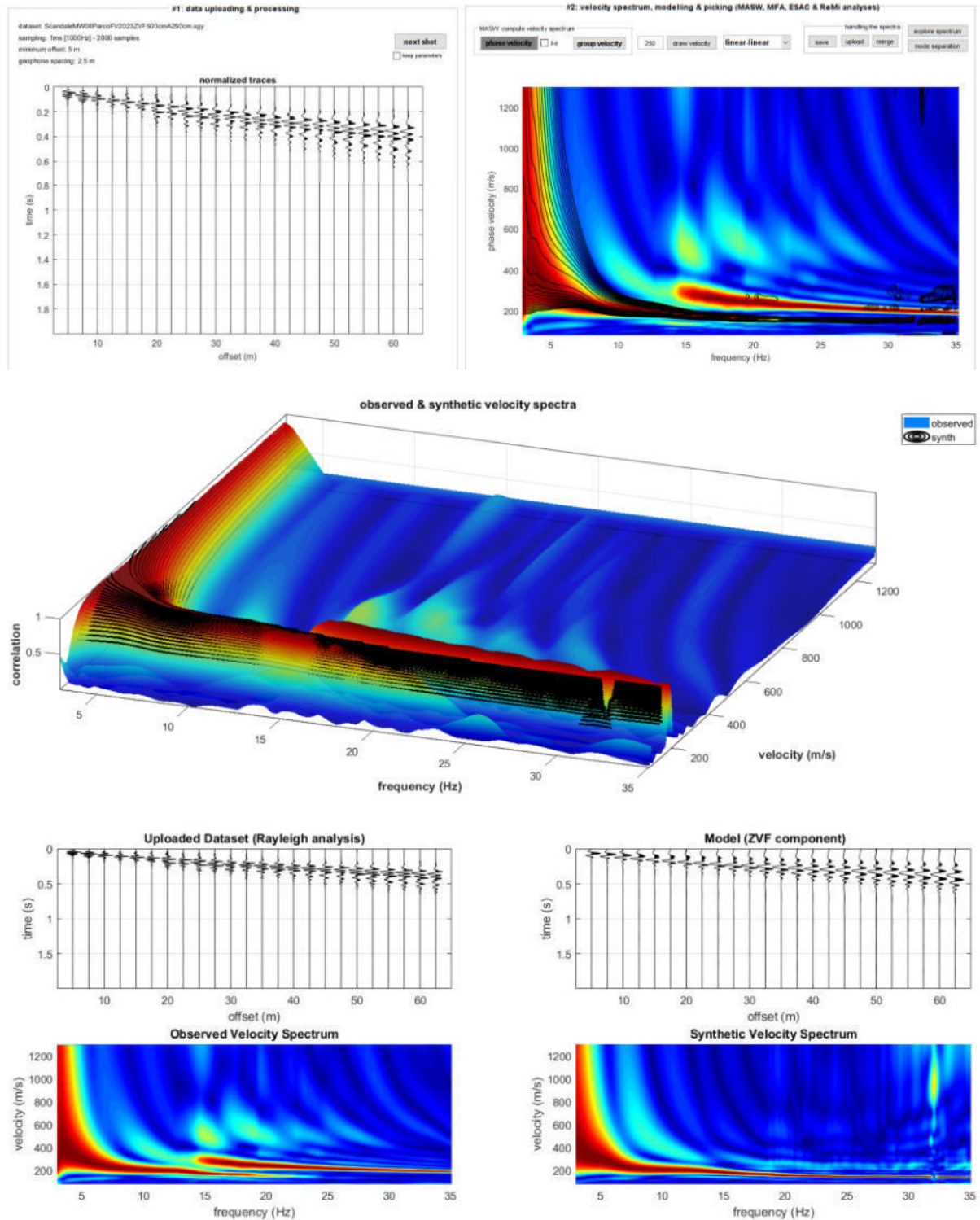
Time: 9 9

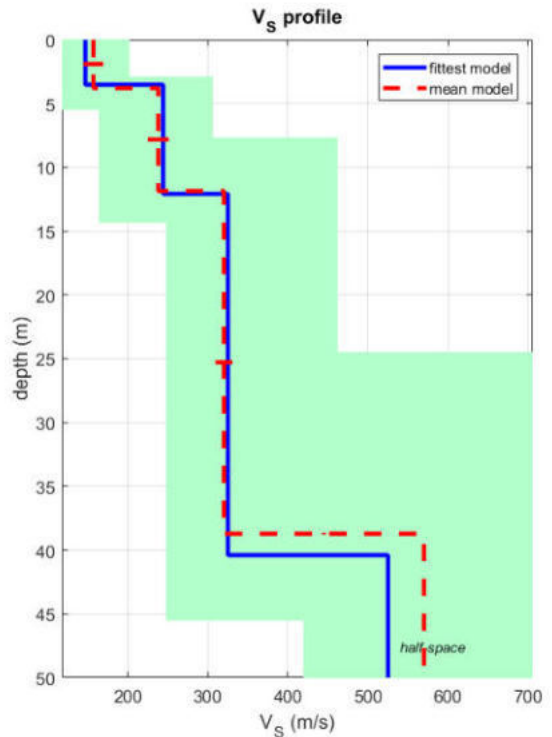
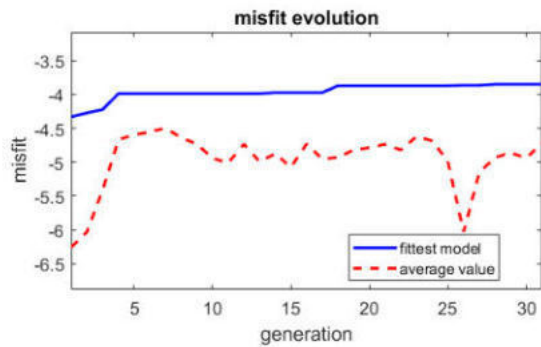
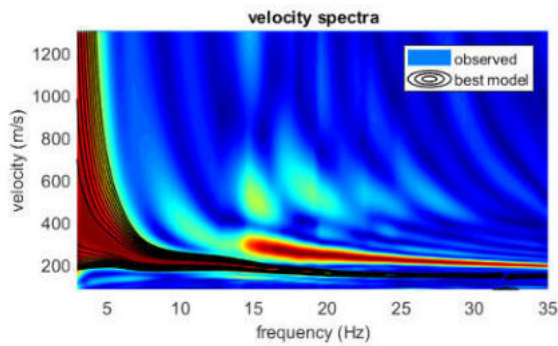
Considered velocity spectrum: ScandaleMW08ParcoFV2023ZVF500cmA250cmFVS.mat

Considered component: ZVF

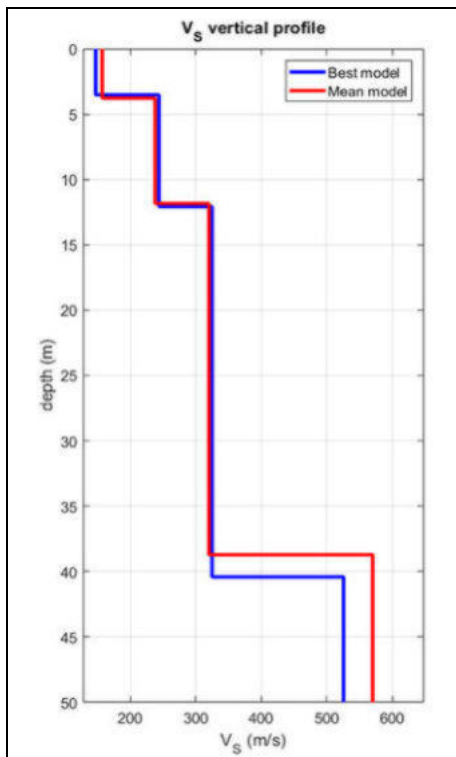
Analyzing Phase velocities

Dataset: ScandaleMW08ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy





dataset: ScandaleMW08ParcoFV2023ZVF500cmA250cm.sgy  
 velocity spectrum: ScandaleMW08ParcoFV2023ZVF500cmA250cmFVS.mat  
 Vs30 & VsE (best model): 263 263 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 262 262 m/s



#### Mean model

Vs (m/s): 157, 238, 320, 570

Vs standard deviations (m/s): 12, 13, 11, 62

Thickness (m): 3.8, 8.1, 26.9

Vs30 and VsE (m/s): 262 262

#### Best model

Vs (m/s): 147, 244, 325, 525

Thickness (m): 3.5, 8.6, 28.3

Vs30 and VsE (m/s): 263 263

Depth equivalent (m): 1252

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson  
 (please, see manual)

Vp (m/s): 293, 475, 1169, 1577

Poisson: 0.33 0.32 0.46 0.44

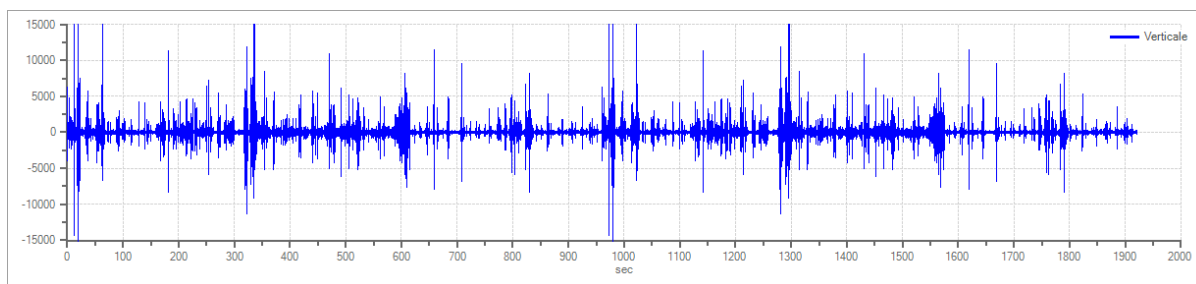
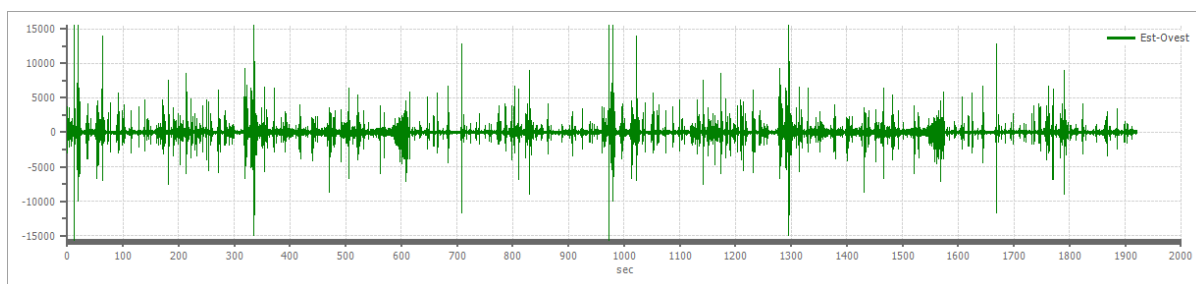
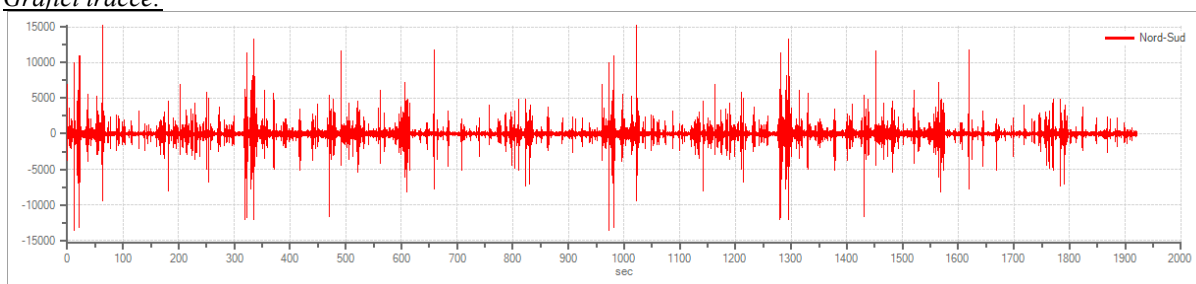
## INDAGINE SISMICA HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (HVSR02)

### Tracce in Input

#### Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 1920 s  
Frequenza di campionamento: 300.00 Hz  
Numero campioni: 576000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

#### Grafici tracce:



### Finestre selezionate

#### Dati riepilogativi:

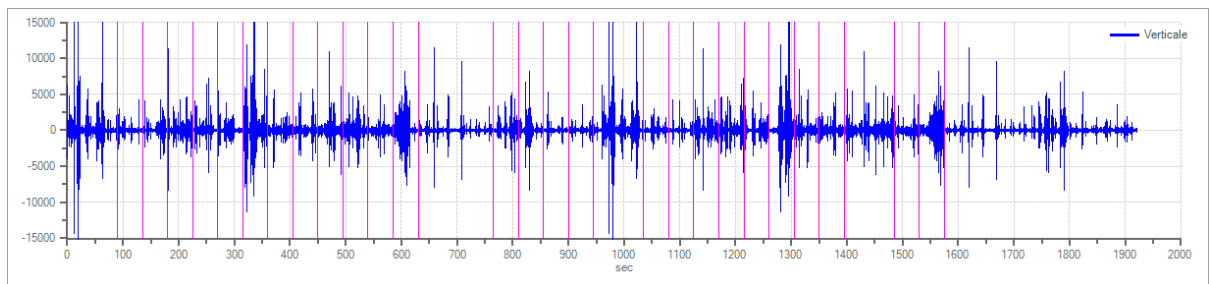
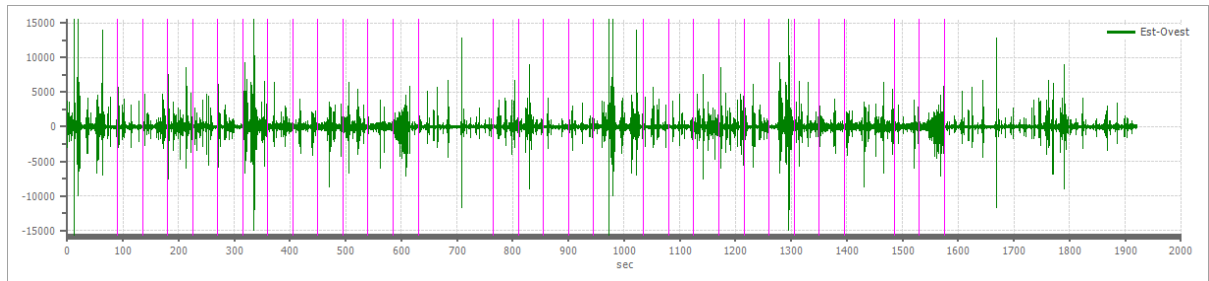
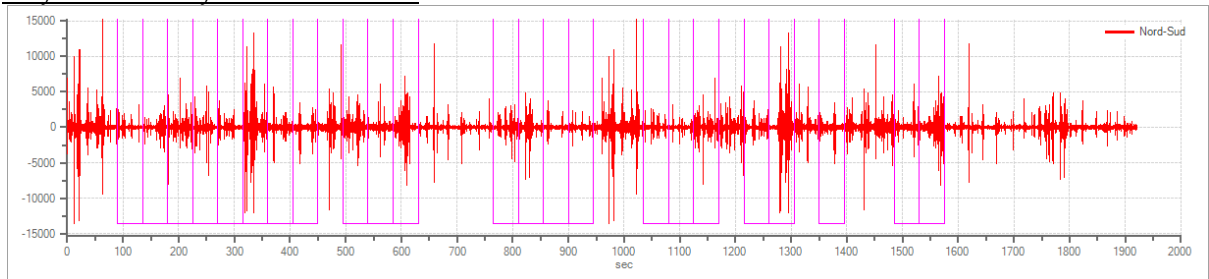
Numero totale finestre selezionate: 23  
Numero finestre incluse nel calcolo: 19  
Dimensione temporale finestre: 45.000 s  
Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi  
Percentuale di lisciamiento: 15.00 %  
Coefficiente di banda: 30.00

#### Tabella finestre:

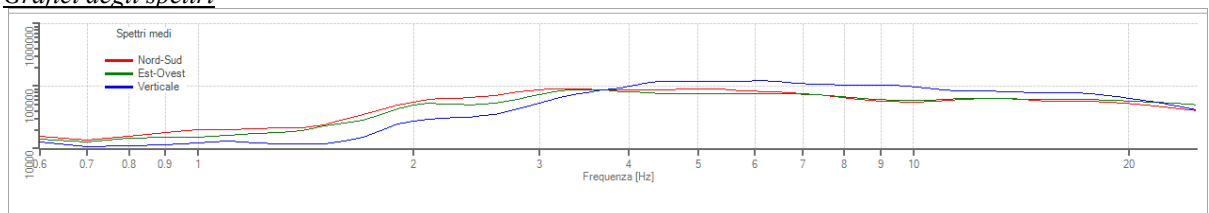
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	90	135	Inclusa
2	135	180	Inclusa
3	180	225	Inclusa
4	225	270	Inclusa

5	270	315	Inclusa
6	315	360	Esclusa
7	360	405	Inclusa
8	405	450	Inclusa
9	495	540	Esclusa
10	540	585	Inclusa
11	585	630	Inclusa
12	765	810	Inclusa
13	810	855	Inclusa
14	855	900	Inclusa
15	900	945	Inclusa
16	1035	1080	Inclusa
17	1080	1125	Inclusa
18	1125	1170	Inclusa
19	1215	1260	Inclusa
20	1260	1305	Esclusa
21	1350	1395	Inclusa
22	1485	1530	Inclusa
23	1530	1575	Esclusa

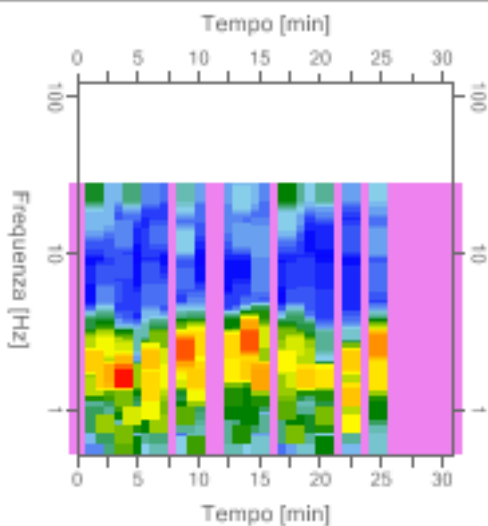
Grafici tracce con finestre selezionate:



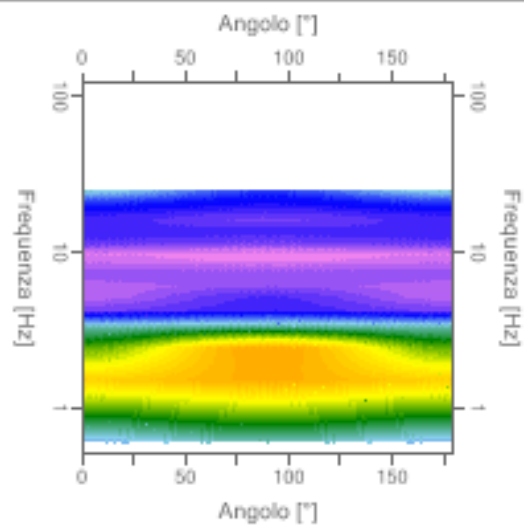
Grafici degli spettri







Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

**Rapporto spettrale H/V**

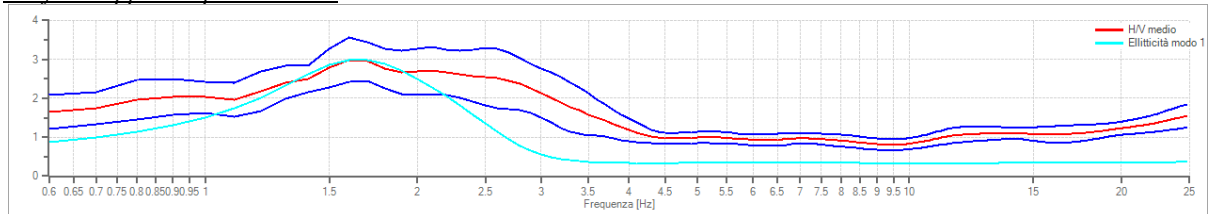
Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	25.00 Hz
Frequenza minima:	0.60 Hz
Passo frequenze:	0.10 Hz
Tipo lisciamento::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento:	15.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 1.60 Hz ±0.19 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

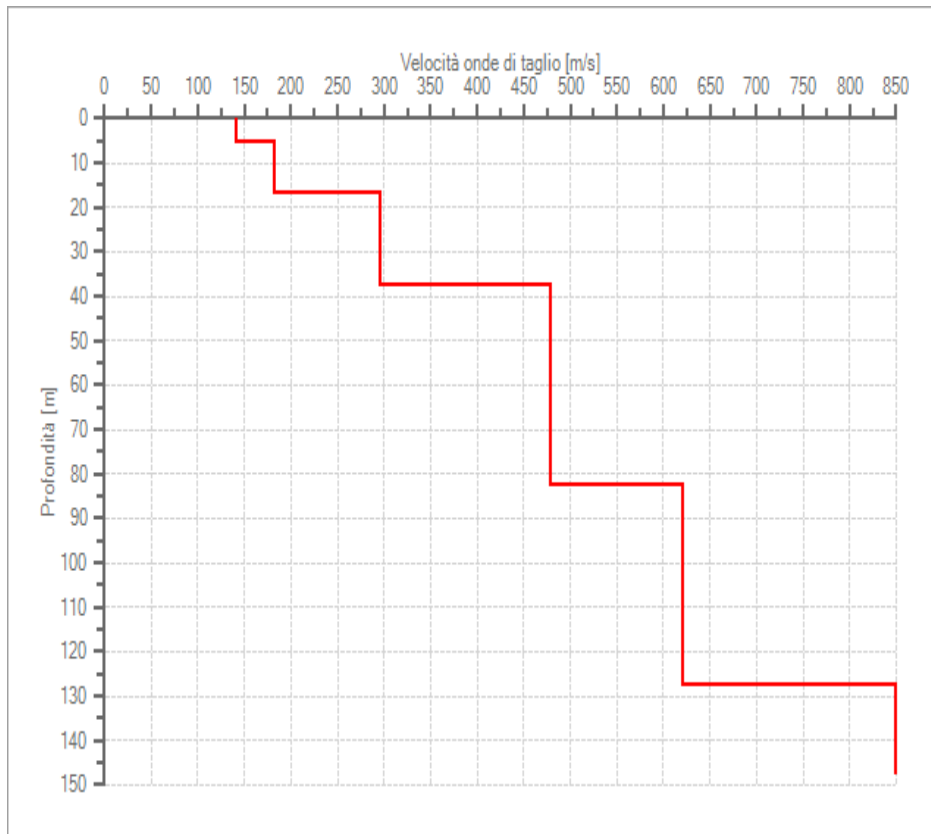
### Modello stratigrafico

#### Dati riepilogativi:

Numero strati: 6  
Frequenza del picco dell'ellitticità: 1.60 Hz  
Valore di disadattamento: -1.00  
Valore Vseq: 207.20 m/s

#### Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	5.2	19	0.41	141
2	5.2	11.4	19.5	0.4	182
3	16.6	21	19.8	0.37	296
4	37.6	45	20	0.33	478
5	82.6	45	21	0.32	620
6	127.6	20	22	0.3	850
1	0	5.2	19	0.41	141



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

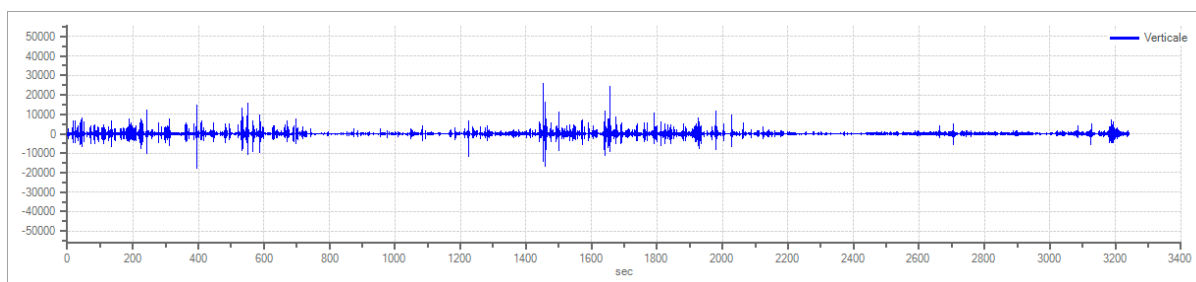
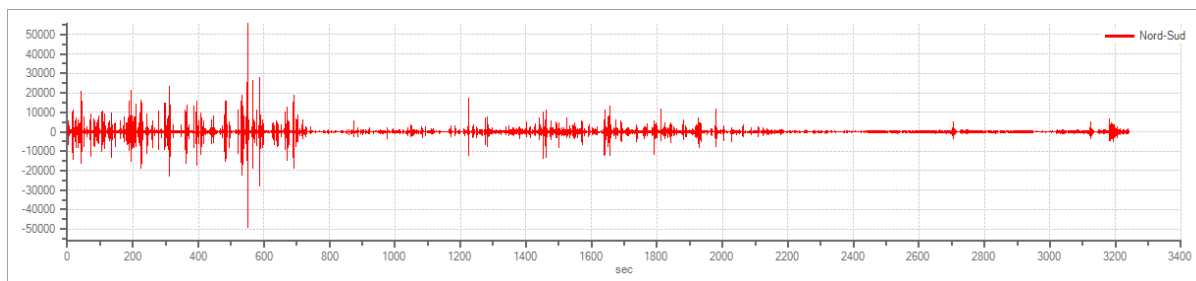
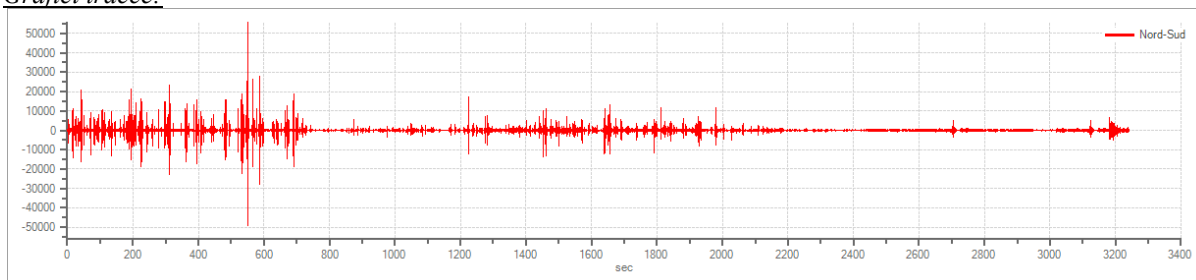
## INDAGINE SISMICA HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (HVSRO8)

### Tracce in Input

#### Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3  
Durata registrazione: 3240 s  
Frequenza di campionamento: 300.00 Hz  
Numero campioni: 972000  
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

#### Grafici tracce:



### Finestre selezionate

#### Dati riepilogativi:

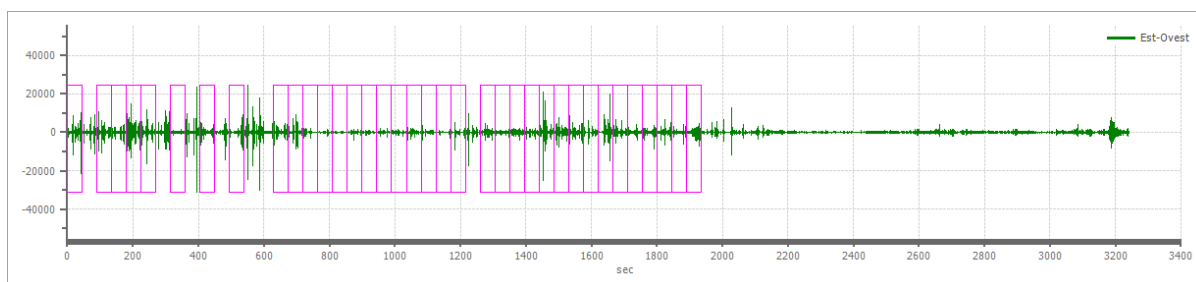
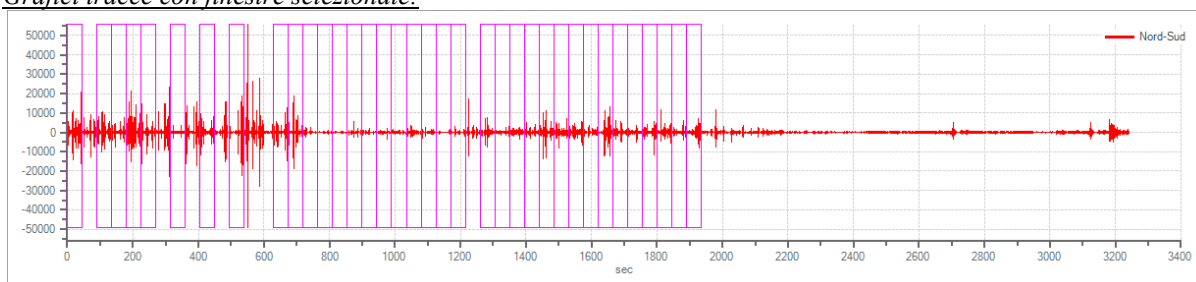
Numero totale finestre selezionate: 36  
Numero finestre incluse nel calcolo: 31  
Dimensione temporale finestre: 45.000 s  
Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi  
Percentuale di lisciamiento: 15.00 %  
Coefficiente di banda: 30.00

#### Tabella finestre:

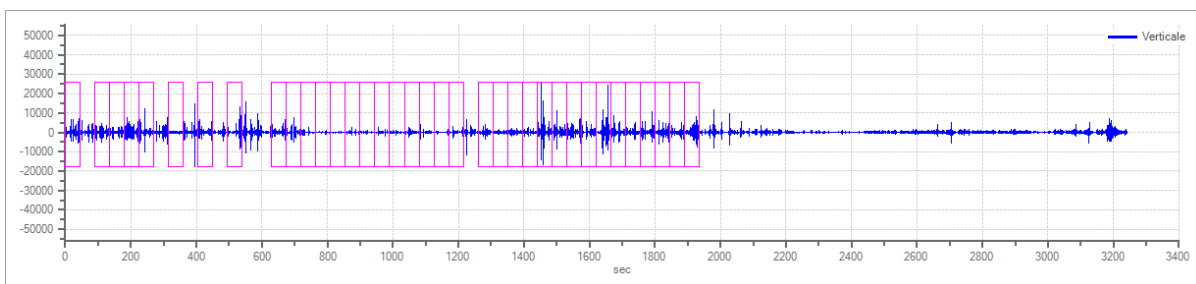
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	45	Inclusa
2	90	135	Inclusa
3	135	180	Inclusa
4	180	225	Inclusa
5	225	270	Inclusa
6	315	360	Inclusa
7	405	450	Inclusa
8	495	540	Inclusa

9	630	675	Inclusa
10	675	720	Inclusa
11	720	765	Inclusa
12	765	810	Inclusa
13	810	855	Inclusa
14	855	900	Inclusa
15	900	945	Inclusa
16	945	990	Esclusa
17	990	1035	Inclusa
18	1035	1080	Inclusa
19	1080	1125	Inclusa
20	1125	1170	Inclusa
21	1170	1215	Esclusa
22	1260	1305	Inclusa
23	1305	1350	Inclusa
24	1350	1395	Inclusa
25	1395	1440	Esclusa
26	1440	1485	Inclusa
27	1485	1530	Esclusa
28	1530	1575	Inclusa
29	1575	1620	Inclusa
30	1620	1665	Inclusa
31	1665	1710	Esclusa
32	1710	1755	Inclusa
33	1755	1800	Inclusa
34	1800	1845	Inclusa
35	1845	1890	Inclusa
36	1890	1935	Inclusa
1	0	45	Inclusa
2	90	135	Inclusa
3	135	180	Inclusa
4	180	225	Inclusa
5	225	270	Inclusa
6	315	360	Inclusa
7	405	450	Inclusa
8	495	540	Inclusa
9	630	675	Inclusa
10	675	720	Inclusa

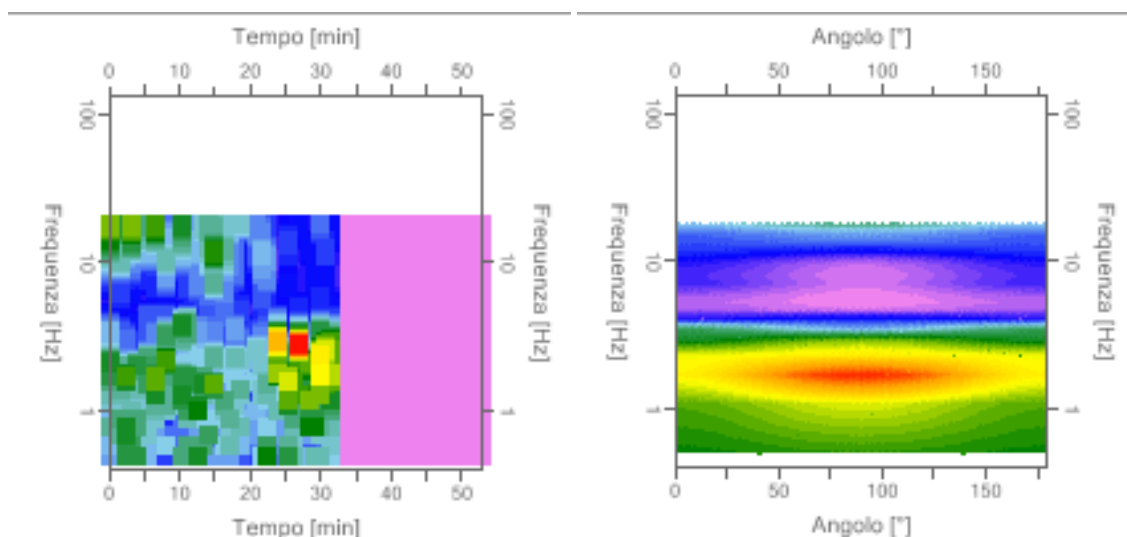
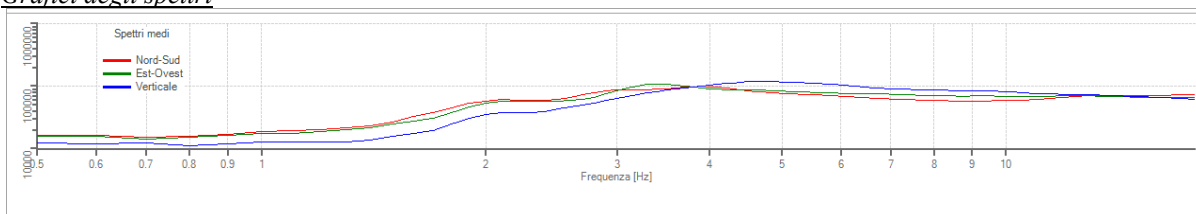
*Grafici tracce con finestre selezionate:*







**Grafici degli spettri**



Mappa della stazionarietà degli spettri

Mappa della direzionalità degli spettri

**Rapporto spettrale H/V**

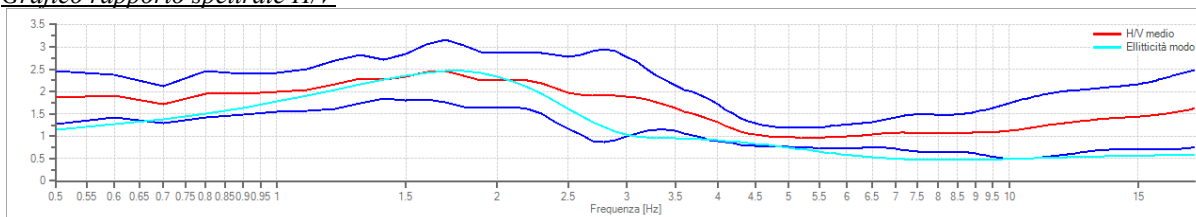
Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	18.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenze:	0.10 Hz
Tipo lisciamento::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento:	15.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 1.70 Hz ±0.29 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Non superato
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

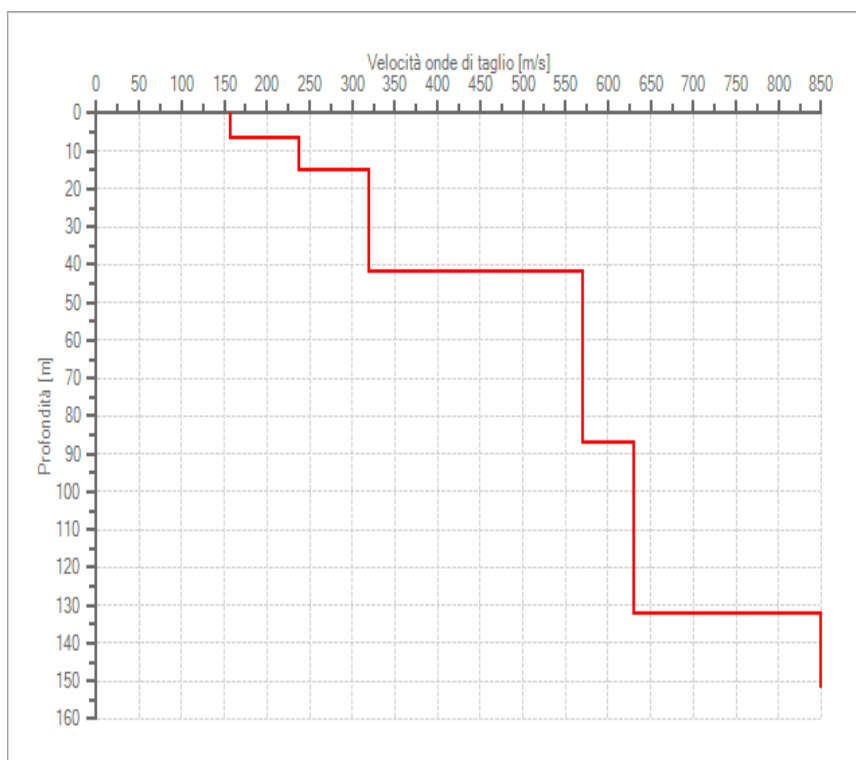
**Modello stratigrafico**

Dati riepilogativi:

Numero strati:	6
Frequenza del picco dell'ellitticità:	1.70 Hz
Valore di disadattamento:	-1.00
Valore Vseq:	261.08 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	3.8	19	0.41	157
2	3.8	8.2	19.5	0.39	238
3	12	27	19.8	0.37	320
4	39	40	20.5	0.34	570
5	79	45	21	0.32	630
6	124	20	22	0.3	850



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

**I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche**

di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –  
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE  
QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015**

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni  
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti  
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**Indagine:      Impianto Fotovoltaico per la Produzione di  
Energia Elettrica e Relative Opere Connesse  
da Realizzarsi su terreno, sito nel Comune di  
Scandale (KR) - prove di laboratorio**

**Committente: Dott. Geol. Stamile Angelo Alberto**

**ORIGINALE**



<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it	<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE          QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015</b>
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>	<b><u>APERTURA CAMPIONE</u></b>

<i>Data arrivo campione:</i> 23/03/2023	<i>Data Apertura:</i> 23/03/2023	<i>Pagine Certificato:</i> 1 di 9
---	----------------------------------	-----------------------------------

<i>Verbale Accettazione:</i> 160	<i>Certificato numero:</i> 9091	<i>Data Certificato:</i> 29/03/2023
----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------

**INDAGINE:** Impianto Fotovoltaico per la Produzione di Energia Elettrica e Relative Opere Connesse da Realizzarsi su terreno, sito nel Comune di Scandale (KR) - prove di laboratorio

**COMMITTENTE:** Dott. Geol. Stamile Angelo Alberto

**SONDAGGIO** 1 **Campione:** 1 **PROFONDITA':** m 1,00 - 1,50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI EN ISO 14688-1 : Gennaio 2003 - UNI EN ISO 14688-2 : Novembre 2004**

Caratteristiche del campione		Contenitore		Stato del campione	
<i>Diametro (mm):</i>	84	■	<i>Fustella</i>	□	<i>Disturbato o Rimaneggiato</i>
<i>Lunghezza dichiarata (mm):</i>	500	□	<i>PVC</i>	□	<i>Disturbo limitato</i>
<i>Lunghezza effettiva (mm):</i>	500	□	<i>Busta</i>	■	<i>Indisturbato</i>

**Caratteristiche determinabili**

<i>Classe di qualità dichiarata : (Q1-Q5)</i>	<i>Q4</i>	<b>Qualità del campione effettiva :</b>				
		Disturbato o Rimaneggiato			Disturbo limitato	Indisturbato
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Profilo stratigrafico						
Composizione granulometrica						■
Contenuto d'acqua naturale						■
Peso dell'unità di volume						■
Caratteristiche meccaniche						■

**Prove non eseguibili**

*Parte Bassa*      *Prelievo dei Provini – Prova Vane Test – Penetrometro Pocket*      *Parte Alta*

		<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>	<i>Pr</i>			
4,5	9,0	13,5	18,0	22,5	27,0	31,5	36,0	40,5	45,0	49,5	
cm											cm

**Descrizione visiva del campione**

Argilla con Limo moderatamente consistente di colore grigio scuro - marrone.

**Note**

**Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza**

ORIGINALE

**Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia**

*Massimiliano Valenza*



*Domenico Celia*

<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE          QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b>MISURA DEL CONTENUTO D'ACQUA</b>	
Data arrivo campione:	23/03/2023	Data esecuzione prova:	23/03/2023
Verbale Accettazione:	160	Certificato numero:	9091
		Pagine Certificato:	2 di 9
		Data Certificato:	29/03/2023
<b>INDAGINE:</b> Impianto Fotovoltaico per la Produzione di Energia Elettrica e Relative Opere Connesse da Realizzarsi su terreno, sito nel Comune di Scandale (KR) - prove di laboratorio			
<b>COMMITTENTE:</b> Dott. Geol. Stamile Angelo Alberto			
SONDAGGIO	1	Campione:	1
		PROFONDITA':	m 1,00 - 1,50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 1 : Febbraio 2005**

**DATI SPERIMENTALI**

Tara numero	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	1		2	
Massa Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	7,90	g	46,90	g
Massa Terreno Umido + Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	403,10	g	398,00	g
Massa Terreno Secco + Tara	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	326,10	g	329,90	g
Contenuto d'acqua w	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	24,20	%	24,06	%
Media delle misurazioni w	<b>24,13</b>		%	

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

*Massimiliano Valenza*

**ORIGINALE**



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

*Domenico Celia*



<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE          QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b><u>MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI          VOLUME</u></b>	
<i>Data arrivo campione:</i>	23/03/2023	<i>Data esecuzione prova:</i>	23/03/2023
		<i>Pagine Certificato :</i>	3 di 9
<i>Verbale Accettazione:</i>	160	<i>Certificato numero :</i>	9091
		<i>Data Certificato :</i>	29/03/2023
<i>INDAGINE :</i>	Impianto Fotovoltaico per la Produzione di Energia Elettrica e Relative Opere Connesse da Realizzarsi su terreno, sito nel Comune di Scandale (KR) - prove di laboratorio		
<i>COMMITTENTE :</i>	Dott. Geol. Stamile Angelo Alberto		
<i>SONDAGGIO</i>	1	<i>Campione :</i>	1
		<i>PROFONDITA' : m</i>	1,00 - 1,50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 2 : Febbraio 2005**

<i>METODO UTILIZZATO</i>	Metodo con misurazioni lineari
--------------------------	--------------------------------

**DATI SPERIMENTALI**

Massa del campione utilizzato	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	143,7	g	144,2	g
Volume del campione	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	72	cm <sup>3</sup>	72	cm <sup>3</sup>
Peso dell'Unità di Volume	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	19,572	(kN/m <sup>3</sup> )	19,641	(kN/m <sup>3</sup> )
Media delle misurazioni $\gamma$	19,606		(kN/m <sup>3</sup> )	

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

*Massimiliano Valenza*

**ORIGINALE**



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

*Domenico Celia*

<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE</b> <b>QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b>MISURA DEL PESO SPECIFICO DEI</b> <b>GRANI</b>	
Data arrivo campione:	23/03/2023	Data esecuzione prova:	27/03/2023
Verbale Accettazione:	160	Certificato numero:	9091
		Pagine Certificato:	4 di 9
		Data Certificato:	29/03/2023
<b>INDAGINE:</b> Impianto Fotovoltaico per la Produzione di Energia Elettrica e Relative Opere Connesse da Realizzarsi su terreno, sito nel Comune di Scandale (KR) - prove di laboratorio			
<b>COMMITTENTE:</b> Dott. Geol. Stamile Angelo Alberto			
SONDAGGIO	1	Campione:	1
		PROFONDITA':	m 1,00 - 1,50

**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 3 : Febbraio 2005**

DATI SPERIMENTALI

Temperatura	21	°C	Densità acqua $\gamma_w$	9,78723	kN/m <sup>3</sup>
-------------	----	----	--------------------------	---------	-------------------

Massa Picnometro	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	30,740	g	30,946	g
Massa Campione	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	10	g	10	g
Massa Campione + Massa Picnometro	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	40,740	g	40,946	g
Massa Picnometro + acqua	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	82,980	g	83,327	g
Massa Campione + Massa Picnometro + acqua	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	89,353	g	89,698	g
Peso specifico $\gamma_s$	1 <sup>a</sup> misurazione		2 <sup>a</sup> misurazione	
	26,984	(kN/m <sup>3</sup> )	26,970	(kN/m <sup>3</sup> )
Media delle misurazioni $\gamma_s$	<b>26,977</b>		<b>(kN/m<sup>3</sup>)</b>	

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

*Massimiliano Valenza*

ORIGINALE



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

*Domenico Celia*

<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it	<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE          QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015</b>
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>	<b><u>ANALISI GRANULOMETRICA</u></b> <b><u>per sedimentazione</u></b>

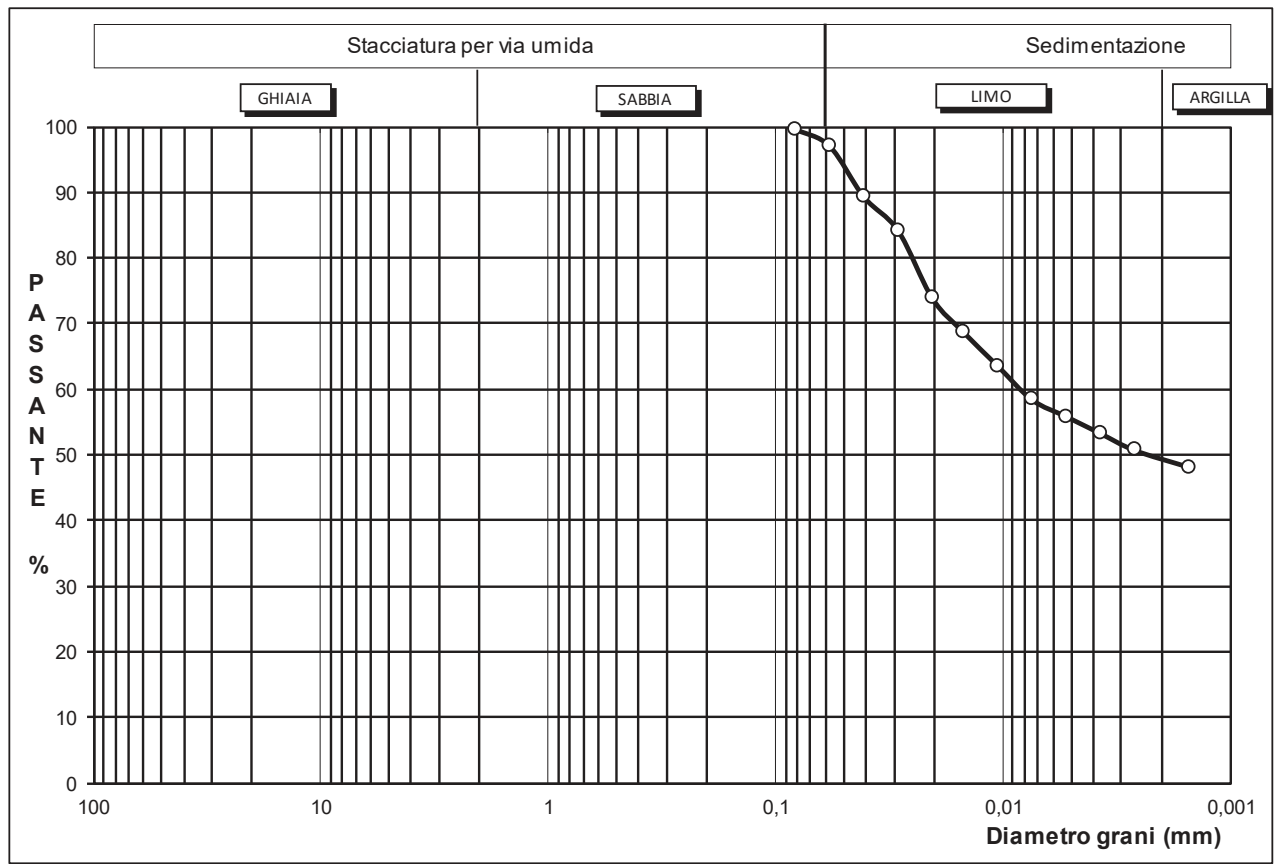
Data arrivo campione: 23/03/2023	Data esecuzione prova: 27/03/2023	Pagine Certificato: 5 di 9
----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------

Verbale Accettazione: 160	Certificato numero: 9091	Data Certificato: 29/03/2023
---------------------------	--------------------------	------------------------------

**INDAGINE:** Impianto Fotovoltaico per la Produzione di Energia Elettrica e Relative Opere Connesse da Realizzarsi su terreno, sito nel Comune di Scandale (KR) - prove di laboratorio

**COMMITTENTE:** Dott. Geol. Stamile Angelo Alberto

**SONDAGGIO** 1 **Campione:** 1 **PROFONDITA':** m 1,00 - 1,50



**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 4 : Febbraio 2005**

Classificazione UNI CEN ISO/TS 14688 - 1 :	<b>Argilla con Limo</b>		<b>SiCI</b>			
Percentuali classi granulometriche:	<b>Sabbia</b>	<b>3,0%</b>	<b>Limo</b>	<b>47,5%</b>	<b>Argilla</b>	<b>49,5%</b>

Tempo Δt (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Tempo Δt (min)	Densità miscela	Diametro grani (mm)	Percentuale %	Massa del campione utilizzata: 32 g	Qualità del campione	DATI SEDIMENTAZIONE
0,5	1,018	0,08108	100	60	1,01	0,007446	58,5			
1	1,0175	0,057354	97,1	120	1,0095	0,005267	55,9			
2	1,016	0,040601	89,4	240	1,009	0,003726	53,3		Q1	
4	1,015	0,028731	84,2	480	1,0085	0,002636	50,7		Q2	
8	1,013	0,020347	73,9	1440	1,008	0,001522	48,2		Q3	
15	1,012	0,01487	68,8						Q4	
30	1,011	0,010523	63,6						Q5	

**Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza**

*Massimiliano Valenza*

ORIGINALE



**Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia**

*Domenico Celia*

**I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche**

di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –  
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE  
QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015**

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni  
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti  
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**LIMITI DI ATTERBERG  
(LIQUIDO E PLASTICO congiuntamente)**

Data arrivo campione: 23/03/2023

Data esecuzione prova: 27/03/2023

Pagine Certificato : 6 di 9

Verbale Accettazione: 160

Certificato numero : 9091

Data Certificato : 29/03/2023

**INDAGINE :** Impianto Fotovoltaico per la Produzione di Energia Elettrica e Relative Opere Connesse da Realizzarsi su terreno, sito nel Comune di Scandale (KR) - prove di laboratorio

**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Stamile Angelo Alberto

**SONDAGGIO**

1

Campione :

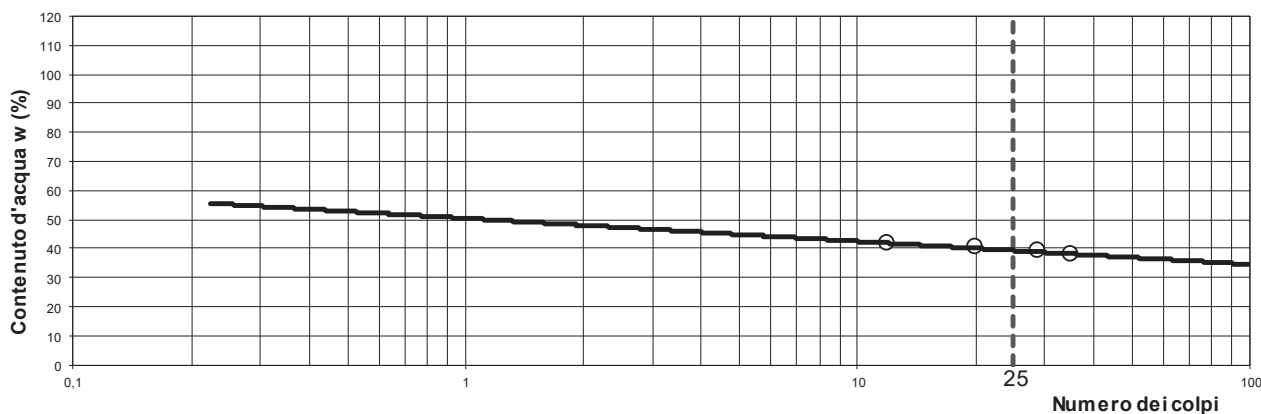
1

**PROFONDITA' :** m 1,00 - 1,50

**Norma di riferimento : CNR - UNI 10014: 1964**

**DATI SPERIMENTALI**

**LIMITE LIQUIDO WL**



**LIMITE DI LIQUIDITA' WL**

Numero contenitore	1	2	3	4
Massa contenitore (g)	10,95	12,55	20,61	21,50
Massa Terreno Umido (g)	22,11	25,83	34,27	35,53
Massa Terreno Secco (g)	18,83	22,00	30,45	31,67
Numero colpi	12	20	29	35

**LIMITE DI PLASTICITA' WP**

Numero contenitore	1	2
Massa contenitore (g)	13,35	3,38
Massa T. Umido (g)	15,51	5,97
Massa T. Secco (g)	15,11	5,49

**LIMITE DI RITIRO WR**

Limite di ritiro	-	-
Rapporto di ritiro	-	-
Ritiro volumetrico	-	-
Ritiro lineare	-	-

**WL (%) = 39,33**

**WP (%) = 22,74**

**IP (%) = 16,59**

**A = 0,34**

**Ic = 0,92**

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

**ORIGINALE**

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

*Massimiliano Valenza*



*Domenico Celia*

<b>I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche</b> di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 – E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it		<b>AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE          QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015</b>	
<b>Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni</b> <b>Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti</b> <b>Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)</b>		<b><u>PROVA DI TAGLIO DIRETTO</u></b> <b>(Pagina 1 di 3)</b>	
<i>Data arrivo campione:</i>	23/03/2023	<i>Data esecuzione prova:</i>	23/03/2023
		<i>Pagine Certificato :</i>	7 di 9
<i>Verbale Accettazione:</i>	160	<i>Certificato numero :</i>	9091
		<i>Data Certificato :</i>	29/03/2023
<b>INDAGINE :</b>	Impianto Fotovoltaico per la Produzione di Energia Elettrica e Relative Opere Connesse da Realizzarsi su terreno, sito nel Comune di Scandale (KR) - prove di laboratorio		
<b>COMMITTENTE :</b>	Dott. Geol. Stamile Angelo Alberto		
<b>SONDAGGIO</b>	1	<b>Campione :</b>	1
		<b>PROFONDITA' :</b>	m 1,00 - 1,50

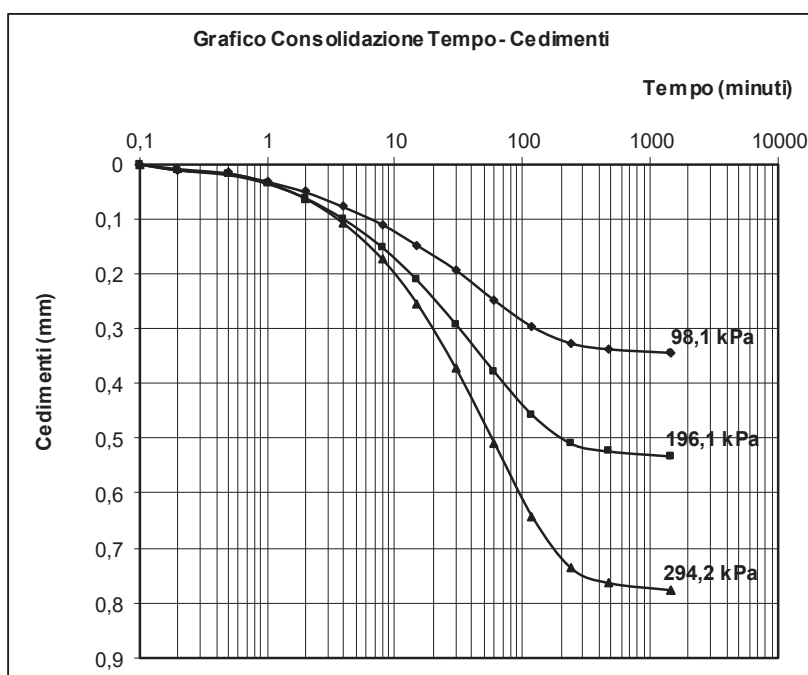
**NORMA DI RIFERIMENTO : UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005**

<b>METODO UTILIZZATO</b>	PROVA ESEGUITA CON SCATOLA DI CASAGRANDE 6 cm X 6 cm X 2 cm
--------------------------	---

CONDIZIONI INIZIALI DEI PROVINI				CONDIZIONI FINALI DEI PROVINI			
Provino n°	1	2	3	Provino n°	1	2	3
Condizioni del provino	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato	Massa provini Finale (g)	143,6	143,5	143,8
Massa provini Iniziale (g)	143,70	143,40	143,90	Massa secca provini (g)	115,5	115,4	115,9
Peso di Volume (kN/m <sup>3</sup> )	19,57	19,53	19,60	Cont. d'acqua Fin.(%)	24,33	24,35	24,07
Cont. d'acqua Iniz.(%)	24,42	24,26	24,16				
Carico applicato (kPa)	98,07	196,13	294,20				
t <sub>100</sub> (min)	480	480	480	Vel. di scorr. mm/min	0,003		

**DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI CONSOLIDAZIONE**

Tempo minuti	Cedimenti in fase di Consolidazione (mm)		
	Provino 1	Provino 2	Provino 3
0,2	0,011	0,011	0,008
0,5	0,017	0,019	0,017
1	0,032	0,035	0,033
2	0,051	0,062	0,063
4	0,079	0,101	0,109
8	0,111	0,152	0,174
15	0,149	0,213	0,255
30	0,194	0,292	0,372
60	0,249	0,379	0,509
120	0,298	0,459	0,645
240	0,328	0,510	0,737
480	0,339	0,524	0,764
1440	0,345	0,533	0,776
-			
-			
-			



Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

*Massimiliano Valenza*

**ORIGINALE**



Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

*Domenico Celia*



**I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche**

di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –  
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE  
QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015**

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni  
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti  
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO  
(Pagina 2 di 3)**

Data arrivo campione: 23/03/2023      Data esecuzione prova: 23/03/2023      Pagine Certificato : 8 di 9

Verbale Accettazione: 160      Certificato numero : 9091      Data Certificato : 29/03/2023

**INDAGINE :**      Impianto Fotovoltaico per la Produzione di Energia Elettrica e Relative Opere Connesse da Realizzarsi su terreno, sito nel Comune di Scandale (KR) - prove di laboratorio

**COMMITTENTE :**      Dott. Geol. Stamile Angelo Alberto

**SONDAGGIO**      1      **Campione :**      1      **PROFONDITA' : m** 1,00 - 1,50

**DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI ROTTURA DEI PROVINI**

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
$\Delta H$ verticale (mm)	$\Delta X$ orizzontale (mm)	$\tau$ (kPa)	$\Delta H$ verticale (mm)	$\Delta X$ orizzontale (mm)	$\tau$ (kPa)	$\Delta H$ verticale (mm)	$\Delta X$ orizzontale (mm)	$\tau$ (kPa)
0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00
0,016	0,12	20,88	0,032	0,17	41,78	0,010	0,29	67,13
0,032	0,34	33,04	0,063	0,41	58,49	0,042	0,53	85,28
0,046	0,57	39,80	0,091	0,65	69,73	0,069	0,78	96,56
0,058	0,82	44,91	0,117	0,91	77,93	0,094	1,05	106,42
0,067	1,05	49,26	0,135	1,16	84,47	0,111	1,30	113,47
0,076	1,28	53,47	0,153	1,42	89,48	0,129	1,54	119,11
0,084	1,52	57,07	0,168	1,68	93,73	0,144	1,79	124,22
0,091	1,77	59,78	0,182	1,92	96,62	0,154	2,07	129,15
0,097	2,01	61,58	0,194	2,17	99,66	0,165	2,31	132,85
0,103	2,25	63,38	0,206	2,42	101,94	0,171	2,56	135,85
0,109	2,50	64,43	0,218	2,67	104,06	0,179	2,81	138,14
0,114	2,74	64,73	0,228	2,91	106,04	0,188	3,06	140,08
0,119	2,98	64,58	0,238	3,15	107,86	0,194	3,29	142,72
0,123	3,23	64,43	0,246	3,40	109,53	0,200	3,55	144,48
0,127	3,48	63,98	0,254	3,65	110,90	0,204	3,80	145,54
0,129	3,72	63,68	0,258	3,89	112,42	0,211	4,04	146,25
0,133	3,97	63,23	0,266	4,15	113,03	0,215	4,29	146,95
0,135	4,22	62,93	0,270	4,40	113,94	0,221	4,53	147,30
0,137	4,46	62,78	0,273	4,64	114,54	0,223	4,77	147,30
0,139	4,71	62,78	0,277	4,89	114,54	0,229	5,02	147,65
0,141	4,95	62,63	0,281	5,15	114,39	0,234	5,28	148,01
0,143	5,20	62,48	0,285	5,41	113,94	0,238	5,54	148,01
0,145	5,45	61,73	0,289	5,66	113,78	0,242	5,79	148,01

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

ORIGINALE

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

*Massimiliano Valenza*



*Domenico Celia*

**I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche**

di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano  
 Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –  
 E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE  
 QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015**

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni  
 Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti  
 Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO  
 (Pagina 3 di 3)**

Data arrivo campione: 23/03/2023

Data esecuzione prova: 23/03/2023

Pagine Certificato : 9 di 9

Verbale Accettazione: 160

Certificato numero : 9091

Data Certificato : 29/03/2023

**INDAGINE :** Impianto Fotovoltaico per la Produzione di Energia Elettrica e Relative Opere Connesse da Realizzarsi su terreno, sito nel Comune di Scandale (KR) - prove di laboratorio

**COMMITTENTE :** Dott. Geol. Stamile Angelo Alberto

SONDAGGIO

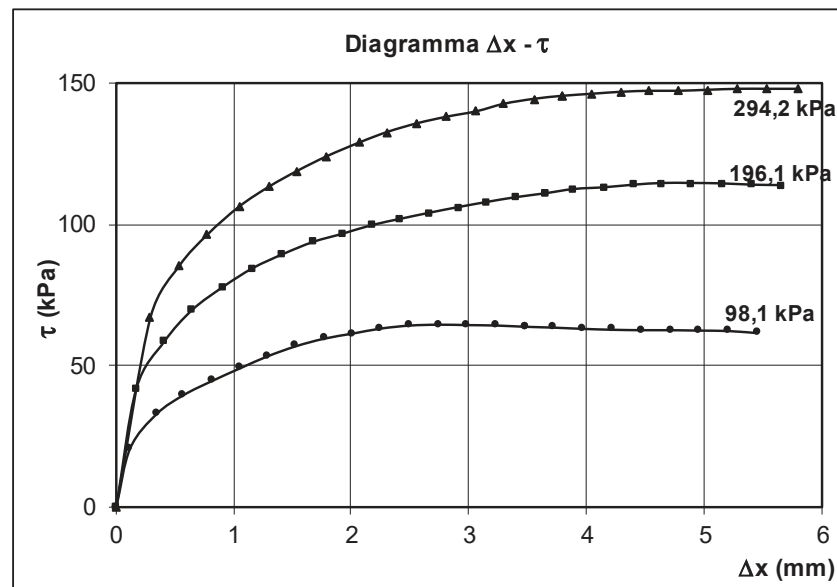
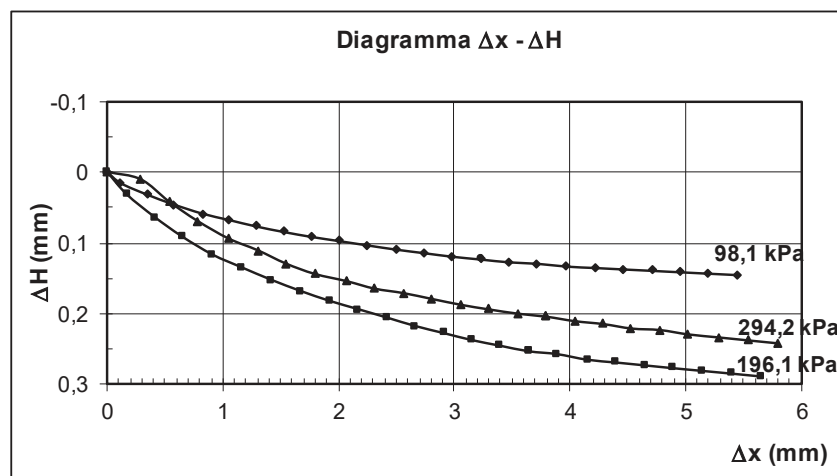
1

Campione :

1

PROFONDITA' : m 1,00 - 1,50

**DIAGRAMMI DELLA FASE DI ROTTURA**



Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

**ORIGINALE**

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

*Massimiliano Valenza*



*Domenico Celia*

## S1 C1 da m 1.00 – 1.50

### Prova di taglio diretto – Valori di Picco

Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20
Tensione a rottura (kPa)	64,73	114,54	148,00
Spost. Oriz. A rottura (mm)	2,74	4,64	5,28

Norma <b>UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 :</b> <b>Febbraio 2005</b>
<b>DIAGRAMMA</b> <b>Tensione - Pressione verticale</b>
Coesione (kPa) : <b>25,819</b>
Angolo d'attrito (°) : <b>23,00</b>

